

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 és Molnár Béla Péter²

¹Szent István Egyetem Mezőgazdasági- és Környezettudományi Kar, 2011 Gödöll, Páter Károly u. 1.

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

e-mail: molnar.bela.peter@agrar.mta.hu

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

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 terméskiesést idézhetnek elő.

Magyarországon a növényvédelmi célra értékesített növényvédő szer 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 gőzlepárlás), illetve hidegen sajtolással előállított, többnyire meglehetősen illékony vegyületekből álló elegyeket értjük. Az illóolajokat alkotó vegyületek leggyakrabban monoterpének, szeszkviterpének, vagy aromás fenilpropán-származékok; funkciócsoportjaik alapján lehetnek szénhidrogének, alkoholo-

lok, aldehidek, ketonok, éterek vagy észterek. Az illékony komponensek közös tulajdonsága, hogy alacsony molekulatömegű, apoláros, illetve gyengén poláros anyagok (Böszörményi és Darvas 2016).

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

A rozmaring 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* egyedek túlélésére, a vizsgálatok során alkalmazott illóolajok befolyásolták az állatok halálozási mutatóit, a γ -terpinének kitett egyedek esetében az arány 1,6–4,2-szer magasabb volt (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, Olaszor-

szág) származó bábok segítségével indítottuk szintén 2016-ban. Mindkét faj lárvaát 23 ± 2 °C hőmérsékleten $70 \pm 5\%$ -os relatív páratartalom mellett, hosszúnappalós 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. Mintavételek előtt az SPME szálakat (StableFlex 30/50 μ m DVB/CAR/PDMS, Supelco) 5 percig 250 °C-on kondicionáltuk. Mintavétel előtt az illóolajat tartalmazó 15 ml-es üveg mintavételi edényt 4 réteg alufóliával és 1 réteg parafilmmel 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 a 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 \times 0,32 mm \times 0,25 μ m) apoláros

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 kolonnatér hőmérséklet programja 50 °C-ról indult 1 perces hőntartással, majd percenként 10 °C-ot emelkedett 240 °C-ig, majd további 10 perces 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 nőtény egyed csápján végeztünk ismétléseket.

Szerkezet meghatározás gázkromatográfiával kapcsolatos tömegspektrográfiával (GC-MS)

Az illóolajok gőzfázisának összetételét gázkromatográfiával kapcsolatos tömegspektrográfiával (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 × 0,25 mm × 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 csáptív illékony komponensek jelentős része monoterpén; kisebb arányban a gőzfázis észtereket, terpénalkoholokat, szénhidrogéneket, monoterpénalkoholokat és aromás aldehideket is tartalmaz. A borsmenta és a

kakukkfű esetében a csáptív vegyületek döntő többsége a monoterpének csoportjába tartozik, de mindhárom illóolaj esetében váltottak ki csápválaszt más kémiai csoportokba tartozó vegyületek is (2. táblázat, 1. ábra).

Fahéj illóolaj

A fahéj illóolaj gőzfázisában 19 illékony vegyületet azonosítottunk. Hígított illóolajminta direkt injektálásával végzett szerkezetmeghatározás során a fahéj (*Cinnamomum zeylanicum*) terméskocsányából előállított illóolajában 27 komponenst találtak (Jayaprakasha és mtsai 2003), amelyek közül csak az (*E*)-fahéjaldehid volt azonos az általunk azonosított vegyületek közül. 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 benzaldehid és a fahéjaldehid jelenléte is (Yang és mtsai 2005).

Mindkét szőlőmoly faj csápjja 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).

Csáptív vegyületnek bizonyult az (*E*)-fahéjaldehid is. Ez a vegyület már 1%-os koncentrációban is 77,5%-os mortalitást idézett elő a káposztamoly (*Plutella xylostella*) imágók kezelése esetén, a lárvák kezelése során pedig jelentős súlycsökkenést okozott (Badgujar és mtsai 2017). A benzaldehidet több kutatás szerint érzékeli a két szőlőmolyfaj hím egyedei (Schmid-Büsser és mtsai 2011, Von Arx és mtsai 2011); számos mikrobiális és növényi illatanyagban megtalálható, többek között a zöld szőlőbogyók illatanyagprofiljában is azonosították (Tasin és mtsai 2011).

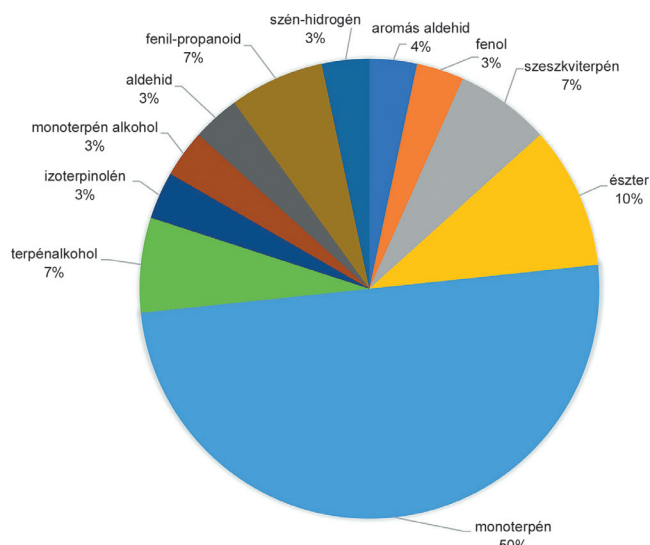
Méréseink alapján nem vonható le egyértelmű következtetés arról, hogy a fahéj kereskedel-

2. táblázat

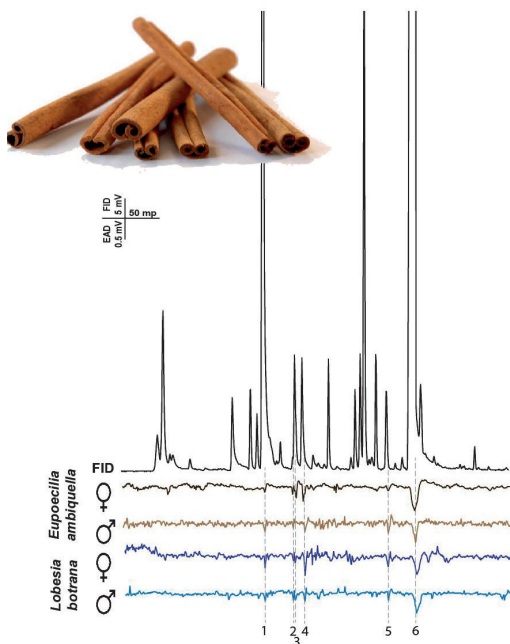
A vizsgált illóolajok elektrofiziológiásan aktív vegyületei és relatív abundanciájuk az adott illóolaj gőzfázisában

#	Vegyület neve	RT MS (min)	Relatív abundancia (%)				
							
			fahéj	szegfűszeg	borsmenta	eukalip-tusz	kakukkfű
7	ismeretlen vegyület	2,769	–	0,63	–	–	–
12	etil-2-metilbutirát	3,882	–	–	0,25	–	–
13	2,5-dietiltetrahydrof.	4,453	–	–	1,32	–	–
14	α -pinén	5,093	–	–	8,30	13,19	–
15	kamfén	5,267	–	–	2,98	–	–
1	benzaldehid	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-acetaldehid	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	<i>transz</i> -mentone	10,035	–	–	5,26	–	–
22	<i>cisz</i> -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	(<i>Z</i>)-fahéjaldehid	11,505	1,18	–	–	–	–
24	pulegon	12,241	–	–	0,73	–	–
8	esztragon	12,49	–	0,45	–	–	–
25	piperiton	12,724	–	–	0,92	–	–
6	(<i>E</i>)-fahéjaldehid	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	–	–	–

fiziológiás csápválasz sorszáma a 2–6. ábrákon



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



2. ábra. Tarka- és nyerges szőlőmoly nőstény 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 csápvaktív vegyületeket a 2. táblázat tartalmazza.

mi 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. Korábbi vizsgálatok során hígított illóolaj minta direkt injektálásával 28 komponenst azonosítottak (Fayemiwo és mtsai 2014), amelyek közül 8 megegyezett az általunk azonosított vegyületekkel.

Mindkét faj ugyanarra a 7 vegyületre adott csápválaszt, a nőstény és hím egyedek között nem találtunk különbséget (3. ábra).

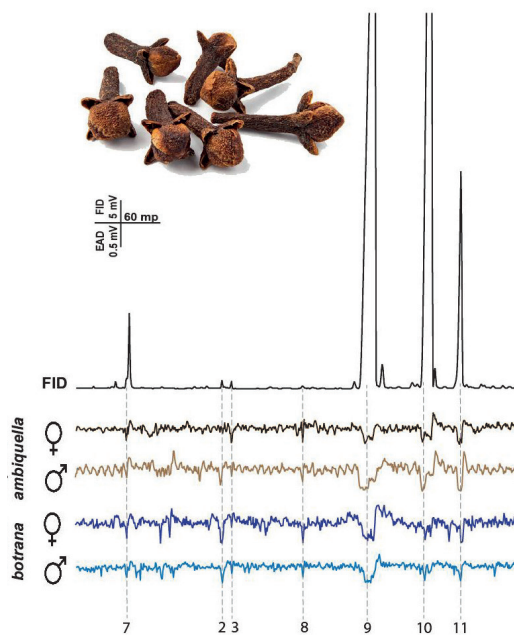
Nagy amplitúdójú választ váltott ki az eugenol. Korábban kimutatták, hogy ez a vegyület 2%-os koncentrációban laboratóriumi körülmények a *Spilactia obliqua* harmadik lárva stádiumában 80%-os, szántóföldön 74,26%-os mortalitást okoz (Dubey és mtsai 2004).

A-p-cimén legnagyobb relatív abundanciával a fahéj illóolaj gőzfázisában található meg, kisebb arányban kimutatható a szegfűszeg illóolajban is. A gilisztaűző varádics (*Tanacetum vulgare*) illatanyag profiljában is azonosították, és a tarka szőlőmoly imágók vizsgálatakor csápvaktívnak bizonyult (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 a mentában található vegyületek váltották ki a legtöbb csápválaszt, a csápdetektoros mérés során: 16 komponens bizonyult csápvaktívnak.

Sem a tarka és a nyerges szőlőmolyok között, sem a hím és nőstény egyedek között

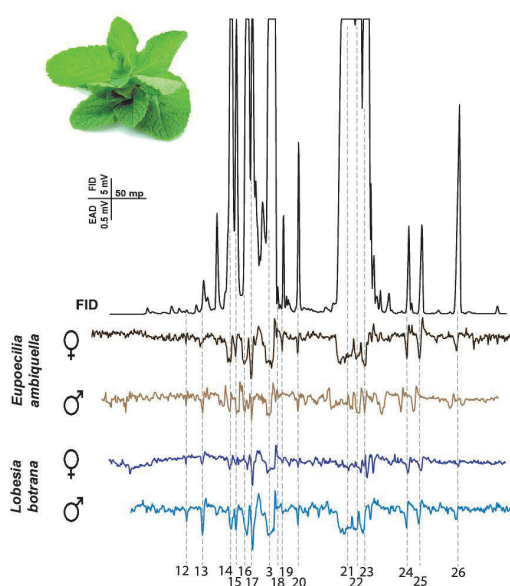


3. ábra. Tarka- és nyerges szőlőmoly nőtény és hím lepkék fiziológias csápválaszai (EAD) az szegfűszeg illóolajból származó illékony vegyületekre. Szaggatott vonal jelöli a csápválaszt kiváltott komponenseket. Felül (fekete) a gázkromatográf detektor jele (FID), alatta (színessel jelöltek) a preparált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

nem volt különbség a vegyületekre adott válaszok tekintetében (4. ábra).

A csápaktív etil-2-metilbutirát azonosítható egyes szőlőfajták érett fürtjeinek és további gyümölcsök illatanyag profiljában (Yang és mtsai 2011), de egyik vizsgált szőlőmoly fajnál sem azonosították még csápaktív vegyületeként. 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 felszintetikus táptalaj (Harwood és mtsai 1990). A pulegon a mentafajokban természetesen előforduló rovarirtó tulajdonságú vegyületek közül a leghatékonyabb (Franzios és mtsai 1997).

A monoterpen típusú limonént azonosítottuk a fahéj és szegfűszeg illóolajában is, de legna-



4. ábra. Tarka- és nyerges szőlőmoly nőtény és hím lepkék fiziológias 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 csápaktív vegyületeket a 2. táblázat tartalmazza.

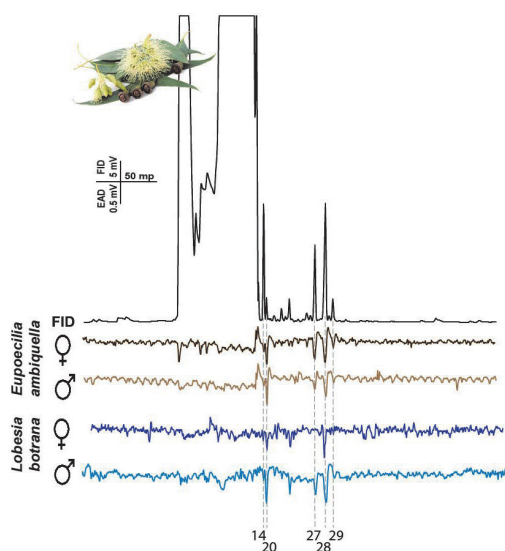
gyobb mennyiségben a borsmenta illóolajában volt megtalálható. A szőlőlevél, virágrügyek és a kifejlett virágzat illatanyagprofiljában azonosították a limonént, és a tarka szőlőmoly nőtények csápjá képes volt érzékelni (Tasin és mtsai 2005, von Arx és mtsai 2011). A nyerges szőlőmoly hím és nőtény egyedeinek csáp-detektoros vizsgálta alapján ennek a fajnak mindkét neme képes érzékelni ezt a vegyületet (Schmidt-Büsser és mtsai 2011).

Eukaliptusz

Hígított illóolaj minta direkt injektálásával több, mint 40 vegyületet mutattak ki Luís és mtsai. 2016-ban. Vizsgálataink során az illóolaj gőzfázisában 21 vegyületet azonosítottunk, amelyekből 6 vegyület egyezett meg a korábbi kutatásokkal. A különbséget az eltérő minta-

vételi mód mellett az eltérő előállítási mód is magyarázhatja.

Mindkét szőlőmoly faj, hím és nőstény egyedei 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 és Mishra 2016). Ez a vegyület a mi vizsgálatainkban egyik szőlőmoly faj esetében sem bizonyult csápakatívknak.



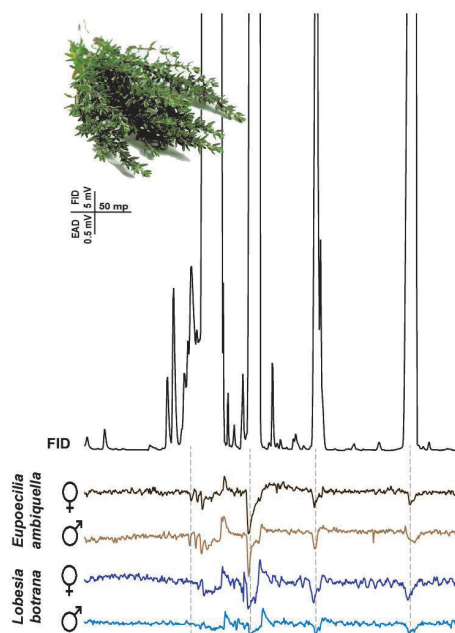
5. ábra. Tarka- és nyerges szőlőmoly nőstény és hím lepkék fiziológiás csápválaszai (EAD) az eukaliptusz illóolajból származó illékony vegyületekre. Szaggatott vonal jelöli a csápválaszt kiváltott komponenseket. Felül (fekete) a gázkromatográf detektor jele (FID), alatta (színessel jelöltek) a preparált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

Kakukkfű

A kakkukkfű illóolajban gőzfázisában 23 komponenst azonosítottunk. Az etanolban hígított illóolaj direkt injektálásával 25 vegyületet azonosítottak (Nikolic és mtsai 2014), melyek közül 10 vegyület megegyezett az általunk azonosított vegyületekkel. Az illóolajok illékony

komponensei erősen függenek a felhasznált fajtától (Ložienė és mtsai 2005, Miguel és mtsai 2004).

A tarka szőlőmoly 4, a nyerges szőlőmoly 5 illékony vegyületre válaszolt (6. ábra). A csak a nyerges szőlőmolyok által érzékelt vegyületeket a GC-MS futások könyvtáron alapuló elemzése során nem tudtuk azonosítani. Mindkét fajnál csápakatív vegyület volt a 3-karén. Erre a vegyületre egy korábbi tanulmány szerint a *Dioryctria zimmermanni* nőstények szignifikánsan nagyobb amplitúdójú választ adtak, mint a hím egyedek (Jactel és mtsai 1996). A kakukkfű illóolaj egy másik csápakatív komponenséről, a timolról ismert, hogy a kukoricamoly első stádiumú lárvái számára toxikus hatású (Lee és mtsai 1999). A *Spodoptera litura* lárváinál a citronellal és a timol vegyületek kombinációja akut toxicitást idézett elő (Hummelbrunner és Isman 2001).



6. ábra. Tarka- és nyerges szőlőmoly nőstény 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 csápakatív vegyületeket a 2. táblázat tartalmazza.

Következtetések

Kísérleteinkkel azt vizsgáltuk, hogy az öt kiválasztott illóolaj gőzfázisában a tarka- és nyerges szőlómoly hím és nőstény egyedei mely vegyületeket érzékelik perifériáisan. Összesen 33 csápaktív vegyületet azonosítottunk. A fiziológiailag aktív illékony vegyületek érzékelése azonos a két fajnál, ami feltételezhetően az azonos ökológiai élettérnek, 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 is jelentősen befolyásolja.

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

A lepkék rendjére vonatkozó irodalom alapján a vizsgálataink során csápaktívnek bizonyult vegyületek jelentős része más fajok által is érzékelt és valamilyen viselkedést kiváltó vegyületnek bizonyult. Ugyanakkor a kiváltott viselkedést (attraktáns vagy repellens hatást) a vizsgált faj, az egyed fiziológiai állapota, illetve egyéb vegyületek együttes jelenléte is jelentős mértékben befolyásolja (Renou és Anton 2020). xsAnnak 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 csalétkék kifejlesztésére

szeretnénk felhasználni. A repellens hatásának 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. and Kotkar, H. M.** (2017): Management of *Plutella xylostella* Using *Cinnamomum zeylanicum* and *Syzygium aromaticum* Extracts and their Major Secondary Metabolites. *Biopesticides International*, 13(2): 1–14.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. and Idaomar, M.** (2008): Biological effects of essential oils- a review. *Food Chemistry and Toxicology*, 46: 446–475.
- Böszörményi A. és Darvas G.** (2016): Illóolajok a XXI. századi gyógyászatban. *Gyógyszerészet* 60: 526–533.
- Cozzi, G., Pascale, M., Perrone, G., Visconti, A. and Logrieco, A.** (2006): Effect of *Lobesia botrana* damages on black aspergilli rot and ochratoxin A content in grapes. *International Journal of Food Microbiology*, 111: 88–92.
- Dorman, H. J. D and Deans, S. G.** (2000): Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88: 308–316.
- Dubey, A. Gupta, R. and Chandel, B. S.** (2004): Efficacy of *Acorus calamus*, *Vitex negundo* and *Ageratum conyzoides* against Tobacco caterpillar, *Spilarctia obliqua* (Walker). *Indian Journal of Entomology*. 66: 238–240.
- Fayemiwo, K. A., Adeleke, M. A., Okoro, O. P., Awojide, S. H. and 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): 30–34.

- Franzios, G., Mirotsou, M., Hatzia Apostolou, E., Kral, J., Scouras, Z.G. and Mavragani-Tsipidou, P.** (1997): Insecticidal and genotoxic activities of mint essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 (7): 2690–2694.
- Gabel, B., Thiéry, D., Suchy, V., Marion-Poll, F., Hradsky, P. and 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., Arnsts, R. R. and Guenther, A.** (2000): A review and synthesis of monoterpene speciation for forests in the United States. *Atmospheric Environment*, 34(11): 1761–1781.
- Harwood, S. H., Moldenke, A. F. and Berry, R. E.** (1990): Toxicity of Peppermint Monoterpenes to the Variegated Cutworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 83(5): 1761–1767.
- Heath, R. R., Landolt, P. J., Dueben, B. and Lenczewski, B.** (1992): Identification of Floral Compounds of Night-Blooming Jessamine Attractive to Cabbage Looper Moths. *Environmental Entomology*, 21(4): 854–859.
- Hummelbrunner, L. A. and 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): 715–720.
- Isman, M. B.** (2000): Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection* 19 (2000): 603–608.
- Isman, M. B. and Machial, C. M.** (2006): Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. In: Rai, M., Carpinnella, M.C. (Eds.), *Naturally Occurring Bioactive Compounds. Advances in Phytomedicine*, vol. 3. Elsevier: 29–44.
- Jactel, H., Kleinhertz, M., Marpeau-Bezard, A., Marion-Poll, F., Menassieu, P. and Burbank, 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):1037–1050.
- Jayaprakasha, G. K., Jagan Mohan Rao, L. and Sakariah, K. K.** (2003): Volatile Constituents from *Cinnamomum zeylanicum* Fruit Stalks and Their Antioxidant Activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(15): 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: 56–67.
- Luis, A., Duarte, A., Gominho, J., Domingues, F. and 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: 274–282.
- Ložienė, K. and 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): 1–11.
- Miguel, G., Simoes, M., Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G. and Carvalho, L.** (2004): Composition and antioxidant activities of the essential oils of *Thymus caespitosus*, *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: 73–79.
- Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J. and 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., Calhaha, R. C., Fernandes, A., Markovic, T., Markovic, D., Giweli, A. and 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: 183–190.
- Pavan, F., Girolami, V. and 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): 361–368.
- Renou, M. and Anton, S.** (2020): Insect olfactory communication in a complex and changing world. *Current Opinion in Insect Science*.
- Schmidt-Busser, D., von Arx, M., Connétable, S. and Guerin, P. M.** (2011): Identification of host-plant chemical stimuli for the European grape berry moth *Eupoecilia ambiguella*. *Physiological Entomology*, (2011): 101–110.
- Sousa, R. M., Rosa, J.S., Oliveira, L., Cunha, A. and 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: 226–23.
- Stellwaag, F.** (1928): Die Weinbauinsekten der Kulturländer. P. Parey, Berlin
- Stojanova, A., Paraskevova, P. and Anastassov, C.** (2000): A Comparative Investigation on the Essential Oil Composition of Two Bulgarian Culti-

- vars of *Mentha piperita* L. Journal of Essential Oil Research, 12(4): 438–44.
- Tak, J. H., Jovel, E. and 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. and 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. and Witzgall, P.** (2005): Antennal and behavioral responses of grapevine moth *Lobesia botrana* females to volatiles from grapevine. Journal of chemical ecology, 31(1): 77–87.
- Tripathi, A. K. and Mishra, S.** (2016): Plant monoterpenoids (prospective pesticides). In Ecofriendly Pest Management for Food Security, 507–524.
- von Arx, M., Schmidt-Büsser, D. and 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., Jósvali J. K., Lohonyai Zs., Molnár B. P., Kárpáti Zs., Szócs G. és Tóth M.** (2018): Módszerek a kémiai ökológiában. Növényvédelem, 79(54): 89–109. www.fao.org/home/en/
- Zhang, Z., Sun, X., Xin, Z., Luo, Z., Gao, Y., Bian, L. and 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):1284–1296.
- Yang, Y. C., Lee, H. S., Lee, S. H., Clark, J. M. and Ahn, Y. J.** (2005): Ovicidal and adulticidal activities of *Cinnamomum zeylanicum* bark essential oil compounds and related compounds against *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculicidae). International journal for parasitology, 35(14): 1595–1600.
- Yang, C., Wang, Y., Wu, B., Fang, J. and 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 and 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 have a long history with herbs; herbs 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 was 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 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*

Érkezett. 2020. április 27.