

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

**HAZAI KÁPOSZTABOLHA FAJOK
(*PHYLLOTRETA* SPP., *COLEOPTERA*,
CHRYSOMELIDAE) TÁPNÖVÉNNYEL
ÖSSZEFÜGGŐ ÉS FEROMONOK
SEGÍTSÉGÉVEL TÖRTÉNŐ
KÉMIAI KOMMUNIKÁCIÓJA**

Csonka Éva

Témavezető: Dr. Tóth Miklós

Tanszéki konzulens: Dr. Péntes Béla

Készült:

az **MTA Növényvédelmi Kutatóintézete**
Állattani Osztályán

és a

Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Karának
Rovartani Tanszékén

Budapest, 2008

A doktori iskola megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

Tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

Vezetője: Dr. Tóth Magdolna
egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyümölcsstermő Növények Tanszék

Témavezető: Dr. Tóth Miklós
tudományos tanácsadó
az MTA doktora
MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Állattani Osztály

Tanszéki konzulens: Dr. Péntes Béla
tanszékvezető egyetemi docens, kandidátus
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Rovartani Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés nyilvános vitára bocsátható.

.....
A tanszéki konzulens jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

A Budapesti Corvinus Egyetem Élettudományi Területi Doktori Tanács 2008. december 9.-ki határozatában a nyilvános vita lefolytatására az alábbi bíráló Bizottságot jelölte ki:

BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG:

Elnöke:

Balázs Sándor, MHAS

Tagjai:

Terbe István, DSc
Nagy Géza, PhD
Sáringer Gyula, MHAS
Jenser Gábor, DSc

Opponensek:

Voigt Erzsébet, CSc
Ripka Géza, PhD

Titkár:

Nagy Géza, PhD

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés.....	7
2. Irodalmi áttekintés.....	10
2.1. A tápnövény hatása a feromonokkal kapcsolatos viselkedésre a növényevő rovaroknál.....	10
2.1.1. Feromon termelés és kibocsátás.....	11
2.1.1.1. Növényi anyagok felvétele lárvakorban.....	12
2.1.1.2. Imágó által felvett tápnövény-komponens.....	12
2.1.1.3. Tápnövény által elősegített feromon-szintézis.....	14
2.1.1.4. Tápnövény jelenléte által elősegített feromon-kibocsátás.....	14
2.1.2. A feromonra adott viselkedési válasz befolyásolása.....	15
2.1.2.1. Nőstény-válasz befolyásolása a tápnövény által.....	15
2.1.2.2. Hím-válasz befolyásolása a tápnövény által.....	16
2.2. A káposztabolha fajok életmódja és kártételi jelentősége.....	18
2.3. A glükozinolátokat, valamint a glükozinolátok hidrolízis-termékeit tartalmazó növények kapcsolata az azokat károsító káposztabolhafajokkal.....	25
2.4. A káposztabolhák csapdázása táplálkozási attraktánsokkal.....	32
2.4.1. A káposztafélékből felszabaduló illatanyagok felhasználása táplálkozási attraktánsként csapdázási kísérletekben.....	32
2.4.2. A káposztabolhák csapdázására eddig felhasznált csapdatípusok.....	32
2.5. A közönséges káposztabolha hím egyedei által termelt aggregációs feromon	36
3. A kísérletek helye, anyaga és módszere.....	41
3.1. A kísérletek helyszínei.....	41

3.2. A fogott káposztabolha fajok identifikálása.....	44
3.3. Csapdatípusok.....	45
3.4. Csalétkék (kibocsátók).....	48
3.5. Vegyületek.....	49
3.6. A kísérletek során felhasznált dózisok.....	50
3.7. Statisztika.....	50
3.8. A kísérletek elrendezésének és kivitelezési módszerének alapjai.....	51
3.9. Káposztabolha fajok feromon-kivonása.....	52
4. Eredmények	58
4.1. A káposztabolhák és tápnövényeik közti kémiai kommunikáció vizsgálata.....	58
4.1.1. Az ALLYL ITCN által csalogatott magyarországi káposztabolha fajspektrum vizsgálatára irányuló kísérletek.....	58
4.1.2. Különböző izotio- és tiocianátok káposztabolha fajokra gyakorolt relatív vonzókéességének vizsgálata.....	62
4.2. A káposztabolhák feromonok segítségével történő kémiai kommunikációjának vizsgálata.....	67
4.2.1. A közönséges káposztabolhából azonosított hím-specifikus vegyületek szabadföldi aktivitásának vizsgálati eredményei.....	67
4.2.2. A káposztabolhák feromonális és tápnövényrel kapcsolatos kémiai kommunikációja közti kölcsönhatások vizsgálatának eredményei.....	75
4.2.3. Európai káposztabolha fajok hím-specifikus vegyületeinek azonosítására irányuló kísérletek eredményei	76
4.3. Káposztabolhák fogására alkalmas csapda-alakok összehasonlítására irányuló kísérletek eredményei.....	80
5. Következtetések és javaslatok.....	87
5.1. A káposztabolhák és tápnövényeik közti kommunikáció vizsgálata.....	87
5.1.1. Az ALLYL ITCN által csalogatott káposztabolha fajspektrum Magyarországon	87
5.1.2. Különböző izotio- és tiocianátok káposztabolha fajokra gyakorolt relatív vonzókéessége.....	89

5.2. A káposztabolhák feromonok segítségével történő kémiai kommunikációja.....	90
5.2.1. A közönséges káposztabolhából azonosított hím-specifikus vegyületek szabadföldi aktivitása.....	90
5.2.2. A káposztabolhák feromonok segítségével történő és tápnövényvel kapcsolatos kémiai kommunikációjának kölcsönhatása.....	92
5.2.3. Európai káposztabolha fajokból azonosított hím-specifikus vegyületek...	93
5.3. Káposztabolhák fogására alkalmas csapda-alakok összehasonlítása	94
6. Az egyes kutatási irányvonalakból született publikációk jegyzéke.....	96
7. Összefoglalás.....	98
8. Felhasznált irodalom	101
9. Mellékletek.....	120
10. Köszönetnyilvánítás.....	123

1. BEVEZETÉS

A káposztaféléken élő káposztabolha fajok (*Phyllotreta* spp., Coleoptera, Chrysomelidae) keresztesvirágú növények régóta ismert, jelentős kártevői, mind Euráziában (Sáring, 1998; Chen és Kung, 1955; Varma, 1961), mind Amerikában (Feeny és mtsai, 1970). Jelentőségük részben azzal magyarázható, hogy az általuk károsított, természetett, keresztesvirágú A káposztabolhák közé többnyire egynemzedékes fajok tartoznak. Legjelentősebb kártételüket a kora tavasszal aktívvá váló, áttelelt imágók okozzák. Rágásuk nyomán a levelek szitaszerűvé válnak, vízháztartási zavar alakul ki. Helyrevetés esetén, kártételük a fiatal növények nagy mérvű pusztulását, növekedésbeli lemaradását, később egyenlőtlen érést idézhetnek elő (Feeny és mtsai, 1970).

A *Phyllotreta*-fajok kártételének jelentőségét súlyosbítja a tény, hogy e nemzetség fajai számos kórokozó vektoraként ismertek (Markham és Smith, 1949; Campbell és Colt, 1967; Shukla és mtsai, 1975; Hill, 1983; Walkey és mtsai, 1986; Dillard és mtsai, 1998; Stobbs és mtsai, 1998; Ryden, 1989; 1990; Glits, 2000).

A káposztabolha fajok elleni védelemben nagy segítséget jelentene olyan szelektív csapda kifejlesztése, amely számos más kártevő faj esetében már rendelkezésre áll, és lehetőséget teremtene kártételük előrejelzésére. Ezzel a módszerrel tavasszal, a telélőhelyről előjövő, valamint a nyár második felében kifejlődő imágók megjelenésének időpontja nyomon követhető lehetne és az egyedsűrűség változását a tenyészidőben fel lehetne mérni.

E fajok csalogatására jól bevált és régóta ismert illatanyagok az izotio- és tiocianátok. Ezek a vegyületek a keresztesvirágú növényekben található, önmagukban táplálkozási és petézési stimulust kiváltó, nem illékony glükozinolátok bomlása során szekunder metabolitként szabadulnak fel (Feeny és mtsai, 1970; Hick, 1974; Pivnick és mtsai, 1992). Közülük a legismertebb táplálkozási attraktáns az allil-izotiocianát (ALLYL ITCN), amelynek egyes káposztabolhákra gyakorolt csalogató hatását már számos kutató igazolta (Görnitz, 1956; Feeny, 1970; Vincent és Stewart, 1984; Blight és mtsai, 1989; Pivnick és mtsai, 1992).

Az ALLYL ITCN mellett egyéb izotiocianátok és tiocianátok is számottevő csalogató hatást gyakorolhatnak a káposztabolhákra. Ennek mélyrehatóbb vizsgálatát néhány kutató által eddig leírt pozitív eredmény teszi indokolttá (Matsumoto, 1970; Feeny, 1970; Blight és mtsai, 1989; Pivnick és mtsai, 1992).

Peng és Weiss (1992), ill. Peng és mtsai (1999) nemrégiben kimutatták, hogy a káposztabolhák kémiai kommunikációjában feromonok is szerepet játszanak. A közönséges káposztabolhán (*Phyllotreta cruciferae* Goeze) végzett vizsgálataik során megállapították,

hogy e faj hím egyedei aggregációs feromont termelnek. Bartelt és mtsai (2001) a bogarak által a levegőbe kibocsátott illatanyag visszafogásával és analizálásával több hím-specifikus vegyületet sikeresen azonosítottak. Az azonosított vegyületek keveréke egy Amerikában végrehajtott korábbi, szabadföldi csapdázásos kísérlet során aktívnak bizonyult a közönséges káposztabolhára (Soroka és mtsai, 2005). A keverék szinergetikusan növelte az ALLYL ITCN, mint táplálkozási attraktáns vonzó hatását. Feltételezhető, hogy az azonosított hím-specifikus vegyületek hatékonyan felhasználhatók lesznek nagyobb vonzó képességű és így érzékenyebb előrejelzést biztosító csalogatóanyagként.

A fentiek alapján, vizsgálataink célkitűzései és főbb irányvonalai a következők voltak:

1. A káposztabolha fajok esetében legrégebben ismert és mindezidáig a legnagyobb vonzóképeségűnek elfogadott táplálkozási attraktáns, az ALLYL ITCN-ot vizsgáltuk abból a szempontból, hogy milyen, a régiókban előforduló káposztabolha fajokra gyakorol vonzó hatást, és mindezek alapján alkalmas lehet-e a későbbiekben növényvédelmi előrejelzésre.
2. Több, táplálkozási attraktánsként szóbjövő izotio- és tiocianátnál vizsgáltuk, hogy megfigyelhető-e ezen illatanyagok esetében eltérő illatanyag-preferencia a különböző káposztabolha fajokra nézve.
3. A közönséges káposztabolhából Bartelt és mtsai (2001) által a közelmúltban azonosított hím-specifikus vegyületek keverékének és azok különböző kombinációinak, valamint enantiomerikus formáinak viselkedést-befolyásoló hatását vizsgáltuk ALLYL ITCN, illetve 3-butenil-izotiocianát (3BUT ITCN) jelenlétében, szabadföldi csapdázásos kísérletben a hazai káposztabolha fajokra. A kísérleteket egy világszinten elsőként végzett kísérlet-sorozat keretein belül, Robert J. Bartelt kutatócsoportjával (USA, Peoria) együttműködve, amerikai kísérletekkel párhuzamosan elsőként végeztük el Európában. Célul tűztük ki annak tisztázását, hogy a közönséges káposztabolhából azonosított hím-specifikus vegyületek közül vajon melyik rendelkezik tényleges szabadföldi aktivitással, és tekinthető feromon-komponensnek.
4. Labormunka keretein belül megkíséreltük több, hazánkban gyakorlati szempontból jelentős káposztabolha faj feromon-szerkezetének azonosítását.
5. Ahhoz, hogy a szabadföldi csapdázásainkat értékelhetően tudjuk végezni, szükség volt egy, a káposztabolha fajokat hatékonyan fogó, megfelelő érzékenységgű, nagy fogókapacitású csapdatípus kiválasztására. Célunk volt a továbbiakban annak a megbízható, nem telítődő csapdatípusnak a megtalálása, amely a későbbiekben, a gyakorlatban is felhasználható a káposztabolhák előrejelzésére és rajzásuk nyomon követésére.

A kutatásokat az MTA Növényvédelmi Kutató Intézetében, témavezetőm, Dr. Tóth Miklós vezetésével végeztem. Résztevékenységem volt számos szabadföldi kísérlet megtervezése, felállítása és ellenőrzése, 2002-től a káposztabolhák határozása, valamint a kísérletek során kapott eredmények statisztikai kiértékelése. A káposztabolhák feromon-kivonását célzó labormunkát önállóan végeztem, a levegőbe kibocsátott illatanyagok összegyűjtésével, levegőáramlásos módszerrel, zárt rendszerben („closed loop stripping analysis”). Részt vállaltam a bogarak kivonatainak gázkromatográfiás analízisében. A kísérlethez a bogarak begyűjtése, fenntartása, fajra határozása és ivari elkülönítése is önálló munkáim részét képezte.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A tápnövény hatása a feromonokkal kapcsolatos viselkedésre a növényevő rovaroknál

A tápnövény illatanyaga, illetve a feromonok segítségével történő kommunikáció közötti kapcsolatra a növényevő rovaroknál számos példát találunk az ivari viselkedést befolyásoló feromonokat, illetve az aggregációs feromonokat használó rovarok körében (Landolt és Phillips, 1997).

Az ivari viselkedést befolyásoló feromon egy élőlény által kibocsátott kémiai jel, amely szexuális válaszreakciót vált ki ugyanazon faj ellenkező ivarát képviselő egyedéből. A ivari viselkedést befolyásoló feromonokon belül egyik fő csoportot alkotják a rövid hatótávolságú válaszreakciót kiváltó udvarlási feromonok (afrodiziákumok), amelyek a párosodás létrejöttét segítik. Ennek a csoportnak rövid hatótávolsága miatt jelenleg nincs szerepe a növényvédelmi előrejelzésben. A második csoportot képviselik a távhatású szexferomonok, amelyek segítségével az eltérő ivarú egyedek nagy távolságból is egymásra találhatnak. Távhatásuk miatt szerepük a növényvédelmi előrejelzésben jelentős. Külön csoportot képeznek a szintén távhatású és ezáltal az előrejelzés szempontjából szintén jelentős aggregációs feromonok, amelyek mindkét ivarú egyed összegyülekezését eredményezik (Tóth, 1990; Landolt és Phillips, 1997). Landolt és Phillips (1997) feltételezi, hogy az aggregációs feromonok szexferomon-funkciót is betöltenek, ugyanis a kibocsátó szervezet elsődleges célja a párzás is lehet.

A szexuális viselkedés és a feromonok segítségével történő kémiai kommunikáció gyakran kapcsolódik valamilyen módon az adott rovar tápnövényéhez és a tápnövény illatanyagához, amelynek számos példáját és változatát találjuk mind a bogarak (*Coleoptera*), mind a lepkék (*Lepidoptera*), mind a kétszárnyúak (*Diptera*) rendjén belül (Byers, 1981; Raina és mtsai, 1992; Dickens és mtsai, 1990). Ez a kapcsolat legalább olyan régóta ismert, mint amilyen régóta a feromonok létezéséről tudunk, de több rovar kémiai kommunikációjában csak az utóbbi időben tanulmányozták részletesen. Kutatásuk gyakorlati jelentősége az, hogy az ismeretek kártevő fajoknál felhasználhatók az előrejelzés tökéletesítésére (Landolt és Phillips, 1997).

A fitofág rovarok gyakran találkoznak, „udvarolnak” és párosodnak a növényeken. Szexuális viselkedésük főként, vagy kizárólagosan a tápnövényen fordul elő. Mindennek a magyarázata feltehetően az, hogy a tápnövényen, mint táplálkozási helyen, nagyobb az esélye az ellentétes nemek találkozásának, azoknál a fajoknál, amelyeknél az imágó is a tápnövényen táplálkozik. A hímek gyakran azért keresik fel célzottan a tápnövényt, mert a nőstények –

amelyek ott táplálék és petézési hely után kutatnak – ilyen úton könnyebben fellelhetőek párosodás céljából (Landolt és Phillips, 1997).

A tápnövény és a szexuális viselkedés közti kapcsolatnak számos egyéb példája ismeretes. Egyes rovarfajok elkülönítik, más rovarok képesek utánozni a tápnövény kémiai komponenseit, majd szexferomonként, vagy szexferomon prekuzorként használják fel őket (Conner és mtsai, 1981; Schneider és mtsai, 1982; Dussourd és mtsai, 1988; Krasnoff és Roelofs, 1989; Conner és mtsai, 1990). Más rovarfajoknál a feromon termelés és kibocsátás részben a tápnövény illatanyagára adott válaszreakcióként következik be (Hughes és Renwick, 1977; Raina, 1988; Raina és mtsai, 1992; Jaffe és mtsai, 1993; Lextraít és mtsai, 1995; Dickens, 1986; Riddiford, 1967; Riddiford és Williams, 1967/a; Riddiford és Williams 1967/b; McNeil és Delisle, 1989; Landolt és mtsai 1994).

A tápnövény illatanyagai erősíthetik is a feromonra adott válaszreakciót (Landolt és mtsai 1994). A tápnövény és a feromonok segítségével történő kémiai kommunikáció közötti kapcsolatnak fontos szerepe lehet a táplálkozásban, az egyedek párosodáshoz szükséges aggregációjában, a tápnövény és a társak felkutatásában és kiválasztásában. A növényi illatanyag és a feromonok közötti kapcsolat biztosíthatja a testvér (sibling) fajok izolációját, valamint szerepe lehet a szaporodás szabályozásában, a táplálkozási és petézési hely jelenlétével vagy hiányával összefüggésben (Borden, 1977; 1984; Landolt és mtsai, 1994; Landolt és Phillips, 1997).

A tápnövény és a feromonok közti kapcsolat általában két csoportba osztható: hatásuk irányulhat egyrészt a feromont kibocsátó, másrészt a feromont felfogó egyedre. A tápnövény jelenléte a kibocsátó szempontjából kiválthatja, vagy növelheti a feromon-termelést, de kiválthatja a feromon-kibocsátást is. A feromont felfogó egyed esetében a tápnövény - feromon egymásra hatás a válaszreakció intenzitását befolyásolhatja (Landolt és Phillips, 1997).

2.1.1. Feromon termelés és kibocsátás

A feromon termelést és kibocsátást a tápnövény jelenléte számos módon, közvetlenül és közvetve is befolyásolhatja.

A tápnövény kétségtelenül fontos szerepet játszik a növényevő rovarok szexferomonjának forrásaként. Néhány rovar bioaktív anyagokhoz, így a feromonok prekuzoraihoz is hozzájut táplálkozás során. Egyes rovaroknál a feromon az ürülékkel együtt halad az állat szervezetében és azzal együtt szabadul fel kémiai kapcsolatot létesítve a tápnövény és a feromon vegyületei között (Tumlinson és mtsai, 1969; Conner és mtsai, 1981; 1990; Byers és mtsai, 1979; Dussourd és mtsai, 1988; Young, 1990; Landolt és Phillips, 1997).

2.1.1.1. Növényi anyagok felvétele lárvakorban

Egy példa a tápnövény szexferomon-termelésben betöltött szerepére a tápnövény kémiai anyagainak lárvakorban történő felvétele és ezen anyag imágó korban történő felhasználása a szexuális kommunikációban. A lárvakorban felvett növényi anyagot egyes fajok hím egyedei kifejlett állapotban udvarlásra, vagy szexuális vonzás kiváltására használhatják. Ebbe a csoportba sorolható a medvelepkék (*Arctiidae*) számos faja, valamint a tarkalepkék (*Nymphalidae*) bizonyos fajai (Landolt és Phillips, 1997).

Több medvelepke faj lárvakorban pirrolizidin alkaloidokat választ el a tápnövényből, amelyek védelmi funkciót töltenek be pete, lárva valamint imágó állapotban, továbbá feromonjuk prekursorát képezik (Conner és mtsai, 1981; Schneider és mtsai, 1982; Dussourd és mtsai, 1988; Krasnoff és Roelofs, 1989; Conner és mtsai, 1990).

A keleti gyümölcsmoly (*Grapholita molesta* Buck) lárvája etil-transz-cinnamátot választ el a tápnövény szövetéből, amelyet imágó korban udvarlási feromoként használ fel (Baker és mtsai, 1981; Löfstedt és mtsai, 1989)

Az 1. táblázat a csoport néhány példa-faját szemlélteti.

1. táblázat Adatok a tápnövény kémiai anyagainak lárvakorban történő elválasztására és ezen anyagok imágó korban szexferomon-prekurzorként történő felhasználására

Faj (hím)	A lárva által a tápnövényből elválasztott feromon-prekurzor	A képződő feromon megnevezése
<i>Cretonotos transiens</i> Walker (<i>Arctiidae</i>) Schneider és mtsai (1982)	pirrolizidin alkaloidok (pete, lárva és imágó korban védelmi funkció)	hidroxidanaidál (szexferomon)
<i>Cretonotos ganges</i> L. (<i>Arctiidae</i>) Schneider és mtsai (1982)		
<i>Utetheisa ornatrix</i> L. (<i>Arctiidae</i>) Conner és mtsai (1981; 1990)		hidroxidanaidál (udvarlási feromon)
<i>Estigmene acraea</i> Drury (<i>Arctiidae</i>) Krasnoff és Roelofs (1989)		
<i>Phragmatobia fuliginosa</i> L. (<i>Arctiidae</i>) Krasnoff és Roelofs (1989)		
<i>Pyrrharctia isabella</i> Smith (<i>Arctiidae</i>) Krasnoff és Roelofs (1989)		
<i>Grapholitha molesta</i> (<i>Tortricidae</i>) Löfstedt és mtsai (1989); Baker és mtsai (1981)	etil-transz-cinnamát	etil-transz-cinnamát (udvarlási feromon)

2.1.1.2. Imágó által felvett tápnövény-komponens

A medvelepkék, valamint a tarkalepkék családján belül, egyes fajok esetében a kifejlett hím egyedek gyűjtik össze a feromon-prekurzorként szolgáló pirrolizidin alkaloidot (Edgar és

Culvenor, 1974; Pliske, 1975; Schneider és mtsai, 1975; Boppre, 1978; Krasnoff és Dussourd, 1989) (2. táblázat).

Néhány fűrőlégy faj (*Tephritidae*), mint a *Bactrocera dorsalis* Hendel hímje szintén növényi anyagokból szerzi a szexferomon-prekurzorát, amely e faj esetében a virágokból nyert metil-eugenol (Yong, 1990; Shelly és Dewire, 1994).

Számos bogárfajnál, de elsősorban a szúbogaraknál figyelhető meg, hogy a táplálkozáshoz, illetve párzáshoz való csoportosulás az aggregációs feromon vonzó hatásának eredménye (Alcock, 1982.; Birch, 1984; Borden, 1984; Borden, 1993; Wood, 1982). A tápnövény és a feromon vonzó hatása között ezeknél a fajoknál gyakran szoros a kapcsolat.

A rovarok viselkedésére hathatnak a nem károsított, vagy a rovarok által károsított tápnövényből felszabaduló kémiai anyagok, az ürülékből felszabaduló kémiai anyagok, vagy a kibocsátott feromon.

A bogarak esetében a kibocsátott feromon származhat a növényből; a tápnövény elfogyasztása és bélbe jutása útján, ahol a bélben való átalakulást követően az ürülékkel távozik. A tápnövényből származó vegyületekből történő feromon-szintézis kiváló példája 3 bogárfaj, a *Sitophilus oryzae* L. (Schmuff és mtsai, 1984), a *Tribolium castaneum* Herbst. (Hussain és mtsai, 1994), valamint a *Rhyzopertha dominica* Fabricius (Mayhew és Phillips, 1994) esete. Ezeknél a raktári kártevő fajoknál a hímek feromon-kibocsátása csak akkor következik be, ha a táplálékuk, a gabona jelen van, és azon a hím egyedek táplálkozhatnak.

Egyes szúbogarak (*Scolytidae*) ismertek arról, hogy terpenoid típusú feromont termelnek, amelyet a tápnövény terpénjeiből állítanak elő (Hughes, 1973; Hughes, 1974; Renwick és mtsai, 1976; Byers és mtsai, 1979; Hendry és mtsai 1980; Byers, 1981; 1982) (2. táblázat).

2. táblázat A hím imágók által, a tápnövényből felvett vegyületek és azok későbbi szerepe a feromonok segítségével történő kémiai kommunikációban

Faj/ rovarcsoport (család)	Az imágó által biztosított növényi illatanyag	Az illatanyag szerepe a feromonok segítségével történő kémiai kommunikációban
<i>Ciseps fulvicollis</i> Hübner (<i>Arctiidae</i>) Krasnoff és Dussourd (1989)	pirrolizidin alkaloid	szexferomon-prekurzor
Egyes <i>Ithomiine</i> és <i>Danaiinie</i> lepkék (<i>Nymphalidae</i>) Pliske (1975); Boppre (1978); Edgar és Culvenor (1974); Schneider és mtsai (1975)		udvarlási feromon-prekurzor
<i>Bactrocera dorsalis</i> (<i>Tephritidae</i>) Young (1990)	metil eugenol (virágokból)	feromon-prekurzor
<i>Ips paraconfusus</i> Lanier (<i>Scolytidae</i>) Byers (1981, 1982); Byers és mtsai (1979); Renwick és mtsai (1976)	mircén α -pinén	feromon-prekurzor (ipszenol, ipszdiénol, cisz- verbenol)
<i>Dendroctonus ponderosae</i> Hopkins (<i>Scolytidae</i>) Hughes (1973)	α -pinén	feromon-prekurzora (transz-verbenol)

2.1.1.3. Tápnövény által elősegített feromon-szintézis

A tápnövény által elősegített feromon-bioszintézist a szűbogaraknál, valamint a *Helicoverpa* nemzetség bizonyos fajainál figyelték meg (Hughes és Renwick, 1977; Raina, 1988; Raina és mtsai, 1992).

A *Dendroctonus brevicomis* LeConte hímjeinél a feromon-szintézist a tápnövényen való táplálkozás stimulálja (Hughes és Renwick, 1977) (3. táblázat).

Hasonló jelenség volt megfigyelhető a *Helicoverpa* nemzetség két vizsgált fajánál, a *Helicoverpa zea* Boddie és a *Helicoverpa phloxiphaga* Grote & Robinson fajoknál, amelyek feromon-szintézisét a tápnövény jelenléte erősíti (Raina, 1988; Raina és mtsai, 1992) (3. táblázat).

3. táblázat Adatok a tápnövény által elősegített feromon-termelésre

Faj (család)/ a feromont kibocsátó ivar	A feromon-termelést stimuláló tápnövény
<i>Dendroctonus brevicomis</i> (Scolytidae)/hím Hughes és Renwick (1977)	túlevelűek
<i>Helicoverpa zea</i> (Noctuidae)/nőstény Raina és mtsai (1992)	kukorica paradicsom
<i>Helicoverpa phloxiphaga</i> (Noctuidae)/nőstény Raina (1988)	<i>Castilleja indivisa</i> (gyomnövény)

2.1.1.4. Tápnövény jelenléte által elősegített feromon-kibocsátás

A tápnövény jelenléte által elősegített feromon kibocsátás a bogarak rendjének (*Coleoptera*) számos fajánál előfordul (Jaffe és mtsai, 1993; Lextrait és mtsai, 1995; Dickens, 1986), valamint a lepkék rendjén (*Lepidoptera*) belül is megfigyelhető (Riddiford, 1967; Riddiford és Williams, 1967/a; 1967/b; McNeil és Delisle, 1989; Landolt és mtsai, 1994), ahogy azt a 4. táblázat mutatja.

4. táblázat Néhány példa rovarfaj a tápnövény által elősegített feromon kibocsátására

Faj (család)/a feromont kibocsátó ivar	A feromon kibocsátását kiváltó tényező
<i>Rhynchophorus palmarum</i> L. (Curculionidae)/hím Jaffe és mtsai (1993)	etil-acetát (tápnövény)
<i>Callosobruchus maculatus</i> Fabricius (Bruchidae)/nőstény Lextrait és mtsai (1995)	tápnövény magja
<i>Anthonomus grandis</i> (Curculionidae)/hím Dickens (1986)	gyapoton való táplálkozás
<i>Antherea polyphemus</i> Cramer (Saturniidae)/nőstény Riddiford (1967); Riddiford és Williams (1967/a; 1967/b)	transz-2-hexenál (vörös tölgy)
<i>Homeosoma electellum</i> Hulst (Phycitidae)/nőstény McNeil és Delisle (1989)	napraforgó pollen
<i>Trichoplusia ni</i> Hübner (Noctuidae)/nőstény Landolt és Heath (1990)	gyapot

Ilyen esetekben elsőként a tápnövény vonzza magához az imágót, amely a tápnövény stimulusának hatására mindezek után kibocsátja a feromont (Landolt és Phillips, 1997).

Azon fajok esetében, amelyek az ürüléken keresztül bocsátják ki a feromont (így például az *Anthonomus grandis* Boheman esetében), a tápnövényen való előzetes táplálkozás szükséges a feromon kibocsátásához (Tumlinson és mtsai, 1969).

2.1.2. A feromonra adott viselkedési válasz befolyásolása

A tápnövény azon rovar egyedek viselkedésére is hathat, amelyek a más egyedek által kibocsátott feromonra válaszolnak. A hatás egyértelműen kimutatható egy olyan kísérlet során, ahol a válaszreakciót a feromonra és a tápnövény-stimulusra külön-külön, majd a kettő kombinációjára vizsgálják. A két illatanyag pozitív egymásra hatása lehet szinergizmus, vagy additív hatás (Landolt és Phillips, 1997).

2.1.2.1. Nőstény-válasz befolyásolása a tápnövény által

A nőstény egyedeknek a hím egyedek által termelt feromonjára adott válaszreakcióját a tápnövény illatanyagának jelenléte számos esetben erősíti (Landolt és Phillips, 1997).

Ez a jelenség figyelhető meg a kétszárnyúak rendjén (*Diptera*) belül a fűrőlegyek (*Tephritidae*) családjának (Dickens és mtsai, 1990), valamint a harmatlegyek (*Drosophilidae*) családjának (Bartelt és mtsai, 1986; 1988) bizonyos fajainál (5. táblázat).

A *Drosophila* nemzetség számos fajánál, a nőstények a hím egyedek által kibocsátott feromonra kizárólag a károsított növényből származó illatanyagok jelenlétében válaszolnak.

A tápnövény illatanyagának jelenléte a bogarak rendjén (*Coleoptera*) belül is több fajnál erősíti a feromonra adott válaszreakciót, ahogy azt az 5. táblázat is mutatja (Walgenbach és mtsai, 1987; Roach és mtsai, 1991; Petroski és mtsai, 1994).

A lepkék rendjén belül (*Lepidoptera*) mindeztől kezdve kevés megfigyelés áll rendelkezésre a hím egyedek által termelt feromon és a tápnövény illatanyagának szinergikus hatására. A *Trichoplusia ni* esetében figyelték meg, hogy a hímek által termelt feromon hatását szinergikusan növelik a gyapot leveléből felszabaduló illatanyagok (Landolt és mtsai, 1994) (5. táblázat).

5. táblázat A tápnövény illatanyagának nőstény egyedek válaszreakcióját növelő szerepe a hím egyedek által termelt feromonra

Faj (család)	Nőstény egyedek feromonra adott válaszát erősítő tényező
<i>Toxotrypana curvicauda</i> Gerstaecker (<i>Tephritidae</i>) Landolt és mtsai (1992)	tápnövény gyümölcsének illatanyagai
<i>Ceratitis capitata</i> Wiedemann (<i>Tephritidae</i>) Dickens és mtsai (1990)	levél-illatanyagok
<i>Drosophila borealis</i> Patterson (<i>Drosophilidae</i>) <i>Drosophila littoralis</i> Meigen (<i>Drosophilidae</i>) Bartelt és mtsai (1988)	erjedő nyárfakéreg illatanyagai
<i>Drosophila virilis</i> Sturtevant (<i>Drosophilidae</i>) Bartelt és mtsai (1986)	erjedő fűzfakéreg illatanyagai
<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky (<i>Curculionidae</i>) Walgenbach és mtsai (1987)	gabona jelenléte
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> Fabricius (<i>Curculionidae</i>) Rochat és mtsai (1991)	etil-propionát (tápnövény-komponens)
<i>Carpophilus obsoletus</i> Erichson (<i>Nitidulidae</i>) Petroski és mtsai (1994)	propil-acetát (tápnövény illatanyag)
<i>Trichoplusia ni</i> (<i>Noctuidae</i>) Landolt és mtsai (1994)	gyapotlevél illatanyaga

2.1.2.2. Hím-válasz befolyásolása a tápnövény által

A nőstény egyedek által termelt feromonra adott hím válaszreakcióra szintén hathat a tápnövény illatanyaga.

A *Helicoverpa zea* (Light és mtsai, 1993), a *Heliothis virescens* Fabricius (Dickens és mtsai, 1993) illetve a *Sitotroga cerealella* Olivier (Stockel és Boidron, 1981) hím egyedei nagyobb számban repültek a nőstény szexferomonjával és a tápnövény illatanyagával együttesen csalétkezett csapdádba, mint a csak feromont tartalmazókba.

A szűbogarak esetében a *Dendroctonus* és a *Scolytus* nemzetségen belül is megfigyelték, hogy a nőstény által termelt feromon vonzóképesége nő a tápnövény jelenlétében, vagy függ a tápnövény illatanyagainak jelenlététől (Wood, 1982).

A *Dendroctonus frontalis* Zimmermann nősténye által termelt feromonnak, a frontalinnak önmagában nincs aktivitása, de a tápnövényből felszabaduló alfa-pinén vonzó hatását szinergikusan növeli (Payne és mtsai, 1978).

Hasonló összefüggés figyelhető meg a *Dendroctonus brevicomis* LeConte nősténye és hímje által kibocsátott feromonkomponensek esetében, amelyek csak a mircén tápnövénykomponens jelenlétében aktívak (Bedard és mtsai, 1980).

A *Scolytus multistriatus* Marsham fajnál a nőstény által termelt feromon szintén csak az alfa-kubebén tápnövény-komponens jelenlétében rendelkezik vonzó hatással (Gore és mtsai, 1977) (6. táblázat).

6. táblázat A tápnövény illatanyagának hím egyedek válaszreakcióját növelő szerepe a nőstény egyedek által termelt feromonra

Faj (család)	Hím egyedek feromonra adott válaszát erősítő tényező
<i>Helicoverpa zea</i> (Noctuidae) Light és mtsai (1993)	kukoricahaj z-3-hexenil-acetát/ z-3-hexenil-1-ol (tápnövény)
<i>Heliothis virescens</i> (Noctuidae) Dickens és mtsai (1993)	z-3-hexenil acetát
<i>Sitotroga cerealella</i> (Gelechiidae) Stockel és Boidron (1981)	kukorica-extraktum
<i>Dendroctonus frontalis</i> (Scolytidae) Payne és mtsai (1978)	alfa-pinén (tápnövény illatanyag) nélküle inaktív a feromon
<i>Dendroctonus brevicomis</i> (Scolytidae) Bedard és mtsai (1980)	mircén (tápnövény illatanyag) nélküle inaktív a feromon
<i>Scolytus multistriatus</i> (Scolytidae) Gore és mtsai (1977)	alfa-kubebén (tápnövény illatanyag) nélküle inaktív a feromon

2.2. A káposztabolha fajok életmódja és kártételi jelentősége

A földibolhák alcsaládja (*Alticinae*) a levélbogarak (*Coleoptera, Chrysomelidae*) családján belül a legnagyobb alcsalád, amelyből több mint 250 faj fordul elő a Kárpát-medencében, és megközelítőleg 10 %-ukat a káposztabolha nemzetség (*Phyllotreta spp.*) fajai adják (Kaszab, 1962; Vig, 1992). A káposztaféléken károsító káposztabolhák bizonyos fajai ritkák, mások nemcsak Euráziában (Chen és Kung, 1955; Varma, 1961; Jourdheuil, 1966; Sáringer, 1998; Vig, 1998/a; 2003/a), hanem Amerikában (Feeny és mtsai, 1970; Lamb, 1984; Palaniswamy és Lamb, 1992; Vig, 2003/a) is a keresztesvirágú növények régóta jelentős kártevői. A legfontosabb Észak-Amerikában károsító káposztabolha faj a közönséges káposztabolha, amely az 1920-as években került át Európából Amerikába (Milliron, 1953). Kanadában elsőként 1923-ban írták le jelenlétét (Kinoshita, 1979). Napjainkban jelentős károkat okoz ebben a térségben (Burgess, 1977; Turnock és Turnbull, 1994; Soroka és mtsai, 2005; Andersen és mtsai, 2006). A kanadai olajrepe termesztésben akár 10%-os termésvesztést is okozhat évente károsítása (Lamb és Turnock, 1982). Az amerikai térségben a szintén jelentős kis káposztabolhával (*Phyllotreta striolata* Fabr.) okozott együttes kártételük 300 millió dollárt meghaladó értékvesztést jelent évente (Knodel és Olson, 2002).

Magyarországi viszonylatban a káposztabolhák kártételi jelentősége részben azzal magyarázható, hogy az általuk károsított, termesztett keresztesvirágú növények hazai vetésterülete jelentős, 85-90 ezer hektár között változik (Zatykó, 1994). Másrészt pedig ezen a területen a termesztésben lévő és a káposztabolhák által károsított keresztesvirágú tápnövények skálája rendkívül széles. A nemzetség fajai nemcsak a kertészeti zöldségtermesztésben [karfiol (*Brassica cretica* convar. *botrytis* Schwarz), káposztafélék (*Brassica oleracea* L.), retek (*Raphanus sativus* L.)], hanem a szántóföldi kultúrákban [káposztarepe (*Brassica napus* L.), tarlórépa (*Brassica rapa* L.), valamint a szántóföldi jellegű gyógynövénytermesztésben [fehér mustár (*Sinapis alba* L.), fekete mustár (*Brassica nigra* L.)] is károsítanak (Dobson, 1956; Vig, 1992; Balázs és mtsai, 1998; Vörös és Garamvölgyi, 1998).

A *Phyllotreta* nemzetségbe tartozó fajok Amerikában és Európában is egy nemzedékes fajokként ismertek, de Észak-Amerikában már részleges második generációt is leírtak. Indiában nyolc nemzedékük is lehet, ugyanis életciklusuk elsődlegesen a fotoperiódus, illetve a hőmérséklet által meghatározott (Varma, 1961; Westdal és Romanow, 1972; Kinoshita és mtsai, 1979; Kareiva, 1982; Sáringer, 1984; Vig, 1991). Mozgási aktivitásuk két csúccsal jellemezhető. Egy kora tavaszi csúccsal, amikor az áttelelt egyedek előjönnek telelőhelyükről,

illetve egy nyár közepi csúccsal, amikor a frissen kifejlődött bogarak megjelennek (Kocourek és mtsai, 2002).

Az imágók nagyrészt az előző évben károsított termőterület közelében telelnek át bokrok, valamint egyéb talajtakaró növények alatt, erdőszélek avarjában, valamint a felső 2.5 cm-es talajrétegben (Kinoshita és mtsai, 1979; Vincent és Stewart, 1983; Balázs és mtsai, 1998; Vig, 1998/a; 2003/a).

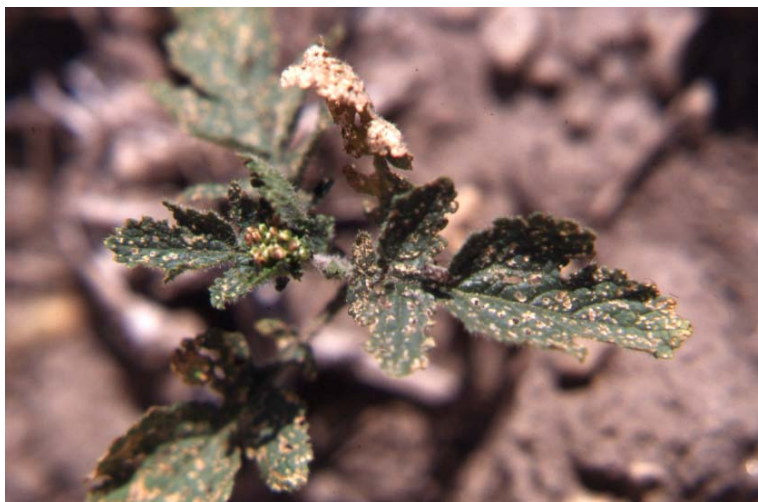
Vincent és Stewart (1983) kimutatta, hogy a bogarak betelepülése főként azoknak a területeknek az irányából történik tavasszal, ahol az előző évben keresztesvirágú kultúrákat termesztettek és kisebb populáció betelepülése figyelhető meg olyan szomszédos területekről, amelyen nem folyt előző évben termesztés. Ez a megfigyelés is igazolja, hogy a bogarak a termőterület szegélyében, annak közvetlen közelében telelnek.

A bogarak teleléshez előnyben részesítik a zártabb, védettebb, erdős, bokros telelőhelyeket a nyitottabb, füves, növénymaradványok nélküli területeknél és szántóföldnél (Burgess, 1977; Lamb, 1983; Andersen és mtsai, 2005; Ulmer és Dorsall, 2006). Telelésükre aggregációs viselkedés jellemző (Vig, 1990; 2003/a). A telelésre hibernálódott káposztabolhák szobahőmérsékleten gyorsan felelevenednek (Kinoshita és mtsai, 1979).

A káposztabolhák legjelentősebb kártételét a kora tavasszal aktívvá váló imágók okozzák.

A káposztabolhák Vincent és Stewart (1983) megállapításai szerint többnyire ugranak és mozgásuk főként 20 cm alatti magasságban történik. Ugrásuk átlagban 25 cm hosszú. Az egyedek alacsonyabb magasságokban repülhetnek is.

A telelésből előjövő imágók kezdetben gyomokon élnek, így például a *Lepidium*, *Cardamine*, *Dentaria* és *Raphanus* nemzetség fajain, később azonban a termőterületre bevándorolva megtámadják a termesztett, frissen kelő, fiatal keresztesvirágú növényeket (1. ábra).



1. ábra Káposztabolhák kártétele fiatal, néhány leveles fehérmustár növényen (Fotó: Jurkó Viktória)

Miután a káposztabolhák a termőterület közelében telelnek, kártételük csökkentésében nagy szerepe van a vetésváltásnak. Amennyiben a termesztő a monokultúras termesztést választja, várható, hogy a telelőhelyről előjövő egyedek nagy számban kezdik el kora tavasszal károsítani a vetést. A káposztabolhák kártételének mértékét nagyban befolyásolja a termőterületen termesztett növényfajok diverzitása. A bogarak monokultúrában kétszer-négyszer nagyobb számban fordulnak elő, gyorsabban települnek be és nagyobb mértékű kártételt okoznak, mint vegyes kultúrákban. Mindebben szerepet játszhat, hogy a tápnövény illatanyagainak érzékelését megzavarhatja, gátolhatja, vagy elfedheti a nem tápnövényből származó illatanyagoknak a jelenléte (Tahvanainen és Root, 1972).

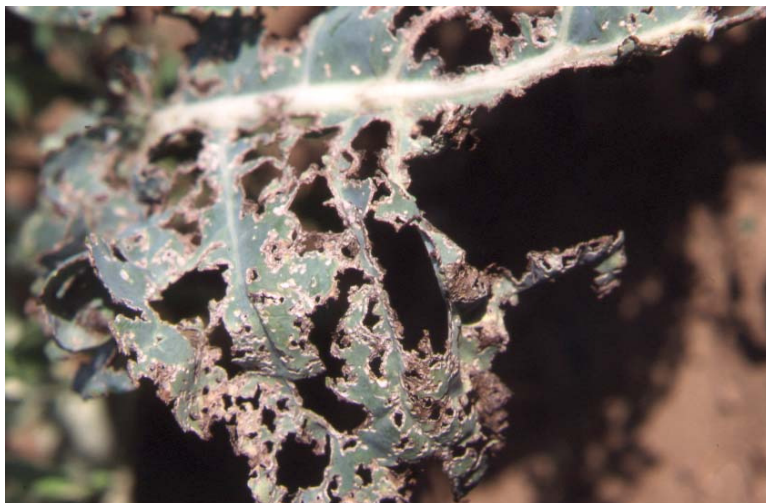
Kis termőfelületek esetén a fóliatakarás képes megóvni a növényeket a károsítástól, hiszen a bogarak kis számban telelnek a termőterületen belül. Ennek a módszernek az alkalmazását magas költsége ellenére (2006-ban ~2500\$/ha) az amerikai termesztők gyakran megfontolják, mint az egyetlen hatékony módszert a káposztabolhák ellen. A káposztabolhák elleni agrotechnikai védekezésben nagy szerepet játszhat a vetési idő helyes megválasztása is, mindezt azonban befolyásolja, hogy a piacok folyamatos ellátást igényelnek (Kunicki és mtsai, 1996; Andersen és mtsai, 2005; 2006).

A káposztabolhák aktivitása 10,2 °C hőmérsékleti küszöbértéknél indul be. Tömeges tavaszi rajzásuk azonban akkor kezdődik el, amikor a hatásos hőösszeg $[\Sigma [(napi\ maximum\ hőmérséklet + napi\ minimum\ hőmérséklet)/2]]$ – bogarak aktivitásának beindulásának hőmérsékleti küszöbértéke (10,2 °C) eléri a 30°C-ot (Kocourek és mtsai, 2002). Magyarországi viszonyok között az imágók megjelenése április végére, vagy május elejére tehető, a hőmérséklet és csapadékviszonyok függvényében. Ha az időjárás ismét hűvösre fordul, visszahúzódnak menedékhelyükre. Az áttelelt bogarak első táplálkozásukat megelőzően akár 10-20 napot is elviselhetnek táplálék nélkül. Számottevő kártételükre tartósan száraz, napfényes időjárás esetén, májusban számíthatunk. Aktivitásukat továbbra is nagyban befolyásolja a hőmérséklet. Hűvös, csapadékos időszakban, és nedves talajviszonyok esetén nem károsítanak, többnyire a levelek fonáki részén tartózkodnak (Balázs és mtsai, 1998; Vörös és Garamvölgyi, 1998; Spilák és mtsai, 1998; Vig, 1998/a; 1998/b; 2003/a). Mindezt Soroka és mtsai (2005) csapdázásos kísérletei is alátámasztják, ahol meleg, napsütéses napokon nagy csapdafogások, míg esős, hideg, szeles napokon kis fogások voltak jellemzőek.

A káposztabolhák tavaszi populációja a rajzáscsúcs maximumát akkor éri el, amikor a hatásos hőösszeg a 70 °C-ot eléri és hanyatlik, amikor a 140 °C-ot közelíti (Kocourek és mtsai, 2002).

A bogarak telelés utáni megjelenésüket követően megközelítőleg 3 hónapig élnek (Burgess, 1977). Kezdetben növényről-növényre ugrálnak, repülni csak 15°C hőmérséklet fölött képesek. A tavasszal megjelenő káposztabolha populáció nagyobb részét nőtények alkotják. Az ivararány ebben az időszakban Ulmer és Dorsall (2006) vizsgálatai szerint 1,5 : 1 nőtény: hím.

Az imágók károsításuk során jellegzetes apró lyukakat rágnak a növények sziklevelén, vékony szárrészein, majd folytatják a károsítást a leveleken. Kezdetben hámozgatnak, később a károsított szövet átszakad. A kártétel következtében a levelek szitaszerűvé válnak (2. ábra, 3. ábra), vízháztartási zavar alakul ki. Ez a kártétel helyrevetés esetén, a növény kezdeti stádiumában különösen veszélyes. Ebben az időszakban nagy mérvű mortalitást, a növekedés súlyos gátlását, terményvesztést okozhatnak (Newton, 1928; Milliron, 1958; Burgess, 1977; Lamb és Turnock, 1982; Vincent és Stewart, 1983; Sáringer, 1998, Vig, 1992; Turnock és Turnbull, 1994; Vörös és Garamvölgyi, 1998; Spilák és mtsai, 1998; Vig, 2003/a).



2. ábra. Káposztabolhák károsítása nyomán szitaszerűvé vált karalábé levél (Fotó: Jurkó Viktória)

Vaughn és Hoy (1993) megfigyelései szerint az imágók számottevően több időt töltenek a tápnövény sziklevelén, mint az idősebb leveleken. A káposztabolhák kizárólag nappal, világosban táplálkoznak (Peng és mtsai, 1992).

A bogarak a késő tavaszi időszakban május-június során vannak jelen legnagyobb mennyiségben, majd folyamatos egyedszám-csökkenés figyelhető meg. Az imágók a melegebb tavaszi napokon elkezdnek párosodni, ami főként a tápnövényen következik be (Vig, 1998/b; 2003/a). A párosodást követő 6-10 napon belül, általában májustól, július közepéig a nőtények lerakják tojásaikat a talajra, a tápnövény közelébe. Petézéshez előnyben részesítik a csírázó magvakat, vagy a csíranövényeket tartalmazó talajt. A tojásokból a lárvák néhány nap alatt kikelnek. Az elnyújtott tojásrakásból következik, hogy azonos időben a

különböző lárvastádiumok egyszerre vannak jelen. A legtöbb káposztabolha faj lárvája a talaj típusától és nedvességtartalmától függően a talaj 5-15 cm-es mélységében, a tápnövény gyökerein fejlődik, de jelentős kártételt nem idéz elő. A lárvák a gyökereket hámozgatják, esetenként apró üregeket rágnak bele (Kinoshita és mtsai, 1979; Balázs és mtsai, 1998; Vörös és Garamvölgyi, 1998; Spilák és mtsai, 1998; Vig, 1998/a; 1998/b; 2003/a). A lárvák a talajban, kokonba bábozódnak a tápnövény gyökeréhez közel (Newton, 1928; Vig, 2003/a).



3. ábra. Káposztabolhák hámozgatása következtében szitaszerűen elvékonyodott fejskáposzta levélszövet
(Fotó: Csonka Éva)

A vegetációs periódus során ismételt, nagyobb mértékű kártételt a nyár végére kifejlődő imágók okozzák, amelyek a károsított területről történő elvándorlás és az őszi visszahúzódás (Vincent és Stewart, 1983) előtt egy újabb károsítási hullámot idéznek elő intenzíven táplálkozva (Feeny és mtsai, 1970; Andersen és mtsai, 2005). Magyarországi körülmények között július-augusztus során károsítanak (Vig, 1998/a; 2003/a). Tömeges megjelenésük akkor következik be, ha a határos hőösszeg eléri az év során a 280 °C-ot (Kocourek és mtsai, 2002).

A növények későbbi fejlődési stádiumában a kártétel egyenlőtlen érést eredményezhet, valamint a növények értékesíthetőségét, piacképességét csökkentheti (4. ábra) (Vincent és Stewart, 1983; Sáringer, 1998, Vig, 1992; Vaughin and Hoy, 1993; Vörös és Garamvölgyi, 1998; Spilák és mtsai, 1998).

Amint az időjárás hűvösebbre fordul, és az ősz közeledik, a bogarak egyre kevesebb időt töltenek a tápnövény leveleinek felületén és általában a levelek fonákán keresnek menedéket. Az imágók végleges telelésre vonulása október közepére tehető (Vig, 1998/a; 1998/b; 2003/a).



4. ábra Fehérmustár becő-termésén károsító káposztabolhák (Fotó: Csonka Éva)

A *Phyllotreta*-fajok kártételének jelentőségét súlyosbítja a tény, hogy e nemzetség számos kórokozó, így a káposzta alternáriás betegsége (*Alternaria brassicola*, Wiltshire) (Dillard és mtsai, 1998), a vírusok közül a *radish mosaic virus* (RMV) (Campbell és Colt, 1967; Glits 2000), a *turnip yellow mosaic virus* (TYMV) (Markham és Smith, 1949; Hill, 1983; Walkey és mtsai, 1986; Stobbs és mtsai, 1998), az *Erysinum latent virus* (ELV) (Shukla és mtsai, 1975) igazolt vektorai, valamint terjesztői a *brome mosaic virus* (BMV) (Ryden 1989, 1990) is.

Dillard és mtsai (1998) igazolták, hogy az *Alternaria brassicola* konídiumai nemcsak a káposztabolhák testfelszínére ragadva, passzív úton, hanem az állat testébe kerülve, az ürülékkel is képesek terjedni.

Vírus-vektor szerepük is számottevő. Markham és Smith (1949) *turnip yellow mosaic virus* átvitelével kapcsolatos vizsgálatai során a betegség első tünetei már 10-14 napon belül megjelennek a káposztabolhákkal való fertőzést követően. Vizsgálataik során számos káposztabolha faj, mint a csíkos káposztabolha (*Phyllotreta undulata* Kutsch), a közönséges káposztabolha, a nagy káposztabolha (*Phyllotreta nemorum* L.) és a fekete káposztabolha (*Phyllotreta atra* Fabr.) vektor-szerepét sikerült igazolniuk. A vírus-átadásban fontos szerepet

tulajdonítanak a táplálkozás során megfigyelt visszaöklendezésnek, amely a bogaraknál az emésztés hatékonyságát növeli (Markham és Smith, 1949).

Magyarországi viszonyok között a két leggyakoribb faj a közönséges káposztabolha és a muharbolha (*Phyllotreta vittula* Redtenbacher). Ezek a fajok európai viszonyok között meghatározó kártevőknek, és a Kárpát-medencében mindenütt előforduló fajoknak számítanak (Kaszab, 1962; Vig, 1996/a; 1998/a; 1998/b).

Kettőjük közül a közönséges káposztabolha a *Brassicaceae* növény család vad és természetett növényfajait egyaránt károsítja, de leggyakrabban termőföldeken jelenik meg. Feeny és mtsai (1970) leírták, hogy főként a *Brassica* nemzetség fajait részesíti előnyben károsításai során. A karfiolon és káposztán sokkal gyakrabban károsít, mint a retken. Amerikában pedig a tavaszi ültetésű olajrepcce legveszedelmesebb, egyik legnagyobb mennyiségben károsító fajának bizonyult (Dobson, 1956; Lamb, 1989; Weiss és mtsai, 1991).

A közönséges káposztabolha, mint oligofág faj, nálunk mezőgazdaságilag művelt területeken és azok közelében tömeges (Vig, 1992). Legnagyobb egyedszámban a monokultúrában természetett keresztesvirágú növényeken található. Számos keresztesvirágú gyomnövény mellett, a mezőgazdaságilag fontos növények közül tápnövénye a fehér mustár (*S. alba*), a fekete mustár (*B. nigra*), a retek (*R. sativus*), a káposztafélék (*B. oleracea*), valamint a tarlórépa (*B. rapa*). Bulgáriában a *Reseda* és az *Alyssum* nemzetség dísznövényként számontartott fajairól is leírták (Gruev és Tomov, 1986).

A muharbolha (*S. ábra*) tápnövényköre alapján kivételnek számító faj a *Phyllotreta* nemzetségen belül, hiszen az általa károsított növényfajok közé nem csak keresztesvirágú növények tartoznak. Tápnövényei a legfontosabb természetett fűfélék közül a tavaszi és az őszi búza (*Triticum aestivum* L.), a tavaszi árpa (*Hordeum vulgare* L.), az őszi rozs (*Secale cereale* L.), a zab (*Avena sativa* L.), valamint a kukorica (*Zea mays* L.), de megél még a muhar fajokon (*Setaria* spp.), a tarackbúzán (*Agropyron repens* Gould.) is (Nagy és Deseő, 1969; Leclant, 1977; Myznikova és mtsai, 1979; Kostromitin, 1982; Khinkin és mtsai, 1983; Evdokimov és Korchagin, 1984; Kurppa, 1990; Klechkovskii, 1991; Arutyunova és Ishkova, 1993; Vig, 1992; 1996/b; Szeőke, 1997).

Nagy és Deseő (1969) a kukorica alsó levelein a muharbolha 40–50%-nyi felületre kiterjedő károsítását tapasztalta az ország több pontján. Számos, nemrégiben született irodalmi forrás is a tavaszi árpa tavaszi, a kukorica nyári számottevő károsítójaként említi a muharbolhát (Gyulai és Garai, 1996; Szeőke és mtsai, 1996; Szeőke, 1997).

Vig (1998/b) szerint a fűfélék a muharbolha elsődlegesen kedvelt tápnövényeinek számítanak.



5. ábra Káposztalevélen táplálkozó muharbolha (*Phyllotreta vittula*) egyed (Fotó: Csonka Éva)

A felsorolt tápnövények mellett e faj keresztesvirágú növényeken is károsít. Fontosabb keresztesvirágú tápnövényei a káposztafélék (*B. oleracea*), a fehér mustár (*S. alba*), a tarlórépa (*B. rapa*), valamint a káposztarepce (*B. napus*) (Balás, 1963; Vig, 1992; Balázs és mtsai, 1998; Vörös és Garamvölgyi, 1998; Spilák és mtsai, 1998; Heikertinger, 1925).

A fűfélékről, valamint a keresztesvirágú növényekről gyűjtött muharbolha populáció is táplálkozik fűféléken, azonban a keresztesvirágú növényfajokat a keresztesvirágú növényekről gyűjtött populáció a táplálkozás során előnyben részesíti. Hasonló jelenség figyelhető meg a tojásrakás szempontjából is (Vig, 1996/b).

Mindezen ismeretek ellenére ma még nem lehet megmondani teljes bizonyossággal, hogy a muharbolha esetében két testvér (sibling) fajokról beszélhetünk-e, vagy a faj két eltérő tápnövény-specializációjú rassza él egymás mellett, esetleg a rovar tápnövény-felismerő mechanizmusa tápnövényként ismeri fel mind a keresztesvirágú növényeket, mind a pázsitfűféléket, és egy polifág fajról beszélhetünk (Vig 1992; 1996/b).

2.3. A glükozinolátokat, valamint a glükozinolátok hidrolízis-termékeit tartalmazó növények kapcsolata az azokat károsító káposztabolha fajokkal

A növényevő rovarok táplálkozási viselkedését alapvetően meghatározzák a növény által termelt vegyületek (Matsuda, 1988). A tápnövény érzékelésében és elfogadásában nagy szerepet játszanak a tápnövényt alkotó, kontakt módon érzékelhető vegyületek, és a levélfelületet bevonó viasz kémiai tulajdonságai, valamint a növényből felszabaduló illékony vegyületek (Southwood, 1986). A *Phyllotreta* genus fajainak legtöbbje természetes körülmények között a *Capparales* rendbe tartozó növényeken táplálkozik. E renden belül a *Brassicaceae* növény család minden tagja és számos más növényfaj, néhány más, ide tartozó

növénycsaládból – amelyek közül a *Capparaceae* és a *Resedaceae* család fordul elő még hazánk flórájában – ismert arról, hogy jellegzetes vegyületeket, úgynevezett glükozinolátokat tartalmaznak, amelyeknek közel 120 típusa ismeretes a természetben. E rendet épp ezen anyagok és a belőlük képződő másodlagos anyagcseretermékek teszik sajátossá és emelik önálló taxonná (Vig, 1992; Fahey és mtsai, 2001).

A rend legfontosabb családja a *Brassicaceae* család, amely mintegy 130 fajával, számos alfajával és változatával képviselteti magát a Kárpát-medencében. A fajok legtöbbje lágyszárú, köztük a mezőgazdaság, az emberi táplálkozás, az állati takarmányozás szempontjából jelentős növényfajok találhatók.

Az eddig megvizsgált keresztesvirágú növények mindegyike tartalmaz glükozinolátokat (Kjaer 1960; Kjaer, 1976, cit. in Vig, 1992). A keresztesvirágú növények glükozinolátösszetétele fajok között és gyakran fajon belül (fajták között) is eltéréseket mutat (Fahey és mtsai, 2001; Kliebenstein és mtsai, 2001).

A glükozinolátokat tartalmazó karakterisztikus növényi sejtekben mirozináz enzimek (béta-triglükozidázok) találhatóak, amelyek elősegítik ezeknek a komponenseknek a hidrolízisét izotiocianátokra vagy mustárolajokra, nitrilekre és más komponensekre, a kémhatástól és egyéb tényezőktől függően (Chew 1988, cit. Pivnick és mtsai, 1992). Ennek a hidrolízisnek a csökkent intenzitású formája a növényekben lezajló alapvető bomlási folyamatok részét képezi, a növényi szövetek károsodását követően pedig nagy intenzitással következik be (Cole, 1980). Az enzim egy speciális sejtben, az ún. „mirozin sejtben” tárolódik. Mechanikai sérülés esetén – ami lehet akár fitofág rovar károsítása is – a sejt felszakad, a sejttartalom kiáramlik a szövetekbe, katalizálva a glükozinolátok hidrolízisét (Bones és Iversen, 1985).

A glükozinolátok és azok bomlástermékei madarakra és emlősökre toxikus hatásúak, számos rovarra inszekticid hatásúak, valamint antibakteriális, antifungális, repellens és allelopatikus hatással is rendelkezhetnek (Van Etten és Tookey, 1979; Ahman 1986, cit. in Pivnick és mtsai, 1992).

A glükozinolátok bomlástermékeinek talajlakó kártevő rovarfajok és fonálférgék ellen történő alkalmazhatóságával már számos irodalmi forrás foglalkozott (Lichtenstein és mtsai, 1964; Lazzeri és mtsai, 1993; Borek és mtsai, 1995; Tsao és mtsai, 1996; 2002). A vizsgálatok mellett szól, hogy ezeknek a vegyületeknek a környezeti veszélyességük nem számottevő, hiszen számos általunk fogyasztott termesztett keresztesvirágú növényben is jelen vannak, valamint könnyen lebomlanak. Hatékonyságuk (LD₅₀) számos környezetünkre

nagyobb veszélyt jelentő, gyakorlati használatban lévő talajfertőtlenítő inszekticid hatékonyságához hasonló mértékű (Tsao és mtsai, 2002).

Toxikus hatásuk azt sejteti, hogy szerepük legalább részben védekező jellegű lehet akkor, amikor a növényt károsítás éri (Van Etten és Tookey, 1979; Ahman 1986, cit. in Pivnick és mtsai, 1992). Megerősíti ezt az a megfigyelés, mely szerint a keresztesvirágú növényfajok minden fejlődési stádiumánál a fejlődés szempontjából legfontosabb szerepet játszó növényi részben található a legnagyobb glükozinolát-koncentráció. Magonc állapotban a sziklevel, vegetatív növény esetében a gyökér és a fiatal levelek, később a reprodukív szervek (virág, mag) tartalmazzák a glükozinolátokat a legnagyobb mennyiségben (Brown és mtsai, 2003; Lambdon és Hassall, 2005; Smallegange és mtsai, 2007; van Dam és mtsai, 2008). Ez a jelenség arra utal, hogy a keresztesvirágú növényfajok a glükozinolátok segítségével védelmezik legértékesebb szerveiket a kártevő rovarfajoktól (van Dam és mtsai, 1996; Brown és mtsai, 2003). A glükozinolátoknak és bomlástermékeiknek a védelmi funkcióját támasztja alá az a jelenség is, hogy abban az esetben, ha a keresztesvirágú növényt károsítás éri megnövekszik a glükozinolát- és mirozináz-koncentráció a károsított növényi szervben (Chew, 1988; Travers-Martin és Müller, 2007).

A védelmi szempontból különböző hatékonyságú glükozinolátoknak, az egyes szervekben különböző mértékben történő felhalmozása is a glükozinolátok védelmi funkciójára utal. Így például a 2-feniletill glükozinolát nagyobb mennyiségben található meg a *Brassica* fajok gyökerében (van Dam és mtsai, 2008). Ennek a vegyületnek a jelenléte ellenállóképességet biztosít a növényevő fonálféreg ellen és negatívan hat a káposztalégy (*Delia radicum* L.) talajban található bábjaira (Potter és mtsai, 1999; van Leur és mtsai, 2008).

A glükozinolátok mindezen fentiekben ismertetett védelmi szerepe ellenére számos rovarfaj, így a káposztabolhák nagy része is elsődlegesen, vagy kizárólagosan glükozinolátokat tartalmazó növényeken táplálkozik, és képes elviselni károsodás nélkül a glükozinolátokat, valamint az izotiocianátokat a természetben előforduló koncentrációban.

A toxikus vegyületeket tartalmazó növényekre specializálódott rovarfajok kiválaszthatják, elválaszthatják, vagy inaktiválhatják a rájuk veszélyt jelentő vegyületeket (Mainguet és mtsai, 2000).

A répalepke (*Pieris rapae* L.) és a káposztamolylepke (*Plutella xylostella* L.) lárvái képesek úgy módosítani a glükozinolátok bomlását, hogy a folyamat során kevésbé toxikus vegyületek képződjenek (Ratzka és mtsai, 2002; Wittstock és mtsai, 2004).

A repcedarázs (*Athalia rosae* L.) a táplálkozás során elfogyasztott glükozinolátokat nagyrészt a hemolimfájába választja el, azonban 80%-át gyorsan kiüríti a szervezetéből (Müller és Wittstock, 2005).

A glükozinolátok és az azokból hidrolízis útján keletkező illékony termékek több káposztaféléen táplálkozó rovar tápnövény-specifitásáért felelősek. Több mint 25, a bogarak (*Coleoptera*), lepkék (*Lepidoptera*) és kétszárnyúak (*Diptera*) rendjéből kikerülő, keresztesvirágúakra specializálódott rovarfajra a glükozinolátok jelenléte táplálkozást és petézést stimuláló hatással van (Nielsen, 1988; Chew 1988, cit. in Pivnick és mtsai, 1992; Reed és mtsai, 1989; Hopkins és mtsai, 2009), valamint a táplálkozás beindulásáért és meghosszabbításáért felelős (Mitchell, 1988).

A keresztesvirágú növényeken károsító rovarok képesek különbséget tenni ezen növényfajok között a glükozinolát komponensek típusa és aránya alapján (Rodman és Chew, 1980; Chew, 1988; Louda és Mole, 1991).

A *Phyllotreta* fajok esetében a legtöbb glükozinolát a táplálkozást stimulálja (Hicks, 1974; Nielsen 1978, cit. Pivnick és mtsai, 1992). Jól mutatja ezt Feeny és mtsainak (1970) a kísérlete, amelyben szabadföldön és laboratóriumban különböző növénycsaládok képviselőit tesztelték a *Phyllotreta* fajok pontos tápnövény-köre után kutatva. A káposztabolhák jelenléte és kártételük csak a *Brassicaceae* családba tartozó növényfajok (brokkoli, mustár) tábláin volt megfigyelhető, valamint kis mértékben az azokkal szomszédos területeken.

Laboratóriumi kísérletben a káposztabolhák a *Capparidaceae* (*Cleome pungens* Willd.), *Tropaeolaceae* (*Tropaeolum minor* L.) és *Limnanthaceae* család fajain is táplálkoztak, amelyek szintén tartalmaznak glükozinolátokat (Feeny és mtsai, 1970).

A glükozinolátok táplálkozást stimuláló hatására egy másik példa Hicks (1974) kísérlete, amelyben a közönséges káposztabolha kifejlett imágói táplálkoztak minden olyan, a normális körülmények között nem tápnövénynek számító babnövényen (*Phaseolus vulgaris* L.), amelyet különböző mustárolaj-glükozid valamelyikének oldatában neveltek, de nem táplálkoztak olyanokon, amelyeket desztillált vízben neveltek.

A káposztabolhákkal rokon repcebolla (*Psylliodes chrysocephalus* L.) esetében Bartlet és Williams (1991) laboratóriumi kísérletben megfigyelte, hogy ez a faj kizárólag glükozinolátokat tartalmazó növényeken táplálkozik. Bartlet és mtsai (1994) kimutatták, hogy a glükozinolátok és cukrok táplálkozás-stimuláló hatásúak ennél a fajnál. A táplálkozás mértékét befolyásolta a glükozinolátok és cukrok milyensége és koncentrációja. A legerősebb táplálkozást stimuláló hatást a glükobrasszicinnél, míg a leggyengébbet a szinigrinnél figyelték meg. A glükobrasszicin táplálkozást stimuláló hatása növekedett magasabb alkalmazott koncentráció esetében, illetve cukor jelenlétében. Giamoustaris és Mithen (1995)

megállapították, hogy a repcebolha repcelevélen történő károsításának mértéke a levél teljes glükozinolát koncentrációjával áll szoros összefüggésben. A glükozinolátok típusa ebben a kísérletben is befolyásolta a kártétel mértékét; a repcebolha egyedei azon repce-vonalakat károsították nagyobb mértékben, amelyekben a 3-butenil glükozinolát nagyobb arányban fordult elő (Giamoustaris és Mithen, 1995).

A glükobrasszicint a káposztabolhák leghatékonyabbnak bizonyuló táplálkozást stimuláló glükozinolátjaként írták le Larsen és mtsai (1985).

Henderson és mtsai (2004) három, egymástól jól elkülöníthető viselkedési fázist figyelt meg a káposztabolhánál táplálkozás előtt: az akklimatizációt, a stimulációt és a táplálkozás kezdeti szakaszát.

Az akklimatizáció során a bogarak a növényen csápjukkal lengő mozgást végeznek és lábtövéket (tarsus) hozzáérintik, hozzádörzsölik a levél felszínéhez. Ezeket a mozgásokat rövid tisztálkodási, pihenési szakaszok váltják fel időközönként, amelyek során a csáp gyakran kontaktusba kerül a levél felszínével. Az akklimatizációs szakasz végén a káposztabolhák csápjukat a levél felszínéhez érintik.

A stimulációs szakaszban az akklimatizációs mozgások különböző kombinációi figyelhetőek meg, és a káposztabolhák szájszervükkel rövid időszakokra érintik a levél felszínét. A szájszervek használatát az előzetesen érzékelt, tápnövényre utaló vegyületek váltják ki.

A táplálkozás kezdeti szakában a bogarak próba-rágásokat végeznek, amelyet hosszan tartó táplálkozás követ, vagy a stimulációs szakasz elemei váltanak föl. A táplálkozás beindulásához elengedhetetlen mind az illékony, mind a nem illékony vegyületek érzékelésére.

Elégtelen kémiai stimuláció esetében a káposztabolhák rövid rágási periódust követően ismét az akklimatizációs és stimulációs szakaszba kerülnek vissza.

A káposztabolhák viselkedése arra utal, hogy a tápnövény kémiai tulajdonságaival kapcsolatos információk gyűjtésében és annak azonosításában mind a csáp, mind a lábtő, mind a szájszerv fontos szerepet játszanak (Henderson és mtsai, 2004). Hasonló megállapításra jutott Mitchell (1994) a szintén levélbogarak közé tartozó burgonyabogár (*Leptinotarsa decemlineata* Say) esetében. A különböző csápmozgások azt sugallják, hogy a bogarak képesek mind a kontakt módon érzékelhető, mind az illékony vegyületek felfogására csápjuk segítségével.

A repcebolhánál Isidoro és mtsai (1998) kimutatták, hogy a bogár csápjának a levélhez érintésével képes olyan vegyületek érzékelésére, mint a glükozinolátok és ilyen módon a növényről rágás nélkül megfelelő előzetes információt gyűjteni a táplálkozáshoz.

A káposztabolhák lábtövén feltehetően szintén vannak érzékelő receptorok, amelyek létezésére a lábtőnek a levél felszínéhez történő hozzáérintése, hozzádörzsölése utal a tápnövény azonosítása során (Henderson és mtsai, 2004). A lábtövön elhelyezkedő érzékelők más keresztesvirágúakon károsító rovarfajoknál, így a káposztalégynél (Roessingh és mtsai, 1997) és a répalepkénél (Chun és Schoonhoven, 1973; Stadler és mtsai, 1995) is fontos szerepet töltenek be a tápnövény azonosításában.

A szájszervek kulcsszerepet játszanak a megfelelő tápnövény felismerésében. A rokon burgonyabogár esetében is próbarágások figyelhetőek meg táplálkozás előtt. Ennél a fajnál bizonyítottan vannak a szájszerven kontakt és illékony vegyületek érzékelésére képes receptorok (Sen, 1988; Henderson és mtsai, 2004).

A táplálkozást megelőző viselkedést gyakran megszakítja a tisztálkodás, amely során a csáp és a lábtő érintkezik a szájszervekkel, és a tápnövénnyel kapcsolatos kémiai információkhoz juttatja a bogarat (Isidoro és mtsai, 1998; Henderson és mtsai, 2004).

A hosszantartó táplálkozást követően a bogaragnál helyváltoztató és pihenő viselkedés figyelhető meg.

Ismert, hogy természetes körülmények között a növények glükozinolát koncentrációja változik a növény korával, és mennyisége eltérő a növényi részekről és számos környezeti tényezőtől függően. Egy szinigrinnel végzett dózis-hatás vizsgálatban megállapították, hogy a glükozinolát koncentráció növekedésével nőtt a káposztabolha fajok károsításának mértéke, egészen a 4%-os (61,2 ppm) szinigrin koncentrációig, ezen érték felett már erős repellens hatást tapasztaltak. A minimális koncentráció, amely szükséges volt a táplálkozás stimulálásához, 0,01% (153 ppm) volt. A legintenzívebb táplálkozás 3%-nál (45,9 ppm) volt megfigyelhető (Hicks, 1974).

Bizonyos glükozinolátok táplálkozásgátló hatásúak is lehetnek a káposztabolhákra. Bodnaryk (1991) megállapította, hogy a *Sinapis alba*-ban jelen levő sinalbin nagy mennyiségben táplálkozást gátló a közönséges káposztabolha esetében.

Anderson és mtsai (1992) megfigyelték, hogy a *Crambe abyssinica* Hochst., rezisztens a közönséges káposztabolhára. E faj egyedei szignifikánsan kevesebb időt töltöttek ezen a növényen, mint az olajrepcén, kevésbé szívesen táplálkoztak és kisebb mértékben károsították. A *Crambe abyssinica*-n nevelt bogarak nagyobb mortalitást mutattak az olajrepcén neveltekhez képest (Peng és mtsai, 1992). Miután a *Crambe abyssinica*-n a közönséges káposztabolha kártétele felszínes és kisebb mértékű volt, Anderson és mtsai (1992) arra következtetett, hogy valamely olyan vegyületet tartalmazhat ez a faj, amelynek riasztó hatása az ízlelés során hat. A *Crambe abyssinica* az olajrepcének rokon faja, azzal

hasonló termesztési körülmények között termesztető és magjából ipari olaj nyerhető (Peng és mtsai, 1992).

A glükoszínolátok táplálkozást stimuláló hatása mellett az illékony mustárolajoknak is fontos szerepük van a táplálkozásban. Hicks (1974) kimutatta, hogy ha a babot szinigrin és kis mennyiségű allil izotiocianát (ALLYL ITCN) vizes oldatában neveli, az nagyobb táplálkozási válaszreakciót vált ki a közönséges káposztabolhából, mint amit a szinigrin, vagy az ALLYL ITCN önmagában képes kiváltani.

E glükoszínolátokból hidrolízis útján felszabaduló, illékony komponenseknek szintén rendkívül nagy a jelentőségük a tápnövény-rovar kapcsolatban, mert számos rovarfajra, így a káposztabolhákra is vonzó hatásúak. A káposztabolhák az izotiocianátokat felhasználják a tápnövény, valamint a károsított növényi részek megtalálásához. Ez segíti a csoportos táplálkozás létrejöttét, amelyet számos káposztabolhafaj preferál, valamint az ezen az úton megtalált, gyengített növényi részen történő táplálkozás előnyt jelenthet az egyedek számára.

Régóta ismert, hogy a keresztesvirágúakon táplálkozó káposztabolhákra vonzó hatást gyakorol az ALLYL ITCN (Görnitz 1956; Feeny és mtsai, 1970; Burgess és Wiens, 1980; Lamb, 1983), amely az allil glükoszínolát, vagy más néven szinigrin illékony hidrolízis terméke. Feltételezhető, hogy ez a fő tényező, amely által a káposztabolhák képesek a tápnövényt megtalálni.

A glükoszínolátokból felszabaduló izotiocianátok tápnövény-azonosításban betöltött szerepére utal Vaughn és Hoy (1993) azon megfigyelése, hogy a közönséges káposztabolha egy mechanikailag megsértett repcelevélen sokkal kevesebb időt töltött a növény felületén történő mozgással és több időt táplálkozással, mint egy sérülés nélküli levélen. Egy olyan növény leveléből, amelyet mesterségesen megsértettek, több ALLYL ITCN szabadult fel (Vaughn, 1990), amely feltehetően növeli vonzó hatását (Vaughn és Hoy, 1993).

A *Brassica* fajok az izotiocianátokat 0 és 410 ppm közti mennyiségben tartalmazzák (Josefsson 1967, cit. Hicks, 1974). Az ALLYL ITCN koncentrációja, friss káposzta levélben (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) 2,9 ppm (Clapp és mtsai 1959, cit Hicks, 1974), a fekete mustár (*B. nigra*) levelében pedig 82,9 ppm (Hicks 1974). A barna mustár (*Brassica juncea* Czern.) is elsősorban allil glükoszínolátot tartalmaz és így főleg ALLYL ITCN-ot bocsát ki.

Az olajrepce (*B. napus* cv. *Westar*) viszont csak kis mennyiségű glükoszínolátot, allil glükoszínolátot pedig egyáltalán nem tartalmaz. Az allil glükoszínolát hiányában nem szabadul fel belőle ALLYL ITCN. Glükoszínolát-tartalmának legjelentősebb része a glükobrasszicin, amelynek nincs illékony hidrolízis terméke (Bodnaryk és Palaniswamy, 1990 cit. in Peng és Weiss, 1992). Az olajrepce káposztabolhák által történő károsításának kialakulását, az újabb

kutatások szerint, nagy vonzóképeségű növényi illatanyag hiányában, az aggregációs feromonok segíthetik (Peng és Weiss, 1992).

A glükoszínolátokat és a belőlük keletkező illékony hidrolízis termékeket, valamint azok hatását ismerve valószínűsíthető, hogy a káposztaféléken táplálkozó káposztabolhafajok tápnövény-specifitásáért ezek az anyagok felelősek: első lépésben a tápnövényből felszabaduló illékony mustár olajok lehetővé teszik a tápnövény megtalálását – mindehhez hozzájárulhat még az aggregációs feromonok hatása (Peng és Weiss, 1992) – és kiváltják a táplálkozási válaszreakciót. A továbbiakban a mustárolaj glükozidok jelenléte szükséges, amelyek ezután a táplálkozás folytatásához szükséges ingert szolgáltatják (Hicks, 1974).

Az erős kémiai specifitás azt sejteti, hogy a tápnövény vonzóképeségét leginkább ezek a kémiai tényezők döntenek el, és sokkal alárendeltebb szerepet játszik a növény színe, szöveti szerkezete, szőrözöttsége, stb. (Feeny és mtsai, 1970).

Egyes glükoszínolátokat tartalmazó, de tápnövényként nem elfogadott növényekből, mint pl. a pásztortáska (*Capsella bursa-pastoris* Medic.), vagy a tatárvirág fajok (*Iberis spp.*), nagy valószínűséggel hiányzik egy nélkülözhetetlen komponens, vagy inhibitor-komponenst tartalmaznak. Így például a glükoszínolátokhoz, mint a keresztesvirágú növények „elsődleges védelmi vonalához” alkalmazkodott herbivorok számára nagymértékben repellens hatású lehet a kukurbitacin, vagy a kardenolidok jelenléte, amelyek egy „második védelmi vonalként” megtalálhatók egyes növényekben (Nielsen et. al. 1977, cit Vig, 1992).

2.4. A káposztabolhák csapdázása táplálkozási attraktánsokkal

2.4.1. A káposztafélékből felszabaduló illatanyagok felhasználása táplálkozási attraktánsaként csapdázási kísérletekben

Görnitz (1953) megfigyelte, hogy a repcemag-extraktum vonzó hatású számos káposztabolha fajra, beleértve a közönséges káposztabolhát és a kis káposztabolhát. Megállapította, hogy a szintetikus ALLYL ITCN csalogató hatású ezen két káposztabolha fajra, és ezzel felhívta a figyelmet a mustárolaj származékokra, mint a káposztabolhák hatékony táplálkozási attraktánsaira.

Matsumoto (1970) mind az ALLYL ITCN-ot, mind az n-butil-izotiocianátot vonzó hatásúnak találta a közönséges káposztabolhára szabadföldön.

Később Feeny és mtsai (1970) azt állapították meg, hogy a közönséges káposztabolhára és a kis káposztabolhára vonzó hatást gyakorol az ALLYL ITCN 1%-os vizes oldata, amelyet mindkét faj hatékony attraktánsaként írtak le.

Burgless és Wiens (1980) már kibocsátó-fejlesztéséhez használta a hígtatlan ALLYL ITCN-ot csalétekként, amely kis populációsűrűségnél változó, nagy populációsűrűség esetén nagy mennyiségű egyedeket vonzott.

Foster (1984) 3,5 ml ALLYL ITCN-ot tartalmazó üvegfiolákkal csalétkelte vizes csapdáit, amelyekből 0,5 ml/nap illatanyag párologott és csalogatta a csíkos káposztabolha egyedeket.

Vincent és Stewart (1984) különböző *Phyllotreta* fajok eltérő válaszát figyelte meg az ALLYL ITCN-ra szabadföldi kísérletben. A közönséges káposztabolhára sokkal nagyobb vonzó hatást gyakorolt az ALLYL ITCN, mint a kis káposztabolhára. Mindez alátámasztja azt a tapasztalatot, mely szerint a közönséges káposztabolha sokkal specializáltabb fitofág faj, mint a kis káposztabolha. A kísérletek során megfigyelték, hogy mindkét faj esetében az ALLYL ITCN-os csapda szignifikánsan több nőtényt fogott, mint hímeket. Az eredmények alapján arra következtettek, hogy az ALLYL ITCN nem csak a táblán belüli mozgást határozhatja meg és a táplálkozást stimulálja, hanem petézést stimuláló hatással is rendelkezhet. Kísérleteinkben a *Psylliodes punctulata* Melsh. fajra nem volt hatással az ALLYL ITCN (Vincent és Stewart, 1984).

Bartlet és mtsai (1992) megfigyelték, hogy a repcebolhára az olajrepcéből felszabaduló különböző izotiocianátok vonzó hatást gyakorolnak. Blight és mtsai (1989, cit. Pivnick és mtsai, 1992) a repcebolha erős elektroantenogrammos csáp-válaszát figyelte meg három más izotiocianátra, az ALLYL ITCN-on kívül. A többi izotiocianát sokkal kevésbé volt aktív mint az ALLYL ITCN.

Pivnick és mtsai (1992) csapdázási kísérletben izotiocianátok (ALLYL ITCN, etil- és metil-izotiocianátobutirát keveréke, benzil-izotiocianát, fenil-izotiocianát, n-butil-izotiocianát, etil-izotiocianát, 2-feniletal-izotiocianát, 3-metiltiopropil-izotiocianát, etil- és metil-izotiocianátobutirát) és nitrilek (metil-, benzil-, allyl- és fenil-nitril) vonzókéességét vizsgálták.

Az ALLYL ITCN csalogatta a legnagyobb mértékben a közönséges káposztabolha és a kis káposztabolha egyedeket, szignifikáns vonzó hatást mutatva. A többi kipróbálásra került illatanyag csak kis számban vonzotta ezeket a fajokat. Egyetlen kísérleti évben –nagy valószínűséggel annak táplálékhiányt okozó, rendkívül száraz jellege miatt– még négy izotiocianát, így a benzil-izotiocianát, etil-izotiocianát, valamint az etil- és metil-4-izotiocianátobutirát keveréke is attraktívnak bizonyult mindkét faj esetében. Amikor a közönséges káposztabolha és a kis káposztabolha fogásait összegezték, a 3-metiltiopropil-izotiocianát, a metil-4-izotiocianátobutirát és az n-butil-izotiocianát szintén szignifikánsan

vonzó hatásának bizonyult a kritikusan száraz évben. A 2-feniletil-izotiocianát, etil-izotiocianátobutirát és a fenil-izotiocianát 4 mg/nap kibocsátási mennyiségben nem mutatott szignifikáns vonzóképeséget. A nitrilek gyakorolták a káposztabolhákra a legkisebb vonzó hatást az összes faj esetében (Pivnick és mtsai, 1992).

E kísérlet rámutatott arra, hogy a *Phyllotreta* fajok képesek különbséget tenni a glükozinolát-hidrolízis során keletkező termékek között. Az izotiocianátok és nitrilek között megfigyelhető vonzóhatásbeli különbségek nagy valószínűséggel azzal magyarázhatók, hogy a sértetlen, vagy megsértett keresztesvirágú növényi szövet sokkal több izotiocianátot bocsát ki, mint nitrilt (Cole, 1976 cit. Pivnick és mtsai, 1992).

Liblikas és mtsai (2003) számos izotio- és tiocianát káposztabolha fajokra gyakorolt vonzó hatását írta le, azonban eredményeiket egyes vizsgálatok esetében statisztikailag nem támasztották alá, más vizsgálataik esetében pedig nem fajonként szétválogatott fogásokra vonatkozó eredményeket mutatnak be, így azok nehezen értelmezhetőek.

A káposztabolhák tehát az izotiocianátok között képesek különbséget tenni, és közülük az ALLYL ITCN bizonyult a legnagyobb vonzóképeségű vegyületnek. Az ALLYL ITCN-tal csalétkezett csapdák fogásai nőttek, ahogy az illatanyag kibocsátási rátája 0,04 mg/nap-ról, 40 mg/nap-ra emelkedett (Pivnick és mtsai, 1992). A 0,4 mg/nap párolgási sebesség volt a legkisebb, amely a bogarakra még vonzó hatást gyakorolt és 4 mg/nap volt az a legkevesebb kibocsátott mennyiség, ami még nagy számú káposztabolhát vonzott a kísérletben. Érdekes megjegyezni, hogy 4 mg/nap kibocsátott ALLYL ITCN mennyiség egyenlő mintegy 2000 db frissen megsértett, vagy 270 000 db ép barnamustár növény által kibocsátott ALLYL ITCN mennyiségével, ami arra utal, hogy a kis területű tápnövényfoltok csak csekély mértékű vonzóképeséget gyakorolhatnak a káposztabolhákra (Pivnick és mtsai, 1992).

Soroka és mtsai (2005) kísérletében a magasabb ALLYL ITCN dózsisú csalékekkel (0,2 ml/csalétek) ellátott csapdák több közönséges káposztabolhát csalogattak, mint az alacsonyabb dózissal (10µl/csalétek) ellátottak.

2.4.2. A káposztabolhák csapdázására eddig felhasznált csapdatípusok

A káposztabolhák csapdázására eddig világszerte a különféle ragacsos csapdatípusok voltak a meghatározóak (Feeny és mtsai, 1970; Vincent és Stewart, 1984; Hung és Hwang, 2000), de ezek mellett előfordultak a körülményesebb kezelést igénylő vizes csapdák (Foster, 1984; Vincent és Stewart, 1984; Láska és Kocourek, 1991; Kocourek és mtsai, 2002), valamint a nagy fogókapacitású csapdatípusok is (Burgless és Wiens, 1980; Pivnick és mtsai, 1992). Számos esetben vizsgálták a káposztabolhák szín-preferenciáját is különböző színű

színcsapdák kipróbálásával, amelyek közül a sárga és a fehér szín bizonyult a leghatékonyabbnak (Vincent és Stewart, 1981; 1985; Láska és mtsai, 1986; Chen és Ko, 1994; Hung és Hwang, 2000). A káposztabolha fajok sárga színcsapdákkal történő megfigyelése számos irodalomban fellelhető (Foster, 1984; Láska és Kocourek, 1991; Hurej és mtsai, 1997; Kocourek és mtsai, 2002)

A következőkben számos, más kutatók által végzett, káposztabolhákkel kapcsolatos, különböző irányú kísérletek során alkalmazott csapdatípusok kerülnek ismertetésre. Miután ebben a fejezetben az irodalomban fellelhető, mindeztidáig hatékonynak bizonyuló csapdatípusok pontos leírásai kapják a fő szerepet, a részletezés nem tér ki az ettől eltérő, gyakran sokrétű, egyes kutatók által az adott kísérletben vizsgált kísérleti célok eredményeinek részletes ismertetésére. Ezek az információk a dolgozat más fejezeteiben szerepelnek.

Feeny és mtsai (1970) az ALLYL ITCN vonzó hatásának vizsgálatához olyan ragacsos csapdatípust használtak fel, amely egy 76,2 cm magas fa oszlopból és egy arra merőleges 45,8 cm hosszú keresztrúdból állt. A keresztrúd két végére rögzítették a csapdákat, amelyek 10 cm hosszú, 8.5 cm átmérőjű, ragacsos belső felülettel rendelkező karton hengerek voltak. A keresztrúdon található egyik csapdát ALLYL ITCN-tal csalétkezték, a másik csapda a kontrollt jelentette, desztillált vízzel csalétkezve.

Vincent és Stewart (1984) ragacs-csapdás kísérletéhez egy $6 \times 6 \text{ cm}^2$ fehérre festett műanyag csatornát használt föl. A csatorna négy külső oldalát ragacsanyaggal vonták be (Tangletrap), a föld szintjétől számított 5 cm magasságtól 20 cm magasságig, így négy $15 \times 6 \text{ cm}^2$ fogófelületet kapva csapdánként. Két különböző kezelést alkalmaztak. A kontroll csapdát, amely csak ragacsanyaggal volt bevonva, valamint az illatanyagos kezelést, amelynél a csapdát ragacsanyag és ALLYL ITCN keverékével vonták be.

Hung és Hwang (2000) vízszintes helyzetű, 13 cm hosszú, 9 cm átmérőjű, henger alakú csapdát használtak (cylinder type sticky trap) mustárolaj tesztelésére, amelynek belsejét ragacsos felületűre képezték ki. A kibocsátó a csapda belsejében, fölül, a középső részen volt elhelyezve. Akár a csapda hosszát (9, 13, 20 cm), akár a csapda átmérőjét (5, 9, 11 cm) növelték meg, az a fogások számában növekedést eredményezett. Mindkét esetben a legnagyobb használt hossz (20 cm) és a legnagyobb használt átmérő (11 cm) szignifikáns növekedést eredményezett a fogások számában. Minél közelebb helyezték el a csapdákat a talajszinthez, annál több egyedet fogtak. A többi szinttől (30, 60, 90 cm) szignifikánsan eltérő, legnagyobb fogásokat pedig a talajszintben (0 cm) elhelyezett csapdáknál tapasztalták. Mindez megerősíti Vincent és Stewart (1983) megfigyeléseit is, amelyek alapján

feltételezhető, hogy a káposztabolhák főként a talajszint és az attól mért 20 cm-es magasság között helyezkednek el, és mozgásuk legnagyobbbrészt ugrásokból áll, amelyeknek átlagos hossza 25 cm.

Andersen és mtsai (2005; 2006) sárga, ragacsos csapdatípussal végzett kísérleteikben összefüggést mutatott ki a csapdafogások és a káposztabolhák kártételének mértéke között és a kártétel mértékének becslésére alkalmas csapdatípusnak találta. Az imágók szeptember-október során már nem estek bele a csapdába, de a területen végzett vizuális vizsgálatok, illetve a táblaszegélyről vett minták azt mutatták, hogy jelen vannak a területen, azok széli részeire húzódva feltehetően telelés céljából (Andersen és mtsai, 2005).

Vincent és Stewart (1984) diszpenzer-hatékonysági vizsgálatokhoz vizes csapdat használtak. A csapda 15 cm átmérőjű és 10 cm magasságú volt, teteje 25 cm-re helyezkedett el a földtől. A csapdákat félig megtöltötték detergenst is tartalmazó csapvízzel.

Foster (1984) 15 cm átmérőjű, 6 cm magas fluoreszkáló sárga színű, vizes csapdákat használt kísérleteiben ALLYL ITCN-tal csalétkezve, amelyek megfelelően biztosították az újonnan megjelenő káposztabolhák arányának becslését és a következő évben várható bogárpopuláció nagyságát.

Burgess és Wiens (1980) úgy találták, hogy a nem telítődő „boll weevil” (gyapottok ormányos) kúp csapda ALLYL ITCN-tal csalétkezve megfelelő hatékonyságú a káposztabolhák fogására és ezt a típust széles körben használták ilyen irányú kísérleteikhez.

Később Pivnick és mtsai (1992) is hasonló típusú csapdat használtak, amelyben a csalétket függőlegesen a csapda középpontjába helyezték el, ragtapasszal rögzítve. Soroka és mtsai (2005) a közönséges káposztabolha aggregációs feromonjának előzetes szabadföldi vizsgálatához szintén ezt a csapdatípust használták fel.

2.5. A közönséges káposztabolha hím egyedei által termelt aggregációs feromon

Anderson és mtsai (1992) aggregációs viselkedést figyeltek meg a közönséges káposztabolha egyedeinél a táplálkozás során és feltételezték, hogy egy táplálkozó egyed hatással van a többi egyed táplálkozására.

Peng és mtsai (1992) megerősítették, hogy a közönséges káposztabolha kedveli az aggregatív formában történő táplálkozást. Az imágók gyakrabban fordultak elő koncentráltan, néhány levélen, mint random elhelyezkedésben. A kis kalitkákban elhelyezett bogarak növekvő egyedsűrűsége esetén egy bizonyos egyedszámig (16 egyed/kalitka) az egy bogárra számított károsítás mértékének növekedését tapasztalták. Feltételezték, hogy az aggregációs táplálkozási viselkedésért nem a növényből felszabaduló illatanyagok felelősek, mert

mechanikailag sértett növényen nem figyelték meg ezt a táplálkozási preferenciát (Peng és mtsai, 1992)

Peng és Weiss (1992) laboratóriumi és a szabadföldi kísérletei is azt mutatták, hogy az olajrepcé (*B. napus cv. Westar*) önmagában nem csalogató hatású a közönséges káposztabolha számára, ellenben az olajrepcé káposztabolhák jelenlétében e bogarakra nagy mértékű vonzó hatást gyakorolt. A táplálkozó káposztabolhák a nőtény és a hím egyedeket egyenlő mértékben vonzották.

A mechanikus úton megsértett, a káposztabolhák által, vagy a káposztamolyp által károsított repcenövény önmagában nem gyakorolt vonzó hatást a közönséges káposztabolhára (Peng és Weiss, 1992).

A kísérleti eredményekből Peng és Weiss (1992) arra következtettek, hogy a repce károsítását aggregációs feromonnak a jelenléte teszi lehetővé, mivel az olajrepcé nem tartalmaz allil glükozinolátot, amelynek hidrolízis-terméke a káposztabolhákra vonzó hatást gyakorló ALLYL ITCN. Feltételezésük szerint az olajrepcé nem bocsát ki olyan illatanyagokat, amely segítik a tápnövény megtalálását. Hipotézisüket Bodnaryk és Palaniswamy (1990, cit. Peng és Weiss, 1992) kutatása is alátámasztotta, amelyben megállapították, hogy az olajrepcé fő glükozinolát-komponense a glükobrasszicin (3-indolilmetil glükozinolát), amelynek nincs illékony hidrolízis-terméke.

Peng és Weiss (1992) szerint az aggregációs feromon termelődésének alapfeltétele a növényen való táplálkozás, vagy a növényvel való közvetlen kontaktus, ugyanis kísérleteikben a káposztabolhák önmagukban, vagy az olajrepcé és a káposztabolhák együtt, de hálóval elkülönítve egymástól nem gyakoroltak vonzó hatást a többi káposztabolha egyedre.

A kísérleti tapasztalatok alapján a feromon kibocsátására kétféle lehetséges modellt állítottak fel. Az egyik modell szerint a kibocsátás azonnal bekövetkezhet, amint a közönséges káposztabolha egyedei megtalálják az alkalmas gazdanövényt. Ezt a változatot azok a laboratóriumi kísérletek támasztották alá, ahol az olajrepcén lévő káposztabolhák akkor is vonzó hatásúnak bizonyultak, amikor közvetlenül a kísérlet előtt tették őket a növényekre. Más megközelítésből feltételezték azt, hogy az aggregációs feromon az ürülék-kiválasztással együtt távozik, ugyanis a károsított olajrepcé ürülék nélkül nem, azonban ürülékkel vonzó hatásúnak bizonyult a káposztabolha egyedek számára.

A feromon-termelés meglétének igazolása után, a következő lépés annak a megállapítása volt, hogy a káposztabolhák hímjei, vagy nőtényei termelik-e az aggregációs feromont. A kísérletek során csak kis fogások jellemezték a csak repcét tartalmazó (kontroll), valamint a

repcét és nőstényeket is tartalmazó csapdát. A repce és a kis számú (mindössze két db) hím egyed sem rendelkezett önmagában vonzó hatással, ami azt mutatta, hogy a hatás eléréséhez több mint két hím egyed szükséges. Azok a repce növények, amelyeken 20 db hímet helyeztek el, nagy vonzó hatással rendelkeztek. Ez a megfigyelés alátámasztotta, hogy a közönséges káposztabolha hím egyedei bocsátják ki az aggregációs feromont (Peng és mtsai, 1999).

A hímek és a nőstények együtt sokkal több káposztabolhát vonzottak, mint a hímek önmagukban, amelyből arra következtettek, hogy lehetséges, hogy a nőstények is termelnek bizonyos komponenseket (Peng és mtsai, 1999).

Miután az előzetes kísérletek igazolták az aggregációs feromon létezését, Bartelt és mtsai (2001) a káposztán táplálkozó hím és nőstény közönséges káposztabolhák amerikai populációjából származó egyedei által a levegőbe kibocsátott illatanyagok visszafogásának módszerével meghatározták a kibocsátott és feltételezett feromon-komponenseket. A hím-specifikus komponenseket a két ivarból származó komponensek összehasonlításával azonosították. Ezzel a módszerrel, a közönséges káposztabolha hat hím-specifikus komponensét sikerült izolálniuk (6. ábra).

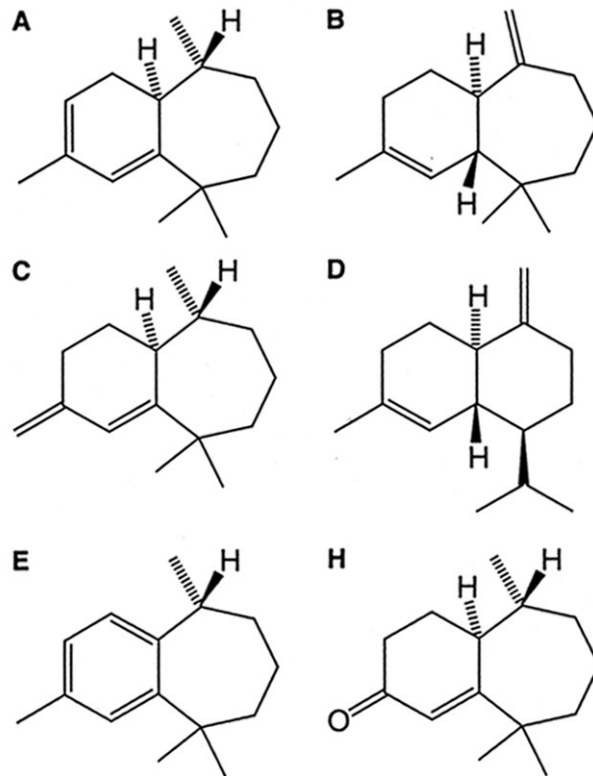
Ugyanezeket a komponenseket és két további vegyületet izoláltak három további földibolha faj (*Aphthona flava* Guillebeau, *Aphthona czwalinae* Weiese és *Aphthona cyparissiae* Koch) hím egyedeiből párhuzamos vizsgálat során (Bartelt és mtsai, 2001; Aldrich és mtsai, 2003). A négy fajnál talált komponensek tehát nagyon hasonlóak voltak, a különbséget főleg a komponensek keverékének faj-specifikus aránya adta.

A közönséges káposztabolha hím egyedeiből azonosított vegyületek között négy himachalén szeszkviterpén és egy (+)-gamma-kadinén volt. Bartelt és mtsai (2001) betűjelzését alkalmazva a vegyületek a következők voltak (6. ábra):

- (A) (+)-(6R,7S)-2,2,6,10-tetrametilbicyklo[5.4.0]-undeka-1(11),9-dién;
- (B) (+)-(1R,7R)-2,2,10-trimetil-6-metilén-bicyklo[5.4.0]undek-10-én;
- (C) (+)-(6R,7S)-2,2,6-trimetil-10-metilén-bicyklo[5.4.0]-undek-1(11)-én;
- (D) (+)-gamma-kadinén;
- (E) (+)-(R)-ar-himachalén;
- (H) (+)-(1S, 2R)-2,6,6-trimetilbicyklo[5.4.0]undek-7-én-9-on.

Kizárólag a "D" (növényi forrásból) és az "E" komponens volt ismert vegyület a természetben a közönséges káposztabolhából történő azonosítás előtt. A "D" komponens forrása a *Cymbopogon* fajokból nyerhető citronella olaj (Vig és mtsai, 1970). Az "E" komponens Pandy és Dev (1968) írta le a *Cedrus deodora* (Loud.) fajból. Ez a vegyület a

kaukázusi jegenyefenyőben (*Abies nordmanniana* Spach.) is jelen van, de nem tisztázott, hogy pontosan mely konfigurációja fordul elő ebben a növényfajban (Bartelt és mtsai, 2001).



6. ábra. A közönséges káposztabolhánál (*Phylloteta cruciferae*) azonosított hím-specifikus vegyületek kémiai szerkezete. Betűjelölés: Bartelt és mtsai (2001) nyomán. (A) (+)-(6R, 7S)-2,2,6,10-tetrametilbicyclo[5.4.0]-undeka-1(11),9-dién; (B) (+)-(1R,7R)-2,2,10-trimetil-6-metilén-bicyclo[5.4.0]undek-10-én; (C) (+)-(6R,7S)-2,2,6-trimetil-10-metilén-bicyclo[5.4.0]-undek-1(11)-én; (D) (+)-gamma-kadinén; (E) (+)-(R)-ar-himachalén; (H) (+)-(1S, 2R)-2,6,6-trimetilbicyclo[5.4.0]undek-7-én-9-on

A komponensek közül az “A”, “C”, “E”, “H” vegyületek racém formájának szintézisét követően (Bartelt és mtsai, 2003) az elektroantenogrammos ellenőrző vizsgálat következett. Ebben a laboratóriumi kísérletben a közönséges káposztabolha hím és nőtény egyedének csápjá is érzékelték az azonosított vegyületeket, de a feromon-funkció tényleges bizonyításához szabadföldi, csapdázásos kísérletek is szükségesek (Bartelt és mtsai, 2001).

A közönséges káposztabolha amerikai populációjánál elsőként Soroka és mtsai (2005) igazolták az azonosított hím-specifikus vegyületek keverékének aktivitását szabadföldi csapdázásos kísérletben. A vegyületek királisak, létezik (+) és (-) enantiomerikus formájuk, amelynek kizárólag egyik formáját termelik a bogarak. Soroka és mtsai (2005) az “A”, “C”, “E”, “H” komponens Bartelt és mtsai (2003) által szintetizált racém formájának [(+) és (-) enantiomerikus forma 50:50 arányú keveréke] elegyét vizsgálták kísérleteikben. A “D” vegyületnek a citronella olajból nyert tiszta (+) enantiomerikus formáját tesztelték (Soroka és

mtsai, 2005). A "B" vegyületet kis mennyiségben bocsátották ki a közönséges káposztabolha hím egyedei, a kibocsátott vegyületek keverékének mindössze 7%-át adta (Bartelt és mtsai, 2001). Bár a relatív mennyiség nem függ össze az aktivitással, ennek a vegyületnek a szabadföldi kipróbálására nem került sor előállítási nehézségek miatt (Bartelt, személyes közlés).

A közönséges káposztabolha mindkét ivarát vonzotta a keverék, amelyből Soroka és mtsai (2005) arra következtetett, hogy a keveréket alkotó komponensek közül legalább bizonyos vegyületek feromon-funkcióval rendelkeznek. A hím-specifikus vegyületek keverékének magasabb dózisa (500 µg) nagyobb válasz-reakciót váltott ki, mint az alacsonyabb dózis (50 µg). Mindkét dózis esetén a fogások szignifikánsan magasabbak voltak a kontroll, csalétek nélküli kezelés fogásánál. A hím-specifikus vegyületek vonzó hatását növényi illatanyag, az ALLYL ITCN jelenléte szinergikusan növelte. A hím-specifikus vegyületek mindkét dózisa magasabb ALLYL ITCN dózis jelenlétben (0,2 ml) vonzott több egyedeket (Soroka és mtsai, 2005). A közönséges káposztabolhát kémiai kommunikációja alapján azon, az ormányos bogarak (*Curculionidae*), szűbogarak (*Scolytidae*) és fénybogarak (*Nitidulidae*) családjába tartozó fajok közé sorolhatjuk, amelyeknél a feromon és a tápnövény illatanyagának relatív fontossága hasonló mértékű (Borden, 1985; Landolt és Phillips, 1997; Soroka és mtsai, 2005).

A közönséges káposztabolhából azonosított hím-specifikus vegyületek hasonló vonzó hatással rendelkeztek e faj áttelelt és frissen kelt egyedeire. A vegyületek keveréke nagyobb vonzó hatást gyakorolt a hím egyedekre, de mindkét ivart csalogatta, tehát aggregációs feromon jelleggel bír (Soroka és mtsai, 2005).

Nem vizsgálták, hogy vajon az azonosított, keveréket alkotó minden hím-specifikus vegyület rendelkezik-e feromon-funkcióval. A fénybogarak bizonyos fajainál léteznek olyan hím-specifikus, kémiailag az aggregációs feromon-komponensekkel hasonló szerkezetű vegyületek, amelyeknek nincsen biológiai aktivitásuk (Bartelt, 1999).

A közönséges káposztabolha hím egyedeiből azonosított "A", "C", "E", "H" vegyületek tiszta (+) és (-) enantiomerikus formáját Muto és mtsai (2004) állították elő citronellálból. Ezek vonzókéességének szabadföldi csapdázásos kísérletben történő összehasonlítása választ adhat arra, vajon melyik enantiomerikus formát bocsátják ki a közönséges káposztabolha hím egyedei természetes körülmények között.

3. A KÍSÉRLETEK HELYE, ANYAGA ÉS MÓDSZERE

3.1. A kísérletek helyszínei

A különböző célú kísérleteinket 2000 és 2006 között végeztük, amelyek helyszínét, valamint időpontját az 7. táblázatban foglaltuk össze.

A kísérletek során az egyes ismétlésekhez tartozó csapdákat, illetve kezeléseket egy csoportban (csapdablokkban) helyeztük el, talajszintben, fakarókhöz (8. ábra), vagy hajlított dróthoz erősítve (7. ábra, 9. ábra). A csapdák egymástól való távolsága csoporton belül 8-10 m, az egyes csapdablokkok közti távolság 20-80 m volt.

A növényi illatanyagok csalétket 2-3 hetente, a szintetikus, feromon-komponenseket tartalmazó diszpenzereket 2 hetente cseréltük a kísérletek időtartalma alatt.

A csapdákat 2-3 naponként ellenőriztük. A fogott bogarakat a csapdából eltávolítva, későbbi határozás céljából kisméretű tasakokba helyeztük lezárva, azonosító címkével ellátva.

7. táblázat Az ALLYL ITCN, a különböző izotio- és tiocianátok, valamint a közönséges káposztabolhából (*Phyllotreta cruciferae*) azonosított hím-specifikus vegyületek káposztabolha fajokra gyakorolt csalogató hatásával kapcsolatos kísérletek, illetve a csapda-alkalmassági kísérletek adatai (rövidítések: H-Magyarország, SLO-Szlovénia, BG-Bulgária)

KÍSÉRLET SZÁMA	KÍSÉRLET HELYSZÍNE	NÖVÉNY-KULTÚRA	KÍSÉRLET IDŐTARTAMA	CSAPDA-BLOKKOK SZÁMA	CSAPDA TÍPUSA	CSALÉTEK TÍPUSA
AZ ALLYL ITCN ÁLTAL CSALOGATOTT HAZAI KÁPOSZTABOLHA-FAJSPEKTRUM VIZSGÁLATA						
1.	Agárd (Fejér megye) H	káposztarepce	2000. ápr. 1- 17.	3	RAG	PE tasak
2.	Dunasziget (Győr-Moson-Sopron megye) H	kelkáposzta	2000. máj. 4- 28.	3	RAG	PE tasak
3.	Agárd (Fejér megye) H	káposztarepce	2000. szept. 7- okt. 9.	3	RAG	PE tasak
4.	Agárd (Fejér megye) H	káposztarepce	2001. márc. 29- máj. 10.	4	VARL+	PE tasak
5.	Pusztaszabolcs (Fejér megye) H	káposztarepce	2001. szept. 4- 21.	3	VARL+	PE tasak
6.	Debrecen (Hajdú-Bihar megye) H	fejeskáposzta	2002. ápr. 13- máj. 7.	3	VARL+	PE tasak
7.	Ljubljana SLO	fejeskáposzta	2002. szept. 1- 17.	3	VARL+	PE tasak
8.	Nadap (Fejér megye) H	káposztarepce	2002. szept. 14- okt. 8.	6	VARL+	PE tasak

KÍSÉRLET SZÁMA	KÍSÉRLET HELYSZÍNE	NÖVÉNY-KULTÚRA	KÍSÉRLET IDŐTARTAMA	CSAPDA-BLOKKOK SZÁMA	CSAPDA TÍPUSA	CSALÉTEK TÍPUSA
9.	Kápolnásnyék (Fejér megye) H	káposztarepce	2002. okt. 8- 17.	4	VARL+	PE tasak
10.	Dunasziget (Győr-Moson-Sopron megye) H	ugar	2003. márc. 26- máj. 5.	3	VARL+	PE tasak
11.	Budakalász (Pest megye) H	fehér mustár	2003. márc. 27- máj. 1.	5	VARL+	PE tasak
12.	Nadap (Fejér megye) H	káposztarepce	2003. ápr. 1- máj. 5.	5	VARL+	PE tasak
13.	Ljubljana SLO	fejeskáposzta	2003. jún. 18- júl. 18.	3	VARL+	PE tasak
14.	Pusztaszent- lászló (Zala megye) H	fejeskáposzta	2003. jún. 20- júl. 23.	1	VARL+	PE tasak
15.	Szentlisló (Zala megye) H	fejeskáposzta	2003. jún. 27- okt. 5.	3	VARL+	PE tasak
16.	Pusztazámor (Pest megye) H	káposztarepce	2003. szept. 10- 19.	6	VARL+	Kartell kibocsátó
17.	Budakalász (Pest megye) H	fehér mustár	2003. szept. 10- 19.	10	VARL+	Kartell kibocsátó
18.	Pusztazámor (Pest megye) H	káposztarepce	2004. ápr. 1-13.	5	VARL+	Kartell kibocsátó
19.	Pusztazámor (Pest megye) H	káposztarepce	2004. ápr. 4- máj. 6.	5	VARL+	Kartell kibocsátó
20.	Dunaföldvár (Tolna megye) H	kukorica	2004. júl. 16- 23.	2	KLP+	Kartell kibocsátó
21.	Ercsi (Fejér megye) H	kukorica	2004. aug. 2- szept. 17.	2	KLP+	Kartell kibocsátó
22.	Ercsi (Fejér megye) H	kukorica	2004. aug. 9- szept. 17.	2	KLP+	Kartell kibocsátó
23.	Pusztazámor (Pest megye) H	fehér mustár	2004. szept. 13- okt. 13.	5	VARL+	Kartell kibocsátó
24.	Pusztazámor (Pest megye) H	fehér mustár	2005. márc. 31- máj. 5.	5	VARL+	Kartell kibocsátó
25.	Pusztazámor (Pest megye) H	fehér mustár	2005. márc. 31- máj. 23.	6	KLP+	Kartell kibocsátó
26.	Pusztazámor (Pest megye) H	fehér mustár	2005. márc. 31- szept. 11.	5	KLP+	Kartell kibocsátó
27.	Pusztazámor (Pest megye) H	fehér mustár	2005. máj. 4- jún. 1.	5	VARL+	Kartell kibocsátó

KÍSÉRLET SZÁMA	KÍSÉRLET HELYSZÍNE	NÖVÉNY-KULTÚRA	KÍSÉRLET IDŐTARTAMA	CSAPDA-BLOKKOK SZÁMA	CSAPDA TÍPUSA	CSALÉTEK TÍPUSA
28.	Vrazhdebna (Sofia) BG	fejeskáposzta	2006. ápr. 20- okt. 27.	3	KLP+	Kartell kibocsátó
29.	Pusztazámor (Pest megye) H	fehér mustár	2006. máj. 4- 29.	5	KLP+	Kartell kibocsátó
KÜLÖNBÖZŐ IZOTIO- ÉS TIOCIANÁTOK KÁPOSZTABOLHÁKRA GYAKOROLT VONZÓKÉPESSÉGÉNEK VIZSGÁLATA						
30.	Pusztaszabolcs (Fejér megye) H	káposztarepce	2002. márc. 22- ápr. 22	2	VARL+	PE tasak
31.	Vecsés (Pest megye) H	fejeskáposzta (helyrevertett)	2002. júl. 19- szept. 17.	2	VARL+	PE tasak
32.	Nadap (Fejér megye) H	káposztarepce	2002. szept. 14- okt. 8.	6	VARL+	PE tasak
33.	Budakalász (Pest megye) H	fehér mustár	2004. márc. 29- ápr. 30.	5	VARL+	PE tasak
34.	Ercsi (Fejér megye) H	kukorica	2004. aug. 9- szept. 17.	5	VARL+	PE tasak
35.	Pusztazámor (Pest megye) H	fehér mustár	2005. márc. 21- jún. 1.	5	KLP+	Kartell kibocsátó
36.	Pusztazámor (Pest megye) H	fehér mustár	2006. márc. 31- máj. 23	6	KLP+	Kartell kibocsátó
A KÖZÖNSÉGES KÁPOSZTABOLHÁBÓL AZONOSÍTOTT HÍM-SPECIFIKUS VEGYÜLETEKRE VONATKOZÓ KÍSÉRLETEK						
37.	Budakalász (Pest megye) H	fehér mustár (előző évi tábla gyom- szegélyében)	2003. márc. 27- máj. 1.	5	VARL+	PE tasak/ gumira formulált csalétek
38.	Nadap (Fejér megye) H	káposztarepce (előző évi tábla gyom- szegélyében)	2003. ápr. 1- 18.	5	VARL+	PE tasak/ gumira formulált csalétek
39.	Budakalász (Pest megye) H	fehér mustár (árvakelésből fejlődő állom- mányban)	2003. aug. 19- 27.	10	VARL+	Kartell kibocsátó/ gumira formulált csalétek
40.	Budakalász (Pest megye) H	fehér mustár (árvakelésből fejlődő állom- mányban)	2003. aug. 19- 27.	10	VARL+	Kartell kibocsátó/ gumira formulált csalétek
41.	Pusztazámor (Pest megye) H	káposztarepce (betakarított állomány gyomszegélye)	2003. szept. 10-19.	6	VARL+	Kartell kibocsátó/ gumira formulált csalétek

KÍSÉRLET SZÁMA	KÍSÉRLET HELYSZÍNE	NÖVÉNY-KULTÚRA	KÍSÉRLET IDŐTARTAMA	CSAPDA-BLOKKOK SZÁMA	CSAPDA TÍPUSA	CSALÉTEK TÍPUSA
42.	Budakalász (Pest megye) H	fehér mustár (árvakelésből fejlődő állományban)	2003. szept. 10-19.	10	VARL+	Kartell kibocsátó/ gumira formulált csalétek
43.	Pusztazámor (Pest megye) H	fehér mustár	2004. ápr. 4-19.	5	VARL+	Kartell kibocsátó/ gumira formulált csalétek
44.	Pusztazámor (Pest megye) H	fehér mustár	2005. ápr. 7-máj. 23.	5	KLP+	Kartell kibocsátó/ gumira formulált csalétek
45.	Pusztazámor (Pest megye) H	fehér mustár	2006. máj. 4-29.	5	KLP+	Kartell kibocsátó/ gumira formulált csalétek
KÜLÖNBÖZŐ CSAPDATÍPUSOK KÁPOSZTABOLHA FAJOK FOGÁSÁRA VALÓ ALKALMASSÁGÁNAK VIZSGÁLATA						
46.	Agárd (Fejér megye) H	káposztarepce (árvakelésből fejlődő őszi állomány táblaszegélyében)	2000. szept. 7- okt. 9.	3	RAG VARL+	PE tasak
47.	Dunaföldvár (Tolna megye) H	kukorica	2004. júl. 12- 23.	2	VARL+ KLP+	Kartell kibocsátó
48.	Ercsi (Fejér megye) H	kukorica	2004. aug. 2- szept. 17.	2	VARL+ KLP+	Kartell kibocsátó
49.	Pusztazámor (Pest megye) H	fehér mustár	2005. márc. 31- szept. 22.	5	VARL+ KLP+	Kartell kibocsátó

3.2. A fogott káposztabolha fajok identifikálása

A 46. Kísérletben az egyedeket főbb morfológiai sajátosságai alapján az MTA NKI laboratóriumában elkülönítettük. Ennél a kísérletnél a határozást reprezentatív minta alapján Bakcsa Flórián (NYME Mezőgazdaság-tudományi Kar, Mosonmagyaróvár) végezte.

Az ALLYL ITCN által csalogatott káposztabolha-fajspektrum vizsgálatát célzó kísérletekben fogott káposztabolha fajokat a dunaszigeti (2. és 10. Kísérlet), pusztaszentlászlói (14. Kísérlet) és szentlászlói (15. Kísérlet) kísérletekben Bakcsa Flórián határozta meg.

A többi kísérlet során fogott egyedek faj szerinti elkülönítése az MTA NKI laboratóriumában történt. A *Phyllotreta* fajok identifikálását Kaszab (1962) határozókulcsa

alapján végeztem és annak begyakorlásában Dr. Vig Károly, a Savaria Múzeum (Szombathely) taxonómusa segített. Az identifikáció elsajátításának kezdeti stádiumában az általam elkülönített fajok mintáinak fajazonosságát Dr. Vig Károly ellenőrizte. A határozás tökéletesítése céljából több alkalommal voltam Szombathelyen, a Savaria Múzeum káposztabolha fajgyűjteményét megtekinteni.

Miután vizsgálataink nem faunisztikai céllal történtek, a határozás elsajátítása során a vizsgálat kitűzött céljának megfelelően főként azokra a fajokra koncentráltam, amelyek tápnövénykörében szerepelnek természetett keresztesvirágú növényfajok, tehát növényvédelmi jelentőséggel bírnak, illetve azokra, amelyek magyarországi előfordulására már van adat.

Miután a kísérletek kiértékelése nagy számú, gyakran több tízezres fogások feldolgozását jelentette és az egyes vizsgálatokhoz (feromon-kivonás) élő egyedekre volt szükség, az identifikációban a külső morfológiai bélyegek közti különbségek kapták a hangsúlyos szerepet. A kísérletek során csapdázott fajok több, külső morfológiai bélyeg határozókulcsban szereplő sorrendje szerinti együttes ellenőrzése, azok meglétének, vagy hiányának ismerete alapján elkülöníthetők. Erről Dr. Vig Károly is hasonlóan vélekedik.

Ezek a külső morfológiai bélyegek a következők: a szárnyfedő színezete (egyszínű, vagy sárga rajzolattal ellátott), nagyon fontos a szárnyfedői rajzolat alakja (a sárga rajzolattal ellátott fajoknál), a fejtető és a homok pontozottsága (*Ph. atra*, *Ph. cruciferae*, *Ph. diademata*), az előtor hátának (*Ph. undulata*, *Ph. nemorum*, *Ph. vittula*), vagy a szárnyfedő fémes árnyalatának megléte, vagy hiánya (*Ph. cruciferae*, *Ph. atra*, *Ph. nigripes*), A szárnyfedő sajátos színezete (*Ph. procera*) az előtor alakja (*Ph. procera*, *Ph. nodicornis*), a szárnyfedő pontozottsága (*Ph. cruciferae*, *Ph. atra*, *Ph. diademata*), a lábszárak, lábfejek színe (*Ph. undulata*, *Ph. nemorum*, *Ph. ochripes*), csápízek színe (*Ph. nigripes*, *Ph. balcanica*) és mérete (*Ph. nodicornis*). Bizonyos fajoknál az egyed mérete is fontos rész-információt szolgáltat a határozáshoz (*Ph. undulata*, *Ph. nemorum*).

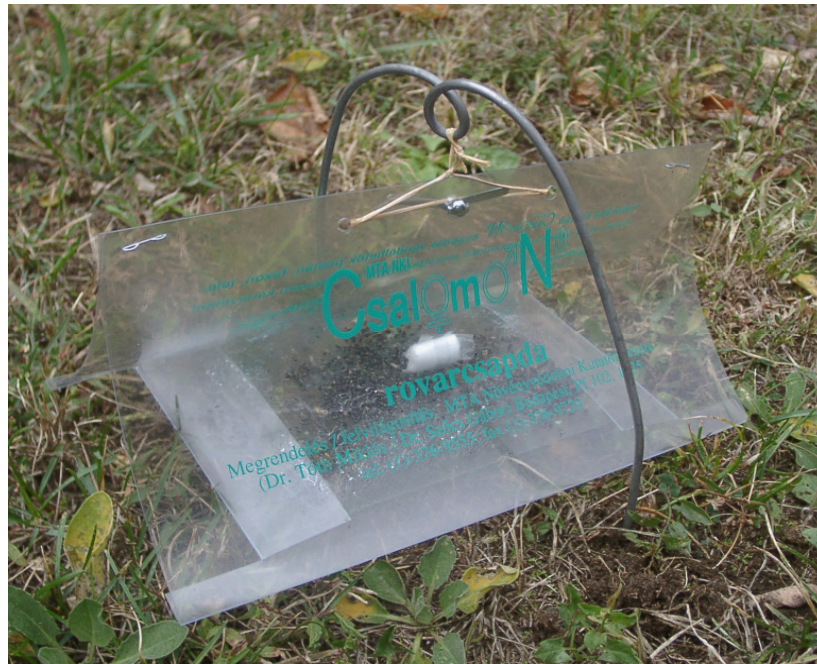
A feromon-kivonás céljából felhasznált egyedeken a kivonást követően ivarszervi vizsgálatokat is végeztem.

A csapdázásaink során fogott földibolha fajok magyar és latin neveit, illetve leíróját az *1. melléklet* tartalmazza a dolgozat könnyebb áttekinthetősége érdekében.

3.3. Csapdatípusok

Kísérleteink során a CSALOMON[®] csapdacsalád különböző csapdatípusait használtuk, amelyek a következők voltak:

- RAG csapda (7. ábra) (Szöcs, 1993; Tóth és Szöcs, 1993): eredetileg különféle lepkék fogására kifejlesztett, ragacsos "delta" csapda, amely egy háromszögletűre hajtogatott, 23x36 cm-es áttetsző műanyag lapból áll. A csapdába bejutó rovarokat egy cserélhető, csapda alsó részén elhelyezett, 10 x 16 cm-es ragacsos lap fogja meg. Jelen kísérletünkben a talajszintre helyezett csapdák bejáratához mindkét oldalt kb 8-10 cm-nyire kinyúló, 10x16 cm-es áttetsző PVC keményfólia lapot erősítettünk, melynek kinyúló részére néhány talajrögöt helyeztünk. A lapok felhelyezésének egyrészt a csapdák rögzítése, másrészt mászó rovarok számára a csapdába jutás megkönnyítése volt a célja.



7. ábra Káposztabolhák fogására talajszintben elhelyezett CSALOMON® RAG csapdatípus (Fotó: Csonka Éva)

- VARL+ csapda (8. ábra) (Tóth és mtsai, 2000/a): a gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa (Heliothis) armigera*, Lepidoptera, Noctuidae) fogására kifejlesztett, nem telítődő varsás csapdatípus. Ehhez a csapdához ugyanúgy, mint a VARs+ csapda esetében egy varsás rendszer, valamint alsó fogóedény tartozik, felső tetőrészen azonban nincs felső fogóedény. Ennél a csapdatípusnál a fogott rovarok elölése végett az alsó fogóedénybe kb 1 x 1 cm-nyi darabkát tettünk a Chemotox® molyirtó kazettából (Sara Lee, Temana Intl. Ltd, Slouth, UK; hatóanyag 15% diklórfosz).

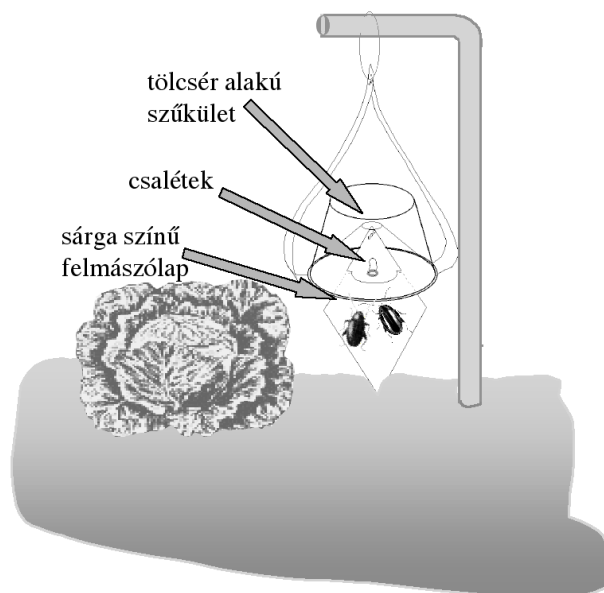


8. ábra Karalábé-táblán, káposztabolhák fogására talajszintben elhelyezett CSALOMON® VARL+ csapdatípus (Fotó: Csonka Éva)

- VARs+ csapda (Tóth és mtsai, 2000/b): eredetileg az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica v. virgifera* Le Conte) (Coleoptera, Chrysomelidae) fogására kifejlesztett varsás csapdatípus, amely a varsás rendszer és a hozzá tartozó alsó fogóedény mellett egy lyukkal rendelkező tetőrészből és a hozzá rögzített felső fogóedényből áll. A csapdába fogott rovarok előlése végett mind az alsó, mind a felső fogóedénybe kb. 1 x 1 cm-nyi darabkát tettünk a Chemotox® molyirtó kazettából. A csalétket a tetőhöz rögzítettük, úgy, hogy a hatóanyagot tartalmazó része a tetőn lévő és a felső fogóedénybe vezető kb. 6 cm átmérőjű lyuk közepére kerüljön.

- KLP+ csapda (9. ábra, 10. ábra): eredetileg az amerikai kukoricabogár fogására kifejlesztett, nem telítődő csapdatípus (Tóth és mtsai, 2006). Fogóedénye egy alsó bemászónyílást tartalmaz, amely tölcser alakú szűkületben folytatódik, megnehezítve a bekerült bogarak csapdatestből való kimászását. A csapda bemászónyílásához a bogarak egy függőlegesen lelógó, sárga színű lapon felfelé mászva jutnak el. A csalétek a felmászólapra van rögzítve, a fogóedény alsó szélé alatt 1-2 cm-nyi távolságban. Ennél a csapdatípusnál is tettünk a csapdatest belsejébe molyirtó darabkát.

Az egyes kísérletben felhasznált csapdatípusok pontos megjelölését az 7. táblázat tartalmazza.



9. ábra Káposztabolhák fogására alkalmazott KLP+ csapdatípus kihelyezési módszere talajszintben

3.4. Csalétkék (kibocsátók)

Kezdeti kísérleteinkben a szintetikus előállított izotiocianátok és tiocianátok kibocsátására a PE tasakot használtunk. Ez a csalétek egy fogászati tampon darabból (1 cm, Celluron®, Paul Hartmann AG., Heidenheim, Németország) állt, amelyet 0,02 mm falvastagságú polietilén tasakba helyeztünk, majd az illatanyag tamponra juttatása után a tasakot lehegesztettük. A csalogató anyag lassú, folyamatos kibocsátása a tasak falán keresztül történt.

Számos későbbi kísérletünkben (7. táblázat) Kartell kibocsátót használtunk az ALLYL ITCN kibocsátására, amely az illatanyag alacsonyabb kibocsátási rátáját biztosította. Ez a csalétek egy 0.7 ml-es, polietilénből készült, fedővel ellátott fiola (no. 730, Kartell Co., Olaszország), amelyet lezárt állapotban használtunk.

A közönséges káposztabolha hím-specifikus vegyületeinek különböző kombinációjú keverékét és királis formáját tartalmazó csalétkeket gumi kibocsátóra formulálva elkészítve kaptuk Robert J. Bartelt kutatócsoportjától (USA, Peoria).

Minden csalétket a könnyebb kezelhetőség érdekében a szokásos módon, 8 x 1 cm-es PVC keményfólia műanyag nyélhez rögzítettünk. A csalétket egyenként alufólia tasakokba csomagoltuk és felhasználásig -18°C-on tároltuk.

Az egyes kísérletben felhasznált csalétektípusok pontos megjelölését az 7. táblázat tartalmazza.



10. ábra Káposztabolhák fogására talajszintben elhelyezett CSALOMON[®] KLP+ csapdatípus
(Fotó: Csonka Éva)

3.5. Vegyületek

A kísérletben alkalmazott minden vegyület dolgozatban használt rövidítése és azok pontos kémiai neve a 2. mellékletben külön megtalálhatóak és visszakereshetőek a dolgozat könnyebb áttekinthetősége érdekében.

A csalétek hatóanyagául szolgáló, a gyártótól származó információ szerint 95%-os tisztaságú ALLYL ITCN és butil-izotiocianát (BUT ITCN) mintát a Sigma Aldrich Kft-től (Budapest) szereztük be.

A különböző izotiocianátok és tiocianátok káposztabolhákra gyakorolt vonzókéességének szabadföldi vizsgálata során a 2-butenil-tiocianátot (2BUT TCN), butil-tiocianátot (BUT TCN), fenil-tiocianátot (PHEN TCN) és az izotiocianát keveréket (ITCN MIX) [amely 3-butenil- (3BUT ITCN), fenetil- (PHEN ITCN), 2-butenil-(2BUT ITCN) és

BUT ITCN-ot tartalmazott 20:10:2:1 arányban] a néhai Prof. E. Möttustól (Tartu Egyetem, Észtország) kaptuk ajándék mintaként.

A 3BUT ITCN-ot (95% tisztaság) 4-bromo-1-buténből (Sigma-Aldrich Kft.) Dr. Ujváry István szintetizálta Dawson és mtsai (1993) módszere alapján. A vegyület szerkezetét ^1H ^{13}C NMR és tömegspektrográf segítségével ellenőrizte (MTA KKKI).

A közönséges káposztabolha hím egyedekből azonosított "A", "C", "E", "H" vegyületek racém formáját Bartelt és mtsai (2003), tiszta (kb. 97%-os tisztaság) enantiomerikus formáját Muto és mtsai (2004) állították elő.

A "D" vegyület (+) enantiomerikus formája citronella olajból lett nyerve (Muto és mtsai, 2004).

3.6. A kísérletek során felhasznált dózisok

Az ALLYL ITCN-ből, valamint a különböző izotiocianátokból és tiocianátokból 100 mg-os dózist alkalmaztunk mind a PE-tasakok, mind a Kartell kibocsátók esetében is a táplálkozási attraktánsokra irányuló vizsgálatainkban. Ha ettől eltért a dózis, azt az adott kísérletnél külön jelöltük. A közönséges káposztabolhából azonosított hím-specifikus vegyületek vizsgálata során, a 39. Kísérlettől az ALLYL ITCN-ot 2 mg-os mennyiségben alkalmaztuk kísérleteinkben.

A hím-specifikus vegyületek racém formája esetén az egyes vegyületek felhasznált dózisa csalétkenként a következő volt: "A" (500 μg), "C" (34 μg), "E" (56 μg), "H" (164 μg). Az "A", "C", "E", "H" vegyületek tiszta enantiomerikus formájának kipróbálása során az egyes vegyületek mennyisége az előbbi dózisok fele volt (250, 17, 28, 82 μg /kapszula). A "D" komponens (+) enantiomerikus formája 123 μg mennyiségben volt jelen a kapszulákban.

A 37. és a 38. Kísérletben a kis dózisú kapszulák a racém mennyiségeknek a tizedét tartalmazták.

3.7. Statisztika

A statisztikai vizsgálatokban a fogásokra az ilyen típusú adatoknál szokásos $(x+0.5)^{1/2}$ transzformációt alkalmaztunk (Roelofs és Cardé, 1977), majd az átlagok közötti különbségek szignifikanciáját kétmintás t-teszttel (két kezelés esetén), vagy varianciaanalízissel (kettőnél több kezelés esetén), majd Games-Howell teszttel vizsgáltuk (Games és Howell, 1976; Jaccard és mtsai, 1984). Abban az esetben, ha egy adott kezelés nem fogott egyetlen egyedet

sem a teljes kísérlet alatt, Bonferroni-Dunn teszttel ellenőriztük (Dunn, 1961), hogy a többi kezelés átlagos fogása különbözik-e szignifikánsan a nulla fogástól. A fentiekől eltérő statisztikai vizsgálatokat (nem parametrikus tesztek) a megfelelő ábráknál külön jelöltük. A statisztikai feldolgozást a StatView™ v.4.01 és a SuperANOVA™ v1.11 (Abacus Concepts, Inc., Berkeley, USA) szoftverekkel végeztük.

3.8. A kísérletek elrendezésének és kivitelezési módszerének alapjai

Mióta a 60-as évek végén feromonokkal elkezdtek foglalkozni, azóta probléma, hogy a szabadföldi kísérletek esetében az adatok szórása nagyon magas. Ez annak a következménye, hogy –eltérően a laborkísérletektől– a fogásokat sok, általunk nem kontrolálható tényező befolyásolja. Ennek a problémának a statisztikai feloldásával már többen próbálkoztak, sikertelenül. Az ideális statisztikai módszer az lenne, ha a csapdablokkok számát kellően magasra (80-100 db) növelnénk és egyszeri leolvasással, azaz a kísérlet során az egy csapda által összesen fogott bogarak értékeivel dolgozva, kizárólag 'térbeli ismétléseket' használnánk fel kiértékeléseink során. Ez a módszer gyakorlati okok miatt kivitelezhetetlen.

Abban az esetben, ha pl. egy kísérlet során öt különböző kezelést vizsgálunk és 80 ismétlést alkalmazunk egy statisztikai szempontból már megfelelőnek mondható, minimális ismétlésszám elérése végett, az összesen 400 csapda szabadföldre való kihelyezését jelenti. Ilyen csapdaszám költségvonzata igen számottevő. A kísérlet terület-igénye is rendkívül jelentős. Ilyen hatalmas terület általában nem áll rendelkezésre egy kísérlet elhelyezésére sem, főleg, ha arra gondolunk, hogy a célfaj populációsűrűségének a területen minél homogénebbnek kell lennie. A feladatot tovább nehezíti, hogy a kísérlet sikeressége érdekében olyan területre van szükségünk, amely növényvédelmi kezelésben nem részesült.

A kísérletet alkotó 400 db csapda ellenőrzése 5 perces ellenőrzési időtartammal számolva, 2 ember, pihenés nélküli munkája esetén 2000 perc. A munkavégzés időtartama órára átszámolva meghaladja a 33 órát, azaz az egy napot. Ez az ellenőrzésben bekövetkező időbeli elcsúszás a leolvasott adatokat nagyban torzíthatja. A munka hossza miatt külön fellép hibalehetőségként a munkaerő koncentráció képességének csökkenése. Kérdésként merül fel, hogy ha a csapda-ellenőrzések időtartama 33 óra, vajon mennyi időbe telik a vizsgálatok sikerességét alapjában meghatározó és sokkal időigényesebb kísérlet-kihelyezés és hogy egy ilyen csapdaszám felállítása mellett milyen mértékű emberi hibával számolhatunk?

Az egyszeri leolvasáson alapuló kísérlet sikerességét a környezeti tényezők (esős, kedvezőtlen időjárás a kísérlet rövid időtartama alatt), illetve a kártevő faj rajzása (a rajzás

még nem kezdődik el, vagy épp lecsengőben van) rendkívül érzékenyen befolyásolhatják.

Ezek a tényezők egy értékes, külföldről érkező, korlátozott, kizárólag egyetlen kísérlet lefolytatásához elegendő mennyiségben kézhez kapott vegyület vizsgálatára irányuló munkában akár pótolhatatlan károkat okozhatnak. Az ilyen típusú kísérletben ugyanis az alkalmazott blokkok nagy száma miatt egy időben használjuk fel a teljes illatanyag készletet.

A statisztikai kiértékeléseink során ismétlésnek vettük az egy kezelésen belüli csapdák különböző dátumokon gyűjtött fogásait is. Az általunk alkalmazott módszert Roelofs és Cardé (1977), a feromon-studiumok nagyjai 1977-ben dolgozták ki, majd Arn és mtsai (1986) tovább tökéletesítették. Ez a legszélesebb körben használt módszer a gyakorlatban még kezelhető számú csapdablokkot (4-10 db) alkalmaz, és a kezelések ismétléseinek kellően magas számát a leolvasások többszöri ismétlésével éri el. Jelenleg az ilyen tárgyú publikációk legtöbbször ezt a módszert használják. Az MTA NKI három évtizedes tapasztalata azt mutatja, hogy ez a fajta statisztikai feldolgozás jó közelítése az ideálisnak, és a továbbiakban is valószínűleg ezt fogjuk alkalmazni. A kísérletekből levonható következtetés biztonságát növelve, amikor csak lehetséges volt, ugyanazt a kísérletet párhuzamosan több helyen és időben végeztük el. Véleményünk szerint ebben az esetben, ha a fogások tendenciája hasonló, az nagyban megerősíti a levonható eredmények érvényességét.

3.9. Káposztabolha fajok feromon-kivonása

A hazai káposztabolha fajok feromon-vizsgálataihoz a feromont az élő állatokból vontuk ki.

A kísérlethez a káposztabolha fajok egyedait a tavaszi időszak során, szabadföldön, különböző keresztesvirágú kultúrákból gyűjtöttük be (8. táblázat). A bogarak begyűjtését fűhálózással (11. ábra), és élvefogó, ölüanyag nélküli KLP csapdákkal (12. ábra) végeztük.

8. táblázat Káposztabolha fajok által kibocsátott illatanyagok zárt rendszerben történő kivonásának adatai a kísérletekben szereplő egyedek gyűjtési helye, időpontja, a kísérletben felhasznált egyedszám, a kivonás időpontja, valamint időtartama tekintetében

KIVONAT SZÁMA	FAJ (IVAR)	GYŰJTÉSI HELY	GYŰJTÉSI IDŐ	EGYED-SZÁM (DB)	KIVONAT KÉSZÍTÉS IDŐPONTJA	KIVONÁS IDŐTARTAMA (NAP)
1.	<i>Phyllotreta cruciferae</i> (hím)	Pusztazámor (fehér mustár)	2005. máj. 6.	25	2005. máj. 10.	3
2.		Pusztazámor (fehér mustár)	2005. máj. 6.	25	2005. máj. 13.	3.5
3.	<i>Phyllotreta cruciferae</i> (nőstény)	Pusztazámor (fehér mustár)	2005. júli. 1.	50	2005. júli. 4.	2.5

KIVONAT SZÁMA	FAJ (IVAR)	GYŰJTÉSI HELY	GYŰJTÉSI IDŐ	EGYED-SZÁM (DB)	KIVONAT KÉSZÍTÉS IDŐPONTJA	KIVONÁS IDŐTARTAMA (NAP)		
4.	<i>Phyllotreta vittula</i> (hím)	Pusztazámor (fehér mustár)	2005. júli. 1-8.	22	2005. júli. 11.	3		
5.		Pusztazámor (fehér mustár), Júlia-major (káposzta, karalábé)	2005. júli. 1-26.	16	2005. aug. 3.	2		
6.		Pusztazámor (fehér mustár), Júlia-major (fejeskáposzta, karalábé)	2005. júli. 1-26.	16	2005. aug. 5.	2.5		
7.		Pusztazámor (fehér mustár)	2006. márc. 29- ápr. 3.	17	2006. ápr. 7.	3		
8.		Pusztazámor (fehér mustár)	2006. márc. 29- ápr. 7.	27	2006. ápr. 12.	2		
9.		Pusztazámor (fehér mustár)	2006. márc. 29-ápr. 7.	27	2006. ápr. 14.	3.5		
10.		Pusztazámor (fehér mustár)	2006. márc. 29- ápr. 23.	27	2006. ápr. 26.	1.5		
11.		<i>Phyllotreta vittula</i> (nőstény)	Pusztazámor (fehér mustár)	2006. márc. 29.-ápr. 7.	11	2006.ápr. 18	2	
12.			<i>Phyllotreta nigripes</i> (hím)	Pusztazámor (fehér mustár)	2006. márc. 29- ápr. 5.	13	2006. ápr. 6.	4
13.				Pusztazámor (fehér mustár)	2006. márc. 29- ápr. 5.	13	2006. ápr. 6.	2
14.	Pusztazámor (fehér mustár)			2006. márc. 29- ápr. 18.	12	2006. ápr. 21.	3.5	
15.	Pusztazámor (fehér mustár)			2006. márc. 29- ápr. 18.	12	2006. ápr. 25.	2	
16.	<i>Phyllotreta nigripes</i> (nőstény)	Pusztazámor (fehér mustár)	2006. márc. 29-ápr. 11.	12	2006. ápr. 20.	1.5		
17.	<i>Phyllotreta undulata</i> (hím)	Júlia-major (fejeskáposzta, karalábé)	2005. júli. 19-26.	16	2005. aug. 8.	2		
18.	<i>Phyllotreta undulata</i> (nőstény)	Júlia-major (fejeskáposzta, karalábé)	2005. júli. 19-26.	27	2005. júli. 27.	2		
19.	<i>Phyllotreta nemorum</i> (hím)	Kápolnásnyék (káposztarepce)	2006. ápr. 23.	1	2006. máj. 3.	5		



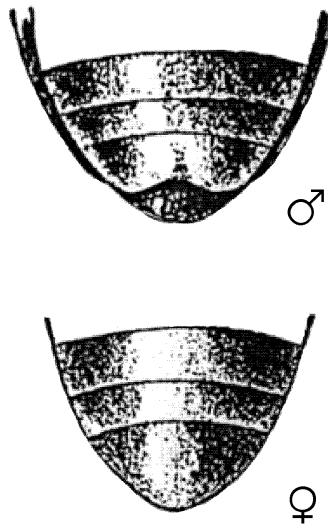
11. ábra Káposztabolhák begyűjtése fehérmustár táblán végzett fűhálózással (Fotó: Kovács Zsófia)



12. ábra Káposztabolhák begyűjtése fehérmustártábla szegélyében elhelyezett ölöanyag nélküli KLP-csapdával (Fotó: Csonka Éva)

A feromonkivonást megelőzően a befogott bogarakat cserepekbe vetett, előre nevelt fejeskáposzta [*Brassica oleracea* L. convar. *capitata* (L.) Alef.], vagy karalábé [*Brassica rupestris* Raf. convar. *gongyloides* (L.) Janch.] palántákon tartottuk fent, tenyészedenyekben, hosszúnappalos körülmények között (világos : sötét szakasz = 18 : 6 óra). Az élő egyedek fajra határozása laboratóriumunkban történt, sztereomikroszkóp segítségével, külső jegyek alapján. A határozáshoz az egyedeket egyenként kis üvegfialákba helyeztük. A feromonkivonáshoz az élő káposztabolhák ivari elkülönítését a hasi (abdominális) oldal vizsgálatával,

a potrohcsúcs eltérő alakja alapján végeztük. A potrohcsúcs a hím egyedek esetében kicsípett, a nőstény egyedeknél lekerekített alakú (13. ábra) (Pjatakova, 1928; Burgess, 1977; Bartelt és mtsai, 2001; Soroka és mtsai, 2005).



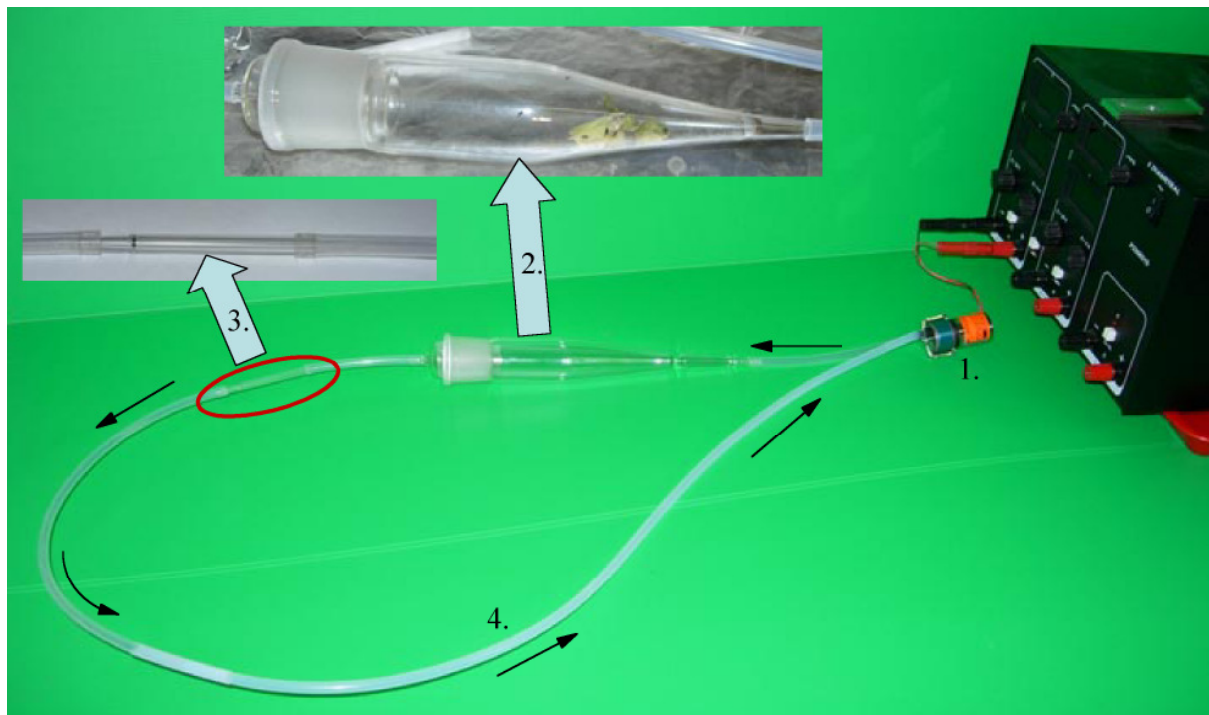
13. ábra A közönséges káposztabolha (*Ph. cruciferae*) potrohcsúcsának alakbeli különbségei hím (fent) és nőstény (lent) ivarú egyedek esetében Pjatakova (1928) nyomán.

A kivonást követően a külső jegyek alapján történő ivari elkülönítés helyességét utólag boncolással visszaellenőriztük.

Az illatanyag visszagyűjtés ideje alatt a bogaraknak optimális körülményeket próbáltunk biztosítani, így a kivonás időtartama alatt is biztosítottuk a hosszúnappalos körülményeket. Miután Bartelt és mtsai (2001), valamint Zilkowski és mtsai (2004) leírták, hogy a káposztabolhák tápnövény jelenlétében termelik a hím-specifikus vegyületeket, a bogarak által kibocsátott illatanyagok összegyűjtésére használt rendszer bogarakat tartalmazó tartóüvegébe táplálékot helyeztünk el (karalábé, káposzta torzsa, vagy kis méretű káposztapalánta). A bogarak elérhetőségétől és a stresszes körülmények elkerülése végett, a tartóüveg nagyságától függően egyszerre maximum 27 db egyedet raktunk a rendszerbe. Az egyes kivonatok adatait a 8. táblázat tartalmazza.

A feromon-kivonás két legismertebb módszere az oldószeres extrakció, és a rovarok által a levegőbe kibocsátott szaganyagok visszafogása. Az oldószeres extrakció a mi esetünkben – mivel a feromon-termelés pontos helye nem ismeretes – az egész test oldószeres lemosását jelentette volna. Az ilyen módon készült kivonat kémiai analízisre való felhasználása nehézkes, mivel a testfelületről igen sok olyan anyagot oldunk le, amelyek retenciós ideje hasonló lehet a feromon-komponenséhez. Eredményesebb módszer ebben az esetben a levegőbe kibocsátott illatanyagok összegyűjtése, amelyet levegőáramlásos eljárással valósítottunk meg egy zárt rendszerben („closed loop stripping”) (Boland és mtsai, 1984).

A feromon-kivonás ezen módjára szolgáló készülék főbb elemeit és működésének lényegét a 14. ábra szemlélteti.



14. ábra Illatanyagok levegőáramlásos eljárással történő összegyűjtése zárt rendszerben („closed loop stripping”). A zárt rendszerben a levegőt egy pumpa (1) keringteti. A levegő áramlási irányát a fekete nyilak jelölik. A pumpából kiáramló levegő keresztülhalad a bogarakat tartalmazó, két végén rozsdamentes acélhálával lezárt tartóüvegen (2), majd a tartóüvegen esetlegesen felszabaduló illatanyagokat az üvegcsőben elhelyezkedő szén szűrőn (CLSA-Filter) (3) keresztül szállítja, amely nagy fajlagos felületén megköti azokat. A szállítást végző levegő tefloncsövön (4) keresztül visszajut a rendszert záró pumpába, amely tovább keringteti a rendszerben. (Fotó: Csonka Éva.)

Az áramoltatott levegőből, a szaganyagok visszafogására nagy fajlagos felülettel rendelkező adszorbenst, szén szűrőt (CLSA-Filter, Brechbühler AG, Schlieren, CH-8952 Schlieren/1255 Veyrier, Svájc) használtunk, amelyről az aktív vegyületek lemosása diklórmetánnal történt.

A kivont vegyületeket gázkromatográfiásan vizsgáltuk HP 5890 GC típusú gázkromatográfban, Ultra 1 oszlopon, amelynek belső töltete metil szilikon gumi (0,33 μm töltet-vastagság) volt. Az oszlop hossza 25 m, a belső átmérője 0,2 mm volt. Az oszlop 2,5 m töltetlen előoszloppal rendelkezett, amely megakadályozza a szennyezések, zsírok továbbjutását, amelyek az oszlopot szennyeznék. A kivonat-minták gázkromatográfba történő bejuttatása „On Column” injektoron keresztül történt. Vivőgázként héliumot (He) használtunk, amelynek áramlási értéke megközelítően 1-2 ml/perc volt. A hőmérséklet-program a következő volt: 60 °C 1 percig, majd 10°C /perc hőmérséklet-emelés 120°C-ig, ezt követően 5 °C /perc 220°C-ig, majd 30 percig tartó kifűtés. Internális standardként tetradekanil acetátot alkalmaztunk 10 ng injektált mennyiségben.

A vegyületek szerkezet-azonosítását GC-MS módszerrel amerikai kutatótársaink (Bartelt és mtsai; USDA, ARS, Natl. Ctr. Agric. Util. Res.) végezték el. A feromon-kutatásban legjobban beváltak az összekapcsolt gázkromatográf-tömegspektrográf (GC-MS) rendszerek, amelyben a kivonatból a gázkromatográf – retenciós idők alapján – különálló vegyületeket választ szét, amelyek közül a tömegspektrográf egyszerre csak egyet analizál.

4. EREDMÉNYEK

4.1. A káposztabolhák és tápnövényeik közti kémiai kommunikáció vizsgálata

4.1.1. Az ALLYL ITCN által csalogatott magyarországi káposztabolha fajspektrum vizsgálatára irányuló kísérletek

Ennek a kutatási irányvonalnak a célja az volt, hogy felmérjük azt a káposztabolha fajspektrumot, melyet az ALLYL ITCN – a káposztabolhák esetében mindezidáig a leghatékonyabb vonzóképeségűnek ismert vegyület – magyarországi, bulgáriai és szlovéniai lelőhelyeken csalogat. Reméltük, hogy ezek alapján megállapíthatjuk az ALLYL ITCN növényvédelmi irányú felhasználásra való alkalmasságát. Jelen kutatásunk előzetes részeredményeit már a diplomadolgozatom is tartalmazta, ezek az eredmények itt számos újabb vizsgálattal és kiegészítéssel, teljes feldolgozásban kerülnek ismertetésre.

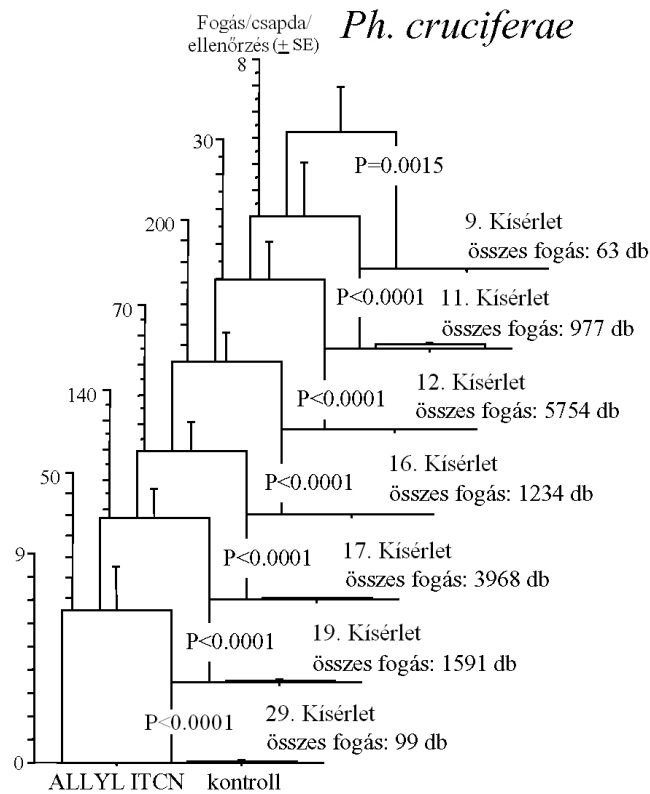
Vizsgálataink során valamennyi kísérleti területen nagy számban fogták csapdáink a közönséges káposztabolhát. Kísérleteink során ez a faj volt a csapdák által legnagyobb számban fogott káposztabolha faj. Ahogy azt a 15. ábrán feltüntetett néhány példa mutatja, az ALLYL ITCN csalétekkel ellátott csapdák minden kísérleti területen szignifikánsan több egyedeket fogtak, mint a csalétek nélküli kontrollok, amelyekbe csak elvétve kerültek ennek a fajnak az egyedei.

A második legnagyobb gyakorisággal fogott faj a muharbolha volt. A csalétkes csapdák ennél a fajnál is minden kísérleti helyen jóval több bogarat fogtak, mint a csalétek nélküli kontrollok, világosan mutatva az ALLYL ITCN erős csalogató hatását (16. ábra).

Egyes kísérleti területeken, kisebb egyedszámban egyéb káposztabolha fajokat is fogtak a csalétkezett csapdák (17. ábra).

A csíkos káposztabolha egyedeiből három kísérleti területen szignifikánsan több egyedeket fogtak az ALLYL ITCN-tal csalétkezett csapdák, mint a csalétek nélküli kontrollok (17. ábra/A).

A feketelábú földibolha (*Phyllotreta nigripes* Fabricius) egyedeiből két kísérleti területen is szignifikánsan többet fogtak az ALLYL ITCN-tal csalétkezett csapdák, mint a csalétek nélküli kontrollok (17. ábra/B). Korábbi publikáció nem ismert az ALLYL ITCN vonzó hatásának meglétére ennél a fajnál.



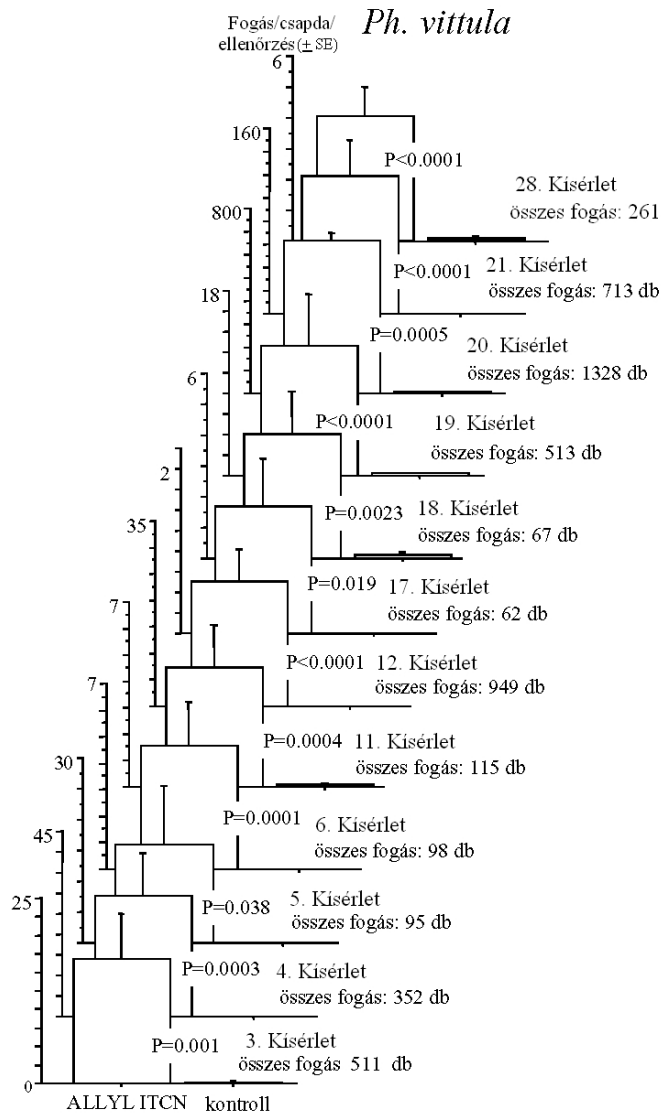
15. ábra Néhány reprezentatív példa az ALLYL ITCN-tal csalétkezett, valamint csalétek nélküli kontroll csapdák közönséges káposztabolha (*Phyllotreta cruciferae*) fogásaira, különböző kísérleti területeken, Tóth és mtsai (2007) nyomán. P az egy diagramon belüli két kezelés fogásai közti különbség szignifikanciaszintjét jelöli (t-próba)

A *Phyllotreta nodicornis* Marsh., *Phyllotreta balcanica* Heikert. és fekete káposztabolha fajokat 1-1 kísérleti területen csalogatták az ALLYL ITCN-tal csalétkezett csapdák (17. ábra/C-E). Az irodalomban nem találtunk korábbi utalást arra, hogy az ALLYL ITCN vonzó hatású ezekre a fajokra.

A *Phyllotreta procera* Redtb., *Phyllotreta ochripes* Curt. és *Phyllotreta diademata* Foudras fajok esetében 1-1 kísérleti területen az ALLYL ITCN-tal csalétkezett csapdák szignifikánsan több bogarat csalogattak, mint a csalétek nélküli kontrollok, amelyek egyetlen egyed sem fogtak (17. ábra/F-H). Mindezek a megfigyelések az ALLYL ITCN vonzó hatását jelzik, bár a csalétkezett csapdáknál a fogott bogarak száma csekély, így a kísérlet további megerősítése szükséges.

A káposztabolha fajokon kívül a közeli rokon repcebolla egyedeit is rendszeresen nagyobb számban fogták a csalétkes, mint a kontroll csapdák (17. ábra/I), jelezve azt, hogy az ALLYL ITCN ennek a kártevőnek a kémiai kommunikációjában is szerepet játszik.

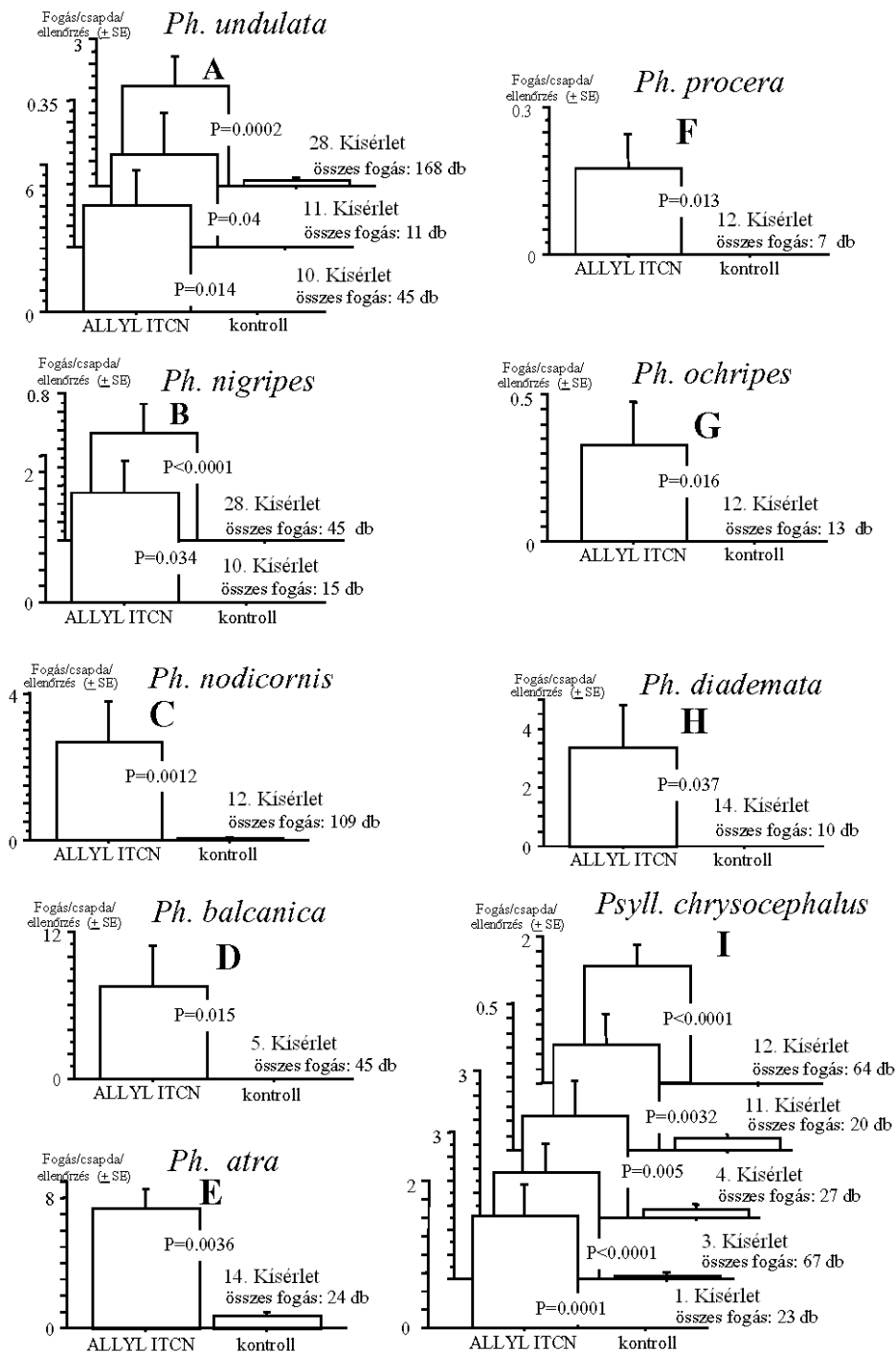
A fentiekben felsorolt fajok közül az ALLYL ITCN csalogató hatását a fekete káposztabolha, a *Ph. ochripes*, a *Ph. diademata* és a *Ph. procera* esetében viszonylag kis számú fogott egyed alapján állapítottuk meg, így az eredmények bár fontos információt közölnek további megerősítésre szorulnak.



16. ábra A ALLYL ITCN-tal csalétkezett, valamint csalétek nélküli kontroll csapdáknak a muharbolha (*Phyllotreta vittula*) fogásai a különböző kísérleti területeken, Tóth és mtsai (2007) nyomán. Statisztika: lásd 15. ábra

Néhány kísérletünkben jelentősebb számban fogtuk a komlóbolhát (*Chaetocnema concinna* Marsh.) is. Ennél a fajnál azonban nem volt szignifikáns különbség a csalétkezett, ill. a csalétek nélküli kontroll csapdák fogásai között, tehát az ALLYL ITCN erre a fajra nem gyakorolt csalogató hatást. Ez az eredmény nem meglepő, hiszen a komlóbolha nem kötődik a káposztafélékhez.

Ha az ALLYL ITCN-tal csalétkezett csapdákkal fogott egyedek százalékos arányát tekintjük, akkor elmondhatjuk, hogy növénykultúrától függetlenül a fogásoknak nagy hányadát (általában 30-98%-át) a közönséges káposztabolha jelentette (18. ábra). A második legnagyobb mennyiségben előforduló faj a legtöbb kísérleti területen a muharbolha volt.

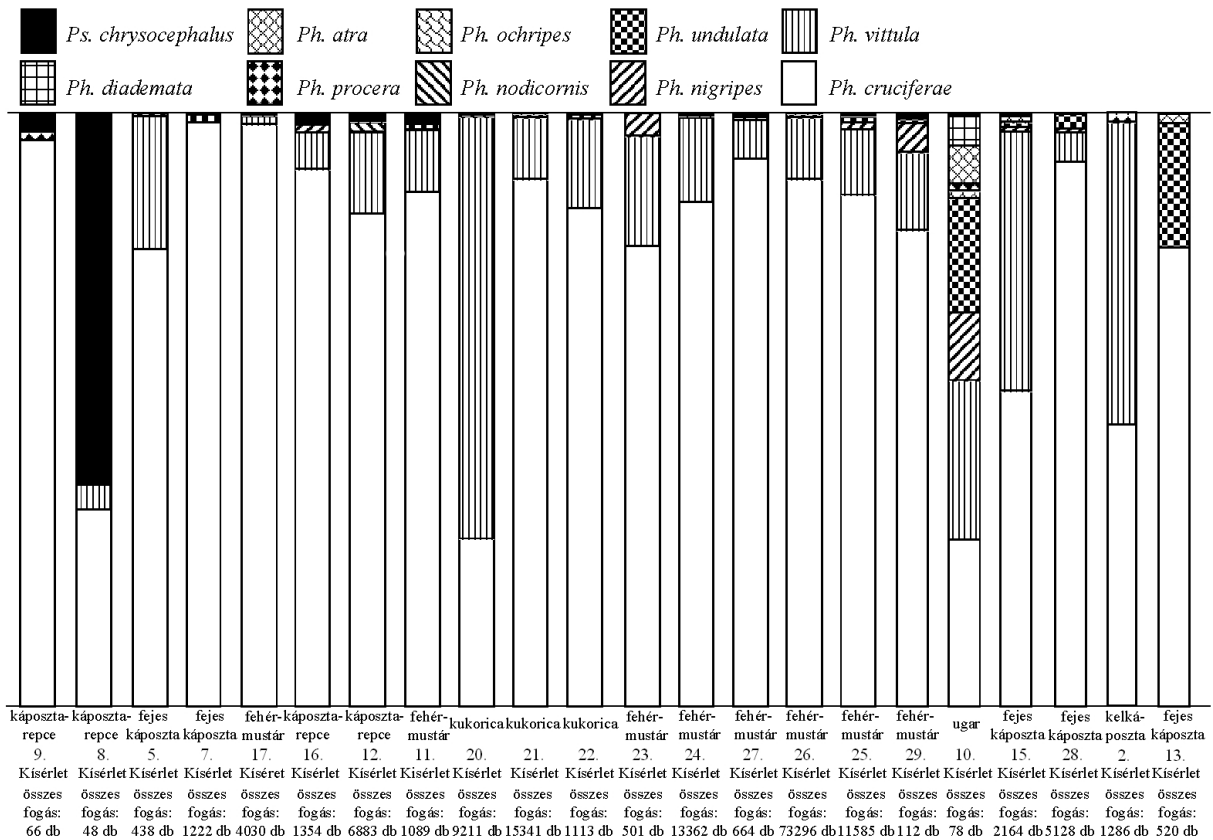


17. ábra Az ALLYL ITCN-tal csalétkezett, valamint csalétek nélküli kontroll csapdáknak a különböző káposztabolha (*Phyllotreta* spp.), valamint a repecbolha (*Psylliodes chrysocephalus*) fogásai, az egyes kísérleti területeken, Tóth és mtsai (2007) nyomán. Statisztika: lásd 15. ábra

Ezt a fajt egy, kukorica kultúrában végzett csapdázás során fogták legnagyobb arányban a csalétkezett csapdák (18. ábra). Mindez feltehetően ezen, egyszikű növényeken is jelentős károkat okozó faj (Vig, 1996/b; 1998/b) helyi felszaporodásával magyarázható.

Más káposztabolha fajok csak nagyon kis százalékban fordultak elő az egyes kísérleti területeken. A repecbolha egyedeit egyik kísérletünk során nagy százalékban fogták az

ALLYL ITCN-tal csalétkezett csapdák (18. ábra), feltehetően e faj számára ezen a területen rendelkezésre álló, kivételesen kedvező feltételek hatására bekövetkezett helyi felszaporodás következtében.

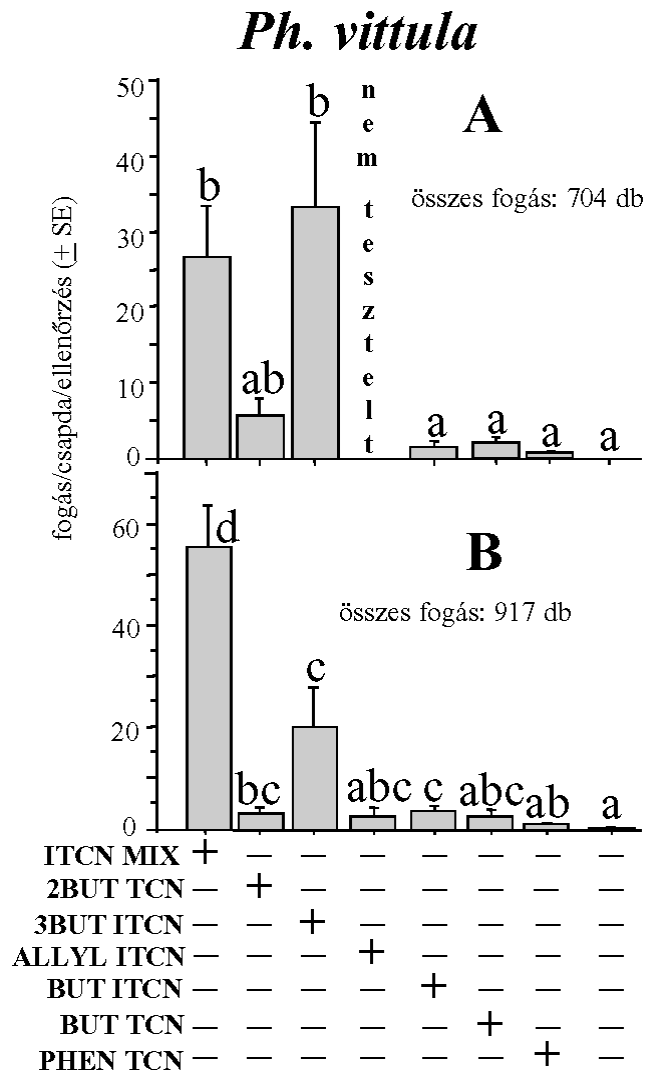


18. ábra. A *Phyllotreta* fajok és a *Psylliodes chrysocephalus* százalékos aránya az ALLYL ITCN-tal csalétkezett csapdákban magyarországi, szlovéniai és bulgáriai területeken (lásd: 7. táblázat), Tóth és mtsai (2007) nyomán

4.1.2. Különböző izotio- és tiocianátok káposztabolha fajokra gyakorolt relatív vonzókéességének vizsgálata

Ezen kísérleti irányvonalunk előzetes vizsgálatait (30. és 31. Kísérlet) a diplomadolgozatnak is részét képezték, azonban a téma teljes részletében, minden vizsgálati eredményével ebben a munkában kerül ismertetésre.

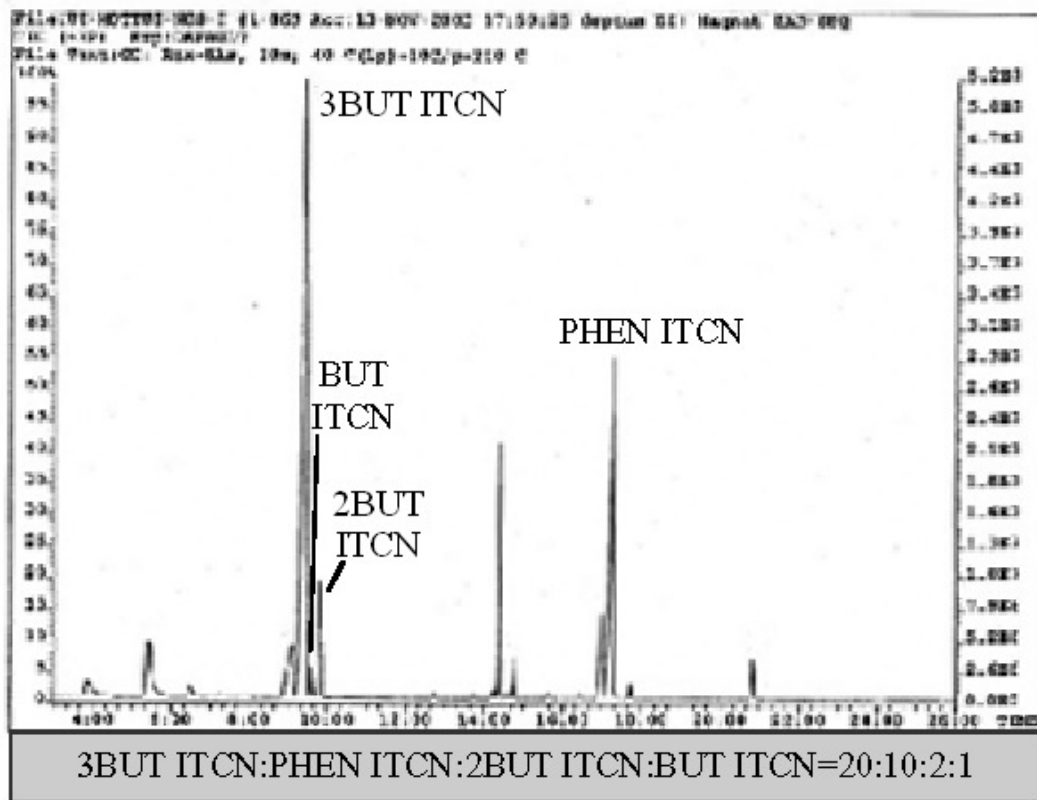
A különböző izotiocianátok és tiocianátok káposztabolha fajokra gyakorolt vonzókéességének vizsgálatát célzó előzetes kísérleteinkben (30. és 31. Kísérlet) nagy számban fogták a muharbolhát a 3BUT ITCN-tal és ITCN MIX-el csalétkezett csapdák. A többi vizsgált izotiocianát és tiocianát, így az ALLYL ITCN is kis aktivitást mutatott ebben a kísérletben a muharbolhára, vagy nem bizonyult aktívnek (19. ábra).



19. ábra. Az ITCN MIX-el (összetételt lásd: 20. ábra), 2BUT TCN-tal, 3BUT ITCN-tal, ALLYL ITCN-tal, BUT ITCN-tal, BUT TCN-tal és PHEN TCN-tal csalétkezett csapdáknak a muharbolha (*Phyllotreta vittula*) fogásai, Csonka és mtsai (2007) nyomán. A: 30. Kísérlet, B: 31. Kísérlet (lásd: 7. táblázat). Egy diagramon belül az azonos betűvel jelölt oszlopok nem különböznek szignifikánsan a P=5% szinten (ANOVA, Games-Howell teszt). Csalétek összetétel: + = van, - = nincs. A kísérletekben csalétkenként felhasznált dózis: 50 mg

Egy másik előzetes kísérletben, az egyes kezelések 50 mg alkalmazott dózisa mellett (32. Kísérlet, lásd: 7. táblázat) 418 db muharbolha egyed fogtak az ITCN MIX-el és 247 db egyed a 3BUT ITCN-tal csalétkezett csapdák, míg mindössze 2-2 muharbolha egyed fogtak az ALLYL ITCN-tal csalétkezett és a kontroll, csalétek nélküli csapdák. Mindezekből arra következtettünk, hogy a muharbolhára sokkal intenzívebb vonzó hatást gyakorolnak más izotiocianátok, mint az ALLYL ITCN.

A számszerűleg legtöbb muharbolha egyed fogó csalétkészítő, a néhai Prof. E. Möttustól (Tartu Egyetem, Észtország) ajándék-mintaként kapott ITCN MIX pontos analízise után (20. ábra) a keveréket alkotó vegyületek és az ALLYL ITCN különböző kombinációinak vonzó hatását vizsgáltuk szabadföldön.



20. ábra. A néhai Prof. E. Möttöstől (Tartu Egyetem, Észtország) származó ITCN MIX összetétele az (MTA KKKI (Budapest)-ben végzett GC-MS analízis alapján. A vegyületek aránya: 3BUT ITCN: PHEN ITCN: 2BUT ITCN és BUT ITCN = 20:10:2:1

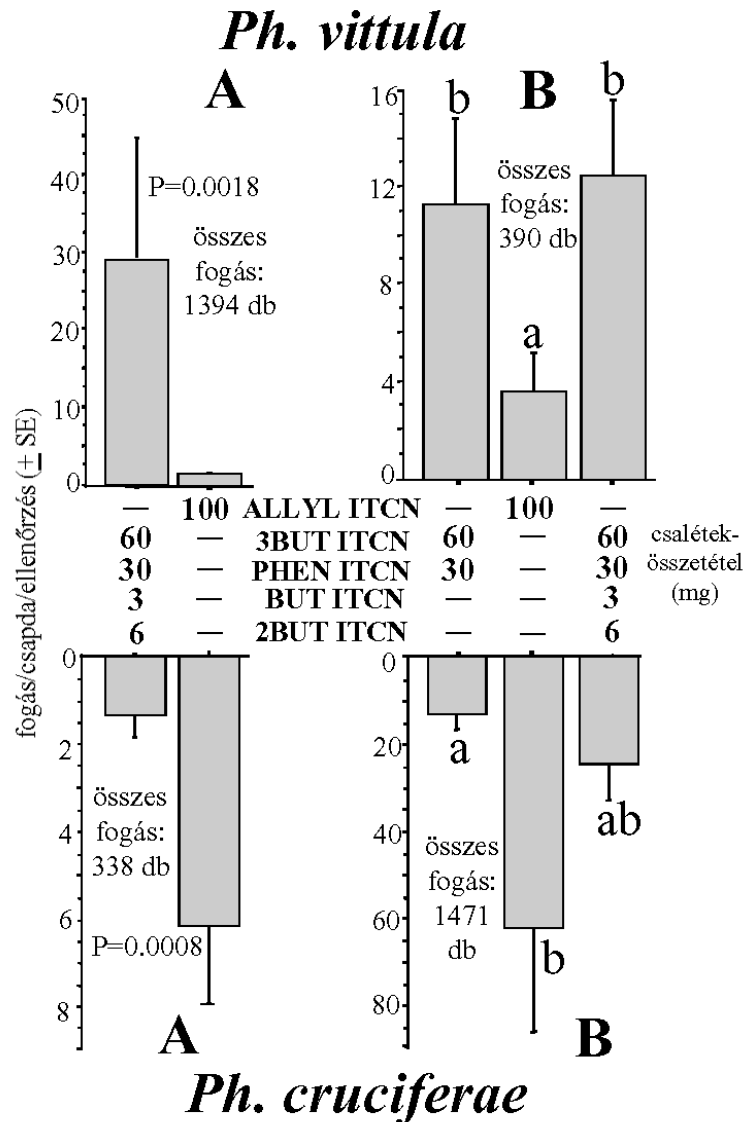
Ezek a kísérletek megerősítették, hogy a muharbolha jobban válaszol az ITCN MIX négy ismert komponenséből általunk újonnan előállított (ITCN MIX-el azonos arányú) keverékére, mint az ALLYL ITCN-ra (21. ábra).

A 34. Kísérlet során kiderült, hogy az ITCN MIX-et alkotó vegyületek közül a BUT ITCN és a 2BUT ITCN vegyületek nem befolyásolják a muharbolha fogásait, hiányuk szignifikánsan nem csökkentette a keverék vonzó hatását (21. ábra/B).

Más illatanyag-preferencia volt megfigyelhető a közönséges káposztabolha esetében.

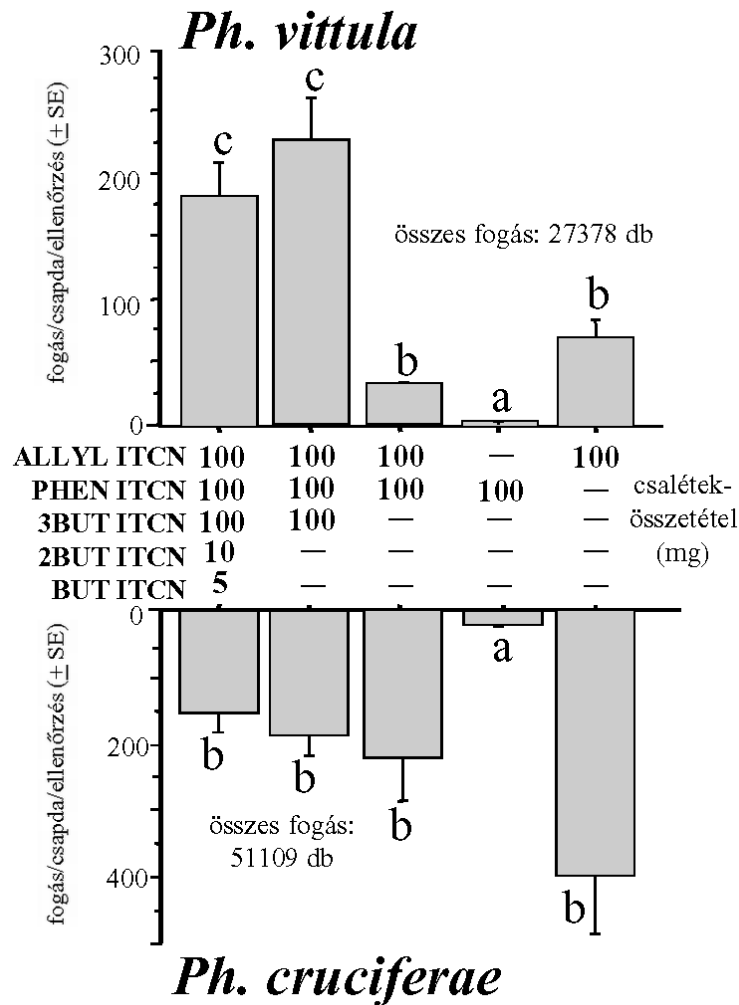
Ennél a fajnál az ALLYL ITCN-tal csalétkezett csapdák szignifikánsan több egyedet csalogattak mindkét kísérletben (21. ábra).

Következő kísérletünkben a közönséges káposztabolhára minden olyan kezelés hasonló aktivitású volt, amely önmagában, vagy egy keverék részeként ALLYL ITCN-ot tartalmazott (22. ábra). A muharbolha esetében a legtöbb egyed az azok a csalétek vonzották ebben a kísérletben, amelyek 3BUT ITCN-ot is tartalmaztak. Ezek szignifikánsan több egyed csalogattak azokhoz a kezelésekhöz képest, amelyek nem tartalmaztak 3BUT ITCN-ot (22. ábra). Mindez azt sugallta, hogy valószínűleg a 3BUT ITCN lehet felelős az ITCN MIX vonzó hatásáért.



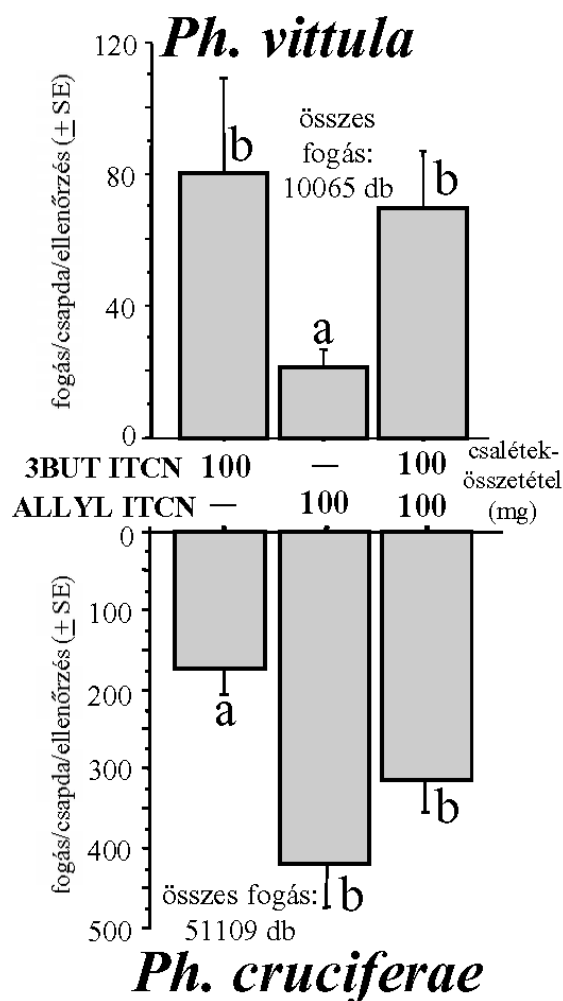
21. ábra. A különböző izotiocianátok keverékével és ALLYL ITCN-tal csalétkezett csapdákban a muharbolha (*Phyllotreta vittula*) és a közönséges káposztabolha (*Phyllotreta cruciferae*) fogásai, Csonka és mtsai (2007) nyomán. Statisztika: B: lásd 19. ábra, A: lásd 15. ábra. A: 33. Kísérlet, B: 34. Kísérlet (lásd: 7. táblázat)

A 3BUT ITCN jelentőségét megerősítette végső kísérletünk, amelyben ezzel a vegyülettel csalétkezett csapdák nagy számban fogták a muharbolhát, míg a közönséges káposztabolha az ALLYL ITCN-ra adott nagyobb válasz-reakciót (23. ábra). Egyik káposztabolha faj esetében sem csökkentette szignifikánsan a hatékonyabbnak bizonyuló vegyület vonzó hatását a másik vegyület jelenléte.



22. ábra. A különböző izotiocianátokkal és keverékekkel csalétezett csapdáknak a muharbolha (*Phyllotreta vittula*) és a közönséges káposztabolha (*Phyllotreta cruciferae*) fogásai, Csonka és mtsai (2007) nyomán. Statisztika: lásd 19. ábra. 35. Kísérlet (lásd: 7. táblázat)

Megállapítottuk, hogy a közönséges káposztabolha és a muharbolha tápnövényel összefüggő illatanyag-preferenciája különbözik egymástól. Erre a jelenségre részben a két faj eltérő tápnövény-köre is magyarázatul szolgálhat. Ismert, hogy a muharbolha nemcsak keresztesvirágú növényeken, hanem egyszikű növényfajokon is károsít (Nagy és Deseő, 1969; Vig, 1992; 1998/b; Szeőke, 1997). Ezen tápnövény-preferenciában mutatkozó különbséggel nem magyarázható az izotiocianátokra adott eltérő válasz-reakció, miután az egyszikű növények nem bocsátanak ki izotiocianátokat.



23. ábra. A 3BUT ITCN-tal, vagy ALLYL ITCN-tal, vagy mindkét vegyülettel együttesen csalétkezett csapdáknak a muharbolha (*Phyllotreta vittula*) és a közönséges káposztabolha (*Phyllotreta cruciferae*) fogásai, Csonka és mtsai (2007) nyomán. Statisztika: lásd 18. ábra. 36. Kísérlet (lásd: 7. táblázat)

4.2. A káposztabolhák feromonok segítségével történő kémiai kommunikációjának vizsgálata

4.2.1. A közönséges káposztabolhából azonosított hím-specifikus vegyületek szabadföldi aktivitásának vizsgálati eredményei

Ebben a kísérlet-sorozatunkban a közönséges káposztabolha hím egyedeiből azonosított "A", "C", "D", "E" és "H" vegyületek racém és tiszta enantiomerikus formájának aktivitását próbáltuk ki szabadföldi csapdázásos kísérletben a közönséges káposztabolha európai populációján.

Kutatásunk ezen irányvonalához tartozó kísérleteink egy része (37., 38., 41. és 42. Kísérlet) már a diplomamunkában is szerepelt, azonban szerves részét képezik jelen munkánknak, ezért a későbbi eredmények tükrében, sokkal nagyobb részletességgel ismételt tárgyalásra kerülnek ebben a munkában is.

Kísérleteink során előzetesen megvizsgáltuk az “A”, “C”, “E”, “H” vegyületek (racém forma) és a (+)-“D” komponens [(+) enantiomerikus forma] kombinációjának (ACDEH) a vonzó hatását önmagában, illetve ALLYL ITCN jelenlétében. A kísérleti kezelések között szerepelt az ACDEH két különböző dózisu kombinációja önmagában és ALLYL ITCN jelenlétében, az ALLYL ITCN önmagában, valamint egy kontroll, csalétek nélküli kezelés (24. ábra).

Megállapítottuk, hogy a közönséges káposztabolha egyedeit csak kis mennyiségben fogták a kizárólag ACDEH vegyületekkel csalétezett csapdák (24. ábra/A). Az ezeket a vegyületeket magasabb dózisban tartalmazó kezelés fogása már szignifikánsan többnek bizonyult a kontroll, csalétek nélküli csapdák fogásánál. Több káposztabolha egyedét csalogattak az ALLYL ITCN-tal csalétezett csapdák is, mint a kontroll, csalétek nélküli kezelés. A fogások nagymértékben növekedtek, amikor az ACDEH vegyületeket ALLYL ITCN-tal kombinálva alkalmaztuk.

Magasabb dózis esetén ez a kombináció szignifikánsan több közönséges káposztabolha egyedet csalogatott, mint az ALLYL ITCN önmagában (24. ábra/A).

A közönséges káposztabolha fogások hasonló tendenciát mutattak egy párhuzamos, budakalászi kísérletben is (24. ábra/B), bár nem volt szignifikáns különbség a kizárólag ALLYL ITCN-ot tartalmazó kezelés és az ALLYL ITCN-t, valamint az ACDEH vegyületeket együtt tartalmazó kezelések vonzó hatása között.

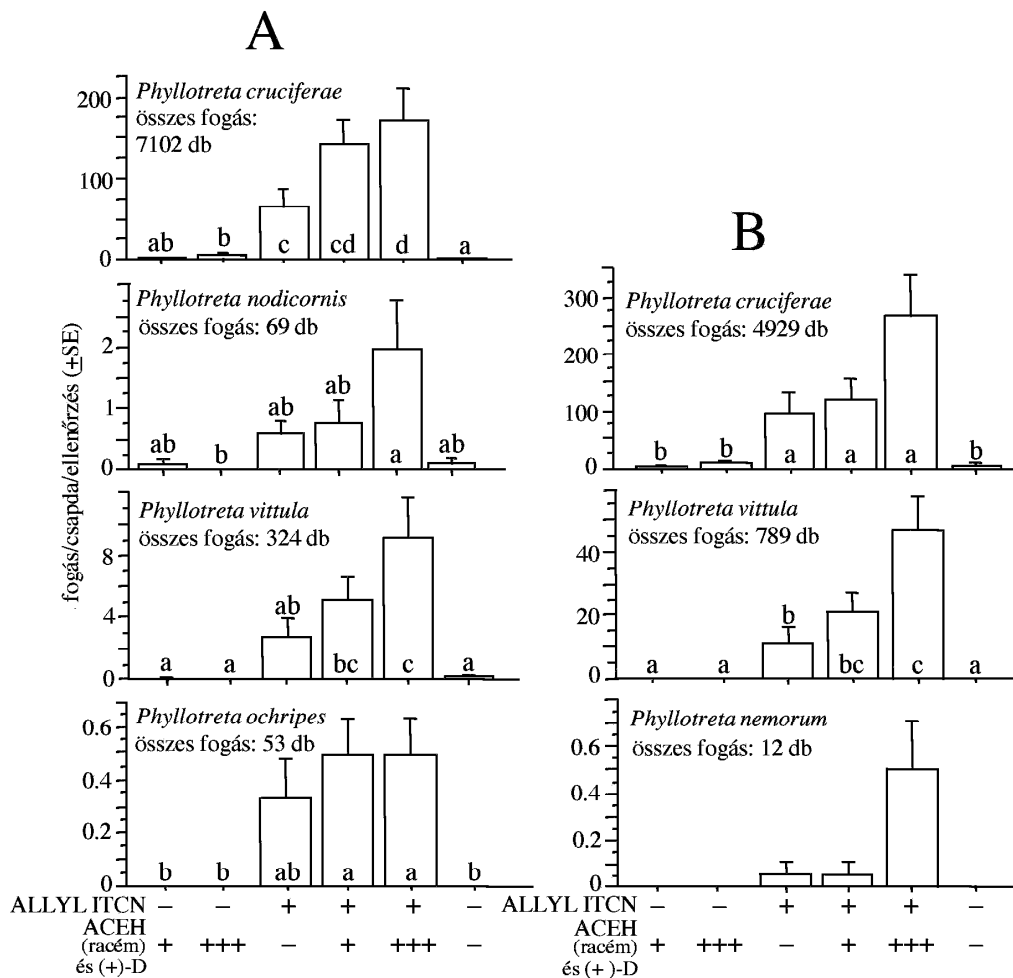
A kísérletekben nagy számban fogtuk a közeli rokon muharbolha egyedeit. Az ALLYL ITCN-ot és az ACDEH vegyületek magasabb dózisát tartalmazó kezelések szignifikánsan több egyedét csalogattak, mint az ALLYL ITCN önmagában, mindkét kísérleti területen (24. ábra/A, B). Az egyéb kezelések csak kis mennyiségben csalogatták a muharbolhát.

Hasonló tendenciát mutattak a *Ph. nodicornis* és *Ph. ochripes* fogásai Nadapon (24. ábra/A), valamint a nagy káposztabolha fogásai Budakalászon (24. ábra/B). A nagy káposztabolha esetében ennél a kísérletnél statisztikai kiértékelést nem végeztünk a kis számú fogások miatt. Az eredmények ennek a fajnak az esetében megerősítésre szorulnak.

Kísérlet-sorozatunk következő lépéseként célunk annak az előzetes megfigyelésnek a megerősítése volt, hogy az ACDEH vegyületek, valamint az ALLYL ITCN együttes jelenléte növeli-e a fogásokat. A vizsgált kezelések között szerepelt az ACDEH önmagában és ALLYL ITCN jelenlétében, az ALLYL ITCN önmagában, valamint egy kontroll, csalétek nélküli kezelés (25. ábra).

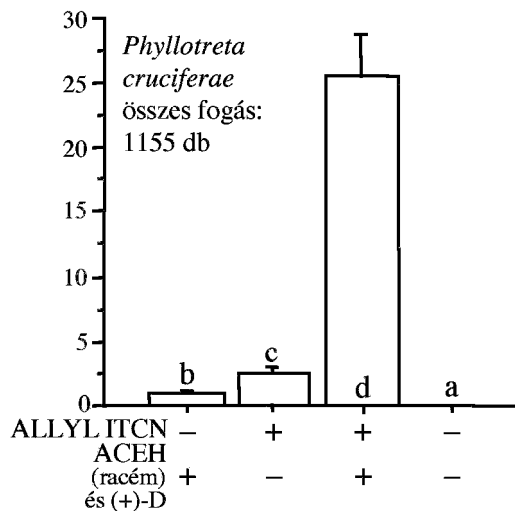
Ezt követő vizsgálatainkban a hím-specifikus vegyületeket alacsonyabb ALLYL ITCN dózis mellett próbáltuk ki (Kartell kibocsátó, lásd: 7. táblázat) annak reményében, hogy az ACDEH vegyületek hatása így könnyebben kimutatható.

Megállapítottuk, hogy az ALLYL ITCN-ot és az ACDEH vegyületeket együttesen tartalmazó kezelés sokkal több közönséges káposztabolhát fog, mint az ALLYL ITCN-os kezelés (25. ábra).



24. ábra. Az ALLYL ITCN-tal, az “A”, “C”, “E”, “H” vegyületek (ACEH, racém forma) és a (+)-“D” komponens [(+) enantiomerikus forma] két, különböző dózisu keverékével és azok ALLYL ITCN-tal képzett kombinációival csalátkezett, valamint a kontroll, csalétek nélküli csapdáknak a káposztabolha fogásai, Tóth és mtsai (2005) nyomán. Csalétek összetétele: - = nincs, + = van, +++ = van (nagy dózisban). A: 38. Kísérlet, B: 37. Kísérlet, lásd: 7. táblázat). Statisztika: lásd 19. ábra. Azon kísérleteknél, ahol egy, vagy több kezelés esetében nem volt fogás, ott a nulla fogásoktól való szignifikáns különbséget a Bonferroni-Dunn teszttel ($P > 0.05$) ellenőriztük

Mind az ALLYL ITCN, mind az ACDEH vegyületek önmagukban több közönséges káposztabolhát csalogattak, mint a kontroll, csalétek nélküli csapdák. A kizárólag ALLYL ITCN-tal csalátkezett csapdák több bogarat csalogattak, mint az ACDEH vegyületekkel csalátkezettek. Ebben a szabadföldi kísérletben egyéb káposztabolha fajokat nem fogtunk szignifikáns mennyiségben.

fogás/csapda/
ellenőrzés (+SE)

25. ábra. Az “A”, “C”, “E”, “H” (racém) és (+)-“D” vegyület keverékével, azok ALLYL ITCN-tal képzett kombinációjával, valamint az önmagában ALLYL-tal ITCN csalétkezett és kontroll, csalétek nélküli csapdáknak a közönséges káposztabolha (*Phyllotreta cruciferae*) fogásai, Tóth és mtsai (2005) nyomán. Csalétek összetétele: – = nincs, + = van. (39. Kísérlet, lásd: 7. táblázat). Statisztika: lásd 19. és 24. ábra

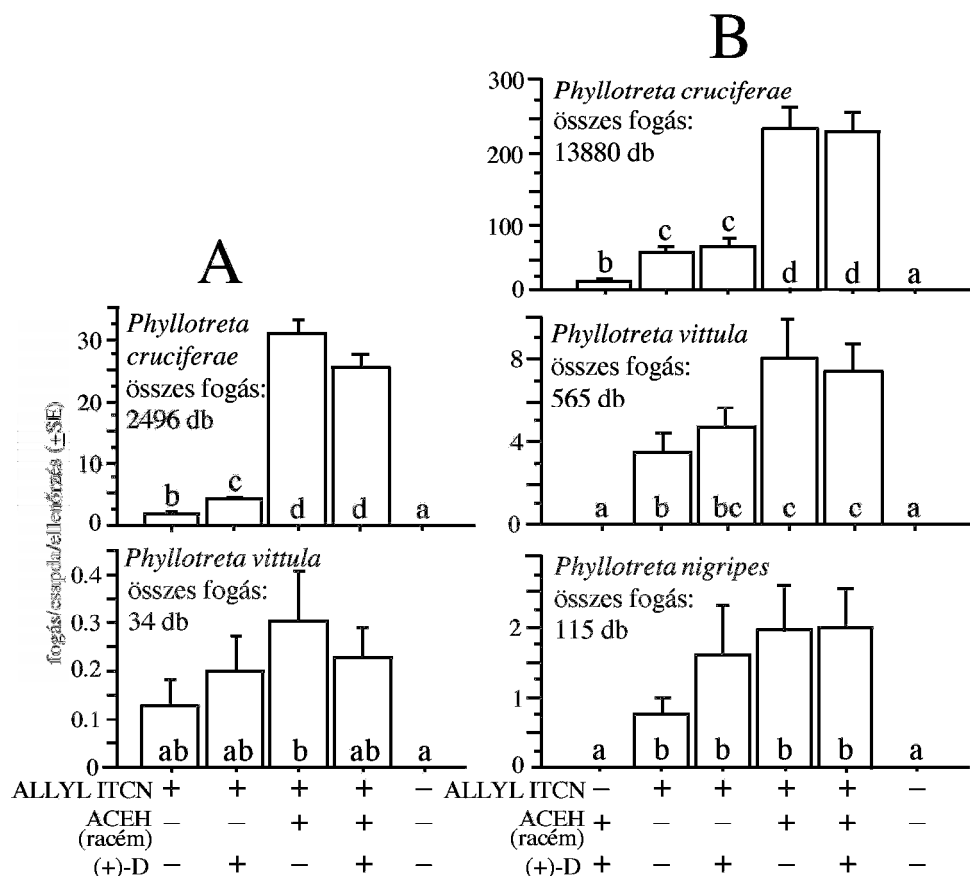
Kísérletünk következő lépéseként azt vizsgáltuk, hogy van-e jelentősége a vonzó hatás tekintetében a (+)-“D” vegyületnek. A vizsgált kezelések között szerepelt az ALLYL ITCN önmagában, az ALLYL ITCN kizárólag a (+)-“D” vegyülettel, kizárólag az “A”, “C”, “E”, “H” vegyületekkel és az öt hím-specifikus vegyülettel együttesen képzett kombinációja, valamint egy kontroll, csalétek nélküli kezelés (26. ábra).

Nagy mennyiségű közönséges káposztabolhát fogtak azok a csapdák, amelyek az ALLYL ITCN és ACDEH, vagy ALLYL ITCN és “A”, “C”, “E”, “H” kombinációjával voltak csalétkezve. Ezek a kombinációk szignifikánsan több egyedet csalogattak, mint a kísérlet többi kezelése (26. ábra/A). Az ALLYL ITCN több káposztabolha egyedét csalogatott mint a kontroll, csalétek nélküli kezelés. Az ALLYL ITCN és a (+)-“D” komponens keveréke több egyedet fogott, mint az ALLYL ITCN önmagában, a (+)-“D” komponens bizonyos mértékű aktivitását sugallva.

Ebben a kísérletben a muharbolhát kis számban fogták a csapdák. Az egyetlen kezelés az ALLYL ITCN és az “A”, “C”, “E”, “H” vegyületek keveréke volt, amely több egyedét fogott ebből a fajtából, mint a kontroll, csalétek nélküli csapdák (26. ábra/A).

Egy Pusztazámoren végzett ellenőrző kísérletben (26. ábra/B) a közönséges káposztabolha fogásai az előző kísérlettel egybevágó eredményt mutattak azzal a kivétellel, hogy az ALLYL ITCN és a (+)-“D” komponens keveréke nem vonzott több egyedét, mint az ALLYL ITCN.

Az ACDEH vegyületek keveréke önmagában [amely nem szerepelt az előző, 40. Kísérletben (26. ábra/A)] ismét mutatott minimális aktivitást (26. ábra/B).



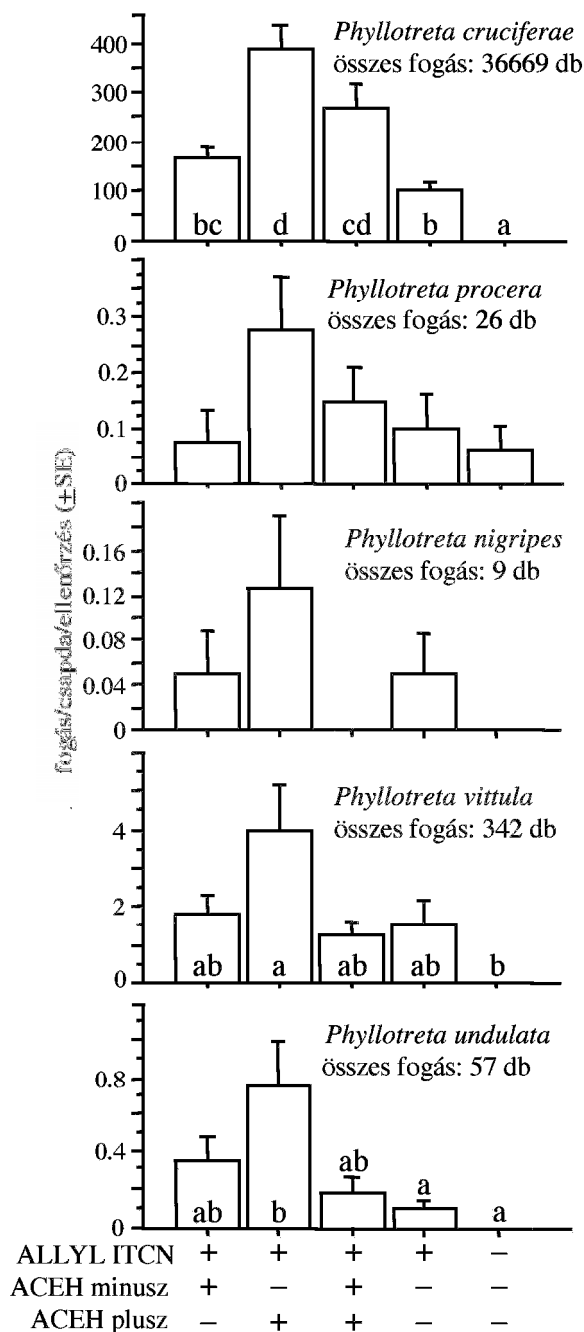
26. ábra. ALLYL ITCN-tal, valamint annak a (+)-“D” komponenssel, “A”, “C”, “E”, “H” (racém) vegyületekkel, illetve mind az öt komponenssel képzett kombinációival csalétkezett csapdáknak a káposztabolha fogásai, Tóth és mtsai (2005) nyomán. Csalétek összetétele: - = nincs, + = van. (A: 40. Kísérlet, B: 41. Kísérlet, lásd: 7. táblázat). Statisztika: lásd 19. és 24. ábra

Ebben a kísérletben a legtöbb muharbolhát az ALLYL ITCN-nak az ACDEH, valamint az “A”, “C”, “E”, “H” vegyületekkel képzett kombinációja csalogatta (26. ábra/B). Kisebb fogások voltak megfigyelhetőek a kizárólag ALLYL ITCN-tal csalétkezett csapdáknak. A kontroll, csalétek nélküli, valamint kizárólag az ACDEH vegyületekkel csalétkezett csapdák nem fogtak egyetlen muharbolha egyed sem (26. ábra/B).

Hasonló tendencia volt megfigyelhető a feketelábú földibolha esetében (26. ábra/B), bár nem volt szignifikáns különbség az ALLYL ITCN-ot önmagában, vagy annak a hím-specifikus vegyületekkel képzett valamilyen kombinációját tartalmazó kezelése csalogató hatása között. A kontroll, csalétek nélküli és az ACDEH vegyületekkel csalétkezett csapdák fogták a legkevesebbet ebből a fajból (26. ábra/B).

Későbbi kísérleteink során az “A”, “C”, “E”, “H” vegyületek tiszta enantiomerikus formáinak hatását vizsgáltuk. Kezeléseink között szerepelt az ALLYL ITCN önmagában, az ALLYL ITCN-nak az “A”, “C”, “E”, “H” komponensek (+) enantiomerikus formájával, (-) enantiomerikus formájával, illetve azok racém elegyével képzett kombinációja, valamint egy kontroll, csalétek nélküli kezelés (27. ábra).

Az ALLYL ITCN-nak az “A”, “C”, “E”, “H” vegyületek (+) enantiomerikus, valamint racém formájával képzett kombinációja hasonló vonzó hatást gyakorolt a közönséges káposztabolhára. Az ALLYL ITCN és az “A”, “C”, “E”, “H” vegyületek (-) enantiomerikus formáinak kombinációja nem különbözött vonzó hatásban a kizárólag ALLYL ITCN-ot tartalmazó kezeléstől (27. ábra).

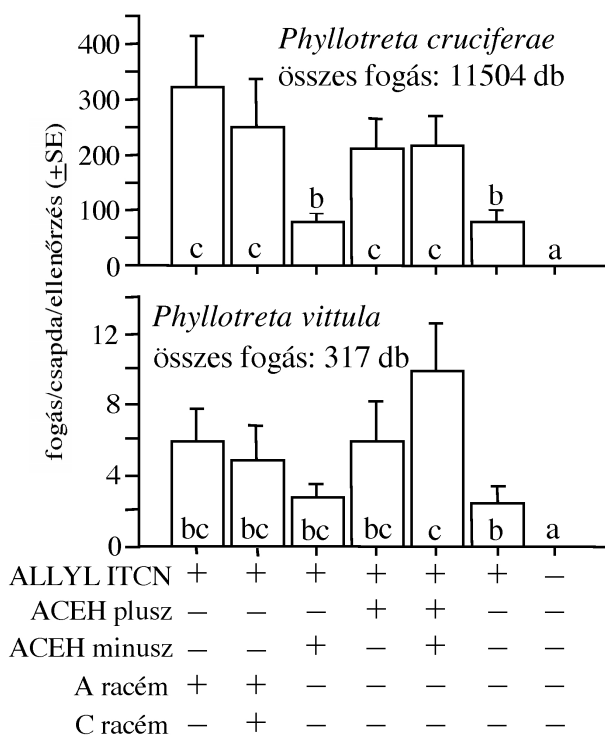


27. ábra. A kizárólag ALLYL ITCN-tal, valamint annak az “A”, “C”, “E”, “H” vegyületek (+), (-) enantiomerikus, vagy racém formáival képzett kombinációival csalétkezett csapdáknak a káposztabolha fogásai, Tóth és mtsai (2005) nyomán. Csalétek összetétele: - = nincs, + = van. (42. Kísérlet, lásd: 7. táblázat). Statisztika: lásd 19. és 24. ábra

Ebben a kísérletben kis számban számos más fajt is fogtak a csapdák (muharbolha, *Ph. procera*, feketelábú földibolha), de ezeknél egyetlen kezelés vonzó hatása sem különbözött szignifikánsan az ALLYL ITCN vonzó hatásától. Tendenciájában a legtöbb egyed minden fajtól az “A”, “C”, “E”, “H” vegyületek (+) enantiomerikus formájának és az ALLYL ITCN-nak a kombinációja csalogatta. A *Ph. procera* és a feketelábú káposztabolha esetében a kis számú fogások miatt statisztikai kiértékelést nem végeztünk. Az eredmények megerősítésre szorulnak. A csíkos káposztabolha esetében ez a kezelés szignifikánsan több egyed csalogott, mint az ALLYL ITCN önmagában (27. ábra).

Kísérletünk következő lépéseként részben a “C”, “E” és “H” vegyületeknek a keverékben játszott aktivitásbeli szerepét vizsgáltuk. Célunk volt továbbá az előző kísérletünk eredményeinek megerősítése, az enantiomerikus formák aktivitásának tekintetében.

Kezeléseink között szerepelt az ALLYL ITCN önmagában és az ALLYL ITCN “A”, “C”, “E”, “H” komponensek (+) enantiomerikus formájával, (–) enantiomerikus formájával, azok racém elegyével, egyedül az “A” komponenssel (racém), valamint “A” és a “C” komponenssel (racém) képzett kombinációja. A felsorolt kezelések mellett felállítottunk egy kontroll, csalétek nélküli kezelést is (28. ábra).



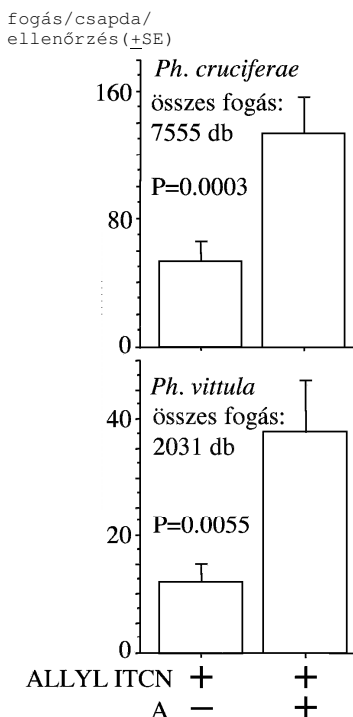
28. ábra. Kizárólag ALLYL ITCN-tal, valamint annak az “A”, “C”, “E”, “H” vegyületek (+), (–) enantiomerikus, vagy racém formáival, az “A”, “C” vegyületekkel (racém), vagy az “A” vegyülettel (racém) képzett kombinációival csalétezett csapdáknak a káposztabolha fogásai, Tóth és mtsai (2005) nyomán. Csalétek összetétele: – = nincs, + = van. (43. Kísérlet, lásd: 7. táblázat). Statisztika: lásd 19. és 24. ábra

A kísérletben több közönséges káposztabolhát csalogattak az ALLYL ITCN-nak az “A”, “C”, “E”, “H” vegyületek (+) enantiomerikus, valamint racém formájával képzett kombinációi, mint a (–) enantiomerikus formával képzett kombináció, vagy az ALLYL ITCN önmagában (28. ábra).

Az “A”, “C”, “E”, “H” keverék aktivitása nem csökkent az “E”, “H” és “C” komponensek elvételével, amely azt mutatja, hogy az “E”, “H”, “C” vegyületek funkciója feromon-komponensként minimális, vagy egyáltalán nincs szerepük a vonzó hatás kialakításában.

Kísérletünkben a közönséges káposztabolháéhoz hasonló tendenciát mutattak a muharbolha fogásai, azonban az egyetlen kezelés, amely több egyedet csalogatott, mint az ALLYL ITCN, egyedül az ALLYL ITCN és az “A”, “C”, “E”, “H” vegyületek (+) enantiomerikus formájának kombinációja volt (28. ábra).

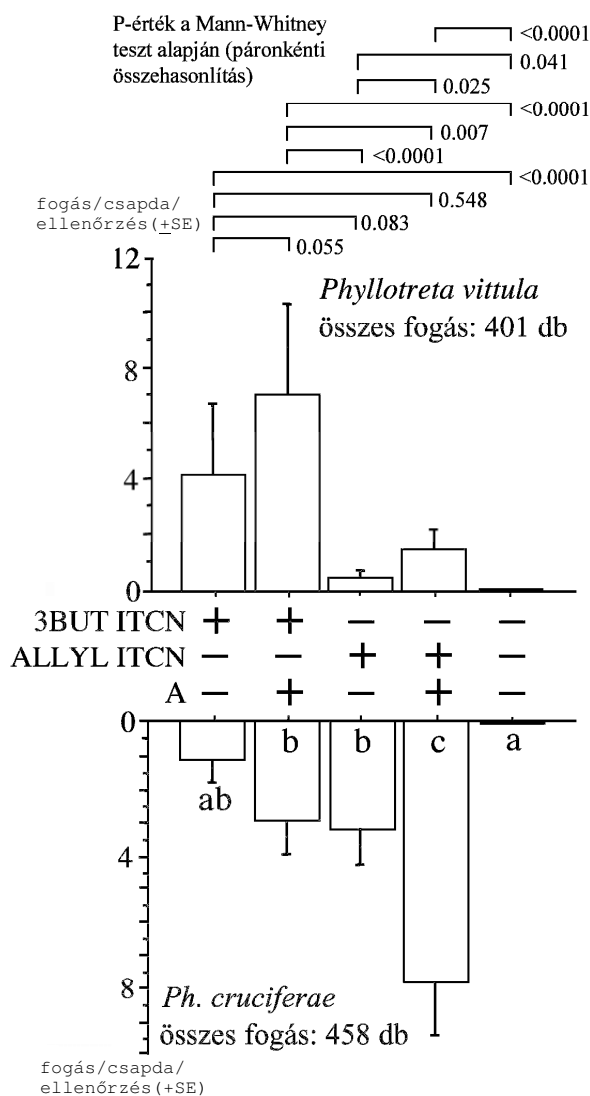
Későbbi kísérletünkben az “A” komponens vonzó hatását vizsgáltuk ALLYL ITCN jelenlétében (29. ábra). Kezeléseink között szerepelt az ALLYL ITCN, valamint az ALLYL ITCN-nek az “A” vegyülettel képzett kombinációja. A két vegyület kombinációja szignifikánsan több egyedre csalogatott, mint az ALLYL ITCN önmagában, mind a közönséges káposztabolha, mind a muharbolha esetében. Mindez megerősíti azt az előzetes feltételezést, amely szerint mindkét faj feromonjánál feltehetően az “A” komponens jelenti a kulcs-vegyületet (29. ábra).



29. ábra. A kizárólag ALLYL ITCN-tal, valamint az ALLYL ITCN-nek az “A” vegyülettel képzett kombinációjával csalétkezett csapdáknak a közönséges káposztabolha (*Phyllotreta cruciferae*) és muharbolha (*Phyllotreta vittula*) fogásai, Csonka és mtsai (2006) nyomán. Csalétek összetétele: – = nincs, + = van. (44. Kísérlet, lásd: 7. táblázat). Statisztika: lásd 15. ábra

4.2.2. A káposztabolhák feromonális és tápnövényvel kapcsolatos kémiai kommunikációja közti kölcsönhatások vizsgálatának eredményei

Ebben a kísérletben a közönséges káposztabolha és a muharbolha tápnövényvel kapcsolatos eltérő illatanyag-preferenciájának ismeretében kíváncsiak voltunk arra, hogy az “A” komponens vonzó hatása vajon hogy alakul abban az esetben, amennyiben 3BUT ITCN-tal, vagy ALLYL ITCN-tal kombinálva alkalmazzunk. Ebben a kísérletben kezelésként szerepelt a 3BUT ITCN és az ALLYL ITCN önmagában, valamint az “A” komponens jelenlétében és egy kontroll, csalétek nélküli kezelés (30. ábra).



30. ábra. A kizárólag ALLYL ITCN-tal, 3BUT ITCN-tal, valamint azoknak az “A” vegyülettel képzett kombinációival csalétezett csapdáknak a muharbolha (*Phyllotreta vittula*) és a közönséges káposztabolha (*Phyllotreta cruciferae*) fogásai, Csonka és mtsai (2006) nyomán. Csalétek összetétele: - = nincs, + = van. (45. Kísérlet, lásd: 7. táblázat). Statisztika: lásd 19. ábra

Kísérletünk megerősítette a közönséges káposztabolha és a muharbolha eltérő illatanyag-preferenciájával kapcsolatos korábbi (lásd: 4.1.2. fejezet) megfigyeléseinket. A muharbolhából a 3BUT ITCN, míg a közönséges káposztabolhából az ALLYL ITCN fogta a legtöbb egyedet. A muharbolhára az “A” komponens 3BUT ITCN-tal képzett, míg a közönséges káposztabolhára az “A” komponens ALLYL ITCN-tal képzett kombinációja gyakorolta a legszámottevőbb vonzó hatást. Ezek a kombinációk mindkét esetben szignifikánsan több egyedet csalogattak, mint a megfelelő növényi illatanyag önmagában (30. ábra).

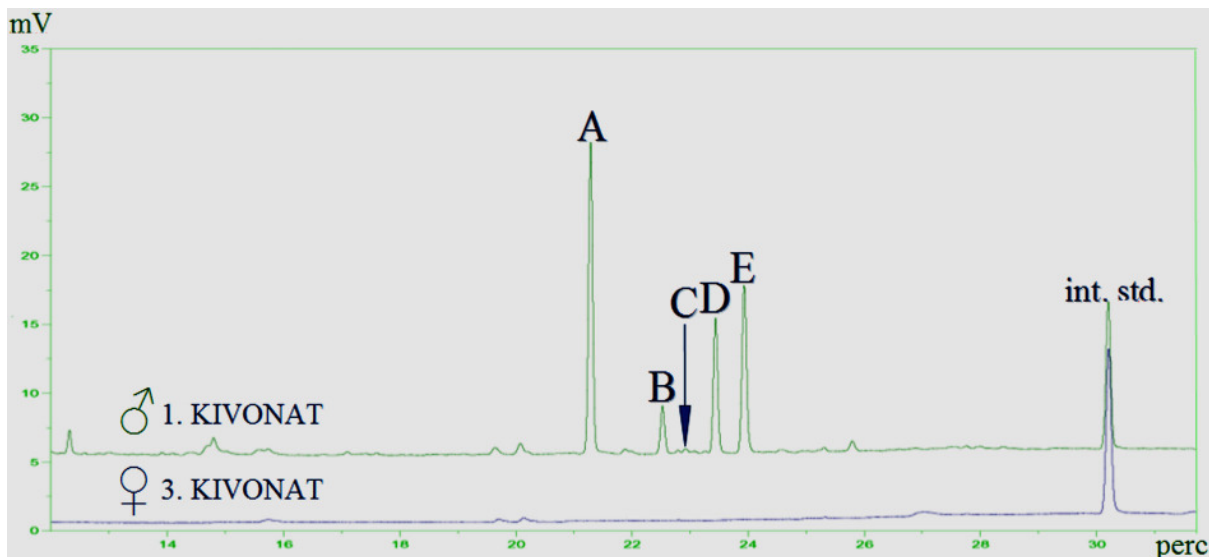
4.2.3. Európai káposztabolha fajok hím-specifikus vegyületeinek azonosítására irányuló kísérletek eredményei

Az előzetes szabadföldi csapdázások eredményei alapján ezekben a kísérleteinkben célunk volt megvizsgálni azt, hogy vajon a közönséges káposztabolha európai populációjának hím egyedei is termelik-e a Bartelt és mtsai (2001) által e faj amerikai populációjából azonosított “A”, “B”, “C”, “D”, “E” és “H” vegyületeket.

Kísérleteink további célja volt keresni a válasz arra a kérdésre, hogy vajon más, Európában előforduló káposztabolha fajok is kibocsátanak-e hasonló hím-specifikus vegyületeket. Vizsgálatunk alapját adta, hogy az “A”, “C”, “D”, “E”, “H” vegyületek keverékének szabadföldi aktivitását a közönséges káposztabolha mellett számos más, kártételi szempontból jelentős káposztabolha fajnál is kimutattuk (lásd 4.2.1. fejezet), amelyek feromonok segítségével történő kémiai kommunikációjáról nem állt rendelkezésre semmilyen előzetes ismeret.

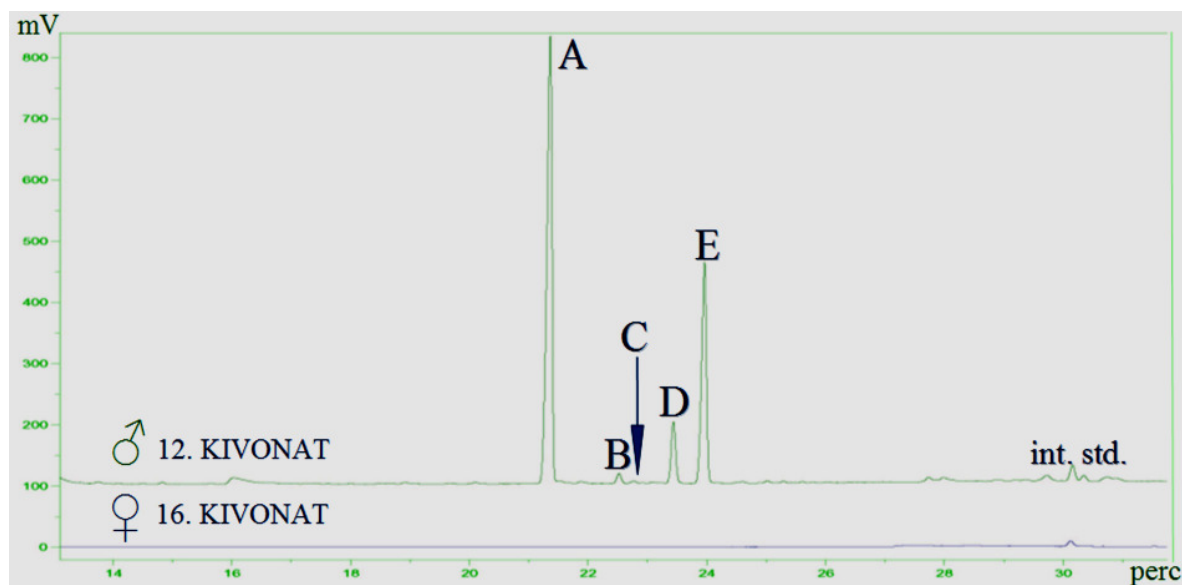
A közönséges káposztabolhánál a hím egyedek által kibocsátott illatanyagok gázkromatográfiás analízisének az “A”, “B”, “C”, “D”, “E” vegyületek retenciós idejéhez hasonló idejű csúcsokat észleltünk a szintetikus mintákkal történő összehasonlítás során (31. ábra). A csúcsok GC-MS vizsgálata – amelyet R. J. Bartelt laboratóriumában (USDA, ARS, Natl. Ctr. Agric. Util. Res., Peoria, USA) végeztek – igazolta a kivonatokban talált vegyületek azonosságát az “A”, “B”, “C”, “D” és “E” komponensekkel. Ezeket a vegyületeket elsőként sikerült kimutatnunk a közönséges káposztabolha európai populációjának hím egyedeiből (31. ábra, 3. melléklet).

A közönséges káposztabolha európai populációjának nőstény egyedeiből nyert kivonatában nem voltak jelen az “A”, “B”, “C”, “D”, “E” vegyületek (31. ábra), amelyből arra következtettünk, hogy ezeket a komponenseket kizárólag a hím ivar termeli.



31. ábra A közönséges káposztabolha (*Phyllotreta cruciferae*) nőstény (3. kivonat) és hím (1. kivonat) egyedei által kibocsátott illatanyagok kivonatának gázkromatográfiás összehasonlító analízise. A kivonatok adatait lásd: 8. táblázat. Internális standard: tetradekanil acetát (10 ng)

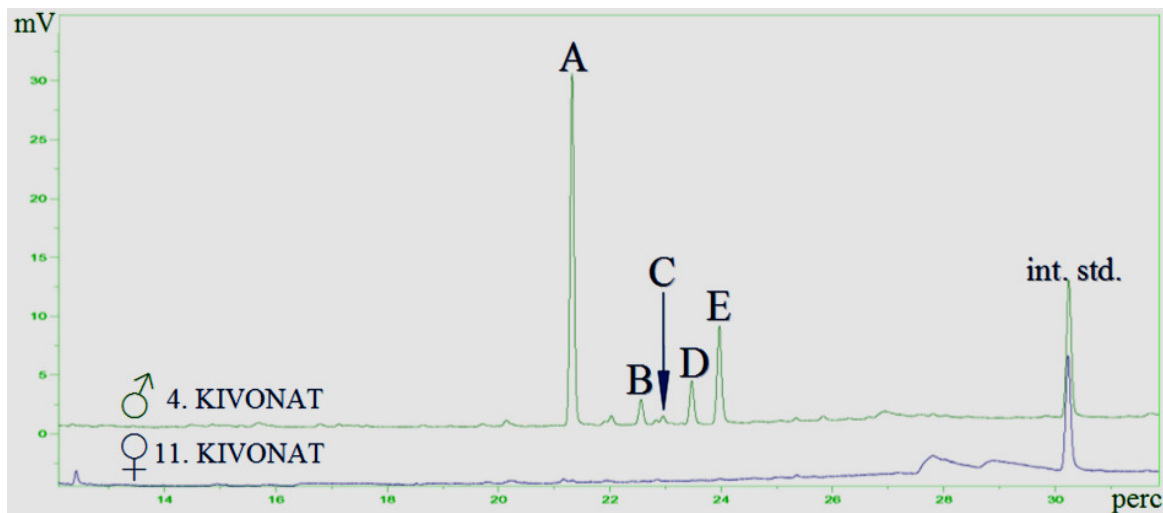
Kísérletünk következő lépéseként további négy káposztabolha fajnál: a feketelábú földibolhánál (32. ábra, 4. melléklet), a muharbolhánál (33. ábra, 5. melléklet), a nagy káposztabolhánál (34. ábra), illetve a csíkos káposztabolhánál (35. ábra) sikerült kimutatnunk, hogy hím egyedeik termelik az “A”, “B”, “C”, “D”, illetve “E” vegyületeket.



32. ábra A feketelábú földibolha (*Phyllotreta nigripes*) nőstény (16. kivonat) és hím (12. kivonat) egyedei által kibocsátott illatanyagok kivonatának gázkromatográfiás összehasonlító analízise. A kivonatok adatait lásd: 8. táblázat. Internális standard lásd: 31. ábra

A többi fajhoz képest messzemenően legnagyobb mennyiségben a feketelábú földibolha hím egyedei bocsátották ki az “A” vegyületet.

A csíkos káposztabolha hím egyedei rendkívül kis mennyiségben termelték a hím-specifikus vegyületeket. E faj hím egyedeinek gázkromatográfiás futásában olyan csúcsokat sikerült találnunk, amelynek retenciós ideje hasonló volt a közönséges káposztabolhából azonosított “A”, “D” és “E” vegyületek csúcaival (35. ábra).



33. ábra A muharbolha (*Phyllotreta vittula*) nőstény (11. kivonat) és hím (4. kivonat) egyedei által kibocsátott illatanyagok kivonatának gázkromatográfiás összehasonlító analízise. A kivonatok adatait lásd: 8. táblázat. Internális standard lásd: 31. ábra.

Érzékenyebb műszerekkel R. J. Bartelt és kutatócsoportja (USDA, ARS, Natl. Ctr. Agric. Util. Res., Peoria, USA) megállapították, hogy minden, az előző fajokból kimutatott hím-specifikus vegyület jelen van a mintában, tehát a csíkos káposztabolha szintén termeli az “A”, “B”, “C”, “D”, “E” vegyületeket.

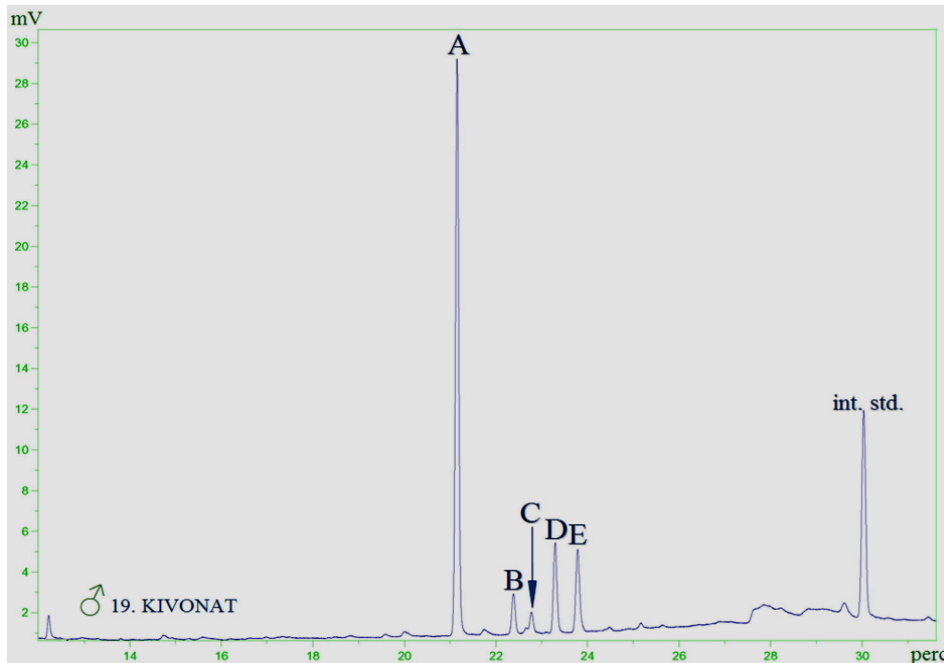
A közönséges káposztabolhánál tapasztaltakhoz hasonlóan az általunk vizsgált európai káposztabolha fajok közül sem a feketelábú földibolha (32. ábra), sem a muharbolha (33. ábra), sem a csíkos káposztabolha nőstény egyedeinek kivonataiban nem találtunk egyetlen, a fajok hím egyedeiből azonosított vegyületet sem. Mindebből arra következtettünk, hogy az “A”, “B”, “C”, “D”, “E” vegyületeket ezeknél a fajoknál is kizárólag a hím egyedek termelik.

A nagy káposztabolha esetében, begyűjtött nőstény egyedek hiányában, nem került sor ilyen irányú vizsgálatokra.

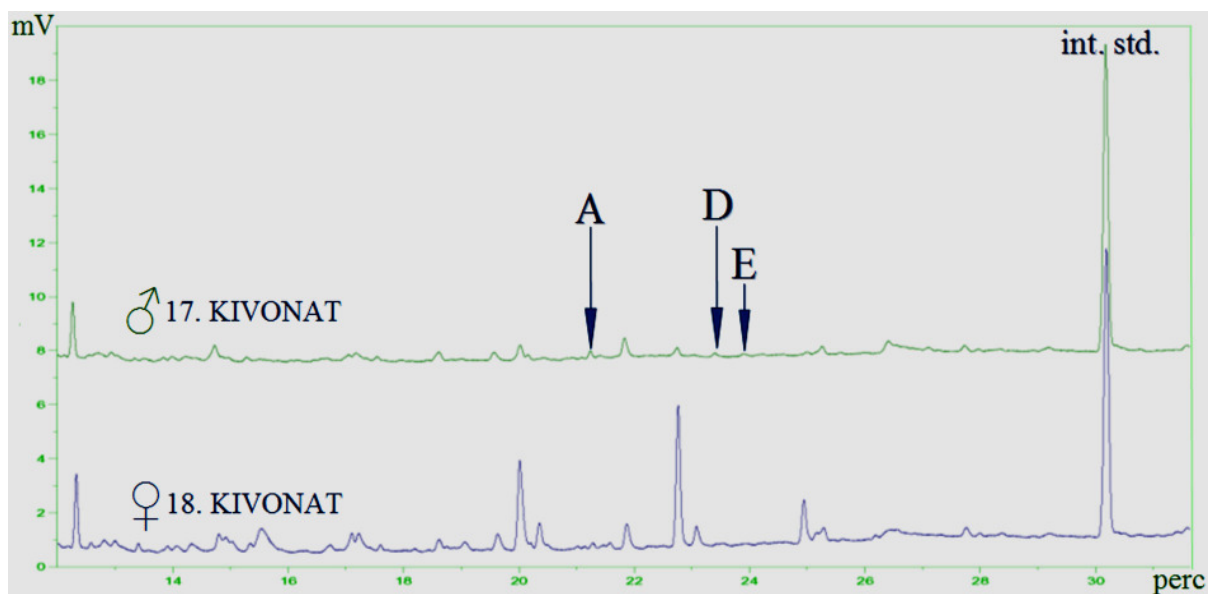
A 10. táblázatban az egyes káposztabolha fajok által termelt “B”, “C”, “D”, “E” komponensek mennyisége látható. Hogy láthassuk az egyes fajoknál a komponensek közti aránybeli különbségeket, minden fajnál “A” komponens kibocsátott mennyiségét 100%-nak vettünk és ehhez képest mutatjuk be az egyes komponensek százalékát.

Mind a négy, vizsgálatunk tárgyát képező káposztabolha faj hímje legnagyobb mennyiségben az “A” vegyületet bocsátotta ki.

A “B”, “C”, “D”, “E” vegyületeket közel hasonló arányban bocsátották ki a fajok, egyedül a közönséges káposztabolha termelte a “D” és az “E” vegyületet tendenciájában valamivel nagyobb arányban. A legkisebb mennyiségben minden vizsgált faj a “C” vegyületet termelte (10. táblázat).



34. ábra A nagy káposztabolha (*Phyllotreta nemorum*) hím egyedei által kibocsátott és levegőáramlásos eljárással zárt rendszerben („closed loop stripping”) összegyűjtött illatanyagok gázkromatográfiás analízise (gázkromatográfálás paramétereit, internális standardot lásd: 31. ábra, a kivonat adatait lásd: 8. táblázat)



35. ábra A csíkos káposztabolha (*Phyllotreta undulata*) nőstény (18. kivonat) és hím (17. kivonat) egyedei által kibocsátott illatanyagok kivonatának gázkromatográfiás összehasonlító analízise. A kivonatok adatait lásd: 8. táblázat. Internális standard lásd: 31. ábra

2005 során, a nyár végén, augusztus közepétől, szabadföldről begyűjtött közönséges káposztabolha, muharbolha, valamint feketelábú földibolha egyedeinek kivonatában nem tudtuk kimutatni a hím-specifikus vegyületeket. Kísérleteinkben több hetes, hosszú nappalos tartás mellett sem sikerült a vegyületek ismételt termelődését kimutatni egyetlen vizsgált fajnál sem.

10. táblázat A közönséges káposztabolha (*Phyllotreta cruciferae*), a muharbolha (*Phyllotreta vittula*), a feketelábú földibolha (*Phyllotreta nigripes*) és a nagy káposztabolha (*Phyllotreta nemorum*) hím egyedei által kibocsátott vegyületek aránya az "A" komponens százalékában. Az értékek a gázkromatogrammon, az egyes vegyületek által kiadott csúcsok területének összehasonlításából származnak. (SE=az átlagokhoz tartozó szórások, n = az analizált minták száma)

FAJ KOMPONENS	"A" KOMPONENS %-ÁBAN (ÁTLAG ± SE)				
	A	B	C	D	E
<i>Ph. cruciferae</i>	100+48.46 (n=4)	19+7.04 (n=4)	4.52 (n=1)	52.8+19.72 (n=4)	54.35+30.1 (n=4)
<i>Ph. vittula</i>	100+23.48 (n=6)	7.76+1.74 (n=6)	3.82+0.94 (n=3)	13.66+2.91 (n=6)	31.06+8.17 (n=6)
<i>Ph. nigripes</i>	100+38.57 (n=4)	1.8+0.63 (n=4)	0.5+0.15 (n=4)	11.21+3.9 (n=4)	33.09+13.7 (n=4)
<i>Ph. nemorum</i>	100 (n=1)	7.74 (n=1)	4.41 (n=1)	16.71 (n=1)	17.16 (n=1)

4.3. Káposztabolhák fogására alkalmas csapda-alakok összehasonlítására irányuló kísérletek eredményei

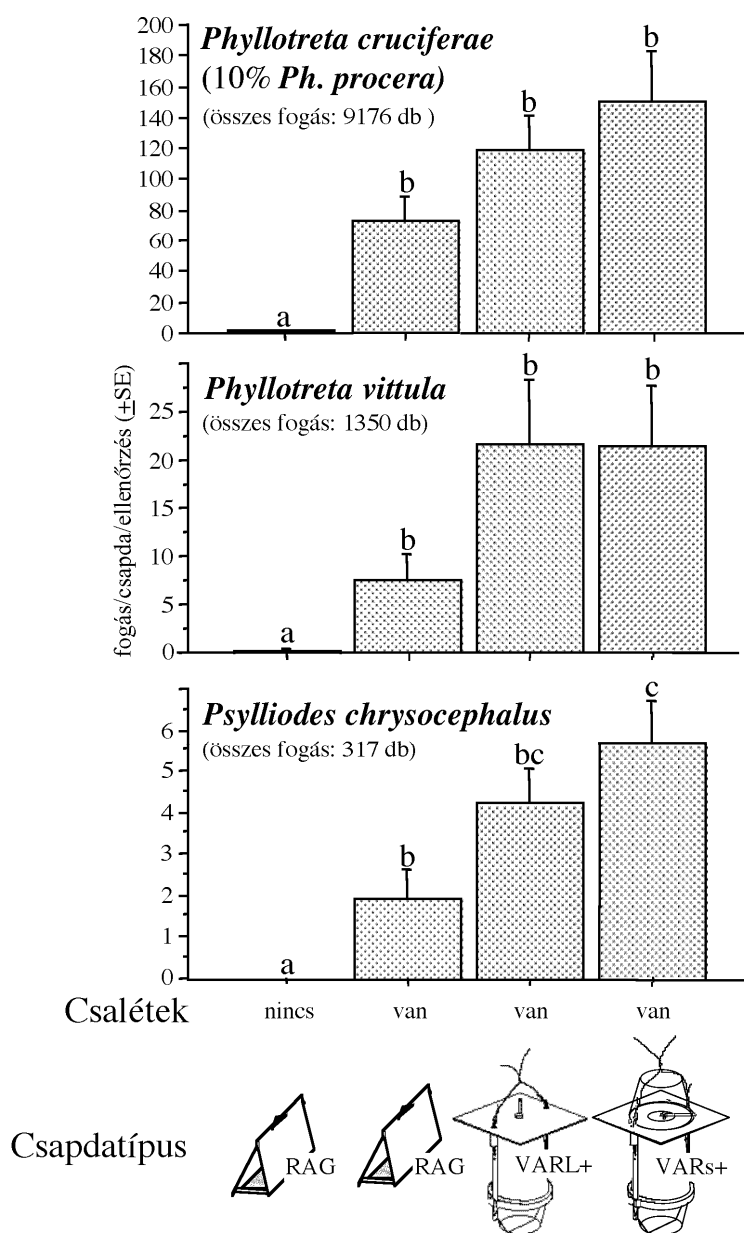
Megfelelő csalogatóanyag birtokában nagyban függ a fogási hatékonyság a csapda alakjától. Kísérleteink ezen irányvonala ezért arra irányult, hogy megtaláljuk azt a káposztabolhákat legnagyobb hatékonysággal fogó csapdatípust, amely a gyakorlatban, a káposztabolhák előrejelzésére nagy biztonsággal használható.

Miután a vizsgálatok szerves folytatását adják a diplomamunkámban már szereplő, előzetes kísérleteknek, az akkor még csak kezdeti eredményeket tartalmazó vizsgálatok is tárgyalásra kerültek ebben a dolgozatban, kiegészítve a PhD-munka kísérleteinek végső eredményeit.

Kezdeti csapda-alkalmassági kísérletünkben különböző csapdatípusok káposztabolha-fogásra való alkalmasságát vizsgálva kerestük azt a megfelelő érzékenységet, nagy

fogókapacitású csapatátípust, amely a káposztabolha fajokkal folytatandó későbbi kísérleteinkhez megfelelő lehet (36. ábra).

Kezdeti kísérleteinkben a fogott bogáranyagot szembetűnő morfológiai bélyegeik alapján 3 csoportra osztottuk. A csoportokból véletlenszerűen kiválasztott, több száz egyedet tartalmazó reprezentatív minták fajazonosítása során úgy találtuk, hogy az első csoport a közönséges káposztabolha egyedeit tartalmazta, mintegy 10%-nyi *Ph. procera* mellett. A második csoport megvizsgált egyedei a muharbolha fajhoz tartoztak. A harmadik csoport, melynek minden fogott egyedét megvizsgáltuk, nagy repcebolhának bizonyult.

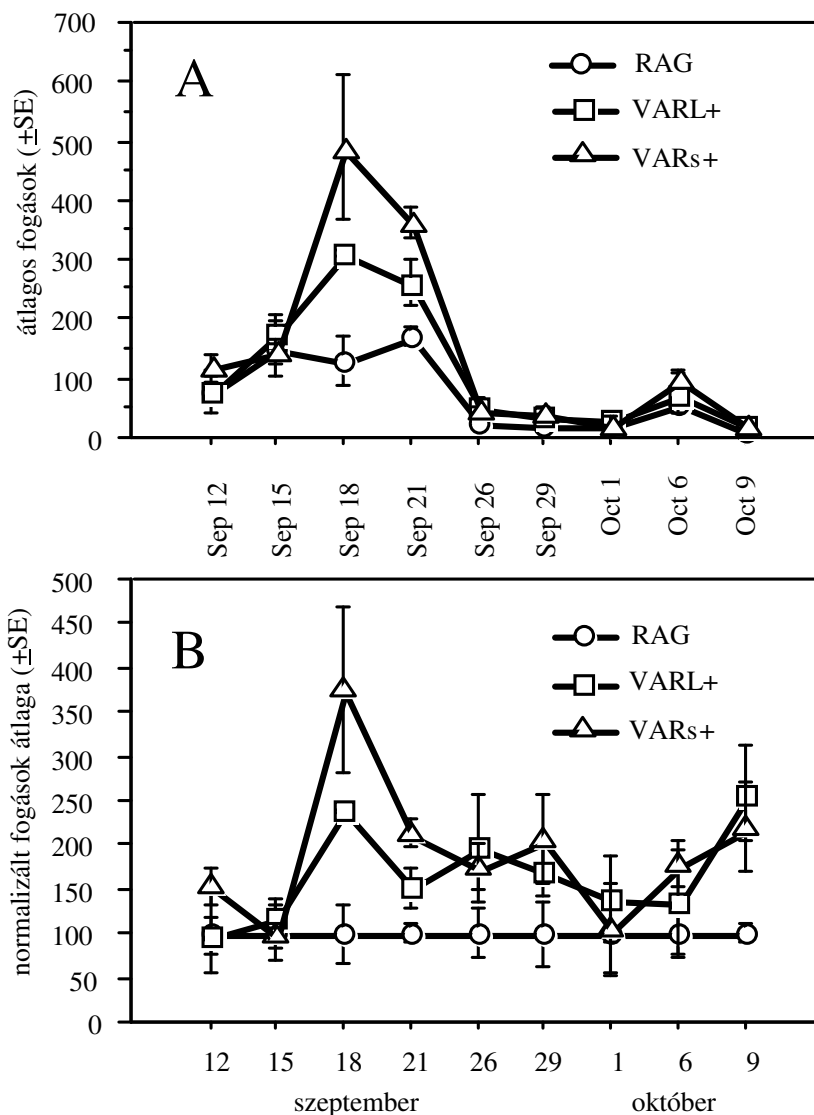


36. ábra A különböző csapatátípusok által fogott káposztabolha fajok, Tóth és mtsai (2004) nyomán. Csalétek: allil-izotiocianát. 46. Kísérlet (lásd: 7. táblázat). Statisztika: lásd 19. és 24. ábra

Mindegyik faj esetében a csalétkes RAG csapdák szignifikánsan több bogarat fogtak, mint a csalétek nélküliek, egyértelműen jelezve az ALLYL ITCN csalogató hatását (36. ábra).

A csalétekkel ellátott csapdatípusok átlagos fogásainak összehasonlítása során megállapítottuk, hogy bár a nem ragacos típusok általában számbelileg több bogarat fogtak, mint a ragacos csapdatípus, a különbség csak a repcebolha esetében, és a VARs+ típusnál volt szignifikáns (36. ábra). A varsás típusok fogásai között nem volt jelentős különbség.

Amikor az egyes ellenőrzési alkalmakkor mért fogásokat vizsgáltuk, azt tapasztaltuk, hogy a varsás szerkezetű VARs+, illetve VARL+ csapdatípusok fogása, szinte valamennyi ellenőrzéskor több volt, a RAG típusú csapdák fogásainál (37. ábra/A). Különösen szemléletesen látszott ez a tendencia, amikor a fogásokat a RAG típus fogásaira normalizálva vizsgáltuk (37. ábra/B).



37. ábra. A különböző csapdatípusok közönséges káposztabolha (*Phyllotreta cruciferae*) fogásainak időbeli lefutása, Tóth és mtsai (2004) nyomán. Csalétek: allil izotiocinát. 46. Kísérlet (lásd: 7. táblázat). A = fogások átlagai; B = a RAG csapda fogásaira normalizált fogások átlagai

Kísérletünk vizsgálataink eredményei arra utalnak, hogy a nem ragacsos csapdatípusok legalább olyan hatékonyan, ha nem hatékonyabban fogják a káposztabolhákat, mint a ragacsos típus. Mindezek alapján megállapítottuk, hogy a továbbiakban a káposztabolhákön végzendő kiterjedtebb, csalogatóanyagot kísérleteinkhez a fenti nem ragacsos csapdatípusok valamelyike megfelelő és biztonsággal használható. Ezt követő kísérleteinkben a VARL+ csapdat használunk különböző vegyületek szabadföldi vizsgálatához.

Csapdaalak-fejlesztési kutatásaink következő lépéseként egy szintén nem ragacsos, és eredetileg az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica v. virgifera*) (Coleoptera, Chrysomelidae) fogására kifejlesztett csapdat, a CSALOMON® KLP+ („kalap”) csapdatípust hasonlítottuk össze a VARL+ csapdatípussal.

A KLP+ csapdatípus káposztabolhák fogására való alkalmasságának kipróbálása azért tűnt érdemesnek, mert a kukoricabogárhoz hasonlóan a káposztabolhák is előszeretettel másznak fölfelé függőleges felületeken, és rendszertanilag is azonos családba, a levélbogarak családjába tartoznak. Feltételeztük továbbá, hogy a KLP+ csapda felmászólapjának sárga színe is előnyös lehet, hiszen régóta ismert, hogy a sárga szín a káposztabolhákra vonzó hatású (Vincent és Stewart, 1981; 1985; Laska és mtsai, 1986; Chen és Ko. 1994; Hung és Hwang, 2000; Andersen és mtsai, 2005; 2006).

A 2004 nyarán végzett előzetes kísérletek során a kihelyezett csapdák a közönséges káposztabolhát, a muharbolhát és a feketelábú földibolhát fogták nagyobb számban (38. ábra). Minden kísérletben és faj esetében számszerűleg többet fogtak a KLP+ csapdák, mint a VARL+ típusúak, és ez a különbség csak egyetlen esetben (közönséges káposztabolha - Ercsi) nem mutatkozott szignifikánsnak (38. ábra). Ezek a kezdeti eredmények arra utaltak, hogy a KLP+ csapda megfelelőbb lehet a káposztabolhák fogására, mint a VARL+ csapdatípus.

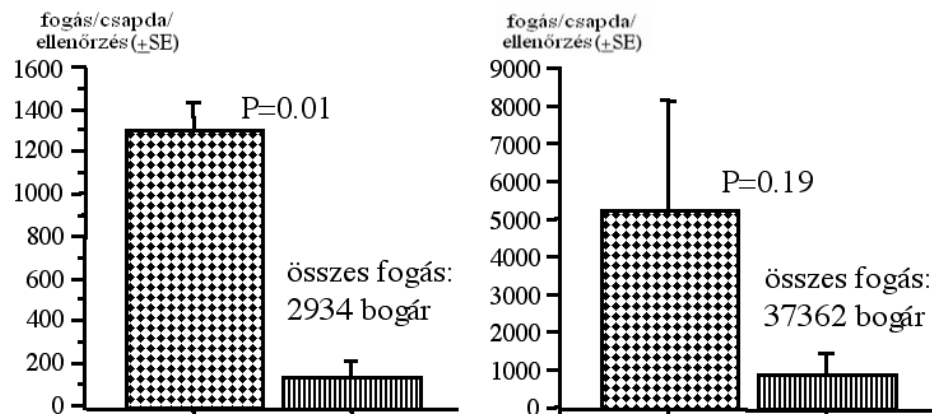
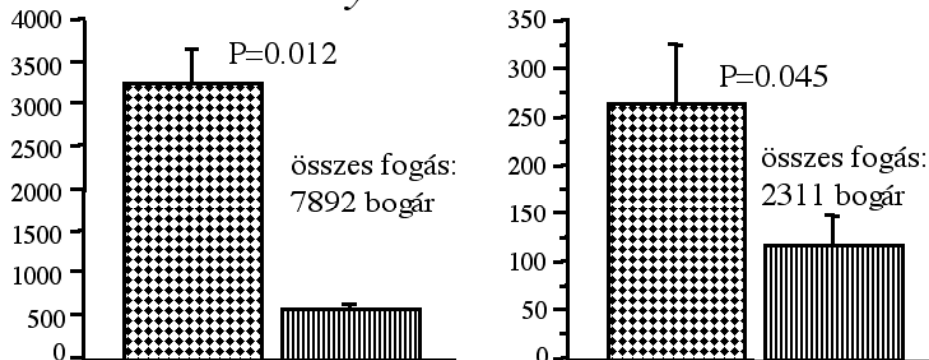
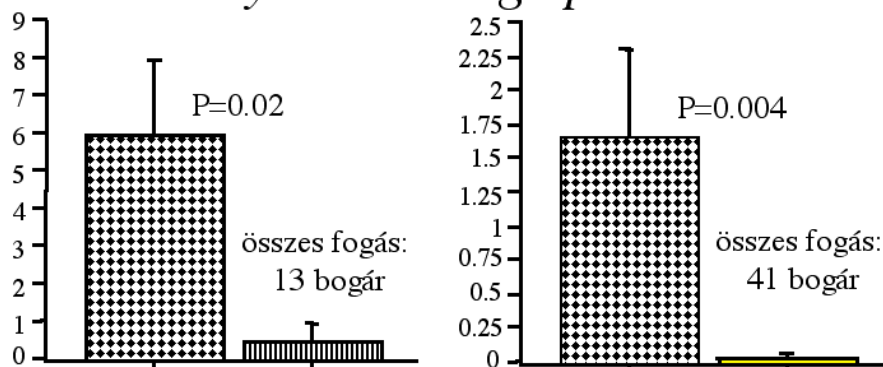
A 2005-ben Pusztazámoron, teljes tenyészidőszakon át folytatott vizsgálatunkban az előzetes kísérletekben fogott három faj mellett csapdáink a káposztabolha fajokkal közel rokon repcebolhából is fogtak értékelhető számban. Ebben a kísérletben — megerősítve kezdeti eredményeinket — az összes befogott faj esetében a KLP+ csapdák átlagosan szignifikánsan többet fogtak, mint a VARL+ csapdatípus (9. táblázat).

Amikor az egyes ellenőrzési dátumokon mért fogásokat vizsgáltuk, azt tapasztaltuk, hogy a KLP+ csapdák fogásai szinte minden ellenőrzési dátumon a VARL+ csapdák fogásai fölött húzódtak, a legnagyobb számban fogott mindhárom faj esetében (39. ábra).

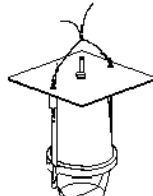
Az ábrán tisztán kirajzolódik a telelést követően, április elején megjelenő imágók rajzásának kezdete (39. ábra).

DUNAFÖLDVÁR

ERCSI

Phyllotreta cruciferae*Phyllotreta vittula**Phyllotreta nigripes*

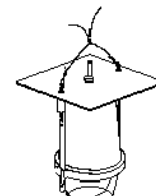
KLP+



VARL+



KLP+



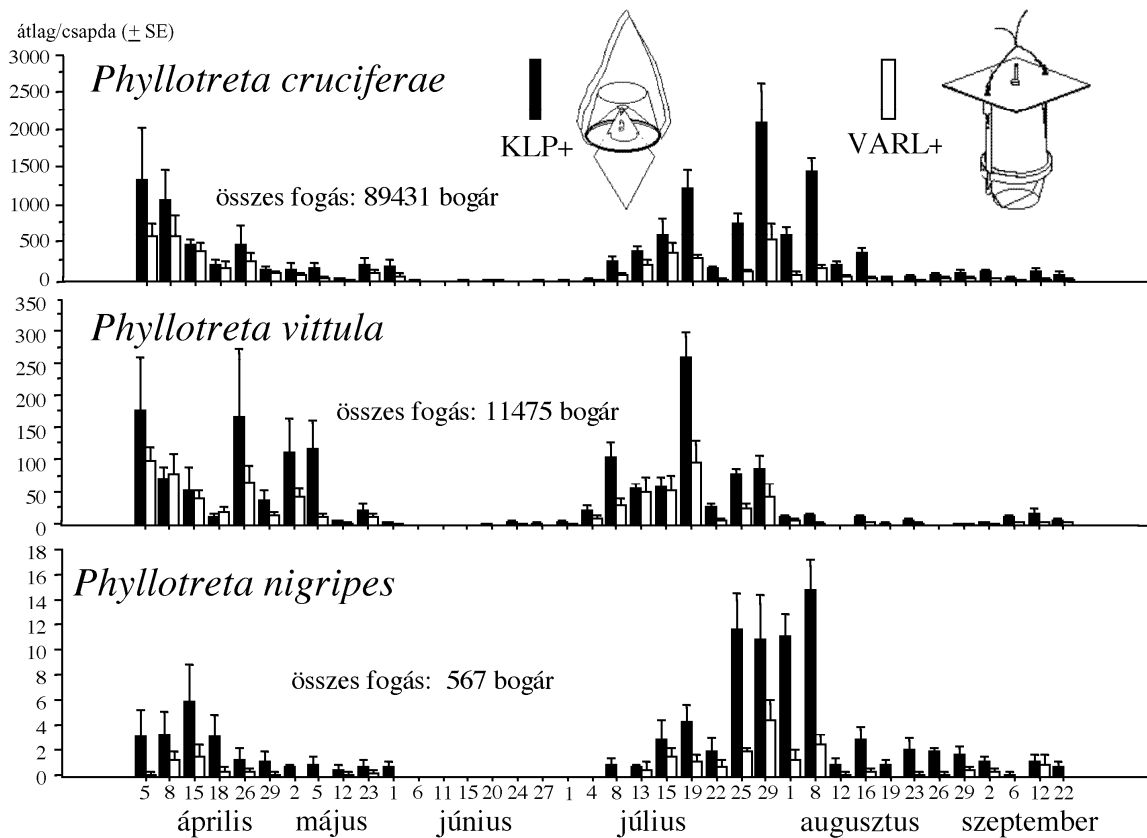
VARL+

38. ábra. A KLP+ és a VARL+ csapdatípusok által fogott káposztabolha fajok átlagos fogásai két kísérleti helyszínen, Csonka és Tóth (2006) nyomán. Dunaföldvár (47. Kísérlet); Ercsi (48. Kísérlet) (lásd: 7. táblázat) Csalétek: allil-izotiocianát. P-érték a t-próba alapján. Statisztika: lásd 15. ábra.

9. táblázat. A KLP+ és VARL+ csapatátípusok által fogott káposztabolha fajok 2005-ben. Csalétek: allil-izotiocianát. 49. Kísérlet (lásd. 7. táblázat). P-érték a t-próba alapján

Faj	KLP+	VARL+	P-érték	Összes fogás
	átlagos fogás/csapda/ellenőrzés (\pm SE)			
<i>Phyllotreta cruciferae</i>	354 \pm 43.3	129.9 \pm 16.8	<0.0001	89431
<i>Phyllotreta vittula</i>	41.6 \pm 5.8	20.4 \pm 2.7	0.0003	11475
<i>Phyllotreta nigripes</i>	2.47 \pm 0.3	0.6 \pm 0.1	<0.0001	567
<i>Psylliodes chrysocephalus</i>	0.2 \pm 0.05	0.03 \pm 0.01	0.0048	35

A párzás és a tojások lerakásának időszaka (Vig, 1998a, 1998b) után, a május és június köz é es ő periódusban az egyedszám folyamatosan csökkent (39. ábra).



39. ábra. A KLP+ és VARL+ csapatátípusok által fogott káposztabolha fajok fogásának időbeli lefutása a tenyészidő során, Csonka és Tóth (2006) nyomán. Csalétek: allil-izotiocianát. 49. Kísérlet (lásd. 7. táblázat)

A lárvák gyökereken való kifejlődését követően jelenik meg júliustól az egészen szeptemberig jelen levő, majd telelésre vonuló nyári populáció, amit esetünkben a július elején újra kezdődő fogások jeleztek. Az egyes káposztabolha fajok megjelenésének időpontjában 1-2 hetes eltérés is megfigyelhető volt (39. *ábra*).

Eredményeink arra mutatnak, hogy a KLP+ csapdatípus mind érzékenységben, mind az összes fogott bogármennyiség szempontjából jobban megfelel a káposztabolhák fogására, mint a VARL+ csapdatípus.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

5.1. A káposztabolhák és tápnövényeik közti kommunikáció vizsgálata

5.1.1. Az ALLYL ITCN által csalogatott káposztabolha fajspektrum

Az ALLYL ITCN vonzó hatásának megléte mindössze néhány káposztabolha fajnál volt jelen kísérleteinket megelőzően ismert, többnyire amerikai kutatók írásaiból. Ezek a fajok az Európában és Észak-Amerikában is előforduló közönséges káposztabolha (Görnitz, 1953; Feeny és mtsai, 1970; Vincent és Stewart, 1984) és kis káposztabolha (Pivnick és mtsai, 1992), valamint a kizárólag Észak-Amerikában őshonos a *Phyllotreta pusilla* (Pivnick és mtsai, 1992) és *Phyllotreta bipustulata* Fabricius (Vincent és Stewart, 1984) fajok voltak.

Az ALLYL ITCN vonzó hatásának vizsgálatára irányuló kísérletünkben legnagyobb egyedszámban a közönséges káposztabolhát fogták csapdáink. Ez az eredmény megerősíti azokat a korábbi irodalmi adatokat, melyeket Európa más részein, ill. Kanadában honos közönséges káposztabolha populációknál írtak le (Görnitz, 1956; Matsumoto, 1970; Feeny és mtsai, 1970; Vincent és Stewart 1984; Pivnick és mtsai 1992). A vonzó hatás meglétének jelentősége a közönséges káposztabolhánál, hogy e faj hazánkban egyike a legfontosabb kártevő káposztabolháknak (Kaszab, 1962; Vig, 2003/a), de Észak-Amerikában okozott kártétele is számottevő (Burgess, 1977; Lamb és Turnock, 1982; Turnock és Turnbull, 1994; Knodel és Olson, 2002; Andersen és mtsai, 2006), így megbízható előrejelzési módszerének kifejlesztése gyakorlati szempontból jelentős. Számos termesztett keresztesvirágú növényen okoz károkat, így a fejeskáposztán, repce fajokon, fehér mustáron, karalábén, kelkáposztán (*Brassica bullata* DC.) és brokkolin (*Brassica cretica* Lam. convar. *cymosa* Plenck) (Sáringer, 1990; Vig, 1992; Balázs és mtsai, 1998; Spilák és mtsai, 1998; Vörös és Garamvölgyi, 1998). A közönséges káposztabolha számos növényi kórokozó vektora is (Markham és Smith, 1949; Dillard és mtsai, 1998; Stobbs és mtsai, 1998).

A muharbolhánál ALLYL ITCN kísérleteinkben igazolt csalogató hatásának meglétére korábbi irodalmi adatot nem találtunk. Az ALLYL ITCN előrejelzésre való felhasználhatóságának lehetősége ennél a fajnál is jelentős, hiszen a muharbolha szintén fontos kártevő káposztabolha faj, amely nemcsak keresztesvirágú növényeken, hanem olyan egyszikű termesztett fajokon is károsít, mint a tavaszi és őszi búza tavaszi árpa, őszi rozs, zab, kukorica, muhar fajok és a tarackbúza (Nagy és Deseő, 1969; Vig, 1996/b; 1998/b; Szeőke, 1997). Jól ismert vektora a brome mosaic vírusnak (Ryden, 1989).

Egy másik faj, amelynél igazoltuk az ALLYL ITCN vonzó hatását kísérleteink során, a csíkos káposztabolha volt. Néhány korábbi közleményben olvasható, hogy ennek a káposztabolha fajnak a fogására ALLYL ITCN-tal csalétkezett csapdát használtak fel (Foster, 1984; Liblikas és mtsai, 2003). Olyan kísérlet azonban, amelyben az ALLYL ITCN-tal csalétkezett csapda fogóképessége a kontroll, csalétek nélküli csapdáéval került volna összehasonlításra, előttünk senki nem végzett. Liblikas és mtsai (2003) leírták, hogy egyes izotio- és tiocianátok nagyobb vonzó hatást gyakoroltak a csíkos káposztabolhára, mint az ALLYL ITCN, de megfigyeléseiket statisztikailag nem támasztották alá, így eredményeik nehezen értékelhetőek. A csíkos káposztabolha a jelentős kártevő káposztabolha fajok közé tartozik (Kaszab, 1962; Sáringer, 1990; Vig, 1992; Vörös és Garamvölgyi, 1998) és a turnip yellow mosaic vírus vektoraként ismert (Markham és Smith, 1949). Kártételi szerepéből következik, hogy faj ALLYL ITCN-tal való megfigyelhetősége gyakorlati szempontból szintén számottevő jelentőségű.

Elsőként sikerült igazolnunk az ALLYL ITCN vonzó hatásának meglétét, a Nyugat-Európában a fejeskáposzta gyakori, fontos kártevőjeként számontartott feketelábú földibolha esetében (Kaszab, 1962; Sáringer, 1990), valamint a fekete káposztabolhánál. Ez utóbbi faj a termesztett keresztesvirágú növények igen jelentős kártevője Európában (Kaszab, 1962; Sáringer, 1990; Vig, 1992; Balázs és mtsai, 1998; Spilák és mtsai, 1998; Vörös és Garamvölgyi, 1998), amelynek előrejelzése az ALLYL ITCN segítségével immáron szintén lehetőség nyílik.

A kísérleteinkben az ALLYL ITCN által vonzott káposztabolha fajspektrumból a *Ph. balcanica* ritka fajnak tekinthető az európai régióban. Tápnövényei a *Sinapis*, *Rorippa* és *Diplotaxis* nemzetségből kerülnek ki (Gruev és Tomov, 1986).

A *Ph. nodicornis* a *Rezeda* nemzetség fajain károsít (Kaszab, 1962).

A *Ph. diademata* gyakran fordul elő kaszálókon, réteken és a *Nestia*, *Rorippa* nemzetség fajain él (Kaszab, 1962), de a kínai kelről (*Brassica pekinensis*, Rupr.) is leírták (Gruev és Tomov, 1986).

A *Ph. ochripes* tápnövényei az *Alliaria officinalis* Andrz. (Kaszab, 1962) és a kínai kel (Gruev és Tomov, 1986), míg a *Ph. procera* többnyire *Rezeda* fajokon károsít (Kaszab, 1962).

Kísérleteinkben az ALLYL ITCN által csalogatott repcebolha esetében Blight és mtsai (1989) korábban már leírták, hogy egyes izotiocianátok ennek a fajnak a csápján ingerületet váltanak ki. A vegyületek szabadföldi csalogató hatásával kapcsolatban nem találtunk adatot az irodalomban erre a fajra nézve.

A közel rokon *Psylliodes punctulatus* Melsh. esetében az ALLYL ITCN vonzó hatásának megléte észak-amerikai irodalomból korábbról ismert (Vincent és Stewart, 1984).

A repcebolha a téli olajrepce (*Brassica napus* L.) és a mustár fajok jelentős kártevője (Graham és Alford, 1981; Sáringer, 1990; Winfield, 1992; Lane és mtsai, 1995; Vig, 2003/b).

Az ALLYL ITCN által csalogatott káposztabolha-fajspektrumra irányuló vizsgálatainkat összefoglalva tehát elmondható, hogy kísérleteinkben 11 káposztabolha fajt fogtunk az ALLYL ITCN-tal csalétkezett csapdákban. Csapdázásaink során 10 káposztabolha faj esetében elsőként mutattuk ki az ALLYL ITCN szignifikáns vonzó hatásának meglétét. A fogott fajok közül hat faj, a közönséges káposztabolha, a fekete káposztabolha, a feketelábú földibolha, a muharbolha, a csíkos káposztabolha és a repcebolha fontos mezőgazdasági kártevőnek számít (Kaszab, 1962).

A többi fogott káposztabolha faj ritkább előfordulású, vagy kisebb jelentőségű (*Ph. balcanica*, *Ph. diademata*), vagy tápnövény köre szűkebbnek tekinthető. Így a *Ph. ochripes* *Alliaria officinalis*-on, míg a *Ph. procera* főként *Rezeda* fajokon károsít (Kaszab, 1962).

Az eredmények azt mutatják, hogy az ALLYL ITCN megfelelő csalétek lehet a káposztabolhák érzékelésére és rajzásuk nyomkövetésére. Előzetes magyarországi eredmények azt mutatják, hogy az ALLYL ITCN-tal csalétkezett csapdák káposztabolha fogásai egyeznek a fajok összetételében más mintavételi módszerek eredményeivel egy adott kísérleti területre vonatkoztatva (Benedek és mtsai, 2004).

A gyakorlatban, a termesztő által végzett előrejelzés során az ALLYL ITCN által csalogatott káposztabolhák fajok szerinti elkülönítése nem szükséges, ugyanis a fajok a termesztett keresztesvirágú növényeket együttesen, vegyes populációban károsítják.

Érdekes, hogy a kis káposztabolhát, egy másik Európában és Amerikában is előforduló fajt, amelynél számos irodalmi forrásból ismert az ALLYL ITCN vonzó hatásának megléte (Görnitz, 1956; Feeny és mtsai, 1970; Vincent és Stewart, 1984; Pivnick és mtsai, 1992), nem fogtuk ebben a kísérlet-sorozatban. Ez a faj hegy- és dombvidékeken előforduló, hazánkban nem túl gyakori (Kaszab, 1962; Sáringer, 1990), míg Amerikában kártételi jelentősége rendkívül számottevő napjainkban is (Knodel és Olson, 2002; Vig, 2003/a).

Nem ismert az ALLYL ITCN-hoz való viszonya a nagy káposztabolhának (*Phyllotreta nemorum* L.) sem, amely hazánkban gyakori, de nem jelentős kártevője a termesztett keresztesvirágú növényeknek (Kaszab, 1962; Sáringer, 1990).

5.1.2. Különböző izotio- és tiocianátok káposztabolha fajokra gyakorolt relatív vonzóképesége

A káposztabolhák kémiai kommunikációjáról szóló irodalmak a táplálkozási attraktánsok vonatkozásában főként az ALLYL ITCN-tal kapcsolatos vizsgálatokról írnak. Az erre vonatkozó irodalom rendkívül gazdag (Görnitz, 1956; Feeny, 1970; Vincent és Stewart, 1984;

Blight és mtsai, 1989; Pivnick és mtsai, 1992). Az egyéb izotiocianátokról és tiocianátokról szóló irodalomban a vegyületek többségénél nem mutattak ki számottevő hatékonyságot (Matsumoto, 1970; Blight és mtsai, 1989; Pivnick és mtsai, 1992; Liblikas és mtsai, 2003). Az általunk vizsgált vegyületek közül a BUT ITCN szerepelt más kutatók kísérleteiben. Ezt a vegyületet Matsumoto (1970) vonzó hatásúnak találta a közönséges káposztabolhákra. Pivnick és mtsai (1992) kísérletében a BUT ITCN sem a kis káposztabolhából, sem a közönséges káposztabolhából nem vonzott szignifikánsan több egyed a csalétek nélküli kontroll kezelésnél. A két kezelés fogása között csak a két faj fogásainak összegzése esetén mutatkozott szignifikáns különbség (Pivnick és mtsai, 1992). A BUT ITCN vonzó hatása messze elmaradt a legnagyobb vonzóképeségű ALLYL ITCN hatékonyságától (Pivnick és mtsai, 1992). Saját kísérleteinkben a BUT ITCN inaktívnak bizonyult vonzó hatás tekintetében.

Liblikas és mtsai (2003) számos izotio- és tiocianát káposztabolha fajokra gyakorolt vonzó hatását írták le, azonban eredményeiket statisztikailag nem támasztották alá, így azok nehezen értelmezhetőek.

Az egyes káposztabolha fajok eltérő illatanyag-preferenciájának ismeretében egy olyan, optimális izotiocianát-kombináció kifejlesztésére adódhat lehetőség, amely a gyakorlatban mindkét, a fentiekben tárgyalt káposztabolha fajt nagy hatékonysággal csalogatja.

5.2. A káposztabolhák feromonok segítségével történő kémiai kommunikációja

5.2.1. A közönséges káposztabolhából azonosított hím-specifikus vegyületek szabadföldi aktivitása

Jelen szabadföldi kísérlet-sorozatunkban megállapítottuk, hogy bár az ACDEH komponensek keveréke önmagában csekély vonzó hatással bír a közönséges káposztabolhára, azonban a keresztesvirágú növényekből felszabaduló táplálkozási attraktáns, az ALLYL ITCN jelenlétében annak vonzó hatását szinergikusan növeli. Eredményeink megerősítik az észak-amerikai megfigyelések eredményeit (Soroka és mtsai, 2005), amely arra utal, hogy a közönséges káposztabolha európai és észak-amerikai populációjának feromon-szerkezete feltehetően azonos.

A fentiek alapján a *Phyllotreta* nemzetséget is azon bogárcsoportok közé sorolhatjuk, amelyek kémiai kommunikációjában a feromon és a tápnövényből származó illatanyag között kapcsolat áll fenn, amely feltehetően a válaszreakcióra hat.

A káposztabolhánál általunk kimutatott speciális kémiai kommunikációs kapcsolat már más fajoknál is ismert előzetes irodalmi adatokból. Számos olyan példa van a rovarvilágban, ahol a növényi illatanyag vonzó hatását a feromon jelenléte szinergetikusan növeli.

Jól ismert példa a *Melolontha* nemzetség (Coleoptera, Scarabaeidae) hím egyedeinek viselkedése, amelyekre vonzó hatásúak az olyan zöld levélből felszabaduló illatanyagok, amelyen épp nőstény egyedek károsítanak (Ruther és mtsai, 2000; 2002). A zöld levélből felszabaduló illatanyagok önmagukban kis mértékű vonzó hatást mutatnak (Imrei és Tóth, 2002; Reinecke és mtsai, 2002/b). A vonzó hatás szinergetikusan nő a zöld levélből felszabaduló illatanyagok és a benzokinon, vagy toluकिनon feromon-komponens jelenlétében (Reinecke és mtsai, 2002/a; Ruther és Hilker, 2003). A kinonok önmagukban nem mutatnak aktivitást. Hasonló a helyzet az *Oryctes elegans* Prell. (Coleoptera, Scarabaeidae) nevű orrszarvúbogár fajnál, amelynél a fő aggregációs feromon-komponens önmagában csekély aktivitást mutat, azonban növényi illatanyag jelenlétében annak vonzó hatását szinergistaként megnöveli (Rochat és mtsai, 2004).

Hasonló erős szinergista hatás figyelhető meg a feromon és a tápnövény illatanyagának kapcsolatában számos *Rhynchophorus* (Coleoptera, Curculionidae) nemzetségbe tartozó ormányosbogár (Jaffé és mtsai, 1993; Giblin-Davis és mtsai, 1994; Oehlschlager és mtsai, 1995; Rochat és mtsai, 1995) és *Carpophilus* (Coleoptera, Nitidulidae) nemzetségbe tartozó fénybogár fajnál (Bartelt, 1999).

Világszinten elsőként állapítottuk meg, hogy a közönséges káposztabolha hímjei által termelt komponensek biológiai aktivitása a vegyületek kiralitásától függ, és az aktivitás a (+) enantiomerikus formához kötődik. A (-) enantiomerikus forma nem rendelkezik gátló hatással, így a vegyületek racém elegye szabadföldi kísérletekben csalétekként felhasználható.

Szabadföldi kísérleteinkben elsőként mutattuk ki, hogy a "C", "D", "E" és "H" vegyületeknek nincs nyilvánvaló biológiai aktivitása. Az (+)-"A" komponens [(6*R*,7*S*)-2,2,6,10-tetrametilbicyclo[5.4.0.]undeka-9,11-dién] volt az egyetlen hím-specifikus komponens, amelynél a feromon-funkciót egyértelműen kimutattuk kísérleteinkben a közönséges káposztabolhánál.

A szabadföldi kísérleteink eredményeit alátámasztja az az amerikai, társszerzőink által GC-EAD-módszerrel végzett elektrofiziológiai megfigyelés, amely szerint a közönséges káposztabolha csápja a legintenzívebben az "A" komponensre reagált (Tóth és mtsai, 2005). A "C" és a "H" komponens kis mértékű válasz-reakciót váltott ki. A "B", "D" és "E" komponensekre nem volt csáp-válasz megfigyelhető.

A muharbolha a közönséges káposztabolháéhoz hasonló válasz-reakciókat adott az egyes vegyület-kombinációk, valamint a tiszta enantiomerikus formák és kizárólag az "A" komponens kipróbálása során. Mindez arra utal, hogy az "A" komponens játszhat fontos szerepet ennek a fajnak a kémiai kommunikációjában is. A muharbolha kártételi jelentősége számottevő Európában (Kaszab, 1962; Jourdeuil, 1966; Vig, 1996/b), így kémiai kommunikációjának részletesebb ismerete gyakorlati szempontból rendkívül hasznos lehet.

Egyéb káposztabolha fajokat kis számban fogtak a kísérletek során a csapdák, azonban a fogások hasonló mintázatot mutattak, mint a közönséges káposztabolhánál és a muharbolhánál. Ez arra utal, hogy a közönséges káposztabolhából kimutatott hím-specifikus komponensek széles körben előfordulhatnak a *Phyllotreta* nemzetségen belül.

A csipkézőbarkó fajoknál (*Sitona spp.*) ismert, hogy kora tavasszal válaszolnak az aggregációs feromonra, míg a nyári új nemzedék már nem válaszol (Blight és mtsai, 1991).

A káposztabolha fajoknál mind a tavasszal, telelésből előjövő, mind a nyáron, frissen kifejlődött, valamint az ősszel, telelésre készülő egyedekre vonzó hatást gyakorolt az "A" komponens. Valószínű tehát, hogy a káposztabolha fajok aggregációs feromonra adott válaszában, az év folyamán nem tapasztalhatóak nagy különbségek.

Kutatásunk új adatokat szolgáltat a levélbogarak családjának kémiai kommunikációjáról, amelyről kevés a rendelkezésre álló ismeret annak ellenére, hogy a család számos jelentős kártevő fajt foglal magában.

Az első azonosított levélbogár feromonok a *Diabrotica* nemzetség fajainak szexferomonjai voltak. Ezek nőstény egyedek által termelt, hím egyedekre vonzó hatású vegyületek (Krysan és mtsai, 1989).

A burgonyabogár (*Leptinotarsa decemlineata* Say) (Dickens és mtsai, 2002) és a vetésfehérítő bogár (*Oulema melanopus* L.) (Cossé és mtsai, 2002; Rao és mtsai, 2003) esetében mindkét ivart vonzó aggregációs feromon ismert, amelyet a hím egyedek termelnek.

5.2.2. A káposztabolhák feromonok segítségével történő és tápnövényvel kapcsolatos kémiai kommunikációjának kölcsönhatása

A tápnövényvel kapcsolatos és a feromonok segítségével történő kémiai kommunikáció közti kapcsolat meglétének bizonyítása a káposztabolhánál gyakorlati szempontból számottevő jelentőségű. A szintetikusan előállított "A" komponens, az egyes fajokra leghatékonyabb vonzó hatást gyakorló táplálkozási attraktánsok keverékével együtt alkalmazva, alapját jelentheti a jövőben egy nagyobb vonzó képességű és így még érzékenyebb előrejelzést biztosító csalogatóanyag-kombinációnak a káposztabolha fajok fogására.

5.2.3. Európai káposztabolha fajokból azonosított hím-specifikus vegyületek

Jelen laborkísérleteinkben elsőként mutattuk ki, hogy a közönséges káposztabolha európai populációjának a hím egyedei ugyanazokat az "A", "B", "C", "D" és "E" vegyületeket termelik, amelyeket Bartelt és mtsai (2001) e faj amerikai populációjából azonosított.

A kiterjedtebb, további káposztabolha fajokra irányuló vizsgálatok létjogosultságát indokolta, hogy Zilkowski és mtsai (2004) két, kizárólag Amerikában előforduló káposztabolha faj a *Phyllotreta conjuncta* Gentner, valamint a kártételi szempontból jelentős *Phyllotreta pusilla* Horn esetében, és egy Amerikában és Európában egyaránt előforduló, Amerikában számottevő károkat okozó fajnál, a kis káposztabolhánál kimutatták, hogy tápnövény jelenlétében a hím egyedeik termelik az "A", "B", "C", "E", "H" vegyületeket. A három felsorolt káposztabolha faj kivonataiból sikerült további kilenc, jelenleg még pontos szerkezeti azonosítás alatt álló hím-specifikus vegyületet is kimutatniuk (Zilkowski és mtsai, 2004).

Saját vizsgálataink során, világszinten elsőként mutattuk ki, hogy a feketelábú földibolhának, a muharbolhának, a csíkos káposztabolhának és a nagy káposztabolhának a hím egyedei is termelik a Bartelt és mtsai (2001) által a közönséges káposztabolha amerikai populációjából azonosított "A", "B", "C", "D" és "E" hím-specifikus vegyületeket.

Minden vizsgálatban szereplő faj legnagyobb mennyiségben az "A" vegyületet bocsátotta ki, amely előzetes szabadföldi kísérleteinkben a közönséges káposztabolhánál, valamint a muharbolhánál a keverék aktivitásáért felelős vegyületnek mutatkozott (lásd: 4.2.1. fejezet).

Míg kísérletünkben a vizsgált fajok hím egyedei az "A", "B", "C", "D" és "E" vegyületeket hasonló arányban bocsátották ki, addig Zilkowski és mtsai (2004) a *Ph. conjuncta*, a *Ph. pusilla* és a kis káposztabolha fajok hím egyedeinél azt tapasztalta, hogy ezen vegyületek egymáshoz viszonyított kibocsátási aránya fajon belül hasonlóságot, fajok között több-kevesebb eltérést mutat.

A vegyületeknek a vizsgálatainkban tapasztalt, egyes fajok közti hasonló kibocsátási aránya nem meglepő, hiszen a szabadföldi aktivitás-vizsgálat során már a közönséges káposztabolhánál és a muharbolhánál is bebizonyosodott, hogy a "C", "D", "E" komponensek nem tekinthetők feromon-komponensnek (lásd: 4.2.1. fejezet). Ahhoz, hogy megtudjuk, hogy vajon a többi, vizsgálat tárgyát képező fajnál is hasonló az aktivitásbeli szerepük, további vizsgálatok szükségesek. A kisebb mennyiségben termelt "B", "C", "D", "E" vegyületek feltehetően csak a bioszintetikus út különböző termékei (Bartelt, személyes közlés).

Az a megfigyelésünk, hogy a közönséges káposztabolha európai populációjának, valamint a feketelábú földibolhának, a muharbolhának és a csíkos káposztabolhának a nőtény ivarú egyedei nem termelik az “A”, “B”, “C”, “D”, “E”, “H” vegyületeket, egybevág az amerikai kutatók által a közönséges káposztabolha amerikai populációjánál (Bartelt és mtsai, 2001) és más, Amerikában őshonos káposztabolha fajoknál tett megfigyeléseivel (Zilkowski és mtsai, 2004).

Kísérleteink során tett megfigyeléseink egyeznek Zilkowski és mtsai (2004) azon megállapításaival, amely szerint a nappal hosszának jelentős szerepe van a hím-specifikus vegyületek termelésében. Az ő vizsgálatainkban a szabadföldről, rövid nappalon (világos szakasz:sötét szakasz 10:14 óra) begyűjtött hím káposztabolha egyedek hosszúnappalos körülmények között tartva (világos szakasz:sötét szakasz 14:10 óra) csak legalább két hét eltelte után kezdték a hím-specifikus komponenseket kimutatható mennyiségben termelni. Kísérleteinkben nem tudtuk újra kiváltani a feromon-termelést hosszúnappalos tartás mellett.

A káposztabolhák nyár végén, a rövid nappal hatására megszakadó feromon-termelésének magyarázata lehet, hogy ebben az időszakban az imágók viselkedését a telelésre vonulásra való készülődés, és nem a szaporodás határozza meg.

Vizsgálataink alapján feltételezhető, hogy a káposztabolhák feromonok segítségével történő kémiai kommunikációja nagyon hasonló, a fajok egymás aggregációs feromonjára is válaszolnak. Mindezen jelenség sem evolúciós, sem funkcionális szempontból nem meglepő, hiszen az aggregációs feromon általában egy faj tápnövényen történő összegyülekezését szolgálja, a vizsgált fajok tápnövényköre pedig nagyban azonos, a keresztesvirágú növényeket foglalja magában.

5.3. Káposztabolhák fogására alkalmas csapda-alakok összehasonlítása

A káposztabolhák csapdázására mindeztidáig világszerte elsősorban a különféle típusú ragacsos csapdákat használták (Feeny és mtsai, 1970; Vincent és Stewart, 1984; Hung és Hwang, 2000; Andersen és mtsai, 2005; 2006).

Elmondható, hogy a ragacsos csapdatípusok helyett a nagy fogókapacitású csapdatípusok használata sokkal előnyösebb a kártevő rovarfajok növényvédelmi előrejelzésre. Ennek oka a ragacsos csapdatípusok közös hátrányával, a ragacsos fogófelület hatékonyságának folyamatos időbeli változásával magyarázható, amely alapján ezek a csapdák mennyiségi viszonyok (populáció sűrűség változások, küszöbérték stb.) tanulmányozására elvileg nem alkalmasak. Ebből a szempontból a nagyobb fogókapacitású csapdatípusok mindenképpen előnyösebbek (Wall, 1989; Tóth és mtsai, 2000/a). Ezeknek a csapdáknak a fogókapacitása

lényegesen nagyobb, mint a ragacsosaké, a csapda telítődéséből származó fogás-kiegyenlítődésk csak jóval hosszabb időszak után képzelhető el, mint a behatárolt fogófelületű ragacsos típusoké. A nem telítődő csapdákból a fogott bogarak is jobban határozhatóak, ellentétben a ragacsos csapdákból származókkal, amelyekről a ragasztóanyag eltávolítása sok veszéllyel jár.

A káposztabolhák esetében a nem telítődő csapdák közül a körülményesebb kezelést igénylő vizes csapdák (Vincent és Stewart, 1984), valamint az eredetileg a gyapottok-ormányosbogár (*Anthonomus grandis* Boheman, *Coleoptera*, *Curculionidae*) fogására kifejlesztett, nem ragacsos "kúp" csapdák használatára (Burgless és Wiens, 1980; Pivnick és mtsai 1992; Soroka és mtsai, 2005) találunk példát az irodalomban. A nem telítődő csapdatípusok fentiekben ismertetett előnyei, és a káposztabolhák esetében az ilyen típusú csapdákkal kapcsolatos csekély rendelkezésre álló ismeret szempontból az ilyen irányú kutatások gyakorlati szempontból rendkívül számottevő jelentőségűek.

Kutatásaink során a KLP+ csapdatípus egy megfelelő hatékonyságú, nem telítődő csapdatípusnak bizonyult a káposztabolhák fogására. Ez a csapdatípus, mint a CSALOMON® csapdacsalád egyik legújabb, immáron kereskedelmi forgalomba került tagja kiválóan alkalmas a káposztabolhák megjelenésének észlelésére, populációméretük felmérésére és rajzásuk nyomonkövetésére.

A nyári populáció megjelenésének megfelelő időben történő észlelése természetesen keresztesvirágú növényeink késői vetésű termesztési technológiájának kezdeti védelmében lehet fontos, amennyiben a növényállomány helyrejutott.

Mivel a bogarak a károsított terület közvetlen közelében telelnek át, ha felmérjük a csapda segítségével a káposztabolhák nyári populációjának hozzávetőleges nagyságát, következtethetünk a következő év tavaszán megjelenő, áttelelt imágók populációjának nagyságára. A telelést követően, április elején megjelenő imágók rajzás-kezdetének pontos észlelése főként érzékenyebb kertészeti kultúrákban a hatékony védekezés szempontjából igen fontos.

A KLP+ csapda használata nemcsak a növényvédelmi gyakorlat számára nyújthat segítséget, hanem új információkkal bővítheti a keresztesvirágú növényeken élő káposztabolhák életmódjával kapcsolatos ismereteket is.

6. AZ EGYES KUTATÁSI IRÁNYVONALAKBÓL SZÜLETETT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

PUBLIKÁCIÓ TÍPUSA	PUBLIKÁCIÓ
AZ ALLYL ITCN ÁLTAL CSALOGATOTT KÁPOSZTABOLHÁK FAJSPEKTRUMA MAGYARORSZÁGON	
IF-es folyóirat cikk	Tóth, M., Csonka, É. , Bakcsa, F., Benedek, P., Szarukán, I., Gomboc, S., Toshova, T., Subchev, M., Ujváry, I. (2007): Species spectrum of flea beetles (<i>Phyllotreta spp.</i> , Coleoptera, Chrysomelidae) attracted to allyl isothiocyanate baited traps in Hungary, Slovenia and Bulgaria. Z. Naturforsch, 62c, 772-778. (imp. fakt.: 0.9)
Nem IF-es folyóirat cikk	Benedek P., Bakcsa F., Tóth M., Csonka É. (2005): Allyl isothiocyanate baited traps to monitor cabbage flea beetles (<i>Phyllotreta spp.</i> , Coleoptera: Chrysomelidae). International Journal of Horticultural Science, 1, 95-99.
Nemzetközi konferencia előadás (abstract)	Tóth M., Bakcsa F., Csonka É. , Szarukán I., Benedek P. (2003): Species spectrum of flea beetles (<i>Phyllotreta spp.</i> , Coleoptera, Chrysomelidae) attracted to allyl isothiocyanate baited traps in Hungary. Proceedings of 3 rd International Plant Protection Symposium at Debrecen University (8th Trans-Tisza Plant Protection Forum), pp. 154-156.
KÜLÖNBÖZŐ IZOTIO- ÉS TIOCIANÁTOK KÁPOSZTABOLHA FAJOKRA GYAKOROLT RELATÍV VONZÓKÉPESSÉGÉNEK VIZSGÁLATA	
Nem IF-es folyóirat cikk	Csonka É. , Tóth M., Ujváry I. (2007): Differences in host-plant related chemical communication of the flea beetles <i>Phyllotreta cruciferae</i> Goeze and <i>Ph. vittula</i> Redtenbacher (Coleoptera, Chrysomelidae). Acta Phytopathol. et Entomol. Hung., 42, 343-352.
Magyar konferencia előadás (abstract)	Csonka É. , Tóth M., Bartelt, R. J., Cossé, A. A., Zilkowski, B. W., Ujváry I. (2007): A közönséges káposztabolha (<i>Phyllotreta cruciferae</i> Goeze) és a muharbolha (<i>Phyllotreta vittula</i> Redtenbacher) (Coleoptera, Chrysomelidae) kémiai kommunikációja közti hasonlóságok és különbségek. 53. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest, 2007. február 20-21., pp. 12.
A KÁPOSZTABOLHÁK FEROMONOK SEGÍTSÉGÉVEL TÖRTÉNŐ KÉMIAI KOMMUNIKÁCIÓJA	
IF-es folyóirat cikk	Tóth M., Csonka É. , Bartelt, R. J., Cossé, A. A., Zilkowski, B. W., Muto, S. E. and Mori, K. (2005): Pheromonal activity of compounds identified from <i>male Phyllotreta cruciferae</i> : field tests of racemic mixtures, pure enantiomers, and combinations with allyl isothiocyanate. J. Chem. Ecol., 31, 2705-2720. (imp. fakt.: 1.89)
Magyar konferencia előadás (abstract)	Csonka É. , Tóth M., Bartelt, R. J., Cossé, A. A., Zilkowski, B. W. (2003): Előzetes vizsgálatok a káposztabolha fajok (<i>Phyllotreta spp.</i>) (Coleoptera, Chrysomelidae) újonnan felfedezett aggregációs feromonjával. Lippay János - Ormos Imre - Vas Károly Tudományos Ülésszak, Növényvédelmi szekció, pp. 410.
	Csonka É. , Tóth M., Bartelt, R. J., Cossé, A. A., Zilkowski, B. W. és Mori, K. (2005): A közönséges földibolha (<i>Phyllotreta cruciferae</i> , Goeze, Coleoptera, Chrysomelidae) aggregációs feromonkomponensei: az egyes komponensek és tiszta enantiomerjeik viselkedésbefolyásoló hatása. 51. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest, 2005. február 22-23., pp. 11.
	Csonka É. , Tóth M., Cossé, A. A., Zilkowski, B. W., Bartelt, R. J. (2008): Hím egyedek által termelt, közös feromon-komponensek európai káposztabolha fajokban (<i>Phyllotreta spp.</i>) (Coleoptera, Chrysomelidae). 54. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest, 2008. február 27-28., pp. 12.

PUBLIKÁCIÓ TÍPUSA	PUBLIKÁCIÓ
Nemzetközi konferencia poszter	Csonka É. , Bartelt, R. J., Cossé, A. A., Zilkowski, B. W., Ujváry I. and Tóth M. (2006): Similarities and differences in pheromonal and host-plant related chemical communication of flea beetles <i>Phyllotreta cruciferae</i> Goeze and <i>Ph. vittula</i> Redtenbacher (Coleoptera, Chrysomelidae). Abstracts of 22nd Annual Meeting International Society of Chemical Ecology, July 15th-19 th, 2006, Barcelona, Spain, pp. 211.
KÁPOSZTABOLHÁK FOGÁSÁRA ALKALMAS CSAPDA-ALAKOK ÖSSZEHOSONLÍTÁSA	
Nem IF-es folyóirat cikk	Tóth M., Csonka É. , Bakcsa F., Benedek P. (2004): Allil izotiocianáttal csalétkezett csapdatípusok alkalmasságának összehasonlítása földibolhák (<i>Phyllotreta</i> spp.) (Coleoptera, Chrysomelidae) fogására. <i>Növényvédelem</i> , 40, 125-130.
	Tóth M., Csonka É. , Szarukán I., Vörös G., Furlan, L., Imrei Z. and Vuts J. (2006): The KLP+ ("hat") trap, a non-sticky, attractant baited trap of novel design for catching the western corn rootworm (<i>Diabrotica v. virgifera</i>) and cabbage flea beetles (<i>Phyllotreta</i> spp.) (Coleoptera: Chrysomelidae). <i>International Journal of Horticultural Science</i> , 12, 57-62.
	Csonka É. , Tóth M. (2006): Allil izotiocianáttal csalétkezett KLP+ ("kalap") és VARL+ (varsás) csapdatípusok alkalmasságának összehasonlítása a káposztabolha fajok (<i>Phyllotreta</i> spp.) (Coleoptera, Chrysomelidae) fogására. <i>Növényvédelem</i> , 42, 597-604.
Nemzetközi konferencia előadás (abstract)	Benedek P., Bakcsa F., Tóth M., Csonka É. (2004): Developing a new trapping technique to monitor seasonal activity of flea beetles damaging cultivated cabbages.- Sustain life secure survival II. Conference Proceedings (Prague, 22-25. September 2004), Czech. Univ. Agriculture (Prague): pp. 8.
Magyar konferencia előadás (abstract)	Csonka É. , Tóth M. (2006): A "KALAP" (KLP+) csapdatípus a leghatékonyabb a káposztabolha fajok (<i>Phyllotreta</i> spp.) fogására. 52. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest, 2006. február 23-24, pp. 14.
Nemzetközi konferencia poszter	Tóth M., Csonka É. , Szarukán L., Vörös G., Furlan, L., Imrei Z. and Vuts J. (2006): The KLP+ ('hat') trap, a non-sticky, attractant baited trap of unusual design for catching selected beetle pests. Abstracts of 22 nd Annual Meeting International Society of Chemical Ecology, July 15th-19 th, 2006, Barcelona, Spain, pp. 87.
ÖSSZEFOGLALÓ JELLEGŰ, A KÁPOSZTABOLHÁK TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT EGYÉB PUBLIKÁCIÓK	
Nem IF-es folyóirat cikk	Csonka É. és Tóth M. (2005): Chemical communication with volatile semiochemicals in <i>Phyllotreta</i> species (Coleoptera, Chrysomelidae): a minireview. <i>International Journal of Horticultural Science</i> , 2, 93-100.
Nemzetközi konferencia (abstract)	Tóth M., Csonka É. (2007): Chemical communication of European cabbage flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae, Halticinae): overview of research in Hungary.- IOBC wprs Working Group Pheromones and Other Semiochemicals in Integrated Production. Lund, 2007, pp. 35.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Vizsgálataink főbb irányvonalainak tükrében kísérleti eredményeinket az alábbiakban foglalhatjuk össze:

1. Az allil izotiocianát (ALLYL ITCN) által vonzott hazai káposztabolha-fajspektrum vizsgálata során sikerült megerősítenünk azt a számos kutató által megfigyelt tényt, amely szerint az ALLYL ITCN vonzó hatást gyakorol a közönséges káposztabolhára (*Ph. cruciferae*).

Az ALLYL ITCN vonzó hatásának meglétét még tíz olyan földibolha fajnál sikerült elsőként igazolnunk szabadföldi, csapdázásos kísérletben, amelyeknél mindezidáig ez nem volt ismert. Ezek a fajok a feketelábú földibolha (*Ph. nigripes*), a fekete káposztabolha (*Ph. atra*), a muharbolha (*Ph. vittula*), a csíkos káposztabolha (*Ph. undulata*), a *Ph. ochripes*, a *Ph. diademata*, a *Ph. balcanica*, a *Ph. procera*, a *Ph. nodicornis*, valamint a repcebolha (*Psyll. chrysocephala*). A fentiekben felsorolt fajok közül hat faj fontos mezőgazdasági kártevő fajnak számít.

Kísérleteink a fogott káposztabolha-fajspektrum alapján bebizonyították, hogy az ALLYL ITCN megfelelő hatékonyságú, növényvédelmi előrejelzésre alkalmas csalogató anyag.

2. A különböző izotiocianátok és tiocianátok hatékonyságát vizsgáló kísérleteinkben két fajnál, a közönséges káposztabolhánál és a muharbolhánál eltérő illatanyag-preferenciát sikerült kimutatnunk. A közönséges káposztabolhára az ALLYL ITCN, míg a muharbolhára a 3-butenil-izotiocianát (3BUT ITCN) gyakorolta a nagyobb vonzó hatást. Mindkét káposztabolha faj esetében a hatékonyabbnak bizonyuló vegyület vonzó hatását nem csökkentette szignifikánsan a másik vegyület jelenléte. Az egyes káposztabolha fajok eltérő illatanyag-preferenciájának ismeretében megvan a lehetőség egy olyan optimális izotiocianát-kombináció kifejlesztésére, amely a gyakorlatban mindkét káposztabolha fajt nagy hatékonysággal csalogatja.

3. Sikerült igazolnunk a Bartelt és mtsai (2001) által a közönséges káposztabolha amerikai populációjából azonosított "A", "C", "D", "E", "H" hím-specifikus vegyületek keverékének biológiai aktivitását e faj európai (hazai) populációjára.

A kipróbált vegyületeket a *Phyllotreta* nemzetségbe tartozó muharbolhára is vonzó hatásúnak találtuk. Mindezek alapján feltételeztük, hogy a két faj feromon-komponensei részben közösek.

Hasonló tendenciát mutattak a *Ph. nodicornis* és *Ph. ochripes*, *Ph. procera*, a nagy káposztabolha, feketelábú földibolha, valamint a csíkos káposztabolha fogásai.

Laborkísérletek során, levegőáramlásos eljárással, zárt rendszerben összegyűjtött illatanyagok gázkromatográfiás analízisével elsőként sikerült kimutatnunk a közönséges káposztabolha európai populációjának, a muharbolhának, a csíkos káposztabolhának, a feketelábú földibolhának, illetve a nagy káposztabolhának a hím egyedeiből “A”, “B”, “C”, “D” és “E” vegyületeket. Ezeket a vegyületeket az egyes fajok hím egyedei hasonló arányban bocsátották ki, mindössze a közönséges káposztabolha kivonata tartalmazta a “D” és az “E” vegyületet tendenciájában nagyobb arányban. A hím egyedek a többi komponenshez képest legnagyobb arányban az “A” komponens termelték.

A közönséges káposztabolha esetében megerősítettük, a muharbolha, a csíkos káposztabolha, illetve a feketelábú földibolha esetében pedig elsőként mutattuk ki, hogy a nőstény ivar nem termeli a hím egyedekből azonosított vegyületeket.

A közönséges káposztabolha és a muharbolha esetében szabadföldi kísérletben megállapítottuk, hogy a vegyületek (+) enantiomerikus formája hordozza a biológiai aktivitást, azaz feltehetően a komponenseknek ezen enantiomerjét bocsátják ki a hím egyedek természetes körülmények között.

Mindkét faj esetében kimutattuk, hogy a “C”, “D”, “E” és “H” vegyületeknek nincs biológiai aktivitása. Az (+)-“A” komponens [(6*R*,7*S*)-2,2,6,10-tetrametilbicyclo[5.4.0.] undeka-9,11-dién] volt az egyetlen hím-specifikus komponens, amelynél a feromon-funkció megléte egyértelműen bebizonyosodott kísérleteinkben. Mindezekből arra következtettünk, hogy feltehetően az “A” komponens tekinthető feromon-komponensnek. A “C”, “D”, “E”, “H” vegyületek funkciója feromon-komponensként minimális, vagy egyáltalán nincs szerepük a vonzó hatás kialakításában.

Cspadázásos kísérletben kimutattuk, hogy a feromon-komponensek megfelelő vonzókéességüket csak a tápnövényből származó illatanyag jelenlétében fejtik ki. Mindezek alapján a *Phyllotreta* nemzetség is azon bogárcsoportok közé sorolható, amelynek a kémiai kommunikációjában a feromon és a tápnövényből származó illatanyag között kapcsolat áll fenn és relatív fontosságuk hasonló mértékű.

A muharbolhára az “A” komponens 3BUT ITCN-tal képzett, míg a közönséges káposztabolhára az “A” komponens ALLYL ITCN-tal képzett kombinációja gyakorolta a legjelentősebb vonzó hatást.

Az “A” vegyület, táplálkozási attraktánssal együtt használva, alapját jelentheti a jövőben egy nagyobb vonzó képességű és így még érzékenyebb előrejelzést biztosító csalogatóanyag-kombinációnak a káposztabolha fajok fogására.

4. Csapda alkalmassági kísérleteink kezdeti fázisában kimutattuk, hogy a varsás VARL+ és VARs+ csapdatípus legalább olyan hatékony és érzékeny a káposztabolhák fogására, mint a RAG ragacsos csapdatípus. Miután ismert, hogy a ragacsos csapdák fogófelülete telítődés szempontjából hosszabb időtartamra nézve behatároltabb, mint a nagy fogókapacitású nem telítődő csapdáké, későbbi kísérleteinkhez a varsás szerkezetű VARL+ csapda optimálisnak bizonyult káposztabolhákkal kapcsolatos különböző irányú kísérleteinkhez. Kísérleteink zömét ezzel a csapdatípussal végeztük.

Kísérleteink későbbi fázisában, egy káposztabolhákat még érzékenyebben fogó csapdatípus után kutatva úgy találtuk, hogy a nem ragacsos KLP+ („kalap”) csapdatípus a VARL+ csapdánál még hatékonyabban fog, és fogásai szinte minden ellenőrzési dátumon meghaladták a VARL+ csapdák fogásait. Kutatásaink eredményeként a KLP+ csapdatípus, mint a CSALOMON[®] csapdacsalád egyik legújabb, immáron kereskedelmi forgalomba került tagja, kiválóan alkalmas a káposztabolhák megjelenésének észlelésére, populációméretük felmérésére és rajzásuk nyomon követésére.

8. FELHASZNÁLT IRODALOM

Alcock J. (1982): Natural selection and communication in bark beetles. Fla. Entomol., 65: 17-32.

Aldrich, J. R., Bartelt, R. J., Dickens, J. C., Knight, A. L., Light D. M., Tumlinson, J. H. (2003): Insect chemical ecology research in the United States Department of Agriculture- Agriculture Research Service. Pest Manag. Sci., 59: 777-787.

Andersen, C. L., Hazzard, R., Van Driesche, R. és Mangan, F. X. (2005): Overwintering and seasonal patterns of feeding and reproduction in *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae) in the northeastern United States.- Environm. Entomol. 34: 794-800.

Andersen, C. L., Hazzard, R., Van Driesche, R. és Mangan, F. X. (2006): Alternative management tactics for control of *Phyllotreta cruciferae* and *Phyllotreta striolata* (Coleoptera: Chrysomelidae) on *Brassica rapa* in Massachusetts. J. of Econ. Entomol. 99: 803-810.

Anderson, M. D., Peng, C. és Weiss, M. J. (1992): Crambe, *Crambe abyssinica* Hochst., as a flea beetle resistant crop (Coleoptera: Chrysomelidae). J. Econ. Entomol. 85: 594-600.

Arn, H., Rauscher, S., Buser, H., R., Guerin, P. M. (1984): Sex pheromone of *Eupoecelia ambiguella* females: analysis and male response to ternary blend. J. Chem. Ecol., 12: 1417-1429.

Arutyunova, E. V. és Ishkova T. I. (1993): Experiences in wheat protection in North Osetia. Zashch. Rast. 5: 18.

Baker, T. C., Nishida, R., Roelofs W. L. (1981): Close range attraction of female Oriental fruit moth (*Grapholita molesta*) to herbal scent of male hairpencils. Science, 214: 1359-1361.

Balás, G. (1963): Kertészeti növényeink állati kártevői. Mezőgazdasági kiadó, Bp. pp. 446.

Balázs K., Nagy G., Garamvölgyi I. (1998): Szabadföldi káposztafélék növényvédelme (fejeskáposzta, kelkáposzta, vöröskáposzta). Növényvédelem, 34:2, 79-88.

Bartelt, R. J. (1999): Sap beetles, In: **Hardie, R. J., Minks, A. K.** (eds.): Pheromones of non-lepidopteran insects associated with agricultural plants, CAB International, Wallingford, UK. pp. 69-89.

Bartelt, R. J., Schaner, A. M., Jackson, L. L. (1986): Aggregation pheromones in five taxa of the *Drosophila virilis* species group. *Physiol. Entomol.*, 11: 367-376.

Bartelt, R. J., Schaner, A. M., Jackson, L. L. (1988): Aggregation pheromones in *Drosophila borealis* and *Drosophila littoralis*. *J. Chem. Ecol.*, 14: 1319-1327.

Bartelt, R. J., Cossé, A. A., Zilkowski, B. W., Weisleder, D. and Momany, F. A. (2001): Male-specific sesquiterpens from *Phyllotreta* and *Aphthona* flea beetles. *J. Chem. Ecol.*, 27: 2397-2423.

Bartelt, R. J., Weisleder, D., Momany, F. A. (2003): Total synthesis of himachalene sesquiterpenes of *Aphthona* and *Phyllotreta* flea beetles. *Synthesis- Stuttgart*, 1: 117-123.

Bartlet, E., Williams I. H. (1991): Factors restricting the feeding of the cabbage stem flea beetle (*Psylliodes chrysocephala*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 60: 233-238.

Bartlet, E, I. H. Williams, M. M. Blight és A. J. Hick (1992): Responses of the oilseed rape pests *Ceutorhynchus assimilis* and *Psylliodes chrysocephala* to a mixture of isothiocyanates. In: **S. B. J. Menken, J. H. Visser and P. Harrewijn** (eds.): Proceedings of the 8th International Symposium on Insect-Plant Relationships. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 103-104.

Bartlet, E., Parson, D., Williams, I. H., Clark, S. J. (1994): The influence of glucosinolates and sugars on feeding by the cabbage stem flea beetle, *Psylliodes chrysocephala*. *Entomol. Experiment. et Appl.* 73: 77-83.

Bedard, W. D., Wood, D. L., Tilden, P. E., Lindahl, K. Q. Jr, Silverstein, R. M., Rodin, J. O. (1980): Field response of western pine beetle and one of its predators to host- and beetle-produced compounds. *J. Chem. Ecol.*, 6: 625-641.

Benedek P., Bakcsa F., Tóth M., Csonka É. (2004): Developing a new trapping technique to monitor seasonal activity of flea beetles damaging cultivated cabbages.- *Sustain life secure survival II. Conference Proceedings (Prague, 22-25. September 2004), Czech. Univ. Agriculture (Prague)*: pp. 8.

Birch, M. C. (1984): Aggregation in bark beetles. In: **Bell, W. J., Carde, R.T.** (eds.): *Chemical Ecology of Insects*, Sungerland, MA: Sinauer Assoc., pp. 331-353.

Blight, M. M., Pickett, J. A., Wadhams, L. J. and Woodcock, C. M. (1989): Antennal responses of *Ceutorhynchus assimilis* and *Psylliodes chrysocephala* to volatiles from oilseed rape. *Aspects Appl. Biol.*, 23: 329-334.

Blight, M. M., Dawson, G. W., Pickett, J. A. and Wadhams, L. J. (1991): The identification and biological activity of the aggregation pheromone of *Sitona lineatus*. *Aspects Appl. Biol.*, 27: 137-142.

Bodnaryk, R. P. (1991): Developmental profile of sinalbin (p-hydroxibenzil glucosinolate) in mustard seedlings, *Sinapis alba* L. and its relationship to insect resistance. *J. Chem. Ecol.* 17: 1543-1556.

Boland, H. R. és mtsai (1984): In: Schreier, P. (ed.): *Analysis of volatiles*. Berlin-New York, de Gruyter, p. 371.

Bones, A. and Iversen, T. H. (1985): Myrosin cells and myrosinase. *Israel J. Botany*, 34: 351-376.

Boppre, M. (1978): Chemical communication, plant relationships, and mimicry in the evolution of danaid butterflies. *Entomol. Exp. Appl.*, 24: 64-77.

Borden, J. H. (1977): Behavioral responses of pheromones, allomones and kairomones. In: **Shorey, H. H., McKelvey, J. J.** (eds.): *Chemical control of insect behaviour: Theory and application*. New York: Wiley, pp. 169-198.

Borden, J. H. (1984): Semiochemical-mediated aggregation and dispersion in the *Coleoptera*. In: Lewis, W. T. (ed.): *Insect Communication*, New York: Academic., pp. 123-149.

Borden, J. H. (1985): Aggregation pheromones, In: **Kerkut, G.A. és Gilbert, L. I.** (eds.): *Comprehensive insect physiology and pharmacology* Vol. 9. Pergamon Press, Oxford, U.K., pp. 257-283.

Borden, J. H. (1993): Strategies and tactics for the use of semiochemicals against forest insect pests in North America. In: **Lumsden, R. D., Vaughn, J. L.** (eds.): *Pest Management: Biologically Based Technologies*, Washington, DC: Am. Chem., Soc. pp. 265-279.

Borek, V., Elberson, L. R., McCaffrey, J. P., Morra, M. J. (1995): Toxicity of aliphatic and aromatic isothiocyanates to eggs of the black vine weevil (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.*, 88: 1192-1196.

Brown, P. D., Tokuhisa, J. G., Reichelt, M., Gershenzon, J. (2003): Variation of glucosinolate accumulation among different organs and developmental stages of *Arabidopsis thaliana*. *Phytochemistry*. 62: 471-481.

Byers, J. A., Wood, D. L., Browne, L. E., Fish, R. H., Piatek, B., Hendry, L. B. (1979): Relationship between a plant compound myrcene and pheromone production in the bark beetle *Ips paraconfusus*. *J. Insect Physiol.*, 25:477-482.

Byers, J. A. (1981): Pheromone biosynthesis in the bark beetle *Ips paraconfusus* during feeding or exposure to vapors of host plant precursors. *Insect Biochem.*, 11: 563-569.

Byers, J. A. (1982): Male specific conversion of the host plant compound myrcene to the pheromone (+)-ipsenol in the bark beetle *Dendroctonus brevicomis*. *J. Chem. Ecol.*, 82: 363-372.

- Burgess, L.** (1977): Flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) attacking rape crops in the Canadian prairie provinces. *Can. Entomol.* 109: 21-32.
- Burgless, L. and Wiens, J. E.** (1980): Dispensing allyl isothiocyanate as an attractant for trapping crucifer-feeding flea beetles. *Can. Entomol.*, 112: 93-97.
- Campbell, R. N. and Colt, W. M.** (1967): Transmission of radish mosaic virus. *Phytopathology*, 57: 502-504.
- Chen, C. C., Ko., W. F.** (1994): Studies on the physical control methods of the striped flea beetle. *Plant Protection Bulletin (Taipei)*, 36:3, 167-176.
- Chen, S. H. and Kung Y. T.** (1955): Notes on the Chinese species of the Halticine genus *Phyllotreta* Steph. *Acta Entomologica Sinica*. 5: 317-326.
- Chew, F. S.** (1988): Biological effect of glucosinolates, In: **Cutler, H. G.** (ed.): Biologically active natural products: Potential uses in agriculture. American Chemical Society, Washington, Dc, pp. 155-181.
- Chun, M. W. and Schoonhoven, L. M.** (1973): Tarsal contact chemosensory hairs of the large white butterfly, *Pieris brassicae*, and their possible role in oviposition behaviour. *Entomol. Exp. Appl.* 16: 343-357.
- Cole, R. A.** (1980): Volatile components produced during ontogeny of some cultivated crucifers. *J. Sci. Food Agric.* 31: 549-557.
- Conner, W. F., Eisner, T., Vandermeer, R. K., Guerrero, A., Meinwald, J.** (1981): Precopulatory sexual interaction in an arctiid moth (*Utetheisa ornatrix*) role of a pheromone derived from dietary alkaloids. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 9: 227-235.
- Conner, W. F., Roach, B., Benedict, E., Meinwald, J., Eisner, T.** (1990): Courtship pheromone production and body size as correlates of larval diet in males of the arctiid moth, *Utetheisa ornatrix*. *J. Chem. Ecol.*, 16: 543-552.
- Cossé, A. A., Bartelt, R. J. and Zilkowski, B. W.** (2002): Identification and electrophysiological activity of a novel hydroxy ketone emitted by male cereal leaf beetles. *J. Nat. Prod.* 65: 1156-1160.
- Csonka, É. és Tóth, M.** (2006): Allil-izotiocianáttal csálétkezett KLP+ ("kalap") és VARL+ (varsás) csapdatípusok alkalmasságának összehasonlítása a káposztabolha-fajok (*Phyllotreta spp.*) (Coleoptera, Chrysomelidae) fogására. *Növényvédelem*, 42: 597-604.
- Csonka É., Bartelt, R. J., Cossé, A. A., Zilkowski, B. W., Ujváry I. and Tóth M.** (2006): Similarities and differences in pheromonal and host-plant related chemical communication of flea beetles *Phyllotreta cruciferae* Goeze and *Ph. vittula* Redtenbacher (Coleoptera, Chrysomelidae). Abstracts of 22nd Annual Meeting International Society of Chemical Ecology, July 15th-19 th, 2006, Barcelona, Spain, pp. 211.

Csonka É. , Tóth M., Ujváry I. (2007): Differences in host-plant related chemical communication of the flea beetles *Phyllotreta cruciferae* Goeze and *Ph. vittula* Redtenbacher (Coleoptera, Chrysomelidae). *Acta Phytopathol. et Entomol. Hung.*, 42, 343-352.

Dawson, G. W., Doughty, K. J., Hick, A. J., Picket, J. A., Pye, B.J., Smart, L.E. and Wadhams, L. J. (1993): Chemical precursors for studying the effects of glucosinolate catabolites on diseases and pests of oilseed rape (*Brassica napus*) or related plants. *Pestic. Sci.* 39, 271-278.

Dickens, J. C. (1986): Orientation of boll weevil *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) to pheromone and volatile host compound in the laboratory. *J. Chem. Ecol.*, 12: 91-98.

Dickens, J. C., Jang, E. B., Light, D. M., Alford, A. R. (1990): Enhancement of insect pheromone responses by green leaf volatiles. *Naturwissenschaften*, 77: 29-31.

Dickens, J. C., Smith, J. W., Light, D. M. (1993): Green leaf volatiles enhance sex attractant pheromone of the tobacco budworm *Heliothis virescens* (Lep., Noctuidae). *Chemoecology*, 4: 175-177.

Dickens, J. C., Oliver, J.E., Hollister, B., Davis, J. C. and Klun, J. A. (2002): Breaking a paradigm: male-produced aggregation pheromone for the Colorado potato beetle. *J. Exp. Biol.* 205: 1925-1933.

Dillard, H. R., Cobb, A. C., Lamboy, J. S. (1998): Transmission of *Alternaria brassicola* to cabbage by flea beetles (*Phyllotreta cruciferae*). *Plant Disease*, 82: 153-157.

Dussourd, D. E., Ubik, K., Harvis, C., Resch, J., Meinwald, J., Eisner, T. (1988): Biparental defense endowment of eggs with acquired plant alkaloid in a moth (*Utetheisa ornatrix*). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 85: 5992-5996.

Dobson, R. M. (1956): A note on the relative abundance of flea beetles (*Phyllotreta* Stephens and *Psylliodes* Berthold) on different cruciferous crops. *J. Hort. Sci.*, 31: 291-294.

Dunn O.J. (1961): Multiple comparisons among means. *J. Amer. Stat. Assoc.* 56: 52-64.

Edgar J. A., Culvenor, C. C. J. (1974): Pyrrolizidine ester alkaloid in danaid butterflies. *Nature*, 248: 614-616.

Evdokimov, N. YA. És Korchagin, A. A. (1984): Regulating the abundance of pests. *Zashchita Rastenii.* 9: 27-28.

Fahey, J. W., Zalemann, A. T., Talalay, P. (2001): The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, 56: 5-51.

Feeny, P., Paauwe, K. L. and Demong, N. J. (1970): Flea beetles and mustard oils: host plant specificity of *Phyllotreta cruciferae* and *P. striolata* adults (Coleoptera: Chrysomelidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 63: 832-841.

Foster, G. N. (1984): Monitoring and forecasting outbreaks of turnip flea beetles in the west of Scotland, 1978-1983.- Crop protection in northern Britain 1984. Proceedings of a conference held at Dundee University 19-22 March 1984, 222-227.

Games, P. A. és Howell, J. F. (1976): Pairwise multiple comparison procedures with unequal n's and/or variances: A Monte Carlo study. *Journal of Educational Statistics*. 1: 113-125.

Giamoustaris, A. and Mithen, R. (1995): The effect of modifying the glucosinolate content of leaves of oilseed rape (*Brassica napus ssp. oleifera*) on its interaction with generalist and specialist pests. *Annals of Applied Biology*. 126: 347-363.

Giblin-Davis, R. M., Weissling, T. J., Oehlschlager, A. C. and Gonzalez, L. M. (1994): Field response of *Rhynchophorus cruentatus* (Coleoptera, Curculionidae) to its aggregation pheromone and fermenting plant volatiles. *Fla. Entomol.* 77: 164-177.

Glits M. (2000): Retekmozaik. In: **Glits M. és Folk Gy.** (eds.): Kertészeti növénykórtan. Mezőgazda Kiadó, 422.

Gore, W. E., Pearce, G. T., Lanier, G. N., Simeone, J. B., Silverstein, R. M., et. al. (1977): Aggregation attractant of the European elm bark beetle, *Scolytus multistriatus* production of individual components and related aggregation behaviour. *J. Chem. Ecol.*, 3: 429-446.

Görnitz, K. (1953): Untersuchungen über ein Cruciferen enthaltene Insekten – Attractivstoffe. *Nachrichtenbl. Dtsh. Pflanzenschutzdienst (Berlin)*. 7: 81-95.

Görnitz, K. (1956): Weitere Untersuchungen über Insekten- Attractivstoffe aus Cruciferen. *Nachrichtenbl. Dsch. Pflanzenschutzdienst N. F.* 10: 137-147.

Graham, C. W. and Alford, D. V. (1981): The distribution and importance of cabbage stem flea beetle (*Psylliodes chrysocephala* (L.)) on winter oilseed rape in England. *Plant Pathology*, 30: 141-145.

Gruev, B. és Tomov, V. (1986): Coleoptera, Chrysomelidae. Part II: Chrysomelinae, Galerucinae, Alticinae, Hispinae, Cassidinae. In: **Josifov, M.** (ed.): *Fauna Bulgarica*, Vol. 16. *Academie Scientiarium Bulgaricae*, Sofia, p. 388.

Gyulai P.; Garai, A. (1996): Új és már csaknem elfeledett rovarkártevők megjelenése Magyarországon. *Növényvédelem*, 32: 4 175-179.

Heikertinger, F. (1925): Resultate fünfzehnjähriger Untersuchungen über die Nahrungspflanzen einheimischer Halticinen. *Entomol. Blatter*. 21(1): 10-19; 21(2): 81-92; 21(3): 119-131; 21(4): 155-163.

Henderson, A. E., Hallett, R. H, Soroka, J. J. (2004): Prefeeding behavior of the crucifer flea beetle, *Phyllotreta cruciferae*, on host and nonhost crucifers. *J. Insect Behav.* 17: 17-39.

Hendry, L. B., Piatek, B., Browne, L. E., Wood, P. L., Byers, J. A. et al. (1980): In vivo conversion of a labelled host plant chemical to pheromones of the bark beetle *Ips paraconfusus*. *Nature*, 284: 485.

Hicks, K. L. (1974): Mustard oil glucosides: Feeding stimulants for adult cabbage flea beetles, *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 67: 261-264.

Hill, S. A. (1983): Viruses of brassica crops. Leaflet, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, UK., No. 370, 8 pp.

Hopkins, R. J., van Dan, N. M. and Loop, J. J. A. (2009): Role of glucosinolates in insect-plant relationships and multitrophic interactions. *Annu. Rev. Entomol.* 54: 57-83.

Hughes, P. R. (1973): Effect of alpha pinene exposure on trans-verbenol synthesis in *Dendroctonus ponderosae* Hopkins. *Naturwiss.*, 60: 261-262.

Hughes, P. R. (1974): Myrcene: a precursor of pheromones in Ips beetles. *J. Insect Physiol.*, 20: 1271-1275.

Hughes, P. R., Renwick, J. A. A. (1977): Hormonal and host factors stimulating pheromone synthesis in female western pine beetles *Dendroctonus brevicomis*. *Physiol. Entomol.*, 2: 289-292.

Hung, C. C., Hwang, J. S. (2000): Influence of cylinder-type sticky traps baited with different mustard oil lures on *Phyllotreta striolata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Chinese J. Entomol.*, 20: 201-214.

Hurej, M., Preiss, G., Debek, J. (1997): Species composition and occurrence of flea beetles on yellow mustard in Lower Silesia, Poland. *Polsk. Pis. Entomol.*, 66: 311-317.

Hussain, A., Phillips, T. W., Mayhew, T. J., AliNiasee, M.T. (1994): Pheromone biology and factors affecting its production in *Tribolium castaneum*. In: **Highley, E., Wright, E. J., Blanks, H. J., Champ, B. R.** (ed.): *Stored Product Protection*, Canberra: CABY, pp. 533-536.

Imrei, Z. és Tóth, M. (2002): European common cockchafer (*Melolontha melolontha* L.): preliminary results of attraction to green leaf odours. *Acta. Zool. Acad. Sci. Hung.* 48: 151-155.

Isidoro, N., Bartlet, E., Ziesmann, J., and Williams, I. H. (1998): Antennal contact chemosensilla in *Psylliodes chrysocephala* responding to cruciferous allelochemicals. *Physiol. Entomol.* 23: 131-138.

Jaccard, J., Becker, M. A. and Wood, G. (1984): Pairwise multiple comparison procedures: a review. *Psychological Bulletin* 96: 589-596.

Jaffe, K., Sanchez, P., Cerda, H., Hernandez, J. V., Jaffe, R., et al. (1993): Chemical ecology of the palm weevil *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) attraction to host plants and to a male produced aggregation pheromone. J. Chem. Ecol., 19: 1703-1720.

Jourdheuil, P. (1966): Sous-famille des Halticinae. In: Balachowsky, A. S. (ed.): Entomologie appliquée a l'agriculture, vol. 1. Masson et Cie Éditeurs, Paris pp. 762-854.

Kareiva, P. (1982): Exclusion experiments and competitive release of insects on collards.- Ecology, 63: 696-704.

Kaszab Z. (1962): Levélbogarak- *Chrysomelidae*. In: Fauna Hungariae, 63., Akadémia Kiadó, Budapest, p. 416.

Khinkin, S., Nikolov, N. K., Straka, F., Vladimirov, L. (1983): Possibilities of complete protection of maize against pests in the early stages of development by seed treatment. Rasteniiev' dni Nauki, 20 (5): 39-43.

Kinoshita, G. B., Svec H. J., Harris, C. R., and McEwen, F. L. (1979): Biology of the crucifer flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae), in southwestern Ontario. Can. Entomol. 111: 1395-1407.

Kjaer, A. (1960) Naturally derived isothiocyanates (mustard oils) and their parent glucosides. Fortschr. Chem. Org. Naturstoffe, 18: 122-176.

Klechovskii, E. R. (1991): Causes of mass appearance of *Chaetocnema breviscula* on winter wheat. Zashchita Rastanii. 10: 24.

Kliebenstein, D. J., Kroymann, J., Brown, P., Figuth, A., Pedersen, D., et al. (2001): Genetic control of natural variation in Arabidopsis glucosinolate accumulation. Plant Physiol. 126: 811-825.

Knodel, J. J. és Olson, D. L. (2002): Crucifer flea beetle biology and integrated pest management in canola. North Dakota State University Extension Service Bulletin E-1234. 8 pp.

Kocourek, F., Láska, P., Jarošik, V. (2002): Thermal requirements for flight of six species of flea beetle of the genus *Phyllotreta* (Coleoptera: Chrysomelidae). Plant Protect. Sci., 38: 76-80.

Kostromitin, V. V. (1982): Habitat distribution and trophic relations of flea beetles of the genus *Phyllotreta* Chevrolat (Coleoptera, Chrysomelidae) in the Tselinograd district. Entomol. Obozrenie, 61: 81-83.

Krasnoff, S. B. és Dussourd, D. E. (1989): Dihydropyrrolizine attractants for arctiid moths that visit plants containing pyrrolizidine alkaloids. J. Chem. Ecol., 15: 47-60.

Krasnoff, S. B. és Roelofs, W. L. (1989): Quantitative and qualitative effects of larval diet on male scent secretions of *Estigmene acrea*, *Phragmatobia fuliginosa*, and *Pyrrharctia isabella* (Lepidoptera: Arctiidae). J. Chem Ecol., 15: 1077-1093.

Krysan, J. L., McDonald, I. C. és Tumlinson, J. H. (1989): Phenogram based on allozymes and its relationship to classical biosystematics and pheromone structure among eleven Diabrotices (Coleoptera: Chrysomelidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 82: 574-581.

Kunicki, E., Cebula, S., Libik, A. and Siwek, P. (1996): The influence of row cover on the development and yield of broccoli in spring production. Acta Hort., 407: 377-383.

Kurppa, S. (1990): Frequency of potential yield losses due to flea beetles on spring cereals in Finland. Ann. Agric. Fenn., 29: 39-46.

Lamb, R. J. and Turnock, W. J. (1982): Economics of insecticidal control of flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) attacking rape in Canada. Can. Entomol. 114: 827-840.

Lamb, R. J. (1983): Phenology of flea beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) flight in relation to their invasion of canola fields in Manitoba. Can. Entomol. 115: 1493-1502.

Lamb, R. J. (1984): Effect of flea beetles, *Phyllotreta* spp. (Chrysomelidae: Coleoptera) on the survival, growth, seed yield and quality of canola, rape, and yellow mustard. Can. Entomol. 116: 269-280.

Lamb, R. J. (1989): Entomology of oilseed *Brassica* crops. Annu. Rev Entomol. 34: 211-229.

Lambdon, P. W., Hassall, M. (2005): How should toxic secondary metabolites be distributed between the leaves of fast-growing plant to minimize the impact of herbivory? Funct. Ecol. 19: 299-305.

Landolt, P. J. and Heath, R. R. (1990): Sexual role reversal in mate finding strategies of the cabbage looper moth. Science. 249: 1026-28.

Landolt, P. J., Reed, H. C., Heath, R. R. (1992): Attraction of female papaya fruit fly (*Diptera: Tephritidae*) to male pheromone and host fruit. Environ. Entomol. 21: 1154-1159.

Landolt, P. J., Heath, R.R., Millard, J. G., Davis-Hernandez, K. M., Dueben, B. D., Ward, K. E. (1994): Effects of host plant, *Gossypium hirsutum* L., on sexual attraction of cabbage looper moths, *Trichoplusia ni* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). J. Chem. Ecol., 20: 2959-2974.

Landolt, P. J. and Phillips, T. W. (1997): Host plant influences on sex pheromone behaviour of phytophagous insects. Ann. Rev. Entomol., 42: 371-391.

Lane, A; Holliday, J. M. and Walters, K. F. A. (1995): A rapid method for assessing infestations of cabbage stem flea beetle larvae in winter oilseed rape and implications for

control. IOBC WPRS Working Group 'Integrated control in oilseed crops' held in Zurich, Switzerland, on 24-25 February 1994. Bulletin IOLB Srop, 18: 127-133.

Larsen, L. M., Nielsen, J. K., Ploger, A. and Sorenson, H. (1985): Responses of some beetle species to varieties of oilseed rape and to pure glucosinolates. In: **Sfenson, H.** (ed.): Advances in the production and utilization of cruciferous crops. Martinus Nijhoff Publishers, pp. 230-244.

Láska, P. és Kocourek, F. (1991): Monitoring of flight activity in some crucifer-feeding pests by means of yellow water traps. Acta Ent. Bohemoslov., 88: 25-32.

Láska, P., Zelenkova, I., Bicik, V. (1986): Colour attraction in species of the genera: *Delia* (Diptera, Anthomiidae), *Ceutorynchus*, *Meligethes* and *Phyllotreta* (Coleoptera: Curculionidae, Nitidulidae, Chrysomelidae). Acta Entomologica Bohemoslovaca., 6: 418-424.

Lazzeri, L., Tacconi, R., Palmieri, S. (1993): In vivo activity of some glucosinolates and their reaction products toward a population of the nematode *Heterodera schachtii*. J. Agric. Food Chem. 41:825-829.

Leclant, F. (1977): Pest control methods for maize in France. Ann. Appl. Biol., 87: 270-276.

Lextrait, P., Biemont, J. C., Pouzat, J. (1995): Pheromone release by the two forms of *Callosobruchus maculatus* females: effects of age, temperature, and host plant. Physiol. Entomol., 20: 309-317.

Liblikas, I., Möttus, E., Borg-Karlson, A. K., Kuusik, S., Ojarand, A., Kännaste, A., and Tanilsoo, J. (2003): Flea beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) response to alkyl thiocyanates and alkyl isothiocyanates. Agron. Res 1., 175-184.

Lichtenstein, E.P., Morgan, D. G., Mueller, C. H. (1964): Naturally occurring insecticides in cruciferous crops. J. Agric. Food Chem. 12: 158-161.

Light, D. M., Flath, R. A., Buttery, R. G., Zalom, F. G., Rice, R. E. et. Al. (1993): Host plant green-leaf volatiles synergize the synthetic sex pheromones of the corn earworm and codling moth (Lepidoptera). Chemoecology, 4: 145-152.

Louda, S. and Mole, S. (1991): Glucosinolates: chemistry and ecology. In: **Rosenthal, G. A. and Berenbaum, M. R.** (eds.): Herbivores: Their interactions with secondary plant metabolites. Academic Press, New York, pp. 123-164.

Löfstedt, C., Vickers, N. J., Roelofs, W. L., Baker, T. C. (1989): Diet related success in the Oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Tortricidae). Oikos, 55: 402-408.

Maignet, A. M., Louveaux, A., El Sayed, G., Rollin, P. (2000): Ability of a generalist insect, *Schistocerca gregaria*, to overcome thioglucoside defense in desert plants: tolerance or adaptation? Entomol. Exp. Appl.. 94: 309-317.

Markham, R., Smith, K. M. (1949): Studies on the virus of turnip yellow mosaic. Parasitology, 39: 330-342.

Matsuda, K. (1988): Feeding stimulants of leaf beetles. In: Jolivet, P., Petitpierre, E. and Hsiano, T. H. (eds.): Biology of Chrysomelidae, Kluwer Academic, Boston, pp. 40-55.

Matsumoto, Y. (1970): Volatile organic sulfur compounds as insect attractants with special reference to host selection. In: **D. L. Wood, R. M. Silverstein and M. Nakajima** (eds.): Control of Insect Behavior by Natural Products. Academic Press, New York. pp. 133-160.

Mayhew, T. J., Phillips, T. W. (1994): Pheromone biology of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). In: **Highley, E., Wright, E. J., Blanks, H. J., Champ, B. R.** (ed.): Stored Product Protection. Canberra: CABY, pp. 541-544.

McNeil, J. N. and Delisle, J. (1989): Host plant pollen influences calling behavior and ovarian development of the sunflower moth, *Homiosoma electellum*. Oecologia., 80: 201-205.

Milliron, H. E. (1953): A European flea beetle injuring crucifers in North America. J. Econ. Entomol. 46: 179.

Milliron, H. E. (1958): Economic insect and allied pests of Delaware. Bull. Univ. Del. Agr. Expt. St. 321: 26, 74-75, 81-82.

Mitchell, B. K. (1988): Adult leaf beetles as models for exploring the chemical basis of host plant selection. J. Insect Physiol. 34: 213-225.

Mitchell, B. K. (1994): The chemosensory basis of host-plant recognition in Chrysomelidae. In: Jolivet, P. H., Cox, M. L. and Petitpierre, E. (eds.): Novel aspects of the biology of Chrysomelidae, Kluwer Academic, Boston, pp. 141-151.

Mori, K. (1998): Semiochemicals: Synthesis, stereochemistry, and bioactivity. Eur. J. Org. Chem. 1998: 1479-1489.

Muto, S., Bando, M. és Mori, K. (2004): Synthesis and stereochemistry of the four himachalene-type sesquiterpenes isolated from the flea beetle (*Aphthona flava*) as pheromone candidates. Eur. J. Org. Chem., 1946-1952.

Müller, C., Wittstock, U. (2005): Uptake and turn-over of glucosinolates sequestered in the sawfly *Athalia rosae*. Insect Biochem. Mol. Biol. 35: 1189-1198.

Myzinkova, N. I., Sagin, V. I., Fomin, G. I., Fokeev, P. M., Chumakov, A. E. (1979): Protection of spring wheat in the Polzh'e. *Zashch. Rast.*, 1:28-29.

Nagy, B.; Deseő, K. (1969): Adatok a muharbolha károsításáról. *Növényvédelem*, 5: 97-106.

Newton, H. C. F. (1928): The biology of the flea beetles (*Phyllotreta*) attacking cultivated Cruciferae. *J. south East Agric. Coll. Wye UK*. 25: 90-115.

Nielsen, J. K. (1988): Crucifer-feeding Chrysomelidae: Mechanisms of host plant finding and acceptance. In: Jolivet, P., Petitpierre, E., and Hsiano, T. H. (eds.): *Biology of Chrysomelidae*, Kluwer Academic, Boston, pp. 25-40.

Oehlschlager, A.C., Prior, R. N. B., Perez, A. L., Gries, R., Gries, G., Pierce, H. D., and Laup, S. (1995): Structure, chirality, and field testing of a male-produced aggregation pheromone of Asian palm weevil *Rhynchophorus bilineatus* (Montr.) (Coleoptera, Curculionidae). *J. Chem. Ecol.* 21: 1619–1629.

Palaniswamy, P., Lamb, R. J. (1992): Host preference of the flea beetles *Phyllotreta cruciferae* and *P. striolata* (Coleoptera: Chrysomelidae) for crucifer seedlings. *J. Econ. Entomol.* 85: 743-752.

Pandy, R. C. és Dev, S. (1968): Studies in sesquiterpenes. XXX. Synthesis of arhimachalene and himachalenes. *Tetrahedron*, 24: 3829-3839.

Payne, T. L. Coster, J. E., Richerson, J. V., Edson, L. J., Hart, E. R. (1978): Field response of the southern pine beetle to behavioral chemicals. *Environ. Entomol.*, 7: 578-582.

Peng, C. and Weiss, M. J. (1992): Evidence of an aggregation pheromone in the flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* (Goeze) (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Chem. Ecol.*, 6: 875-884.

Peng, C. and Weiss, M. J., Anderson, M. D. (1992): Flea beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) response, feeding, and longevity on oilseed rape and crambe. *Environm. Entomol.* 21: 604-609.

Peng, C., Bartelt, R. J., Weiss, M. J. (1999): Male crucifer flea beetles produce an aggregation pheromone. *Physiological Entomology*, 24: 98-99.

Petroski, R. J., Bartelt, R. J., Vetter, R. S. (1994): Male-produced aggregation pheromone of *Carpophyllus obsoletus* (Coleoptera: Nitidulidae). *J. Chem. Ecol.*, 20: 1483-1493.

Pivnick, Kenneth A., Lamb, Robert J. and Reed, D. (1992): Response of flea beetles, *Phyllotreta spp.*, to mustard oils and nitriles in field trapping experiments. *J. Chem. Ecol.*, 18: 863-873.

Pjatakova, V. L. (1928): *Phyllotreta cruciferae* Goez. In: **Pjatakova, V. L.** (ed): Bulletins of Mleew Horticultural Experiment Station, Flea beetles, Mleew, 14-34.

Pliske, T. E. (1975): Courtship behaviour and use of chemical communication by males of certain species of ithomiine butterflies (*Nymphalidae: Lepidoptera*). Ann. Entomol. Soc. Am., 68: 935-942.

Potter, M. J., Vanstone, V. A., Davies, K. A., Kirkegaard, J.A., Rathjen, A. J. (1999): Reduced susceptibility of *Brassica napus* to *Pratylenchus neglectus* in plants with elevated root levels of 2-phenylethyl glucosinolate. J. Nematol. 31: 291-298.

Raina, A. K. (1988): Selected factors influencing neurohormonal regulation of sex pheromone production in *Heliothis* species. J. Chem. Ecol. 14: 2063-2069.

Raina, A. K., Kingan, T. G., Mattoo, A. K. (1992): Chemical signals from host plant and sexual behaviour in moth. Science, 255: 592-594.

Rao, S., Cossé, A. A., Zilkowski, B. W. and Bartelt, R. J. (2003): Aggregation pheromone of cereal leaf beetle: Field evaluation and emission from males in the laboratory. J. Chem. Ecol. 29: 2165-2175.

Ratzka, A., Vogel, H., Kliebenstein, D. J., Mitchell-Olds, T., Kroymann, J. (2002): Disarming the mustard oil bomb. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 99:11223-11228.

Reed, D. W., Pivnick, K. A., Underhill, E. W. (1989): Identification of chemical oviposition stimulants for the diamondback moth, *Plutella xylostella*, present in three species of *Brassicaceae*. Entomol. Exp. Appl. 53: 277-286.

Reinecke, A., Ruther, J. and Hilker, M. (2002/a): The scent of food and defence: green leaf volatiles and toluquinone as sex attractant mediate mate finding in the European cockchafer *Melolontha melolontha*. Ecol. Lett. 5: 257-263.

Reinecke, A., Ruther, J., Tolasch, T., Francke, W. and Hilker, M. (2002/b): Alcoholism in cockchafers: orientation of male *Melolontha melolontha* towards green leaf alcohols. Naturwissenschaften 89: 265-269.

Renwick, J. A. A., Hughes, P. R., Krull, I. S. (1976): Selection production of cis and trans-verbenol from (-) and (+) alpha pinene by a bark beetle. Science, 191: 199-201.

Riddiford, L. M. (1967): Trans-2-hexenal: mating stimulant for polyphemus moth. Science, 158: 139-141.

Riddiford, L. M., Williams, C. M. (1967/a): Chemical signaling between polyphemus moths and between moth and host plant. Science, 156: 541.

Riddiford, L. M., Williams, C. M. (1967/b): Volatile principle from oak leaves: role in sex life of the polyphemus moth. Science, 155: 589-590.

Rochat, D., Akamou, F., Sangare, A., Mariau, D., and Mori, K. (1995): Piégeage de

Rhynchophorus phoenicis (Coleoptera: Curculionidae) a l'aide de stéréo-isomères de la phéromone d'agrégation. C. R. Acad. Sc. Paris, Life Sciences. 318: 183–190.

Rochat, D., Gonzalez, A., Dominique, M., Villanueva, A., Zagatti, P. (1991): Evidence for male-produced aggregation pheromone in American palm weevil, *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). J. Chem. Ecol. 17: 1221-1230.

Rochat, D., Mohammadpoor, K., Malosse, C., Avand-Faghieh, A., Lettere, M., Beauhaire, J., Pezier, A., Renou, M. and Abdollahi, G. A. (2004): Male aggregation pheromone of date palm fruit stalk borer *Oryctes elegans*, J. Chem. Ecol. 30: 387-407.

Rodman, J. E. and Chew, F. S. (1980): Phytochemical correlates of herbivory in a community of native and naturalised Cruciferae. Biochem. Syst. and Ecol. 8: 43-50.

Roelofs, W. L. and Cardé R.T. (1977): Responses of Lepidoptera to synthetic sex pheromone chemicals and their analogues. Annu. Rev. Entomol. 22: 377-405.

Roessingh, P. Stadler, E., Baur, R., Hurter, J. and Ramp, T. (1997): Tarsal chemoreception and oviposition behaviour of the cabbage root fly (*Delia radicum*). Physiol. Entomol. 22: 140-148.

Ruther, J. and Hilker, M. (2003): Attraction of forest cockchafer, *Melolontha hippocastani* to (Z)-3-hexen-1-ol and 1,4-benzoquinone: application aspects. Entomol. Exp. Appl. 107: 141-147.

Ruther, J., Reinecke, A., Thiemann, K., Tolasch, T., Francke, W. and Hilker, M. (2000): Mate finding in the forest cockchafer, *Melolontha hippocastani*, mediated by volatiles from plants and females. Physiol. Entomol. 25: 172-179.

Ruther, J., Reinecke, A. and Hilker, M. (2002): Plant volatiles in the sexual communication of *Melolontha hippocastani*: response towards time-dependent bouquets and novel function of (Z)-3-hexen-1-ol as a sexual kairomone. Ecol. Entomol. 27: 76-83.

Ryden, K. (1989): Brome mosaic virus, transmission and effect on yield in greenhouse trials. Journal of Phytopatology, 124. 256-258.

Ryden, K. (1990): Bromusmosaikvirus i strasad. Vaxtskyddsnotiser, 54: 81-85.

Sáringher Gy. (1984): A repcebólha (*Psylliodes chrysocephala* L., Col.: Chrysomelidae) nyári nyugalmi állapotáról. Növényvédelem, 5: 204.

Sáringher Gy. (1998): Keresztesvirárúak földibólhái- *Phyllotreta* fajok. In: Jenser G., Mészáros Z., Sáringher Gy. (eds.): A szántóföldi és kertészeti növények kártevői. Mezőgazda Kiadó, 212-214.

Sáringher, Gy. (1990): Földibólhák (Halticinae spp.). In: **Jermy, T. és Balázs, K.** (eds.): A növényvédelmi állattan kézikönyve. Akadémia Kiadó, Budapest, pp. 296-302.

Schmuff, N., Phillips, J. K., Burkholder, W. E., Fales, H. M., Chen, C. et al. (1984): The chemical identification of the rice and maize weevil pheromones. *Tetrahedron Lett.*, 25: 1533-1534.

Schneider, D., Boppre, M., Schneider, H., Thompson, W. R., Boriak, C. J. et al. (1975): A pheromone precursor and its uptake in male *Danaus* butterflies. *J. Comp. Physiol.*, 97: 245-256.

Schneider, D., Boppre, M., Zweig, J., Horsley, S. B., Bell, T. W. et al. (1982): Scent organ development in *Cretonotos* moths: regulation by pyrrolizidine alkaloids.- *Science*, 215: 1264-65.

Sen, A. (1988): Ultrastructure of the sensory complex on the maxillary and labial palpi of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *J. Morphol.* 195: 159-175.

Shelly, T. E., Dewire, A. L. M. (1994): Chemically mediated mating success in male Oriental fruit flies (*Diptera: Tephritidae*). *Ann Entomol. Soc. Am.*, 87: 375-382.

Shukla, D. D., Proeseler, G., Schmelzer, K. (1975): Studies on viruses and virus diseases of cruciferous plants. XVIII. Beetle transmission and some new natural hosts of *Erysimum latent virus*. *Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung.*, 10:211-215.

Smallegange, R. C., van Loon, J. J. A., Blatt, S.E., Harvey, J. A., Agerbirk, N., Dicke, M. (2007): Flower vs leaf feeding by *Pieris brassicae*: Glucosinolate-rich flower tissues are preferred and sustain higher growth rate. *J. Chem. Ecol.* 33: 1831-1844.

Southwood, R. (1986): Plant surfaces and insects. In: **Juniper, B. and Southwood, R.** (eds.): *Insects and plant surface*, Edward Arnold, Baltimore, MD, pp. 1-22.

Soroka, J. J., Bartelt, R. J., Zilkowski, B. W., Cosse, A. (2005): Responses of flea beetle *Phyllotreta crucifrae* to synthetic aggregation pheromone components and host plant volatiles in field trials. *J. Chem. Ecol.* 31: 1829-1843.

Spilák K., Garamvölgyi I., Balázs K. (1998): A karfiol és a brokkoli növényvédelme. *Növényvédelem*, 34: 4 137-145.

Stadler, E., Renwick, J. A. A., Radke, C. D. és Sachdev-Gupta, K. (1995): Tarsal chemoreceptor response to glucosinolates and cardenolides mediating oviposition in *Pieris rapae*. *Physiol. Entomol.* 20: 175-187.

Stobbs, L. W., Cerkauskas, R. F., Lowery, T., Van-Driel, L. (1998): Occurrence of turnip yellow mosaic virus on Oriental cruciferous vegetables in southern Ontario, Canada. *Plant-Disease*, 82, 351.

Stockel J. P. és Boidron, J. N. (1981): Influence d'extraits aromatiques de grains de Mais sur l'activité reproductrice de l'alucite des céréales *Sitotroga cerealella* (Lépidoptère: Gelechiidae) en conditions naturelles. *C. R. Acad. Sci.*, 292: 343-346.

Szeőke K., Gáborjáni R., Kobza S., Rátainé Vida R. (1996): A csemegekukorica növényvédelme. *Növényvédelem*, 32: 9 459-466.

Szeőke, K. (1997): A muharbolha kártétele tavaszi árpán és kukoricán. *Növényvédelem*, 33: 1 33-34.

Szócs, G. (1993): Feromoncsapdák a magyar piacon. *Növényvédelem*, 29: 191-193.

Tahvanainen, J. O. és Root, R. B. (1972): The influence of vegetational diversity on the population ecology of a specialized herbivore, *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Oecologia* 10: 321-346.

Tóth M. (1990): Kémiai kommunikáció a rovaroknál. In: Darvas B. (ed.): A növényvédelmi rovarélettan és toxikológia alapjai. Debrecen, DATE Nyomda, p. 98-105.

Tóth, M. és Szócs, G. (1993): Feromonkutatásaink másfél évtizede az MTA Növényvédelmi Kutatóintézetében. *Növényvédelem*, 29: 101-109.

Tóth, M., Imrei, Z., Szócs, G. (2000/a): Ragacsmentes, nem telítődő, nagy fogókapacitású új feromonos csapdák kukoricabogárra (*Diabrotica virgifera virgifera*, Coleoptera: Chrysomelidae) és gyapottok bagolylepkére (*Helicoverpa (Heliothis) armigera*, Lepidoptera: Noctuidae). In: **Ripka, G., Vendrei, Zs., Olasz, Zs., Spilák K., Kovács, G.** (eds.): Integrált termesztés a kertészeti és szántóföldi kultúrákban. 44-49.

Tóth, M., Imrei, Z., Sivcev, I. and Tomasek, I. (2000/b): Recent advances in trapping methods of *Diabrotica v. virgifera*: high capacity, non-sticky traps and effective trapping range. *IOBC IWGO Newsletter* 21: 31-32.

Tóth M., Csonka É., Bakcsa F., Benedek P. (2004): Allil izotiocianáttal csalétkezett csapdatípusok alkalmasságának összehasonlítása földibolhák (*Phyllotreta spp.*) (Coleoptera, Chrysomelidae) fogására. *Növényvédelem*, 125-130.

Tóth M., Csonka É., Bartelt, R. J., Cossé, A. A., Zilkowski, B. W., Muto, S. E. and Mori, K. (2005): Pheromonal activity of compounds identified from male *Phyllotreta cruciferae*: field tests of racemic mixtures, pure enantiomers, and combinations with allyl isothiocyanate. *J. Chem. Ecol.*, 31, 2705-2720.

Tóth M., Csonka É., Szarukán I., Vörös G., Furlan, L., Imrei Z. and Vuts J. (2006): The KLP+ ("hat") trap, a non-sticky, attractant baited trap of novel design for catching the western corn rootworm (*Diabrotica v. virgifera*) and cabbage flea beetles (*Phyllotreta spp.*) (Coleoptera: Chrysomelidae). *International Journal of Horticultural Science*, 12, 57-62.

Tóth, M., Csonka, É., Bakcsa, F., Benedek, P., Szarukán, I., Gomboc, S., Toshova, T., Subchev, M., Ujváry, I. (2007): Species spectrum of flea beetles (*Phyllotreta spp.*,

Coleoptera, Chrysomelidae) attracted to allyl isothiocyanate baited traps in Hungary, Slovenia and Bulgaria. *Z. Naturforsch.*, 62c, 772-778.

Travers-Martin, N., Müller, C. (2007): Specificity of introduction responses in *Sinapis alba* L. and their effects on specialist herbivore. *J. Chem. Ecol.* 33: 1582-2597.

Tsao, R., Reuber, M., Johnson, L., Coats, J. R. (1996): Insecticidal toxicity of glucosinolate-containing extracts from crambe seeds. *J. Agric. Entomol.* 13: 109-120.

Tsao, R., Peterson, C. J., Coats, J. R. (2002): Glucosinolate breakdown products as insect fumigants and their effect on carbon dioxide emission of insects. *BMC Ecology*, 2:5.

Tumlinson J. H., Hardee, D. D., Gueldner, R.C., Thompson, A. C., Hedin, P. A. (1969): Sex pheromones produced by male boll weevil: isolation, identification, and synthesis. *Science.*, 166: 1010-1012.

Turnock, W. J. és Turnbull, S. A. (1994): The development of resistance to insecticides by the crucifer flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* (Goeze). *Can. Entomol.* 126: 1369-1375.

Ulmer, B., Dorsall, L. M. (2006): Emergence of overwintered and new generation adults of the crucifer flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* (Goeze) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Crop Protection.* 25: 23-30.

van Dam, N. M., de Jong T. J., Iwasa, Y., Kubo, T. (1996): Optimal distribution of defenses: Are plants smart investors? *Funct. Ecol.* 10: 128-136.

van Dam, N. M., Tytgat, T. O. G., Kirkegaard, J. (2008): Root and shoot glucosinolates: a comparison of their diversity, function and interactions in natural and managed ecosystems. *Phytochem. Rev.* doi: 10.2007/s11101-008-9101-9.

van Leur, H., Raaijmakers, C., van Dam, N. (2008): Reciprocal interactions between the cabbage root fly (*Delia radicum*) and two glucosinolate phenotypes of *Barbarea vulgaris*. *Entomol. Exp. Appl.* doi: 10.1111/j.1570-7458.2008.00722.x.

Varma, B. K. (1961): Bionomics of *Phyllotreta cruciferae* GOEZE (Coleoptera: Chrysomelidae) reared on radish in India. *Indian J. Agric. Sci.*, 31: 59-63.

Vaughn, T. T. (1990): Influence of host plant characteristics on behaviour of crucifer feeding flea beetle, *Phyllotreta cruciferae*. M. S. thesis, Ohio State University, Columbus

Vaughn, T. T. and Hoy C. W. (1993): Effect of leaf age, injury, morphology and cultivars on feeding behavior of *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environment. Entomol.*, 22: 418-424.

Vig K. (1990): A közönséges földibolha (*Phyllotreta cruciferae* Goeze) életmódja Magyarországon (Coleoptera: Chrysomelidae). *Növényvédelem*, 26: 221.

Vig K. (1991): The effect of the photoperiod on the life cycle of *Phyllotreta* flea beetles (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *Elytron Suppl.*, 5 (1): 269-274.

Vig K. (1992): Gyakoribb *Phyllotreta*-fajok kapcsolata a tápnövényekhez (*Coleoptera, Chrysomelidae, Alticinae*). *Savaria, A Vas Megyei Múzeumok Értesítője*, 20: 281-294.

Vig K. (1996/a): Leaf beetle fauna of the Praenoricum, Western Hungary (*Coleoptera, Chrysomelidae sensu lato*). *Praenorica Folia historico-naturália*, 3, p. 178.

Vig K. (1996/b): Host plant selection by *Phyllotreta vittula* (Redtenbacher, 1849).- Proceedings of Fourth International Symposium on the Chrysomelidae Proceedings of XX I.C.E., Firenze, Mus. Reg. Sci. Nat. Torino, 233-251.

Vig K. (1998/a): Biology of the crucifer flea beetle in Hungary (*Phyllotreta cruciferae* Goeze, 1777) (*Coleoptera: Chrysomelidae, Alticinae*). VIth European Congress of Entomology. České Budějovice, 203.

Vig K. (1998/b): Data on the biology of *Phyllotreta vittula* (Redtenbacher, 1849) (*Coleoptera: Chrysomelidae: Alticinae*). *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.*, 63/2a 357-363.

Vig, K. (2003/a): Biology of *Phyllotreta* (*Alticinae*), with emphasis on Hungarian and European species. In: **Jolivet, P., Santiago-Blay, J. A., Schmitt, M.** (eds): *New developments in the biology of Chrysomelidae*. SPB Academic Publishing bv, The Hague, The Netherlands, pp. 565-576.

Vig, K. (2003/b): Data on the biology of cabbage stem flea beetle, *Psylliodes chrysocephalus* (Linneaus, 1758) (*Coleoptera, Chrysomelidae, Alticinae*). *Comm. Appl. Biol. Sci.*, Ghent University, 68: 231-237.

Vig, O. P., Chugh, O. P. és Matta, K. L. (1970): Terpenoids LIII. Synthesis of (\pm)-gamma-cadinene. *Indian J. Chem.* 8: 29-32.

Vincent, C., Stewart, R. K. (1981): Flea beetles (*Coleoptera: Chrysomelidae*) associated with cultivated crucifers in southwestern Quebec, Canada. *Ann. Soc. Entom. Que.*, 26(2): 112-118.

Vincent, C. and Stewart, R. K. (1983): Crucifer-feeding flea beetle dispersal and statistics of directional data. *Environmental Entom.*, 12: 1380-1383.

Vincent, C. and Stewart, R. K. (1984): Effect of allyl isothiocyanate on field behaviour of crucifer-feeding flea beetles (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *J. Chem. Ecol.*, 10: 33-40.

Vincent, C., Stewart, R. K. (1985): Influence of trap color on captures of adult crucifer-feeding flea beetles. *Journal of Agricultural Entomology*, 3(2): 120-124.

Vörös G. és Garamvölgyi I. (1998): A szabadföldi karalábé növényvédelme. *Növényvédelem*, 34: 4, 193-200.

Walgenbach, C. A., Burkholder, W. E., Curtis, M. J., Khan, Z. A. (1987): Laboratory trapping studies with *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.*, 80: 763-467.

Walkey, D. G. A., Pink, D. A.C., Bolland, C. J., Miller, A., Walsh, J. A., Tomlinson, J. A. (1986): Virus diseases of brassicas and watercress. 36th Annual Report for 1985, National Vegetable Research Station, 60-62.

Wall, C. (1989): Monitoring and spray timing. In: A. R. Justum és R. F. S. Gordon (eds.): *Insect Pheromones in Plant Protection*, John Wiley & Sons, p. 39-87.

Weiss, M. J., Mcleod, P., Schatz, G. B. és Hanson, B. K. (1991): Potential for insecticidal management of flea beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on canola. *J. Econ. Entomol.* 84: 1597-1603.

Westdal, P. H. és Romanow, W. (1972): Observations on the biology of the flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae) *Manit. Entomol.* 6: 35-45.

Winfield, A. L. (1992): Management of oilseed rape pests in Europe. *Agricultural Zoology Reviews*, 5: 51-95.

Wittstock, U., Agerbirk, N., Stauber, E. J., Olsen, C. E., Hippler, M., et al. (2004): Successful herbivore attack due to metabolic diversion of a plant chemical defense. *Proc Natl. Acad. Sci. USA* 101: 4859-4864.

Wood D. L. (1982): The role of pheromones, kairomones, and allomones in the host selection and colonization behaviour of bark beetles. *Annu. Rev. Entomol.* 27: 411-446.

Young, H. S. (1990): Flower of *Couropita guianensis*: a male fruit fly attractant of the methyl eugenol group. *Nat. Malays.*, 15: 92-97.

Zatykó F. (1994): Káposztafélék. In: **Balázs S.** (ed.): *Zöldségtermesztők kézikönyve*. Mezőgazda Kiadó, pp. 475-478.

Zilkowski, B. W., Cossé, A. A., Bartelt, R. J. (2004): Male-specific compounds from three species of *Phyllotreta* flea beetles. *Nat. Entomol. Soc. Of Americ. Ann. Meeting*, Abstract No. D0331.

8. MELLÉKLETEK

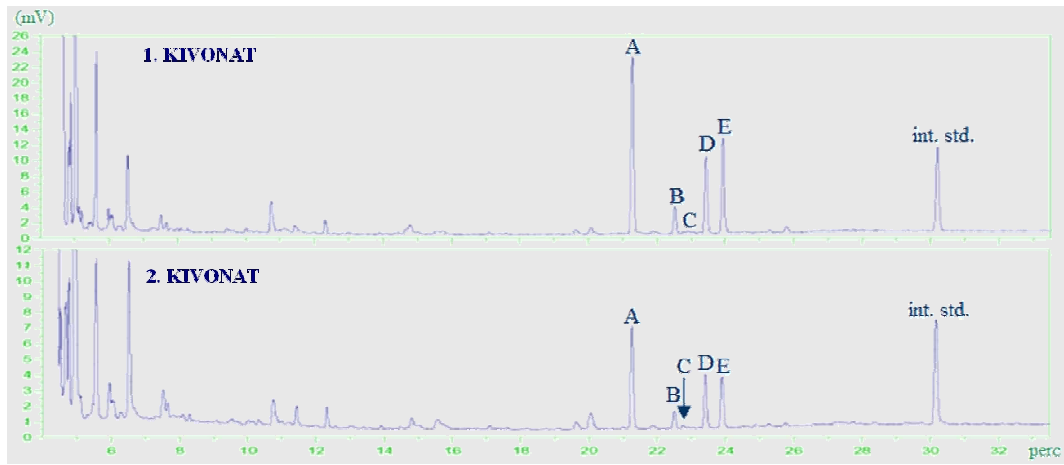
1. melléklet Csapdázásos kísérleteink során befogott földibolha fajok latin neve, leírója, valamint magyar neve

A FAJ LATIN NEVE (LEÍRÓ)	A FAJ MAGYAR NEVE
<i>Chaetocnema concinna</i> (Marsham, 1802)	komlóbolha
<i>Phyllotreta atra</i> (Fabricius, 1775)	fekete káposztabolha
<i>Phyllotreta balcanica</i> (Heikertinger, 1909)	–
<i>Phyllotreta cruciferae</i> (Goeze, 1777)	közönséges káposztabolha
<i>Phyllotreta diademata</i> (Foudras, 1859)	–
<i>Phyllotreta nemorum</i> (Linnaeus, 1758)	nagy káposztabolha
<i>Phyllotreta nigripes</i> (Fabricius, 1775)	feketelábú földibolha
<i>Phyllotreta nodicornis</i> (Marsham, 1802)	–
<i>Phyllotreta ochripes</i> (Curtis, 1837)	–
<i>Phyllotreta procera</i> (Redtenbacher, 1849)	–
<i>Phyllotreta undulata</i> (Kutschera, 1860)	csíkos káposztabolha
<i>Phyllotreta vittula</i> (Redtenbacher, 1849)	muharbolha
<i>Psylliodes chrysocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	repcebolha

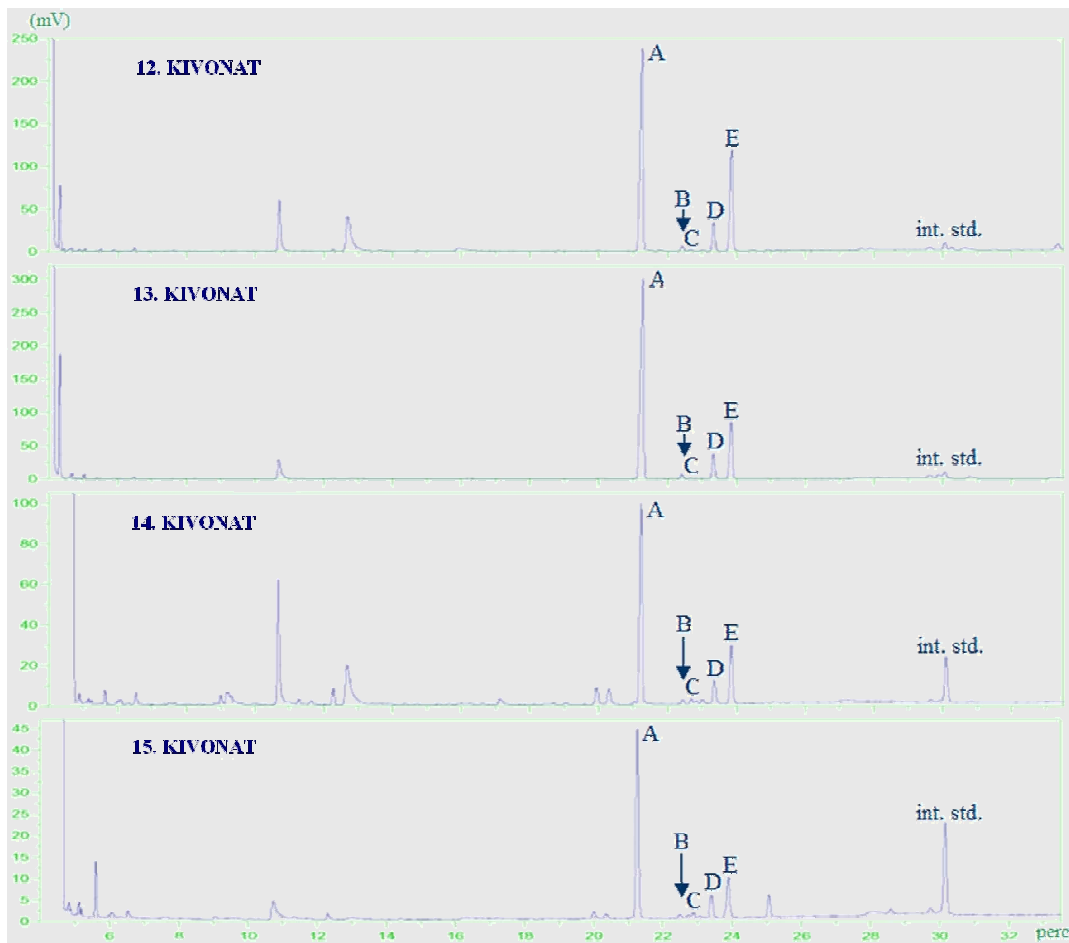
2. melléklet A kísérletek során alkalmazott vegyületek, vagy keverékek dolgozatban használt rövidítései és azok pontos kémiai megnevezése

A VEGYÜLET/KEVERÉK RÖVIDÍTÉSE	A VEGYÜLET/KEVERÉK ÖSSZETEVŐINEK KÉMIAI NEVE
A KÖZÖNSÉGES KÁPOSZTABOLHÁBÓL AZONOSÍTOTT HÍM-SPECIFIKUS VEGYÜLETEK	
A	(6R, 7S)-2,2,6,10-tetrametilbicyclo[5.4.0]-undeka-1(11),9-dién
B	(1R,7R)-2,2,10-trimetil-6-metilén-bicyclo[5.4.0]undek-10-én
C	(6R,7S)-2,2,6-trimetil-10-metilén-bicyclo[5.4.0]-undek-1(11)-én
D	gamma-kadinén
E	(R)-ar-himachalén
H	(1S, 2R)-2,6,6-trimetilbicyclo[5.4.0]undek-7-én-9-on
NÖVÉNYI ILLATANYAGOK (IZOTIOCIÁNÁTOK ÉS TIOCIÁNÁTOK)	
ALLYL ITCN	allil-izotiociánát
BUT ITCN	butil-izotiociánát
3BUT ITCN	3-butenil-izotiociánát
PHEN ITCN	fenetil-izotiociánát
2BUT ITCN	2-butenil-izotiociánát
2BUT TCN	2-butenil-tiociánát
BUT TCN	butil-tiociánát
PHEN TCN	fenil-tiociánát
ITCN MIX	3-butenil-, fenetil-, 2-butenil-és butil-izotiociánát keveréke (20:10:2:1)

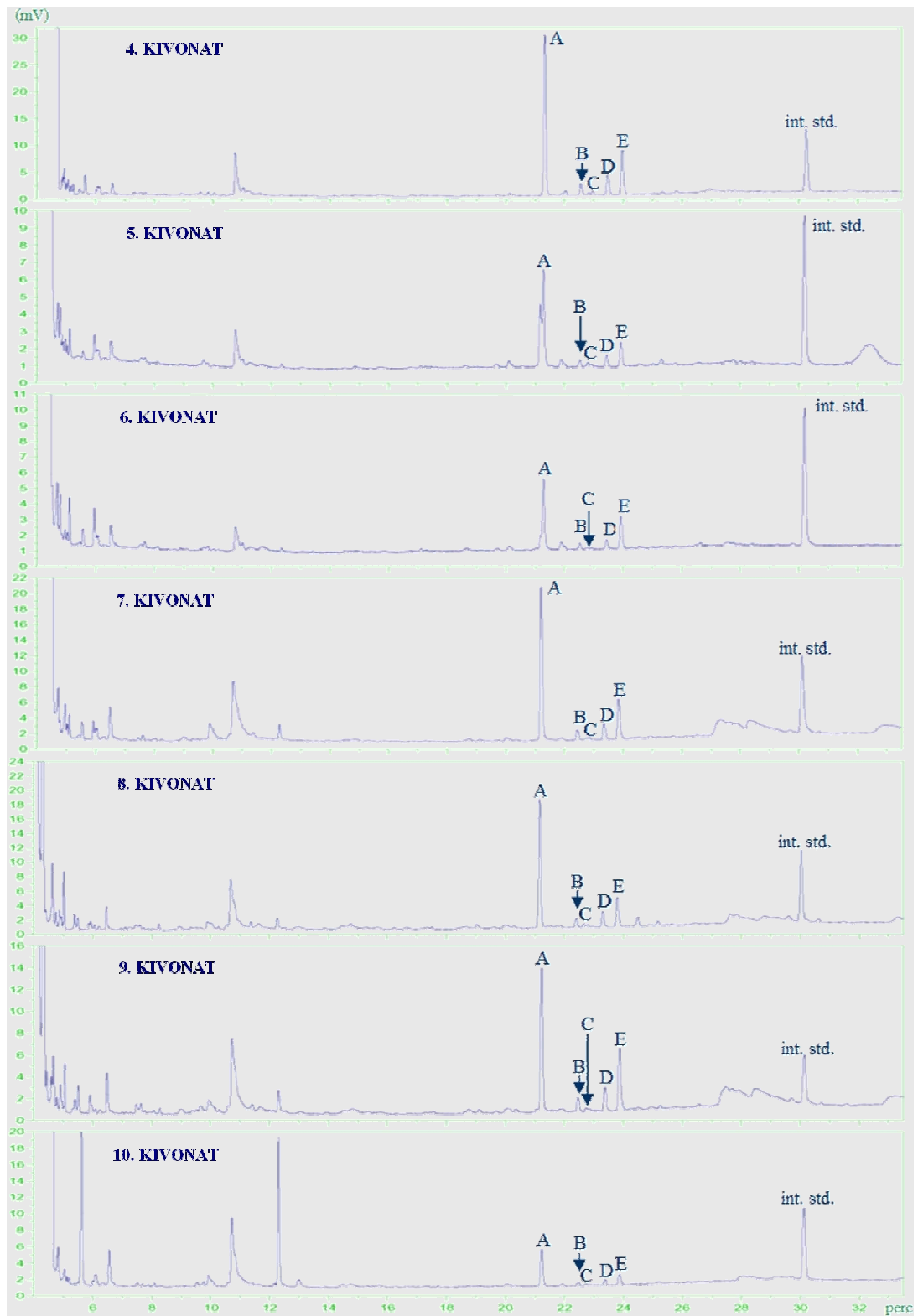
3. melléklet A közönséges káposztabolha (*Phyllotreta cruciferae*) hím egyedei által kibocsátott és levegőáramlásos eljárással zárt rendszerben („closed loop stripping”) összegyűjtött illatanyagok gázkromatográfiás analízise. A kivonatok adatait lásd: 8. táblázat. Internális standard: tetradekanil acetát (10 ng)



4. melléklet A feketelábú földibolha (*Phyllotreta nigripes*) hím egyedei által kibocsátott és levegőáramlásos eljárással zárt rendszerben („closed loop stripping”) összegyűjtött illatanyagok gázkromatográfiás analízise (gázkromatográfálás paramétereit, internális standardot lásd: 1. melléklet, a kivonatok adatait lásd: 8. táblázat)



5. melléklet A muharbolha (*Phyllotreta vittula*) hím egyedei által kibocsátott és levegőáramlásos eljárással zárt rendszerben („closed loop stripping”) összegyűjtött illatanyagok gázkromatográfiás analízise (gázkromatografálás paramétereit, internális standardot lásd: 1. melléklet, a kivonatok adatait lásd: 8. táblázat.)



10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Kutatásunkat részben a T 043289 sz. OTKA pályázat támogatásával végeztük.

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Dr. Tóth Miklósnak szakmai irányításáért, a lehetőségért, hogy vele dolgozhatok, végtelen türelméért és mindazért a rengeteg ismeretért, amelyet átadott nekem közös munkáink során.

Köszönöm belső konzulensemnek, Dr. Péntes Bélának, valamint a Rovartani Tanszék dolgozóinak egyetemi és kutatói éveimben nyújtott minden biztatásukat és támogatásukat.

Ezúton szeretném megköszönni minden segítségét a Feromon-csoport tagjainak, név szerint: Dr. Szöcs Gábornak, Dr. Imrei Zoltánnak, Vuts Józsefnek, Bagarus Anitának, Ujjné Katinak, Jurkó Viktóriának, Suvada Annának, Gombos Mónikának és Hertelendyné Bogdány Veronikának.

Hálás köszönet illeti Dr. Vig Károlyt, a Savaria Múzeum taxonómusát a *Phyllostreta* fajok határozásához átadott rendkívül értékes ismeretekért.

Köszönöm Robert J. Barteltnak, Allard A.Cossénak, és Bruce W. Zilkowskinak, hogy a káposztabolhák feromonok segítségével történő kémiai kommunikációjával kapcsolatos kutatásokban közös projekt keretében dolgozhattam velük együtt.

Köszönöm Dr. Ujváry Istvánnak és Dr. Gömöry Ágnesnek a GC-MS analízisben nyújtott segítségüket.

Végezetül köszönet illeti Családomat azért a rengeteg segítségért, biztatásért és támogatásért, amit kaptam Tőlük minden pillanatban.