



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

.....

.....

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A levendula, bár európai mediterrán régiókból származó gyógynövény, termesztése és drogelőállítására szerte a világon elterjedt (Bulgária, Franciaország, Spanyolország, Portugália, Egyesült Királyság, Kína, Ausztrália, Amerikai Egyesült Államok, stb). Magyarországon a termesztésben leginkább a *Lavandula angustifolia* (valódi levendula) és a *Lavandula* × *intermedia* (hibrid levendula) fajok ismertek. Ez utóbbi a *L. angustifolia* és a *L. latifolia* spontán fajhibridje.

A levendula nyugtató szerként, görcsoldóként, és emésztést serkentőként történő hagyományos felhasználása mellett a gyógyszer-, parfüm-, kozmetikai-, és újabban az élelmiszeripar egyre növekvő igényei is indokolják drogjainak kiterjedt termőterületeken történő előállítását (Bernáth, 2013). A növény sokszínű terápiás indikációinak listája is hosszúra nyúlik, újabb és újabb kutatások igazolják illóolajának elalvást segítő, nyugtató hatását (Sváb et Heltmanné, 2000;). Nagy előnye, hogy gyógyászati alkalmazása terápiás dózisban biztonságos, más szintetikus altató- és nyugtató szerekhez képest kevesebb mellékhatással bír (Böszörményi, 2018).

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 használatának, illetve a korszerű és fenntartható termesztési technológiák bevezetésének szükségességét. A levendula termesztéstechnológiájának fejlesztése azonban nem csak a belőle kinyerhető illóolajra koncentrálódik, hanem a fenolos vegyületekre is, melyek bizonyítottan antioxidáns hatásúak (Blažeković et al., 2010). Napjainkra a mesterséges antioxidánsokat egyre inkább felváltják a gyógynövényekből kinyert természetes eredetű antioxidáns hatású vegyületek. A fenti megállapítások alapján fontos, hogy tisztában legyünk azzal, hogy ezen hatóanyagoknak -mind illékony, mind nem illékony vegyületeknek- a levendulán belüli felhalmozódását milyen 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 vonatkozóan. 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 diverzitás megoszlásának?
- Milyen mértékben képesek külső tényezők, az időjárás (évjárat) és a termőhelyi viszonyok módosítani a beltartalmi paramétereket?

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A kísérletek helye és ideje

Kísérleteinket a magyarországi levendula termőterületek közül a dörgicsei Levendula Major és a Szomódi Levendulás állományaiban, valamint a MATE soroksári kísérleti üzeméhez tartozó Gyógynövénytermesztési Ágazatban telepített kísérleti fajtagyűjteményben 2017 és 2019 között végeztük.

2.2. A kísérletek növényanyaga

Kísérletünkben a dörgicsei és szomódi termőhelyeken 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 soroksári Kísérleti Üzem levendula fajtagyűjteménye a következő fajtákat tartalmazta: 'Budakalászi', 'Hidcote', 'Maillette', és 'Munstead' valódi levendula, illetve a 'Grappenhall', 'Grosso' és 'Judit' hibrid levendula fajtákat. A vizsgálatokat különböző korú termő állományokban végeztük.

2.3. A szabadföldi megfigyelések és mérések módszerei

2.3.1. A fajok és fajták 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. x 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.

2.3.2. 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 1-1 fajtánál ('Budakalászi' és 'Grosso') került sor, a lilabimbós fázist pedig a termő, 3. éves állományokban 2019-ben felvételeztük.

Megvizsgáltuk a virágzási fázisok hatását a levendula fajták összes polifenol-tartalom (TPC) és antioxidáns kapacitás (FRAP) értékeire is a soroksári állományban, két kísérleti évben (2018-ban és 2019-ben). A mintákat e kísérletekhez teljes virágzásban és elvirágzott fenofázisokban szedtük, 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 lehetőségünk mintákat gyűjteni.

2.3.3. 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.).

2.3.4. 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 állományban végeztük, a mintavétel minden esetben teljes virágzásban történt. 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, szintén teljes virágzás fázisában.

2.3.5. 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.

2.3.6. 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) a 2017 nyarán, a teljes virágzás fázisában gyűjtött minták adatait vontuk be az összehasonlításba (*L. angustifolia* minták begyűjtésének ideje: június 18., *L. × intermedia*: július 14.).

2.4. 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.

2.5. Az illóolajok gázkromatográfiás elemzése

Az illóolaj összetevőinek meghatározásához GC-MS módszert 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.

2.6. Az összpolicenol tartalom meghatározása

Az össz-polifenol tartalom (TPC = Total Polyphenol Content) meghatározását Singleton et Rossi (1965) módszere alapján végeztem el. Az abszorbanciát $\lambda=760$ nm -en mértük Thermo Evolution 201 spektrofotométerrel. Mintánként három párhuzamos mérést végeztünk. A mért

abszorbanciából a galluszsavra kalibrált görbe segítségével határoztam meg az összes fenoltartalmat és az eredményeket mg GSE/g sz. a.-ban adtam meg.

2.7. Az antioxidáns kapacitás meghatározása

A levendula minták összes antioxidáns aktivitásának meghatározásához Benzie et Strain (1966) módosított módszerét alkalmaztam. Három párhuzamos mérést végeztem. Az abszorbanciát $\lambda=593$ nm-en Thermo Evolution 201 spektrofotométerrel mértem. Ehhez előzetesen kalibrációs görbét vettem fel, ismert elegyként aszkorbinsavat alkalmaztam. A koncentráció értékeket mg ASE/g sz. a.-ban adtam meg.

2.8. A kísérletek biometriai értékelésének módszerei

Az eredményeket az IBM SPSS Statistics 25. szoftverrel elemeztük egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA). 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.

3. EREDMÉNYEK

3.1. Az endogén tényezők hatása a levendula interspecifikus és intraspecifikus változékonyságára

3.1.1. A genotípus hatása a levendula kémiai variabilitására

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. 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 ('Grosso': 7,7 ml/100g). A legkisebb illóolaj tartalommal a 'Beate' valódi levendula fajta rendelkezett (1,9 ml/100g).

Az illóolaj összetételét tekintve is mindkét fajra jellemző a fajtahatás szignifikáns megnyilvánulása, ami a két faj közül a hibrid levendulában jelentősebb.

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.). Míg a legkisebb antioxidáns kapacitás értékkel az 'Aromatico Silver' valódi levendula fajta rendelkezett (81,3 mg ASE/g sz. a.).

A vizsgált beltartalmi paraméterek közül egyedül a *L. × intermedia* faj antioxidáns kapacitás értékeit nem befolyásolta 2017-ben szignifikánsan a fajta.

3.1.2. A virágzási fázisok hatása a levendula kemoszindrómáinak megnyilvánulására

A virágzás során szignifikáns eltérések tapasztalhatók az illóolaj-tartalom 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 arányt. Az illó komponensekre a virágzási fázis hatása tehát fajra jellemzően érvényesült.

A polifenolok felhalmozódásában a fenofázisnak kevésbé volt szerepe. Kísérletünkben jellemzően előfordultak olyan stabilabb fajták ('Munstead', 'Grappenhall') mindkét fajtából, melyek összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékei nem változtak szignifikánsan a virágzási fázis alakulására. A polifenol tartalomra a fajta és a virágzási fázis tényezők kölcsönhatása statisztikailag igazolható volt (virágzási fázis*fajta kölcsönhatás: $p < 0,001$).

3.1.3. Az összpolicenol-tartalom és az összantioxidáns kapacitás alakulása szervi diverzitás szerint

A levendula fajok virágzati és levélrészei között szignifikáns eltérést írtunk le döntően a *L. × intermedia* fajták TPC és FRAP értékei esetében.

A növényi szervek TPC és FRAP értékeinek különbsége évszakhoz is erősen köthető volt a kísérletünkben, ugyanis a nyári vágás során rendre a virág 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.).

3.2. Az exogén tényezők hatása a levendula interspecifikus és intraspecifikus változékonyságára

3.2.1. Az évjárat hatása a levendula kémiai variabilitására

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': $p < 0,004$).

Az illó komponensek összetétele 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.

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 fajtáthatás interakcióját is (évjárat*fajtáthatás: $p < 0,001$). Az összes polifenol-tartalom értékek vonatkozásában a két kísérleti év közötti legnagyobb különbséget a 'Judit' hibrid levendula fajtában mértük (134,1 mg GSE/g sz.a.), míg a két év közötti legkisebb különbséget a 'Budakalászi' valódi levendula fajta mutatta (26,9 mg GSE/g sz.a.).

3.2.2. A betakarítási idő hatása a levendula fajták összpolicenol-tartalom és az összsantioxidáns kapacitás értékeire

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 szignifikáns eltérés esetében az őszi vágás mintái rendelkeztek magasabb értékekkel. A betakarítási idő hatása a TPC értékek alakulásában -hasonlóan az évjáráthatáshoz- más-más mértékben jelentkezett az egyes fajok és fajták esetében (betakarítási idő*fajta: TPC: $p < 0,020$).

3.2.3. A termőhely hatása a levendula kémiai variabilitására

Kísérleteink alapján megállapítottuk, hogy a levendula fajták között abban a tekintetben is különbségek adódtak, hogy hogyan reagálnak a termőhelyi hatásokra. Így a 'Munstead' valódi levendula fajta illóolaj-tartalma eltérő termőhelyeken csak kisebb ingadozásokat mutatott (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 mutatta: 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 a termőhely virágzást megelőző szárazabb időjárásával, valamint a két termőhely talajjellemzői között kimutatható 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 fajtáiban a termőhelytől függően, 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. Megállapítottuk, hogy az összes polifenol-tartalom és antioxidáns kapacitás értékek alakulásában a termőhelyi és a fajta hatás interakciója statisztikailag igazolható (termőhely*fajta: TPC: $p < 0,001$; FRAP: $p < 0,001$), ugyanúgy, mint a korábban vizsgált tényezők esetében is.

4. AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A levendula fajok közötti, az illóolaj tartalomban és összetételben ismert eltérés mellett, megállapítottuk, hogy az illóolaj tartalom jelentősen függ a fajtától (genotípustól). Erre korábbi irodalmi adatok is tesznek utalást, bár sokkal szűkebb körben (Muñoz-Bertomeu et al., 2007). Bár több fajta nagyfokú változékonyságot mutat termőhelytől, évszaktól függően, eredményeink szerint az illóolaj tartalom az 'Aromatico Silver', Maillette' és 'Munstead' valódi levendula fajták különböző származású mintáiban nem változott szignifikánsan, tehát ezen fajták stabilitása kedvező.

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; Cantor et al., 2018). A *L. × intermedia* fajták magasabb illóolaj tartalmat mutattak teljes virágzás fázisában, mint előtte vagy utána, ami egybeesik Boeckelmann (2008), illetve Baydar és Erbas (2009) eredményeivel. Megállapíthatjuk, hogy a fenofázis hatása az illó komponensek felhalmozódására elsősorban a levendula fajra jellemző, bár a fajták között is lehetnek kisebb eltérések a dinamikában.

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 repellens szerepe (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 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 al. (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. Mint ahogy azt más szerzők is kiemelték más fajokban, a β -kariofillén termelődésének például szerepe van a növényevőkkel (Huang et al., 2013) és a patogénekkal (Sabulal et al., 2006) szembeni védekezésben.

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.

Az évjáratokat tekintve a valódi levendula fajták Soroksáron jellemzően a 2018-as évben halmoztak fel több (1,4-2,8 ml/100g sz.a.-gal) illóolajat, 2019-hez képest ('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, ami valószínűleg kedvezőtlenül hatott a levendula illóolaj-felhalmozódására. A 2018 évjáratban viszont a virágzás ideje alatt rendszeres, de jóval kisebb mennyiségű csapadék volt jellemző.

Kísérleteink eredményei és korábbi irodalmi adatok elemzése alapján megállapítottuk, hogy a csapadék mennyisége és a levendula illóolaj-tartalma között negatív korreláció feltételezhető (Yahia et al., 2019). Nyilvánvaló azonban, hogy az ilyen összehasonlításokban a vízellátás abszolút mennyiségei is szerepet játszanak, illetve a termőhely csapadékvizszoynai egyéb paraméterekkel együtt befolyásolják az illó vegyületek koncentrációját.

Kísérletünkben feltételezhetően a szárazabb szomódi termőhely következtében a terület állományai ugyanazon fajták dörzgcseji állományaihoz képest illóolajukban mindkét évben magasabb linalil-acetát és 1,8-cineol százalékkal rendelkeztek, mely komponensek általában a szárazabb területeken magasabbak (Fernández-Sestelo et Carrillo 2020). Más szerzők is kiemelik az oxidált monoterpének (linalool, terpinén-4-ol, α -terpineol, borneol, kámfor, 1,8-cineol) akkumulációjának negatív korrelációját a csapadék mennyiségével (Yahia et al., 2019). Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a levendula fajok illóolaj felhalmozódására az évjárat 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 (Demissie et al., 2012). Így nem csak az egyes enzimek környezeti érzékenysége, hanem azok kölcsönhatásai is befolyásolják az illóolaj spektrumot.

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. Munkánkban elsősorban a ‘Grosso’ fajta érzékeny leginkább a külső körülményekre, míg a ‘Grappenhall’ és a *L. angustifolia* ‘Munstead’ stabilabb e szempontból.

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.

Kísérletünkben bizonyítottuk a szervi diverzitás hatását a fenolos és antioxidáns hatású vegyületek alakulására. Ez a hatás a hibrid levendula fajták esetében volt jelentős, a valódi levendulában 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 egybeesik Nurzyńska-Wierdak et Zawislak (2016) kísérletével.

Bár az őszi, másodvirágzás során gyűjtött mintáinkban a magasabb értékeket legtöbbször a levelek adták, a szervek közötti eltérések nem minden mintapárban nyilvánulnak meg szignifikánsan. 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 eszik össze. 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 a bioritmusnak megfelelően. Így az őszi időszakban 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 különösen fontosak lehetnek, amennyiben a jövőben a levendula fenoloid vegyületeinek mennyisége kerülne előtérbe a termékfejlesztések során.

Vizsgálataink alátámasztják, 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). Esetünkben a szignifikánsan magasabb értékek az októberi vágáskor voltak jellemzőek. 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. 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.

Eredményeink szerint -az illóolaj tartalom felhalmozódásával ellentétesen-, az összfenol és antioxidáns kapacitás hatású vegyületek a dörgicsei termőhelyen akkumulálódtak magasabb koncentrációban. Mivel ismert, hogy a fenolos vegyületek termelődését stresszre válaszreakcióként hamarabb elindítja a növény (Goodger et al. 2013), ebben a vonatkozásban is megvizsgáltuk az esetleges stresszfaktorokat. Dörgicse talajában ugyan alacsonyabb a

CaCO₃ tartalmat (6 m/m%-kal), továbbá magasabb makro- és mikroelem értékeket (Mg 248 mg/kg-mal, Na 78 mg/kg-mal és Mn 188 mg/kg-mal) mutattunk ki, mint a szomódi termőhelyen, de ezek stresszként való értékelése mélyreható további vizsgálatokat igényelne. 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.

5. 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 minden korábbi adathoz képest kimagasló (55-58%).

A két faj összehasonlításával leírtuk, hogy a hibrid levendula szignifikánsan magasabb TPC és FRAP értékekkel rendelkezik, mint a valódi levendula és a fajták közötti eltérések is a *L. × intermedia*-ban kisebbek.

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 különböző 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 évjáráti 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 illetve a gyógyszerkönyvnek/szabványnak megfelelő összetétel időszaka eltérően alakul a két fajban. A legmagasabb illóolaj tartalom eléréséhez a valódi levendula

optimálisbetakarítási ideje az elvirágzott fázis, míg a hibrid levenduláé a teljes virágzás. A linalil-acetát aránya a teljes észter százalékkal együtt azonban az elvirágzással csökken, emiatt e fajban is előnyös lehet 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 levendula esetében a legmagasabb TPC elvirágzott fázisban, a maximális antioxidáns kapacitás viszont a teljes virágzás fázisában detektálható.

A szervi diverzitás hatása a fenolos és antioxidáns hatású vegyületek alakulására a hibrid levendula fajták esetében volt jelentősebb. A virágzatok és a levelek közötti 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, a lavandulol, az α -terpineol és a geranil-acetát. Ezen illóolaj komponensek szignifikáns eltérése a fajta, az évjárat és a termőhely következtében minimális. Ezzel párhuzamosan a legtöbbbször szignifikáns eltérést mutató terpenoidok a linalool, a terpinén-4-ol, és a kariofillén-oxid.

A fő komponenseket (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, és 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.

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. Az illóolaj mennyisége Dörgicsén minden vizsgált fajtában messze meghaladta a gyógyszerkönyvi cikkelyben a *Lavandulae flos* esetében előírt 1.3 ml/100 g sz.a. 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 összpolicfenol tartalom a cél, az őszi, októberi betakarítást javasolhatjuk, a hibrid fajta, 'Grappenhall' leveléből (TPC: 311,7 mg GSE/g sz.a.), vagy a 'Grosso' virágzatából (FRAP: 287,7 mg ASE/g sz.a.). A nyári időszakban a *L. angustifolia* 'Budakalászi' zöld bimbós fázisa emelhető ki, magas összes polifenol-tartalma miatt (TPC: 365,1 GSE/g sz.a.).
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 összes polifenol-tartalomra és antioxidáns kapacitásra is jelentősebbnek bizonyult a hibrid levendula fajban.

6. FELHASZNÁLT IRODALOM

1. 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, Journal of the American Society for Mass Spectrometry, 16(11): 1902–1903.
2. Baydar H., et Erbas S., 2009. Effects of harvest time and drying temperature on essential oil content and composition in lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric x Loisel.). Turkish Journal of Field Crops, 13(1): 23-31.
3. Benzie I. F. F., et Strain J. J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay, Analytical Biochemistry. 239: 70–76.
4. Bernáth J., 2013. *Lavandula* spp. In: Vadon termő és termesztett gyógynövények, Mezőgazda kiadó, Budapest, ISBN 978-963-286-674-1, 320-324.
5. 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.
6. Boeckelmann A., 2008. Monoterpene production and regulation in Lavenders (*Lavandula angustifolia* and *Lavandula × intermedia*). University of British Columbia, Okanagan, (MSc thesis).
7. 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.
8. Böszörményi A., 2018. Valódi levendula – az év gyógynövénye 2018-ban. Gyógyszerészet 62. 522-531.
9. 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.
10. 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.

11. 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.
12. 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.
13. 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.). Agricult. 10: 12. 626. DOI: 10.3390/agriculture10120626.
14. Goodger J. Q. D., Heskes A. M., and 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.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.

21. Pharmacopoea Hungarica VII. 1986. Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest, I. kötet (Volume I.) - Tomus I. J/c.15. 395-399.
22. 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 Biology* 14: 95-120. DOI: 10.1046/j.1442-1984.1999.00014.x.
23. Sabulal B., Dan M., John J A., Kurup R., Predeep N. S., Valsamma R. K., and 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. 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.

7. A DOKTORI ÉRTEKEZÉSHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

1. **Détár E., Zámboiri-Németh É., Gosztola B., Harmath A., Ladányi M., Pluhár Zs. (2021):** Ontogenesis and harvest time are crucial for high quality lavender – Role of the flower development in essential oil properties, Industrial Crops and Products, Volume 163, 113334, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113334>
2. **Détár E., Zámboiriné Németh É., Tavaszi-Sárosi Sz., 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 x intermedia* Emeric ex Loisel.), Biochemical Systematics and Ecology, Volume 90, 104020, <https://doi.org/10.1016/j.bse.2020.104020>
3. **Détár E., Zámboiriné Németh É., Pluhár Zs. (2020):** Antioxidant capacity and total polyphenol content of *Lavandula* cultivars at different growing areas in Hungary. International Journal of Horticultural Science, 26, 65-69. <https://doi.org/10.31421/IJHS/26/2020/5748>
4. **Détár E., Zámboiriné Németh É., Gosztola B., Demján I., Tóth J., Pluhár Zs., (2020):** A termőhely és az évjárat hatásainak értékelése valódi (*Lavandula angustifolia* Mill.) és hibrid levendula (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.) fajták magyarországi állományában, Kertgazdaság, 2020/3.
5. **Szabó D., Zámboiriné Németh É., Gosztola B., Détár E., Radácsi P., Pluhár Zs. (2017):** Az eltérő hőmérséklet és vízellátottság hatása a kerti kakukkfű (*Thymus vulgaris* L.) produkciójára és morfológiai tulajdonságaira. In: Bene Szabolcs (szerk.): XXIII. Ifjúsági Tudományos Fórum. Konferencia helye, ideje: Keszthely, Magyarország, 2017.05.26 Keszthely: Pannon Egyetem Georgikon Kar, 2017. pp. 1-6. (ISBN:978-963-9639-87-4)
6. **Pluhár Zs., Németh M., Gosztola B., Zámboiriné Németh É., Détár E. (2019):** Evaluation of lavender (*L. angustifolia* Mill.) and lavandin (*L. x intermedia* Emeric.) cultivars in Hungary, International Symposium on Essential Oils, 2019 Sept 9-11, Vienna, Austria.
7. **Détár E., Zámboiriné-Németh É., Pluhár Zs. (2018):** Antioxidant capacity and total polyphenol content of lavender cultivars (*L. angustifolia* Mill., *L. x intermedia* (L.) Emeric) at different growing areas in Hungary, 10th CMAPSEEC, Split, Croatia, from May 20 to 24, 2018; Abstracts, p. 132.

8. **Pluhár Zs., Szabó D., Seidler-Lozykowska K., Tavaszi-Sárosi Sz., Détár E., Zámboriné Németh É (2018):** A kerti kakukkfű (*Thymus vulgaris* L.) fajták illóolaj jellemzőit befolyásoló tényezők értékelése. XV. Magyar Gyógynövény Konferencia, Visegrád, 2018. június 8-9. Összefoglalók, p. 13. doi: 10.14232/mgyk.2018.b2
9. **Détár E., Németh-Zámboriné É., Tavaszi-Sárosi Sz., Pluhár Zs. (2017):** Evaluation of the essential oil properties of lavender (*L. angustifolia* and *L. x intermedia*) cultivars originating from different growing areas of Hungary. Abstracts of the International Symposium on Essential Oils, Pécs, Hungary, 10-13 September, 2017. Natural Volatiles & Essential Oils, 4(3):76. ISSN: 2148-9637.
10. **Szabó D. Németh-Zámboriné É., Gosztola B., Détár E., Radácsi P., Pluhár Zs. (2017):** Influence of growing location on the essential oil production of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.). Abstracts of the International Symposium on Essential Oils, Pécs, Hungary, 10-13 September, 2017. Natural Volatiles & Essential Oils, 4(3):98. ISSN: 2148-9637.
11. **Détár E., Zámboriné Németh É., Szabó D., Pluhár Zs. (2017):** Magyarországi termesztett levendula (*L. angustifolia* Mill., *L. x intermedia* (L.) Emeric) állományok antioxidáns kapacitásának és polifenol mintázatának vizsgálata. Fiatal Gyógynövénykutatók Fóruma, Budakalász, 2017. május 12. Összefoglalók, p. 11
12. **Zubay, P., Jókainé, Sz. Zs., Gosztola, B., Pluhár, Zs., Détár, E., Zámboriné Németh É., Szabó K. (2018):** Mák és levendula: intraspecifikus makro- és mikroelem-tartalom különbségek és az ipari melléktermékek hasznosíthatósága, In: Bodor, Péter; Fodor, Marietta (szerk.) Ifjú Tehetségek Találkozója Budapest, Magyarország, Szent István Egyetem (2018) 169 p. pp. 157-169, 13 p.