



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Levendula fajok (*Lavandula angustifolia* Mill. és *Lavandula* × *intermedia* Emeric ex Loisel) intraspecifikus és interspecifikus változékonyságát befolyásoló tényezők

Doktori (PhD) értekezés

Bátori-Détár Enikő

**Budapest
2022**

A doktori iskola megnevezése:

Kertészettudományi Doktori Iskola

témacsoport:

Gyógy- és Aromanövények témacsoport

vezetője:

Zámboriné Dr. Németh Éva
egyetemi tanár, DSc
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem,
Gyógy- és Aromanövények Tanszék

Témavezetők:

Dr. Pluhár Zsuzsanna
egyetemi tanár, PhD
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem,
Gyógy- és Aromanövények Tanszék

Zámboriné Dr. Németh Éva
egyetemi tanár, DSc
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem,
Gyógy- és Aromanövények Tanszék

Az iskolavezető jóváhagyása

.....

A témavezetők jóváhagyása

.....

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	5
1.1. A TÉMA AKTUALITÁSA, JELENTŐSÉGE	5
1.2. CÉLKITŰZÉS	6
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	8
2.1. A VALÓDI ÉS HIBRID LEVENDULA TAXONÓMIAI HELYE	8
2.2. A VALÓDI ÉS A HIBRID LEVENDULA BOTANIKAI LEÍRÁSA	8
2.3. A VALÓDI ÉS HIBRID LEVENDULA ELŐFORDULÁSA ÉS KÖRNYEZETI IGÉNYEI	9
2.4. A VALÓDI ÉS HIBRID LEVENDULA DROGJAI	10
2.5. A VALÓDI ÉS HIBRID LEVENDULA ILLÓ HATÓANYAGAI	10
2.6. A VALÓDI ÉS HIBRID LEVENDULA FŐBB ANTIOXIDÁNS HATÁSSAL RENDELKEZŐ VEGYÜLETEI	15
2.7. A VALÓDI ÉS HIBRID LEVENDULA HATÓANYAGAINAK FELHALMOZÓDÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK	18
2.7.1. A genotípus hatása	18
2.7.2. Ontogenezis	19
2.7.3. Szervi diverzitás	20
2.7.4. Évjárat	20
2.7.5. Termőhelyi adottságok	20
2.8. A LEVENDULA FELHASZNÁLÁSA ÉS TERÁPIÁS INDIKÁCIÓI	21
2.9. LEVENDULA NEMESÍTÉSI CÉLKITŰZÉSEK, ÉS FAJTÁK	23
2.10. A FELDOLGOZÁSI ELJÁRÁSOK HATÁSA AZ ILLÓOLAJ JELLEMZŐIRE	24
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	26
3.1. A KÍSÉRLETEK HELYE ÉS IDEJE	26
3.1.1. A kísérleti területek elhelyezkedése és klimatikus viszonyai	26
3.1.2. A kísérleti területek talajadottságai	27
3.1.3. A kísérleti területek csapadékeloszlása	27
3.2. A KÍSÉRLETEK NÖVÉNYANYAGA	28
3.2.1. A kísérletbe vont fajták jellemzői	28
3.3. A KÍSÉRLETEK MÓDSZEREI	30
3.3.1. A levendula állományok létrehozása	30
3.3.2. A szabadföldi megfigyelések és mérések módszerei	32
3.3.2.1. A taxonok közötti különbségek értékelése	32
3.3.2.2. Az ontogenetikai vizsgálatok módszerei	33
3.3.2.3. A szervi diverzitás hatásának vizsgálati módszerei	33
3.3.2.4. Az évjáráthatás értékelésének módszerei	34
3.3.2.5. A betakarítási idő hatásának vizsgálati módszerei	34
3.3.2.6. A termőhelyi hatás értékelésének módszerei	34
3.3.2.7. A kísérletek növényanyagának előállítása	34
3.3.2.8. Az illóolaj tartalom meghatározása	34
3.3.2.9. Az illóolajok gázkromatográfiás elemzése	35
3.3.2.10. Az összpolicfenol tartalom meghatározása	35
3.3.2.11. Az antioxidáns kapacitás meghatározása	35
3.3.2.12. A kísérletek biometria értékelésének módszerei	36
4. EREDMÉNYEK	37
4.1. ENDOGÉN TÉNYEZŐK	37
4.1.1. A genotípus hatása	37
4.1.1.1. A genotípus hatása az illóolaj jellemzőire	37
4.1.1.1.1. Az illóolaj-tartalom eltérései a levendula fajok és fajták esetében	37
4.1.1.1.2. Az illóolaj-összetétel eltérései a levendula fajok és fajták esetében	38
<i>Lavandula angustifolia</i>	38
<i>Lavandula × intermedia</i>	40
4.1.2. A genotípus hatása az összes policfenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékekre	42

4.1.2.1.	<i>Lavandula angustifolia</i>	42
4.1.2.2.	<i>Lavandula × intermedia</i>	44
4.1.3.	<i>Az virágzási fázisok hatása a kemoszindrómák megnyilvánulására</i>	46
4.1.3.1.	A virágzási fázisok hatása az illóolaj jellemzőire	46
4.1.3.1.1.	Illóolaj tartalom.....	46
4.1.3.1.2.	Illóolaj összetétel.....	47
4.1.3.2.	Az virágzási fázisok hatása az összes polifenol-tartalomra és antioxidáns kapacitásra	49
4.1.4.	<i>Az összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás alakulása szervi diverzitás szerint, eltérő betakarítási időszakokban</i>	51
4.2.	EXOGÉN TÉNYEZŐK HATÁSAI	53
4.2.1.	<i>Az évjárat hatása</i>	53
4.2.1.1.	Az évjárat (időjárás) hatása az illóolajra (Soroksáron, illetve Dörgicsén).....	53
4.2.1.2.	Az évjárat (időjárás) hatása az összes fenoltartalomra és össz antioxidáns kapacitásra	58
4.2.2.	<i>A termőhely hatása</i>	62
4.2.2.1.	Termőhely hatása az illóolaj tartalomra és összetételre	62
4.2.3.	<i>A termőhely hatása a fenolos vegyületek alakulására</i>	67
5.	AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE.....	70
5.1.	AZ ILLÓOLAJ JELLEMZŐKRE VONATKOZÓ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE	70
5.1.1.	<i>A genotípus hatása az illóolaj jellemzőire</i>	70
5.1.2.	<i>A fenofázis hatása az illóolaj jellemzőire</i>	74
5.1.3.	<i>Az évjárat és termőhely hatása az illóolaj jellemzőkre</i>	81
5.2.	AZ ÖSZPOLIFENOL-TARTALOMRA ÉS AZ ÖSSZ ANTIOXIDÁNS KAPACITÁSRA VONATKOZÓ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE	86
5.2.1.	<i>A genotípus hatása az összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékekre</i>	86
5.2.2.	<i>A fenofázis hatása az összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékekre</i>	87
5.2.3.	<i>A szervi diverzitás hatása az összes polifenol-tartalomra, az össz antioxidáns kapacitás értékekre</i> 88	
5.2.4.	<i>Az évjárat, betakarítási idő és termőhely hatása az összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékekre</i>	89
6.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	91
7.	ÖSSZEFOGLALÁS	94
	MELLÉKLETEK	102

Az értekezésben használt jelölések, rövidítések jegyzéke

ASE – aszkorbinsav egyenérték

EST-SSR – Expressed sequence tag – simple sequence repeat (markers)

FRAP – Ferric ion Reducing Antioxidant Power / vasionredukáló antioxidáns kapacitás

GSE – galluszsav egyenérték

GC-MS – Gas Chromatography-Mass Spectrometry / gázkromatográfia-tömegspektroszkópia

La - *Lavandula angustifolia*

Aro - 'Aromarico Silver'

Be - 'Beate'

Bu – 'Budakalászi'

Hi – 'Hidcote'

Mai – 'Maillette'

Mu – 'Munstead'

Li – *Lavandula* × *intermedia*

Gra - 'Grappenhall'

Gro – 'Grosso'

Ju – 'Judit'

sz.a. – száraz anyag

TPC – Total Polyphenol Content / összes polifenol-tartalom

1. BEVEZETÉS

1.1. A téma aktualitása, jelentősége

A levendula, bár európai mediterrán régiókból származó gyógynövény, termesztése és drogelőállítása szerte a világon elterjedt (Bulgária, Franciaország, Spanyolország, Portugália, Egyesült Királyság, Kína, Ausztrália, Amerikai Egyesült Államok...stb). A valódi levendula (*Lavandula angustifolia*) drogjai, szárított virágzata (*Lavandulae flos*) és a friss virágzatokból vizgőzdesztillációval előállított illóolaja (*Lavandulae aetheroleum*) hivatalos a VIII. Magyar Gyógyszerkönyvben (2004), a X. Európai Gyógyszerkönyvben (2020), valamint az ESCOP monográfiák között is (ESCOP, 2009). Már évszázadokkal ezelőtt, az ókori görög és római korban ismerték és használták jellegzetesen finom illata, illetve gyógyhatásai miatt. Hagyományosan a növényi drogot és készítményeit, mint görcsoldót, szélhajtót, epehajtót, vizelethajtót és emésztést elősegítőt, illetve nyugtató szert használják (Bernáth, 2013). Napjainkra, a levendula drogja, főképp pedig az illóolaja iránti kereslet egyre nő a gyógyszer-, kozmetikai- és élelmiszeriparban, valamint rendkívüli népszerűségnek örvend napjainkban a parfümiparban is. A növény sokszínű terápiás indikációinak listája is hosszúra nyúlik, újabb és újabb kutatások igazolják az illóolájának köszönhető elalvást segítő, nyugtató hatását (Sváb et Heltmanné, 2000; Lylte et al., 2014; Keshavarz et al., 2015). Nagy előnye, hogy gyógyászati alkalmazása terápiás dózisban biztonságos, más szintetikus altató- és nyugtató szerekhez képest kevesebb mellékhatással bír. Ezen hatás- és kedvező mellékhatás profilja is indokolta, hogy az MGYT Gyógynövény Szakosztálya által az év gyógynövényének választották 2018-ban (Böszörményi, 2018).

Egyre több kutatás kérdőjelezi meg a mesterséges antioxidánsok biztonságosságát. Számos tartósítószer negatív hatással van az emberi szervezetre, egyesek lehetséges karcinogenitását is leírták korábban (Darbre et al., 2004). Ezzel párhuzamosan egyre jelentősebbé válnak a gyógynövények is, mint természetes antioxidáns-források. Az antioxidánsok redukáló hatással rendelkeznek, vagyis képesek semlegesíteni a szervezetben felhalmozódó rendkívül reaktív szabadgyököket, illetve átmeneti fémionokkal komplexet képezve megakadályozzák további szabadgyökök kialakulását (Viuda-Martos et al., 2011). A levendula nem illékony, fenolos vegyületei bizonyítottan rendelkeznek antioxidáns hatással, melyeket tovább vizsgálva, hasznára válhatnak a kozmetikai- és élelmiszeriparnak (López-Arnaldos et al., 1997; Blažeković et al., 2010; Gallego et al., 2013; Sytar et al., 2016).

A levendula illékony és nem illékony vegyületeinek minőségi és mennyiségi alakulását több tényező befolyásolhatja. Ezen exogén (környezeti) és endogén (faj, fajta, növényi szerv, virágzási

fázis) tényezők ismerete fontos tényező a jó minőségű illóolaj előállítására, valamint a megfelelő antioxidáns tulajdonsággal bíró vegyületek kinyerése szempontjából. A magyarországi termesztők, illetve a fogyasztók között is felmerült az igény a megfelelő fajták használata iránt, amely magával hozná a stabil, jó minőségű, megbízható és gazdaságos illóolaj előállítást. Globálisan a termesztésben leginkább elterjedt *Lavandula* fajok a *L. angustifolia*, a *L. × intermedia*, és a *L. latifolia*. A parfümipar és a gyógyászat a *L. angustifolia* illóolaját hasznosítja. A kozmetikai ipar főként a hibrid levendula termesztést célozza meg, magasabb illóolaj hozama miatt, amely faj a *L. angustifolia* és *L. latifolia* spontán fajhibridje. Mára már több kutatás foglalkozik a *L. stoechas* és *L. luisieri* Rozeira. fajokkal is (Lis-Balchin, 2002; Upson et Andrews, 2004). A rokon levendula fajok eltérő illóolaj összetétellel rendelkeznek a valódi levendulától, gyógyászati felhasználás szempontjából emiatt nem tekinthetők egyenértékűnek, így fontos a levendula taxon pontos meghatározása (Lis-Balchin, 2002; Bernáth et al., 2013).

A levendula termesztésben Európa tölt be vezető szerepet, ezen belül Franciaország és Bulgária teszi ki a kontinens exportjának kétharmadát. Az Egyesült Államok és Svájc, valamint az Európai Unió tagországai közül Franciaország és Németország importálja a legtöbb levendulát (Cristea et Boros-Iacob, 2017). Magyarországon a valódi (*L. angustifolia*) és hibrid levendula (*L. × intermedia*) fajtái terjedtek el a termesztésben. 1941-ben a kétféle levendulából a hazai ipar évente mintegy 400-600 kg illóolajat állított elő. Napjainkra elmondható, hogy virágzik a levendula termesztés, egyre növekvő igény van jelen, nem csak a kereskedelmi célú termesztésben, hanem a házikertek kedvelt színfoltja is. 2018-ban a Gyógynövény Szövetség és Termék Tanács adatai szerint mintegy 160 hektáron termesztettek hazánkban levendulát. A szakirodalom áttekintése alapján nyilvánvalóvá vált, hogy a hazai levendulatermesztésről nem áll rendelkezésünkre elegendő információ a fajtahasználatot, a termőhelyi hatásokat, a fajták teljesítőképességét ill. beltartalmi jellemzőit illetően.

1.2. Célkitűzés

Kutatásaink során fontosnak tartottuk értékelni azon külső és belső tényezőket, amelyek befolyásolhatják, hogy milyen mennyiségben és összetételben halmozza fel a levendula a legfontosabb biológiailag aktív vegyületeket. Kísérleteinkben vizsgáltuk az illékony

komponenseket, a polifenolokat, valamint ez utóbbival összefüggésben a kivonatok antioxidáns kapacitását is.

Kutatásaink során az alábbi kérdésekre kerestük a választ:

- Vannak-e jelentős intraspecifikus eltérések a valódi és a hibrid levendula fajták között a hatóanyagok mennyisége és összetétele vonatkozásában?
- Van-e különbség a két, gazdaságilag legfontosabb levendula faj között a külső és belső tényezők változására adott reakciójuk szempontjából?
- Milyen hatása van a drogminőségre az egyedfejlődésnek (virágzási fázisok) és a szervi diverzitásnak?
- Milyen mértékben képesek külső tényezők, az időjárás (évjárat) és a termőhelyi viszonyok módosítani a beltartalmi paramétereket?

Kutatásaink során a termőhely és az időjárás hatásának értékeléséhez három termesztőterület bevonásával és három termőév (2017-2019) nyomon követésével nyertünk adatokat. A vizsgált tulajdonságoknak a belső tényezőktől való függését, azaz a faj és a fajta hatását két levendula faj 9 fajtájának vizsgálatba vonásával detektáltuk, a virágzási fázisok hatását 4 fázis vizsgálatával, míg a szervi megoszlás szerepét a virágzat és a levél összehasonlításával kívántuk megállapítani. Ilyen módon az egyes tényezők kölcsönhatásának megállapítására is lehetőség nyílt.

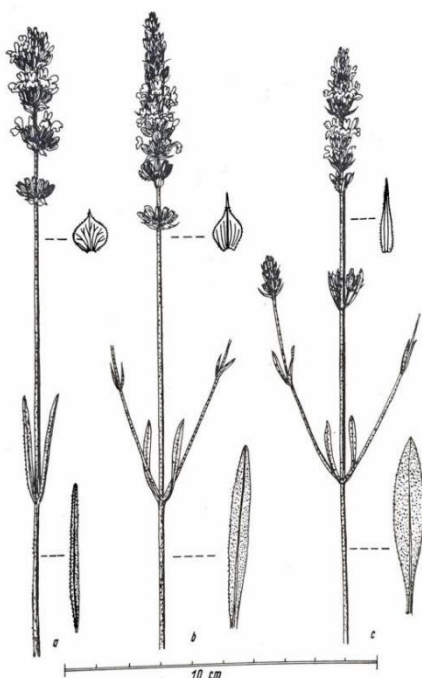
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A valódi és hibrid levendula taxonómiai helye

A valódi (*Lavandula angustifolia* Mill.) és a hibrid levendula (*Lavandula* × *intermedia* Emeric ex Loisel) a *Lamiales* (árvacsalán-virágúak) rendjén belül, a *Lamiaceae* (ajakosvirágúak) családjába és a *Lavandula* nemzetségbe tartozik. A nemzetséget alkotó fajok száma eléri a 39-et, azonban globálisan a termesztésben leginkább elterjedt fajok a *L. angustifolia*, a *L. × intermedia*, és a *L. latifolia* (Upson et Andrews, 2004).

2.2. A valódi és a hibrid levendula botanikai leírása

A két levendula faj mediterrán eredetű, így szárazságtűrő (xerofil), melegigényes, évelő félcserjék (N). Gyökérzetük fás főgyökérrendszer, mely a talajba 3-4 méterre is lehatolhat (Boros, 1968). Zömök, barna parával fedett száruk tövétől dúsán, többszörösen elágazik. Természetes körülmények között a növény félgömb alakú. A többéves valódi levendula 40-60 cm-es magasságú, átmérője 80-120 cm. A hibrid levendula elérheti 80-100 cm-es magasságot, átmérője pedig akár a 150 cm-t is. A valódi levendula virágzó hajtása 40-60 cm hosszú, egyszálas, míg a hibrid levendula hajtása 60-90 cm, és általában elágazó. Levelei keskeny lándzsásak, keresztben átellenesek, szürkészöldek, nemezesen szőrözöttek. A valódi levendula levelei 3-5 cm hosszúak, a hibrid levendula nagyobb levelekkel rendelkezik, átlagosan 5-7 cm hosszúak, és gyéren szőrözöttek. Virágzatuk álörvökből áll, szaggatott hengeres álfüzér (1. ábra). Viráguk zigomorf, a valódi levenduláé általában ibolyáskék, a hibrid levenduláé kissé világosabb árnyalatú (2. ábra). A valódi levendula termése a *Lamiaceae* családra jellemző négy makkocska, ezerterméstömege: 0,85-1,10 g. (Bernáth, 2013).



1. ábra. A levendula fajok virágzatai, murváí és középső szárlevelei (Boros, 1968 nyomán)
a: *Lavandula angustifolia*, b: *Lavandula x intermedia*, c: *Lavandula latifolia* (forrás: Boros, 1968)



2. ábra. A virágzó *L. angustifolia* (balra) és *L. x intermedia* (jobbra).

2.3. A valódi és hibrid levendula előfordulása és környezeti igényei

A valódi levendula a Földközi-tenger partvidékén, Dél-Európában őshonos. Vadon termő növényként megtalálható Dél- és Közép-Olaszországban, Dalmáciában, Görögországban, Dél-Franciaországban és Spanyolországban. Tengerszint felett 1700 m-ig fellelhető. A hibrid levendula szintén Dél-Franciaországban és Spanyolországban őshonos. Mindkét faj jellegzetesen szárazságtűrő növény, a köves, száraz és magas mésztartalmú talajok kedvelője. Nagy meleg- és fényigényű, déli lejtők beépítésére kiválóan alkalmas. A fagyokat is jól tűri, azonban a kései fagyok a sík termőhelyeken a hibrid levendulára veszélyt jelenthetnek.

2.4. A valódi és hibrid levendula drogjai

A *L. angustifolia* VIII. Magyar Gyógyszerkönyv (Ph. Hg. VIII., 2004) szerinti szárított drogját (*Lavandulae flos*), illetve a friss vagy szárított virágzatból vízgőz desztillációval előállított illóolaját (*Lavandulae aetheroleum*) hasznosítja a gyógyászat és a kozmetikai ipar egyaránt (Grant et al., 2011). A *L. × intermedia* drogjaként (*Lavandulae intermediae aetheroleum*) az ISO előírások kétféle típust különböztetnek meg: ISO 8902:2009 (Grosso) és ISO 3054:2001 (Abrialii) (Bernáth, 2013).

A VIII. Magyar Gyógyszerkönyv (Ph. Hg. VIII.) (2004) és a X. Európai Gyógyszerkönyv (Ph. Eur. 10.0) (2020) előírása alapján a *L. angustifolia* virágzatából előállított illóolajnak el kell érnie a legalább 13 ml/kg mennyiséget. Az illóolaj komponensekre vonatkozó további előírásokat a 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat A *Lavandulae flos* egyes illóolaj komponenseinek a Ph. Hg. VIII. (2004) és Ph. Eur. X. (2020) szerinti, illetve a *Lavandula × intermedia* illóolaj komponenseinek ISO 8902:2009 ('Grosso' típus) és ISO 3054:2001 ('Abrialii' típus) szabványban előírt határértékei (%).

Drog neve	<i>Lavandulae flos</i>		<i>Lavandulae intermediae aetheroleum</i> ('Grosso' típus)	<i>Lavandulae intermediae aetheroleum</i> ('Abrialii' típus)
Komponensek	Ph. Hg. VIII.	Ph. Eur. X.	ISO 8902:2009	ISO 3054:2001
limonén	<1,0%	<1,0%	0,5-1,5%	0,5-1,5%
3-oktanon	0,1-2,5%	0,1-5 %	-	-
1,8-cineol	<2,5%	<2,5%	4-8%	6-11%
kámfor	<1,2%	<1,2%	6-8,5%	7-11%
linalool	20-45%	20-45%	24-37%	26-38%
linalil-acetát	25-46%	25-47%	25-38%	20-29%
terpinén-4-ol	0,1-6,0%	0,1-8%	1,5-5%	1,5-5%
lavandulil-acetát	0,2% <	0,2%<	1,5-3%	1-2%
lavandulol	0,1%<	0,1%<	0,2-0,8%	0,4-1,2%
α -terpineol	<2%	<2%	1,5-3%	-

2.5. A valódi és hibrid levendula illó hatóanyagai

Bernáth, (2013) szerint a valódi levendula virágdrogájából nyert illóolaj általában 0,5-3%, a hibrid levendula esetében magasabb, 0,9-5%. A fellelhető szakirodalom szerint azonban ezek az

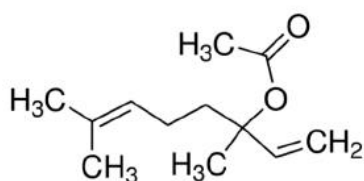
értékek még szélesebb intervallumban ingadozhatnak. A világon termő valódi és hibrid levendula fajok különböző szerzők által közölt illóolaj-tartalom értékeit az utóbbi 20 évből a 2. táblázat szemlélteti.

2. táblázat. A valódi és hibrid levendula fajok illóolaj-tartalom értékei 2001 és 2016 közötti tanulmányokban közölt adatok alapján.

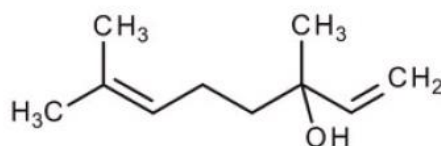
Eredet	Illóolaj tartalom (%)	Irodalmi forrás
<i>L. angustifolia</i>		
USA	2,8-5,0	Reaud et al., 2001
Görögország	4,4	Chatzopolou et al., 2003
India	2,8	Verma et al., 2010
Görögország	0,4-1,9	Hassiotis et al., 2010
Algéria	0,2	Djenane et al., 2012
Románia	1,1	Jianu et al., 2013
Törökország	0,4-2,0	Kara et Baydar, 2013
USA	0,5-6,8	Zheljazkov et al., 2013
Brazília	0,28	Mantovani et al., 2013
Görögország/Etherio	2,6	Hassiotis et al., 2014
Bulgária	1,6-2,6	Stanev et al., 2016
<i>L. × intermedia</i>		
USA	7,1-9,9	Renaud et al., 2001
Görögország	7,5-8,5	Chatzopolou et al., 2003
Románia	2,7	Jianu et al., 2013
Törökország	1,1-1,7	Kara et Baydar, 2013
Spanyolország	0,2-1,3	Carrasco et al., 2016

Mindkét faj illóolajának minőségét a fő összetevők (linalool, linalil-acetát) megfelelő százalékos aránya adja, emellett minél magasabbak ezen értékek, annál értékesebbnek számít az illóolaj. A legfontosabb illó komponenseket a 3. ábra mutatja be. Kiemelt jelentőségű továbbá az illóolaj kereskedelmi értékét is befolyásoló teljes észter százalék is, mely a valódi levendula esetében 30-60%, a hibrid levendula esetében azonban kevesebb, mindössze 15-30%. A két főkomponensen túl, a levendula további aciklikus monoterpén illóolaj komponensei a *cisz*- és *transz*- β -ocimén,

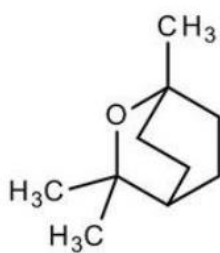
illetve a lavandulol. Monociklusos monoterpének csoportjába sorolhatók további illóolaj komponensei: az α -terpineol és a terpinén-4-ol. A *L. x intermedia* illóolajában a megengedettnél nagyobb százalékban előforduló biciklusos monoterpének (1,8-cineol, kámfor és borneol) az alacsony linalil-acetát tartalom mellett ronthatja a kinyert olaj minőségét (Lawrence, 1994). Szeszkviterpén vegyületek is megtalálhatóak a levendula illóolajában (kariofillén-oxid, β -kariofillén). Ciocarlan et al. (2021) munkájukban a fentiekben megadott csoportosításban írták le a levendula illóolajában előforduló komponensek %-os értékeit (3. táblázat). Pokajewicz et al., (2021) szerint új, Ukrajnában nemesített *L. angustifolia* fajták illóolajában a detektált 91 komponensből 22 halmozódott fel 1% feletti arányban, s ezek a következők: *cisz*- β -ocimén, *transz*- β -ocimén, *cisz*-linalool-oxid, *transz*-linalool-oxide, linalool, 1-okten-3-il-acetát, borneol, lavandulol, terpinén-4-ol, α -terpineol, 2,6-dimetil-3,7-oktadién-2,6-diol, hexil-butanoát, karveol, izobornil, nerál, linalil-acetát, bornil-acetát, lavandulil-acetát, neril-acetát, geranil-acetát, kariofillén, kariofillén-oxid. A *L. x intermedia* illóolaj összetételét nemrégiben Yilmaz (2018) vizsgálta, mely szerint a 33 azonosított komponensből az 1% felettiek száma 11. Ezen komponensek a β -pinén, 3-oktanon, β -mircén, D-limonén, 1,8-cineol, *transz*- β -ocimén, *cisz*- β -ocimén, linalool, kámfor, α -terpineol, n-hexil-butanoát. Korábbi irodalmi adatok alapján is megállapítható, hogy a levendula illóolaj összetétele változatosságot mutat (Boelens, 1995). A szerző kiemeli a két, különböző régiókból származó levendula faj főbb illóolaj komponenseit: jelentős mennyiségű 1,8-cineolt detektáltak Bulgáriából származó levendula illóolajából, borneolt oroszországi, kámfor kínai illóolajból (4. táblázat).



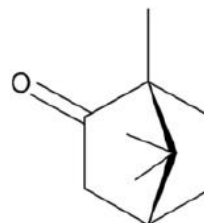
Linalil-acetát



Linalool



1,8-Cineol



Kámfor

3. ábra A *L. angustifolia* és *L. × intermedia* illóolajának legfőbb monoterpénjei

(Forrás: <http://www.sigmaaldrich.com>).

3. táblázat. A levendula illóolajának kémiai összetétele osztályokban csoportosítva (Ciocarlan et al., 2021 nyomán).

Osztály	Alosztály	Tartalom (%)
Terpenoid komponensek	Összesen:	94,9-97,8
	Monoterpének	84,1-92,6
	-Monoterpén szénhidrogének	8,7-15,3
	-Oxygenált monoterpének	69,0-83,8
	Szeszkviterpének	3,3-13,5
	-Oxygenált szeszkviterpének	0,2-1,3
Alifás vegyületek	Összesen:	1,4-3,9
	Szénhidrogének	0,17
	Alkoholok	0,1-1,0
	Ketonok	0,3-0,8
	Észterek	0,9-2,1
Illóolaj-komponensek	Mindösszesen:	96,8-99,8

4. táblázat. A valódi és hibrid levendula fő illóolaj komponensei (Boelens 1995 nyomán).

Illóolaj összetétel	<i>L. angustifolia</i>	<i>L. × intermedia</i>
Linalil-acetát	12-54	19-26
Linalool	10-50	20-23
Cisz- és <i>Trasz-β</i> ocimén	1,0-17	1,0-3,0
Lavandulol és acetátja	0,1-14	0,5-0,8
1,8-cineol	2,1-3,0 ^a	10
Kámfor	0-0,2 ^b	12
α - és β -pinén	0,02-0,3	0,6-0,9
Borneol	1,0-4,0 ^c	2,9-3,7
Kariofillén-oxid	3,0-8,0	2,7-6,0
Mircén	0,4-1,3	1,2-1,5
Franezén	nyomokban	1,1
Germakrén D	0,2-0,9	1,0-1,2
Kamfén	0,1-0,2	0,3-0,6
Limonén	0,2-0,4	0,9-1,5

- a- bolgár minták fő komponense (Ognyanov, 1984)
- b- kínai mintákban detektálták (Cu, 1988)
- c- orosz minták fő komponense (Karetnikova, 1969).

Az 5. és 6. táblázatokkal a kísérleteink szempontjából kiemelt *L. angustifolia* és *L. × intermedia* fajták legfőbb illóolaj komponenseinek elemzését mutatjuk be a korábbi irodalmi adatok fényében.

5. táblázat. *L. angustifolia* fajták illóolajának főbb komponensei, azok százalékos értékei irodalmak alapján.

	Renaud et al. 2002	Kara et Baydar 2013		Lane et Mahmoud, 2008	Renaud et al. 2002	Lane et al. 2010	Pistelli et al. 2017		Oroian et al. 2019	Lane et Mahmoud, 2008	Lafhal et al., 2016
Termőhely	Norway (USA)	Isparta (Törökország)		Okanagan (Kanada)	Norway (USA)	Okanagan (Kanada)	Bibbona (Olaszország)		Bontida (Románia)	Okanagan (Kanada)	Sault (Franciaország)
Évjárat	2002	2009	2010	2007	2002	2007	2014	2015	2019	2007	2016)
Fajta	'Munstead'				'Hidcote'		'Maillette'				
Linalool	38,3	46,1	39,5	37,9	29,1	19,2	48,4	45,5	39,1	43,7	39,1
Linalil -acetát	15,0	6,1	12,2	6,2	17,3	10,5	26,0	26,2	28,6	7,8	40,0
Lavandulil acetát	5,4	-	-	7,1	5,3	9,4	-	-	-	-	0,71
Terpinén-4-ol	-	19,4	19,5	3,5	-	2,0	0,1	0,2	-	-	0,4
α -Terpineol	-	-	-	2,8	-	3,0	5,7	6,6	-	5,6	0,22
Lavandulol	-	2,3	-	2,4	-	-	-	-	-	-	0,18

6. táblázat. *L. × intermedia* fajta illóolaj összetételének legfontosabb komponensei, valamint azok százalékos értékei irodalmi adatok alapján.

	Renaud et al., 2002	Lane et Mahmoud, 2008	Usano-Aleman et al., 2011	Se et al., 2013	Pistelli et al., 2017
Termőhely	Norway (Egyesült Államok)	Okanagan (Kanada)	Cuenca (Spanyolország)	Okanagan (Kanada)	Bibbona (Olaszország)
Évjárat	2002	2007	2009	2013	2014
Fajta	'Grosso'				
1,8-cineol	10,7	10,7	6,7	7,5	8,4
Linalool	27,9	30,6	29,9	41,9	33,8
Kámfor	8,1	10,8	6,9	6,5	8,5
Linalil-acetát	17,8	8,3	31,6	37,5	16,7

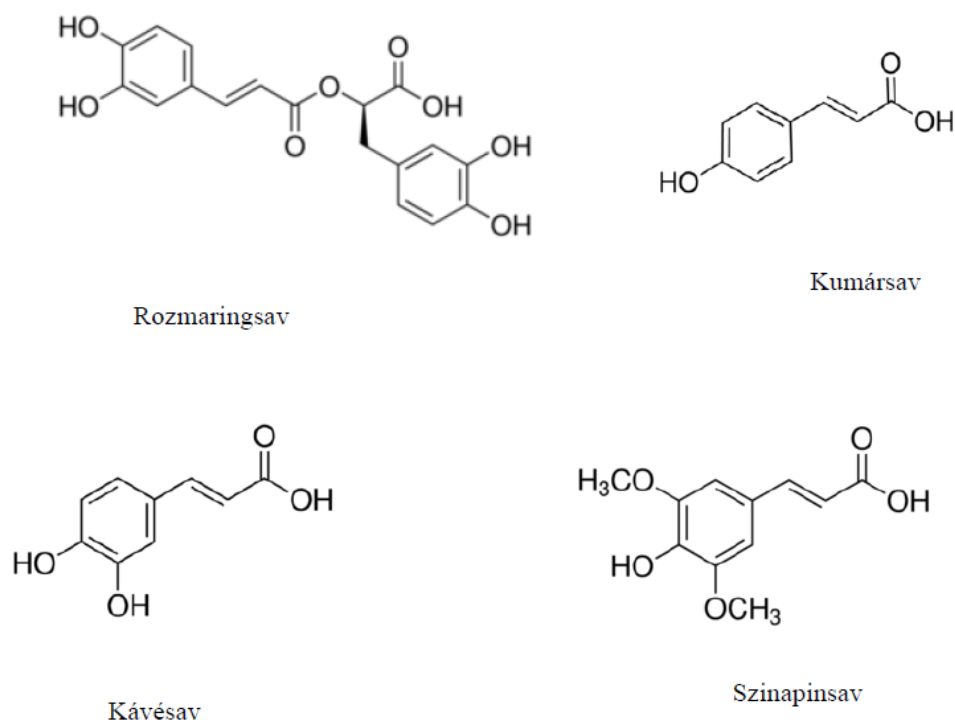
2.6. A valódi és hibrid levendula főbb antioxidáns hatással rendelkező vegyületei

A levendula hajtásaiban az illó hatóanyagok mellett leírtak egyéb terpenoidokat is, leginkább pentaciklusos triterpéneket, mint az urzolsavat, oleanolsavat és a betulint. Továbbá a virágzat tartalmaz fitoszterolokat: koleszterolt, kampeszterolt, sztigmaszterolt, és β -szitoszterolt is (Hänsel et al., 1994; Tóth, 2007). A levendula fajok rendelkeznek még nem illékony, fenoloid vegyületekkel is, amelyek amellett, hogy részt vehetnek a terápiás hatásban, felhasználhatóak akár még az élelmiszeriparban (antioxidáns hatás), vagy a kozmetikai iparban (bőr öregedését gátló tulajdonság) is. A levendula antioxidáns hatásához hozzájárul a növényben felhalmozódó flavonoidok és fenolos savak mennyisége (Tsai et al., 2008). A flavonoidok közül a levendulára jellemző a flavon-7-O-monoglikozid és a flavonoid-diglikozid, továbbá kumarinokat is tartalmaz (Hänsel et al., 1994; Tóth, 2007). Újabb kísérletek bizonyítják, hogy a *Lavandulae flos* apigenint, luteolint, és quercetint is tartalmaz (Adaszyńska-Skwirzyńska et al., 2017). A levendulában -mint ahogy az az ajakosok családjára jellemző- megtalálhatóak még fahéjsav-származékok is (5-10%), például a kumársav, kávéssav, ferulasav, szinapinsav, protokatechusav, vanillinsav, sziringasav és a rozmaringsav (Hänsel et al., 1994; Tóth, 2007; Bernáth, 2013).

Ezen fenoloid vegyületek közül a kísérletekben nagyobb figyelmet kaptak - a főként szabad formában előforduló fenolos savakon belül- a hidroxifahéjsav származékok (kávéssav, rozmaringsav, kumársav, ferulasav, ... stb.) (4. ábra) (7/a és 7/b. táblázat) melyek meghatározóak az antioxidáns kapacitás kialakításában (Wu et al., 2007; Torras-Claviera et al., 2007).

Sánchez-Vioque et al. (2013) bizonyította, hogy a *L. × intermedia*, illóolaj előállításakor a vízgőz desztilláció utáni maradéka nagy arányban tartalmazza még a következő vegyületeket: kumársav-O-glikozid 1-2, ferulasav-O-glikozid 1-2, luteolin, luteolin-O-glikozid, apigenin és rozmaringsav, melyek antioxidáns hatása további hasznosítást tesz lehetővé (7/b. táblázat). Duda et al., (2015) *L. angustifolia* virágában kumársavat (41,5 mg /100g sz.a.), kávéssavat (6,17 mg /100g sz.a.), vanillinsavat (2,5 mg /100g sz. a.), ferulasavat (4,2 mg /100g sz. a.), szinapinsavat (35,4 mg /100g sz. a.) és rozmaringsavat (5,1 mg /100g sz. a.) írt le (7/a. táblázat). Az utóbbi években több újabb fenolos komponenst írtak le a valódi levendulában, úgy, mint a 4-hidroxibenzoasav, 2- és 4-hidroxifahéjsav, vagy lavandunat, lavandufurandiolt, lavandudifenil-A...stb (Yadikar et al., 2017; 2018).

Más levendula faj beltartalmi anyagait is jellemzi az antioxidáns aktivitás: Méndez-Tovar et al. (2015) *L. latifolia* lepárlási maradékát vizsgálta és írta le antioxidáns hatását. Ceylan et al. (2015) szerint a *L. stoechas* metanolos kivonata egy új, potenciális természetes antioxidáns forrás lehet, magas antioxidáns aktivitásának köszönhetően.



4. ábra. A levendula legfontosabb fahéjsav származékai. (Forrás: <http://www.sigmaaldrich.com>)

7/a. táblázat. A *L. angustifolia* fenoloid vegyületei a korábbi irodalmi adatok alapján.

Irodalmi forrás	Duda et al., 2015	Sytar, et al.,2016	Stanciu et al., 2019
Növényi anyag	<i>L. angustifolia</i> virág, 70% v/v etanolos macerátum (mg /100g sz.a.)	<i>L. officinalis</i> , levél metanolos kivonat (mg /g ⁻¹ sz. a.)	<i>L. angustifolia</i> virág, 70% v/v etanolos macerátum (mg /100g sz.a.)
Fenoloid vegyületek			
Ellagsav	-	-	514,2
Fahéjsav	-	-	99,5
Ferulasav	4,20	3,3 ± 0,769	-
Galluszsav	-	-	767,9
4-Hidroxibenzoészav	-	0,2 ± 0,02	-
Kávészav	6,17	-	3,9
Klorogénészav	-	0,0± 0,001	570,7
p-Kumársav	41,5	3,5± 0,067	-

Irodalmi forrás	Duda et al., 2015	Sytar, et al., 2016	Stanciu et al., 2019
Növényi anyag	<i>L. angustifolia</i> virág, 70% v/v etanolos macerátum (mg /100g sz.a.)	<i>L. officinalis</i> , levél metanolos kivonat (mg /g ⁻¹ sz. a.)	<i>L. angustifolia</i> virág, 70% v/v etanolos macerátum (mg /100g sz.a.)
o-Kumársav	-	0,1±0,019	12,6
Rozmaringsav	5,10	-	-
Szirinsav	-	1,4± 0,256	-
Szinapinsav	35,4	-	-
Vanillinsav	2,50	0,3± 0,06	-

7/b. táblázat. A *L. × intermedia* fenoloid vegyületei a korábbi irodalmi adatok alapján.

Irodalmi forrás	Torras-Claviera et al., 2007	Sánchez-Vioque et al., 2013
Növényi anyag	<i>L. x intermedia</i> , virág	<i>L. x intermedia</i> , virág (Soxhlet és ultrahangos-asszoc. kivonatok)
Fenoloid vegyületek		
Ferulasav-O-glükozid 1, 2	+	+
Kávésav	+	0
Kávésav-O-glükozid 1, 2	+	0
Kumársav-O-glükozid 1	+	+
Kumársav-O-glükozid 2	0	+
Klorogénsav	+	0
Rozmaringsav	+	+
Rozmaringsav metilészter	+	0
Tri-hidroxifahéjsav-O-glükozid	+	0
Apigenin	+	+
Apigenin-O-hexozid	+	0
Eriodiktíol-O-hexozid	+	0
Izokvercetin	+	0
Krizzoeriol-O-glükuronid	+	0
Krizzoeriol-O-hexozid	+	0
Luteolin	+	+

Irodalmi forrás	Torras-Claviera et al., 2007	Sánchez-Vioque et al., 2013
Növényi anyag	<i>L. x intermedia</i> , virág	<i>L. x intermedia</i> , virág (Soxhlet és ultrahangos- asszoc. kivonatok)
Fenoloid vegyületek		
Luteolin-O-glükozid	0	+
Luteolin-O- glükuronid 1, 2, 3	+	0
Luteolin-O-hexozid 1, 2	+	0
Protokatechuinsav	+	0

Jelmagyarázat: + - az adott komponenst kimutatták, 0 - nem mutatták ki.

2.7. A valódi és hibrid levendula hatóanyagainak felhalmozódását befolyásoló tényezők

2.7.1. A genotípus hatása

Mint azt korábban kifejtettem, a két levendula faj (*L. angustifolia* és *L. × intermedia*) közül a hibrid levendula jelentősen magasabb illóolaj hozam és -tartalom értékekkel rendelkezik (Renaud et al., 2001; Charles et al., 2002; Kara et Baydar 2013).

A rendelkezésre álló szakirodalmi adatok igazolják, hogy az illóolaj összetétele fajonként és fajtánként változhat (Lalande, 1984; Boelens, 1995; Piccaglia, 1998; Kara et Baydar 2013; Zagorcheva et al., 2013). Különböző kemotípusok megléte is igazolást nyert a levendula fajok tekintetében (pl.: Törökország: fenkon-kámfor kemotípusú *L. stoechas*, Franciaországban: linalool-linalil-acetát kemotípusú *L. angustifolia*) (Andrys et Kulpa, 2016).

Az illóolaj komponensek termelődése transzkripció szinten szabályozott, a bioszintézis utak regulációjában fajonkénti különbségek fedezhetők fel (Boeckelmann, 2008). Russo et al. (1998) megállapították, hogy a levendula beltartalmi anyagainak alakulását elsődlegesen a genotípus határozza meg, azonban több környezeti tényező (termőhely, éghajlati adottságok) hatása is érvényesül (Boeckelmann, 2008; Zámboi-Németh, 2015).

Andrys et al. (2017) bizonyította a fajták közötti szignifikáns különbséget az antioxidáns kapacitás vizsgálatokor is. Tanulmányában *L. angustifolia* 'Munstead' mintáiban a FRAP eljárással mért érték (9.21 ± 0.64 mg TE g⁻¹ sz.a.) szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a kutatásba vont további két fajta értékei ('Ellagance Purple', 'Blue River'). Adaszyńska-Skwirzyńska et Dziecioł (2017) kísérletében az összes polifenol-tartalom a 'Blue River' fajta leveles hajtásának kivonatában magasabb volt, mint az 'Ellagance Purple' esetében.

2.7.2. Ontogenezis

A levendula betakarításának megfelelő ideje tudományosan napjainkig sem megalapozott, bár már több szerző foglalkozott a témával. Hassiotis et al. (2010; 2014) és Zheljazkov et al. (2012) szerint a betakarítás ideje szignifikánsan befolyásolja a levendula illóolajának mennyiségét és minőségét. Egyes szerzők úgy vélekedtek, hogy az optimális betakarítási idő a teljes virágzás időszaka, annak érdekében, hogy a legmagasabb illóolaj tartalmat éri el (Lammerink, 1989, Cantor et al. 2018). Hassiotis et al. (2014) szerint a legmegfelelőbb időszak az, amikor a virágok 60%-a kinyílt. Baydar et Erbas (2009) ezzel szemben leírták, hogy a *L. × intermedia* 'Super-A' fajta legmagasabb illóolaj tartalom eléréséhez az optimális betakarítási idő a virágzás kezdete. A fenofázis illóolaj összetevőkre gyakorolt hatását illetően megállapították, hogy a legmagasabb linalool százalékat a virágzási periódus közepén, a legmagasabb linalil-acetát arányt pedig a virágzási folyamat végén mérték a 'Super-A' fajtában. Más szerzők (Cantor et al., 2018) a virágzási fázis előrehaladtával növekvő tendenciát észleltek a *L. angustifolia* illóolajának linalool tartalmában (teljes virágzás: 41,44%, elvirágzott: 43,48%), míg a linalil-acetát százalék teljes virágzásban volt a legmagasabb (teljes virágzás: 21,48%, elvirágzott: 18,74%). Sőt mi több, Guittton et al., (2010) molekuláris genetikai kutatásaik során a virágzás szakaszaiban más és más összetételt azonosítottak. Teljes virágzásban főként a linalil-acetát és számos szeszkviterpén volt jelen, míg bimbós, vagy elvirágzott fázisban a linalool, a terpinén-4-ol, az 1,8-cineol, az ocimén, és a limonén voltak a fő illóolajkomponensek. Más *Lamiaceae* fajok esetében végzett tanulmányban is számos szerző alátámasztja, hogy a virágzási fenofázis jelentősen befolyásolja az illóolaj tartalmát és összetételt. (Farooqi et al., 1999; Zámboi et Tétényi, 1988; Arraiza et al., 2009; Farhat et al., 2016; Farhat et al., 2019; Moisa et al., 2019).

A fenolos vegyületek alakulására kevesebb irodalmi adat áll rendelkezésre a témakört illetően. Duda et al. (2015) tanulmányában magasabb arányban detektáltak polifenol vegyületeket a virágzás elején, mint a teljes virágzás fenofázisában. Nurzyńska-Wierdak et Zawislak (2016) kísérlete alapján pozitív korreláció fedezhető fel az illóolaj tartalom és antioxidáns aktivitás között (AA) ($R = 0.9688$), és össz-polifenol tartalom között a *L. angustifolia* mintákban. Kísérletükben a levél, bimbó, és virágzó fenofázis antioxidáns aktivitása (AA) a következőképpen alakult: 77.5%, 85.9% és 86.3%, ahol az AA értéke DPPH inhibíciós %-ban volt megadva. Shafaghat et al. (2012) illetve Zielinska et Matkowski (2014) szintén megállapították, hogy a polifenolok szintézise és felhalmozódása a növény fejlődési fázisai illetve a környezeti tényezők függvényében változhat.

2.7.3. Szervi diverzitás

A valódi és hibrid levendulát illetően kevés irodalmi adat áll rendelkezésre az illóolaj tartalom és összetétel alakulásáról a különböző növényi szervekben, azonban más levendula faj (*L. denata*) tekintetében ezen tényező szignifikáns hatását mutatták ki (Touati et al., 2011).

A fenolos vegyületek tekintetében már több kutatási eredményt tettek közzé a témában. Blažeković et al. (2010) bizonyították, hogy a levendula növényi szervei között különbség fedezhető fel antioxidáns kapacitás vizsgálatakor: levélből előállított kivonatok bírtak a legmagasabb antioxidáns aktivitás értékkel, azokat a virág kivonatok, majd a virágzati szárrészekből előállított kivonatok követték. Más szerzők is megerősítik, hogy a levendula levele magasabb összes polifenol-tartalommal és antioxidáns kapacitással bír, mint a virága (Kırca et Arslan, 2008; Yalcin et al., 2017; Adaszyńska-Skwirzyńska et Dziecioł, 2017).

2.7.4. Évjárat

A levendula illóolajának mennyiségi és minőségi jellemzőjét befolyásoló tényező lehet a termesztés és betakarítás éve és ideje (Lis-Balchin, 2002; Baydar et Erbas, 2009; Guitton et al., Hassiotis et al., 2014 2010; Stanev et al., 2016). Egy legújabb kutatás is bizonyította, hogy öt *L. angustifolia* fajta illóolaj összetételét szignifikánsan befolyásolta az évjárat hatása (Pokajewicz et al., 2021).

A levendula összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékeire az évjáráthatás tekintetében nem találtunk irodalmi adatot.

2.7.5. Termőhelyi adottságok

A levendula termesztése során figyelembe veendő, hogy a termesztési körülmények, pl.: a termőterület évi átlagos középhőmérséklete, az évi átlagos csapadék mennyisége, a talaj ásványianyag-összetétele (N, P, S) mind meghatározhatják a kinyert illóolaj mennyiségét és minőségét (Hassiotis et al., 2010, 2014; Zheljazkov et al., 2012; Chrysargyris et al., 2016). Míg a talaj nehézfém szennyezettsége nem (Zheljazkov et Nielsen, 1996), addig a talaj sótartalma hatással lehet az illóolaj-tartalom alakulására (Cordovilla et al., 2014). Chrysargyris et al. (2018) azt tapasztalták, hogy a *L. angustifolia*-ban sókezeléssel elért magas sótartalom csökkentette az illóolaj hozamot. Ezt a tényt megerősítette Khorasaninejad et al. (2016) is szintén valódi levendulában, illetve Razmjoo et al. (2008) kamillában (*Matricaria chamomilla*) is. A növények tápanyag ellátásának biztosítása, különösen a nitrogén dózis növelése megváltoztatta a linalool/linalil-actetát arányt Zeliha et al. kísérletében (2013), ahol a levendula legjobb illóolaj-összetételét 100 kg/ha N dózissal tapasztalták. Szintén termőhelyi adottságok függvényében a *L.*

angustifolia esetében a legmagasabb linalool arányt (50,6%) Chatzopoulou et al. (2003) mérték görögországi kísérletük során, míg a linalil-acetát legnagyobb százalékát (47,6%) Verma et al. (2010) mutatták ki Indiában.

Nem találtunk irodalmi adatot a levendula összes polifenol és antioxidáns kapacitás vizsgálatait kapcsolatba hozva a termőhelyi adottságokkal. Ellenben más, rokon fajok esetében egyértelmű termőhelyi hatást mutattak ki. Rozmaring esetében Gîrd et al. (2017) kiemelte a fenolos vegyületek drasztikus változékonyságát a földrajzi eredet szerint.

Habár a levendula esetében nem találoztunk szárazság-stresszre vonatkozó irodalmi adatokkal, más, hasonló habitusú, xerofil fajoknál jegyeztek már le adatokat a témában. Trócsányi et al. (2015) szerint például a kerti kakukkfű (*Thymus vulgaris*) rozmaringsav akkumulációja 50-60 %-kal nagyobb értéket mutatott szárazságstressz hatására. A kerti kakukkfű és orvosi citromfű esetében öntözésre csökkenő, a vízhiány esetében viszont növekvő polifenol tartalmat detektáltak (Németh-Zámbori et al., 2016b; Radácsi et al., 2016).

2.8. A levendula felhasználása és terápiás indikációi

Az ókorban a levendula a szépségápolás meghatározó növénye volt. Latin neve is 'mosni' jelentésű szóból ered: lavare. Az ókori rómaiak a levendulát a mosdóvizük illatosítására használták, innen is származhat ezen elnevezés (Castle et Lis-Balchin, 2002). A hagyományos gyógyászatban a levendula illóolaját külsőleg használják bedörzsölő szerként reumás fájdalmakra, idegzsába és neuralgiák ellen. Belsőleg alkalmazva, drogjából készült forrázatát fogyasztva segíti az emésztést, fokozza az epeműködést, illetve csökkenti az ideggyulladást. A levendula hatásai közé tartozik görcsoldó, nyugtató tulajdonsága, ezért drogját a gyógyászatban főleg alvászavarok, illetve enyhe nyugtalansági problémák esetén alkalmazzák (Sváb et Heltmanné, 2000; Tóth, 2007; Banai, 2010).

A levendula illóolaját emellett előszeretettel alkalmazzák az aromaterápiában. Számos kísérlet és klinikai vizsgálat támasztja alá a levendula illóolaj jótékony hatását mind állatra, mind emberre vonatkoztatva. Hudson (1996) kísérletében idősödő emberek elalvását megtámogatta szedatív hatásával a levendula illóolaja. Szintén számos korábbi, klinikai vizsgálat született a levendula szedatív hatását célba véve (Torii et al., 1988; Kubota et al., 1992; Diego et al., 1998). További humán vizsgálatok és állatkísérletek erősítik meg jótékony hatását az elalvás folyamatára, az alvás minőségére, az alvás időtartamára, valamint a relaxált állapot kialakulására és fenntartására mind pozitív hatást gyakorolt (Chien et al., 2012). A levendula illóolaj inhalációja továbbá csökkentette a szívritmust és a vérnyomást (Lytle et al., 2014; Keshavarz et al., 2015 López et al., 2017).

Feltételezik, hogy a szorongásoldó tulajdonság a linalool- és linalil-acetát tartalomnak köszönhető (Takahashi et al., 2011).

A levendula görcsoldó hatását is többen leírták korábban (Bient 1972; Lis-Balchin et al., 1996). Lis-Balchin et Hart (1999) szerint állatkísérletekben *L. angustifolia* illóolaj patkányok emésztőszervrendszerének simaizom szövetében görcsoldó hatást fejtett ki, amely feltehetően az illóolajban fellelhető linaloolnak és linalil-acetátnak volt köszönhető.

A drog felhasználásának lehetőségei tovább bővülnek. Újabb és újabb bizonyosságot adó tanulmányok születnek az alternatív gyógyászat, az élelmiszer tartósítás és a növényvédelem különböző területein is (Wells et al., 2018). Hagyományosan bizonyos gyógynövényeket és kivonataikat -köztük a levenduláét - felhasználták az élelmiszerek illetve gyógyászati és kozmetikai termékek eltartathatóságának növelése érdekében (Baratta et al., 1998). Manapság is egyre több szerző emeli ki, hogy az oxigenizált monoterpének az illóolajban, mint például linalool, borneol, 1,8-cineol, terpinén-4-ol, és kámfor tartalom hozzájárul az antimikrobiális hatáshoz (Ait-Ouazzou et al. 2011; Carrasco et al., 2016). Egy viszonylag új tanulmány szerint a *Listeria monocytogenes* és a *Salmonella enterica* ellen azon levendula fajták illóolaja fejtett ki erősebb antibakteriális hatást, amelyeknek magas volt az linalool-, kámfor- és 1,8-cineol-tartalma. A szerzők szerint ezen tény megoldást hozhat az élelmiszerek bio konzerválásához és felületi fertőtlenítéshez. (Tardugno et al., 2019). Emellett néhány tanulmány megerősíti, hogy szinergista hatás fedezhető fel az egyes illóolaj komponensek között (pl.: linalool-kámfor) amely erősíti az antimikrobiális hatást (Varona et al., 2013; Blažeković et al., 2018). A természetes tartósítók előállítására iránti növekvő igény hozzájárult ahhoz, hogy számos kísérlet szülessen a levendula illóolajának antimikrobiális hatásáról. Több tanulmány bizonyítja, hogy a levendula illóolaját sikeresen alkalmazták élelmiszeripari patogénekkal szemben, úgy, mint *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* és *Salmonella typhimurium* (Dadalioglu et Evrendilek, 2004). Valamint Azt is igazolták, hogy a *L. angustifolia* és *L. × intermedia* fajok illóolaja erős antibakteriális hatással bírt egyes Gram pozitív baktériumok ellen (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*) (Hanamanthagouda et al., 2010; Djenane et al., 2012; Martucci et al., 2015).

A levendula illóolaj antifungális hatása is bizonyított, többek között a *Candida albicans* és az *Aspergillus niger* patogénekkal szemben (Tarek et al., 2014). Az illóolaj nemcsak baktériumok és gombák, hanem a *Schistosoma mansoni* féreg elleni hatásátát is kimutatták: A kísérlet alapanyagaként használt levendula illóolaj fő komponensei a következők voltak: borneol (22,4%), *epi-α*-muurolol (13.4%), *α*-bisabolol (13.1%) precocene I (13.0%), és eukaliptol (7.9%). A kifejtett

S. mansonii egyedek 24 óra alatt elpusztultak, utódaik fejlődését az illóolaj erősen gátolta, illetve elválasztotta egymástól a párzó egyedeket is (Mantovani, 2013).

A levendula illóolajának jellegzetes illata miatt jelentős felhasználója a kozmetika- és parfümipar (Sváb et Heltmanné, 2000). A 'lavandin' illóolaj a *L. × intermedia* szárított virágjából kinyert illóolaja, melyet erős, tipikus „fű” illat jellemez, friss, cineolos jelleggel fűszerezve. A lavandin illóolajat friss illatok előállításához használják fel nagyobb mennyiségben, valamint szappanok, kozmetikai szerek készítéséhez, illatosításához. A valódi levendula illóolaja illatának fő irányvonala az édes-gyümölcsös jelleg. Felhasználják kölnikhez, levendula-vizekhez, virágos, és nem virágos parfümökhöz (Arctander, 1960).

2.9. Levendula nemesítési célkitűzések, és fajták

A termesztésben a megfelelő fajták kiválasztása leginkább a virágzási idő (korai, kései), illetve az illóolaj mennyisége és minősége alapján történik. Ebben a kontextusban a legtöbb *L. × intermedia* fajta nagyobb virághozammal rendelkezik, valamint magasabb illóolaj tartalommal bír, mint a francia levendula fajták, ami a termelők számára kedvező. Emellett a *L. angustifolia* fajták általában rövidebb virágzati szárral, kisebb virágtömeggel rendelkeznek, ezáltal az előállítható illóolaj mennyisége is kevesebb, minősége viszont jobb, mint a *L. × intermedia* fajtáké (Lis-Balchin, 2002).

Az elmúlt évszázad első felében Európában az egyre növekvő levendula termesztés és illóolaj előállítás miatt fejlesztési programokat indítottak Franciaországban és a volt Szovjetunió területén (Oroszország, Ukrajna és Moldova). E nemesítési programok a levendula tulajdonságainak széles skáláját célozták meg úgy, mint a virág hozam, illóolaj tartalom/minőség, linalil-acetát tartalom és fagyűrő képesség javítása. Kezdetben a levendula nemesítés többnyire széles alapokon nyugvó egyedszelekciót, és a legjobban teljesítő magoncok továbbszaporítását jelentették. Később a nemesítők tanulmányozták a hibridizációt követő heterózishatást különböző fajták között, tesztelték a kísérleti poliploidia, kémiai és sugárzásos mutagenézis módszereit is (Louzina, 1968; Romanenko, 1973; Singh et al., 1989).

Az elmúlt évtizedben a *L. angustifolia* tekintetében Bulgária túlszárnyalta a franciaországi valódi levendula illóolaj előállítását. A hibrid levendula termesztésének legnagyobb része azonban ma is Franciaországra esik, 90 %-át adva a világ 'lavandin' illóolaj termelésének (Stanev et al., 2016). A 21. században, az egyre fejlődő bulgáriai levendula termesztés további fejlesztéseket követel mind a fenntartható termesztésben, mind a nemesítésben. Ezen programok fontos feladatai közé tartozik a levendula termesztési folyamat gépesítése, a levendula fajták

alkalmazkodóképességének erősítése a helyi környezeti körülményekhez, a virághozam, az illóolaj tartalom és -összetétel javítása, új innovatív technológiák használata a termelésben, mint pl.: szuperkritikus szén-dioxid extraktor használata az illóolaj kinyeréséhez (Stanev et al., 2016).

A hibrid levendula nemesítését korlátozza a sterilitás. A nemesítők az elmúlt években azonban sikeresen hoztak létre fertilis növényeket kolchicin kezeléssel vagy interspecifikus hibridizációval (Urwin, 2008; Rabotyagov et al., 2018). A hibrid levendula nemesítésének elsődleges célja az illóolaj minőségének javítása, azzal, hogy a nemkívánatos komponensek arányát csökkentsék. Rabotyagov et al. (2018) kísérletében sikerült elérni, hogy a kámfor, a borneol és az 1,8-cineol százalékos aránya a nemesített hibrid fajta illóolajában minimális lett.

A levendula fajok és fajták azonosítása, valamint a nemesítés nem csupán morfológiai tényezők és hatóanyag-vizsgálat alapján történhet. Nemrégiben újabb tanulmányok indultak genetikai markerek, mint például mikroszatellitek fejlesztésére, amelyek alkalmasak a levendula fajták azonosítására. Ezen markerek lehetővé tehetik a levendula génállományának feltérképezését, és célzott nemesítési eljárások kifejlesztését. Lane et al. (2010) által kidolgozott levendula levél és virág EST könyvtár biztos alapot ad ahhoz, hogy a levendulát modell szervezetként használva tanulmányozzák az illóolaj bioszintézis genetikai meghatározottságát. E kísérlet kibővítéseként EST-SSR markereket fejlesztettek ki, és sikeresen teszteltek levendula fajokban (Adal et al., 2015). Másik fontos lépésként kulcs gének karakterizálása történt meg, beleértve a levendula illóolaj bioszintézis utak egyes génjeit (Landmann et al., 2007; Demissie et al., 2012).

2.10. A feldolgozási eljárások hatása az illóolaj jellemzőire

A levendula elsődleges feldolgozási módszerein belül, a szárítás bizonyítottan hatással van a *L. angustifolia* illóolájának mennyiségére és minőségére (Lammerink et al., 1989; Smigielski et al., 2011; Zheljazkov et al., 2012). Betakarítás utáni szárítással akár az illóolaj tartalom 40%-át is elveszíthetjük, a friss növényi anyagból történő lepárláshoz képest. Az illóolajban szárítás után 12,9%-kal kevesebb monoterpén észter és 4,3 %-kal több monoterpén alkohol volt detektálható (Smigielski et al., 2011). Az illóolaj kinyerési technikák közül, a víz-gőz desztillációs módszert többen vizsgálták (Zheljazkov et al., 2013; Zagorcheva et al., 2013). Zheljazkov et al., (2013) szerint a legmagasabb illóolaj tartalom értéket 60 perces desztillációs idővel lehet elérni. A szerző kiemelte azt is, hogy a linalil-acetát legmagasabb százalékat (15-38%) 30 percnél éri el a lepárlás során. A vízgőz desztilláció és szuperkritikus CO₂ extrakciós technikák összehasonlításában Kiran Babu et al., (2016) leírta, hogy vízgőzdesztillációs eljárással magasabb illóolaj tartalmat értek el *L. angustifolia* esetében, míg a szuperkritikus CO₂ extrakcióval jobb minőségű olaj állt rendelkezésükre linalil-acetát szempontjából (44,3-59,8%).

A fentiek alapján az illóolaj összetevők és fenolos vegyületek alakulásának vizsgálatával kapcsolatos kísérletek jelentősége kiemelkedő, akár különböző termőterületekre, termesztéstechnológiai eljárásokra vagy fajok és fajták összehasonlítására fókuszálva.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kísérletek helye és ideje

Kísérleteinket a magyarországi levendula termőterületek közül a dörgicsei Levendula Major és a Szomódi Levendulás állományaiban, és valamint a MATE soroksári kísérleti üzeméhez tartozó Gyógynövénytermesztési Ágazatban telepített kísérleti fajtagyűjteményben 2016 és 2019 között végeztük.

3.1.1. A kísérleti területek elhelyezkedése és klimatikus viszonyai

Dörgicse

A dörgicsei Levendula Major területe a Balaton-felvidék 200 m magasan fekvő térségében található (é. sz. 46° 55' 01", k. h. 17° 43' 19"), melyet mészkövön kialakult barna erdőtalaj jellemez (Tóth et al., 2014). Éghajlata mérsékelt meleg és mérsékelt száraz. Az átlagos évi középhőmérséklet 9 és 10 °C között ingadozik. Az átlagos évi csapadékösszeg valamivel több, mint 600 mm. 2003-ban került sor a levendula állomány telepítésére, melyek növényegyedei így kísérletünk éveiben 14 és 15 évesek voltak.

Szomód

Szomód Tata szomszédságában ÉK-Dunántúli régióban fekvő település (é. sz. 47° 40' 57", k. h. 18° 20' 30). A környező hegyvidékek napsütéses lejtőit löszön kialakult barna erdőtalaj jellemzi. Éghajlata az országos átlagnál hűvösebb, csapadékosabb, erősen szeles, de a hőingadozás alacsony és a napsütéses órák száma is elég magas (évi átlagos középhőmérséklet: 8-9 °C; évi átlagos csapadék 650-700 mm). A Szomódi Levendulás első levendula állományait 2013-ban létesítették, s ezek kísérletünk éveiben 4 illetve 5 évesek voltak.

Soroksár

A Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Budai Campusához tartozó, Budapest 23. kerületében, Soroksáron elhelyezkedő Kísérleti Üzem és Tangazdaság területén (é. sz. 47° 39' 88", k. h. 19° 14' 92") az évi átlagos napfénytartam az országos átlaghoz képest bőségesnek tekinthető (2014 óra). Az évi középhőmérséklet 11 °C. Jelentős a hőmérséklet napi és évi ingadozása is. A csapadék kevésnek mondható (átlagosan évi 500 mm), amely egyenlőtlenül oszlik meg, az aszályosság oka különösen a júliusi és augusztusi csapadék csekély voltában rejlik. A legtöbb csapadék május-júniusban esik. A terület a Duna öntésterületén helyezkedik el, így a talajok nagy része a Duna meszes homokhordalékán képződött. Talajtípusa gyengén humuszos homoktalaj és öntéstalaj. Jellemző a nagymértékű kisugárzás, ami az átmeneti évszakokban talaj menti fagyveszélyt

jelenthet. Kísérleteinkhez a levendula állományt 2017-ben telepítettük. Így a vizsgálatainkban 1 és 2 éves állományból származó növényanyagot használtunk fel.

3.1.2. A kísérleti területek talajadottságai

Dörgicse, Szomód és Soroksár kísérleti területeinek talajjellemzői az 8. táblázatban látható. A talajvizsgálatokat bemutató táblázatban a termelők jóváhagyásával az általuk elvégzett vizsgálatokat tüntetem fel.

8. táblázat. A termőterületek (Dörgicse, Szomód és Soroksár) talajjellemzői (A termelők talajelemzése alapján Dörgicsén 2009-ben, Szomódon 2017, Soroksáron 2017 nyarán történt a mintavétel).

Termőhely	Talaj-vizsgálati eredmények												
	pH	K _A	CaC O ₃ m/m %	Humusz m/m %	NO ₃ +NO ₂ -N mg/kg	P ₂ O ₅ mg/ kg	K ₂ O mg/kg	Mg mg/kg	Na mg /kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Mn mg/ kg	SO ₄ ²⁻ mg/k g
Dörgicse	7	43	5	2	11	261	117	317	116	14	2	214	22
Szomód	8	37	11	2	13	303	263	69	38	1	0	26	53
Soroksár	6,49	<30	<1	1.2	1.2	291	36,7	53	n.d.	1,7	3,5	37,8	n.d.

3.1.3. A kísérleti területek csapadékeloszlása

A kísérletbe vont magyarországi levendula termőterületek (Soroksár, Dörgicse, Szomód) jellemzését csapadék adatok alapján az 9. táblázat/-a és -b részeiben mutatom be.

9/a. táblázat. A két kísérleti területen (Dörgicse, Szomód) hullott csapadék mennyisége (mm/hónap), 2017-ben és 2018-ban (Az OMSZ- Országos Meteorológiai Szolgálat által biztosított adatok alapján).

Csapadék mennyiség (mm/hónap)				
Termőhely	Dörgicse		Szomód	
Évjárat	2017	2018	2017	2018
Január	20,3	27,7	15,5	14,7
Február	46,5	43,8	28,3	33,5
Március	20,9	121,5	41,3	62,1
Április	53,8	17,2	55,8	9,5
Május	36,2	56,5	38	28,5
Június	84,8	84,8	21,1	61,3
Július	82,1	53,3	59,2	42,8

Összes:	344,6	404,8	259,2	252,4
---------	-------	-------	-------	-------

9/b. táblázat. A soroksári kísérleti területen hullott csapadék mennyisége (mm/hónap), 2018-ban és 2019-ben (Az OMSZ- Országos Meteorológiai Szolgálat által biztosított adatok alapján).

Csapadék mennyiség (mm/hónap)		
Évjárat	2018	2019
Január	22,4	32,7
Február	77,7	8,1
Március	83,2	6,8
Április	10,2	15,9
Május	63,6	119,4
Június	84,9	172
Július	81,4	110,7
Összes:	423,4	465,6

3.2. A kísérletek növényanyaga

Kísérletünkben a dörgicsei és szomódi termőhelyek gyűjteményes anyagaiból elsősorban arra törekedtünk, hogy azonos fajtákat vizsgáljunk. Ennek érdekében a *L. angustifolia* 'Hidcote' és 'Munstead', valamint a *L. x intermedia* 'Grappenhall' és 'Grosso' fajták párhuzamos értékelésére került sor. Vizsgálatainkat további fajtákból származó növényi anyag mintázásával egészítettük ki: Dörgicsén a fentiek mellett az 'Aromatico Silver', a 'Beate', a 'Budakalászi' és a 'Maillette', Szomódon pedig a 'Judit' fajták kísérletbe vonására kaptunk lehetőséget. A begyűjtött növényanyaghoz tartozó fajták bemutatását a 10. és 11. táblázat, valamint az 5. ábra a-i részei reprezentálják.

3.2.1. A kísérletbe vont fajták jellemzői

A kísérletbe vont fajták eredetét részben a munkánk során szerzett ismeretek, részben pedig szakirodalmi hivatkozások alapján adom meg (Renaud és tsai, 2001; Charles et al., 2002; Se, 2013; Pistelli et al., 2017; Kara et Baydar, 2013), (10. és 11. táblázat).

10. táblázat. A kísérletben szereplő *L. angustifolia* fajták legfontosabb jellemzői.

Fajták	Legfontosabb fajtatulajdonságok
'Aromatico Silver'	Ismeretlen eredetű, szürkészöld levelek, fehér, és halvány lila virágok jellemzik, általában csak 40 cm-es magasságot ér el.
'Beate'	Ismeretlen eredetű fajta, sötétlila virágú, szürkés-zöld levelű, homogén megjelenésű.
'Budakalászi'	Zöldebb hajtás, élénk ibolyakék virág 92A (McNaughton, 1995), a többi valódi fajta közül kiemelkedően magas illóolaj tartalom jellemzi, fajtajogosult a budakalászi Gyógynövénykutató Intézet Kft. (Gyógynövénykutató Intézet Kft., 2020).
'Hidcote'	1950-ben mutatták be, mára az egyik legismertebb termesztett fajta, erősen ezüstös levelek, élénk ibolya virág 88A (McNaughton, 1995) jellemzi, 50 cm nagyságúra nőhet a bokra.
'Maillette'	Franciaországi eredetű fajta, liláskék virágú, erőteljes növekedésű.
'Munstead'	1960-ban mutatták be, szürkészöld levelű, világos, közepes-lila virágú, több szinonimája ismert: használják a 'Munstead Variety', 'Munstead Dwarf' és 'Munstead Blue', más valódi fajtákhoz képest korábban virágzik, akár 60 cm-t is elérhet.

11. táblázat. A kísérletben szereplő *L. × intermedia* fajták legfontosabb jellemzői.

Fajták	Legfontosabb fajtatulajdonságok
'Grappenhall'	Legkorábban bemutatott fajta (1902), különösen ezüstös levelek, levendula-ibolya 91A színű virágok (McNaughton, 1995) jellemzi, akár 75 cm-t is elérhet a bokra.
'Grosso'	1972-ben bemutatott, francia eredetű fajta, ibolya-kék virágú (90C) (McNaughton, 1995), egyenletes növekedésű, szabályos, 75 cm nagyságú félgömböt alakít ki bokra, a világon a legnépszerűbb fajta illóolaj termesztés céljából (Charlesworth, 2002).
'Judit'	Gyengébb növekedésű, sötétebb zöld levelű, a fajta jogosultja Budapesti Corvinus Egyetem Gyógy-és Aromanövények Tanszék volt, (fajtaelismerés éve: 2014, jelenleg visszavont fajta).



5. ábra. A kísérletben szereplő 6 *L. angustifolia* és 3 *L. × intermedia* fajta. **a**, 'Beate' (Dörgicse, 2018); **b**, 'Budakalászi' (Soroksár, 2019, fotó: Harmath Anna); **c**, 'Maillette' (Dörgicse, 2018); **d**, 'Aromatico Silver' (Dörgicse, 2018); **e**, 'Munstead' (Dörgicse, 2018); **f**, 'Hidcote' (Dörgicse, 2018); **g**, 'Grappenhall' (Soroksár, 2019, fotó: Pluhár Zsuzsanna); **h**, 'Grosso' (Soroksár, 2019, fotó: Pluhár Zsuzsanna); **i**, 'Judit' (Soroksár, 2019, fotó: Pluhár Zsuzsanna).

3.3. A kísérletek módszerei

3.3.1. A levendula állományok létrehozása

2017-ben a megfelelő egyed- és mintaszám eléréséhez magvetés és palánta telepítés útján végeztünk szaporítást a soroksári Kísérleti Üzem Gyógynövénytermesztés Ágazatában. A

kiültetési térképet a 6. ábra mutatja be. A szaporítóanyagokat és azok származási helyét a 12. táblázatban foglaltuk össze. A kísérleti telepen magról felszaporított egyede kb. 4 hetes korukban 5x5 cm sejttálcába tűzdeljük át. Mind magvetéskor, mind tűzdeléskor tőzeges földkeveréket használtunk. A magoncok fűtetlen üvegházban fejlődtek a végleges helyükre történő kiültetésig. A kísérleti üzemben a tanszéki nemesítésű 'Judit' hibrid levendula fajta felszaporításához félfás dugványozást alkalmaztunk, melyhez a dugványozásra 2017. májusában került sor. A gyökereztetést perlit-homok 1:1 arányú keverékében, szaporítóládában, 0,8 %-os IVS hormonkezelés után végeztük. Az 1 hónapig tartó gyökeresedés után a gyökeres dugványokat 7 cm átmérőjű konténerbe ültettük, általános virágföldben neveltük tovább a kiültetésig. Az esetlegesen előtörő virágzatokat eltávolítottuk és az erőteljes elágazódás érdekében a palántákat nyár végén 1x visszavágtuk.

A saját nevelésű és a megvásárolt levendula palántákat a kiültetés előtt 10-12 napig akklimatizáltuk szabadföldön, enyhe árnyékolás mellett, továbbá kismértékű vízelvonást alkalmaztunk. A kiültetés 2017. októberében történt a Gyógy- és Aromanövények Tanszék soroksári kísérleti telepén, fajtánként 2-2 sort telepítve. A valódi levendula fajta esetében 100x50 cm-es, a hibrid levendula fajta esetében 100x100 cm sor- és tőtávolságot alkalmaztunk. Ötvenötven tövet ültettünk ki a valódi levendula esetében a 'Budakalászi', a 'Hidcote', és a 'Munstead' fajtákból, és 25 tő a 'Maillette' fajtából. A hibrid levendula fajtaánál 50-50 tövet telepítettünk a 'Grosso' és a 'Judit', míg 75 egyedet a 'Grappenhall' fajtából.

A begyökeresedésig és a száraz időszakokban esőztető öntözéssel biztosítottuk az állomány megfelelő vízellátottságát, továbbá mechanikai gyomirtást végeztem.

12 . táblázat. A soroksári Kísérleti Üzem és Tangazdaság területén létesített levendula fajta állományok szaporítóanyagai és azok származási helye.

Telepített levendula fajták	Szaporítási mód	Szaporítóanyag származási helye
Saját nevelésű palánták		
'Budakalászi'	magvetés	Budakalászi Gyógynövénykutató Intézet
'Munstead'	magvetés	Jelitto Perennial Seed
'Hidcote'	magvetés	Jelitto Perennial Seed
'Judit'	félfás dugványozás	Soroksári Kísérleti Üzem
Kereskedelmi forgalomból származó palánták		

Telepített levendula fajták	Szaporítási mód	Szaporítóanyag származási helye
Saját nevelésű palánták		
'Maillette'	magvetés	Beretvás Kertészet
'Grosso'	félfás dugványozás	Beretvás Kertészet
'Grappenhall'	félfás dugványozás	Beretvás Kertészet



6. ábra A levendula állomány 2018 nyarán a soroksári Kísérleti Üzem területén.

3.3.2. A szabadföldi megfigyelések és mérések módszerei

3.3.2.1. A taxonok közötti különbségek értékelése

Az egyes levendula fajták illóolaj tulajdonságainak összehasonlítására a dörgicsei termőhelyen mintáztuk az állományokat a nyári betakarítás időszakában, 2017-ben és 2018-ban. A kísérletbe hat *L. angustifolia* ('Aromatico Silver', 'Beate', 'Budakalászi', 'Hidcote', 'Maillette', és 'Munstead') és két *L. × intermedia* fajtát ('Grappenhall' és 'Grosso') vontunk be.

Megvizsgáltuk a fajon belüli diverzitás megnyilvánulását az összes polifenol-tartalomra (TPC) és az antioxidáns kapacitásra (FRAP) nézve is. A levendula fajtákat azokon a termőhelyeken elemeztük, ahol a legtöbbet tudtunk belőlük begyűjteni, így a *L. angustifolia* fajtákat ('Aromatico Silver', 'Beate', 'Budakalászi', 'Hidcote', 'Maillette', és 'Munstead') Dörgicsén, az *L. × intermedia* fajtákat ('Grosso', 'Grappenhall' és 'Judit') Szomódon vizsgáltuk, két kísérleti éven át, 2017 és 2018 nyarán, teljes virágzáskor.

3.3.2.2. Az ontogenetikai vizsgálatok módszerei

A levendula fajták illóolaj tulajdonságainak (illóolaj tartalom és összetétel) alakulását különböző virágzási fázisokban 2018-ban és 2019-ben, Soroksáron mértük fel. A vizsgálatba bevont fajták a következők voltak: négy *L. angustifolia*: 'Budakalászi', 'Hidcote', 'Maillette', és 'Munstead', illetve három *L. × intermedia* fajta: 'Grosso', 'Grappenhall' és 'Judit'. A mintákat két virágzási fázisban (teljes virágzás és elvirágzott) mindkét évben, minden fajtából begyűjtöttük, míg a zöld bimbós fázis értékelésére 2018-2019-ben csak 1-1 fajtánál ('Budakalászi' és 'Grosso') került sor, a lilabimbós fázist pedig csak a termő, 3. éves állományokban 2019-ben felvételeztük. A mintaszedés pontos dátumait a 13. táblázat mutatja be.

13. táblázat. A levendula fajták mintagyűjtésének időpontjai a különböző virágzási fázisokban, Soroksáron, 2018-ban és 2019-ben.

Faj	Fajta	zöld bimbó		lila bimbó	teljes virágzás		elvirágzott	
		2018	2019	2019	2018	2019	2018	2019
<i>L. angustifolia</i>	'Budakalászi'	május 24		június 5	június 13		július 15	július 10
	'Hidcote'	-		június 5	június 13		július 3	
	'Maillette'	-		június 5	június 13		július 10	
	'Munstead'	-		június 5	június 13		július 3	
<i>L. × intermedia</i>	'Grosso'	május 24		június 13	július 3		július 15	
	'Grappenhall'	-		június 21	július 3		július 15	
	'Judit'	-		június 21	július 3		július 15	

Megvizsgáltuk a virágzási fázisok hatását a levendula fajták összes polifenol-tartalom (TPC) és antioxidáns kapacitás (FRAP) értékeire is a soroksári állományon, két kísérleti évben (2018-ban és 2019-ben). A mintákat e kísérletekhez teljes virágzásban és elvirágzott fenofázisokban szedték, három *L. angustifolia* ('Budakalászi', 'Hidcote' és 'Munstead') és három *L. × intermedia* ('Grosso', 'Grappenhall' és 'Judit') fajtából. Mivel 2018-ban még fiatal volt az állomány, ezért a lila bimbós fázisból csak 2019-ben volt alkalmunk gyűjteni.

3.3.2.3. A szervi diverzitás hatásának vizsgálati módszerei

A szervi diverzitás hatásának elemzéséhez a szomódi termőhelyen két *L. angustifolia* ('Hidcote', és 'Munstead') és két *L. × intermedia* ('Grappenhall' és 'Grosso') virág és levél mintáit gyűjtöttük be 2016 őszén (október 24.), 2017 nyarán (*L. angustifolia*: június 18. és *L. × intermedia*: július 14.) és 2017 őszén (október 31.) egyaránt.

3.3.2.4. Az évjáráthatás értékelésének módszerei

A 2018 és 2019-es évjárat hatásának elemzését mind az illóolaj tartalomra és összetételre, mind a fenolos vegyületek továbbá az antioxidáns kapacitás alakulására a soroksári állományon végeztük (mintagyűjtés ideje: *L. angustifolia*: június 13., *L. × intermedia* július 3.). Ezen túlmenően az illóolaj tulajdonságok elemzésére 2017 és 2018 nyarán, a dörgicsei termőhelyen is sor került, ahol három *L. angustifolia* fajtát ('Budakalászi', 'Hidcote', és 'Munstead') vontunk be az összehasonlításba (2017-ben és 2018-ban is a *L. angustifolia* minták begyűjtésének ideje: június 18.).

3.3.2.5. A betakarítási idő hatásának vizsgálati módszerei

A szomódi termőhelyen 2017-ben egy tenyészidőszakon belül két eltérő periódusban is módunk nyílt a betakarításra két *L. angustifolia* ('Hidcote' és 'Munstead') és két *L. × intermedia* ('Grappenhall' és 'Judit') fajta esetében. Ennek során a nyári (*L. angustifolia*: június 18. és *L. × intermedia*: július 14.) és az őszi (október 31.) virágzás időszakában gyűjtött minták beltartalmi anyagai közötti különbségeket tártuk fel.

3.3.2.6. A termőhelyi hatás értékelésének módszerei

A termőhelyi hatás vizsgálatához két *L. angustifolia* ('Hidcote', 'Munstead') és két *L. × intermedia* ('Grosso', Grappenhall') fajtát értékeltünk, mind az illóolaj-tartalom és -összetétel, mind a fenolos vegyületek alakulása szempontjából. Kísérletünkben két különböző termőhelyről (Dörgicse és Szomód) 2017 nyarán, a teljes virágzás fázisában gyűjtött minták adatait vontuk be az összehasonlításba (*L. angustifolia* minták begyűjtésének ideje: június 18., *L. × intermedia*: július 14.).

3.3.2.7. A kísérletek növényanyagának előállítása

Termőhelytől függetlenül valamennyi taxon betakarítása kézzel, 15-20 cm-es szárrésszel történt. A mintagyűjtést követően a friss növényanyagot a kísérleti üzem szárítóhelységében természetes körülmények között, szárítókeretekre kiterítve megszáritottuk.

3.3.2.8. Az illóolaj tartalom meghatározása

A szárított növényi anyagot (5-10 g) Clevenger típusú laboratóriumi eszközzel desztilláltuk a VII. Magyar Gyógyszerkönyv (1986) előírásának megfelelően. A vízgőzdesztilláció hossza 1 óra volt. Minden tétel esetében 3 ismétlést alkalmaztam. Az illóolaj mennyiségét ml/100 g-ban fejeztük ki a drog vízmentes szárazanyag-tartalmára vonatkoztatva. Az illóolaj mintákat a gázkromatográfiás vizsgálatokat megelőzően üveg fiolákban tároltuk +4°C -on, hűtőszekrényben.

3.3.2.9. Az illóolajok gázkromatográfiás elemzése

Az illóolaj összetevőinek meghatározásához 6890 N típusú gázkromatográfot alkalmaztunk, amely 5975 inert mass selective detektorral (Agilent Technologies, USA), valamint HP-5MS (5 % phenyl-methyl siloxane, hossz: 30 m, d=250 μ m, filmvastagság: 0,25 μ m) típusú kolonnával rendelkezett. Az injektor 230 °C, 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 mennyiség 0,2 ml (10 %-os hexános oldat) volt, melyet automata injektor (7683B, Agilent Technologies, USA) segítségével juttattunk a kolonnára. A GC-MS detektáláshoz 70 eV ionizációs energiát alkalmaztunk. A komponensek azonosítását tömegspektrum alapján, NIST könyvtár és saját illóolajos könyvtár segítségével, illetve a retenciós idők és indexek felhasználásával végeztük (Adams, 2007). Mintánként 3 párhuzamos mérést végeztünk.

3.3.2.10. Az összpolicenol tartalom meghatározása

Az összpolicenol tartalom (TPC = Total Polyphenol Content) meghatározását Singleton et Rossi (1965) módszere alapján végeztem el, mely eljárás lényege, hogy a Folin-Ciocalteu reagensben található sárga színű Molibdén (VI) ionok az fenolok hatására kék színűvé redukálódnak, melynek mennyiségét lúgos közegben, 765 nm-n mérjük. Galluszsav standardet használunk a módszerhez. A mérés előtt a hígított galluszsavval kalibrációs görbét készítünk. A minta össztérfogata 2500 μ l, amely 1250 μ l Folin-Ciocalteu reagensből, 200 μ l MeOH: DV elegyből, 50 μ l mintából, (1 perc után hozzáadott) 1000 μ l Na₂CO₃ oldatból áll. Az oldatokat ezután 5 percre 50 °C-os vízfürdőbe helyezzük, majd λ =760 nm -en mérjük az abszorbanciát. Mintánként három párhuzamos mérést végzünk. A mért abszorbanciából a kalibrációs görbe segítségével határoztam meg az összes fenoltartalmat mg galluszsav/ml dimenzióban. Ezután abszorbanciát mértem λ =760 nm hullámhosszon Thermo Evolution 201 spektrofotométerrel. A kiértékelésben a galluszsavra kalibrált egyenest használtam, így az eredményeket mg GSE/g sz. a.-ban adtam meg. (GSE = galluszsav egyenérték).

3.3.2.11. Az antioxidáns kapacitás meghatározása

A levendula minták összes antioxidáns aktivitásának meghatározásához Benzie és Strain (1966) módosított módszerét alkalmaztam. A módszer lényege, hogy a ferri (Fe³⁺) ionok az antioxidáns aktivitású vegyületek hatására ferro (Fe²⁺) ionokká redukálódnak. A módszert röviden FRAP eljárásnak nevezzük (Ferric Reducing Antioxidant Power). A ferro ionok alacsony pH-n a 2,4,6 trypiridil-s-triazinnal (TPTZ) komplexet képezve intenzív kék színű terméket képeznek, amely 593 nm-en spektrofotometriás berendezéssel mérhető 5 perc eltelte után. A FRAP értéket úgy

kapjuk meg, hogy összehasonlíttuk a minta extinkció értékét, olyan reakció eleggyel, amelynek Fe^{2+} koncentrációja ismert. Ehhez előzetesen kalibrációs görbét veszünk fel, ismert elegyként aszkorbinsavat alkalmazva. A vizsgált minta mért, ismeretlen antioxidáns kapacitását aszkorbinsav egyenértékre vonatkoztatva kapjuk meg. Három párhuzamos mérést végeztem. A FRAP reagenst előzetesen elkészítettem a mérésekhez Na-acetát pufferből, TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazine és HCL) oldatból és vas-klorid oldatból 10:1:1 arányban. 1.5 ml FRAP reagenshez desztillált vizet (40-30-20 μl) és 10-20-30 μl mintát adtam majd 5 perc eltelte után abszorbanciát mértem $\lambda=593$ nm-en Thermo Evolution 201 spektrofotométerrel. Ehhez előzetesen kalibrációs görbét vettem fel, ismert elegyként aszkorbinsavat alkalmaztam. A koncentráció értékeket mg ASE/g sz. a.-ban adtam meg, melyet az aszkorbinsavval készített kalibrációs illesztés segítségével számoltam. (ASE = aszkorbinsav egyenérték).

3.3.2.12. A kísérletek biometria értékelésének módszerei

Az eredményeket az IBM SPSS Statistics 25. szoftverrel elemeztük egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA), illetőleg ezen belül, a hatások közötti interakciót is elemeztük. Az adatok normalitását Kolmogorov-Smirnov teszttel, a szóráshomogenitást Levene teszttel ellenőriztük. A szóráshomogenitás esetében az értékek páronkénti összehasonlítására - a szóráshomogenitás esetében - Tukey HSD post hoc összehasonlítást végeztünk. Amennyiben a szórás homogenitás nem egyezett, úgy az adatok páronkénti összehasonlítására Games-Howel tesztet végeztünk. Az adatok kiértékelése 95 %-os megbízhatósági szinten ($p \leq 0,05$) történt. Az eredmények alapján a statisztikailag különböző csoportokat az ábrákon és a táblázatokban eltérő kisbetűkkel jelöltük.

4. EREDMÉNYEK

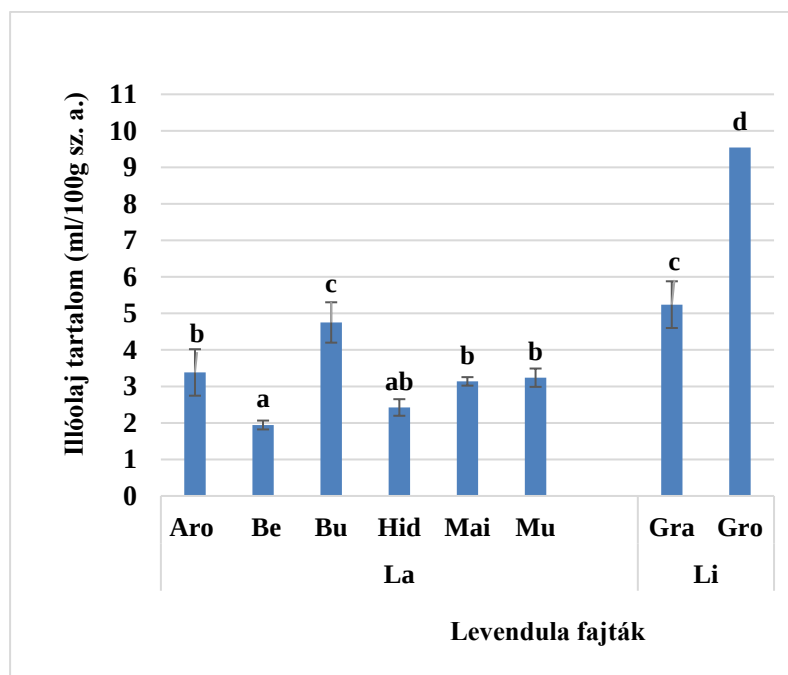
4.1. Endogén tényezők

4.1.1. A genotípus hatása

4.1.1.1. A genotípus hatása az illóolaj jellemzőire

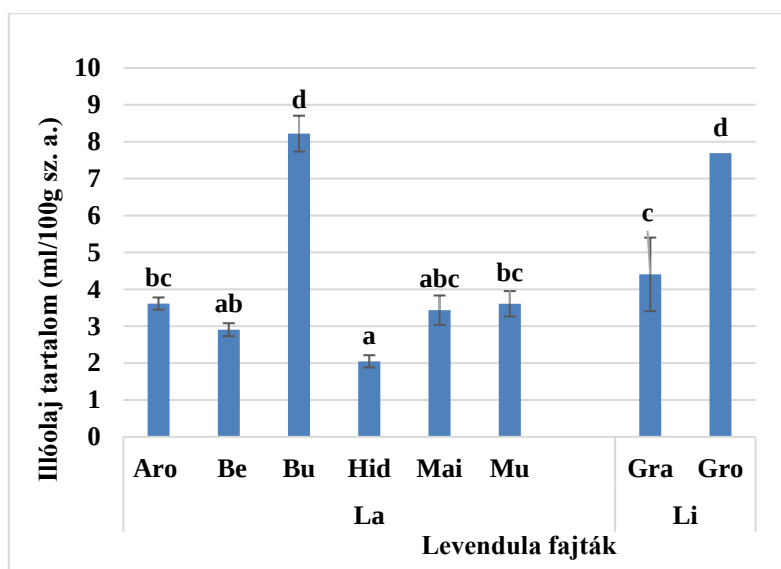
4.1.1.1.1. Az illóolaj-tartalom eltérései a levendula fajok és fajták esetében

A dörgicsei termőhelyen 2017-es kísérleti évben a vizsgálatba vont fajták illóolaj tartalma között szignifikáns különbséget mutattunk ki ($p < 0,0001$) (7. ábra). A legmagasabb illóolaj tartalommal a *L.x intermedia* 'Grosso' rendelkezett (9,5 ml/100g), míg a legalacsonyabbal a *L. angustifolia* 'Beate' (1,9 ml/100g). Érdekes módon a valódi levendula 'Budakalászi' fajtája hasonlóan magas értéket mutatott, mint a hibrid levendulához tartozó 'Grappenhall'. A többi fajta, az 'Aromatico Silver', 'Maillette', és 'Munstead' illóolaj felhalmozódása nem különbözött egymástól szignifikánsan, 3,1 ml/100g és 3,4 ml/100g között mozgott.



7. ábra. A vizsgált levendula fajták illóolaj tartalma (ml/100g sz. a.) (Dörgicse, 2017).

2018-ban ismét szignifikáns különbséget mutattunk ki a fajták illóolaj-tartalom értékei között ($p < 0,0001$) (8. ábra). A 'Budakalászi' fajta esetében az előző évhez képest még kiemelkedőbb illóolaj koncentrációt detektáltunk (8,2 ml/100g), amivel meghaladta a hibrid levendula fajták értékeit is.



8. ábra. A vizsgált levendula fajták illóolaj-tartalom értékei (ml/100g sz. a.) (Dörgicse, 2018).

4.1.1.1.2. Az illóolaj-összetétel eltérései a levendula fajok és fajták esetében

Lavandula angustifolia

2017-ben a vizsgálatba vont *L. angustifolia* fajták illóolaj összetételét illetően 12 komponenst detektáltunk, amelyek az illóolaj 87,8-95,7%-át teszik ki. (14. táblázat). A fő komponensek (≥ 10 area %) a következők voltak: linalool, linalil-acetát és lavandulil-acetát, míg a minor komponensek (az illóolaj összetétel 1-10%-a): β -mircén, *cisz*- β -ocimén, *transz*- β -ocimén, izoborneol, terpinén-4-ol, α -terpineol, geranil- acetát és β -kariofillén.

A 'Maillette' illóolajában mutattuk ki a legmagasabb linalool arányt (55,4%), s ez a 'Beate' kivételével a többi fajtától szignifikánsan különbözött. A valódi levendula illóolajának minőségét meghatározó linalil-acetát vonatkozásában (42,1%) és a teljes észtertartalmat (46,6%) illetően a vizsgált fajták közül a 'Hidcote' mutatta a szignifikánsan legmagasabb arányt.

Ebben az évben a β -mircént ($p < 0,197$), a lavandulolt ($p < 0,051$) és a β -kariofillént ($p < 0,372$) kivéve az intraspecifikus genetikai diverzitás a *L. angustifolia* fajták fontosabb illóolaj komponenseinek mindegyikében (a továbbiakban: kiemelt komponensek) megnyilvánult (14. táblázat): *cisz*- β -ocimén ($p < 0,001$), *transz*- β -ocimén ($p < 0,0001$), linalool ($p < 0,0001$), izoborneol ($p < 0,0001$), terpinén-4-ol ($p < 0,0001$), α -terpineol ($p < 0,006$), lavandulil-acetát ($p < 0,011$), és geranil-acetát ($p < 0,017$).

14. táblázat. Az *L. angustifolia* fajták illóolaj összetételének (%) alakulása (Dörgicse, 2017).

Komponensek	Illóolaj-komponensek, %					
	A	Be	Bu	Hid	Mai	Mu
β -Mircén	0,9 ^a	0,4 ^a	0,8 ^a	0,6 ^a	0,6 ^a	0,6 ^a
Cisz- β -ocimén	9,3 ^c	4,6 ^{abc}	3,6 ^{ab}	4,2 ^{bc}	0,9 ^a	6,4 ^{bc}
Transz- β -ocimén	4,5 ^c	2,9 ^b	2,6 ^b	1,2 ^{ab}	0,4 ^a	1,8 ^b
Linalool	40,9^{abc}	50,1^{bc}	31,3^{ab}	25,7^a	55,4^c	29,5^{ab}
Izoborneol	0,4 ^{ab}	- ^a	0,8 ^{ab}	1,1 ^b	3,8 ^c	0,6 ^{ab}
Lavandulol	0,6 ^a	0,9 ^a	0,3 ^a	0,2 ^a	0,0 ^a	0,4 ^a
Terpinén-4-ol	5,2 ^b	5,5 ^b	0,4 ^a	0,9 ^a	0,1 ^a	7,3 ^b
α -Terpineol	3,4 ^a	2,9 ^a	6,0 ^b	4,2 ^{ab}	3,3 ^a	4,2 ^{ab}
Linalil-acetát	17,7^a	18,7^a	27,2^{ab}	42,1^b	25,3^a	25,2^a
Lavandulil-acetát	7,8 ^{ab}	4,5 ^{ab}	12,6 ^b	3,2 ^{ab}	0,3 ^a	10,4 ^b
Geranil-acetát	1,2 ^{ab}	0,8 ^a	2,2 ^b	1,4 ^{ab}	1,3 ^{ab}	1,8 ^{ab}
β -Kariofillén	3,4 ^a	4,6 ^a	4,1 ^a	2,9 ^a	2,9 ^a	5,8 ^a
Összes észter %	26,5^a	23,9^a	42,0^{ab}	46,6^b	26,8^a	37,3^{ab}
Összes komponens %	94,0	95,7	91,9	87,8	94,2	93,9

Felső indexben az eltérő kisbetűkkel a fajták közötti szignifikáns különbségeket jelöltük. ($p < 0,05$).

2018-ban az azonosított illóolaj komponensek a teljes GC area terület 90,8-95,9%-át tették ki (15. táblázat). 'Budakalászi' és 'Maillette' illóolaja tartalmazta a legmagasabb linalool arányt (52,9% és 47%), míg 'Beate' a legkevesebbet (18,1%). Ezzel párhuzamosan a 'Beate' illóolaja gazdag volt linalil-acetátban (58,9%), így a legmagasabb összes észter tartalmat is ez a fajta képviselte (61,9%), ami kiemelkedően magas volt a többi fajtával összehasonlítva is ($p < 0,0001$). A statisztikai elemzés szerint az illóolaj linalil-acetát arányát a fajta hatás tehát mindkét évben szignifikánsan befolyásolta (2017: $p < 0,004$; 2018: $p < 0,0001$).

Ez előző évhez hasonlóan, 2018-ban is a legtöbb kiemelt illóolaj komponens arányát befolyásolta a genotípus, kivétel ez alól ismét csak a β -mircén ($p < 0,261$) és lavandulol ($p < 0,170$) valamint ebben az évben még az α -terpineol ($p < 0,585$) és geranil-acetát ($p < 0,821$) voltak. A többi vizsgált komponens arányában a fajták között szignifikáns eltéréseket tapasztaltunk: cisz- β -ocimén ($p < 0,007$), transz- β -ocimén ($p < 0,0001$), linalool ($p < 0,0001$), izoborneol ($p < 0,0001$), terpinén-4-ol ($p < 0,0001$), linalil-acetát ($p < 0,0001$), lavandulil-acetát ($p < 0,003$), β -kariofillén ($p < 0,001$) (15. táblázat).

15. táblázat. Az *L. angustifolia* fajták illóolaj összetétele (%) (Dörgicse, 2018).

Komponensek	Illóolaj-komponensek, %					
	A	Be	Bu	Hid	Mai	Mu
<i>β</i> -Mircén	1,0 ^a	0,7 ^a	1,2 ^a	0,5 ^a	0,7 ^a	1,0 ^a
<i>Cisz-β</i> -ocimén	5,9 ^{ab}	3,7 ^{ab}	2,4 ^a	5,9 ^{ab}	1,1 ^a	7,4^b
<i>Transz-β</i> -ocimén	3,7 ^b	1,6 ^a	1,4 ^a	1,0 ^a	1,0 ^a	2,1 ^a
Linalool	41,4^b	18,1^a	47,0^b	40,5^b	52,9^b	22,4^a
Izoborneol	0,0 ^a	0,0 ^a	0,2 ^a	1,4 ^b	2,1 ^c	0,5 ^a
Lavandulol	0,7 ^a	0,0 ^a	4,0 ^a	0,9 ^a	0,1 ^a	0,5 ^a
Terpinén-4-ol	8,9^b	2,2 ^a	3,1 ^a	1,6 ^a	1,9 ^a	17,6^c
<i>α</i> -Terpineol	3,9^a	2,8 ^a	3,6 ^a	2,8 ^a	3,7 ^a	3,1 ^a
Linalil-acetát	22,3^a	58,9^c	22,2^b	28,7^{ab}	27,1^{ab}	25,6^{ab}
Lavandulil-acetát	5,4 ^{ab}	2,2 ^a	6,0 ^{ab}	2,7 ^a	1,4 ^a	8,1^b
Geranil-acetát	1,0 ^a	0,8 ^a	1,2 ^a	1,4 ^a	1,0 ^a	1,2 ^a
<i>β</i> -Kariofillén	1,9 ^a	2,3 ^{ab}	1,9 ^a	3,3 ^{bc}	1,7 ^a	3,7 ^c
Összes észter %	28,7 ^a	61,9^b	29,3 ^a	32,8 ^a	29,5 ^a	34,9 ^a
Összes %	95,9	93,2	93,9	90,8	94,8	93,2

Felső indexben, eltérő kisbetűkkel a fajták közötti szignifikáns különbségeket jelöltük. ($p < 0,05$).

Lavandula × intermedia

A hibrid levendula fajták illóolaj-összetételének GC vizsgálata során 15 komponenst azonosítottunk, ami a teljes összetétel mintegy 95,1-99,6%-át tette ki. A legfontosabb komponensek ($\geq 10\%$) a következők voltak: linalool, 1,8-cineol, *cisz-β*-ocimén, kámfor és izoborneol. Az illóolaj összetétel 1-10%-ában jelen levő minor komponensekként a limonént, a lavandulolt, a terpinén-4-olt, az *α*-terpineolt, a linalil-acetátot, a lavandulil-acetátot, a *β*-kariofillént, a *cisz-β*-farnezeit és az *epi-α*-bizabololt azonosítottuk. A 'Grosso' fajta illóolajában mindkét évben kiemelkedően magas linalool arány (2017: 58,9 %; 2018: 51,4 %) volt detektálható, ami jelentősen meghaladta a 'Grappenhall' hasonló adatait (2017: 51,8 %; 2018: 41,7 %) (16. táblázat).

A 2017-es kísérleti évben az *L. × intermedia* fajtákban a lavandulol és az *α*-terpineol kivételével valamennyi illóolaj komponensre befolyással volt a genotípus (fajta): limonén, 1,8-cineol, *cisz-β*-ocimén, linalool, kámfor, borneol, terpinén-4-ol, linalil-acetát, lavandulil-acetát, *β*-kariofillén, *cisz-β*-farnezen, *epi-α*-bizabolol (17. táblázat).

16. táblázat. A vizsgált *L. x intermedia* fajták illóolaj összetétele (%) (Dörgicse, 2017-2018).

Évjárat	2017		2018	
Fajta	'Grappenhall'	'Grosso'	'Grappenhall'	'Grosso'
Komponensek	Komponensek aránya, %			
Limonén	2,3	1,1	0,5	0,3
1,8-cineol	14,5	4,6	3,5	1,4
cisz- β -ocimén	3,8	1,9	14,8	6,2
Linalool	51,8	58,9	41,7	51,4
Kámfor	2,7	13,9	2,9	15,7
Izoborneol	10,6	4,5	9,8	3,9
Lavandulol	1,2	1,3	1,1	1,5
Terpinén-4-ol	3,5	1,2	2,4	0,6
α -Terpineol	2,0	1,6	2,3	1,6
Linalil-acetát	2,1	3,4	4,4	5,3
Lavandulil-acetát	0,5	0,7	1,2	1,7
β -Kariofillén	0,1	0,6	0,3	1,4
Cisz- β -Farnezen	0,3	0,5	0,7	1,2
Epi- α -bizabolol	1,1	0,1	0,5	0,4
Összes észter %	2,5	4,1	6,5	7,1
Összes komponens (%)	99,6	99,7	98,4	95,1

A 2018-ban gyűjtött hibrid levendula minták illóolajában kivétel nélkül minden vizsgált illóolaj összetevőnél megnyilvánult az intraspecifikus kémiai változékonyság: limonén, 1,8-cineol, *cisz- β -ocimén*, linalool, kámfor, izoborneol, terpinén-4-ol, α -terpineol, linalil-acetát, lavandulil-actetát, β -kariofillén, *cisz- β -farnezen*, *epi- α -bizabolol* 17. táblázat).

Eredményeink szerint a 'Grosso' illóolaja mindkét kísérleti évben jelentősen magasabb kámfor százalékkal (2017: 13,9%; 2018: 15,6%) rendelkezett, mint a 'Grappenhall'fajtáé (2017: 2,7%; 2018: 2,9%). Ugyanakkor ez utóbbi fajta illóolajában magasabb arányban volt jelen az 1,8-cineol (2017: 14,5%; 2018: 3,5%) és az izoborneol (2017: 10,6%; 2018: 9,8%).

17. táblázat. Szignifikancia szintek (p-érték) a *L. × intermedia* fajták között az illóolaj komponensek változékonyságának tekintetében.

Komponens	p-érték	
	2017	2018
limonén	0,0001**	0,0001**
1,8-cineol	0,0001**	0,0001**
cisz- β -ocimén	0,002**	0,0001**
linalool	0,014*	0,0001**
kámfor	0,0001**	0,0001**
izoborneol	0,0001**	0,0001**
lavandulol	0,393	0,0001**
terpinén-4-ol	0,0001**	0,0001**
α -terpineol	0,069	0,002**
linalil-acetát	0,0001**	0,005**
lavandulil-acetát	0,007**	0,0001**
β -kariofillén	0,0001**	0,0001**
cisz- β -farnezen	0,029*	0,0001**
epi- α -bizabolol	0,0001**	0,0001**

Jelmagyarázat: *p<0,05, **p<0,01

Statisztikai elemzéseink szerint szignifikáns különbség igazolható az összes vizsgálatba vont fajta (*L. angustifolia* és *L. × intermedia*) illóolájának linalool tartalmában, mindkét évben (p<0,0001 2017-ben és 2018-ban).

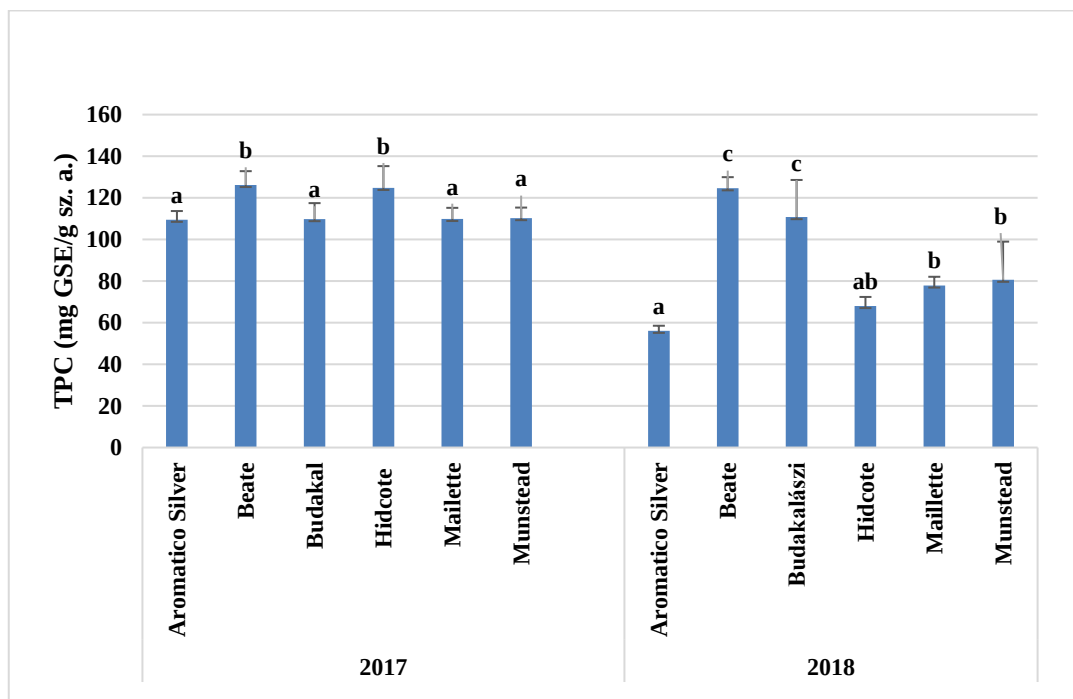
Szignifikáns különbséget mutattunk ki továbbá a hibrid levendula fajták és a valódi levendula fajták linalil-acetát értékei között is, mindkét évben (2017: p<0,001; 2018: p<0,005).

4.1.2. A genotípus hatása az összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékekre

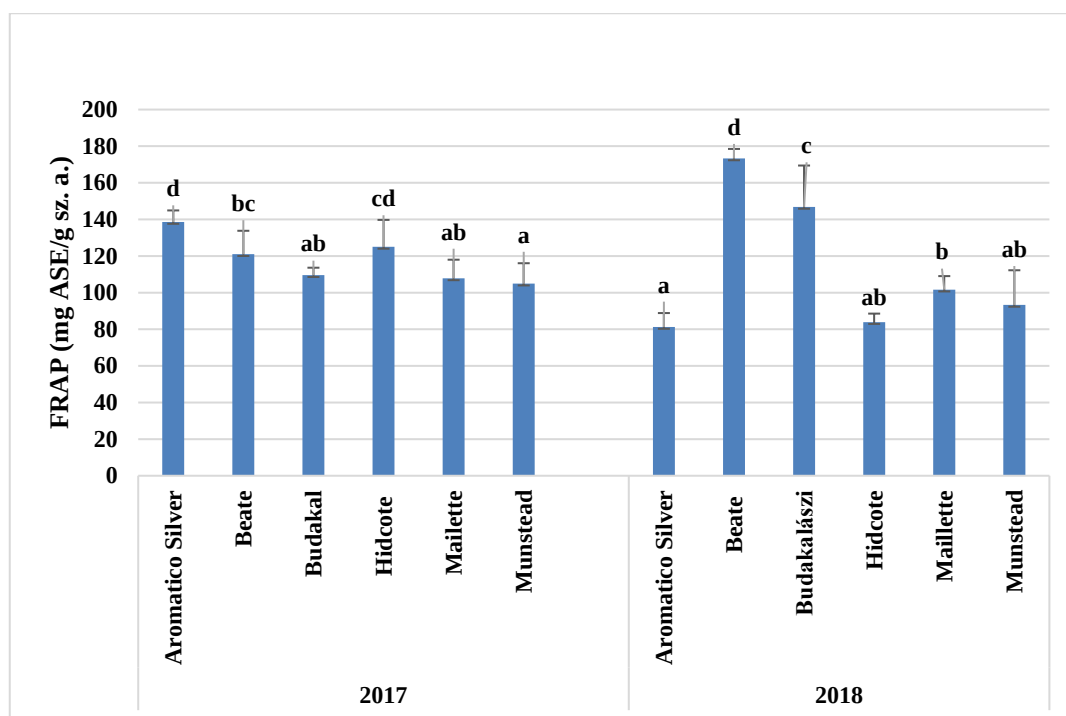
4.1.2.1. *Lavandula angustifolia*

A dörgicsei termőhelyen az összes polifenol-tartalom (TPC) szempontjából mindkét évben a legmagasabb értéket a 'Beate' képviselte (2017: 126,2; illetve 2018: 124,6 mg GSE/g sz. a.), míg a legalacsonyabbat az 'Aromatico Silver' (2017: 109,5; illetve 2018: 56,1 mg GSE/g sz. a.). Az egytényezős varianciánálízis eredményei szerint a valódi levendula fajták különbözősége az összes polifenol-tartalom tekintetében szignifikánsnak bizonyult 2017-ben (p<0,0001) és 2018-ban (p<0,0001) is (9. ábra).

Az antioxidáns kapacitás (FRAP) értékeknél is szignifikáns különbséget mutattunk ki a fajták között, mindkét évben (2017: $p < 0,0001$; 2018: $p < 0,0001$) (10. ábra). A 2018-as évben az összes mintát figyelembe véve mind a TPC, mind a FRAP értékeket nagyobb szórás jellemezte, mint 2017-ben. (9.- 10. ábra) 2017-ben a legmagasabb FRAP értéket az 'Aromatico Silver' adta (138,6 mg ASE/g sz. a.), míg a legalacsonyabbat a 'Munstead' (104,9 mg ASE/g sz. a.). 2018-ban viszont az 'Aromatico Silver'-nek volt a legalacsonyabb FRAP értéke (81,3 mg ASE/g sz. a.), míg a legmagasabb a 'Beate' mintáké (173,3 mg ASE/g sz. a.).



9. ábra. A valódi levendula fajták összes polifenol-tartalom értékei (mg GSE/g sz. a.) (Dörgicse, 2017 és 2018).



10. ábra. A valódi levendula fajták antioxidáns kapacitás értékei (mg ASE/g sz. a.) (Dörgicse, 2017 és 2018).

4.1.2.2. *Lavandula × intermedia*

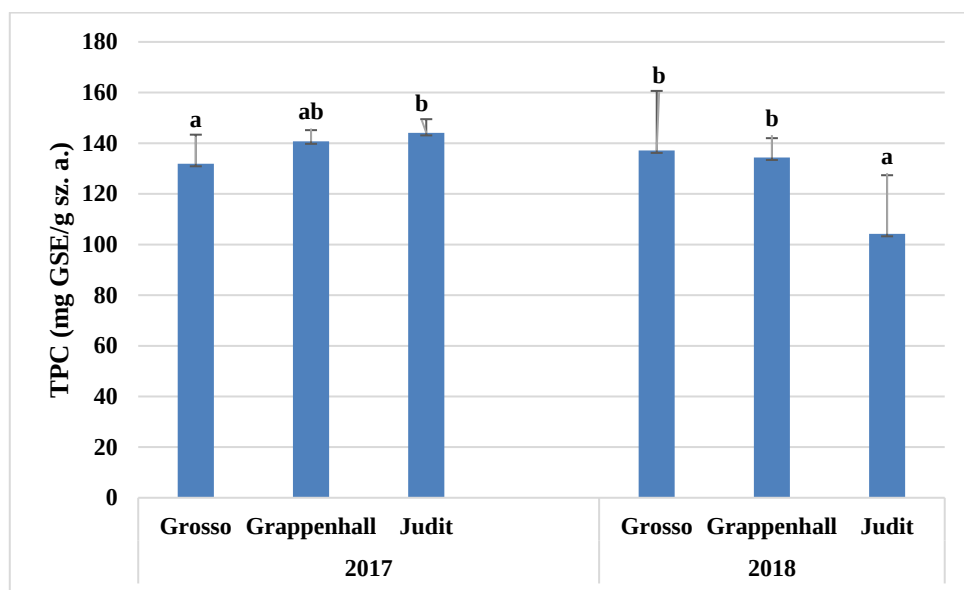
Szomódon, 2017-ben a legmagasabb összes polifenol értékkel a 'Judit' (144,1 mg GSE/g sz. a.) rendelkezett, míg a legkisebbel a 'Grosso' (131,9 mg GSE/g sz. a.). A következő évben viszont ezzel ellentétben a legmagasabb értékeket a 'Grosso' mintáiban mértük (137,2 mg GSE/g sz. a.), míg a legalacsonyabbat a 'Judit' (104,2 mg GSE/g sz. a.) fajta mutatta (11. ábra).

A statisztikai elemzések szerint a vizsgált hibrid levendula fajták összes polifenol tartalma szignifikánsan különbözött, mind 2017-ben ($p < 0,008$), mind 2018-ban ($p < 0,002$).

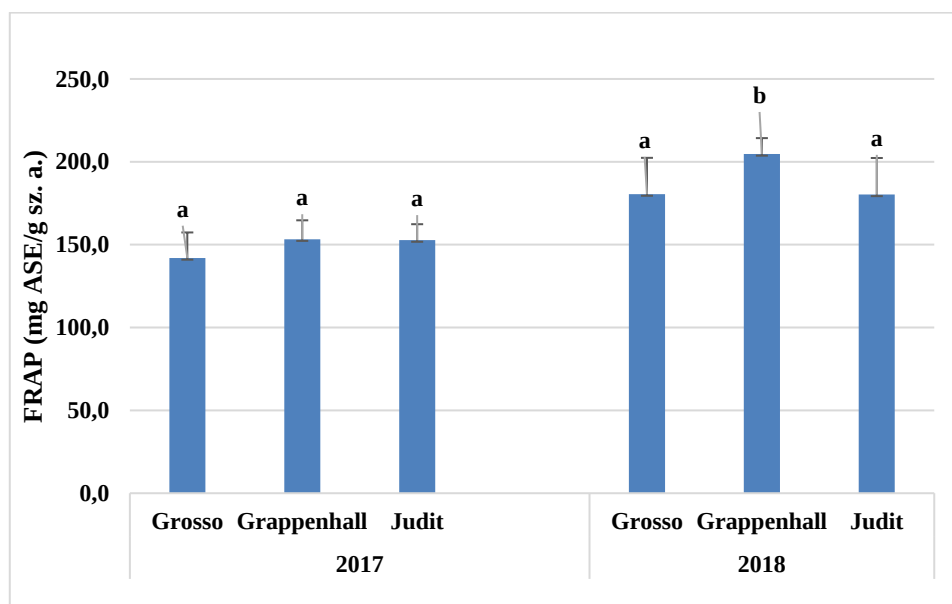
A hibrid levendula fajták antioxidáns kapacitása a 2017-es kísérleti évben nem tért el egymástól szignifikánsan ($p < 0,283$). A legmagasabb értékkel a 'Grappenhall' (153,3 mg ASE/g sz. a.), míg a legalacsonyabbal a 'Grosso' rendelkezett (141,9 mg ASE/g sz. a.). 2018-ban azonban szignifikáns ($p < 0,015$) különbséget mértünk a fajták között és a FRAP értékek az előző évhez képest 21,4; 25,2; és 15,3%-kal magasabbnak bizonyultak. A legerősebb antioxidáns aktivitása a 'Grappenhall' fajtának volt (204,7 mg ASE/g sz. a.), míg a legalacsonyabb a 'Judit' (180,3 mg ASE/g sz. a.) és a 'Grosso' (180,5 mg ASE/g sz. a.) fajtáké (12. ábra).

A valódi levendula fajták a TPC és FRAP értékei a szórást tekintve stabilabbnak mutatkoztak ($TPC_{SD\hat{a}tlag}$ La: 9,9; 11,1; $FRAP_{SD\hat{a}tlag}$ La: 6,6; 8,7), mint a hibrid levendula fajtáké ($TPC_{SD\hat{a}tlag}$ Li: 7,1; 18,1; $FRAP_{SD\hat{a}tlag}$ Li: 12,2; 17,8).

A vizsgált fajták közül a legkisebb szórást mindkét évben a *L. angustifolia* 'Budakalászi' (TPC_{SD}: 4,1) és 'Aromatico Silver' (FRAP_{SD}: 2,4) mutatta, míg a legnagyobbat a *L. x intermedia* 'Grosso' (TPC_{SD}: 23,5) és 'Judit' (FRAP_{SD}: 22,0).



11. ábra. A hibrid levendula fajták összes polifenol-tartalom értékei (mg GSE/g sz. a.) (Szomód, 2017 és 2018).



12. ábra. A hibrid levendula fajták antioxidáns kapacitás értékei (mg ASE/g sz. a.) (Szomód, 2017 és 2018).

4.1.3. Az virágzási fázisok hatása a kemoszindrómák megnyilvánulására

4.1.3.1. A virágzási fázisok hatása az illóolaj jellemzőire

4.1.3.1.1. Illóolaj tartalom

A Soroksári Kísérleti Üzemben végzett kísérletben, 2018-ban a legtöbb *L. angustifolia* fajta (kivételez 'Maillette') illóolaj tartalom értéke szignifikánsan magasabb volt elvirágzott fenofázisban, mint bimbós és teljes virágzás fázisaiban (18/a. táblázat) Ezzel szemben a *L. × intermedia* fajták mindegyike magasabb illóolaj koncentrációt mutatott teljes virágzásban, mint előtte vagy utána. A vizsgálatba vont fajták közül a legmagasabb értéket 'Judit' képviselte (8,7 ml/100g), míg a legkisebbet 'Hidcote' (1,7 ml/100g).

A kísérlet második évében, 2019-ben a legtöbb levendula fajta (a 'Hidcote' kivételével) az elvirágzott fenofázisban hozta a legmagasabb illóolaj tartalom értékeket, a teljes virágzásban gyűjtött mintákkal összevetve (18/b. táblázat). A legkiemelkedőbb illóolaj mennyiséget a 'Grosso' fajta mintáiban detektáltuk (8,0 ml/100g), míg a legkisebbet az előző évhez hasonlóan 'Hidcote' esetében (0,21 ml/100g).

Megállapítottuk, hogy a teljes virágzás és az elvirágzás fázisában gyűjtött mintákban minden *L. angustifolia* fajta esetében a gyógyszerkönyvi követelménynek (13 ml/kg sz.a.) megfelelő mennyiségű illóolaj volt mérhető. A Hidcote fajtában 2019-ben az elvirágzáskor mért szokatlanul alacsony érték valószínűleg mintavételi, vagy mérési hibának volt köszönhető.

A legtöbb fajtában a különböző virágzási fenofázisokban mérhető illóolaj-szintek között szignifikáns különbségek mutatkoztak.

18/a. táblázat. A vizsgált levendula fajták illóolaj tartalmának (ml/100 g sz.a.) alakulása 3 eltérő virágzási fázisban (zöld bimbós, teljes virágzás, elvirágzott) (Soroksár, 2018).

Illóolaj-tartalom (ml/100 g sz.a.)					
Faj	Fajta	Zöld bimbós	Teljes virágzás	Elvirágzott	p-érték
<i>L. angustifolia</i>	'Budakalászi'	1,5 ^a	3,1 ^b	4,6 ^c	0,000**
	'Hidcote'	-	1,7	2,8	0,003**
	'Maillette'	-	4,0	4,8	0,722
	'Munstead'	-	2,4	3,1	0,008**
<i>L. × intermedia</i>	'Grosso'	1,6 ^a	7,0 ^b	6,6 ^b	0,000**
	'Grappenhall'	-	6,2	3,6	0,008**
	'Judit'	-	8,7	5,5	0,004**

Jelmagyarázat: *p<0,05, **p<0,01

18/b. táblázat. A vizsgált levendula fajták illóolaj tartalmának (ml/100 g sz.a.) alakulása 4 eltérő virágzási fázisban (zöld bimbós, lila bimbós, teljes virágzás, elvirágzott) (Soroksár, 2019).

Faj	Fajta	Illóolaj-tartalom (ml/100 g sz.a.)				p-érték
		Zöld bimbós	Lila bimbós	Teljes virágzás	Elvirágzott	
<i>L. angustifolia</i>	'Budakalászi'	0,9 ^a	1,0 ^a	1,3 ^b	1,8 ^c	0,000**
	'Hidcote'	-	0,8 ^a	1,5 ^b	0,2 ^a	0,002**
	'Maillette'	-	0,8 ^a	1,9 ^b	2,1 ^b	0,000**
	'Munstead'	-	0,7 ^a	1,0 ^a	1,9 ^b	0,002**
<i>L. × intermedia</i>	'Grosso'	1,1 ^a	4,1 ^b	7,8 ^c	8,0 ^c	0,000**
	'Grappenhall'	-	2,1 ^a	4,5 ^b	3,9 ^b	0,011*
	'Judit'	-	4,5 ^a	5,9 ^{ab}	7,2 ^b	0,027*

Jelmagyarázat: *p<0,05, **p<0,01

4.1.3.1.2. Illóolaj összetétel

2018-ban összesen 41 komponenst azonosítottunk a valódi és hibrid levendula fajták illóolaj mintáiban. A fő komponensek ($\geq 10\%$) ezek közül a következők voltak: linalool, linalil-acetát, lavandulil-acetát, 1,8-cineol, és kámfor. Minor komponensekként (1 és 10% közé eső értékek) β -mircént, *cisz*- β -ocimént, *transz*- β -ocimént, oktenil-3-acetátot, borneolt, lavandulolt, terpinén-4-olt, α -terpineolt, cripont, isobornil-acetátot, geranil-acetátot, neril-acetátot, β -kariofillént, *cisz*- β -farnezent, γ -kadinént, kariofillén-oxidot, tau-kadinolt és germakra-4(15),5,10(14)-trien-1- α -olt detektáltunk (1. melléklet).

A kísérlet első évében minden *L. angustifolia* fajta esetében (a 'Munstead' kivételével) a linalool százalékos aránya szignifikánsan növekedett a teljes virágzás és elvirágzott fenofázis közötti időszakban. A linalil-acetát értékek ezzel párhuzamosan szignifikánsan csökkentek teljes virágzástól elvirágzott fenofázisig. Az összes észter-tartalom a teljes virágzás fázisában volt a legmagasabb (kivéve 'Munstead'). A *L. × intermedia* fajták közül viszont csak a 'Grosso'-ban tapasztaltuk az illóolaj összes észter-tartalmának szignifikáns változását a fenofázisok között ($p < 0,0001$).

A többi monoterpén vegyület közül a legtöbb fajtában a virágzás előrehaladtával a terpinén-4-ol esetében detektáltunk statisztikailag jelentős növekedést. Ehhez hasonlóan, az α -terpineol szignifikánsan növekvő tendenciát mutatott a 'Munstead' ($p < 0,005$) és a 'Hidcote' ($p < 0,039$) mintáiban, míg a többi fajtában kismértékű, statisztikailag jelentéktelen növekedés vagy stagnálás

volt detektálható. A lavandulol esetében azt tapasztaltuk, hogy 7 fajtából 5 esetében szignifikánsan növekedett az aránya (1. melléklet).

Növekvő trendet mutattunk ki a biciklikus monoterpének közül a borneol % esetében a valódi levendulában, a kámfor %-ban pedig a hibrid levendula fajtákban. Ugyanakkor ezzel ellentétes, csökkenő tendencia volt jellemző a kámfor %-ban a valódi levendulá mintáiban, míg a borneol %-ban a hibrid fajták esetében.

Az aciklikus monoterpének, mint a *cisz*- β -ocimén és a szeszkviterpének esetében, (mint a β -kariofillén, kariofillén-oxid és *cisz*- β -farnezen), a generatív fázisok előrehaladtával csökkenő tendencia volt megfigyelhető egységesen mindkét levendula faj mintáiban.

A lavandulil-acetát aránya szintén szignifikánsan csökkent a 'Hidcote' ($p < 0,0001$), a 'Budakalászi' ($p < 0,0001$) és a 'Grosso' ($p < 0,036$) mintázott virágzási szakaszai során. A *transz*- β -ocimén, 1,8-cineol, és geranil-acetát tekintetében nem tapasztaltunk egyértelmű tendenciát.

2019-ben a három vizsgált fenofázis (lila bimbós, teljes virágzás, elvirágzott) során a linalool aránya szignifikánsan növekedett az összes fajtában, kivéve 'Hidcote' (2. melléklet). Ezzel párhuzamosan, az előző évhez hasonlóan a linalil-acetát % az elvirágzott fázisra minden fajtában csökkent, bár ezt két fajta esetében ('Budakalászi' és 'Maillette'), a teljes virágzásig szignifikáns növekedés előzte meg. Az összes észter-tartalom dinamikájában ebben az évben a virágzási fázisok során a valódi levendula fajták között nem volt szignifikáns különbség, míg a hibrid levendula fajták esetében szignifikáns különbséget állapítottunk meg. Mindazonáltal ez utóbbi paraméter esetében a csúcspontokat az eltérő hibrid levendula fajtákban különböző virágzási fázisokban detektáltuk: a 'Grosso' esetében teljes virágzáskor ($p < 0,023$), a 'Grappenhall' mintáiban a lila bimbós ($p < 0,011$), míg a 'Judit' fajtában az elvirágzott fázisban ($p < 0,022$).

Néhány további komponens szintén jellegzetes változást mutatott e második kísérleti évben is: a *transz*- β -ocimén, terpinén-4-ol, α -terpineol, és lavandulol komponensek arányai szignifikánsan növekedő tendenciát mutattak a lila bimbós fázistól elvirágzott fázisig a legtöbb fajta esetében. Az észterek közül, a lavandulil-acetát aránya a *L. x intermedia* fajtákban ('Grosso', és 'Grappenhall') csökkent, azonban a *L. angustifolia* 'Budakalászi' mintáiban növekedett ($p < 0,020$).

A virágzás előrehaladtával párhuzamosan csökkenő tendenciát állapítottunk meg a szeszkviterpének és a biciklikus monoterpének körében: a kariofillén-oxid aránya szignifikánsan csökkent minden kísérletbe vont fajta esetében, a 'Munstead' kivételével. A borneol százalékos

értéke is csökkent minden fajtában, bár szignifikáns eltérés csak két fajta esetében volt kimutatható ('Budakalászi' ($p < 0,0001$) és 'Maillette' ($p < 0,014$)). Az 1,8-cineol és kámfor aránya jelentősen csökkent a hibrid levendulák mintáiban, míg a valódi levendulák esetében nem tapasztaltunk egyértelmű tendenciát. Hasonlóképpen, néhány aciklikus monoterpén és szeszkviterpén összetevő tekintetében sem tudtunk egyértelmű tendenciát megállapítani, így a *cisz- β -ocimén*, *geranil-acetát*, *β -kariofillén*, és *cisz- β -farnezen* százalékos arányának változása a legtöbb esetben nem volt szignifikáns.

A legfontosabb, mindkét kísérleti évben detektálható változások a linalool arányának növekedése és a linalil-acetát % csökkenése a virágzás folyamán az illóolajban. Emellett a virágzás folyamán mindkét vegetációs időszakban szignifikánsan nőtt a terpinén-4-ol, a lavandulol és az α -terpineol aránya legalább 3 fajta esetében. Az egyetlen csökkenő tendencia, amit mindkét évben megállapítottunk, a kariofillén-oxid arányának változása az illóolajban, ami azonban 2018-ban csak két fajta esetében volt szignifikáns. A legtöbb esetben a fenofázis szignifikánsan befolyásolta az összes észter-tartalmat.

4.1.3.2. Az virágzási fázisok hatása az összes polifenol-tartalomra és antioxidáns kapacitásra

A levendula fajták eltérő generatív fázisokban mérhető összes fenol tartalmát a 19. táblázat szemlélteti. A vizsgált fajták és fenofázisok közül a '**Budakalászi**' **bimbós** fázisában volt mérhető a legmagasabb összes polifenol-tartalom érték (365,1 mg GSE/g sz.a.), melyet 2018-ban detektáltunk. A hibrid fajták értékeit elemezve, '**Judit**' **elvirágzott** TPC értéke (257,4 mg GSE/g sz.a.) bizonyult a legmagasabbnak, szintén a 2018-as évből. A virágzási fázisok szerinti TPC értékek a *L. angustifolia* fajtákban 66,6 és 365,1 mg GSE/g sz.a. értékek között, míg a *L. × intermedia* fajták esetében 87,5 és 257,4 mg GSE/g sz.a. között mozogtak. A kísérletben szereplő 6 fajtából négyenél (fajonként 2-2 fajtában) volt szignifikáns a fenofázis hatása, ebből a 'Budakalászi' és a 'Hidcote' esetében mindkét évben, míg a 'Grosso' és 'Judit' hibrid levendula fajtákban csak az egyik évben volt kimutatható.

A legmagasabb antioxidáns kapacitás érték a levendula fajták közül szintén a '**Budakalászi**' **bimbós** fázisában volt detektálható (350,8 mg ASE/g sz.a.), valamint a **hibrid fajtákban a 'Judit' teljes virágzás** fázisában (216,3 mg ASE/g sz.a.) (20. táblázat). A virágzási fázisok szerinti FRAP értékek a *L. angustifolia* fajtákban 78,2 és 350,8 mg ASE/g sz.a., míg a *L. × intermedia* fajták esetében 123,8 és 216,3 mg ASE/g sz.a. értékek között mozogtak. Érdekes módon mind a TPC és mind a FRAP értékek esetében a valódi levendulák közül a 'Budakalászi' mutatta a legkisebb értékeket is. Megállapítottuk, hogy a FRAP értékek alakulásában a fenofázis hatása szintén csak

az esetek egy részében (12 esetből 7 esetben) érvényesült (20. táblázat). Három fajtában ('Budakalászi', 'Hidcote' és 'Judit') szignifikánsan magasabb antioxidáns aktivitást detektáltunk a teljes virágzás fázisában, míg három másik fajta esetében ('Hidcote', 'Grosso' és 'Grappenhall') az elvirágzott fázisban. Ezen kísérleti eredmények szerint a hibrid levendula fajták antioxidáns kapacitása kevésbé változik a fenofázisok során, mint a valódi levendula fajtáké, bár ez utóbbiak között is előfordul stabil értékű fajta, pl.: 'Munstead'.

Megállapítható, hogy csak a 'Budakalászi' és 'Hidcote' fajtára volt jellemző, hogy a fenofázis mindkét kísérleti évben szignifikánsan befolyásolta az értékeket. Az összes polifenol-tartalom értékekttekintetében kimutatható a virágzási fázis és a fajta interakciója is (TPC: fajta*virágzási fázis: $p < 0,005$), hiszen láthatóan a fajtahas erősen befolyásolja ebben a kísérletben is a TPC értékeket. Ezen interakció a FRAP értékek esetében nem igazolódott (fajta*virágzási fázis: $p < 0,123$).

19. táblázat. A vizsgált levendula fajták össz polifenol tartalom (mg GSE/g sz. a.) értékeinek alakulása eltérő fenofázisokban (Soroksár, (2018-2019).

Évjárat	Fajta	Fenofázis			p-érték
		Bimbós	Teljes virágzás	Elvirágzott	
		Össz polifenol tartalom, mg GSE/g sz.a.			
2018	’Budakalászi’	365,1 ^c ± 31,4	112,3 ^a ±2,0	153,9 ^b ±4,1	0,0001**
2019		66,6 ^a ±3,5	86,1 ^b ±7,0	72,1 ^a ±7,9	0,0001**
2018	’Hidcote’	-	155,3±7,6	200,3±21,5	0,001*
2019		97,6 ^a ±31,4	107,0 ^b ±5,2	92,0 ^a ±3,8	0,0001**
2018	’Munstead’	-	149,8±38,3	159,1±2,2	0,567
2019		-	82,2±2,4	88,1±3,9	0,093
2018	’Grosso’	175,5 ^a ±2,4	195,3 ^a ±24,5	229,4 ^b ±4,8	0,0001**
2019		96,3 ^a ±2,0	95,7 ^a ±2,8	87,5 ^a ±14,4	0,071
2018	’Grappenhall’	-	219,6±2,7	214,3±5,1	0,325
2019		93,0 ^a ±3,0	102,9 ^a ±5,2	100,9 ^a ±3,2	0,337
2018	’Judit’	-	248,1±3,4	257,4±45,1	0,626
2019		120,2 ^b ±3,7	114,0 ^b ±6,0	94,4 ^a ±10,0	p<0,0001**

Jelmagyarázat: a statisztikailag különböző ($p < 0,05$) csoportokat eltérő kisbetűkkel (a,b,c) jelöltük.

20. táblázat. A vizsgált levendula fajták össz antioxidáns kapacitás (mg ASE/g sz. a.) értékeinek alakulása eltérő fenofázisokban (Soroksár, (2018-2019).

Évjárat	Fajta	Fenofázis			p-érték
		Bimbós	Teljes virágzás	Elvirágzott	
		Antioxidáns kapacitás, mg ASE/g sz.a.			
2018	'Budakalászi'	350,8 ^b ±7,7	84,0 ^a ±4,4	142,5 ^a ±7,9	0,0001**
2019		78,2 ^a ±6,3	111,7 ^b ±11,4	103,7 ^b ±15,0	0,001*
2018	'Hidcote'	-	164,0±10,9	203,6±22,9	0,0003**
2019		153,4 ^b ±6,4	174,6 ^c ±14,3	127,2 ^a ±8,5	0,0001**
2018	'Munstead'	-	151,7±38,9	150,6±7,5	0,950
2019		-	119,1±7,0	124,7±4,9	0,067
2018	'Grosso'	203,1 ^{ab} ±10,8	193,0 ^b ±7,8	203,7 ^a ±4,2	0,006*
2019		161,1±17,6	151,8±17,4	146,1±26,3	0,324
2018	'Grappenhall'	-	187,5±18,1	170,8±6,3	0,057
2019		132,8 ^a ±17,9	153,0 ^{ab} ±13,6	166,7 ^b ±26,1	0,005*
2018	'Judit'	-	216,3±17,5	203,4±21,7	0,284
2019		172,6 ^b ±20,5	177,0 ^b ±16,3	141,1 ^a ±9,6	0,0001**

Jelmagyarázat: a statisztikailag különböző ($p < 0,05$) csoportokat eltérő kisbetűkkel (a,b,c) jelöltük-

4.1.4. Az összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás alakulása szervi diverzitás szerint, eltérő betakarítási időszakokban

Megállapítottuk, hogy a két betakarítási időszak közül a nyári időszakban gyűjtött minták mindegyikénél a virág mintáknak szignifikánsan magasabb össz polifenol és FRAP értéke volt, mint a levél mintáknak (21/a. táblázat). Az őszi másodvirágzási periódusban érdekes módon azt tapasztaltuk, hogy a szignifikánsan eltérő esetekben a levél minták adtak magasabb FRAP és TPC értékeket, ez alól kivétel a 'Grosso', ahol a virág összes fenol-tartalma és antioxidáns kapacitása minden esetben magasabb volt, mint a levélé (21/b. táblázat).

A hibrid levendulában a vizsgált szervek fenoltartalma és antioxidáns kapacitása minden fajtában mindkét vágási időpontban statisztikailag különböző volt. A valódi levendula fajták 12 pár (levél és virág) mintája közül azonban csak 6 esetben volt statisztikailag jelentős eltérés a virágzatok és a levélminták között. (21/a.-21/b.táblázat). A vizsgált fajták közül a 'Hidcote' volt az, amelynek a

virágzó hajtásai ebből a szempontból a leghomogénebbnek bizonyultak, azaz a szervek között 6 mérés közül 4 esetben nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést (21/c. táblázat).

21/a. táblázat. A levendula szervi diverzitásának hatása a fajták összes polifenol-tartalom (mg GSE/g sz. a.) és antioxidáns kapacitás (mg ASE/g sz. a.) értékeire 2017 nyarán.

Mintázás időszaka	2017. június-július			
Vizsgált jellemzők	TPC (mg GSE/g sz.a.)		FRAP (mg ASE/g sz.a.)	
Növényi szerv	Virág	Levél	Virág	Levél
'Hidcote'	101,4±5,7	71±12,3	124,8±8,3	69,4±14,9
'Munstead'	93,4±8,1	59,1±8,8	116,8±13,7	53,5±16,2
'Grappenhall'	140,8±4,4	126,8±11,3	150,3±11,4	127,5±7,9
'Grosso'	132,9±11,5	114,3±3,4	142,7±15,4	120,2±17,2

21/b. táblázat. A levendula szervi diverzitásának hatása a fajták összes polifenol-tartalom (mg GSE/g sz. a.) és antioxidáns kapacitás (mg ASE/g sz. a.) értékeire 2016 és 2017 őszén.

Mintázás időszaka	2016 október				2017 október			
Vizsgált jellemzők	TPC (mg GSE/g sz.a.)		FRAP (mg ASE/g sz.a.)		TPC (mg GSE/g sz.a.)		FRAP (mg ASE/g sz.a.)	
Növényi szerv	Virág	Levél	Virág	Levél	Virág	Levél	Virág	Levél
'Hidcote'	123,6±4,8	135,4±5,3	164±6,0	159,9±20,0	253,2±6,2	250,2±18,1	148±7,6	165,8±20,0
'Munstead'	91,5±7,0	123,2±3,3	113±7,4	159,3±6,1	230,6±1,6	216,9±29,9	152,3±9,7	148±12,6
'Grappenhall'	95,3±5,9	125,8±5,2	141,2±20,2	201,6±21,0	244,3±3,9	311,7±30,2	140,6±6,1	196,7±23,3
'Grosso'	-		-		308,6±54,1	294,5±18,6	287,7±16,2	203,8±10,9

21/c. táblázat. Szignifikancia szintek (p-érték) a három virágzási időszakban gyűjtött virág- és levélminták közötti különbségekben az összpolicenol és össz antioxidáns kapacitás vonatkozásában (egytényezős ANOVA alapján) (a mért értékek a 10/a. és 10/b. táblázatokban találhatóak).

Időszak	2016. október		2017. június-július		2017. október	
Statisztikai mutatók	p-érték/TPC	p-érték/FRAP	p-érték/TPC	p-érték/FRAP	p-érték/TPC	p-érték/FRAP
'Hidcote'	0,000**	0,447	0,233	0,000**	0,790	0,174
'Munstead'	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**	0,462	0,602
'Grappenhall'	0,000**	0,000**	0,003*	0,0001**	0,004*	0,002*
'Grosso'	-	-	0,000**	0,01*	0,000**	0,000**

Jelmagyarázat: *p<0,05, **p<0,01

4.2. Exogén tényezők hatásai

4.2.1. Az évjárat hatása

4.2.1.1. Az évjárat (időjárás) hatása az illóolajra (Soroksáron, illetve Dörgicsén)

A soroksári Kísérleti Üzemből található levendula fajtagyűjteményből gyűjtött minták segítségével értékeltük a 2018. és a 2019. évek időjárásának hatását az illóolaj tulajdonságaira. Az illóolaj-tartalomban a legtöbb fajta esetében szignifikáns különbséget találtunk a két termőév eredményei között, kivétel ez alól 'Hidcote' és a 'Grosso' fajták voltak (22. táblázat). Ahol statisztikailag jelentős különbség volt kimutatható, ott mindig a 2018-as évben volt magasabb (1,4-2,8 ml/100 g-mal) az illóolaj tartalom.

22. táblázat. A vizsgált *L. angustifolia* és *L. × intermedia* fajták illóolaj tartalma a két kísérleti évben (2018- 2019), Soroksáron.

Fajta	Évjárat	Illóolaj-tartalom (ml/ 100 g sz.a.)	p-érték
'Budakalászi'	2018	3,1	0,018*
	2019	1,3	
'Hidcote'	2018	1,7	0,471
	2019	1,5	
'Munstead'	2018	2,4	0,0001**
	2019	1,0	
'Maillette'	2018	4,0	0,0001**
	2019	1,9	
'Grosso'	2018	7,0	0,150
	2019	7,8	
'Grappenhall'	2018	6,3	0,034*
	2019	4,5	
'Judit'	2018	8,7	0,004**
	2019	5,9	

Az illóolaj összetételt vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a *cisz- β* -ocimén, terpinén-4-ol és kariofillén-oxid aránya egy-egy kivétellel az összes fajta illóolajában szignifikánsan különbözött a két évet összevetve (23. táblázat). A 'Grappenhall' fajtában minden komponensre jellemző volt a szignifikáns változás az évek során, míg ebből a szempontból is a legstabilabb fajta a 'Munstead' volt, ahol nem csak a virág fejlődési szakasza (ld. fentebb), hanem az évjárat is kevésbé módosította az illóolaj spektrumát.

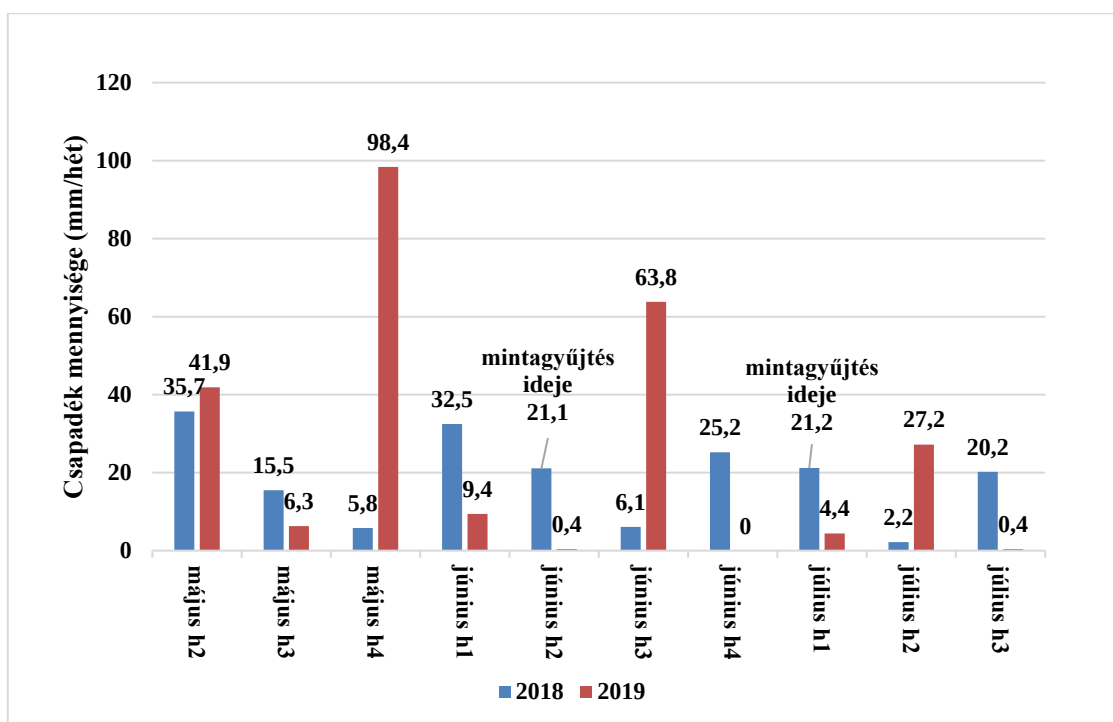
A szignifikánsan változó illóolaj komponensek tekintetében megállapítottuk, hogy az aciklikus és monociklikus monoterpének – pl. terpinén-4-ol, *cisz- β -ocimén* - többnyire 2018-ban voltak magasabb arányban jelen az illóolajban (1. és 2. melléklet). Ezzel szemben a biciklikus monoterpének – így az 1,8-cineol, kámfor és borneol – illetve a szeszkviterpének –kivéve a β -kariofillént - 2019-ben voltak magasabb aránnyal jellemezhetők. A linalool és lialil-acetát tekintetében csak a hibrid levendula fajtákban tudtuk az évjárat szignifikáns hatását kimutatni. Ez utóbbi, tehát a főbb illóolaj-komponensek viszonylagos stabilitása kedvező a gyakorlat szempontjából (23. táblázat).

A 13. ábra szerint a két kísérleti év elsősorban a csapadékviszonyaiban különbözött jelentősen. 2018-ban mindkét faj virágzása idején (*L. angustifolia*: június 13., *L. × intermedia*: június 3.) kisebb mennyiségű csapadék hullott a kísérleti területen, 2019-ben viszont mindkét faj virágzását megelőzően jelentősebb mennyiségű eső esett.

23. táblázat. Szignifikancia szintek (p-érték) az évjáratok között a vizsgált *L. angustifolia* és *L. × intermedia* fajták fő illóolaj komponenseinek tekintetében (Soroksár, 2018- 2019).

Komponensek	Fajták						
	'Budakalászi'	'Hidcote'	'Munstead'	'Maillette'	'Grosso'	'Grappenhall'	'Judit'
	p-érték						
1,8-cineol	0,085	0,179	0,787	0,185	0,784	0,0001**	0,028*
<i>cisz-β-ocimén</i>	0,002**	0,0001**	0,008**	0,202	0,001**	0,0001**	0,027*
<i>transz-β-ocimén</i>	0,002**	0,0001**	0,107	0,251	0,386	0,0001**	0,035*
linalool	0,113	0,383	0,108	0,003**	0,002**	0,0001**	0,017*
kámfor	0,415	0,012*	0,140	0,003**	0,369	0,0001**	0,018*
borneol	0,059	0,001**	0,122	0,001**	0,183	0,0001**	0,133
lavandulol	0,499	0,216	0,476	0,037*	0,635	0,0001**	0,055
terpinén-4-ol	0,004**	0,001**	0,003**	0,003**	0,0001**	0,001**	0,639
α -terpineol	0,460	0,452	0,529	0,112	0,608	0,005*	0,786
linalil-acetát	0,092	0,952	0,761	0,916	0,162	0,013*	0,013*
kariofillén-oxid	0,0001**	0,003**	0,140	0,0001**	0,018*	0,001**	0,001**
β -kariofillén	0,001**	0,021*	0,016*	0,257	0,716	0,001**	0,001**

Jelmagyarázat: *p<0,05, **p<0,01



13. ábra A kísérleti területen (Soroksár) hullott csapadék mennyisége (mm/hét), 2018 és 2019 május-júliusban (Az OMSZ- Országos Meteorológiai Szolgálat által biztosított adatok alapján). Magyarázat: h1 - 4= 1., 2., - 4. hét.

A dörgicsei termőhelyen 2017 és 2018 években kapott illóolaj-eredményeket nyílt módunk összehasonlítani. Itt csak két valódi levendula fajtát érintett az évjáráthatás. A 'Beate' ($p < 0,001$), és a 'Budakalászi' ($p < 0,001$) esetében 2018-ban detektáltunk magasabb illóolaj tartalom értéket (24. táblázat).

Az időjárási adatok szerint itt kevésbé volt számottevő különbség a két kísérleti év időjárási adatai között. Márciustól májusig ugyan 110,8 mm-el, a *L. angustifolia* fajták virágzási periódusában és az azt megelőző 3 hétben viszont csak 30,4 mm-el hullott több csapadék 2018-ban, mint 2017-ben (14. ábra).

24. táblázat. A vizsgált *L. angustifolia* és *L. × intermedia* fajták illóolaj tartalom értéke a két kísérleti évben, Dörgicsén. (2017-2018).

Fajta	Évjárat	Illóolaj- tartalom, ml/100 g sza.a.	p-érték
'Aromatico Silver'	2017	3,4	0,578
	2018	3,6	
'Beate'	2017	1,9	0,001**
	2018	2,9	
'Budakalászi'	2017	4,8	0,001**
	2018	8,2	
'Hidcote'	2017	2,4	0,079
	2018	2,0	
'Munstead'	2017	3,2	0,287
	2018	3,6	
'Maillette'	2017	3,1	0,209
	2018	3,4	
'Grosso'	2017	9,5	0,053
	2018	7,7	
'Grappenhall'	2017	5,2	0,082
	2018	4,4	

Jelmagyarázat: *p<0,05, **p<0,01

A fő illóolaj komponensek közül a linalool aránya mindkét faj esetében 2017-ben, míg a linalil-acetát % 2018-ban volt magasabb (14., 15., és 16., táblázat). A soroksári termőhely két kísérleti évéhez hasonlóan az ocimének és a szeszkviterpén β -kariofillén a kevésbé csapadékosabb évben mutatott magasabb arányt (0,85-1,88 area %-kal) a valódi levendula fajták illóolájában, míg a hibrid levendula fajtákban csak a 'Grappenhall' esetében tapasztaltunk magasabb ocimén % értékeket (2,26 area %-kal) a kevésbé csapadékos évben. A terpinén-4-ol azonban a korábban, Soroksáron tapasztalt tendenciától eltérően, Dörgicsén a csapadékosabb évben halmozódott fel szignifikánsan nagyobb arányban mindkét fajban. A főbb biciklusos monoterpénekre (1,8-cineol, borneol) mindkét faj mintáiban kevésbé volt jellemző az évjáratok közötti szignifikáns változás (25. és 26. táblázat).

25. táblázat. Szignifikancia szintek (p-érték) az évjáratok között, a vizsgált *L. angustifolia* fajták fő illóolaj komponenseinek tekintetében (Dörgicse, 2017-2018).

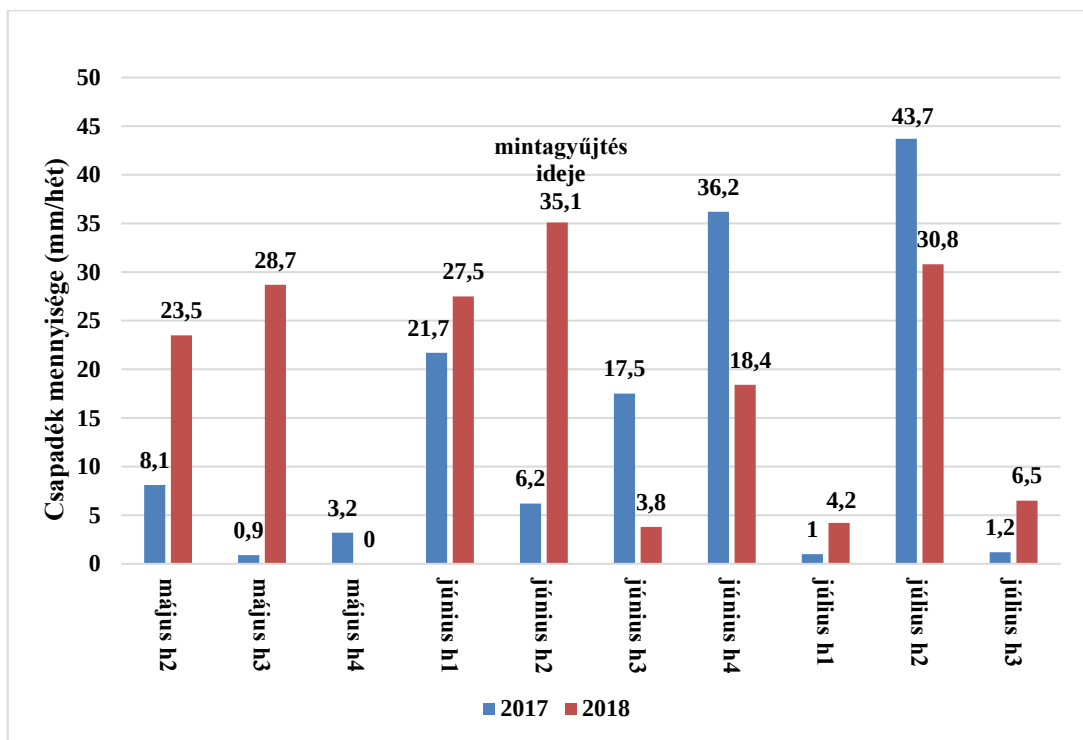
Komponensek	Fajták					
	'Aromatico S.'	'Beate'	'Budakalászi'	'Hidcote'	'Maillette'	'Munstead'
	p-érték					
<i>cisz-β</i> -ocimén	0,084	0,044*	0,262	0,762	0,005**	0,747
<i>transz-β</i> -ocimén	0,032*	0,006 **	0,146	0,011*	0,002**	0,564
linalool	0,959	0,0001**	0,084	0,004**	0,501	0,019*
borneol	0,156	-	0,074	0,387	0,001**	0,301
lavandulol	0,259	0,0001**	0,171	0,002**	0,451	0,245
terpinén-4-ol	0,015*	0,001**	0,008**	0,164	0,0001**	0,026*
α -terpineol	0,154	0,931	0,121	0,042*	0,337	0,100
linalil-acetát	0,088	0,003**	0,571	0,133	0,029*	0,904
lavandulil-acetát	0,511	0,151	0,344	0,003**	0,003**	0,183
geranil-acetát	0,307	0,919	0,146	0,142	0,551	0,144
β -kariofillén	0,302	0,028*	0,088	0,166	0,050*	0,004**

Jelmagyarázat: *p<0,05, **p<0,01

26. táblázat. Szignifikancia szintek (p-érték) az évjáratok között, a vizsgált *L. × intermedia* fajták fő illóolaj komponenseinek tekintetében (Dörgicse, 2017-2018).

Komponensek	Fajták	
	'Grosso'	'Grappenhall'
	p-érték	
limonén	0,010*	0,0001**
1,8-cineol	0,0001**	0,710
<i>cisz-β</i> -ocimén	0,016*	0,0001**
linalool	0,004**	0,001**
kámfor	0,110	0,388
borneol	0,001**	0,081
lavandulol	0,028*	0,169
terpinén-4-ol	0,025*	0,004**
α -terpineol	0,977	0,150
linalil-acetát	0,001**	0,0001**
β -kariofillén	0,0001**	0,001**
<i>cisz-β</i> -farnezen	0,0001**	0,008**

Jelmagyarázat: *p<0,05, **p<0,01



14. ábra. A kísérleti területen (Dörgicse) hullott csapadék mennyisége (mm/hét), 2017 és 2018 május-júliusban (Az OMSZ- Országos Meteorológiai Szolgálat által biztosított adatok alapján). Magyarázat: h1-4: 1., 2., -4. hét.

4.2.1.2. Az évjárat (időjárás) hatása az összes fenoltartalomra és össz antioxidáns kapacitásra

Soroksáron a valódi levendula fajták esetében az összpolicenol-tartalom 2018-ban 112,3-155,3 mg GSE/g sz.a., míg az össz antioxidáns kapacitás értékei 84,0-164,0 mg ASE/g sz.a. között változtak. A kevésbé csapadékos 2019-ben évben a TPC értékek 81,7-107,0 mg GSE/g sz.a. közé csökkentek, illetve a FRAP esetében 111,7-174,6 mg ASE/g sz.a. között változtak. Mindkét évben, mindkét vonatkozásban a 'Hidcote' fajta eredményei voltak a legjobbak (27. táblázat).

A hibrid levendula fajták összpolicenol-tartalma az első kísérleti évben 214,3-248,1 mg GSE/g sz.a., míg az össz antioxidáns kapacitás értéke 182,9-216,3 mg ASE/g sz.a. között változott. A kevésbé csapadékos kísérleti évben a TPC értékek ezen fajtákban is csökkenő tendenciát mutattak: 95,7-114,0 mg GSE/g sz.a., ugyanúgy, mint a FRAP értékek tartománya: 151,8-177,0 mg ASE/g sz.a. (27. táblázat). A hibrid levendulák mindkét évben magasabb értékeket adtak, mint a valódi levendula fajták, de az évjárathatás hasonlóan érvényesült. Mind az összpolicenol (2018: 248,1; 2019: 114,0 mg GSE/g sz.a.), mind pedig az össz antioxidáns kapacitás (2018: 216,3; 2019: 177,0 mg ASE/g sz.a.) szempontjából a 'Judit' fajta adta a legjobb eredményeket (27. táblázat).

Megállapítottuk, hogy a soroksári állományban a TPC és FRAP értékek esetében minden fajtát érintő (FRAP-nál kivételt képez a 'Hidcote') szignifikáns különbség volt detektálható a két év között. (27. táblázat). Mind az összfenol tartalom, mind az antioxidáns kapacitás a csapadékosabb 2018-ban volt magasabb, kivéve a 'Budakalászi' fajtát, amelyben 2019-ben volt szignifikánsan nagyobb a FRAP értéke.

27. táblázat. A vizsgált levendula fajták összes polifenol-tartaloma (mg GSE/g sz. a.) és antioxidáns kapacitása (mg ASE/g sz. a.) az évjárat függvényében (2018 és 2019), Soroksáron.

Fajta	Évjárat	TPC, mg GSE/g sz.a.	p-érték	FRAP, mg ASE/g sz.a.	p-érték
'Budakalászi'	2018	112,3±1,6	0,0001**	84,0±3,4	0,001*
	2019	85,4±7,5		111,7±11,4	
'Hidcote'	2018	155,3±6,0	0,0001**	164,0±8,6	0,15
	2019	107,0±5,2		174,6±14,3	
'Munstead'	2018	149,8±30,3	0,0001**	151,7±30,8	0,027*
	2019	81,7±2,3		119,1±7,0	
'Grosso'	2018	214,3±6,3	0,0001**	182,9±18,9	0,012*
	2019	95,7±2,8		151,8±17,4	
'Grappenhall'	2018	219,6±2,2	0,0001**	187,5±14,3	0,001*
	2019	102,9±5,2		153,0±13,6	
'Judit'	2018	248,1±2,7	0,0001**	216,3±13,8	0,001*
	2019	114,0±5,9		177,0±16,3	

Jelmagyarázat: *p<0,05, **p<0,01

A dörgicsei termőterületen a valódi levedula fajták TPC értékei a 2017-es évben 80,6-106,4 mg GSE/g sz.a. közé míg a FRAP értékek ugyanebben az évben 104,9-125,0 mg ASE/g sz.a. közé estek. A következő kísérleti évben (2018) összes polifenol-tartalom értékek 68,0-110,8 mg GSE/g sz.a. között, antioxidáns kapacitás értékek 83,9-146,8 mg ASE/g sz.a. között változtak. Tehát ezen a termőterületen is a *L. angustifolia* fajták TPC és FRAP értékei a kevésbé csapadékos 2017. évben mutattak magasabb értékeket a 2018-as kísérleti évhez képest (28. táblázat). A változás tendenciáját tekintve a 'Budakalászi' fajta ismét kivételt képezett, ugyanis e fajtában a csapadékosabb 2018. évben kaptuk a kedvezőbb összpolicenol és össz antioxidás kapacitás eredményeket. A fajták közül a legmagasabb FRAP értéket (146,8 mg GSE/g) 2018-ban a

Budakalászi fajtában, míg a TPC maximumát 2017-ben a Hidcote esetében (124,8 mg GSE/g) mértük.

28. táblázat. A vizsgált levendula fajták összes polifenol-tartaloma (mg GSE/g sz. a.) és össz antioxidáns kapacitása (mg ASE/g sz. a.) az évjárat függvényében (2017 és 2018), Dörgicsén.

Fajta	Évjárat	TPC, mg GSE/g sz. a	p-érték	FRAP, mg ASE/g sz. a	p-érték
'Budakalászi'	2017	106,4±14,9	0,581	109,6±4,1	0,0001**
	2018	110,8±17,8		146,8±22,6	
'Hidcote'	2017	124,8±10,5	0,0001**	125,0±14,7	0,0001**
	2018	68,0±4,4		83,9±4,6	
'Munstead'	2017	110,3±5,1	0,0001**	104,9±11,1	0,109
	2018	80,6±18,3		93,3±18,9	

Jelmagyarázat: *p<0,05, **p<0,01

Mivel 2017-ben Szomódon lehetőségünk nyílt a nyári fővirágzás mellett az őszi vágás eredményeit elemezni, ezt a két esetet is összehasonlítottuk, hiszen a két vágási periódus az évjáráthoz hasonlóan eltérő külső, időjárási körülményeket reprezentál.

A júniusi és az októberi betakarítási időt megelőző 3 hét csapadékmennyiségét értékelve megállapítottuk, hogy az októberi vágást megelőző 3 hétben 53,8 mm-el több csapadék előzött meg a júniusnál (16. ábra). A vizsgált levendula fajták nyári TPC értékei 93,4-144,1 mg GSE/g sz.a. között, míg a FRAP értékek 116,8-151,5 mg ASE/g sz.a. között változtak. Ezen értékek ősszel magasabbnak bizonyultak (TPC: 230,6-296,6 mg GSE/g sz.a.; FRAP: 140,6-196,1 mg ASE/g sz.a.). Az őszi időszakban a *L. x intermedia* 'Judit' fajta adta mindkét jellemző esetében a legmagasabb értékeket (296,6 mg GSE/g sz.a. és 196,1 mg ASE/g sz.a.). A nyári fővirágzás időszakában az összpolicenol-tartalom (144,1 mg GSE/g sz.a.) és az össz antioxidáns kapacitás (151,5 mg ASE/g sz.a.) legjobb eredményei szintén a 'Judit' fajtában voltak detektálhatók. Figyelemre méltó továbbá a 'Hidcote' valódi levendula fajta ősszel detektált TPC értéke (253,2 mg GSE/g sz.a.), mely meghaladja a 'Grappenhall' hibrid fajta értékét is.

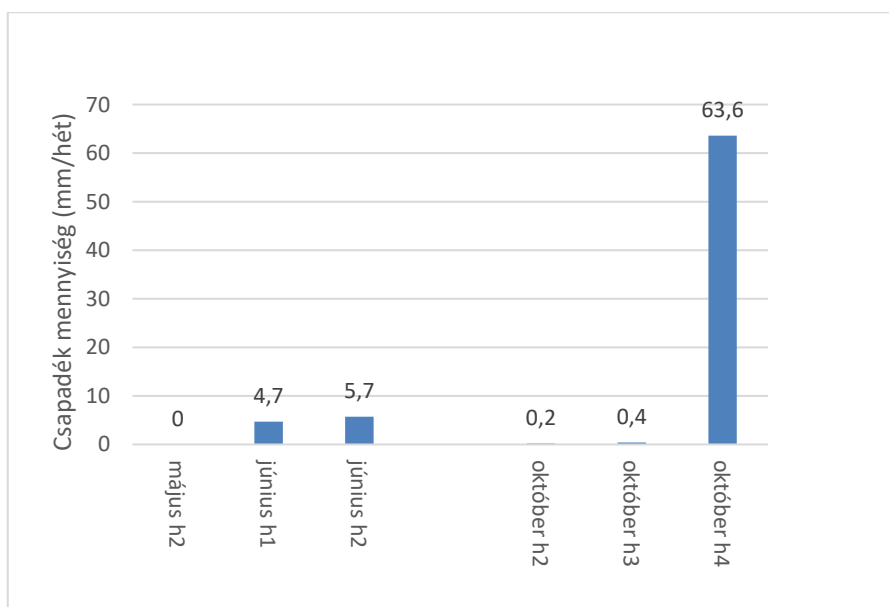
Ezen a termőhelyen a júniusi-júliusi (fővirágzás) és az októberi (másodvirágzás) időszakában a virágzatok beltartalmi mutatói (TPC, FRAP) között minden fajta esetében szignifikáns eltérés volt igazolható (29. táblázat), a 'Grappenhall' fajta antioxidáns kapacitás értékeinek kivételével. A

szignifikánsan magasabb értékek (TPC: 230,6-296,6 mg GSE/g sz.a.; FRAP: 140,6-196,1 mg ASE/g sz.a.) az októberi időszakban voltak jellemzőek.

29. táblázat. A betakarítási idő hatása a *L. angustifolia* és *L. × intermedia* fajták FRAP (mg ASE/g sz. a.) és TPC (mg GSE/g sz. a.) értékeire.

Fajta	Betakarítási idő	TPC, mg GSE/g sz. a.	p-érték	FRAP, mg ASE/g sz. a.	p-érték
'Hidcote'	június 18	101,4±5,7	0,0001**	124,8±8,3	0,002**
	október 31	253,2±6,2		148,0±7,6	
'Munstead'	június 18	93,4±8,1	0,0001**	116,8±13,7	0,002**
	október 31	230,6±1,6		152,3±9,7	
'Grappenhall'	július 14	140,8±4,4	0,0001*	150,3±11,4	0,196
	október 31	244,3±3,9		140,6±6,1	
'Judit'	július 14	144,1±5,4	0,0001**	151,5±9,6	0,0001*
	október 31	296,6±7,2		196,1±6,3	

Jelmagyarázat: *p<0,05, **p<0,01



15. ábra. A kísérleti területen (Szomód) hullott csapadék mennyisége (mm/hét), 2017 május-júliusban és októberben (Az OMSZ- Országos Meteorológiai Szolgálat által biztosított adatok alapján). Magyarázat:

h1-4: 1., 2., -4. hét.

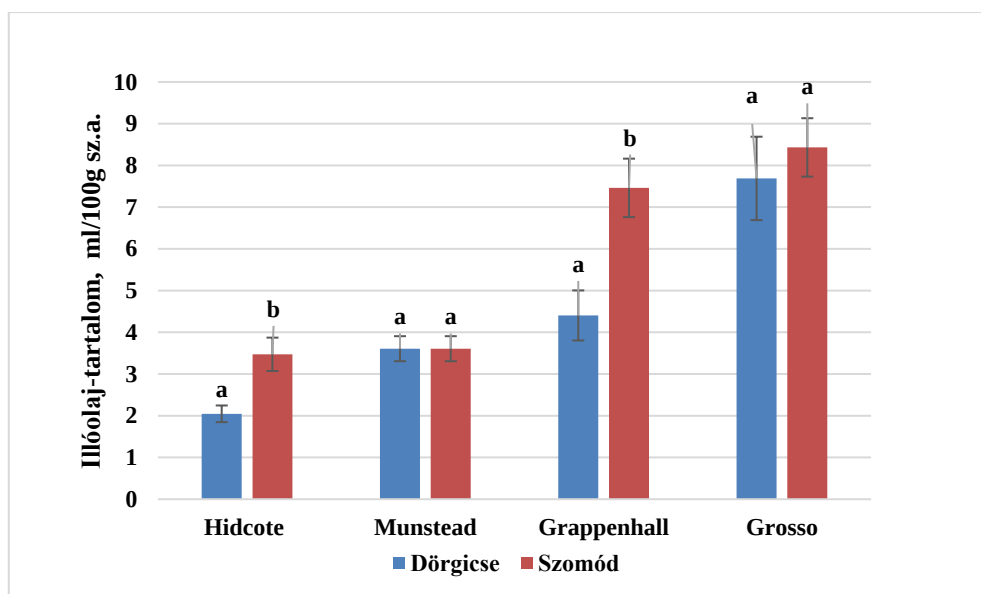
4.2.2. A termőhely hatása

4.2.2.1. Termőhely hatása az illóolaj tartalomra és összetételre

A két tesztelt termőhelyen a csapadék eloszlásában jelentős különbség fedezhető fel, mindkét évben. Áprilistól júliusig 2017-ben 59,5 mm-el, 2018-ban 179 mm-el hullott több csapadék Dörgicsén, mint Szomódon (9/a. táblázat).

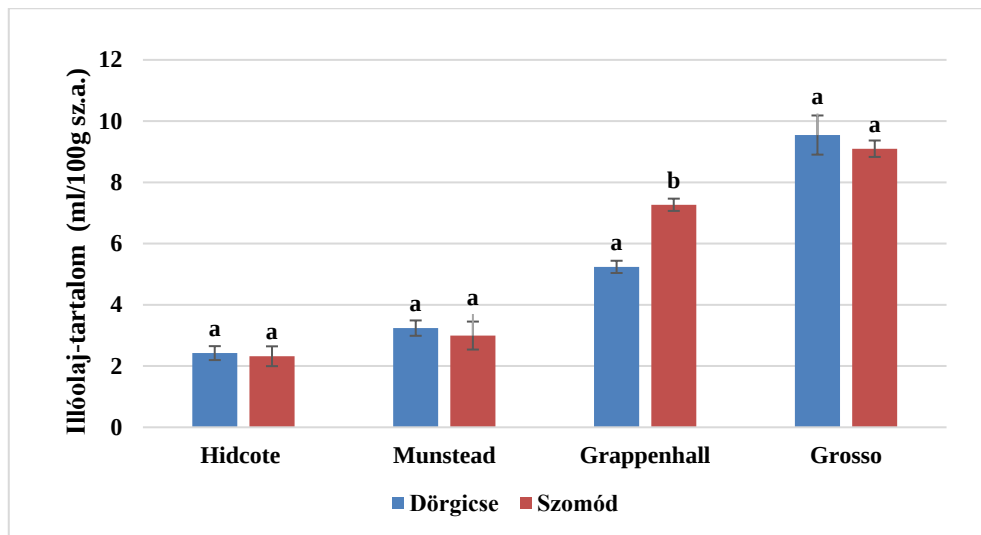
A két levendula fajhoz tartozó 2-2 fajtában két év és két termőhely vonatkozásában a legkiemelkedőbb illóolaj-tartalmat (9,5 ml/100 g) Dörgicsén mértük 2017-ben, a 'Grosso' fajta esetében. A legalacsonyabb illóolaj-szinttel (2,0 ml/100 g) a 'Hidcote' szerepelt, szintén a Dörgicsei állományában, 2018-ban.

Kísérleteink alapján a két valódi levendula fajta közül a 'Munstead' bizonyult a stabilabb fajtának a termőhelyi hatás tekintetében (16-17. ábra). A 'Hidcote' állomány ezzel szemben 2018-ban jelentős eltérést mutatott: szignifikánsan magasabb felhalmozódást produkált Szomódon, mint Dörgicsén. ($p < 0,003$) (17. ábra). A *L. × intermedia* fajtáit vizsgálva megállapítottuk, hogy a termőhelyi hatás csak a 'Grappenhall' illóolaj-tartalom értékeire nézve érvényesült, mindkét évben jelentősen magasabb illóolaj-tartalmat adott Szomódon (2017-ben: $p < 0,0001$; 2018-ban: $p < 0,004$), míg a 'Grosso' kevésbé reagált a termőhelyi hatásra. (16-17. ábra).



16. ábra. A vizsgált levendula fajták illóolaj tartalom értékei (ml/100 g sz.a.) a két termőhelyen (Dörgicse, Szomód, 2017).

Jelmagyarázat: a statisztikailag különböző ($p < 0,05$) csoportokat eltérő kisbetűkkel (a, b) jelöltük.



17. ábra. A vizsgálatba vont levendula fajták illóolaj tartalma (ml/100 g sz.a.) a két termőhelyen (Dörgicse, Szomód, 2018).

Jelmagyarázat: a statisztikailag különböző ($p < 0,05$) csoportokat eltérő kisbetűkkel (a, b) jelöltük.

2017-ben a vizsgált fajták közül kiemelkedő linalool aránnyal a *L. × intermedia* 'Grosso' rendelkezett (Dörgicsén: 58,9 %) (32. táblázat). A valódi levendula fajtái közül a 'Munstead' Szomódon rendelkezett a legmagasabb linalool aránnyal (41,3%) (30. táblázat). Az illóolaj minőségét a megfelelő linalool/linalil-acetát arány mellett nagyban meghatározza az illóolaj teljes észtertartalma, azaz az acetátok magas aránya az illóolajban, így fontos információt képvisel ezen összetevő vizsgálata is. Ebből a szempontból a termőhely mellett azonban igen jelentős az évjárat és a fajta hatása is: a Hidcote 'fajta pl. 2017-ben Dörgicsén, 2018-ban Szomódon adott magasabb összes észter arányt, illetve a dörgicsei 'Hidcote' illóolajában 2017-ben a linalil-acetát (42,1%), 2018-ban viszont a linalool volt a domináns komponens (40,5%), (30. táblázat). A 'Hidcote' illóolaja több más komponens esetében is szignifikáns eltéréseket mutatott termőhelytől függően (31. táblázat).

2018-ban a szomódi szárazabb termőterületen a *L. angustifolia* 'Hidcote' és *L. × intermedia* 'Grosso' fajták magasabb terpinén-4-ol, α -terpineol, és lavandulil-acetát aránnyal rendelkeztek, mint e fajták dörgicsei állományai ugyanabban az évben.

Jellemzően a hibrid levendula állományok összetétele mindkét évben sokkal több esetben mutatott szignifikáns eltérést a termőhelyek között az illóolaj-komponensek arányában, mint a valódi levendula állományoké. A hibrid levendula fajták közül mindkét évben a 'Grosso' szomódi állományban volt kiemelkedő a linalil-acetát aránya (2017-ben: 21,1%; 2018-ban: 25,1%), ezzel párhuzamosan a linalool pedig Dörgicsén volt magasabb arányú (32. táblázat). E fajtában a

termőhely hatása megmutatkozott más komponensekben is, a szomódi termőhelyen nagyobb %-ban volt jelen az 1,8-cineol, míg a dörgicsei állományokból nyerhető illóolaj kámforban dúsabb volt. A termőhelyi hatás kevésbé érintette viszont a 'Grappenhall' fajta illóolaj-összetételét, mivel 2017-ben a vizsgált 14 komponensből 8, 2018-ban pedig 4 esetben nem volt kimutatható szignifikáns eltérés a dörgicsei és szomódi állományai között. (33. táblázat).

30. táblázat. A *L. angustifolia* fajták illóolaj komponenseinek aránya (%) a két vizsgált termőhelyen (Dörgicse és Szomód) 2017-ben és 2018-ban.

Komponens	'Hidcote'				'Munstead'			
	Dörgicse		Szomód		Dörgicse		Szomód	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
<i>β</i> -mircén	0,7	1,0	0,8	0,8	0,6	0,5	1,0	0,8
<i>cisz-β</i> -ocimén	6,4	7,4	2,7	5,9	5,6	5,9	6,1	3,6
<i>transz-β</i> -ocimén	1,8	2,1	2,7	5,2	1,6	1,0	3,2	2,4
linalool	29,5	22,4	41,3	21,5	25,7	40,5	13,8	18,7
borneol	0,6	0,5	0,5	0,5	1,1	1,4	0,8	0,8
lavandulol	0,4	0,5	1,1	0,4	0,2	0,9	0,3	0,3
terpinén-4-ol	7,3	17,6	3,4	23,0	1,3	1,6	7,1	3,1
<i>α</i> -terpineol	4,2	3,1	4,5	3,9	4,3	2,8	3,7	3,2
linalil-acetát	25,2	25,6	27,5	23,3	42,1	28,7	30,2	51,7
lavandulil-acetát	10,4	8,1	4,0	2,6	4,2	2,7	15,0	5,7
geranil-acetát	1,8	1,2	1,9	1,3	1,9	1,4	1,4	1,2
<i>β</i> -kariofillén	5,8	3,7	3,8	3,4	3,9	3,3	4,6	2,7
Teljes észter %	37,4	34,9	33,4	27,3	48,1	32,8	46,6	58,6
Összes %	94,1	93,2	94,2	91,8	92,5	90,7	87,2	94,2

31. táblázat. A *L. angustifolia* fajták illóolaj összetételének a termőhely függvényében (Dörgicse-Szomód) mért statisztikai mutatói (p-értékek) 2017-ben és 2018-ban.

Komponens	'Hidcote'		'Munstead'	
	2017	2018	2017	2018
	p-értékek			
β -mircén	0,106	0,028*	0,145	0,038*
cisz- β -ocimén	0,643	0,002**	0,071	0,663
transz- β -ocimén	0,012*	0,008**	0,537	0,013*
linalool	0,163	0,0001**	0,206	0,637
borneol	0,411	0,065	0,827	0,707
lavandulol	0,233	0,013*	0,688	0,290
terpinén-4-ol	0,001**	0,001**	0,334	0,193
α -terpineol	0,357	0,416	0,770	0,067
linalil-acetát	0,182	0,0001**	0,802	0,160
lavandulil-acetát	0,0001**	0,0001**	0,004**	0,023*
geranil-acetát	0,202	0,482	0,850	0,071
β -kariofillén	0,412	0,129	0,020*	0,060
kariofillén-oxid	0,245	-	0,021*	-
Teljes észter %	0,855	0,0001**	0,673	0,0001**

Jelmagyarázat: *p<0,05, **p<0,01

32. táblázat. A *L. x intermedia* fajták illóolajának összetétele (%) a két vizsgált termőhelyen (Dörgicse és Szomód) 2017-ben és 2018-ban.

Komponens	'Grappenhall'				'Grosso'			
	Dörgicse		Szomód		Dörgicse		Szomód	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
limonén	2,3	3,5	2,3	2,9	1,1	1,4	0,6	0,7
1,8-cineol	14,5	14,8	18,1	14,4	4,6	6,2	6,4	8,5
<i>cisz-β</i> -ocimén	3,8	6,0	4,9	5,8	2	2,6	0,9	0,9
<i>transz-β</i> -ocimén	0,6	nd	1,2	1,1	1,1	nd	0,4	0,4
linalool	51,8	41,7	47,5	45,2	58,9	51,4	39,7	30,4
kámfor	2,7	2,9	1,7	2,2	13,9	15,7	8,0	8,5
borneol	10,6	9,8	9,2	9,7	4,5	3,9	2,8	3,4
lavandulol	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3	1,5	0,7	0,6
terpinén-4-ol	3,5	2,4	3,6	2,9	1,2	0,6	5,2	2,9
α -terpineol	2,0	2,3	2,4	2,3	1,6	1,6	4	3,6
linalil-acetát	2,1	4,4	1,8	3,6	3,4	5,3	21,1	25,1
lavandulil-acetát	0,5	1,2	0,4	0,9	0,7	1,7	3,5	4,3
<i>epi-α</i> -bizabolol	1,1	2,2	0,9	1,4	0,1	0,4	1,3	0,7
Teljes észter %	2,5	5,6	2,1	4,5	4,1	7	24,6	29,4
Összes %	94,4	88,8	92,8	90,7	93,3	90,9	94,0	89,3

33. táblázat. A *L. × intermedia* fajták illóolaj összetételének a termőhely függvényében (Dörgicse-Szomód) mért statisztikai mutatói (p-értékek) 2017-ben és 2018-ban.

Komponens	'Grappenhall'		'Grosso'	
	2017	2018	2017	2018
limonén	0,981	0,0001**	0,001**	0,0001**
1,8-cineol	0,035*	0,007**	0,012*	0,0001**
<i>cisz-β</i> -ocimén	0,012*	0,062	0,003**	0,0001**
<i>transz-β</i> -ocimén	0,0001**	-	0,002**	-
linalool	0,068*	0,0001**	0,0001**	0,0001**
kámfor	0,101	0,002**	0,003**	0,0001**
borneol	0,010*	0,207	0,036*	0,013*
lavandulol	0,402	0,0001*	0,002**	0,0001**
terpinén-4-ol	0,531	0,0001**	0,0001**	0,003**
α -terpineol	0,018*	0,780	0,0001**	0,005**
linalil-acetát	0,129	0,0001**	0,0001**	0,0001**

Komponens	'Grappenhall'		'Grosso'	
	2017	2018	2017	2018
lavandulil-acetát	0,214	0,001**	0,0001**	0,0001**
β -kariofillén	0,078	0,538	0,0001**	0,005**
<i>epi</i> - α -bizabolol	0,084	0,0001**	0,0001**	0,005**
Teljes észter %	0,175	0,0001**	0,0001**	0,0001**

Jelmagyarázat: *p<0,05, **p<0,01

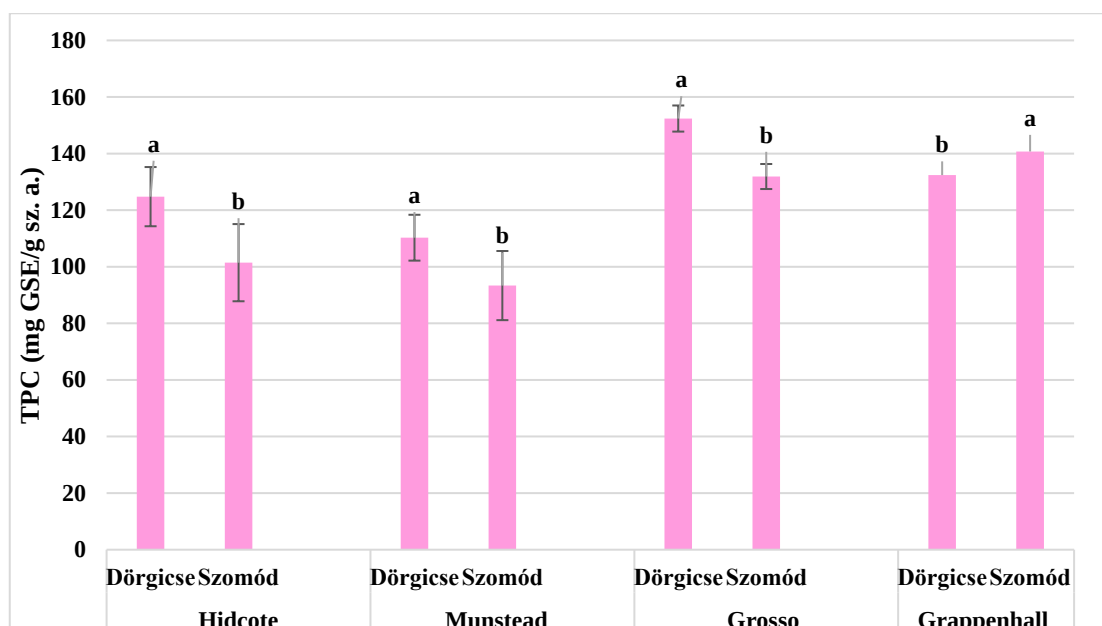
4.2.3. A termőhely hatása a fenolos vegyületek alakulására

A 2017-ben Dörgicsén és Szomódon gyűjtött mintákban az összes polifenol-tartalom minden levendula fajta esetében szignifikáns termőhelyi hatást mutatott (34. táblázat): jelentősen magasabb értékeket kaptunk a Dörgicsei területen, mint Szomódon, kivéve a 'Grappenhall' fajtát, ami arra utal, hogy fajtaspecifikus hatások is jelen lehetnek (18. ábra).

Az összes minta közül a hibrid 'Grosso' dörgicsei állománya mutatta a legmagasabb össz antioxidáns kapacitás (179,6 mg ASE/g sz.a.), illetve összpolicfenol (152,4 mg GSE/g sz.a.) szinteket.

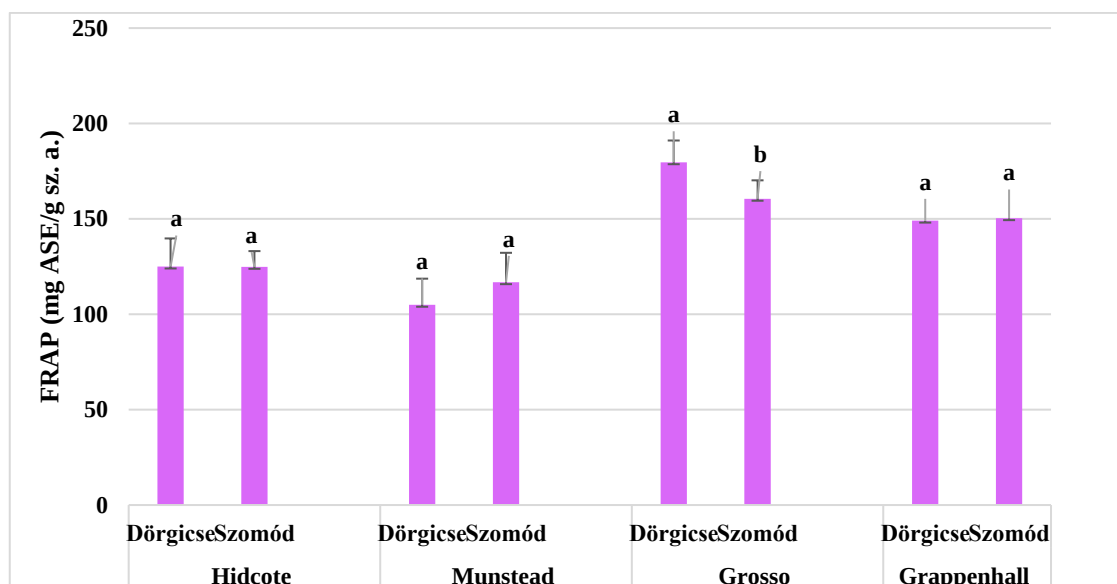
A FRAP értékekben szignifikáns termőhelyi hatás csak 'Grosso' a fajtában érvényesült (p<0,0001), ami szintén Dörgicsén volt magasabb, mint Szomódon (19. ábra).

Az összes vizsgálatba vont levendula fajta mind összes polifenol-tartalom (TPC), mind összes antioxidáns aktivitás (FRAP) értékei nagyobb szórást mutattak Dörgicsén, mint Szomódon (Dörgicse, TPC SD_{átlag}: 44,0, FRAP SD_{átlag}: 15,3; Szomód, TPC SD_{átlag}: 39,8; FRAP SD_{átlag}: 12,2).



18. ábra. A *L. angustifolia* és *L. × intermedia* fajták összes polifenol-tartalom (TPC: mg GSE/g száraz anyag) értékei Dörgicsén és Szomódon, 2017-ben.

A statisztikailag különböző ($p < 0,05$) csoportokat eltérő kisbetűkkel (a, b) jelöltük.



19. ábra. A *L. angustifolia* és *L. × intermedia* fajták összes antioxidáns aktivitás (mg ASE/g száraz anyag) értékei Dörgicsén és Szomódon, 2017-ben.

A statisztikailag különböző ($p < 0,05$) csoportokat eltérő kisbetűkkel (a, b) jelöltük.

34. táblázat. A termőhelyi hatásokra vonatkozó szignifikancia szintek (p-érték) az összes polifenoltartalom (TPC) és összes antioxidáns aktivitás (FRAP) értékei esetében.

Fajok	Fajták	Termőhelyi hatás (p-értékek)	
		TPC	FRAP
<i>L. angustifolia</i>	'Hidcote'	0,0001**	0,6280
	'Munstead'	0,0001**	0,0620
<i>L. x intermedia</i>	'Grosso'	0,0020**	0,0001**
	'Grappenhall'	0,0010**	0,8000

Jelmagyarázat: *p<0,05, **p<0,01

5. Az eredmények értékelése

5.1. Az illóolaj jellemzőkre vonatkozó eredmények értékelése

5.1.1. A genotípus hatása az illóolaj jellemzőire

A levendula fajok illóolaj tartalma vizsgálataink szerint jelentősen függ a fajtától (genotípustól). Erre korábbi irodalmi adatok is tesznek utalást, bár sokkal szűkebb körben (Boelens, 1986; Muñoz-Bertomeu et al., 2007).

Az általunk is vizsgált fajták esetében korábbi kutatások eredményei szerint (Renaud et al. 2001, 2002; Nimet et Hasan 2013) a 'Hidcote' illóolaj tartalom értéke 2,3% és 3,5% közé esik, ami korrelál a dörgicsei kísérletünkben mért adatokkal (2017: 2,4 ml/100g; 2018: 2,1 ml/100g). A 'Munstead' fajtában Renaud et al. (2002) 2,3% és 2,6% közötti értéket detektált az USA középnyugati régiójában, míg Nimet et Hasan (2013) törökországi mintát vizsgált 2,1% és 2,3% közé eső értékekkel. Magyarországi termőhelyeinken e fajtában ennél mintegy 1%-kal magasabb értékeket mértünk (2017: 3,2 ml/100g; 2018: 3,6 ml/100g).

Eredményeink szerint az illóolaj tartalom az 'Aromatico Silver', Maillette' és 'Munstead' valódi levendula fajták esetében nem változott szignifikánsan a különböző mintákban, a többi vizsgált fajtával ellentétben, tehát ezen fajták stabilitása kedvezőbb.

A hibrid levendula fajták közül a legelterjedtebb 'Grosso' fajta esetében Renaud et al. (2002) 6,3% és 9,9% illóolaj tartalom értékeket detektált két egymást követő kísérleti évben, míg a mi tanulmányunkban ez a fajta nagyobb mértékű stabilitást mutatott (2017: 9,5 ml/100g; 2018: 7,7 ml/100g).

A kísérleteinkben mért illóolaj összetételre vonatkozó adatokat összevetve a korábbi irodalmi közlésekkel, jelentős különbségek fedezhetők fel (35/a. és 35/b táblázatok). A 35/a. és 35/b táblázatokban a valódi levendula illóolájában általánosságban a legnagyobb mennyiségben előforduló vegyületeket tüntettük fel: linalool, linalil-acetát, α -terpineol, és lavandulil-acetát. Saját eredményeink közül említést érdemel, hogy a 'Munstead' és a 'Hidcote' illóolájában mindkét évben a többi szerző által közöltekhez képest jelentősen magasabb linalil-acetát % volt kimutatható, míg a 'Maillette' esetében a linalool aránya volt kiemelkedő. Mindezek alapján kijelenthető, hogy a *L. angustifolia* nemzetközileg ismert fajtái hazánkban természetesen is megfelelő illóolajszintekkel és kiváló illóolaj minőséggel jellemezhetők.

A külföldi szerzők által közöltektől való eltérések oka –eltekintve esetleges módszertani különbségektől- legnagyobb valószínűség szerint a környezeti tényezők, vagyis a termőhelyi viszonyok és az adott évjáratok időjárása.

35/a. táblázat. A *L. angustifolia* 'Munstead', és 'Hidcote' fontosabb illóolaj-komponenseinek százalékos aránya kísérletünkben (Dörgicse, 2017-2018) és más szerzők publikációiban.

	Détár et al. 2020		Renaud et al. 2002	Kara et Baydar 2013		Lane et Mahmou d 2008	Détár et al. 2020		Renaud et al. 2002	Lane et al. 2010
Termőhely	Dörgicse (Magyarország)		Norway (USA)	Isparta (Törökország)		Okanagan (Kanada)	Dörgicse (Magyaro.)		Norway (USA)	Okanagan (Kanada)
Év	2017	2018	2002	2009	2010	2007	2017	2018	2002	2007
Fajta	‘Munstead’						‘Hidcote’			
Komponensek	Relatív százalék (%)									
Linalool %	29,5	22,4	38,3	46,1	39,5	37,9	25,7	40,5	29,1	19,2
Linalil -acetát %	25,2	25,5	15,0	6,1	12,2	6,2	42,1	28,7	17,3	10,5
Lavandulil- acetát %	10,4	8,1	5,4	-	-	7,1	3,2	2,7	5,3	9,4
α -Terpineol %	4,2	3,1	-	-	-	2,8	4,3	2,8	-	3,0

35/b. táblázat. A *L. angustifolia* 'Maillette' fontosabb illóolaj-komponenseinek százalékos aránya kísérletünkben (Dörgicse, 2017-2018) és más szerzők publikációiban.

	Détár et al. 2020		Pistelli et al. 2017		Oroian et al. 2019	Lane et Mahmoud, 2008	Lafhal et al. 2016
Termőhely	Dörgicse (Magyarország)		Bibbona (Olaszország)		Bontida (Románia)	Okanagan (Kanada)	Sault (Franciaország)
Év	2017	2018	2014	2015	2019	2007	2016
Fajta	'Maillette'						
Komponensek	Relatív százalék (%)						
Linalool %	55,4	52,9	48,4	45,5	39,1	43,7	39,1
Linalil -acetát %	25,3	27,1	26,0	26,2	28,6	7,8	40,0
Lavandulil- acetát %	0,3	1,4	-	-	-	-	0,71
α -Terpineol %	3,3	3,7	5,7	6,6	-	5,6	0,22

A hibrid levendula fajták közül a 'Grosso'-ról több szerző közölt adatot (35/c. táblázat). A táblázatban a fentiekhez hasonlóan szintén csak a legnagyobb mennyiségben jelen levő illóolaj komponenseket tüntettük fel. Összehasonlítva azokat a jelen munkában detektált értékekkel, megállapítható, hogy kísérletünkben ezen fajta magasabb linalool és ugyanakkor jóval alacsonyabb linalil-acetát %-kal rendelkezett, mint más körülmények között. Mivel mind spanyolországi, mind kanadai körülmények között megjelentek a hazainál 6-10-szer magasabb

linalil-acetát arányok, feltételezhető, hogy a klimatikus viszonyok kis valószínűséggel játszanak ebben szerepet. A továbbiakban érdemes lenne ezért a 'Grosso' különböző származású klónjait azonos termőhelyi körülmények között összehasonlítani, hogy akár a fajtán belüli esetleges öröklött különbségeket is feltárjuk. Ugyanakkor figyelembe veendő a linalool % és linalil-acetát % között fennálló negatív korreláció is (bioszintetikus kapcsolat), melynek eltolódását befolyásolhatják technológiai folyamatok is (szárítás, lepárlás).

35/c. táblázat. A *L. x intermedia* 'Grosso' egyes illóolaj komponenseinek aránya (%) kísérletünkben (Dörgicse, 2017-2018) és más szerzők kutatásaiban.

Kísérleti körülmények	Détár et al, 2020		Renaud et al. 2002	Lane et Mahmoud, 2008	Usano-Aleman et al., 2011	Se et al. 2013	Pistelli et al. 2017
Termőhely	Dörgicse (Magyarország)		Norway (Egyesült Államok)	Okanagan (Kanada)	Cuenca (Spanyolország)	Okanagan (Kanada)	Bibbona (Olaszország)
Év	2017	2018	2018	2002	2007	2009	2013
Fajta	'Grosso'						
Komponensek	Relatív százalék (%)						
1,8-cineol %	4,6	1,4	1,4	10,7	10,7	6,7	7,5
Linalool %	58,9	51,4	51,4	27,9	30,6	29,9	41,9
Kámfor %	13,9	15,7	15,7	8,1	10,8	6,9	6,5
Linalil-acetát %	3,4	5,3	5,3	17,8	8,3	31,6	37,5

Kísérletünkben, a hibrid levendula fajtákban a linalool százalékos aránya meghaladta az összes vizsgálatba vont valódi levendula fajtaét (14., 15., és 16. táblázat). Legmagasabb linalool arányt a 'Grosso' állomány illóolajában detektáltunk (58,9%), ami magas kámfor tartalommal párosult (13,9%). Carrasco et al. (2016) szerint ez az illóolaj összetétel a belőlük előállított termékek antimikrobiális hatását fokozhatja. Az összes észtertartalom legmagasabb értékeit a *L. angustifolia* 'Hidcote' fajtára volt jellemző: 2017-ben Dörgicsén (48,1%). A tanulmányozott levendula fajták illóolaj sajátosságainak eltéréseit összefoglalva megállapítható, hogy a valódi és a hibrid levendula közötti régóta ismert eltérés a felhalmozódási szintet illetően nem minden esetben nyilvánult meg, az egyes fajták között lehetnek markáns különbségek mind illóolaj tartalomban (pl.: 2018: 'Budakalászi' illóolaj tartalma: 8,2 mg/100g sz.a.), mind illóolaj összetételben (2017: 'Grappenhall' és 'Grosso' linalool tartalma: 51,8 és 58,9%) (14. és 15. táblázat). Ezen tények megerősítik a fajtahatás jelenlétét kísérleteinkben.

Fontos gyakorlati megállapítás, hogy elemzésünk szerint a *L. angustifolia* fajták közül egyedül a 'Hidcote' dörgicsei állományának illóolaj összetétele felelt meg mindkét kísérleti évben a VIII.

Magyar Gyógyszerkönyv és a X. Európai Gyógyszerkönyv előírásainak, az α -terpineol érték kivételével (36. táblázat). Megállapítottuk továbbá, hogy az illóolaj mennyisége az adott termőhelyen, minden vizsgált fajtában messze meghaladta a gyógyszerkönyvi cikkelyben a *Lavandulae flos* esetében előírt 1.3 ml/100g értéket.

36. táblázat. A dörgicsei *L. angustifolia* fajták illóolaj összetétele 2017 és 2018 között, azok megfeleltetése a Gyógyszerkönyvi előírásoknak.

Komponensek	Illóolaj-komponensek, %						<i>Lavandulae flos</i>	
	A	Be	Bu	Hid	Mai	Mu	Ph. Hg. VIII.	Ph. Eur. X.
Linalool	40,9-41,4	18,1-50,1	31,3-47,0	25,7-40,5	52,9-55,4	22,4-29,5	20-45%	20-45%
Linalil-acetát	17,7-22,3	18,7-58,9	22,2-27,2	28,7-42,1	25,3-27,1	25,2-25,6	25-46%	25-47%
Terpinén-4-ol	5,2-8,9	2,2-5,5	0,4-3,1	0,9-1,6	0,1-1,9	7,3-17,6	0,1-6,0%	0,1-8%
Lavandulil-acetát	5,4-7,8	2,2-4,5	6,0-12,6	2,7-3,2	0,3-1,4	8,1-10,4	0,2% <	0,2%<
Lavandulol	0,6-0,7	0,0-0,9	0,3-4,0	0,2-0,9	0,0-0,1	0,4-0,5	0,1%<	0,1%<
α -Terpineol	3,4-3,9	2,8-2,9	3,6-6,0	2,8-4,2	3,3-3,7	3,1-4,2	<2%	<2%

Jelmagyarázat: Az előírásnak megfelelt komponens értékek mezőit színikitöltéssel jelöltük.

Az előíratoknak való megfelelés tekintetében a 2017-es és 2018-as évek során a dörgicsei termőhelyen -a két aktuális ISO standard (ISO 8902: 2009 ('Grosso' típus); ISO 3054:200 ('Abrialii' típus)) minimális értékekre vonatkozó előírásaihoz képest sokkal magasabb linalool értékeket detektáltunk mind a 'Grappenhall' (2017: 51,8%; 2018. 41,7%), mind a 'Grosso' (2017: 58,9%; 2018: 51,4%) illóolajában (37. táblázat). Ezzel szemben a linalil-acetát százalékok alacsonynak bizonyultak ('Grappenhall' (2,1-4,4%); 'Grosso' (3,4-5,3%)) a standardek tartományaihoz képest, így ezen előírásoknak nem tettek eleget. A többi komponens közül a kámfor határértéken felüli szintje a 'Grosso' esetében, míg az 1,8-cineolé a 'Grappenhall' fajtában okoz gondot az illóolajminőség szempontjából.

37. táblázat. A dörgicsei *L. × intermedia* fajták illóolaj összetétele 2017 és 2018 között, azok megfeleltetése a Gyógyszerkönyvi előírásoknak.

Fajta	'Grappenhall'	'Grosso'	ISO 8902:2009 ('Grosso' típus)	ISO 3054:200 ('Abrialii' típus)
Komponensek				
Limonén	0,5-2,3	0,3-1,1	0,5-1,5%	0,5-1,5%
1,8-cineol	3,5-14,5	1,4-4,6	4-8%	6-11%
Kámfor	2,7-2,9	13,9-15,7	6-8,5%	7-11%
Linalool	41,7-51,8	51,4-58,9	24-37%	26-38%

Fajta	'Grappenhall'	'Grosso'	ISO 8902:2009 (‘Grosso’ típus)	ISO 3054:200 (‘Abrialii’ típus)
Komponensek				
Linalil-acetát	2,1-4,4	3,4-5,3	25-38%	20-29%
Terpinén-4-ol	2,4-3,5	0,6-1,2	1,5-5%	1,5-5%
Lavandulil-acetát	0,5-1,2	0,7-1,7	1,5-3%	1-2%
Lavandulol	1,1-1,2	1,3-1,5	0,2-0,8%	0,4-1,2%
α -Terpineol	2,0-2,3	1,6	1,5-3%	-

Jelmagyarázat: Az előírásnak megfelelt komponens értékek mezőit színezéssel jelöltük.

Vizsgálatainkban a fajtahatás igazolásán túl, azonban érdemesnek tartjuk kiemelni, hogy az egyes illóolaj tulajdonságoknál nem azonos mértékben érvényesült ez a hatás. Fontos megállapítás, hogy nem minden fajta mutat nagyfokú változékonyságot termőhelytől, évszaktól függően.

Az illóolaj tartalom tekintetében azonos termőhelyen a fajok közötti szignifikáns eltérés is kiemelhető ($p < 0,0001$), mivel a hibrid levendula jelentősen eltér mind illóolaj tartalomban mind összetételben a valódi levendulától. Ez azonban alapvetően ismert tulajdonság, sőt más levendula fajok (*L. angustifolia ssp. pyrenaica* (DC.), *L. lanata*, és *L. latifolia*) közötti különbséget is leírtak már (Garcia-Vallejo et al., 1982).

5.1.2. A fenofázis hatása az illóolaj jellemzőire

A valódi levendula fajtákban mindkét vizsgálati évben (2018, 2019) szignifikánsan magasabb illóolaj tartalom értékeket detektáltunk az elvirágzott fázisban, mint a teljes virágzásban. Ez a megállapításunk több korábbi irodalmi adatnak ellentmond. Boeckelmann (2008) 'Munstead' fajta legmagasabb illóolaj tartalmát bimbós fázisban mérte, az ezt követő fázisokban csökkent, illetve stagnált a koncentráció. Megállapításaink Lammerink (1989) egy korábbi tanulmányának és Cantor et al. (2018) kísérletének eredményeivel sem egyeznek, ugyanis kísérletükben a legmagasabb illóolaj koncentráció teljes virágzásban gyűjtött mintákban volt mérhető. A termesztési leírások is rendszeresen a teljes virágzást adják meg optimális fázisnak (pl. Bernáth, 2013).

Mint ahogy azt korábbi tanulmányok is alátámasztják, a termőhely éghajlata hatással van a levendula illóolajának mennyiségi és minőségi alakulására (pl.: Hassioitis et al., 2010; 2014; Zheljaskov et al., 2012). Érdemes ezért megvizsgálni a kísérletünkben a virágzatok fejlődéseidején esetlegesen szerepet játszó abiotikus tényezőket, különösen a csapadékelátottságot (Figueiredo, 2008; Kleiber et al., 2017). A mintagyűjtés előtti 3 hétben teljes virágzás előtt nagyobb mennyiségű csapadékot regisztráltunk, mint az elvirágzott fenofázis előtti periódusban: ez 2018-ban csekély mértékű (6,9 mm-rel), míg 2019-ben jelentősebb (40 mm-rel) különbséget jelentett

(9/b táblázat). A csapadék hatása a másodlagos anyagcseretermékek alakulására, köztük az illó komponensek felhalmozódására, igen ellentmondásos az irodalmi forrásokban. A legtöbb szerző az illóolaj akkumulációja és a csapadék mennyisége között negatív korrelációt állapított meg a levendulával rokon fajokban (Pluhár et al, 2017; Yahia et al., 2019; Németh-Zámboriné et al., 2019) míg más pozitív korrelációt talált (Mehalain et Chenchouni, 2019). A levendula xerofil jellege és eredeti termőhelye alapján nem számít vízigényes kultúrának, de a víz szerepe a hatóanyagok felhalmozódására nem tisztázott. Kísérletünk eredményeinek alakulásában részben a csapadék mennyisége és eloszlása is szerepet játszhatott.

A *L. × intermedia* fajták magasabb illóolaj tartalmat mutattak teljes virágzás fázisában, mint előtte vagy utána, ami egybeesik Baydar és Erbas (2009) eredményeivel. Boeckelmann (2008) a 'Grosso' illóolaj akkumulációjában növekvő tendenciát tapasztalt ugyanúgy, mint ahogy azt a mi eredményeink is alátámasztják. Ugyanakkor a két kísérleti, közeli rokon faj eltérő viselkedése felveti a kérdést, hogy ebben az esetben is nem az időjárás hatása érvényesült-e? A csapadékmennyiség a teljes virágzás előtti két hétben 2018-ban alacsonyabb volt 15 mm-rel, 2019-ben viszont magasabb 60 mm-rel, mint az elvirágzott fázis előtti két hétben. E jelentős különbség ellenére, mindkét évben a teljes virágzás fázisában mértük a legmagasabb illóolaj tartalmat, eltérően a valódi levendula fajtáktól, tehát itt a csapadék hatása nem bizonyítható.

Megállapíthatjuk, hogy a fenofázis hatása az illó komponensek felhalmozódására elsősorban levendula fajra jellemző, bár a fajták között is lehetnek kisebb eltérések a dinamikában.

A szakirodalomban az illóolaj komponenseinek módosulása és a virágzási fázisok összefüggéseire az illó komponenseket felhalmozó növényfajok esetében számos utalást találunk, de viszonylag kevés kapcsolódik a valódi és a hibrid levendulához. Kísérletünkben a linalool, *transz-β*-ocimén, terpinén-4-ol, α -terpineol, és lavandulol százalékos aránya mindkét évben növekedett a virágzás előrehaladtával, ami összhangban van Guitton et al. (2010) és Cantor (2018) állításaival. Guitton et al. (2010) tanulmánya szerint ugyanis a legmagasabb linalool, terpinén-4-ol, 1,8-cineol, ocimén, és limonén arány a levendula bimbós és elvirágzott fázisában jellemző, aminek a generatív szervek védelmében lehet feltételezhetően szerepe, repellens hatásai miatt (Arimura et al., 2004; Kordali et al. 2007; Lane et Mahmoud, 2008). Boeckelmann (2008) megállapította, hogy valódi és hibrid levendulában ('Munstead' és 'Grosso') a linalool százalékos aránya növekedett a virágzási fázis előrehaladtával, ami szintén egyezik a saját kutatási eredményeinkkel. A szerző leírta, hogy a 'Grosso' fajta fejlődési fázisát végigkövetve a linalool termelése bizonyítottan transzkripciósan szabályozott. Ezt a megállapítást alátámasztja Dudareva et al., (1996; 2003) a rokon ajakos virágú fajban, a *Clarkia breweri*-ben. Boeckelmann (2008) szintén megállapította, hogy 'Grosso'

illóolajában a kámfor aránya csökkent, míg a borneol % enyhén növekedett a virágzás előrehaladtával. Kísérletünkben e fajta illóolajában a kámfor % szintén csökkent. Mivel a borneol a kámfor prekursor vegyülete (Croteau et Karp, 1976), feltételezhetnénk, hogy a két komponens felhalmozódása ellentétes tendenciát mutat. Azonban kísérletünkben nem ezt tapasztaltuk, ahogy Boeckelmann (2008) sem a 'Munstead' esetében. A szerző szerint erre magyarázat lehet az összetett génexpressziós válasz, az enzim interakciók vagy specifikus aktivációs folyamatok kialakulása (bornil difoszfát hidroláz (BPPH) és bornil dehidrogenáz enzimek (BDH)) akár külső, környezeti tényező hatására. Vizsgálatainkban a kámfor és borneol arány változó tendenciát mutatott mind a fajta, mind az évjárat szempontjából, ami megerősíti a feltételezett komplex szabályozó mechanizmusokat.

Mind a valódi, mind a hibrid levendula esetében szignifikánsan alacsonyabb linalool %-ot detektáltunk a teljes virágzás fázisában, mint az elvirágzott állapotban gyűjtött minták illóolajában. A teljes virágzás időszaka előtt az elvirágzott fázis előtti időszaknál csapadékosabb két hét volt jellemző (9/b. táblázat). A külső befolyásoló tényezők tekintetében Johnson et al. (1999) szerint az UV-B a terpenoidok (leginkább éppen a linalool) termelődését fokozta az egyedfejlődés során *Ocimum basilicum*-ban. Ez a tény kapcsolatban lehet az eredményeinkkel, tekintve a csapadék és a napsütéses órák számának negatív összefüggését.

A legmagasabb linalil-acetát értéket viszont a minták nagy részében teljes virágzásban mértük, ami később a legtöbb fajta esetében csökkent. Ez az állítás egybehangzik a Guitton et al. (2010) kísérletében leírtakkal. Raguso et Pichersky (1999) és Schiestl et Ayasse (2001) feltételezése szerint a linalil-acetát és számos szeszkviterpén részt vesz a beporzásban, mint attraktáns molekulák, ami magyarázhatja a teljes nyíláskori maximumot.

Kísérletünkben a szeszkviterpének közül a kariofillén-oxid és β -kariofillén folyamatosan csökkent a virágzás előrehaladtával, az előbbi kifejezetten 2019-ben, az utóbbi főleg 2018-ban. E megállapításunk egyezik a Borzak et al., (2015) közleményében leírtakkal, miszerint a nem ciklopropán szénvázú szeszkviterpének -mint a β -kariofillén- aránya szignifikánsan csökkent a levél fejlődésének előrehaladtával *Eucalyptus* fajokban. Ezzel szemben kísérletünkben a ciklopropán szénvázú szeszkviterpének növekvő tendenciát mutattak a virágzás előrehaladtával. A szerző ezt azzal magyarázza, hogy a két külön vázpushoz tartozó komponenst legalább két különböző szeszkviterpén szintáz hozza létre. A szeszkviterpén termékeknek is jelentős, és egymástól feltételezetően eltérő, specifikus szerepet tulajdonítanak a növény-környezet interakciókban, ahol egyes komponensek hasznosabbak lehetnek, mint mások, s ez összefüggésben állhat a növény egyedfejlődésével is. Mint ahogy azt más szerzők is kiemelték más fajokban, a β -kariofillén

termelődésének például szerepe van a növényevőkkel (Köllner et al., 2008; Huang et al., 2013) és a patogénekkel (Sabulal et al., 2006; Huang et al., 2012) szembeni védekezésben.

Soroksári kísérletünkben a teljes és elvirágzott fázisok illóolaj tartalma a legtöbb levendula fajtában megfelelt a releváns gyógyszerkönyvi standardnek a *Lavandulae flos*-ra vonatkozóan (1,3 ml/100g), kivétel ebben egy fajta elvirágzott és egy fajta teljes virágzásban 2019-ben (0,2 és 1,0 mg/100g). A bimbós fázisban szedett minták három fajta kivételével nem feleltek meg az előírásoknak (1,0; 0,8 és 0,7 mg/100g). Az illóolaj összetételét érintő feltételek tekintetében, egyik virágzási fázis sem felelt meg összességében az előírásoknak (38/a és 38/b. táblázat). Elemzésünk alapján a legtöbb komponens az elvirágzott fázisban egyezett a gyógyszerkönyvi adatokkal (elvirágzott fázisban 4 fajta esetében, teljes virágzás fázisában 2 fajta esetében egyezett több komponens). A főkomponenseket tekintve viszont míg a teljes virágzás fázisában 8 alkalommal, az elvirágzott fázisban 6 alkalommal tett eleget valamelyik főkomponens a gyógyszerkönyvi előírásoknak.

A két aktuális ISO standard (ISO 8902:2009; ISO 3054:200) illóolaj komponens határértékeinek a hibrid fajták közül kísérletünkben a 'Grosso', 'Grappenhall' és 'Judit' illóolaja nem tett eleget, leginkább az alacsony linalil-acetát arányaik miatt. A hibrid levendulákban ha csak a két fő komponenst tekintjük, leginkább a teljes virágzás fázisa felelt meg a releváns ISO szabványnak (39/a. és 39/b. táblázat).

38/a. táblázat. *L. angustifolia* fajták illóolaj komponenseinek arányai (GC area %) három fenofázisban, összehasonlítva a X. Európai Gyógyszerkönyv követelményeivel (Soroksár, 2018).

Illóolaj komponensek (GC%)	'Budakalászi'			'Hidcote'	
	zöld bimbó	teljes virágzás	elvirágzott	teljes virágzás	elvirágzott
limonén (<1,0%)	1,3	0,3	0,2	0,4	0,2
1,8-cineol (<2,5%)	4,8	1,0	0,7	0,5	0,3
3-oktanon (0,1-5,0%)	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0
kámfor (<1,2%)	1,99	0,7	0,3	0,2	0,0
linalool (20-45%)	5,1	22,0	29,8	19,1	28,6
linalil-acetát (25-47%)	3,5	31,0	24,7	34,9	29,5
terpinén-4-ol (0,1-8,0%)	0,6	4,9	12,9	1,1	4,0
lavandulil-acetát (0,2%<)	8,0	12,8	9,6	18,7	12,7
lavandulol (0,1%<)	0,8	1,0	1,7	0,4	0,9
α -terpineol (<2%)	1,2	2,7	2,7	3,3	4,1

Illóolaj komponensek (GC%)	'Munstead'		'Maillette'	
	teljes virágzás	elvirágzott	teljes virágzás	elvirágzott
limonén (<1,0%)	0,4	0,4	0,1	0,1
1,8-cineol (<2,5%)	0,7	1,0	0,0	0,0
3-oktanon (0,1-5,0%)	0,0	0,0	0,0	0,0
kámfor (<1,2%)	0,3	0,0	0,3	0,3
linalool (20-45%)	41,4	40,1	58,2	62,7
linalil-acetát (25-47%)	21,1	26,5	27,1	23,9
terpinén-4-ol (0,1-8,0%)	8,2	6,4	0,0	0,0
lavandulil-acetát (0,2%<)	2,9	4,5	0,1	0,2
lavandulol (0,1%<)	0,7	1,0	0,1	0,1
α -terpineol (<2%)	3,0	4,2	3,0	3,2

Megjegyzés: Az előírásnak megfelelt komponens értékek mezőit színgöltéssel jelöltük. Barna: limonén, 1,8-cineol, 3-oktanon, kámfor, terpinén-4-ol, lavandulil-acetát, lavandulol, α -terpineol. Kék: linalool, linalil-acetát.

38/b. táblázat. *L. angustifolia* fajták illóolaj komponenseinek relatív százalékos arányainak összehasonlítása három fenofázisban a X. Európai Gyógyszerkönyv követelményeivel (Soroksár, 2019).

Illóolaj komponensek (GC%)	'Budakalászi'			'Hidcote'		
	lila bimbó	teljes virágzás	elvirágzott	lila bimbó	teljes virágzás	elvirágzott
limonén (<1,0%)	0,6	0,4	0,3	1,1	0,5	0,4
1,8-cineol (<2,5%)	1,6	1,8	0,9	1,5	0,8	1,8
3-oktanon (0,1-5,0%)	0,0	0,1	1,7	0,0	0,0	0,3
kámfor (<1,2%)	1,1	1,0	0,7	0,7	0,5	1,4
linalool (20-45%)	8,7	19,8	31,1	9,2	17,4	13,1
linalil-acetát (25-47%)	15,8	27,8	21,2	26,7	34,5	20,7
terpinén-4-ol (0,1-8,0%)	0,7	2,7	8,4	0,4	0,9	0,6
lavandulil-acetát (0,2%<)	7,0	9,6	9,7	18,9	15,7	15,5
lavandulol (0,1%<)	0,5	0,9	3,0	0,6	0,7	1,3
α -terpineol (<2%)	1,6	2,8	3,3	1,8	3,0	3,5

Illóolaj komponensek (GC%)	'Munstead'			'Maillette'		
	lila bimbó	teljes virágzás	elvirágzott	lila bimbó	teljes virágzás	elvirágzott
limonén (<1,0%)	0,8	0,3	0,2	0,4	0,2	0,1
1,8-cineol (<2,5%)	0,6	0,8	0,8	0,0	0,2	0,1
3-oktanon (0,1-5,0%)	0,1	1,7	0,6	0,0	0,0	0,4
kámfor (<1,2%)	0,6	1,5	0,7	0,8	1,8	1,3
linalool (20-45%)	8,6	25,0	49,9	6,9	46,4	51,9
linalil-acetát (25-47%)	16,2	21,8	18,7	4,5	19,4	17,0
terpinén-4-ol (0,1-8,0%)	0,7	1,4	5,3	0,4	0,1	0,2
lavandulil-acetát (0,2%<)	9,0	6,1	3,8	1,1	0,4	0,3
lavandulol (0,1%<)	0,7	1,0	2,0	0,2	0,2	0,1
α -terpineol (<2%)	0,9	3,0	2,0	0,6	2,8	2,8

Megjegyzés: Az előírásnak megfelelt komponens értékek mezőit színtöltéssel jelöltük. Barna: limonén, 1,8-cineol, 3-oktanon, kámfor, terpinén-4-ol, lavandulil-acetát, lavandulol, α -terpineol. Kék: linalool, linalil-acetát.

39/a. táblázat. *L. × intermedia* fajták illóolaj összetétele és megfelelőségük az ISO (ISO 8902:2009 és ISO 3054:200) szabványoknak (Soroksár, 2018).

Komponensek 2018	ISO 8902:2009 (‘Grosso’ típus)	ISO 3054:200 (‘Abriali i’ típus)	‘Grosso’			‘Grappenhall’	
			lila bimbós	teljes virágzás	elvirág- zott	teljes virágzás	elvirágzott
Limonén	0,5-1,5%	0,5-1,5%	0,7	0,7	0,7	4,0	1,0
1,8-cineol	4-8%	6-11%	32,8	7,2	6,5	13,5	15,1
Kámfor	6-8,5%	7-11%	19,0	4,7	4,4	7,5	10,4
Linalool	24-37%	26-38%	1,2	35,0	35,9	45,5	44,4
Linalil-acetát	25-38%	20-29%	0,7	20,4	19,6	3,1	2,6
Terpinén-4-ol	1,5-5%	1,5-5%	0,7	4,7	5,1	3,1	3,4
Lavandulil- acetát	1,5-3%	1-2%	1,8	4,2	3,7	0,9	0,9
Lavandulol	0,2-0,8%	0,4-1,2%	0,4	1,1	1,0	1,3	1,3
α -Terpineol	1,5-3%	-	0,9	3,3	3,2	2,2	2,7

Komponensek	ISO 8902:2009 (‘Grosso’ típus)	ISO 3054:200 (‘Abriali i’ típus)	‘Judit’	
			teljes virág- zás	elvirág- zott
Limonén	0,5-1,5%	0,5-1,5%	0,8	0,6
1,8-cineol	4-8%	6-11%	12,6	16,4
Kámfor	6-8,5%	7-11%	12,4	16,1
Linalool	24-37%	26-38%	31,4	29,7
Linalil-acetát	25-38%	20-29%	17,5	14,2
Terpinén-4-ol	1,5-5%	1,5-5%	0,8	0,7
Lavandulil- acetát	1,5-3%	1-2%	2,5	2,1
Lavandulol	0,2-0,8%	0,4-1,2%	1,0	0,8
α -Terpineol	1,5-3%	-	3,1	2,8

Jelmagyarázat: Az előírásnak megfelelt komponens értékek mezőit színtöltéssel jelöltük.

39/b.táblázat. *L. × intermedia* fajták illóolaj összetételének összehasonlítása az ISO (ISO 8902:2009 és ISO 3054:200) szabványok követelményeivel (Soroksár, 2019).

Komponensek 2019	ISO 8902:2009 (‘Grosso’ típus)	ISO 3054:200 (‘Abriali ' típus)	‘Grosso’			‘Grappenhall’		
			lila bimbós	teljes virágzás	elvirágzott	lila bimbós	teljes virágzás	elvirágzott
Limonén	0,5-1,5%	0,5-1,5%	0,6	0,8	0,8	1,5	2,3	2,2
1,8-cineol	4-8%	6-11%	10,5	7,2	7,3	25,7	18,8	15,5
Kámfor	6-8,5%	7-11%	9,7	5,0	7,1	18,0	12,5	9,9
Linalool	24-37%	26-38%	19,5	28,6	36,1	21,4	37,4	41,5
Linalil-acetát	25-38%	20-29%	16,2	19,1	15,4	2,8	2,2	2,7
Terpinén-4-ol	1,5-5%	1,5-5%	1,3	3,7	5,7	1,0	2,7	3,6
Lavandulil- acetát	1,5-3%	1-2%	5,1	4,9	4,2	1,8	1,3	1,1
Lavandulol	0,2-0,8%	0,4-1,2%	0,8	1,1	1,5	1,3	1,6	1,6
α -Terpineol	1,5-3%	-	2,7	3,2	3,5	1,8	2,4	2,7

Komponensek	ISO 8902:2009 (‘Grosso’ típus)	ISO 3054:200 (‘Abrialii’ típus)	‘Judit’		
			lila bimbós	teljes virágzás	elvirágzott
Limonén	0,5-1,5%	0,5-1,5%	0,6	0,6	0,7
1,8-cineol	4-8%	6-11%	18,5	16,6	14,4
Kámfor	6-8,5%	7-11%	19,4	16,8	14,9
Linalool	24-37%	26-38%	19,8	26,7	29,8
Linalil-acetát	25-38%	20-29%	13,8	12,1	15,5
Terpinén-4-ol	1,5-5%	1,5-5%	0,6	0,7	0,7
Lavandulil- acetát	1,5-3%	1-2%	3,6	3,6	3,4
Lavandulol	0,2-0,8%	0,4-1,2%	0,8	1,1	1,1
α -Terpineol	1,5-3%	-	2,1	3,1	3,1

Jelmagyarázat: Az előírásnak megfelelt komponens értékek mezőit színikitöltéssel jelöltük.

5.1.3. Az évjárat és termőhely hatása az illóolaj jellemzőkre

Az évjárat és termőhely, mint külső faktorok érvényesülése igen komplex, és egymástól szét nem választható. Kísérleteinkben mindkét tényező hatása szignifikánsan érintette a levendula vizsgált illóolaj paramétereit.

Annak ellenére, hogy a levendula fajok elterjedtek a termesztésben, kevés specifikus szakirodalmi adat áll rendelkezésre a komplex edafo-klimatikus termőhelyi hatások értékelésével kapcsolatban a hatóanyagokkal összefüggésben. Kísérleteinkben szignifikáns eltérést detektáltunk a termőhelyek között a levendula fajták illóolaj-tartalmának alakulásában. Burillo (2003) kísérleti adatai egyeznek a mi eredményeinkkel, amennyiben szignifikáns különbséget fedezett fel a *L. latifolia* illóolaj-tartalmában eltérő aragóniai termőhelyeken gyűjtött minták között. Más irodalmi források ellentmondanak ennek, bár számuk csekély. Herraiz-Peñalver et al., (2013) például nem tapasztaltak szignifikáns különbséget az illóolaj felhalmozódásában a *L. latifolia* fajták között azok származása függvényében. Az ilyen jellegű szakirodalmi adatok értékelésében azonban mindig nehézséget jelent, ha az eltérő származás egyben különböző eredetű populációt is jelent, mert így nem választható szét egyértelműen a genotípus és a környezet hatása.

Az évjáratokat tekintve a valódi levendula fajták Soroksáron jellemzően a 2018-as évben halmoztak fel több (1,4-2,8 ml/100g sz.a.-al) illóolajat, mint 2019-ben (‘Budakalászi’: $p < 0,018$; ‘Munstead’: $p < 0,0001$; ‘Maillette’: $p < 0,0001$). A hibrid levendula fajták közül a ‘Judit’ és ‘Grappenhall’ esetében mutattunk ki szignifikáns eltérést az illóolaj akkumulációjában az évjárat szerint. A magasabb értékeket szintén a 2018-as évben mértük (‘Grappenhall’: $p < 0,034$; ‘Judit’: $p < 0,004$). A különbség feltételezhető oka az volt, hogy 2019-ben mindkét levendula faj mintagyűjtési időpontját (valódi levendula fajták: június 13., hibrid fajták: július 3.) megelőző két hétben jelentős mennyiségű csapadék hullott nagy adagokban, ami valószínűleg kedvezőtlenül

hatott a levendula illóolaj-felhalmozódására, a 2018 évi időjáráshoz képest, amikor a virágzás ideje alatt rendszeres, de jóval kisebb mennyiségű csapadék volt jellemző (13. ábra).

A csapadékos periódus hátrányait a termőhelyi hatás vizsgálatok is kimutattuk Szomódon. Itt a 2017-es és 2018-as évek összehasonlításában a vizsgált levendula fajták döntő többsége a második évben halmozott fel több illó komponenst, amikor szignifikánsan kevesebb csapadék hullott a virágzásig eltelt periódusban (áprilistól júniusig, 90,6 mm-el) (9/a. táblázat). A szomódi és dörgicsei termőhelyeket összehasonlítva, a szomódi fajták rendelkeztek magasabb illóolaj tartalommal és ez is a csapadék mennyiségének hatására enged következtetni: Szomódon áprilistól júniusig mindkét évben jelentősen kevesebb csapadék hullott: 2017-ben 59,5 mm-rel, 2018-ban 179 mm-rel, mint Dörgicsén (9/a. táblázat). Mivel a levendula egy mediterrán eredetű, szárazságtűrő növény, feltételezhető, hogy a kevesebb csapadék, és több napsütés eredményeként a fajták illóolaj produkciós képessége nő. Martínez-Natarén et al. (2012) következtetései összhangban vannak a mi eredményeinkkel: mexikói oregánó (*Lippia graveolens* Kunth) esetében igazolták, hogy a szárazabb területen magasabb volt az illóolaj tartalom. Pluhár et al. (2017) a rokon és a levendulához hasonló környezeti igényű *Thymus vulgaris* L. esetében kapott eredményei szintén alátámasztják a fenti következtetéseket: a 3 éven keresztül vizsgált kakukkfű fajták mindegyike magasabb illóolaj-tartalommal és timol%-kal rendelkezett a szárazabb termőhelyen. Németh-Zámoriné et al. (2019) leírta, hogy citromfű és kakukkfű fajok illóolaj tartalmát és összetételét szignifikánsan befolyásolták a termőhelyi adottságok, mégpedig azon a területen mérték a nagyobb illóolaj tartalmat e fajok mintáiban, ahol a hőmérséklet kiegyenlítettebb volt és kevesebb csapadék hullott.

Ezek a megállapítások egybeesnek a soroksári tapasztalatokkal is, vagyis a mintagyűjtés (virágzás) előtti negyedév csapadék mennyisége és az illóolaj felhalmozódása között negatív korrelációt fedeztünk fel. Németh et al. (2001) *Hyssopus officinalis* és Yahia et al. (2019) *Mentha rotundifolia* illóolaj akkumulációja és a csapadék mennyisége között szintén negatív korrelációt tapasztalt. Ellentétes eredményeket kapott azonban Fernández-Sestelo és Carrillo (2020), akik szerint a szignifikánsan kevesebb csapadékot hozó évben alacsonyabb illóolaj tartalom értékek voltak mérhetőek a *Lavandula latifolia*-ban. Nyilvánvaló azonban, hogy az ilyen összehasonlításokban a vízellátás abszolút mennyiségei is szerepet játszanak, illetve a termőhely csapadékviszonyai egyéb paraméterekkel együtt befolyásolják az illó vegyületek koncentrációját.

Emellett a fajspecifikus optimális környezeti igények egymástól eltérőek lehetnek, sőt, sok esetben az intraspecifikus változatok, fajták is reagálhatnak többé-kevésbé eltérően. Ennek megfelelően a hatás/stressz jelentkezésének és súlyosságának határa nagyon széles skálán mozoghat. Nagyszámú

szerző leírta, hogy ha a növényt stressz éri, és annak megfelelő válaszreakciót vált ki belőle, az általában másodlagos anyagcseretermékek termelésének fokozódásával jár, mint a védekezési vonal része (pl. Peñuelas et Estiarte 1998; Mahmoud et al., 2004; Figueiredo et al., 2008; Msaada et al., 2009; Lane et al., 2010; Borzak et al., 2015; Aboukhalid et al., 2017). Az illóolaj tartalom módosulása számos tanulmány szerint összefüggést mutat a termőhelyi tényezőkkel, mint a vízellátás (Delfine et al., 2005; Yahia et al., 2019), a hőmérséklet és fény (Johnson et al., 1999), illetve a tápanyagok elérhető mennyisége a talajban (Msaad et al., 2009).

Az évjárat befolyást gyakorolt bizonyos illó komponensek arányára is. A dörgicsei termőhelyen a szárazabb 2018-ban a linalool, limonén, izoborneol monoterpén komponensek alacsonyabb arányban jelentek meg, mint 2017-ben. Ezzel párhuzamosan viszont megnőtt a linalil-acetát, lavandulil-acetát valamint az ocimén mindkét izomerjének aránya az illóolajban.

Soroksáron a *cisz-* és *transz-* β -ocimén esetében szintén a szárazabb 2018-ban kaptunk szignifikánsan magasabb arányt 2019-hez viszonyítva. Ez utóbbi adatok összhangban vannak Hassiotis et al. (2014) eredményeivel. Dörgicsén és Szomódon a terpinén-4-ol aránya ellentétes tendenciát mutatott évjárat szerint, az α -terpineol % esetében pedig nem találtunk összefüggést a csapadékmennyiséggel.

A csapadék mennyiségi eloszlásával kapcsolatban az illóolaj komponensek közül párat kiemeltünk, melyek fontosak a termőhelyi hatás befolyása szempontjából: a terpinén-4-olt, amely mindkét évben Szomódon halmozódott fel szignifikánsan nagyobb arányban a legtöbb fajta esetében. Termőhelyi hatásként értékelhető, hogy Szomódon kevesebb csapadék volt jellemző a virágzást megelőzően (2017-ben 59,5 mm-el, 2018-ban 179 mm-el) kevesebb csapadék hullott Szomódon áprilistól júliusig (9/a. táblázat). Németh et al. (2016a) az ajakos virágzatú majoranna és kakukkfű esetében a szárazságstressz következtében a terpinén származékok koncentrációjának emelkedését tapasztalta. A kakukkfűnél a második vágást megelőző hűvös, csapadékosabb őszi időjárás általában illóolaj-és timol % csökkenéssel jár együtt a nyár eleji vágáshoz képest, ugyanis a timol bioszintézis útja ilyenkor egy korábbi stádiumban megreked, mely a prekursor γ -terpinén és p-cimol komponensek felhalmozódását segíti elő (Crocoll et al, 2010, Pluhár et al, 2016).

A fentiek alapján feltételezhetően a szárazabb szomódi klíma következtében a terület állományai ugyanazon fajták dörgicsei állományaihoz képest illóolajukban mindkét évben magasabb linalil-acetát és 1,8-cineol százalékkal rendelkeztek, mely komponensek általában inkább a szárazabb területeken magasabbak (19. és 21. táblázat), (Fernández-Sestelo et Carrillo 2020). Más szerzők is kiemelik az oxidált monoterpének (linalool, terpinén-4-ol, α -terpineol, borneol, kámfor, 1,8-

cincol) akkumulációjának negatív korrelációját a csapadék mennyiségével (Yahia et al., 2019). Állításainkkal e szerzők tanulmányai korrelálnak.

A levendula egyik fő komponense, a linalool esetében Burillo (2003); Usano-Aleman et al. (2011) valamint Hassiotis et al. (2014) alacsonyabb felhalmozódási szintet mértek csapadékos időjárásban a levendulában, viszont Németh et al. (2016a) szerint a szárazságstressz csökkentette e komponens arányát a majorannában. Vizsgálatainkban sem egyértelmű a kép: Dörgicse és Szomódon a szárazabb 2018-ban, míg Soroksáron a csapadékosabb 2019-ben kaptunk alacsonyabb linalool értékeket. Mindezek az eredmények arra utalnak, hogy a linalool felhalmozódása valószínűleg kevésbé függ közvetlenül a környezeti hatásoktól, az illóolajban mért relatív arányát akár a többi komponens változása is módosíthatja.

A szeszkviterpének szintézisének környezeti regulációjára vonatkozóan még napjainkban is alig van szakirodalmi adat. Yahia et al., (2019) kiemeli a szeszkviterpének (kariofillén-oxid, β -kariofillén), közülük is leginkább a β -kariofillén erős pozitív korrelációját a csapadékkal kereklevelű mentában. Ezen megállapítások egybehangzanak a mi eredményeinkkel.

Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a levendula fajok illóolaj felhalmozódására az évszázadi időjárása, ezen belül a csapadék mennyisége és eloszlása jelentősebb hatással van, mint az illóolaj összetételére. Utóbbi szintén módosulhat a körülmények függvényében –akár szignifikánsan is– de egyértelmű tendenciákat eredményeink alapján nem lehet megállapítani. Ennek oka lehet az a tény, hogy a terpenoid illó komponensek bioszintézise a korábban ismertekhez képest valószínűleg sokkal összetettebb, az egyes résztvevő enzimek multifunkciós tulajdonságúak, a körülményektől és a prekursoroktól függően többféle végterméket is tudnak produkálni illetve számos terpenoid komponens kialakulását több enzim is képes katalizálni (pl. Demissie et al., 2012; Dudareva et Pichersky, 2008; Lewinsohn et Gijzen, 2009). Így nem csak az egyes enzimek környezeti érzékenysége, hanem azok kölcsönhatásai is részt vesznek az illóolaj spektrum kialakításában.

Kísérletünkben a két vizsgált termőhely (Dörgicse és Szomód) talaját alkotó elemek közül, eltérést tapasztaltunk a CaCO_3 tartalom, a K_2O , Mg, Na, és Mn elemekben (sorrendben 6 m/m%-kal Szomód, 146 mg/kg-mal Szomód, 248 mg/kg-mal Dörgicse, 78 mg/kg-mal Dörgicse és 188 mg/kg-mal Dörgicse javára) (8. táblázat). Arra való tekintettel, hogy gyakorlati tapasztalatok szerint a levendula a száraz, mésztartalmú talajokat kedveli (Bernáth, 2013), a meszesebb szomódi termőhelyen az illóolaj hozam magasabb lehet egyes fajták esetében. Más szerzők is kiemelik a magas CaCO_3 tartalom pozitív korrelációját mészkedvelő/mediterrán gyógynövények illóolaj tartalmának akkumulációjával pl. Mumivand et al. (2011) borsikafűben (*Satureja hortensis*), és

Mehalain et Chenchouni (2020) rozmaringban (*Rosmarinus officinalis*). Ghavam (2021) is leírta, hogy damaszkuszi rózsában (*Rosa damascena* Mill.): kutatásai szerint a talaj magasabb mésztartalma magasabb illóolaj tartalmat eredményezett.

Fernández-Sestelo et Carrillo (2020) szintén megállapította, hogy a talaj összetétele befolyásolhatja az illóolaj hozamot, mégpedig kísérletükben szignifikánsan magasabb K, N, és P tartalommal rendelkező termőhelyen magasabb illóolaj hozamot mértek *L. latifolia*-ban. Chrysargyris et al. (2017) tanulmányában megerősítette, hogy a legmegfelelőbb K tartalom az *L. angustifolia* illóolaj termeléséhez a 300 mg/l, így annak mennyisége befolyásolja az illóolaj tartalmat. Ezt az adatot alapul véve, a szomódi termőhely rendelkezik ehhez legközelebb eső K értékkel (K_2O tartalom: 263 mg/kg), így e megállapítás összhangban van az eredményeinkkel.

A termőhelyi hatások természetesen komplex módon érvényesülnek. Efendi et al. (2021) például *Citrus hystrix* illóolaj tartalmát elemezte, s annak akkumulációját pozitív korrelációba hozta a csapadék mennyiségével, a talaj szerves szén tartalmával, pH-jával, makro tápanyagaival (N, P, Mg). Ezek közül a csapadék mennyisége, és a talaj makro tápanyag tartalmára vonatkozó rész ellentmond a mi kísérleteinkben tapasztaltakkal.

A talaj tényezők hatásai közül kevés az illóolaj komponensekre vonatkozó korábbi adat. Pluhár et al. (2007) a *Thymus pannonicus* 6 magyarországi élőhelyén előforduló populációjában az illóolaj-komponensek és a talajjellemzők közötti összefüggéseket többváltozós korrelációanalízissel értékelve megállapította, hogy a timol% és a talaj humusz, N, K, Mn és Cd között pozitív korreláció mutatható ki, míg a S és Fe negatívan befolyásolta az α -pinén és a linalool arányát az illóolajban. Vaićević et al. (2017) szerint a talajban a S koncentrációjának emelkedése a linalool szint emelkedését okozta *T. pulegioides*-ben. Ezen eredményekkel saját adataink viszont nem korrelálnak, mivel Szomódon a talaj SO_4^{2-} tartalma 31 mg/kg-al magasabb volt, ennek ellenére Dörgicsén detektáltunk magasabb linalool értékeket.

Clark et Menary (1980) borsosmentában az 1,8-cineol fokozottabb termelődését és általában a redukáltabb komponensek felhalmozódását (pl. mentol) jegyezte le a hosszú nappalok és hűvös éjszakák körülményei között. Nogués et al. (2015) szerint a nem oxidált monoterpének termelődése rozmaringban inkább függ a fotoszintézis és „de novo” szintézis folyamatoktól, míg az oxidált monoterpének termelődését a raktározó helyről történő párologtatás szabályozza, amit az emelkedő hőmérséklet okoz. A hőmérséklet változása Novak et al. (2010) mérései alapján valószínűleg az enzimkinetikai tulajdonságokra gyakorol hatást, mert méréseik szerint két különböző szintáz enzim érzékenysége a hőmérsékletre eltérőnek bizonyult, ezzel módosítva a

timol és karvakrol arányát oregáno illóolajában. Minderre a levendula illóolaj komponensei esetében nem találtunk utalást.

5.2. Az összpolidenol-tartalomra és az össz antioxidáns kapacitásra vonatkozó eredmények értékelése

5.2.1. A genotípus hatása az összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékekre

Kísérletünkben egyértelműen bizonyítottuk a fajtahatást az összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás alakulásában. Más növényfajokban már több szerző kiemelte az intraspecifikus variabilitás jelentőségét a fenoloid akkumulációban (pl. Ismael et al., 2012; Alfaro et al., 2013; Reddivari et al., 2007). A valódi és hibrid levendulát illetően viszont kevés irodalmi adat áll rendelkezésünkre a témában. Adaszyńska-Skwirzyńska et Dziecioł (2017) *L. angustifolia* intraspecifikus taxonjainak vizsgálata alapján leírta, hogy a fenolos savak és flavonoidok alakulását befolyásolja a fajta. Különböző levendula fajok (*Lavandula coronopifolia*, *Lavandula multifida* és *Lavandula stoechas* subsp. *stoechas*) között is találtak szignifikáns különbséget az összes polifenol-tartalomban és antioxidáns kapacitásukban (Messaoud et al., 2012).

Minden termőhelyen tapasztaltuk a fajok összpolidenol-tartalom értékeinek fajtankénti változatosságát (40. táblázat). Az összes vizsgált levendula fajta közül a 'Grosso' fajtában detektáltuk a legmagasabb TPC és FRAP értékeket. A *L. angustifolia* fajták közül a 'Hidcote' rendelkezett a legmagasabb összes polifenol-tartalom értékkel és összes antioxidáns aktivitással, míg a 'Munstead' fajta képviseli a legkisebb értéket mindkét tulajdonságra vonatkozóan. A két levendula faj között szignifikáns különbséget fedeztünk fel mind antioxidáns kapacitás ($p < 0,0001$), mind összes polifenol-tartalom értékek tekintetében ($p < 0,0001$), egyértelműen a hibrid levendula javára, ami ellentmond Blažeković et al. (2010) kísérleti eredményeinek.

Számításaink alapján szignifikáns kölcsönhatás bizonyítható a fajta és a termőhely között: fajta*termőhely: TPC: $p < 0,001$; FRAP: $p < 0,001$. Munkánkban elsősorban a 'Grosso' fajta érzékeny leginkább a külső körülményekre, míg a 'Grappenhall' és a *L. angustifolia* 'Munstead' stabilabb e szempontból.

40. táblázat. A genotípus hatásának statisztikai értékelése az összes polifenol-tartalomra (TPC) és összes antioxidáns aktivitásra (FRAP) két termőhelyen (Dörgicse és Szomód).

Termőhely	Fajok	Fajták	Fajthatás statisztikai mutatói (p-érték)	
			TPC	FRAP
Dörgicse	<i>L. angustifolia</i>	'Hidcote'-'Munstead'	0,0020**	0,0050**
	<i>L. x intermedia</i>	'Grosso'-'Grappenhall'	0,0020**	0,0001**
		Összes fajta	0,0001**	0,0001**
Szomód	<i>L. angustifolia</i>	'Hidcote'-'Munstead'	0,0260*	0,1510
	<i>L. x intermedia</i>	'Grosso'-'Grappenhall'	0,0460*	0,2510
		Összes fajta	0,0001**	0,0001**

Jelmagyarázat: *p<0,05, **p<0,01

5.2.2. A fenofázis hatása az összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékekre

Kísérletünkben az egyedfejlődés hatása az összes polifenol tartalomra és az antioxidáns kapacitásra a valódi levendula esetében jelentkezett, és fajtánként eltérő tendenciát mutatott, ezzel szemben a hibrid levendula fajták fenolos vegyületeinek alakulására nem volt jelentős hatása. A TPC értékek esetében a faj és virágzási fázis tényezők kölcsönhatását statisztikailag is igazoltuk ($p<0,005$). Bizonyítottuk a virágzási fázis és a fajták kölcsönhatását ($p<0,001$) is, ugyanakkor határozott tendenciát a fejlődési fázisok tükrében egyik paraméter esetében sem tudtunk megadni.

Valódi és hibrid levenduláról szóló irodalmakat a témában nem találtunk, azonban néhány szerző más *Lamiaceae* családba tartozó faj esetében a fenolos vegyületekre is bizonyította az virágzási fázis szignifikáns hatását. McGimpsey et al. (1994) kakukkfűben a legmagasabb fenol koncentrációt teljes virágzás után mérte. Alizadeh et al. (2013) eredményei azt mutatták, hogy *Thymus daenensis subsp. daenensis* -ben a TPC magasabb teljes virágzásban, mint a bimbós fázisban. Farmati et al. (2012) *Lamiaceae* fajokat vizsgálva kijelentette, hogy a legmagasabb TPC értékeket a *Salvia officinalis*-ban a virágzás utáni periódusban mérték, míg a legmagasabb antioxidáns kapacitást a *Hyssopus officinalis* virágzás előtti stádiumban levő mintáiban.

A fentiek alapján úgy tűnik tehát, hogy a virágzási fázis valóban hatást gyakorolhat a polifenolok felhalmozódására illetve az antioxidáns kapacitás értékek alakulására. A hivatkozások egy része sajnos kevésbé vethető össze saját adatainkkal, hiszen a vizsgálatok eltérő ökológiai feltételek között történtek, de az bizonyítottnak látszik, hogy a faj és fajta hatása jelentős, a reakciók taxon specifikusak. Ez vizsgálatunkban is bizonyítást nyert (virágzási fázis*fajta kölcsönhatás:

$p < 0,001$). A pontos tendenciák megállapításához további vizsgálatok javasolhatók, lehetőleg a környezeti tényezők pontos monitorozása mellett.

5.2.3. A szervi diverzitás hatása az összes polifenol-tartalomra, az össz antioxidáns kapacitás értékekre

Kísérletünkben bizonyítottuk a szervi diverzitá hatását a fenolos és antioxidáns hatású vegyületek alakulására. Ez a hatás a hibrid levendula fajták esetében volt jelentős, a valódi levendulában viszont kevésbé. Megállapítottuk, hogy a nyári fővirágzásban minden esetben a virágzati részekben volt detektálható magasabb fenol koncentráció (a különbség 103,5-152,5 mg GSE/g sz.a.). Ezen állítás ellentmond Blažeković et al. (2010) tanulmányának, azonban egybecseng Nurzyńska-Wierdak et Zawislak (2016) kísérletével. Kırca et Arslan (2008) is különbséget írt le a *L. stoechas* növényi szerveinek TPC értékei között, mégpedig a levélmintákban volt magasabb a fenolok koncentrációja (virág: 56,7 mg GSE/g sz.a.; levél: 63,5 mg GSE/g sz.a.) További szerzők a valódi levendulában is ezt állapították meg (Adaszyńska-Skwirzyńska et Dziecioł, 2017; Yalcin et al., 2017).

Bár az őszi, másodvirágzás során gyűjtött mintáinkban a szervek közötti eltérések nem minden mintapárban nyilvánulnak meg szignifikánsan, ekkor a magasabb értékeket legtöbbször a levelek adták. Az általunk vizsgált fajták levelében az irodalmi adatokhoz képest nagyobb koncentrációban fordulnak elő a fenolos vegyületek, a *L. angustifolia* mintákban 59,1-253,2 mg GSE/g sz.a., a *L. × intermedia* esetében pedig 95,3- 308,6 mg GSE/g sz.a. Bouayed et al. (2007) *L. angustifolia* levelében csupán 16,2 mg GSE/g sz.a. összes fenol tartalmat detektált.

A fentiek alapján tehát az irodalmi adatok többsége a másodvirágzásban tapasztalt adatainkkal cseng össze. Eredményeink alapján feltételezhetjük, hogy a polifenolok mennyiségi alakulásának szervenkénti megoszlása függ az évszakok, illetve az időjárási tényezők változásától is. Ismert felvetés, hogy a növény védekezési mechanizmusa abban a növényi szervben aktív, ahol épp szükség van rá az évszagnak, a bioritmusnak megfelelően. Így az őszi, októberi időszakban, amikor ritka a virágzás (másodvirágzás), vélhetően a növény a vegetatív szerveit (leveleit) védelmezi inkább, a hideg téli periódusra való felkészülés, az áttelelés elősegítése érdekében (Parejo et al., 2001). A szervi eltérések tehát különösen fontosak lehetnek, amennyiben a jövőben a levendula fenoltartalma kerülne előtérbe a termékfejlesztésekhez.

5.2.4. Az évjárat, betakarítási idő és termőhely hatása az összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékekre

A Soroksáron végzett kísérletben (2018-2019) a minták begyűjtését megelőző periódust (áprilistól júniusig) 2019-ben nagyobb mennyiségű csapadék jellemezte (159,9 mm-rel), mint 2018-ban. Emellett a mintaszedést megelőző két hétben szintén több csapadékot detektáltunk 2019-ben mind a valódi (54,2 mm-rel), mind a hibrid levendula fajták esetében (32,5 mm-rel). Eredményeink szerint a kevésbé csapadékos 2018. évben volt magasabb mind az összpolicfenol, mind pedig az össz antioxidáns kapacitás értéke, ami összhangban van a rokon *Thymus vulgaris* esetében a szárazság stresszre adott válaszreakciókkal (Pluhár et al., 2015). Több más szerző is leírta a kerti kakukkfű és más xerofil *Lamiaceae* fajok esetében, hogy a fokozott polifenol, pl. rozmaringsav termelés a növények szárazságstressz reakciójaként értelmezhető (Trócsányi et al., 2015; Németh-Zámbori et al., 2016b; Radácsi et al., 2016). Sárosi és Bernáth (2008) eredményei szerint a *Thymus vulgaris* esetében mind az összes polifenol tartalom, mind pedig a FRAP módszerrel kimutatott antioxidáns kapacitás értékei szintén szignifikánsan magasabbak meleg, napos, száraz időjárás esetén.

Ezzel párhuzamosan ismertek azonban ellentétes eredmények is. Fella et al. (2018) közleménye szerint a levendulához hasonló környezeti igényű *Rosmarinus officinalis* összes polifenol-tartalmának ingadozása a külső környezeti tényezőktől függött, ezen belül is a csapadékosabb (humid) területen volt mérhető a legmagasabb TPC érték (114,10 mg GAE/g DW) a szárazabb területek adataihoz képest (szemiarid: 81,63 mg GAE/g DW; arid: 58,26 mg GAE/g DW). Sajnos ebben a vonatkozásban különösen zavaró, hogy a vízellátás mellett az egyes vizsgálatok metodikai körülményei nehezen vethetők össze egymással. Kísérletünk ezen részében kijelenthetjük, hogy a csapadék megoszlását a nyári időszakokban a levendula fenoloid vegyületeinek alakulására nem tudtuk igazolni.

Vizsgálataink alátámasztják továbbá, hogy a begyűjtés (évszakokhoz köthető) ideje is hatással van a polifenolok és antioxidáns hatású vegyületek koncentrációjára, összhangban néhány szerző korábbi megállapításával (pl. Brasileiro et al., 2015). A közlemények szerint több esetben még a cirkadián ritmus is befolyásol, azaz a napszakok szerinti gyűjtési időnek lehet szignifikáns hatása, pl. valódi levendulában (Yalcin et al., (2017).

Esetünkben a szignifikánsan magasabb értékek az októberi vágáskor voltak jellemzőek. Tekintve, hogy az októberi időszakban virágzáskor és az azt megelőző két hétben nagyobb csapadékmennyiséget mértünk (76,1 mm), mint a júniusi (10,4 mm) és júliusi ugyanezen periódusokban (19,8 mm), így a magasabb polifenol koncentrációnak magyarázata lehet az, hogy

a csapadékosabb, és egyben hűvösebb őszi klíma hatására a mediterrán eredetű levendula fajták stresszreakcióként több fenolos vegyületet halmoztak fel.

Az abiotikus hatások érvényesülése a fenoloidok akkumulációjára feltehetően még összetettebb folyamatok eredménye, mint azt az illó terpenoid komponensek esetében leírtuk. A „stressz” jelensége és jelentősége adott esetben több tényezőtől függ, ezért a korábbi publikációk is csak korlátozottan hasonlíthatók össze. A fenoloidok szintézisét az évjárat időjárási adottságai mellett a termőhely egyéb körülményei is befolyásolhatják, sőt fajonként, fajtánként eltérő lehet a hatás. Jelen munkánkban a TPC és FRAP értékek alakulásában az évjárat és a fajtahatás interakcióját statisztikailag bizonyítottuk (évjárat*fajtahatás: $p < 0,001$). Az egy éven belüli két évszakban történt betakarítási idő vonatkozásában a fajta és vágási idő kölcsönhatás csak a TPC értékek esetében igazolt (betakarítási idő*fajta: TPC: $p < 0,020$).

Kísérletünk bizonyítja a levendula fajták összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékeinek szignifikáns variabilitását a termőterületek szerint. A rokon fajok közül a rozmaring esetében Gird et al. (2017) is kiemeli a fenolos vegyületek drasztikus változékonyságát a földrajzi eredettől függően.

Eredményeink szerint érdekes módon -az illóolaj tartalom felhalmozódásával ellentétesen-, az összfenol és antioxidáns kapacitás hatású vegyületek a dörgicsei termőhelyen akkumulálódtak magasabb koncentrációban. Mivel ismert, a fenolos vegyületek termelődését stresszre válaszreakcióként hamarabb elindítja a növény, mert ezen vegyületek előállítása egyszerűbb a növényi szervezet számára, mint a monoterpének vagy szeszkviterpének produkciója (Goodger et al. 2013), ebben a vonatkozásban is érdemes megvizsgálni az esetleges stresszfaktorokat. Dörgicse talajában ugyan alacsonyabb a CaCO_3 tartalmat (6 m/m%-kal) továbbá magasabb makro és mikroelem értékeket (Mg 248 mg/kg-al, Na 78 mg/kg-al és Mn 188 mg/kg-al) (8. táblázat) mutattunk ki, mint a párhuzamos termőhelyen, de ezek stresszként való értékelése mélyreható további vizsgálatokat igényelne. Chrysargyris et al., (2016) kísérletében leírta, hogy magasabb, mint 200 mg/l N szint növelte az antioxidáns kapacitást *L. angustifolia*-ban. Adataink ezt a tényt nem támasztják alá, hiszen a N szintben nincs számottevő különbség a két termőterület között ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- \text{N}$: Szomód: 13, Dörgicse: 11 mg/kg), viszont a fenti szerzők közleményében található 200 mg/L N tartalom ettől nagyságrendileg eltér.

Kísérletünk bizonyítja, hogy van interakció a termőhelyi és a fajtahatás között: termőhely*fajta: TPC: $p < 0,001$; FRAP: $p < 0,001$, tehát a genotípus, mint más korábban vizsgált tényezők esetében, itt is befolyásolja a környezeti hatásokra adott választ.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A levendula fajok és fajták diverzitása:

Vizsgálatainkkal elsőként állapítottuk meg, hogy a *L. × intermedia* fajták között az illóolaj összetételében az intraspecifikus különbség jelentősebbnek bizonyult, mint a *L. angustifolia* fajták esetében. A tanulmányozott fajták közül a 'Maillette' és 'Grosso' linalool aránya kimagasló ('Maillette' Dörgicsén: 55,4 %, Soroksáron: 58,2 %; 'Grosso' Dörgicsén: 58,9 %), más tudományos munkában eddig még nem találtunk hasonlóan magas értékeket ezen fajták esetében.

A két faj összehasonlításával leírtuk, hogy a hibrid levendula szignifikánsan magasabb TPC és FRAP értékekkel rendelkezik, mint a valódi levendula (a hibrid levendula fajtái legnagyobb TPC értékei 27,7%-kal voltak magasabbak, mint a legkisebbek; FRAP értékeknél ez a különbség 30,7%; a valódi levendula fajták legnagyobb TPC értéke 55,5% -kal több mint a legkisebb; a legnagyobb FRAP érték 53,1%-kal nagyobb mint a legkisebb).

2. A környezet és a taxon kölcsönhatásai:

Elsőként igazoltuk, hogy a levendula faj és a fajta erős szignifikáns kölcsönhatásban van a termőhelyi viszonyokkal, a betakarítási idővel és az évjáráttal, azaz eltérő variabilitást, illetve stabilitást mutatnak a környezeti tényezők eltérései esetén. Megállapítottuk, hogy mindkét faj fajtái között előfordultak stabilabb, kevésbé variabilis taxonok ('Munstead' és 'Grappenhall') valamint az évjárat és a termőhelyi hatásra erősen reagáló fajták ('Beate', 'Grosso').

Az évjárat és a termőhely hatása a TPC és FRAP értékek tekintetében minden esetben megnyilvánult, míg az illóolaj tartalmat az évjárat hatása csak az egyik termőhelyen érintette.

Az évjárat hatása a két levendula faj közül erősebben befolyásolta a *L. × intermedia* faj illóolaj komponenseit, mint a *L. angustifolia* fajtát (például.: 1,8-cineol, linalool, kámfor, α -terpineol, linalil-acetát).

3. A fenofázis és a szervi összetétel hatása a levendula beltartalmi értékeire:

Elsőként bizonyítottuk be, hogy a virágzási fázis során a maximális illóolaj felhalmozódás időszaka illetve a gyógyszerkönyvnek/szabványnak megfelelő összetétel eltérően alakul a két fajban. A legmagasabb illóolaj tartalom eléréséhez a valódi levendula legoptimálisabb betakarítási ideje elvirágzott, míg a hibrid levenduláé a teljes virágzás időszaka. A valódi levendula fajták illóolajminőségét meghatározó linalil-acetát aránya a teljes észter százalékkal együtt az elvirágzással csökken, ezért e fajnál is ugyanúgy előnyösnek tekinthető a teljes virágzásban történő betakarítás is.

Igazoltuk, hogy az illóolaj jellemzőihez képest a virágzási fázis kevésbé befolyásolja a levendula fajták összes polifenol-tartalmát. A valódi levendula fajták között a legmagasabb TPC és FRAP értékek bimbós fázisban mérhetők, míg a hibrid esetében a legmagasabb TPC elvirágzott fázisban, a maximális antioxidáns kapacitás viszont teljes virágzás fázisában detektálható.

Kísérletünkben elsőként bizonyítottuk továbbá, hogy a szervi diverzitás hatása a fenolos és antioxidáns hatású vegyületek alakulására a hibrid levendula fajták esetében volt jelentős, a valódi levendulában viszont kevésbé. A virágzatok és a levelek felhalmozódási szintje azonban a vágási időszaktól is függ.

4. A beltartalmi paraméterek variabilitása:

Bizonyítottuk, hogy a levendula taxonok vizsgált beltartalmi tulajdonságai közül legstabilabb illóolaj komponensek a β -mircén, lavandulol, α -terpineol és geranil-acetát. Ezen illóolaj komponensek szignifikáns eltérése a fajta, az évjárat és a termőhely következtében minimális. Ezzel párhuzamosan a legtöbb szignifikáns eltérést mutató terpenoidok a linalool, terpinén-4-ol, és kariofillén-oxid.

A főkomponenseket (linalool, linalil-acetát) alapvetően a fajon belül a fajta és a fenofázis befolyásolta szignifikánsan. Emellett az évjárat és a termőhely is hatással volt az illóolajon belüli százalékos arányukra, de ezen változások leginkább a hibrid levendula fajták esetében mutatkoztak meg.

Az összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékek alakulására a levendulában a vizsgált faktorok közül a legfontosabb ható tényezők a genotípus (fajta), a szervi diverzitás, valamint az évjárat és a betakarítási idő voltak.

Gyakorlatban hasznosítható eredmények:

1. Jellemeztük a *L. angustifolia* 'Aromatico Silver', 'Budakalászi', 'Beate', 'Hidcote', 'Maillette' és 'Munstead', valamint a *L. x intermedia* 'Grosso', 'Grappenhall' és 'Judit' fajták hazai termőhelyi viszonyok közötti elérhető illóolaj-tartalmát és -minőségét, valamint összes polifenol-tartalmát és antioxidáns kapacitás értékeit. Feltártuk a drogminőséget leginkább befolyásoló tényezőket. Ennek alapján a termelők számára jól hasznosítható információk állnak rendelkezésre az optimális drogminőség elérését biztosító fajták, illetve technológia vonatkozásában.
2. Megállapítást nyert, hogy a vizsgált *L. angustifolia* fajták közül egyedül a 'Hidcote' dörgicsei állományának illóolaj összetétele felelt meg mindkét kísérleti évben a VIII. Magyar

Gyógyszerkönyv és a X. Európai Gyógyszerkönyv előírásainak, az α -terpineol érték kivételével. Továbbá megállapítottuk, hogy az illóolaj mennyisége Dörgicsén, minden vizsgált fajtában messze meghaladta a gyógyszerkönyvi cikkelyben a *Lavandulae flos* esetében előírt 1.3 ml/100 g szá. értéket..

3. Kísérleti eredményeink alapján a magyar termesztők figyelmébe ajánljuk a vizsgált fajták közül a *L. angustifolia* 'Hidcote' és a *L. × intermedia* 'Grosso' fajtákat. E két fajta az illóolajuk minőségéért, míg a 'Munstead' az illóolaj-tulajdonságainak stabilitásáért emelhető ki. Amennyiben magas összpolicenol tartalom a cél, az őszi, októberi betakarítást javasolhatjuk, a hibrid fajta, 'Grappenhall' leveléből (TPC: 311,7 mg GSE/g szá.), vagy a 'Grosso' virágzatából (FRAP: 287,7 mg ASE/g szá.). A nyári időszakban a *L. angustifolia* 'Budakalászi' zöld bimbós fázisa emelhető ki, magas összes policenol-tartalma miatt (TPC: 365,1 GSE/g szá.).

4. Kísérleteink bizonyítják, hogy a *L. × intermedia* faj illóolaj tulajdonságait illetően érzékenyebben reagál az abiotikus tényezőkre (évjáráthatás, termőhelyi hatás), mint a *L. angustifolia*. Emellett a genotípus (fajta) hatása az illó komponensekre, valamint a szervi diverzitás befolyása az összpolicenol-tartalomra és antioxidáns kapacitásra is jelentősebbnek bizonyult a hibrid levendula fajban.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A levendula első felhasználása évszázadokkal ezelőttre, az ókori görög és római korra tehető, azonban népszerűsége napjainkra sem csökkent. Mára e kedvelt gyógynövény termesztése és drogelőállítása szerte a világon elterjedt. Nyugtató szerként, görcsoldóként, és emésztést serkentőként történő hagyományos felhasználása mellett a gyógyszer-, parfüm-, kozmetikai-, és újabban az élelmiszeripar egyre növekvő igényei is indukálják a növényi drog előállítását. A magyarországi termesztők, illetve a fogyasztók között is felmerült az igény a jó minőségű, megbízható és hatékony illóolaj előállításra, ami magával hozza a megfelelő levendula fajták használatát, illetve a korszerű és fenntartható termesztési technológiák bevezetésének szükségességét. A levendulának azonban nem csak az illóolaja hasznosítható, hanem rendelkezik fenolos vegyületekkel is, melyek bizonyítottan antioxidáns hatásúak. Napjainkra a káros hatásokkal bíró mesterséges antioxidánsokat felváltják a gyógynövényekből kinyert természetes eredetű antioxidáns hatású vegyületek. A fenti megállapítások fényében fontos, hogy tisztában legyünk azzal, hogy ezen hatóanyagoknak -mind illékony, mind nem illékony vegyületeknek- a levendulán belüli felhalmozódását milyen endogén és exogén tényezők befolyásolhatják.

Ezért munkánkban célul tűztük ki, hogy megállapítsuk a valódi és hibrid levendula intraspecifikus és interspecifikus változékonyságát befolyásoló endogén és exogén tényezők hatásait, mind az illóolaj-tartalmára és -összetételére, mind az összes-polifenol és antioxidáns kapacitás értékeire vonatkoztatva. Kutatásunk során három termesztőterület bevonásával (Soroksár, Dörgicse és Szomód) és három termőév (2017-2019) nyomon követésével nyertünk adatokat. A dörgicsei és szomódi termesztők illetve a soroksári Kísérleti és Tangazdaság munkatársai segítségével hozzájutottunk a termőhelyek talajvizsgálati eredményeihez, valamint az Országos Meteorológiai Szolgálat jóvoltából csapadék adatokhoz is. Így lehetőségünk nyílt vizsgálni az évjárat és termőhely adottságait, mint exogén tényezőket. Mivel némely kísérleti évben a Magyarországon ritkaságnak számító másodvirágzásra is sor került, így lehetőség adódott a betakarítási idő hatásának elemzésére is a levendula összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékeire. A vizsgált tulajdonságoknak az endogén tényezőktől való függését, azaz a faj és a fajta hatását a két levendula faj 9 fajtájának (*L. angustifolia*: 'Aromatico Silver', 'Beate', 'Budakalászi', 'Hidcote', 'Maillette', 'Munstead', *L. × intermedia*: 'Grappenhall', 'Grosso', 'Judit') vizsgálatba vonásával értékeltük. A virágzási fázisok hatását 4 fenológiai stádium (zöld- és lilabimbós, teljes virágzás, elvirágzott) elemzésével, míg a szervi megoszlás szerepét a virágzat és a levél összehasonlításával kívántuk megállapítani. Mindezek mellett az egyes tényezők kölcsönhatásának megállapítására is lehetőség nyílt.

Eredményeink alapján a *L. angustifolia* és *L. × intermedia* interspecifikus variabilitása a vizsgált paraméterek jelentős részében megmutatkozott. Illóolaj-tartalom szempontjából mind a két faj ($p < 0,0001$), mind a fajták között ($p < 0,0001$) szignifikáns különbséget detektáltunk. Azonban érdemesnek tartjuk kiemelni, hogy az egyes illóolaj tulajdonságoknál nem azonos mértékben érvényesült a fajta hatása. Fontos megállapítás, hogy nem minden fajta mutat nagyfokú változékonyságot termőhelytől, évjáráttól függően: az illóolaj tartalom az 'Aromatico Silver', Maillette' és 'Munstead' esetében nem változott szignifikánsan a különböző mintákban, tehát ezen fajták stabilitása kedvezőbb. A legmagasabb illóolaj tartalmat egy valódi levendula fajta, a 'Budakalászi' képviselte (8,2 ml/100g), amely kísérletünkben meghaladta a hibrid levendula fajták illóolaj tartalmát is (max.: 'Grosso': 7,7 ml/100g). Egyedül a *L. angustifolia* 'Hidcote' dörögicsei állományának illóolaj összetétele felelt meg mindkét kísérleti évben a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv és a X. Európai Gyógyszerkönyv előírásainak, az α -terpineol érték kivételével. Az illóolaj összetételét tekintve is mindkét fajra jellemző a fajtahatás szignifikáns megnyilvánulása, mely azonban a két faj közül a hibrid levendula fajtákat jelentősebben érintette. A vizsgált beltartalmi paraméterek közül egyedül a *L. × intermedia* faj antioxidáns kapacitás értékeit nem befolyásolta 2017-ben szignifikánsan a fajta. A hibrid levendula fajták magasabb TPC és FRAP értékekkel rendelkeztek, mint a valódi levendula fajták. A legerősebb antioxidáns aktivitást a 'Grappenhall' virágzati részeiben detektáltunk (204,7 mg ASE/g sz. a.).

Méréseink szerint a virágzás során jellemző szignifikáns eltérések tapasztalhatók az illóolajtartalom és -összetétel alakulásában. Megállapítottuk, hogy a legmagasabb illóolaj akkumuláció és legkedvezőbb összetétel szempontjából a valódi és hibrid levendula betakarítási időszaka más-más virágzási fázisra tehető. A *L. angustifolia* elvirágzott fázisban, míg a *L. × intermedia* teljes virágzásban mutatta a legmagasabb illóolaj tartalmat és linalool %-ot. Az illókomponensekre a virágzási fázis hatása tehát fajra jellemzően érvényesült. A polifenolok felhalmozódásában azonban a fenofázisnak kevésbé volt szerepe. Kísérletünkben jellemzően előfordultak olyan stabilabb fajták ('Munstead', 'Grappenhall') mindkét fajból, melyek összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékei nem változtak szignifikánsan a virágzási fázis alakulására. A fajta és a virágzási fázis tényezők kölcsönhatása statisztikailag igazolható (virágzási fázis*fajta kölcsönhatás: $p < 0,001$).

A levendula fajok virágzati és levélrészei között is tapasztalható eltérés a beltartalmi anyagaik vonatkozásában. Szignifikáns eltérést döntően a *L. × intermedia* fajták TPC és FRAP értékei esetében írtunk le. A növényi szervek TPC és FRAP értékeinek különbsége azonban évszakokhoz is erősen köthető volt a kísérletünkben, ugyanis a nyári vágás során rendre a virágzati mintákban

('Grappenhall': TPC: virág: 140,8 mg GSE/g sz.a.; levél: 126,8 mg GSE/g sz.a.; FRAP: virág: 150,3 mg ASE/g sz.a.; levél: 127,5 mg ASE/g sz.a.), míg az őszi vágáskor a levél mintákban tapasztaltuk a szignifikánsan magasabb értékeket ('Grappenhall': TPC: virág 244,3 mg GSE/g sz.a.; levél: 311,7 mg GSE/g sz.a.; FRAP: virág: 140,6 mg ASE/g sz.a.; levél: 196,7 mg ASE/g sz.a.).

Az évjárat hatása a soroksári kísérletünkben szignifikánsan befolyásolta mindkét levendula faj illóolaj tartalmát (*L. angustifolia* fajták: 'Budakalászi': $p < 0,018$; 'Munstead': $p < 0,0001$; 'Maillette': $p < 0,0001$; *L. × intermedia* fajták: 'Grappenhall': $p < 0,034$; 'Judit': $p < 0,004$). Kísérleteink eredményei és korábbi irodalmi adatok elemzése alapján megállapítottuk, hogy a csapadék mennyisége és a levendula illóolaj tartalma között negatív korreláció feltételezhető. Az illó komponensek tekintetében mindkét fajra jellemző az évek közötti szignifikáns eltérés, a *L. × intermedia* faj esetében több komponensnél (pl.: 1,8-cineol, linalool, kámfor, α -terpineol, linalil-acetát) kimutattuk az évjárat hatását. Megállapítottuk, hogy az évjárat időjárása, ezen belül a csapadék mennyisége és eloszlása jelentősebb hatással van az illóolaj tartalmára, mint az illóolaj összetételére, ami több irodalmi utalással egybecseng. Az exogén hatások, köztük az évjáráthatás érvényesülése a fenoloidok akkumulációjára szintén mindkét levendula faj esetében jelentkezett. Jelen munkánkban bizonyítottuk a TPC és FRAP értékek alakulásában az évjárat és a fajtahatás interakcióját is (évjárat*fajtahatás: $p < 0,001$). Az összes polifenol-tartalom értékek vonatkozásában a két kísérleti év közötti legnagyobb különbséget a 'Judit' hibrid fajtában mértük (134,1 mg GSE/g sz.a.), míg a két év közötti legkisebb különbséget a 'Budakalászi' képviselte (26,9 mg GSE/g sz.a.).

Az egy éven belüli eltérő betakarítási idő (nyári, ill. őszi) hatásának értékelésekor megállapítottuk, hogy minden fajta esetében szignifikáns eltérés igazolható a virágzatok beltartalmi mutatói (TPC, FRAP) között, a 'Grappenhall' hibrid levendula fajta kivételével. Minden szignifikánsan eltérő esetben az őszi vágás mintái rendelkeztek magasabb értékekkel. Korábbi irodalmi adatokra támaszkodva feltételezzük, hogy a magasabb őszi értékek a mediterrán eredetű levendulánál a magasabb csapadékmennyiséggel, és hűvösebb őszi klímával -mint stresszválasz- függhetnek össze. A betakarítási idő hatása a TPC értékek alakulásában -hasonlóan az évjáráthatáshoz- más-más mértékben jelentkezik az egyes fajokban és fajtákban (betakarítási idő*fajta: TPC: $p < 0,020$).

Kísérleteink alapján megállapítottuk, hogy a levendula fajták között a termőhelyi hatás tekintetében is különbségek vannak. Így a 'Munstead' valódi levendula fajta illóolajtartalma eltérő termőhelyeken csak kisebb ingadozásokat mutattak (**2017**: Dörgicse: $3,6 \pm 0,3$ ml/100g, Szomód: $3,6 \pm 0,5$ ml/100g; **2018**: Dörgicse: $3,0 \pm 0,3$ ml/100g, Szomód $3,2 \pm 0,3$ ml/100g), míg a *L. ×*

intermedia 'Grappenhall' illóolaj felhalmozódásában mindkét kísérleti évben szignifikáns eltéréseket mutattunk ki (**2017:** Dörgicse: $5,2 \pm 0,2$ ml/100g, Szomód: $7,3 \pm 0,2$ ml/100g; **2018:** Dörgicse: $4,4 \pm 0,6$ ml/100g, Szomód: $7,5 \pm 0,7$ ml/100g). Míg a 'Grosso' illóolaj tartalma nem változott jelentősen a termőhelyek szerint, addig e fajta illó komponenseinek minőségi összetétele a legnagyobb mértékű variabilitást adta: mindkét évben, minden vizsgált komponens szignifikánsan eltért. Ahol az illó komponensek felhalmozódásában szignifikáns különbséget kaptunk, ott a szomódi területen volt magasabb az illóolaj tartalom, amit összefüggésbe hoztunk e termőhely virágzást megelőző szárazabb kondícióival valamint a két termőhely közötti talajadottság-beli különbséggel. A két fajt összevetve, a *L. × intermedia* fajtáinak illó komponenseit jelentősebben érintette a termőhelyi hatás.

Az összes polifenol-tartalom értékek is szignifikáns változékonyságot mutattak mindkét faj fajtái esetében a termőhelyi hatásnak megfelelően, azonban az antioxidáns kapacitás értékek esetében ez kevésbé érvényesült, kivéve a *L. × intermedia* 'Grosso' fajtát ($p < 0,0001$). Az illóolaj tartalommal ellentétben az összes polifenol-tartalom a dörgicsei termőhelyen volt magasabb. Emellett megállapítottuk, hogy munkánkban az összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékek alakulásában a termőhelyi és a fajtahatás interakciója statisztikailag igazolható volt (termőhely*fajta: TPC: $p < 0,001$; FRAP: $p < 0,001$), ugyanúgy, mint a korábban vizsgált tényezők esetében is.

Kísérleteinkben tehát széleskörűen jellemeztük a Magyarországon elérhető levendula fajokat és fajtákat illóolaj tulajdonságaik és fenoloid vegyületeinek felhalmozódása szempontjából. Fontos különbségeket emeltünk ki a két levendula faj vizsgált beltartalmi anyagainak alakulásában a különböző endogén és exogén tényezők hatására. A gyakorlatban hasznosítható információt biztosítottunk az optimális drogminőség elérését biztosító fajták, illetve technológia vonatkozásában. A környezeti faktorok hatásának szélesebb körű vizsgálatát, -azok komplexitása miatt-, javasoljuk folytatni és kiegészíteni több tényezővel (több termőév, napsütéses órák száma, hőmérséklet).

SUMMARY

The first use of lavender dates back to centuries before, to the Greek and Romanic era, however, the popularity of this odorous plant is still rising. Nowadays, the cultivation of this popular medicinal plant is spread all over the world. Not only its traditional use as sedative, antispasmodic or digestive, but also the demand of pharmaceutical-, cosmetics-, perfumery- and food industries may promote an increase in herbal drug production. There is a demand from the side of growers

and consumers of Hungary for an up-to-date and sustainable method of production to achieve good essential oil quality. This should be based on appropriate lavender cultivars and adequate cultivation technology. However, the essential oil is not the only active substance of the plant, lavender possess non-volatile phenolic compounds as well with proved antioxidant activity. In our days, the harmful synthetic antioxidants should be replaced with natural compounds isolated from medicinal plants. Regarding the recent findings, it is important to be aware of these volatile and non-volatile compounds, and the endogenous and exogenous factors, which may influence the accumulation of the required substances in lavender.

Thus, the aim of our work was to evaluate the effect of endogenous and exogenous factors on interspecific and intraspecific variability of lavender (*L. angustifolia*) and lavandin (*L. × intermedia*). In our experiments we focused on the changes of essential oil content and composition, as well as on total phenol content (TPC) and antioxidant capacity (FRAP) values. Regarding endogenous factors, such as species and cultivars, our research involved altogether 2 lavender species and 9 cultivars (*L. angustifolia*: 'Aromatico Silver', 'Beate', 'Budakalászi', 'Hidcote', 'Maillette', 'Munstead', *L. × intermedia*: 'Grappenhall', 'Grosso', 'Judit'). In order to evaluate the ontogenetic changes through the development of generative organs, we collected the samples from green bud, purple bud, full bloom and overbloom phases. To determine the accumulation tendencies of the active substances in different plant organs, flower and leaf samples of lavender varieties were also collected.

Our research was conducted in three model growing site (Soroksár, Dörgicse and Szomód), during three vegetation years (2017-2019). Due to the kind contribution of the growers from the growing regions and the colleagues from the experimental field of Soroksár, we obtained the characteristic soil parameters of the experimental sites, while the National Meteorology Service provided the precipitation data. Thus, we were able to evaluate the complex effects of growth year and growth area, as abiotic factors. In 2017, the appearance of second flowering -which is very scarce in Hungary- allowed us to investigate the effect the harvest time on the TPC and FRAP values of lavender. We were also aimed to determine the possible interactions between the studied factors.

According to our results, high intraspecific variability of *L. angustifolia* and *L. × intermedia* was detected in most of the examined parameters. Regarding the essential oil content, significant differences were detected between *Lavandula* species ($p < 0.0001$), and among cultivars ($p < 0.0001$), either. However, it is worth to underline, that the differences among genotypes (cultivars) on the essential oil properties were not universally detected. It is an important observation, that not all of the cultivars showed significant differences from the others and the

differences were influenced also by the growth years and/or the growth area. Especially the essential oil contents of the varieties 'Aromatico Silver', Maillette' and 'Munstead' showed high stability. *L. angustifolia* 'Budakalászi' accumulated the highest concentration of essential oil (8.2 mL/100g), which exceeded even those of the maximum values of *L. × intermedia* ('Grosso': 7.7 mL/100g). Only the essential oil quality of 'Hidcote' from Dörögse met the requirements of the Pharmacopoea Hungarica VIII. edition and European Pharmacopoeia X., except for one component, α -terpineole. With regard to the essential oil composition, significant variability was also detected at both of the lavender species. However, the effect of genotype (cultivar) was more significant among the *L. × intermedia* varieties. Unlike the volatile components, intraspecific variability of the antioxidant capacity values of *L. × intermedia* cultivars was not so significant. The *L. × intermedia* cultivars possessed higher TPC and FRAP values than those of *L. angustifolia*. The highest antioxidant capacity values were measured in the flower parts of 'Grappenhall' (2018: 204.7 mg AAE/g DW).

The effect of flower development phases on essential oil properties was also detected in lavender species. Regarding the highest essential oil content and linalool percentages, the appropriate time to harvest *L. angustifolia* cultivars could be in the end of flowering phase, while in the case of *L. × intermedia* cultivars it is in the full flowering phase. The effect of flower development on the essential oil composition was characteristic at both species. However, the role of flower development was not significant considering the phenolic accumulation. It was also found that certain cultivars, belonging both species ('Munstead', 'Grappenhall'), have not shown significant differences according to the flower development. In our investigations we could statistically prove the interaction between the effects of genotype and flower development (flower development*genotype interaction: $p < 0.001$).

Regarding the flower and leaf parts of the lavender cultivars, there were also considerable changes in active substances. TPC and FRAP values at most of the *L. × intermedia* cultivars changed significantly, owing to the effect of plant organs. This phenomenon could be considered as a result of seasonal effects, as the highest values of TPC and FRAP were observed in the flower samples in summer ('Grappenhall': TPC: flower: 140.8 mg GAE/g DW.; leaf: 126.8 mg GAE/g DW; FRAP: flower: 150.3 mg AAE/g DW, leaf: 127.5 mg AAE/g DW), while in the leaves in the autumn period ('Grappenhall': TPC: flower 244.3 mg GAE/g DW; leaf: 311.7 mg GAE/g DW; FRAP: flower: 140.6 mg AAE/g DW; leaf: 196.7 mg AAE/g DW).

In the experiment carried out in Soroksár in 2018 and 2019, the essential oil content of the lavender species changed significantly in most cases, due to the effect of growth year (*L.*

angustifolia cultivars: 'Budakalászi': $p < 0.018$; 'Munstead': $p < 0.0001$; 'Maillette': $p < 0.0001$; *L. × intermedia* cultivars: 'Grappenhall': $p < 0.034$; 'Judit': $p < 0.004$). According to the analysis of the precipitation values of the experimental sites and data of the previous literature, we supposed a negative correlation between the amount of precipitation and the essential oil content. In the case of both lavender species, the essential oil components have also changed significantly by the growth years, however, more components of the hybrid lavender cultivars were concerned (e. g. 1.8-cineole, linalool, camphor, α -terpineol, linalyl acetate). We found that the effect of growth year, including the amount and distribution of precipitation was more significant in the case of essential oil content than on the essential oil compounds, which is in accordance with the previous literatures. The growth year as exogenous factor also affected the accumulation of phenoloids in both *Lavandula* species. Between the two growth years the highest difference in TPC values was measured in *L. × intermedia* 'Judit' (134.1 mg GAE/g DW), while the lowest difference between the two years was detected in 'Budakalászi' (26.9 mg GAE/g DW). The interactions of the growth year and genotype (cultivar) on the TPC and FRAP values of the lavender (growth year*genotype interaction: $p < 0.001$) were also proven statistically.

Regarding different harvest periods of the same growth year (2017), TPC and FRAP values of all the lavender cultivars changed significantly, with the exception of 'Grappenhall' lavandin cultivar. The highest values were found in the course of the autumn harvest, in all those cases where the differences were significant. In accordance with the previous literature data, we supposed that higher TPC and FRAP values in the autumn periods with higher amount of precipitation and lower temperature by autumn can be considered as a stress reaction of the xerophyte lavender species of Mediterranean origin. We found that the effects of harvest time on TPC and FRAP values were less markant than the effect of growth year. Thus, we also statistically proved the interaction between the effect of harvest time and the genotype, but only in the case of the TPC values (harvest time*genotype interaction for TPC: $p < 0.020$).

According to our results, significant differences were found among lavender cultivars, due to the effect of growing site. Essential oil data obtained at 'Munstead' showed less fluctuation between different growth areas (Dörgicse-Szomód 2017: 3.6 ± 0.3 - 3.6 ± 0.5 mL/100g; 2018: 3.0 ± 0.3 - 3.2 ± 0.3 mL/100g), while 'Grappenhall' was more variable in both experimental years (Dörgicse-Szomód 2017: 5.2 ± 0.2 - 7.3 ± 0.2 mL/100g; 2018: 4.4 ± 0.6 - 7.5 ± 0.7 mL/100g). Although the essential oil content values of 'Grosso' did not change significantly by the growth area, the percentage composition of the essential oil of this cultivar showed the highest variability. At the latter cultivar

all the investigated compounds ratios (%) altered significantly, which phenomenon was proven in both experimental years (2017, 2018), either.

In our experiment, the essential oil content values in *Lavandula* samples originating from Szomód were significantly higher than those of Dörgicse. It is supposed that the background of this finding may be traced back to the differences in the amount of precipitation before flowering period and the differences in soil characteristics. It was also observed that the composition of the essential oil of *L. × intermedia* cultivars varied in a wider range, than that of *L. angustifolia* varieties. The total phenolic content values were also significantly affected by the growing site in the cultivars of both species. However, there were no considerable difference concerning the antioxidant capacity, except for ‘Grosso’ lavandin cultivar ($p < 0.0001$). In contrary to the essential oil content values, the TPC data were higher at Dörgicse. Besides, interaction between growth area and genotype was also statistically verified in the case of TPC and FRAP values (growth area*genotype (cultivar) interaction: TPC: $p < 0.001$; FRAP: $p < 0.001$), as in our previous investigations concerning the effects of other factors.

In our studies, *Lavandula* species and cultivars available in Hungary were characterized in detail concerning factors influencing the accumulation of their volatile and phenolic compounds. Considerable differences were demonstrated between both *Lavandula* species involved, in the variability of active substances as the consequences of endogenous and exogenous factors. Practice-oriented information was also presented to the growers about cultivars providing adequate quantity and quality as well as on growing conditions affecting the level of active compounds during cultivation. The 3 years’ experiment is suggested to be continued in the future with studying further growth years and weather factors such as temperature and sunshine hours.

MELLÉKLETEK

M1. Irodalomjegyzék

1. Aboukhalid K., Al Faiz C., Douaik A., Bakha M., Kursi K., Agacka-Mołodoch M., Manchon N., Tomi F., Lamiri A., 2017. Influence of environmental factors on essential oil variability in *Origanum compactum* Benth. growing wild in Morocco. Chem. Biodiv. 14: 9. e1700158. DOI: 10.1002/cbdv.201700158.
2. Adal A. M., Demissie Z. A., Mahmoud S. S., 2015. Identification, validation and cross-species transferability of novel *Lavandula* EST-SSRs, Planta, 241, 987–1004, DOI 10.1007/s00425-014-2226-8.
3. Adams, R.P., 2007. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th Edition. Carol Stream, Ill: Allured Pub Corp, ISBN 0-931710-85-5, J. Am. Soc. Mass Spectrom. 16:11. 1902–1903.
4. Adaszyńska-Skwirzyńska M., et Dziecioł M., 2017. Comparison of phenolic acids and flavonoids contents in various cultivars and parts of common lavender (*Lavandula angustifolia*) derived from Poland. Nat. Prod. Res. 31: 21. 2575-2580. DOI: 10.1080/14786419.2017.1320792.
5. Ait-Ouazzou A., Cherrat L., Espina L., Lorán S., Rota C., Pagán R., 2011. The antimicrobial activity of hydrophobic essential oil constituents acting alone or in combined processes of food preservation. Innov. Food Sci. & Emerg. Technol. 12, 320-329.
6. Alfaro S., Mutis A., Palma R., Quiroz A., Seguel I., Scheuermann E., 2013. Influence of genotype and harvest year on polyphenol content and antioxidant activity in murtilla (*Ugni molinae* Turcz) fruit. J Soil Sci. Plant Nutr. 13: 1. 67-78.
7. Alizadeh A., Alizadeh O., Amari G., Zare M., 2013. Essential oil composition, total phenolic content, antioxidant activity and antifungal properties of Iranian *Thymus daenensis subsp. daenensis* Celak. as influenced by ontogenetical variation. J. Essent. Oil Bear. Plants. TEOP 16: 1. 59-70. DOI: 10.1080/0972060X.2013.764190.
8. Andrys D., et Kulpa D., 2016. *Lavandula* spp. essential oils-its use, composition and genetic basic of production, Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric. Aliment. Pisc. Zootech. 328. 39: 3. 7–22.
9. Andrys D., Kulpa D., Grzeszczuk M., Bihun M., Dobrowolska A., 2017. Antioxidant and antimicrobial activities of *Lavandula angustifolia* Mill. field-grown and propagated in vitro. Folia Hort. 159-178. doi: 10.1515/fhort-2017-0016.
10. Arctander S., 1960. Perfume and flavor materials of natural origin. Elizabeth. NJ. USA. ISBN-13: 978-0931710360.

11. Arimura G., Huber D. P., Bohlmann J., 2004. Forest tent caterpillars (*Malacosoma disstria*) induce local and systemic diurnal emissions of terpenoid volatiles in hybrid poplar (*Populus trichocarpa* × *deltoides*): CDNA cloning, functional characterization, and patterns of gene expression of (-)-germacrene D synthase, PtdTPS1. *The Plant J.: For Cell and Mol. Biol.* 37: 603-616.
12. Arraiza, M. P., Andrés M. P., Arrabal, C., López, J. V., 2009. Seasonal Variation of essential oil yield and composition of thyme (*Thymus vulgaris* L.) grown in Castilla -La Mancha (Central Spain). *J. Essent. Oil Res.* 21: 4. DOI: 10.1080/10412905.2009.9700192.
13. Banai V. 2005. Gyógynövény- és drogismeret. Budapest. Műszaki Könyvkiadó. p. 62-63.
14. Baratta M. T., Dorman H. J. D., Deans S. G., Figueiredo A. C., Barroso J. G., Ruberto G., 1998. Antimicrobial and antioxidant properties of some commercial essential oils. *Flav.Fragr. J.* 13. 235-244.
15. Baydar H., et Erbas S., 2009. Effects of harvest time and drying temperature on essential oil content and composition in lavandin (*Lavandula* × *intermedia* Emerice x Loisel.). *Turk. J. Field Crops.* 13: 1. 23-31.
16. Benzie I. F. F., et Strain J. J. (1996): The ferric reducing ability of őlasma (FRAP) as a measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay, *Analytical Biochemistry.* 239: 70–76.
17. Bernáth J., 2013. *Lavandula* spp. In: Vadon termő és termesztett gyógynövények, Mezőgazda kiadó, Budapest, ISBN 978-963-286-674-1, 320-324.
18. Bient L., Binet P., Micque M., Roux M., Bernier A., 1972. Recherches sur le propriétés pharmacodynamiques (action sedative et action spasmolytique) de quelques alcools terpéniques aliphatiques. *Ann. Pharm. Franc.* 30: 9. 611-616.
19. Blažeković B., Vladimir-Knežević S., Brantner A., Štefan B. M., 2010. Evaluation of antioxidant potential of *Lavandula* × *intermedia* Emeric ex Loisel. 'Budrovka': a comparative study with *L. angustifolia* Mill. *Mol.* 15: 5971-5987. doi:10.3390/molecules15095971.
20. Blažeković B., Yang W., Wang Y., Li C., Kindl M., Pepeljnjak S., Vladimir-Kneževića S., 2018. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of essential oils of *Lavandula* × *intermedia* 'Budrovka' and *L. angustifolia* cultivated in Croatia, *Ind. Crops and Prod.* 123: 173–182.
21. Boeckelmann A., 2008. Monoterpene production and regulation in lavenders (*Lavandula angustifolia* and *Lavandula* × *intermedia*). University of British Columbia, Okanagan, (MSc thesis).
22. Boelens M. H., 1986. The essential oil of spike Lavender *Lavandula latifolia* Vill. (*L. spica* DC). *Perf. Flav.* 11. 43–63.

23. Boelens M. H., 1995. Chemical and sensory evaluation of *Lavandula* oils. *Perf. Flav.* 20: 23-51.
24. Boros Á., 1968. A levendula, *Lavandula angustifolia* Mill. Magyarország Kulturflórája. Akadémiai Kiadó. Budapest.
25. Borzak C. L., Potts B. M., Davies N. W., O'Reilly-Wapstra J. M. 2015. Population divergence in the ontogenetic trajectories of foliar terpenes of *Eucalyptus* species. *Ann. Bot.* 115:1. 159-170. DOI: 10.1093/aob/mcu222.
26. Bouayed J., Piri K., Rammal H., Dicko A., Desor F., Younos C., Soulimani R., 2007. Comparative evaluation of the antioxidant potential of some Iranian medicinal plants. *Food Chem.* 104: 1. 364-368. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.11.069.
27. Böszörményi A., 2018. Valódi levendula – az év gyógynövénye 2018-ban. *Gyógyszerészet* 62. 522-531.
28. Brasileiro B. G., Leite J. P. V., Casali V. W. D., Pizziolo V. R., Coelho O. G. L., 2015. The influence of planting and harvesting times on the total phenolic content and antioxidant activity of *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd. *Maringá.* 37: 2. 249-255. DOI: 10.4025/actasciagron.v37i2.19130.
29. Burillo Alquézar J. (Ed.). 2003. Investigación y experimentación de plantas aromáticas en Aragón. Cultivo, transformación y analítica. Zaragoza: Gobierno de Aragón. 262 páginas. ISBN: 84-688-2583-2.
30. Cantor M., Vlas N., Szekely-Varga ZS., Jucan D., Zaharia A., 2018. The influence of distillation time and the flowering phenophase on quantity and quality of the essential oil of *Lavandula angustifolia* cv. 'Codreanca', Romanian Biotechnol. Lett. 23.
31. Castle J., et Lis-Balchin M., 2002. History of usage of *Lavandula* species. In: Lis-Balchin, M. (szerk.). *Lavender: The Genus Lavandula*. London. Taylor and Francis. p. 35-46. ISBN: 0-415-28486-4.
32. Carrasco A., Tomas V., Tudela J., Miguel M. G., 2016, Comparative study of GC-MS characterization antioxidant activity and hyaluronidase inhibition of different species of *Lavandula* and *Thymus* essential oils, *Flav. Fragr. J.* 31, 57–69.
33. Ceylan Y., Ustab K., Ustab A., Maltasc E., Yildiz S., 2015. Evaluation of antioxidant activity, phytochemicals and ESR analysis of *Lavandula Stoechas*. *Acta Physiol. Pol A.* (128)2-B. DOI: 10.12693/APhysPolA.128.B-483.
34. Charles, D. J., Renaud, E. N., Simon, J. E., 2002. Comparative study of essential oil quantity and composition from ten cultivars of organically grown lavender and lavandin. In M. Lis-

- Balchin, The genus *Lavandula*, Medicinal and Aromatic Plants, Industrial Profiles, 29: 232-242.
35. Charlesworth S., 2002. The retail lavender nursery. In: Lis-Balchin, M. (szerk.). Lavender: The Genus *Lavandula*. London. Taylor and Francis. 67-75. ISBN: 0-415-28486-4.
 36. Chatzopoulou P.S., Goliaris A.H. Katsiotis S.T., 2003. Contribution to the analysis of the volatile constituents from some lavender and lavandin cultivars grown in Greece. *Sci. Pharm.*, 71: 229–234.
 37. Chien LW., Cheng SL., Liu CF., 2012. The effect of lavender aromatherapy on autonomic nervous system in midlife women with insomnia. *Evid-Based Complem. Altern. Med.* 1-8.
 38. Chrysargyris A., Panayiotou C., Tzortzakis N., 2016. Nitrogen and phosphorus levels affected plant growth, essential oil composition and antioxidant status of lavender plant (*Lavandula angustifolia* Mill.), *Ind. Crops Prod.* 83: 577–586.
 39. Chrysargyris A., Drouza C., Tzortzakis N., 2017. Optimization of potassium fertilization/nutrition for growth, physiological development, essential oil composition and antioxidant activity of *Lavandula angustifolia* Mill. *J. Sci.Plant Nutr.* 17: 2. 291-306.
 40. Chrysargyris A., Michailidi E., Tzortzakis N., 2018. Physiological and biochemical responses of *Lavandula angustifolia* to salinity under mineral foliar application. *Front. Plant Sci.* DOI: 10.3389/fpls.2018.00489.
 41. Ciocarlan A., Lupascu L., Aricu A., Dragalin I., Popascu V., Geana E-I., Ionete R. E., Vornicu N., Dulie O., Hristozova G., Zinicovscaia I., 2021. Chemical composition and assessment of antimicrobial activity of lavender essential oil and some by-products. *Plants.* 10: 9. 1892. DOI: 10.3390/plants10091829.
 42. Clark R. J., et Menary R. C., 1980. Environmental effects on peppermint (*M. piperita* L) Effect of day length, photon flux density, night and day temperature on yield and composition of peppermint oil. *Austral. J. Plant Physiol.* 7: 6. 685-692. ISSN: 0310-7841.
 43. Cordovilla M. P., Bueno M., Aparicio C., Urrestarazu M., 2014. Effects of salinity and the interaction between *Thymus vulgaris* and *Lavandula angustifolia* on growth, ethylene production and essential oil contents. *J. Plant N.* 37: 875–888.
 44. Cristea S., et Boros-Iacob G., 2017. Culture of Lavender: Investment for Health, Beauty and Food. *Risk in Contemporary Economy.* 1: 347-356.
 45. Crocoll, C., Ashbach, J., Novak, J., Gershenzon, J. Degenhardt, J. 2010. Terpene synthases of oregano (*Origanum vulgare* L.) and their roles in the pathway and regulation of terpene biosynthesis. *Plant Mol. Biol.* 73: 587-603. DOI: 10.1007/s11103-010-9636-1.

46. Croteau R. et Karp F., 1979. Biosynthesis of monoterpenes: Hydrolysis of bornyl pyrophosphate, an essential step in camphor biosynthesis, and hydrolysis of geranyl pyrophosphate, the acyclic precursor of camphor, by enzymes from sage (*Salvia officinalis*). Arch. Biochem. Biophys. 198: 2. 523-532. DOI: 10.1016/0003-9861(79)90527-7.
47. Cu J. Q., 1988. Yunnan – the kingdom of essential oil plants. In: B M. Lawrence, B. D. Mookerjee and B. J. Willis (eds), Flavors and Fragrances, Proceedings of the 10th International Congress of Essential Oils, Amsterdam, pp. 231-241.
48. Dadalioglu I., et Evrendilek GA., 2004. Chemical compositions and antibacterial effects of essential oils of Turkish oregano (*Origanum minutiflorum*), bay laurel (*Laurus nobilis*), Spanish lavender (*Lavandula stoechas* L.), and fennel (*Foeniculum vulgare*) on common foodborne pathogens. J. Agr. Food Chem.. 52. 8255-8260.
49. Darbre P.D., Aljarrah A., Miller W.R., Coldham N.G., Sauer M.J., Pope, M.G., 2004. Concentrations of parabens in human breast tumours. J. Appl. Toxicol. 24: 5-13. doi: 10.1002/jat.958.
50. Delfine S., Loreto F., Pinelli P., Tognetti R., Alvino A., 2005. Isoprenoids content and photosynthetic limitations in rosemary and spearmint plants under water stress. Agr. Ecosyst. Env. 106: 243-252. DOI: 10.1016/j.agee.2004.10.012
51. Demissie Z. A., Cella M. A., Sarker L. S., Thompson T. J., Rheault M. R., Mahmoud S. S., 2012. Cloning, functional characterization and genomic organization of 1,8-cineole synthases from *Lavandula*, Plant Mol. Biol. 79:393–411 DOI 10.1007/s11103-012-9920-3.
52. Détár E., Zámoriné N. É., Gosztola B., Demján I., Pluhár Zs., 2020. Effects of variety and growth year on the essential oil properties of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) and lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel.). Biochem. Syst. Ecol. 90: 104020. DOI: 10.1016/j.bse.2020.104020.
53. Diego M. A., Jones N. A., Field T., Hernandez-Reif M., Schanberg S., Huhn C., McAdams V., Galamaga R., Galamaga M., 1998. Aromatherapy positively affects mood, EEG patterns of alertness and Math computations. Intern. J. Neurosci. 96. 217-224.
54. Djenane D., Yangüela J., Derriche F., Bouarab L., Roncales P., 2012. Olive tree extract; in vitro tests on *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*, and *Pseudomonas aeruginosa*; application in turkey meat. Phytothérapie. 10. 10-18.
55. Duda S. C., Marghitas L. A., Dezmireana D., Duda M., Margaoan R., Bobis O., 2015. Changes in major bioactive compounds with antioxidant activity of *Agastache foeniculum*, *Lavandula angustifolia*, *Melissa officinalis* and *Nepeta cataria*: Effect of harvest time and plant species. Ind. Crops and Prod. 77: 499–507. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.09.045>.

56. Dudareva N., Cseke L., Blanc V. M., Pichersky E. 1996. Evolution of floral scent in clarkia: Novel patterns of S-linalool synthase gene expression in the *C. breweri* flower. *The Plant Cell* 8:1137-1148. DOI: 10.1105/tpc.8.7.1137.
57. Dudareva N., Martin D., Kish C. M., Kolosova N., Gorenstein N., Faldt J., Miller B., and Bohlmann J., 2003. (E)-beta-ocimene and myrcene synthase genes of floral scent biosynthesis in snapdragon: Function and expression of three terpene synthase genes of a new terpene synthase subfamily. *The Plant Cell*. 15: 1227-1241. DOI: 10.1105/tpc.011015.
58. Dudareva N., et Pichersky E., 2008. Metabolic engineering of plant volatiles. *Current Opinion in Biotechnol.* 19: 181-189.
59. Efendi D., Budiarto R., Poerwanto R., Santosa E., Agusta A., 2021. Relationship among agroclimatic variables, soil and leaves nutrient status with the yield and main composition of kaffir lime (*Citrus hystrix* DC) leaves essential oil. *Metabolites*. 11: 5. 260. DOI: 10.3390/metabo11050260.
60. European Scientific Cooperative on phytotherapy. 2009. ESCOP Monographs The Scientific Foundation for Herbal Medicinal Products. Suppl. 2nd Edition. Exeter (UK). Stuttgart: Georg Thieme Verlag, New York: Thieme New York.
61. European Pharmacopoeia (Council of Europe) 2020. tenth ed. Strasburg, pp. 1497-1500.
62. Farhat, M. B., Jordán, M. J., Chaouech-Hamada, R., Landoulsi, A., Sotomayor, J. A., 2016. Variations in essential oil, phenolic compounds, and antioxidant activity of Tunisian cultivated *Salvia officinalis* L. *J. Agric. Food Chem.* 57: 21, 10349-56 DOI: 10.1021/jf901877x.
63. Farhat, M. B., Sotomayor, J. A., Jordán, M. J., 2019. *Salvia verbenaca* L. essential oil: Variation of yield and composition according to collection site and phenophase. *Biochem. Syst. Ecol.* 82, 35-43. DOI:10.1016/j.bse.2018.12.002.
64. Farmati F., Alizadeh O., Alizadeh A., 2012. Determination of antimicrobial, antioxidant and total phenolic contents in five medicinal plants belong to family of *Lamiaceae*. *Tech. J. Engin. Appl. Sci.* 2: 8. 240-244. ISSN: 2051-0853.
65. Farooqi, A. H., Luthra, R., Mathur, P., Srivastava, N. K., Bansal, R. B., 1999. Physiology of cultivated mints. *J. Med. Aromat. Plant Sci.* 21, 431-441.
66. Fellah O., Hamerurlain S., Bourenane N., Gerraf N., Zellagui A., Abidi A., Tahar A., Altun M., Demirtas I., Yaglioglu A. S., 2018. Climatic factors as quality determinant of essential oils and phenolics in *Rosmarinus officinalis* L. (*Lamiales Lamiaceae*) collected from three geographic areas in Algeria. *Biodiv. J.* 9: 3. 187-194. DOI: 10.31396/Biodiv.Jour.2018.9.3.187.194.

67. Fernández-Sestelo M., et Carrillo J. M., 2020. Environmental effects on yield and composition of essential oil in wild populations of spike lavender (*Lavandula latifolia* Medik.). Agr. 10: 12. 626. DOI: 10.3390/agriculture10120626.
68. Figueiredo A. C., Barroso J. G., Pedro L. G., Scheffer J. C., 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. Flav. Fragr. J. 23: 213-226. DOI: 10.1002/ffj.1875.
69. Gallego M. G., Gordon M. H., Segovia F. J., Skowrya M., Almajano M. P., 2013. Antioxidant properties of three aromatic herbs (Rosemary, Thyme and Lavender) in oil-in-water emulsions. J. Am. Oil. Chem. Soc. 90: 10. 1559-1568. DOI:10.1007/s11746-013-2303-3.
70. Garcia-Vallejo M. C., Garcia-Vallejo I., Velasco-Negueruela A., 1989. Essential oils of genus *Lavandula* L. in Spain. Proc. ICEOFF. New Delhi. 4. 15-26.
71. Ghavam M., 2021. Relationships of irrigation water and soil physical and chemical characteristics with yield, chemical composition and antimicrobial activity of Damask rose essential oil. PLoS One. 16: 4. e0249363. DOI: 10.1371/journal.pone.0249363.
72. Gîrd C. E., Nencu I., Popescu M. L., Costea T., Duțu L. E., Balaci T. D., Olaru O. T., 2017. Chemical, antioxidant and toxicity evaluation of rosemary leaves and its dry extract. Farmacia. 65: 6. 978–983.
73. Goodger J. Q. D., Heskes A. M., Woodrow I. E., 2013. Contrasting ontogenetic trajectories for phenolic and terpenoid defences in *Eucalyptus froggattii*. Ann. Bot. Part of a special issue on seedling herbivory. 112: 4. 1-9. DOI:10.1093/aob/mct010.
74. Grant W., Zerihun D., Mark R., Soheil M., 2011. Biosynthesis and therapeutic properties of *Lavandula* essential oil constituents. Planta Med, 77(1): 7-15.
75. Grausgruber-Gröger S., Schmiderer C., Steinborn R., Novak J., 2012. Seasonal influence on gene expression of monoterpene synthases in *Salvia officinalis* (Lamiaceae). J. Plant Physiol. 169: 4. 353-359. DOI: 10.1016/j.jplph.2011.11.004.
76. Guitton Y., Florence N., Sandrine M., Tarek B., Nadine V., Sylvain L., Frédéric J., Laurent L., 2010. Lavender inflorescence. Plant Signal. & Behav. DOI: 10.4161/psb.5.6.11704.
77. Gyógynövénykutató Intézet Kft. 2020. <https://gynki.hu/hu/gynki-gyogynovenyhaz/termekeink/>.
78. Hanamanthagouda MS., Kakkalameli SB., Naik PM., Nagella P., Shetharamareddy HR., Murthy HM., 2010. Essential oils of *Lavandula bipinnata* and their antimicrobial activities. Food Chem. 118. 836-839.

79. Hänsel R., Keller K., Rimpler H., Schneider G., 1994. Hagers Handbuch der Phazeutischen Praxis. Berlin. Heidelberg, Springer- Verlag. 630-645.
80. Hassiotis C. N., Lazari D. M., Vlachonasios K. E., 2010. The effects of habitat type and diurnal harvest on essential oil yield and composition of *Lavandula angustifolia* Mill. Fresenius Env. Bull. PSP. 19: 8.
81. Hassiotis C. N., Ntanab F., Lazaric D.M., Pouliosb S., Vlachonasiosb K.E., 2014. Environmental and developmental factors affect essential oil production and quality of *Lavandula angustifolia* during flowering period, Ind.Crops Prod. 62: 359–366.
82. Herraiz-Peñalver, D., Cases, M.Á., Varela, F., Navarrete, P., Sánchez-Vioque, R., Usano-Alemany, J., 2013. Chemical characterization of *Lavandula latifolia* Medik. essential oil from Spanish wild populations. Biochem. Syst. Ecol. 46. 59–68. DOI: 10.1016/j.bse.2012.09.018.
83. Huang M., Sanchez-Moreiras AM., Abel C., Sohrabi R., Lee S., Gershenzon J., Tholl D., 2012. The major volatile organic compound emitted from *Arabidopsis thaliana* flowers, the sesquiterpene (E)- β -caryophyllene, is a defense against a bacterial pathogen. New Phytol. 193: 4. 997-1008. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2011.04001.x.
84. Huang X., Xiao Y., Köllner T. G., Zhang W., Wu J., Wu J., Guo Y., Zhang Y., 2013. Identification and characterization of (E)- β -caryophyllene synthase and α/β -pinene synthase potentially involved in constitutive and herbivore-induced terpene formation in cotton. Plant Physiol. Biochem. 73: 302-308. DOI: 10.1016/j.plaphy.2013.10.017.
85. Hudson R., 1996. Nursing: the value of lavender for rest and activity in the elderly patient. Complement. Ther. Med. 4. 52-57.
86. Ismael D. S., Timoracká M., Vollmannová A., Árvay J. 2012. Influence of variety, locality and soil contamination on total polyphenol content and antioxidant activity of fababean grains. J. Microbiol. Biotech. Food Sci. 1: 931-941.
87. Jianu C., Pop G., Gruia A. T., Horhat F. G., 2013. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of lavender (*Lavandula angustifolia*) and lavandin (*Lavandula* $\times$ *intermedia*) grown in western Romania. Int. J. Agric. Biol. 15: 4. 772–776.
88. Johnson C. B., Kirby J., Naxakis G., Pearson S., 1999. Substantial UV-B-mediated induction of essential oil in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Phytochem. 51: 4. 507-510. DOI:10.1016/S0031-9422(98)00767-5.
89. Kara N., et Baydar H., 2013. Determination of lavender and lavandin cultivars (*Lavandula* sp.) containing high quality of essential oil in Isparta, Turkey. Turk. J. Field Crops, 18: 1. 58-65.

90. Karetnikova A. I., Kustova S. D., Fedulova I., Karpova T. I., 1960. Composition of the alcohol part of lavender oil. *Maslo-Zhir. Prom.* 25. 23-25.
91. Keshavarz A. M., Behboodi M. Z., Taghizadeh Z., Bekhradi R., Montazeri A., Mokhtari P., 2015. Lavender fragrance essential oil and the quality of sleep in postpartum women. *Iranian Red Crescent Med. J.* 17. 1-7.
92. Khorasaninejad S., Soltanloo H., Hadian J., Atashi S., 2016. The Effect of salinity stress on the growth, quantity and quality of essential oil of lavender (*Lavandula angustifolia* Miller). *J Horticult. Sci.* 30: 2. 209-216. DOI: 10.22067/JHORTS4.V30I2.38451.
93. Kiran Babu G. D., Thakur V., Singh B., 2016. Variability in the composition of *Lavandula angustifolia* extracts due to extraction methods. *J Herbs, Spices & Med. Plants.* 22: 2. 173-182. DOI: 10.1080/10496475.2015.1136979.
94. Kirca A. et Arslan E., 2008. Antioxidant capacity and total phenolic content of selected plants from Turkey. *Int. J. Food Sci. Tech.* 43: 11. 2038-2046. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2008.01818.x.
95. Kleiber A., Duan Q., Jansen K., Junker L. V., Kammerer B., Rennenberg H., Ensminger I., Gessler A., Kreuzweiser J., 2017. Drought effects on root and needle terpenoid content of a coastal and an interior Douglas fir provenance. *Tree Physiol.* 37: 1648-1658. DOI :10.1093/treephys/tpx113.
96. Kordali S., Kesdek M., Cakir A., 2007. Toxicity of monoterpenes against larvae and adults of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *Ind. Crops Prod.* 2007; 26:278-87. DOI: 10.1016/j.indcrop.2007.03.009.
97. Köllner T. G., Held M., Lenk C., Hiltpold I., Turlings T. C. J., Gershenzon J., Degenhardt J., 2008. A maize (E)- β -Caryophyllene synthase implicated in indirect defense responses against herbivores is not expressed in most American maize varieties. *The Plant Cell.* 20: 482-494. DOI: 10.1105/tpc.107.051672.
98. Kubota M., Ikemoto T., Komaki R., Inui M., 1992. Odor and emotion-effects of essential oils on contingent negative variation. *Proc. 12th Int. Congress on Flavour, Fragrances and Essential Oils*, Vienna, Austria, Oct. 4-8. pp. 456-461.
99. Lafhal S., Vanloot P., Bombarda I., Kister J., Dupuy N., 2016. Chemometric analysis of French lavender and lavandin essential oils by near infrared spectroscopy. *Ind. Crops Prod.* 80: 156-164. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.11.017.
100. Lalande B., 1984. Lavender, lavandin and other French oils. *Perf. Flav.* 8. 117-121

101. Lammerink J., Wallace A. R., Porter N. G., 1989. Effects of harvest time and postharvest drying on oil from lavandin (*Lavandula × intermedia*). New Zealand J. Crop Hortic. Sci. 17: 4. DOI: 10.1080/01140671.1989.10428051.
102. Landmann C., Fink B., Festner M., Dregus M., Engel K.-H., Schwab W., 2007. Cloning and functional characterization of three terpene synthases from lavender (*Lavandula angustifolia*). Arch. Biochem. Biophys. 465: 2. 417-429. DOI: 10.1016/j.abb.2007.06.011.
103. Lane W. A., et Mahmoud S. S., 2008. Composition of essential oil from *Lavandula angustifolia* and *L. intermedia* varieties grown in British Columbia, Canada. Nat. Prod. Commun. 3: 8. 1361-1366. DOI: 10.1177/1934578X0800300822.
104. Lane W. A., Boeckelmann A., Woronuk G. N., Sarker L., Mahmoud S. S., 2010. A genomics resource for investigating regulation of essential oil production in *Lavandula angustifolia*, Planta. 231:835–845, DOI 10.1007/s00425-009-1090-4.
105. Lewinsohn E., et Gijzen M., 2009. Phytochemical diversity: The sounds of silent metabolism. Plant Sci. 176. 161-169.
106. Lawrence B. M., 1994. Progress in Essential Oils, Perfum, Flavor, 19 (3): 33-40.
107. Lis-Balchin, 2002. Lavender, The genus *Lavandula*. Taylor and Francis, ISBN 0-415-28486-411-13. 86-90, 117-170, 206-214.
108. Lis-Balchin, M.; Hart, S. Studies on the mode of action of the essential oil of Lavender (*Lavandula angustifolia* P. Miller). Phytother. Res. 1999, 13, 540–542.
109. Lis-Balchin M., Hart S., Deans S. D., Eaglesham E., 1996. Comparison of the pharmacological and antimicrobial action of commercial plant essential oils. J. Herbs, Spices Med. Plants. 4. 69-86.
110. López V., Nielsen B., Solas M., Ramírez M. J., Jäger A. K., 2017. Exploring pharmacological mechanisms of Lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oil on central nervous system targets. Front. Pharmacol. 8: 280. DOI: 10.3389/fphar.2017.00280.
111. López-Arnaldos T., Zapata J. M., Calderón A. A., Ros Barceló A., 1997. Antioxidant activity of lavandin (*Lavandula x intermedia*) cell cultures in relation to their rosmarinic acid content. ACM Symposium Series. 660. Chapter 17. 206-218. DOI: 10.1021/bk-1997-0660.ch017.
112. Louzina L., 1968. Lavender selection. Works of All-Union- Institute of Essent. Oil Bear. Crops. 1: 128-134.
113. Lytle J., Mwatha C., Davis KK., 2014. Effect of lavender aromatherapy on vital signs and perceived quality of sleep in the intermediate care unit: A pilot study. Am. J. Critic. Care: An Offical Publication, Am. Assoc. Critic. Care Nurses. 23. 24-29.

114. Mahmoud S.S., Williams M., Corteau R. B., 2004. Cosuppression of limonene-3-hydroxylase in peppermint promotes accumulation of limonene in the essential oil. *Phytochem.* 65: 5. 547–554. DOI: 10.1016/j.phytochem.2004.01.005.
115. Mantovani, A.L.L., Vieira, G.P.G., Cunha, W.R., Groppo, M., Santos, R.A., Rodrigues, V., Magalhães, L.Z., Crotti, A.E.M. 2013. Chemical composition, antischistosomal and cytotoxic effects of the essential oil of *Lavandula angustifolia* grown in Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Farmacognosia.* 23: 6. 877-884. DOI: 10.1590/S0102-695X2013000600004.
116. Martínez-Naratén D., Parra-Tabla V., Dzib G., Acosta-Arriola V., Canul-Puc K. A., Calvo-Irabién L. M., 2012. Essential oil yield variation within and among wild populations of Mexican oregano (*Lippia graveolens* H.B.K.-*Verbenaceae*), and its relation to climatic and edaphic conditions. *J Essent. Oil. Bear.Plants.* 15: 4. 589-601. DOI: 10.1080/0972060X.2012.10644093.
117. Martucci JF., Gende LB., Neira LM., Ruseckaite RA., 2015. Oregano and lavender essential oils as antioxidant and antimicrobial additives of biogenic gelatin films. *Ind. Crops and Prod.* 71. 205-213.
118. McGimpsey J. A., Douglas M. H., Van Klink J. W., Beauregard D. A., Perry N. B. 1994. Seasonal variation in essential oil yield and composition from naturalized *Thymus vulgaris* L. in New Zealand. *Flav. Frag. J.*, 9: 347-352. DOI: 10.1002/ffj.2730090613.
119. McNaughton V., 1995. *Lavender: The Growers Guide*. Garden Art Press. Suffolk. UK. ISBN 10: 0881924784.
120. Mehalain S., et Chenchouni H., 2019. Effect of climatic factors on essential oil accumulation in two *Lamiaceae* species from Algerian semiarid lands. Conference of the Arabian Journal of Geosciences. Exploring the Nexus of Geoecology, Geography, Geoarcheology and Geotourism: Advances and Applications for Sustainable Development in Environmental Sciences and Agroforestry Research. CAJG 2018. pp 57-60. DOI: 10.1007/978-3-030-01683-8_12.
121. Mehalain S., et Chenchouni H., 2020. Plants of the same place do not have the same metabolic pace: soil properties affect differently essential oil yields of plants growing wild in semiarid Mediterranean lands. *Arab. J. Geosci.* 13: 1263. DOI: 10.1007/s12517-020-06219-4.
122. Méndez-Tovar I., Herrero B., Perez-Magarino S., Pereira J. A., Asensio-S.-Manzanera M. C., 2015. By-product of *Lavandula latifolia* essential oil distillation as source of antioxidants, *J. Food Drug Anal.*, 23: 2. 225-233.

123. Messaoud C., Chograni H., Boussaid M., 2012. Chemical composition and antioxidant activities of essential oils and methanol extracts of three wild *Lavandula* L. species. Nat. Prod. Res. 26: 21. 1976-1984. DOI: 10.1080/14786419.2011.635343.
124. Moisa, C., Lupitu, A., Pop, G., Chambre, D. R., Copolovici, L., Cioca, G., Bungau, S., Copolovici, D. M., 2019. Variation of the chemical composition of *Thymus Vulgaris* essential oils by phenological stages. Rev. Chim. Bucharest. Original Edition. 70: 2, 633-7. DOI:10.37358/RC.19.2.6973.
125. Msaada K., Taarit M. B., Hosni K., Hammami M., Marzouk B., 2009. Regional and maturational effects on essential oils yields and composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits. Sci. Horticult. 122: 116-124.
126. Muñoz-Bertomeu, J., Arrillaga, I., Segura, J., 2007. Essential oil variation within and among natural populations of *Lavandula latifolia* and its relation to their ecological areas. Biochem. Syst. Ecol. 35: 8. 479–488.
127. Mumivand H., Babalar M., Hadian J., Fakhr-Tabatabaei M. 2011. Plant growth and essential oil content and composition of *Satureja hortensis* L. cv. Saturn in response to calcium carbonate and nitrogen application rates. J. Med. Plants Res. 5: 10. 1859-1866. ISSN: 1996-0875.
128. Németh-Zámboi É., Szabó K., Pluhár Zs., Radácsi P., Inotai K., 2016a. Changes in biomass and essential oil profile of four *Lamiaceae* species due to different soil water levels. J Essent. Oil. Res. 28: 5. 1-9. DOI: 10.1080/10412905.2016.1176606.
129. Németh-Zámboi É., Pluhár Zs., Szabó K., Malekzadeh M., Radácsi P., Inotai K., Komáromi B., Seidler-Łożykowska K., 2016b. Effect of water supply on growth and polyphenols of lemon balm (*Melissa Officinalis* L.) and thyme (*Thymus Vulgaris* L.), Acta Biol. Hungarica 67: 1. 64-74. DOI: 10.1556/018.67.2016.1.5.
130. Németh-Zámboi É., Rajhárt P., Seidler-Łożykowska K., Pluhár Zs., Szabó K., 2019. Intraspecific responses of medicinal plants: Genotype-environment interaction may alter drug quality of aromatic plants. Biochem. Syst. Ecol. 86:103914. DOI: 10.1016/j.bse.2019.103914.
131. Nogués I., Muzzini V., Loreto F., Bustamante M. A., 2015. Drought and soil amendment effects on monoterpene emission in rosemary plants. Sci. Total. Env. 15: 538. 768-778. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.08.080.
132. Novak J., Lukas B., Franz C., 2010. Temperature influences thymol and carvacrol differentially in *Origanum* spp. (*Lamiaceae*). J. Essent. Oil Res. 22: 5. 412-415. DOI: 10.1080/10412905.2010.9700359.

133. Nurzyńska-Wierdak R., et Zawislak G., 2016. Chemical composition and antioxidant activity of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) aboveground. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 15(5): 225-241. ISSN 1644-0692.
134. Ognyanov I., 1984. Bulgarian lavender oil and Bulgarian lavandin oil. *Perf. Flav.* 8. 29-41.
135. Oroian, C., Odagiu, A., Racz, C. P., Oroian, I., Muresan, I. C., Duda, M., Ilea, M., Brasovean, I., Iederan, C., & Marchis, Z., 2019. Composition of *Lavandula angustifolia* L. cultivated in Transylvania, Romania. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 47:3. 643-650. DOI: 10.15835/nbha47311565.
136. Parejo I., Viladomat F., Bastia J., Codina C., 2001. A single extraction step in the quantitative analysis of arbutin in bearberry (*Arctostaphylos uva-ursi*) leaves by high-performance liquid chromatography. *Phytochem. Anal.* 12: 5. 336-339. DOI: 10.1002/pca.602.
137. Peñuelas J., et Estiarte M., Can elevated CO₂ affect secondary metabolism and ecosystem function? *Trends. Ecol. Evol.* 13:1. 20-4. DOI: 10.1016/s0169-5347(97)01235-4.
138. Pharmacopoea Hungarica VII. 1986. *Medicina Könyvkiadó Rt.*, Budapest, I. kötet (Volume I.) - Tomus I. J/c.15. 395-399.
139. Pharmacopoea Hungarica VIII. 2004. *Lavandulae aetheroleum*. *Medicina Könyvkiadó Rt.*, Budapest, II. kötet (Volume II.) - Tomus II. 04/2002:1338. 2170.
140. Pharmacopoea Hungarica VIII. 2004. *Lavandulae flos*. *Medicina Könyvkiadó Rt.*, Budapest, II. kötet (Volume II.) - Tomus II. 04/2002:1338. 2171-2172.
141. Piccaglia R., 1998. Aromatic plants: a world of flavouring compounds. *Agro. Food Ind. Hi-Tech*. 93: 12-15.
142. Pistelli L., Najar B., Giovanelli S., Lorenzini L., Tavarini S., Angelini L.G., 2017. Agronomic and phytochemical evaluation of lavandin and lavender cultivars cultivated in the Tyrrhenian area of Tuscany (Italy). *Ind. Crops Prod.* 109: 15. 37-44.
143. Pluhár Zs., Héthelyi É., Kutta G., Kamondy L., 2007. Evaluation of environmental factors influencing essential oil quality of *Thymus pannonicus* All. (Hungarian thyme) and of *Thymus praecox* Opiz (Creeping thyme), *J. Herbs, Spices Med. Plants*. 13. 1: 23-43. ISSN: 1049-6475.
144. Pluhár Zs., Radácsi P., Szabó D., Malekzadekh M., Inotai K., György Zs., Szabó K., Németh-Zámboriné É., 2015. Effect of water supply on the accumulation levels of phenolic compounds, essential oil properties and antioxidant activity of *Thymus vulgaris*. *Planta*

- Med. 81. 16. PW_184. DOI: 10.1055/s-0035-1565808. <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0035-1565808>.
145. Pluhár Zs., Szabó D., Sárosi Sz., 2016. Thyme oil- Essential oil properties of *Thymus vulgaris* L. Plant Sci. Today. 3. 3: 312-326. DOI: 10.14719/pst.2016.3.3.241.
 146. Pluhár Zs., Szabó D., Seidler-Lozykowska K., Inotai K., Tavaszi-Sárosi Sz., Zámboiné Németh É., 2017. Changes in essential oil properties of different *Thymus vulgaris* varieties influenced by developmental phases, growing locations and seasons. Nat. Volatiles & Essent.Oils, 4. 3: 61. ISSN: 2148-9637.
 147. Pokajewicz K., Biało 'n M., Svydenko L., Fedin R., Hudz N., 2021. Chemical composition of the essential oil of the new cultivars of *Lavandula angustifolia* Mill. bred in Ukraine, mol. 26: 18. 5681. DOI: 10.3390/molecules26185681.
 148. Rabotyagov V. D., Pali A. E., Kokhlov Yu. S., 2018. Interspecific hybridization in lavandin (*Lavandula* × *intermedia* Emeric ex Losisel.) breeding for essential oil quality. Agricult. Biol. (Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya). 53: 3. 547-556. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.3.547eng.
 149. Radácsi P., Szabó K., Szabó D., Trócsányi E., Németh-Zámboi É., 2016. Effect of water deficit on yield and quality of lemon balm (*Melissa officinalis* L.), Zemdirbyste-Agriculture, 103: 4. 385–390. DOI 10.13080/z-a.2016.103.049.
 150. Raguso R. A., et Pichersky E., 1999. New perspectives in pollination biology: Floral fragrances. A day in the life of a linalool molecule: Chemical communication in a plant-pollinator system. Part 1: Linalool biosynthesis in flowering plants. Plant Species Biol. 14: 95-120. DOI: 10.1046/j.1442-1984.1999.00014.x.
 151. Razmjoo K., Heydarizadeh P., Sabzalian M. R., 2008. Effect of salinity and drought stresses on growth parameters and essential oil content of *Matricaria chamomila*. Int. J. Agr. Biol. ISSN Print: 1560–8530; ISSN Online: 1814–9596 07–063/ASB/2008/10–4–451–454.
 152. Reddivari L., Hale A. L., Jr. Miller J. C., 2007. Genotype, location, and year influence antioxidant activity, carotenoid content, phenolic content, and composition in specialty potatoes. J. Agric. Food Chem. 55: 20. 8073-8079. DOI: 10.1021/jf071543w.
 153. Renaud E. N. C., Charles D. J., Simon J. E., 2001. Essential oil quantity and composition from 10 cultivars of organically grown lavender and lavandin. J. Essent. Oil Res., 13:4. 269-27.
 154. Romanenko L., 1973. Combining ability of lavender lines. Works of the All-Union Institute of Essent. Oil Bear. Crops. 6: 38-42.

155. Russo M., Galletti G., Bocchini P., Carnacini A., 1998. Essential oil chemical composition of wild populations of Italian oregano spice (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*): A preliminary evaluation of their use in chemotaxonomy by cluster analysis. 1. Inflorescences. J. Agric. Food Chem. 46: 3741–3746.
156. Sabulal B., Dan M., John J A., Kurup R., Predeep N. S., Valsamma R. K., George V., 2006. Caryophyllene-rich rhizome oil of *Zingiber nimmonii* from South India: Chemical characterization and antimicrobial activity. Phytochem. 67: 22. 2469-2473. DOI: 10.1016/j.phytochem.2006.08.003.
157. Sánchez-Vioque R., Polissiou M., Astraka K., Mozos-Pascual M. de los, Tarantilis P., Herraiz-Peñalver D., és Santana-Méridas O., 2013. Polyphenol composition and antioxidant and metal chelating activities of the solid residues from the essential oil industry, Ind. Crops and Prod. 49: 150-159. DOI: 10.1016/j.indcrop.2013.04.053.
158. Sárosi Sz., Bernáth J., 2008. The effect of weather conditions on the essential oil and total phenol content of different *Thymus vulgaris* L. cultivars. 39th International symposium on Essential Oils. Quedlinburg, Germany. September 7-10, 2008. Book of Abstracts. 155 pp.
159. Schiestl F. P., et Ayasse M., 2001. Post-pollination emission of a repellent compound in a sexually deceptive orchid: a new mechanism for maximising reproductive success? Oecologia 2001; 126:531-4. DOI: 10.1007/s004420000552.
160. Schmiderer C., Grausgruber-Gröger S., Grassi P., Steinborn R., Novak J., 2010. Influence of gibberellin and daminozide on the expression of terpene synthases in common sage (*Salvia officinalis*). J. Plant Physiol. 167: 10. 779–786. DOI: 10.1016/j.jplph.2009.12.009.
161. Se Yeon Oh, 2013. Fast gas chromatography–surface acoustic wave sensor: an effective tool for discrimination and quality control of *Lavandula* species. Sensors and Actuators B: Chemical, 182: 223–231.
162. Shafaghat, A., Salimi, F., Amani-Hooshyar, V., 2012. Phytochemical and antimicrobial activities of *Lavandula officinalis* leaves and stems against some pathogenic microorganisms. J. Med. Plants Res. 6: 455–460. DOI: 10.5897/JMPR11.1166.
163. Singh A., Singh J., Sharma S., 1989. Multivariate analysis in relation to genetic improvement in lavender, *Lavandula officinalis* Chaix. Plant Breeding. 102: 4. 302-305.
164. Singleton V. L., et Rossi J. A. Jr., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Amer. J. Enol. Viticult. 16: 144-58.
165. Smigielski K., Prusinowski R., Raj A., Sikora M., Wolińska K., Gruska R., 2011. Effect of drying on the composition of essential oil from *Lavandula angustifolia*, J. Essent. Oil Bear. Plants, 14 (5): 532 – 542. DOI: 10.1080/0972060X.2011.10643970.

166. Stanciu G., Aonofriesei F., Lupsor S., Popescu A., Sibru R., 2019. Study of phenolic compounds and antimicrobial activity of *Lavandula angustifolia* L. flowers macerates. Rev. Chem. (Bucharest). 70: 5. 1800-1804. DOI: 10.37358/RC.19.5.7218.
167. Stanev S., Zagorcheva T., Atanasov I., 2016. Lavender cultivation in Bulgaria-21st century developments, breeding challenges and opportunities. Bulg. J. Agr. Sci. 22: 4. 584-590.
168. Sváb J., Heltmanné T. M. 2000. *Lavandula* spp. – levendulafajok. In: Bernáth J. (szerk.). Gyógy- és aromanövények. 3. átdolgozott és bővített kiadás. Budapest. Mezőgazda Kiadó. p. 384-389.
169. Sytar O., Hemmerich I., Zivcak M., Rauh C., Brestic M., 2016. Comparative analysis of bioactive phenolic compounds composition from 26 medicinal plants. Saudi J. Biol. Sci. 25:4. 631-641. DOI: 10.1016/j.sjbs.2016.01.036.
170. Takahashi M., Satou T., Ohashi M., Hayashi S., Sadamoto K., Koike K., 2011. Interspecies comparison of chemical composition and anxiolytic-like effects of lavender oils upon inhalation. Nat. Prod. Comm. 6. 1769-1774.
171. Tardugno R., Serio A., Pellati F., D'Amato S., López C. C., Bellardi M.G., Di Vito M., Savini V., Paparella A., Benvenuti S. 2019. *Lavandula x intermedia* and *Lavandula angustifolia* essential oils: phytochemical composition and antimicrobial activity against foodborne pathogens. Nat. Prod. Res. 33: 22. 3330-3335. DOI: 10.1080/14786419.2018.1475377.
172. Tarek N., Hassan HM., Abdelghani SMM., Radwan IA., Hammouda O., El-Gendi AO., 2014. Comparative chemical and antimicrobial study of nine essential oils obtained from medicinal plants growing in Egypt. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences. 3. 149-156.
173. Torii S., Fukuda H., Kanemoto H., Miyanchio R., Hamauzu Y., Kawasaki M., 1988. Contingent negative variation and the psychological effects of odor. In: Perfumery: The Psychology and Biology of Fragrance. S. Toller and G. H. Dodds (eds), Chapman & Hall, New York.
174. Torras-Claveria L., Jauregui O., Bastida J., Codina C., Viladomat F., 2007. Antioxidant activity and phenolic composition of lavandin (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loiseleur) waste, J. Agr. Food Chem. 55: 8436–8443. DOI: 10.1021/jf070236n.
175. Tóth G., Rajkai K., Bódis K., Máté F., 2014. Magyarországi kistájak földminősége a D-e-meter szántó minősítési eljárás szerint. Tájökológiai Lapok. 12: 1. 183-195.
176. Tóth L. 2007. Gyógynövények, Drogok, Fitoterápia. 2. javított kiadás. Debrecen. DEENK Kossuth Egyetemi Kiadó. p. 77-79.

177. Touati B., Chograni H., Hassen I., Boussaïd M., Toumi L., Brahim N. B., 2011. Chemical composition of the leaf and flower essential oils of Tunisian *Lavandula dentata* L. (*Lamiaceae*). *Biochem. Biodiv.* 8: 8. 1560-1569. DOI: 10.1002/cbdv.201000357.
178. Trócsányi E., György Zs., Inotai K., Szabó K., Pluhár Zs., Radácsi P., Malekzadeh M., Németh-Zámboriné É., 2015. Enhanced rosmarinic acid accumulation and rosmarinic acid synthase gene expression under drought stress in thyme (*Thymus vulgaris*), *Planta Med.* 81:246, DOI: 10.1055/s-0035-1565623.
179. Tsai TH., Tsai TH., Chien YC., Lee CW., Tsai PJ., 2008. In vitro antimicrobial activities against cariogenic streptococci and their antioxidant capacities: a comparative study of green tea versus different herbs. *Food Chem.* 110. 859-864.
180. Upson T., et Andrews S, 2004. The genus *Lavandula*, (1st ed.) Timber Press., Inc., USA.
181. Urwin A. R. N., 2008. Lavender breeding for commercial yield. *Combined Proc. Int. Plant Propagators Soc.* 58. 78-84.
182. Usano-Aleman, J., Herraiz-Peñalver, D., Cuadrado Ortiz, J., De López, B. B., Ruiz, O.S., Palá-Paúl, J., 2011. Ecological production of lavenders in Cuenca province (Spain). A study of yield production and quality of the essential oils. *Bot. Complut.* 35: 147–152. DOI: 10.5209/revBOCM.2011.v35.13.
183. Varona S., Rodríguez-Rojo S., Martín A., Cocero MJ., Serra AT., Crespo T., Duarte C. M. M., 2013. Antimicrobial activity of lavandin essential oil formulations against three pathogenic food-born bacteria. *Ind. Crops and Prod.* 42. 243-250.
184. Verma Ram S., Rahman Laiq U., Chanotiya Chandan S., 2010. Essential oil composition of *Lavandula angustifolia* Mill. cultivated in the mid hills of Uttarakhand, India, *J. Serb. Chem. Soc.*, 75(3): 343–348.
185. Viuda-Martos M., Mohamady MA., Fernández-López J., Abd Elrazik KA., Omer EA., Pérez-Alvarez JA., Sendra E., 2011. In vitro antioxidant and antibacterial activities of essential oils obtained from Egyptian aromatic plants. *Food Control.* 22. 1715-1722.
186. Wells R., Troung F., Adal AM., Sarker LS., Mahmoud SS., 2018. *Lavandula* essential oils: A current review of applications in medicinal, food, and cosmetic industries of lavender. *Nat. Prod.Comm.* 13:10. 1403-1417.
187. Wu X., Liu J., Yu Z., Ye Y., Zhou Y., 2007. Chemical constituents of *Lavandula angustifolia*. *Acta Chim. Sinica.* 65. 1649-1653.
188. Xie Z., Kapteyn J., Gang D. R., A systems biology investigation of the MEP/terpenoid and shikimate/phenylpropanoid pathways points to multiple levels of metabolic control in

- sweet basil glandular trichomes. *Plant J.* 54: 3. 349–61. DOI: 10.1111/j.1365-313X.2008.03429.x.
189. Yadikar N., Bobakulov Kh., Eshbakova K. A., Aisa H. A., 2017. Phenolic compounds from *Lavandula angustifolia*. *Chem. Natural Comp.* 53: 20. 1-3. DOI: 10.1007/s10600-017-2050-z.
 190. Yadikar N., Bobakulov K., Li G., Aisa H. A., 2018. Seven new phenolic compounds from *Lavandula angustifolia*. *Phytochem. Lett.* 23: 149-154. DOI: 10.1016/j.phytol.2017.12.005.
 191. Yahia I. B. H., Jaouadi R., Trimech R., Boussaid M., Zaouali Y., 2019. Variation of chemical composition and antioxidant activity of essential oils of *Mentha × rotundifolia* (L.) Huds. (*Lamiaceae*) collected from different bioclimatic areas of Tunisia. 2019. *Biochem. Syst. Ecol.* 84: 8-16. DOI: 10.1016/j.bse.2019.03.001.
 192. Yalcin H., Kavuncuoğlu H., Tulukcu E., Eroğlu Z., 2017. The effect of harvest time on the bioactive properties and volatile components of lavender (*Lavandula officinalis*). *Qual. Assur. Safety Crops Foods.* 9:3. DOI: 10.3920/QAS2015.076.
 193. Vaičiulytė V., Ložienė K., Taraškevičius R., Butkienė R., 2017. Variation of essential oil composition of *Thymus pulegioides* in relation to soil chemistry. *Ind. Crops Prod.* 95. 422-433. DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.10.052.
 194. Yilmaz A. M., 2018. Essential oil composition of lavandin (*Lavandula × intermedia*) cultivated in Bismil-Turkey. 6th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 09-11 November, 2018. Academic Platform.
 195. Zámboři, N. É., et Tétényi, P., 1988. Studies of the stolon development of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Herba Pol.* 34: 3, 129-135.
 196. Zámboři-Németh É., 2015. Natural variability of essential oil components. In: Baser, K.H.C.-Buchbauer, G. (ed.): *Handbook of Essential Oils, Science, Technology, and Applications*, 2nd ed., CRC Press - Taylor and Francis Group LLC, Boca-Raton, U.S..ISBN 978-1-4665-9046-5: 87-126.
 197. Zagorcheva T., Stanev S., Rusanov K., Atanasov I., 2013. Comparative GC/MS analysis of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) inflorescence and essential oil volatiles. *Agr. Sci. Technol.* 5: 4. 459 – 462.
 198. Zeliha K., Sabri E., Ibrahim E., Hasan B. Figen E., 2013. Effect of different Nitrogen doses on plant growth, quality characteristics and nutrient concentrations of lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel. var. Super A). *J. Essent. Oil Bear. Plants. TEOP.* 18(1): 36 – 43.

199. Zheljazkov V. D., et Nielsen E. N., 1996. Studies on the effect of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Mn, Zn and Fe) upon the growth, productivity and quality of *Lavender* (*Lavandula angustifolia* Mill.) Prod. J. Essent. Oil Res. 8: 3. 259-274.
<https://doi.org/10.1080/10412905.1996.9700612>.
200. Zheljazkov V. D., Tess A., Alexander N. H., 2012. Lavender and hyssop productivity, oil content, and bioactivity as a function of harvest time and drying. Ind. Crops Prod. 36: 222–228.
201. Zheljazkov V. D., Cantrell C. L., Astatkie T., Jeliaskova E., 2013. Distillation time effect on lavender essential oil yield and composition. J. Oleo Sci. 62: 4. 195-199.
202. Zielinska, S., et Matkowski, A., 2014. Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus *Agastache* (*Lamiaceae*). Phytochem. Rev. 13: 391–416.

1.melléklet. Az illóolaj komponensek aránya (%) a vizsgált valódi és hibrid levendula fajták eltérő virágzási fázisaiban (Soroksár, 2018).

Illóolaj komponensek	'Budakalászi'			'Hidcote'		'Munstead'		'Maillette'		'Grosso'			'Grappenhall'		'Judit'	
	B	TV	EV	TV	EV	TV	EV	TV	EV	B	TV	EV	TV	EV	TV	EV
α -pinén	0,3	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	1,2	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5	0,3
kamfén	1,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,2	0,9	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4
β -pinén	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	1,3	0,4	0,3	0,7	0,4	0,6	0,4
3-oktanon	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
β -mircén	0,1	1,1	1,1	0,6	1,1	1,0	1,3	1,0	1,2	0,0	0,6	0,9	0,6	0,2	0,7	0,7
p-cimén	1,7	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4	0,0	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2
limonén	1,3	0,3	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4	0,1	0,1	0,7	0,7	0,7	4,0	1,0	0,8	0,6
1,8-cineol	4,8^b	1,0^a	0,7^a	0,5	0,3	0,7	1,0	0,0	0,0	32,8^b	7,2^a	6,5^a	13,5	15,1	12,6	16,4
cisz-β-ocimén	0,1^a	2,5^c	1,7^b	7,9	8,2	4,7	3,0	0,5	0,6	0,1^a	0,7^b	0,6^b	5,4	0,6	1,7	0,6
transz-β-ocimén	0,1^a	2,3^b	2,6^b	1,8	3,1	2,7	2,9	0,5	0,6	0,0^a	0,4^b	0,5^b	1,1	0,2	2,3	0,6
cisz-linalool-oxid	0,3	0,1	0,3	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	1,0	0,3	0,2	0,4	0,8	0,3	0,7
transz-linalool-oxid	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,3	0,2	0,6	0,3	0,5
linalool	5,1^a	22,0^b	29,8^c	19,1	28,6	41,4	40,1	58,2	62,7	1,2^a	35,0^b	35,9^b	45,5	44,4	31,4	29,7
okten-3-il-acetát	0,2	0,5	0,6	0,8	0,7	0,5	0,5	0,3	0,3	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,3	0,5
kámfor	1,9^b	0,7^a	0,3^a	0,2	0,0	0,3	0,0	0,3	0,3	19,0^b	4,7^a	4,4^a	7,5	10,4	12,4	16,1
borneol	11,9^c	2,7^b	0,7^a	0,6	0,0	1,3	0,3	1,7	1,2	15,5^b	7,4^a	7,6^a	4,3	8,5	3,5	4,1
lavandulol	0,8^a	1,0^a	1,7^b	0,4	0,9	0,7	1,0	0,1	0,1	0,4^a	1,1^a	1,0^a	1,3	1,3	1,0	0,8
terpinén-4-ol	0,6^a	4,9^b	12,9^c	1,1	4,0	8,2	6,4	0,0	0,0	0,7^a	4,7^b	5,1^b	3,1	3,4	0,8	0,7
criptone	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
α-terpineol	1,2^a	2,7^b	2,7^b	3,3	4,1	3,0	4,2	3,0	3,2	0,9^a	3,3^b	3,2^b	2,2	2,7	3,1	2,8
cisz-szabinén-hidrát-acetát	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2
kumin aldehide	1,3	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
nerál	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
linalil-acetát	3,5^a	31,0^c	24,7^b	34,9	29,5	21,1	26,5	27,1	23,9	0,7^a	20,4^b	19,6^b	3,1	2,6	17,5	14,2

Illóolaj komponensek	'Budakalászi'			'Hidcote'		'Munstead'		'Maillette'		'Grosso'			'Grappenhall'		'Judit'	
	B	TV	EV	TV	EV	TV	EV	TV	EV	B	TV	EV	TV	EV	TV	EV
geraniál	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
isobornil-acetát	2,6	0,6	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
lavandulil-acetát	8,0^a	12,8^c	9,6^b	18,7	12,7	2,9	4,5	0,1	0,2	1,8^a	4,2^b	3,7^c	0,9	0,9	2,5	2,1
neril-acetát	0,4	0,6	0,4	0,8	0,7	0,5	0,7	0,5	0,4	0,0	0,4	0,6	0,0	0,1	0,4	0,5
geranil-acetát	2,0^c	1,3^b	0,8^a	1,6	1,4	1,0	1,5	1,1	1,1	0,1^a	0,8^b	1,2^b	0,1	0,4	0,9	1,0
β-kariofillén	0,0^a	3,7^c	2,7^b	2,9	2,1	3,4	2,6	2,0	1,7	0,0^a	0,8^b	0,6^b	0,4	0,1	2,1	0,7
cisz-β-farnezen	0,0^a	2,0^c	1,7^b	0,1	0,0	0,8	0,4	0,3	0,2	0,0^a	0,3^b	0,2^b	1,2	0,2	0,2	0,0
γ-cadinén	2,4	0,4	0,1	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
γ-cuprenén	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
kariofillén-oxid	3,3^b	0,5^a	0,2^a	1,0	0,2	0,4	0,4	1,1	0,6	1,4^b	0,0^b	0,1^a	0,0	0,5	0,3	1,4
szalviál-4(14)-en-1-on	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,10-di-epi-kubenol	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
tau-kadinol	17,5	1,7	0,5	0,4	0,0	1,9	0,3	0,0	0,0	7,1	0,5	0,4	0,0	0,0	0,9	0,4
kariofillén (14-hidroxi-9-epi-ε)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
epi-α-bizabolol	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,5	2,1	1,7	1,2	0,0	0,0
germakra-4(15),5,10(14)-trien-1-α-ol	2,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
kuparenal	1,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Összes észter %	18,3^a	46,8^c	36,3^b	56,9	45,0	26,2	33,8	29,1	25,8	3,9^a	26,1^b	25,3^b	4,2	4,1	21,7	18,5
Összes %	83,5	97,5	97,6	97,9	98,2	98,3	98,7	98,5	98,8	91,1	97,6	96,7	98,0	96,8	97,7	96,8

Jelmagyarázat: Virágzási fázisok: B: zöld bimbós, TV: teljes virágzás, EV: elvirágzott.

A statisztikailag különböző ($p < 0,05$) csoportokat eltérő kisbetűkkel (a, b, c) jelöltük.

2.melléklet. Az illóolaj komponensek aránya (%) a vizsgált valódi és hibrid levendula fajták eltérő virágzási fázisaiban (Soroksár, 2019).

Illóolaj komponensek	'Budakalászi'			'Hidcote'			'Munstead'			'Maillette'			'Grosso'			'Grappenhall'			'Judit'		
	B	TV	EV	B	TV	EV	B	TV	EV	B	TV	EV	B	TV	EV	B	TV	EV	B	TV	EV
α -pinén	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
kamfén	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
β -pinén	0,2	0,1	0,0	0,5	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,6	0,4	0,4	0,7	0,9	0,9	0,5	0,4	0,4
3-oktanon	0,0	0,1	1,7	0,0	0,0	0,3	0,1	1,7	0,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
β -mircén	0,4	0,9	1,0	0,4	0,7	0,3	0,2	0,7	0,8	0,1	0,8	0,6	0,6	0,8	0,8	0,1	0,4	0,5	0,4	0,6	0,7
p-cimén	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
limonén	0,1	0,4	0,3	1,1	0,5	0,4	0,8	0,3	0,2	0,4	0,2	0,1	0,6	0,8	0,8	1,5	2,3	2,2	0,6	0,6	0,7
1,8-cineol	1,6^a	1,8^a	0,9^a	1,5^a	0,8^a	1,8^a	0,6^a	0,8^a	0,8^a	0,0^a	0,2^a	0,1^a	10,5^b	7,2^a	7,3^a	25,7^b	18,8^a	15,5^a	18,5^b	16,6^b	12,4^a
cisz-β-ocimén	0,2^a	0,7^b	0,7^b	0,2^a	0,5^b	0,2^{ab}	0,2^a	0,5^a	0,7^a	0,1^a	0,5^c	0,3^b	0,6^b	0,6^{ab}	0,5^a	0,2^a	1,1^b	1,1^b	0,3^a	0,5^{ab}	0,7^b
transz-β-ocimén	0,2^a	0,5^b	1,0^c	0,1^a	0,2^{ab}	0,3^b	0,1^a	0,4^a	0,7^a	0,1^a	0,5^b	0,4^b	0,3^a	0,4^b	0,4^b	0,1^a	0,2^a	0,3^a	0,2^a	0,6^b	1,0^c
cisz-linalool-oxid	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,8	0,2	0,8	0,6	0,1	0,6	0,5	0,2	0,1	0,1	1,0	0,8	0,4	0,4	0,3	0,3
transz-linalool-oxid	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,2	0,6	0,4	0,1	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,7	0,6	0,3	0,3	0,2	0,2
linalool	8,7^a	19,8^b	31,1^c	9,2^a	17,4^b	13,1^{ab}	8,6^a	25,0^a	49,9^b	6,9^a	46,4^b	51,9^b	19,5^a	28,6^b	36,1^c	21,4^a	37,4^b	41,5^c	19,8^a	26,7^b	29,8^c
okten-3-il-acetát	1,0	0,8	1,0	1,1	1,2	2,6	1,1	1,2	0,4	0,5	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	1,0	0,8
kámfor	1,1^b	1,0^b	0,7^a	0,7^a	0,5^a	1,4^a	0,6^a	1,5^a	0,7^a	0,8^a	1,8^b	1,3^{ab}	9,7^a	5,0^a	7,1^a	18,0^c	12,5^b	9,9^a	19,4^b	16,8^{ab}	14,9^a
borneol	6,7^c	4,5^b	1,4^a	2,7^a	2,4^a	2,4^a	2,9^a	5,3^a	1,5^a	7,5^b	6,3^{ab}	4,5^a	8,2^a	8,0^a	6,4^a	5,8^a	5,8^a	6,9^a	4,2^a	4,1^a	3,6^a
lavandulol	0,5^a	0,9^b	3,0^c	0,6^a	0,7^{ab}	1,3^b	0,7^a	1,0^a	2,0^a	0,19^a	0,2^a	0,1^a	0,8^a	1,1^b	1,5^c	1,3^a	1,6^b	1,6^b	0,8^a	1,1^b	1,1^b
terpinén-4-ol	0,7^a	2,7^b	8,4^c	0,4^a	0,85^b	0,6^a	0,7^a	1,4^a	5,3^b	0,4^b	0,1^a	0,2^a	1,3^a	3,7^b	5,7^c	1,0^a	2,7^b	3,6^c	0,6^a	0,7^a	0,7^a
criptone	1,0	0,2	0,0	0,7	0,5	0,0	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
α-terpineol	1,6^a	2,8^b	3,3^b	1,8^a	3,0^{ab}	3,50^b	0,9^a	2,9^b	2,0^{ab}	0,6^a	2,8^b	2,8^b	2,7^a	3,2^{ab}	3,5^b	1,8^a	2,4^b	2,7^c	2,1^a	3,1^b	3,1^b
cisz-szabinén-hidrát-acetát	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
kumin aldehide	0,8	0,4	0,1	1,5	0,5	0,8	1,5	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,8
nerál	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
linalil-acetát	15,8^a	27,8^b	21,2^{ab}	26,7^a	34,5^a	20,7^a	16,2^a	21,8^a	18,7^a	4,5^a	19,4^b	17,0^b	16,2^a	19,1^a	15,4^a	2,8^a	2,2^a	2,7^a	13,8^{ab}	12,1^a	15,5^b
geraniál	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
isobornil-acetát	1,5	1,2	0,5	0,7	1,0	0,7	1,5	1,0	0,4	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	1,5
lavandulil-acetát	7,0^a	9,6^b	9,7^b	18,9^a	15,7^a	15,5^a	9,0^a	6,1^a	3,8^a	1,1^a	0,4^a	0,3^a	5,1^b	4,9^b	4,2^a	1,8^b	1,3^a	1,1^a	3,6^a	3,6^a	3,4^a

	'Budakalászi'			'Hidcote'			'Munstead'			'Maillette'			'Grosso'			'Grappenhall'			'Judit'		
Illóolaj komponensek	B	TV	EV	B	TV	EV	B	TV	EV	B	TV	EV	B	TV	EV	B	TV	EV	B	TV	EV
neril-acetát	0,8	1,0	0,9	1,0	1,1	0,8	0,6	1,2	0,6	0,4	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,1	0,1	0,1	0,5	0,6	0,8
geranil-acetát	4,5^b	2,4^a	1,9^a	1,8^a	2,1^a	2,3^a	1,6^a	2,3^a	1,3^a	8,2^b	1,7^a	1,7^a	1,5^a	1,4^a	1,4^a	0,3^b	0,3^a	0,4^b	1,1^a	1,3^b	1,2^b
β-cariofillén	1,8^{ab}	2,1^b	1,1^a	1,1^a	1,3^a	0,4^a	2,2^a	1,4^a	1,7^a	4,4^a	2,3^a	4,3^a	1,0^b	0,9^b	0,5^a	0,1^a	0,1^a	0,2^a	1,1^a	0,7^a	1,1^a
cisz-β-farnezen	0,4^a	1,0^a	0,9^a	0,1^a	0,1^a	0,1^a	0,3^a	0,4^a	0,6^a	0,2^a	0,5^b	1,5^c	0,4^a	0,4^a	0,3^a	0,0^a	0,3^a	0,8^b	0,1^b	0,1^a	0,1^b
γ -cadinén	2,7	0,7	0,1	0,6	0,2	0,3	3,3	0,4	0,0	0,5	0,0	0,0	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	2,7
γ -cuprenén	0,7	0,3	0,1	0,6	0,4	0,5	1,1	1,1	0,1	4,0	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,7
kariofillén-oxid	4,1^b	3,2^{ab}	2,3^a	8,4^b	5,0^a	9,7^b	7,7^a	4,8^a	2,5^a	20,6^b	5,3^a	4,2^a	0,6^c	0,3^b	0,1^a	1,7^b	0,6^a	0,3^a	3,6^b	2,5^{ab}	2,1^a
szalviál-4(14)-en-1-on	0,6	0,2	0,1	0,4	0,2	0,4	0,9	0,5	0,0	2,7	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,6
1,10-di-epi-kubenol	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
tau-kadinol	13,2	3,9	0,7	2,5	0,9	1,8	12,6	1,8	0,3	3,0	0,5	0,3	1,9	0,7	0,5	0,5	0,1	0,0	1,4	0,7	13,2
kariofillén (14-hidroxi-9-epi-(E))	0,6	0,3	0,1	0,8	0,3	0,9	1,2	0,5	0,1	3,7	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,6
epi- α -bizabolol	0,1	0,1	0,0	0,4	0,1	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	3,0	2,2	1,2	1,6	2,1	0,2	0,1	0,1
germakra-4(15),5,10(14)-trien-1- α -ol	1,9	0,6	0,1	0,4	0,2	0,4	1,8	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,1	1,9
kuparenal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Összes észter %	30,6	42,6	35,1	50,0	55,5	42,6	30,0	33,5	25,2	15,7	23,0	20,0	23,6	26,2	21,7	5,2	3,9	4,2	19,2	17,8	20,9
Összes %	80,8	92,4	94,5	87,0	93,2	85,1	80,6	88,1	96,9	74,4	95,2	95,2	91,9	94,9	95,9	90,4	94,7	95,2	94,6	95,5	95,5

Jelmagyarázat:

Virágzási fázisok: B: zöld bimbós, TV: teljes virágzás, EV: elvirágzott.

A statisztikailag különböző ($p < 0,05$) csoportokat eltérő kisbetűkkel (a, b, c) jelöltük.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek, Dr. Pluhár Zsuzsannának, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Gyógy- és Aromanövények Tanszék egyetemi tanárának és Zámboriné Dr. Németh Évának, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Gyógy- és Aromanövények Tanszék egyetemi tanárának, akik széleskörű szakmai tudásukkal, tanácsaikkal, útmutatásukkal minden körülmények között támogatták munkámat. Segítségük nélkül, e munka nem jöhetett volna létre.

Külön köszönet illeti Ruttner Klárát, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Gyógy- és Aromanövények Tanszék vegyésztechnikusát a laboratóriumi munkákban nyújtott folyamatos segítségért és támogatásért.

Köszönettel tartozom Dr. Gosztola Beátának a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Gyógy- és Aromanövények Tanszék egyetemi docensének, Dr. Tavaszi-Sárosi Szilviának, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Gyógy- és Aromanövények Tanszék adjunktusának, valamint Dr. Radácsi Péternek a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Gyógy- és Aromanövények Tanszék egyetemi adjunktusának, elsősorban a gázkromatográfiás vizsgálatok kiértékelésében nyújtott segítségükért, valamint biztató szavaikért.

Hálásan köszönöm Dr. Ladányi Mártának a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Biometria és Agrárinformatika Tanszék egyetemi docensének a bevezetését a statisztikai analízisbe, és hozzájárulását az eredmények statisztikai kiértékeléséhez.

Köszönettel tartozom Tóth Józsefnek, a Szomódi Levendulás megalkotójának és Demján Ildikónak, a dörgicsei Levendula Major Kft. alapítójának, hogy biztosították kísérleteink számára a növényanyagot, és támogatták munkánkat.

Hálás vagyok továbbá a Soroksári Kísérleti Üzem és Tangazdaság dolgozóinak munkájukért és segítségükért, a szabadföldi kísérletek sikerességének biztosításáért.

Végül, de nem utolsósorban nagy hálával tartozom szüleimnek, férjemnek, családtagjaimnak, barátaimnak, és kollégáimnak, akik mindvégig szüntelenül támogattak.