

ILLÓOLAJOK ELEKTROFIZIOLÓGIAI AKTIVITÁSÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÓ ELEMZÉSE A TARKA- ÉS A NYERGES SZŐLŐMOLYNÁL

Fazekas Klaudia¹, Szelényi Magdolna Olívia², Erdei Anna Laura², Rikk Péter², Tóth Ferenc¹, Koczka Noémi¹, Molnár Béla Péter²

¹Szent István Egyetem Mezőgazdasági- és Környezettudományi Kar, Gödöllő

²ATK Növényvédelmi Intézet, Állattani Osztály, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

e-mail: molnar.bela.peter@agr.ar.mta.hu

Kivonat

Az aromanövényeket már az ókor óta alkalmazzák nemcsak fűszerként hanem antimikrobiális, inszekticid és rovar repellens hatásuk miatt a haszonnövények védelmére. Napjainkban újra fontossá váltak az illóolajok, mivel alkalmasak a jelenleg használt szintetikus növényvédőszer kiváltására. Öt különböző, kereskedelmi forgalomban elérhető, illóolaj: a fahéj (*Cinnamomum zeylanicum*), a szegfűszeg (*Syzygium aromaticum*), az eukaliptusz (*Eucalyptus globulus*), a borsmenta (*Mentha x piperita*) és a kakukkfű (*Thymus vulgaris*) gőzfázisában a tarka szőlőmoly (*Lobesia botrana*) és a nyerges szőlőmoly (*Eupoecilia ambiguella*) imágók csápjai által érzékelt vegyületeket azonosítottuk. Szaglószervi vizsgálatainkat csápdetektoros gázkromatográffal (GC-EAD); a vegyületek szerkezetmeghatározását gázkromatográffal kapcsolt tömegspektrográffal (GC-MS) végeztük el. A kísérletek során a tarka szőlőmoly esetében 30, míg a nyerges szőlőmoly esetében 31 fiziológiásan aktív vegyület került azonosításra.

Kulcsszavak: tarka szőlőmoly, *Lobesia botrana*, nyerges szőlőmoly, *Eupoecilia ambiguella*, illóolaj, csápdetektoros gázkromatográf, botanikai peszticid

Bevezetés

A szőlő az emberiség egyik legősibb kultúrnövénye, gazdasági jelentőségét mutatja, hogy világszerte több mint 7,5 millió hektáron termesztik. Magyarországon mintegy 60-70 ezer hektáron foglalkoznak szőlőtermesztéssel, melyről éves szinten 400 ezer tonna termést takarítanak be (www.fao.org). Amellett, hogy a szőlő érzékeny a klímatis hatásokra, számos kártevő faj veszélyezteti a termésbiztonságot.

Magyarországon a tarka szőlőmoly (*Lobesia botrana*) évente 3, a nyerges szőlőmoly (*Eupoecilia ambiguella*) évente 2 nemzedéke alakul ki. Mindkét faj első rajzása már áprilisban kezdetét veszi, ekkor a lárvák a virágkezdeményekben tesznek kárt. A későbbi nemzedékek a zöld, még éretlen bogyó szemek mellett az érett szőlőszemeket is károsítják (Cozzi és mtsai., 2006, Stellwaag 1928), amivel utat nyitnak a *Botrytis* és *Aspergillus* fajoknak (Pavan és mtsai., 1998). Ezek az elsődleges és másodlagos kártételek együttesen jelentős termés kiesést idézhetnek elő.

Magyarországon a növényvédelmi célra értékesített növényvédőszer mennyisége meghaladja az évi 26 ezer tonnát (Medináné Lázár 2019), melynek a felelőtlen rotáció nélküli kijuttatása a rezisztencia kialakulása mellett, kárt tesz a környezetben. Az agrárkutatók egyik legfontosabb aktuális célja a környezetterhelés csökkentése és környezettudatos növényvédelmi megoldások kidolgozása. Az egyik lehetséges út a botanikai peszticidek használata, amelyek közül jelenlegi munkánkban az illóolajokkal és azok rovar repellens hatásával foglalkoztunk.

A növényi illóolajok alatt tradicionálisan a zsírban oldódó, desztillációval (víz-, vízgőz, vagy gőzlejárás), illetve hidegen sajtolással előállított, többnyire meglehetősen illékony

vegyületekből álló elegyeket értjük. Az illóolajokat alkotó vegyületek leggyakrabban monoterpének, szeszkviterpének, vagy aromás fenilpropán-származékok; funkciós csoportjaik alapján lehetnek szénhidrogének, alkoholok, aldehidek, ketonok, éterek vagy észterek. Az illékony komponensek közös tulajdonsága, hogy alacsony molekulatömegű, apoláros, illetve gyengén poláros anyagok (Böszörményi & Darvas 2016).

Az aromanövényeket és illóolajaikat rovarölő és repellens hatásuk miatt már az ókor óta használják a rovarok elleni védekezésben (Dorman & Deans 2000, Bakkali és mtsai., 2008). Az 1900-as évek eleje óta vizsgálják az illóolajok *in vitro* és szabadföldi hatékonyságát: az eredmények szerint megfelelő alternatívát jelenthetnek a szintetikus peszticidekkel szemben (Isman & Machial 2006, Dorman & Deans 2000). Egyes aromanövényeket jelenleg is használnak tárolt gabonafélék és hüvelyesek védelmére, valamint a háztartásokban megjelenő rovarok visszaszorítására (Isman 2000).

A rozmarin illóolajának két vegyülete az eukaliptol és a (\pm)-kámfor lárvicid hatással rendelkezik a *Trichopulsia ni* fajjal szemben (Tak és mtsai., 2016). Az illóolajokkal való felületkezelés rövid és hosszú távú hatásait vizsgálták a bagolylepkék közé tartozó *Pseudaletia unipuncta* egyedinek túlélésére, és azt találták hogy a mortalitás növelve a reprodukciós képességet is negatívan befolyásolta (Sousa és mtsai., 2015). Bár az illóolajok viselkedésre és élettani folyamatokra gyakorolt hatása több rovarfaj esetén részletesen ismert, kevesebb információ áll rendelkezésre az illóolajok rovarok általi érzékeléséről. Emellett az illóolajok tarka és nyerges szőlőmoly viselkedésére gyakorolt hatásáról továbbá ennek kémiai ökológiai háttéréről még kevés információ áll rendelkezésre

Anyag és módszer

Rovar tenyészet

Az elektrofiziológiai kísérletekhez használt imágókat labor tenyészetből biztosítottuk. A nyerges szőlőmoly tenyészet alapításához a bábok a Federal Office for Agriculture FOAG (Liebenfeld, Svájc) intézetből érkeztek 2016-ban. A tarka szőlőmoly tenyészetet a Trento-i Egyetemről (San Michele all'Adige, Olaszország) származó bábok segítségével indítottuk szintén 2016-ban. Mindkét faj lárvaát 23 ± 2 °C hőmérsékleten $70 \pm 5\%$ -os relatív páratartalom mellett, hosszúnappalos körülmények között (15:9 órás fény/sötét szakasz), félszintetikus lucerna táptalajon (Nagy 1970) neveltük.

Illatanyag-mintavétel szilárd fázisú mikroextrakcióval (SPME)

A vizsgálatokhoz szükséges illatanyag mintákat statikus légtérből, szilárd fázisú mikroextrakciós (SPME) módszerrel gyűjtöttük. A mintavételek előtt az SPME szálakat (StableFlex 30/50 μ m DVB/CAR/PDMS, Supelco) 5 percig 250 °C-on kondicionáltuk. Mintavétel előtt az illólajat tartalmazó mintavételi edényt lezártuk, és 10 percig vártunk, hogy a folyadék és gőzfázis közötti dinamikus egyensúly beálljon. Az illóolaj mintavételezési adatait az 1. táblázat foglalja össze. Mintavétel után az SPME szálát az szaglószervi (GC-EAD) vagy a tömegspektroszkópiás (GC-MS) mérésekhez használtuk.

1. táblázat A vizsgálatban használt illóolajok mintavételezési ideje, és a mintázott mennyiség.

illóolaj	mintavételi idő (perc)	mintázott mennyiség (μ l)
fahéj (<i>Cinnamomum zeylinicum</i>)	10	5

szegfűszeg (<i>Syzygium aromaticum</i>)	10	5
eukaliptusz (<i>Eucalyptus globulus</i>)	10	5
kakukkfű (<i>Thymus vulgaris</i>)	10	5
borsmenta (<i>Mentha x piperita</i>)	5	3

Rovarcsáp detektoros gázkromatográfiás (GC-EAD) vizsgálatok

A vizsgálatok Agilent 6890N típusú gázkromatográfjal HP-5 UI (J&W Agilent Technologies, US, 30 m x 0,32 mm x 0,25 µm) apoláris kapilláris oszlopon végeztük. A mérés során a szilárd fázisú mikroextrakcióval (SPME) gyűjtött mintákat injektáltunk, amelyek deszorpciója az SPME szárlól az injektorban, 1 perc alatt, 250°C-on történt. A termosztát hőmérséklet programja 50°C-ról indult 1 perces hőntartással, majd percenként 10°C-ot emelkedett 240°C-ig, majd további 10 perc hőntartás következett. A kifejlett egyedek csápjának preparálását Vuts és mtsai., (2018) leírása alapján végeztük. Minden felpreparált csápon csak egy illóolajos mérést végeztünk. A kísérletek során minden illóolaj esetében legalább 5 hím és 5 nőstény egyed csápján végeztünk ismétléseket.

Szerkezet meghatározás gázkromatográfiával kapcsolt tömegspektrográffal (GC-MS)






Az illóolajok gőzfázisának összetételét gázkromatográfjal kapcsolt tömegspektrográffal (GC-MS, HP Agilent 5890 GC és 5975 MS) vizsgáltuk. Az SPME szálon adszorbeált illatminta injektálása splitless módban történt. Méréseink során HP-5MS UI típusú (J&W Agilent Technologies, US, 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm) apoláris kapilláris oszlopot használtunk. A gázkromatográf hőmérsékleti programja megegyezett a GC-EAD mérések során használt programmal. A molekulák fragmentálása 70eV ionizációs feszültséggel történt, a fragmenteket 40-300 m/z mérettartományban szkenneltük. Az gázkromatográfiásan elválasztott komponenseket a tömegspektrum NIST v15-ös könyvtárral és Kováts retenciós indexekkel való összevetése alapján azonosítottuk a MassHunter programcsomag Qualitative Analysis szoftvere (version: B.08.00., Agilent Inc.) segítségével.

Eredmények és megvitatásuk

Az általunk vizsgált illóolajok gőzfázisa kémiai szempontból rendkívül heterogénnek bizonyult: a csápektív illékony komponensek jelentős része monoterpén; de kisebb arányban a gőzfázis észtereket, terpénalkoholokat, szénhidrogéneket, monoterpénalkoholokat és aromás aldehideket is tartalmaz. A borsmenta és a kakukkfű esetében a csápektív vegyületek döntő többsége, a monoterpének csoportjába tartozik, de több egyéb kémiai csoportba tartozó vegyület is kiváltott csápválaszt mindhárom illóolaj esetén (2. táblázat, 1. ábra).

2. táblázat. A vizsgált illóolajok elektrofiziológiásan aktív vegyületei és relatív abundanciájuk az adott illóolaj gőzfázisában.

Relatív abundancia (%)

vegyületek	RT MS (min)					
		fahéj	szegfűszeg	borsmenta	eukaliptusz	kakukkfű
7 ismeretlen vegyület	2,769	-	0,63	-	-	-
12 etil-2-metilbutirát	3.882	-	-	0,25	-	-
13 2,5-dietiltetrahidrof.	4,453	-	-	1,32	-	-
14 α -pinén	5,093	-	-	8,30	13,19	-
15 kamfén	5.267	-	-	2,98	-	-
1 benzaldehyd	5,431	14,23	-	-	-	-
16 β -pinén	5.813	-	-	5,68	-	-
17 mircén	5,917	-	-	3,87	-	-
31 ismeretlen vegyület	5,92	-	-	-	-	1,96
30 3-karén	6,147	-	-	-	-	0,30
32 α -terpinén	6,538	-	-	-	-	25,83
2 p -cimén	6,51	0,28	0,56	-	-	-
3 limonén	6,596	0,66	0,61	16,02	-	-
4 fenil-acetaldehyd	6,886	0,98	-	-	-	-
18 β -ocimén	6,987	-	-	1,58	-	-
19 γ -terpinén	7,264	-	-	0,78	-	-
20 α -terpinolén	7,93	-	-	1,40	0,15	-
27 linalool	8,463	-	-	-	0,06	17,37
21 transz-mentone	10,035	-	-	5,26	-	-
22 cisz-mentone	10,25	-	-	1,69	-	-
23 mentol	10,534	-	-	4,34	-	-
29 α -terpineol	10,779	-	-	-	1,16	3,60
28 terpinén-4-ol	10,438	-	-	-	0,45	-
5 (Z)-fahéjaldehyd	11,505	1,18	-	-	-	-
24 pulegon	12,241	-	-	0,73	-	-
8. esztragon	12,49	-	0,45	-	-	-
25 piperiton	12,724	-	-	0,92	-	-
6 (E)-fahéjaldehyd	13,522	74,78	-	-	-	-
26 mentil acetát	14,043	-	-	2,61	-	-
33 timol	14,093	-	-	-	-	15,34
9 eugenol	16,346	-	32,25	-	-	-
10 β -kariofillén	18,7	-	48,08	-	-	-
11 α -humulén	19,801	-	8,68	-	-	-

Fahéj illóolaj

A fahéj illóolaj gőzfázisában 19 illékony vegyületet azonosítottunk. Hígított illóolaj-minta direkt injektálásával végzett szerkezetmeghatározás során a fahéj (*Cinammomium zeylanicum*) terméskocsányából előállított illóolajában 27 komponenst találtak (Jayaprakasha és mtsai., 2003), amelyek közül csak az (E)-fahéjaldehyd volt megtalálható az általunk azonosított vegyületekből. Ezt a különbséget okozhatja, hogy a növény eltérő szervéből eltérő módszerrel történt az illóolaj előállítása és a mintavétel módszer sem volt azonos. A fahéj kérgéből származó illóolajban ezzel szemben kimutatható volt a benzaldehyd, fahéjaldehyd jelenléte is (Yang és mtsai., 2005).

Mindkét szőlőmoly faj csápja ugyanarra a 6 vegyületre válaszolt; ivari eltérés a csápok érzékenységében nem volt kimutatható. A legnagyobb amplitúdójú csápválaszt a fenil-acetaldehid váltotta ki, (2. ábra), ami széleskörűen ismert lepke-attraktáns hatásáról. Az U-betűs arany bagolylepke (*Trichoplusia ni*) feromon csalétek vonzó hatását például fokozza a fenil-acetaldehid hozzáadása (Heath és mtsai., 1992).

Csápaktív vegyületnek bizonyult az (*E*)-fahéjaldehid is, amely korábbi vizsgálatok során a káposztamoly (*Plutella xylostella*) már 1%-os koncentrációban is 77,5%-os mortalitást idézett elő az imágók kezelése, valamint jelentős súlycsökkenést okozott a lárvák kezelése esetén (Badgular és mtsai., 2017). A benzaldehid a fahéj illóolaj mellett számos mikrobiális és növényi illatanagban megtalálható, többek között a zöld szőlőbogyók illatanyagprofiljában is azonosították (Tasin és mtsai., 2011). Mindezek alapján nem vonható le egyértelmű következtetés arról, hogy a fahéj kereskedelmi forgalomban kapható illóolaja attraktáns vagy repellens hatású-e, ennek vizsgálatára további laboratóriumi és terepi viselkedési vizsgálatok egyaránt szükségesek.

Szegfűszeg illóolaj

A szegfűszeg illóolaj gőzfázisában 12 illékony vegyületet azonosítottunk. A korábbi vizsgálatok során hígított illóolaj minta direkt injektálásával 28 (Fayemiwo és mtsai., 2014) komponens azonosítottak, amelyek közül 8 megegyezett az általunk azonosított vegyületekkel.

Mindkét faj ugyanarra a 7 vegyületre adott csápválaszt, és a nőtény és hím egyedek között nem találtunk különbséget (3. ábra). Nagy amplitúdójú választ váltott ki a gvajakol-származék eugenol. Korábban kimutatták, hogy ez a vegyület 2%-os koncentrációban laboratóriumi körülmények a *Spilarctia obliqua* harmadik lárva stádiumában 80%-os, szántóföldön 74,26%-os mortalitást okoz (Dubey és mtsai., 2004).

A p-cimén legnagyobb relatív abundanciával a szegfűszeg illóolaj gőzfázisában található meg és kisebb arányban kimutatható a fahéj illóolajban is. A *Tanacetum vulgare* illatanyag profiljában is megtalálható volt a p-cimén és kiváltott csápválaszt a tarka szőlőmoly imágók vizsgálatakor. Egy p-cimént is tartalmazó a *Tanacetum vulgare* csápaktív komponenseit, többek között p-cimént is tartalmazó keverék a tarka szőlőmolyok számára attraktáns hatású volt szabaföldön végzett ketreces viselkedési vizsgálatok során (Gabel és mtsai., 1992).

Borsmenta illóolaj

A borsmenta illóolajának gőzfázisában 36 vegyületet azonosítottunk, míg egy korábbi kutatás során, hígított illóolaj minta direkt injektálásával, 49 vegyületet találtak (Stojanova és mtsai., 2000), melyek közül 18 vegyület egyezett meg az általunk azonosított vegyületekkel. Az általunk vizsgált illóolajok közül ez váltotta ki a legtöbb csápválaszt a csápdetektoros mérés során: 16 komponens bizonyult csápaktívnak.

Sem a tarka és a nyerges szőlőmolyok között, sem a hím és nőtény egyedek között nem volt különbség a vegyületekre adott válaszok tekintetében (4. ábra).

A csápaktív etil-2-metil butirát azonosítható egyes szőlőfajták érett fürtjeinek és további gyümölcsök illatanyag profiljában (Yang és mtsai., 2011), de egyik vizsgált szőlőmoly fajnál sem azonosították még csápaktív vegyületként.

A γ -terpinénnel kezelt *Pseudaletia unipuncta* bagolylepkék halálozási aránya 1,6- 4,2-szer magasabb volt a kontroll csoportnál (Sousa és mtsai., 2015). A *Peridroma saucia* lárváinak táplálkozását és az imágók várható testtömegét jelentősen csökkentette a mentollal kiegészített

félszintetikus táptalaj (Harwood és mtsai., 1990). A pulegon vegyület pedig a mentafajokban természetesen előforduló rovarirtó tulajdonságú vegyületek közül a leghatékonyabb (Franzios és mtsai., 1997).

A monoterpén típusú limonént azonosítottuk a fahéj és szegfűszeg illóolajában is, de a legnagyobb arányban a borsmenta illóolajában volt megtalálható. A szőlőlevél és virágrügyek és a kifejlett virágzat volatilitásában azonosították a limonént és ezt a vegyületet a tarka szőlőmoly nőtényeinek csápja képes volt érzékelni (von Arx és mtsai., 2011, Tasin és mtsai., 2005). A nyerges szőlőmoly hím és nőtény egyedek csápdetektoros vizsgálata alapján ennek a fajnak mindkét neme képes érzékelni ezt (Schmidt-Büsser és mtsai., 2011).

Eukaliptusz

Hígított illóolaj minta direkt injektálásával több, mint 40 vegyületet mutattott ki Luís és mtsai. 2016-ban, mi, vizsgálataink során az illóolaj gőzfázisában 21 vegyületet azonosítottunk, amelyekből 6 vegyület egyezett meg a korábbi kutatásokkal. A különbséget az eltérő mintavételi mód mellett az eltérő előállítási mód is magyarázhatja.

Mindkét szőlőmoly faj, hím és nőtény egyedek ugyanarra az 5 vegyületre az α -pinénre, α -terpinolénre, linaloolra, terpinén-4-ol-ra, α -terpineolra adtak választ (5. ábra). Az eukaliptusz illóolaja közismerten repellens hatású (Nerio és mtsai., 2010), és egyik legkarakteresebb vegyületét, az eukaliptolt széles körben használják rovarriasztó készítményekben (Tripathi & Mishra, 2016), egyik szőlőmoly faj esetében sem bizonyult csápaktív vegyületnek.

Kakukkfű

A kakkukkfű illóolajban gőzfázisában 23 komponenszt azonosítottunk. Az etanolban hígított illóolaj direkt injektálásával 25 vegyületet azonosítottak (Nikolic és mtsai., 2014), melyek közül 10 vegyület egyezett meg az általunk azonosított vegyületekkel. Az illóolajok illékony komponensei erősen függenek a növény fajtól és a felhasznált fajtától is (Ložienė és mtsai., 2005, Miguel és mtsai., 2004).

A tarka szőlőmoly 4 a nyerges szőlőmolyok 5 illékony vegyületre válaszoltak (6. ábra). A csak a nyerges szőlőmolyok által érzékelt vegyületet a GC-MS futások könyvtáron alapuló elemzése során nem tudtuk azonosítani.

Mindkét fajnál csápaktív vegyület volt a 3-karén. Erre a vegyületre egy korábbi tanulmány szerint a *Dioryctria zimmermanni* nőtények szignifikánsan nagyobb amplitúdójú választ adtak, mint a hím egyedek (Jactel és mtsai., 1996). A kakkukkfű illóolaj csápaktív komponenséről, a timolról ismert, hogy az első lárvastádiumú kukoricamoly lárvák számára toxikus hatású (Lee és mtsai., 1999). A *Spodoptera litura* lárváinál a citronellal és a timol vegyületek kombinációja akut toxicitást idézett elő (Hummelbrunner & Isman 2001).

Következtetések

Kísérleteinkkel azt vizsgáltuk, hogy az öt kiválasztott illóolaj gőzfázisában a tarka- és nyerges szőlőmoly hím és nőtény mely vegyületeit érzékelésre rendelkezik receptorral. Összesen 33 csápaktív vegyületet azonosítottunk. A fiziológiailag aktív illékony vegyületek érzékelése azonos a két fajnál, ami feltételezhetően az azonos ökológiai élettérnek és a hasonló tápnövénykörnek, valamint a vizsgált dózis mennyiségének köszönhető. Az analitikai kémiai irodalomban rendkívül sok, egymásnak sokszor ellentmondó eredmény áll rendelkezésre a vizsgált illóolajok összetételével kapcsolatban, amely felhívja a figyelmet arra, hogy a

különböző növényi szervek illóolaj termelése is eltérő lehet és akár azonos növényfaj különböző populációi is jelentősen eltérhetnek illóolajtermelésükben. Az azonosított vegyületek körét emellett az alkalmazott kivonási módszer, elválasztás és szerkezetazonosítás is jelentősen befolyásolja.

A vizsgálatok jelentős részében növényi szövet gőzdesztillációjával történt az illóolaj extrakciója, (Badgujar és mtsai., 2017), mi az illóolaj telített gőzfázisának mintázását SPME módszerrel végeztük.

A lepkék rendjére vonatkozó irodalom alapján a vizsgálataink során csápaktívnak bizonyult vegyületek jelentős része más fajoknál is érzékelt és valamilyen viselkedést kiváltó vegyületnek bizonyult. Ugyanakkor a kiváltott viselkedést (attraktáns vagy repellens hatást) a vizsgált faj, az egyed fiziológiai állapota, a vizsgált komponens gőznyomása, illetve egyéb vegyületek együttes jelenléte is jelentős mértékben befolyásolta. Annak vizsgálatára, hogy ezek a vegyületek a két szőlómoly fajnál együttesen, illetve egyesével alkalmazva hogyan befolyásolják az állatok viselkedését, további laboratóriumi és terepi viselkedéses vizsgálatok szükségesek: a szabadföldi kísérleteket megelőzőn két utas, Y-olfaktométeres és szélcsatornás vizsgálatokkal fogjuk kideríteni, hogy milyen viselkedési mintázatot váltanak ki a csápaktív vegyületek.

A vonzó hatású vegyületeket a továbbiakban a használatban lévő feromon csapdákkal kombinálva, biszex csalétek kifejlesztésére szeretnénk felhasználni. A repellens hatásúknak bizonyuló komponenseket önmagukban, illetve együttesen olyan növényvédelmi módszerek kidolgozásában szeretnénk hasznosítani, amelyek lehetővé teszik a szőlómolyok távoltartását a szőlő ültetvénytől, valamint megakadályozzák a szegélyben előforduló másodlagos gazdanövények felőli visszatelepülést.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Gazdaságfejlesztési és Innovációs Operatív Program pályázata (GINOP-2.3.2-15-2016-00061), a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj, az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-3-1 Kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának, valamint az ÚNKP-19-4 Bolyai+ Felsőoktatási Fiatal Oktatói, Kutatói Ösztöndíj anyagi támogatásával készült.

IRODALOM

- Badgujar, R. H., Mendki, P. S., & Kotkar, H. M. (2017): Management of *Plutella xylostella* Using *Cinnamomum zeylanicum* and *Syzygium aromaticum* Extracts and their Major Secondary Metabolites. *Biopesticides International* 13(2) pp. 1-14
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008): Biological effects of essential oils- a review. *Food Chemistry and Toxicology* 46 pp. 446-475.
- Böszörményi, A., Darvas, G. (2016): Illóolajok a XXI. századi gyógyászatban. *Gyógyszerészet* 60. pp. 526-533.
- Cozzi, G., Pascale, M., Perrone, G., Visconti, A., & Logrieco, A. (2006): Effect of *Lobesia botrana* damages on black aspergilli rot and ochratoxin A content in grapes. *International Journal of Food Microbiology*, pp. 111, 88–92.
- Dorman, H. J. D., Deans, S. G., (2000): Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88 pp. 308–316
- Dubey, A. Gupta, R., Chandel, B.S. (2004): Efficacy of *Acorus calamus*, *Vitex negundo* and *Ageratum conyzoides* against Tobacco caterpillar, *Spilarctia obliqua* (Walker). *Indian Journal of Entomology*. 66 pp. 238-240
- Fayemiwo, K. A., Adeleke, M. A., Okoro, O. P., Awojide, S. H., & Awoniyi, I. O. (2014): Larvicidal efficacies and chemical composition of essential oils of *Pinus sylvestris* and *Syzygium aromaticum* against mosquitoes. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(1) pp. 30–34.
- Franzios, G; Mirosou M; Hatzia Apostolou E; Kral J; Scouras ZG; Mavragani-Tsipidou P (1997): Insecticidal and genotoxic activities of mint essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45 (7) pp. 2690–2694.
- Gabel, B., Thiéry, D., Suchy, V., Marion-Poll, F., Hradsky, P., & Farkas, P. (1992). Floral volatiles of *Tanacetum vulgare* L. attractive to *Lobesia botrana* den. et schiff. females. *Journal of Chemical Ecology*, 18(5), 693-701.
- Geron, C., Rasmussen, R., Arnts, R. R., Guenther, A. (2000): A review and synthesis of monoterpene speciation from forests in the United States. *Atmospheric Environment*, 34(11) pp.1761–1781.
- Harwood, S. H., Moldenke, A. F., & Berry, R. E. (1990): Toxicity of Peppermint Monoterpenes to the Variegated Cutworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 83(5) pp. 1761–1767.
- Heath, R. R., Landolt, P. J., Dueben, B., Lenczewski, B. (1992): Identification of Floral Compounds of Night-Blooming Jessamine Attractive to Cabbage Looper Moths. *Environmental Entomology*, 21(4) pp. 854–859.
- Hummelbrunner, L. A., & Isman, M. B. (2001): Acute, Sublethal, Antifeedant, and Synergistic Effects of Monoterpenoid Essential Oil Compounds on the Tobacco Cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2) pp. 715–720.
- Isman, M. B. (2000): Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection* 19 (2000) pp. 603-608
- Isman, M.B., Machial, C.M., (2006): Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. In: Rai, M., Carpinella, M.C. (Eds.), *Naturally Occurring Bioactive Compounds. Advances in Phytomedicine*, vol. 3. Elesiev, pp. 29-44
- Jactel, H., Kleinhentz, M., Marpeau-Bezard, A., Marion-Poll, F., Menassieu, P., Burban, C. (1996): Terpene variations in maritime pine constitutive oleoresin related to host tree selection by *Dioryctria sylvestrella* Ratz. (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Chem. Ecol.* 22(5) pp. 1037-1050.
- Jayaprakasha, G. K., Jagan Mohan Rao, L., Sakariah, K. K. (2003): Volatile Constituents from *Cinnamomum zeylanicum* Fruit Stalks and Their Antioxidant Activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(15) pp. 4344–4348
- Lee, S., Tsao, R. and Coats, J. R. (1999): Influence of dietary applied monoterpenoids and derivatives on survival and growth of the European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Econ. Entomol.*, 92, pp. 56–67.
- Luis, A., Duarte, A., Gominho, J., Domingues, F., & Duarte, A. P. (2016): Chemical composition, antioxidant, antibacterial and anti-quorum sensing activities of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus radiata* essential oils. *Industrial Crops and Products*, 79, pp. 274–282.
- Ložienė, K., & Venskutonis, P. R. (2005). Influence of environmental and genetic factors on the stability of essential oil composition of *Thymus pulegioides*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 33(5), 517-525.
- Medináné Lázár V. (2019): Statisztikai jelentések. Növényvédő szerek értékesítése, 2018. Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest. 18(1) pp. 1-11.
- Miguel, G., Simoes, M., Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G., & Carvalho, L. (2004). Composition and antioxidant activities of the essential oils of *Thymus caespitius*, *Thymus camphoratus* and *Thymus mastichina*. *Food chemistry*, 86(2), 183-188.

- Nagy, B. (1970): Rearing of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) on a simplified artificial diet. *Acta Phytopathol. Hung. Acad. Sci.*, 5: pp. 73-79.
- Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E. (2010). Repellent activity of essential oils: a review. *Bioresource technology*, 101(1), 372-378.
- Nikolic, M., Glamoclija, J., Ferreira, I. C. F. R., Calhelha, R. C., Fernandes, A., Markovic, T., Markovic, D., Giweli, A., Soković, M. (2014): Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and antitumor activity of *Thymus serpyllum* L., *Thymus algeriensis* Boiss. and *Reut* and *Thymus vulgaris* L. essential oils. *Industrial Crops and Products*, 52, pp. 183–190.
- Pavan, F., Girolami, V., & Sacilotto, G. (1998). Second generation of grape berry moths, *Lobesia botrana* (Den. & Schiff.) (Lep., Tortricidae) and *Eupoecilia ambiguella* (Hb.) (Lep., Cochyliidae): spatial and frequency distributions of larvae, weight loss and economic injury level. *Journal of Applied Entomology*, 122(1-5), pp. 361–368.
- Schmidt-Busser, D., von Arx, M., Connétable, S., Guerin, P. M. (2011) Identification of host-plant chemical stimuli for the European grape berry moth *Eupoecilia ambiguella*. *Physiological Entomology* (2011) 36 pp. 101–110
- Sousa, R. M., Rosa, J.S., Oliveira, L., Cunha, A., Fernandes-Ferreira, M., (2015): Activities of Apiaceae essential oils and volatile compounds on hatchability, development, reproduction and nutrition of *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera:Noctuidae).*Ind.Crop. Prod.* 63, pp 226–237
- Sousa, R. M., Rosa, J.S., Oliveira, L., Cunha, A., Fernandes-Ferreira, M., (2015): Activities of Apiaceae essential oils and volatile compounds on hatchability, development, reproduction and nutrition of *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera:Noctuidae).*Ind.Crop. Prod.* 63, pp 226–23
- Stellwaag, F. (1928): *Die Weinbauinsekten der Kulturländer*. P. Parey, Berlin
- Stojanova, A., Paraskevova, P., & Anastassov, C. (2000). A Comparative Investigation on the Essential Oil Composition of Two Bulgarian Cultivars of *Mentha piperita* L. *Journal of Essential Oil Research*, 12(4) pp. 438–44.
- Tak, J. H., Jovel, E., & Isman, M. B. (2016). Comparative and synergistic activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil constituents against the larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest management science*, 72(3), 474-480.0.
- Tasin, M., Betta, E., Carlin, S., Gasperi, F., Mattivi, F., & Pertot, I. (2011). Volatiles that encode host-plant quality in the grapevine moth. *Phytochemistry*, 72(16), 1999-2005.
- Tasin, M., Anfora, Anfora, G., Ioriatti, C., Carlin, S., de Cristofaro, A., Schmidt, S., Bengston, M., Versini, G. & Witzgall, P. (2005). Antennal and behavioral responses of grapevine moth *Lobesia botrana* females to volatiles from grapevine. *Journal of chemical ecology*, 31(1) pp. 77-87.
- Tripathi, A. K., & Mishra, S. (2016). Plant monoterpenoids (prospective pesticides). In *Ecofriendly Pest Management for Food Security* (pp. 507-524). Academic Press.
- von Arx, M., Schmidt-Büsser, D., & Guerin, P. M. (2011). Host plant volatiles induce oriented flight behaviour in male European grapevine moths, *Lobesia botrana*. *Journal of Insect Physiology*, 57(10), 1323-1331.
- Vuts J., Koczor S., Imrei Z., Jósvai J. K., Lohonyai Zs., Molnár B. P., Kárpáti Zs., Szócs G. és Tóth M.(2018): Módszerek a kémiai ökológiában. *Növényvédelem*, 79(54): 3. pp. 89-109
www.fao.org/home/en/
- Zhang, Z., Sun, X., Xin, Z., Luo, Z., Gao, Y., Bian, L., & Chen, Z. (2013): Identification and Field Evaluation of Non- Host Volatiles Disturbing Host Location by the Tea Geometrid, *Ectropis obliqua*. *Journal of Chemical Ecology*, 39(10) pp.1284–1296.
- Yang, Y. C., Lee, H. S., Lee, S. H., Clark, J. M., & Ahn, Y. J. (2005). Ovicidal and adulticidal activities of *Cinnamomum zeylanicum* bark essential oil compounds and related compounds against *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae). *International journal for parasitology*, 35(14): pp. 1595-1600.
- Yang, C., Wang, Y., Wu, B., Fang, J., & Li, S. (2011). Volatile compounds evolution of three table grapes with different flavour during and after maturation. *Food Chemistry*, 128(4), 823-830.

COMPARATIVE ELECTROPHYSIOLOGICAL ANALYSIS OF ESSENTIAL OILS ON TORTRICID GRAPEVINE MOTHS

K. Fazekas¹, M. O. Szelényi², A. L. Erdei², P. Rikk², F. Tóth¹, N. Koczka¹, B. P. Molnár²

¹Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Gödöllő

²Plant Protection Institute Centre for Agricultural Research, Herman Ottó street 15. Budapest H-1022 Hungary

Email: molnar.bela.peter@agrar.mta.hu

Humans has a long history with herbs and have been used as spices, and protective agents against pests – due to their antimicrobial, insecticidal and repellent effects – since antiquity. Nowadays, essential oils have become more and more important again, as they can be used as biopesticide instead of synthetic chemicals. We tested five, commercially available essential oils: cinnamon (Cinnamomum zeylanicum), clove (Syzygium aromaticum), eucalyptus (Eucalyptus globulus), mentha (Mentha x piperita) and thyme (Thymus vulgaris). To identify the physiologically active compounds in the headspace of the essential oils, olfactory analyses were accomplished with gas chromatography coupled with electroantennography detection (GC-EAD). Chemical structure of physiologically active compounds were subsequently identified with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS).

In total in the case of grape berry moth (Lobesia botrana) 30, while with the European grapevine moth (Eupoecilia ambiguella) 31 volatile compounds were proved to be physiologically active in the tested five essential oils.

Keywords: *Lobesia botrana, grape berry moths, Eupoecilia ambiguella, European grapevine moth, essential oils, gas chromatography coupled with electroantennography, botanical pesticides*

1. ábra. A vizsgált illóolajok fiziológiásan aktív vegyületeinek kémiai csoportonkénti százalékos megoszlása

2. ábra. Tarka- és nyerges szőlómoly nőtény és hím egyedek fiziológiás csápválaszai (EAD) a fahéj illóolaj gőzfázisának illékony vegyületeire. Szaggatott vonal jelöli a csápválaszt kiváltott vegyületeket. Felül (fekete) a gázkromatográf detektor jele (FID), alatta (színessel jelölve) az elektroantennográf jelei (EAD). A meghatározott csápaktív vegyületeket a 2. táblázat tartalmazza.

3. ábra. Tarka- és nyerges szőlómoly nőtény és hím lepkék fiziológiás csápválaszai (EAD) az szegfűszeg illóolajból származó illékony vegyületekre. Szaggatott vonal jelöli a csápválaszt kiváltott komponenseket. Felül (fekete) a gázkromatográf detektor jele (FID), alatta (színessel

jelöltek) a preparált csápok jelei (EAD). A meghatározott csápektív vegyületeket a 2. táblázat tartalmazza.

4. ábra. Tarka- és nyerges szőlómoly nőtény és hím lepkék fiziológiás csápválaszai (EAD) a borsmenta illóolajból származó illékony vegyületekre. Szaggatott vonal jelöli a csápválaszt kiváltott komponenseket. Felül (fekete) a gázkromatográf detektor jele (FID), alatta (színessel jelöltek) a preparált csápok jelei (EAD). A meghatározott csápektív vegyületeket a 2. táblázat tartalmazza.

5. ábra. Tarka- és nyerges szőlómoly nőtény és hím lepkék fiziológiás csápválaszai (EAD) az eukaliptusz illóolajból származó illékony vegyületekre. Szaggatott vonal jelöli a csápválaszt kiváltott komponenseket. Felül (fekete) a gázkromatográf detektor jele (FID), alatta (színessel jelöltek) a preparált csápok jelei (EAD). A meghatározott csápektív vegyületeket a 2. táblázat tartalmazza.

6. ábra. Tarka- és nyerges szőlómoly nőtény és hím lepkék fiziológiás csápválaszai (EAD) a kakukkfű illóolajból származó illékony vegyületekre. Szaggatott vonal jelöli a csápválaszt kiváltott komponenseket. Felül (fekete) a gázkromatográf detektor jele (FID), alatta (színessel jelöltek) a preparált csápok jelei (EAD). A meghatározott csápektív vegyületeket a 2. táblázat tartalmazza.

