

MTA DOKTORI ÉRTEKEZÉS
TÉZISEK

ÍZELTLÁBÚ-EGYÜTTESEK SZERVEZŐDÉSE
ALMAÜLTETVÉNYEKBEN A PESZTICID-
TERHELÉS CSÖKKENÉSÉNEK KORSZAKÁBAN

MARKÓ VIKTOR C.SC.
SZENT ISTVÁN EGYETEM

BUDAPEST, 2017

1. BEVEZETÉS

Az ökológiai gazdálkodás a mezőgazdaság egyik legdinamikusabban növekvő irányzata. Ebben a gazdálkodási formában, de különösen az ökológiai gyümölcsstermesztésben meghatározó fontosságú elem a növényvédelem. Amíg a konvencionális gazdálkodásban a kártevők szabályozása szintetikus inszekticideken alapul, addig az ökológiai gyümölcsstermesztésben ezek használata nem megengedett. Az ökológiai növényvédelem az ökoszisztéma elemeiként tekint a kártevőkre, így szabályozásukat a teljes ökológiai rendszerrel összhangban, azon belül valósítja meg. A kártevők által okozott károk megelőzésében elsősorban ezek természetes ellenségeinek védelmére, a fajok és fajták kiválasztására, a növényvédelmet segítő agrotechnikai megoldásokra támaszkodik. Az ökológiai ültetvényekben, minthogy peszticidterhelésük kisebb, a konvencionális ültetvényeknél nagyobb egyedsűrűségű és diverzebb ízeltlábú-együttesek alakulnak ki. Az ökológiai növényvédelmi kutatások tehát a konvencionális ültetvényeknél összetettebb ökológiai rendszerek megismerésére és szabályozására törekednek.

Wyss és mtsai. (2005) az ökológiai almaültetvényekben alkalmazható növényvédelem négylépcsős modelljére tettek javaslatot. Később ezt kiterjesztették az ökológiai termesztés egészére is, és mára ez a megközelítés széles körben elfogadottá vált (Zehnder és mtsai., 2007). Az egyes lépcsők alulról felfelé haladva a növényvédelmi beavatkozások prioritási sorrendjét képviselik.

Az *1. szinten* a természetes folyamatokkal összhangban agrotechnikai beavatkozások segítségével szabályozhatók a kártevők, genetikailag nem módosított, ellenálló fajták telepítésével, talajműveléssel és további beavatkozásokkal. A gazdaság, azon belül a tábla térbeli elhelyezkedése, környezete befolyásolja a kártevőnyomás nagyságát, így telepítéskor ennek figyelembevételével csökkenthető a későbbi kártétel. A *2. szinten* az ültetvényekben vagy azok szegélyén olyan növényzet alakítható ki (habitat management), ami segíti a természetes ellenségeket, és ezeken keresztül, közvetett módon korlátozza a kártevőket. Szegély, köztes és csalogató növények telepítésével, a növényzet diverzitásának növelésével fokozható a természetes ellenségek hatékonysága a kártevők egyedszámának csökkentésében. A *3. szinten* természetes ellenségek kibocsátásával, inundatív vagy augmentatív biológiai védekezéssel szabályozhatók a kártevők. A klasszikus biológiai védekezés nem került be az ökológiai gazdálkodás növényvédelmének itt tárgyalt rendszerébe, mert nem a mezőgazdasági üzem szintjén, hanem regionális, országos szinten alkalmazzák, de kompatibilis az ökológiai gazdálkodással. Végül a *4. szinten*, amennyiben a korábbi szinteken alkalmazott növényvédelmi eljárások nem voltak hatékonyak, az ökológiai termesztésben engedélyezett biológiai és ásványi eredetű növényvédő szerekkel, fizikai repellensekkel és légtértelítéssel szabályozhatók a kártevők (Zehnder és mtsai., 2007).

Az ökológiai gazdálkodásban alkalmazott növényvédelemmel kapcsolatban kritikaként fogalmazható meg, hogy a fajtaválasztáson túl a növényvédelmi beavatkozások döntően nem az első kettő, hanem a harmadik és negyedik szinten történnek. Ismereteink azokról az ökológiai mechanizmusokról, melyek a kártevő és hasznos ízeltlábú-együtteseket kialakítják még mindig hiányosak, így ezen együttesek finom szabályozásától még távol vagyunk. Másik oldalról azok a növényvédelmi technológiák, amelyek megfelelnek az ökológiai termesztés követelményeinek, már napjainkban is jelentősen hozzájárulnak ahhoz, hogy csökkenjen a gyümölcsültetvények peszticidterhelése. Nem csak az ökológiai ültetvényeké, hanem az integrált növényvédelmű ültetvényeké is.

2. ELŐZMÉNYEK ÉS AZ ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSE

Almaültetvényekkel kapcsolatos kutatásaimat 1990-ben kezdtem. Vizsgálataink ekkor a nemzetközi trendeknek megfelelően az integrált növényvédelemre fókuszáltak. Olyan kérdésekre kerestük a választ, mint hogy az integrált növényvédelmi technológia bevezetésével, a kisebb peszticidterhelés hatására hogyan alakul az ízeltlábú-együttesek összetétele és egyedsűrűsége, milyen kártevők reaktiválódnak, mely természetes ellenségek jutnak kulcsszerephez a kártevők szabályozásában (Jenser és mtsai., 1997, 1999; Bogya és mtsai., 2000). Vizsgáltuk az ültetvények különböző vertikális szintjei közötti kapcsolatokat, a gypszint kialakításának hatását a talajfelszíni futóbogár és pók faunára, betelepülésük lehetőségeit az ültetvényeket szegélyező vegetációból, (Bogya és Markó, 1999; Markó és Kádár, 2005; Balog és Markó, 2007a, b; Balog és mtsai., 2008, 2009). Különböző térskálán vizsgáltuk a pókegyüttesek összetételének alakulását (Bogya és mtsai., 1999a). Megkezdtük az almaültetvényekben eddig nem kutatott számos ízeltlábúcsoport faunisztikai feltárását is (Markó és mtsai., 1995).

A 2000-es évektől az integrált és ökológiai ültetvényekben alkalmazható növényvédelem hibridjének tekinthető peszticidmaradvány-mentes integrált növényvédelmi technológia hatásait kutattuk pókegyüttesek (Araneae) szerveződésére Nagy-Britanniában. A munka részeként vizsgáltuk a betelepülési dinamikák, az ivararányok alakulását, a meghatározó potenciális zsákmánycsoportok szerepét (Markó és mtsai., 2009). Mára ezt a technológiát több országban alkalmazzák. Folytattuk az ültetvények faunisztikai feltárását a vizsgálatokba ökológiai almaültetvényeket is bevonva, azokat Nagy-Britanniára is kiterjesztve (Bleicher és mtsai., 2010; Kondorosy és mtsai., 2010). Vizsgálataink az ökológiai ültetvényekben is alkalmazható növényvédelmi eljárások felé fordultak. Az almafákon károsító levéltetvek szabályozására új, a levéltetvek és hangyák mutualista kapcsolatának megzavarásán alapuló biológiai védekezési eljárás alapjait dolgoztuk ki (Nagy és mtsai., 2007, 2013, 2015). Meghatároztuk, hogy a ragadozóatka-együttesek hogyan alakulnak át az ültetvények növekvő peszticidterhelésével (Szabó és mtsai., 2014).

Dolgozatomban bevezetésként áttekintem az ökológiai növényvédelem történetét (Markó, 2017), majd egy rövid tudománytörténeti elemzésben bemutatom Szelényi Gusztáv és Balogh János elméletét (lásd Markó, 2015). Ezután a magyarországi és délkelet-angliai almaültetvényekben végzett faunisztikai feltáró munkánk összefoglalását közlöm (3. fejezet). Majd Wyss és mtsai. (2005) és Zehnder és mtsai. (2007) megközelítése szerint az ökológiai almaültetvényekben alkalmazható növényvédelem szerepét vizsgálom az ízeltlábú-együttesek szerveződésében. A 4. fejezetben bemutatom egy új hatásmechanizmusú, szélsőségesen környezetbarát hatóanyag, a kaolin-részecskefilm sajátos hatását a lombkorona ízeltlábú-együtteseire (4. szint). Az 5. fejezetben azt vizsgálom, hogy az ültetvények gypszintjének manipulálásával (ugarolás, gypesítés, virágzó lágyszárúak telepítése) hogyan változik az ízeltlábú-együttesek diverzitására, az egyes fajok abundanciájára és a hasznos szervezetek kártevő szabályozó képessége (2. szint). Külön foglalkozom a természetes ellenségek hatékonyságát gátló lehetséges ökológiai folyamatokkal. Végül a 6. fejezetben táji és peszticidterhelési gradiensek mentén vizsgálom almaültetvények kártevő, hasznos ragadozó, és indifferens Coleoptera faunájának változását (1. szint).

Mindegyik vizsgálatunknál alapvető szempont volt, hogy a technológiai kérdéseken túl rávilágítsunk az almaültetvények ízeltlábú-együtteseit kialakító fontosabb ökológiai mechanizmusokra is.

3. ALMAÜLTETVÉNYEK ÍZELTLÁBÚ-FAUNÁJÁNAK ÖKOFAUNISZTIKAI FELMÉRÉSE

3.1. Almaültetvények Arthropoda-faunája Magyarországon

Az almaültetvények faunisztikai feltárása Észak-Amerikában és Európában viszonylag korán, az 1950-es években kezdődött. Magyarországon elsőként ebben az időszakban Zilahy-Sebess végzett faunafeltárást egy almaültetvényben, melynek eredményeként 171 ízeltlábú faj jelenlétét regisztrálta (Markó, 2016). Az átfogó hazai vizsgálatok a Jermy Tibor kezdeményezésére, az MTA Növényvédelmi Kutatóintézete által indított almaökoszisztéma-kutatói programmal kezdődtek 1976-ban. A tízéves intenzív kutatások során összesen 1856 állatfajt mutattak ki almaültetvényekből (Mészáros és mtsai., 1984; Visnyovszky, 1987–1988)

1990-től napjainkig végzett faunisztikai vizsgálataink eredményeként az almaültetvényekből kimutatott állatfajok száma 3023-ra, almaültetvények szegélyein és körteültetvényekben gyűjtött fajokkal kiegészítve 3226-ra emelkedett. Körteültetvényekben, a vizsgált csoportokban nem találtunk specialista, kizárólag körtéhez kötődő fajokat, azaz a kimutatott fajok várhatóan almaültetvényekből is előkerülnek. A Heteroptera alrendnél háromszorosára (62 versus 178 faj), a Coleoptera rendnél tizenkétszeresére (34 versus 405 faj) növeltük a lombkoronából kimutatott fajok számát. Elsőként mértük fel az almaültetvények Staphylinidae-, Curculionidae-, Auchenorrhyncha- és Araneae- faunáját, illetve elsőként végeztünk átfogó faunisztikai feltárást az Aculeata alrend és a lombkoronában előforduló ragadozóatkák (Phytoseiidae) esetén. A munka során 117 417 ízeltlábú-egyedet gyűjtöttünk és identifikáltunk. A kimutatott 3129 Arthropoda-faj a magyarországi Insecta és Arachnida osztályok teljes fajgazdagságának (~33 050 faj) a 9,5%-a. Ugyanakkor az egyes csoportok feltártságában jelentős különbségek vannak. Az eddig elvégzett vizsgálatok a lepkéknél a teljes magyarországi fauna 22%-át, bogaraknál 13%-át mutatták ki almaültetvényekből, de hártványászárnyúaknál ez az érték csak 5%, a legyek esetén pedig csak 2,7%.

A több csoportra kiterjedő öko-faunisztikai eredmények lehetővé teszik az ízeltlábúak biodiverzitásának becslését üzemi almaültetvényekben. A teljes magyarországi rovar és pókszábasú fauna (~33 050 faj) 42%-át (14 079 faj) kitevő csoportból (Heteroptera, Auchenorrhyncha, Neuropteroidea, Coleoptera, Microlepidoptera, Macrolepidoptera, Syrphidae, Aculeata, Araneae és Phytoseiidae) vannak ismert és nagy ráfordítással begyűjtött fajgazdagsági adataink. Ezek közül kiemelve az egy ültetvényben gyűjtött legnagyobb és a második legnagyobb adatokat (összesítve 931 és 1075 faj) megállapíthatjuk, hogy közöttük nincs jelentős különbség, ami arra utal, hogy a legnagyobb fajgazdagságok egy átlagos üzemi almaültetvényre jellemző, nem kiugró adatok. A legnagyobb fajgazdagságból és a magyarországi teljes fauna adataiból kiindulva ezután aránypárokkal becsültük az ültetvények teljes fajgazdagságát. Eredményeink alapján azt valószínűsíthetjük, hogy egy-egy magyarországi üzemi almaültetvényben az ízeltlábúak fajgazdagsága 2500 faj fölötti értéket vesz fel, és valószínűleg 3300 faj alatt marad.

3.2. Almaültetvények Arthropoda-faunája Nagy-Britanniában

Magyarországhoz viszonyítva a 2000-es évek elején sokkal kevesebbet tudtunk a Nagy-Britanniában található almaültetvények faunájáról. Chant (1956a) 40 pókfajt mutatott ki alma- és kilenc Phytoseiidae-fajt művelés alól kivont gyümölcsültetvényekből (Chant, 1956b), míg Collyer (1953) takácsatka-ragadozókat mért fel almaültetvényekben. További rendszeres öko-faunisztikai kutatások nem voltak. A gyakoribb gyümölcskártévő fajokra vonatkozó ismereteket Alford (2007) gyűjtötte össze.

Cross és mtsai. (1999) és Solomon és mtsai. (2000) összefoglaló tanulmányai az Észak- és Közép-Európában almán károsító ízeltlábúak parazitoidjai és ragadozói kapcsán tesznek említést a Nagy-Britanniában előforduló fajokról.

Délkelet Angliában három almaültetvényben mértük fel az ízeltlábú faunát. A vizsgálatok során East Mallingból 625 ízeltlábú-fajt mutattunk ki, ami további 75 fajjal, összesen 700 fajra bővült a Mardenben és Robertsbridge-ben végzett gyűjtések eredményeként. Vizsgálataink az első rendszeres ökofaunisztikai felmérések voltak nagy-britanniai almaültetvényekben.

East Mallingban, egyetlen almaültetvényben a vizsgált taxonok esetén Nagy-Britannia teljes faunájának 8–17%-át mutattuk ki. A vizsgált ízeltlábú-csoportok East Mallingban kimutatott összes fajszámát ezen csoportok Nagy-Britanniában kimutatott fajszámához (6084 faj, a teljes rovar- és pókszabású-fauna 27%-a) viszonyítva 10%-ot kaptunk. Ha a teljes nagy-britanniai rovar- és pókszabású-fauna ebben a 10%-os arányban fordul elő az East Malling-i almaültetvényben, akkor annak teljes fajgazdagságát 2335 fajra becsülhetjük.

3.3. Almaültetvények Coleoptera-együtteseinek Nagy-Britanniában

Nagy-Britanniában 53 337 egyed identifikálásával 366 Coleoptera fajt regisztráltunk almaültetvényekben. Jellemeztük a különböző táplálkozási csoportok mennyiségi viszonyait a talajfelszínen és a gypszinten (East Mallingban), valamint a lombkoronában (East Mallingban, Mardenben és Robertsbridge-ben). Összesen 331 Coleoptera fajt mutattunk ki egy almaültetvény különböző vertikális szintjeiről East Mallingban, Nagy-Britannia bogárfaunájának (4093 faj) 8%-át. Ebből 178 fajt a lombkoronából került elő. Másik két ültetvény lombkoronájából Mardenben 77, Robertsbridge-ben 91 bogárfajt mutattunk ki.

4. KAOLIN-RÉSZECSEFILM HATÁSA ALMAÜLTETVÉNYEK ÍZELTLÁBÚ-EGYÜTTESEIRE

A kaolin-részecsefilm technológia alapja a kaolin ásvány, mely fehér, finom szemcsézettségű alumínium-szilikát [$\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$]. A növényekre felvitt kaolinréteg korlátozhatja több kártevő és kórokozó egyedszámát, az UV és hő sugárzás visszaverésével csökkentheti a növényeket érő hőstresszt, míg a szén-dioxid megkötés növelésével a termésmennyiséget növelheti (Glenn és Puterka, 2005). Mindeközben nem akadályozza a fotoszintézist és a növények növekedését. A kaolin-részecsefilm a következő fontosabb hatásmechanizmusokon keresztül korlátozhatja az ízeltlábú kártevőket: (1) elriasztás, a részecsefilm a vele érintkező ízeltlábúakat a növény elhagyására készíti; (2) megnövekedett fejlődési idő és mortalitás, csökkenő testtömeg; (3) a párosodás sikerének csökkenése; (4) a mozgás és tápnövény keresés akadályozása; (5) a kaolinnal borított növény maszkírozása (tápnövényként való felismerés zavarása); (6) a rovarok akadályozása abban, hogy megkapaszkodjanak a növényeken. Tehát a kaolin a kémiai inszekticid hatóanyagoktól radikálisan eltérő módon fejti ki hatását (Glenn és Puterka, 2005; Benhadi-Marín és mtsai., 2016). A kaolin széles hatásspektrumú hatóanyag, de minthogy természetes eredetű, az emberre, madarakra, halakra nézve toxicitása rendkívül kicsi és a környezetet sem veszélyezteti, ezért az ökológiai természetben is használható.

A következőkben bemutatott munkáinkban a kaolinrészecsefilm-technológiai hatását vizsgáltuk almaültetvények kártevő és hasznos ízeltlábú szervezeteire, a terméskártételre, valamint a poloska – (Heteroptera), bogár- (Coleoptera), pók- (Araneae) és atkaegyüttesekre (Acari).

4.1. Anyag és módszer

Kártevő rovarok és ízeltlábú-együttesek

A vizsgálatokat Hollandiában, Kesterenben, a „De Schuilenburg” kísérleti almaültetvényben végeztük. Minden 0,23 hektáros kísérleti parcella felét kaolinnal kezeltük, míg a másik fél kezeletlen kontrollként szolgált. A vizsgálatokban kísérleti célra formulázott, hidrofób, M96-018-os kódjelű kaolint használtunk. 1997-ben március és augusztus között, összesen 12 alkalommal juttatunk ki kaolint, a csapadéktól függően átlagosan 10 naponta. A korai J. Grieve fajta esetén a kezeléseket előbb, júliusban fejeztük be, így itt csak 10 kaolinkezelés volt. A mintákat kopogtatással és növényvizsgálattal gyűjtöttük.

Atkák

Megfigyeléseinket Magyarországon, Újfehértón, az Újfehértói Gyümölcsstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Nonprofit Közhasznú Kft. 3,3 ha-os ökológiai almaültetvényében végeztük, ahol hat egymással szomszédos, 0,2 ha-os kísérleti parcellát jelöltünk ki. Három parcella Florina (M9) fajtát tartalmazott és három parcella Prima (M9) fajtát. A kijuttatás számában különböző, kétféle kaolinkezelést (Surround® WP, Engelhard Corporation), valamint kontrollként kezeletlen parcellákat alkalmaztunk. 2009 és 2012 között, április közepétől augusztus elejéig a KAOLIN parcellák évente 5–7, míg a KAOLIN+ parcellák 9–11 kaolinkezelést kaptak, az esős időszakoktól függően. A mintavételek minden évben júniustól októberig, havi rendszerességgel történtek.

4.2. Eredmények és megvitatásuk

Eredményeink szerint a kaolinrészecskesfilm-kezelések számos kártevő ízeltlábú egyedszámát korlátozhatják, de néhány rejtőzködő életmódot folytató fitofág faj számára kedvező környezetet teremthetnek a rájuk nehezedő predációs nyomás vagy a parazitáltság csökkentésével.

4.2.1. Kaolinrészecskesfilm-kezelések hatása az almakártevőkre

Kopogtatásos vizsgálatok

A kaolinkezelések szignifikánsan csökkentették a bimbólikasztó (*Anthonomus pomorum*, Curculionidae) (hatékonyság: 51%), a közönséges lombormányos (*Phyllobius oblongus*, Curculionidae) (45%) és a levélfúró eszelény (*Caenorrhinus pauxillus*, Rhynchitidae) (80%) egyedsűrűségét. Ősszel a leggyakoribb kabócafajok (*Auchanorrhyncha*) a lombkoronában a szőlőkabóca (*Empoasca vitis*, Cicadellidae) és a *Zygina flammigera* (Cicadellidae) voltak. Meglepő módon a kaolinkezelések 75 nappal az utolsó kezelés után 71–72%-al csökkentették az egyedsűrűségüket. A kabócalárvák esetén még nagyobb, 97%-os hatékonyságot figyeltünk meg.

Minthogy a három vizsgált Curculionidae faj imágói tavasszal aktívak, és a bimbólikasztó a virágbimbókba teszi tojásait, ezért a kezelések viszonylag késői kezdete, és virágzás alatti szüneteltetése az első két faj esetén ronthatta a kezelések hatékonyságát. A levélfúró eszelény imágók testének nagyobb szőrözöttsége eredményezhette annak nagyobb kaolin borítását, ami magyarázatul szolgálhat a kezelések nagyobb hatékonyságára. Vizsgálataink alapján a kaolinkezelések hatékonyan korlátozhatják a Cicadellidae családba tartozó kabócákat. A kaolin a lárvák korlátozásában kifejezetten perspektivikus hatóanyag.

Levéltetvek

A levéltetvek (Aphididae) esetén a kaolinkezelések nem mutattak a kabócákhoz hasonló hatékonyságot. Az *Aphis pomi* telepek száma kisebb, a *Dysaphis plantaginea* telepek száma viszont nagyobb volt a kezelt parcellákban, mint a kontrollban, a *Dysaphis devectora* telepek száma pedig nem különbözött. A kaolinnal kezelt parcellákban, mindhárom vizsgált almafaján a vértetű (*Eriosoma lanigerum*) fertőzés növekedését figyeltük meg. A vértetűtelepek a törzsön és a lombkoronában is tömegesen jelentek meg, a kártételi küszöbszintet messze meghaladó számban.

A kaolinkezelések közvetlenül (például a mozgás és fejlődés akadályozásával), és közvetve is (a hangyák zavarásával) negatívan hatnak a levéltetvekre, míg közvetett pozitív hatásként a ragadozók egyedsűrűségének csökkentését kell megemlítenünk. Összességében ezek a tényezők eltérő mértékben és eltérő irányokba mozdíthatják el a különböző levéltetűfajok abundanciáját, ami alapvető különbségekhez vezet a kaolinnal szembeni érzékenységükben. A szabadon előforduló fajoknál (*A. pomi*) a kezelések csökkentik az egyedszámot, a besodródott levelekben fejlődő fajok esetén viszont a kezelések nem hatnak (*D. devectora*) vagy kismértékben segítik a populációk növekedését (*D. plantaginea*). Ezzel szemben a vértetvek egyedszáma a kezelések hatására a robbanásszerűen nőtt. Az általuk termelt viaszréteg a kaolinkezelések közvetlen hatékonyságát csökkentette, miközben természetes szabályozásuk összeomlott.

Levél-aknázók és hernyófészkek

A leggyakoribb levélaknázó-fajok az almalevél-aknázómoly (*Phyllonorycter blancardella*, Gracillariidae), a kígyóaknás ezüstmoly (*Lyonetia clerkella*, Lyonetiidae), az almalevél-törpemoly (*Stigmella malella*, Nepticulidae) és a *Phytomyza heringiana* (Agromyzidae) voltak. Bár aknáik száma a kártételi küszöb alatt maradt, egyedsűrűségük a kaolinnal kezelt parcellákban a kontrollhoz viszonyítva jelentősen nőtt. A kaolinkezelések szignifikánsan csökkentették (80%) a hernyófészkek (valószínűleg *Yponomeuta malinella*, Yponomeutidae) számát is.

A levél-aknázók felszaporodását valószínűleg a mi vizsgálatunkban is a kaolin-részecskefilm parazitoidjaikra kifejtett repellens hatása, a levél-aknázókra nehezedő parazitoid nyomás csökkenése váltotta ki, hasonlóan az Egyesült Államokban a *Phyllonorycter elmaella* (Gracillariidae) esetén megfigyeltékhez (Knight és mtsai., 2001).

Gyümölcskártétel

A J. Grieve fajtán, júniusban, a kezelt parcellákban 9,3%-os, a kontroll parcellákban 35,7%-os átlagos alma-gyümölcsdarázs (*Hoplocampa testudinea*, Tenthredinidae) gyümölcskártételt mértünk (hatékonyság 74%). Megfigyeléseink szerint a *H. testudinea* legfontosabb parazitoidja a *Lathrolestes ensator* valódi fürkész (Ichneumonidae) faj volt. A kaolinnal kezelt parcellákban, az alma-gyümölcsdarázs lárvák átlagosan 16,5 %-át, míg a kontroll parcellákban 47,7%-át parazitálta, azaz a kezelések ötödére csökkentették a parazitáltságot. Az almagyümölcsdarázs-fertőzés jelentősen kisebb volt Golden Delicious fajtán ahol a kezelések csak kissé csökkentették a kártételt. Az almatermések felszínén a legtöbb sérülést a sárga alma-pajzstetvek (*Quadraspidiotus ostreaeformis*), a közönséges kagylós pajzstetvek (*Lepidosaphes ulmi*) (Diaspididae), a vegetációs periódus elején a kis téli araszolók (*Operophtera brumata*, Geometridae) és az *Orthosia*-fajok (Noctuidae) hernyói okozták. A

kezelések hatékonysága esetükben 50–59% volt. Nyáron (80%) és ősszel (85%) a kaolinkezelések jobban csökkentették a levélsodró molyok (*Tortricidae*) kártételét, mint tavasszal (59%). A *Pammene rhediella* és az almamoly (*Cydia pomonella*, *Tortricidae*) esetén hasonló hatékonyságot figyeltünk meg (60–80%). A közönséges fülbemászó (*Forficula auricularia*, *Forficulidae*) kisebb kártétele a kaolinnal kezelt parcellákban jelzi, hogy erre a fajra is hatottak a kaolinkezelések, bár a különbség nem volt szignifikáns.

A kaolinkezelések egyszerre csökkentették az alma-gyümölcsdarázs kártételét és parazitáltságát a J. Grieve fajtán, ami hasonlóan más korai virágzású fajtához, fogékony a gyümölcsdarázsok kártételére (Alford, 2007). Az imágók a virágzás idején rajzanak, és a kinyílt virágokba rakják le tojásaikat. Aktivitási periódusuk egybeesett a virágzással, amikor a kaolinkezeléseket szüneteltettük. A tojások fejlődését vizsgálva megállapítottuk, hogy későn kelő lárvák egy részére és a gyümölcsöt váltó, harmadik stádiumú lárvákra hathatnak a kezelések. Knight és mtsai. (2001) vizsgálatában a kaolinnal kezelt parcellákban nőtt a kaliforniai pajzstetűvel fertőzött almák száma, valószínűleg a természetes ellenségeik egyedszámának csökkenése miatt. A korai hernyó kártételénél megfigyelt kisebb hatékonyság egyrészt azzal magyarázható, hogy virágzáskor szüneteltettük a kezeléseket, másrészt azzal, hogy tavasszal a növekvő hajtások gyorsan „kinőtték” a kezeléseket, hamarabb jelennek meg a növényeken kaolinnal nem fedett levelek.

Ragadozó fajok és a Lasius niger

A kaolinkezelések a vegetációs periódus első felében negatívan hatottak a vértetű kulcspredátorára, a közönséges fülbemászóra, a ragadozó poloskákra és bogarakra és az *Allothrombium fuliginosum* (*Trombidiidae*) bányászóra. A zöldfátyolka (*Chrysopidae*) imágók és lárvák, valamint a zengőlégy (*Syrphidae*) lárvák száma ekkor kicsi volt. A vegetációs periódus második felében, a kezelések befejezése után, nőtt a zöldfátyolkák és zengőlegyek lárváinak, és az *A. fuliginosum* mozgó alakjainak az egyedszáma a kaolinnal kezelt parcellákban, megközelítve (*A. fuliginosum*), illetve túllépve (zöldfátyolka és zengőlégy lárvák) ezzel a kontroll parcellákban megfigyelt egyedszámokat. Érdekes módon bár a zöldfátyolka imágók egyedszáma nem különbözött, a lárvák nagyobb számban fordultak elő a kaolinnal kezelt parcellákban. A fekete fahangya (*Lasius niger*, *Formicidae*) döntően a kontroll parcellához kötődött.

4.2.2. Kaolinkezelések hatása Heteroptera-, Coleoptera- és Araneae-együttesekre

A vegetációs periódus során 23 poloskafaj 359 egyedét és 55 bogárfaj 1437 imágó egyedét gyűjtöttük. Összesen 1075 pókegyed került elő, melyek 23 genuszba tartoztak. Ebből 1020 egyed (17 genusz) volt juvenilis pók. Az adult egyedek 18 fajhoz tartoztak.

A fajok többségénél a kezelések csökkentették az abundanciát, de eltérő mértékben. Az egész vegetációs periódusra nézve a *Blepharidopterus angulatus* (*Miridae*), *Himacerus apterus* (*Nabidae*), *Corticaria gibbosa* (*Latridiidae*), *N. pauxillus*, *Exochomus quadripustulatus* (*Coccinellidae*), *Xysticus* spp. (*Thomisidae*), *Araniella* spp. (*Araneidae*), *Philodromus* spp. (*aureolus*) (*Philodromidae*), *Theridion* spp. (*varians*) (*Theridiidae*) abundanciája csökkent a legnagyobb ($\geq 78\%$ -os), míg az *Anthocoris nemorum* (*Anthocoridae*), *P. oblongus*, *Clubiona* spp. (*Clubionidae*), *Dictyna uncinata* (*Dictynidae*) abundanciája a legkisebb ($\leq 50\%$) mértékben. A korrespondencia analízis is ezeknek a csoportoknak a jelentőségét jelezte a kezelt és kezeletlen parcellák szerkezeti elkülönülésében.

A kaolinkezelések a Heteroptera-, Coleoptera- és Araneae-együtteseknél is csökkentették mind az egyedsűrűséget, mind a fajgazdagságot. A Morisita szimilaritás értéke a kezelt és kontroll parcellák összehasonlításakor mindhárom taxonómiai együttesnél csökkent a vegetációs periódus első felében, és júniusban (Heteroptera), illetve júliusban (Coleoptera, Araneae) érte el minimumát. Az utolsó, júliusi kezelés után a hasonlóság nőni kezdett, majd augusztus után a különböző kezelésű parcellák együttesei hasonlóvá váltak. A Rényi diverzitás nem mutatott konzisztens mintázatot, a kezelések hatására nőhetett (Heteroptera) vagy az α skálaparaméter egyes értékeinél csökkenhetett (Coleoptera, Araneae).

A kaolinrészecskefilm-kezelések hatása a poloska-, bogár- és pókegyüttesekre hasonlított a széles hatásspektrumú hatóanyagok hatására, de hatékonysága azoknál többnyire kisebb volt. Az együttesek szintjén végzett megfigyeléseink leginkább meglepő eredménye az volt, hogy a kaolinkezelések meglehetősen sokáig hatnak a lombkorona ízeltlábú-együttesekre. A kezelések befejeztével a poloska-, bogár- és pókegyütteseken belül vizsgált 13 ízeltlábúcsoporthoz csupán kettő tudott nagyobb számban betelepülni a korábban kaolinnal kezelt parcellákba, csökkentve ezzel az egyedszámban mutatkozó különbséget a kezelt és kontroll parcellák között. Ebből következik, hogy még sok héttel a kezelések befejezése után is, az együtteseknek nem csak az abundanciája, de a fajgazdagsága is szignifikánsan kisebb volt a korábban kaolinnal kezelt parcellákban. Ezzel szemben a kezelések befejezése után egyes vértetű ragadozók, így a *F. auricularia* és a Chrysopidae imágók kompenzálták, az *A. nemorum*, a Syrphidae és a Chrysopidae lárvák pedig túlkompenzálták a kaolinkezelések negatív hatásait. Ez egyértelműen arra utal, hogy ezek a fajok a kaolinnal kezelt parcellákban megfigyelt nagyobb vértetűtelepeken gyorsan aggregálódnak. Kivételt a Chrysopidae lárvák jelenthetnek, ahol a kaolinnal kezelt felületeken megfigyelt nagyobb tojásrakási hajlandóság is szerepet játszhatott (Porcel és mtsai., 2011). Ezzel szemben a vértetűek további ragadozói közül több a nagyobb zsákmányellátottság ellenére sem települt be a kezelt parcellákba, valószínűleg azért, mert nem tudták kolonizálni az ültetvényt (*H. apterus* és *B. angulatus*), vagy mert a vértetű nem preferált táplálékuk (*E. quadripustulatus* és *Propylea quatuordecimpunctata*, Coccinellidae).

4.2.3. Kaolinkezelések hatása almaültetvények atkaegyütteseire

Vizsgálatunk négy éve alatt összesen 2088 Phytoseiidae, 1894 Stigmaeidae, 889 Tetranychidae, 6658 Eriophyidae és 4153 Tydeoidea egyedet gyűjtöttünk.

A kaolinrészecskefilm-kezelések egyértelmű negatív hatással voltak a Phytoseiidae atkákra. A *Zetzelia mali* (Stigmaeidae) esetén kisebb mértékű csökkenést figyeltünk meg. Ezzel szemben a kezelések számának növekedésével nőtt a *Tetranychus urticae* (Tetranychidae), és 2011-ben, a Prima parcellákban a *Panonychus ulmi* (Tetranychidae) egyedszáma. A takácsatkák mintázata a ragadozó atkák mintázatának inverzét rajzolta ki.

Az *Aculus schlechtendali* (Eriophyidae) a takácsatkáktól eltérően viselkedett. Egyedszáma a Tydeoidea öregcsaládba tartozó fajokhoz hasonlóan szabálytalan fluktuációt mutatott. A különböző években a kontroll parcellákhoz viszonyítva a kezelések növelték vagy éppen csökkentették a populációk nagyságát. Ugyanakkor a kaolinkezelések hatására felszaporodó egyik kártevő atkafaj (*T. urticae*, *P. ulmi*, *A. schlechtendali*) egyedszáma sem lépte át a kártételi küszöböt.

A Phytoseiidae családba tartozó fajok közül az *Amblyseius andersoni* jól kompenzálta a kaolinkezeléseket, és a kaolinnal kezelt parcellákban szuperdominánssá vált. Ezzel szemben az

Euseius finlandicus egyedszáma, mind a KAOLIN, mind a KAOLIN+ kezelésekben drasztikusan csökkent, és ugyanezt figyeltük meg a *Phytoseius (Dubininellus) echinus* esetén is.

A Tarsonemidae családból kizárólag a *Tarsonemus nodosus* faj fordult elő az ültetvényben. Egyedszámát csak 2012-ben mértük fel, amikor tömegesen jelent meg a lombozaton. Ekkor összesen 2689 egyedet gyűjtöttünk. A *T. nodosus* nagyon érzékenyen reagált a kaolinkezelésekre. Egyedszáma már a KAOLIN parcellákban is drasztikusan csökkent.

A hazai almaültetvényekben előforduló Tydeoidea öregcsaládba tartozó fajokról csak nagyon felületes adataink vannak. Az identifikált 517 egyed alapján a vizsgált ültetvényben a domináns faj a *Triophthyeus triophthalmus* (Meyerellidae) volt, melyet a *Homeopronematus staerki* (Iolinidae), a *Tydeus californicus*, a *Lorryia italica* és a *Tydeus reticoxus* (mindhárom: Tydeidae) követett. A *T. triophthalmus* és a *H. staerki* egyedszáma 2012-ben nőtt a kaolinkezelések intenzitásával és hasonló mintázatot figyeltünk meg a kis egyedszámban előkerült *T. californicus* esetén is.

A takácsatkák felszaporodását széles hatásspektrumú inszekticidekkel kezelt almaültetvényekben gyakran megfigyelték (például Jenser mtsai., 1999). A jelenség mögött az inszekticid és akaricid hatóanyagokkal szemben kialakult rezisztencia, illetve a takácsatkákat szabályozó ragadozók, főként a Phytoseiidae atkák egyedszámának a kezelések hatására bekövetkező csökkenése áll (Blommers 1994). A kaolin-részecskefilm hatását a takácsatkákra nem ismerjük pontosan. Az eddig végzett egyetlen laboratóriumi vizsgálatban a kaolinkezelések nem hatottak negatívan a közönséges takácsatka lárvákra és adultakra, bár a tojásrakó nőstények aránya és az általuk lerakott tojások száma is csökkent (Bostanian és Racette, 2008).

Az *A. schlechtendali* szabályozásában főként a *T. pyri*, az *A. andersoni*, az *E. finlandicus* és a *Z. mali* játszik szerepet (Duso és mtsai., 2003). Korábbi vizsgálatokban a kaolinkezelések vagy nem befolyásolták az almatermésűek levélatkája egyedszámát almafákon, vagy csökkentették azt (Bostanian és Racette, 2008). A lombkoronából előkerült gyakoribb fajok (*T. triophthalmus*, *H. staerki*, *T. californicus*) életmódjától keveset tudunk. Ennek ellenére eredményeink arra utalnak, hogy a ragadozó atkák a Tydeoidea-együttes egyedeit is fogyasztják és szabályozzák.

Szemben a takácsatkákkal, levélatkákkal és a Tydeoidea-együttessel, a *T. nodosus* fonállábú atka egyedszáma drasztikusan csökkent mind a KAOLIN, mind a KAOLIN+ kezelésekben. Ezért érdemes volna a kaolin-részecskefilm hatékonyságát kártevő fonállábú atkák, például a *Polyphagotarsonemus latus* és a *Phytonemus pallidus* esetén is megvizsgálni.

A kaolinkezelések egyértelműen csökkentették a ragadozó atkák egyedszámát. A Phytoseiidae-együtteseken belül az *A. andersoni* a kontroll parcellákban az *E. finlandicus*-nál többnyire kisebb dominanciával fordult elő, míg a kaolinnal kezelt parcellákban mindig szuperdomináns volt. A kaolinkezelések jobb kompenzációját a kisebb intraguild predáció (főként a *Z. mali* esetén), valamint a jobb kolonizációs képesség és a jobb zsákmányellátottság (főként az *A. andersoni* esetén) segíthette. Eredményeink arra utalnak, hogy a magyarországi üzemi almaültetvények Phytoseiidae-együtteseiben az *A. andersoni* nem pusztán kémiai inszekticidekkel szembeni rezisztenciájának köszönhetően válhat dominánssá az inkább ökológiai ültetvényekhez kötődő *E. finlandicus*-al és további ragadozóatka fajokkal szemben (Szabó és mtsai., 2014).

5. GYEPSZINT SZEREPE ALMAÜLTETVÉNYEK ÍZELTLÁBÚ-EGYÜTTESEINEK SZERVEZŐDÉSÉBEN

A gyümölcsültetvények gyepszintjére telepített növények számos ökoszisztéma szolgáltatást nyújtanak. A talajtakaró növények javítják a talaj fizikai és kémiai jellemzőit, segítik a talajnedvesség megtartását, csökkentik az eróziót, hozzájárulnak a gyomszabályozáshoz, valamint szabályozzák a fák növekedését és termőképességét (Granatstein és Sanchez, 2009). A gyepszint átalakítása befolyásolhatja a gyümölcsültetvényben előforduló állatfajok egyedszámát is. A különböző Arthropoda guildek és fajok eltérő módon reagálnak a mezőgazdasági területekre jellemző kis növényzeti diverzitására. Monokultúrákban a természetes ellenségek aktivitása gyakran kisebb, a kártevők egyedsűrűsége és ezzel együtt kártételük mértéke pedig nagyobb, mint a diverzifikált mezőgazdasági területeken, és gradációjuk is sűrűbben jelentkezik (Jonsson és mtsai., 2010). Számos hipotézis született ennek a mintázatnak a magyarázatára (lásd Markó és mtsai., 2012).

Az itt bemutatott kutatások során a gyepszint vegetációjának (gyommentes, gyepesített és virágzó lágyszárúakkal telepített sorközök) szerepét vizsgáltuk almaültetvényekben, a lombkorona ízeltlábú-együtteseinek kialakításában, az együttesek szerveződésében. A vizsgált csoportok a következők voltak: atkaegyüttesek (Acari), levélaknázó-molyok (Lepidoptera: Lyonetiidae) és parazitoidjaik (Hymenoptera: Eulophidae), terméskártevők (főként Lepidoptera: Tortricidae), levéltetvek (Hemiptera: Aphididae), a hozzájuk kapcsolódó hangyák (Hymenoptera: Formicidae) és afidofág predátorok (Coleoptera és Neuroptera), rovaregyüttesek (Insecta) és ezen belül a főbb funkcionális csoportok és a pókegyüttesek (Araneae).

5.1. Anyag és módszer

Vizsgálatainkat Újfehértón 2002 és 2007 között, az Újfehértói Gyümölcstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Nonprofit Közhasznú Kft., 5,2 ha-os kísérleti ültetvényében végeztük. Az ültetvényen belül három egyenként 1 ha-os parcellát, ezen belül parcellánként öt, egyenként 0,2 ha méretű alparcellát alakítottunk ki. A parcellákban három különböző növénytakarót (talajtakarást) alakítottunk ki: egy parcellában a sorközöket tárcsázással tartottunk gyommentesen (UGAR), egy másik parcellában a sorközökben megmaradt a vizsgálat megkezdése előtt kialakított gye (GYEP), míg a harmadik parcella sorközeibe virágzó lágyszárú növényeket telepítettünk (VIRÁG). A VIRÁG kezelés különbözött a vizsgálat első és második három évében. 2002 és 2004 között főként egyéves növényeket telepítettünk és a növényállományt késő ősszel kitarcsáztuk. 2005 és 2007 között viszont minden páratlan sorba egyéves (évente újratelepítve), míg a páros sorokba évelő (három évig meghagyva) növényeket telepítettünk. A virágzó növényeket minden évben tavasszal vetettük, és a sorközöket viszonylag nagymértékű gyomosodásuk miatt július közepén a kaszáltuk. A fasorokat herbicidekkel tartottuk gyommentesen. Mindhárom kezelésben azonos növényvédelmi kezeléseket alkalmaztunk, aminek részeként a kártevők szabályozása főként rovarnövekedés-gátló (IGR) hatóanyagokkal, juvenilhormon-analógokkal és paraffinolajjal történt, de neonikotinoidokat és szerves foszforsav-észtereket is kijuttattunk.

Az atkák és külön az aknázó-molyok felmérése Florina fajtán, levélmintákat gyűjtésével történt, 2002 és 2007 között, májustól szeptemberig kétheti gyakorisággal. A levéltetű telepek számát május, vagy június és szeptember között havonta egyszer mértük fel. Minthogy terepen nehéz elkülöníteni az *Aphis pomi* és az *Aphis spiraecola* (Aphididae) levéltetűfajokat, ezt a két fajt egy csoportként (*Aphis* spp.) kezeltük. A vértetű fertőzöttséget csak egy évben, 2003-ban mértük fel, mert ebben az évben érte el

egyedszáma az elemezhető mennyiséget. A terméskártévők vizsgálata Florina fajtán (mindhárom kezelés), valamint Jonathan (UGAR, GYEP) és Idared (Jonathan és Wagener fajták hibridje) (VIRÁG) fajtákon történt. A lombkorona makroizeltlábú-együtteseit (rovarokat, pókokat) kopogtatással vizsgáltuk. A mintavételek 2002 és 2007 között, május elejétől október közepéig, heti gyakorisággal történtek.

5.2. Eredmények és megvitatásuk

5.2.1. Talajtakaró növények hatása fitofág és ragadozó atkákra

A Tetranychidae család 743, a Stigmaeidae család 153, a Tydeidae család 5923 és a Phytoseiidae család 5047 egyedét gyűjtöttük. A takácsatkák (Tetranychidae, majdnem kizárólagosan *T. urticae*) egyedszáma, abban a két évben, amikor nagyobb egyedszámban fordultak elő, az UGAR kezelésben nagyobb volt, mint a VIRÁG kezelésben, a GYEP kezelés pedig hol az UGAR, hol a VIRÁG kezeléshez volt közel. A *Z. mali* egyedek csak 2003-ban fordultak elő elemezhető mennyiségben. Ebben az évben a GYEP parcellához kötődtek. A Tydeidae családba tartozó atkák egyedszáma jelentős mértékben fluktuált a különböző években és nem mutatott egyértelmű különbséget a kezelések között, bár a VIRÁG kezelésben gyakran szignifikánsan több egyedet gyűjtöttünk, mint az UGAR-ban.

A ragadozóatkák (Phytoseiidae) éves egyedszáma az vizsgálat első három évében (2002–2004) nem mutatott konzisztens mintázatot. Az ezt követő években (2005–2007) viszont számuk mindig nagyobb volt a VIRÁG parcellában, mint az UGAR-ban, a GYEP kezelésben pedig köztes értéket vett fel. A havi adatok elemzése azt mutatta, hogy a VIRÁG kezelés ezen pozitív hatása májusra (részben júniusra) és a szeptember közepe utáni időszakra korlátozódott. Júliustól szeptemberig a különböző talajtakarású parcellák ragadozóatka-együttese nem különbözött.

A Phytoseiidae fajok kötődése a különböző kezelésekhez egyértelműen kirajzolódott. A vizsgálat első évében mindhárom talajtakarás esetén az *A. andersoni* volt a domináns faj. A második évtől viszont a VIRÁG parcellában a *Typhlodromus pyri* (Phytoseiidae) dominanciája megnövekedett, és ez a növekedés a következő években is folytatódott. Ezzel párhuzamosan az *A. andersoni* dominanciája évről-évre csökkent. Az UGAR kezelésben szinte kizárólag csak az *A. andersoni* fordult elő, míg a GYEP kezelésben mindkét faj dominanciája köztes, bár inkább az UGAR-hoz közelálló értéket vett fel.

Vizsgálataink igazolták, hogy a talajtakarásos kezelések hatnak a takácsatkákra, valamint a Phytoseiidae és Tydeidae családba tartozó atkákra. Az almafák lombkoronájában a *T. urticae* egyedszámát, más tényezők mellett, a gypszintről történő tömeges betelepülésük és ragadozóik predációs tevékenysége határozza meg (Hardman és mtsai., 2005). Az almaültetvények gypszintjén található vegetáció telelőhelyet biztosít a takácsatkáknak, illetve tavasszal a kétszikű gyomokon fel is szaporodhatnak (Meagher és Meyer, 1990). A lágyszárú növényekről a tavasz során a *T. urticae* egyedek tömegesen települhetnek be a lombkoronába, ahol nagy populációkat hozhatnak létre, szemben azokkal az ültetvényekkel, ahol hiányzik a gypszint (Hardman és mtsai., 2005). Vizsgálatunkban, annak ellenére, hogy a VIRÁG kezelés sorközeiben a kétszikű növények nagy borítással fordultak elő, a takácsatkák egyedsűrűsége kicsi maradt.

A sorközökbe telepített virágzó lágyszárú növényzet hatására a Phytoseiidae atkák egyedsűrűsége megnőtt a VIRÁG parcellában, bár ezt a hatás csak 2004 ősztől jelentkezett, amikor a *T. pyri* már nagy dominanciával fordult elő. Az egyik tényező, ami ezt a mintázatot kialakította a virágzó, különösen a szél megporzású növények biztosította pollen lehetett. A pollen a ragadozó atkák

száma fontos alternatív táplálék. Mind a *T. pyri*, mind az *A. andersoni* képes kifejlődni kizárólag pollennel táplálva, ami ugyanolyan minőségű táplálékot jelenthet számukra, mint a takácsatkák (Roda és mtsai., 2003).

Vizsgálatunkban a Phytoseiidae-együttesek egyedszámának növekedése tavaszra és ősze korlátozódott. A hozzáférhető pollen mennyisége tavasszal és ősszel, amikor a zsákmányellátottság kicsi, korlátozhatja a Phytoseiidae atkák felszaporodását (Addison és mtsai., 2000). Bár a Tydeidae család fajait a ragadozóatkák fontos táplálékának tartják, vizsgálatunkban egyedszámuk nem korrelált a Phytoseiidae család egyedszámával. Minthogy az *A. schlehtendali* abundanciáját nem vizsgáltuk, így szerepét a ragadozó atkák mintázatának kialakításában nem elemeztük.

Az aljnövényzettől függően a Phytoseiidae-együttesek dominancia-viszonyai is megváltoztak. Az intraguild predáció jól ismert jelenség a Phytoseiidae család fajainál (Zhang és Croft, 1995). Laboratóriumi vizsgálatokban az *A. andersoni* gyakran kiszorítja a *T. pyri* fajt, minthogy testmérete nagyobb, táplálkozását tekintve inkább generalista, gyorsabban fejlődik ki különböző zsákmányállatokon vagy pollenen nevelve, illetve minthogy diszperziós képessége jobb (Zhang és Croft, 1995). Ezzel szemben a *T. pyri* betelepítésének sikere olyan szőlőültvényekben, ahol természetes *A. andersoni* populációk voltak a telepített szőlőfajtától függött. Azokban az ültvényekben, ahol kevésbé szőrözött levelű fajtákat telepítettek az *A. andersoni* kiszorította a *T. pyri*-t. Ahol viszont a szőlőfajták levelének fonákja erősen szőrözött volt és több alternatív táplálékként szolgáló pollenszemcsét kötött meg, ott a *T. pyri* szorította ki az *A. andersoni*-t (Duso és Vettorazzo, 1999). Vizsgálatunkban igazoltuk, hogy az *A. andersoni* és a *T. pyri* közötti intraguild predáció kimenetelét, kis takácsatka fertőzés esetén a virágzó lágyszárú aljnövényzet jelenléte, valószínűleg a leveleken megtapadó pollen mennyisége határozza meg. Igazoltuk továbbá, hogy azon fák lombzatán, amelyek alatt talajtakaró növényzet található (GYEP, VIRÁG), diverzebb Phytoseiidae-együttesek alakulnak ki, mint azokon a fákon, melyek alatt a talajfelszín csupasz (UGAR).

5.2.2. Talajtakaró növények hatása levélaknázó-molyokra és parazitoidjaikra

Az almafák lombkoronájában kialakuló levélaknázómoly-együttesben a leggyakoribb faj a *Leucoptera malifoliella* (Lyonetiidae) volt, összesen 10 316 egyedét gyűjtöttünk. A többi faj jelentősen kisebb egyedszámban került elő. A *L. malifoliella* lárvák egyedszáma nem különbözött a VIRÁG és UGAR kezelések között a vizsgált hat évben, illetve a VIRÁG és GYEP kezelések között a vizsgálat négy évében.

A legtöbb évben a levélaknázó-molyok parazitáltsága nagyobb volt a VIRÁG kezelésben (hat év átlaga: 12%), mint a GYEP (6%) és az UGAR (6%) kezeléseken. A VIRÁG és a többi kezelés között a különbség szignifikáns volt. A kinevelt parazitoidok összetétele hasonló volt a különböző talajtakarásos parcellákban, az összes egyedszám 80–90%-a *Chrysocharis pentheus* (Eulophidae) fajba tartozott. Érdekes módon a VIRÁG kezelés csupán a *C. pentheus* hímek egyedszámát növelte, míg a nőstények száma nem változott. A virágtelepítés növelte a többi parazitoid faj abundanciáját is, és ez a növekedés számottevőbb volt a hímek, mint a nőstények esetén. A VIRÁG kezelésben a másik két kezeléshez viszonyítva nőtt a kinevelt parazitoid fajok száma, és csökkent a leggyakoribb faj, a *C. pentheus* dominanciája.

Nem találtunk bizonyítékot arra, hogy a sorközökbe telepített virágzó lágyszárúak csökkentenék a *L. malifoliella* abundanciáját, annak ellenére, hogy a VIRÁG kezelésben a parazitáltság nőtt.

A *C. pentheus* lárvákban fejlődő, szoliter endoparazitoid faj, melynek gazdaállatai gyomokon is gyakoriak (például Mafi és Ohbayashi, 2010). Az alternatív gazdaszervezetek jelenléte, illetve a talajtakaró növényzet által szolgáltatott nektár hozzájárulhatott ahhoz, hogy a VIRÁG parcellában a *L. malifoliella* lárvák parazitáltsága kétszeresére nőtt. Vizsgálatunk ugyanakkor nem ad magyarázatot arra, hogy virágzó lágyszárú növények telepítésével miért tolódott el a kinevelt *C. pentheus* és a többi Eulophidae faj imágóinak ivararánya a hímek irányába. Egy lehetséges magyarázat szerint a nektárt fogyasztó nőtények élettartama megnőtt, és az idősebb nőtények utódai pedig inkább lesznek hímek (Leatemia, és mtsai., 1995). Más tényezők, mint a párosodás sikere, a gazdaállatok mérete, a hímeket elpusztító baktériumok (például Wolbachia) és a hiperparazitizmus szintén befolyásolhatják a parazitoidok ivararányát (Mafi és Ohbayashi, 2010). A hímek irányába eltolódó ivararány csökkenti a parazitoid populációk növekedési rátáját, így az ilyen populációk kevésbé hatékonyak a biológiai védekezésben, mind a nőtények által domináltak (Hall, 1993). A biológiai védekezés hatékonyságát csökkentheti továbbá, hogy a többi kinevelt Eulophidae faj között több a *Chrysocharis*-fajok fakultatív hiperparazitoidjaként ismert.

Összességében tehát az almaültetvények sorközeibe telepített virágzó lágyszárúak nem segítették a levélaknázó-molyok szabályozását, annak ellenére, hogy a parazitáltság nőtt a VIRÁG parcellában. A legvalószínűbb okok a következők lehetnek: (1.) a hímek irányába eltolódó ivararány és a hiperparazitoidok csökkentették a parazitoidok hatékonyságát, (2.) a virágzó növények nem csak a parazitoidokat, hanem az aknázómolyokat is segítették, (3.) a peszticidkezelések és a *L. malifoliella* nagymértékű betelepülése elmoshatta a parazitáltság hatását a VIRÁG parcellában.

5.2.3. Talajtakaró növények hatása a terméskártételre

A legtöbb sérülést a gyümölcsökön az almailonca (*Adoxophyes orana*, Tortricidae) és az almamoly okozta. Az alma-gyümölcsdarázs és a kaliforniai pajzstetű (*Quadraspidiotus perniciosus*, Diaspididae) kártétele csak ritkán fordult elő. A gyümölcskártétel mértéke jelentős ingadozást mutatott az egyes évek és fajták esetén, különösen a vizsgálat első három évében. Ennek ellenére a VIRÁG és a másik két kezelés között végzett 16 összehasonlítás egyike sem jelezte az almailonca és az almamoly fertőzés mértékének, vagy a rovarkártevők által károsított almák arányának (%) csökkenését a virágzó lágyszárúakkal telepített parcellában.

Áttekintve az ezzel kapcsolatos irodalmat megállapíthatjuk, hogy almaültetvényekben, virágzó növények telepítésével általában nem csökkenthető a sodrómolyok és az almamoly kártétele. Egyszerű magyarázatként adódik, hogy ez azért van így, mert a sodrómolyok és az almamoly parazitáltsága gyakran olyan kicsi, hogy még a megőrző növényvédelemmel megnövelt parazitáltsági értékek sem elegendők a populációk jelentős csökkentéséhez, különösen olyan környezetben, ahol a kártevők tömeges betelepülésére számíthatunk. Gyümölcsültetvényekben, ahol a táblaméretetek kisebbek, a gyepesített sorközökben pedig állandó, virágzó gyomvegetáció alakulhat ki, és ahol a levéltetvek jelentős mennyiségű mézharmatot szolgáltatnak, a parazitoidok cukor limitáltsága kisebb lehet annál, mint amit feltételeztünk. Diverzifikált agrárterületeken ragadozók átkapcsolása más zsákmányra és az intraguild predáció is csökkentheti a természetes ellenségek hatékonyságát. Az ültetvényekben alkalmazott peszticidek, a parazitoid populációk elpusztításával, de a sodrómolyok és az almamoly egyedsűrűségének csökkentésével is felülírhatják a virágzó talajtakaró növények pozitív hatásait.

5.2.4. Gyepszint hatása levéltetvekre, hangyákra, katicabogarakra és zöldfátyolkákra

A leggyakoribb levéltetűfajok az ültetvényben a zöld alma-levéltetvek voltak, elsősorban az *A. pomi*, melyet az *A. spiraecola* követett. A kezelésenként összesen megvizsgált 3900 hajtás közül az UGAR-ban 498 (12.8 %), a GYEP-ben 455 (11.7 %) és a VIRÁG-ban 441 (11.3 %) hajtáson figyeltünk meg zöld almalevéltetű telepeket. A vizsgált hat évből négyben a levéltetvek száma nem különbözött az UGAR és VIRÁG kezelések között, és kettőben az UGAR-ban volt nagyobb. A GYEP és VIRÁG kezelések nem különböztek. A *L. niger* dolgozók, és az afidofág katicabogár imágók összes egyedszáma korrelált (Mantel teszt) egymással és részben a levéltetű telepek számával. A havi adatokat elemezve megállapítottuk, hogy míg a vegetációs periódus elején a VIRÁG és a többi kezelés kevésbé különbözött, addig annak előrehaladtával a levéltetvek, a hangyák és a katicabogarak egyedszáma az UGAR kezelés irányába tolódott el.

A zöldfátyolkákat (Chrysopidae) főként egy faj, a közönséges zöldfátyolka [*Chrysoperla carnea* sensu lato (sl), szinte kizárólag *Chrysoperla affinis*] képviselte. Egyedszáma más mintázatot követett, mint a levéltetveké. A *C. carnea* sl imágók száma minden évben nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR-ban vagy a GYEP-ben, és a legtöbb évben a különbség a VIRÁG és UGAR kezelés között szignifikáns volt. A vegetációs periódus során egyedsűrűségük áprilisban és májusban volt a legkisebb, majd júniustól nőni kezdett. A növekedés sokkal meredekebb volt a VIRÁG kezelésben, ami júliustól szeptemberig nagyobb egyedszámot eredményezett itt, mint az UGAR, vagy GYEP parcellákban.

Nem találtunk bizonyítékot arra, hogy az almaültetvények sorközeibe telepített virágzó lágyszárú növények segítenék a zöld alma-levéltetvek elleni biológiai védekezést. A zöld alma-levéltetvek, a katicabogarak, és ahogy a következő fejezetben látjuk a ragadozó poloskák, egyedszáma hasonló módon különbözött az UGAR és VIRÁG kezelések között, ami arra utal, hogy ezek a ragadozók inkább követték, semmint szabályozták a levéltetvek egyedszámát. Az UGAR kezelésben minimálisra csökkentettük az almafák és az aljnövényzet vízért folytatott kompetícióját, ezért itt nagyobb volt a hajtásnövekedés, ami segítette a zöld alma-levéltetű populáció növekedését. Ez pedig a hangyák, afidofág katicabogarak és ragadozó poloskák nagyobb egyedsűrűséghez vezetett. Tavasszal a VIRÁG kezelésekben is csökkenhetett a vízért folytatott versengés, mert a magágy előkészítéskor vagy minden sorközben (2002–2004), vagy minden második sorközben (2005–2007) tárcsáztunk. A gyepszint és a hozzá kapcsolódó cukorforrások hiánya az UGAR parcellában (az egész vegetációs periódusban) és a VIRÁG kezelésben (tavasszal) növelhette a zöld alma-levéltetvek hangyalátogatottságát, és ezzel segíthette felszaporodásukat (lásd erről későbbi kutatásainkat, Nagy és mtsai., 2007, 2013, 2015).

Az *E. lanigerum* fertőzés mértékét jellemző kártételi index a vizsgált évben szignifikánsan nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR vagy GYEP parcellákban mind Florina fajtán, mind a Jonathan, illetve Idared fajtákon. Valószínűleg a VIRÁG kezelésre jellemző hűvösebb és nedvesebb mikroklima kedvező hatásai érvényesülhettek (Asante és mtsai., 1991).

5.2.5. Lombkoronában előforduló rovar egyedsűrűsége

Kopogtatással, összesen 10 012 rovar egyedet gyűjtöttünk (9247 egyed a faji szintig nem határozott Diptera és parazitoid Hymenoptera-csoportok nélkül) a lombkoronából.

A három talajtakarási eljárás eltérő módon hatott a különböző rovarcsoportok éves összesített egyedszámára. A kabócák (*Cicadomorpha* és *Fulgoromorpha*), a nem-almafogyasztó fitofág Coleoptera-, Diptera-, és a növényvédelmi szempontból fontos parazitoid Hymenoptera-csoportok abundanciája a sorközök növényborításával nőtt a lombkoronában. Ezzel szemben a *L. niger*, a ragadozó Coleoptera és a ragadozó Heteroptera-csoportok egyedszámára az UGAR kezelés hatott pozitívan. Végül a barna fátolkák (*Hemerobiidae*) és a fitofág poloskák (*Heteroptera*) egyedszáma nem különbözött az eltérő talajtakarások között.

Faji szinten elemezve az adatokat még változatosabb mintázatokat kaptunk. A *C. carnea* és fátolkákra és a bivalykabócára (*Stictocephala bisonia*, *Membracidae*) pozitívan hatott a sorközök növekvő növényborítása. Ezzel szemben a VIRÁG parcella sűrű aljnövényzete, a GYEP és UGAR parcellákhoz viszonyítva csökkentette a *Lygus rugulipennis* (*Miridae*) egyedszámát a lombkoronában. A májusi cserebogár (*Melolontha melolontha*, *Melolonthidae*) imágók kisebb egyedszámban kerültek elő a VIRÁG, mint az UGAR parcellából. A *Coccinella septempunctata* és a *Hippodamia variegata* (*Coccinellidae*), hasonlóan a *L. niger*-hez az UGAR kezelésben szignifikánsan nagyobb egyedszámban fordult elő, mint a GYEP, vagy VIRÁG kezelésben, míg az *Empoasca* spp. (főként *Empoasca decipiens*) (*Cicadellidae*) és a *P. quatuordecimpunctata* a GYEP kezeléshez kötődött. Végül az eltérő sorköz-kialakítások nem hatottak a *Hemerobius humulinus* és a *Micromus angulatus* barnafátolka (*Hemerobiidae*) fajokra.

Vizsgálatunkban a parazitoid darazsak abundanciája több mint háromszorosára nőtt a VIRÁG kezelésben, szemben az UGAR-ral. Ezzel összhangban a parazitáltság növekedését figyeltük meg a VIRÁG parcellákban a *L. malifoliella* esetén is. A telepített lágyszárú vegetáció, szemben a gyommentes sorközökkel, növelte a Hymenoptera parazitoidok egyedszámát citromfák lombkoronájában (Silva és mtsai., 2010) és hasonló eredményeket kapott gyomsávok mesterséges kialakításával, parazitoid Hymenoptera- és Diptera-csoportok esetén Wyss (1996) is. A hüvelyes növények pozitív hatása a bivalykabócára ismert, bár kevésbé dokumentált jelenség (Świerczewski és Stroiński, 2011).

Szemben a fönti csoportokkal, a *L. niger*, a ragadozó bogarak és poloskák éves összes egyedszáma a három sorköz-kialakítás közül az UGAR parcellában volt a legnagyobb. A lombkoronában gyűjtött katicabogarak (*C. septempunctata*, *H. variegata*) és ragadozó poloskák [főként *Nabis* (s. str.) p. *pseudoferus*] a gypszinten is gyakoriak és lárváik általában lágyszárú növényeken fejlődnek ki. Adataink alapján arra következtethetünk, hogy ezek a ragadozók, függetlenül a gypszint növényzetétől, gyorsan kolonizálják azokat az almaültetvényeket, ahol a zöld alma-levéltetvek felszaporodnak. Ezzel szemben a *P. quatuordecimpunctata* a GYEP kezeléshez kötődött, azaz nem aggregálódott az UGAR kezelésben megnövekedett zöld almalevéltetű telepeken. Olszak (1986) megfigyelései szerint a *P. quatuordecimpunctata* számára az *A. pomi* nem megfelelő táplálék.

Egyes adatok arra utalnak, hogy a jelentős részben pollent fogyasztó *Chrysoperla* spp. imágók a gypszint és a lombkoronaszint között ingáznak (Horton és mtsai., 2009). Porcel és mtsai. (2013)

megfigyelései szerint a herbicidkezelések beszüntetése a *C. carnea* imágók egyedszámának növekedését eredményezte olajfaültetvények lombkoronájában. Vizsgálatunkban a *C. carnea* imágók száma ugyan jelentősen növekedett a VIRÁG kezelésben, de ez nem segítette a zöld alma-levéltetvek elleni biológiai védekezést.

A talajtakaró növényzet manipulációja nem volt hatással a fitofág poloskákra, mint taxonómiai együttesre, de a domináns faj, a *L. rugulipennis* a VIRÁG kezelésben kisebb egyedsűrűségben fordult elő a lombkoronában, mint a másik két kezelésben. A gyümölcsültetvények aljnövényzete általában növeli a fitofág poloskák egyedsűrűségét a lombkoronában (Kinkorová és Kocourek, 2000), bár a *L. rugulipennis*-t a takaró növényzet a lágyszárú szinten tarthatja. Például és gypszint nagyobb gyomborítása csökkentette a *L. rugulipennis* okozta gyümölcskártételt őszibarack-ültetvényekben (Tavella és mtsai., 1996). A májusi cserebogarak részben hasonló abundancia-mintázatát még nem figyelték meg, itt további vizsgálatok szükségesek.

5.2.6. Fontosabb funkcionális rovarcsoportok összetétele és diverzitása

Külön elemeztük az „almafogyasztó”, az „nem-almafogyasztó fitofág” és a „ragadozó” együttesek szimilaritását. A metrikus ordináció (Morisita hasonlósági függvény) mindhárom rovarcsoportnál hasonló mintázatot mutatott: az UGAR kezelés az első, a variancia 44,3–68,9%-át magyarázó tengely mentén karakteresen elkülönült a GYEP és VIRÁG kezeléstől. Ez utóbbi két kezelés pedig a második, a teljes variancia csupán 7,5–25,3%-át magyarázó tengely mentén különült el. Ez a mintázat, a teljes rovar együttes esetén (amit az előző három funkcionális csoport, valamint a hangyák, fungivorok és detritivorok adatainak összegzésével kaptunk), némileg megváltozott. Az UGAR kezelésben megfigyelt teljes rovar együttes továbbra is elkülönült a GYEP kezeléstől, viszont a VIRÁG kezelés, az első tengely mentén, e két kezelés közé került.

Összesen 175 rovarfajt gyűjtöttünk (a Dermaptera-, Heteroptera-, Neuroptera-, Cicadomorpha-, Fulgoromorpha-, Coleoptera- és Formicidae-csoportokban) a lombkorona kopogtatásával, az UGAR kezelésben 86, a GYEP-ben 100, a VIRÁG kezelésben 111 fajt. Az almafogyasztók, a nem-almafogyasztó fitofágok és a teljes rovar együttes fajgazdagsága szignifikánsan nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR-ban. Ugyanakkor a ragadozó rovar együttes fajgazdagsága nem különbözött az eltérő talajtakarások esetén, sem a teljes időszakot, sem április és június közötti időszakot vizsgálva, amikor a levéltetű telepek száma a különböző kezelésekben még nem különbözött. A vizsgált három funkcionális csoport, valamint a teljes rovar együttes exponenciális Rényi diverzitása a VIRÁG kezelésben általában szignifikánsan nagyobb volt, mint az UGAR kezelésben, a GYEP-ben pedig vagy köztes, vagy a VIRÁG-hoz közelebb álló értékeket vett fel.

Viszonylag kevés kutatás foglalkozott azzal, hogy a gypszint növényzete, hogyan hat a lombkorona rovar együttesének összetételére és diverzitására. Egy-egy kisebb taxonómiai csoportot vizsgálva, többnyire a miénkhez hasonló következtetésekre jutottak (Kinkorová és Kocourek, 2000; Sirrine és mtsai., 2008; Silva és mtsai., 2010). Ezzel szemben Smith és mtsai. (1996) szerint pekándió-ültetvényekben a takarónövényzet megléte vagy hiánya nem befolyásolta a lombkorona Arthropoda-együttesének diverzitását. A ragadozók hasonló fajgazdagsága a különböző kezelésű parcellákban a többi csoportnál nagyobb kolonizációs képességükre utalhat.

5.2.7. Talajtakaró növényzet hatása almaültetvények pókegyütteseire

A vizsgált ültetvényben a pókok a legnagyobb egyedszámban előforduló természetes ellenségek közé tartoztak. A megfigyelt ragadozó makroízeltlábú-együttes (ragadozó bogarak és poloskák, fátolykák, fülbemászók, szöcskék, kaszáspókok és pókok) összes egyedszámának 65%-át, teljes fajszaának 57%-át képviselték. Összesen 4321 pókegyedet (Araneae) gyűjtöttünk a lombkoronából, melyek 47 genuszba és 62 fajba tartoztak. A juvenilis egyedek a teljes fogás 86%-át adták. A domináns pókcsalád a Salticidae (68%) volt, melyet a Thomisidae (14%), Theridiidae (6%), Philodromidae (5%), Araneidae (4%) és nyolc további család követett (3%).

Pókok egyedsűrűsége

A hat vizsgált év során összesen 933, 1315 és 2073 pókegyedet gyűjtöttünk az UGAR, GYEP és VIRÁG kezeléseken. A pókegyüttesek abundanciája jelenős mértékben nőtt a növényborítással, és a három kezelés között szignifikánsan különbözött. A ragadozó guildok eltérő módon reagáltak a sorközök kialakítására. A cserkésző (Salticidae) pókok egyedszáma meredeken, a lesből támadóké (főként Thomisidae, Philodromidae és Pisauridae) pedig enyhén nőtt a lombkoronában a sorközök növényborítottságával. Ezzel szemben a térhálót szövők (Theridiidae) és a kerekhálót szövők (Araneidae és kevesebb Tetragnathidae) egyedszámára nem hatottak a különböző kezeléseken.

Az eddig végzett vizsgálatokban a gypszint borításának növelésével, virágzó lágyszárúak telepítésével a pókegyüttesek abundanciája nőtt, vagy nem változott. Áttekintve a szakirodalmat megállapítható, hogy azokban a vizsgálatokban, ahol nőtt a pókok egyedszáma, többnyire kifejezetten kontrasztos kezeléseket alkalmaztak a sorközökben, azaz diverz és nagy borítású növényzetet hasonlítottak gyommentes kontrollkezelésekhez. Azokban a vizsgálatokban viszont, ahol nem mutattak ki eltérést, a különbség a növényborításban kisebb volt (kis növényborítás a kezelésben versus gypesített kontroll) (például Paredes és mtsai., 2013; Fréchette és mtsai., 2008). A sorközök eltérő talajtakarása eltérő módon hatott a különböző pókguildekre. Hasonlóan megfigyeléseinkhez, floridai limeültetvényekben a sorközökbe telepített lágyszárúak növelték a vadászó pókok egyedsűrűségét, míg a hálósövők egyedszáma nem változott (Amalin és Peña, 2000). Ezzel szemben egy svájci almaültetvény lombkoronájában, a sorközökben meghagyott gyomsávok a hálósövők egyedszámára is pozitívan hatottak (Wyss és mtsai., 1995). A pókok guildstruktúrája almaültetvényekben észak–dél gradiens mentén haladva változik. Északon inkább a hálósövők, délen inkább a vadászó pókfajok dominálnak (Bogya és mtsai., 1999a). A pókegyüttesek térben változó guildstruktúrája befolyásolhatja a gypszint nagyobb növényborításra adott válaszukat.

Az ültetvényben az adult együttesben a domináns pókfaj a *Carrhotus xanthogramma* (Salticidae) volt, melyet a *Heliophanus auratus* (Salticidae), az *Ebrechtella tricuspidata* (Thomisidae) és a *Heliophanus cupreus* követett. A juvenilis együttesen belül a legnagyobb egyedszámban a *Carrhotus* (kizárólag *C. xanthogramma*), a *Xysticus* (kivéve *X. ulmi*, Thomisidae), *Theridion* és a *Heliophanus* genuszok fajai fordultak elő.

A legtöbb pókfaj egyedsűrűsége nőtt a sorközök növényborításával. A *Heliophanus auratus* adultak, a *C. xanthogramma*, a többi (nem-*Carrhotus* és nem-*Heliophanus*) ugrópók (főként *Salticus scenicus*), a *X. ulmi* és az *E. tricuspidata* egyedszáma szignifikánsan nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR-ban. Hasonló növekedést figyeltünk meg a *Philodromus* fajok esetén a VIRÁG kezelésben a

GYEP-hez viszonyítva. A GYEP kezelésben az egyedszámok az UGAR és a VIRÁG közötti értéket vettek fel. Az UGAR-hoz viszonyítva már a GYEP kezelés is pozitívan hatott a *H. auratus*, a *C. xanthogramma* és az *E. tricuspidata* fajokra. Ezzel szemben a *Misumena vatia* (Thomisidae), a *Xysticus* (nem-*X. ulmi*), a *Theridion* és az *Araniella*, valamint az *A. opisthographa* (Araneidae) abundanciáját nem befolyásolták az kezelések. Végül a *H. cupreus* és a *Mangora acalypha* (Araneidae) egyedszám-mintázata jelentősen eltért a többi pókfajnál megfigyeltektől. A *H. cupreus* egyedsűrűségére az UGAR, míg a *M. acalypha* egyedsűrűségére a GYEP és UGAR kezelések hatottak pozitívan, szemben a nagyobb növényborítású parcellákkal.

Számos tényező alakíthatja a pókok egyedszámát a gyümölcsültetvények lombkoronában. Ezek közül a táplálékforrások mennyisége, a gypszint és a lombkoronaszint közötti mozgás, valamint az intraguild predáció a meghatározó fontosságú tényezők közé tartozik (Markó és mtsai., 2009; Horton és mtsai., 2009; Korenko és Pekár, 2010). A gyümölcsültetvények gypszintjén található növényzet nagy egyedsűrűségű és sokrétű rovar együttesnek ad otthont, és egyben nagy mennyiségű potenciális zsákmányt exportál a lombkoronába (Horton, és mtsai., 2003, 2009). Vizsgálatunkban a legtöbb potenciális zsákmánycsoport egyedsűrűsége a lombkoronában követte a gypszint növényborítottságát, és ennek megfelelően nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR parcellában. A zsákmányellátottság növekedése pedig alapvetően határozta meg a pókegyüttes abundanciáját (Markó és mtsai., 2009).

A sorközök növénytakarása a pókegyüttesek ivararányára is hatott. A Salticidae-együttesben a GYEP és VIRÁG kezelések a csupasz talajfelszínhez viszonyítva szignifikánsan növelték a hímek arányát. A Thomisidae családban a talajtakarás nem befolyásolta az ivararányt, míg a Theridiidae családban a növényborítás növekedésével csökkent a hímek aránya, bár ez utóbbi összefüggés a kis mintanagyság miatt statisztikai elemzéssel nem igazolható. A Salticidae és Theridiidae családokban megfigyelt ivararányok kialakításában három tényező játszhat szerepet: (1.) a madarak vagy ugrópók hím és nőstény ugrópókra kifejtett eltérő predációs nyomása, (2.) az idő-limitált ugrópók hímek nagyobb zsákmánydenzitás esetén mutatkozó sikeresebb zsákmányszerzése és ennek következtében hosszabb élettartama, valamint (3.) az ugrópók predációja a nőstényeket kereső Theridiidae hímeken (Givens, 1978; Gunnarsson, 2007). Mindezen tényezőket közvetve befolyásolhatta a sorközök nagyobb növényborítása, illetve az ezzel járó nagyobb prédadenzitás is.

Pókok egyedszámának időbeli változása

Minthogy a *C. xanthogramma* mindhárom kezelésben nagy dominanciával fordult elő (az UGAR, GYEP és VIRÁG parcellákban a pókegyüttes egyedszámának 40, 54 és 63%-át adta), ezért a teljes pókegyüttes helyett külön vizsgáljuk a *C. xanthogramma* és a nem-*C. xanthogramma* pókok dinamikáját. A *C. xanthogramma* egyedek főként szubadult és az azt megelőző fejlődési stádiumban teleltek, és április-májusban alakultak adulttá. A hímek áprilisban, május elején, míg a nőstények inkább májusban fordultak elő. Május 18-a után nem gyűjtöttünk hímekeket, míg egy-egy nőstény, különösen a VIRÁG kezelésben, az egész vegetációs periódus során előkerült. A juvenilis pókok száma júniustól kezdett növekedni, leginkább a VIRÁG parcellában, ami azt eredményezte, hogy egyedszámuk ettől a hónaptól szignifikánsan nagyobb volt ebben a kezelésben, mint az UGAR vagy GYEP parcellákban. A *C. xanthogramma* juvenilisok száma az UGAR és GYEP parcellákban szeptemberben, míg a VIRÁG parcellában egy hónappal később, októberben kezdett csökkenni. A

kezelések között a legnagyobb különbséget októberben mértük, amikor a VIRÁG parcellában az UGAR-hoz viszonyítva 6,2-szer több egyed fordult elő. A VIRÁG és GYEP parcella között a legnagyobb, 2,9-szeres különbséget júliusban figyeltük meg.

Ezzel szemben a nem-*C. xanthogramma* pókoknál a különbségek kevésbé szembetűnők. A VIRÁG kezelésben a vegetációs periódus során számuk csak enyhén ingadozott, és az UGAR és GYEP parcellákban októberben gyűjtöttük a legtöbb egyedet. A nem-*C. xanthogramma* pókoknál a kezelések közötti különbségek is kisebbek voltak, mint a *C. xanthogramma* fajnál. A VIRÁG és UGAR kezelések között júliusban, míg a VIRÁG és GYEP kezelés között szeptemberben figyeltük meg a legnagyobb, mindkét esetben 2,0-szoros különbséget.

Az ugrópókok többi pókra kifejtett predációs nyomása válaszolhat arra a kérdésre, hogy vizsgálatunkban miért nem adott több pókfaj sem (például *Theridion* spp., *Araniella* spp.) pozitív aggregációs választ a növekvő zsákmány denzitásra, amikor ezt más vizsgálatban megtették (Wyss és mtsai., 1995; Markó és mtsai., 2009). A *Theridion*, *Araniella* és részben a *Philodromus* genuszok juvenilis egyedei augusztusban és szeptemberben szélednek szét, abban az időszakban, amikor az UGAR, GYEP, VIRÁG kezeléseken a teljes pókegyüttes 60, 77 és 71%-át (augusztus), illetve 38, 66 és 73%-át (szeptember) a *C. xanthogramma* adta. Minthogy zsákmányában körülbelül 10%-ban találhatók pókok, így a *C. xanthogramma*-nak fontos szerepe lehet, almaültetvények lombkoronájában, egyes pókfajok egyedszámának szabályozásában. Emellett a Salticidae családba (*Heliophanus* spp., *Salticus* spp.) és *Philodromus* genuszba tartozó további fajok is rendszeresen zsákmányolnak pókokat, így ezek a fajok is hozzájárulnak a pókok közötti intraguild predációhoz (Mezőfi és Markó nem közölt adatok).

Pókegyüttesek összetétele és diverzitása

A pókegyüttesek szimilaritását és diverzitását külön elemeztük a juvenilis és adult együttesek esetén. A metrikus ordináció (Morisita index) hasonló mintázatot mutatott mindkét csoportnál. Az UGAR parcella együttese, a teljes variancia 72,8–74,1%-át magyarázó első tengely mentén elkülönültek a GYEP és VIRÁG parcellákban megfigyelt együttesektől, melyek összetételükben nem különböztek. Ez az eredmény megegyezik a rovaregyüttesek különböző funkcionális csoportjainál megfigyelt hasonlósági mintázattal.

Az adult pókegyüttest, az UGAR, GYEP és VIRÁG parcellákban összesen 35, 27 és 37 faj alkotta, míg a juvenilis pókegyüttest 25, 32 illetve 34 genusz (melyek közül 3, 7 és 6 genuszt csak a juvenilis együttesből mutattunk ki). Az átlagos fajszaám és genuszszám szignifikánsan nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR-ban, míg a GYEP köztes értékeket vett fel.

Általánosságban a juvenilis pókegyüttesek exponenciális Rényi diverzitása szignifikánsan nagyobb volt az UGAR kezelésben, mint az aljnövényzettel telepített (GYEP és VIRÁG) parcellában. Ugyanezt figyeltük meg az adult együttesek esetén is. A diverzitások terén tehát a rovar- és a Phytoseiidae atkaegyütteseknél megfigyeltekkel ellentétes eredményt kaptunk. A nagyobb és diverzebb táplálékforrások tehát nem növelték, hanem éppen hogy csökkentették a pókegyüttesek diverzitását, ami főként a *C. xanthogramma* és a *H. auratus* megnövekedett dominanciájával, illetve a megnövekedett intraguild predációval hozható összefüggésbe.

Pókok és potenciális zsákmányállataik

A *C. xanthogramma*, az egyéb (nem-*C. xanthogramma*) pókok és a teljes pókegyüttes egyedszáma és 14 potenciális zsákmánycsoport egyedszáma közötti korrelációt vizsgáltuk. A parazitoid darazsak (Hymenoptera), kétszárnyúak (Diptera) és a kabócák (Auchenorrhyncha alrend) csoportjai voltak a legjobb prediktorai a pókok egyedszámának. Ezzel szemben a *C. xanthogramma*, az egyéb pókok vagy a teljes pókegyüttes egyedszáma nem mutatott negatív vagy pozitív korrelációt az almafákon megfigyelt egyik kártevőcsoport egyedszámával sem.

Az általunk vizsgált ültetvényben rendszeresen használtak peszticideket, így felvethető, hogy a pókok kártevő szabályozó szerepe nem érvényesülhetett. Bár ez a magyarázat kézenfekvő, a kártevők viszonylagosan nagy egyedsűrűsége egyes években arra utal, hogy az okokat máshol kell keresnünk. Valószínűbb, hogy a sorközök nagyobb növényborításából, és ezzel összefüggésben a nagyobb zsákmány denzitásból profitáló pókfajok nem váltottak át preferált és/vagy nagy denzitású alternatív zsákmányállataikról a kártevőkre. Másik oldalról megállapíthatjuk, hogy a pókok nem követték a kártevő populációk jelentős tér- és időbeli fluktuációjának mintázatait.

Eredményeink arra utalnak, hogy a pókok abundanciája önmagában nem magyarázza eredményességüket a megőrző biológiai védekezésben. Hatékonyságukat a kártevők korlátozásában az egyedszámukon túl a fajok ökológiai tulajdonságai határozzák meg, például a növekvő zsákmánydenzitásra adott aggregációs válaszuk, hajlamuk az intraguild predációra vagy arra, hogy gyakori vagy kedvelt zsákmányállataikról kártevőkre kapcsoljanak át.

6. BOGÁREGYÜTTESEK EGYEDSŰRŰSÉGÉNEK VÁLTOZÁSA TÁJI- ÉS PESZTICIDTERHELÉSI GRADIENSEK MENTÉN ALMAÜLTETVÉNYEKBE

A tájszerkezet közvetlenül, vagy az ökoszisztéma szolgáltatásokon keresztül jelentős mértékben határozhatja meg az élőhelyfoltokban kialakuló hasznos és káros ízeltlábúfajok populációit (Veres és mtsai., 2013). A természetes, féltermészetes élőhelyek táplálkozási, szaporodási és telelőhelyet biztosíthatnak az agrárterületeken előforduló fajoknak, egyben rezervoár területként forrását képezhetik a mezőgazdasági területek ciklikus rekolonizációjának is (Holland és mtsai., 2016). Ugyanakkor fordítva, az agrárterületeken felszaporodó ízeltlábúak is nagy mennyiségben áramolhatnak a természetes-féltermészetes élőhelyekre (Tscharnkte és mtsai., 2012). Ezek a diszperziós mintázatok az egyéves és évelő mezőgazdasági kultúrákban sok hasonlóságot, de számos eltérést is mutathatnak. Egyik oldalról az évelő kultúrák, ezen belül az almaültetvények is több évig megmaradnak, így több, diverzebb és stabilabb forrást biztosítanak a betelepülő rovaroknak, mint a szántóföldi kultúrák. Másik oldalról az évelő kultúrák, és különösen a gyümölcsültetvények a szántóföldi kultúráknál jelentősen nagyobb peszticidterhelésnek vannak kitéve (Eurostat, 2007), bár az alkalmazott növényvédelmi technológiák függvényében ennek mértéke jelentősen különbözhet. A legtöbb táji léptéken végzett kutatás nem vette figyelembe a peszticidkezelések hatásait, és kifejezetten kevesen vizsgálták a tájszerkezet hatását gyümölcsültetvények ízeltlábú együtteseire.

A következő hipotézisekből indultunk ki: (1.) Az almaültetvények peszticidterhelése nagyobb mértékben befolyásolja a ragadozó Coleoptera-fajok egyedszámát, mint a kártevőkét. (2.) A természetes-féltermészetes táji elemek jobban segítik a ragadozó bogárfajok betelepülését az

ültetvényekbe, mint az ember által kialakított táji elemek. (3.) A vegetációs periódus során változik a különböző táji elemek jelentősége a Coleoptera-együtteseinek alakításában.

6.1. Anyag és módszer

Vizsgálatainkat Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében, 12 különböző környezetbe telepített almaültetvényben végeztük. Az ültetvények 10 évesek voltak, méretük 3,9 és 6,9 ha közötti, átlagosan 4,8 (szórás, $\pm 0,9$) ha volt. A mintákat minden ültetvényben Relinda fajtáról gyűjtöttük.

Az almaültetvények körül a táji változók arányát 1 km sugarú körben határoztuk meg CORINE felszínborítási térképek, légi fotók és ArcGIS 9.2 programcsomag segítségével (ESRI, 2006). A következő táji elemeket különítettük el, melyek a teljes vizsgált terület 95–100%-át fedték le: szántóföldek; lomblevelű erdőültetvények [döntően akác (*Robinia pseudoacacia*) és részben nemesnyár (*Populus x euramericana*)]; gyepek, legelők és másodlagos gyepek; települések, a hozzájuk tartozó utak és kiskertek; gyümölcsültetvények (döntően alma, részben meggy, kisebb részben dió ültetvények); természetközeli lomblevelű erdők (őshonos ártéri erdők, főként *Salix alba*, *S. fragilis*, *Populus alba* és *P. nigra* fajokkal, valamint erdősávok és fasorok).

Az egyes ültetvényekben 2–5 (átlagosan $3,6 \pm 1,2$) inszekticid- és 0–8 (átlagosan $3,7 \pm 2,6$) fungicidkezelést alkalmaztak. Az ültetvények peszticidterhelését a Nemzetközi Biológiai és Integrált Növényvédelmi Társaság Peszticid Mellékhatások Adatbázisa (IOBC Pesticide Side Effect Database) alapján számítottuk. Az alkalmazott inszekticidek és fungicidek katicabogarakra kifejtett toxicitási értékeiből indultunk ki úgy, hogy az 1–4-es veszélyességi értékeket átskáláztuk 0–3-as értékekre, majd az egyes kezelések értékszámaint havi vagy kéthavi bontásban, vagy az egész vegetációs periódusra kumuláltuk. Felmértük az ültetvények gyomborítását, illetve a levéltetvek és atkák, mint potenciális zsákmánycsoportok abundanciáját is. A bogármintákat 2012. május és október között, kopogtatással gyűjtöttük.

A vizsgált magyarázó változók és a lombkoronában előforduló bogárfajok egyedsűrűsége közötti kapcsolatot általánosított lineáris kevert modellel (GLMM) elemeztük. A vizsgált területeket (ültetvényeket) térbeli random változóként illesztettük a modellbe. A modellszelekció, azaz a vizsgált bogárfajok egyedsűrűségét legjobban magyarázó modellek kiválasztása Akaike-féle információs kritérium alapján történt.

6.2. Eredmények és megvitatásuk

Összesen 177 bogárfaj 8207 imágó egyedét gyűjtöttük az almafák lombkoronájában, ültetvényenként 30–55 fajt (43 ± 10) és 239–1646 (684 ± 404) egyedet. Az összes egyedszám 86%-át kilenc Coleoptera faj adta.

Az *A. pomorum* és *P. oblongus* imágókat csak májusban és júniusban gyűjtöttünk. Ezzel szemben a *Harmonia axyridis* (Coccinellidae) és a *Corticaria gibbosa* (Lathridiidae) az egész vegetációs periódus során előfordult a lombkoronában egy tavaszi-nyári eleji és egy őszi csúcspontot mutatva. A többi vizsgált ragadozót és a *Phyllotreta vittula* (Chrysomelidae) fajt csak júliustól, a *Psyllobora vigintiduopunctata*-t (Coccinellidae) pedig csak szeptember végétől gyűjtöttük nagyobb számban.

6.2.1. A növényvédelmi kezelések hatásai

A peszticidterhelés eltérő módon hatott egyes táplálkozási csoportok egyedsűrűségére. A növekvő peszticid-toxicitási gradiens mentén csökkent az almán táplálkozó fitofág fajok, így a bimbólikasztó (*A. pomorum*), és a közönséges lombormányos (*P. oblongus*), valamint az „almát fogyasztó egyéb bogarak” csoportjának (összesen további 11 faj) egyedsűrűsége.

A ragadozó bogarak egyedszámát nem csökkentette a növekvő peszticidterhelés. Sem az atkafogyasztó atkászbödice (*Stethorus pusillus*, Coccinellidae), sem a döntően afidofág harlekinkaticára (*H. axyridis*), hétpettyes katicára (*C. septempunctata*) és tizennégypettyes füsskatára (*P. quatuordecimpunctata*) (Coccinellidae) nem hatott a növekvő peszticid-toxicitás. Ugyanígy nem hatott a peszticidek toxicitása a turista muharbolhára (*P. vittula*) és a gombafogyasztó szőrös pudvabogárra (*C. gibbosa*) sem. A gyommagasság egyik faj egyedszámát sem befolyásolta, illetve a kis abundanciával előforduló levéltetvek sem hatottak a ragadozó bogarak egyedsűrűségére. Ezzel szemben május–júniusban az atkászbödice egyedszáma az atkák egyedsűrűségét követte.

A peszticidek jelentős mortalitást okozhatnak az ízeltlábú populációkban, és ezzel alapvetően határozhatják meg a növénykultúrákban kialakuló ízeltlábú-együttesek nagyságát és összetételét. Ugyanakkor a jó diszperziós képességgel rendelkező fajok a kezeléseket után visszatelepülhetnek az ültetvényekbe, így kompenzálva a peszticidek okozta mortalitást. Minthogy vizsgálatunkban a peszticidterhelést az alkalmazott hatóanyagok bogarakra (katicabogarakra) gyakorolt toxicitása alapján jellemeztük, ezért azok negatív hatása a kártevő bogárfajokra nem meglepő. Nem lehet kétségünk azzal kapcsolatban sem, hogy a laboratóriumi, fél-szabadföldi körülmények között a Coccinellidae családra nézve toxikus hatóanyagok szabadföldi körülmények között is növelték a katicabogarak mortalitását. A kártevő és ragadozó fajok között megfigyelt különbség tehát elsősorban nem a két csoport peszticidekkel szembeni eltérő érzékenységevel magyarázható, hanem a növekvő peszticidterhelésre adott eltérő numerikus válaszukkal. Az almán táplálkozó fitofág bogarak nem tudták ellensúlyozni az ültetvények növekvő peszticidterhelését és az ezzel járó megnövekedett mortalitást. Ezzel szemben a ragadozó katicabogarak és a turista *P. vittula* jobb diszperziós képességgel rendelkeztek, így jelentős mértékben telepedett be az ültetvényekbe a peszticidkezelések után. A peszticidek mellett számos további tényező, így a zsákmányellátottság és a gypszint növényzete is befolyásolhatja a gyümölcsültetvények lombkoronájában kialakuló bogáregyütteseket, és néhány közülük felülírhatja a többi hatását. Vizsgálatunkban május–júniusban, a legnagyobb peszticidterhelés idején, az atkászbödice egyedszámát a kumulált peszticid-toxicitás helyett a zsákmányul szolgáló atkák egyedsűrűsége, illetve az atkászbödice imágók erre adott aggregációs válasza határozta meg.

6.2.2. A tájszerkezet hatása

Az almát fogyasztó fajokat nem befolyásolták az ültetvények környezetében található táji elemek. A ragadozó, gombafogyasztó és turista fajokra viszont hatott a táji környezet, és a vegetációs periódus során változott egyes táji elemek jelentősége egyedsűrűségük kialakításában.

A harlekinkatica abundanciája májusban és június elején a települések, július-augusztusban a természetközeli erdők, míg szeptember-októberben a szántóföldi kultúrák arányával korrelált. Ennek megfelelően egyedszáma május–júniusban 4-szer volt nagyobb abban a hat ültetvényben, amit a

legnagyobb arányban vettek körül települések, július-augusztusban 2-szer volt nagyobb abban a hat ültetvényben, amit legnagyobb arányban vettek körül természetes erdők és szeptember-októberben 6-szor volt nagyobb abban a hat ültetvényben, amit a legnagyobb arányban vettek körül szántóföldek, mint a másik hat ültetvényben.

A többi vizsgált fajra május-júniusban nem hatott a táji környezet. A *S. pusillus*ra és a *P. quatuordecimpunctata* és a *P. vittula* egyedszáma a vegetációs periódus második felében a szántóföldi kultúrák arányával korrelált. A *C. septempunctata* egyedszámát a gyümölcsültetvények aránya határozta meg.

Összességében szeptemberben és októberben, abban a hat almaültetvényben, ami körül nagyobb arányban (45–67%) fordultak elő szántóföldek, 3,5-ször több ragadozó, 3,5-ször több turista és 2,2-szer több gombafogyasztó bogáregyed fordult elő, mint abban a hat ültetvényben, melyet kisebb arányban (14–30%) vettek körül szántók.

Szemben második hipotézisünkkel a természetes-féltermészetes élőhelyek csupán kis szerepet játszottak az almaültetvények bogáregyütteseinek a kialakításában. Sem az erdőültetvények, sem a gyepek nem befolyásolták a bogarak egyedsűrűségét, és csak a természetközeli erdők hatottak némileg pozitívan a *H. axyridis*re. Különösen az erdőültetvények jelentéktelen szerepe volt meglepő, minthogy egyes almaültetvények körül a táj teljes területének akár 33–71%-át borította akác- és kisebb részben nemesnyár ültetvény. Az erdőültetvények Magyarországon döntően idegenhonos fajokból állnak, melyek gyakran kisebb mennyiségű és kevésbé diverz forrást biztosítanak az ízeltlábúak számára, mint az őshonos erdők, így kisebb szerepük lehet az ökoszisztéma szolgáltatások fenntartásában (Tscharntke és mtsai., 2016). A gyümölcsültetvényekben kapott eredményeink inkább a természetes élőhelyeken megfigyelt mintázatokhoz állnak közel. Katicabogarak nagy mennyiségben telepedtek be ezekre az élőhelyekre akkor, ha a táji környezetükben szántóföldi kultúrák voltak (Rand és Tscharntke, 2007). Tehát a szántóföldi kultúrák nem csak befogadói lehetnek a természetes ellenségeknek, hanem szolgáltatói is.

Végül harmadik hipotézisünkkel összhangban azt tapasztaltuk, hogy a vegetációs periódus során változik a különböző táji elemek jelentősége egyes bogárfajok egyedsűrűségének kialakításában. A harlekinkaticának Magyarországon három nemzedéke van, jelentős részben csoportosan, épületekben telel, és főként magasabb lágyszárú növényeken, cserjék és fák lombkoronájában fejlődik (Markó és Pozsgai, 2009). Ennek megfelelően nagyobb egyedszáma a települések közelébe telepített almaültetvényekben a telelő harlekinkaticák szinantrop jellegével, míg a második nemzedék nagyobb egyedszáma a természetes erdők közelében a harlekinkaticák cserjék és fák lombkoronájához kötött életmódjával magyarázható. A vegetációs periódus közepétől növényállományuk sárgulása-száradása, majd aratása következtében a szántóföldek fokozatosan kedvezőtlen élőhelyekké váltak és ez, összhangban a „táj irányította sűrűsödés és hígulás hipotézissel”, a ragadozó bogarak tömeges betelepülését indította el a szántóföldekről a gyümölcsültetvényekbe (Tscharntke és mtsai., 2012).

Összességében a gyümölcsültetvények a ragadozó bogarak számára a vegetációs periódus első felében nyelő (sink) habitatként funkcionálnak, míg a vegetációs periódus második felében rezervoár habitatként segítik fennmaradásukat.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom családomnak, szüleimnek, dr. Markó Józsefnek és Markó Jelenának, feleségemnek, Fazekas Zsuzsának és lányomnak, Markó Lucának, akik munkám támogató háttérét nyújtották.

Pályám elején munkámban Sáringer Gyula, Mészáros Zoltán, Jenser Gábor, Balázs Klára, Kozár Ferenc, Mark W. Brown, Leo H. M. Blommers, Jerry V. Cross, Lövei Gábor és Szentkirályi Ferenc segített vagy inspirált.

Köszönöm munkahelyemnek, a SZIE Rovartani Tanszékének a kutatás lehetőségét, Haltrich Attilának az oktatói hétköznapiakban nyújtott segítségét. Az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézetében dolgozó kollégáknak, hogy a legkülönbözőbb szakmai kérdésekkel fordulhattam hozzájuk.

Köszönöm a közös munkát doktorandusz hallgatóimnak, Balog Adalbertnek, Bleicher Krisztinának, Kutasi Csabának, Keresztes Balázsnak, Korányi Dávidnak, Mezőfi Lászlónak, Nagy Csabának, Sipos Péternek és Varga Ákosnak, valamint Bogya Sándornak és Vas Jánosnak és mintegy 80 diplomadolgozatos hallgatónak.

Ábrahám Levente, Ádám László, Bozsik András, Földesi Rita, Hegyi Tamás, Józán Zsolt, Kondorosy Előd, Kádár Ferenc, Merkl Ottó, Orosz András, Rasztik Viktória, Podlussány Attila, Szabó Árpád, Szalóki Dezső, Tempfli Balázs, Thuróczy Csaba, Tóth Sándor és Vig Károly az ízeltlábúak identifikációjában végzett elengedhetetlen munkát, amit ezúton is köszönök.

Ladányi Márta és Elek Zoltán a statisztikai elemzésekben segített.

Itt mondok köszönetet a kutatásaim során együttműködő valamennyi társszerzőmnek is.

A NAIK Gyümölcsstermesztési Kutatóintézet Újfehértói Kutatóállomása számos vizsgálatunknak adott helyet, melyeket Fekete Zoltán, Ináncsi Ferenc és Lakatos Tamás támogatott.

Kiss Balázs, Merkl Ottó és Szabó Árpád a dolgozat elkészítése során adott hasznos tanácsokat.

Munkámat számos ösztöndíj és pályázat segítette. Ezek közül a következőket kell kiemelnem:

TEMPUS ösztöndíj (1997)

Bolyai János Tudományos Ösztöndíj (1998–2001, 2009–2011)

Békésy György Posztdoktori Ösztöndíj (2001–2004)

Magyar Állami Eötvös Ösztöndíj (2002, 2004)

Budapesti Corvinus Egyetem, Kutató Asszisztensi Ösztöndíj (2009, 2010)

Corvinus Visiting Scholar pályázat (2012)

OTKA/NKFI témavezetőként (F006392, F23885, T046380, K75856, K112743)

OTKA/NKFI résztvevőként (F029349, NN101940)

NKFP (4/008, 4/012/04)

USDA, Egyesült Államok (58-319-R-3022)

MAFF, Nagy-Britannia (HH2502 STF)

7. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEGZÉSE PONTOKBA FOGLALVA

1. Megszerkesztettem, kísérő tanulmánnyal láttam el, és felelős kiadóként megjelentettem a hazai növényvédelmi zoológia legfontosabb elméleti munkáját, Szelényi Gusztáv: Az agrozoocönológia alapvonalai című művét. Feldolgoztam Balogh János és Szelényi Gusztáv zoocönológiai elméleteinek, illetve szakmai vitájának tudománytörténeti vonatkozásait.
2. Az általam irányított ökofaunisztikai felmérések eredményeként 1167 fajjal, összesen 3023 fajra növeltük a magyarországi almaültetvényekből kimutatott állatfajok számát. További 203 fajról jeleztük, hogy valószínűleg előfordulnak almaültetvényekben. Elsőként végeztünk átfogó ökofaunisztikai feltárást almaültetvények Staphylinidae, Curculionidae, Auchenorrhyncha, Aculeata, Araneae és Phytoseiidae együtteseinek esetén. Jelentős mértékben növeltük ismereteinket az a Heteroptera, Neuropteroidea és Syrphidae csoportokról. Nagy ráfordításokkal végzett, célzott gyűjtések eredményei alapján egy magyarországi üzemi almaültetvény ízeltlábú-fajgazdagságát (Insecta és Arachnida) 2500 és 3300 faj közötti értékre becsültem.
3. Összesen 700 ízeltlábú fajt mutattunk ki nagy-britanniai (délelet-angliai) almaültetvényekből, ahol elsőként végeztünk ökofaunisztikai feltárást Heteroptera, Auchenorrhyncha, Neuropteroidea, Coleoptera, Syrphidae és Araneae csoportok esetén. A vizsgált almaültetvény teljes ízeltlábú-fajgazdagságát (Insecta és Arachnida) 2335 fajra becsültem.
4. Nagy-Britanniában, négyéves vizsgálatunk során begyűjtött 53 337 bogáregyed identifikációjának eredményeként feltártuk a Coleoptera együttesek (366 faj) mennyiségi viszonyait két ökológiai almaültetvény lombkoronájában, illetve egy további almaültetvény különböző peszticidterhelésnek kitett parcelláiban, azok különböző vertikális szintjein. Megállapítottuk, hogy egyedszámuk alapján mely fajoknak lehet jelentős funkcionális szerepe almaültetvényekben.
5. Meghatároztuk egy új hatásmechanizmusú, ökológiai gazdálkodásban is alkalmazható hatóanyag, a kaolin-részecskesfilm hatékonyságát 24 almakártevő csoport szabályozásában. Hollandiai viszonyok között a kaolin 45–97%-os Abbott hatékonysággal korlátozza a legtöbb kártevő faj egyedszámát vagy kártételét, azaz alkalmas számos kártevő szabályozására vagy gyérítésére. A kaolinkezelések nem hatnak néhány védett környezetben fejlődő fajra, vagy kis mértékben növelik egyedszámukat, és radikálisan segíthetik a vértetű (*Eriosoma lanigerum*) populációk növekedését, így növényvédelmi kockázatot is hordoznak.
6. Kimutattuk, hogy a kaolinkezelések negatívan hatnak 19 ragadozócsoporthoz egyedszámára és az alma-gyümölcsdarázs (*Hoplocampa testudinea*) legfontosabb parazitoidja, a *Lathrolestes ensator* (Ichneumonidae) által okozott parazitáltság mértékére. A kaolin széles hatásspektrumú hatóanyagként tehát rontja a megőrző biológiai védekezés hatékonyságát.
7. Megállapítottuk, hogy a kaolinkezelések csökkentik az almafák lombkoronájában kialakuló Heteroptera-, Coleoptera- és Araneae-együttesek fajgazdagságát és egyedsűrűségét, megváltoztatják azok guildstruktúráját és dominancia-viszonyait. A kezelések negatív hatásai az ízeltlábú-együttesekre a kezelések beszüntetése után hosszú időn keresztül érvényesülnek.

8. Feltártuk, hogy a kaolinkezelések hogyan alakítják az atkaegyüttesek abundancia-mintázatait almaültetvények lombkoronájában. A kezelések közvetlen negatív, és a ragadozó atkák egyedszámának csökkentésén keresztül ható közvetett pozitív hatásai összességében segítik a *Tetranychus urticae* és a *Panonychus ulmi* felszaporodását, illetve szabálytalan fluktuációt (a kontrollhoz viszonyított csökkenést vagy növekedést) váltanak ki az *Aculus schlechtendali* és a Tydeoidea-együttesek dinamikájában. A kaolinkezelések hatékonyan korlátozzák a *Tarsonemus nodosus* fajt, így perspektivikusak lehetnek kártevő Tarsonemidae-fajok szabályozásában. A kezelések az *Amblyseius andersoni* irányába tolják el a Phytoseiidae-együttesek összetételét.

9. Hatéves vizsgálatunkban kimutattuk, hogy a gypszinten, a sorközökben kialakított növénytakaró (gyommentes talajfelszín, gyepp, virágzó lágyszárú növények), hogyan befolyásolja az ízeltlábú-együttesek szerveződését almaültetvények lombkoronájában. A következő megállapításokra jutottunk:

9.1. A virágzó növények tavasszal és ősszel növelik a *Phytoseiidae* együttes egyedszámát és diverzitását, és ezen keresztül negatívan hathatnak a takácsatkákra. A ragadozók hasznos tevékenységét akadályozhatja az intraguild predáció, melynek kimenetelét befolyásolja a gypszint növényzete. Virágzó lágyszárúak jelenlétében a *Typhlodromus pyri* kiszorítja az *A. andersoni* fajt.

9.2. A virágzó növények növelik a *Leucoptera malifoliella* parazitáltságát és a parazitoid-együttes diverzitását. Ugyanakkor ez az egyedszám-növekedés megfigyeléseink szerint csak a hímeknél következik be, ami jelentősen csökkentheti az Eulophidae-együttesek növekedési potenciálját. A sorközök virágzó növényzete nem befolyásolja a levélaknázó-molyok kártételét, bár más körülmények között a parazitoidokon keresztül esetleg hozzájárulhat annak korlátozásához.

9.3. A gypszint kialakítása nem befolyásolja a *Cydia pomonella* és az *Adoxophyes orana* terméskártételét.

9.4. A zöld-almalevéltetvek (*Aphis* spp.) abundanciájára összességében nem hat a gypszint növényborítása. Augusztustól viszont a gypesített és virágzó növényekkel telepített parcellákban számuk gyakran csökken. Ezt a jelenséget a talajtakaró növények és az almafák közötti kompetíció, és az ennek következtében megfigyelhető kisebb hajtásnövekedés magyarázhatja. Ezzel szemben a gypszint nagyobb növényállománya valószínűleg az állományklíma megváltoztatásával pozitívan hat a vértetvekre.

9.5. A levéltetű-ragadozók egyedsűrűsége többnyire nem függ közvetlenül a gypszint növényborításától, inkább a zöld alma-levéltetvek egyedsűrűségét követi. A *H. humulinus*, a *M. angulatus* és a *P. quatuordecimpunctata* egyedszámát viszont nem befolyásolja sem a virágtelepítés (az ugarolással összehasonlítva), sem a zöld alma-levéltetvek térbeli eloszlása. A *C. carnea* sl (döntően *C. affinis*) imágók a levéltetvektől függetlenül a virágzó lágyszárúak mintázatát követik.

9.6. A gypszint növényborításának növekedésével nő a kabócák (*Fulgoromorpha*, *Cicadomorpha*), a nem-almafogyasztó fitofág bogarak, a Diptera- és a növényvédelmi szempontból kiemelten fontos parazitoid Hymenoptera-csoportok egyedsűrűsége az almafák lombkoronájában. A sorközök nagy sűrűségű növényállománya számos ízeltlábú fajt szolgáltat a lombkoronának, más fajokat viszont elvon a lombkoronából.

9.10. A virágzó növények növelik a pókok egyedszámát, de a növekedés mértéke a különböző vadászó guildek és fajok esetén jelentősen eltérhet.

9.11. A sorközökbe telepített virágzó lágyszárúak segítik a természetes ellenségek felszaporodását az almaültetvényekben, így hozzájárulhatnak a vizsgált kártevők szabályozásához. Ugyanakkor a pókok és ragadozóatkák intraguild predációja, a parazitoid populációk ivararányának az eltolódása a hímek irányába, az afidofág ragadozók feltételezhetően gyors elmozdulása a jobb zsákmányellátottságú élőhelyek irányába, valamint a domináns pókfajok kötődése egyes nagy egyedsűrűségű, nem-kártevő zsákmánycsoportokhoz jelentősen akadályozhatja hatékonyságukat. Összességében nem találtunk bizonyítékot arra, hogy virágzó sorköztakaró növények telepítésével jelentős mértékben segítenénk az almakártevők szabályozását.

10. Meghatároztuk, hogy almaültetvények peszticidterhelése és táji környezete együttesen hogyan alakítja lombkoronájuk Coleoptera együtteseit. A rosszabb diszperziós képességű bogárfajok (kártevők) egyedsűrűségét a peszticidkezelések, a jobb diszperziós képességű fajokét (főként ragadozó katicabogarak) az ültetvények táji környezete határozza meg. A Magyarországra jellemző, erős antropogén hatásoknak kitett táji környezetben a települések, a gyümölcsültetvények és főként a szántóföldek jelentős pozitív hatással vannak a ragadozó bogárfajokra. Az akác- és nemesnyár-ültetvények, a természetes erdők és a gyepek jelentősége kisebb. A tájszerkezet hatása a bogarak egyedsűrűségére a vegetációs periódus során sajátos mintázatot mutat. Tavasszal és június elején a települések, nyáron a féltermészetes erdők és ősszel a szántóföldek szolgáltatnak jelentős mennyiségű harlekinkaticát (*Harmonia axyridis*) az almaültetvényeknek. A ragadozó bogárfajok betelepülése júliusban indul és szeptember-októberben kulminál, összhangban a szántóföldi növények érésével és aratásával. Megállapítottuk, hogy a gyümölcsültetvények a ragadozó bogarak számára, a vegetációs periódus első felében nyelő (sink) habitatként funkcionálnak, a vegetációs periódus második felében viszont rezervoár habitatként segítik fennmaradásukat.

8. AZ ÉRTEKEZÉSHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

8.1. AZ ÉRTEKEZÉS ALAPJÁT KÉPEZŐ IMPAKT FAKTOROS PUBLIKÁCIÓIM

- Cross, J., Fountain, M., **Markó, V.**, Nagy, Cs., 2015. Arthropod ecosystem services in apple orchards and their economic benefits. *Ecol. Entomol.* 40, 82–96.
- **Markó, V.**, Blommers, L.H.M., Bogya, S., Helsen, H., 2008. Kaolin particle films suppress many apple pests, disrupt natural enemies and promote woolly apple aphid. *J. Appl. Entomol.* 132, 26–35.
- **Markó, V.**, Bogya, S., Kondorosy, E., Blommers, L.H., 2010. Side effects of kaolin particle films on apple orchard bug, beetle and spider communities. *Int. J. Pest Manage.* 56 189–199.
- **Markó, V.**, Jenser, G., Kondorosy, E., Ábrahám, L., Balázs, K., 2013. Flowers for better pest control? The effects of apple orchard ground cover management on green apple aphids (*Aphis* spp.) (Hemiptera: Aphididae), their predators and the canopy insect community. *Biocontrol Sci. Technol.* 23, 126–145.
- **Markó, V.**, Jenser, G., Mihályi, K., Hegyi, T., Balázs, K., 2012. Flowers for better pest control? Effects of apple orchard groundcover management on mites (Acari), leafminers (Lepidoptera, Scitellidae), and fruit pests. *Biocontrol Sci. Techn.* 22, 39–60.
- **Markó, V.**, Keresztes, B., 2014. Flowers for better pest control? Ground cover plants enhance apple orchard spiders (Araneae), but not necessarily their impact on pests. *Biocontrol Sci. Techn.* 24, 574–596.
- Szabó, Á., Péntes, B., Sipos, P., Hegyi, T., Hajdú, Z., **Markó, V.**, 2014. Pest management systems affect composition but not abundance of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) in apple orchards. *Exp. Appl. Acarol.* 62, 525–537.

8.2. AZ ÉRTEKEZÉS ALAPJÁT KÉPEZŐ, NEMZETKÖZI, NEM IMPAKT FAKTOROS FOLYÓIRATOKBAN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓIM

- Balog, A., **Markó, V.**, Kutasi, Cs., Ádám, L., 2003. Species composition of ground dwelling staphylinid (Coleoptera: Staphylinidae) communities in apple and pear orchards in Hungary. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 38, 181–198.
- Bleicher, K., **Markó, V.**, Orosz, A., 2006. Species composition of Cicada (Auchenorrhyncha) communities in apple and pear orchards in Hungary. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 41, 341–355.
- Bleicher, K., **Markó, V.**, Orosz, A., 2007. Species composition of Cicada (Auchenorrhyncha) communities on the surrounding vegetation of apple orchards in Hungary. *Natura Somogyiensis* 10, 135–142.
- Bleicher, K., Orosz, A., Cross, J., **Markó, V.**, 2010. Survey of leafhoppers, planthoppers and froghoppers (Auchenorrhyncha) in apple orchards in South-East England. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 45, 93–105.
- Bogya, S., Szinetár, Cs., **Markó, V.**, 1999b, Species composition of spider (Araneae) assemblages in apple and pear orchards in the Carpathian Basin. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 34, 99–122.
- Kondorosy, E., **Markó, V.**, Cross, J., 2010. Heteropteran fauna of apple orchards in South-East England. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 45, 173–193.
- Kutasi, Cs., **Markó, V.**, Balog, A., 2004. Species composition of carabid (Coleoptera: Carabidae) communities in apple and pear orchards in Hungary. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 39, 71–89.
- **Markó, V.**, Blommers, L.H.M., Bogya, S., Helsen, H., 2006. Effect of kaolin treatments on phytophagous and predatory arthropods in the canopies of apple trees. *Journal of Fruit and Ornamental Research* 14: 79-87.
- **Markó, V.**, Kádár, F., 2005. Effects of different insecticide disturbance levels and weed patterns on carabid beetle assemblages. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 40, 111–143.

- **Markó, V.**, Merkl, O., Podlussány, A., Vig, K., Kutasi, Cs., Bogya, S., 1995. Species composition of Coleoptera assemblages in the canopy of Hungarian apple and pear orchards. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 30, 221–246.
- Vas, J., Ábrahám, L., **Markó, V.**, 2001. Methodological investigations on a Neuropteroidea community. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 36, 101–113.
- Vas, J., **Markó, V.**, Mészáros, Z., Ábrahám, L., 2001. Study of Neuropteroidea (Raphidioptera, Neuroptera) communities by using Malaise traps in an untreated orchard and its environment. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 36, 115–122.
- Vig, K., **Markó, V.**, 2004. Species composition of leaf beetle assemblages in the canopies of apple and pear orchards in Hungary and Great Britain (Coleoptera: Chrysomelidae). *Comm. in Appl. Biol. Sci.*, Ghent University 69, 335–341.

8.3. AZ ÉRTEKEZÉS ALAPJÁT KÉPEZŐ, HAZAI FOLYÓIRATOKBAN MEGJELENT, MAGYAR NYELVŰ PUBLIKÁCIÓIM

- **Markó, V.**, 2015. Utazás a közösségi ökológia forrásvidékére. Szelényi Gusztáv agrozoocönológiája és a Balogh-Szelényi-vita. *Állattani Közl.* 100, 29–53.
- **Markó, V.**, 2017. Kártevők integrált és ökológiai szabályozása almaültetvényekben – történeti áttekintés. *Növényvédelem* (in press)
- Mezőfi, L., Sipos, P., **Markó, V.**, 2015. A kaolin részecskefilm hatása az alma terméskártevőire és a gyümölcs minőségére. *Növényvédelem* 51, 353–362.
- Sipos, P., **Markó, V.**, 2014. A bimbólikasztó bogár (*Anthonomus pomorum*) helyzete ökológiai almaültetvényekben, valamint a környezetkímélő védekezés lehetőségei. *Növényvédelem* 50, 105–114.

8.4. AZ ÉRTEKEZÉS ALAPJÁT KÉPEZŐ MAGYAR NYELVŰ KÖNYVRÉSZLET

- **Markó, V.**, 2016. Ízeltlábúak biodiverzitása almaültetvényekben. In: Kovács E., Kuti Zs., Puskás J. (szerk.), *Fénycsapdán innen és túl. Tiszteletkötet Mészáros Zoltán és Nowinszky László professzor urak 80. születésnapjára.* 50–59. Savaria University Press, Szombathely

8.5. AZ ÉRTEKEZÉSBEN EMLÍTETT TOVÁBBI PUBLIKÁCIÓIM

- Balog, A., **Markó, V.**, 2007a. Chemical disturbances effects on community structure of rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) in Hungarian agricultural fields. *N. West. J. Zool.* 3, 67–74.
- Balog, A., **Markó, V.**, 2007b. Community structure of rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) in apple orchards under different pest management system programs in Hungary. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 42, 377–385.
- Balog, A., **Markó, V.**, Imre, A., 2009. Farming system and habitat structure effects on rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) assembly in Central European apple and pear orchards. *Biologia* 64, 343–349.
- Balog, A., **Markó, V.**, Szarvas, P., 2008. Dominance, activity density and prey preferences of rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) in conventionally treated Hungarian agro-ecosystems. *Bull. Entomol. Res.* 98, 343–353.
- Jenser, G., Balázs, K., Erdélyi, C., Haltrich, A., Kozár, F., **Markó, V.**, Rácz, V., Samu, F., 1997. The effect of an integrated pest management program on the arthropod populations in a Hungarian apple orchard. *Zahradnictví* 24, 63–76.
- Jenser, G., Balázs, K., Erdélyi, Cs., Haltrich, A., Kádár, F., Kozár, F., **Markó, V.**, Rácz, V., Samu, F., 1999. Changes in arthropod population composition in IPM apple orchards under continental climatic conditions in Hungary. *Agric. Ecosyst. Environ.* 73, 141–154.

- Jenser, G., Balázs, K., **Markó, V.**, Haltrich, A., 2006. Lessons of the changes in the arthropod population composition in Hungarian apple orchards in the last six decades. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 41, 165–176.
- **Markó, V.**, 2014. Apple blossom weevil. In: Sutton, T.B., Aldwinckle, H.S., Agnello, A.M., Walgenbach, J.F. (szerk.), *Compendium of apple and pear diseases and pests*. 183–185. Second Edition. APS Press
- **Markó, V.**, Keresztes, B., Fountain, M.T., Cross, J.V., 2009. Prey availability, pesticides and the abundance of orchard spider communities. *Biol. Contr.* 48, 115–124.
- **Markó, V.**, Pozsgai, G., 2009. A harlekinkatica (*Harmonia axyridis* Pallas, 1773) (Coleoptera, Coccinellidae) elterjedése Magyarországon és megjelenése Romániában, Ukrajnában. *Növényvédelem* 45, 481–490.
- Mezőfi, L., Nagy, Cs., **Markó, V.**, 2015. Adatok almaültetvények lombzatlakó vadászpók együttesének összetételéről és kártevő korlátozó szerepéről. *Növényvédelem* 51, 409–416.
- Nagy, Cs., Cross, J.V., **Markó, V.**, 2013. Sugar feeding of the common black ant, *Lasius niger* (L.), as a possible indirect method for reducing aphid populations on apple by disturbing ant-aphid mutualism. *Biol. Contr.* 65, 24–36.
- Nagy, Cs., Cross, J.V., **Markó, V.**, 2015. Can artificial nectaries outcompete aphids in ant-aphid mutualism? Applying artificial sugar sources for ants to support better biological control of rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* Passerini in apple orchards. *Crop Prot.* 77, 127–138.
- Nagy, Cs., **Markó, V.**, Cross, J., 2007. Effects of exclusion or supplementary honey feeding of the common black ant, *Lasius niger* (L.), on aphid populations and natural enemies on apple. *IOBC WPRS Bulletin* 30, 43–50.

9. IRODALOM

- Addison, J.A., Hardman, J.M. Walde, S.J., 2000. Pollen availability for predaceous mites on apple: spatial and temporal heterogeneity. *Exp. Appl. Acarol.* 24, 1–18.
- Alford, D.V., 2007. *Pests of fruit crops: a colour handbook*. Manson Publishing, 461 pp.
- Amalin, D.M., Peña, J.E., 2000. The impact of weeds on the population of predatory spiders in lime orchard. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 113, 17–19.
- Asante, S.K., Danthanarayana, W., and Heatwole, H., 1991. Bionomics and population growth statistics of apterous virginoparae of woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum*, at constant temperatures. *Entomol. Exp. Appl.* 60, 261–270.
- Benhadi-Marín, J., Pereira, J.A., Santos, S.A., 2016. Effects of kaolin particle films on the life span of an orb-weaver spider. *Chemosphere*, 144, 918–924.
- Bostanian, N. J., Racette, G., 2008. Particle films for managing arthropod pests of apple. *J. Econ. Entomol.* 101, 145–150.
- Chant, D.A., 1956a. Predacious spiders in orchards in south-eastern England. *J. Hortic. Sci.* 31, 35–46.
- Chant, D.A., 1956b. Predacious spiders and mites on fruit trees. *Annual Report of East Malling Research Station, Kent* 175–178.
- Collyer, E., 1953. Biology of some predatory insects and mites associated with the fruit tree red spider mite (*Metatetranychus ulmi* (Koch)) in south-eastern England II. Some important predators of the mite. *J. Hortic. Sci.* 28, 85–97.
- Cross, J.V., Solomon, M.G., Babandreier, D., Blommers, L., Easterbrook, M.A., Jay, C.N., Jenser, G., Jolly, R.L., Kuhlmann, U., Lilley, R., Olivella, E., Toepfer, S., Vidal, S., 1999. Biocontrol of pests of apples and pears in Northern and Central Europe: 2. Parasitoids. *Biocontrol Sci. Techn.* 9, 277–314.
- Duso, C., Pasini, M., Pellegrini, M., 2003. Distribution of the predatory mite *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) on different apple cultivars. *Biocontrol Sci. Techn.* 13, 671–681.

- Duso, C., Vettorazzo, E., 1999. Mite population dynamics on different grape varieties with or without phytoseiids released (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 23, 741–763.
- Eurostat, 2007. The use of plant protection products in the European Union. Data 1992–2003. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities 2007.
- Fréchette, B., Cormier, D., Chouinard, G., Vanoosthuyse, F., Lucas, E., 2008. Apple aphid, *Aphis* spp., Hemiptera: Aphididae), and predator populations in an apple orchard at the non-bearing stage: the impact of ground cover and cultivar. *Eur. J. Entomol.* 105, 521–529.
- Givens, R.P., 1978. Dimorphic foraging strategies of a salticid spider (*Phidippus audax*). *Ecology* 59, 309–321.
- Glenn, D.M., Puterka G., 2005. Particle films: a new technology for agriculture. *Horticultural Reviews* 31, 1–44.
- Granatstein, D., Sanchez, E., 2009. Research Knowledge and Needs for Orchard Floor Management in Organic Tree Fruit Systems. *Int. J. Fruit Sci.* 9, 257–281.
- Gunnarsson, B., 2007. Bird predation on spiders: ecological mechanisms and evolutionary consequences. *J. Arachn.* 35, 509–529.
- Hall, R.W., 1993. Alteration of sex ratios of parasitoids for use in biological control. In: Wrensch, D.L., Ebbert, M.A., (szerk.), *Evolution and diversity of sex ratio in insects and mites*. New York: Chapman & Hall, 542–547.
- Hardman, J.M., Jensen K.I.N., Franklin J.L., Moreau D.L., 2005. Effects of dispersal, predators (Acari: Phytoseiidae), weather, and ground cover treatments on populations of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in apple orchards. *J. Econ. Entomol.* 93, 862–874.
- Holland, J.M., Bianchi, F.J., Entling, M.H., Moonen, A.C., Smith, B.M. and Jeanneret, P., 2016. Structure, function and management of seminatural habitats for conservation biological control: A review of European studies. *Pest Manag. Sci.* 72, 1638–1651.
- Horton, D.R., Broers, D.A., Lewis, R.R., Granatstein, D., Richard, S.Z., Unruh, T.R., Moldenke, A.R., Brown, J.J., 2003. Effects of mowing frequency on densities of natural enemies in three Pacific Northwest pear orchards. *Entomol. Exp. Appl.* 106, 135–145.
- Horton, D.R., Jones, V.P., Unruh, T.R., 2009. Use of a new immunomarking method to assess movement by generalist predators between a cover crop and tree canopy in a pear orchard. *Am. Entomol.* 55, 49–56.
- Jonsson, M., Wratten, S.D., Landis, D.A., Tompkins, J.-M.L., Cullen, R., 2010. Habitat manipulation to mitigate the impacts of invasive arthropod pests. *Biol. Invasions* 12, 2933–2945.
- Kinkorová, J., Kocourek, F., 2000. The effect of integrated pest management practices in an apple orchard on Heteroptera community structure and population dynamics. *J. Appl. Entomol.* 124, 381–385.
- Knight, A.L., Christianson Jr., B., Unruh, T.R., Puterka, G.J., Glenn, D.M., 2001. Impacts of seasonal kaolin particle films on apple pest management. *Can. Entomol.* 133, 413–428.
- Korenko, S., Pekár, S., 2010. Is there intraguild predation between winter-active spiders (Araneae) on apple tree bark? *Biol. Contr.* 54, 206–212.
- Leatemia, J.A., Laing, J.E., Corrigan, J.E., 1995. Effects of adult nutrition on longevity, fecundity, and offspring sex-ratio of *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae). *Can. Entomol.* 127, 245–254.
- Mafi, Sh., Ohbayashi, N., 2010. Biology of *Chrysocharis pentheus* an endoparasitoid wasp of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton. *J. Agr. Sci. Tech.* 12, 145–154.
- Meagher, R.L., Meyer, J.R., 1990. Influence of ground cover and herbicide treatments on *Tetranychus urticae* populations in peach orchards. *Exp. Appl. Acarol.* 9, 149–158.
- Mészáros, Z. (szerk.), Ádám, L., Balázs, K., Benedek, M.I., Csikai, Cs., Draskovits, D.Á., Kozár, F., Lövei, G. és mtsai., 1984. Result of faunistical and floristical studies in Hungarian apple orchards. *Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung.* 19, 91–176.
- Olszak, R.W., 1986. Suitability of three aphid species as prey for *Propylea quatuordecimpunctata*. In: Hodek, I. (szerk.), *Ecology of aphidophaga*. 51–55. Prague: Academia & Dordrecht, Dr. W. Junk,
- Paredes, D., Cayuela, L., Campos, M., 2013. Synergistic effects of ground cover and adjacent vegetation on natural enemies of olive insect pests. *Agric. Ecosyst. Environ.* 173, 72–80.

- Pascual, S., Cobos, G., Seris, E., González-Núñez, M., 2010. Effects of processed kaolin on pests and non-target arthropods in a Spanish olive grove. *J. Pest Sci.* 83, 121–133.
- Porcel, M., Ruano, F., Cotes, B., Peña, A., Campos, M., 2013. Agricultural management systems affect the green lacewing community (Neuroptera: Chrysopidae) in olive orchards in Southern Spain. *Environ. Entomol.* 42, 97–106.
- Rand, T.A., Tscharntke, T., 2007. Contrasting effects of natural habitat loss on generalist and specialist aphid natural enemies. *Oikos* 116, 1353–1362.
- Roda, A., Nyrop, J., English-Loeb, G., 2003. Leaf pubescence mediates the abundance of non-prey food and the density of the predatory mite *Typhlodromus pyri*. *Exp. Appl. Acarol.* 29, 193–211.
- Silva, E.B., Francoa, J.C., Vasconcelosa, T., Brancoa, M., 2010. Effect of ground cover vegetation on the abundance and diversity of beneficial arthropods in citrus orchards. *Bull. Entomol. Res.* 100, 489–499.
- Sirrine, J.R., Letorneau, D.K., Shennan, C., Sirrine, D., Fouch, R., Jackson, L., Mages, A., 2008. Impacts of groundcover management systems on yield, leaf nutrients, weeds, and arthropods of tart cherry in Michigan, USA. *Agric. Ecosyst. Environ.* 125, 239–245.
- Smith, M.W., Arnold, D.C., Eikenbary, R.D., Rice, N.R., Shiferaw, A., Cheary, B.S., Carroll, B.L., 1996. Influence of ground cover on beneficial arthropods in pecan. *Biol. Contr.* 6, 164–176.
- Solomon, M.G., Cross, J.V., Fitzgerald, J.D., Cambell, C.A.M., Jolly, R.L., Olszak, R.W., Niemczyk, E., Vogt, H., 2000. Biocontrol of pests of apples and pears in Northern and Central Europe. 3. Predators. *Biocontrol Sci. Techn.* 10, 91–128.
- Świerczewski, D., Stroiński, A., 2011. The first records of the Nearctic treehopper *Stictocephala bisonia* in Poland (Hemiptera: Cicadomorpha: Membracidae) with some comments on this potential pest. *Pol. J. Entomol.* 80, 13–22.
- Tavella, L., Arzone, A., Alma, A., Galliano, A., 1996. IPM application in peach orchards against *Lygus rugulipennis* Poppius. *ISHS Acta Hort.* 422, 160–164.
- Tscharntke, T., Tylianakis, J.M., Rand, T.A., Didham, R.K., Fahrig, L., Batáry, P. és mtsai, 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. *Biol. Rev.* 87, 661–685.
- Tscharntke, T., Karp, D.S., Chaplin-Kramer, R., Batáry, P., DeClerck, F., Gratton, C., Hunt, L., Ives, A., Jonsson, M., Larsen, A., Martin, E.A. (2016): When natural habitat fails to enhance biological pest control – Five hypotheses. *Biol. Cons.* 204, 449–458.
- Veres, A., Petit, S., Conord, C., Lavigne, C., 2013. Does landscape composition affect pest abundance and their control by natural enemies? A review. *Agric. Ecosyst. Environ.* 166, 110–117.
- Visnyovszky, É., 1987. Agrárterületek - kukorica és alma - zengőlégy (Diptera: Syrphidae) faunájának összehasonlító vizsgálata. *Állattani Közl.* 1987–88, 74, 159–167.
- Wyss, E., 1996. The effects of artificial weed strips on diversity and abundance of the arthropod fauna in a Swiss experimental apple orchard. *Agric. Ecosyst. Environ.* 60, 47–59.
- Wyss, E., Luka, H., Pfiffner, L., Schlatter, C., Uehlinger, G., Daniel, C., 2005. Approaches to pest management in organic agriculture: a case study in European apple orchards. *Organic Research (May)* 33–36.
- Wyss, E., Niggli, U., Nentwig, W., 1995. The impact of spiders on aphid populations in a strip-managed apple orchard. *J. Appl. Entomol.* 119, 473–478.
- Zehnder, G., Gurr, G.M., Kühne, S., Wade, M.R., Wratten, S.D., Wyss, E., 2007. Arthropod pest management in organic crops. *Annu. Rev. Entomol.* 52, 57–80.
- Zhang, Z.-Q., Croft, B.A., 1995. Interspecific competition and predation between immature *Amblyseius fallacis*, *Amblyseius andersoni*, *Typhlodromus occidentalis* and *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 19, 247–257.