

Zárójelentés a T 37569 sz. OTKA pályázatról (2002-2005)

Intraspecifikus kommunikáció és trofikus kapcsolat manipulálásának hatása kártevő rovarfajokon

A szaporodást és a táplálék megtalálását szabályzó ingerek befolyásolása kézenfekvő módszer a mezőgazdasági szempontból jelentős rovarfajok kártevő-szintet elért népességszámának csökkentésére. A környezetkímélő és szelektív módszer általános elve, hogy az egyik, esetleg mindkét ivar nagy egyedszámban való befogásának és megsemmisítésének eléréséhez, a szexuális kommunikációban használt és/vagy a táplálékban természetesen előforduló, esetleg az ember által alkalmasnak talált hatóanyagokat használunk fel. A jelenlegi pályázat zárójelentése egy ilyen koncepció keretében végzett, több faj esetében sikeres, más fajok vonatkozásában csak részeredményeket felmutató kutatómunkáról számol be.

1 Célkitűzések és hipotézisek

Célkitűzéseinket a kutatási időszak előtt körvonalazódott, a növényevő rovarok szexuális kommunikációjára és tápnövény megtalálására vonatkozó, az MTA NKI-ben hosszabb idő óta kutatott témákban szerzett új ismeretekre alapoztuk (lásd részletes tárgyalását a pályázati anyagban, valamint [1]-ben). Ezen a helyen röviden összefoglalva, állítható, hogy a szexuális partner felkeresésében és a tápnövény lokalizálásában alapvetően olfaktórikus és kontakt érzékeléssel azonosítható kémiai ingerek vesznek részt. Az előbbieket általában távolabbról, az utóbbiak rövid távolságon belül fejtik ki hatásukat. Fajtól függően, mindkét magatartási folyamatban a vizuális ingerek is jelentős szerepet vállalhatnak, elsősorban a térbeli, de valószínűsíthetően a szexuális orientációban is, amikor is specifikus mintázatok és színek váltanak ki vonzódást, növelve az ingerforrás megtalálásának valószínűségét. A növények által az 520-560 nm-es sávban reflektált vizuális ingerek és az ép növényből természetes körülmények között kibocsátott anyagok általános vonzóhatása széles körben ismert. Az utóbbiak főként alacsony molekulású növényi alkoholok, aldehidek, észterek és mások. Tekintettel a széleskörű előfordulásukra, specifikus távhatásuk nem várható, ellenben nagyobb koncentrációk, megfelelő összetételű elegy, ill. csak a tápnövényre jellemző specifikus anyag(ok) alkalmazása alapját képezheti szelektív csapdázási módszerek kidolgozásának.

Az intraspecifikus kommunikációt célzó kutatások látókörébe az utóbbi években egyre inkább a bogarak kerültek, amelyek ugyanakkor rendkívül komplex módszertani problémákat vetettek fel. Szembetűnő vonás (pl. a lepkefajokkal szemben), hogy a szexuális kommunikáció folyamatában gyakran rövid távolságon belül vagy csak kontakt érintkezés esetén hatásos kémiai ingerek játszanak szerepet, amelyekhez az ivarok hozzájárulhatnak aggregációs feromon, afrodisziákum és csak kis távolságról hatékony nőtény feromon kibocsátásával. A szexuális kapcsolatok közvetítésében fontos funkcióhoz juthat a gazdanövény. Az olyan általános előfordulású, a virágok (esetleg gyümölcsök) illatanyagát képező vegyületek, mint az eugenol, fenil-etilalkohol, fahéj-alkohol, észterek és mások, melyek alapvetően táplálék attraktánsként funkcionálnak, elősegítik nagy lokális bogárpulációk kialakulását és abban a párok egymásra találását. A kongregációk létrejöttében azonban fontos szerepet kapnak a vizuális ingerek is, amelyek általában, bár nem szükségszerűen, a látogatott virágok

színével (reflektanciájával) egyeznek meg. Mindezeket figyelembe véve, a bogarak intraspecifikus kommunikációjában is kémiai és vizuális ingerek együttes alkalmazása teremti meg a szelektív védekezés lehetőségét.

1.1 A fentiek ismeretében az *általános célkitűzésünk* a következő volt: Kártevő bogárfajok [burgonyabogár (*Leptinotarsa decemlineata*), bundásbogár (*Epicometis hirta*), pattanóbogár (*Agriotes* spp.) és repce-fénybogár fajok (*Meligethes* spp.)] számára táplálék attraktánsokkal és színnel kombinált csapdák kidolgozása a populációméreteik csökkentése céljából.

1.2 *Specifikus célkitűzéseink* ezek voltak:

1.2.1 A napjainkban is jelentős kártevőnek minősülő burgonyabogár szabadföldi csapdázása tápnövény-eredetű kémiai és vizuális ingerek együttes felhasználásával.

Hipotézisünk az volt, hogy az áttelelt bogárnemzedék kora tavasszal aktívan mozgó (talajfelszínen sétáló és repüléssel betelepülő) egyedei, amelyek tápnövényt keresnek, talajcsapdákkal összegyűjthetők lesznek.

1.2.2 Az irodalomban ismert és gyenge táplálék attraktánsnak bizonyult vegyületek [2] mellett, saját kutatások eredményeként megjelenő anyagok kipróbálása. Ehhez azokat a megfigyeléseket használtuk fel, melyek szerint az érési táplálkozásra már átjutott bogarak hosszabb ideig fenntarthatók burgonyagumó szeleteken, valamint, hogy a második részleges nemzedékből kelt fiatal bogarak rendszeresen megrágnak a talajfelszínre került megzöldült burgonyagumókat.

Ebben az esetben a hipotézisünk az volt, hogy a burgonyagumóknak is tartalmazniuk kell olyan vegyületeket, amelyeket a burgonyabogár tápnövényként ismer fel és fagostimulánsként hatnak.

1.2.3 Az irodalomból ismert, a burgonya növény és gumó kémiai analízise során kimutatott illékony vegyületek, valamint friss növényi részek (gumó, levél) hatékonyság vizsgálata a burgonyabogarak receptor- és magatartás-szintű tesztelésével, laboratóriumban.

Hipotézisünk az volt, hogy a bogarak természetes reakciója által válogatás végezhető az anyagok között, azok hatékonysága alapján.

1.2.4 A hatékony anyagokhoz jutás következő fázisa a kémiai analízishez szükséges vegyületek összegyűjtése. Az eredményeink szerint a burgonyagumóban olyan anyagok találhatóak, amelyekhez vonzódást mutatnak a bogarak.

Hipotézisünk szerint a darált burgonyagumó feletti légtérbe kerülő anyagok aktív-szánnal megköthetőek és gázkromatográfiás, ill. az azzal összekötött élő csáp preparátummal egyes alkotórészek hatása kimutatható, ami az identifikáció első lépését jelentheti.

1.2.5 A bundásbogár, pattanó bogarak és repce-fénybogár számára megfelelő hatékonyságú csapdatípus kifejlesztése, amelyben a táplálék attraktánsok és a szín együttese jelenti a hatékony ingereket. Ehhez ún. csapdaoptimalizációs kísérleteken keresztül juthatunk el.

Hipotézisünk az volt, hogy csak a megfelelő szerkezetű, színes terelőlapokkal és leszállást biztosító felületekkel és a tápnövény illékony anyagaival, ill. virág-illatanyagokkal ellátott csapdák képesek nagyobb mennyiségben fogni a nevezett

fajokat, illetve, hogy a vizuális és kémiai ingerek optimális kombinációja a leghatékonyabb.

2 Anyagok és Módszerek

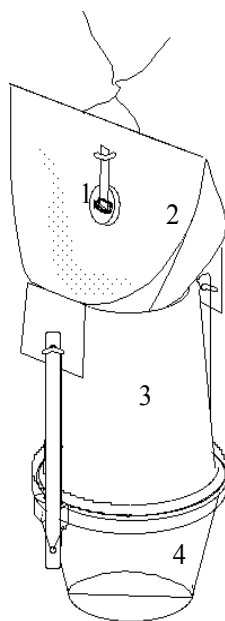
2.1 A kísérletekben felhasznált *kémiai anyagokat* általában min. 95%-os tisztasági állapotban a gyártóktól szereztük be. A burgonyabogáron végzett munkák során a zöld növényből kimutatott indol, nonanal, linalool, cis-2-hexen-1-ol, trans-2-hexen-1-ol, metil szalicilát, és a burgonyagumóban talált hexanal, trans-2-octenal, 1-pentanol, 2-pentilfurán, 1-metil-2-pirrolidinon, 2,4-dodecadienal és 4-acetil-butírsav [3, 4] került tesztelésre külön-külön, vagy kombinációkban, 10-1000 µl dózisokban.

A bundásbogár csapdázásában fahéj alkoholt és transz anetolt használtunk.

A mezei pattanóbogár esetében a transz anetolhoz (aminek gyenge csalogató hatását saját vizsgálatainkban fedeztük fel) hozzáadva a következő vegyületek esetleges fogásnövelő hatását vizsgáltuk: 4-metoxi fahéjaldehid, ill. indol (e két vegyület keveréke saját vizsgálatainkban szintén gyenge csalogató hatást mutatott), továbbá eugenol, fenilacetaldehid, 1-feniletanol, és 3-metileugenol. Ez utóbbi vegyületek egyes ernyősök és számos más virág illatanyagai között szerepelnek [5].

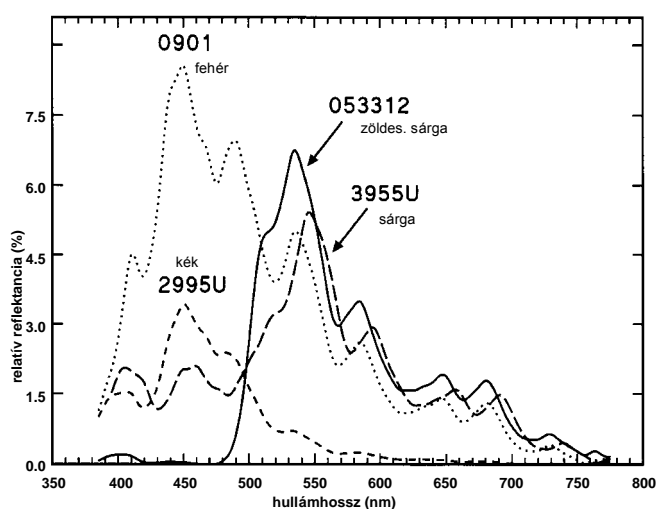
A repce-fénybogár csapdázásában a fenetil izotiocianátot, a metil szalicilátot, fenilacetaldehidet, 2-feniletanolt és benzaldehidet használtuk. Ezek a vegyületek (egyenként tesztelve) több-kevesebb csalogató hatást mutattak *Meligethes* fajokra [6]. Hatásnövelés reményében kipróbáltuk az allil izotiocianátot (amely a keresztesvirágúakhoz kötődő rovarok ismert attraktánsa [7-9]), továbbá a fahéjalkoholt és a transz-anetolt, melyek saját vizsgálatainkban csalogató hatást mutattak.

2.2 A *csapdák* formája és szerkezete hasonlóan változatos volt. A burgonyabogár esetében talajszintre süllyesztett 18x12x7 cm méretű műanyag tálakat, a többi bogárfajra irányuló kísérletekben a CSALOMON® VARb3k csapdákat alkalmaztuk (1. ábra) [10].



1. ábra. Eredetileg cserebogarak fogására kifejlesztett CSALOMON[®] VARb3 csapdatípus diagramja. 1 = csalétek, 2 = műanyag terelőlapokból hajlított kettős varsatölcsér, 2 = fröccsöntött műanyag varsás csapdatest, 4 = műanyag fogóedény ([14] nyomán).

A csapdák különböző színű terelőlapokkal voltak ellátva. Ez a burgonyabogár esetében az 520-530 nm sávban reflektáló fluoreszcens zöldes-sárga szín volt. A többi bogárfaj esetében a fenti zöldes-sárga színárnyalaton kívül élénksárga, kék és fehér csapdák kerültek kipróbálásra, melyek reflektancia görbéi a 2. ábrán látható. Kontrollként átlátszó terelőlapos csapdákat alkalmaztunk.



2. ábra. A kísérletekben használt színek reflektancia spektruma. 0901 = fehér; 2995U = kék; 053312 = fluoreszkáló zöldes-sárga; 3955U = sárga. (A kódszámok az alkalmazott festékre utalnak.)

2.3 A kutatási program során *vizsgált fajok* szabadföldön elérhető, természetes populációk voltak. A burgonyabogár laboratóriumi fenntartására, annak rendkívül költséges és munkaigényes jellege következtében, csak korlátozott mértékben kerülhetett sor. A burgonyabogár a legkisebb költséggel, bár a téli hónapok során ekkor is csak alacsony hatásfokkal, üvegházban nevelt zöld burgonya lombján nevelhető. Emiatt csak az elektroantennogram (EAG) vizsgálatok céljára tartottunk fenn egy kisméretű populációt. Más feladatok során szabadföldről begyűjtött populációkkal dolgoztunk, amit a bogarak elérhetőségének rövid időszaka korlátozott.

2.4 A vegyületek előzetes tesztelése EAG vizsgálattal történt. Erre a célra izolált, de még funkcionáló burgonyabogár csápokat használtunk egy Syntech típusú EAG berendezéssel. Az EAG válaszok csak azt mutatják meg, hogy mely anyagok voltak aktívak, de arra nem alkalmasak, hogy eldöntsék, vajon egy vegyület pozitív vagy negatív hatást vált-e ki.

2.5 Az EAG-aktivitással rendelkező vegyületek által indukált magatartási válaszokat a burgonyabogáron *olfaktométerben* vizsgáltuk. A vizsgálatok céljára egy 120x60 cm méretű 2-3 cm vastagságú légréteget továbbító olfaktométer készült, amelyben a belépő levegő hőmérsékletét és a légáramlás sebességét szabályoztuk. Az állatok állapotát,

korát, nemét, eredetét stb. figyelembe véve, 3 szezon alatt 1320 bogarat teszteltünk különböző anyagkombinációk és dózisok mellett. Legalább 20-25 ismétlés szükséges egyetlen dózis vagy vegyület vizsgálatához. Az olfaktométerben 6 pozitív és 5 negatív fiktív zónát jelöltünk ki, amelyekkel az egyes válaszok minőségét értékeltük. Pozitív válasznak az illatforrás felé való közeledést, negatívnak az attól való távolodást tekintettük. Valamennyi tesztelésről videofelvétel és automatikus útvonal-követés készült, melyek paramétereit az Ethovision® programmal dolgoztuk fel (lásd az összeállítás leírását [11]-ben).

2.6 A burgonyabogár szabadföldi csapdázása az MTA NKI julia-majori Ökológiai Kutatóhelyén, vetett burgonyában, 3 területen, területenként 2-2 anyag 5-5 ismétlésével, május végén-június elején történt, a csalétek 3-4 naponkénti változtatásával. Ekkor még számottevő burgonyalomb nem volt található a területeken és az áttelelt bogarak betelepítése javában zajlott.

A bundásbogár csapdázására számos Budapest környéki területen, elsősorban elhanyagolt cseresznye gyümölcsösökben, ill. ruderális területeken került sor. A bulgáriai kísérletek almásban folytak. A mezei pattanóbogár kísérleteket Debrecen és Budapest környéki kísérleti helyeken, illetve párhuzamosan Olaszországban, Veneto tartományban, legelőn, ill. ruderális területeken végeztük.

A repce-fénybogár csapdázások szintén Debrecen és Budapest környéki számos kísérleti helyen folytak.

A csapdázásokat a hasonló vizsgálatokban elterjedten alkalmazott, bevált nemzetközi módszerek szerint végeztük (részleteket lásd a megfelelő publikációinkban).

2.7 Valamely növényi részhez (pl. gumó) kapcsolódó aktív hatású illékony anyag(ok) identifikálásának természetes lépése azok összegyűjtése olyan mennyiségben, amely a GC-vizsgálatot és az anyag-meghatározás más módját lehetővé teszi. Ennek a célnak az érdekében zárt rendszerben, frissen zúzott burgonyagumók feletti légtérből, aktív szénrel bevont molekuláris csapdákon (Brechtbühler AG) kötöttünk meg olyan vegyületeket, amelyek között a burgonyabogár által mutatott vonzódást kiváltott(ak) is jelen vannak. Ezen minták feldolgozása és az eredmények alapján való továbblépés csak tervezett munkának tekinthető.

3 Eredmények

3.1 A burgonyabogárral kapott eredmények

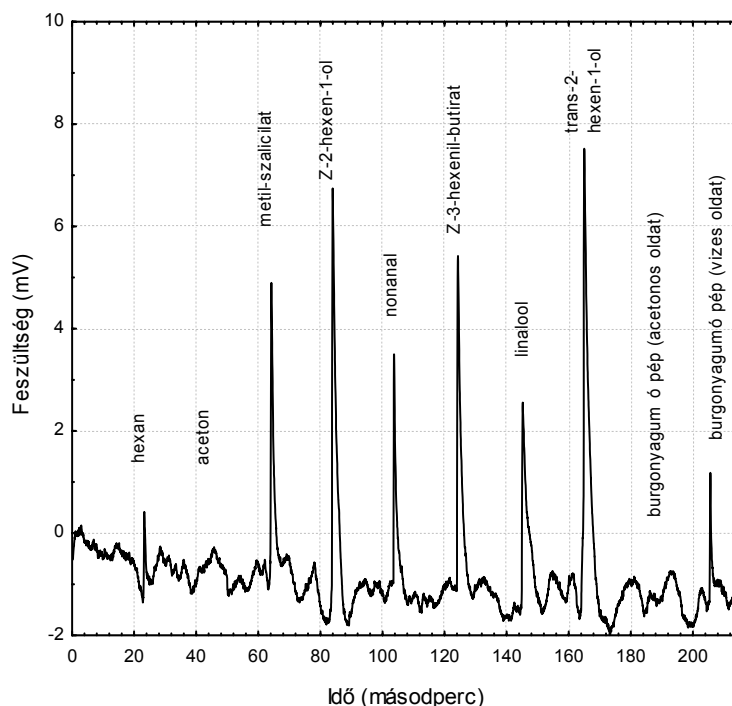
A szabadföldön végzett csapdázások 2002-ben és 2003-ban szignifikánsan több talajfelszínen sétáló bogarat mutattak ki a burgonyagumó péppel csalétezett csapdákból a kontrollhoz képest: a csalétek, mint főhatás mindkét évben szignifikáns volt (1. táblázat).

1. táblázat. A burgonyabogár fogására irányuló talajcsapdázások eredményei.

Év	Bogár/csapda (átlag ±SE)	ANOVA
2002 – burgonyagumó pép	0,54 ± 0,14	F _{1,178} =7,1142, p=0,0082
- kontroll	0,14 ± 0,06	
2003 – burgonyagumó pép	2,36 ± 0,42	F _{1,70} =6,1768, p=0,0153
- kontroll	1,08 ± 0,30	

A csapdázás lezáródott június első hetében, mert addigra a növények jelentősen megnövekednek és a bogarak bőségesen találtak táplálékot, valamint ilyenkor már főként a növényeken mozogtak és nem a talajon. A további két évben a területen igen alacsony populációméret volt, ezért a csapdázás során statisztikailag értékelhető számú bogarat nem fogtunk.

Az EAG tesztlések a burgonyalombban is előforduló indol, nonanal, linalool, cis-2-hexen-1-ol, trans-2-hexen-1-ol és metil szalicilat esetében azt mutatták, hogy a burgonyabogár ezeket a vegyületeket érzékeli (3. ábra). A burgonyagumóból készített pép acetonos oldata nem, míg annak vizes oldata kiváltott választ.



3. ábra. A burgonya föld feletti részéből azonosított és a burgonyagumó darálékban jelenlévő vegyületek által kiváltott EAG-válaszok. Az acetonos kivonat főleg poláros, a vizes csak apoláros vegyületeket tartalmazott.

Az olfaktométeres vizsgálatok megerősítették az irodalomból [2] már ismert eredményt, mely szerint a (\pm)linalool és a trans-2-hexen-1-ol vonzó hatású a bogarakra. Tekintettel azonban arra, hogy a darált burgonyagumó vonzó hatását mi mutattuk ki elsőként, érthetően az ebben előforduló anyagok felé fordult figyelmünk (2. táblázat).

2. táblázat. Burgonyabogarak válasza olfaktométerben. A burgonyagumóban előforduló illékony anyagokat lásd *-gal jelölve.

Vegyületek (dózisok μ l-ben)	N	Max zóna	Min zóna	Különbség	Megtett úthossz
Kontroll (illatanyag nélkül)	42	1,1	-2,0	-0,9	83,3
Burgonyagumó darálék	34	2,8	-1,8	0,6	142,9
C10	11	0,6	-1,4	-0,7	143,9
E10	11	1,8	-1,5	0,09	114,7
*M100	10	1,1	-0,8	-0,1	55,2

Összes (7-féle)	6	4,0	-2,8	1,2	123,7
*H10+*I10+*J10	23	1,9	-0,8	1,0	88,6
*K10+*L10+M10	12	1,4	-1,6	-0,2	110,2
G10+H10+M10	24	2,6	-0,8	1,7	75,6
H100	26	3,8	-0,04	3,6	93,3
G100	12	1,8	-1,7	0,2	62,1
H1000	17	2,3	-1,5	0,7	102,7
G50+H100+M10	17	3,1	-1,3	1,3	100,7
G25+H200+M10	14	2,9	-0,6	2,4	126,6
G25+H300	16	1,4	-0,2	1,1	55,1

C= linalool, E= trans-2-hexen-1-ol, M= 4-acetil-butirát, Összes= lásd a 2.1 pontban a burgonyagumóból származókat, H= trans-2-octenal, I= 1-pentanol, J= 2-pentilfurán, K= 1-metil-2-pirrolidinon, L= 2,4-dodecadienal, G= hexanal, N= ismétlés, Max zóna= az illatforráshoz legközelebb eső átlagos zóna érték, Min zóna= az illatforrástól legtávolabbi eső átlagos zóna érték, Különbőség= a legközelebbi és legtávolabbi zóna értékek átlagos különbsége, Megtett úthossz= az olfaktométerben megtett átlagos úthossz a tesztelés alatt (cm).

A válaszok közül kiemeljük a zónaértékeket (scores), amelyek a H100 (trans-2-octenal) és a burgonyagumó pép kiemelkedő ($F_{14,260} = 3,7971$, $p < 0,0001$, Scheffé: $p = 0,0289$) hatását mutatják a kontrollhoz képest, még akkor is, ha a maximális zónaértékeket tekintve vannak ennél magasabbak is. Figyelembe kell venni ugyanis a minimális értékek nagyságát is, ill. a kettő különbségét. Minél nagyobb pozitív szám az utóbbi, annál vonzóbb hatású a vegyület és a válaszok variabilitása alacsony. A burgonyagumó darálék ebben a tekintetben nagyobb variabilitású válaszokat indukál, mint a H100. A megtett úthosszok általában szignifikáns korrelációban állnak a maximális ($R = 0,4688$, $F_{1,273} = 76,914$, $p < 0,0001$) és minimális ($R = 0,3969$, $F_{1,273} = 51,0360$, $p < 0,0001$) zónaértékekkel az összes tesztet tekintve, míg egyes ingerek esetében ez nem szükségszerűen áll fenn, mert a pozitív hatású anyagokhoz az állatok esetleg a legrövidebb úton próbálnak jutni, míg mások, vonzóhatás ellenére is meánderezésre kényszerítik őket.

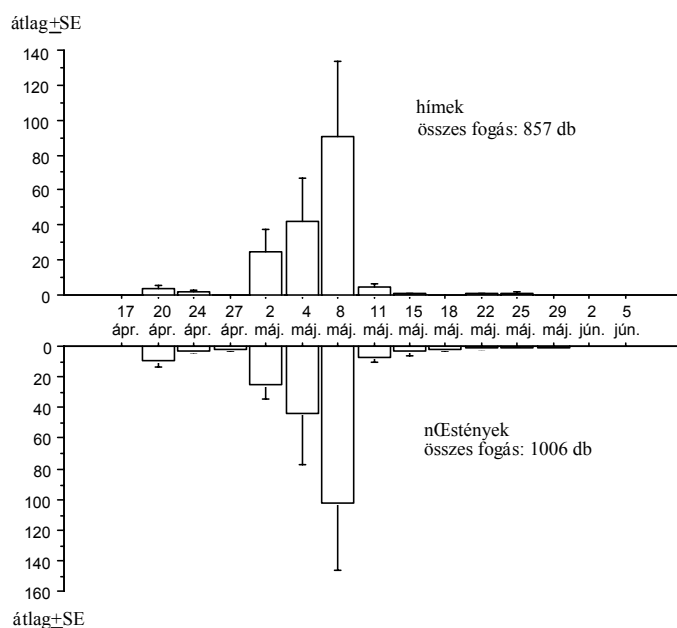
3.2 A bundásbogárral kapott eredmények

Kezdeti kísérleteinkben, melyek során számos, virágokból azonosított illatanyag szintetikus mintáját próbáltuk ki, csekély mértékű, de szignifikáns hatást tapasztaltunk a fahéjalkoholt, illetve a transz anetolt tartalmazó csapdáknál [12]. A továbbiakban úgy találtuk, hogy a mindkét vegyületet tartalmazó csapdák szinergetikusan többet fogtak a bundásbogarakból, mint a vegyületeket önmagukban tartalmazók, és a két vegyület optimális aránya 1:1 volt [13]. A bundásbogár rokonsági körébe tartozó számos más cserebogárfaj esetében az irodalomban csalogatóanyagként leírt vegyületek egyike sem befolyásolta az általunk felfedezett keverék hatását [13].

Ezekben a vizsgálatokban mellékeredményként új attraktánsokat fedeztünk fel még az aranyos virágbogárra (*Cetonia aurata*), a rezes virágbogárra (*Potosia cuprea*), a sokpettyes virágbogárra (*Oxythyrea funesta*) és a *Valgus hemipterus* cserebogárfajra is [12]. Ezeknek az attraktánsoknak további sikeres optimalizálása nem képezte a jelenlegi OTKA pályázat közvetlen témáját.

A bundásbogárnál igen fontosaknak találtuk a kémiai ingereken kívül az egyes vizuális ingerfajtaikat is. A faj egyedei csalóatóanyag nélkül is nagy számban repülnek bele különféle, élénk színű csapdákbba, melyek közül a világos kék színű fogta a legtöbb bogarat [10, 14].

Az általunk felfedezett szintetikus virágillat csalóató kombináció, amely fahéjalkohol és transz-anetol tartalmaz [12, 13], a kék színű csapdák fogásait tovább növeli [10]. A szintetikus csalóatókkal ellátott kék VARb3 csapdák mind hímeket, mind nőstényeket hasonló arányban fogtak (4. ábra) [10, 14, 15], és a csapdákbba található ivararány nem különbözött a lokális populációban regisztrált aránytól [10].



4. ábra. Hím és nőstény bundásbogarak fogásainak szezonális lefutása fahéjalkohol és transz-anetol keverékével csalóatózott kék varsás (VARb3k) csapdákbba. Kyustendil, Bulgária, 2000 ápr. 14. - jún. 5. ([14] nyomán.)

A vizuális és kémiai ingereket együttesen tartalmazó csapdakombináció – túlmenően azon, hogy a kártevő észlelésére, rajzáskövetésére alkalmazzuk – alkalmasnak tűnik tömeges csapdázás módszerével a bundásbogár károk közvetlen csökkentésére is. A szerbiai Bácskából Ivan Sivcev számolásokban a fenti csapdák alkalmazásával jelentős populáció- és kárscsökkentést ért el, ugyanő almásokban is rendkívül kedvező tapasztalatokról számolt be (I. Sivcev és Tóth M., nem publikált adatok).

3.3 A mezei pattanóbogárral kapott eredmények

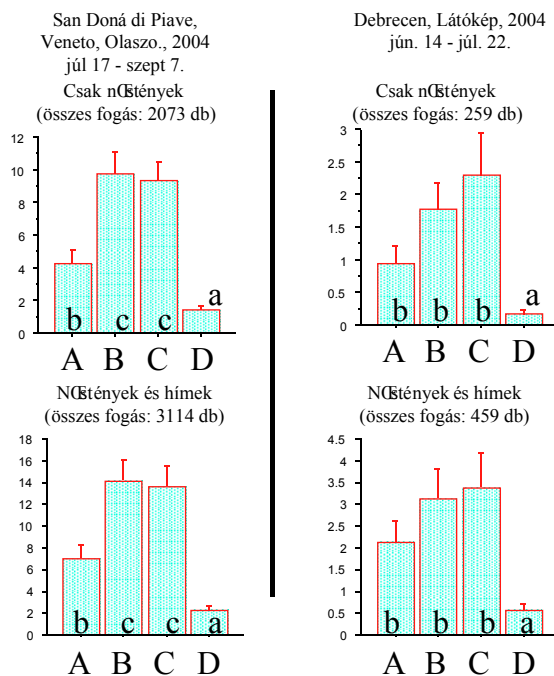
A mezei pattanóbogáron elkezdett vizsgálatok hátterét egyrészt az *Agriotes* génuszba tartozó pattanóbogarak feromonjain korábban végzett sikeres vizsgálataink [16-19], másrészt az a tapasztalat adta, amikor egy eredetileg kukoricabogár fogására beállított kísérletünkben a csalóató nélküli kontrollnál szignifikánsan nagyobb számban fogták azok a csapdák a mezei pattanóbogarakat, melyek csalóató a 4-metoxi fahéjaldehid és az indol keverékét tartalmazták. Egy másik kísérletünkben pedig csekély

számú – de a csalétek nélküli kontrollnál szignifikánsan több – pattanóbogarat fogtak a transz-anetolt tartalmazó csapdák. Tudomásunk szerint nem volt korábban ismert kémiai attraktáns erre a fajra. A fogott bogáranyag nagy része nőstény volt, ami felvillantotta az esélyt, hogy egy olyan csapda kifejlesztésének alapjait tisztázhatjuk, amely nemcsak hímeket (mint a feromonos csapdák), hanem nőstényeket is képes befogni. Ennek nagy növényvédelmi jelentősége magától értetődik.

Mezei pattanóbogarakat gyakran láthatunk táplálkozni különféle (pl. Umbelliferae) virágokon, és feltételeztük, hogy a fentebb említett vegyületek (melyek gyakran előforduló virág-illatanyag komponensek [5]) a bogarak és a táplálékforrás virágok közti kémiai kommunikáció komponensei. Ennélfogva érdemesnek tűnt megvizsgálni, hogy többkomponensű virág-illatanyag elegyeket alkalmazva sikerül-e hatásnövekedést tapasztalnunk.

Átlátszó műanyagból készült VARb3 csapdákban alkalmazva virág-illatanyagainkat, csak csekély mennyiségben fogtuk a pattanóbogarakat. Ugyancsak csekély számban fogták a bogarakat a csalétek nélküli, de különböző színűre festett csapdáink is. A színek közül a fehéret találtuk leghatékonyabbnak, ami korábbi irodalmi adatokat támasztott alá [20].

A fogások ugrásszerűen megnöttek, amikor virág-illatanyag keverékeinket fehér színű csapdákban teszteltük. 2004-es kísérleti eredményeink szerint a transz-anetol hatását mind a para-metoxi fahéjaldehid, indol és eugenol, mind a fenilacetaldehid, 1-feniletanol és 3-metileugenol hozzáadása jelentősen növelte (5. ábra).



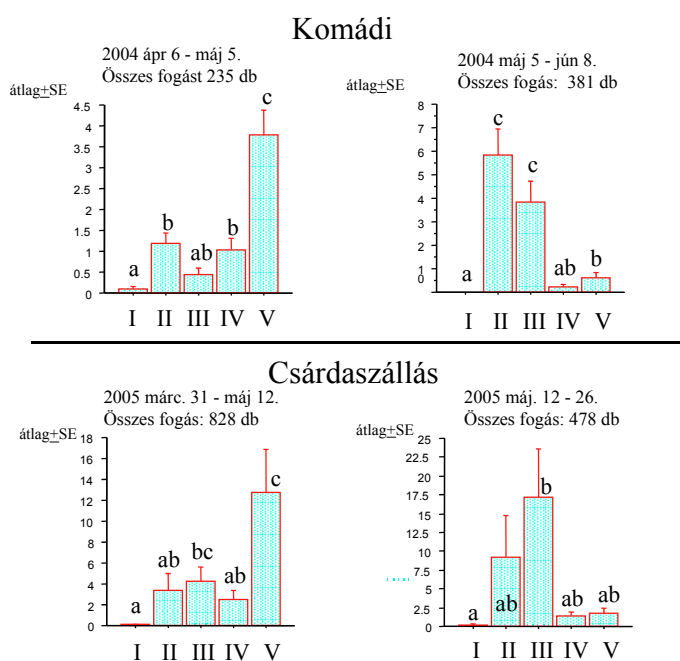
5. ábra. Mezei pattanóbogarak átlagos fogása szintetikus virág-illatanyag keverékekkel csalétekkeztetett fehér VARb3 csapdákban. A = transz anetol; B = transz anetol + 4-metoxi cinnamaldehyd + indol + eugenol; C = transz anetol + fenilacetaldehyd + feniletanol + 3-metil eugenol; D = csalétek nélküli kontroll.

Szignifikancia: az azonos betűvel jelölt átlagok egy diagramon belül nem különböznek egymástól a P= 5 %-os szinten (ANOVA, Games-Howell).

2005-ös kísérleteinkben ezeknek a komponenseknek a relatív fontosságát kívántuk tisztázni, azonban a rendkívül alacsony populációsűrűség miatt (ami mind hazai, mind olaszországi kísérleteinkben tapasztalható volt), e kísérletekből egyelőre megbízható következtetést nem sikerült levonni.

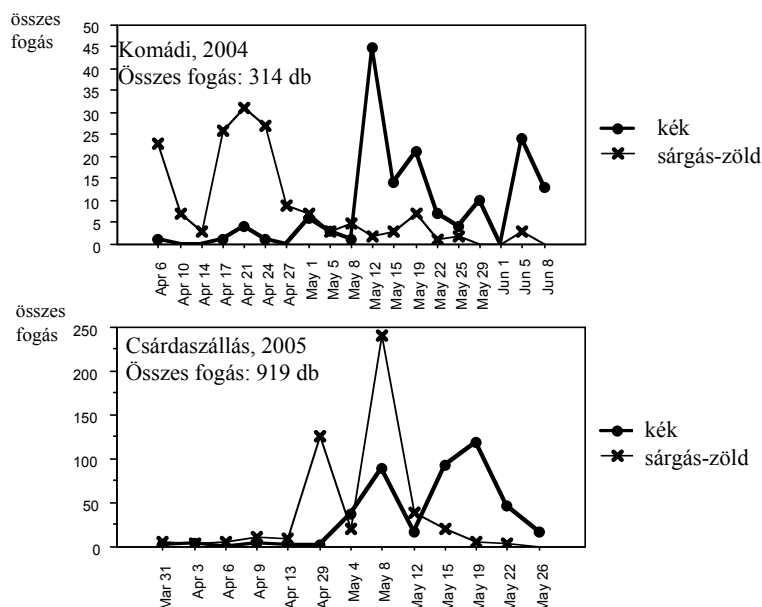
3.4 A repce-fénybogárral kapott eredmények

A repce-fénybogár sárga szín iránti érzékenysége már régóta ismert. Ezért volt meglepő, amikor jelen OTKA kutatás folyamán az eredetileg bundásbogár (*Epicometis hirta*) fogására beállított kísérletekben a kék színű, és csalétekként fahéjalkoholt valamint transz-anetolt tartalmazó csapdák rendszeresen fogtak *Meligethes* egyedeket. 2004-es színcsapdás (kémiai csalétek nélküli csapdák) kísérleteinkben azt találtuk, hogy míg a korai szakaszban (április vége, május eleje) a *Meligethes* fogások a legmagasabbak a zöldes-sárga csapdákból voltak, addig később (május vége, június eleje) legjobban a kék, ill. a fehér csapdák fogtak. 2005-ös ismétlődő kísérleteinkben hasonló fogási trendeket tapasztaltunk (6. ábra)



6. ábra. *Meligethes* spp. átlagos fogásai csalétek nélküli, különböző színű VARb3 csapdákból. I = átlátszó; II = fehér; III = kék; IV = sárga; V = fluoreszkáló zöldes-sárga. Szignifikancia: az azonos betűvel jelölt átlagok egy diagramon belül nem különböznek egymástól a P=5%-os szinten (ANOVA, Games-Howell).

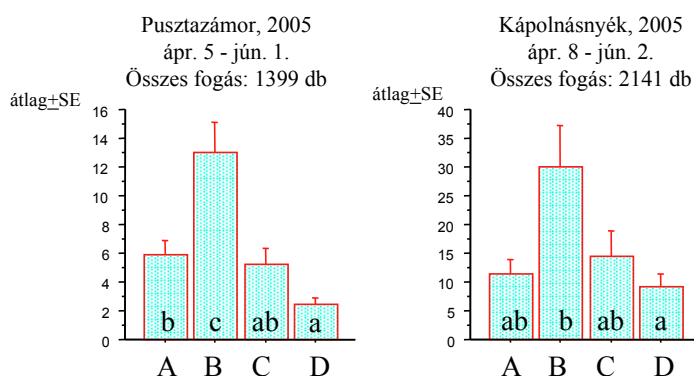
Ez a színek közötti „átszapás” különösen jól látható, ha az egyes leolvasási dátumokon tapasztalt fogásokat hasonlítjuk össze (7. ábra).



7. ábra. *Meligethes* fajok kezdetben zöldes-sárga, később kék színpreferenciát mutatnak.

Feltételezzük, hogy a szezonálisan eltérő színpreferencia oka az lehet, hogy a különböző időpontban rajzó különféle *Meligethes* fajok eltérő színpreferenciát mutatnak. A kísérletekben fogott *Meligethes* anyag fajra határozását Dr. Marcali Zsolt (Keszthelyi Egyetem) végzi, amely jelenleg folyamatban van.

A kémiai stimulusok előzetes vizsgálata során (melyet zöldes-sárga színű VARb3 csapdákkal végeztünk) bebizonyosodott, hogy az általunk felfedezett attraktánsokat (fahéjalkohol és transz anetol) tartalmazó keverék szignifikánsan több *Meligethes* spp.-t fog, mint a gyenge attraktánsként már ismert fenetil izotiocianát. Az allil izotiocianát hozzáadásának nem volt hatása (8. ábra).



8. ábra. *Meligethes* spp. átlagos fogásai szintetikus növényi illatanyag kombinációkkal csalétkezett zöldes-sárga VARb3 csapdáknál. A = fenetil izotiocianát + allil izotiocianát; B = fenetil izotiocianát + fahéjalkohol + transz anetol + metil szalicilát + fenilacetaldehid + 2-feniletanol + benzaldehid; C = fenetil izotiocianát; D = csalétek nélküli kontroll.

Szignifikancia: az azonos betűvel jelölt átlagok egy diagramon belül nem különböznek egymástól a $P=5\%$ -os szinten (ANOVA, Games-Howell).

A továbbiakban szinergetikus hatású komponenskeverékek kutatását, illetve a vizuális és kémiai ingerek együttes hatásának vizsgálatát tervezzük.

4 Tárgyalás

Burgonyabogár

A kísérleteink során elsőként sikerült a burgonyagumó darálék és az abban található egyik vegyület, a trans-2-octenal vonzó hatását burgonyabogarakon kimutatni. Figyelembe véve azt, hogy számtalan egyéb vegyület található a gumóban, nem valószínű, hogy az említett anyag önmagában lenne felelős a hatásért, még ha jelentősége kiemelkedő lehet is. Több más vegyület különféle dózisu elegyének vizsgálatára van még szükség. Hatásos elegy esetében szabadföldi tesztekre kell sort keríteni. A gumóban található anyagokkal csalétkezett zöldes-sárga színű lapokkal ellátott csapdák alkalmazása elsősorban a kora tavaszi időszakban, a bogarak betelepülésekor lehetne hatékony kiegészítő módszer.

A burgonyabogárral végzett kutatások sajnos nem adtak eddig annyi eredményt, amely jelenleg elegendő lenne egy tudományos közlemény megírására. Emiatt 2006-ban is folytatjuk az olfaktométeres teszteléseket abban a reményben, hogy hatékonyabb csalogató anyagokhoz jutunk és behatárolhatjuk azoknak a vegyületeknek a körét, melyek további szabadföldi csapdázásra alkalmasak lehetnek.

Anyagi körülményeink mellett és a megfelelő szintű kémiai kooperáció hiánya következtében jelenleg nem látszik lehetőség arra, hogy a burgonyagumó pépből kimutatott aktivitás hátterében található (aktív szénrel gyűjtött) anyagokat meghatározzuk és újabb vizsgálatok alá vegyük.

A pályázat burgonyabogárra vonatkozó célkitűzéseinek maradéktalan megvalósításában a következő nehézségek jelentkeztek:

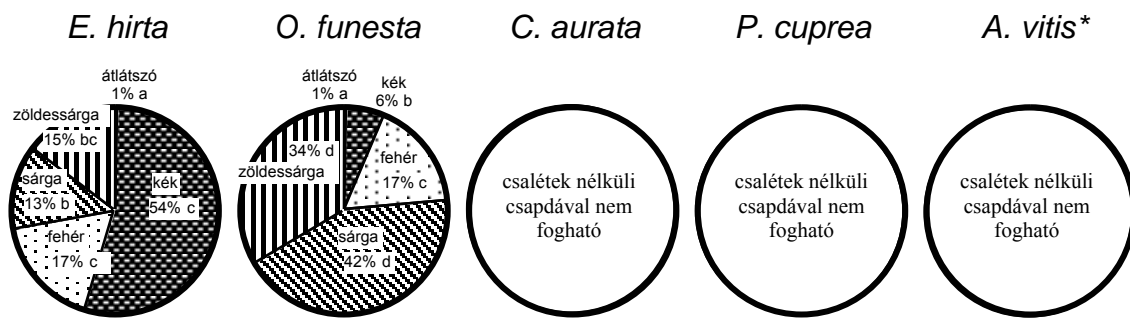
- A faj megfelelő hatékonyságú tenyésztése igen nagy ráfordítást kíván, ezért a legfontosabb feladatok (illatanyagok tesztelése) szezonális jellegű volt: május vége és október eleje között volt végezhető.
- A szabadföldi populációk mérete és elérhetősége évről-évre változott elsősorban időjárási tényezők következtében.
- Az üvegházi és egyéb ráfordítási költségek (munka-, és bérleti díj, anyagárak) folyamatosan emelkedtek, továbbá a pályázatból két alkalommal központi elvonásokra került sor.
- Igen sok vegyület-kombináció és dózis lehetséges, amelyeknek eddig csak egy kis részét sikerült vizsgálni.

Bundásbogár

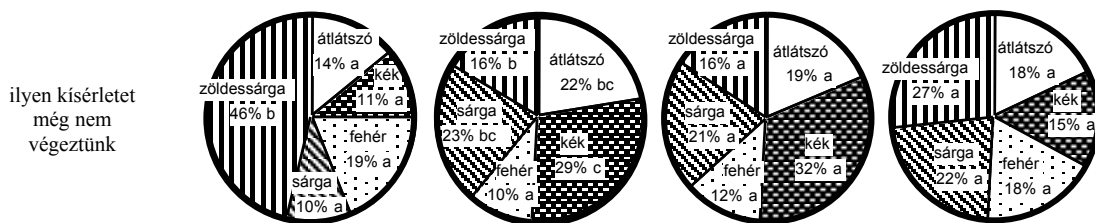
Vizsgálatainkat megelőzően nem volt ismeretes a fajra csalogató hatású vegyület, tehát ezirányú eredményeink tudományos novumnak számítanak.

A faj kék szín iránti érzékenységének első indikációjáról találunk adatot az irodalomban [21], de a faj színpreferenciáját szisztematikusan mások nem vizsgálták. A közeli rokon fajok közül a *Tropinota squalida* esetében, mely hazánkban nem fordul elő, de a Mediterráneumban hasonló károkat okoz, mint nálunk a bundásbogár, ismeretes, hogy a bogarak a fehér színre válaszolnak [22], de a színpreferenciát más színek vonatkozásában itt sem vizsgálták. Sajnos bár a személyes kapcsolatot Ortu csoportjával felvettük, és számos esetben küldtünk különféle színű és csalétkű csapdákat Szardíniára közös kísérletek végzése céljából, az olasz fél érdektelensége miatt még azt sem sikerült megtudnunk, hogy a csapdákat egyáltalán kipróbálták-e a terepen. Ugyanígy, magunk szállítottunk kísérleti csapdákat Egyiptomba (ahol a *T. squalida* nagy tömegben károsít pl. narancsültetvényekben), a kísérletek eredményéről azonban mindezidáig nem kaptunk hírt. Így jelenleg sajnos nem tudunk beszámolni a két közeli rokon faj szín- és kémiai preferenciájában meglévő hasonlóságról, ill. különbségekről.

Nagyon érdekes tudniillik, hogy az egyes, Cetoniinae alcsaládba tartozó cserebogárfajok színpreferenciája hogyan mutatkozik meg kémiai inger nélkül, ill. kémiai inger jelenlétében (9. ábra).



Csak vizuális inger (különböző színű csapdák csalétek nélkül)



Vizuális és kémiai inger együtt (különböző színű csapdák csalétekkel)

9. ábra. Nappal rajzó cserebogárfajok átlagos eloszlása különböző színű, csalétek nélküli, vagy szintetikus csalétekkel ellátott csapdáknál. Az azonos betűvel jelölt körszeletek által reprezentált átlagok egy diagramon belül nem különböznek egymástól szignifikánsan a $P=5\%$ -os szinten (ANOVA, Games-Howell) ([14] nyomán).

A bundásbogár kémiai inger távollétében nem repül be az átlátszó csapdába, de igen erősen vonzódik a kék színhez ill. kisebb mértékben más élénk színekhez is. A közeli rokon sokpettyes virágbogár (*Oxythyrea funesta*) csalétek nélküli csapdák esetén viszont a sárga árnyalatokat preferálja. Kémiai inger jelenlétében fogásokat tapasztalhatunk az átlátszó csapdáknál is, de erősen kiugrik a zöldes-sárga színárnyalat.

Az aranyos rózsabogár és rezes virágbogár csalogatóanyag nélkül egyik színre sem reagál. Kémiai inger jelenlétében azonban valamelyest a kék színt preferálják. Összehasonlításképpen bemutatjuk még a zöld cserebogár berepülését feromon csalétekkel [23] ellátott, különböző színű csapdába - itt nem mutatkozik szignifikáns különbség. (Természetesen csalétek nélküli csapdák zöld cserebogarat sem képesek fogni, akármilyen színűek legyenek is. Egyébként a zöld cserebogár is nappal aktívan repülő faj.) A színérzékenység hiánya a zöld cserebogárnál esetleg magyarázható azzal, hogy míg a többi faj esetében a csapdák a táplálkozási forrás (virág) irányába való tájékozódást próbálják kihasználni, addig itt feromonális (párosodással összefüggő) kommunikációról van szó. Gyakorlati szempontból lényeges tanulság, hogy az egyes kártevő fajoknál más és más vizuális és kémiai ingerkombináció lehet optimális, amit a megfelelően hatékony csapdák fejlesztésénél feltétlenül kísérletesen meg kell vizsgálni [14].

A fentebb tárgyalt alapkutatói eredményeink alapján kifejlesztett bundásbogár csapda Intézetünk CSALOMON[®] csapdacsaládjának tagjaként már több éve elérhető a mezőgazdasági termelők számára.

Mezei pattanóbogár

A mezei pattanóbogár esetében a szexferomonon (E,E-farnezil acetát) kívül (mely csak hímeket csalogat – [18]) más csalogató hatású vegyület nem ismert az irodalomban. Az eddigi eredményeinkben felfedezett attraktánsok, melyeket csapdákból az optimális fehér színnel szükséges kombinálni, igen perspektivikusak és újszerűek. Az eddigi eredmények még nem teszik lehetővé a publikálást (szabadalmi megfontolások is szóba jöhetnek). Reményeink szerint a jelenlegi OTKA támogatás lezárulta után is meg fogjuk találni a lehetőséget, hogy vizsgálatainkat sikeresen befejezzük.

Repce-fénybogár

Jelenleg a *Meligethes* fajok előrejelzésére csupán ragacsos, sárga színcsapdák állnak rendelkezésre, melyek nem túl érzékenyek, messze nem specifikusak, és használatuk kényelmetlen. A szezonálisan változó szín-preferencia jelensége tudományos érdekességén túlmenően, a mezőgazdasági gyakorlatban alkalmazható előrejelzési és védekezési módszerek tekintetében is nagy jelentőségű lehet. Hasonló jelenséget tudomásunk szerint más faj esetében sem írták még le.

Az irodalomból ismert csalogató hatású vegyületek [6] egytől-egyig túl gyenge hatásúak a gyakorlati alkalmazáshoz. Előzetes kísérleteink eredményei alapján van remény szinergetikus hatású kombinációk felfedezésére és optimalizálására. Kiegészítő igazoló kísérletek elvégzése után az eredmények a közeljövőben publikálásra kerülhetnek.

5 Idézett irodalom

[1] Tóth M. & Szentesi Á. 2002. Rovaretológia és növényvédelem: aktuálisabb, mint valaha! Növényvédelmi Napok 2002. Plenáris előadás összefoglalója. MAE, Budapest, 1.

[2] Dickens, J.C. 2000. Orientation of Colorado potato beetle to natural and synthetic blends of volatiles emitted by potato plants. *Agr. Food Chem.* 2, 167-172.

- [3] Dickens, J.C. 2000. Sexual maturation and temporal variation of neural responses in adult Colorado potato beetles to volatiles emitted by potato plants. *J. Chem. Ecol.* 26, 1265-1279.
- [4] Petersen, M.A., L. Poll & L.M. Larsen. 1998. Comparison of volatiles in raw and boiled potatoes using a mild extraction technique combined with GC odour profiling and GC-MS. *Food Chem.* 61, 461-466.
- [5] Knudsen, J.T., L. Tollsten & L.G. Bergström. 1993. Floral scents - a checklist of volatile compounds isolated by head-space techniques. *Phytochemistry* 33, 253-280.
- [6] Smart, L.E. & M.M. Blight. 2000. Response of the pollen beetle, *Meligethes aeneus*, to traps baited with volatiles from oilseed rape, *Brassica napus*. *J. Chem. Ecol.* 26, 1051-1064.
- [7] Görnitz, K. 1956. Weitere Untersuchungen über Insekten-Attraktivstoffe aus Cruciferen. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst N. F.* 10, 137-147.
- [8] Pivnick, K.A., Lamb, R.J. & D. Reed. 1992. Response of flea beetles, *Phyllotreta* spp., to mustard oils and nitriles in field trapping experiments. *J. Chem. Ecol.* 18, 863-873.
- [9] Tóth, M., F. Bakcsa, É. Csonka, I. Szarukán & P. Benedek. 2003. Species spectrum of flea beetles (*Phyllotreta* spp., Coleoptera, Chrysomelidae) attracted to allyl isothiocyanate baited traps in Hungary. *Proc. 3rd Intl. Plant Prot. Symp. Debrecen Univ. (8th Trans-Tisza Plant Protection Forum)* pp. 154-156.
- [10] Schmera, D., M. Tóth, M. Subchev, I. Sredkov, I. Szarukán, T. Jermy & Á. Szentesi. 2004. Importance of visual and chemical cues in the development of an attractant trap for *Epicometis (Tropinota) hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae). *Crop Prot.* 23, 939-944.
- [11] Szentesi, Á., D.C. Weber & T. Jermy. 2002. Role of visual stimuli in host and mate location of the Colorado potato beetle. *Entomol. Exp. Appl.* 105, 141-152.
- [12] Tóth, M., M.G. Klein & Z. Imrei. 2003. Field screening for attractants of scarab (Coleoptera: Scarabaeidae) pests in Hungary. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 38, 323-331.
- [13] Tóth, M., D. Schmera & Z. Imrei. 2004. Optimization of a chemical attractant for *Epicometis (Tropinota) hirta* Poda. *Z. Naturforsch.* 59c, 288-292.
- [14] Tóth, M., Z. Imrei, I. Szarukán, E. Voigt, D. Schmera, J. Vuts, K. Harmincz & M. Subchev. 2005. Gyümölcs- ill. virágkárokat okozó cserebogárfélék kémiai kommunikációja: egy évtized kutatási eredményei. *Növényvédelem* 41, 581-588.
- [15] Mircheva, A., M. Subchev, I. Sredkov & M. Tóth. 2004. Seasonal flight of *Epicometis hirta* Poda (Coleoptera, Scarabaeidae) established by attractant traps. *Annuaire de l'Université de Sofia "St. Kliment Ohridski"* 96, 201-204.

- [16] Tóth, M., L. Furlan, I. Szarukán & I. Ujváry. 2002. Geranyl hexanoate attracting male click beetles *Agriotes rufipalpis* Brullé and *Agriotes sordidus* Illiger (Col., Elateridae). *Z. angew. Ent.* 126, 312-314.
- [17] Tóth, M., L. Furlan, V. Yatsynin, I. Ujváry, I. Szarukán, Z. Imrei, M. Subchev, T. Tolasch & W. Francke. 2002. Identification of sex pheromone composition of click beetle *Agriotes brevis* Candeze. *J. Chem. Ecol.* 28, 1641-1652.
- [18] Tóth, M., L. Furlan, V.G. Yatsynin, I. Ujváry, I. Szarukán, Z. Imrei, T. Tolasch, W. Francke & W. Jossi. 2003. Identification of pheromones and optimization of bait composition for click beetle pests in Central and Western Europe (Coleoptera: Elateridae). *Pest Manag. Sci.* 59, 1-9.
- [19] Tóth, M. L. Furlan. 2005. Pheromone composition of European click beetle pests (Coleoptera, Elateridae): common components – selective lures. *IOBC/wprs Bulletin* 28, 133-142.
- [20] Furlan, L. 1998. The biology of *Agriotes ustulatus* Schaller (Col., Elateridae). II. Larval development, pupation, whole cycle description and practical implications. *J. Appl. Ent.* 122, 71-78.
- [21] Kozár, F. 1972. A new method of studying the swarming of *Epicometis hirta* Poda. *Acta Agronomica Acad.Sci. Hung.* 21, 373-376.
- [22] Ortu, S., A. Lentini & M. Acciaro. 2001. Some observations on *Tropinota squalida* (Scopoli) infestation in Sardinian vineyards. *Integrated Control in Viticulture IOBC/wprs Bulletin* 24, 113-116. (In French)
- [23] Tóth, M., W.L. Leal, I. Szarukán, M. Lesznyák & G. Szöcs. 1994. 2-(E)-Nonen-1-ol: male attractant for chafers *Anomala vitis* Fabr. and *A. dubia* Scop. (Coleoptera: Scarabaeidae). *J. Chem. Ecol.* 20, 2481-2487.