

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

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

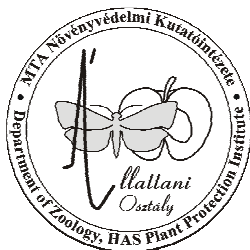
Csonka Éva

Témavezető: **Dr. Tóth Miklós**

Tanszéki konzulens: **Dr. Pénzes Béla**

Készült a:

**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. Pénzes 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

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLJAI

A káposztaféléken élő káposztabolha fajok (*Phyllotreta spp.*, Coleoptera, Chrysomelidae) keresztesvirágú növények régóta ismert, jelentős kártevői, mind Európában, mind Amerikában. Jelentőségük a természetben lévő, keresztesvirágú tápnövényeik széles skálájával magyarázható.

Ezen egy nemzedékes fajok legjelentősebb kártételét a kora tavasszal aktívvá váló, áttelelt imágók okozzák. Rágásuk nyomán a levelek szitaszerűvé válnak, vízháztartási zavar alakul ki. Helyrevetés esetén, a növény korai stádiumában nagy mérvű mortalitást, a növekedés súlyos blokkolódását, később egyenlőtlen érést idézhetnek elő.

A *Phyllotreta*-fajok kártételének jelentőségét súlyosbítja a tény, hogy e nemzetség fajai számos kórokozó vektoraként ismertek.

A káposztabolha fajok elleni védelemben nagy segítséget jelentene a számos más kártevő esetében már sikeresen alkalmazott csapdával történő előrejelzés kifejlesztése. Ezzel a módszerrel a tavasszal aktívvá váló, valamint a nyár második felére kifejlődő imágók megjelenésének időpontját nyomon lehetne követni és a populáció méretét fel lehetne mérni.

E fajok csalogatására régóta ismert illatanyagok az izotio- és tiocianátok, melyek a keresztesvirágú növényekben található, önmagukban táplálkozási és petézési stimulust kiváltó, nem illékony glükozinolátok bomlása során szekunder metabolitként szabadulnak fel. Közülük a legismertebb táplálkozási attraktáns az allil-izotiocianát (ALLYL ITCN), amelynek egyes káposztabolhákra gyakorolt csalogató hatását számos kutató igazolta.

Az ALLYL ITCN mellett egyéb izotiocianátok és tiocianátok is számottevő vonzó hatást gyakorolhatnak a káposztabolhákra. Ennek mélyrehatóbb vizsgálatát néhány kutató által eddig leírt pozitív eredmény teszi indokolttá.

Amerikai kutatók nemrégiben kimutatták, hogy a káposztabolhák kémiai kommunikációjában feromonok is szerepet játszanak. A közönséges káposztabolhán (*Phyllotreta cruciferae* Goeze) végzett vizsgálataik során bebizonyosodott, hogy e faj hím egyedei aggregációs feromont termelnek. A bogarak által a levegőbe kibocsátott illatanyag visszafogásával és analizálásával több hím-specifikus vegyületet sikeresen azonosítottak, amelyek a következők voltak:

- (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.

Az azonosított vegyületek keveréke egy Észak-Amerikában végrehajtott előzetes, szabadföldi csapdázásos tesztelés során aktívnak bizonyult a közönséges káposztabolhára. A keverék szinergizmust mutatott vonzó hatásban az ALLYL ITCN-tal, mint táplálkozási attraktánszal együtt alkalmazva. Feltételezhető, hogy ezek a komponensek hatékonyan felhasználhatók lesznek nagyobb vonzó képességű és így érzékenyebb előrejelzést biztosító csalogatóanyagként.

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

1.1. Az ALLYL ITCN által csalogatott magyarországi káposztabolha fajspektrum vizsgálata

A káposztabolha fajok esetében legrégebb óta ismert táplálkozási attraktánst, az ALLYL ITCN-ot, vizsgáltuk abból a szempontból, hogy milyen hazai, Szlovéniában és Bulgáriában előforduló káposztabolha fajokra gyakorol vonzó hatást és mindezek alapján alkalmas lehet-e a későbbiekben növényvédelmi előrejelzésre.

1.2. A különböző izotio- és tiocianátok káposztabolha fajokra gyakorolt relatív vonzókéességének vizsgálata

Több, táplálkozási attraktánsként szóba jövő izotio- és tiocianátonál vizsgáltuk, hogy megfigyelhető-e ezen illatanyagok esetében eltérő illatanyag-preferencia a különböző káposztabolha fajokra nézve.

A tesztelt izotiocianátok és tiocianátok között szerepelt az ALLYL ITCN-on kívül a 2-butenil-tiocianát, a butil-tiocianát, a fenil-tiocianát, a 3-butenil- (3BUT ITCN), fenetil-, 2-butenil- és butil-izotiocianát.

1.3. A káposztabolhák feromonok segítségével történő kémiai kommunikációjának vizsgálata

A közönséges káposztabolhából azonosított hím-specifikus vegyületek keverékének és azok különböző kombinációinak, valamint enantiomerikus formáinak viselkedést-befolyásoló hatását teszteltük ALLYL ITCN, illetve 3BUT ITCN jelenlétében, szabadföldi csapdázásos kísérletben. Célul tűztük ki annak tisztázását, hogy a közönséges káposztabolhából azonosított

hím-specifikus vegyületek közül vajon melyik rendelkezik tényleges szabadföldi aktivitással, és tekinthető tényleges feromon-komponensnek. Labormunka keretein belül megkíséreltük több káposztabolha faj feromon-szerkezetének azonosítását.

1.4. Káposztabolhák fogására alkalmas csapda-alakok összehasonlítása

Ahhoz, hogy kiterjedtebb kísérleteinket megkezdhessük, szükség volt egy, a káposztabolha fajokat hatékonyan fogó, megfelelő érzékenységgű, nagy fogókapacitású csapdatípus kiválasztására. A továbbiakban célunk volt azon megbízható, nem telítődő csapdatípus megtalálása is, amely a későbbiekben, a gyakorlatban nagy biztonsággal alkalmazható a káposztabolhák előrejelzésére és rajzásuk nyomon követésére.

A kutatásokat az MTA Növényvédelmi Kutató Intézetében, témavezetőm, Dr. Tóth Miklós vezetésével végeztem. Résztevékenységem számos szabadföldi kísérlet megtervezését, felállítását és ellenőrzését, 2002-től a fogott bogarak határozását, valamint az eredmények statisztikai kiértékelését foglalta magában. 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. A KÍSÉRLETEK HELYE, ANYAGA ÉS MÓDSZERE

2.1. A kísérletek helyszínei

A különböző célú kísérleteinket Magyarországon Pest megyében (Vecsés, Budakalász, Pustazámor), Fejér megyében (Agárd, Pusztaszabolcs, Nadap, Kápolnásnyék, Ercsi), Győr-Moson-Sopron megyében (Dunasziget), Tolna megyében (Dunaföldvár), Zala megyében (Pusztaszentlászló, Szentlisló) és Hajdú-Bihar megyében (Debrecen) végeztük, 2000 és 2006 között. Kísérleti helyszíneink között szerepeltek szlovéniai (Ljubljana) és bulgáriai (Sofia) kísérleti területek is. A kísérleteink káposztarepce, fehérmustár, kukorica, kelkáposzta és fejes káposzta növénykultúrákban, illetve ugaron, gyomszegélyben voltak elhelyezve.

A kísérletek során az egyes ismétlésekhez tartozó csapdákat, illetve kezeléseket egy csoportban helyeztük el, talajszintben. A csapdák egymástól való távolsága csoporton belül 8-

10 m, az egyes csapdacsoportok közti távolság 20-80 m volt. A kezelések alkalmazott ismétlésszáma 2 -10 között változott, kísérlettől függően.

A csalétkeket 2-3 hetente cseréltük a csalétek és a csalogatóanyag típusától függően a kísérletek időtartalma alatt.

A csapdákat 2-3 naponként ellenőriztük. A fogott bogarakat a csapdákból eltávolítva, későbbi határozás céljából kisméretű tasakokba helyeztük lezárva, azonosító címkével ellátva. Néhány, a dolgozatban külön megjelölt kísérlet kivételével a fogott káposztabolha egyedek faj szerinti elkülönítését az MTA NKI laboratóriumában magunk végeztük. A fajok elkülönítésének módját Vig Károly (Savaria Múzeum, Szombathely) segítségével sajátítottuk el.

2.2. Csapdatípusok és csalétek (kibocsátók)

Kísérleteink során a CSALOMON[®] csapdacsalád ragacsos RAG csapdatípusát, illetve a nem telítődő VARL+, VARs+, és KLP+ csapdatípusait alkalmaztuk. A nem telítődő csapdák fogóedényébe a fogott rovarok elölése végett a kb. 1 x 1 cm-nyi darabkát tettünk a Chemotox[®] molyirtó kazettából (hatóanyag 15% diklórfosz).

A csalogatóanyagok kibocsátására a növényi illatanyagok esetében polietilén tasakot, vagy polietilén fiola kibocsátót alkalmaztunk. A közönséges káposztabolha hím-specifikus vegyületeinek különböző kombinációjú keverékét és királis formájukat tartalmazó csalétkeket gumi kibocsátóra formulálva, elkészítve kaptuk Robert J. Bartelt kutatócsoportjától (USDA, ARS, Natl. Ctr. Agric. Util. Res., Peoria, USA).

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

2.3. Vegyületek

A kipróbálásra kerülő növényi illatanyagok a Sigma Aldrich Kft-től (Budapest), néhai Prof. E. Möttustól (Tartu Egyetem, Észtország), valamint Ujváry István (MTA KKKI) szintéziséből származtak.

A közönséges káposztabolha hím egyedeiből azonosított "A", "C", "E", "H" vegyületek racém formáját Robert J. Bartelt és kutatócsoportja (Peoria, USA), tiszta (kb. 97%-os tisztaság) enantiomerikus formáját Kenji Mori és kutatócsoportja (Tokió, Japán) állították elő. A "D" vegyület (+) enantiomerikus formája citronella olajból lett nyerve.

2.4. Statisztika

A statisztikai vizsgálatokban a fogásokra az ilyen típusú adatoknál szokásos $(x+0.5)^{1/2}$ transzformációt alkalmaztuk, majd az átlagok közötti különbségek szignifikanciáját kétmintás t-teszttel (két kezelés esetén), vagy varianciaanalízissel (kettőnél több kezelés esetén), majd Games-Howell teszttel vizsgáltuk. Abban az esetben, ha egy adott kezelés nem fogott egyetlen egyed sem a teljes kísérlet alatt, Bonferroni-Dunn teszttel ellenőriztük, hogy a többi kezelés átlagos fogása különbözik-e szignifikánsan a nulla fogásoktól. Az ettől eltérő statisztikai vizsgálatokat a dolgozatban 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.

2.5. Káposztabolha fajok feromon-kivonása

A hazai káposztabolha fajok feromon-vizsgálataihoz a feromont az élő állatokból kellett kivonni.

A kísérlethez a káposztabolha fajok egyedeit a tavaszi időszak során pusztazámori, júlianna-majori és kápolnásnyéki kísérleti területről gyűjtöttük be, különböző keresztesvirágú kultúrákból. A begyűjtés fűhálózással és élve fogó, ölöanyag nélküli KLP csapdák kihelyezésével történt.

A feromon-kivonást megelőzően a befogott bogarakat előre nevelt káposzta, vagy karalábé palántákon tartottuk fent, hosszúnappalos körülmények között (világos: sötét szakasz = 18: 6 óra). Az élő egyedek fajra határozása sztereomikroszkóp segítségével, külső jegyek alapján történt. Az ivari elkülönítést a hasi (abdominális) oldal vizsgálatával, a potrohcsúcs eltérő alakja alapján végeztük. A kivonást követően az ivari elkülönítés helyességét utólag boncolással visszaellenőriztük.

Az illatanyag visszagyűjtés ideje alatt a káposztabolhákat hosszúnappalos körülmények között tartottuk és táplálékkal (káposzta, vagy karalábé torzsa, káposztafalánta) láttuk el.

A feromon-kivonást a levegőbe kibocsátott illatanyagok összegyűjtésével, levegőáramlásos eljárással valósítottunk meg egy zárt rendszerben („closed loop stripping”).

Az áramoltatott levegőből, a szaganyagok visszafogására nagy fajlagos felülettel rendelkező adszorbenst, szén szűrőt (CLSA-Filter, Brechbühler AG, Schlieren, Svájc) használtunk, amelyről az aktív vegyületek lemosása diklórmétánnal történt. A kivont

vegyületeket gázkromatográfiásan vizsgáltuk HP 5890 GC típusú gázkromatográfyon. Internális standardként tetradekanil acetátot alkalmaztunk 10 ng injektált mennyiségben.

A vegyületek szerkezet-azonosítását GC-MS módszerrel amerikai kutatótársaink (Robert J. Bartelt és kutatócsoportja) végezték el.

3. EREDMÉNYEK

Vizsgálataink főbb irányvonalainak tükrében kísérleti eredményeinket az alábbiakban foglalhatjuk össze:

3.1. Az ALLYL ITCN által csalogatott magyarországi káposztabolha fajspektrum vizsgálatának eredményei

Az 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.

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* Fabr.), a fekete káposztabolha (*Ph. atra* Fabr.), a muharbolha (*Ph. vittula* Redtenb.), a csíkos káposztabolha (*Ph. undulata* Kutsch), a *Ph. ochripes* Curt., a *Ph. diademata* Foudr., a *Ph. balcanica* Heikert., a *Ph. procera* Redtenb., a *Ph. nodicornis* Marsh., valamint a káposztabolhákkel közel rokon repcebolha (*Psylliodes chrysocephala* L.).

3.2. A különböző izotio- és tiocianátok káposztabolha fajokra gyakorolt relatív vonzókéességének vizsgálati eredményei

A különböző izotiocianátok és tiocianátok káposztabolha fajokra gyakorolt vonzókéességének vizsgálatát célzó kísérleteinkben két fajnál, a közönséges káposztabolhánál, valamint a muharbolhánál eltérő illatanyag-preferenciát sikerült kimutatnunk. A közönséges káposztabolhára az ALLYL ITCN, míg a muharbolhára a 3BUT ITCN gyakorolta a számottevőbb vonzó hatást. Mindkét káposztabolha faj esetében a hatékonyabbnak bizonyuló vegyület vonzó hatását nem csökkentette szignifikánsan a másik vegyület jelenléte.

A többi, kipróbálásra került izotiocianátnak és tiocianátnak nem mutattuk ki számottevő aktivitását.

1.3. A káposztabolhák feromonok segítségével történő kémiai kommunikációjának vizsgálati eredményei

Ebben a kísérlet-sorozatban sikerült igazolnunk az amerikai kémikusok által a közönséges káposztabolha amerikai populációjából azonosított, hím-specifikus vegyületek keverékének biológiai aktivitását e faj európai populációjára is.

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 az "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" komponenset termelték. A legkisebb mennyiségben minden vizsgált faj a "C" vegyületet termelte.

A fajok közül messzemenően legnagyobb mennyiségben a feketelábú földibolha hím egyedei bocsátották ki az "A" vegyületet.

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-specifikus "A", "B", "C", "D", "E" vegyületeket.

Szabadföldi kísérleteinkben elsőként állapítottuk meg a közönséges káposztabolha és a muharbolha esetében, hogy az aktivitást a (+) enantiomerikus forma hordozza.

Mindkét fenti faj esetében a "C", "D", "E" és "H" vegyületeknek nem mutattuk ki nyilvánvaló viselkedési aktivitását. 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 feromonális aktivitás egyértelműen bebizonyosodott kísérleteinkben. Mindezekből arra következtettünk, hogy feltehetően az "A" komponens jelenti a kulcs-vegyületet, és az "E", "H", "C" vegyületek funkciója feromon-komponensként minimális, vagy egyáltalán nincs szerepük a vonzó hatás kialakításában. A laborkísérleteinkben vizsgált fajok közül

minden káposztabolha faj ezt a vegyületet bocsátotta ki legnagyobb mennyiségben. A “B” vegyület előállításának nehézségei miatt nem került szabadföldi kipróbálásra.

Csapdázásos kísérletekben kimutattuk, hogy a hím egyedek által kibocsátott vegyületek megfelelő vonzókéességüket csak a tápnövényből származó illatanyag jelenlétében fejtik ki.

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.

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

Csapda-alkalmassági kísérleteink kezdeti fázisában mind a vizsgált ragacsos RAG csapdát, mind a varsás VARL+ és VARs+ csapdatípusokat megfelelő hatékonyságúnak és érzékenységűnek találtuk a kísérleti területünkön előforduló *Ph. procera*, közönséges káposztabolha, muharbolha, valamint a repcebolha fogására. Bár csak tendenciájukban, de a varsás csapdatípusok több bogarat fogtak, és az egyes ellenőrzési dátumokon is nagyobb fogásokat produkáltak, mint a ragacsos RAG csapdatípus. Ezt követő kísérleteink túlnyomó részét a VARL+ csapdatípussal végeztük.

Kísérleteink későbbi fázisában, egy káposztabolhákat még érzékenyebb fogó csapdatípus után kutatva úgy találtuk, hogy az eredetileg az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica v. virgifera* Le Conte) (Coleoptera, Chrysomelidae) fogására nemrégiben kifejlesztett, szintén nem telítődő KLP+ csapdatípus a VARL+ csapdánál szignifikánsan jobban fogja a kísérlet során előforduló közönséges káposztabolhát, muharbolhát, feketelábú földibolhát és a repcebolhát. 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. Eredményeink azt mutatják, hogy a KLP+ csapdatípus mind érzékenységben, mind az összes fogott bogármennyiség szempontjából jobban megfelel a káposztabolhák fogására, mint a VARL+ csapdatípus.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

4.1. Az ALLYL ITCN által csalogatott káposztabolha fajspektrum Magyarországon

Kísérleteinkben az ALLYL ITCN által vonzott tizenegy hazai káposztabolha faj közül hat faj fontos mezőgazdasági kártevőnek számít.

A közönséges káposztabolha egyike a legfontosabb kártevő káposztabolháknak. Számos termesztett keresztesvirágú növényen okoz károkat, így a fejeskáposzta [*Brassica oleracea* L. convar. *capitata* (L.) Alef.], karalábén [*Brassica rupestris* Raf. convar. *gongyloides* (L.) Janch.], kelkáposztán (*Brassica bullata* DC.) és brokkolin (*Brassica cretica* Lam. convar. *cymosa* Plenck), repce fajokon (*Brassica spp.*), fehér mustáron (*Sinapis alba* L.) és több növényi kórokozó vektora is.

A muharbolha szintén fontos kártevő káposztabolha faj, amely nemcsak keresztesvirágú növényeken, hanem olyan egyszikű termesztett fajokon is károsít, mint a tavaszi és őszi búza (*Triticum aestivum* L.), tavaszi árpa (*Hordeum vulgare* L.), őszi rozs (*Secale cereale* L.), a zab (*Avena sativa* L.), valamint a kukorica (*Zea mays* L.), de megél még a muhar fajokon (*Setaria spp.*) is. Jól ismert vektora a brome mosaic vírusnak.

A csíkos káposztabolha szintén a jelentős kártevő káposztabolha fajok közé tartozik és a turnip yellow mosaic vírus vektoraként ismert.

A feketelábú földibolha a fejes káposzta gyakori, fontos kártevője Nyugat-Európában.

A fekete káposztabolha szintén a termesztett keresztesvirágú növények igen jelentős kártevője Európában.

AZ ALLYL ITCN néhány szűkebb tápnövény körű, vagy ritkább előfordulású fajra is vonzó hatást gyakorolt.

A *Ph. balcanica* ritka fajnak tekinthető ebben a régióban. Tápnövényei a *Sinapis*, *Rorippa* és *Diplotaxis* nemzetségből kerülnek ki.

A *Ph. nodicornis* a Rezeda nemzetség fajain károsít.

A *Ph. diademata* gyakran fordul elő kaszálókon, réteken és a *Nestia*, *Rorippa* nemzetség fajain él, de a kínai kelről (*Brassica pekinensis*, Lour.) is leírták.

A *Ph. ochripes* tápnövényei az *Alliaria officinalis* Andrz. és a kínai kel, míg a *Ph. procera* többnyire Rezeda fajokon károsít.

A repcebolha a téli olajrepce (*Brassica napus* L.) és a mustár fajok jelentős kártevője.

Az eredmények azt mutatják, hogy az ALLYL ITCN megfelelő hatékonyságú, növényvédelmi előrejelzésre alkalmas csalétek lehet a káposztabolhák észlelésére és rajzásuk

nyomonkövetésére. 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.

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.

4.2. A különböző izotio- és tiocianátok káposztabolha fajokra gyakorolt relatív vonzóképesége

A közönséges káposztabolha és a muharbolha általunk megfigyelt eltérő illatanyag-preferenciája nem meglepő, hiszen a két faj eltérő tápnövény-körrel rendelkezik. Ismert, hogy a muharbolha tápnövényköre szélesebb, e faj nemcsak keresztesvirágú növényeken, hanem egyszikű növényfajokon is károsít.

A káposztabolhák kémiai kommunikációjáról szóló irodalmak a táplálkozási attraktánsok vonatkozásában főként az ALLYL ITCN-tal kapcsolatos vizsgálatokról írnak. Az erre vonatkozó irodalom rendkívül gazdag, míg az egyéb izotiocianátokról és tiocianátokról szóló irodalom ebben a vonatkozásban viszont szegényes. Az általunk vizsgált vegyületek közül az n-butyl-izotiocianát szerepelt más kutatók kísérleteiben. Ez utóbbi illatanyag hatása kísérleteinkben messze elmaradt a legnagyobb vonzóképeségű anyagok hatékonyságától.

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.

4.3. A káposztabolhák feromonok segítségével történő kémiai kommunikációjának vizsgálata

A közönséges káposztabolha amerikai populációjánál saját kísérletekkel párhuzamosan futó, előzetes, amerikai, csapdázásos kísérletek igazolták az azonosított hím-specifikus vegyületek keverékének aktivitását szabadföldön. Mind Amerikában, mind a saját, Európában végzett kísérleteinkben megállapításra került, hogy a hím-specifikus vegyületek az ALLYL ITCN vonzó hatását szinergikusan növelik, és hogy keverékük magasabb dózisa nagyobb válasz-reakciót vált ki, mint az alacsonyabb dózis. Szabadföldi és laborkísérleteink során bebizonyosodott, hogy a hím-specifikus komponensek széles körben előfordulhatnak a *Phyllotreta* nemzetségen belül és a vegyületeket közel hasonló arányban termelik az egyes

káposztabolha fajok. Szabadföldi kísérleteink arra utalnak, hogy a "C", "D", "E" komponensek a közönséges káposztabolhánál és a muharbolhánál feltehetően csak a bioszintetikus út különböző termékei, és szabadföldi aktivitásuk alapján nem tekinthetők feromon-komponensnek. Ahhoz azonban, hogy megtudjuk, hogy vajon a többi vizsgálat tárgyát képező fajnál is hasonló az aktivitásbeli szerepük, további vizsgálatok szükségesek.

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.

Sem az amerikai, sem a saját kísérleteinkben vizsgált fajoknál nem volt kimutatható, hogy a nőstény ivarú egyedek termelnék az "A", "B", "C", "D", "E", "H" vegyületeket.

Mind az amerikai vizsgálatok, mind a saját kísérleteink azt mutatták, hogy a káposztabolhánál a nappal hosszának komoly szerepe van a hím-specifikus vegyületek termelésében. A hím egyedek rövid nappalos körülmények között (világos szakasz: sötét szakasz 10:14 óra) beszüntetik a feromon-termelést. 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.

A káposztabolhákat kémiai kommunikációjuk alapján azon rovarok közé sorolhatjuk, amelyeknél a feromon és a tápnövény illatanyagának relatív fontossága hasonló mértékű. Számos olyan példa ismert a rovarvilágban, ahol a növényi illatanyag vonzó hatását a feromon jelenléte szinergikusan 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. A zöld levélből felszabaduló illatanyagok kis mértékű vonzó hatást mutatnak. A vonzó hatás szinergikusan nő a zöld levélből felszabaduló illatanyagok és a benzokinon (*M. hippocastani*), vagy toluकिनon (*M. melolontha*) feromon-komponens jelenlétében. 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 minimális aktivitással rendelkezik, azonban növényi illatanyag jelenlétében annak vonzó hatását szinergistaként növeli.

Hasonló erős szinergista hatás figyelhető meg a feromon és a tápnövény illatanyagának vonzó hatásában számos *Rhynchophorus* (Coleoptera, Curculionidae) nemzetségbe tartozó ormányosbogár és a *Carpophilus* (Coleoptera, Nitidulidae) nemzetségbe tartozó fénybogár fajnál.

A levélbogarak családjának kémiai kommunikációjáról kevés a rendelkezésre álló ismeret annak ellenére, hogy számos jelentős kártevő fajt foglal magában, így az ezzel kapcsolatos kutatások rendkívül értékesek.

Az első azonosított levélbogár feromonok a *Diabrotica* nemzetség fajainak szexferomonjai voltak. Ezek nőtény egyedek által termelt, hím egyedekre vonzó hatású vegyületek.

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

A tápnövénnyel kapcsolatos és a feromonok segítségével történő kémiai kommunikáció közti kapcsolat meglétének bizonyítása a káposztabolhákban gyakorlati szempontból is számottevő jelentőségű. A szintetikus előállított "A" komponens, ALLYL ITCN-tal, vagy más izotiocianáttal együtt alkalmazva, alapját jelentheti a jövőben nagyobb vonzó képességű és így még érzékenyebb előrejelzést biztosító csalogatóanyag-kombinációknak a káposztabolha fajok fogására. A (-) enantiomerikus forma nem rendelkezik gátló hatással, így a racém elegy szabadföldi kísérletekben sikerrel alkalmazható csalétekként.

4.4. Káposztabolhák fogására alkalmas csapda-alakok összehasonlítása

A káposztabolhák csapdázására mindezidáig világszerte a különféle típusú ragacsos csapdák használata volt a legmeghatározóbb.

A ragacsos csapdatípusok helyett a nem telítődő 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 nem telítődő és ezáltal nagyobb fogókapacitású csapdatípusok mindenképpen előnyösebbek. Ezeknek a csapdáknak a fogókapacitása lényegesen nagyobb, mint a ragacsosaké, a csapda telítődéséből származó fogás-kiegyenlítő hatás csak jóval hosszabb

időszak után képzelhető el, mint a behatárolt fogófelületű ragacsos típusoké. A nem telítődő csapdákból a fogott bogarak is jól határozhatóak, ellentétben a ragacsos csapdákból származókkal, amelyekről a ragasztóanyag eltávolítása sok vesződséggel jár.

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

Kutatásaink során a KLP+ csapdatípus egy megfelelő hatékonyságú, nem telítődő csapdatípusnak bizonyult a káposztabolhák fogására. A KLP+ csapda felmászólapjának sárga színe előnyös, hiszen több irodalmi forrásból, régóta ismert, hogy a sárga szín a káposztabolhákra csekély mértékben vonzó hatású. 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 csapda által szolgáltatott adatok alapján a káposztabolhák elleni védekezéssel kapcsolatos fontos információkhoz juthatunk. Használata nemcsak a növényvédelmi gyakorlat számára nyújthat segítséget, hanem új információkkal bővítheti a keresztesvirágú növényeken élő káposztabolhák életmódjával kapcsolatos ismereteket is.

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, áttelelő imágók populációjának nagyságára.

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

5. 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</i> spp., 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</i> spp., 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</i> spp., Coleoptera, Chrysomelidae) attracted to allyl isothiocyanate baited traps in Hungary. Proceedings of 3rd 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 male <i>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</i> spp.) (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</i> spp.) (Coleoptera, Chrysomelidae). 54. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest, 2008. február 27-28., pp. 12.

PUBLIKÁCIÓ TÍPUSA	PUBLIKÁCIÓ
Nemzetközi konferencia előadás (abstract)	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 ÖSSZEHAONLÍTÁSA	
Nem IF-es folyóirat cikk	Tóth M., Csonka É. , Bakcsa F., Benedek P. (2004): Allil izotiocianáttal csalétkezett csapdatípusok alkalmasságának összehasonlítása földibolhák (<i>Phyllotreta spp.</i>) (Coleoptera, Chrysomelidae) fogására. Növényvédelem, 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 spp.</i>) (Coleoptera: Chrysomelidae). International Journal of Horticultural Science, 12, 57-62.
	Csonka É. , Tóth M. (2006): Allil izotiocianáttal csalétkezett KLP+ ("kalap") és VARL+ (varsás) csapdatípusok alkalmasságának összehasonlítása a káposztabolha fajok (<i>Phyllotreta spp.</i>) (Coleoptera, Chrysomelidae) fogására. Növényvédelem, 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 leg-hatékonyabb a káposztabolha fajok (<i>Phyllotreta spp.</i>) 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 22nd 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. International Journal of Horticultural Science, 2, 93-100.
Nemzetközi konferencia előadás (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.