

SZAKDOLGOZAT

Varga Dominik

2023

Varga Dominik

MAGYAR AGRÁR-
ÉS ÉLETTUDOMÁNYI
EGYETEM
KERTÉSZETTUDOMÁNYI INTÉZET
BUDAPEST

A hatóanyagtartalom növelése stimulátorok alkalmazásával

Varga Dominik
Kertészmérnök Bsc

Készült a Gyógy- és Aromanövények Tanszéken

Tanszéki konzulens: Zámboriné dr. Németh Éva

Bírálok:

Budapest, 2023.05.07.

tanszékvezető/szakirány felelős

konzulens

1.	BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS	5
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
2.1.	Növényi hormonok, stresszhormonok jelentősége.....	7
2.2.	Környezeti feltételek hatása a hatóanyagtartalomra	8
2.3.	Levendula illóolaj tartalmát befolyásoló tényezők	9
2.3.1.	Fény.....	9
2.3.2.	Víz mennyiség	9
2.3.3.	Tápanyagok.....	9
2.4.	Izóp illóolaj tartalmát befolyásoló tényezők	10
2.4.1.	Fény.....	10
2.4.2.	Vízellátás.....	10
2.5.	Cickafark illóolaj tartalmát befolyásoló tényezők	10
2.5.1.	Talaj só tartalma	10
2.5.2.	Hőmérséklet	11
2.6.	Elicitáció, mint a hatóanyagok felhalmozódásának újabb módszere	11
2.7.	A jázmonsav és rokon vegyületeinek jellemzése.....	12
2.8.	Az izóp jellemzése	13
2.9.	A levendula jellemzése	14
2.10.	A cickafark jellemzése	16
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER	19
3.1.	A vizsgálat hipotézise és helyszíne.....	19
3.2.	Körülmények és módszerek	19
3.3.	Laborvizsgálati módszer.....	22
4.	EREDMÉNYEK.....	23
4.1.	Illóolaj-tartalom.....	23
5.	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	25
6.	ÖSSZEFOGLALÁS	26
7.	IRODALOMJEGYZÉK	27
7.1.	Internetes hivatkozások.....	30
7.2.	Ábrajegyzék	31
7.3.	Táblázat jegyzék	31

8.	MELLÉKLETEK.....	32
8.1.	Variancia analízis eredmények	32
8.2.	Beleegyező nyilatkozat	33

Varga Dominik

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

A gyógynövényekről annyit már biztosan tudunk, hogy használatuk eredete régebbi időkre nyúlik vissza, mint az ember írott története. Feltehetően már az őskorok embere is rátalált a gyógyító hatású növényekre, miközben táplálék után kutatott, s kóstolgatásuk, fogyasztásuk után feltűnhetett némelyik növény sajátos biológiai hatása. Az idők folyamán megfigyelhették hogy valamelyiktől csillapodott a köhögésük, és olyanokra is rátalálhattak, melyek elrágcsálása után mély, pihentető álomba merültek (Rápóti 1991). A fűszernövények az ókori birodalmakban is fontos szerepet töltöttek be jótékony hatásaik miatt. A legelső feljegyzések Egyiptomból származnak, ahol antimikrobiális hatásuk miatt húst tartósítottak velük. Későbbiekben a szerepük a tartósításban csökkent, viszont az ízesítés terén megnőtt. Ahogy a kivonatok eljárása fejlődött, úgy kezdték alkalmazni őket a festék-, és a parfüm iparban is. A jelenlegi rohamosan fejlődő világban a természetes színező anyagok, természetes aromák, és antimikrobiális anyagok ismét nagy hangsúlyt kapnak az élelmiszer iparban. A terápiás, illetve egyéb fogyasztói felhasználásuk miatt a gyógy- és fűszernövények szerepe megkerülhetetlen. A WHO 2011-ben elkészített tanulmánya alapján a mai modern gyógyszerek közel 25%-a a tradicionálisan felhasznált növényekből származik. A természetes anyagok felhasználása a jól ismert „zöldhullám mozgalomként” jelentkezik a fejlett országokban (Bernáth 2013).

A növényi alapú gyógykészítmények fogyasztása egyre nagyobb méreteket ölt. A fő forrása a világ sok részén ezeknek a termékeknek a természetes populációkban élő növények, melyek begyűjtésével sok esetben romboljuk a diverzitást és az élőhelyet. A természetbe vonás ezért világszerte egy nagyon fontos feladat, hiszen így a ma már megkerülhetetlen minőségi stabilitás, dokumentáció és nyomonkövethetőség kívánalmainak is meg lehet felelni.

A gyógynövényeket alapvetően hatóanyagaikért termesztjük. A másodlagos növényi anyagcseretermékekben óriási lehetőségek rejlenek magas biológiai aktivitásuk miatt a vegyipari, gyógyszeripari eljárásokban. Emellett az agrokémiai termékek, illatanyagok, színezékek, aromák és biopeszticidek területén is fontosak, sőt, lehetnek kiaknázatlan lehetőségek. A folyamatos biológiai és technológiai fejlesztések ellenére a másodlagos növényi anyagcseretermékek előállításának vannak korlátai. A legtöbb növény aránylag alacsony koncentrációban tartalmazza őket (a szárazanyagtartalom kevesebb, mint 1%-a vagy legfeljebb néhány százalék), felhalmozódásuk pedig függ a termelő növénytől, és annak környezetétől is (Kandoudi és Németh 2022a). A széleskörben elterjedt álláspont szerint, a növények a másodlagos növényi anyagcseretermékeket védekezőmechanizmusként állítják elő, amennyiben a változó környezeti tényezőkre, például túl magas vagy túl alacsony hőmérsékletre, aszályra, talaj sótartalmára, kórokozókra és kártevőkre, UV stresszre adnak választ (Isah 2017).

A növények termelnek illékony és nem illékony másodlagos anyagcseretermékeket, többek között növényi hormonokat is, melyek segítenek nekik ellenállni a biotikus és abiotikus stresszeknek. A jazmonátok a legfontosabb növényi hormonok közé tartoznak.

A szakdolgozatomban a metil-jazmonát azon hatását vizsgálom, hogy képes-e különböző gyógynövényekben a hatóanyag mennyiségét növelni. Találunk irodalmi hivatkozást arra, hogy a növény stressz hatására áthangolja a belső működését a túlélés érdekében (Pethő 1998). Külső behatás miatt a növények képesek növekedésükkel, habitusukkal, anyagcsere-folyamataikkal reagálni a megváltozott körülményekre (Láng 1998). A növényi hormonok ezen anyagcsere-folyamatokban játszanak alapvető szerepet. Ehhez kapcsolódóan a jazmonátok is stimulálóan hathatnak a növényekre, fokozva a válaszreakciót a stresszel szemben. A jazmonátok hatásáról szóló legtöbb szakirodalmi adat egyenlőre *in vitro* környezetből származik, érdekes lehet *in vivo* termesztett körülmények között is megvizsgálni a kezelések hatását. Ezt a kísérletet Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Gyógy- és Aromanövények Tanszék soroksári kísérleti telepén végeztem el, itt választottam ki azt a négy növényfajt, melyekkel a későbbiekben dolgoztam.

A kísérlet során fő hatóanyagként illóolajat felhalmozó fajokkal foglalkoztunk: *Lavandula x intermedia* (angol levendula), *Achillea collina* (mezei cickafark) és *Hyssopus officinalis* (izsóp) fajokat vetettük alá a kezelésnek.

A cél az volt, hogy megvizsgáljuk: a metil-jazmonát növényi hormonnal történő kezelésekkal befolyásolható-e a növény fő hatóanyagának felhalmozódása anélkül, hogy a hormonhatás a stresszreakciókat negatív irányba tolná el, s ezzel mérhető veszteségeket indukálna a növényi biomasszában. Ha a kezelés sikeresnek bizonyul, további kísérletekkel optimalizálni és akár a termesztés technológiában is be lehetne vezetni a módszert. A kísérlet során választ kerestem tehát az alábbiakra:

- hatással van-e a metil-jazmonát kezelés a növények illóolaj tartalmára,
- hatással van-e a kezelés a növények habitusára,
- van-e különbség a különböző koncentrációjú kezelések hatása között?

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Növényi hormonok, stresszhormonok jelentősége

A növények életében rengeteg kémiai vegyület segít irányítani az élettani folyamatokat, ilyen anyagok például a hormonok, és a hormon jellegű vegyületek. Segítik a növekedést, a virágképzést, termékkötődést, késleltetik a termésérést, öregítik a sejteket, vagy éppen segítik a megnyúlásukat.

A hormonális egyensúly fenntartásában, a kedvezőtlen környezeti tényezők átvészelésében az abszcizinsav mellett az etilénnek is szerepe van. Az öregedő szervek fokozott etiléntermelésének szerepe van mind a természetes levélhullásban, mind a lédús gyümölcsök érési folyamatában.

A másodlagos anyagcsere termékek biológiailag aktív anyagok, melyek az elsődleges anyagcsere termékeiből további bioszintézis utakon keresztül képződnek. Mai ismereteink szerint nincs jelentős szerepük a növény fejlődésében, de szükségesek a védelmi mechanizmus kialakításában a növényevők, kártevők, illetve a környezeti hatásokkal szemben. A másodlagos anyagcseretermékeket használjuk gyógyszer alapanyagként, aromaként, élelmiszer adalékként és mezőgazdasági vegyszerek alapanyagaként is (Oksman-Caldentey et al., 2004). A másodlagos anyagcseretermékek túlnyomó részben alacsony szinten termelődnek (kevesebb mint 1% szárazanyag tömeg), és a felhalmozódás erősen függ a növény fiziológiai állapotával és fejlődési fázisaival (Rao et al., 2002; Thakur et al., 2013). Ma egyre jobban terjed a bioreaktorokban való hatóanyag előállítás, azaz a szabadban gyűjtött vagy termesztett növények felhasználása helyett *in vitro* technológiákkal serkentjük a másodlagos anyagcseretermékek szintézisét. Ezek a módszerek költségesek és a lehetőségek napjainkban még korlátozottak, ezért e rendszerekben kezdék el az ún. elicitorok alkalmazását.

Azokat a molekulákat amelyek stimulálják a másodlagos anyagcseretermékek képződését, elicitoroknak hívják. Az elicitáció egy folyamat, mely előidézi, vagy fokozza a másodlagos anyagcseretermékek szintézisét, melyek biztosítják a növények túlélését és versenyképességét (Namdeo, 2007). Az elicitációt ma már széles körben alkalmazzák, hogy növeljék a meglévő folyamatok intenzitását, vagy *de novo* folyamatokat indukáljanak *in vitro* növény kultúrákban (Dicosmo et al., 1985). Ez egy teljesen új kutatási területet nyitott, melyből a gyógyszer ipar nagy gazdasági előnyhöz juthat. Olyan tényezők befolyásolják a sikeres másodlagos anyagcsere képződés serkentést mint: elicitor típusa és koncentrációja, a kezelt kultúra kora, növekedés szabályozó anyagok használata (Ganapathi et al., 1990).

A sejten belül a külső tényező által kiváltott ingerületet másodlagos hírvivők továbbítják. A magasabb rendű növények fontosabb másodlagos hírvivői: kalciumion, inozitol-1,4,5-trifoszfát, abszcizinsav, prolin, jazmonsav (Láng 1998). A jazmonsav egyik származéka a metiljazmonsav, a mechanikus sérülést követően szabadul fel a növényben. A metiljazmonsav illékony vegyület lévén, a megtámadott növényvel szomszédos egyedekbe is átrül, ahol jazmonsavvá alakul, és ezzel mintegy átviszi a „hírt”, kiváltja a proteínázgátlók termelését a közeli

szomszédos szövetekben. A jazmonátok hatására egy sor növényben olyan fehérjék szintézise indul meg, amelyek legtöbbje egyben stressz hatására is termelődik (Láng, 1998). Eredetileg úgy tűnt, hogy a jazmonsav és a metiljazmonsav endogén szintje csak sebzésre, mechanikus sérülésre növekszik, ma már a stressztényezők egész sorozatáról, illetve az ellenük kifejlődött védekezési reakciókról véljük azt, hogy a jazmonátszintézishez vezető oktadekanoid transzdukciós utat veszik igénybe és erősíthetik.

A stressz olyan terheléses állapot, melyben a növénynek szembeni fokozott igénybevétel a funkciók kezdeti destabilizációját követően egy normalizálódáson át az ellenállóság fokozódásához vezet, majd a tűréshatár túllépésekor tartós károsodást vagy pusztulást okozhat (Láng, 1998). A stresszt a stressz-faktorok (stresszorok) váltják ki, melynek mértékét az inger erőssége határozza meg.

Egyes kutatók megkülönböztetik az élő szervezetet érő gyenge stresszt az erős stressztől. A gyenge stresszhatás aktiválhatja a sejtcserét, fokozhatja a növény fiziológiai aktivitását, növeli az alkalmazkodó képességét és nem okoz semmiféle károsodást még hosszabb időtartamon át hatva sem (Láng 2002). A növények folyamatosan ki vannak téve a környezet változásainak. Ezért az életképesség egyik feltétele a változásokhoz való alkalmazkodás képessége. Ez csak akkor lehetséges, ha a növény érzékeli a környezetében történő változásokat, és elég gyorsan és megfelelő mértékben reagál. A válaszfolyamatok, melyeket a növény generál a stressz során nagyban függenek a szenzortól, a jel átvivőktől és az anyagcsere megváltozásának jellegétől és mértékétől. A stresszor hatására adott növényi válasz –jellege szerint- három féle lehet. A hatás eltérése, amikor a növény gyenge stressz esetén képes a stressz nélküli állapothoz hasonló, magas anyagcsere-aktivitást fenntartani, súlyosabb stressz esetén pedig csökkentett aktivitással működni és biztosítani a túlélést. A hatás kikerülése a harmadik választípus, ami azt jelenti hogy extrém intenzitású vagy tartamú stresszhatás esetén az anyagcsere-aktivitás úgy lecsökken, hogy a növény nyugvó, alvó állapotba kerül. A stresszorok hatására bekövetkezett károk kijavítása szintén fontos eleme a stresszválaszoknak. (Láng, 2002).

2.2. Környezeti feltételek hatása a hatóanyagtartalomra

Általánosságban elmondható, hogy a gyógynövények hatóanyagtartalmára hatással van a környezet is, s extrém esetben stresszorként tud fellépni. Különböző gyógynövényeknél vizsgálták a pozitív illetve negatív hatásait a hőmérsékletnek, szárazságnak, a talaj sótartalmának. Ezek közül a kísérleteimben is szereplő fajokról tesztek az alábbiakban említést.

2.3. Levendula illóolaj tartalmát befolyásoló tényezők

2.3.1.Fény

A levendula illóolajtartalmát számos tényező befolyásolhatja, köztük a fény is. A megfelelő fénymennyiség kedvezően hat az illóolaj mennyiségére, ugyanakkor a túlzott napsugárzás, különösen a túlzott UV mennyiség káros hatással van a növényre. Az illóolaj tartalom napközben is változik, a délutáni órákban a legmagasabb (Sánchez et al., 2009). Egy kutatás során, amely a fény hatását vizsgálta a levendula illóolajtartalmára, a növényeket különböző fényintenzitásoknak tették ki (12 óra megvilágítás, 18 óra megvilágítás, 24 óra megvilágítás). A kutatás szerint a növények illóolajtartalma a megvilágítási idő függvényében változott. A 12 órás megvilágítással tartott növények produkálták a legmagasabb illóolaj koncentrációt, míg a hosszabb megvilágítás mellett a növények kevesebb hatóanyagtartalommal bírtak. Ebből arra következtetünk hogy a megfelelő nappalhossz kedvezően hathat a hatóanyagtartalomra (Li et al., 2019).

2.3.2.Vízmennyiség

A víz mennyisége és az öntözés időpontja szintén fontos tényező a levendula illóolajtartalmának szempontjából (Khayyat et al., 2013). A vízhiányos körülmények kedvezőtlen hatással lehetnek az illóolajtartalomra. A vízhiány következményeit vizsgáló kutatások sorra arra a következtetésre jutottak hogy a normál (napi) öntözési szint mellett mutattak a növények a legmagasabb illóolajszintet. A mérsékelt vízhiányra nem reagáltak a növények drasztikusan, kevéssel csökkent csak az illóolaj szint, míg a súlyos vízhiány esetén a növények illóolajtartalma jelentősen csökkent. Azonban azoknak a növényeknek, amelyek túl sok vizet kaptak szintén romlott az egészségi állapotuk, és így a drogminőség is. Ez jelzi, hogy a megfelelő öntözési szint, illetve a vízhiányos körülmények megfelelő kezelése kulcsfontosságú lehet a levendula illóolajtartalmának növelése érdekében (Dudai et al., 2015; Ghasemi et al. 2005).

2.3.3.Tápanyagok

A víz és a fény mellett a talajban levő, esetleg utólag kijuttatott plusz tápanyagoknak is fontos szerepe lehet a levendula illóolajtartalmának szabályozásában. Úgy tűnik, elsősorban a nitrogénnek és a káliumnak van ilyen szerepe. A magas nitrogén és kálium szint bár serkenti a növény növekedését, a másodlagos anyagcsere termékek szintjét drasztikusan csökkenti, míg az alacsonyabb ellátási szint -bár kisebb növényt eredményez-, azok magasabb illóolaj tartalommal rendelkeznek (Karami et al., 2016; Ahmadi et al. 2011).

2.4. Izsóp illóolaj tartalmát befolyásoló tényezők

2.4.1. Fény

Az izsóp (*Hyssopus officinalis*) illóolajtartalmára is hatással vannak a megfelelő fényviszonyok. Kísérleti eredmények szerint 1000 és 4000 lux közötti fényintenzitásnál volt a legmagasabb hozam, 8000 lux fényintenzitásnál már csökkent az illóolaj mennyisége. Ezen felül az illóolaj összetétele is változott a fényintenzitás függvényében. Magasabb fényintenzitásnál az illóolajban magasabb volt a pinocamphon és a linalool szint, míg az alacsonyabb megvilágítási szintnél a cis- és trans-pinosid (Zhou et al. 2019; Forró et al., 2016).

2.4.2. Vízellátás

Az izsóp illóolajtartalma és összetétele jelentősen változhat a nedvesség függvényében. A szárazabb körülmények között a növény kevésbé termékeny, és az illóolaj mennyisége is csökken, a fő összetevője a pinocarvon. Ugyanakkor az átlagnál nedvesebb környezetben a termelékenység is, illetve az illóolajtartalom is növekedett, fő összetevője a pulegon (Pino et al., 2004; Sabir et al. 2014).

2.5. Cickafark illóolaj tartalmát befolyásoló tényezők

2.5.1. Talaj sótartalma

A mezei cickafark illóolajtermelésére nagy hatással van a talaj sótartalma. A 8 és a 16 ds/m talaj sótartalom mellett termesztett növények jóval kevesebb illóolajat produkáltak, mint a 4 ds/m talajon termesztett társaik. A magasabb sótartalmon nevelt növények emellett növelték az illóolaj oxidált vegyületeinek arányát amely negatív irányba mozdíthatja el az illóolaj minőségét és stabilitását, illetve magasabb kámfor és borneol

tartalommal is bírtak. Az alacson sótartalmú talajon nevelt növények illóolajában a linalool és a germacrene-D tartalom volt magasabb (Kumar et al., 2018)

2.5.2. Hőmérséklet

A cickafark esetében a hőmérséklet is kulcsfontosságú az illóolaj minőségében és mennyiségében. Kokkini et al. (1997) szerint az ideális hőmérsékleti tartomány 20-30°C, ugyanis ekkor tapasztalható a legmagasabb kamazulén szint az illóolajban. Ha ettől a hőmérsékleti sávtól eltérünk, csökken az illóolaj hozam, illetve a kamazulén arány. Természetesen ezen adatok sok egyéb tényezőtől is ügghetnek, de felhívják a figyelmet a hőmérséklet jelentőségére a drogminőségben.

2.6. Elicitáció, mint a hatóanyagok felhalmozódásának újabb módszere

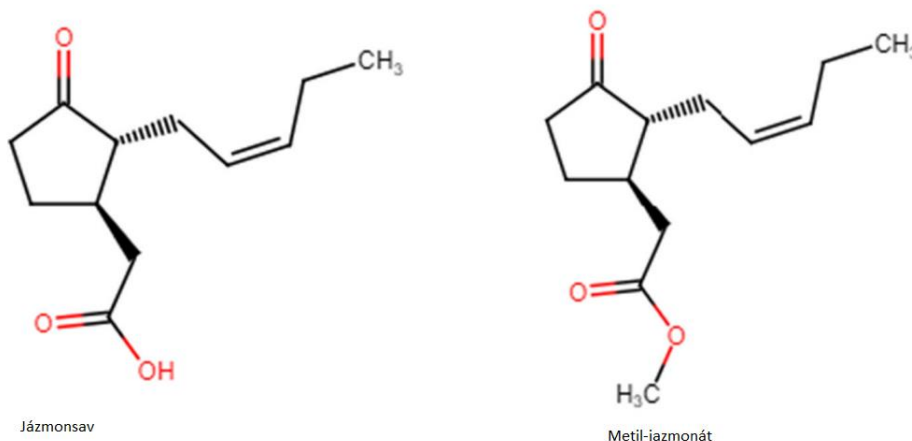
Az elicitáció segítségével tehát képesek lehetünk növelni a növényekben a gazdaságilag értékes másodlagos anyagcseretermékeket. Ismerünk biotikus, és abiotikus elicitorokat. Biotikus elicitor például a mikroorganizmusok. Az abiotikus elicitorokat általában három csoportra osztjuk: fizikai (fény, sótartalom, aszály), kémiai (nehézfémek), és hormon jellegűek (jázminsav, szalicilsav, gibberellinsav).

Számos publikációból tudjuk, hogy az *in vitro* elicitor alkalmazás hatásosan tudja növelni a másodlagos anyagcsere termékeket a növényekben. Ilyen például a glicirrizinsav felhalmozódásának indukálása a metil-jazmonát (MeJa) és a szalicilsav (SA) által (Shabani et al., 2009). Hasonlóképp, a szalicilsav növelni tudta az antioxidáns aktivitást a vörös zsályában *Salvia miltiorrhiza* (Jirakiattikul et al., 2021). Arra is találunk bizonyítékot, hogy a különböző típusú elicitorok képesek összhangban működni. Szőlőn (*Vitis vinifera*) alkalmazott ultrahelyes sugárzás MeJa-val vagy SA-val párosítva szignifikánsan növelte a sztilbén és a flavonoidok bioszintézisét (Xu et al., 2015).

Az elicitorok *in vivo* használatáról kevesebb eredmény áll rendelkezésünkre. Ennél a módszernél leggyakrabban permetezéssel juttatják ki a növény lombzatára a használni kívánt szert a vegetáció bizonyos időpontjaiban. A szert kijuttathatjuk egyszerűen vízzel, ethanolban feloldva, vagy adalékanyagokkal összekeverve mint például Tween-20 (polioxietilén-szorbitán-monolaurát) (Wang et al., 2008; Zlotek et al., 2016a).

2.7. A jázmonsav és rokon vegyületeinek jellemzése

A jázmonsav, metil-észtere a metil- jazonát és egyéb származékait összefoglalóan jazonátoknak nevezzük és ez az egyik legjelentősebb fitohormon csoport (1. kép). Az első azonosított jazonát féle vegyület a metil-jazonát volt, melyet a spanyol jázmin (*Jasminum grandiflorum*) virág olajában detektáltak. A jázmonsavat először a *Lasiodiplodia theobromae* gombában izolálták. A jazonátok kettős szerepet töltenek be a növény életében. Döntő szerepet játszanak a biotikus és abiotikus védekezésben és stresszreakciók szabályozásában, emellett részt vesznek a növény növekedési folyamataiban is (Huang et al., 2017). Azok a növények is képesek a jázmonsavak és származékaik termelésére, melyek nincsenek stresszhatás alatt. Ilyenkor többek között a gyökérnövekedést, csírázást, gumó növekedést, az indák csavarodását, virág fejlődést és öregedést szabályozzák (Wasternack 2007; Browse and Howe 2008).



1. Ábra: Jázmonsav és metil-jazonát

In vivo alkalmazásnál általában a föld feletti részekre (hajtások és levelek) permetezzük a feloldott elicitor. E kezelések a már meglévő tapasztalatok alapján egyaránt lehetnek pozitív és negatív hatással a növényre sőt volt, amelyik hatástalan volt (Kandoudi és Németh 2022a). A szakirodalomban leírt adatokat különböző fajokkal, eltérő körülmények között, eltérő időzítéssel és dózisban végzett kezeléseket azonban nagyon nehéz egymással összevetni és abból megfelelő következtetéseket levonni. Jelen munkánkat is ez motiválta: további adatokat szerezni e vegyület gyógynövényekre *in vivo* kifejtett hatásáról.

2.8. Az izzóp jellemzése

A következő alfejezetekben a kísérletemben használt modellfajokat mutatom be röviden.

Az izzóp, (*Hyssopus officinalis* L.) kétszikű, a Lamiales renden belül a Lamiaceae családba tartozó növény (2. kép). Évelő félcserje. A Földközi-tenger keleti részén és Ázsiában őshonos. Karógyökere mélyre hatol és erősen elágazó. Szára 50-70 cm magas, tövétől gazdagon elágazó, talajközelben fásodó. Levelei keresztben átellenesen állnak, ép szélűek, fénylő, sötétzöldek. A levelek szálasak, lándzsásak, csúcsuk kissé lefelé hajlik. Egy-egy levélörvből 2-3 levélpár is kiindulhat. A levelek válla fokozatosan elkeskenyedve nyélrefutó. A levélnyel rövid, a szárcsúcsához közel hiányzik, tehát a fiatal levelek ülők. A levelek felszínén és fonákján mélyen besüllyedő olajmirigyek találhatók.



2. Ábra: Izzóp

A drogot a virágzó hajtás, a *Hyssopi herba* (3. kép) és az illóolaja *Aetheroleum hyssopi* szolgáltatja (Bernáth, 2000). A megfelelő minőségű drog tartalmaz zöld színű levelet, vékony szárrészeket, illetve virágokat is. A legjobb minőségű (I. osztályú) drog hatóanyagtartalma minimum 0,4%, vizes kivonat – tartalma 25%. Fő hatóanyaga az illóolaj, melynek színe sárga, illata kellemes, aromás (Sváb 2000). Az illóolaj itt is, mint a Lamiaceae családba tartozó növények nagyrésznél, speciálisan a mirigyszőrökben képződik. Ez a szerv a kiválasztásban aktívan részt vesz. A mirigyszőrök lehetnek egy- és többsejtűek is. Kutikula borítja a felszínét, de fizikai behatásra könnyen sérül és az illó molekulák a kutikula felszínére törnek (Haraszty, 1998). Ezek a sejtek túlnyomó részt a leveleken és a virágokon helyezkednek el, de találhatunk illóolajat a termésben, magvakban és a gyökerekben is (Zámbó és Lencsés, 2000).



3. Ábra: Izsóp morzsolt drogja

Maximális illóolajtartalat az izsópban a teljes virágzás alatt tudunk elérni, de kisebb koncentrációban az egész növényben található. Chopra et al. (1968) a kék virágú taxonokban 1-1,5%, a rózsaszínű változatoknál 0,8%, míg a fehér virágú típusokban 0,5%-os felhalmozódási szintet állapított meg. Hasonló eredményt értek el Galambosi és társai (1993), ők is a kék színű csoportban mérték a legmagasabb értéket (1,36%), a fehér és rózsaszínű taxonok nagyjából azonos eredményt adtak (0,6 és 0,8 %), a vegyes virágszínű csoport viszont meglepően közel állt a kék virágú csoporthoz (~1%). Ebből az a következtetés vonható le, hogy a virágszín és az illóolaj tartalom szintje nem függ össze.

Az izsóp föld feletti részei tartalmaznak egyéb hatóanyagokat is, például flavonoidokat (dizmin, hesperidin), 5-8% cseranyagot (rozmaringsav, kávéssav, tannin), keserűanyagot, gyantaanyagokat, hiszopint (Castleman 1994; Sváb 2000).

2.9. A levendula jellemzése

A hibrid levendula, azaz a *Lavandula x intermedia* kétszikű növény, a Lamiales rendjén belül a Lamiaceae családba tartozó növényfajtagazságság tagja, ami 39 fajt és több hibrid fajt számlál (4. kép).

Évelő, N életformájú félcserje. Fás főgyökérzete sűrűn elágazó. Szára zömök, parás, bokrosan elágazik. Természetes körülmények között félgömb habitust fejleszt, ~60 cm magas, ~100 cm átmérőjű, egyszálas virágai 20-40cm hosszúak. Álörvekből álló virágzatát 4-12 virágörv alkotja. Termése négy makkocská.



4. Ábra: Hibrid levendula

A levendulát évezredek óta használja az emberiség gyógynövényként. Egyiptomban mumifikálásra és parfümként is alkalmazták. Rómában illatosítónak, vagy a fürdővízben is használták. A fürdővizes oldatot ízületi merevség kezelésére javasolták. Angliában a pestis idején az emberek a csuklójukon viselék a növényt. Korábbi feljegyzések szerint aki gyakrabban érintkezett levendula olajjal ellenállóbb volt a pestissel szemben. A levendulának végső soron rengeteg felhasználási módját ismertük meg a hosszú évszázadok alatt. Használták rovarölőként, görcsoldóként, fájdalomcsillapítóként, fáradtság elleni gyógyírként, és légzőszervi megbetegedéseket is kezeltek vele. A 20. században emésztőszervi, léguti megbetegedések, ízületi bántalmak gyógyszereinek alapanyagaként került a gyógyszer iparba.

A valódi levendula drogja a megszáritott virág *Lavandulae flos* (5. kép), illetve vízgőz desztillációval előállított illóolaja *Lavandulae aetheroleum*. A VIII. Magyar Gyógyszerkönyv mindkét drogot hivatalosan elismeri. Nem hivatalos drogja a *Lavandulae herba*. Az olaj, és a száritott virág is megtalálható a WHO és az EU Monográfiákban.



5. Ábra: Levendula megszáritott virága

A virágdrog 0,5-3% illóolajtartalommal bír, melynek fő összetevői: linalil-acetát 30-60%, linalool 20-50%, kámfor, ocimén, borneol, limonén, lavandulol, alfa pinén, terpinén-4-ol, alfa terpineol. A levendula desztillált illóolaját több mint 100 összetevő alkotja, minőségét észter tartalma határozza meg. A VIII. Magyar Gyógyszerkönyv szerint az illóolaj színtelen, halványsárga színű. A komponensek előírt százalékos értékei: 25-47% linalil-acetátban kifejezett észter, max. 1% limonén, 2,5% 1,8 cinelomax, 0,1-5% 3-oktanon, legfeljebb 1,2% kámfor, 0-45% linalool, 0,2-8% terpinen-4-ol.

2.10. A cickafark jellemzése

A mezei cickafark (*Achillea collina* Becker) életformája hemikryptophyta(6. kép) (Udvardy, 2002). Sűrűn előfordul, gyom és gyógynövényként tartják számon. A természetben a magról kelt növények a fejlődésük első évében általában csak tölevélrózsát fejlesztenek, és a második évtől virágoznak(Horánszky és Járainé, 1991). Virágzó hajtásai 40-80 cm magasak lehetnek (Verzárné, 1979). A 3-5 mm-es nagyságú virágok bugába rendeződnek (Kéry és Szőke, 2003). Termése kaszat, ezermagtömege 0,1-0,2 g.



6. Ábra: Mezei cickafark

Drogja a virágzó, 30-40 cm hosszú, föld feletti hajtás (*Millefolii herba*), illetve a teljes virágzásban, 5-6 cm szárrésszel gyűjtött, fehér színű virágzat (*Millefolii flos*). A friss növényből lepárolt olaj szintén kereskedelmi forgalomban van: *Aetheroleum millefolii*. A VIII. Magyar Gyógyszerkönyv szerint kizárólag a közönséges cickafark *Achillea millefolium* herbája szerepelhet a drogban. Ugyanakkor a szakirodalomból ismert, hogy az azulén tartalmú, jó minőségű illóolajat csak az *Achillea collina* (mezei cickafark) tud szolgáltatni, ezért a természetben kizárólag ez fordul elő.



7. Ábra: Cickafark morzsolt drogja

A VIII. Magyar Gyógyszerkönyv szerint a minimális elvárt illóolajtartalom 0,2%, a proazulén tartalom 0,02% a száraz drogban. Az illó komponensek a levelek felszínén mirigyekben találhatóak. A desztillált illóolaj fő összetevője a kamazulén, aminek köszönhetően az olaj kék színű. A szín remek indikátor, a sötétebb szín többkamazulént jelent (Héthelyi et al. 2001). Leggyakoribb illóolaj összetevők emellett az 1,8-cineol, kámfor és

borneol monoterpének. A cickafark fajok fontos hatóanyagai a nem illó szeszkviterpénlaktonok is, amelyek a drog keserű ízét adják, valamint flavonoidok és glikozidjaik. A drogban ezen kívül található még vitaminok (C vitamin, folsav), ásványi anyagok: klór, vas, kén, nátrium (Varró, 2005).

Varga Dominik

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

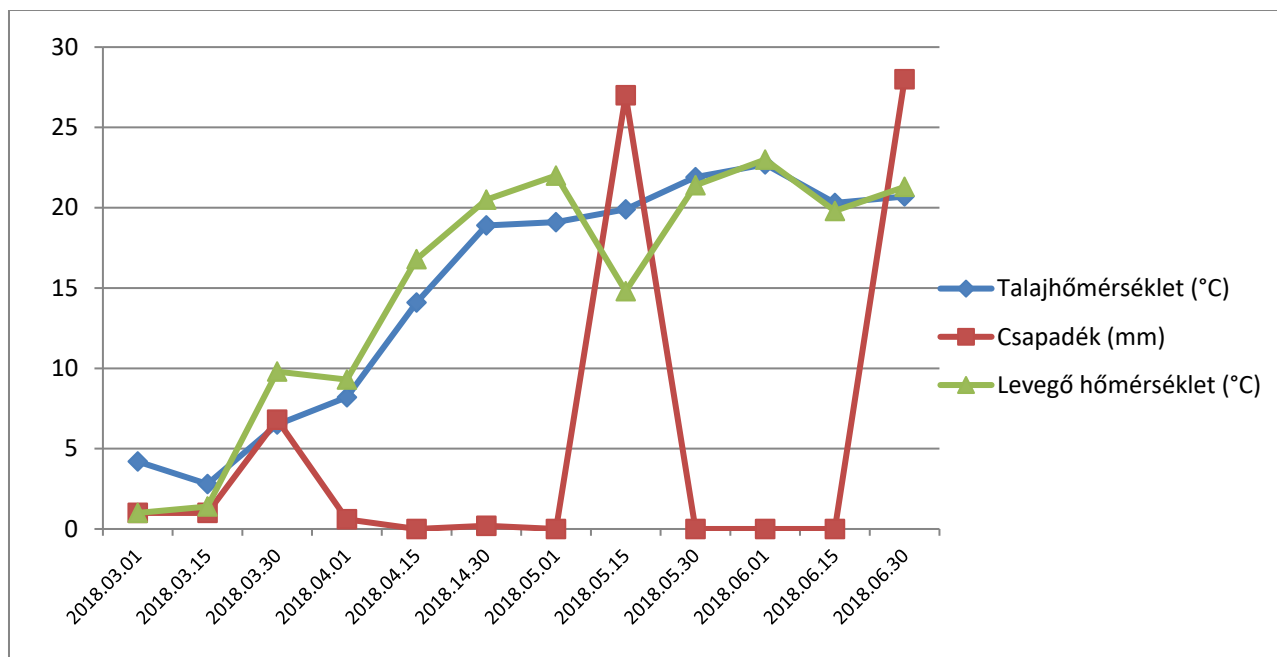
3.1. A vizsgálat hipotézise és helyszíne

Kísérletem elsődleges kérdése, hogy a metil-jazmonáttal (MeJa) végzett kezelésekkel stimulálhatók-e az izsóp (*Hyssopus officinalis*), az angol levendula (*Levendula x intermedia*) és a mezei cickafark (*Achillea collina*) növények illóolaj termelése, és ebből kifolyólag lehet-e javítani keletkező drog minőségét. Az elicitor szerekkel történő kezelések stressz- jellegű hatásokat válthatnak ki a növényekben, ezért ezzel együtt oda kell figyelnünk, hogy a növénynövekedése és fejlődése nem szenvednek-e kárt a kezelésektől.

A kísérletet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem soroksári kísérleti üzemében végeztük. A levendulából a hibrid (*Levendula x intermedia*) 'Judit' fajtáját, izsópból a faj egy köztermesztési taxonját (*Hyssopus officinalis*) és a mezei cickafark (*Achillea collina*) 'Azulénka' fajtáját választottuk. A kísérleti üzemben fenntartott több éves ültetvényekben végeztük a kezeléseket.

3.2. Körülmények és módszerek

A vegetációs idő első részében a területen rendszeresen mechanikus gyomirtást végeztünk, a száraz időszakokban csapadékpótló öntözést biztosítottuk. Növényvédelem a kísérlet ideje alatt egyik faj esetében sem volt indokolt. A márciustól júniusig terjedő időszakban a csapadék eloszlását, a levegő átlaghőmérsékleti és a talaj átlaghőmérsékletre vonatkozó adatokat az 1. ábra tartalmazza.



8. ábra: Hőmérséklet és csapadék adatok (Soroksár, 2018)

A kísérleti parcellákban minden faj esetében 3 sort választottunk ki, amelyeknek egy-egy 5 méteres szakaszán végeztük el az egyes kezeléseket (8-9. kép). A szegélyhatás elkerülése érdekében minden sor a parcella belsejében helyezkedett el. A kezelések az alábbiak voltak:

- Metil-jazmonát 0,5 mM töménységű oldata
- Metil-jazmonát 4,0 mM töménységű oldata
- Csak vízzel kezelt kontroll



9. Ábra: Levendula parcella



10. Ábra: Izsóp parcella

Az oldatokat kézi permetezővel juttattuk ki, úgy, hogy a növényeket a permetlé teljesen befedje (10-11. kép). A permetezést két héttel a teljes virágzás, azaz a betakarítás előtt végeztük el, majd egy hét múlva megismételtük. Az első permetezés időpontja június 7, a második kezelés időpontja június 15.



11. Ábra Kontroll csoport permetezés



12. Ábra: Permetezés

A betakarítás során a termesztési gyakorlatnak megfelelően az izsóp és a cickafark felső 30 cm-es hajtásrészét vágjuk le, míg a hibrid levendula esetében a virágzatokat a legfelső levélpár felett. A mintavétel a kezelt sorokban véletlenszerűen tömegmintákat szedtünk három ismételtsben. Betakarítás után a mintákat fedett helyen, természetes úton szárítottuk.

3.3. Laborvizsgálati módszer

A minták feldolgozása és analízise a MATE Gyógy- és Aromanövények Tanszék laborjában történt. Az illóolaj desztillációhoz a begyűjtött és kiszárított növényanyagot lefosztottuk és a levél illetve virág frakció került lepárlásra. A drogot tehát kezelésként 3 ismételtsben pároltuk le, Clevenger-készülék használatával (12. kép), vízdesztillációval nyertük ki az illóolajat, melyet dekantálással, választótölcsér segítségével vízmentesen szedtük le. Mintánként 20 grammot pároltunk le, a desztilláció időtartama forrástól számítva 2,5 óra volt, a levendula esetében pedig 1,5 óra.



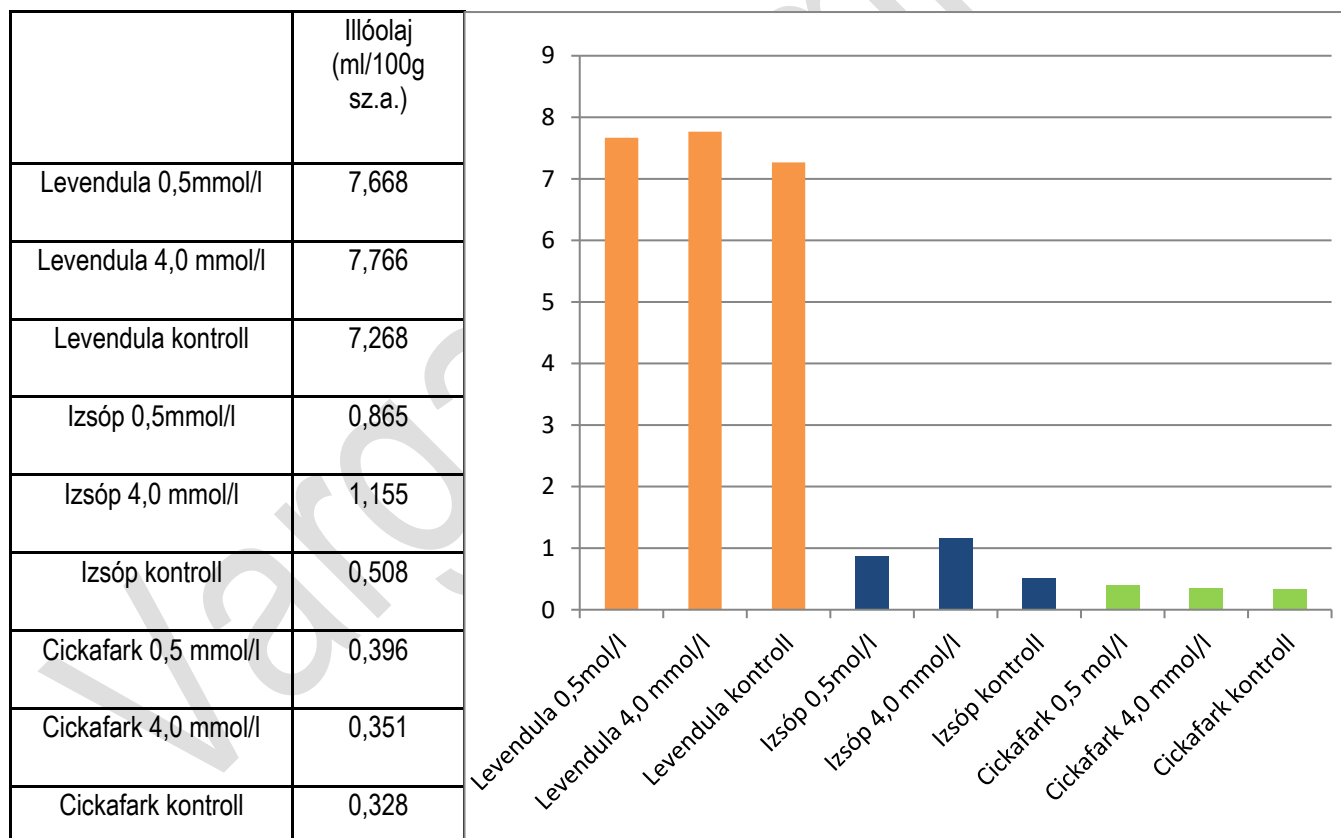
13. Ábra: Lepárlás Clevenger készülékkel

Az illóolaj-tartalom g/100 g szárazanyagra vonatkozóan adtuk meg. A szárazanyagtartalmat 5 g drog 105°C-on való 3 órán át tartó hevítése után a tömegvesztéséből határoztuk meg.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Illóolaj-tartalom

Az ANOVA-teszt szignifikáns eredményt mutatott. A levendula ($F=8.511$ $p=0.058$ $\eta^2=0.016$) esetében a kontroll csoporthoz képest növekedett az illóolajtartalom. A 0,5 mmol/l-es csoportnál 0,4 ml/100g növekedést értünk el, a 4,0 mmol/l-es kezeléssel pedig 0,38ml/100 gal növeltük az illóolajtartalmat.



14. ábra: Az illóolaj-tartalom leíró statisztikái

Az izzóp ($F=237,535$ $p<0.001$ $\eta^2=8.842\times 10^{-4}$) is hasonlóan reagált a kezelésre, mint a levendula. A 0,5 mmol/l-es kezelésnél 0,357ml/100g illóolajtartalom növekedést sikerült elérni, a 4,0mmol/l-es kezeléssel pedig 0,647ml/100g hatóanyagtartalom növekedést figyeltünk meg.

A cickafark ($F=852.750$ $p<0.001$ $\eta^2=2.667\times 10^{-6}$) esetében kisebb volt az emelkedés, de itt is stimuláló hatás mutatkozott az elicitáció eredményeképp. A 0,5 mmol/l-es kezeléssel 0,068 ml/100g növekedést értünk el, a 4 mmol/l kezeléssel 0.023 ml/100g-ot. Ez arra utal, hogy míg a másik két faj esetében a hatóanyagtartalom emelkedés a MeJa dózissal arányos, a cickafark állományban az alacsonyabb koncentráció tűnik optimálisnak.

Varga Dominik

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A rendelkezésünkre álló eredményekből arra következtethetünk, hogy a kezelés módja, és a kijuttatott szer összefüggésben áll az illóolajtartalommal. Az átlag értékeket megfigyelve, a levendula és az izzóp számunkra kedvezőbben reagált a 4mM metil-jazmonát dózissra, a cickafark ezzel szemben a 0,5 mM-os kezelésre mutatott nagyobb illóolaj koncentrációt. Úgy tűnik tehát, hogy a MeJa hatékonyan használható az illóolajtartalom növelésére e fajok állományában.

A továbbiakban érdemes lehet tehát részletesebben kidolgozni e módszert és a jövőben esetleg a termesztéstechnológiába illesztve annak hatékonyságát javítani vele. Számos fejlesztési aspektus szóba jöhet: a továbbiakban más koncentrációkat is kipróbálni, a lezelések idejét esetleg módosítani, az ismételt kezelés szükségességét megvizsgálni illetve esetleg további fajokát bevonni a kísérletbe. Emellett figyelembe érdemes venni a stresszválasz okozta esetleges biomassza módosulásokat is. Ehhez javasolom bővíteni a mért adatok körét, pl.: magasság, tömeg, morzsolt drog aránya. Mindezen adatok ugyanis fontosak lehetnek egy átfogó kép megalkotásában.

A kísérlet elején 3 kérdésre kerestük a választ. Az illóolaj-tartalmat mindhárom növény esetében sikeresen tudtuk növelni. A levendula és az izzóp esetében a 4mM MeJa kezeléssel, a cickafark esetében a 0,5mM MeJa kezeléssel. Érdekes lehet viszont, hogy a válaszreakció fajspecifikus, ami egybecseng az irodalmi adatok értékelése során megállapítható következtetéssel.

Összességében megállapíthatjuk, hogy érdemes foglalkozni alaposabban a kísérlettel több növénnyel, különböző dózissal, idősebb esetleg fiatalabb kultúrával, más talajon.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A gyógy-és fűszernövények emberemlékezet óta fontos része a civilizációnak. A korai civilizációkban gyógyhatásuk miatt, jelen társadalmunkban a gyógyszeripar és sok más ágazat termékeinek fontos alapanyaga. Éppen a fokozódó kereslet miatt egyre fontosabb lenne megoldást találni a másodlagos anyagcseretermékek mennyiségének növelésére, aminek a nemesítéssel és a szokásos agrotechnikai módszerekkel korlátai vannak. A levendula (*Lavandula x intermedia*), izsóp (*Hyssopus officinalis*) illetve a cickafark (*Achillea colliba*) egyaránt ismert gyógynövények, herbájuk mellett az illóolajukat hasznosítjuk. A másodlagos anyagcsere termékek termelésének növelésére az egyik megoldás az elicitáció lehet. Az elicitorok arra készítetik a növényt, hogy védelmi mechanizmusként a számunkra értékes anyagokat termeljenek. Kísérletünk során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy elicitorok alkalmazásával képesek vagyunk-e a levendula, izsóp és cickafark illóolaj koncentrációját megnövelni. A vizsgált szer a metil-jazmonát (MeJa), melyet több dózisban használtunk.

Szabadföldön, több éves ültetvényben dolgoztunk. A parcellákban kiválasztott sorok 5-5 méter hosszúak, a terület közepén helyezkedtek el a szegélyhatás elkerülése érdekében. 2018 június 7-én, és június 15-én végeztük el a kezeléseket kézi permetezővel. Betakarítás során az izsóp és cickafark esetében a felső 30 cm-t vágtuk le, levendula esetében a legalsó virágpár felett. A növényeket természetes úton kiszárítottuk, majd lemorzsoltuk. Mintánként 20 g fosztott drogot hidrodessztilláltunk háromszori ismétléssel. Az eredményeket egyutas ANOVA módszerrel elemeztük.

Az eredmények azt mutatják, hogy bár eltérően, de mindhárom növény pozitívan reagált a kísérletre. A levendula és az izsóp esetében a 4,0 mmol/l kezeléssel értünk el jobb eredményt, cickafark esetében pedig a 0,5 mmol/l dózissal.

Összességében elmondható, hogy a jövőben érdemes foglalkozni mélyebbre hatóan az illó anyagokat felhalmozó fajok in vivo elicitációjának kérdéskörével. A technológiát fajspecifikusan kell optimalizálni, beállítva a hormon dózist, a kezelés időpontját/idejét és kontrollálni az eredményeket több termőhely körülményei között.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- Ahmadi M., &Pirdashti H. (2011). The effect of phosphorus and potassium on essential oil of lavender (*Lavandula angustifolia*). International journal of agriculture and biology, 13(3), 415-418.
- Bernáth J., 2000. Gyógy- és aromanövények Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Bernáth, Gy. (szerk.) (2013): Vadon termő és termesztett gyógynövények, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 17-18 p.
- Browse J, Howe GA (2008) New weapons and a rapid response against insect attack. Plant Physiol 146:832–838.
- Castleman, M. 1994. Gyógynövény Enciklopédia. Esély Kiadó Kft. Budapest p.199-201.
- Chopra R.N., Nayar S.L., Chopra I.C. 1986. Glossary of Indian Medicinal Plants (Including the Supplements). Council of Scientific and Industrial Research.
- DiCosmo F, Misawa M. Eliciting secondary metabolism in plant cell cultures. Trends in Biotechnology. 1985; 3(12):318-322.
- Dudai N., Weinberg P. Ravid U., Larkov O.,& Putievsky E. (2005) The effect of water stress on the growth and content of essential oil in Chamomile, Lavander and Sage. Acta Horticulturae, (676) 219-224.
- Forró E., Czigle S., Jedlinszki N., Máthé I., & Héthelyi É., (2016). Effect of solar radiation on the essential oil composition of *Hyssopus officinalis* L. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 19(1), 8-16.
- Ganapathi B, Kargi F. Recent advances in indole alkaloid production by *Catharanthus roseus* (Periwinkle). Journal of experimental botany. 1990; 41(3):259-267.
- Ghasemi Pirbalouti, A., Mahdad, E., & Cracker, L. E. (2005) Influence of water deficit stress on growth and essential oil content of peppermint (*Mentha piperita* L.) Journal of essential oil research, 17(6), 711-714
- Haraszty Á. 1998. Növényismeret és növényélettan. Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest. p. 195.

- Héthelyi B., Szabó L. Gy., Domonkos J. 2001. Illatos gyógynövények összetevőinek fitokémiai vizsgálata GC, GC/MS módszerrel és a drogok-, herbák értékelése antioxidáns jellegük szempontjából. Olaj, Szappan, Kozmetika. 50. 5. 196-203.
- Horánszky A., Járanie K. M. 1991. Növényrendszertani praktikum. Bp. Tankönyvkiadó. p. 462
- Huang H, Liu B, Liu L, Song S (2017) Jasmonate action in plant growth and development. J Exp Bot 68:1349–1359.
- Jirakiattikul Y, Rithichai P, Kwanthong P, Itharat A (2021) Effect of jasmonic acid elicitation period on enhancement of bioactive compounds and antioxidant activity in callus cultures of *Hibiscus sabdariffa* Linn. Hortic Environ Biotechnol 62:629–636.
- Isah, T., Umar, S., Mujib, A., Sharma, M. P., Rajasekharan, P. E., Zafar, N. (2017): Secondary metabolism of pharmaceuticals in the plant in vitro cultures: strategies, approaches, and limitations to achieving higher yield. Plant Cell Tissue Organ Cult 132(132):239–265. p.
- Kandoudi, W. és Németh-Zámboriné, É. (2022a): Stimulating secondary compound accumulation by elicitation: Is it a realistic tool in medicinal plants in vivo? Phytochem Reviews. Horticulturae 2022, 8, 5.
- Karami A., Mohammadi K., & Dehghani Bidgoli M. (2016). Effect of different levels of nitrogen and potassium fertilizers on quantity and quality of essential oil of Lavender (*Lavandula officinalis*). Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. p. 10-14.
- Kéry Á., Szőke É. 2003. Farmakognózia, Növényi drogok farmakobotanikai és fitokémiai vizsgálata II. Bp. Semmelweis Kiadó. p. 132
- Khayyat M., & Rowshan V. (2013). Effect of water stress on quantity and quality of essential oil of Lavender (*Lavandula angustifolia*). Journal of Medicinal Plants Research. p. 89-94.
- Kokkini S., Karousou R., Dardioti A., Karapiperis C. (1997) Volatile constituents of *Achillea millefolium* spp. from Mt. Olympos, Greece: chemical diversity and chemoecological significance. Biochemical Systematics and Ecology. p. 25.
- Kumar A., Sharma N., Kaur R. (2018). Effect of salinity stress on yield, essential oil composition and antioxidant activity of *Achillea millefolium* L. Industrial Crops and Products. p. 467-473.
- Láng F., 1998. Növényélettan a növényi anyagsere. Elte Eötvös Kiadó. Budapest. p. 916-928.

- Láng F., 2002. Növényélettán a növényi anyagcsere II. Elte Eötvös Kiadó. Budapest. p. 950-957
- Li, Q. Zheng, Y., Duan, X., Wu, Y., Wu, P., Sun, L.,...& Wei, S. (2019) Effects of light on the growth and essential oil content of *Lavandula angustifolia*. HortScience. p. 69-74.
- Namdeo AG. Plant cell elicitation for production of secondary metabolites: a review. Pharmacognosy reviews. 2007; 1(1):69-79.
- Oksman-Caldentey KM, Inzé D. Plant cell factories in the post-genomic era: new ways to produce designer secondary metabolites. Trends in plant science 2004; 9(9):433-440.
- Pino J. A., Marbot R., Vázquez C., & Jiménez A. (2004). Variation in essential oil yield and composition of *Hyssopus officinalis* L. due to time of day and harvest time. Journal of Agricultural and Food Chemistry. p. 2454-2458.
- Pethő, M., 1998 A növényélettán alapjai. Akadémiai Kiadó. Budapest. p. 126-127.
- Rao SR, Ravishankar GA. Plant cell cultures: chemical factories of secondary metabolites. Biotechnology advances. 2002; 20(2):101-153.
- Rápóti J., 1991. Gyógyító növények. Medicina Kiadó. Budapest. p. 11
- Sabir A., Unver A., Kara Z., Dasgan Y. (2014) The effect of water stress on plant yield, essential oil content and composition of *Hyssopus officinalis* L. Industrial Crops and Products. p. 252-257.
- Shabani L, Ehsanpour AA, Asghari G, Emami J (2009) Glycyrrhizin production by in vitro cultured *Glycyrrhiza glabra* elicited by methyl jasmonate and salicylic acid¹. Russ J Plant Physiol. p. 621–626.
- Sánchez-López R., García-Sánchez F., Senorans, F.J., & Ibanez, E (2009). Effect of light intensity on sensory characteristics and headspace composition of lavender (*Lavandula angustifolia* Miller). Journal of Agricultural and Food Chemistry. p. 7558-7563.
- Sváb J-né. *Hyssopus officinalis*-izsóp. In: Bernáth J. (szerk). 2000. Gyógy és aromanövények. Mezőgazda Kiadó. Budapest
- Thakur GS, Sharma R, Sanodiya BS, Baghel R, Thakur R, Singh BN, et al. In vitro induction of tuber formation for the synthesis of secondary metabolites in *Chlorophytum borivilianum* Sant. et Fernand. African journal of Biotechnology. 2013; 12(20).

- Udvardy L. 2002. A Kertészeti Növénytan Növényismereti kompendiuma. Bp. Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar. p.76.
- Varró A. B. 2005. Gyógynövények gyógyhatásai. Gyöngyös. Pallas-Antikvárium Kft. p.75-76.
- Verzárné P.G. 1979. Drogatlasz. Bp. Medicina Könyvkiadó. p.266-268.
- Wang SY, Bowman L, Ding M (2008) Methyl jasmonate enhances antioxidant activity and flavonoid content in blackberries (*Rubus* sp.) and promotes antiproliferation of human cancer cells. *Food Chem* 107:1261–1269.
- Wasternack C (2007) Jasmonates: an update on biosynthesis, signal transduction and action in plant stress response, growth and development. *Ann Bot* 100:681–697.
- Xu A, Zhan JC, Huang WD (2015) Effects of ultraviolet C, methyl jasmonate and salicylic acid, alone or in combination, on stilbene biosynthesis in cell suspension cultures of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *Plant Cell Tissue Organ Cult* 122:197–211.
- Zámbó I., Lenchés O. Az ollóolajok kinyerése. In: Bernáth J. (szerk.). 2000. Gyógy- és aromanövények. Mezőgazda Kiadó. Budapest. p. 99.
- Złotek U, Michalak-Majewska M, Szymanowska U (2016a) Effect of jasmonic acid elicitation on the yield, chemical composition, and antioxidant and anti-inflammatory properties of essential oil of lettuce leaf basil (*Ocimum basilicum* L.). *Food Chem* 213:1–7.
- Zhou L., Tan G., Zhang X., & Wang X., (2019). Effects of light intensity on the growth, yield, and essential oil composition of *Hyssopus officinalis* L. *Industrial Crops and Products*, 132, 77-83.

7.1. Internetes hivatkozások

- 1 <https://www.gyogynoveny-volgy.com/assets/img/ff/izsop.png>
- 2 <https://florasense.hu/content/termekek/novenyek/Kerti-izsop-vagott-hyssopus-officinalis-25g-nove261.jpg>
- 3 https://cdn.shopify.com/s/files/1/0024/4416/5156/files/Levendula_e5b893fa-7dec-47ff-919a-6d131236a4f7.jpg?v=1636629640
- 4 https://www.manutea.hu/~photo-nahled-2442/levendula-virag-lavandula-angustifolia-gyogynoeveny_1371.jpg?t=1543527177
- 5 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4d/Achillea_millefolium_20041012_2574.jpg
- 6 https://www.manutea.hu/~photo-nahled-2433/koezoenseges-cickafark-achillea-millefolium_1360.jpg?t=1543526426

7.2. Ábrajegyzék

1. ábra Jázmonsav és metil-jazmonát
2. ábra Izsóp
3. ábra Izsóp morzsolt drogja
4. ábra Hibrid levendula
5. ábra Levendula megszártott drogja
6. ábra Mezei cickafark
7. ábra Cickafark morzsolt drogja
8. ábra Hőmérséklet és csapadék adatok
9. ábra Levendula parcella
10. ábra Izsóp parcella
11. ábra Kontroll csoport permetezés
12. ábra Permetezés
13. ábra Lepárlás Clevenger készülékkel
14. ábra Az illóolaj-tartalom leíró statisztikái

7.3. Táblázat jegyzék

1. táblázat: Levendula illóolaj tartalmára vonatkozó adatok egytényezős variancia analízis eredményei
2. táblázat: Izsóp illóolaj tartalmára vonatkozó adatok egytényezős variancia analízis eredményei
3. táblázat: Mezei cickafark illóolaj tartalmára vonatkozó adatok egytényezős variancia analízis eredményei

8. MELLÉKLETEK

8.1. Variancia analízis eredmények

Variancia analízis

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
1	0.279	2	0.139	8.511	0.058
2	0.049	3	0.016		

1. táblázat: Levendula illóolaj tartalmára vonatkozó adatok egytényezős variancia analízis eredménye

Variancia analízis

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
1	0.420	2	0.210	237.535	< .001
2	0.003	3	8.842×10^{-4}		

2. táblázat: Izsóp illóolaj tartalmára vonatkozó adatok egytényezős variancia analízis eredményei

Variancia analízis

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
1	0.005	2	0.002	852.750	< .001
2	8.000×10^{-6}	3	2.667×10^{-6}		

3. táblázat: Cickafark illóolaj tartalmára vonatkozó adatok egytényezős variancia analízis eredményei

8.2. Beleegyező nyilatkozat

NYILATKOZAT

a szakdolgozat, diplomamunka eredetiségéről és nyilvános vagy korlátozott hozzáféréséről

A szerző neve: Varga Dominik

A dolgozat címe: A hatóanyagtartalom növelése stimulátorok alkalmazásával

A megjelenés éve: 2023

A tanszék neve: Gyógy- és Aromanövények Tanszék

Kijelentem, benyújtott szakdolgozatom egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi termékem. Tudomásul veszem, hogy a Budai Campus Tanulmányi Osztályon határidőben történő bemutatás nem jelenti dolgozatom szakmai és tartalmi elfogadását.

Kérem, válasszon az alábbi lehetőségek közül:

☒ Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a MATE Entz Ferenc Könyvtár

és Levéltár szakdolgozat archívumába. A teljes szöveg kizárólag a Budai Campus számítógépeiről tekinthető meg.

A vízjellel ellátott pdf dokumentum szerkesztését nem, megtekintését engedélyezem. Tudomásul veszem,

hogy a vízjel nélkül leadott dokumentum szerzői jogai sérülhetnek.

☐ **Dolgozatom titkosított. A titkosítás lejáratának dátuma: évhónap.**

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a MATE Entz Ferenc Könyvtár

és Levéltár szakdolgozat archívumába. A vízjellel ellátott pdf dokumentum szerkesztését nem, megtekintését a titkosítás határidejének lejárta követően engedélyezem. A teljes szöveg kizárólag a Budai Campus számítógépeiről tekinthető meg.

Tudomásul veszem, hogy a vízjel nélkül leadott dokumentum szerzői jogai sérülhetnek

Budapest, 2023.05.07.



.....
szerző aláírása

8.3. Konzultációs nyilatkozat

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Varga Dominik (név) (hallgató Neptun azonosítója: X9CQFM) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2023. év 05. hó 08. nap



Belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.