

AKADÉMIAI DOKTORI ÉRTEKEZÉS

ÍZELTLÁBÚ-EGYÜTTESEK SZERVEZŐDÉSE ALMAÜLTETVÉNYEKBEN A PESZTICID- TERHELÉS CSÖKKENÉSÉNEK KORSZAKÁBAN

MARKÓ VIKTOR C.Sc.
SZENT ISTVÁN EGYETEM

BUDAPEST, 2017

„A zoocönózisok tőlünk függetlenül is léteznek, de egy névvel is megjelölt zoocönózisról csak akkor beszélhetünk, ha annak állományát valóban számba vettük. Ez a számbavétel viszont csak arra a helyre és időre érvényes. Talán soha többé nem látjuk viszont abban a formában.”

Szelényi Gusztáv

„Magában van valami – mondta az öreg –, de meglehet az is, hogy éppenséggel hiányzik valami... Ezt nevezzük mi tudósok az evolúció folyamatának.”

Murakami Haruki

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	1
1. Előszó	2
2. Bevezetés	3
2.1. Integrált növényvédelem almaültetvényekben.....	3
2.2. Ízeltlábúak szabályozása ökológiai almaültetvényekben.....	4
2.3. Közbevetés – ízeltlábú-együttesek lehetséges megközelítései, a Balog-Szelényi vita	8
2.4. Ízeltlábú-együttesekkel kapcsolatos kutatásaim almaültetvényekben	9
3. Almaültetvények ízeltlábú-faunájának ökofaunisztikai felmérése	11
3.1. Anyag és módszer	12
3.2. Eredmények	14
4. Kaolinrézecskefilm-kezelések hatása almaültetvények ízeltlábú-együtteseire	26
4.1. Anyag és módszer	28
4.2. Kaolinkezelések hatása almakártevőkre, természetes ellenségeikre és a termésre.....	31
4.3. Kaolinkezelések hatása almaültetvények poloska-, bogár- és pókegyütteseire	39
4.4. Kaolinkezelések hatása almaültetvények atkaegyütteseire.....	53
5. Gyepszint szerepe almaültetvények ízeltlábú-együtteseinek szerveződésében.....	62
5.1. Anyag és módszer	64
5.2. Talajtakaró növényzet hatása a ragadozó és fitofág atkákra almafák lombzatában.....	69
5.3. Talajtakaró növényzet hatása levélaknázó-molyokra és parazitoidjaikra	75
5.4. Talajtakaró növények hatása a gyümölcskártétel mértékére.....	78
5.5. Talajtakaró növények hatása levéltetvekre, hangyákra, katicabogarakra és zöldfátyolkákra.....	80
5.6. A lombkoronában előforduló rovaregyüttesek és rovarfajok egyedsűrűsége	86
5.7. A lombkoronában kialakuló rovaregyüttesek összetétele és diverzitása	89
5.8. Talajtakaró növényzet hatása almaültetvények pókegyütteseire.....	92
5.9. Következtetések	106
6. Bogáregyüttesek egyedsűrűségének változása táji- és peszticidterhelési gradiensek mentén almaültetvényekben.....	110
6.1. Anyag és módszer	112
6.2. Eredmények	115
6.3. Megvitatás	121
Köszönetnyilvánítás	125
7. Irodalom	126
8. Függelékek	148

1. ELŐSZÓ

Huszonöt évvel ezelőtt egy nagy vegyipari konszern képviselője, az alma növényvédelmét szolgáló, döntően széles hatásspektrumú peszticidekből álló termékpalettájuk bemutatása után egy karikatúrát tett fel az írásvetítőre. A képen a realitásoktól láthatóan elszakadt, kócos-szakállas hippik, „védjük a katicabogarakat, tenyészünk fátyolkákat és éljenek a zengőlegyek” feliratú táblákkal tüntettek az akkor elterjedt növényvédelmi gyakorlat ellen. Néhány évvel később, egy másik konferencián, ugyanez a képviselő már büszkén jelentette be, hogy cégük teljes, környezetkímélő integrált növényvédelmi technológiával áll az almatermesztők rendelkezésére. A történet talán érzékelteti, hogy a növényvédelem gyakorlata a rá nehezedő elvárások milyen nyomása mellett valósul meg. A termesztéstechnológia és a piac racionalitásai, az egészség-, környezet- és természetvédelem kényszerei és ideáljai alakítják azt a szemléletet és gyakorlatot, ahogy az agrárterületek élőlényegyütteseit szabályozzuk. Ebben kétségtelenül még sokáig a növényvédő szerek játsszák majd a főszerepet (2. fejezetet). Ugyanakkor abban is biztosak lehetünk, hogy ez a szerep továbbra is változni fog – a peszticidterhelés csökkenésének korszakában élünk.

Az alma a legnagyobb területen termesztett mérsékelt égövi gyümölcsfaj, egyben a legnagyobb peszticidterhelésű mezőgazdasági kultúrák egyike. Gyümölcstütnvényekben kutató agrár-entomológusként vizsgálataim a kezdetektől arra irányultak, hogy hogyan csökkenthető ez a növényvédőszer-terhelés, például integrált növényvédelemmel. A „kor gyermekeként” nem is tudtam volna elkerülni ezt a kérdést. Dolgozatomban ezen belül pedig azokat a kutatásaimat foglalom össze, melyek az ízeltlábúak szabályozásának ökológiai almaültetvényekben is alkalmazható lehetőségeit járják körül, az alapelvektől a gyakorlatig (4., 5. és 6. fejezet).

A bemutatott vizsgálatoknak azonban van egy másik olvasata is. Az Európai Unió országaiban a földhasználat szempontjából a mezőgazdaság képviseli a legnagyobb területet. Míg az 1950-es években még az is kérdés volt, hogy ezek az antropogén hatásoknak kitett élőhelyek egyáltalán ökológiai rendszereknek tekinthetők-e (2. fejezetet), addig mára inkább az a kérdés, hogy vannak-e még egyáltalán az embertől független ökoszisztémák. Az agrárterületek vizsgálata az ökológiai kutatások fő sodrába került, jól jelzik ezt a témakörrel foglalkozó folyóiratok tudományometriai mutatói.

Az almaültetvények ideális objektumát képezik az ökológiai kutatásnak. Egyrészt a természetes élőhelyekhez viszonyítva homogén, szinte laboratóriumi körülmények között vizsgálhatjuk az ízeltlábúakat. Másrészt az almaültetvényekben, a peszticidterhelés csökkenésével, a szántóföldi kultúrához viszonyítva kifejezetten fajgazdag együttesek alakulhatnak ki (3. fejezetet). Az ökológiai kutatás hipotézisek formájában, általános modelleket fogalmaz meg az ízeltlábú-együttesek szerveződéséről (5. és 6. fejezet). Ezek a modellek nem csupán az ízeltlábú-együttesek megértését szolgálják, de alapját képezik azok szabályozásának is. Amikor az almaültetvényekben egy-egy ökológiai tényezőt megváltoztattunk, majd mértük, hogy ennek hatására hogyan változtak az ízeltlábúak abundancia-mintázatai, akkor nem csak elemi összefüggéseket tártunk fel, hanem szembesítettük az elméleteket a tényekkel. Azokkal a tényekkel, melyek alapját képezik az ízeltlábú-együttesek megismerésének. Merthogy növényvédelmi technológiák és elméletek jönnek-mennek, az ízeltlábú-együttes marad.

2. BEVEZETÉS

2.1. Integrált növényvédelem almaültetvényekben

Bár különböző kémiai anyagokat hosszú ideje alkalmaztak növényvédelmi céllal, a diklór-difenil-triklóretán (DDT) felfedezése, ipari volumenű előállítása és mezőgazdasági alkalmazása forradalmasította a kártevők elleni védekezést (Thacker, 2002). A DDT a szintetikus inszekticideken alapuló növényvédelem máig tartó korszakát nyitotta meg. Az 1945 és 1970-es évek közötti időszakban kifejlesztett inszekticid hatóanyag-csoportok, mint a klórozott szénhidrogének, a szerves foszforsavészterek, a karbamátok és piretroidok addig ismeretlen, kiemelkedő hatékonysággal korlátozták a haszonnövények kártevőit. Alkalmazásuk általánossá vált a gyümölcsstermesztésben is. A kémiai növényvédelem egyértelmű sikerei mellett ugyanakkor már korán jelentkeztek azok a problémák, melyek árnyalták a kezdetben kialakult, kizárólagosan pozitív képet. Például almaültetvényekben, a kén és DDT-kezelések ragadozó atkákra és parazitoidokra kifejtett negatív hatásaira és ennek következtében a *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae) és a *Lepidosaphes ulmi* (Linnaeus) (Hemiptera: Diaspididae) jelentős felszaporodására hívta fel a figyelmet Pickett (1949). A probléma megoldásának alapelveit már ekkor lefektették: a biológiai és a kémiai növényvédelmet egymás kiegészítőiként kell tekinteni, a természetes ellenségek az esetek többségében korlátozzák a kártevőket, és ezért az inszekticideket úgy kell alkalmazni, hogy azok a legkevésbé akadályozzák a kártevők természetes szabályozását (Hoskins és mtsai., 1939; Jermy, 1955; Pickett és mtsai., 1958; Kogan 1998). Megfogalmazódott az igény olyan szelektív inszekticidek iránt, melyek nem korlátozzák a természetes ellenségek tevékenységét (Smith és Allen, 1954). A széles hatásspektrumú inszekticidek használatával fellépő problémákat és ezek lehetséges kezelését először Stern és mtsai. (1959) foglalták egységes elméleti keretbe. Almaültetvények növényvédelme kapcsán az integrált növényvédelem alapelveket lásd Pickett és mtsai. (1958, 1959) munkáiban.

Az almatermésűek integrált növényvédelmének (IPM) európai irányelveit a Biológiai Védekezés Nemzetközi Szervezete Nyugat-palearktikus Regionális Szekció (International Organisation for Biological Control, IOBC, West Palearctic Regional Section, WPRS), Gyümölcsültetvények Integrált Növényvédelme (Integrated Protection of Fruit Crops) munkacsoportjában dolgozták ki 1990-ben (Dickler és Schafermeyer, 1991), melyet később a dokumentum újabb kiadásai követtek (például Malavolta és Cross, 2009). Az 1990-ben, Gödöllőn rendezett Gyümölcsültetvények Integrált Növényvédelme Nemzetközi Szimpózium (Balázs, 1992) résztvevőinek nagy száma, rendkívül optimista hangulata már egyértelműen az integrált növényvédelmi kutatások átfogó sikerét, várható „áttörését” jelezték (Leo Blommers, szóbeli közlés). Az almaültetvények integrált növényvédelme az 1990-es években kezdett széles körben elterjedni Európában, bár az ültetvények eltérő klimatikus környezete, a heterogén fajösszetételű és különböző jelentőségű kártevők, a termesztéstechnológiák sokfélesége, a rendelkezésre álló peszticid hatóanyagok közötti jelentős különbségek és az eltérő szaktanácsadási háttér miatt is az egyes európai országok között jelentős különbségek mutatkoztak (Blommers, 1994). Általánosságban megállapítható, hogy az integrált növényvédelem egyes elemei közül a feromon csapdákon alapuló szignalizáció, és a szelektív inszekticid hatóanyagok elterjedése volt jellemző ebben az időszakban (Walker és mtsai., 2017). Ennek megfelelően a természetes ellenségek felhasználásában, bár a biológiai védekezés más irányzataihoz köthető kutatások is folytak, a spontán betelepülő hasznos szervezetek védelme, a megőrző biológiai védekezés került előtérbe

(Blommers, 1994). Ugyanakkor az integrált növényvédelemmel kapcsolatban éles kritikaként fogalmazható meg, hogy miközben egyre átfogóbb elméleti megközelítések születnek (például Kogan, 1998), a gyakorlatban több alapelv nem valósul meg. Többnyire nem határozzák meg a gazdasági kártétel és a kártételi veszélyhelyzet szintjét, nem követik a természetes ellenségek egyedszámát, és nem hangolják össze az egyes védekezési eljárásokat sem egymással, sem a kártevők egyedszámát szabályozó természetes folyamatokkal (Ehler és Bottrell, 2000). A növényvédelem döntően továbbra is peszticidkezeléseken alapul, és a mezőgazdasági területek, különösen a gyümölcsültetvények peszticidterhelése bár csökkent, továbbra is kifejezetten nagy (Ehler és Bottrell, 2000; Roßberg, 2013; Walker és mtsai., 2017). A precíziós növényvédelem és a rezisztencia kialakulását akadályozó technológiák használata nem vált általánossá. Ennek eredményeként, az 1990-es évek óta, például az almamoly [*Cydia pomonella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Tortricidae)] egyes populációinál a benzoil-karbamidokkal, benzoil-hidrazinokkal, szerves foszforsavészterekkel, piretroidokkal, avermektinekkal, neonikotinoidokkal, makrociklikus laktonokkal szemben alakult ki rezisztencia, de rezisztenciát figyeltek meg almamoly granulózis vírus izolátumokkal szemben is (Damos és mtsai., 2015; Jehle és mtsai., 2017).

Magyarországon az 1970-es évektől folytak olyan integrált növényvédelmi kutatások, melyek a kártevők szabályozásának környezetkímélő lehetőségeit, szelektív inszekticidek használata mellett a természetes szabályozás érvényesülését vizsgálták (Molnár, J-né, 1975; Molnár, J-né, és mtsai., 1985; Jenser és Balázs, 1991, Balázs és mtsai., 1995; 1996a, b; Samu és mtsai., 1997). A magyarországi almaültetvények ízeltlábú-együtteseinek alakulását az 1950-es évektől napjainkig részletesen összefoglaltuk (lásd Jenser és mtsai., 2006).

Az Európai Parlament és a Tanács 2009/128/EK Irányelve a peszticid használatról meghatározta annak kereteit, hogy hogyan érhető el a peszticidek fenntartható használata. Az irányelv szerint a tagállamoknak olyan nemzeti cselekvési terveket kellett kidolgozniuk, amelyek megvalósításával a peszticid használat által az emberi egészségre és a környezetre jelentett veszélyek és hatások csökkennek, és amelyek előmozdítják az integrált növényvédelem, valamint az alternatív megközelítések és technikák kidolgozását és bevezetését a peszticid használattól való függőség csökkentése érdekében (Gábrriel és Tóthné Lippai szerk., 2013). Ezzel az integrált növényvédelem bevezetése az Európai Unió tagállamaiban kötelezővé vált (Damos és mtsai., 2015). Az almaültetvények integrált növényvédelmének történetét részletesebben áttekintettem (lásd Markó, 2017).

2.2. Ízeltlábúak szabályozása ökológiai almaültetvényekben

Az ökológiai gazdálkodás, az ipari, nagyüzemi mezőgazdaság alternatívájaként, számos természetvédelmi, élelmiszerbiztonsági, környezet- és természetvédelmi és részben társadalmi problémára adott válaszként jött létre. Növényvédelmi programja az integrált növényvédelemhez hasonlóan holisztikus szemléletű, azzal részben átfed, de annál radikálisabb.

Az ökológiai gazdálkodást története során különböző csoportok, különböző okokból támogatták, melyek egymáshoz viszonyított aránya az idők során változott (Lockeretz, 2007). A XIX. század végén, a XX. század elején a mezőgazdaság intenzifikációjának mellékhatásaként, többek között az erőgépek és műtrágyák nem megfelelő használata miatt, a talajtermékenység csökkent, illetve természetvédelmi, köztük növényvédelmi problémák jelentkeztek. A zöldség- és gyümölcsstermesztésben romlott a termés minősége és egészségügyi kockázatok mutatkoztak (például magas nitrát tartalom, higany, vagy arzén eredetű peszticid maradványok)

(Lockeretz, 2007). A mezőgazdaság átalakulásával, a mezőgazdasági termékek nemzetközi kereskedelmének kiszélesedésével a hagyományos paraszti gazdaságok, és a hozzájuk kapcsolódó tradicionális életforma eltűnőben voltak (Vogt, 2007). Olyan társadalmi mozgalmak formálódtak, melyek elutasították az ipusztársadalmat, az urbanizációt, a túlzottan anyagiassá érzékelt világot, és alternatív világnézetet, természetközeli életformákat kerestek. Ezek a mozgalmak (életreform mozgalom, antropozófiai irányzatok) gyakran idealisztikus, misztikus világnézeti alapon állva a természetes és egészséges életmódot (egészséges táplálkozás, vegetarianizmus, tömegsport, új pedagógiai elvek) és ehhez kapcsolódó gazdálkodási formákat (biodinamikus gazdálkodás) igyekeztek megvalósítani (Vogt, 2007).

Az 1950-es évektől az életreform elképzelések, a biodinamikus gazdálkodáson belül az antropozófiai megközelítések fokozatosan háttérbe szorultak, és az ökológiai gazdálkodás eszmerendszerében nagyobb szerepet kapott a szintetikus agrokemikáliák elutasítása, az ezekkel kapcsolatos egészségügyi, környezetvédelmi és természetvédelmi problémák hangsúlyozása (Padel, 2001; Vogt, 2007). Ehhez kapcsolódott a nagy vegyipari cégekkel szembeni ellenszenv növekedése (például a vietnami háború, vegyipari katasztrófák kapcsán), az 1990-es évektől a biológiai sokféleség pozitív értéként való megjelenése, a genetikailag módosított haszonnövények elutasítása, illetve korábban a hippizmus mozgalom (vissza a természethez), később a zöldmozgalmak térnyerése (Lockeretz, 2007). Ennek ellenére az 1980-as évek második feléig csak elenyésző területen folyt ökológiai szemléletű termesztés. Ekkortól azonban az ökotermesztésbe vont agrárterületek nagysága és az ökotermékek piaca növekedésnek indult, amiben jelentős szerepe volt az egészséges élelmiszerek iránt megnőtt keresletnek, a fenntartható mezőgazdaság érdekében kialakított jogi szabályozásnak és támogatásoknak, valamint a kiterjedt kutatások és a nyomukban kiépülő szaktanácsadói rendszer segítségével mindinkább professzionálissá váló gazdálkodásnak (Padel, 2001; Lockeretz, 2007). Az Ökológiai Mezőgazdálkodási Mozgalmak Nemzetközi Szövetségében (International Federation of Organic Agriculture Movements, IFOAM) alapításakor, 1972-ben csupán 5 ország, az 1990-es években viszont már több mint 100 ország képviseltette magát (Lockeretz, 2007). A magyarországi Biokultúra Egyesület 1987-ben csatlakozott (Kovács és Fröhwald, 2005). Az ökológiai termesztés 1991-től áll az Európai Unió jogi szabályozása alatt (2002/91 EGK tanácsi rendelet). 2014-ben az EU15 országaiban, az átállási területekkel együtt, a teljes mezőgazdasági terület 6,1%-án, az EU28 országaiban 5,7%-án, Magyarországon 2,7%-án folyt ökológiai gazdálkodás (Willer és Schaack, 2016). Az egész Földre vonatkozóan ugyanez az érték 1% (43,7 millió hektár) volt, és az összes megtermelt ökológiai élelmiszer 90%-át Európában és Észak-Amerikában értékesítették (Willer és Lernoud, 2016).

Hasonlóan az ökológiai művelésbe vont területekkel, a méréselt égvői gyümölcsök (almatermésűek, csonthéjasok és bogysók) ökológiai termesztése is az 1980-as évektől (Magyarországon a 2000-es évektől) kezdett növekedni (Balázs és mtsai., 1997). 2004 és 2014 között területük megduplázódott, és 2014-ben globálisan az összes gyümölcs terület minimum 1,5%-án folyt ökotermesztés (ezen belül a teljes ökoterület 46%-án almát termesztettek) (Willer és Lernoud, 2016). Ugyanez az adat néhány országban, az almatermesztés volumenének csökkenő sorrendjében, a következőképpen alakult, USA: 6,3%, Lengyelország: 15,1%, Franciaország: 11,5%, Olaszország: 13,5%, Németország: 15,4%, Magyarország: 2,2%, Ausztria: 7,1%, Románia: 4,3%, Szerbia: 0,4%, Csehország: 30,0%, Szlovákia: 10,2%, Horvátország: 6,6%. Magyarországon az átállási területekkel együtt összesen 1511 ha-hektáron folyik ökológiai

gyümölcsstermesztés (Willer és Lernoud, 2016). Az elmúlt években, az ökológiai gazdálkodásból származó mérsékeltövi gyümölcs-kiskereskedelem volumene az Egyesült Államokban évente 10–12%-al, Európában 6%-al nőtt (OTA, 2014). Az új növényvédelmi technológiák kulcsszerepet játszottak az ökológiai gyümölcsstermesztés expanziójában. Az almamoly elleni légtértelítés bevezetése után (USA: 1991) nagy ütemben nőtt az ökológiai almaültetvények területe, például 2008 és 2013 között globálisan 165%-al, miközben az összes almaültetvény területe jelentősen kisebb (13%-os) növekedést mutatott (Granatstein és mtsai., 2015). A Földön jelenleg a teljes alma termésterület 1,8%-a ökológiai ültetvény (Granatstein és mtsai., 2015). 2012-ben, Svájcban az alma kiskereskedelmi forgalmának 15–17%-át, Németországban 10%-át adta az ökológiai termesztésből származó alma (Granatstein és mtsai., 2015).

Az ökológiai gazdálkodás növényvédelme, az integrált növényvédelemhez hasonlóan, az ökoszisztéma elemeiként tekint a kártevőkre, kórokozókra és gyomokra, szabályozásukat a teljes ökológiai rendszerrel összhangban, de azon belül valósítja meg. A kártevők, betegségek és gyomnövények által okozott károk megelőzésében elsősorban ezek természetes ellenségeinek védelmére, a fajok és fajták kiválasztására, a növényvédelmet segítő agrotechnikai megoldásokra támaszkodik. A szintetikus peszticidek használata, szemben az integrált növényvédelemmel, az ökológiai termesztésben nem megengedett, külső források kizárólag abban az esetben használhatók, ha ökológiai termelésben való használatukat engedélyezték (Európai Unió Tanácsa, 834/2007/EK rendelet). Wyss és mtsai. (2005) az ökológiai gyümölcsültetvények növényvédelmének négylépcsős modelljére tettek javaslatot, mely modellt az egész ökológiai termesztésre is kiterjesztették (Zehnder és mtsai., 2007). Az egyes lépcsők, alulról fölfelé haladva egyben 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. Például a 'GoldRush', 'Galarina', 'Florina' és 'Liberty', de további almafajták is rezisztensek a *Dysaphis plantaginea* (Passerini) (Hemiptera: Aphididae) fajjal szemben (Arnaudov és Kutinkova. 2006; Miñarro és Dapena, 2007). A *Conotrachelus nenuphar* (Herbst) (Coleoptera: Curculionidae) az Egyesült Államokban fontos almakártevő, de egyes régiókban, így az azokba telepített ültetvényekben sem fordul elő (Zehnder és mtsai., 2007). Ide sorolhatjuk az almamoly izolációs hálókat is, melyek az imágók betelepülését, párkeresését és tojásrakását akadályozzák (Sauphanor és mtsai., 2012).

A 2. szinten az ültetvényekben, vagy azok szegélyén alakítható ki olyan növényzet (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. Például almaültetvényekben virágzó lágyszárú növények telepítésével növelhető a *Dolichogenidea tasmanica* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) gyilkosfűrész fitnessze, ami gazdaszervezete, az *Epiphyas postvittana* (Walker) (Lepidoptera: Tortricidae) nagyobb parazitáltságával és kisebb kártételével jár (Irvin és mtsai., 2006). Egy másik vizsgálatban azokon az almafákon, melyek mellé *Lobularia maritima* (Linnaeus) Desvaux (Brassicaceae) növényeket ültettek, jelentősen csökkent a vértetű [*Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Hemiptera: Aphididae)] egyedszáma (Gontijo és mtsai., 2013).

A 3. szinten természetes ellenségek kibocsátásával, inundatív (időszakos elárasztás), vagy augmentatív (természetesen is előforduló hasznos szervezetek számának növelése betelepítéssel) biológiai védekezéssel szabályozhatók a kártevők. A mikroorganizmusokkal (rovarpatogén baktériumok, gombák, vírusok) történő inundatív védekezésre számos példa ismert gyümölcsültetvényekben is. Például fajspecifikus granulózis vírust széles körben alkalmaznak almamoly, vagy almailonca [*Adoxophyes orana* (Fischer v. Röslerstamm) (Lepidoptera: Tortricidae)] ellen, más kezelések, például spinozad vagy légtértelítés kiegészítéseként (Glen és Payne, 1984; Lacey és Shapiro-Ilan, 2008). A *Bacillus thuringiensis* subsp. kurstaki által termelt kristályos toxinfelhérjék a legelterjedtebb mikrobiális peszticidek, almaültetvényekben főként aknázó- és sodrómolyok ellen alkalmazzák őket, almamoly ellen kevésbé hatékonyak (Balázs és mtsai., 1997; Sanahuja és mtsai., 2011). Augmentatív védekezésre példaként azok a vizsgálatok említhetők, ahol *Adalia bipunctata* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae) tojásokat és lárvákat juttattak ki *Dypahis*-fajok, illetve *Trichogramma dendrolimi* Matsumura (Hymenoptera: Trichogrammatidae) imágókat almamoly, almailonca és *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) ellen (Wyss és mtsai., 1999; Zhou és mtsai., 2014). 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. Például az *Aphelinus mali* (Haldeman) (Hymenoptera: Aphelinidae) betelepítése Észak-Amerikából számos más földrészre jelentős mértékben csökkentette a vértetű kártételét (Howard, 1929).

Végül a 4. szinten, amennyiben a korábbi szinteken alkalmazott növényvédelmi eljárások nem voltak hatékonyak, az ökológiai természetben engedélyezett biológiai és ásványi eredetű növényvédő szerekkel, fizikai repellensekkel és légtértelítéssel szabályozhatók a kártevők. Ásványi olajok például az *Aphis pomi* De Geer (Hemiptera: Aphididae), a *Typhlocyba pomaria* (McAtee) (Hemiptera: Cicadellidae) és a *P. ulmi* ellen is sikeresen alkalmazhatók (Kajati és mtsai., 1997; Fernandez és mtsai., 2006). További példák hatóanyagokra és olyan kártevőkre, melyeket hatékonyan szabályoznak: kaolin - *Rhagoletis pomonella* (Walsh) (Diptera: Tephritidae); spinozad - almamoly; piretrin - *Hoplocampa testudinea* (Klug) (Hymenoptera: Tenthredinidae); neem-azadiraktin, almavirágzás előtti kezelésekből - *D. plantaginea* (Arthurs és mtsai., 2007; Vilajeli és mtsai., 2008; Leskey és mtsai., 2010; Wateau és mtsai., 2011). A negyedik szinthez tartoznak a szintetikus feromonok is, melyek kivételként alkalmazhatók az ökológiai természetben, mert a feromon molekulák nem kerülnek közvetlen kapcsolatba a növényekkel. Példaként almamoly, illetve az almamoly és további Tortricidae családba tartozó lepkék elleni együttes, kombinált diszpenzereken alapuló légtértelítést említhetjük (Witzgall és mtsai., 2008; Lo és mtsai., 2013). Egyes almaültetvényekben is károsító fajok, például a *Cossus cossus* (Linnaeus) (Lepidoptera: Cossidae), vagy az *Anomala vitis* (Fabricius) (Coleoptera: Rutelidae) esetén bizonyították, hogy feromoncsapdákkal történő tömeggyűjtéssel sikeresen gyéríthetők, bár a módszer nem terjedt el (Faccioli és mtsai., 1999; Voigt és Tóth, 2002). A bemutatott négy szint kombinációi is működhetnek. Például a légtértelítés (4. szint) almamoly ellen sikeresebb az izolált ültetvényekben (1. szint), ahol a környező ültetvényekből nem települhetnek be megtermékenyített nőtények (Witzgall és mtsai., 2008).

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. A fajspecifikus biológiai védekezési ágensek előállítására és kereskedelmére a legtöbb kártevő esetén nem gazdaságos, az ökológiai természetben is alkalmazható széles hatásspektrumú inszekticidek (például piretrin, azadiraktin és spinosad) viszont többé-kevésbé a hasznos és indifferens szervezeteket is károsítják (IOBC Pesticide Side Effect Database). Számos készítmény hatékonysága, vagy hatástartama kisebb, mint a szintetikus inszekticideké, így gyakran ismételt kezeléseket alkalmaznak. Mindezek jelentősen hozzájárulnak ahhoz, hogy az ökológiai gyümölcsstermesztés kisebb termésmennyiséggel, nagyobb gyümölcsön jelentkező rovarkártétellel, valamint nagyobb költségekkel jár, amit viszont az elérhető magasabb ár kompenzálhat (Peck és mtsai., 2010; Simon és mtsai., 2011; Taylor és Granatstein, 2013).

2.3. Közbevetés – ízeltlábú-együttesek lehetséges megközelítései, a Balogh-Szelényi vita

A közösségi ökológia kezdetén még nyitott kérdés volt, hogy az agrárterületek (agrobiotópok) élőlényegyüttesei mennyire tekinthetők ökológiai rendszereknek (biocönózisoknak) (Szelényi, 2015). Ha az embert és tevékenységét kiemeljük az ökológiai rendszerekből, akkor az agrárterületekkel is így kellene tennünk. Az 1950-es évek végétől, azonban a természetes és agrárterületek élőlényegyütteseit is mindinkább nem-egyensúlyi állapotban lévő, térben nehezen körülhatárolható, szerkezetükben kevésbé stabil, de egységes elméleti keretek között vizsgálható ökológiai rendszereknek tekintették (Markó, 2015). Itt kell megemlítenünk a magyar ökológia történetének jelentős tudományos vitáját, amely éppen arról szólt, hogy az állategyüttesek tekintetében milyenek legyenek az egységes elméleti keret. Bár a vitázók egymást kölcsönösen kizárónak tekintették elméleteiket, a vita feldolgozása során bizonyítottam, hogy ez nincs így.

Egyrészt Balogh János (1953) zoocönológiai modellje az állategyütteseket *összetételük* (relatív mennyiségi viszonyaik), míg Szelényi Gusztáv modellje az állategyütteseket *funkcionális szerkezetük* (trofikus kapcsolataik) alapján közelítette meg (Szelényi, 2015; lásd a két modell bemutatását in Markó, 2015). Jermy (1956) párhuzamával élve, az összetétel a szerves kémiában használt bruttó képlethez hasonlítható, ami csak a molekulát felépítő atomok fajtáját és számát adja meg, míg a szerkezet az atomok kölcsönös kötésviszonyait megadó szerkezeti képlethez. Mind Balogh, mind Szelényi kutatásait tekinthetjük úgy, mint a társulások felépítésének, összetételének és szerkezetének vizsgálatát, azaz mindkettő zoocönológia szünmorfológiai mintázatokat vizsgál (Markó, 2015).

Másrészt az élőlényegyüttesek topográfiai vagy topológiai megközelítésben is vizsgálhatók. Eszerint Szelényi topológiai, míg Balogh topográfiai megközelítést alkalmaz. A topológiai megközelítés esetén *organizációs szintjük* (a kapcsolatok intenzitása és affinitása) szerint többé-kevésbé önkényesen határozhatjuk meg a vizsgált táplálkozási hálók nagyságát. Szelényi elméleti és részben tapasztalati alapon kis egységeket feltételezett. Topográfiai megközelítést esetén szintén különböző skálán vizsgálhatjuk az együtteseket. Balogh zoocönológiája viszonylagosan kis *térskálán* vizsgálódik. A nagy versus kis térskálán és hálózatrészekben végzett vizsgálatok többnyire holisztikus versus redukcionista megközelítést jelentenek. Ebben az értelemben mind Balogh, mind Szelényi inkább redukcionista (Markó, 2015).

Harmadrészt ontológiai státuszuk szerint az élőlényközösségek vagy *konkrét* (valós), vagy *absztrakt entitásnak* tekinthetők. Az előbbi esetben a közösségek tőlünk függetlenül is léteznek, az utóbbi esetben a „közösség” a megértést segítő, absztrakt episztemológiai fogalom

(Jax, 2006). A 20. század első felében szinte minden közösségi ökológiával foglalkozó munka érintette a kérdést. Állást foglaltak a közösségek, mint ökológiai egységek dinamikus egyensúlyával, határaival és homogén jellegével kapcsolatban, azaz vizsgálták, hogy önálló, konkrét entitások-e a közösségek. Minél inkább azok, annál inkább fedezhetők fel a természetben, osztályozhatók és nevezhetők el objektív kritériumok alapján, azaz a szüntaxonómiai rendszerezés annál inkább lehetséges. Az episztemológiai megközelítés szerint viszont a „községek” absztrakciók, amiket absztrakciós folyamat során, valamilyen szempontok szerint, jelenségek megragadására hozunk létre. Balogh és Szelényi, eltérő időskálán, de konkrét és önálló létezőnek tekintette a zoocönózisokat. Balogh összetételük alapján lehetségesnek tartotta szüntaxonómiai rendszerezésüket. Szelényi pedig, annak ellenére, hogy elmélete éppen ellenkező irányba mutat, nómenklatúrát dolgozott ki elnevezésükre. Ma az élőlényegyüttesek ontológiai státuszának dichotomikus megközelítését többnyire improduktívnak tartják (Shipley és Keddy, 1987; Pickett és mtsai., 2010). Az élőlényegyüttesek rendkívül sokfélék, és a konkrét és absztrakt entitás, mint két végpont között helyezhetők el. Tehát az egyes élőlényegyüttesek ontológiai státusza más és más lehet (Markó, 2015).

A fentiek alapján a különböző szemléletmódok mentén elkülönülő modelleket nem lehet összevetni. Az elméletek különböző dimenziókban és eltérő skálaszakaszokon lehetnek érvényesek, így nem cáfolják vagy igazolják egymást. Tehát nem mondhatjuk azt, hogy a topográfiai megközelítés hamis, míg a topológiai megközelítés igaz, vagy azt, hogy egy kis térskálán igaz állítás cáfol egy nagy térskálán tett megállapítást. Ezért nevezhette Juhász-Nagy (1986) a Balogh–Szelényi-vitát inkonzulzívna (Markó, 2015).

A természetes és agrárterületek, így az ökológiai és a konvencionális gazdálkodás során kialakuló ízeltlábú-együttesek vizsgálatában is mindkét fent vázolt szemlélet előfordul. Például Macfadyen és mtsai. (2009) topológiai, míg Miliczky és mtsai. (2000) topográfiai megközelítést alkalmaztak. Dolgozatomban az ízeltlábú-együtteseket topográfiájuk és összetételük alapján jellemzem, így elemzéseim közelebb állnak Balogh modelljéhez. Ugyanakkor az „ízeltlábú-együtteseket” lazán szerveződő, statisztikai módszerekkel elemezhető, inkább absztrakt entitásnak tekintem (ennyiben közelebb állva Szelényihez), és ezért a közösségi szinten végzett elemzések mellett alapvetően a közösségeket alkotó fajok szintjén vizsgálom az összefüggéseket.

2.4. Ízeltlábú-együttesekkel kapcsolatos kutatásaim almaültetvényekben

Ahogy Balogh és Szelényi, úgy kortársaik többsége is, peszticidterhelésüktől függetlenül biocönózisoknak, illetve később ökoszisztémáknak tekintette a gyümölcsültetvényeket. Ennek megfelelően az 1950-es években intenzív ökológiai kutatások folytak almaültetvényekben. A vizsgálatok folytatódtak ezután is, de az elterjedő széles hatásspektrumú inszekticidek olyan mértékig formálták az ültetvények ízeltlábú-együtteseit, hogy a kutatások döntően csak ezek valamilyen vonatkozásában, gyakran növényvédelmi technológiai megközelítésben folyhattak. A szelektív inszekticid-hatóanyagok megjelenésével, majd az ökológiai ültetvények elterjedésével csökkent az ültetvények peszticidterhelése, ami a biodiverzitás növekedését eredményezte (Bengtsson és mtsai., 2005; Simon és mtsai., 2011; Katayama, 2016). A gyümölcsültetvényekben nagy egyedsűrűségű, a korábbiaknál jelentősen fajgazdagabb, nagyobb komplexitású ízeltlábú-együttesek jelentek meg.

Almaültetvényekkel kapcsolatos kutatásaimat 1990-ben kezdtem meg. 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 hasonlítottuk össze a pókegyüttesek összetételét (Bogya és mtsai., 1999a). Megkezdjük 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 szerepét vizsgáltuk pókegyüttesek (Araneae) kialakításában Nagy-Britanniában. A munka részeként tanulmányoztuk 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 (például Balog és mtsai., 2003; Kutasi és mtsai., 2004; Bleicher és mtsai., 2007, 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 a ragadozóatka-együttesek hogyan alakulnak át az ültetvények növekvő peszticidterhelésével (Szabó és mtsai., 2014). Összefoglaló tanulmányainkban áttekintettük az almaültetvények növényvédelmének történetét Magyarországon (Jenser és mtsai., 2006), valamint hasznos ízeltlábú-csoportok által nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatások szerepét almaültetvényekben (Cross és mtsai., 2015).

Jelen dolgozatomban a 3. fejezetben a magyarországi és délkelet-angliai almaültetvényekben végzett faunisztikai feltáró munkánk összefoglalását közlöm. Majd Wyss és mtsai. (2005) és Zehnder és mtsai. (2007) megközelítésében az ökológiai almaültetvényekben alkalmazható növényvédelem negyedik, második és első szintjeihez kapcsolódó egyes beavatkozások szerepét vizsgálom a lombkoronán kialakuló ízeltlábú-együttesek szerveződésében. A 4. fejezetben bemutatok egy új hatásmechanizmusú, szélsőségesen környezetbarát hatóanyag, a kaolin-részecskefilm (4. szint) sajátos hatását a lombkorona ízeltlábú-együtteseire (Markó és mtsai., 2006, 2008, 2010). Az 5. fejezetben azt vizsgálom, hogy az ültetvények gypszintjének manipulálásával (ugarolás, gyepesítés, virágzó lágyszárúak telepítése, 2. szint) hogyan változik az ízeltlábú-együttesek diverzitására, az egyes fajok abundanciájára, a hasznos szervezetek kártevő szabályozó képessége (Markó és mtsai., 2012, 2013, 2014). Külön foglalkozom a hasznos szervezetek hatékonyságát gátló tényezőkkel. Végül a 6. fejezetben táji és peszticidterhelési gradiensek mentén vizsgálom almaültetvények kártevő, hasznos ragadozó, és indifferens Coleoptera faunájára (1. szint). Mindegyik vizsgálatnál alapvető szempont volt, hogy a technológiai fejlesztésen túl feltárjuk azokat a fontosabb ökológiai mechanizmusokat, melyek az almaültetvények ízeltlábú-együtteseinek mintázatait kialakítják.

3. ALMAÜLTETVÉNYEK ÍZELTLÁBÚ-FAUNÁJÁNAK ÖKOFAUNISZTIKAI FELMÉRÉSE

Az almaültetvények faunisztikai feltárása Észak-Amerikában és Európában viszonylag korán, az 1950-es években kezdődött. Cleveland és Hamilton (1958) két almaültetvényből (USA, Indiana) 421 fajt, Steiner és mtsai. (1962, 1970) egy ültetvényből (Németország) 800 fajt, Oatman és mtsai. (1964) egy ültetvényből (USA, Wisconsin) 763 fajt, Lord (1972) egy ültetvényből (Kanada) 100 fajt, Ciglar és Schmidt (1983) egy ültetvényből (Horvátország) 109 fajt, Brown és mtsai. (1988) kilenc ültetvényből (USA, Közép-atlanti államok) 191 fajt, míg Št'astná és Psota (2013) két területen (Csehország), almafákról 316 Arthropoda fajt (és további 120 magasabb taxont) mutatott ki.

Mindemellett folyamatosan születnek egy-egy taxonómiai, vagy funkcionális csoportra fókuszáló publikációk is. Így például, a teljesség igénye nélkül, Brown és Schmitt (2001) 56 hasznos rovarfajt mutatott ki döntően almaültetvények (USA, Nyugat-Virginia) lombkoronájából, Kinkorová és Kocourek (2000) 70 poloskafajt egy almaültetvényből (Csehország), Miliczky és mtsai. (2000) 46 pókfajt kilenc almaültetvényből (USA, Washington állam) és Bajwa és Aliniaze (2001) 30 pókfajt Nyugat-Oregon (USA) almaültetvényeiből. Velcheva (2009) 46 lepkefajt nevelt ki egy almaültetvény (Bulgária) lombkoronájában gyűjtött hernyókból. Letardi és mtsai. (2015) 40 futóbogár fajt mutattak ki 10 almaültetvényből és két szőlőültetvényből (Olaszország). Tuovinen és Rokx (1991) 10 ragadozó (Phytoseiidae) atkafajt gyűjtött finnországi almaültetvényekben, míg Tixier és mtsai. (2014) egész Franciaországra kiterjedő felmérésük során, 176 almaültetvényből 11 Phytoseiidae faj jelenlétét jelezték.

Magyarországon elsőként, Zilahi-Sebess (1955) végzett fauna feltárást egy almaültetvényben, melynek eredményeként 171 ízeltlábú faj jelenlétét regisztrálta. Az átfogó hazai vizsgálatok a Jermy Tibor kezdeményezésére, az MTA Növényvédelmi Kutatóintézete (MTA NKI) által indított almaökoszisztéma-kutatási programmal kezdődtek 1976-ban (Balázs 2002). A tízéves munka során öt almaültetvényből, ültetvényenként 275–976, összesen 1759 ízeltlábú faj előfordulását jelezték (Mészáros és mtsai., 1984). E vizsgálatok eredményeként több rovarcsoport mennyiségi viszonyairól, például az almaültetvényekben előforduló katicabogarakról (Lövei és mtsai., 1991), zengőlegyekről (Visnyovszky, 1987–88), aknázómolyokról és parazitoidjairól (Balázs, 1997), fátolykákról (Szentkirályi, 2001), részben a nagylepkékről (éves jelenlét-hiány adatok, Mészáros és Ronkay, 1981) pontosabb képpel rendelkezünk. Más csoportok esetén ismereteink még az 1990-es években is részlegesek voltak, vagy hiányoztak. Egyrészt a magyarországi almaültetvényekből előkerült 1759 ízeltlábú-faj közül ültetvényenként csupán 32–231 faj, összesen 341 faj származott a lombkoronából. A kimutatott fajok többsége fénycsapdákkal került begyűjtésre, azaz döntően olyan fajokat képvisel, amelyek kevésbé kötődnek az ültetvényekhez (Kozár és mtsai., 1983, Szentkirályi és Kozár, 1991). Másrészt egyes rendszertani csoportok feldolgozását a szakemberhiány is akadályozta. Például annak ellenére, hogy a bogarak az egyik leginkább fajgazdag élőlénycsoport Magyarországon (Merkl és Vig, 2009), csupán 43 fajukat mutatták ki a lombkoronából (Mészáros és mtsai., 1984.). Ugyanígy elmaradt a pókok, kabócák, talajfelszíni holyvák, fullánkos hártvászárnúyak (Hymenoptera: Aculeata) és további csoportok feldolgozása is, vagy a fajlisták megszülettek, de a vizsgált ízeltlábú-együttesek (például poloskák, futóbogarak) mennyiségi viszonyait csak részlegesen, vagy nem közölték (Mészáros és mtsai., 1984; Rácz, 1986; de lásd például Fazekas és mtsai., 1992). Az ismertetett átfogó, rendszeres felmérésektől függetlenül folyt a hazai almaültetvények

Phytoseiidae-faunájának feltárása. Az első vizsgálatot ezzel kapcsolatban Kropczynska és Jenser (1968) végezte, majd az 1980-as évek második felétől váltak intenzívebbé a főként klasszikus faunisztikai jellegű kutatások (lásd erről Szabó, 2010 összefoglalóját).

A vizsgálatok minden hiányossága ellenére megállapíthatjuk, hogy az alma-ökoszisztéma-kutatások eredményeként a hazai almaültetvények faunájának feltárásában, más mezőgazdasági kultúrákkal és természetes növénytársulásokkal összehasonlítva is, számos ízeltlábúcsoporthoz esetén jelentős előrelépés történt. Összehasonlítva például a 2000-es évek elején sokkal kevesebbet tudtunk a Nagy-Britanniában található almaültetvények faunájáról. Chant (1956a) 40 pókfajt mutatott ki alma- és 9 Phytoseiidae fajt művelés alól kivont gyümölcsültetvényekből (Chant, 1956b), míg Collyer (1953a, b) takácsatka-ragadozókat mért fel almaültetvényekben. További rendszeres ökofaunisztikai kutatások nem voltak. A gyakoribb gyümölcskártévő fajokat Alford (2007) kézikönyv jellegű munkája mutatja be. Cross és mtsai. (1999) és Solomon és mtsai. (2000) összefoglaló tanulmányai az Észak- és Közép-Európában, almán károsító ízeltlábúak parazitoidjai és azok ragadozói kapcsán tesznek említést a Nagy-Britanniában előforduló fajokról.

Vizsgálataink megkezdésekor, az 1990-es évek elején azt a célt tűztük ki, hogy kapcsolódva az MTA Növényvédelmi Kutatóintézetben végzett ökofaunisztikai kutatásokhoz feltárjuk a hazai almaültetvények eddig kevésbé kutatott ízeltlábú-csoportjait, azok fajösszetételét, fajgazdagságát és mennyiségi viszonyait, illetve a 2000-es évektől hasonló céllal végeztünk vizsgálatokat Délkelet Angliában, Nagy-Britannia fő gyümölcsstermő régiójában.

3.1. Anyag és módszer

A hazai ökofaunisztikai megfigyeléseket nagyszámú, művelés alól kivont, ökológiai, integrált növényvédelemben részesített és széles hatásspektrumú inszekticidekkel kezelt (hagyományos növényvédelemben részesített) almaültetvényben végeztük, gyakran más vizsgálatokhoz kapcsolódva, 1990 és 2014 között. A gyűjtések kopogtatással, fűhálózással, Malaise-, szívó- és talajcsapdákkal történtek, az egész vegetációs periódusra kiterjedően, ültetvényenként általában minimum két éven keresztül. Minthogy az almaültetvények, a növényvédelmi kezelések és gyűjtések bemutatása, valamint a részletes fajlisták közlése messze meghaladja a jelen dolgozatban adott kereteket, itt csak hivatkozom azokra a munkáinkra, ahol ezek az információk megtalálhatók. Az almaültetvények lombkoronájában kialakuló Coleoptera-együttesekre vonatkozó adatokat Markó és mtsai. (1995), a Staphylinidae és Carabidae (Coleoptera) családokra vonatkozó adatokat Balog és mtsai. (2003) és Kutasi és mtsai. (2004), az Auchenorrhyncha-együttesekre (Hemiptera) vonatkozó adatokat Bleicher és mtsai. (2006, 2007), a Neuropteroidea- és Syrphidae-együttesekre (Diptera) vonatkozó információkat Vas és mtsai. (2001), Ábrahám és mtsai. (2003) és Rasztik és mtsai. (1999) munkáiban közzétették. További zengőlegyekre vonatkozó adatok találhatóak még Rasztik és Mészáros (1997) közleményében. Az almaültetvények Araneae-együtteseivel kapcsolatos adatokat Bogya és mtsai. (1999b), Markó és Keresztes (2014), a ragadozóatkákra vonatkozó ökofaunisztikai eredményeket Szabó és mtsai. (2014) munkájában publikáltuk. Részletesebb háttér adatok találhatóak Markó (1998), Bogya (1999), Vas (2000), Balog (2003), Kutasi (2005), Bleicher (2007) és Keresztes (2014) doktori disszertációjában. A magyarországi almaültetvények Heteroptera-faunájának felmérését lezártuk. A gyűjtésekkel kapcsolatos háttér-információkat Varga és mtsai. (2016) munkája tartalmazza. Az Aculeata faunájának felmérése még folyamatban van. Az eddig vizsgált ültetvények adatai,

valamint a Malaise-csapdázás körülményei az általam témavezetett hallgatók diplomamunkáiban (Gogolyák, 2003, Kovács, 2007 és Bedő, 2010), illetve részben Bleicher és mtsai. (2006) munkájában találhatók meg. A kutatómunka külső szakemberek bevonásával, döntő mértékben a Szent István Egyetem (korábban Budapesti Corvinus Egyetem) Kertészettudományi Karának Rovartani Tanszékén folyt. Az itt bemutatott kutatások eredményeit publikáltam (Markó, 2016).

A Nagy-Britanniában, kopogtatással, sárga ragacslapokkal, fűhálózással és talajcsapdákkal végzett gyűjtések adatait Markó és mtsai. (2009), Bleicher és mtsai. (2010) és Kondorosy és mtsai. (2010) munkáiban közzétették, illetve további információk találhatók Keresztes (2014) dolgozatában. Minthogy ebben a fejezetben eddig nem publikált, a mennyiségi viszonyokra is kiterjedő vizsgálatok eredményeiről is beszámolok, ezeket a vizsgálatokat részletesebben mutatom be. Délkelet-Angliában három almaültetvényt vizsgáltunk. Egy ültetvény East Mallingban (Kent), míg két ökológiai almaültetvény Mardenben és Robertsbridgeben (Kelet-Sussex) helyezkedett el. Mindhárom ültetvényben 2001-ben, 2002-ben és 2004-ben végeztünk gyűjtéseket. 2006-ban további mintákat gyűjtöttünk, de csak az East Malling Research területén található almaültetvényben.

Az East Mallingban, az East Malling Research területén található kísérleti almaültetvény (Wiseman gyümölcsös, é. sz. $51^{\circ}17'08''$, k. h. $0^{\circ}28'13''$) főként gabonátlákkal, körte és cseresznye ültetvényekkel, illetve kisebb erdőfoltokkal volt körülvéve. Az 1,14 hektáros kísérleti ültetvényt 1994-ben telepítették, 12 égersövényekkel elválasztott parcellát kialakítva. A parcellákba különböző almafajtákat telepítettek, de mindegyik parcella tartalmazta a Discovery fajtát, amelyről a lombkoronából származó mintákat gyűjtöttük. A fasorban a talajfelszínt herbicidkezelésekkel tartották gyommentesen, a gyepesített sorközöket, melyekben számos lágyszárú növényfaj is előfordult, rendszeresen kaszálták (Berrie és Cross, 2006; Cross és Berrie, 2008; Markó és Keresztes, 2009).

Az ültetvényben három növényvédelmi technológiát vizsgáltunk véletlen blokk elrendezésben, kezelésenként négy ismétlést (parcellát) beállítva: (1) szermaradvány-mentes integrált növényvédelmi technológiát, melynek részeként csak a vegetációs periódus elején, illetve szüret után alkalmaztunk szelektív inszekticidek és fungicideket annak érdekében, hogy szüretkor a termés ne tartalmazza növényvédőszeres hatóanyagának maradékát; és (2) hagyományos növényvédelmi technológiát, melynek részeként a vegetációs periódus során széles hatásspektrumú inszekticideket, így szerves foszforsav-észtereket és további hatóanyagokat, valamint fungicideket juttattunk ki. Végül (3) kontrollként kezeletlen parcellákat vizsgáltunk (Berrie és Cross, 2006; Cross és Berrie, 2008; Markó és Keresztes, 2009).

A lombkoronából a mintákat kopogatóernyővel gyűjtöttük, mintavételi alkalmanként 144 fa (parcellánként 12 fa) kopogtatásával, kétheti gyakorisággal, május elejétől október elejéig. A vizsgálat negyedik évében ugyanígy gyűjtöttük a mintákat, de csak májusban és szeptemberben, két-két alkalommal. A gyepszintről a mintavétel fűhálózással történt, alkalmanként összesen 2400 (parcellánként 200) fűhálócsapással, a vizsgált négy évben május eleje és szeptember között, havi gyakorisággal. A talajfelszíni bogarakat talajcsapdákkal gyűjtöttük, május és október között. 2001-ben, 2002-ben és 2004-ben parcellánként három, 2006-ban parcellánként két csapdát helyeztünk ki.

A Mardenben (Poultry Farm) és Robertsbridge-ben (Oakwood Farm) található almaültetvényekben az ökológiai ültetvényekben engedélyezett hatóanyagokat juttattak ki (főkéntként és rézoxikloridot). Mardenben (é. sz. $51^{\circ}10'53''$, k. h. $0^{\circ}30'13''$) az 1,5 ha-os ültetvényt

1985-ben telepítették. A fő fajta a Worchester volt M26-os alanyon. Az ültetvényt legelő, szántóföldek és erdőfoltok vették körül. Robertsbridge-ben (é. sz. 50°58'58", k. h. 0°28'38") az 1,4 ha-os almaültetvényt 1994-ben telepítették, Fiesta fajtával (alany: MM106). Mindkét ökológiai ültetvényben 150 fa teljes lombkoronáját kopogtattuk 2001-ben, 2002-ben és 2004-ben, évente három alkalommal, tavasszal, nyáron és ősszel.

Az East Malling Research kísérleti almaültetvényeiben, 2009 és 2012 között felmértük a levéltetűtelepeken – főként *Dysaphis plantaginea* (Passerini, 1860), kisebb számban *Aphis pomi* De Geer, 1773 és *Rhopalosiphum insertum* (Walker, 1849) (Hemiptera, Aphididae) – található ragadozókat, így a katicabogarakat is. A vizsgálatok egy inszekticidkezelésektől-mentes ültetvényben, Fiesta fajtán, 2010-ben és 2012-ben májustól júliusig; egy ökológiai almaültetvényben, Bramley fajtán, 2009-ben és 2011-ben áprilistól júliusig; illetve két integrált növényvédelemben részesített ültetvényben Q Cox fajtán, az egyikben 2010-ben áprilistól augusztusig; a másikban 2011-ben májustól augusztusig folytak. A kezeletlen ültetvény megegyezett a kopogtatásos vizsgálat kezeletlen kontroll parcelláival. A vizsgálatok leírását, a levéltetvek egyedszámának alakulását Nagy és mtsai. (2007, 2013, 2015) munkáiban közöltük.

A lombkoronában gyűjtött adatokat három csoportra bontottuk: almán táplálkozó (legalább egy fejlődési alak almát fogyaszt), ragadozók (legalább egy fejlődési alak ragadozó) és egyéb Coleoptera-együttesek (egyéb fitofágok, gombafogyasztók, viráglátogatók, lebontók és turisták, *sensu* Moran és Southwood, 1982). A gypszinten két csoportot különítettünk el: ragadozókat és nem ragadozókat (fitofágok, gombafogyasztók, viráglátogatók, turisták és lebontók). A talajfelszínen begyűjtött bogarakat pedig három csoport szerint különítettünk el: futóbogár- (Carabidae), holyva- (Staphylinidae) és egyéb (nem futóbogár és holyva) bogáregyüttesek. Az anyagok identifikációjában Ádám László, Kutasi Csaba, Markó Viktor, Podlussány Attila, Szalóki Dezső és Vig Károly vett részt.

3.2. Eredmények

3.2.1. Almaültetvények Arthropoda-faunája Magyarországon

Az MTA Növényvédelmi Kutatóintézet almaökoszisztéma-kutatásainak eredményeként 1759 (Mészáros és mtsai., 1984), Visnyovszky (1987–88) később publikált eredményivel kiegészítve 1856 állatfajt sikerült kimutatni almaültetvényekből, illetve azok közvetlen szegélyeiről. 1990-től napjainkig végzett faunisztikai vizsgálataink eredményeként ez a szám 3023-ra, illetve a szegélyeken és a körteültetvényekben gyűjtött fajokkal kiegészítve 3226-ra emelkedett (3.1. táblázat). Körteültetvényekben nem találtunk specialista, kizárólag körtéhez kötődő Coleoptera és Araneae-fajokat, kivételt csak a *Rhynchites lenaeus* (Faust, 1891) jelentett (Markó és mtsai., 1995). 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 ragadozó atkák (Phytoseiidae) esetén (3.1. táblázat). A munka során a Mészáros és Ronkay (1981) és Visnyovszky (1987-88) által gyűjtött és identifikált 17 080 egyed mellett, még további 117 417 ízeltlábú-egyedet gyűjtöttünk és identifikáltunk. Ültetvényenként és Arthropoda-csoportonként meghatároztuk a taxonómiai együtteseket alkotó fajok dominanciáját (a hivatkozásokat lásd az 3.1. táblázat lábjegyzeteiben).

A kimutatott 3129 Arthropoda-faj a magyarországi Insecta és Arachnida osztályok teljes fajgazdagságának (~33 050 faj) a 9,5%-a (Korsós és Mészáros, 1998; Merkl és Vig, 2009). Ugyanakkor az egyes csoportok feltártságában jelentős különbségek vannak. A lepkéknél a teljes magyarországi fauna 22%-át, bogaraknál 13%-át mutattuk ki almaültetvényekből, de hártvásszárnyúaknál ez az érték csak 5%, a legyek esetén pedig csak 2,7% (3.1. táblázat).

3.1. táblázat. Különböző állatcsoportok fajgazdagsága almaültetvényekben az MTA NKI almaökoszisztéma-kutatási programjának (1984) és az azóta végzett faunisztikai feltáró munkánk (2015) eredményeként, valamint az ültetvények szegélyén, illetve körteültetvényekben végzett gyűjtéseink adataival kiegészítve (2015+). Az egyes csoportoknál jeleztük a felmérésekben vizsgált almaültetvények (Ültetvények) és az identifikált egyedek (Egyedszám) számát is. A saját kutatásaink eredményeit tartalmazó adatokat szürkével kiemeltük.

	Ültetvények	Fajok száma			Egyedszám
		1984 ¹	2015	2015+	
Nematoda	4	57	57	57	— ¹⁴
Orthopteroidea ²	6	18	18	18	— ¹⁴
Aphidoidea	5	53	53	53	— ¹⁴
Coccoidea	5	15	15	15	— ¹⁴
Psylloidea	6	1	1	1	— ¹⁴
Heteroptera	33	184	261 ³	261 ³	21 914 ³
Auchenorrhyncha	8	0	104 ⁴	114 ⁴	12 619 ⁴
Neuropteroidea	2	34	55 ⁵	55 ⁵	2637 ⁵
Coleoptera	9	205	723 ⁶	841 ⁷	50 217 ^{6,7}
Lepidoptera	6	786	786	786	3546
Diptera, Syrphidae	5	97 ⁸	120 ⁹	120 ⁹	14 641 ^{8,9}
Diptera, egyéb	6	133	133	133	— ¹⁴
Hymenoptera, Aculeata	4	25	282 ¹⁰	343 ¹⁰	3404 ¹⁰
Hymenoptera, egyéb	6	182	182	182	— ¹⁴
Araneae	9	0	159	165 ^{11, 12}	22 640 ^{11, 12}
Acari, Phytoseiidae	30	0	16 ¹³	16 ¹³	6425 ¹³
Acari, egyéb	5	26	26	26	— ¹⁴
Aves	2	39	39	39	— ¹⁴
Mammalia	1	1	1	1	— ¹⁴
Összesen		1856	3023	3226	134 497
Hozzáadott fajok			+1167	+1370	

¹ Mészáros és mtsai. (1984), az egyedszámokat nem közölték; ² Dermaptera, Orthoptera, Mantodea, Blattodea, ³ Varga és mtsai. (2016), ⁴ Bleicher és mtsai. (2006, 2007); ⁵ Vas és mtsai. (2001), Markó és Ábrahám (Újfehértó, nem közölt); ⁶ Markó és mtsai. (1995), Balog (2003), Kutasi (2005), Markó és mtsai. (2013); ⁷ körteültetvények adataival kiegészítve, ⁸ Visnyovszky (1987–1988), ⁹ Rasztk és mtsai. (1999), Földesi és Markó (Újfehértó, nem közölt); ¹⁰ Gogolyák, 2003, Kovács, 2007 és Bedő, 2010; ¹¹ Bogya és mtsai. (1999b), Keresztes (2014); ¹² körteültetvények adataival kiegészítve; ¹³ Szabó és mtsai. (2014); ¹⁴ Nem közölték.

Minthogy a korábban vizsgált ültetvények között szórvány (Nyíregyháza-Sóskút, 0,2 ha) és házikerti gyümölcsös (Nyíregyháza-Füzesbokr, 0,5 ha) is szerepelt, egyes csapdákat az ültetvények szegélyére telepítettek (Nagykovácsi, kísérleti gyümölcsültetvény), illetve számos ízeltlábú csoportnál nem ismert az identifikált egyedek száma (Mészáros és mtsai., 1984), ezért

érdemes kiemelni az üzemi almaültetvényekben és ismert ráfordítással begyűjtött Arthropoda csoportok adatait. Az 3.2. táblázatban közölt adatok alapján látható, hogy számos, összesen a teljes magyarországi rovar és pókszabású fauna (~33 050 faj) 42%-át (14 079 faj) kitevő csoportból vannak ilyen adataink. Az egyes ültetvényekben mért legkisebb és legnagyobb fajgazdagság között összesítve körülbelül kétszeres különbség volt (508 versus 1075 faj). Minthogy a legkisebb fajgazdagságok egyértelműen a kisebb gyűjtési ráfordításokat jelzik, ezért ezeknél érdekesebbek lehetnek a második legnagyobb mért fajgazdagságokat bemutató adatok (3.2. táblázat).

A legnagyobb és a második legnagyobb fajgazdagsági adatok között nincs jelentős különbség (összesítve 931 és 1075 faj), ami arra utal, hogy a legnagyobb fajgazdagságok egy átlagos üzemi almaültetvényre jellemző, nem kiugró adatok (3.2. táblázat). Az egyes csoportok teljes magyarországi fajgazdagságának 5–15%-át figyeltük meg egy-egy üzemi almaültetvényben. Ez alól csupán a Neuropteroidea öregcsalád jelentett kivételt, ahol 30%-os értéket mértünk (3.2. táblázat).

3.2. táblázat. Arthropoda-csoportok legkisebb (Min), és két legnagyobb (Max2, Max1) fajgazdagsága egy-egy üzemi almaültetvényben, és a legnagyobb fajgazdagság aránya (Max1%) a Magyarországon kimutatott fajok számához (Fauna HU) viszonyítva. Saját kutatásaink eredményeit szürkével kiemeltük.

	Min	Max2	Max1	Max1%	Fauna HU
Heteroptera	19	57	66	8	836
Auchenorrhyncha	23	34	40	7	550
Neuropteroidea	15 ¹	15 ¹	27 ¹ (38) ²	26 ¹ (30) ²	105 ¹ (125) ²
Coleoptera	78	307	321	5	6350
Microlepidoptera ³	130	130	137	6	2271
Macrolepidoptera ³	127	127	130	10	1275
Syrphidae	25 ⁴	29	54	14	388
Aculeata	68	143	165	11	1450
Araneae	22	84	117	15	762
Phytoseiidae	1	5	7	10	72
	508	931	1075	8	14 079

¹ A Coniopterygidae család nélkül; ² Coniopterygidae családdal; ³ Mészáros és Ronkay (1981), Mészáros és mtsai. (1984); ⁴ Visnyovszky (1987–1988)

Összegezve a legnagyobb fajgazdagságokat 1075 fajt kapunk, ami a vizsgált csoportok összesített fajgazdagságának (14 079 faj) 8%-a. Ha hasonló arányban mutathatunk ki fajokat a többi, általunk nem vizsgált Arthropoda csoport esetén is, akkor összesen 2524 faj jelenlétére számíthatunk egy üzemi almaültetvényben. Minthogy a 3.2. táblázatban közölt adatok jelentős ráfordítások eredményeit mutatják be (például Újfehértón a 321 Coleoptera- és 117 Araneae-fajt 40 fa teljes lombkoronájának hatéves, 124 gyűjtési alkalommal végzett kopogtatásával, és folyamatos talajcsapdázással, míg a 165 Aculeata-fajt négy Malaise-csapda hároméves üzemeltetésével gyűjtöttük be), a kimutatott fajszámok jelentős növekedésére további gyűjtések esetén sem számíthatunk. Ha a teljes magyarországi rovar- és pókszabású-fauna 10%-a fordul elő a hazai ültetvényekben (ennek az arálynak az eléréséhez a 3.2. táblázatban közölt legnagyobb összesített fajszám, 1075 mellett még további 330 fajt kellene kimutatnunk), akkor 3305 faj jelenlétét feltételezhetjük egy-egy almaültetvényben. Egyetlen konkrét fajgazdagságot

természetesen nem rendelhetünk a magyarországi almaültetvényekhez. Eredményeink alapján azt valószínűsíthetjük, hogy egy-egy magyarországi üzemi almaültetvényben az ízeltlábúak fajgazdagsága 2500 faj fölötti értékek, és valószínűleg 3300 faj alatt marad.

3.2.2. Almaültetvények Arthropoda-faunája Nagy-Britanniában

A Nagy-Britanniában, Délkelet Angliában három almaültetvényben mértük fel a lombkoronában előforduló makroízeltlábú-együtteseket. East Mallingban egy ültetvényen belül, három eltérő növényvédelmi kezelésben részesített, 4–4 parcellát vizsgáltunk kopogtatással és sárga ragacslapokkal, a másik két ültetvényhez viszonyítva kezelésként körülbelül azonos, összességében háromszoros ráfordítással. Ugyanitt a gyepszintről és a talajfelszínről is gyűjtöttünk mintákat (3.3. táblázat). A vizsgálatok során East Mallingból 625 ízeltlábú-fajt mutattunk ki, ami további 75 fajjal bővült (összesen 700 faj) a Mardenben és Robertsbridge-ben végzett gyűjtések eredményeként (3.3. táblázat). Vizsgálataink az első rendszeres ökofaunisztikai felmérések voltak nagy-britanniai almaültetvényekben.

East Mallingban, egyetlen almaültetvényben, egyes taxonok esetén Nagy-Britannia teljes faunájának 8–17%-át mutattuk ki. A vizsgált ízeltlábú-csoportok East Mallingban kimutatott összes fajszerát, ezen csoportok Nagy-Britanniában kimutatott fajszerához (6084 faj, a teljes rovar- és pókszerású-fauna 27%-a) viszonyítva, 10%-ot kaptunk (3.3. táblázat). Ha a teljes nagy-britanniai rovar- és pókszerású-fauna ebben a 10%-os arányban fordul elő az East Malling-i almaültetvényben, akkor annak teljes fajgazdagságát 2335 fajra becsülhetjük.

3.3. táblázat. Különböző Arthropoda csoportok fajgazdagsága üzemi almaültetvényekben, Nagy-Britanniában: East Malling (EM), Marden (MAR) és Robertsbridge (ROB), a három ültetvény adatai összerítve (SUM), az identifikált egyedszerák (Egyed), valamint az East Mallingban megfigyelt fajgazdagság aránya (EM%) a Nagy-Britanniában kimutatott fajok szerához (Fauna GB) viszonyítva.

	EM	MAR	ROB	SUM	Egyed	EM%	Fauna GB
	H+I+K ¹	ÖKO ²	ÖKO ²				
Heteroptera	88 (64) ³	44	38	104	7838	15	587
Auchenorrhyncha	68 (64) ³	30	36	77	27 425	17	400
Neuropteroidea	8 (7) ³	1	4	9	221	11	75
Coleoptera	331 (178) ³	77	91	366	53 337	8	4093
Syrphidae	25	-	-	25	1193	9	266
Araneae	105 (51) ³	43	44	119	15 023	16	663
	625 (389) ³	195	213	700	105 037	10	6084

¹ Hagyományos, integrált növényvédelemben részesített és kezeletlen kontroll-parcellák (H+I+K) adatainak összerzése. ² Ökológiai almaültetvény (ÖKO) lombkoronájából gyűjtött minták. ³ Zárójelben az East Mallingban, almafák lombkoronájából gyűjtött adatokat közöltük.

A gyűjtési módszerek, a ráfordítások és az alkalmazott növényvédelmi technológiák eltérései miatt nehezen hasonlíthatók össze a magyarországi és a nagy-britanniai adatok. A mindkét országban vizsgált ízeltlábú csoportokból East Mallingban 625 fajt (3.3. táblázat), míg Magyarországon a legnagyobb, illetve második legnagyobb ültetvényenkénti fajgazdagságokat összergezve 636, illetve 526 fajt mutattunk ki (3.2. táblázat). Valószínűsíthetjük tehát, hogy Magyarország és Nagy-Britannia között az almaültetvények lokális Insecta- és Arachnida-fajgazdagsága jelentősen kisebb különbséget mutat, mint amit a két ország teljes faunájának

fajgazdagsága (33 050 versus 22 733 faj, a nagy-britanniai fauna a magyarországi 69%-a) alapján feltételeznénk. Ahhoz, hogy a teljes faunához hasonló arányokat kapjunk a mindkét országban vizsgált Arthropoda-csoportok esetén is, Magyarországon egy ültetvényből 909 fajt kellene kimutatnunk a Nagy-Britanniában is vizsgált csoportokból. Azaz, az eddig kimutatott maximális fajgazdagságon (636 faj) túl, még további 273 fajt kellene begyűjtenünk (3.2. és 3.3. táblázatok). Ez a Magyarországon vagy az East Mallingban alkalmazott ráfordításoknál csak irróalisan nagyobb ráfordításokkal lenne megvalósítható.

3.2.3. Almaültetvények Coleoptera-faunája Nagy-Britanniában

Az almaültetvények ökofaunisztikai feltárására példaként az Angliában (Kentben és Kelet-Sussexben) megfigyelt Coleoptera-együtteseket mutatom be. Ezeket az eredményeket még nem publikáltuk, és a továbbiakban is csak a mennyiségi viszonyok, illetve néhány jellegzetes mintázat bemutatására törekszem (3.4.–3.12. táblázatok). A teljes fajlistát hely hiányában nem közölöm.

Az 3.4.–3.6. táblázatokban összefoglalt adatok alapján megállapíthatjuk, hogy a lombkoronában az almát fogyasztó Coleoptera-együttes egyedszáma a peszticidterhelés növelésével, a kontrolltól az integrált kezelésen át a hagyományos növényvédelmi kezelés felé haladva jobban csökkent, mint a ragadozó Coleoptera-együttes és az egyéb (gombafogyasztó, viráglátogató, turista és lebontó) együttes egyedszáma. A fajgazdagságok terén hasonló megfigyelést tettek Szentkirályi és Kozár (1991), illetve Markó és mtsai. (1995). Az eltérések a különböző táplálkozási csoportba tartozó fajok eltérő betelepelési rátájával magyarázhatók, és további vizsgálatok szükségességére hívják fel a figyelmet (lásd a 6. fejezetet). Feltűnő továbbá az ökológiai almaültetvényekben az almafogyasztó fajok kis egyedsűrűsége és a ragadozó és egyéb bogáregyüttesek viszonylagosan kis egyedsűrűsége és fajgazdagsága. Ez azt jelzi, hogy az alkalmazott piretrines kezelések drasztikusan csökkenthetik az ökológiai almaültetvények biodiverzitását.

Az ültetvények lombkoronájában, az almát is fogyasztó bogáregyüttesben a *Polydrusus formosus* fordult elő a legnagyobb, 70%-os dominanciával (a teljes bogáregyüttesben 18%-os dominanciával), melyet 6–7-szer kisebb dominanciával követ az almakártevőként jól ismert *Phyllobius pyri* (3.4. táblázat). A *P. formosus* fák és cserjék lombkoronájában táplálkozó, polifág faj. Főbb tápnövényei Európában az *Alnus glutinosa*, az *Alnus incana*, a *Corylus avellana*, *Betula*-, *Populus*-, *Quercus*-, *Salix*- és *Ulmus*-fajok, de gyümölcsfákon, így almán is előfordul (Gharadjedaghi, 1997; Morris, 1997; Alford, 2007, 2012). Észak-Amerikában fákon (*Betula alleghaniensis*, *Tilia americana*, *Ostrya virginiana*) és *Rubus*-fajokon, valamint további lombosfa fajokon táplálkozik (Pinski és mtsai., 2005; Coyle és mtsai., 2012). Széles tápnövény spektruma ellenére jelentős különbségek lehetnek egyes tápnövényekkel szemben mutatott preferenciájában (Coyle és mtsai., 2012). Magyarországon tápnövényeként lombos fákat említene (Endrődi, 1960), Bodor (1984) gyümölcsfákat is. Saját vizsgálatainkban, 25 almaültetvény Coleoptera-együtteseit vizsgálva a *P. formosus*-t kifejezetten ritka fajnak találtuk. Annak ellenére, hogy a szegély-vegetációban gyakran fordult elő nagyobb egyedszámban, almaültetvényekből összesen csupán 38 *P. formosus* egyed került elő több ezer (gyakoriságuk csökkenő sorrendjében) *Phyllobius oblongus*, *P. pyri*, *P. betulinus* és *P. viridiaeris* mellett. A *P. formosus* lokális és tömeges angliai előfordulásának okait nem ismerjük.

A *Tatianaerhynchites aequatus* egyedszáma a peszticidterhelés növekedésével jelentősebb mértékben csökkent, mint a többi almafogyasztó faj egyedszáma (3.4. táblázat). Az eszelények többi Coleoptera csoporthoz viszonyított nagyobb érzékenységét a peszticidkezelésekkel szemben Magyarországon is megfigyeltük (Markó és mtsai., 1995). Ezzel szemben az *Aphthona euphorbiae* összehasonlítva más almát fogyasztó fajokkal, jól kompenzálta a növekvő peszticidterhelést. Ez valószínűleg azzal magyarázható, hogy a gyepszinten is nagy számban fordult elő, ahol a peszticidkezelések kevésbé hatottak abundanciájára (3.4. és 3.8. táblázatok). Az *Anthonomus pomorum* csak Robertsbridge-ből került elő. Ezt a fajt Magyarországon az ökológiai almaültetvények fontos kártevőjeként figyeltük meg, mely egy-egy ültetvénybe lassan települ be, illetve ott lassan, több év alatt szaporodik fel (Markó, 2014; Sipos és Markó, 2014). A *Barypeithes pellucidus* cserjéken, fákön kisebb károkat okozó fajként ismert (Alford, 2007, 2012; Coyle és mtsai., 2012). Megfigyeléseink szerint elsősorban a talajszinthez és részben a gyepszinthez kötődik, a lombkoronából csak elvétve került elő (Morris, 1997; Bouchard és mtsai., 2005) (3.4., 3.8. és 3.10. táblázatok).

Az egyéb (almán nem táplálkozó és nem ragadozó), azaz növényvédelmi szempontból indifferens Coleoptera-együttesen belül, és a teljes lombkorona Coleoptera-együttesen belül is a legnagyobb egyedszámban (71%-os illetve 44%-os dominanciával) előforduló faj a gombafogyasztó *Corticaria gibbosa* volt. Egyedszáma nemcsak a vizsgált három almaültetvényben volt a legnagyobb, hanem az East Mallingban vizsgált kísérleti ültetvényen belül a három különböző peszticidterhelésű kezelésben is (3.4. táblázat). Nagy abundanciával fordult elő a gyepszinten, és kisebb egyedszámban a talajfelszínen, bár itt is a viszonylag gyakoribb fajok közé tartozott (3.8. és 3.10. táblázatok). Annak ellenére, hogy kozmopolita elterjedésű és rendkívül gyakori faj, a *C. gibbosa* életmódjáról kifejezetten keveset tudunk, almaültetvényekben betöltött szerepét pedig nem ismerjük (Merkl és Vig, 2009; Bukejs és Rücker, 2013). Az egyéb bogarak között mindhárom ültetvényben nagy egyedszámban figyeltünk meg szántóföldi növényeken károsító Coleoptera-fajokat a lombkoronában (*Brassicogethes aeneus*, *Ceutorhynchus pallidactylus*, *Sitona lineatus* és *Phyllotreta nigripes*), melyek többnyire a gyepszinten is gyakoriak voltak (3.5. és 3.8. táblázat). A gyepszintből a lombkoronába betelepülő indifferens fajok közül a *Longitarsus parvulus* volt a leggyakoribb. Érdekes módon, a rokon fajok közül a gyepszinten a *L. parvulus*-nál több mint ötször nagyobb egyedszámban előforduló *Longitarsus pratensis* és a *L. parvulus*-szal azonos egyedszámban előforduló *Longitarsus melanocephalus* csak elvétve fordult elő a lombkoronában (3.5. és 3.8. ábrák).

3.4. táblázat. Almán táplálkozó Coleoptera-fajok egyedszáma almaültetvények lombkoronájában. East Mallingban (EM), széles hatásspektrumú inszekticidekkel kezelt, hagyományos (HAGY), szelektív inszekticidekkel kezelt, integrált növényvédelemben részesített (IPM) és kezeletlen kontrollparcellákban (KONT), valamint Maredenben (MAR) és Robertsbridge-ben (ROB), ökológiai (ÖKO) ültetvényekben.

Faj	Család	EM			MAR	ROB	SUM
		HAGY	IPM	KONT	ÖKO	ÖKO	
<i>Polydrusus formosus</i> (Mayer, 1779)	Curculionidae	245	766	1688	1	0	2700
<i>Phyllobius pyri</i> (Linnaeus, 1758)	Curculionidae	61	98	243	0	0	402
<i>Tatianaerhynchites aequatus</i> (Linnaeus, 1767)	Rhynchitidae	10	29	331	0	2	372
<i>Aphthona euphorbiae</i> (Schrank, 1781)	Chrysomelidae	57	60	75	40	5	237
<i>Anthonomus pomorum</i> (Linnaeus, 1758)	Rhynchitidae	0	0	0	0	76	76
<i>Magdalis cerasi</i> (Linnaeus, 1758)	Curculionidae	1	3	4	3	5	16
<i>Barypeithes pellucidus</i> (Boheman, 1834)	Curculionidae	1	5	8	0	0	14
<i>Haplorhynchites caeruleus</i> (De Geer, 1775)	Rhynchitidae	0	0	0	4	6	10
<i>Tetrops praeustus</i> (Linnaeus, 1758)	Cerambycidae	0	0	1	1	3	5
<i>Grammoptera ruficornis</i> (Fabricius, 1781)	Cerambycidae	0	0	0	0	5	5
<i>Magdalis ruficornis</i> (Linnaeus, 1758)	Curculionidae	0	0	0	3	0	3
<i>Pogonocherus hispidus</i> (Linnaeus, 1758)	Cerambycidae	0	1	1	0	1	3
<i>Scolytus rugulosus</i> (Muller, 1818)	Curculionidae	0	0	1	1	0	2
<i>Clytus arietis</i> (Linnaeus, 1758)	Cerambycidae	0	0	0	1	0	1
Egyedszám		375	962	2352	54	103	3846
Fajszám		6	7	9	8	8	14

3.5. táblázat. Nagyobb egyedszámban előkerült gombafogyasztó, viráglátogató, turista és lebontó Coleoptera-fajok egyedszáma almaültetvények lombkoronájában, East Mallingban (EM), széles hatásspektrumú (HAGY) és szelektív inszekticidekkel kezelt (IPM) és kezeletlen kontrollparcellákban (KONT), valamint Maredenben (MAR) és Robertsbridge-ben (ROB), ökológiai (ÖKO) almaültetvényekben.

Faj	Család	EM			MAR	ROB	SUM
		HAGY	IPM	KONT	ÖKO	ÖKO	
<i>Corticara gibbosa</i> (Herbst, 1793) ¹	Latridiidae	1432	981	2206	615	1290	6524
<i>Brassicogethes aeneus</i> (Fabricius, 1775) ²	Nitidulidae	183	266	182	102	27	760
<i>Ceutorhynchus pallidactylus</i> (Marsham, 1802)	Curculionidae	7	4	7	212	1	231
<i>Longitarsus parvulus</i> (Paykull, 1799)	Chrysomelidae	32	30	54	69	45	230
<i>Chaetocnema concinna</i> (Marsham, 1802)	Chrysomelidae	37	20	54	8	30	149
<i>Sitona lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	Curculionidae	13	12	35	17	61	138
<i>Sagittogethes umbrosus</i> (Sturm, 1845) ²	Nitidulidae	22	34	13	7	4	80
<i>Brassicogethes coracinus</i> (Sturm, 1845) ²	Nitidulidae	13	26	34	1	1	75
<i>Phyllotreta nigripes</i> (Fabricius, 1775)	Chrysomelidae	17	10	11	28	0	66
<i>Anaspis flava</i> (Linnaeus, 1758) ²	Scraphiidae	19	13	20	5	6	63
<i>Atomaria</i> sp. ¹	Cryptophagidae	14	12	11	13	9	59
<i>Olibrus aeneus</i> (Fabricius, 1792)	Phalacridae	8	6	14	23	5	56
<i>Protapion fulvipes</i> (Geoffroy, 1785)	Apionidae	6	5	8	15	21	55
Egyedszám		1944	1557	2830	1216	1618	9165
Fajszám		58	60	73	49	59	131

¹ Gombafogyasztó fajok, ² Az imágók viráglátogatók

A lombkoronában megfigyelt ragadozó fajok döntően a Coccinellidae családba tartoztak. A domináns faj a *Coccinella septempunctata* volt, amely főként a gyepszíntén fejlődik és ennek megfelelően a gyepszíntén és a talajfelszínen is jelen volt (3.6, 3.9. és 3.10. táblázat). Ezzel szemben az *Adalia bipunctata*, az *Adalia decempunctata* és az *Exochomus quadripustulatus* főként fák lombkoronájához kötődnek (3.6. táblázat). A szintén a fák lombkoronájában fejlődő harlekinkatica (*Harmonia axyridis*) angliai megjelenése (2004) és elterjedése után (Brown és mtsai., 2008) az *A. bipunctata*, és különösen az *A. decempunctata* dominanciája drasztikusan visszaesett a ragadozó Coleoptera-együttesekben, és valószínűleg csökkent a *Propylea quatuordecimpunctata* egyedszáma is (3.6. és 3.7. táblázat). Helyüket a *H. axyridis* vette át. Hasonló csökkenést a *C. septempunctata* esetén nem figyeltünk meg, és valószínűleg az *E. quadripustulatus* egyedszáma sem csökkent jelentősen a harlekinkatica elterjedésével (3.6. és 3.7. táblázat).

3.6. táblázat. Gyakoribb ragadozó Coleoptera-fajok egyedszáma almaültetvények lombkoronájában, East Mallingban (EM), Maredenben (MAR) és Robertsbridge-ben (ROB) a harlekinkatica megjelenése előtt, 2001-ben, 2002-ben és 2004-ben. A rövidítések feloldását lásd a 3.5. táblázatban.

	Család	EM			MAR	ROB	SUM
		HAGY	IPM	KONT	ÖKO	ÖKO	
<i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus, 1758	Coccinellidae	171	115	194	94	156	730
<i>Adalia bipunctata</i> (Linnaeus, 1758)	Coccinellidae	52	57	214	78	7	408
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i> (Linnaeus, 1758)	Coccinellidae	21	19	114	7	28	189
<i>Exochomus quadripustulatus</i> Linnaeus, 1758	Coccinellidae	0	0	4	93	0	97
<i>Rhagonycha fulva</i> (Scopoli, 1763)	Cantharidae	1	1	6	51	0	59
<i>Tachyporus hypnorum</i> (Fabricius, 1775)	Staphylinidae	11	16	12	6	1	46
<i>Adalia decempunctata</i> (Linnaeus, 1758)	Coccinellidae	11	6	15	3	1	36
<i>Demetrias atricapillus</i> (Linne, 1758)	Carabidae	6	7	13	9	1	36
<i>Dasytes aeratus</i> Stephens, 1829 ¹	Dasytidae	1	1	3	6	5	16
<i>Paradromius longiceps</i> (Dejean, 1826)	Carabidae	0	0	0	10	1	11
<i>Cantharis livida</i> Linnaeus, 1758	Cantharidae	4	2	1	0	3	10
Egyedszám		301	247	604	372	239	1763
Fajszám		26	26	31	22	25	64

¹ Az imágók viráglátogatók, a lárvák ragadozók

3.7. táblázat. Ragadozó Coleoptera-fajok egyedszáma levéltetűtelepeken (*Dysaphis plantaginea*, *Aphis pomi* és *Rhopalosiphum insertum*), különböző almaültetvények lombkoronájában, East Mallingban, a harlekinkatica megjelenése után (KONT: kezeletlen kontroll, ÖKO: ökológiai, IPM: integrált növényvédelem).

Faj	Család	KONT	ÖKO	IPM	SUM
		2010, 2012	2009, 2011	2010, 2011	
<i>Harmonia axyridis</i> Pallas, 1773	Coccinellidae	77	101	9	187
<i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus, 1758	Coccinellidae	43	90	32	165
<i>Exochomus quadripustulatus</i> Linnaeus, 1758	Coccinellidae	13	2		15
<i>Rhagonycha fulva</i> (Scopoli, 1763)	Cantharidae		8	2	10
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i> (Linnaeus, 1758)	Coccinellidae	5	3	1	9
<i>Adalia bipunctata</i> (Linnaeus, 1758)	Coccinellidae		3		3
<i>Demetrias atricapillus</i> (Linne 1758)	Cantharidae		3		3
<i>Cantharis livida</i> Linnaeus, 1758	Cantharidae	1	1		2
<i>Cantharis rustica</i> Fallen, 1807	Cantharidae		1		1
<i>Coccinella undecimpunctata</i> Linnaeus, 1758	Coccinellidae		1		1
Staphylinidae sp.	Staphylinidae	1			1
Egyedszám		140	213	44	397
Fajszám		6	10	4	11

3.8. táblázat. Gyakoribb nem ragadozó (fitófág, viráglátogató, gombafogyasztó, és lebontó) Coleoptera-fajok egyedszáma az East Malliing-i almaültetvény gyepszintjén (fűhálózás), széles hatásspektrumú (HAGY) és szelektív inszekticidekkel kezelt (IPM), valamint kezeletlen kontrollparcellákban (KONT).

Faj	Család	HAGY	IPM	KONT	SUM
<i>Brassicogethes aeneus</i> (Fabricius, 1775)	Nitidulidae	219	227	543	989
<i>Longitarsus pratensis</i> (Panzer, 1794)	Chrysomelidae	98	113	364	575
<i>Corticaria gibbosa</i> (Herbst, 1793)	Latridiidae	121	81	67	269
<i>Phyllotreta vittula</i> (Redtenbacher, 1849)	Chrysomelidae	77	33	29	139
<i>Longitarsus parvulus</i> (Paykull, 1799)	Chrysomelidae	30	26	49	105
<i>Longitarsus melanocephalus</i> (De Geer, 1775)	Chrysomelidae	7	16	81	104
<i>Protapion fulvipes</i> (Geoffroy 1785)	Apionidae	18	25	34	77
<i>Barypeithes pellucidus</i> (Boheman, 1834) ¹	Curculionidae	21	21	30	72
<i>Oedemera lurida</i> (Marsham, 1802)	Oedemeridae	5	14	49	68
<i>Cartodere bifasciata</i> (Reitter, 1877)	Latridiidae	9	26	33	68
<i>Longitarsus dorsalis</i> (Fabricius, 1781)	Chrysomelidae	4	13	48	65
<i>Tytthaspis sedecimpunctata</i> (Linnaeus, 1758)	Coccinellidae	12	14	35	61
<i>Sitona lepidus</i> Gyllenhal, 1834	Curculionidae	31	13	14	58
<i>Chaetocnema concinna</i> (Marsham, 1802)	Chrysomelidae	16	19	22	57
<i>Tychius picirostris</i> (Fabricius, 1787)	Curculionidae	11	23	18	52
<i>Phalacrus</i> sp.	Phalacridae	8	0	42	50
<i>Mecinus pascuorum</i> (Gyllenhal, 1813)	Curculionidae	0	9	37	46
<i>Sitona lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	Curculionidae	21	7	15	43
<i>Ceutorhynchus pallidactylus</i> (Marsham, 1802)	Curculionidae	15	11	16	42
<i>Longitarsus flavicornis</i> (Stephens, 1831)	Chrysomelidae	17	5	19	41
<i>Aphthona euphorbiae</i> (Schrank, 1781) ¹	Chrysomelidae	14	15	11	40
Egyedszám		880	849	1822	3551
Fajszám		63	66	84	97

¹ Az imágók almán is táplálkoznak

3.9. táblázat. Gyakori ragadozó Coleoptera-fajok egyedszáma az East Malliing-i almaültetvény gyepszintjén (fűhálózás). A kódok feloldását lásd az 3.8. táblázatban.

Faj	Család	HAGY	IPM	KONT	SUM
<i>Tachyporus hypnorum</i> (Fabricius, 1775)	Staphylinidae	31	32	30	93
<i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus, 1758	Coccinellidae	11	20	24	55
<i>Cordylepherus viridis</i> (Fabricius, 1787)	Malachiidae	8	12	20	40
<i>Malachius bipustulatus</i> (Linnaeus, 1758)	Malachiidae	16	10	9	35
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i> (Linnaeus, 1758)	Coccinellidae	4	5	18	27
<i>Clanoptilus</i> sp.	Malachiidae	4	3	6	13
<i>Rhagonycha fulva</i> (Scopoli, 1763)	Cantharidae	3	5	4	12
<i>Tachyporus solutus</i> Erichson, 1839	Staphylinidae	5	2	3	10
Egyedszám		90	102	130	322
Fajszám		14	18	21	33

A talajcsapdázással begyűjtött Coleoptera-egyedek döntően (73%-ban) a Carabidae családba tartoztak. A futóbogár-együttesen belül a négy leggyakoribb faj, a *Pterostichus madidus*, a *Calathus fuscipes*, a *Nebria brevicollis* és a *Pterostichus melanarius* adta az összes egyedszám 90%-át. Mind a négy faj ragadozó (3.11. táblázat). Ez éles ellentétben áll a magyarországi megfigyeléseinkkel, ahol döntően vegyes táplálkozású fajok dominálják az üzemi almaültetvények futóbogár-együtteseit (Kutasi és mtsai., 2004). Minthogy laboratóriumi vizsgálatok szerint a vegyes táplálkozású Carabidae-fajok kevesebb kártevőt fogyaszthatnak, így ez az összetételbeli különbség jelentősen befolyásolhatja a futóbogár-együttesek kártevő korlátozó képességét. Általános megfigyelésünket, miszerint almaültetvények talajfelszínén a futóbogaraknál kisebb egyedsűrűségű, de azoknál nagyobb diverzitású holyva-együttesek jönnek létre angliai megfigyeléseink is alátámasztották (3.11. és 3.12. táblázatok). A talajfelszíni ízeltlábú ragadozók szerepét az alma kártevőinek szabályozásában, illetve az ezt befolyásoló tényezőket elsőként tekintettük át egy összefoglaló tanulmány (review cikk) részeként (Cross és mtsai., 2015).

3.10. táblázat. Gyakori egyéb (nem futóbogár és nem holyva) Coleoptera-fajok egyedszáma az East Malling-i almaültetvény talajfelszínén (talajcsapdázás), széles hatásspektrumú (HAGY) és szelektív inszekticidekkel kezelt (IPM), valamint kezeletlen kontrollparcellákban (KONT).

Faj	Család	HAGY	IPM	KONT	SUM
<i>Barypeithes pellucidus</i> (Boheman, 1834)	Curculionidae	1226	1710	1278	4214
<i>Ptomaphagus subvillosus</i> (Goeze, 1777)	Leiodidae	250	117	210	577
<i>Megasternum concinnum</i> (Marshall, 1802)	Hydrophilidae	62	77	142	281
<i>Simplocaria semistriata</i> (Fabricius, 1794)	Byrrhidae	7	10	117	134
<i>Ptomaphagus sericatus</i> (Chaudoir, 1845)	Leiodidae	24	23	40	87
<i>Atomaria</i> sp.	Cryptophagidae	27	20	23	70
<i>Polydrusus formosus</i> (Mayer, 1779)	Curculionidae	9	19	23	51
<i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus, 1758	Coccinellidae	6	24	16	46
<i>Longitarsus dorsalis</i> (Fabricius, 1781)	Chrysomelidae	8	8	29	45
<i>Corticaria gibbosa</i> (Herbst, 1793)	Latridiidae	20	9	11	40
Egyedszám		1717	2141	2100	5958
Fajszám		50	60	57	86

3.11. táblázat. Gyakori futóbogárfajok (Carabidae) egyedszáma az East Malling-i almaültetvény talajfelszínén (talajcsapdázás), széles hatásspektrumú (HAGY), szelektív inszekticidekkel kezelt (IPM), valamint kezeletlen kontrollparcellákban (KONT).

Faj	HAGY	IPM	KONT	SUM
<i>Pterostichus madidus</i> (Fabricius, 1775)	2445	2722	4897	10064
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)	2052	2137	2728	6917
<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)	1677	1151	1594	4422
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger 1798)	562	475	576	1613
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer, 1774)	174	157	120	451
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank, 1781)	64	183	173	420
<i>Amara bifrons</i> (Gyllenhal, 1810)	49	192	63	304
<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)	46	144	104	294
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784)	57	60	79	196
<i>Amara similata</i> (Gyllenhal, 1810)	73	67	18	158
<i>Amara ovata</i> (Fabricius, 1792)	39	63	26	128
<i>Notiophilus biguttatus</i> (Fabricius, 1779)	26	31	67	124
<i>Carabus violaceus</i> Linne, 1758	21	22	15	58
<i>Bembidion properans</i> (Stephens, 1828)	10	11	30	51
Egyedszám	7356	7539	10 563	25 458
Fajszám	34	40	37	50

3.12. táblázat. Gyakori holyvafajok (Staphylinidae) egyedszáma az East Malling-i almaültetvény talajfelszínén (talajcsapdázás), széles hatásspektrumú (HAGY) és szelektív inszekticidekkel kezelt (IPM), valamint kezeletlen kontrollparcellákban (KONT).

Faj	HAGY	IPM	KONT	SUM
<i>Ocypus olens</i> O. F. Müller, 1764	491	419	435	1345
<i>Xantholinus linearis</i> (Olivier, 1795)	93	94	107	294
<i>Tachyporus hypnorum</i> (Fabricius, 1775)	37	62	83	182
<i>Xantholinus longiventris</i> (Heer, 1839)	33	59	57	149
<i>Tachyporus nitidulus</i> (Fabricius, 1781)	26	49	61	136
<i>Callicerus obscurus</i> Gravenhorst, 1802	24	26	83	133
<i>Pella limbata</i> (Paykull, 1789)	21	54	50	125
<i>Philonthus cognatus</i> Stephens, 1832	42	46	12	100
<i>Amischa analis</i> (Gravenhorst, 1802)	15	23	36	74
<i>Quedius levicollis</i> (Brulle, 1832)	22	25	26	73
<i>Ilyobates bennettii</i> Donisthorpe, 1914	14	17	22	53
<i>Tasgius ater</i> (Gravenhorst, 1802)	6	36	10	52
<i>Ocypus ater</i> (Gravenhorst, 1802)	9	22	20	51
Egyedszám	951	1100	1198	3249
Fajszám	48	52	54	74

4. KAOLINRÉSZECSKEFILM-KEZELÉSEK HATÁSA ALMAÜLTETVÉNYEK ÍZELTLÁBÚ-EGYÜTTESEIRE

A kaolin-részecskefilm 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 kaolin réteg korlátozhatja több kártevő és kórokozó egyedszámát, az UV és hő sugárzás visszaverésével csökkentheti a növényeket érő hő stresszt, míg a szén-dioxid megkötés növelésével a termésmennyiséget növelheti (Glenn és Puterka, 2005, Thomas és mtsai., 2004, Lapointe és mtsai., 2006). Mindeközben nem akadályozza a fotoszintézist és a növények növekedését (Glenn, 2012). A kaolin-részecskefilm a következő fontosabb hatásmechanizmusokon keresztül korlátozhatja az ízeltlábú kártevőket: (1) elriasztás, a részecskefilm 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 (Puterka és mtsai., 2000, 2005; Wyss és Daniel, 2004; Glenn és Puterka, 2005; Sackett és mtsai., 2005; Baker és mtsai., 2006). Indirekt hatásként a kaolin-részecskefilm segítheti az entomopatogén *Pandora neoaphidis* gomba germinációját, és ezzel a levéltetvek fertőzését (Eigenbrode és mtsai., 2006).

Eredetileg a kaolint szilikon bevonattal hidrofóbbá alakították annak érdekében, hogy hatékonyabban korlátozza a kórokozókat (M96-018; Engelhard Corporation, Iselin, NJ, USA), és minthogy így közvetlenül nem lehetett vízhez adni, először a kaolint külön, metanollal kellett keverni (Glenn és Puterka, 2005). Bár az így előállított kaolin-részecskefilm néhány kórokozót sikeresen korlátozott (Glenn és mtsai., 2001), mára a felhasználás a kártevők korlátozásának irányába tolódott. Így viszont a hidrofób kaolint felváltotta a hidrofil formulázás, ami ugyanazt a kaolint használja, mint az M96-018, de jobban keverhető vízzel, és más hatóanyagokkal is kompatibilis (Puterka és mtsai., 2000; Glenn és Puterka 2005). A kaolin-részecskefilmet végül 2001-ben az Engelhard Corporation kezdte forgalmazni az Egyesült Államokban, Surround WP néven. Mind a hidrofób, mind a hidrofil kaolin hasonló hatásmechanizmussal és hatékonysággal korlátozza a rovarokat (Puterka és mtsai., 2000; Glenn és mtsai., 2001; Lalancette és mtsai., 2005).

A kaolin-részecskefilm hatékonyságát számos növényfajon tesztelték, és az eredmények szerint, többek között a következő kártevőcsoportokat korlátozta sikeresen: levélbolhák (Liu és Trumble, 2005; Puterka és mtsai., 2005), kabócák (Knight és mtsai., 2001; Glenn és Puterka, 2005), levéltetvek (Showler és Sétamou, 2004; Wyss és Daniel, 2004; Eigenbrode és mtsai., 2006; Karagounis és mtsai., 2006), poloskák (Knight és mtsai., 2001; Lalancette és mtsai., 2005), bogarak (Thomas és mtsai., 2004; Lalancette és mtsai., 2005; Lapointe és mtsai., 2006), lepkék (Knight és mtsai., 2000, 2001; Lalancette és mtsai., 2005; Sackett és mtsai., 2005; Thomas és mtsai., 2005; Barker és mtsai., 2006) és legyek (Mazor és Erez, 2004; Saour és Makee, 2004). A kaolin tehát széles hatásspektrumú hatóanyag, de minthogy természetes eredetű, az emberre, madarakra, halakra nézve toxicitása rendkívül kicsi, és a környezetet sem veszélyezteti, ezért az ökológiai termesztésben is használható. Az ökológiai gazdálkodásban használatos technológiák között a növényvédelmi céllal alkalmazott, biológiai, vagy ásványi eredetű hatóanyagok előnye, hogy abban az esetben is képesek közvetlenül csökkenteni a kártevők egyedsűrűségét, ha a megelőző módszerek kudarcot vallottak (Zhender és mtsai., 2007). Minthogy a kaolin-

részecskefilm számos kultúrában, sok kártevő szabályozásában sikeres, ezért széles körben alkalmazzák, főként az ökológiai termesztésben, ahol hatékonysága sokszor jobb, mint más, itt alkalmazott hatóanyagoké. Ez különösen igaz az arid, szemi-arid klímájú földrajzi régiókra, ahol csapadék hiányában kisebb az esélye annak, hogy a kaolin réteg lemosódik a növényekről (Mazor és Erez, 2004; Saour és Makee, 2004; Karagounis és mtsai., 2006). Máshol gyakran ismételt kezelések szükségesek ahhoz, hogy a kaolin hosszabb ideig tartó, hatékony védelmet nyújtson a kártevők ellen.

A kaolin-részecskefilm technológiát almaültetvényekben is több kártevő ellen alkalmazták sikerrel: így Miridae családba tartozó poloskák, levéltetvek és levélsodró-molyok ellen; az amerikai szilvaormányos, *Conotrachelus nenuphar* Herbst (Coleoptera: Curculionidae); az almamoly, *Cydia pomonella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Tortricidae) és a földközi-tengeri gyümölcsleány, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) ellen (például Knight és mtsai., 2001; Mazor és Erez, 2004; Bostanian és Racette, 2008).

Néhány vizsgálatban a kaolin-részecskefilm nem csökkentette a *Lygus lineolaris* (Palisot de Beauvois), a *Lygocoris pabulinus* (Linnaeus) (Bostanian és Racette, 2008; Jaastad és mtsai., 2009), a vértetű, *Eriosoma lanigerum* (Hausman) (Hemiptera: Aphididae), a szürke alma-levéltetű, *Dysaphis devector* Walker (Hemiptera: Aphididae) (Daniel és Wyss, 2004), az amerikai szilvaormányos (Bostanian és Racette, 2008; Gökçe és mtsai., 2014), az almamoly és az almalégy, *Rhagoletis pomonella* (Walsh) (Diptera: Tephritidae) (Bostanian és Racette, 2008) egyedszámát.

Más kártevők, főként a levélaknázó-molyok egyedszáma pedig a kezelések hatására egyes vizsgálatokban, vagy a vizsgálatok egyes éveiben megnőtt, mint például a nyugati sátoros-moly, *Phyllonorycter elmaella* Doganlar & Mutuura (Lepidoptera: Gracillariidae) (Knight és mtsai., 2001), a szürke alma-levéltetű (Knight és mtsai., 2001) és a kaliforniai pajzstetű, *Quadraspidiotus perniciosus* (Comstock) (Hemiptera: Diaspididae) egyedszáma (Knight és mtsai., 2001). Bár a pontos okokat nem tudjuk, a kaolinkezelések valószínűleg csökkentették ezen kártevők természetes ellenségeinek egyedszámát és így, a kezelések indirekt hatásaként nőtt meg egyedsűrűségük, hasonlóan a *P. elmaella* levélaknázó molynál megfigyeltekhez (Kahn és mtsai., 2001; Knight mtsai., 2001). A kezelések egyben csökkentették a pókok egyedszámát is (Knight és mtsai., 2001; Sackett és mtsai., 2007). Más szerzők nem figyeltek meg hasonló negatív hatásokat sem a vegetációs periódus során, almafákon, hasznos rovarok esetén, (Friedrich és mtsai., 2003), sem őszibarack ültetvények egyetlen kaolinos kezelése után, ragadozó katicabogaraknál (Karagounis és mtsai., 2006). Showler és Sétamou (2004) megfigyelései szerint, gyapotültetvényben a kaolinos kezelések nem hatottak negatívan a katicabogarak, fátylek és pókok egyedszámára.

Kevés vizsgálat foglalkozott a kaolinkezelések hatásával a haszonnövényeken kialakuló atkaegyüttesekre és ezek nem mutattak egyértelmű képet. Gyümölcsültetvényekben kezelések hatására nem változott, esetleg nőtt a takácsatkák egyedsűrűsége (Knight mtsai., 2000; Lalancette és mtsai., 2005; Jaastad és mtsai., 2006; Bostanian és Racette, 2009). A levélatkák egyedszámára többnyire nem hatottak a kezelések, esetleg csökkent a számuk (Jaastad és mtsai., 2006; Bostanian és Racette, 2009; Villanueva és Walgenbach, 2010), a Phytoseiidae atkák egyedszáma pedig nem változott, vagy csökkent (Jaastad és mtsai., 2006; Bostanian és Racette, 2009; Villanueva és Walgenbach, 2010), míg a Stigmaeidae családba tartozó atkák mozgó alakjaira nem hatottak a kaolinkezelések (Bostanian és Racette, 2009).

A kaolinrészecskefilm-kezelések lehetőségeit az almakártevők szabályozásában csak részben tárták fel. Az eddig elvégzett vizsgálatok többségét Észak-Amerikában végezték (Knight mtsai., 2000, 2001; Glenn mtsai., 2001; Kahn mtsai., 2001; Friedrich mtsai., 2003; Sackett mtsai., 2005), és a kaolinkezelések hatását számos kártevő és különösen hasznos szervezetre még nem ismerjük. Annak ellenére, hogy a kaolinkezelések jelentős mértékben befolyásolhatják a gyümölcsültetvények biodiverzitását, vizsgálataink előtt csak Sackett és mtsai. (2007) közöltek adatokat kaolinkezelések generalista ragadozó, konkrétan pókegyüttesekre kifejtett hatásáról.

Munkánk célkitűzése ennek megfelelően az volt, hogy meghatározzuk, hogy a kaolinrészecskefilm-kezelések milyen hatékonysággal szabályozzák az Európában gyakori almakártevőket, és hogyan hatnak az almaültetvényekben előforduló hasznos ízeltlábú szervezetekre. Külön vizsgáltuk a kezelések hatását a lombkoronában kialakuló makroízeltlábú (Heteroptera, Coleoptera és Araneae) és atkaegyüttesekre (Tetranychidae, Eriophyidae, Phytoseiidae, Stigmaeidae, Tydeoidea és Tarsonemidae).

4.1. Anyag és módszer

4.1.1. A vizsgálatok elrendezése és a kezelések

Kártevő rovarok és makroízeltlábú-együttesek

A vizsgálatokat Hollandiában, Kesterenben, a „De Schuilenburg” kísérleti almaültetvényben végeztük (é. sz. 51°56'32"; k. h. 5°32'10"). Az ültetvényt 1965-ben telepítették és négy, egyenként 0,23 ha nagyságú parcellából állt. Minden parcellába két-két sor James Grieve (M7), Golden Delicious (M9) és Cox's Orange Pippin (M9) fajtát telepítettek (fajtánként 84–110 fát), a térállás pedig 4 m X 1,5–2,25 m volt. Minden parcella felét kaolinnal kezeltük, míg a másik fél kezeletlen kontrollként szolgált. Almafa varasodás ellen koratavasszal (március 17., ditanon – Delan + pirimetanil – Scala), és a virágzás alatt is (április 30., május 8., kaptán + pirimetanil – Scala, difenokonazol – Score), minden parcellában történtek kezelések. A kontroll parcellákban további kilenc fungicidkezelés történt almafa lisztharmat és almafa varasodás ellen protektív és kuratív hatóanyagokkal. Az alkalmazott fungicid hatóanyagok nem toxikusak az ízeltlábúakra (például Bradley és mtsai., 1997; Youn és mtsai., 2003).

A vizsgálatokban kísérleti célra formulázott, hidrofób, M96-018-os kódjelű kaolint használtunk (Engelhard Corporation). Egy liter vízhez 0,03 kg M96-os kaolint adtunk 0,04 l metanollal (45 kg/ha, 1500 l/ha). Összesen 12 alkalommal juttatunk ki kaolint, 1997. március 24. és augusztus 5. között, átlagosan 10 naponta. Esős időszakokban a kezeléseket ennél gyakrabban, míg hosszabb, száraz időszakokban ritkábban végeztük. A kaolin kijuttatásának időpontjai: március 24.; április 1., 16.; május 15., 23.; június 3., 13., 24.; július 4., 15., 27. és augusztus 5. volt. A korai (nyári) J. Grieve almafajta esetén a kezeléseket előbb, július 15-én fejeztük be, így itt csak 10 kaolinkezelés volt.

Atkaegyüttesek

Megfigyeléseinket Magyarországon, Újfehértón, az Újfehértói Gyümölcstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Nonprofit Közhasznú Kft., 2002-ben, 5m x 1,5m térállással telepített, 3,3 ha-os ökológiai almaültetvényében (é. sz. 47°81'97"; k. h. 21°66'64") végeztük. Összesen hat, egymással szomszédos kísérleti parcellát jelöltünk ki, melyek egyenként 0,2 ha-osak voltak (264 fa/parcella). Három parcella Florina (M9) és Rewena (M9) fajtákat tartalmazott 3–3 sorban, és három parcella Prima (M9) fajtát, 6 sorban. A kijuttatás számában különböző, kétféle kaolinkezelést (Surround® WP, Engelhard Corporation), valamint kontrollként kezeletlen parcellákat alkalmaztunk (4.1. táblázat). Fajtánként (Florina + Rewena, illetve Prima), a három parcella között randomizáltuk a kezeléseket (KONTROLL, KAOLIN, KAOLIN+), azzal a megkötéssel, hogy különböző fajtákba tartozó, azonos kezelésű parcellák nem kerülhettek egymás mellé. 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 (4.1. táblázat). A kezeléseket során 1000 liter vízhez 25 kg kaolint adagoltunk, és parcellánként 250l vizes szuszpenziót juttattunk ki Laser típusú permetezőgéppel.

4.1. táblázat. Kaolinkezelések időpontjai a vizsgálat négy éve során. Újfehértó, biológiai almaültetvény.

2009		2010		2011		2012	
KAOLIN	KAOLIN+	KAOLIN	KAOLIN+	KAOLIN	KAOLIN+	KAOLIN	KAOLIN+
	04. 15.		04. 13.	04. 22.	04. 22.	04. 13.	04. 13.
04. 29.	04. 29.	05. 08.	05. 08.	05. 03.	05. 03.	05. 09.	05. 09.
05. 15.	05. 15.	05. 28.	05. 28.	05. 16.	05. 16.	05. 21.	05. 21.
05. 25.	05. 25.	06. 07.	06. 07.		05. 25.	05. 30.	05. 30.
06. 02.	06. 02.	06. 17.	06. 17.		06. 07.		06. 11.
06. 17.	06. 17.		07. 08.		06. 15.		06. 26.
07. 02.	07. 02.		07. 19.		06. 24.	07. 09.	07. 09.
	07. 14.	08. 09.	08. 09.		07. 07.	07. 18.	07. 18.
	07. 24.		08. 18.		07. 19.		07. 26.
	08. 07.			07. 28.	07. 28.	08. 06.	08. 06.
				08. 08.	08. 08.		

4.1.2. Mintavételek és statisztikai elemzés

Kártevő rovarok és makroízeltlábú-együttesek

Parcellánként két, véletlenszerűen kiválasztott, J. Grieve fajtájú almafa teljes lombkoronáját kopogtattuk, május 3. és szeptember 28. között összesen 10 alkalommal. Mindkét kezelésnél, a negyedik parcellában további két fát is kopogtattunk, de ezeket az adatokat csak a Rényi diverzitás és a közösség szerkezet (Morisita szimilaritás, korrespondencia-elemzés) számításánál vettük figyelembe. A mintákat, annak megfelelően, hogy a kaolinkezelések alatt (öt gyűjtési alkalom, május 3. és július 22. között), vagy a kaolinkezelések után (öt gyűjtési alkalom, augusztus 12. és szeptember 28. között) gyűjtöttük őket, összegeztük, és a vegetációs periódus első és második feléből származó adatokat külön elemeztük. A poloskákat és a begyűjtött bogár imágókat, valamint a pókok többségét faji szintig identifikáltuk. Az egyes fajokat

egyedsűrűségükkel, együtteseiket fajgazdagságukkal, egyedsűrűségükkel, Rényi diverzitásukkal (Tóthmérész, 1995) és összetételükkel [Mosisita hasonlóságukkal, illetve korrespondencia-elemzéssel (szimmetrikus súlyozás)] jellemeztük. Az elméleti átlagok egyenlőségét Brown–Forsythe, vagy Welch próbával vizsgáltuk, melyet Tukey–Kramer, vagy Games–Howel próba követett. Az alapadatokat, ha szükséges volt $\ln(x+1)$ transzformáltuk. Ha az adatok nem feleltek meg a normál eloszlás követelményeinek, akkor rang Welch próbát használtunk, melyet post hoc tesztként a sztochasztikus egyenlőségek tesztelése követett (Brunner-Munzel teszt) Bonferroni korrekcióval. A viszonylag kis mintanagyságok miatt a guildek, családok és fajok egyedszámát az egész vegetációs periódusra, vagy a kezelések előtti és utáni időszakokra vonatkozóan összegeztük, és így elemeztük. Bár a legtöbb juvenilis pókegyedet faj, vagy fajcsoport szintig identifikáltunk, a szimilaritás és diverzitás számítása a genuszok egyedszámán alapult.

A levéltetű telepek és a hernyófészkek számát J. Grieve és G. Delicious fajtákon, parcellánként 50 fa átvizsgálásával határoztuk meg, június 12-én, amikor a *D. plantaginea* még jelen volt a területen, és az *Aphis pomi* DeGeer (Hemiptera: Aphididae) egyedszámának növekedése is megkezdődött. A hernyókat nem határoztuk meg, de valószínűleg a pókhálós almamoly (*Yponomeuta malinella* Zeller) (Lepidoptera: Yponomeutidae) fajhoz tartoztak. A levélaknák számát parcellánként és fajtánként 50 darab tizleveles hajtás vizsgálatával (25 fán két-két hajtást vizsgálatával) mértük fel, augusztus 11-én. Az adatokat logaritmikus $\ln(x+1)$ transzformáció után, kétszemponos, robusztus ANOVA-val elemeztük, ismétléses (kaolin versus kontroll) és csoportosító (fajták) faktorok alkalmazásával. Amennyiben ez a vizsgálat különbséget mutatott a kezelések, vagy a fajták között, akkor a páronkénti összehasonlításhoz Games–Howel próbát alkalmaztunk.

A vértetű [*Eriosoma lanigerum* (Hausmann), Hemiptera: Aphididae] fertőzés mértékét két időpontban vizsgáltuk, július 9-én J. Grieve fajtán és július 22-én mindhárom fajtán, mindkét időpontban parcellánként 25 fa átvizsgálásával. Stäubli és Chapuis (1987) módszerének megfelelően, minden fához egy „0” (nincs jelen vértetű) és „8” (a hajtások több mint 25%-a fertőzött) közötti fertőzési értéket rendeltünk. Bár részletesen mindmáig nem vizsgálták, hogy hollandiai körülmények között milyen vértetű fertőzési szintnél húzható meg az akcióküszöb, 3-as fertőzési szint fölött a természetők általában megkezdik a vértetvek elleni védekezést. A statisztikai elemzés kétszemponos sztochasztikus homogenitás vizsgálattal (kétszemponos rang varianciaanalízissel) történt, ahol a különböző kezelések és parcellák (nem közöltük) közötti különbségeket elemeztük. Ugyanezt az eljárást alkalmaztuk a J. Grieve fajtán, a július 9. és 22. mért fertőzések összehasonlítására. A három fajta fogékonyságát a vértetűfertőzésre külön hasonlítottuk össze a kaolinnal kezelt és a kontroll parcellákban, a rang átlagok Tukey-féle páronkénti összehasonlításával.

Az alma-gyümölcsdarázs [*Hoplocampa testudinea* (Klug), Hymenoptera: Tenthredinidae] kártételét június 14-én, J. Grieve fajtán mértük fel, parcellánként 125 véletlenszerűen kiválasztott alma vizsgálatával. A *H. testudinea* lárvák parazitáltságának vizsgálatához parcellánként 15 véletlenszerűen kiválasztott fáról gyűjtöttünk termést, és az almát elhagyó fejlett lárvákat vizsgáltuk (175 lárvát a kaolinnal kezelt, és 64 lárvát a kontroll parcellából) június 6. és 20. között. Minthogy az egyik kontroll parcellából csak hét almadarázs lárvát gyűjtöttünk, ami nem elegendő a parazitáltság megállapítására, ennek a parcellának az adatait kizártuk az elemzésből. Az átlagokat mindkét elemzésben Welch-féle d-próbával hasonlítottuk össze.

A termés mennyiségét, minőségét, a kártevők és kórokozók okozta gyümölcskártétel mértékét október 15-én, G. Delicious fajtán, parcellánként 500 véletlenszerűen kiválasztott alma átvizsgálásával mértük fel. Az összes összehasonlítást Welch-féle d-próbával végeztük, RopStat programcsomag segítségével (Vargha, 2008). A Rényi diverzitás számítását Divord 1.90, a korrespondencia-analízist Syntax 5.1 (Podani 2001) programcsomaggal végeztük. A kaolin-részecskefilm hatékonyságát Abbott képlettel határoztuk meg (Abbott, 1925).

Atkaegyüttesek

A mintavételek 2009 és 2012 között, júniustól októberig történtek, havi egy alkalommal. Florina és Prima fajták esetén kijelöltünk 2–2 fasort, és mindkét sorból 5 mintát (mintánként egy fáról, a lombkorona alsó harmadából, annak belső részéről, hét véletlenszerűen kiválasztott levelet) gyűjtöttünk (fajtánként 10 minta/kezelés). Majd ugyanezekben a sorokban haladva, hasonló módon szedtük a mintákat a további, más kezelésű parcellákban. Gyűjtési alkalmanként a minták mindig azonos, egymással szomszédos három fa valamelyikéről származtak, és a vizsgált fák között legalább 4 fát kihagytunk. A begyűjtött levelek fonákját sztereomikroszkóppal átnéztük és az atkákat megszámláltuk (*Z. mali*, *T. urticae*, *P. ulmi*, *A. schlechtendali*, és Tydeoidea), vagy preparáltuk (Phytoseiidae). 2012-ben a Tydeoidea egyedeket és az ebben az évben nagy számban jelentkező Tarsonemidae egyedeket is preparáltuk. Az identifikációt Szabó Árpád és Tempfli Balázs végezte Karg (1993), Mahunka (1972) és Kaźmierski (1998) munkái alapján.

Külön elemeztük a Florina és a Prima fajtákat tartalmazó parcellák adatait. A kis egyedszámok miatt az éves adatokat összegeztük és a kezeléseket általános lineáris modellel (GLM, post hoc Bonferroni tesztel) hasonlítottuk össze IBM SPSS 20 programcsomag segítségével. A három különböző kezelésű parcellán áthaladó két sort, melyekből a mintákat vettük két blokknak tekintettük és random faktorként építettük a modellbe. Kezelés x blokk kereszthatást a következő összehasonlításokban tapasztaltunk: *E. finlandicus* (2009, Prima); *A. schlechtendali* (2011, Prima); *Z. mali* (Prima) és *A. andersoni* (2012, Florina). A statisztikai eredménytáblázatokat nagy számuk miatt nem mutatom be.

4.2. Kaolinkezelések hatása almakártevőkre, természetes ellenségeikre és a termésre

4.2.1. Eredmények

Kopogtatásos vizsgálatok

A kaolinkezelések szignifikánsan csökkentették a bimbólikasztó [*Anthonomus pomorum* (Linnaeus), Coleoptera: Curculionidae] és a levélfúró eszelény [*Caenorrhinus pauxillus* (Germar), Coleoptera: Rhynchitidae] egyedszámát. A közönséges lombormányos [*Phyllobius oblongus* (Linnaeus), Coleoptera: Curculionidae] esetén a Welch-féle teszt erős tendenciát ($p < 0,10$), míg a t-teszt szignifikáns különbséget ($p < 0,05$) jelzett (4.2. táblázat).

A leggyakoribb kabócafajok (Auchenorrhyncha) a lombkoronában, szeptember 28-án a szőlőkabóca [*Empoasca vitis* (Göthe), Hemiptera: Cicadellidae] és a *Zygina flammigera* (Fourcroy) (Hemiptera: Cicadellidae) voltak. A kaolinkezelések az előbbi faj egyedsűrűségét 71%-al, az utóbbit 72%-al csökkentették. A kabóca lárvák esetén még nagyobb, 97%-os hatékonyságot figyeltünk meg (4.2. táblázat).

4.2. táblázat. Három kártevő bogárfaj átlagos egyedszáma (egyed / két fa, szórás) a kaolinnal kezelt és kontroll parcellákban, a kezelések alatt (05.03.–07.22.), és két kabóca faj imágóinak és lárváinak egyedszáma (egyed / két fa, $\pm$ szórás) szeptember 28-án, James Grieve fajtán.

	Kaolin	Kontroll	Welch teszt	Hatékonyság (%)
<i>Anthonomus pomorum</i>	5,8 (2,9)	11,8 (4,8)	$p < 0,05$	50,8
<i>Phyllobius oblongus</i>	32,8 (18,3)	59,8 (9,0)	$p < 0,10$	45,2
<i>Caenorhinus pauxillus</i>	1,8 (1,9)	9,2 (5,5)	$p < 0,01$	80,4
<i>Empoasca vitis</i>	47,0 (43,1)	162,0 (46,6)	$p < 0,01$	71,0
<i>Zygina flammigera</i>	2,4 (5,4)	8,6 (4,7)	$p < 0,05$	72,1
Auchenorrhyncha lárvák	0,8 (1,3)	28,4 (21,7)	$p < 0,01$	97,2

Levéltetvek

Az *A. pomi* telepek száma kisebb, a *D. plantaginea* telepek száma viszont nagyobb volt a kaolinnal kezelt parcellákban, mint a kontrollban. A *Dysaphis devector* (Walker) (Hemiptera: Aphididae) egyedszáma nem különbözött a két kezelés között (4.3. táblázat). A fajták nem mutattak egyértelmű mintázatot. Az *A. pomi* fertőzés a J. Grieve, míg a *D. devector* a G. Delicious fajtán volt a legnagyobb. A fajták nem különböztek a *D. plantaginea* esetén (4.3. táblázat). A kaolinnal kezelt parcellákban, mindhárom vizsgált almafajtán a vértetvek egyedszámának erőteljes növekedését figyeltük meg. A kontroll parcellához viszonyítva a különbség minkét vizsgált időpontban szignifikáns volt (4.4. táblázat). A két vizsgált időpont között a kaolinnal kezelt parcellákban (J. Grieve fajtán) a vértetű egyedszáma szignifikánsan nőtt ($p < 0,01$), míg a kontroll parcellában csökkent ($p < 0,01$). Ez utóbbi parcellákban július végén már kifejezetten kis fertőzést figyeltünk meg. A három vizsgált fajta összehasonlításakor eredményeink a kezeléstől függtek. A kaolinnal kezelt parcellákban a vértetűfertőzés a J. Grieve fajtán volt a legnagyobb, amit a Cox OP és a G. Delicious követett (4.4. táblázat). A különbség minden összehasonlításban szignifikáns volt ($p < 0,01$). Ezzel szemben a kontroll parcellákban nem figyeltünk meg különbséget a három fajta között ($p > 0,10$).

4.3. táblázat. Levéltetű telepek és hernyófészkek átlagos száma (szórás) egy fára vetítve kaolinnal kezelt és kontroll parcellákban James Grieve és Golden Delicious fajtákon július 12-én.

	<i>Aphis pomi</i>			<i>Dysaphis devector</i>		
	Kaolin	Kontroll	Átlag	Kaolin	Kontroll	Átlag
James Grieve	0.2 (0.2)	3.0 (1.7)	1.6 b	0.2 (0.3)	0.0 (0.0)	0.1 a
Golden Delicious	0.1 (0.1)	0.2 (0.2)	0.2 a	9.5 (9.3)	15.4 (8.4)	12.5 b
Átlag	0.2 A	1.6 B		4.8 A	7.7 A	

	<i>Dysaphis plantaginea</i>			<i>Hernyófészkek</i>		
	Kaolin	Kontroll	Átlag	Kaolin	Kontroll	Átlag
James Grieve	1.0 (1.6)	0.7 (1.2)	0.9 a	0.0 (0.0)	0.4 (0.3)	0.3 a
Golden Delicious	1.5 (1.0)	0.1 (0.0)	0.8 a	0.1 (0.1)	0.4 (0.3)	0.3 a
Átlag	1.3 B	0.4 A		0.1 A	0.5 B	

A különböző nagybetűkkel (kezelések) jelölt átlagok ($p < 0,05$), a különböző kisbetűkkel (fajták) jelölt átlagok ($p < 0,01$ szinten) szignifikáns különbséget jelölnek.

4.4. táblázat. Vértetű (*E. lanigerum*) fertőzés erőssége (Staubli és Chapuis, 1987 szerint) 75 fán (három parcellában, 25 fán parcellánként) James Grieve fajtán, július 9-én és 22-én, valamint Cox's OP és Golden Delicious fajtákon július 22-én.

Dátum	Fajta	Kezelés	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Rang ANOVA
07.09.	James Grieve	kaolin	0	0	0	0	0	7	8	45	15	$p < 0,01$
		kontroll	2	14	2	11	0	32	1	13	0	
07.22.	James Grieve	kaolin	0	0	0	0	0	2	8	20	45	$p < 0,01$
		kontroll	60	8	3	2	2	0	0	0	0	
	Cox's OP	kaolin	0	0	0	0	5	58	11	1	0	$p < 0,01$
		kontroll	64	3	1	3	4	0	0	0	0	
	Golden Delicious	kaolin	1	1	1	4	13	45	8	0	2	$p < 0,01$
		kontroll	58	10	3	4	0	0	0	0	0	

Levél-aknázók és hernyófészkek

A leggyakoribb levélaknázó-fajok az almalevél-aknázómoly [*Phyllonorycter blancardella* (Fabricius), Lepidoptera: Gracillariidae], a kigyóaknás ezüstmoly [*Lyonetia clerkella* (Linnaeus), Lepidoptera: Lyonetiidae], az almalevél-törpemoly [*Stigmella malella* (Stainton), Lepidoptera: Nepticulidae] és az aknázólegyek (Diptera: Agromyzidae) családjába tartozó *Phytomyza heringiana* Hendel voltak. Bár az aknák száma az év során végig a kártételi küszöb alatt maradt, egyedsűrűségük a kaolinnal kezelt parcellákban, a kontroll parcellákhoz viszonyítva jelentősen megnőtt (4.5. táblázat). A különböző fajták összehasonlításakor szignifikánsan több *L. clerkella* fordult elő J. Grieve fajtán, mint G. Delicious fajtán és a *P. heringiana* esetén is hasonló tendenciát figyeltünk meg ($p < 0,10$). A kaolinkezelések szignifikánsan csökkentették a hernyófészkek (valószínűleg pókhálós almamoly, *Y. malinella*) számát (4.3. és 4.5. táblázatok).

4.5. táblázat. Levélaknák átlagos számának alakulása (50 hajtás/akna, szórás) kaolinnal kezelt és kontroll parcellákban, James Grieve, Cox's OP és Golden Delicious fajtákon, augusztus 14-én (4 parcella, 50 darab tízleveles hajtás / parcella).

	<i>Phyllonorycter blancardella</i>			<i>Phytomyza heringiana</i>		
	Kaolin	Kontroll	Átlag	Kaolin	Kontroll	Átlag
James Grieve	30,5 (13,2)	3,5 (5,2)	17,0 a	14,8 (5,0)	6,5 (7,5)	10,6 a
Cox's OP	30,0 (14,6)	0,9 (1,5)	15,4 a	4,8 (2,2)	1,0 (1,4)	2,9 a
Golden Delicious	22,0 (15,3)	10,0 (10,9)	16,0 a	1,8 (2,4)	1,0 (1,4)	1,4 a
Átlag	27,5 A	4,8 B		7,1 A	2,8 B	

	<i>Lyonetia clerkella</i>			<i>Stigmella malella</i>		
	Kaolin	Kontroll	Átlag	Kaolin	Kontroll	Átlag
James Grieve	3,3 (2,6)	0,3 (0,5)	1,8 a	0,3 (0,5)	1,0 (1,2)	0,6 a
Cox's OP	7,3 (8,6)	0,5 (0,6)	3,9 ab	1,3 (0,5)	0,0 (0,0)	0,6 a
Golden Delicious	0,0 (0,0)	0,3 (0,5)	0,1 b	1,3 (0,5)	0,3 (0,5)	0,8 a
Átlag	3,5 A	0,3 B		0,9 A	0,4 A	

A különböző nagy (kezelések), és kisbetűkkel (fajták) jelölt átlagok szignifikáns ($p < 0,05$) különbségeket jelölnek.

Gyümölcskártétel

A J. Grieve fajtán, júniusban, a kezelt parcellákban 9,3%-os (szórás: 4,2%), a kontroll parcellákban 35,7%-os (12,4%) átlagos alma-gyümölcsdarázs (*H. testudinea*) gyümölcskártételt mértünk. A különbség szignifikáns ($p < 0,01$) volt, és a kezelések hatékonysága 74%-os értéket ért el. Megfigyeléseink szerint az almadarazsak legfontosabb parazitoidja a *Lathrolestes ensator* (Brauns) valódi fürkész (Hymenoptera: Ichneumonidae) faj volt. James Grieve fajtán, a kaolinnal kezelt parcellákban, az alma-gyümölcsdarázs lárvák átlagosan 16,5 %-át (9,3%), míg a kontroll parcellákban 47,7%-át (5,9%) parazitálta. A különbség szignifikáns volt ($p < 0,01$). A *H. testudinea* fertőzés jelentősen kisebb volt Golden Delicious fajtán. Bár a gyümölcsdarázs kártétel valamivel kisebb volt a kaolinnal kezelt parcellákban, a különbség nem volt szignifikáns (4.6. táblázat).

A legtöbb sérülést az almatermések felszínén a sárga alma-pajzstetvek [*Quadraspidiotus ostreaeformis* (Curtis)], a közönséges kagylós pajzstetvek [*Lepidosaphes ulmi* (Linnaeus)], a vegetációs periódus elején a kis téli araszolók [*Operophtera brumata* (Linnaeus), Lepidoptera: Geometridae] és az Orthosia-fajok (Lepidoptera: Noctuidae) hernyói okozták. A kaolinrészecskefilm-kezelések kártételüket 50–59%-al csökkentették (4.6. táblázat). Nyáron és ősszel a kaolinkezelések jobban csökkentették a levélsodró molyok (Tortricidae) kártételét, mint a tavaszi lepkehernyókét (4.6. táblázat). A *Pammene rhediella* (Clerk) (Lepidoptera: Tortricidae) és az almamoly (*C. pomonella*) esetén hasonló hatékonyságot figyeltünk meg, a kezelések 60–80%-al csökkentették a kártételt (4.6. táblázat). A közönséges fülbemászó (*Forficula auricularia* Linnaeus, Dermaptera: Forficulidae) kisebb kártétele a kaolinnal kezelt parcellákban azt valószínűsíti, hogy erre a fajra is hatottak a kaolinkezelések, bár a különbség nem volt szignifikáns (4.6. táblázat).

Almafa varasodás, monília és a termés

Az almafa varasodás [*Venturia inaequalis* (Cooke)] tünetei a kaolinnal kezelt parcellákban már május végére megjelentek a leveleken, mind a fogékony G. Delicious, mind a kevésbé fogékony J. Grieve fajtákon (nem közölt adat). Ennek megfelelően a G. Delicious fajtán a szüretkor előrehaladottabb korai kártételt (calyx körül régebbi, és kiterjedtebb ventúriás foltokat) figyeltünk meg (4.6. táblázat). Mind a levél, mind a termés kártétel az elsődleges fertőzéssel hozható összefüggésbe. A nyári gyümölcsfertőzés súlyos mértékű volt, különösen a kaolinnal kezelt parcellákban, ahol a kontroll parcellákhoz viszonyítva négyszer nagyobb kártételt figyeltünk meg (4.6. táblázat). A *Monilia fructigena* (Persoon) kártételt nem befolyásolták a kaolinos kezelések.

Bár a G. Delicious gyümölcsök száma 6%-al nagyobb volt a kaolinnal kezelt parcellákban, a különbség a kontrollhoz viszonyítva nem volt szignifikáns. Ugyanakkor az átlagos gyümölcs tömeg (g / gyümölcs) szignifikánsan és az átlagos termés (kg / fa) számszerűen a kontrollkezelésben volt nagyobb (4.6. táblázat).

4.6. táblázat. Kártevők és kórokozók által fertőzött almák százalékos aránya (szórás) Golden Delicious fajtán, valamint a termés átlagos mennyisége (kg / fa), a gyümölcs átlagos tömege és az almák száma egy fára vetítve.

	Kaolin	Kontroll	Welch-teszt	Hatékonyság (%)
Rovar kártétel				
alma-gyümölcsharapás	2,1 (0,8)	2,6 (1,7)	n. sz.	19,23
sárga alma-pajzstetű	8,1 (4,1)	15,9 (2,3)	$p < 0,01$	49,06
kagylós pajzstetű	3,9 (1,8)	7,8 (1,6)	$p < 0,05$	50,00
korai hernyó kártétel	2,4 (0,5)	5,8 (3,1)	$p < 0,10$	58,62
nyári hernyó kártétel	0,9 (0,9)	4,4 (1,1)	$p < 0,01$	79,55
késői hernyó kártétel	0,3 (0,3)	2,0 (1,2)	$p < 0,05$	85,00
<i>Pammene rhediella</i>	0,4 (0,2)	1,4 (0,7)	$p < 0,05$	71,43
almamoly 1. nemzedék	0,8 (0,5)	2,0 (1,2)	$p < 0,10$	60,00
közönséges fülbemászó	0,2 (0,8)	0,7 (0,4)	n. sz.	71,43
Kórokozók kártétele				
varasodás, korai	7,2 (1,3)	0,4 (0,7)	$p < 0,01$	-
varasodás, nyári	89,5 (3,9)	22,9 (12,3)	$p < 0,01$	-
<i>Monilia fructigena</i>	2,3 (1,8)	0,9 (0,8)	n. sz.	-
Almagyümölcs				
száma/fa	51 (12,9)	48 (8,7)	n. sz.	-
tömege (g/gyümölcs)	115 (4,5)	128 (1,4)	$p < 0,01$	-
termés (kg/fa)	5,9 (1,6)	6,2 (1,1)	n. sz.	-

n. sz. – nem szignifikáns

Kaolinkezelések hatása egyes ragadozó fajokra és a Lasius niger-re

A kaolinkezelések a vegetációs periódus első felében, május 3. és július 22. között szignifikánsan csökkentették a közönséges fülbemászó, a ragadozó poloskák és bogarak és az *Allothrombium fuliginosum* (Hermann) (Prostigmata: Trombididae) bársonyatka egyedszámát (4.7. táblázat). A zöldfátyolka (Chrysopidae) imágók és lárvák, valamint a zengőlégy (Syrphidae) lárvák száma kicsi volt ebben az időszakban. A vegetációs periódus második felében, a kezelések befejezése után, a zöldfátyolkák és zengőlegyek lárváinak és az *A. fuliginosum*-nak szignifikánsan nőtt 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 (4.7. táblázat).

A fekete fahangya [*Lasius niger* (Linnaeus), Hymenoptera: Formicidae] mind a kezelések alatt, mind azok befejezése után a kontroll parcellához kötődött (4.7. táblázat).

4.7. táblázat. Ragadozó ízeltlábúak és a *L. niger* egyedszáma (egyed / 2 fa) (szórás) kaolinnal kezelt és kontroll parcellákban a kaolinkezelések során (05.03.– 07.22.), és a kezelések befejezése után (08.12.– 09.28.) James Grieve fajtán

	kezelések alatt 05.03.– 07.22.,		kezelések után 12.08.–09.28.	
	Kaolin	Kontroll	Kaolin	Kontroll
<i>F. auricularia</i>	7,6 (4,6) a	34,8 (15,3) b	7,2 (4,0) a	8,6 (3,8) a
Chrysopidae imágók	0,6 (0,5) a	0,6 (0,9) a	2,0 (1,6) ab	5,6 (2,7) b
Chrysopidae lárvák	1,4 (2,2) a	0,6 (0,5) a	5,4 (4,0) b	0,4 (0,5) a
Syrphidae lárvák	0,4 (0,9) a	0,0 (0,0) a	12,4 (4,2) b	0,8 (1,3) a
<i>A. fuliginosum</i>	0,6 (0,9) a	3,6 (1,7) b	7,4 (6,5) bc	13,4 (7,0) c
<i>L. niger</i>	5,8 (7,2) ab	36,2 (11,5) c	0,2 (0,4) a	12,0 (4,9) b

A különböző betűvel jelölt átlagok szignifikánsan ($p < 0,05$) különböznek.

4.2.2. Megvitatás – almakártevők, természetes ellenségek és a termés

Eredményeink szerint a kaolinrészecskefilm-kezelések számos kártevő ízeltlábú egyedszámát csökkentik, de néhány rejtőzködő életmódot folytató fitofág faj számára éppen ellenkezőleg, kedvező környezetet teremthetnek. A bimbólikasztó bogár (*A. pomorum*) az ökológiai almatermesztés fontos kártevője, míg a közönséges lombormányos (*P. oblongus*), és a levélfúró eszelény (*C. pauxillus*) csak helyenként okoznak kárt (Alford, 2007; Markó, 2014). A kaolinkezelések (a fenti sorrendet követve) 51, 45 és 80%-al csökkentették egyedszámukat (4.2. táblázat). Minthogy mindhárom faj imágói tavasszal aktívak, és minthogy a bimbólikasztó a virágbimbókba teszi tojásait, ezért a kezelések viszonylag késői kezdete, és virágzás alatti szüneteltetése az első két faj esetén ronthatta a kaolinrészecskefilm-kezelések hatékonyságát. A *C. pauxillus* imágók hosszú szőrökkel borított testén a kaolinrészecskék fehér bevonatot képeztek. Ez a kaolin borítás magyarázhatja a kaolinkezelések nagyobb hatékonyságát a levélfúró eszelény korlátozásában.

Meglepő, hogy szeptember 28-án, 75 nappal a J. Grieve fajtán történt utolsó kezelés után, az *E. vitis* és *Z. flammigera* még mindig 71–72%-al kisebb egyedszámban fordult elő a kaolinos parcellákban, mint a kontrollban (4.2. táblázat). A kabóca lárvákra kifejtett hatás még ennél is nagyobb, 92%-os volt. A kaolinkezelések sikeresen korlátozták a *Typhlocyba pomaria* (McAtee) (Hemiptera: Cicadellidae) (Knight és mtsai., 2000) és a burgonyakabóca [*Empoasca fabae* (Harris), Hemiptera: Cicadellidae] (Glenn és mtsai., 1999) egyedszámát almaültetvényekben, és a *Homalodisca coagulate* (Say) (Hemiptera: Cicadellidae) mezeikabóca faj egyedszámát szőlő ültetvényekben (Glenn és Puterka, 2005). Saját megfigyeléseink, és a fent említett vizsgálatok alapján megállapíthatjuk, hogy fás szárú kertészeti kultúrákban a kaolinkezelések hatékonyan korlátozhatják a különböző kabócafajokat.

A levéltetvek esetén a kaolinkezelések nem mutattak a kabócákhoz hasonló hatékonyságot. A kaolin-részecskefilm csökkentette az *A. pomi* és növelte a *D. plantaginea*

telepek számát, és nem hatott a *D. devectora* telepekre (4.3. táblázat). Az utóbbi két faj egyedei összesodort levelekben élnek. Glenn és mtsai., (1999) vizsgálataiban a kaolinkezelések csökkentették a spirea-levéltetű (*Aphis spiraecola* Patch) egyedszámát almafákon, és őszibarack fákön már egyetlen májusi kezelés is 32–86%-al csökkentette a *Myzus persicae* (Sulzer) egyedszámát (Karagounis és mtsai., 2006). Több kaolinkezelés ősszel sikeresen korlátozta az almafákra visszatérő *D. plantaginea* levéltetveket, és ketreces vizsgálatokban ezek a gynopár nőstények ritkábban szálltak le a kaolinnal kezelt növényekre, és kevesebb utódot születtek, mint a kontroll növényekre települt társaik (Bürgel és mtsai., 2005). Ezzel szemben a rendszeres kaolinkezelések növelték a szürke alma-levéltetvek egyedsűrűségét (Knight és mtsai., 2001), és őszibarack ültetvényekben az őszi kaolinkezelések nem segítették a levéltetvek korlátozását (Pevern és mtsai., 2010). A fekete fahangyák (*L. niger*) gyakran látogatják az *A. pomi*, *D. devectora* és a *D. plantaginea* telepeket és a levéltetvek profitálnak a hangyák jelenlétéből (Nagy és mtsai., 2013, 2015). A kaolinnal kezelt parcellákban a *L. niger* egyedszáma a vegetációs periódus első felében hatszor, a második felében 60-szor volt kisebb, mint a kontroll parcellákban, míg az összes levéltetű telepeinek száma csupán 35%-al csökkent (4.3. és 4.7. táblázatok). Tehát a kaolinkezelések közvetlenül (repellens hatás), és közvetve is (a hangyák zavarása) negatívan hatnak a levéltetvekre, míg közvetett pozitív hatásként a ragadozók egyedsűrűségének csökkentését kell megemlítenünk. Összességében ezek a tényezők eltérő mértékben hathatnak a különböző levéltetűfajokra, ami jelentős különbségekhez vezetett kaolinnal szembeni érzékenységükben.

A kaolinkezelések hatására a vértetvek egyedszáma radikálisan megnőtt, jelentős mértékben átlépve a kártételi küszöbszintet (4.4. táblázat). Ezzel szemben a kontroll parcellákban természetes ellenségeik sikeresen korlátozták őket. Daniel és Wyss (2003) vizsgálataiban a májusban alkalmazott egy, vagy két kaolinkezelés nem tudta csökkenteni a vértetvek egyedszámát, és az őszi egy–három kezelés sem csökkentette számukat a következő tavaszon (Daniel és Wyss, 2004). A természetes ellenségeknek kulcsszerepe van a vértetvek szabályozásában (Blommers, 1994; Cross és mtsai., 1999). Hollandiában az *Aphelinus mali* (Haldeman) (Hymenoptera: Aphelinidae) parazitoid jelentősége, a számára kedvezőtlen időjárás miatt, a vértetű szabályozásában korlátozott (Cross és mtsai., 1999), így a vértetű populációkat koratavasszal főként az *E. quadripustulatus*, a nyár során pedig a *F. auricularia* szabályozza (Ravensberg 1981; Mueller és mtsai., 1988; Mols 1996). Vizsgálatunkban a kaolinkezelések drasztikusan csökkentették közönséges fülbemászók egyedszámát a vegetációs periódus első felében (4.7. táblázat). Számuk a kontroll parcellákban fokozatosan nőtt, és a lombkoronában, júliusban érte el a legnagyobb értéket. Ennek megfelelően, július 9 és 22 között, ebben a kezelésben a vértetvek egyedszáma visszaesett, míg a kaolinos kezelésben tovább nőtt. Megfigyeléseink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a kaolinkezelések nem csak hogy nem csökkentik a vértetvek egyedszámát, de természetes ellenségek elriasztásával-akadályozásával jelentősen segítik is felszaporodásukat.

A levél-aknázók fertőzése kicsi volt az kísérleti ültetvényben. Ugyanakkor a kaolinkezelések hasonlóan hatottak mind a négy faj esetén: a kezelt parcellákban a levélaknák száma szignifikánsan (*P. blancardella*, *P. heringiana*, *L. clerkella*) vagy számszerűen (*S. malleva*) nőtt a kontroll parcellákhoz viszonyítva (4.5. táblázat). Amerikai vizsgálatok szerint a *P. elmaevla* egyedszáma is megnőtt kaolinnal kezelt almaültetvényekben (Knight és mtsai., 2000; Kahn és mtsai., 2001), miközben a *Pnigalio flavipes* (Ashmead) karcsú fémfürkész (Hymenoptera:

Eulophidae) okozta parazitáltsága csökkent. A parazitoid fajok jelentősége a levél-aknázók szabályozásában jól ismert. Egyedszámuk csökkenésével gyakran jár együtt a levél-aknázók (főként aknázó molyok) felszaporodása (Cross és mtsai., 1999). 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.

A kaolinkezelések 74%-al csökkentették az alma-gyümölcsdarázs kártételét J. Grieve fajtán, ami hasonlóan más korai virágzású fajtához, fogékony a gyümölcsdarázs kártételre (Alford, 2007; Zijp és Blommers, 2002). Ezzel párhuzamosan az alma-gyümölcsdarázs lárvák Hollandiában gyakori és specifikus parazitoidja, a *L. ensator* (Cross és mtsai., 1999; Zijp és Blommers, 2002) által okozott parazitáltság is jelentős mértékben csökkent a kaolinnal kezelt parcellákban. A gyümölcsdarázsok a virágzás idején rajzanak, és egyenként rakják le tojásaikat a kinyílt virágokba. Fő aktivitási időszakukat fehér ragacslapokkal követtük és megállapítottuk, hogy az teljes egészében egybeesett a virágzással, illetve ennek megfelelően azzal az időszakkal, amikor a kaolinkezeléseket szüneteltettük. Május 13-án 21 darab J. Grieve fajtára rakott alma-gyümölcsdarázs tojásból öt kelt ki, ami arra utal, hogy a kikelő lárvák egy része biztosan találkozott a május 15-i kaolinkezeléssel. Ugyanígy az alma felszínén kialakított kaolin-részecskefilm csökkenthette a gyümölcsöt váltó, harmadik stádiumú lárvák számát is. Ezzel szemben a *H. testudinea* által kevésbé kedvelt G. Delicious fajtán (Graf és mtsai., 2006), jelentősen kisebb fertőzési szint mellett, nem mutatkozott különbség a kezelt és kontroll parcellák gyümölcsdarázs kártétele között (4.6. táblázat).

A kaolinkezelések, az alma betakarítás idejére, 50–59%-al csökkentették a közönséges kagylópajzstetű, a sárga alma-pajzstetű és a korai hernyók (*O. brumata* és *Orthosia* spp.) gyümölcs kártételét. Ennél nagyobb, 60–85%-os csökkenést figyeltünk meg a levélsodró molyok [*Pandemis heparana* (Denis & Schiffermüller), *Spilonota ocellana* (Denis & Schiffermüller) és *Archips podana* (Scopoli)] nyári és késői kártételében, valamint a *Pammene rhediella* (Clerk) és az almamoly gyümölcskártételében (4.6. táblázat). A kaolinkezelések hatását Észak-Amerikában elterjedt levélsodró molyokra [*Choristoneura rosaceana* (Harris), *Archips argyrospilus* (Walker) és *Argyrotaenia velutinana* (Walker)] (Knight és mtsai., 2000, 2001; Thomas és mtsai., 2004; Sackett és mtsai., 2005), valamint az almamolyra (Knight és mtsai., 2001; Friedrich és mtsai., 2003) szabadföldön és laboratóriumban is igazolták. A korai hernyó kártételénél megfigyelt kisebb hatékonyság egyrészt azzal magyarázható, hogy virágzáskor szüneteltettük a kezeléseket, másrészt azzal, hogy tavasszal a növekvő hajtások gyorsan „kinövik” a kezeléseket, hamarabb jelennek meg a növényeken kaolinnal nem fedett levelek. Knight és mtsai. (2001) vizsgálatában a kaolinnal kezelt parcellákban nőtt a kaliforniai pajzstetűvel fertőzött almák száma, valószínűleg azzal összefüggésben, hogy ezekben a parcellákban csökkent természetes ellenségeik egyedszáma. Vizsgálatunkban a kaolinkezelések csak 49–50%-al csökkentették a pajzstetvek gyümölcskártételét (4.6. táblázat).

A vizsgált fajták eltérő érzékenysége befolyásolta a kaolinkezelések hatékonyságát, azon fajok esetén is, melyek egyedszáma a kezelésekre csökkent (*A. pomi* és *H. testudinea*), és azoknál is, melyek egyedszáma nőtt a kezelt parcellákban (vértetű, *L. clerkella*). Hasonló kölcsönhatást figyelt meg a kaolinkezelések és a vizsgált fajták között Liu és Trumble (2005).

Vizsgálatunkban a kaolinrészecskefilm-kezelések negatívan hatottak a közönséges fülbemászó (*F. auricularia*) és az *A. fuliginosum* populációkra (4.7. táblázat). A kezeléseket követően, a vegetációs periódus második felében, annak ellenére, hogy a levéltetvek egyedszáma

összességében jelentősen nagyobb volt a kaolinnal kezelt parcellákban, a közönséges fűlbemászók, a ragadozó poloskák, a Chrysopidae imágók és a bársonyatkak nem aggregálódtak a korábban kaolinnal kezelt parcellákban, bár a különbségek a kezeletlen kontrollhoz viszonyítva csökkentek (6. táblázat). Annak ellenére, hogy a Chrysopidae imágók száma nem különbözött, a lárvák száma nagyobb volt a korábban kaolinnal kezelt, és vértetvekkel erősen fertőzött parcellákban, ami arra utal, hogy a lerakott tojások száma nagyobb, a lárvák mortalitása pedig kisebb lehetett ezekben a fákon. Porcel és mtsai. (2011) eredményeink publikálása után, laboratóriumi vizsgálatokban a nőtények nagyobb tojásrakási hajlandóságát figyelte meg a kaolinnal kezelt növényeken, valamint azt, hogy hasonlóan eredményeinkhez a kaolinkezelések nem befolyásolták az imágók egyedszámát (olajfa) ültetvényekben. Hasonlóan a Chrysopidae lárvákhoz a Syrphidae lárvák is erőteljes növekedést mutattak a korábban kaolinnal kezelt parcellákban (4.7. táblázat).

A kaolinkezelések nem korlátozták a gyümölcsök és hajtások korai és a nyári varasodás fertőzését és a gyümölcsök monília fertőzését. A varasodással fertőzött gyümölcsök aránya *G. Delicious* fajtán, a kaolinnal kezelt parcellákban betakarításkor elérte a 90%-ot, míg ugyanez az arány, a fungicidekkel kezelt, kontroll parcellákban négyszer kisebb, 23% volt (4.6. táblázat). Glenn és mtsai. (2001) vizsgálatában a hidrofób, vagy hidrofil kaolinnal történő szabadföldi kezelések nem csökkentették az almafa varasodás mértékét sőt, a vizsgált három évből egyben, a kezelések növelték a varasodás okozta terméskártételt.

Az eltérő klimatikus körülmények hatásai, a jobb kaolinfedés lehetőségei, a kezelések pontosabb időzítése, más inszekticid és fungicid hatóanyagokkal való együttes alkalmazás lehetőségei, olyan fontos kérdések, melyek meghatározzák a kaolin-részecskefilm technológia alkalmazásának lehetőségeit, különösen az ökológiai almatermesztésben. További vizsgálatok adhatnak pontosabb képet arról, hogy a kaolinkezelések milyen negatív hatásokat fejtenek ki az az ültetvényekben előforduló hasznos szervezetekre

4.3. Kaolinkezelések hatása almaültetvények poloska-, bogár- és pókegyütteseire

4.3.1. Eredmények

Heteroptera-együttesek

A vegetációs periódus során összesen 359 poloskaegyedet gyűjtöttünk, melyek 23 fajt képviseltek. A leggyakoribb faj az *Orius minutus* (Linnaeus, 1758) (Anthocoridae) volt, melyet a *Himacerus apterus* (Fabricius, 1798) (Nabidae), az *Anthocoris nemorum* (Linnaeus, 1761) (Anthocoridae) és a *Blepharidopterus angulatus* (Fallén, 1807) (Miridae) követett. A kaolinkezelések szignifikánsan csökkentették mind az összesített éves egyedszámot, mind a fajgazdagságot (4.8. táblázat). A legtöbb egyed a ragadozó guildbe tartozott. Ezt a csoportot jobban, míg a fitofág guild egyedszámát kevésbé csökkentették a kaolinkezelések (4.8. táblázat).

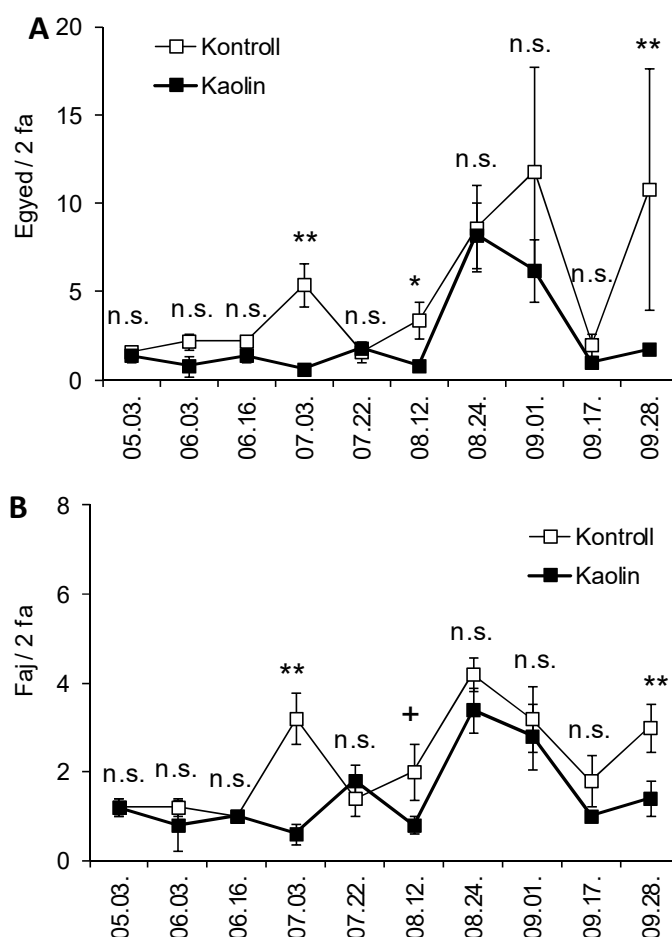
A poloskák egyedszáma többnyire kisebb volt a kaolinnal kezelt parcellákban, mint a kontrollban, bár a különbség csak két időpontban volt szignifikáns (4.1. ábra). Az átlagos fajgazdagság (a begyűjtött fajok száma / 2 fa) 0,75 és 4,5 között ingadozott a vizsgált időszakban. Általánosságban megállapítható, hogy a fajgazdagság a vegetációs periódus során végig kisebb volt a kaolinnal kezelt parcellában, mint a kontrollban, és még szeptember 28-án, tíz héttel az utolsó kaolinkezelés után is jelentős különbséget figyeltünk meg (4.1. ábra).

4.8. táblázat. A teljes Heteroptera-együttes, és a fontosabb guildek átlagos abundanciája (egyedszám / 2 fa $\pm$ szórás), és az átlagos fajgazdagság (fajgazdagság / 2 fa $\pm$ szórás) kaolinnal kezelt és kontroll alma-parcellák lombkoronájában. Hatékonyság: a %-ban kifejezett csökkenést Abbott (1925) formula szerint számítottuk ki.

	Kaolin	Kontroll	Welch teszt W	P	Hatékonyság (%)
Abundancia	21,0 (8,4)	52,8 (20,4)	(4,0) -2,882	0,0449*	60
Fajgazdagság	7,8 (0,5)	10,8 (1,5)	(3,7) -3,795	0,0226*	
Ragadozók ¹	15,5 (7,6)	47,5 (18,6)	(6,0) -4,619	0,0036**	67
Omnivorok	1,5 (1,0)	3,5 (2,1)	(4,3) -1,732	0,1531	57
Fitofágok	4,0 (2,7)	1,8 (0,5)	(3,2) 1,634	0,1738	-122

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$

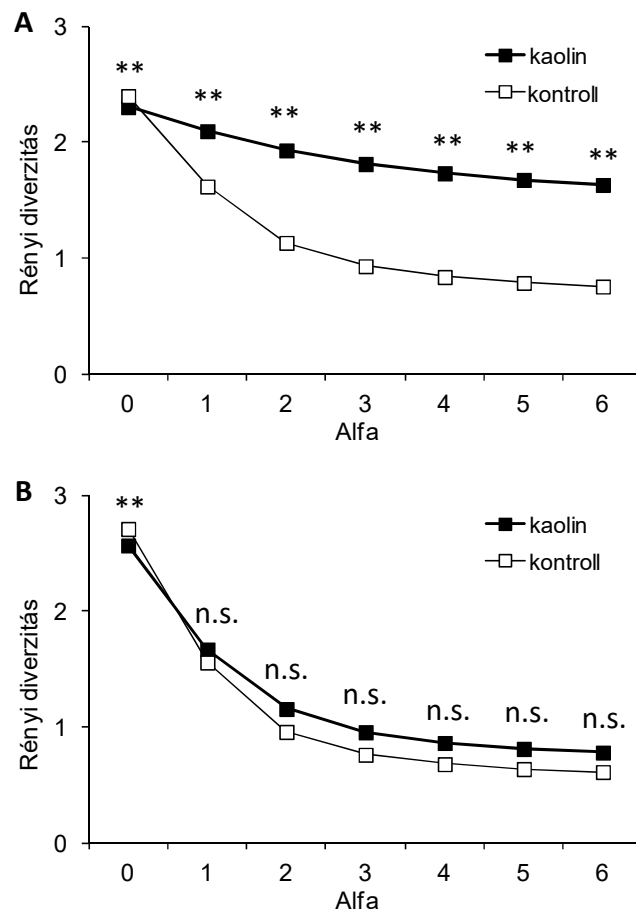
¹Rang Welch teszt



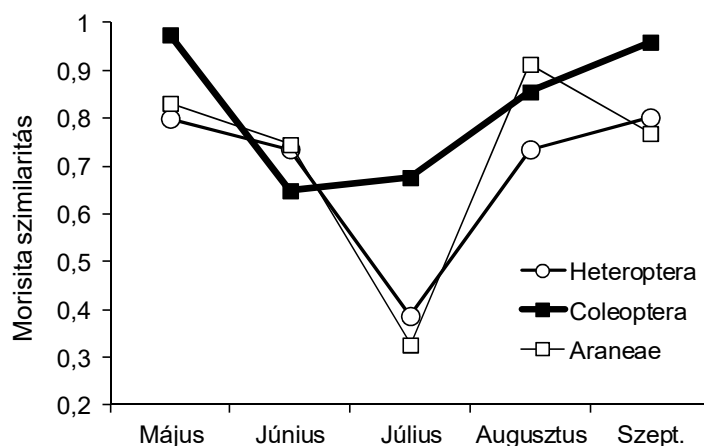
4. 1. ábra. Heteroptera-együttesek (A) egyedszáma és (B) fajgazdagsága ($\pm$ szórás) almaültetvény lombkoronájában, a vegetációs periódus során, kaolinnal kezelt és kontroll parcellákban.

A Rényi diverzitás, 0 skálaparaméternél ($\alpha \rightarrow 0$), mind a kaolinkezelések időszakában, mind az azok befejezése utáni időszakban, szignifikánsan kisebb volt a kaolinnal kezelt, mint a

kontroll parcellákban (4.2. A, B ábrák). A kaolinkezelések szignifikánsan növelték a diverzitást a nagyobb skálaparaméterek esetén (4.2. A ábra), bár kezelések szüneteltetése után a különbség eltűnt (4.2. B ábra). A Morisita hasonlóság (MH) májusban és szeptemberben volt a legnagyobb ($MH_{\text{május}} = 0,80$, $MH_{\text{szeptember}} = 0,80$) és júliusban a legkisebb ($MH_{\text{július}} = 0,39$). Összetételét tekintve a Heteroptera-együttes a kezelések beszüntetése után gyorsan regenerálódott (4.3 ábra).



4.2. ábra. Heteroptera-együttesek Rényi diverzitása kaolinnal kezelt és kezeletlen kontroll almaparcellákban, (A) a kaolinkezelések alatt, és (B) a kezelések befejezése után. Rényi diverzitási értékek összehasonlítása különböző α skálaparaméterek esetén. n. s. nem szignifikáns, ** $p < 0,01$.



4.3. ábra. Heteroptera, Coleoptera- és Araneae-együttesek Morisita szimilitása kaolinnal kezelt és kontroll almaparcellák lombkoronájában.

Bogáregyüttesek

Összesen 1437 bogár imágót gyűjtöttünk, melyek 55 fajt képviseltek. A legnagyobb egyedszámban előkerült faj a *Corticara gibbosa* (Herbst, 1793) (Latridiidae) volt, melyet csökkenő sorrendben a *Phyllobius oblongus* (Linnaeus, 1758) (Curculionidae), *Exochomus quadripustulatus* (Linnaeus, 1758) (Coccinellidae), *Anthonomus pomorum* (Linnaeus, 1758) (Curculionidae), *Neocoenorrhinus pauxillus* (Germar, 1824) (Rhynchitidae) és a *Propylea quatuordecimpunctata* (Linnaeus, 1758) (Coccinellidae) követett. A kaolinkezelések mind az egyedsűrűséget, mind a fajgazdagságot csökkentették (4.9. táblázat). Ugyanakkor a különböző Coleoptera guildék jelentős különbségeket mutattak. A kaolinkezelések főként a fungivor és xilofág guildekre hatottak, míg az almafogyasztók esetén figyeltük meg a legkisebb hatékonyságot (4.9. táblázat).

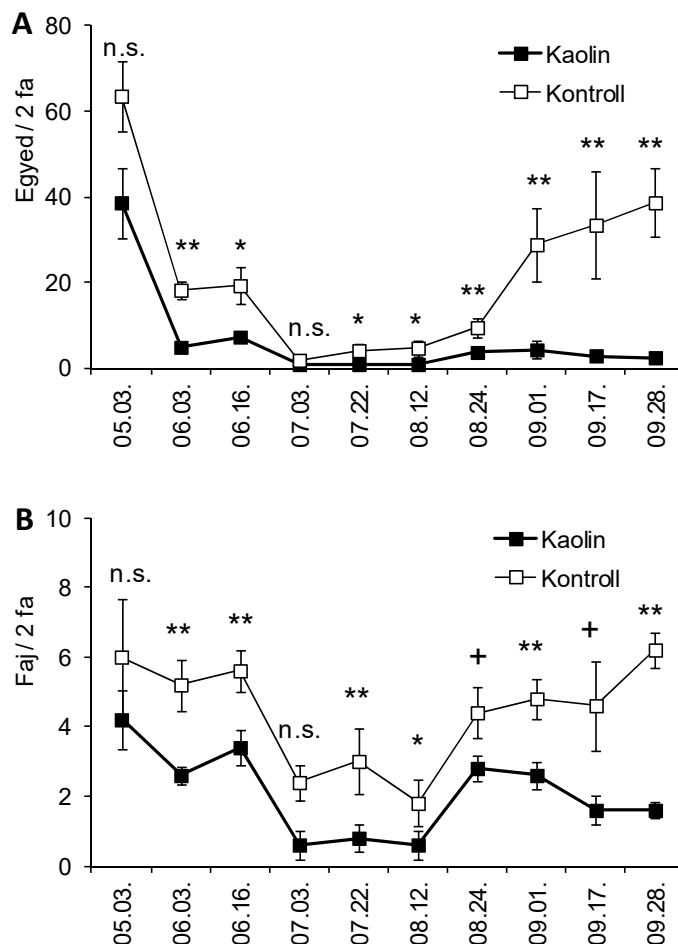
4.9. táblázat. A teljes Coleoptera-együttes és a fontosabb guildék átlagos abundanciája (egyedszám / 2 fa $\pm$ szórás), valamint az átlagos fajgazdagság (fajgazdagság / 2 fa $\pm$ szórás) kaolinnal kezelt és kontroll almaparcellák lombkoronájában. Hatékonyság: az egyedsűrűség %-os csökkenése (Abbott, 1925).

	Welch teszt				Hatékonyság (%)
	Kaolin	Kontroll	W	P	
Abundancia	57,0 (8,8)	240,8 (44,7)	(3,2) -8,074	0,0030**	76
Fajgazdagság ¹	12,5 (3,5)	22,5 (4,8)	(6,0) -4,382	0,0047**	
Fungivorok	12,0 (4,8)	109,5 (29,2)	(3,2) -6,602	0,0060**	89
Xilofágok	1,3 (1,3)	5,5 (4,5)	(3,5) -1,816	0,1546	76
Predátorok	8,3 (2,2)	29,3 (14,7)	(3,1) -2,811	0,0639+	72
Turisták ¹	3,5 (1,7)	12,3 (5,0)	(5,9) -4,619	0,0037**	71
Almafogyasztók	40,0 (5,3)	87,5 (10,5)	(4,4) -8,097	0,0008***	53

+ P < 0,10, ** P < 0,01, ***P < 0,001

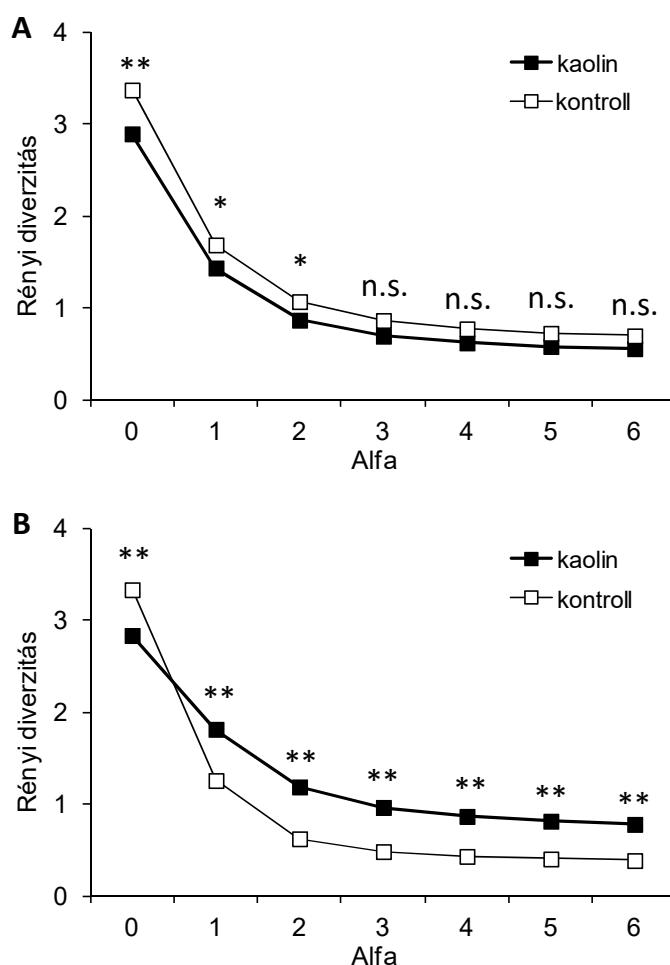
¹Rang Welch teszt

A kontroll parcellákban bogarak egyedszáma két csúcst mutatott, egyet tavasszal és egyet ősszel. Júliusban és augusztusban a bogárimágók egyedsűrűsége kicsi volt a lombkoronában (4.4. ábra). A fajgazdagsági adatok hasonló dinamikát mutattak, azzal a különbséggel, hogy tavasszal a fajgazdagság később kezdett csökkenni, és ősszel hamarabb indult a növekedés (4.4. ábra). A kaolinkezelések a legtöbb vizsgált időpontban szignifikánsan csökkentették az egyedsűrűséget és a fajgazdagságot, és a kontroll parcellákban megfigyelt őszi növekedés a kaolinnal kezelt parcellákban vagy elmaradt (egyedsűrűség), vagy csak kisebb mértékben jelentkezett (fajgazdagság) (4.4. ábra).



4.4. ábra. Coleoptera-együttesek (A) egyedszáma és (B) fajgazdagsága ($\pm$ szórás) almaültetvény lombkoronájában, a vegetációs periódus során, kaolinnal kezelt és kontroll parcellákban. n. s. nem szignifikáns, * $p < 0,10$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

A kaolinkezelések hatására a bogáregyüttesek Rényi diverzitása kisebb skálaparaméterek esetén (ahol a ritkább fajok nagyobb súllyal érvényesülnek) szignifikánsan csökkent a kaolinnal kezelt parcellákban, míg nagyobb skálaparaméterek mellett (melyek jobban függenek a gyakoribb fajok relatív egyedsűrűségétől) a különbségek elmosódtak (4.5. ábra). A kezelések beszüntetése után az $\alpha > 0$ skálaparamétereknél a Rényi diverzitás nőtt a kaolinnal kezelt, és csökkent a kontroll parcellákban, ami egyértelmű különbséghez vezetett a kezelések között (4.5. ábra). A Morisita hasonlóság júniusban volt a legkisebb ($MH_{\text{június}} = 0,65$), majd ezután folyamatosan nőtt (4.3. ábra).



4.5. ábra. Coleoptera-együttesek Rényi diverzitása kaolinnal kezelt és kezeletlen kontroll almaparcellák lombkoronájában, (A) a kaolinkezelések alatt, és (B) a kezelések befejezése után, a vegetációs periódus második felében. Rényi diverzitási értékek összehasonlítása különböző α skálaparaméterek esetén. n. s. nem szignifikáns, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

Pókegyüttesek

Összesen 1075 pókegyedet gyűjtöttünk a vizsgálat során, melyek 23 genusz képviseltek. Ebből 1020 egyed (17 genusz) volt juvenilis pók. Az adult egyedek 18 fajhoz tartoztak. A domináns faj a *Philodromus* spp. [főként *aureolus* (Clerck, 1758)] (Philodromidae) volt, melyet a *Dictyna uncinata* Thorell, 1856 (Dictynidae), *Theridion (varians)* Hahn, 1833 (Theridiidae), *Erigoninae* spp. (Linyphiidae), *Clubiona* spp. (Clubionidae), *Theridion (mystaceum)* L. Koch, 1870 (Theridiidae), *Araniella* spp. (Araneidae), *Xysticus* spp. (Thomisidae) és a *Tetragnatha* spp. (Tetragnathidae) csoportok követték. A kaolinkezelések mind az egyedsűrűséget, mind a fajgazdagságot csökkentették (4.10. táblázat).

Általánosságban a vadászó guild érzékenyebben reagált a kezelésekre, mint a hálószővő, bár az azonos guildbe tartozó különböző pókcsaládok között jelentős különbségek lehettek. Például az egyik legérzékenyebb (Theridiidae) és a legkevésbé érzékeny (Tetragnathidae) család is a hálószővők guildjébe tartozott. Hasonlóan, a vadászó pókok közül a

kaolinkezelések drasztikusan csökkentették a Philodromidae család egyedszámát, míg a Clubionidae családnál jelentősen kisebb mértékű csökkenést tapasztaltunk (4.10. táblázat).

4.10. táblázat. A teljes Araneae-együttes, a két guild és a fontosabb családok átlagos abundanciája (egyedszám / 2 fa $\pm$ szórás), és az átlagos fajgazdagság (fajgazdagság / 2 fa $\pm$ szórás) alakulása kaolinnal kezelt és kontroll almaparcellák lombkoronájában. Hatékonyság: az egyedsűrűség %-os csökkenése (Abbott, 1925).

	Kaolin	Kontroll	Welch teszt		Hatékonyság (%)
			W	P	
Abundancia	50,5 (8,2)	163,8 (9,0)	(6,0) -18,582	0,0000***	69
Fajgazdagság ^{1,2}	2,5 (1,3)	5,5 (1,7)	(5,8) -3,130	0,0211*	
Vadászók	14,3 (4,2)	59,0 (3,4)	(5,7) -16,644	0,0000***	76
Hálósövények	35,8 (11,5)	103,0 (7,0)	(4,9) -10,000	0,0002***	65
Philodromidae	7,8 (1,7)	46,8 (6,2)	(3,4) -12,060	0,0006***	83
Thomisidae ²	0,8 (0,5)	4,0 (1,8)	(3,4) -3,434	0,0334*	81
Theridiidae	10,0 (3,4)	50,8 (7,5)	(5,0) -9,408	0,0002***	80
Linyphiidae	3,3 (3,2)	12,8 (3,6)	(5,9) -3,947	0,0078**	74
Araneidae	2,8 (1,0)	6,2 (3,9)	(3,4) -1,759	0,1667	55
Dictynidae	18,5 (6,1)	31,5 (6,2)	(6,0) -2,969	0,0250*	41
Clubionidae	5,0 (3,2)	7,5 (3,0)	(6,0) -1,147	0,2951	33
Tetragnathidae ³	2,0 (0,8)	1,8 (1,0)	(5,9) 0,397	0,7052	-11

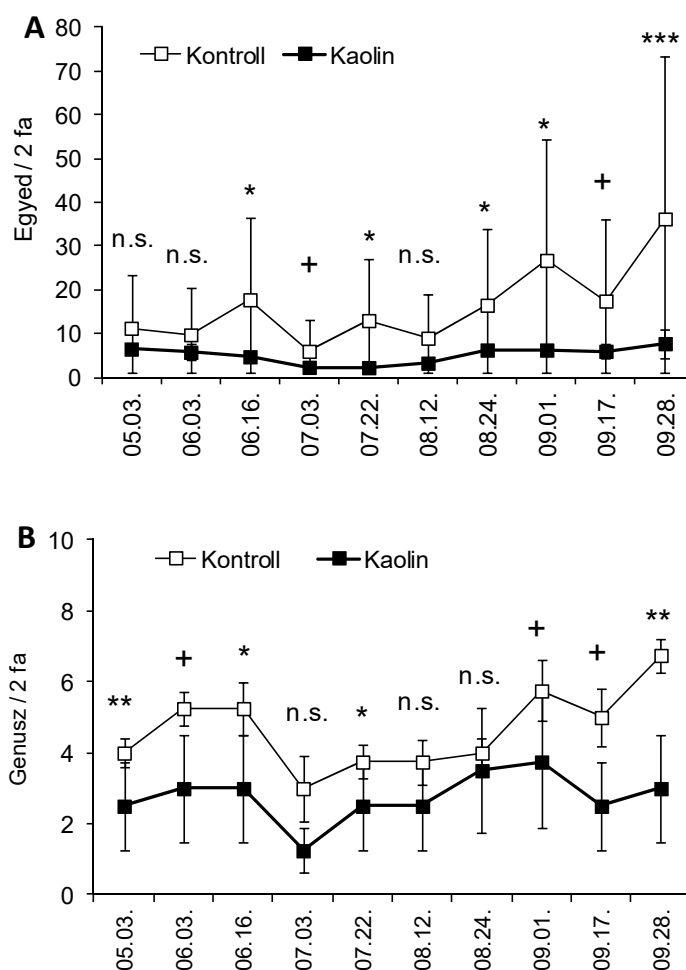
* P < 0,05, **P < 0,01, *** P < 0,001

¹ Adult egyedek alapján,

² Rang Welch teszt

³ Az összes egyed a Tetragnatha genusba tartozott

A kaolin-részecskéfilm jelentős negatív hatással volt mind az egyedszáma, mind a fajgazdagságra, nemcsak a kezelések idején, a vegetációs periódus első felében, de a kezelések szüneteltetése után is, amikor a pókegyüttesek szinte teljes egészében juvenilis pókokból álltak (4.6. ábra). Augusztus elejétől a pókok egyedszáma jelentősen nőtt a kontrollkezelésben, míg a kaolinnal kezelt parcellákban a növekedés csak elhanyagolható mértékben jelentkezett (4.6. ábra).



4.6. ábra. Pókegyüttesek (A) genusz- és (B) egyedszámának ($\pm$ szórás) alakulása almaültetvény lombkoronájában, a vegetációs periódus során, kaolinnal kezelt és kontroll parcellákban.

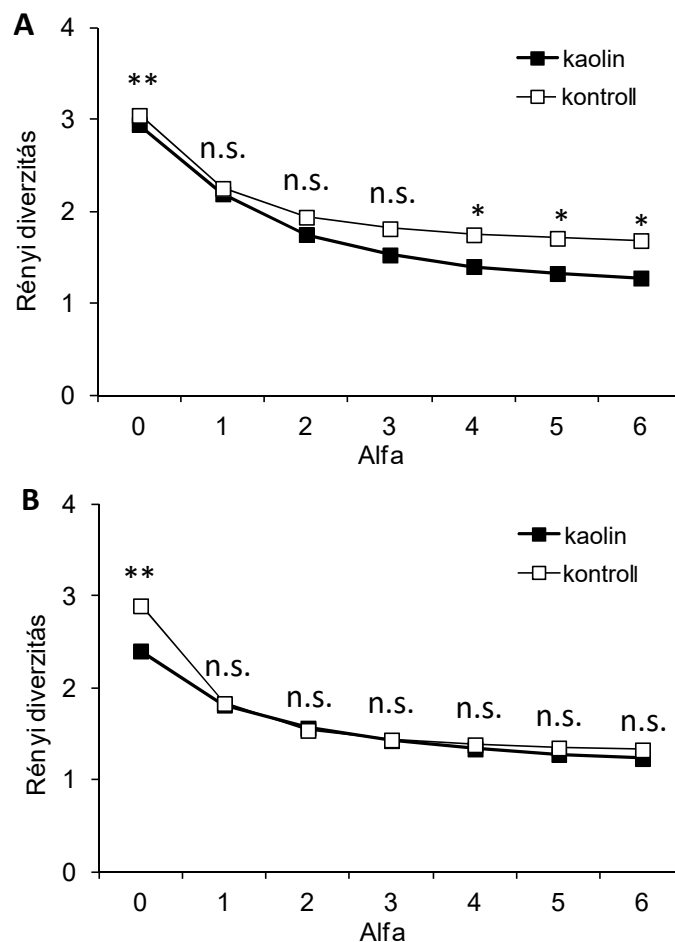
A Rényi diverzitás, $\alpha \rightarrow 0$ skálaparaméternél szignifikánsan nagyobb volt a kaolinnal kezelt parcellákban, a kezelések beszüntetése előtt és után is (4.7. ábra). A pókegyüttesek diverzitása a kezelések hatására $\alpha < 3$ skálaparamétereknél szignifikánsan csökkent, majd a kezelések szüneteltetésével ez a különbség megszűnt (4.7. ábra).

A Morisita szimilaritás értéke, hasonlóan a poloskákhoz és bogarakhoz csökkent a vegetációs periódus első felében, és júliusban nagyon kis értéket vett fel ($MH_{\text{július}} = 0,3$) (4.3. ábra). A kezelések befejeztével a korábban különbözőképpen kezelt parcellák pókegyüttese is hasonlóvá váltak ($MH_{\text{augusztus}} = 0,9$, $MH_{\text{szeptember}} = 0,8$) (4.3. ábra).

A kaolinkezelések hatása a leggyakoribb pók-, poloska- és bogárfajokra

Általánosságban, a kaolinkezelések az összes vizsgált faj egyedszámát csökkentették, mind a kezelések alatt, mind a kezelések után (4.11. táblázat). Ugyanakkor a csökkenés mértékében jelentős különbségek voltak. A poloskák között a *B. angulatus* és a *H. apterus* fajokra hatottak leginkább a kaolinkezelések, míg az *O. minutus*-ra kevésbé, és az *A. nemoralis* volt az egyetlen faj, amelyiknek növekedett az egyedszáma a kaolinnal kezelt parcellákban. A bogarak

közül a *C. gibbosa* és *N. pauxillus* fajokra hatottak leginkább, és az *A. pomorum* és *P. oblongus* fajokra a legkevésbé a kaolinrészecskefilm-kezelések. A pókok közül a *Xysticus* spp., *Araniella* spp., *P. aureolus*, *T. varians* és a *T. mystaceum* inkább, az *Erigoninae* spp., *Clubiona* spp., *D. ucinata* és a *Tetragnatha* spp. pedig kevésbé voltak érzékenyek az ismételt kijuttatott kaolin hatóanyagra (4.10. és 4.11. táblázatok).



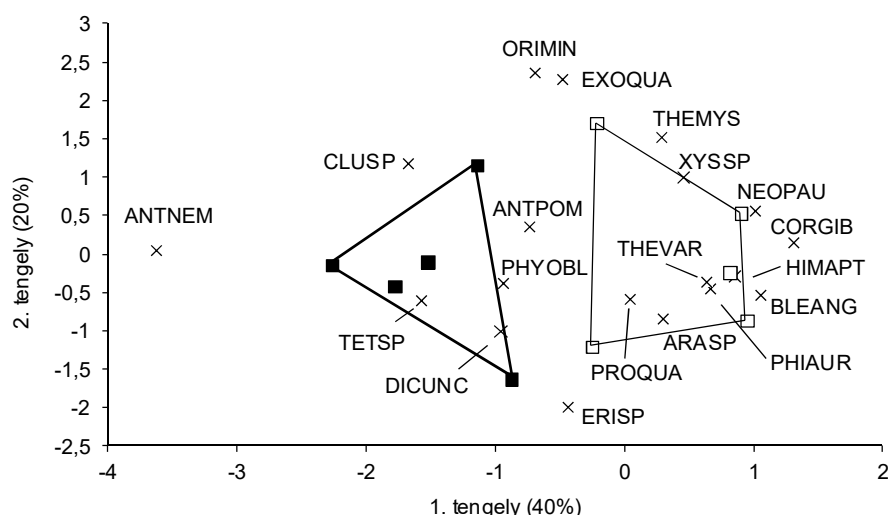
4.7. ábra. Pókegyüttesek Rényi diverzitása kaolinnal kezelt és kezeletlen kontroll almaparcellák lombkoronájában, (A) a kaolinkezelések alatt, és (B) a kezelések befejezése után, a vegetációs periódus második felében. Rényi diverzitási értékek összehasonlítása különböző α skálaparaméterek esetén. n. s., nem szignifikáns, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

Az *A. pomorum*, a *P. oblongus* és a *N. pauxillus* kizárólag a vegetációs periódus első, a *B. angulatus* és *A. nemorum* szinte kizárólag a vegetációs periódus második felében fordult elő, míg a többi 13 faj a kezelések befejezése előtt és után is előkerült (4.10. táblázat). A kezelések befejezése után két faj, az *O. minutus* és *Philodromus (aureolus)* esetén csökkent a különbség a kaolinnal kezelt és a kontrollkezelések között, és három csoportnál (*Araniella* spp., *Erigoninae* spp., *Clubiona* spp.) nem figyeltük meg változást. A maradék nyolc csoportnál nőtt a különbség a kezelt és a kontroll parcellákban megfigyelt egyedsűrűségek között (4.10. táblázat).

4.11. táblázat. Heteroptera és Coleoptera-fajok, valamint pókgenuszok átlagos egyedszáma (egyed / 2 fa $\pm$ szórás) a kaolinkezelések alatt (május 3. – július 22.) és után (augusztus 12. – szeptember 28.).
Hatékonyság: korrigált csökkenés (%) (Abbott, 1925) a kezelések alatt, után és a teljes vegetációs (veget.) periódus alatt.

	Kezelések alatt május 3. – július 22.		Kezelések után aug. 12. – szept. 28.		Hatékonyság (%)		
	Kaolin	Kontroll	Kaolin	Kontroll	kezelések alatt	után	veget. periódus
Heteroptera							
<i>B. angulatus</i> (BLEANG)	0.3 (0.5) a	0.0 (0.4) a	0.5 (0.6) a	4.0 (1.4) b	-	88	81
<i>H. apterus</i> (HIMAPT)	1.7 (1.5) ac	6.5 (2.1) b	0.5 (0.6) a	3.8 (1.5) bc	73	87	78
<i>O. minutus</i> (ORIMIN)	0.3 (0.5) a	2.0 (1.6) a	7.8 (4.4) b	26.5 (18.3) c	87	71	72
<i>A. nemorum</i> (ANTNEM)	0.8 (1.0) a	0.0 (0.0) a	3.3 (1.9) b	1.0 (0.8) a	-	-225	-300
Coleoptea							
<i>C. gibbosa</i> (CORGIB)	4.0 (5.4) a	9.3 (10.8) a	8.8 (3.9) a	95.3 (30.7) b	56	91	88
<i>N. pauxillus</i> (NEOPAU)	2.3 (1.9) a	10.8 (4.9) b			79		79
<i>E. quadripustulatus</i> (EXOQUA)	2.0 (0.8) a	7.5 (1.7) b	2.0 (0.8) a	11.3 (12.6) b	73	83	79
<i>P. quatuordecimpunctata</i> (PROQUA)	0.8 (1.0) a	1.5 (0.6) a	0.8 (0.5) a	4.5 (0.6) b	50	83	75
<i>A. pomorum</i> (ANTPOM)	5.8 (3.3) a	13.3 (4.1) b			57		57
<i>P. oblongus</i> (PHYOBL)	32.0 (4.9) a	63.5 (4.3) b			50		50
Araneae							
<i>Xysticus</i> spp. (XYSSP)	0.5 (0.6) a	3.8 (1.9) b	0.0 (0.0) a	0.8 (0.5) ab	87	100	89
<i>Araniella</i> spp. (ARASP)	0.3 (0.5) a	2.0 (1.4) bc	0.5 (0.6) ab	3.8 (1.7) c	88	87	87
<i>P. (aureolus)</i> (PHIAUR)	1.5 (1.3) a	12.5 (1.9) b	5.8 (2.1) c	32.5 (6.4) d	88	82	84
<i>T. (varians)</i> (THEVAR)	4.0 (1.4) a	11.0 (1.8) b	4.3 (3.3) a	30.8 (7.1) c	64	86	80
<i>T. (mystaceum)</i> (THEMYS)	1.8 (1.5) ab	4.8 (2.9) b	0.0 (0.0) a	2.5 (3.0) ab	63	100	76
<i>Erigoninae</i> spp. (ERISP)	1.8 (2.9) a	4.3 (2.4) a	3.5 (4.4) ab	9.3 (1.0) b	59	62	61
<i>Clubiona</i> spp. (CLUSP)	1.5 (1.3) a	2.8 (2.5) a	2.0 (1.8) a	4.0 (2.5) a	45	50	48
<i>D. uncinata</i> (DICUNC)	7.5 (1.3) a	12.0 (1.8) b	10.3 (5.2) ab	20.0 (4.1) c	38	49	45

Minden összehasonlítás rang Welch próbával történt, amit a sztochasztikus egyenlőségek tesztelése követett Bonferroni korrekcióval. Soronként a különböző betűkkel jelölt átlagok szignifikáns ($p < 0,05$) különbséget jelölnek.



4.8. ábra. Kaolin és kontrollkezelések összehasonlítása korrespondencia analízissel. Kaolinnal kezelt parcellák (■), kezeletlen kontroll parcellák (□). Az egyes fajokat a genusz és a faji jelző első három betűjével jelöltük. TETSP – *Tetragnatha* spp., a többi rövidítés feloldását lásd a 4.11. táblázatban.

Az összes faj adatainak korrespondencia analízissel történő elemzése szerint a kaolinnal kezelt parcellákban megfigyelt ízeltlábú-együttes az első tengely mentén elkülönült a kontroll parcellákban megfigyelt együttesektől (4.8. ábra). A kaolinnal kezelt parcellákat az *A. nemorum*, *Clubiona* spp., *Tetragnatha* spp., *D. uncinata* és a *P. oblongus* fajok nagyobb dominanciája jellemezte. Néhány faj, így az *A. pomorum*, *O. minutus*, *E. quadripustulatus* és az *Erigoninae* spp. mindkét kezeléshez, míg a fajok többsége csak a kontroll parcellákhoz kötődött (4.8. ábra).

4.3.2. Megvitatás – kaolinkezelések hatása almaültetvények poloska-, bogár- és pókegyütteseire

Vizsgálatainkban a kaolinrészecskefilm-kezelések csökkentették almaültetvények lombkoronájában a gyakoribb poloska, bogár és pókfajok egyedszámát, együtteseik, guildjeik egyedsűrűségét és fajgazdagságát. Ugyanakkor a csökkenés mértéke különbözött a legtöbb taxon esetén, ami az együttesek szerkezetének és diverzitásának elkülönülését eredményezte a kaolinnal kezelt és a kontroll parcellákban.

A széles hatásspektrumú inszekticidek jelentős mértékben csökkenthetik a Heteroptera, Coleoptera- és Araneae-együttesek fajgazdagságát és egyedsűrűségét (Rácz, 1986; Lövei és mtsai., 1991; Olszak és mtsai., 1992; Bogya és mtsai., 2000; Kinkorová és Kocourek, 2000; Miliczky és mtsai., 2000; Markó és mtsai., 2009). A csökkenés ugyanakkor gyakran kisebb mértékű a predátorok esetén, melyek a kezelések beszüntetése után a fitofágoknál gyorsabban rekolonizálhatják az ültetvényt (Markó és mtsai., 1995; Kinkorová és Kocourek, 2000; Cárdenas és mtsai., 2006; Markó és mtsai., 2009). A széles hatásspektrumú inszekticidek befolyásolják az együttesek diverzitását (Lövei és mtsai., 1991; Kinkorová és Kocourek, 2000) és összetételét (Miliczky és mtsai., 2000), bár a változások iránya a diverzitások, és a különbségek mértéke a szimilaritások esetén eltérő lehet. Cárdenas és mtsai. (2006) olajfaültetvények pók- (Hurlbert's PIE), míg Suckling és mtsai. (1999) almaültetvények predátor együtteseinek (Shannon)

figyelték meg, kezeletlen kontroll parcellákhoz viszonyítva, a diverzitás csökkenését széles hatásspektrumú inszekticidek használata esetén. Ezzel szemben katicabogár lárvagyüttesek Q diverzitása nagyobb volt a széles hatásspektrumú inszekticidekkel kezelt almaültetvényekben, mint a kezeletlen kontrollban (Lövei és mtsai., 1991). Ugyanígy Miliczky és mtsai. (2000) megfigyelései szerint összetételük tekintve egyértelműen elkülönültek az ökológiai és a széles hatásspektrumú inszekticidekkel kezelt ültetvények pókegyüttesei, míg Bogya és mtsai. (1999a) vizsgálataiban azt figyeltük meg, hogy az ültetvényeket körülvevő táj szerepe nagyobb a pókegyüttesek kialakításában, mint az inszekticides kezeléseké (lásd még Markó és mtsai., 2009). Összességében vizsgálatunkban a kaolinrészecskefilm-kezelések hatása a poloska, bogár és pókegyüttesekre nagyon hasonlított a széles hatásspektrumú hatóanyagok hatására. Knight és mtsai. (2001) és Sackett és mtsai. (2007) hasonló következtetésre jutottak.

A széles hatásspektrumú inszekticidek, mint például a karbamátok, szerves foszforsavészterek, piretroidok hatékonysága a kártevő populációk csökkentésében általában nagyobb mint 80%, ugyanakkor jelentős mértékben pusztítják a nem-célcsoport ízeltlábúakat is (Lövei és mtsai., 1991; Miliczky és mtsai., 2000; Bostanian és Racette, 2008). Ezzel szemben eredményeink szerint a kaolin-részecskefilm hatékonysága a kártevők szabályozásában kisebb (lásd még Knight és mtsai., 2001; Bostanian és Racette, 2008), és úgy tűnik a természetes ellenségekre inkább csak az ismételt kezelések hatnak negatívan. Laboratóriumi, ökotoxikológiai vizsgálatok szerint a kaolin hatóanyag enyhén csökkenti a hasznos szervezetek (katicabogarak, poloskák és parazitoid darazsak) élettartamát és szaporodási paramétereit, de ezek a negatív hatások jelentősen kisebbek, mint a széles hatásspektrumú inszekticideknél megszokott drasztikus hatások (Bengochea és mtsai., 2013). Vizsgálatunkban a rendszeres (permetezési program szerint kivitelezett) kaolinkezelések szinte az összes vizsgált ízeltlábúcsoport, így a hasznos szervezetek egyedszámát is csökkentették. Ezzel szemben, ha a kaolinkezelések száma csak négy volt almaültetvényekben, akkor a pókegyüttesekre kifejtett negatív hatás jelentősen mérséklődött (Sackett és mtsai., 2007). Két kaolinkezelés után csak kis mértékben csökkent a vizsgált Miridae poloskák, és az *A. nemorum* egyedszáma egy ökológiai almaültetvényben (Jastaad és mtsai., 2009), egy tavaszi kezelés pedig egyáltalán nem hatott őszibarack-ültetvények lombkoronájában a katicabogár-együttesekre (Karagounis és mtsai., 2006). Ugyanakkor Spanyolországban, olajfa ültetvényben, már két kezelés is csökkentette a katicabogarak, ragadozó poloskák és pókok egyedszámát (Pascual és mtsai., 2010), ami arra utal, hogy a hasznos szervezetekre kifejtett hatásnál (is), a kezelések számánál fontosabb lehet a folyamatos kaolin borítás megléte, vagy hiánya.

A kaolinrészecskefilm-kezelések leginkább a fungivor és xilofág bogarak, és a Philodromidae, Thomiidae és Theridiidae pókcsaládok egyedszámát csökkentették, míg a fitofág poloskákra, az almafogyasztó bogarakra, és a Dictynidae, Clubionidae és Tetragnatidae pókcsaládokra kevésbé hatottak. Sackett és mtsai. (2007) vizsgálataiban a kaolinkezelések kevésbé befolyásolták a hálósövő pókokra (főként Araneidae, Dictynidae és Theridiidae), míg a vadászó guildbe tartozó Salticidae és Philodromidae családok egyedszámát jelentősebb mértékben csökkentették. Eredményeink részben alátámasztják ezt a megfigyelést. Vizsgálatunkban a csökkenés mértéke nagyobb volt a vadászó guildben (lesből vadászok és cserkészők – Philodromidae, Thomiidae), mint a hálósövőknél, és a bolyhos hálót szövő Dictynidae család a kezeléseket legjobban toleráló csoportok közé tartozott. Ugyanakkor szemben a Sackett és mtsai. (2007) által közölt adatokkal, az Araneidae és különösen a

Theridiidae családok egyedszáma jelentősen csökkent a kaolinkezelések hatására (Benhadi-Marín és mtsai., 2016).

A részecskefilm-kezelések eltérő mértékben hatottak a különböző fajokra (4.10. táblázat, 4.8. ábra). A fő tényezők, melyek meghatározhatták ezt a különbséget a következők lehetnek: (1) a kezelések és az egyes ízeltlábúcsoportok aktivitási időszaka közötti átfedés, (2) a kaolinnal szembeni közvetlen érzékenység és (3) ragadozó szervezetek esetén a kaolinkezelések zsákmányellátottságon keresztül érvényesülő közvetett hatása. A mi kutatásunkhoz hasonló, szabadföldi vizsgálatoknál nehezen különíthető el ez a három tényező. Néhány faj, mint a *H. apterus*, *N. pauxillus*, *Xysticus* spp. és a *T. mystaceum* egyedszáma jelentősen csökkent a kaolinkezelések hatására, és aktivitási periódusuk jelentősen átfedett a kezelések időszakával. Más fajok (*A. pomorum*, *P. oblongus*) rajzáscsúcsa a virágzás idejére esett, amikor a kezeléseket szüneteltettük, vagy a kezelések utáni időszakra (*A. nemorum*, *Tetragnatha* spp.), amikor részben már elkerülhették a kezelések negatív hatásait. Ezzel szemben egyes taxonok (*D. uncinata*, *Clubiona* spp.) aktivitási időszaka teljesen átfedett a kaolinkezelésekkel, mégis jól tolerálták azokat. A Dictynidae család esetén az almafákhoz nem kötődő, így a kaolinkezelésektől kevésbé függő zsákmányszervezetek (például Diptera: Nematocera), a Clubionidae család esetén az éjszakai aktivitás, és ennek következtében a kezelésekkel szembeni kisebb kitettség magyarázhatja, hogy miért tolerálták jobban a kaolinkezeléseket.

Vizsgálatunk leginkább meglepő eredménye az volt, hogy a kaolinkezelések meglehetősen sokáig hatnak a lombkorona ízeltlábú-együttesekre. A kezelések befejeztével 13 ízeltlábúcsoportból csupán kettő tudott nagyobb számban betelepülni a korábban kaolinnal kezelt parcellákba, csökkentve ezzel az egyedszámban mutatkozó különbséget a kezelt és kontroll parcellák között (4.11. táblázat). Ebből következik, hogy még sok héttel a kezelések befejezése után is, a vizsgált együtteseknek nem csak az abundanciája (4.1.A, 4.4.A, 4.6.A ábrák), de a fajgazdagsága is (4.1.B, 4.4.B, 4.6.B ábrák) szignifikánsan kisebb volt a korábban kaolinnal kezelt parcellákban.

Az almafák lombkoronájában a leggyakoribb faj, a Latridiidae családba tartozó, fungivor/szaprofág *C. gibbosa* volt. Rajzásdinamikája két csúcsot mutatott; egyet májusban, amikor a teljes éves fogás 9%-át, és egy nagyobbat szeptemberben, amikor a teljes fogás 81%-át gyűjtöttük. A kaolinkezelések drasztikusan csökkentették a *C. gibbosa* egyedszámát, különösen a vegetációs periódus második felében. A kaolinkezelések direkt hatása az imágókra és a lárvákra, vagy a táplálékforrások csökkentése is hozzájárulhatott az egyedszám csökkenéséhez, bár a kaolinkezelések sok gombafajt csak kevésbé korlátoznak (Thomas és mtsai., 2004; Markó és mtsai., 2008), és a kontroll parcellákban rendszeres fungicid kezelések voltak, azaz inkább az előbbi feltételezés tűnik valószínűnek.

Vizsgálatunkban a kaolinkezelések segítették a vértetvek felszaporodását, ami kifejezetten erős fertőzést eredményezett a kaolinnal kezelt parcellákban. Ezzel szemben a vértetűfertőzés kicsi maradt a kontroll parcellákban (4.4. táblázat). Más levéltetűfajok egyedszáma pedig a vértetvek számához hasonlítva elhanyagolható volt (4.3. táblázat). A levéltetvek ezen mintázata lehetővé tette azt, hogy megvizsgáljuk, hogy az almafák lombkoronájában előforduló ragadozó fajok hogyan aggregálódnak a vértetű telepeken a vegetációs periódus második felében. A ragadozó poloskák közül a *H. apterus*, *B. angulatus* és az *A. nemorum*, a katicabogarak közül az *E. quadripustulatus* és a *P. quatuordecimpunctata* is ismert ragadozója a vértetűnek (Ravensberg 1981). Érdekes módon a kezelések befejeztével

csak az *A. nemorum* aggregálódott a lombkoronában kialakuló nagy vértetű telepeken, míg a többi négy faj egyedsűrűsége kicsi maradt a korábban kaolinnal kezelt parcellákban (4.11. táblázat). Az *A. nemorum* polifág ragadozóként takácsatkákkal, levéltetvekkel, levélbolhákkal és más kisebb, lágytestű rovarokkal táplálkozik (Collyer 1953a). Korábbi megfigyelések szerint imágói nagy tömegben települnek be olyan ültetvényekbe, ahol a takácsatka fertőzés jelentős (Collyer 1953a). A *H. apterus* kis betelepülési rátája nem meglepő, minthogy az imágók alapvetően brachypterek. Ezzel szemben a *B. angulatus* imágók a *Panonychus ulmi* felszaporodása esetén nagy számban települtek be almaültetvényekbe (Collyer 1953a; Solomon 1975). A katicabogarak közül az *E. quadripustulatus* a vértetű fontos predátora, különösen kora tavasszal, amikor az áttelelt imágók jelentősen mértékben pusztíthatják a még kicsi vértetű kolóniákat (Mols, 1996). Radwan és Lövei (1983) vizsgálatai szerint az *E. quadripustulatus* táplálkozását tekintve átmenetet képez az afidofág és coccidofág fajok között, minthogy mindkét zsákmány típust fogyasztja. Ugyanakkor, bár mind az *E. quadripustulatus* lárvák, mind az imágók ragadozzák a vértetveket, kizárólag ezen a táplálékon nevelve a lárvák nem képesek befejezni fejlődésüket. Vizsgálatunkban a kaolinkezelések 50%-al csökkentették a sárga alma-pajzstetű (*Q. ostreaeformis*) és a közönséges kagylós pajzstetű (*L. ulmi*) kártételét az almatermésen. Úgy tűnik, a pajzstetvek kisebb egyedsűrűsége jobban befolyásolta az *E. quadripustulatus* egyedszámát a korábban kaolinnal kezelt parcellában, mint a vértetvek megnövekedett egyedszáma. A *P. quatuordecimpunctata* imágók gyakoriak az almaültetvények lombkoronájában (Markó és mtsai., 1995), és egyes években, szeptemberben nagy tömegben repülnek kukoricatáblákban (nem publikált adatok). A lárvák viszont főként a gypszinten fejlődnek és csupán ritkán húzódnak fel almafák lombkoronájába (Lövei és mtsai., 1991). Valószínűleg a *P. quatuordecimpunctata* számára a vértetű nem jelent fontos táplálékot. Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy csupán az *A. nemorum* mutatott pozitív aggregációs választ a jelentősen megnövekedett vértetű egyedszámra. A további említett poloskák és katicabogarak csak kis számban fordultak elő a kaolinnal kezelt parcellák lombkoronájában, valószínűleg azért, mert a vértetű kevésbé preferált táplálékuk vagy azért, mert nem tudták kolonizálni az ültetvényt. Ugyanakkor több jól ismert vértetűpredátor, mint a *Forficula auricularia*, a fátyolkák, zengőlegyek és az *Allotrombium fuliginosum* betelepülése a kaolinkezelések beszüntetése után azonnal megkezdődött (4.7. táblázat).

Egy hasonló vizsgálatunkban, ahol a peszticidkezeléseket júliusban-kora augusztusban leállítottuk, a juvenilis pókok (*Araniella*, *Philodromus* és *Theridion* fajok) nagy számban települtek be az almaültetvényekbe, és kompenzálták a korábbi peszticidkezelések negatív hatásait (Markó és mtsai., 2009). Az itt bemutatott eredményeink látszólag ellentmondanak ezeknek a megfigyeléseknek, hisz a pókok nem tudták kompenzálni a kaolinkezelések számukra káros hatásait (4.10. táblázat). Az ellentmondás ugyanakkor csak látszólagos. Korábbi vizsgálatainkban a kezelések utáni rekolonizációt a zsákmány denzitás határozta meg és valószínűleg ebben a vizsgálatunkban is ez történt. Ott a nagyobb zsákmány denzitás segítette a kezelések utáni gyors rekolonizációt, itt viszont a kaolinos kezelések következtében fellépő kisebb préda denzitás akadályozta azt. Korábbi vizsgálatunkban a pókok egyedszáma a vegetációs periódus második felében főként a kabócák (*Auchenorrhyncha*) számát követte (Markó és mtsai., 2009). Jelen vizsgálatunkban a kaolinkezelések jelentős mértékben csökkentették a kabóca lárvák és imágók számát a lombkoronában, ami hasonlóan más potenciális zsákmány hiányához, jelentős mértékben lassíthatta a pókok betelepülését.

4.4. Kaolinkezelések hatása almaültetvények atkaegyütteseire

4.4.1. Eredmények

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

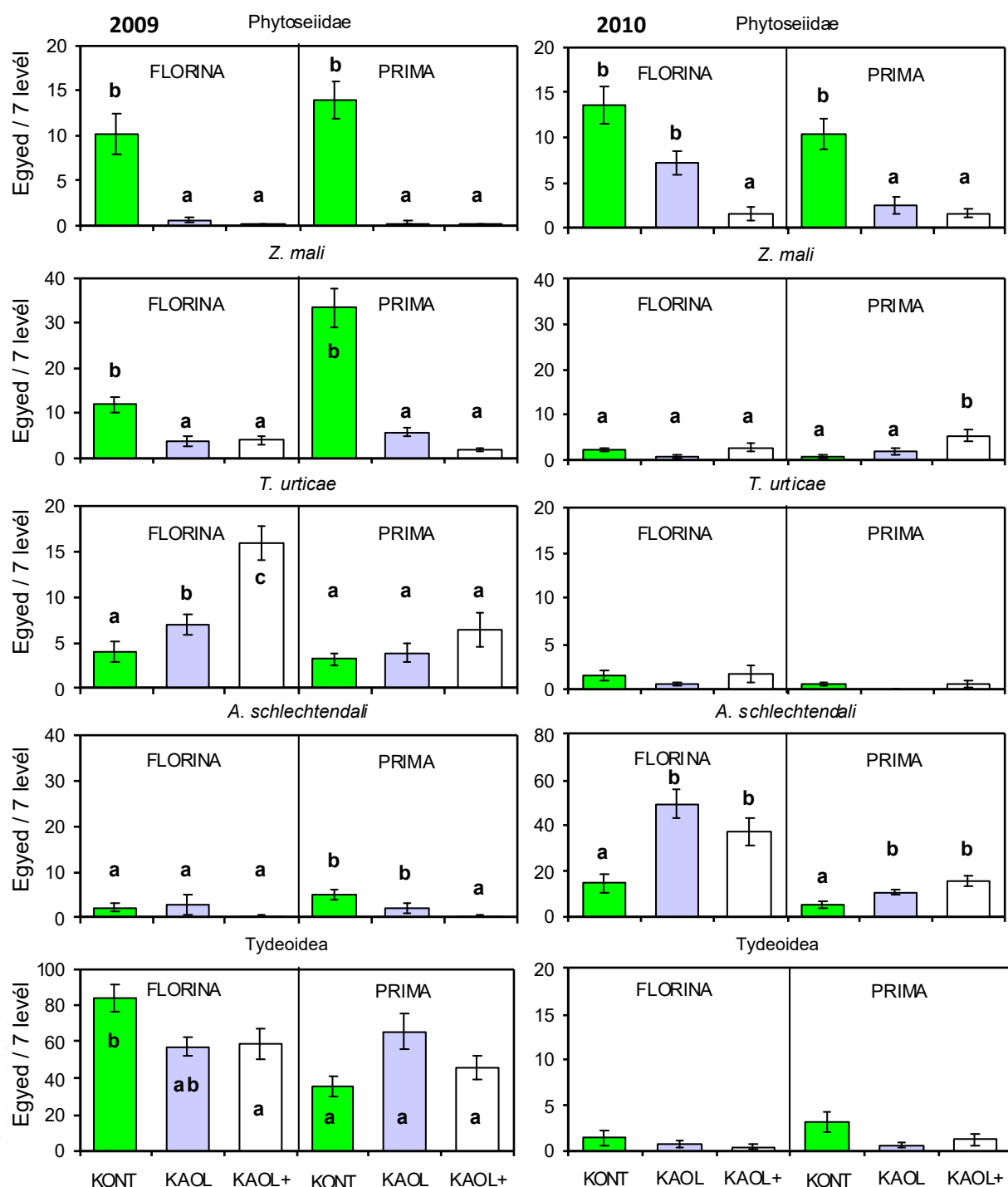
A kaolinrészecskéfilm-kezelések egyértelmű negatív hatással voltak a Phytoseiidae atkákra, és a KAOLIN+ kezelések a nyolc összehasonlításból csak kettőben csökkentették jobban az egyedszámukat, mint a KAOLIN kezelések. A *Zetzelia mali* (Ewing) (Acari: Stigmaeidae) esetén hasonló, de kisebb mértékű csökkenést figyeltünk meg a kaolinnal kezelt parcellákban (4.9. és 4.10. ábrák).

A kaolinkezelések számának növekedésével nőtt a *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) és 2011-ben, a Prima parcellákban a *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae) egyedszáma (ebben az évben, a *T. urticae* helyett főként *P. ulmi* fordult elő a Prima parcellákban). Azaz a takácsatkák mintázata a ragadozó atkák mintázatának inverzét rajzolta ki (4.9. és 4.10. ábrák).

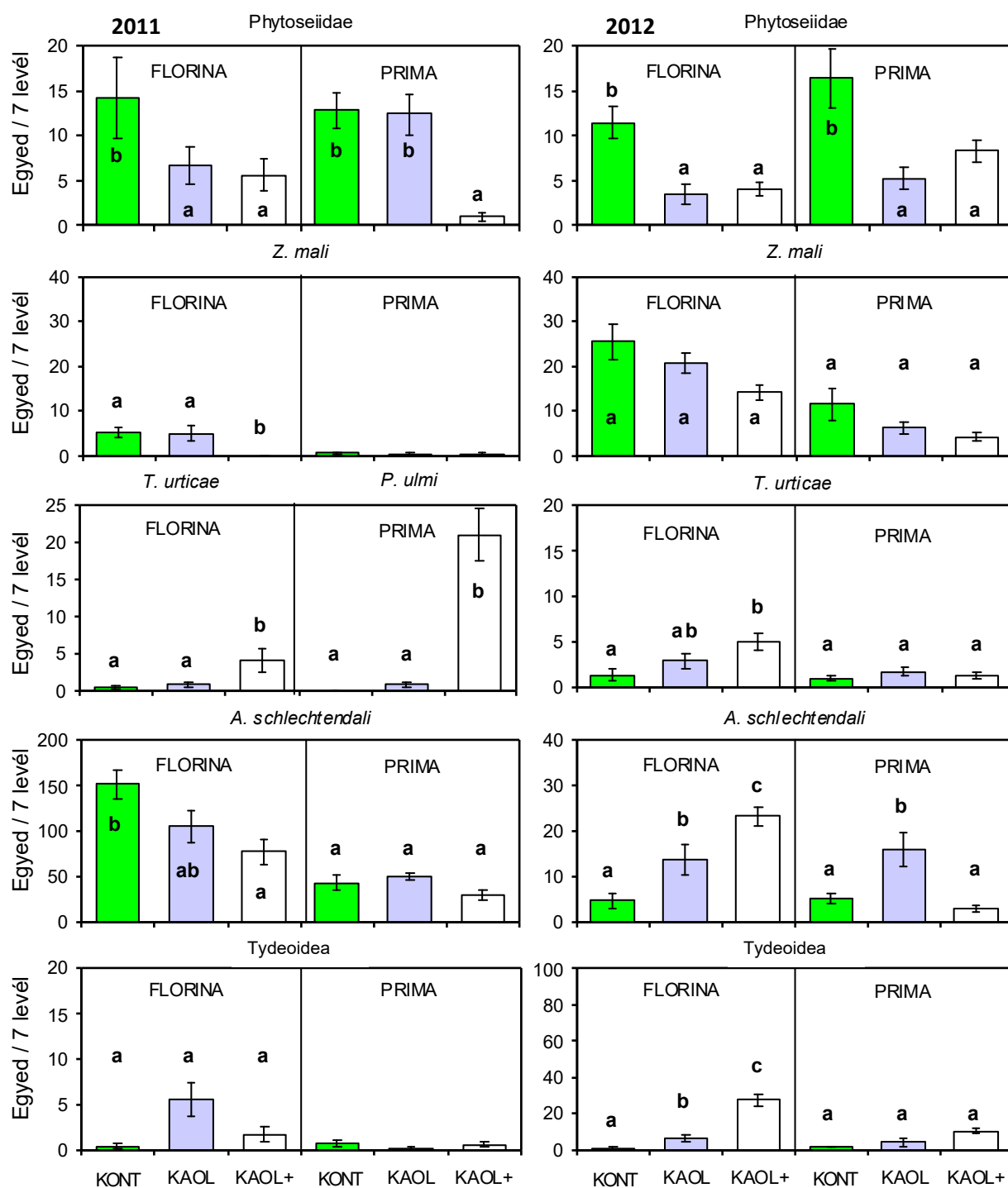
Az *Aculus schlechtendali* (Nalepa) (Acari: Eriophyidae) a takácsatkáktól eltérően viselkedett. 2009-ben és 2011-ben a kaolinkezelések, különösen a KAOLIN+ csökkentették az egyedszámukat. Ezzel szemben 2010-ben és 2012-ben a kaolinnal kezelt parcellákban nőtt az *A. schlechtendali* egyedszáma (4.9. és 4.10. ábrák). A kaolinkezelések hatására az almatermésűek levélatkájának populációi tehát erősen fluktuáltak, a kontroll parcellákhoz viszonyítva a kezelések, évente előre nem jósolható módon, növelték vagy csökkentették az egyedszámokat. Fontos megjegyeznünk, hogy a kaolinkezelések hatására felszaporodó egyik kártevő atkafaj (*T. urticae*, *P. ulmi*, *A. schlechtendali*) egyedszáma sem lépte át a kártételi küszöböt (4.9. és 4.10. ábrák).

A Tydeoidea öregcsaládba tartozó fajok egyedszáma jelentősen fluktuált a vizsgált években. Amikor nagyobb számban fordultak elő, akkor egyedszámuk a kaolinkezelések intenzitásával vagy csökkent (Florina, 2009) vagy nőtt (Florina 2012) vagy ezekhez hasonló mintázatot mutatott, de a különbség nem volt szignifikáns (4.9. és 4.10. ábrák). Összességében a Tydeoidea-együttesek mintázata a különböző fajtákon és években nem mutatott összefüggést sem a fitófág, sem a ragadozó atkák mintázatával (4.9. és 4.10. ábrák).

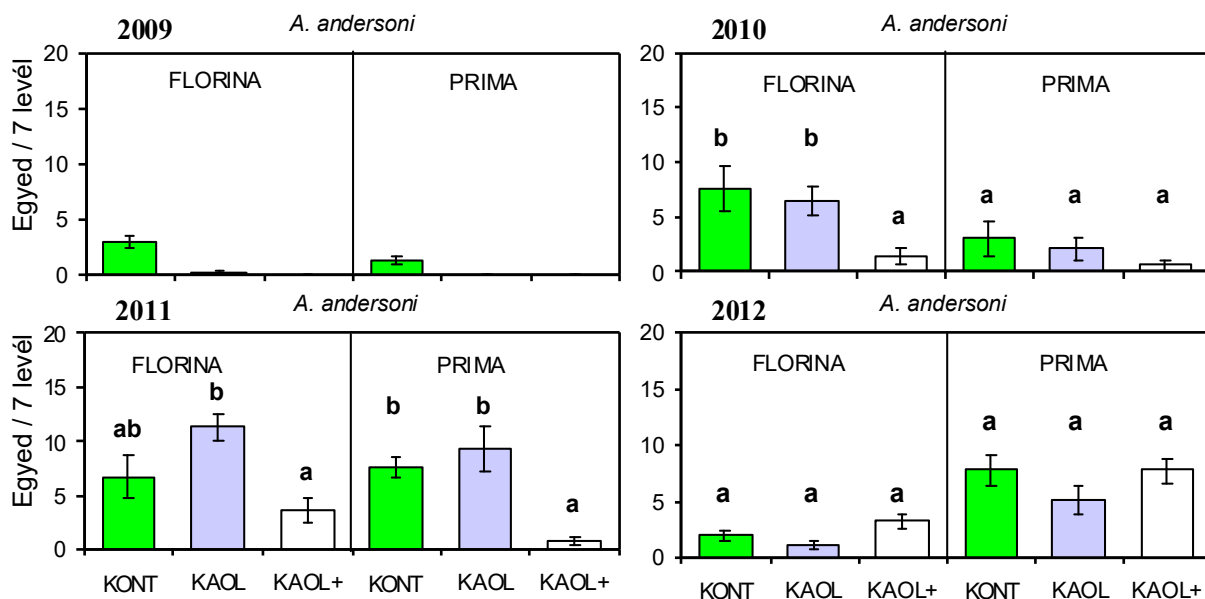
A Phytoseiidae családba tartozó fajok közül az *Amblyseius andersoni* (Chant) jól kompenzálta a kaolinkezeléseket. Egyedsűrűsége a KAOLIN parcellákban, a kontrollkezeléshez viszonyítva, sohasem csökkent le, és még a KAOLIN+ kezelésekben sem figyeltünk meg csökkenést minden évben és minden fajtán (4.11. ábra). Ezzel szemben az *Euseius finlandicus* (Oudemans) egyedszáma, mind a KAOLIN, mind a KAOLIN+ kezelésekben drasztikusan csökkent (4.12. ábra), és ugyanezt figyeltük meg a *Phytoseius (Dubininellus) echinus* (Wainstein & Arutunjan) esetén is, 2012-ben (4.13. ábra). A Phytoseiidae-együttesen belül az *A. andersoni* a kontroll parcellákban az *E. finlandicus*-nál többnyire kisebb dominanciával fordult elő, míg a kaolinnal kezelt parcellákban szuperdomináns volt, 67–100%-os arányban fordult elő (1. függelék).



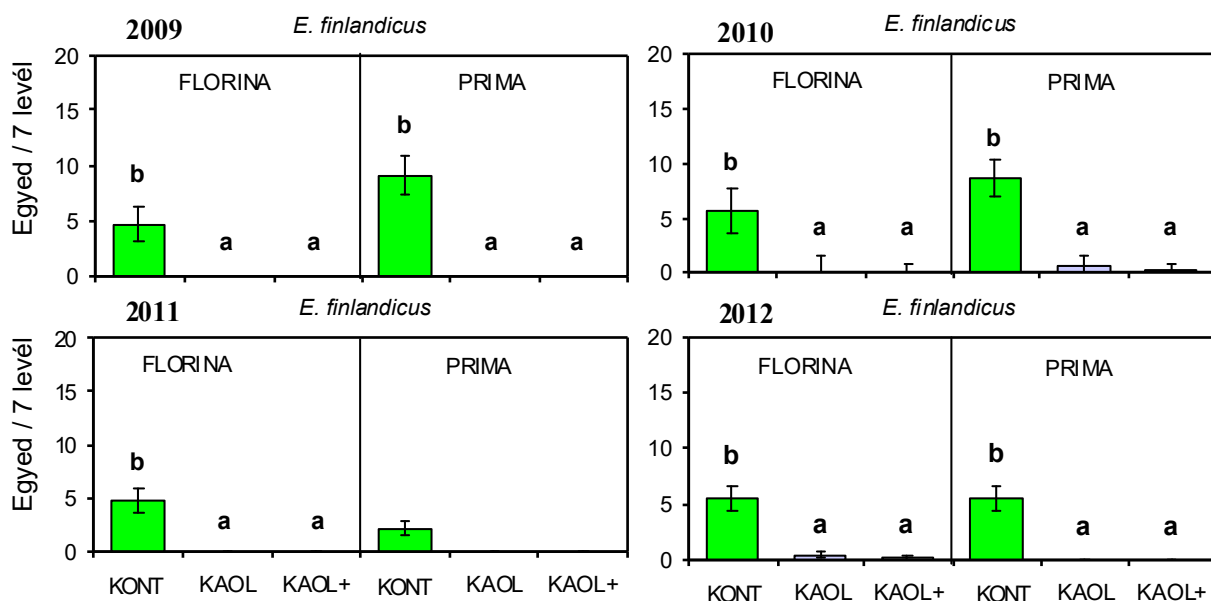
4.9. ábra. Különböző atkacsoportok átlagos egyedsűrűsége (összes egyed / 7 levél $\pm$ standard hiba) Florina és Prima almaültetvényben, kevesebb (KAOL) és több (KAOL+) kezelésben részesített, valamint kontroll (KONT) almaparcellákban, 2009-ben (baloldali ábrák) és 2010-ben (jobb oldali ábrák). A különböző betűk, egy faján belül $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbséget jelölnek. A tengelyeken a skálák különbözhetnek.



4.10. ábra. Különböző atkacsoportok átlagos egyedsűrűsége (összes egyed / 7 levél $\pm$ standard hiba) Florina és Prima almaültetvényben, kevesebb (KAOL) és több (KAOL+) kezelésben részesített, valamint kontroll (KONT) almaparcellákban, 2011-ben (baloldali ábrák) és 2012-ben (jobb oldali ábrák). A különböző betűk, egy faján belül $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbséget jelölnek. A tengelyeken a skálák különbözhetnek.



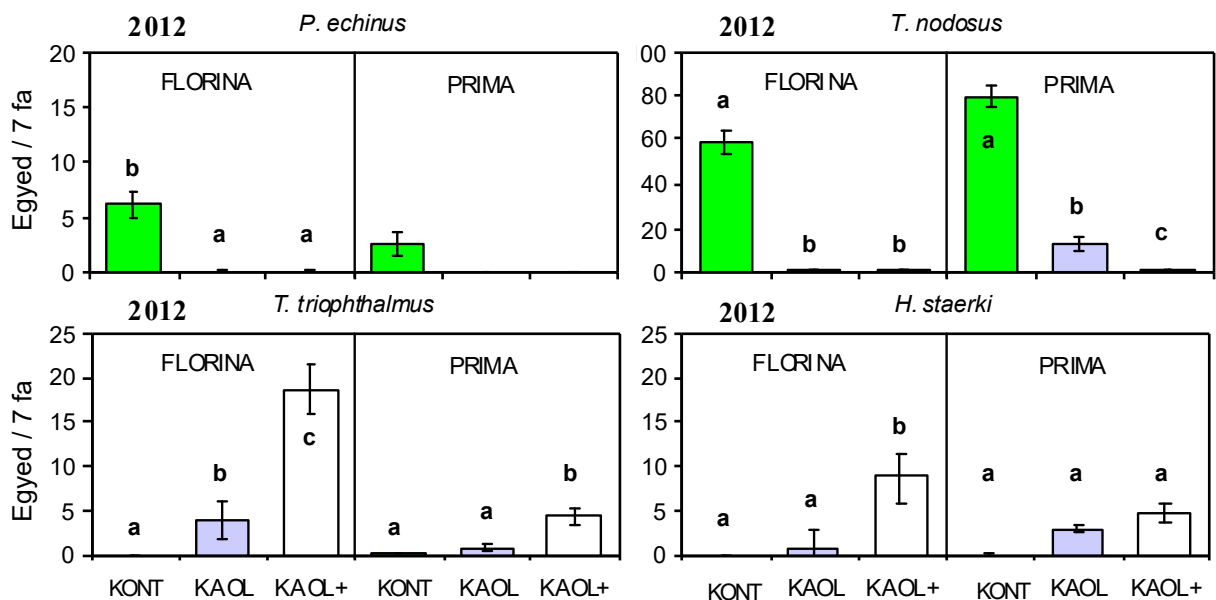
4.11. ábra. *Amblyseius andersoni* átlagos egyedsűrűsége (összes egyed / 7 levél $\pm$ standard hiba) Florina és Prima almaültetvényben, kevesebb (KAOL) és több (KAOL+) kezelésben részesített, valamint kontroll (KONT) parcellákban, 2009 és 2012 között. Elterő betűk: egy fajtán belül $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbség.



4.12. ábra. *Euseius finlandicus* átlagos egyedsűrűsége (összes egyed / 7 levél $\pm$ standard hiba) Florina és Prima almaültetvényben, kevesebb (KAOL) és több (KAOL+) kezelésben részesített, valamint kontroll (KONT) parcellákban, 2009 és 2012 között. Elterő betűk: egy fajtán belül $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbség.

A Tarsonemidae családból kizárólag a *Tarsonemus nodosus* Schaarschmidt fordult elő az ültetvényben. Egyedszámát csak 2012-ben mértük fel, amikor tömegesen jelent meg a lombozaton (4.13. ábra). Ekkor összesen 2689 egyedet gyűjtöttünk. A *T. nodosus* nagyon érzékenyen reagált a kaolinrészecskéfilm-kezelésekre. Egyedszáma már a KAOLIN kezelések hatására is drasztikusan csökkent. A hazai almaültetvényekben előforduló Tydeoidea öregcsaládba tartozó fajokról ez idáig csak nagyon felületes adataink voltak. Az identifikált 517 egyed alapján a vizsgált ültetvényben a domináns faj a *Triophtydeus triophthalmus* (Oudemans) (Meyerellidae) volt (dominancia: 55,3%), melyet a *Homeopronematus staerki* (Schruff) (Iolinidae) (35,4%), a *Tydeus californicus* (Banks) (8,7%), a *Lorryia italica* (Oudemans) (0,4%) és a *Tydeus reticoxus* Ueckermann (0,1%) (mindhárom: Tydeidae) követett. A *T. triophthalmus* és a *H. staerki* egyedszáma 2012-ben nőtt a kaolinkezelések intenzitásával (4.13. ábra) és hasonló mintázatot figyeltünk meg a kis egyedszámban előkerült *T. californicus* esetén is (nem mutattuk be).

2012-ben a takácsatka egyedek 92%-át, a levélatkák 97%-át június-júliusban gyűjtöttük, viszont a *T. nodosus*, a Tydeoidea, a Phytoseiidae és *Z. mali* egyedek (ebben a sorrendben) 76, 78, 67 és 74%-át szeptemberben és októberben.



4.13. ábra. *Phytoseius echinus* (Phytoseiidae), *Tarsonemus nodosus* (Tarsonemidae), *Triophtydeus triophthalmus* (Tydeoidea: Meyerellidae) és *Homeopronematus staerki* (Tydeoidea: Iolinidae) átlagos egyedsűrűsége (összes egyed / 7 levél $\pm$ standard hiba) Florina és Prima almaültetvényben, kevesebb (KAOL) és több (KAOL+) kezelésben részesített, valamint kontroll (KONT) almaparcellákban, 2012-ben. A különböző betűk, egy fajtán belül. $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbséget jelölnek. A tengelyeken a skálák különbözhetnek.

4.4.2. Megvitatás – almaültetvények atkaegyüttesei

A kaolinrészecskéfilm-kezelések elérően hatottak az almafák lombkoronájában előforduló atkafajokra, és alapvetően alakították át az atkaegyüttesek szerkezetét.

Vizsgálatainkban a rendszeres kaolinkezelések a takácsatkák (*T. urticae*, *P. ulmi*) egyedszámának növekedését eredményezték (4.9. és 4.10. ábrák). Megfigyeléseink jól illeszkednek a hasonló kutatások eredményeihez. Ismételt kaolinkezelések hatására nem változott vagy nőtt a piros gyümölcsfa-takácsatka egyedszáma őszibarack és

almaültetvényekben (Lalancette és mtsai., 2005; Bostanian és Racette, 2008). A takácsatkák felszaporodása a széles hatásspektrumú inszekticidekkel (például foszforsavészterekkel, piretroidokkal, de akár neonikotinoidek) kezelt almaültetvényekben jól ismert jelenség, melyet Európában és Amerikában is megfigyeltek (Blommers 1994; Croft és Slone, 1998; Beers és mtsai., 2005; Hardman és mtsai., 2007; Villanueva és Walgenbach, 2010; Hoy, 2011; a hazai megfigyelések összefoglalását lásd Jenser mtsai., 1999; 2006). A jelenség mögött az inszekticid és akaricid hatóanyagokkal szemben kialakult tolerancia, vagy rezisztencia, illetve a takácsatkákat szabályozó ragadozók, főként a Phytoseiidae atkák egyedszámának, a kezelések hatására bekövetkező csökkenése áll (Blommers 1994; Jenser mtsai., 1999; Hardman és mtsai., 2007; Hoy, 2011). 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* a kontroll parcellákhoz viszonyítva egyes években alul-, más években túlkompensálta a kaolinkezelések negatív hatásait, ami az egyedsűrűség megjósolhatatlan fluktuációját eredményezte a kaolinnal kezelt parcellákban, különösen a KAOLIN+ kezelésben (4.9. és 4.10. ábrák). Korábbi vizsgálatokban a rendszeres kaolinkezelések vagy nem befolyásolták az almatermésűek levélatkája egyedszámát almafákon, vagy csökkentették azt (Jaastad és mtsai., 2006; Bostanian és Racette, 2008; Villanueva és Walgenbach, 2010). A csonthéjasok levélatkája, *Aculus fockeui*-ra (Nalepa & Trouessart) (Acari: Eriophyidae) viszont egyértelműen nem hatottak a kaolinkezelések (Jaastad és mtsai., 2006). A széles hatásspektrumú inszekticid hatóanyagok alkalmazása több vizsgálatban növelte az almatermésűek levélatkájának egyedsűrűségét, bár ez a hatás a takácsatkáknál megfigyeltekhez képest kevésbé volt jelentős (Croft és Slone, 1998; Beers és mtsai., 2005; Villanueva és Walgenbach, 2010). A ragadozó atkafajok jelentős mértékben csökkenthetik az almatermésűek levélatkájának egyedszámát (Duso és mtsai., 2010). Az *A. schlechtendali* szabályozásában főként a *T. pyri*, az *A. andersoni*, az *E. finlandicus* és a *Z. mali* játszik szerepet (Easterbrook, 1996; Walde és mtsai., 1997; Duso és mtsai., 2003; Fitzgerald és mtsai., 2003).

A Tydeoidea öregcsalád egyedsűrűsége akkor, amikor nagyobb számban volt jelen, az *A. schlechtendali*-hoz hasonló fluktuációt mutatott (4.9. és 4.10. ábrák). A lombkoronából előkerült gyakoribb fajok (*T. triophthalmus*, *H. staerki*, *T. californicus*) életmódjától keveset tudunk. Lebontók, gomba- és pollenfogyasztók lehetnek, egyes rokon fajok levélatkákat is zsákmányolnak (Gerson és mtsai., 2003; Kawai és Haque, 2004; da Silva és mtsai., 2014). Általánosan elterjedt vélemény, hogy a Tydeoidea-fajok, különösen más préda hiányában, fontos alternatív zsákmányt jelentenek a ragadozó atkák számára. Jelenlétük akkor is az ültetvényekben tarthatja a ragadozókat, ha a kártevő atkák egyedsűrűsége kicsi (Jenser és Koleva, 1984; Hoy, 2011). Ugyanakkor többéves vizsgálatokban a Tydeoidea-csoport gradációját nem követte a ragadozó atkák felszaporodása (jelen vizsgálat, Markó és mtsai., 2012), és laboratóriumi vizsgálatok szerint a *Tydeus caudatus* (Dugès) (Acari: Tydeidae) nem minden Phytoseiidae-faj, így a *T. pyri* és az *A. andersoni* számára sem megfelelő táplálék (Lorenzon és mtsai., 2012). Ennek ellenére vizsgálatunkban a poratka populációk növekedése a kaolinkezelések intenzitásának növekedésével, hasonlóan a takácsatkákhoz és levélatkákhöz, leginkább a predációs nyomás csökkenésével magyarázható. Ez arra utal, hogy almaültetvényekben a Tydeoidea-együttesek egyedszámát a ragadozó atkák valószínűleg fogyasztják és szabályozzák.

A Tydeoidea-fajok szerepe a gyümölcsültetvények ragadozó atka populációinak fenntartásában tisztázásra vár (Duso és mtsai., 2010).

Szemben a takácsatkákkal, levélatkákkal és a Tydeoidea-együttessel, a *T. nodosus* fonállábú atka egyedszáma drasztikusan csökkent mind a KAOLIN, mind a KAOLIN+ kezelésekben (4.13. ábra). Magyarországon Ripka Géza különböző lombos fák, cserjéken gyűjtötte ezt a valószínűleg mikofág fajt (Fain és mtsai., 2000; Ripka és mtsai., 2005; Walter és Proctor, 2013). Minthogy a kaolinkezelések jelentős mértékben korlátozták a *T. nodosus*-t, ezért érdemes volna a hatékonyságukat kártevő fonállábú atkák, például a *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) és a *Phytonemus pallidus* (Banks) esetén is megvizsgálni

Vizsgálatunkban a kaolinkezelések egyértelműen csökkentették a ragadozó atkák egyedszámát, és a Phytoseiidae atkákat többnyire nem csak a nagyobb (KAOLIN+), de már a kisebb számú (KAOLIN) kezelések is jelentősen visszavetették (4.9. és 4.10. ábrák). Ugyanakkor a különböző fajok jelentősen eltérő módon reagáltak. Az *E. finlandicus* és a *P. echinus* egyedszáma a kontrollhoz viszonyítva drasztikusan csökkent, nem csak a KAOLIN+, de már a KAOLIN kezelések hatására is (4.12. és 4.13. ábrák). Ezzel szemben *Z. mali* és különösen az *A. andersoni* esetén, főként a KAOLIN parcellákban, a csökkenés kisebb mértékű volt (4.9., 4.10. és 4.11. ábrák). Ennek eredményeként a kaolinnal kezelt parcellákban az *A. andersoni* a Phytoseiidae-együttesek szuperdomináns fajává vált (1. függelék).

A különböző ragadozó atkafajok egyedszámának mintázatát (1.) a kaolinkezelések közvetlen hatása, (2.) az egyes fajok kolonizációs képessége, (3.) a zsákmány mennyisége és a zsákmányszerzés hatékonysága, és (4.) az intraguild predáció mértéke határozhatta meg.

(1.) A kaolinkezelések negatív hatásait tekintve vizsgálatunkhoz hasonló eredményre jutottak Jaastad és mtsai. (2006) és Villanueva és Walgenbach (2010); azaz a Phytoseiidae atkák egyedszáma csökkent az ismételt kaolinnal kezelt almaparcellákban. Ezzel szemben Bostanian és Racette (2008) megfigyelései szerint almaültetvényben a rendszeres kaolinkezelések sem a Phytoseiidae családba tartozó atkák, sem a *Z. mali* mozgó alakjaira nem hatottak, bár a Phytoseiidae mozgó alakok és tojások száma a kezelt parcellákban általában kisebb volt, mint a kontrollkezelésben. Ugyanezen szerzők laboratóriumi vizsgálatában a kaolinkezelések nem növelték a *Neoseiulus fallacis* (Garman) (Acari: Phytoseiidae) mozgó alakjainak és tojásainak mortalitását, és nem csökkentették a tojásrakó nőstények arányát és tojástermelését, bár a kaolinkezelések enyhén negatívan hatottak ezekre a paraméterekre (Bostanian és Racette, 2008). Összefoglalva az eddigi vizsgálatok eredményeit megállapíthatjuk, hogy a kaolinkezelések egyértelműen csökkentik a Phytoseiidae-együttesek egyedsűrűségét.

(2.) A kaolinkezelések negatív hatásait jobban kompenzálhatják azok a fajok, melyek hamarabb képesek betelepülni az ültetvények lombkoronájába. Az *E. finlandicus* a *Z. mali* és a *P. echinus* fák lombkoronájához kötődnek és telelés céljából sem hagyják el a növényeket (Broufas és mtsai., 2002; Ripka, 1998; Kotschán és mtsai., 2014). Betelepülésük az ültetvényeket szegélyező fákról, lehetséges, ahogy például azt a *Kampimodromus aberrans* esetén szőlőültetvényekben megfigyelték (Tuovinen és Rokx, 1991; Papaioannou-Souliotis és mtsai., 2000; Tixier és mtsai., 2000). Ezzel szemben az *A. andersoni*, ahogy több más Amblyseius-faj is, a légyszárú növényzeten is gyakori, és a talajon, avarban telel (Papaioannou-Souliotis és mtsai., 2000; Broufas és mtsai., 2002; Kim és mtsai., 2005; Szabó és Péntes, 2013). Hasonlóan az *Amblyseius fallacis*-hoz (Garman) (Acarina: Phytoseiidae) az *A. andersoni* a gypszintről is nagy számban települhet be a lombkoronába (Johnson és Croft, 1981). Ugyanakkor az *A. andersoni*

esetén sem zárható ki a szél útján történő betelepülés. Hazai megfigyeléseink szerint, az integrált és széles hatásspektrumú inszekticidekkel kezelt almaültetvényekben az *A. andersoni* a Phytoseiidae-együttesben szuperdomináns, tömegesen előforduló faj (Szabó és mtsai., 2014). Ennek megfelelően a környező gyümölcsültetvényekből is betelepülhetett a kísérleti parcellákba.

(3.) Táplálkozását tekintve az *A. andersoni*, az *E. finlandicus* és a *Z. mali* is generalista ragadozónak tekinthető, bár laboratóriumi vizsgálatokban az utóbbi két faj a *P. ulmival* szemben inkább az *A. schlechtendali*-t preferálja zsákmányként (Santos, 1976, 1991; Dicke és mtsai., 1988, 1990; Walde és mtsai., 1997). Az *A. andersoni* viszont hatékonyabban zsákmányolta a *P. ulmi*-t, mint az *E. finlandicus*, és ez az eltérés szembetűnőbb volt almán, mint őszibarackon (Koveos és Broufas, 2000). A különbség oka az *A. andersoni* *E. finlandicus*-nál gyorsabb mozgása lehetett a szőrözöttebb almaleveleken (Koveos és Broufas, 2000). Az *E. finlandicus* a csupasz, az *A. andersoni* a szőrözöttebb levelekhez kötődik (Overmeer és Van Zon, 1984; Duso és mtsai., 2003; Seelmann és mtsai., 2007). Vizsgálatunkban a takácsatkák nagyobb egyedsűrűsége a kaolinnal kezelt parcellákban segíthette az *A. andersoni* betelepülését. Míg a levélatkák egyes években megfigyelt nagyobb száma a kaolinnal kezelt parcellákban (például a Prima fajtán 2010-ben) a *Z. mali*-nak is kedvezhetett (4.9. és 4.10. ábrák). A kaolinnal kezelt felületen továbbá a nagyobb testű *A. andersoni* jobban mozoghatott, mint a másik két kisebb testű faj, ami nemcsak a betelepülését, de hatékonyabb zsákmányszerzését is segíthette.

(4.) Az intraguild predáció elterjedt a ragadozó atkáknál (Croft és mtsai., 1996), és alapvetően határozza meg az ültetvényekben kialakuló együttesek összetételét, az egyes ragadozófajok betelepülésének sikerét. (Duso és Vettorazzo, 1999; Tixier és mtsai., 2000; Markó és mtsai., 2012). Az *A. andersoni*, nagyobb testméretének és generalista ragadozó jellegének köszönhetően laboratóriumi vizsgálatokban hatékonyabb intraguild predátornak bizonyult, mint a többi Phytoseiidae-faj, például a *T. pyri* (Zhang és Croft, 1995; Croft és mtsai., 1996). Ennek ellenére megfigyeléseink szerint Magyarországon, ökológiai almaültetvényekben az *A. andersoni* nem szorítja ki az *E. finlandicus*-t, sőt az utóbbi faj gyakran nagyobb egyedszámban fordul elő (Szabó és mtsai., 2014). Bár az *A. andersoni* és a *Z. mali* is fogyaszt pollent, az *E. finlandicus* életformáját tekintve kifejezetten a „pollenfogyasztó generalista” Phytoseiidae atkacsoportba sorolható (Santos, 1991; Lorenzon és mtsai., 2012; Mcmurtry és mtsai., 2013; Tung Nguyen és mtsai., 2014). A pollenfogyasztás hasonlóan a *T. pyri*-nél megfigyeltékhez, segítheti túlélését a táplálékszegény időszakokban, kompetitív előnyt biztosítva ezzel az *A. andersoni*-val szemben (Markó és mtsai., 2012; Szabó és mtsai., 2014). A ragadozó atkaegyütteseken belül a *Z. mali* gyakran gyengébb intraguild predátornak bizonyul, mint a Phytoseiidae-fajok. Az *A. andersoni*, vagy a *T. pyri* felszaporodását almaültetvényekben más Phytoseiidae-fajok jobban akadályozták, mint a *Z. mali* (Croft és MacRae, 1992; Croft, 1994). Fordítva, szőlőültetvényben a *Kampimodromus aberrans* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) és a *T. pyri* betelepítése csökkentette a *Z. mali* egyedszámát (Duso és Vettorazzo, 1999). A *Z. mali* felszaporodását figyelték meg széles hatásspektrumú inszekticidekkel kezelt almaültetvényekben vagy közvetlenül az integrált növényvédelemre történő átállás után, jellemzően akkor, amikor a Phytoseiidae populációk még nem regenerálódtak (Villanueva és Harmsen, 1988; Jenser és mtsai., 1999). Összességében tehát a KAOLIN és KAOLIN+ parcellákba betelepülő *A. andersoni*, de főként a *Z. mali* profitálhatott az intraguild ragadozók kisebb egyedszámából.

Eredményeinket összefoglalva a következő megállapításokra jutottunk:

- A kaolinkezelések intenzitásának növekedésével nőtt a *Tetranychus urticae* és a *Panonychus ulmi* egyedszáma almafák lombkoronájában. Ennek oka a predációs nyomás csökkenése volt a kaolinnal kezelt parcellákban.
- A kaolinkezelések közvetlen negatív és a ragadozó atkák egyedszámának csökkentésén keresztül ható közvetett pozitív hatásai az egyedsűrűség előre kiszámíthatatlan fluktuációját eredményezték az *Aculus schlechtendali*-nál és a Tydeoidea-együttesnél. Egyedszámuk a kaolinnal kezelt parcellákban a kontrollhoz viszonyítva egyes években nőtt, más években pedig csökkent. Eredményeink arra utalnak, hogy a kártevő atkákhöz hasonlóan a Tydeoidea-együttes (főként *Triophytus triophthalmus*, *Homeopronematus staerki*, *Tydeus californicus*) egyedeit is fogyasztják és szabályozzák a ragadozó atkaegyüttesek.
- Vizsgálatunk négy éve alatt a Tetranychidae és Eriophyidae családba tartozó fitofág fajok egyedszáma ugyan jelentősen nőhetett a kaolinnal kezelt parcellákban, de sohasem érte el a kártételi küszöböt, azaz nem alakultak ki a széles hatásspektrumú inszekticidek használata során sokszor megfigyelt gradációk.
- A kaolinrészecskefilm-kezelések radikálisan csökkentették a *Tarsonemus nodosus* fonállábú atka egyedszámát. Javasoljuk a technológia hatékonyságának tesztelését további kártevő Tarsonemidae-fajok (például *Polyphagotarsonemus latus*, *Phytonemus pallidus*) szabályozásában.
- A kaolinkezelések intenzitásának növekedésével csökkent a ragadozó atkák (Phytoseiidae, Stigmaeidae) egyedszáma a kaolinnal kezelt parcellákban. Ugyanakkor a különböző fajok között jelentős eltérések voltak. Az *Euseius finlandicus* és a *Phytonemus echinus* kifejezetten rosszul, a *Zetzellia mali*, és különösen az *Amblyseius andersoni* jobban kompenzálta a kezelések negatív hatásait. Ennek eredményeként a kaolinnal kezelt parcellákban az *A. andersoni* a Phytoseiidae-együttesek domináns, gyakran kizárólagos fajává vált. A kaolinrészecskefilm-kezelések jobb kompenzációját a kisebb intraguild predáció (főként *Z. mali*), valamint a jobb kolonizációs képesség és zsákmányellátottság (*A. andersoni*) segíthette.
- A vizsgált négy év során nem figyeltünk meg jelentős különbséget a Florina és Prima fajták atkaegyüttese között. A kaolinkezelések is hasonló módon hatottak mindkét fajtán a megfigyelt atka populációkra.

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 ízeltlábú-guildek és fajok eltérő módon reagálnak a mezőgazdasági területekre jellemző kis növényzeti diverzitására. Monokultúrákban a természetes ellenségek mennyisége gyakran kisebb, a kártevők egyedsűrűsége, és ezzel együtt kártételük mértéke pedig nagyobb, mint a diverzifikált mezőgazdasági területeken, és gradációjuk is sűrűbben jelentkezik (Andow, 1991; Jonsson és mtsai., 2010).

Számos elképzelés született ennek a jelenségnek a magyarázatára. A forráskoncentráció hipotézis szerint a specialista fitofágok egyedszáma csökken a kisebb méretű és borítású tápnövény foltokban, mivel betelepülési rátájuk, tartózkodási idejük, és szaporodásuk mértéke is csökken az élőhely foltban (Root, 1973; Barbosa és mtsai., 2009). A változatos növényzettel rendelkező élőhelyek szerkezeti és kémiai szempontból is összetett környezetet jelentenek az ízeltlábúak számára. Randlkofer és mtsai. (2010) három hipotézisben foglalták össze a növényzet diverzitásának és a növényi illatanyagok összetettségének a hatását a fitofágokra, azok táplálék keresésének sikerességére. Élő kultúrákban a fenti mechanizmusok közül több (például a kártevők olfaktorikus és vizuális ingereken alapuló tájékozódásának zavarása, vagy a táplálékfoltban tartózkodás idejének csökkenése) valószínűleg kisebb jelentőségű, és a kártevők egyedszámának szabályozásában nagyobb súllyal szerepelhetnek a természetes ellenségek (Langellotto és Denno, 2004). Root (1973) ellenség hipotézise szerint az összetett környezetben a természetes ellenségek populációi stabilabbak és egyedsűrűségük is nagyobb, minthogy ezek az élőhelyek alternatív zsákmányt, nektár- és pollenforrásokat, megfelelő mikroklimát, búvó- és telelőhelyeket biztosítanak a ragadozó és parazitoid fajoknak (Russel, 1989; Landis és mtsai., 2000; Jonsson és mtsai., 2010). Heimpel és Jervis (2005) a parazitoidok nektárellátottságát tárgyaló elmélete az agrárterületeken jelentkező, cukorlimitáltság parazitoidokra kifejtett lehetséges következményeit foglalja össze. Az összetettebb növényzet segítheti a ragadozó és parazitoid fajok aggregációját, növelheti az általuk az ültetvényekben töltött időt (Langellotto és Denno, 2004), és növelheti együtteseik diverzitását is (Letourneau és mtsai., 2009). A biztosítás (insurance) hipotézis szerint az egyazon guildbe tartozó, redundáns fajok stabilizálják a természetes ellenségek együtteseit, minthogy különböző módon reagálva a környezeti változásokra, eltérő körülmények között is megőrzik az általuk biztosított ökológiai funkciót. Ebből következően a diverzebb együttesek egyben stabilabbak is (Yachi és Loreau, 1999; Straub, Finke és Snyder, 2008). A természetes ellenségek nagyobb fajgazdagsága agrárterületeken már önmagában is a fitofág fajok egyedszámának csökkenésével jár együtt (Straub és mtsai., 2008; Letourneau és mtsai., 2009). Mindezekon felül, a habitatdiverzitás és a fitofág–természetes ellenség rendszer kapcsolata több térskálán is vizsgálható, azaz nem csak kisebb, lokális léptéken, de nagyobb léptéken, táji szinten is (Bianchi és mtsai., 2006).

Az elmúlt században a gyümölcstermesztés intenzívebbé válásával az ültetvények ökológiai zavarása megnőtt, miközben komplexitásuk lecsökkent, azaz olyan agrár-

ökoszisztémák jöttek létre, melyek alapvető jellemzői közé tartozott az agrokemikáliák nagy volumenű kijuttatása és az ültetvények növényzetének kis diverzitása. Később az integrált, majd az ökológiai gyümölcsstermesztés elterjedésével jelentős mértékben csökkent a gyümölcsültetvények peszticidterhelése, ami alapvető feltétele annak, hogy az ültetvényekben olyan nagy egyedsűrűségű és diverz hasznos ízeltlábú-együttesek alakulhassanak ki, melyek alkalmasak lehetnek arra, hogy hatékonyan korlátozzák a kártevők egyedszámát (Blommers, 1994; Jenser és mtsai., 1999, Solomon és mtsai., 2000). Például a hagyományos, széles hatásspektrumú inszekticideken alapuló növényvédelem olyan jelentős mértékben csökkentette a pókok egyedsűrűségét az ültetvényekben, hogy kártevőket gyérítő szerepük nem érvényesülhetett (Bogya és mtsai., 2000; Miliczky és mtsai., 2000; Markó és mtsai., 2009). Ezzel szemben az integrált növényvédelemben részesített, és a biológiai ültetvényekben jelentősen nagyobb egyedsűrűségű és fajgazdagabb pókegyüttesek alakulhatnak ki (Pekár, 1999; Bogya és mtsai., 2000; Miliczky és mtsai., 2000; Markó és mtsai., 2009). A széles hatásspektrumú inszekticidek használatának visszaszorulása több kártevő, így a takácsatkák, a vértetű, a levélaknázó-molyok és a füstösszárnýú körtelevélbolha esetén már önmagában is olyan mértékben növelte a biológiai védekezés hatékonyságát, hogy mára a hasznos szervezeteket kímélő, szelektív hatóanyagok használata az ellenük való védekezés kulcstényezőjévé vált (Blommers, 1994; Jenser és mtsai., 1999, Solomon és mtsai., 2000). Más gyümölcskártevők esetén viszont ez a siker elmaradt, így a kutatók olyan további megőrző biológiai védekezési (conservation biological control) eljárásokat kezdtek keresni, melyek segítségével növelhető a természetes ellenségek hatékonysága a kártevők szabályozásában (Jenser és mtsai., 1999; Solomon és mtsai., 2000; Simon és mtsai., 2011).

Bugg és Waddington (1994) áttekintve a gyümölcsültetvények, mint habitatok átalakítására tett kísérleteket számos olyan példát sorol fel, ahol a talajtakaró növények pozitívan hatottak a természetes ellenségekre, és egyben csökkentették a kártevők egyedsűrűségét csonthéjas-, almatermésű- és citrusültetvényekben. Simon és mtsai. (2011) olyan kutatóprogramok eredményeit összegezték, melyek a gyümölcsültetvények gyepszintjén kialakított, illetve az azokat szegélyező növényzet hatásait vizsgálták az ültetvények kártevőegyütteseire. Az áttekintett harminc vizsgálatból 16-ban a növényzet diverzifikálásával csökkent a kártevők egyedszáma, illetve az általuk okozott kár, kilenc vizsgálatban a telepített növények nem befolyásolták a kártevő ízeltlábúak egyedsűrűségét és aktivitását, és csupán öt vizsgálat számolt be a takarónövényeknek a növényvédelem szempontjából negatív hatásairól (Simon és mtsai., 2011). Ugyanakkor néhány tényező nyilvánvalóan korlátozhatja a talajtakaró növények elterjedt alkalmazását. A takaró növényzet negatív hatásai közül a legfontosabbak a lágyszárú növényzet és a gyümölcsfák versengése a vízárt és tápanyagokért, az ültetvények csökkenő hőmérséklete, a fagyveszély növekedése, egyes kártevők egyedszámának növekedése és a takaró növények telepítésének és fenntartásának költségei (Granatstein és Sanchez, 2009). Minthogy néhány fontos gyümölcskártevőt természetes ellenségei nem szabályozzák megfelelően, és minthogy az üzemi gyümölcsstermesztésben csak kis kártétel tolerálható, ezért a megőrző növényvédelem valószínűleg a jövőben is csak más növényvédelmi eljárásokkal, például szelektív növényvédőszer-kezelésekkel kiegészítve alkalmazható sikeresen (Bostanian és mtsai., 2004).

Munkánk során gyakorlati, növényvédelmi szempontból teszteltük, hogy almaültetvényekben, különböző talajtakarási módszerek alkalmazásával (a sorközök fekete

ugarolásával, gyepesítésével, virágzó lágyszárúak telepítésével), mint közvetett, megőrző biológiai védekezési eljárással, szabályozható-e a kártevők egyedszáma. Más, de az előzővel szorosan összefüggő, ökológiai megközelítésben azt vizsgáltuk, hogy a gypesztint vegetációja hogyan befolyásolja a fák lombkoronájában kialakuló ízeltlábú-együttesek szerveződését, azaz a források növekvő mennyisége a növény-fitofág és zsákmány-ragadozó kapcsolatokon keresztül hogyan alakítja az ízeltlábú-együttesek abundancia-mintázatait almafák lombkoronájában.

Hat évig tartó megfigyeléseink során arra kerestük a választ, hogy az ültetvények takarónövényzetének nagyobb borítása és diverzitása, hogyan hat (1.) a Tetranychidae, Tydeidae és Phytoseiidae atkacsaládok abundanciájára, illetve kölcsönhatásaikra; (2.) a levélaknázó-molyok egyedsűrűségére, és az őket szabályozó parazitoidok korlátozó szerepére; (3.) az almamoly [*Cydia pomonella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Tortricidae)] és az almailonca [*Adoxophyes orana* (Fischer v. Roslerstamm) (Lepidoptera: Tortricidae)] kártételére. Vizsgáljuk továbbá, hogy a takarónövények borításának és diverzitásának növelése (4.) növeli-e a zöld almalevéltetveket (*Aphis* spp.) (Hemiptera: Aphididae) és a vértetű [*Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Hemiptera: Aphididae)] elleni biológiai védekezés sikerét, és (5.) segíti-e az afidofág katicabogarak és fátyolkák felszaporodását az ültetvényekben. Feltételeztük továbbá, hogy a virágzó takarónövényzet jelenlétében (6.) számos rovarcsoport (Dermaptera, Fulgoromorpha, Cicadomorpha, Heteroptera, Neuroptera, Coleoptera, Hymenoptera és Diptera) és (7.) a pókok (Araneae) egyedsűrűsége nőni fog a lombkoronában, és hogy (8.) a habitat-manipuláció hatással lesz ezen együttesek összetételére és diverzitására is. Végül (9.) külön vizsgáltuk, hogy a sorközökbe telepített növények, hogyan hatnak a pókok és gyakoribb potenciális zsákmányállataik közötti kapcsolatra.

5.1. Anyag és módszer

5.1.1. A vizsgálatok elrendezése

Vizsgálatainkat Újfehértón végeztük (é. sz. 47°49,8', k. h. 21°39,9'), 2002 és 2007 között, az Újfehértói Gyümölcsstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Nonprofit Közhasznú Kft. 1993-ban telepített, 5,2 ha-os kísérleti ültetvényében, mely főként Florina, Idared (Jonathan és Wagener fajták hibridje) és Jonathan fajtából állt, de kisebb mennyiségben Smoothee és Summered fajtákat is telepítettek (az összes fajta M26-os alanyon volt). Az ültetvényben 61 faszor volt, egy-egy sor 85–90 fát tartalmazott. A sorok között 5 m, a sorokban a fák között 2 m volt a távolság. Az ültetvényen belül öt parcellát különítettünk el, melyek közül 3-at használtunk ehhez a vizsgálathoz. Hogy csökkentsük a kísérleti parcellák és környezetük közötti kölcsönhatás mértékét, ami a hasonló ökoszisztéma szintű kísérletek egyik legfontosabb zavaró tényezője, nem alakítottunk ki kisebb, randomizált elhelyezkedésű parcellákat, hanem az 1 ha-os, parcellákat azonos kezelésű alparcellákra osztottuk (pszeudoreplikáció). Hasonló eljárást alkalmaztak Wyss és mtsai. (1995), Smith és mtsai. (1996), Samu és mtsai. (1997) és Pekár (1999) is, de az elemzések szempontjából ebbe a csoportba sorolhatók Silva és mtsai. (2010) vizsgálatai is. A különböző kezelésű parcellák random elrendezése statisztikai szempontból előnyösebb, de gyakorlati okok miatt, gyakran igen kicsi (0,006–0,07 ha-os) parcellák kialakításával jár (Hanna és mtsai., 2003; Horton és mtsai., 2003; Irvin és mtsai., 2006; Fréchette és mtsai., 2008; Bone és mtsai., 2009), ami viszont az ízeltlábú-együttesek ökológiai vizsgálata

szempontból kifejezetten hátrányos, minthogy annak veszélyét hordozza, hogy a különbségek a kis parcellaméret miatt elmosódnak. Vizsgálatunkban minden kísérleti parcella 11 fasorban, összesen 935–990 fát tartalmazott. A parcellánként kialakított alparcellák 0,2 ha méretűek (50 m X 40 m nagyságúak) voltak, 11 fasorból, soronként pedig 185–200 fából álltak. Minden parcella (kezelés) esetén az első két alparcellát egy földút választotta el az ültetvény többi részétől.

A három parcellában három különböző talajtakarást alkalmaztunk: egy parcellában a sorközöket tárcsázással tartottunk gyommentesen (UGAR), egy másik parcellában a sorközökben megmaradt a vizsgálat megkezdése előtt kialakított gyeper (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, míg a páros sorokba évelő növényeket telepítettünk (2. függelék). Ebben a hároméves időszakban csak az egyéves növényekkel telepített sorközöket kitarcsáztuk ősszel, illetve telepítettük újra tavasszal (melléklet). A virágzó növényeket minden évben tavasszal (2002–2004-ben március 27. és április 16. között, 2005–2007-ben április 14. és 17. között) vetettük, és a sorközöket viszonylag nagymértékű gyomosodásuk miatt július közepén a kaszáltuk.

A GYEP parcellában a sorközök gyepesítése a vizsgálat megkezdése előtt 9 évvel történt, és ezért a fűfélék között számos kétszikű növényfaj is előfordult. A leggyakoribb gyomfajok a következők voltak: *Polygonum aviculare* L. (Polygonaceae), *Trifolium repens* L. (Fabaceae), *Taraxacum officinale* Weber (Asteraceae), és *Capsella bursa-pastoris* (L.) (Brassicaceae). A fasorokat mindhárom kezelésben herbicidekkel tartották gyommentesen.

A VIRÁG és UGAR parcellákban 6–6, a GYEP parcellában 7 sor Florina fajtából állt. Az UGAR és GYEP parcellákban 3 sor Jonathan, míg a VIRÁG parcella két sor (Jonathan és Wagener fajták keresztezésével nemesített) Idared fajtát tartalmazott.

A szárazabb időszakokban a fákat az összes parcellában csepegtető öntözéssel öntözték, míg a VIRÁG kezelésben a magok csírázását, és a telepített növények kezdeti fejlődését segítő öntözés a sorközökbe irányított szórófejekkel történt.

Mindhárom kezelésben azonos integrált növényvédelmet alkalmaztunk, aminek részeként a kártevők szabályozása rovarnövekedés-gátló (IGR) hatóanyagokkal (a hat év alatt 28 kezelés), juvenilhormon-analógokkal (2), paraffinolajjal (6), neonikotinoidokkal (11), szerves foszforsav-észterekkel (9) és néhány további hatóanyaggal (triazamat, benszultalp, tebufenpirad) (6) történt (melléklet). A kórokozók elleni védekezés főként a következő hatóanyagokon alapult, melyek együttesen, vagy külön kerültek kijuttatásra: kaptán (kezelések száma a 6 év alatt: 42), kén (21), miklobutanil (13), réz-hidroxid (12), mankoceb (7) és dodin (6). Évente 11–17 fungicid kezelés történt.

5.1.2. Gyűjtés

A különböző atkacsaládok egyedszámát Florina fajtán vizsgáltuk, minthogy ez a fajta mindegyik parcellában előfordult. Az atka mintákat 2002 és 2007 között, május közepétől szeptember végéig, október első hetéig, kétheti gyakorisággal gyűjtöttük. Egy minta alparcellánként öt véletlenszerűen kiválasztott fáról gyűjtött öt-öt levelet (összesen 25 levelet) tartalmazott, és alparcellánként egy mintát gyűjtöttünk ($n = 5$). A begyűjtött leveleken laboratóriumban megszámoltuk a Tydeidae, Phytoseiidae, Stigmaeidae és Tetranychidae

családba tartozó atkák számát. A Phytoseiidae család esetén az egyes mintákból véletlenszerűen kiválasztottuk és tárgylemezre preparáltuk, majd faji szintig meghatároztuk az egyedek 13–37%-át (2002–2003-ban 25–37%-át, 2004–2007-ben 13–19%-át). A Tetranychidae és Stigmaeidae családba tartozó egyedeket szintén faji szinten identifikáltuk.

A levélaknázó-molyok vizsgálatára 2002 és 2007 között, kéthetente 20 véletlenszerűen kiválasztott fáról, fánként 10 levelet gyűjtöttünk. A mintavételek május első felétől október második feléig tartottak. Az aknában található élő lárvák számát sztereomikroszkóp alatt számoltuk meg. Azokat a leveleket, melyekben élő lárvák voltak, üvegedényekben, természetes hőmérsékleten tartottuk, egészen az aknázó-moly, illetve parazitoid imágók megjelenéséig. A vizsgálat utolsó két évében az üres aknákat is megvizsgáltuk, és a kikelt parazitoidok után maradt fehér kokonokat is megszámláltuk.

A terméskártevők vizsgálatához mind Florina fajtából (mindhárom kezelés), mind Jonathan (UGAR, GYEP) és Idared (VIRÁG) fajtákból, kezelésenként tíz véletlenszerűen kiválasztott fáról 100–100 almát gyűjtöttünk (egy fajtáról kezelésenként 1000, alparcellánként 200 almát). Az almákat egyenként megvizsgáltuk és feljegyeztük az almailonca- és az almamolykártétel mértékét, illetve azon almák számát, melyeken sem a fent említett, sem más kártevők kártételét nem találtuk. A termésmintákat szeptember második felében, vagy október első hetében gyűjtöttük. A kis almatermés miatt 2003-ban és 2006-ban nem vizsgáltuk a Florina fajtát, illetve 2007-ben, a virágzáskor jelentkező fagykár miatt, semelyik fajtán nem volt termés, így a terméskártevőkkel kapcsolatos vizsgálatok elmaradtak.

A levéltetű telepek számát, 2002–2007-ben, június és szeptember között havonta egyszer, Florina fajtán mértük fel, alparcellánként három fán tíz-tíz egyéves hajtás átvizsgálásával. 2003-ban és 2007-ben májusban is végeztünk felmérést. Minthogy a helyszínen nehéz elkülöníteni az *Aphis pomi* DeGeer és az *Aphis spiraecola* Patch (Hemiptera: Aphididae) egyedeket, a két fajt egy csoportként (*Aphis* spp.) kezeltük. További *Aphis* fajokat a fák lombkoronájában nem figyeltünk meg. A vértetű fertőzöttséget csak egy évben, 2003-ban mértük fel, mert ebben az évben érte el egyedszáma az elemezhető mennyiséget. Összesen 25 fát (alparcellánként öt fát) vizsgáltunk meg Florina fajtából (mindhárom kezelés), valamint Jonathan (UGAR és GYEP) és Idared (VIRÁG) fajtákból, szeptember 30-án. A fák vértetű fertőzöttségét „0”-tól (nincs fertőzés), „8”-ig (a vértetű telepek felhúzódtak a lombkoronába, és a hajtások több mint 25%-a fertőzött) terjedő skálán értékeltük, Stäubli és Chapuis (1987) módszerét követve.

A lombkorona makroízeltlábú-együtteseit (rovarokat, pókokat és kaszáspókokat) kopogtatással vizsgáltuk. A mintavételek 2002 és 2007 között, május elejétől (2003-ban és 2007-ben április elejétől) október közepéig, heti gyakorisággal történtek. Minden alparcellából egy mintát vettünk, amit két véletlenszerűen kiválasztott fa teljes lombkoronájának kopogtatásával (70 cm átmérőjű és 50 cm mélységű kopogtatóernyővel, valamint 1,2 m hosszú kopogtató rúddal) gyűjtöttünk (kezelésenként összesen öt minta). A kopogtatásos módszer reprezentatív ízeltlábú mintákat szolgáltat az almafák lombkoronájából, bár nappali gyűjtések esetén az éjszaka aktív fajok (például Clubionidae, Miturgidae) alulreprezentáltak lehetnek a mintákban, és a teljes lombkorona kopogtatásával az ott tartózkodó ízeltlábúaknak csak egy kisebb része gyűjthető be (McCaffrey és Horsburgh, 1983; Wyss és mtsai., 1995). A pókok identifikációja Heimer és Nentwig (1991) és Roberts (1993) munkája szerint történt. A pókok vadászguildekbe történő besorolását Uetz és mtsai. (1999) szerint végeztük el.

5.1.3. Statisztikai elemzés

Első lépésként az alparcellákban, a különböző években gyűjtött abundancia, genusz és fajgazdagsági adatokat azonos skálára hoztuk, és a hatéves adatokat jackknife módszerrel újra-mintavételeztük (delete-four jackknife method, illetve a Jonathan gyümölcskártétel esetén delete-three jackknife method) (Shao és Tu, 1995). A *Zetzellia mali* (Ewing) (Acari: Stigmaeidae) és a *Florina* fajtán mért gyümölcskártétel esetén elmaradt az újra-mintavételezés, mivel csak három évből álltak adatok rendelkezésünkre. Ezután a pszeudoreplikáció (Chaves, 2010) hatását általános lineáris kevert modellel (GLMM) vizsgáltuk, ahol a „talajtakarás” fix változóként, az alparcellák sorrendje pedig random változóként került a modellbe. Minthogy az általános lineáris kevert modell nem mutatott szignifikáns különbséget az alparcellák között (Markó és mtsai., 2012, 2013, 2014), ezért a továbbiakban minden elemzésnél általános lineáris modellt (GLM) alkalmaztunk.

A különböző talajtakarások hatását atkák, rovarok és pókok egyedsűrűségére, illetve a rovar- és pókegyüttesek fajgazdagságára, kétszemponos, ismétléses varianciaanalízissel (repeated-measures ANOVA) vizsgáltuk. Az évente végzett összehasonlítások az egyes mintavételi időpontokban gyűjtött mintákon („talajtakarás” versus „mintavételi időpontok”), míg a különböző időszakok (2002–2004 és 2005–2007) összefoglaló elemzése az egyes alparcellák éves összes fogásain („talajtakarás” versus „évek”) alapultak. Ugyanígy kétszemponos, ismétléses ANOVA-t használtunk az egyedsűrűség havi elemzésekor („talajtakarás” versus „évek”). Minthogy a mintavételi ráfordítás (a mintavételi napok száma) különbözhetett a különböző hónapokban, ezért az utóbbi összehasonlításoknál havi átlagos fogásokkal számoltunk (az adott hónapban gyűjtött teljes fogás osztva a mintavételi napok számával). A főhatást („talajtakarás”) Welch teszttel, az ismétléses faktort („évek”, vagy „mintavételi időpontok”) és a „talajtakarás” x „ismétléses faktor” kölcsönhatását szabadságfok-korrektíós Geisser–Greenhouse-féle próbával vizsgáltuk. A post-hoc összehasonlításokhoz Tukey tesztet használtunk. Ha a mintanagyságok kicsik voltak, és így nem végezhetünk kétszemponos, ismétléses ANOVA elemzést, akkor egyszemponos ANOVA-t alkalmaztunk, vagy az elméleti átlagok egyenlőségét Brown–Forsythe teszttel, vagy robusztus Welch ANOVA-val hasonlítottuk össze. Ha szükséges volt, annak érdekében, hogy az alapadataink megfeleljenek az ANOVA feltételeinek, logaritmikus $[\ln(x+1)]$ transzformációt alkalmaztunk.

A három talajtakarási technológia hatását a Phytoseiidae atkák relatív abundanciájára, és különböző pókcsaládok ivararányaira kétoldalas Fisher-féle egzakt próbával (two-tailed Fisher’s exact test) hasonlítottuk össze.

A levélaknázó-molyok parazitáltsága, a parazitoidok fajsza és az aknázókból nevelt *Chrysocharis pentheus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae) imágók száma is jelentős ingadozást mutatott, ezért ezt a három változót nem hasonlítottuk össze közvetlenül. Ehelyett a különböző évek adatait azonos skálára hoztuk (egy adott parcella teljes éves fogása a három parcella teljes fogásának százalékaként kifejezve), és az így kapott éves adatokat tekintettük ismétlésnek. A parazitáltságot és a parazitoidok fajgazdagságát egy-tényezős ANOVA-val, majd páronként Tukey–Kramer teszttel hasonlítottuk össze. Minthogy a *C. pentheus* adatok eloszlása eltért a normális eloszlástól, ezért a sztochasztikus homogenitás tesztelésére rang-Welch próbát, a sztochasztikus egyenlőség páronkénti tesztelésére pedig Brunner–Munzel tesztet (Bonferroni korrekcióval) használtunk. A hímek és a nőstények egyedszámát külön elemeztük.

A talajtakarások hatását a természetesen megfigyelhető kártételre és az egészséges (kártételtől mentes) almák arányára, a százalékos adatok anguláris transzformációja után, ANOVA-val, illetve az ezt követő Tukey-Kramer teszttel elemeztük.

A kezelések (magyarázó változó) és az Aphis telepek száma, valamint a vértetvek abundanciája (függő változók) közötti kapcsolatot generalizált lineáris kevert modellel vizsgáltuk (GLMM, Bolker és mtsai., 2009). A parcellákon belül a mintavételi pontokat (alparcellák, pszeudoreplikáció) random változóként illesztettük a modellbe. A függő változókat $\log(x+1)$ transzformáció után elemeztük, amire a homoszkedaszticitás feltételének teljesülése, és a kiugró adatok kezelése miatt volt szükség (Box és Cox, 1964). A levéltetű telepek, a katicabogarak és a hangyák számának korrelációját (havi átlagok különböző években, a különböző kezelésű parcellákban) egyoldalas Mantel teszttel (Legendre és Legendre 1998) elemeztük, Bray-Curtis távolságot, és 10000 permutációt alkalmazva. Az összes adatot $\ln(x+1)$ transzformáltuk.

A rovar- és pókegyüttesek összetételét főkoordináta (PCoA) módszerrel (Morisita szimilaritási függvény) hasonlítottuk össze, diverzitásukat pedig exponenciális Rényi diverzitással. Az exponenciális Rényi diverzitás speciális esetei a fajgazdagságot ($\alpha = 0$), a Shannon diverzitás exponenciálisát ($\alpha \rightarrow 1$), a Simpson diverzitás reciprokát ($\alpha = 2$) és a Berger–Parker diverzitást ($\alpha \rightarrow \infty$) adják meg (Tóthmérész, 1995). A módszer tehát egy sor diverzitási mutatót foglal magába, a ritka fajokra érzékeny mutatóktól (kis α értékek) egészen a nagy dominanciájú fajoknak nagyobb súlyt adó mutatókig (nagy α értékek). Az exponenciális Rényi diverzitást a különböző kezeléseken belül, alparcellánként, a hatévi, összesített fogások alapján számoltuk, és a különböző α skálaparaméterekhez tartozó diverzitási értékeket ANOVA-val hasonlítottuk össze.

A rovar együttesek szimilaritásának és diverzitásának vizsgálata faji szinten határozott imágók adatain alapult. A begyűjtött rovarokat (Dermaptera; Hemiptera: Fulgoromorpha, Cicadomorpha és Heteroptera; Neuroptera: Hemerobiidae és Chrysopidae; Coleoptera; Formicidae) faji szinten identifikáltuk, majd funkcionális csoportokba soroltuk [*almazfogyasztók*: almán táplálkozó Coleoptera, Hemiptera (Fulgoromorpha, Cicadomorpha és Heteroptera); *almán nem táplálkozó fitofágok*: almát táplálékként nem fogyasztó Coleoptera, Hemiptera (Fulgoromorpha, Cicadomorpha és Heteroptera); *predátorok*: Neuroptera, Dermaptera, ragadozó Coleoptera és Hemiptera (Heteroptera); *fungivorok* (Coleoptera); *detrivorok* (Coleoptera) és *hangyák* (Formicidae)]. A további begyűjtött rovarokat (Orthoptera: Ensifera, Diptera és Hymenoptera, kivéve a Formicidae családot) nem identifikáltuk faji szintig, így ezeket kihagytuk a legtöbb elemzésből. Az összes olyan fajt, melynek valamelyik fejlődési alakja almán táplálkozik almafogyasztóként, amelynek valamelyik alakja állatokat fogyaszt (kivéve a parazitoidokat) predátorként soroltuk be. Külön elemeztük az almafogyasztók, a nem-almafogyasztó fitofágok és a ragadozók funkcionális csoportjait, valamint a teljes rovar együttest (almazfogyasztók + nem-almafogyasztó fitofágok + ragadozók + fungivorok + detrivorok + hangyák). Minthogy a juvenilis egyedeket számos pókfaj esetén csak genusz szintig lehet határozni, ezért a juvenilis pókegyüttesek esetén a hasonlóság és a diverzitás számítása a genuszok egyedszámán alapult. Az adult pókegyüttesek hasonlóságát és diverzitását külön vizsgáltuk, és itt a számítások faji szinten határozott adatokon alapultak. Minthogy az UGAR kezelésben két alparcellában (4. és 5. alparcella) az adult pókok száma nagyon kicsi volt, ezért a szimilaritások és a diverzitások elemzésénél a két alparcella összevont adatai alapján számoltunk. Kis számuk miatt a kaszáspókokat (Opiliones) kizártuk az elemzésekből.

Spearman-féle rangkorrelációt használtunk annak megállapítására, hogy mely rovarcsoportok jelzik a leginkább pontosan a leggyakoribb pókfaj, az egyéb pókok, valamint a teljes pókegyüttes egyedszámváltozását.

A statisztikai elemzéseket IBM SPSS 20.0 (SPSS, Chicago, Illinois, USA), R 2.14.0 (R Development Core Team, 2012) és ROPstat 1.0 programcsomagok segítségével végeztük (Vargha, 2008). A Mantel tesztek és a PCoA számításához, valamint a diverzitási rendezésekhez Past 2.02 programcsomagot használtuk (Hammer és mtsai., 2001). A regresszió számításokat ROPstat 1.0 programcsomaggal végeztük (Vargha, 2008).

5.2. Talajtakaró növényzet hatása a ragadozó és fitofág atkákra almafák lombzatában

5.2.1. Eredmények – fitofág és ragadozó atkák

A takácsatka-fertőzés, amit majdnem kizárólagosan a *Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae) okozott, meglehetősen kicsi volt az egész vizsgálat során. Összesen 743 egyedet gyűjtöttünk, főként 2007-ben, részben 2002-ben és 2003-ban (5.1. táblázat). 2002-ben a teljes évi fogás 95%-a 06.25. és 08.21. között, 2003-ban a teljes fogás 90%-a 06.17. és 09.03. között, végül 2007-ben, a teljes fogás 82%-a 05.16. és 06.27. között került elő. A takácsatkák egyedsűrűsége a VIRÁG kezelésben 2002-ben és 2007-ben is szignifikánsan kisebb volt, mint az UGAR-ban, de nem különbözött a GYEP kezeléstől. Nem figyeltünk meg különbséget a kezelések között 2003-ban és 2004–2006-ban (5.1. táblázat). A *Z. mali* egyedsűrűsége kicsi volt, csupán 156 egyedet gyűjtöttünk, főként 2003. 09.16. és 10.13. között. Ebben az évben a *Z. mali* a GYEP parcellához kötődött (5.1. táblázat).

5.1. táblázat. Tetranychidae (majdnem kizárólagosan *T. urticae*) és *Z. mali* átlagos egyedszáma [a vegetációs periódus során gyűjtött összes egyedszám / alparcella ($\pm$ szórás)] Florina fajtán, azokban az években, amikor a statisztikai elemzéshez elegendő egyedszámban fordultak elő.

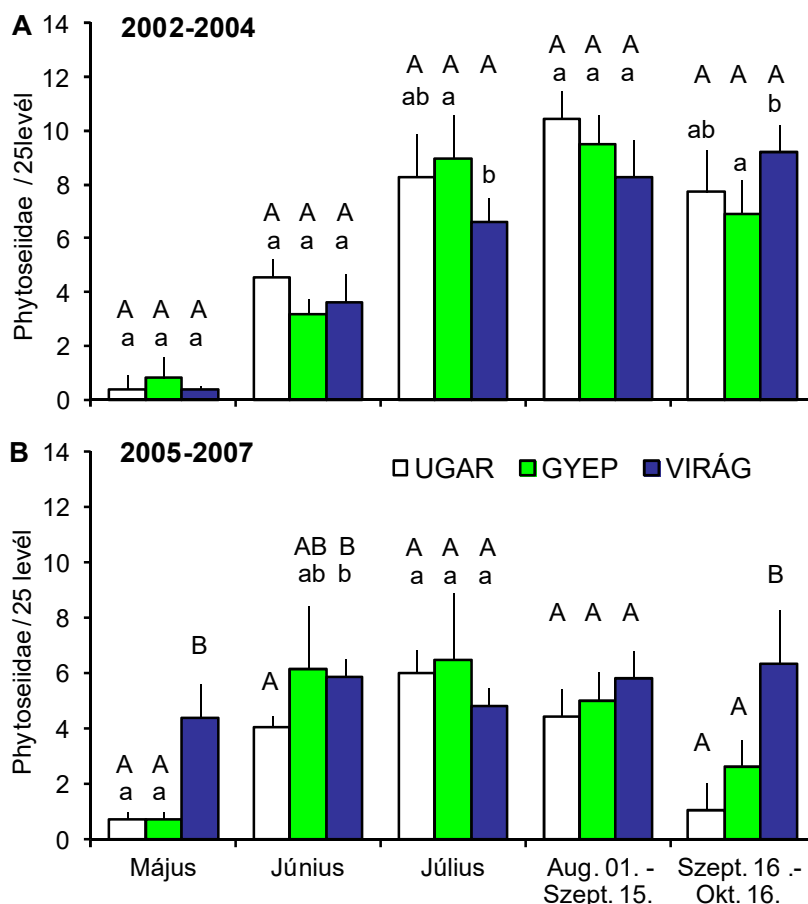
	Tetranychidae				<i>Z. mali</i>
	2002 ¹	2003 ¹	2004–2006 ¹	2007 ²	2003 ¹
UGAR	11,6 (5,6) b	6,4 (4,8) a	5,2 (2,2) a	31,8 (8,3) b	2,8 (2,6) a
GYEP	1,8 (1,5) a	1,0 (1,0) a	5,6 (5,7) a	29,0 (13,9) ab	19,2 (5,8) b
VIRÁG	3,0 (3,4) a	2,6 (3,2) a	9,0 (5,4) a	8,6 (1,8) a	0,0 (0,0) a

¹ Robusztus Welch ANOVA, Tetranychidae, 2002: $W(2; 6.4) = 6.453, p = 0.0289$; 2003: $W(2; 6.0) = 3.079, p = 0.1202$; 2004–2006: $W(2; 6.6) = 0.960, p = 0.4307$. *Z. mali*: Brown-Forsythe teszt, $BF(2; 6) = 39.941, p = 0.0003$; ² Ismétléses, kétfaktoros ANOVA: Welch's teszt a Talajtakarás főhatásra: $F(2; 5.7) = 21.087, p = 0.0024$

A hat év során összesen 5923 Tydeidae családba tarozó atkát gyűjtöttünk. Egyedszámuk jelentős mértékben fluktuált a különböző években, és nem mutatott egyértelmű különbséget a különböző talajtakarású parcellákban, bár a VIRÁG parcellában gyakran szignifikánsan több egyedeket gyűjtöttünk, mint az UGAR-ban (5.2. táblázat).

A ragadozóatkák (Phytoseiidae) egyedszáma május vége után növekedett meg a lombkoronában és a vegetációs periódus további szakaszában nagy maradt (5.1. ábra). A vizsgálat első három évében egyedsűrűségük nem mutatott konzisztens mintázatot. Az ezt

követő években számuk mindig nagyobb volt a VIRÁG parcellában, mint az UGAR-ban, a GYEP kezelésben pedig köztes értéket vettek fel (5.2. táblázat). A havi adatok elemzése azt mutatja, hogy az első három évben (2002–2004) csak kisebb eltérések voltak a kezelések között (5.1. ábra). A vizsgálat második három évében (2005–2007) viszont a VIRÁG kezelés pozitív hatása májusra (részben júniusra), és a szeptember 16-a utáni időszakra korlátozódott (5.1. ábra). Júliusban és augusztusban (augusztus 1. – szeptember 15.) a különböző talajtakarású parcellák ragadozó atkaegyüttese nem különbözött ($P < 0,05$) (5.1. ábra). A VIRÁG kezelés pozitív hatását először 2004 őszén figyeltük meg (nem mutattuk be).



5.1. ábra. Phytoseiidae atkák átlagos száma (egyedszám 25 levélén / mintavételi nap; $\pm$ szórás) a vegetációs periódus során (A) a vizsgálat első (2002–2004), és (B) második (2005–2007) három évében. Egy időszakon belül, a különböző kis- ($p < 0,05$), és nagybetűk ($p < 0,01$) szignifikáns különbséget jelölnek.

Bár a begyűjtött 5047 Phytoseiidae atkaegyed viszonylag kis részét határoztuk meg faji szintig, az egyes fajok kötődése a különböző kezelésekhez egyértelműen kirajzolódott (5.3. táblázat). A vizsgálat első évében, mindhárom talajtakarás esetén az *Amblyseius andersoni* Chant (Acari: Phytoseiidae) volt a domináns faj, és a ragadozó atkák egyedsűrűsége a kezelések között nem különbözött [Fisher egzakt teszt, $P(\text{UGAR}/\text{VIRÁG}) = 0,4448$, $P(\text{GYEP}/\text{VIRÁG}) = 1,0000$, $P(\text{UGAR}/\text{GYEP}) = 0,6827$]. A második évtől viszont a *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari: Phytoseiidae) dominanciája már nagyobb volt a VIRÁG parcellában, mint az UGAR-ban,

5.2. táblázat. Tydeidae és Phytoseiidae atkák átlagos egyedszáma Florina fajtán egy-egy évben [a vegetációs periódus során gyűjtött összes egyedszám / alparcella ($\pm$ szórás)] és a vizsgálat első (2002–2004), és második (2005–2007) három évében [az összes egyedszám egy évre és alparcellára vetítve]. Egy oszlopon belül a különböző betűk szignifikáns ($p < 0.05$) különbséget jeleznek.

	2002	2003	2004	2002–2004 ¹	2005	2006	2007	2005–2007 ²
<i>Tydeidae</i>								
UGAR	2,6 (2,3) a ³	18,6 (15,7) a	145,6 (11,4) b	55,6 a	72,8 (11,7) a	1,0 (1,2) a ³	18,0 (3,7) a	30,6 a
GYEP	1,4 (1,7) a	74,2 (5,6) b	140,0 (16,8) b	71,9 b	72,2 (15,4) a	1,6 (1,3) ab	27,4 (6,7) a	33,7 a
VIRÁG	2,8 (2,4) a	63,0 (13,1) b	113,4 (7,8) a	59,7 a	65,6 (6,1) a	4,0 (2,0) b	71,8 (25,5) b	47,1 b
<i>Phytoseiidae</i>								
UGAR	97,2 (9,4) b	60,8 (12,1) a	66,6 (7,7) b	74,9 a	43,2 (5,9) a	12,6 (6,4) a	41,8 (3,0) a	32,5 a
GYEP	103,0 (6,9) b	52,6 (4,7) a	53,4 (9,1) a	69,7 a	54,2 (10,8) ab	18,0 (8,2) ab	53,2 (13,8) ab	41,8 ab
VIRÁG	70,6 (6,1) a	64,0 (7,2) a	65,0 (2,4) b	66,5 a	58,4 (11,9) b	30,0 (10,2) b	65,2 (6,4) b	51,2 b

Kétszemponos, ismétléses ANOVA (Welch teszt a Takarás, Geisser-Greenhouse teszt (epszilon szabadságfok-korrekciónal) az Évek (ismétléses faktor) és Geisser-Greenhouse teszt a Takarás x Évek kölcsönhatás vizsgálatára).

¹ **2002–2004: *Tydeidae*:** Takarás: $F(2; 7,8) = 8,993$, $p = 0,0094$, Epszilon = 0,956, Évek: $F(1,9; 22,9) = 701,157$, $p < 0,0001$, Takarás x Évek: $F(3,82; 22,95) = 25,405$, $p < 0,0001$.

***Phytoseiidae*:** Takarás: $F(2; 7,8) = 3,190$, $p = 0,0969$, Epszilon = 0,945, Évek: $F(1,9; 22,7) = 78,349$, $p < 0,0001$, Takarás x Évek: $F(3,78; 22,68) = 14,494$, $p < 0,0001$.

² **2005–2007: *Tydeidae*:** Takarás: $F(2; 7,7) = 7,281$, $p = 0,0167$, Epszilon = 0,746, Évek: $F(1,5; 17,9) = 131,575$, $p < 0,0001$, Takarás x Évek: $F(2,98; 17,90) = 11,597$, $p = 0,0002$.

***Phytoseiidae*:** Takarás: $F(2; 6,2) = 37,756$, $p = 0,0003$, Epszilon = 0,924, Évek: $F(1,8; 22,2) = 77,822$, $p = 0,0000$, Takarás x Évek: $F(3,70; 22,19) = 0,609$, $p = 0,6486$.

³ A kis mintanagyság miatt csak az éves összesített egyedszámot hasonlítottuk össze.

és ez a különbség a következő években csak nőtt (5.3. táblázat, $p < 0,0001$ mindegyik összehasonlításban). Ezzel párhuzamosan az *A. andersoni* dominanciája a VIRÁG kezelésben csökkent, miközben az UGAR-ban tartósan nagy maradt. A GYEP kezelésben mindkét ragadozó atka faj dominanciája a másik két kezelés közötti értéket vett fel (5.3. táblázat), [UGAR versus GYEP, $P(2003) = 0,0028$, $P(2004) < 0,0001$, $P(2005-2007) = 0,0893$]. A Phytoseiidae-együttes nagyobb fajgazdagsága, és a domináns faj kisebb dominanciája (%) a GYEP és VIRÁG kezelésben, szemben az UGAR kezeléssel, arra utal, hogy az aljnövényzettel telepített parcellákban nagyobb volt a ragadozó atkák diverzitása, mint az UGAR-ban (5.3. táblázat).

5.2.2. Megvitatás –fitofág és ragadozó atkák

Vizsgálataink igazolták, hogy a talajtakarásos kezelések hatnak a takácsatkákra, a Phytoseiidae családba tartozó atkákra, illetve a Tydeidae atkákra. A takácsatkák (majdnem kizárólagosan *T. urticae*) abundanciája kicsi volt a vizsgálat során. Azokban az években, amikor egyedszámuk elérte az elemzéshez szükséges mennyiséget, szignifikánsan (2002, 2007), vagy számszerűen (2003) nagyobb számban fordultak elő az UGAR parcellában, mint a VIRÁG-ban, míg a GYEP kezelésben abundanciájuk hol a VIRÁG (2002, 2003), hol az UGAR (2007) kezelésekhöz volt közelebb (5.1. táblázat). Az almafák lombkoronájában a *T. urticae* egyedszámát leginkább meghatározó tényezők között szerepel a gypszintről történő betelepülés és a predáció (Hardman és mtsai., 2005). Az almaültetvények gypszintjén található vegetáció telelőhelyet biztosít a takácsatkáknak, illetve tavasszal a kétszikű gyomokon, különösen a hüvelyeseken (Fabaceae) a takácsatkák fel is szaporodhatnak (Meagher és Meyer, 1990). A gypszintről, a tavasz során, a *T. urticae* egyedek azután tömegesen települnek be a lombkoronába, ahol nagy populációkat hoznak létre, szemben azokkal az ültetvényekkel, ahol hiányzik a gypszint (Meagher és Meyer, 1990; Hardman és mtsai., 2005). Ugyanakkor Alston (1994) szerint a talajtakaró növények ideális élőhelyet biztosíthatnak *Typhlodromus occidentalis* Nesbitt (Acari: Phytoseiidae) ragadozó atka számára is, így az képes korlátozni a takácsatkák egyedszámát. A mi vizsgálatunkban, annak ellenére, hogy a VIRÁG parcella 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 ez a hatás csak 2004 ősztől jelentkezett, amikor a *T. pyri* már nagy dominanciával fordult elő a VIRÁG parcellában (5.2. táblázat). Az egyik tényező, ami ezt a mintázatot kialakította, a virágzó növények (különösen a szél megporzású növények) biztosította pollen lehetett. A pollen a ragadozó atkák számára fontos alternatív táplálék. Mind a *T. pyri*, mind az *A. andersoni* képes kifejlődni kizárólag pollennel táplálva, és egyes növények pollenje ugyanolyan minőségű táplálékot jelenthet számukra, mint a takácsatkák (Duso és Camporese, 1991; Roda és mtsai., 2003). A leveleken található trichómák begyűjtik és megtartják a pollenszemcséket, ezért azokon az alma- és szőlőfajtákon, melyek levelei erősen szőrözöttek, a ragadozó atkák egyedszáma általában nagyobb, mint a sima levelű fajtákon (Duso és Vettorazzo, 1999; Roda és mtsai., 2003). Megfigyeléseink szerint a VIRÁG kezelés pozitív hatásai főként tavaszra (részben júniusra) és ősze korlátozódtak, míg nyáron a különböző talajtakarások nem befolyásolták a Phytoseiidae-együttesek egyedszámát (5.1. ábra).

5.3. táblázat. A *Phytoseiidae*-fajok dominanciája (%), Florina fajtán és az identifikált és begyűjtött egyedek száma.

	2002			2003			2004			2005-2007		
	UGAR	GYEP	VIRÁG	UGAR	GYEP	VIRÁG	UGAR	GYEP	VIRÁG	UGAR	GYEP	VIRÁG
<i>A. andersoni</i>	98	96	95	100	88	63	100	73	52	94	80	24
<i>T. pyri</i>	2	4	5		8	33		12	45	6	13	71
<i>P. talbii</i> ¹					3	2		15			6	3
<i>E. finlandicus</i> ²					1	2			3			2
Identifikált db.	160	170	132	77	77	93	63	46	58	66	82	106
Gyűjtött db.	486	515	353	304	263	320	331	267	325	488	627	768

¹ *Paraseiulus talbii* (Athias-Henriot)² *Euseius finlandicus* (Oudemans)

A hozzáférhető pollen kis mennyisége tavasszal, amikor a zsákmányellátottság még kicsi, korlátozhatja a Phytoseiidae atkák felszaporodását, de hasonló megfigyelés tehető ősszel is (Kennett, Flaherty és Hoffmann, 1979; Addison és mtsai., 2000). A széleslevelű gyékény [*Typha latifolia* Linnaeus (Typhaceae)] pollenjével kezelt citrusfákon az *Amblyseius hibisci* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) egyedszáma ősszel megnőtt, de tavasszal nem figyeltek meg hasonló növekedést (Kennett, Flaherty és Hoffmann, 1979). Nyári pollenkezelésekkel lassítható volt a *T. pyri* őszi egyedszám csökkenése szőlőn, bár a kezelések a csökkenést nem tudták megállítani (von Engel és Ohnesorge, 1994). Koratavasszal almaleveleken a *T. pyri* egyedsűrűsége korrelált a leveleken megtapadt Betulaceae (nyír és éger) pollen mennyiséggel, de nem követte az *Aculus schlechtendali* (Nalepa) (Acari: Eriophyidae) abundanciáját (Addison és mtsai., 2000). Megfigyeléseink alapján valószínűsíthető, hogy tavasszal és ősszel a leveleken található pollen mennyisége limitálhatja az almaültetvények Phytoseiidae (vizsgálatunkban különösen a *T. pyri*) populációit. Ugyanakkor meg kell jegyeznünk, hogy az általunk vizsgált ültetvényben a takácsatkák egyedsűrűsége végig kicsi volt.

Bár a Tydeidae család fajait a ragadozó atkák fontos táplálékának tartják (Calis, Overmeer és Van Der Geest, 1988) és abundanciájuk egyes években viszonylagosan nagy volt, egyedszámuk nem korrelált a Phytoseiidae család egyedszámával. Minthogy az *Aculus schlechtendali* (Nalepa, 1892) (Acarina: Eriophyidae) egyedszámát nem vizsgáltuk, szerepét a ragadozó atkák mintázatának kialakításában nem elemeztük.

Vizsgálataink során a Phytoseiidae-együttesek egyedsűrűsége mellett dominancia viszonyaik is megváltoztak (5.3. táblázat). Az első évben az *A. andersoni* dominanciája minden parcellában 95% fölött volt. Ezt követően a VIRÁG parcellában a *T. pyri* fokozatosan elkezdte kiszorítani az *A. andersoni*-t, dominanciája évről-évre nőtt. Ezzel szemben az UGAR parcellában az *A. andersoni* szuperdomináns maradt, a GYEP kezelésben pedig mindkét faj dominanciája köztes, bár inkább az UGAR-hoz közelálló értéket vett fel. Az intraguild predáció jól ismert jelenség a Phytoseiidae család fajainál (például Zhang és Croft, 1995). Laboratóriumi vizsgálatokban az *A. andersoni* gyakran kiszorítja a *T. pyri*-t, minthogy testmérete nagyobb, táplálkozását tekintve inkább generalista, gyorsabban fejlődik ki különböző zsákmányállatokkal vagy pollennel etetve, illetve mivel jobb a diszperziós képessége (Duso és Camporese, 1991; Zhang és Croft, 1995). Ezzel szemben, a *T. pyri* betelepítésének sikere olyan szőlőültetvényekben, ahol természetes *A. andersoni* populációk voltak, a telepített szőlőfajtától függött. Azokban a szőlőültetvényekben, ahol kevésbé szőrözött levelű fajtákat telepítettek, az *A. andersoni* kiszorította a *T. pyri*-t. Viszont ahol olyan szőlőfajták voltak, melyek levelének fonákja erősen szőrözött, a *T. pyri* szorította ki az *A. andersoni*-t (Duso és Vettorazzo, 1999). Valószínűsíthető, hogy a szőrözöttebb levelek összegyűjtik a fennakadó pollen szemcséket, melyek alternatív táplálékként szolgálnak a Phytoseiidae atkák számára (Roda és mtsai., 2003). Vizsgálatunkban igazoltuk, hogy az *A. andersoni* és a *T. pyri* közötti kompetíció és intraguild predáció kimenetelét, a fizikai környezet (levél szőrözöttség) mellett, gyenge takácsatka fertőzés esetén, a virágzó lágyszárú aljnövényzet jelenléte, valószínűleg a leveleken megtapadó pollen mennyisége határozza meg. Azt is igazoltuk, hogy azon fák lombkoronájában, amelyek alatt talajtakaró növények vannak (GYEP, VIRÁG), nagyobb diverzitású Phytoseiidae-együttesek alakulnak ki, mint azokban az ültetvényekben, ahol a lombkorona alatt csupasz talajfelszín található (UGAR) (5.3. táblázat).

5.3. Talajtakaró növényzet hatása levélaknázó-molyokra és parazitoidjaikra

5.3.1. Eredmények – levélaknázó-molyok és parazitoidjaik

Az almafák lombkoronájában kialakuló levélaknázómoly-együttesben a domináns faj a *Leucoptera malifoliella* (O. Costa) (Lepidoptera: Lyonetiidae) volt. Ebből a fajból összesen 10 316 egyedet gyűjtöttünk, a többi faj jelentősen kisebb egyedszámban került elő. A *L. malifoliella* lárvák egyedszáma nem különbözött a VIRÁG és UGAR kezelések között a vizsgálat hat éve során, illetve a VIRÁG és GYEP kezelések között a vizsgálat négy évében (5.4. táblázat).

5.4. táblázat. *Leucoptera malifoliella* élő lárvákat tartalmazó aknáinak átlagos száma (lárvák száma 200 levélen / mintavételi időpont és szórás) Florina fajtán. A statisztikai elemzéseket lásd Markó és mtsai. (2012).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
UGAR	3,1 (0,5) a	2,0 (0,3) a	18,2 (3,7) a	17,7 (2,5) a	6,5 (2,0) a	2,4 (1,2) a
GYEP	4,1 (0,7) a	2,9 (0,8) a	21,9 (2,8) a	32,1 (2,7) b	16,9 (0,9) b	2,1 (0,9) a
VIRÁG	3,0 (0,6) a	2,0 (0,5) a	19,2 (3,6) a	20,5 (3,9) a	6,3 (0,9) a	2,1 (0,6) a

Egy éven belül a különböző betűk szignifikáns különbségeket ($p < 0,05$) jeleznek.

A legtöbb évben a levélaknázó-molyok parazitáltsága nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint a másik két talajtakarási módszer esetén (5.5. táblázat), és a különbség mindkét összehasonlításban szignifikáns volt [$F(2; 15) = 6,572$, $P = 0,009$]; $T(\text{UGAR}/\text{GYEP}) = 0,90$, $P = 0,803$; $T(\text{UGAR}/\text{VIRÁG}) = 3,92$, $P = 0,036$; $T(\text{GYEP}/\text{VIRÁG}) = 4,82$, $P = 0,010$. 2006-ban az üres *L. malifoliella* aknákat is átnéztük, és a parazitoid bábok fehér kokonjait is megszámoltuk. Az UGAR, GYEP és VIRÁG kezelésekben megvizsgált aknák 9,6%, 15,6% és 12,4%-ban találtunk parazitoidok jelenlétére utaló kokonokat. A következő évben ugyanezek az értékek 5.9%, 5.6% és 10.7% voltak.

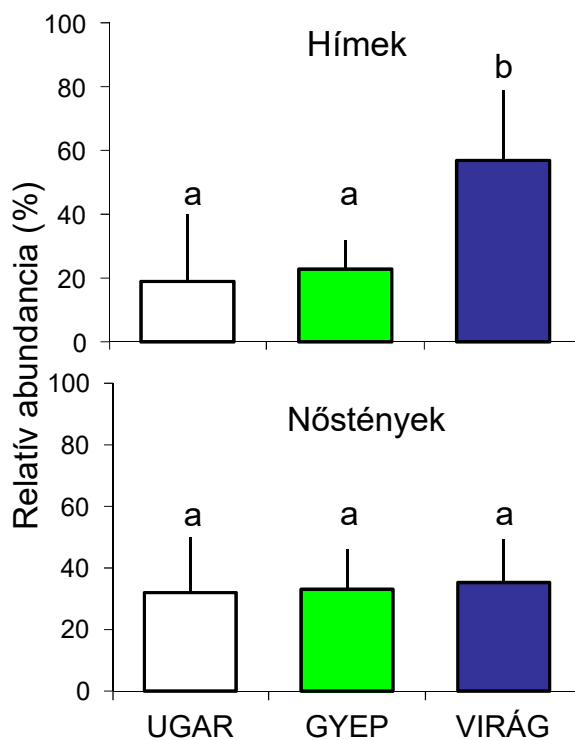
5.5. táblázat. *Leucoptera malifoliella* lárvák átlagos parazitáltsága (%), és a kinevelt parazitoid fajok száma. A különböző betűk szignifikáns ($p < 0,05$) különbségeket jelölnek.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Átlag (Szórás)
Parazitáltság (%)							
UGAR	14,4	0,9	6,5	3,1	1,8	9,9	6,1 (5,3) a
GYEP	16,4	3,2	1,8	1,5	1,4	12,3	6,1 (6,6) a
VIRÁG	14,7	13,5	3,5	5,0	10,9	22,6	11,7 (7,0) b
Parazitoid fajok száma							
UGAR	2	1	4	5	2	4	3,0 (1,5) a
GYEP	4	1	1	4	2	3	2,5 (1,4) a
VIRÁG	3	3	5	6	4	5	4,3 (1,2) b

A laboratóriumban tartott *L. malifoliella* egyedekből összesen 10 parazitoid faj 467 egyedét neveltük ki (5.6. táblázat). A VIRÁG kezelésben a parazitoidok fajsza nagyobb volt, mint az UGAR és GYEP kezelésekből [F(2; 15) = 7,905, $P = 0,005$; T(UGAR/GYEP) = 0,97, $P = 0,775$; T(UGAR/VIRÁG) = 4,31, $P = 0,021$; T(GYEP/VIRÁG) = 5,28, $P = 0,005$] (5.5. táblázat). Hasonló mintázatot mutatott a hat év során kinevelt parazitoidok összesített fajgazdagsága is (5.6. táblázat). A parazitoid együttes összetétele hasonló volt a három talajtakarásos kezelésben, az összes egyedszám 80–90%-a *C. pentheus* fajba tartozott (5.6. táblázat). A VIRÁG kezelésben a *C. pentheus* egyedszáma az UGAR-nál 1,3-szor, a GYEP-nél 1,4-szer volt nagyobb. Amikor külön vizsgáltuk a hímek és nőstények egyedszámát, arra a meglepő eredményre jutottunk, hogy a VIRÁG kezelés csupán a hímek egyedszámát növelte, míg a nőstények száma nem változott (5.6. táblázat, 5.2. ábra). A VIRÁG kezelés, hasonlóan a *C. pentheus*-hoz, növelte a többi parazitoid faj abundanciáját is, és ez a növekedés számottevőbb volt a hímek, mint a nőstények esetén (5.6. táblázat).

5.6. táblázat. A vizsgálat során *L. malifoliella* lárvákból kinevelt parazitoid fajok (Hymenoptera: Eulophidae) dominanciája (%; kerekített értékek); a kinevelt parazitoid egyedek és fajok száma; valamint a hím és nőstény egyedek száma fajonként.

	UGAR	GYEP	VIRÁG
<i>Chrysocharis pentheus</i> (Walker)	87	90	80
<i>Closterocerus trifasciatus</i> Westwood	4	2	7
<i>Neochrysocharis formosa</i> (Westwood)	3		7
<i>Minotetrastichus frontalis</i> (Nees)	1	3	4
<i>Baryscapus nigroviolaceus</i> (Nees)	6	2	1
<i>Sympiesis sericeicornis</i> (Nees)		1	
<i>Pediobius saulius</i> (Walker)		1	
<i>Pediobius pyrgo</i> (Walker)			1
<i>Euplectrus bicolor</i> (Swederus)			2
<i>Prigalio agraulis</i> (Walker)			1
Kinevelt egyedek száma	144	123	200
Kinevelt fajok száma	5	6	8
<i>C. pentheus</i> hímek	67	49	103
<i>C. pentheus</i> nőstények	58	62	56
<i>C. trifasciatus</i> hímek	3	0	8
<i>C. trifasciatus</i> nőstények	3	3	5
<i>N. formosa</i> hímek	0	0	3
<i>N. formosa</i> nőstények	4	0	11
További Eulophidae hímek	7	4	12
További Eulophidae nőstények	2	5	2



5.2. ábra. *Leucoptera malifoliella* egyedekből kinevelt *C. pentheus* hímek és nőstények átlagos relatív abundanciája (egy évre vetítve, UGAR + GYEP + VIRÁG = 100%) különböző talajtakarású parcellákban. Az eltérő betűk: szignifikáns különbséget ($P < 0,05$), a függőleges vonalak szórásértékeket jelölnek. Hímek: $A_{UGAR/GYEP} = 0,375$, $BM(6,1) = -0,660$, $P = 1,0000$; $A_{UGAR/VIRÁG} = 0,069$, $BM(7,2) = -5,586$, $P = 0,0023$; $A_{GYEP/VIRÁG} = 0,056$, $BM(8,4) = -6,761$, $P = 0,0003$; Nőstények: $rW3(2; 9,0) = 0,014$; $P = 0,9864$.

5.3.2. Megvitatás – levélaknázó-molyok és parazitoidjaik

Vizsgálatunkban, a kísérleti almaültetvényben a *L. malifoliella* volt a leggyakoribb levélaknázó-moly faj. Egyedsűrűsége nem különbözött a különböző talajtakarású parcellákban (5.4. táblázat). Kivételt képez a GYEP parcella, ahol két évben az általános trendtől eltérően nagyobb volt a *L. malifoliella* egyedsűrűsége, mint a másik két kezelésben. Ez a mintázatbeli eltérés ugyanakkor nem magyarázható a parazitoidok tevékenységével, minthogy ezekben az években a parazitáltság kicsi volt (5.5. táblázat). Gruys (1982) összefoglaló munkájában arról számol be, hogy a vizsgált almaültetvényben a virágzó aljnövényzet telepítése nem hatott a *Stigmella malella* (Stainton) (Lepidoptera: Nepticulidae) abundanciájára és parazitáltságára, bár a kapcsolódó adatokat és elemzéseket nem közölte (Gruys, 1982).

Vizsgálatunkban a legtöbb évben mind a parazitáltság mértéke, mind a parazitoid fajok száma nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR-ban (5.5. és 5.6. táblázat). A VIRÁG kezelés pozitív hatása különösen karakteresen jelentkezett a *C. pentheus* esetén, bár a virágzó növényzet jelenléte csak a *C. pentheus* hímek egyedszámát növelte, a nőstényekét nem (5.2. ábra). A *C. pentheus* lárvákban fejlődő, szoliter endoparazitoid faj, melynek számos gazdaállata ismert (például *Phyllonorycter* spp., *S. malella*, de *Liriomyza* spp. és más Agromyzidae-fajok is), melyek közül egyesek gyomokon is gyakoriak (Balázs, 1997; Chen és mtsai., 2003; 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 *C. pentheus* parazitáltsága megnőtt. Vizsgálatunk ugyanakkor nem ad magyarázatot arra, hogy virágzó lágyszárú növények telepítésével miért tolódott el a kinevelt *C. pentheus* imágók

ivararánya a hímek irányába. Egy lehetséges magyarázat szerint a nektárt fogyasztó nőtények élettartama megnő, 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 (Godfray, 1994; Mafi és Ohbayashi, 2010). Szemben eredményeinkkel, a *Dolichogenidea tasmanica* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) és a *Pteromalus cerealellae* (Ashmead) (Hymenoptera: Pteromalidae) parazitoid fajok laboratóriumi populációinak cukorral történő etetése a nőtények arányának növekedését eredményezte (Berndt és Wratten, 2005; Onagbola, Fadamiro és Mbata, 2007). Vizsgálatunkban, a *C. pentheus*-hoz hasonlóan, a virágzó aljnövényzet a többi Eulophidae faj esetén is pozitívan hatott a hímekre, és minden vizsgált csoportban növelte a nőténykehez viszonyított arányukat (6. táblázat). A hímek irányába eltolódó ivararány csökkenti a parazitoid populációk növekedési rátáját, és az ilyen populációk kevésbé hatékonyak a biológiai védekezésben, mint a nőtények dominálta populációk (Hall, 1993). A biológiai védekezés hatékonyságát csökkentheti továbbá, hogy a *C. trifasciatus*, *M. frontalis*, *S. sericeicornis* és a *P. agraulis* fajok a *Chrysocharis*-fajok fakultatív hiperparazitoidjai (Noyes, 2009), és abundanciájuk a virágtelepítéssel jobban nőtt, mint a *C. pentheus* abundanciája (6. táblázat). Az általunk kinevelt többi parazitoid fajról is kimutatták, hogy más parazitoid fajok szekunder parazitoidjai lehetnek (Noyes, 2009). Összességében tehát az almaültetvény 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.) hímek irányába eltolódó ivararány és a hiperparazitoidok csökkentették a parazitoidok hatékonyságát, (2.) a virágzó növények nem csak a parazitoidokat, hanem az aknázómolyokat is segítették (Kehrli és Bacher, 2008), (3.) a peszticidkezelések és a *L. malifoliella* nagymértékű betelepülése elmoshatta a megnövekedett parazitáltság hatását a VIRÁG parcellában.

5.4. Talajtakaró növények hatása a gyümölcskártétel mértékére

5.4.1. Eredmények - gyümölcskártétel

A legtöbb sérülést a gyümölcsökön az almailonca és az almamoly okozta. Az almailonca [Hopllocampa testudinea (Klug), (Hymenoptera: Tenthredinidae)] és a kaliforniai pajzstetű [Quadraspidiotus perniciosus (Comstock) (Hemiptera: 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 egyértelműen megállapítható, hogy a sorközökbe telepített virágzó növények (VIRÁG) nem segítették az *A. orana* és *C. pomonella* populációk korlátozását, illetve nem csökkentették a gyümölcskártétel mértékét (5.7. táblázat). 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 fertőzött almák arányának (%) csökkenését a virágzó lágyszárúakkal telepített parcellában (5.7. táblázat). Ezzel szemben a VIRÁG kezelésben a *C. pomonella* kártétele két, az *A. orana* kártétele pedig három összehasonlításban volt nagyobb, az összes rovarkártétel aránya pedig két összehasonlításban volt kisebb, mint a másik két talajtakarás (UGAR, GYEP) esetén (5.7. táblázat).

5.7. táblázat. Almailonca (*A. orana*) és almamoly (*C. pomonella*) okozta gyümölcskártétel (%) (szórás) és az egészséges (kártételtől mentes) almák aránya (%) Jonathan (UGAR, GYEP), Idared (VIRÁG), és Florina (mindhárom kezelés) fajtákon. Egy oszlopon belül a különböző betűk szignifikáns ($p < 0,05$) különbséget jelölnek. A statisztikai adatokat lásd Markó és mtsai. (2012).

	2002	2003	2004	2005	2006
<i>Adoxophyes orana</i> által károsított almák aránya (%)					
<i>Jonathan és Idared</i>					
UGAR	0,9 (0,7) a	8,2 (3,2) a	8,7 (3,3) a	8,6 (6,1) a	3,0 (1,4) a
GYEP	1,5 (1,3) ab	14,9 (7,6) b	11,1 (5,7) a	11,8 (5,8) a	3,5 (1,8) a
VIRÁG	3,2 (2,5) b	14,8 (3,5) b	6,5 (2,4) a	6,0 (2,9) a	3,2 (2,0) a
<i>Florina</i>					
UGAR	2,5 (1,8) a	-	4,3 (2,1) a	7,0 (3,0) a	-
GYEP	3,1 (1,7) a	-	3,4 (1,4) a	11,3 (7,7) a	-
VIRÁG	1,2 (1,5) a	-	4,0 (2,0) a	8,4 (5,2) a	-
<i>Cydia pomonella</i> által károsított almák aránya (%)					
<i>Jonathan és Idared</i>					
UGAR	1,0 (1,2) a	11,6 (3,0) a	26,1 (2,4) a	30,8 (14,8) a	0,6 (0,8) a
GYEP	0,2 (0,4) a	15,6 (2,1) a	14,7 (6,8) b	27,7 (18,3) a	1,7 (1,1) a
VIRÁG	3,7 (2,3) b	10,7 (4,7) a	23,8 (4,2) a	29,9 (9,2) a	1,4 (1,4) a
<i>Florina</i>					
UGAR	0,5 (0,7) a	-	15,3 (2,5) a	20,2 (9,7) a	-
GYEP	0,3 (0,5) a	-	14,5 (4,7) a	17,0 (14,4) a	-
VIRÁG	1,3 (1,3) a	-	14,9 (3,5) a	17,1 (13,6) a	-
Egészséges almák aránya (%)					
<i>Jonathan és Idared</i>					
UGAR	98,1 (1,4) a	80,2 (5,1) a	65,2 (4,4) a	60,6 (12,7) a	94,3 (2,9) a
GYEP	98,3 (1,3) a	69,5 (6,8) b	74,2 (6,8) b	60,5 (22,8) a	92,2 (5,0) a
VIRÁG	93,2 (1,7) b	74,5 (6,5) ab	69,7 (5,5) ab	64,1 (8,8) a	89,2 (5,9) a
<i>Florina</i>					
UGAR	97,0 (1,9) a	-	80,4 (2,9) a	72,8 (10,6) a	-
GYEP	96,6 (1,4) a	-	82,1 (5,3) a	71,7 (21,6) a	-
VIRÁG	97,5 (2,2) a	-	81,1 (4,3) a	74,5 (17,4) a	-

5.4.2. Megvitatás: Gyümölcskártétel

Magyarországon az almamoly és az almailonca a legfontosabb almakártevők közé tartoznak. Vizsgálatunkban nem találtunk bizonyítékot arra, hogy a sorközökbe telepített virágzó lágyszárúak hatással lennének e két kártevő okozta kártételre (5.7. táblázat). Gruys (1982), Niemczyk, Olszak és Zajac (1996) és Bostanian és mtsai. (2004) eredményei szerint virágkeverékek telepítése vagy a fekete ugarolás nem befolyásolta az almaparcellákban a sodrómolyok (Tortricidae) és az almamoly kártételét. Nem különbözött a sodrómolyok egyedsűrűsége, kártétele és parazitáltsága lucernával telepített és gyepesített almaparcellák között sem (Mullinix, 2003). Ugyanebben a vizsgálatban az almamoly okozta gyümölcskártétel csupán 1–2%-al csökkent a lucernával telepített parcellákban, míg a telelő lárvák és a

ragacslapokkal gyűjtött almamoly imágók száma nem különbözött (Mullinix 2003). Altieri és Schmidt (1985) vizsgálataiban az almaültvényekben kialakított virágzó lágyszárú szint három összehasonlításból csupán egyszer csökkentette az almamoly kártételét, és az eltérő talajtakarások az *Epiphyas postvittana* (Walker) (Lepidoptera: Tortricidae) gyümölcskártételére is csak kevésbé hatottak (Bone és mtsai., 2009).

A parazitáltsággal foglalkozó kutatások viszont részben más eredményre jutottak. Azokban az ültvényekben, ahol a nektárt szolgáltató virágok hiányoztak a gypszintről, az almamoly lárvák csupán 7%-a volt parazitált, míg ahol a virágzó lágyszárú növényzet nagy borítást ért el, a parazitáltság jelentősen nagyobb, 34%-os volt (Leius, 1967). Két sokkal körütekintőbben megtervezett vizsgálatban, az *E. postvittana* lárvák parazitáltsága 20%-ról 34%-ra, illetve 50%-ról 72%-ra nőtt azokban az almaparcellákban, ahol szemben a virágmentes, kontroll parcellákkal, közönséges hajdinát telepítettek (Irvin és mtsai., 2006; Stephens és mtsai., 1998). Ugyanakkor az almamoly és sodrómoly lárvák parazitáltsága gyakran kicsi lehet (például Balázs, 1997; Maalouly, 2013).

Összefoglalva megállapítható, hogy virágzó növények telepítésével az almaültvényekben 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. Gyümölcsültvényekben, ahol a táblaméretetek kisebbek, a gyepesített sorközökben pedig állandó, virágzó gyomvegetáció alakulhat ki, és ahol a levéltetvek jelentős mennyiségű mézharmatot szolgáltatnak, a parazitoidok cukorlimitáltsága sokkal kisebb lehet annál, mint amit feltételeztünk. Diverzifikált agrárterületeken, a denzitás függő predáció, a ragadozók átkapcsolása más zsákmányra és az intraguild predáció is csökkentheti a természetes ellenségek hatékonyságát. Az ültvényekben alkalmazott peszticidek a parazitoid populációk elpusztításával, de a sodrómolyok és az almamoly egyedsűrűségének csökkentésével is felülírhatják a virágzó talajtakaró növények pozitív hatásait. Ha a gazdaállatok egyedszáma kicsi, az a parazitoid populációk felszaporítását is gátolhatja.

5.5. Talajtakaró növények hatása levéltetvekre, hangyákra, katicabogarakra és zöldfátyolkákra

5.5.1. Eredmények – levéltetvek, hangyák, katicabogarak és zöldfátyolkák

A leggyakoribb levéltetűfajok az ültvényben a zöld alma-levéltetvek voltak, elsősorban az *A. pomi*, melyet az *A. spiraecola* követett. A vizsgálat hat éve alatt, kezelésenként összesen 3900 hajtást vizsgáltunk meg. Ezek közül az UGAR kezelésben 498 (12.8 %), a GYEP-ben 455 (11.7 %), és a VIRÁG-ban 441 (11.3 %) hajtáson figyeltünk meg zöld alma-levéltetű telepeket. Amikor az egyes években gyűjtött adatokat elemeztük, akkor egyik évben sem figyeltünk meg különbséget a GYEP és VIRÁG kezelése között, és a vizsgált hat évből négyben az UGAR és VIRÁG kezelés sem különbözött (5.8. táblázat). 2002-ben és 2007-ben az UGAR kezelésben a zöld alma-levéltetű kolóniák száma nagyobb volt, mint a VIRÁG kezelésben (5.8. táblázat). Egy vegetációs perióduson belül vizsgálva, az egymást követő hónapokban, 2003 és 2007

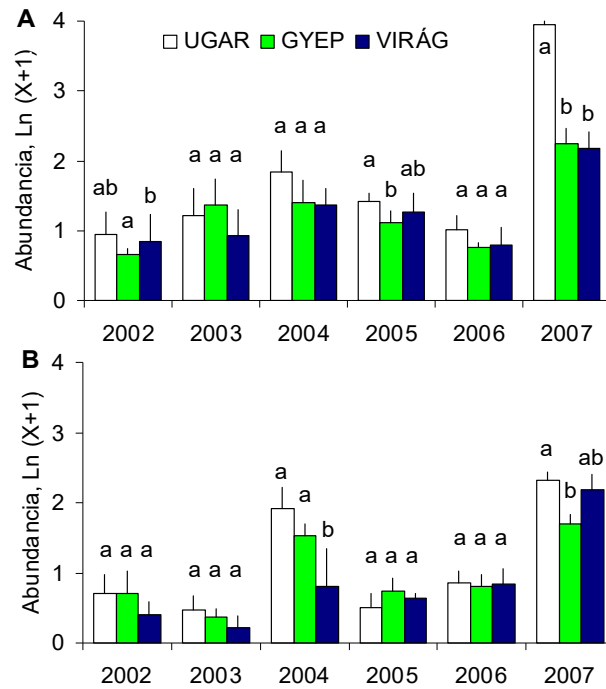
kivételével, a levéltetű telepek a különböző kezelések között nem mutattak konzisztens mintázatot (5.8. táblázat).

5.8. táblázat. *Aphis* spp. telepek átlagos száma (telepek száma / 10 hajtás) ($\pm$ szórás) a vizsgált különböző években és hónapokban. A statisztikai elemzések részletes eredményeit lásd Markó és mtsai. (2013).

	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember	Átlag
2002						
UGAR	-	2,1 (0,7) a ¹	1,4 (0,5) b	0,3 (0,6) a	0,3 (0,7) b	1,0 (0,3) b
GYEP	-	1,9 (1,0) a	0,3 (0,5) a	0,1 (0,3) a	0,0 (0,0) a	0,6 (0,3) a
VIRÁG	-	3,0 (0,8) b	0,5 (0,6) a	0,3 (0,6) a	0,0 (0,0) a	0,9 (0,4) a
2003						
UGAR	0,7 (0,8) a	0,7 (0,8) a	1,5 (1,9) b	1,6 (1,2) b	1,1 (1,0) b	1,1 (0,6) a
GYEP	0,7(1,0) a	1,5 (1,7) a	0,8 (1,5) ab	1,3 (1,3) ab	0,7 (0,9) ab	1,0 (0,4) a
VIRÁG	1,6 (1,8) a	0,6 (0,8) a	0,2 (0,6) a	0,5 (0,7) a	0,2 (0,4) a	0,6 (0,5) a
2004						
UGAR	-	1,5 (0,9) b	7,2 (2,3) ab	1,7 (0,9) a	0,3 (0,6) a	2,7 (0,7) a
GYEP	-	1,4 (1,2) b	6,3 (2,5) a	2,4 (1,3) a	1,0 (1,1) a	2,8 (0,8) a
VIRÁG	-	0,3 (0,6) a	8,5 (1,8) b	2,6 (2,1) a	0,9 (1,0) a	3,1 (0,7) a
2005						
UGAR	-	2,6 (1,4) a	0,7 (1,0) a	0,2 (0,3) a	0,9 (1,0) b	1,1 (0,6) a
GYEP	-	1,3 (1,1) a	2,0 (1,5) b	0,1 (0,3) a	0,1 (0,3) a	0,9 (0,6) a
VIRÁG	-	2,3 (1,7) a	1,3 (1,7) ab	0,4 (0,9) a	0,1 (0,3) a	1,0 (0,9) a
2006						
UGAR	-	0,5 (0,6) a	1,4 (1,4) ab	0,9 (1,3) a	0,5 (0,7) b	0,9 (0,4) a
GYEP	-	2,0 (1,6) b	2,3 (1,4) b	0,5 (0,6) a	0,1 (0,3) a	1,3 (0,5) a
VIRÁG	-	1,6 (1,5) b	1,1 (1,4) a	1,3 (0,7) b	0,0 (0,0) a	1,3 (0,8) a
2007						
UGAR	1,6 (1,1) a	0,2 (0,4) a	0,9 (1,0) a	1,7 (1,5) b	1,4 (0,6) a	1,1 (0,5) b
GYEP	1,3 (1,1) a	0,1 (0,3) a	0,6 (0,6) a	1,5 (2,0) ab	0,7 (0,6) a	0,8 (0,6) a
VIRÁG	1,7 (1,2) a	0,1 (0,4) a	0,7 (1,1) a	0,4 (0,6) a	0,7 (0,9) a	0,7 (0,3) a

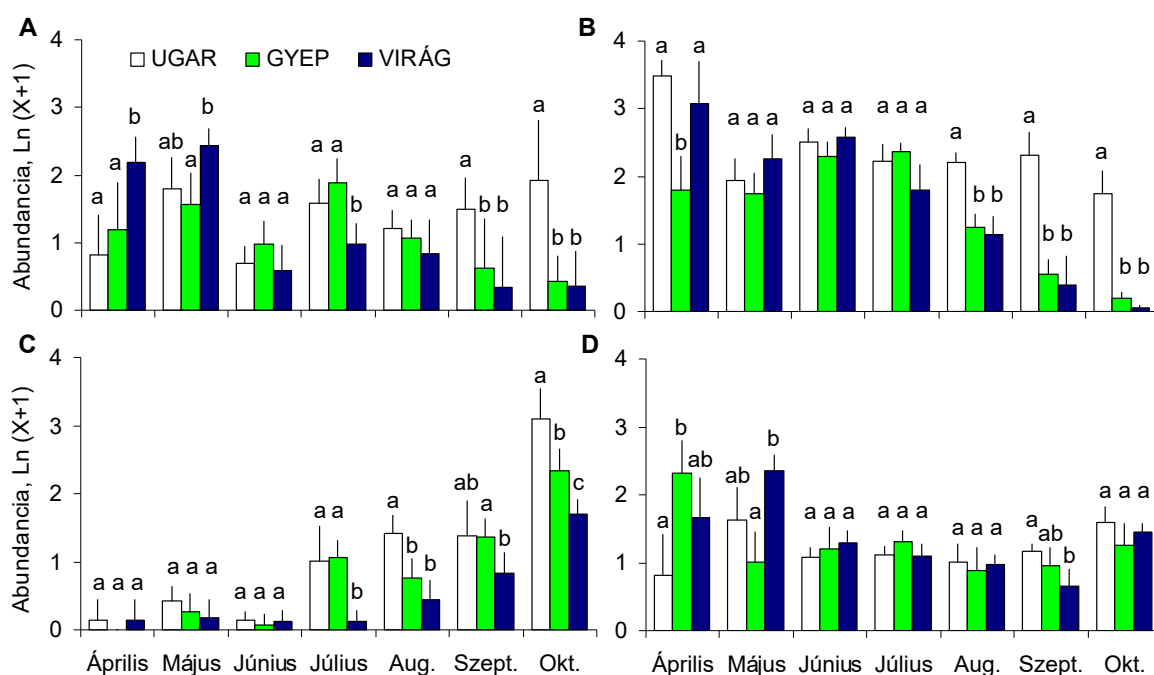
¹ A havi és évenkénti elemzésekben a különböző betűk szignifikáns különbséget ($p < 0,05$) jelölnek.

A *Lasius niger* L. (Formicidae) dolgozók és az afidofág katicabogár imágók összes egyedszáma a vizsgálat legtöbb évében nem különbözött a VIRÁG, és a másik két kezelés között (5.3. ábra). A havi adatokat külön vizsgálva, áprilisban és májusban, a három kezelésben vagy nem különbözött a hangyák és a katicabogarak egyedszáma, vagy a VIRÁG parcellában figyeltünk meg több egyedet (5.4. ábra). Júniusban nem figyeltünk meg különbséget a különböző talajtakarású parcellák között, majd a *L. niger* dolgozók száma júliustól a VIRÁG, majd augusztustól a GYEP parcellában is csökkenni kezdett (5.4. ábra). Ennek eredményeként őszre az UGAR parcellákban a hangyák egyedszáma szignifikánsan nagyobb volt, mint a VIRÁG parcellákban, míg a GYEP és VIRÁG kezelések nem különböztek (5.4. ábra). Hasonló mintázatot figyeltünk meg a vizsgálat első három évében az afidofág katicabogaraknál is (5.4. ábra).



5.3. ábra. (A) *Lasius niger* és (B) afidofág katicabogarak átlagos egyedszáma (összes egyed két fán / hónap) (szórás) Florina fajtán, olyan kísérleti parcellákban, ahol a sorközöket gyommentesen tartották (UGAR), gyepesítették (GYEP), vagy virágzó növényekkel telepítették (VIRÁG). A szignifikáns különbségeket ($p < 0,05$) egy éven belül, eltérő betűkkel jelöltük.

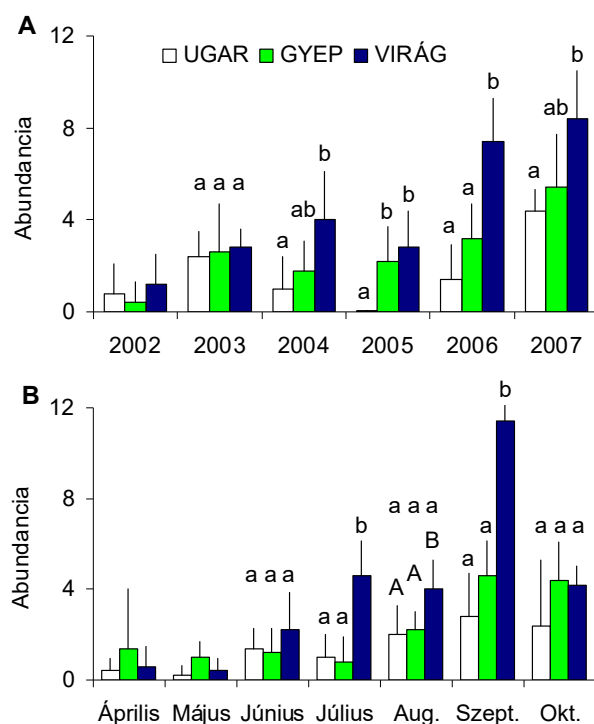
A *L. niger* és az afidofág katicabogarak egyedszáma között pozitív korrelációt figyeltünk meg, mind a vizsgálat első három évében, amikor egyéves, mind a második három évében, amikor élő növényeket is vetettünk (Mantel teszt, 2002–2004: $R = 0,3655$, $P = 0,0326$; 2005–2007: $R = 0,5531$, $P = 0,0021$). A zöld alma-levéltetvek telepeinek száma és a *L. niger* egyedszáma szintén pozitívan korrelált (Mantel teszt: 2002–2004: $R = 0,3753$, $P = 0,0247$; 2005–2007: $R = 0,5545$, $P = 0,0009$). Ugyanakkor a levéltetűtelepek száma és az afidofág katicabogarak száma között nem találtunk kapcsolatot ($P > 0,05$), bár külön, havonta vizsgálva, júniusban és szeptemberben itt is pozitív korrelációt ($P < 0,05$) figyeltünk meg (a statisztikai eredményeket lásd Markó és mtsai., 2013). A *L. niger* dolgozók és az afidofág katicabogár imágók egyedszáma tehát hasonló módon változott, amiből arra következtethetünk, hogy egyedszámuk változása a vegetációs periódusban a zöld alma-levéltetvek egyedszám változását követte. Ezt részben a zöld alma-levéltetű kolóniák számának alakulása is alátámasztja. A hat év során, májusban és júniusban összesen nyolcszor hasonlítottuk össze az UGAR és a VIRÁG parcellákban a levéltetű telepek számát, és ebből csupán egy alkalommal (12,5%) volt nagyobb a telepek száma az UGAR kezelésben (5.8. táblázat). Ezzel szemben a júliusi, augusztusi és szeptemberi 6–6 összehasonlítás során (ebben a sorrendben) két (33,3%), két (33,3%), illetve négy (66,7%) összehasonlításban volt több levéltetű az UGAR kezelésben (5.8. táblázat). A GYEP és VIRÁG kezelésekben a levéltetvek száma között csak kisebb különbségeket találtunk (5.8. táblázat). Összességében tehát mind az *Aphis* spp. telepek, mind a hangyák, és részben az afidofág katicabogarak is a vegetációs periódus során mindinkább az UGAR kezelésben fordultak elő nagyobb számban szemben a VIRÁG kezeléssel.



5.4. ábra. *Lasius niger* (A, B) és afidofág katicabogarak (C, D) átlagos egyedszáma (összes egyed két fán / év) a vizsgálat első, és (A, C) és második (B, D) három évében, Florina fajtán, eltérő sorköz kialakítás esetén. A szignifikáns különbségeket ($p < 0,05$) egy hónapon belül, eltérő betűkkel jelöltük.

A zöldfátyolkákat néhány egyed kivételével egy faj, a közönséges zöldfátyolka [*Chrysoperla carnea* sensu lato (sl) (Stephens), majdnem kizárólag *Chrysoperla affinis* Stephens] (Neuroptera: Chrysopidae) képviselte. Éves, és ezen belül, szezonális egyedszám változása más mintázatot követett, mint a levéltetvek, a *L. niger* és a katicabogarak mintázata. A közönséges zöldfátyolka imágók egyedsűrűsége számszerűen 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 (5.5. ábra). A vegetációs periódus során a közönséges zöldfátyolka egyedsűrűsége áprilisban és májusban volt a legkisebb, majd júniustól nőni kezdett az összes parcellában. A növekedés sokkal meredekebb volt a VIRÁG kezelésben, ami júliusban, augusztusban és szeptemberben szignifikánsan nagyobb egyedszámot eredményezett itt, mint az UGAR, vagy GYEP parcellákban (5.5. ábra).

A vértetű fertőzés mértékét csak 2003-ban vizsgáltuk, minthogy csak ebben az évben fordult elő nagyobb egyedszámban. A 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 (5.9. táblázat).



5.5. ábra. *Chrysoperla carnea* sl. átlagos abundanciája (összes egyed / két fa) ($\pm$ szórás), (A) a vizsgált években, és (B) a vegetációs időszakban, Florina fajtán, olyan kísérlet parcellákban, ahol a sorközöket gyommentesen tartották (UGAR), gyepesítették (GYEP), vagy virágzó növényekkel telepítették (VIRÁG). A szignifikáns különbségeket ugyanazon éven, illetve hónapon belül, eltérő kis ($p < 0,05$) és nagy ($p < 0,10$) betűkkel jelöltük.

5.9. táblázat. Vértetű (*E. lanigerum*) fertőzési index (0-tól, nincs jelen; 8-ig, legnagyobb kártételi szint) Florina fajtán (mindhárom kezelésben) és Jonathan (az UGAR és GYEP kezelésben) és Idared fajtán (a VIRÁG kezelésben) 2003. szeptember 30-án, és a GLMM elemzés eredményei. A különböző betűk szignifikáns különbségeket jeleznek ($P < 0,01$).

	Fertőzési index									GLMM
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Florina										
UGAR	25	0	0	0	0	0	0	0	0	a ¹
GYEP	24	1	0	0	0	0	0	0	0	a
VIRÁG	15	3	1	1	3	2	0	0	0	b
Jonathan és Idared										
UGAR	23	1	1	0	0	0	0	0	0	a ²
GYEP	25	0	0	0	0	0	0	0	0	a
VIRÁG	16	3	2	2	1	0	1	0	0	b

A vizsgált 25 fa eloszlása a Stäubli és Chapuis (1987) által kidolgozott fertőzési kategóriák között.

¹ **Florina:** F: 14,8, d.f.: 68, $P < 0,0001$; VIRÁG (intercept): t (d.f.): 13,7 (68), $P < 0,00001$; UGAR: t (d.f.): -4,82 (68), $P < 0,00001$; GYEP: t (d.f.): -4,59 (68), $P < 0,00001$; reziduális (random): 0,24

² **Jonathan és Idared:** F: 8,18, d.f.: 68, $P < 0,00001$; VIRÁG (intercept): t (d.f.): 17,94 (68), $P < 0,00001$; UGAR: t (d.f.): -3,16 (68), $P = 0,002$; GYEP: t (d.f.): -3,76 (68), $P = 0,0003$; reziduális (random): 0,25

5.5.2. Megvitatás – levéltetvek, hangyák, katicabogarak és zöldfátyolkák

A legnagyobb egyedszámban előforduló két rovarcsoport (a *L. niger* hangyák és az afidofág katicabogarak) egyedszáma korrelált egymással és a levéltetvekkel. A sorközök növényzetének manipulálása vagy nem hatott az éves összesített egyedszámukra, vagy az nagyobb volt az UGAR kezelésben, mint a GYEP-ben és a VIRÁG-ban (5.3. ábra). Tavasszal és júniusban a hangyák és katicabogarak egyedszáma nem különbözött a különböző talajtakarások között, vagy a VIRÁG kezelésben volt nagyobb. Azonban a vegetációs periódus előrehaladtával a hangyák és katicák egyedszáma a VIRÁG és GYEP kezelésben csökkenni kezdett az UGAR kezeléshez viszonyítva (5.4. ábra). A zöld alma-levéltetű telepek száma nagyjából hasonló mintázatot követett, bár a levéltetűmintákat havonta, míg a kopogtatásos mintákat hetente gyűjtöttük, így az előbbieket valószínűleg kevésbé pontos képet mutatnak (5.8. táblázat). Összességében tehát 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 a ragadozók (bogarak és poloskák) inkább követték, semmint szabályozták a levéltetvek egyedszámát. A Magyarországon jellemző száraz nyarakon, Miller (1983) és Walsh és mtsai. (1996) megfigyeléseihez hasonlóan, az almaültetvényekben a hajtásnövekedést gyakran korlátozhatja a rossz vízellátottság. Minthogy az UGAR kezelésben minimálisra csökkentettük az almafák és az aljnövényzet vízért folytatott kompetícióját, ezért itt nagyobb volt a hajtásnövekedés (Markó és mtsai., 2013), ami a zöld alma-levéltetvek nagyobb telepszámához, és így nagyobb hangya, afidofág katicabogár és ragadozó poloska egyedsűrűséghez vezetett (Whitaker és mtsai., 2006). 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 (3. függelék). A gypszint és a hozzá kapcsolódó cukorforrások hiánya az UGAR parcellában (az egész vegetációs periódusban) és a VIRÁG kezelésben (tavasszal) növelhette a zöld alma-levéltetvek hangya-látogatottságát, és ezzel segíthette felszaporodásukat (lásd erről későbbi kutatásainkat, Nagy és mtsai., 2007, 2013). Hasonlóan megfigyeléseinkhez, a korábban végzett vizsgálatok szerint a virágzó növények telepítése, gyepesített sorközökhöz hasonlítva nem csökkentette a zöld alma-levéltetvek egyedsűrűségét almaültetvények lombkoronájában (Vogt és Weigel, 1999; Fréchette és mtsai., 2008; Mullin és mtsai., 2010). Ugarolt sorközökhöz hasonlítva azonban, a virágzó növények és az almafák között a vízért folytatott versengés miatt, a zöld alma-levéltetvek egyedszáma virágzó növények telepítése esetén lecsökkent (Haley és Hogue, 1990; Alins és mtsai., 2007). Csak egyetlen vizsgálat számolt be arról, hogy a sorközökben kialakított gyomsávok a gyepesített sorközökhöz képest csökkentették almafák lombkoronájában a levéltetvek (*A. pomi* és *Dysaphis plantaginea* Passerini) egyedszámát (Wyss, 1995).

Mi lehet az oka annak, hogy a VIRÁG kezelés nem javította a levéltetvek elleni biológiai védekezés hatékonyságát? A levéltetvek és predátoraik jó diszperziós képességekkel rendelkeznek (Hemptonne és mtsai., 2003), források után kutatva nagy távolságokat is megtehetnek repülve (Duelli, 1980; Sárospataki és Markó, 1995). A virágzó takarónövények valószínűleg nem tartják vissza a ragadozókat elég hosszú ideig ahhoz, hogy helyben rakják le tojásaikat (Hemptonne és mtsai., 2003; Langelotto és Denno, 2004; Brown és Mathews, 2008).

Más tényezők, mint az intraguild predáció (például a pókok között) és a peszticidkezelések is akadályozhatják a megőrző növényvédelmet a diverzifikált aljnövényzetű ültetvényekben.

Szemben a zöld alma-levéltetvekkkel, a vértetvek egyedszáma a VIRÁG kezelésben nőtt meg, míg az UGAR és GYEP kezeléseknél kicsi maradt (5.9. táblázat). Valószínűleg a VIRÁG kezelésre jellemző hűvösebb és nedvesebb mikroklíma kedvezett a vértetvek felszaporodásának (Rosenberg és mtsai., 1983; Asante és mtsai., 1991; Walsh és mtsai., 1996). Gontijo és mtsai. (2013) vizsgálataiban viszont, kifejezetten kis parcellákban, ősszel, vértetűvel mesterségesen fertőzött cserepes almafákon, a gyepesített kontrollhoz képest 30–40%-al csökkent a vértetvek egyedsűrűsége akkor, ha a fák alá illatos ternyét (*Lobularia maritima*) (L.) Desv. (Brassicaceae) vetettek.

5.6. A lombkoronában előforduló rovar együttesek és rovarfajok egyedsűrűsége

5.6.1. Eredmények – a leggyakoribb rovar együttesek és rovarfajok egyedsűrűsége

Kopogtatással a vizsgálat során, összesen 10 012 rovar egyedet gyűjtöttünk a lombkoronából, amiből 9247 egyed tartozott a faji szintig határozott csoportokba. A mintákban a hangyák (kizárólag *L. niger*) fordultak elő messze a legnagyobb egyedszámban, őket a ragadozó bogarak (főként afidofág katicabogarak) követték (5.10. táblázat). A Dermaptera, valamint a fungivor és detritivor csoportok ugyanakkor csak kis egyedszámban kerültek elő.

5.10. táblázat. Különböző rovarcsoportok átlagos egyedszáma ($\pm$ szórás) almafák lombkoronájában (összes egyedszám / 2 fa) különböző talajtakarású parcellákban. A szignifikánsan különböző átlagokat ($p < 0,05$) eltérő betűkkel jelöltük. További statisztikai adatokat lásd Markó és mtsai. (2013).

	UGAR	GYEP	VIRÁG	df	W	P
HEMEROBIDAE	7,4 (2,2) a	8,4 (2,2) a	6,2 (1,8) a	2, 7,9	1,430	0,2949
CICADOMORPHA ¹	14,4 (3,1) a	36,4 (14,8) ab	24,2 (3,7) b	2, 7,2	14,291	0,0071
FULGOROMORPHA ¹	3,8 (2,8) a	6,8 (4,1) ab	10,6 (4,1) b	2, 7,6	5,132	0,0387
RAGADOZÓ HETEROPTERA ²	5,6 (1,3) b	3,0 (1,0) a	3,8 (0,4) a	2, 6,6	5,528	0,0388
FITOFÁG HETEROPTERA	12,4 (1,7) a	13,4 (0,9) a	9,4 (4,4) a	2, 6,7	3,354	0,0978
RAGADOZÓ COLEOPTERA ³	169,4 (24,0) b	114,0 (10,7) a	129,0 (18,2) a	2, 7,2	10,210	0,0080
FITOFÁG COLEOPTERA ⁴	11,0 (3,5) a	15,8 (5,0) ab	20,2 (4,8) b	2, 8,0	4,709	0,0446
DIPTERA ¹	32,8 (7,8) a	46,0 (5,3) ab	53,4 (11) b	2, 7,4	6,646	0,0222
PARAZITOID HYMENOPTERA ³	3,2 (1,3) a	5,8 (1,6) a	11,8 (4,4) b	2, 7,4	11,908	0,0048
FORMICIDAE ⁵	707,8 (202,1) c	217,4 (28,6) a	299,0 (25,7) b	2, 7,1	21,265	0,0010
Fajok száma / év	12,3 (1,2) a	14,0 (1,1) ab	14,6 (0,9) b	2, 7,9	5,289	0,0348
Fajok száma / 6 év	40,6 (3,5) a	48,4 (6,3) b	50,0 (3,4) b	2; 7,6	8,972	0,0099

¹ A 2002-es és 2003-as adatokat összevontuk

² A kis mintanagyság miatt, csak az összesített egyedszámokat elemeztük (Robusztus Welch ANOVA)

³ $\ln(x+1)$ transzformált adatok

⁴ Nem-almafogyasztó fitofág bogarak

⁵ Kizárólag *L. niger*

A három talajtakarási eljárás eltérő módon hatott a különböző rovarcsoportokra. A kabócák (Cicadomorpha és Fulgoromorpha), a nem-almafogyasztó fitofág Coleoptera-, a Diptera- és a parazitoid Hymenoptera-csoportok egyedszáma a sorközök növényborításával nőtt a

lombkoronában (5.10. táblázat). Ezzel szemben a *L. niger*, a ragadozó Coleoptera és a ragadozó Heteroptera-csoportok egyedszáma az UGAR-ban nagyobb volt, mint a VIRÁG kezelésben (5.10. táblázat). A barna fátolykák (Hemerobiidae) és a fitofág poloskák (Heteroptera) egyedszáma nem különbözött az eltérő talajtakarások között (5.10. táblázat).

Faji szinten elemezve az adatokat még változatosabb mintázatokat kaptunk. A *C. carnea* sl és a bivalykabóca [*Stictocephala bisonia* Kopp & Yonke (Membracidae)] egyedszáma nőtt a sorközök növényborításával (5.11. táblázat). Ezzel szemben a VIRÁG parcella sűrű aljnövényzete, a GYEP és UGAR parcellákhoz viszonyítva a *Lygus rugulipennis* Poppius (Hemiptera: Miridae) egyedszámának csökkenését eredményezte. A májusi cserebogár (*Melolontha melolontha* L.) (Coleoptera: Melolonthidae) imágók mindkét évben, amikor nagyobb számban gyűjtöttük őket, a VIRÁG parcellából kisebb egyedszámban kerültek elő, mint az UGAR parcellából (5.11. táblázat). A *Coccinella septempunctata* Linnaeus és a *Hippodamia variegata* Goeze (Coleoptera: 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* Paoli) (Cicadellidae) és a *Propylea quatuordecimpunctata* Linnaeus (Coleoptera: Coccinellidae) a GYEP kezeléshez kötődött. Az eltérő sorköz kialakítások nem befolyásolták a *Hemerobius humulinus* L. és a *Micromus angulatus* Stephens (Neuroptera, Hemerobiidae) egyedszámát (5.11. táblázat).

5.11. táblázat. Különböző rovarfajok átlagos egyedszáma ($\pm$ szórás) almafák lombkoronájában (összes egyedszám / 2 fa), különböző talajtakarású parcellákban. A szignifikánsan különböző átlagokat ($p < 0,05$) eltérő betűkkel jelöltük. További statisztikai adatok találhatóak Markó és mtsai., 2013 munkájában.

	UGAR	GYEP	VIRÁG	df	W	P
<i>C. carnea</i> ¹	10,0 (3,3) a	15,6 (3,5) a	26,6 (2,8) b	2, 7,9	36,11	0,0001
<i>H. humulinus</i>	3,0 (1,0) a	2,0 (0,7) a	2,8 (0,5) a	2, 7,3	2,462	0,1527
<i>M. angulatus</i>	4,2 (1,3) a	6,0 (2,0) a	3,0 (1,2) a	2, 7,7	3,887	0,0678
<i>Empoasca</i> sp.	10,6 (3,2) a	31,8 (12,9) b	13,6 (3,3) a	2, 7,3	6,162	0,0273
<i>S. bisonia</i> ²	0,0 (0,0) a	0,6 (0,6) ab	3,4 (2,9) b	2, 7,0	14,695	0,0031
<i>L. rugulipennis</i> ¹	5,8 (0,8) b	6,6 (1,5) b	2,8 (1,1) a	2, 7,6	13,931	0,0029
<i>C. septempunctata</i> ¹	84,6 (15,6) b	47,6 (8,6) a	55,8 (9,0) a	2, 7,7	9,899	0,0075
<i>H. variegata</i> ¹	26,0 (3,4) b	11,6 (0,9) a	13,8 (5,4) a	2, 5,8	37,928	0,0005
<i>P. quatuordecimpunctata</i> ¹	14,8 (6,1) a	27,4 (7,1) b	16,4 (5,0) a	2, 7,8	4,866	0,0423
<i>M. melolontha</i> 2005	11,6 (6,1) b	1,8 (0,8) a	1,8 (1,5) a	2, 6,6	5,764	0,0356
<i>M. melolontha</i> 2007	20,8 (6,9) b	17,8 (6,3) b	7,2 (0,8) a	2, 5,5	14,411	0,0065

¹ A kétfaktoros ismétléses ANOVA elemzés eredményeit lásd Markó és mtsai. (2013).

² Minthogy a szórás 0 volt az UGAR kezelésben, a robusztus Welch ANOVA helyett Brown-Forsythe próbát alkalmaztunk.

5.6.2. Megvitatás – a leggyakoribb rovaregyüttesek és rovarfajok egyedsűrűsége

A VIRÁG parcella sorközeinek növényzete szignifikánsan növelte a kabócák (*Fulgoromorpha*, *Cicadomorpha*), a nem-almafogyasztó fitofág bogarak és kétszárnyúak (*Diptera*) egyedszámát az UGAR parcellához viszonyítva (5.10. táblázat). A GYEP parcellában ezeknek a csoportoknak az egyedszáma köztes értéket vett fel (5.10. táblázat).

Vizsgálatunkban a parazitoid darazsak egyedszáma is több mint háromszorosára nőtt a VIRÁG kezelésben, szemben az UGAR-ral (5.10. táblázat). Ezzel összhangban a parazitáltság növekedését figyeltük meg a VIRÁG kezelésben a *L. malifoliella* esetén is (Markó és mtsai., 2012). Hasonlóan eredményeinkhez a sorközökbe telepített növények, szemben a sorközök fekete ugarolásával, növelték a Hymenoptera parazitoidok egyedszámát citromfák lombkoronájában (Silva és mtsai., 2010) és almaültetvényekben (Zapryanov, 1995). Már a sorközökbe telepített gyeperitkább kaszálásával is növelhető a parazitoidok egyedszáma, legalább is a gyepszinten (Horton és mtsai., 2003). Mesterséges gyomsávok pozitívan hatottak mind a *Diptera*, mind a parazitoid Hymenoptera-csoportok egyedszámára egy almaültetvény lombkoronájában és a gyepszintjén is (Wyss, 1996). Csupán Bostanian és mtsai. (2004) vizsgálatában nem sikerült kimutatni a talajtakaró növények egyértelmű pozitív hatását a parazitoid darazsokra (de ez összefügghet azzal is, hogy a csapdákat a virágzó növényektől távolabb helyezték el). A hüvelyes növények pozitív hatása az alma kisebb jelentőségű kártevőjére, a bivalykabócára jól ismert (Alford, 2007; Świerczewski és Stroiński, 2011).

Szemben a fönti csoportokkal, a *L. niger*, a ragadozó bogarak és a poloskák éves összes egyedszáma a három sorköz kialakítás közül, az UGAR parcellában volt a legnagyobb (5.10. táblázat). A lombkoronában gyűjtött katicabogarak (*C. septempunctata*, *H. variegata*) és ragadozó poloskák (főként *Nabis* (s. str.) p. *pseudoferus* Remane) a gyepszinten is gyakoriak és lárváik általában lágyszárú növényeken fejlődnek ki. Adataink alapján arra következtethetünk, hogy ezek a ragadozók, függetlenül a gyepszint kialakításától, gyorsan kolonizálják azokat az almaültetvényeket, ahol a zöld alma-levéltetvek felszaporodnak (5.11. táblázat). Ezzel szemben a *P. quatuordecimpunctata* a GYEP kezeléshez kötődött, és ősszel fordult elő nagyobb számban a lombkoronában, azaz nem aggregálódott az UGAR kezelésben felszaporodó zöld alma-levéltetű telepeken (5.11. és 5.8. táblázat). Erre Olszak (1986) megfigyelései adhatnak magyarázatot, melyek szerint a *P. quatuordecimpunctata* számára az *A. pomi* nem megfelelő táplálék.

A két Hemerobiidae faj, a *H. humulinus* és a *M. angulatus* nem kötődött egyik talajtakarási módszerhez sem, azaz sem az *Aphis* fajok nagyobb egyedszáma, sem a virágzó növények nagyobb borítása nem befolyásolta egyedsűrűségüket (5.11. táblázat). Ezzel szemben a *C. carnea* sl egyedszáma nőtt a vegetációs periódus során, és júliustól az imágók a VIRÁG kezelésben aggregálódtak, annak ellenére, hogy a zöld alma-levéltetvek és a hozzájuk kapcsolódó mézharmat mennyisége is az UGAR kezelésben volt nagyobb (5.8. táblázat, 5.5. ábra). Egyes adatok arra utalnak, hogy a *Chrysoperla* spp. imágók a gyepszint és a lombkoronaszint között ingáznak (Principi és Canard, 1984; Horton és mtsai., 2009), illetve Smith és mtsai. (1996) és Wyss (1996) megfigyelései szerint a gyepszinten virágzó lágyszárúak pozitív hatással voltak a *Chrysoperla* spp. imágók számára alma és pekándiófák lombkoronájában. Porcel és mtsai. (2013) megfigyelései szerint a herbicid kezelések beszüntetése a *C. carnea* imágók egyedszámának növekedését, míg a lárvák számának csökkenését eredményezte olajfaültetvények lombkoronájában. Ez utóbbi jelenség egyik lehetséges magyarázata, hogy a

gyepszint borításával megnőhetett a tojásokat és lárvákat fogyasztó ragadozók és parazitoidok egyedszáma is (Porcel és mtsai., 2013). 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 teljes fitofág poloska-együttesre, de a domináns *L. rugulipennis* a VIRÁG kezelésben kisebb egyedsűrűségben fordult elő a lombkoronában, mint a másik két kezelésben (5.10. és 5.11. táblázat). A gyümölcsültetvények aljnövényzete általában növeli a fitofág poloskák egyedsűrűségét a lombkoronában (Killian és Meyer, 1984; Kinkorová és Kocourek, 2000), bár a *L. rugulipennis* és a *L. lineolaris* (Palisot de Beauvois) (Heteroptera: Miridae) fajokat a takaró növényzet a légyszárú szinten tarthatja. Például és gyepszint nagyobb gyomborítása csökkentette a *L. rugulipennis* okozta gyümölcskártételt őszibarack- és a *L. lineolaris* okozta gyümölcskártételt almaültetvényekben (Tavella és mtsai., 1996; Bostanian és mtsai., 2004).

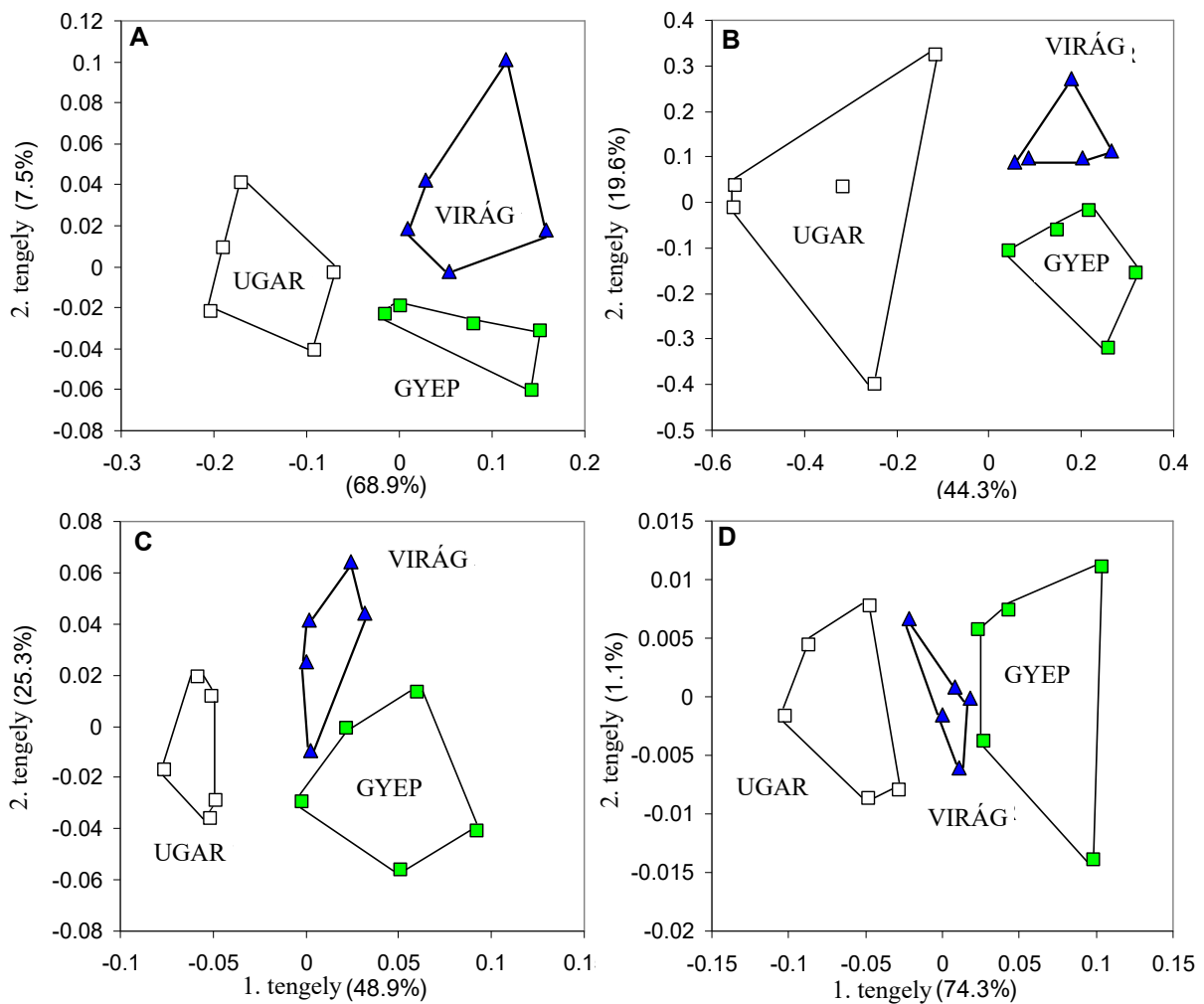
A májusi cserebogarak (*M. melolontha*) mind Európában, mind Magyarországon fontos almakártevők (Homonnay és Homonnayné, 1990; Alford, 2007). Az imágók a lombkoronában táplálkoznak, míg a lárvák különböző gyomok és hüvelyesek gyökerén fejlődnek. Vizsgálatunkban az imágók egyedszáma nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR-ban, míg a GYEP kezelés nem adott egyértelmű eredményt (5.11. táblázat). Lehetséges, hogy a májusi cserebogár nőtények előbb hagyják el azokat a fákat, melyek alatt a tojásrakáshoz kedvező növényborítás nagyobb, mint azokat a fákat, melyek alatt hiányzik az aljnövényzet.

5.7. A lombkoronában kialakuló rovaregyüttesek összetétele és diverzitása

5.7.1. Eredmények – a fontosabb funkcionális rovarcsoportok összetétele és diverzitása

Külön elemeztük az „almafogyasztó”, az „nem-almafogyasztó fitofág” és a „ragadozó” együttesek szimilaritását (5.6. ábra). 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 (5.6. ábra). Ez a mintázat, a teljes rovaregyüttes esetén (amit az előző három funkcionális csoport, valamint a hangyák, fungivorok és detritivorok adatainak összegzésével kaptunk), némileg megváltozott. Az UGAR kezelésben megfigyelt teljes rovaregyüttes továbbra is elkülönült a GYEP kezeléstől, viszont a VIRÁG kezelés, az első tengely mentén, e kettő közé került (5.6. ábra).

Összesen 175 rovarfajt gyűjtöttünk (a Dermaptera-, Neuroptera-, Cicadomorpha-, Fulgoromorpha-, Heteroptera-, 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 rovaregyüttes fajgazdagsága ($\alpha \rightarrow 0$) szignifikánsan ($P < 0,05$) nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR-ban (5.7. ábra, 5.10. táblázat; további statisztikai adatokat lásd Markó és mtsai., 2013). Ugyanakkor a ragadozó rovaregyüttes fajgazdagsága nem különbözött a különböző talajtakarások esetén, sem a teljes időszakot (5.7. ábra), sem az április és június közötti időszakot vizsgálva, amikor a levéltetű telepek száma még nem kezdett nőni az UGAR kezelésben (d.f. = 2, 12; $F = 1,213$, $P = 0,3313$).



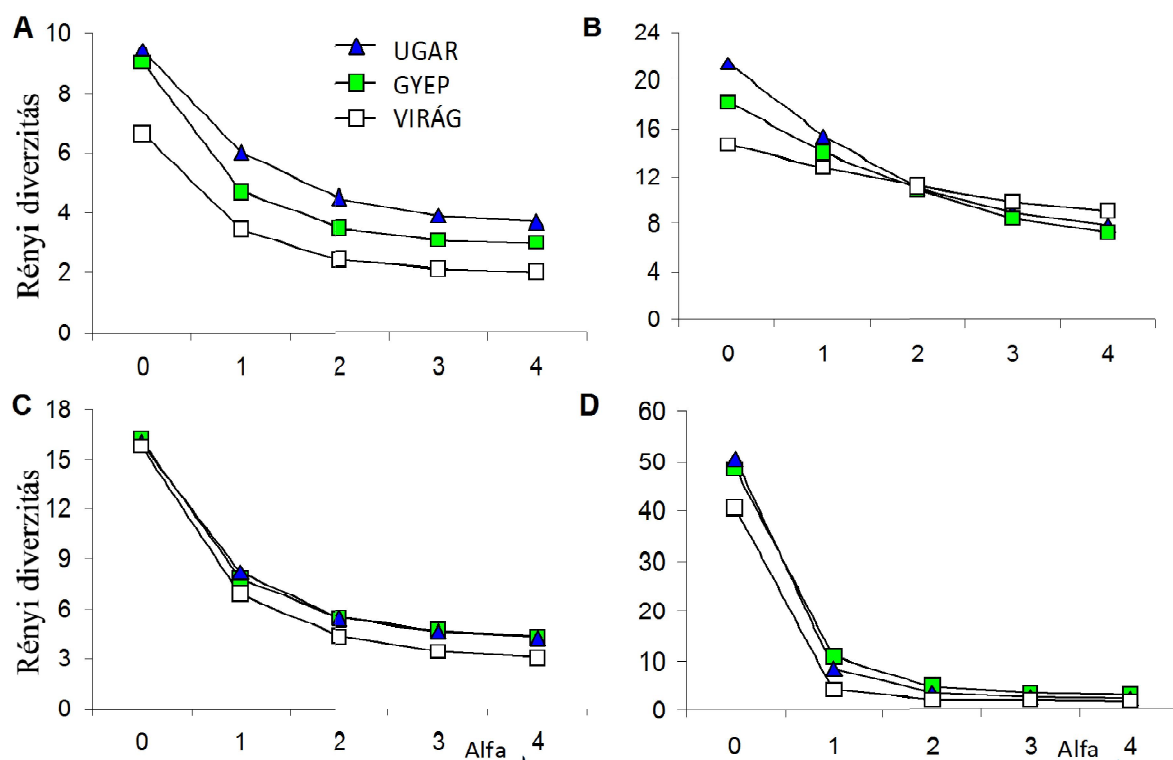
5.6. ábra. A lombkoronában kialakuló rovaregyüttesek (hatéves összesített fogás az öt alparcellában; Dermaptera; Hemiptera: Fulgoromorpha, Cicadomorpha és Heteroptera; Neuroptera; Coleoptera; Formicidae) összehasonlítása főkoordináta elemzéssel (Morisita szimilaritás) (□ UGAR, ■ GYEP és ▲ VIRÁG). (A) Almafogyasztó fitofágok, (B) nem-alfafogyasztó fitofágok, (C) predátorok, (D) a teljes rovaregyüttes (alfafogyasztók + nem-alfafogyasztó fitofágok + predátorok + fungivorok és detritivorok + hangyák). Az Eigen értékeket (az adott tengely a variancia hány %-át magyarázza) a tengelyek mentén tüntettük fel. Minden mintát Florina fajtáról gyűjtöttünk.

Nagyobb α skálaparaméterek esetén ($\alpha \geq 1$) az almafogyasztók, ragadozók és a teljes rovaregyüttes Rényi diverzitása szignifikánsan ($P < 0,05$) nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR-ban, míg a nem-alfafogyasztó rovaregyüttes diverzitása nem különbözött (5.7. ábra, további statisztikai adatokat lásd Markó és mtsai., 2013). A VIRÁG és GYEP parcellák rovaregyüttesei kevésbé különböztek el (5.6. ábra, Markó és mtsai., 2013). Csak a *L. niger* VIRÁG és UGAR kezelésben megfigyelt nagyobb egyedsűrűsége változtatta meg ezt a mintázatot, és mozdította el a VIRÁG parcellában megfigyelt rovaregyüttesek diverzitását az UGAR irányába (5.7. ábra, Markó és mtsai., 2013).

5.7.2. Megvitatás – Fontosabb funkcionális rovarcsoportok összetétele és diverzitása

Eredményeink szerint gyümölcsültetvényekben a talajtakaró növényzet fontos szerepet tölt be a lombkorona rovaregyütteseinek szerveződésében. Az olyan fontos funkcionális csoportok, mint az almafogyasztók, a nem-almafogyasztó fitófágok és a predátorok összetétele alapvetően különbözött az UGAR kezelések és a GYEP, valamint VIRÁG kezelések között. A GYEP és VIRÁG parcellák között jelentősen kisebb különbségeket figyeltünk meg (5.5. ábra).

Az almafogyasztók, a nem-almafogyasztó fitófágok és a teljes rovaregyüttes fajgazdagsága ($\alpha \rightarrow 0$) nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR-ban, míg a GYEP kezelésben a fajgazdagság köztes értékeket mutatott (5.5. ábra, 5.3. táblázat). A ragadozó együttes fajgazdagsága viszont nem különbözött a talajtakaró növényzet függvényében, sem az egész évben, sem a vegetációs periódus első felére vonatkoztatva, amikor a zöld almalevéltetvek egyedszáma többé-kevésbé azonos volt a három kezelésben. Nagyobb skálaparaméterek esetén ($\alpha > 0$) kevésbé konzisztens eredményt kaptunk (5. ábra). Általánosságban, a diverzitás nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR-ban, míg a GYEP köztes, de a VIRÁG kezeléshez közelebb álló értéket vett fel. Ugyanakkor a nem-almafogyasztó fitófág együttesek Rényi diverzitása nem különbözött (5.6. ábra).



5.7. ábra. Lombkorona rovaregyüttesek (Deramaptera; Hemiptera: Fulgoromorpha, Cicadomorpha és Heteroptera; Neuroptera; Coleoptera; Formicidae) diverzitása (exponenciális Rényi diverzitás) almaültetvény különböző talajtakarású parcelláiban (□ UGAR, ■ GYEP és ▲ VIRÁG). (A) almafogyasztók, (B) nem-almafogyasztó fitófágok, (C) predátorok, (D) teljes rovaregyüttes.

Viszonylag kevés kutatás foglalkozott azzal, hogy a gypszint növényzete hogyan hat a lombkorona rovaregyütteseinek összetételére és diverzitására, de ezek többnyire a mienkhez hasonló következtetésekre jutottak. Silva és mtsai. (2010) hasonló fajgazdagságú és Shannon diverzitású katicabogár-együtteseket figyeltek meg fekete ugaros, lágyszárú növényekkel vetett és természetes gyomvegetációjú citromültetvényekben. Kinkorová és Kocourek (2000) vizsgálatai szerint az almaültetvények sorközeibe telepített virágzó növények, gypesített sorközökhöz hasonlítva, a legtöbb évben megnövelték a lombkorona poloskaegyütteseinek Shannon diverzitását. Ugyanígy meggyültetvényekben a vizsgált rovaregyüttesek fajgazdagsága és Shannon diverzitása nagyobb volt a talajtakaró növényekkel telepített parcellákban, mint a gypesített kontrollban (Sirrinc és mtsai., 2008). Ezzel szemben Smith és mtsai. (1996) szerint pekándió-ültetvényekben a takarónövényzet megléte vagy hiánya nem befolyásolta a lombkorona ízeltlábú-együtteseinek diverzitását.

5.8. Talajtakaró növényzet hatása almaültetvények pókegyütteseire

5.8.1. Eredmények – pókok

Vizsgálatunk során összesen 4321 pókegyedet (Araneae) gyűjtöttünk a kísérleti almaültetvény lombkoronájából, melyek 47 genuszba és 62 fajba tartoztak (ebből 7 fajt csak genusz szintig határoztunk meg). 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 kezeléseknél. A pókegyüttesek egyedsűrűsége a VIRÁG parcellában minden évben szignifikánsan (2002–2004, 2006, 2007) vagy numerikusan (2005) nagyobb volt, mint az UGAR parcellában. A GYEP parcellában a pókegyüttesek egyedsűrűsége köztes értéket vett fel (5.12. táblázat). A különböző ragadozó guildek eltérő módon reagáltak a sorközök kialakítására. A cserkésző vadászstratégiájú pókok (Salticidae) egyedszáma a lombkoronában meredeken, a lesből támadók (főként Thomisidae, Philodromidae és Pisauridae) egyedszáma pedig enyhén nőtt a sorközök növényborítottságával. Ezzel szemben a térhálót szövők (Theridiidae) és a kerekhálót szövők (Araneidae és kevesebb Tetragnathidae) egyedszáma nem különbözött az eltérő kezeléseknél (5.8. ábra).

5.12. táblázat. Pókegyüttesek átlagos egyedsűrűsége (egyedszám két fán / mintavételi nap, $\pm$ S.H.), genuszok (juvenilis pókok) és fajok (adult pókok) száma (genuszok, vagy fajok száma két fán / év, $\pm$ S.H.) különböző talajtakarású parcellákban, és a pókok növekedési rátája a feketeugaros (Ugar) és VIRÁG (Vir) kezeléseknél. A különböző betűk egy éven belül szignifikáns különbséget jelölnek ($p < 0,05$). A kéttényezős ismétléses ANOVA további eredményeit lásd Markó és mtsai. (2014).

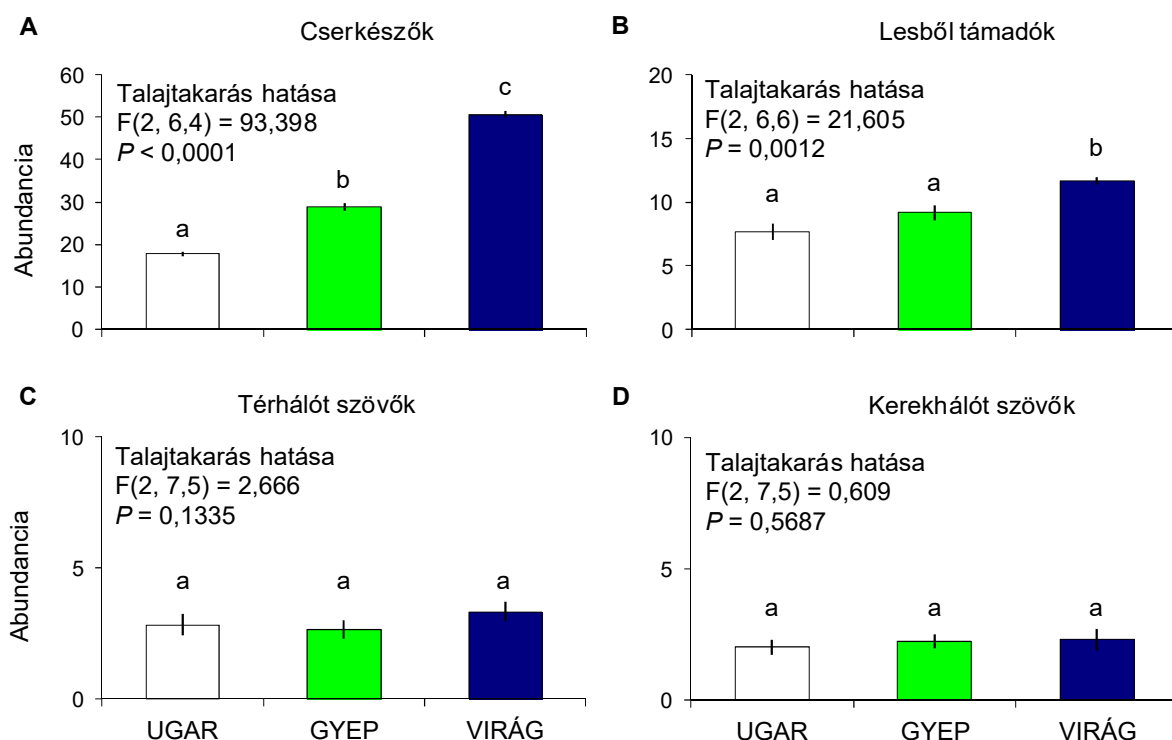
	Ugar	Gyep	Virág	D. f.	F	P	Vir/Ugar
2002	0,7 (0,1) a	0,7 (0,1) a	2,1 (0,2) b	2, 7,5	13,128	0,0036	3,1
2003	0,6 (0,2) a	1,1 (0,3) ab	1,8 (0,2) b	2, 7,6	8,105	0,0130	2,9
2004	0,7 (0,1) a	0,9 (0,1) a	2,7 (0,2) b	2, 6,9	43,441	0,0001	3,8
2005	1,1 (0,2) a	1,3 (0,1) a	1,5 (0,1) a	2, 7,6	2,707	0,1294	1,3
2006	1,5 (0,1) a	2,3 (0,1) b	2,7 (0,2) b	2, 8,0	15,935	0,0016	1,8
2007	3,2 (0,1) a	4,5 (0,2) b	7,1 (0,1) c	2, 6,7	161,265	0,0000	2,2
2002 – 2007	1,4 (0,2) a	1,9 (0,1) b	3,1 (0,2) c	2, 7,6	106,176	0,0000	2,3
Genusz szám ¹	7,2 (0,4) a	7,9 (0,2) ab	8,5 (0,1) b	2, 7,6	5,743	0,0302	—
Fajszám ²	2,9 (0,3) a	3,3 (0,2) a	4,1 (0,2) b	2, 7,5	8,016	0,0138	—

¹ Juvenilis egyedek

² Adult egyedek

A vizsgált ültetvényben, az adult együttesen belül a domináns pókfaj a *Carrhotus xanthogramma* (Latreille) (Salticidae) volt, melyet a *Heliophanus auratus* L. Koch (Salticidae), az *Ebrechtella tricuspidata* (Fabricius) (Thomisidae) és a *Heliophanus cupreus* (Walckenaer) (Salticidae) követett. A juvenilis együttesen belül a legnagyobb egyedszámban a *Carrhotus* (kizárólag *C. xanthogramma*), a *Xysticus* (kivéve *X. ulmi* Hahn, valószínűleg *Xysticus kochi* Thorell, Thomisidae), *Theridion* (adultak: *Theridion impressum* L. Koch, kisebb számban *Theridion varians* Hahn, Theridiidae), és a *Heliophanus* genuszok (adultak: *H. cupreus* és *H. auratus*) fajai fordultak elő.

A legtöbb pókfaj egyedsűrűsége nőtt a sorközök növényborításával (5.13. táblázat). A *Heliophanus auratus* adultak, a *C. xanthogramma*, a többi (nem-*Carrhotus* és nem-*Heliophanus*) ugrópókok [főként *Salticus scenicus* (Clerck)], a *X. ulmi* és az *E. tricuspidata* egyedszáma szignifikánsan nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR-ban. Hasonló növekedést figyeltünk meg a *Philodromus* spp. esetén a VIRÁG kezelésben a GYEP-hez viszonyítva. A fent említett pókcsoportok többségénél a GYEP kezelésben az egyedszámok az UGAR és a VIRÁG közötti értéket vették fel, és a GYEP kezelés, az UGAR-hoz viszonyítva, már önmagában is növelte a *H. auratus*, a *C. xanthogramma* és az *E. tricuspidata* egyedszámát (5.13. táblázat).



5.8. ábra. Különböző pókgyídek átlagos egyedszáma (egyedszám két fán / év, $\pm$ S.H.) különböző talajtakarású almaparcellákban. (A) Cserkészzők, (B) Lesből támadók, (C) Térhálót szövőők és (D) Kerekhálót szövőők. A kéttényezős ismétléses ANOVA eredményei; a további statisztikai adatokat lásd Markó és mtsai. (2014). A különböző betűk szignifikáns ($p < 0,05$) különbségeket jeleznek. A vertikális tengelyen a skála különböző!

Ezzel szemben a *Misumena vatia* (Clerck) (Thomisidae), a *Xysticus* (nem-*X. ulmi*) spp., a *Theridion* spp, az *Araniella* spp. [adultak: *A. cucurbitina* (Clerck)] és az *A. opisthographa* (Kulczynski), Araneidae] esetén a kezelések nem befolyásolták az egyedszámokat. Végül a *H. cupreus* és a *Mangora acalypha* (Walckenaer) (Araneidae) egyedszámmintázata jelentősen eltért a többi pókfajnál megfigyeltétől (5.13. táblázat). A *H. cupreus* egyedsűrűsége szignifikánsan nagyobb volt az UGAR kezelésben, mint azokban a parcellákban, ahol a talajfelszín növényzet borította (GYEP, VIRÁG). A *M. acalypha* egyedsűrűsége is nagyobb volt a GYEP és UGAR kezelésben, mint azokon az almafákon, amik alatt sűrű és magas lágyszárú szintet alakítottunk ki (VIRÁG), [bár a különbség a VIRÁG és UGAR kezelések között csak tendenciaszerű volt: $W(7,7) = 1,967$, $P = 0,0859$].

A kezelések különböző módon hatottak a három vizsgált pókcsaládban az ivararányokra. A Salticidae családnál a sorközők növényborításának növekedésével az ivararány a hímek irányába tolódott el. A Thomisidae családnál az ivararányt nem befolyásolta a sorközők növényborítása, míg a Theridiidae családnál a sorközők növényborításának növekedésével csökkent a hímek aránya, bár ez utóbbi esetben a kis mintanagyság miatt biztos következtetéseket nem vonhatunk le (5.14. táblázat).

5.13. táblázat. Lombkorona pókegyüttesek átlagos egyedszáma (6 éves összes fogás / 2 fa, $\pm$ S. H.) különböző sorközművelésű parcellákban, a statisztikai összehasonlítások és a pókok növekedési rátája a feketeugaros (Ugar) és VIRÁG (Vir) kezelésekből. A különböző betűk szignifikáns ($p < 0,05$) különbségeket jelölnek. A kétfaktoros ismétléses ANOVA további eredményeit lásd Markó és mtsai. (2014).

	UGAR	GYEP	VIRÁG	F	D. f.	P	Vir/Ugar
Cserkészők							
<i>H. auratus</i> adultak	1,4 (0,5) a	10,4 (1,8) b	12,6 (1,7) b	17,094 ⁵	2, 12	0,0003	9,0
<i>C. xanthogramma</i> ¹	74,6 (2,3) a	141,6 (5,9) b	258,2 (5,6) c	434,462 ⁶	2, 6,6	0,0000	3,5
Egyéb Salticidae ¹	5,6 (1,0) a	5,6 (1,5) a	10,4 (1,0) b	5,383 ⁵	2, 12	0,0214	1,9
<i>Heliophanus</i> juv. ²	13,2 (2,8) a	7,2 (1,3) a	7,4 (1,5) a	2,943 ⁵	2, 12	0,0912	(0,6)
<i>H. cupreus</i> adultak	7,6 (1,2) b	0,6 (0,2) a	1,2 (0,4) a	27,205 ⁵	2, 12	0,0000	0,2
Lesből támadók							
<i>X. ulmi</i> ¹	5,0 (1,3) a	7,2 (1,0) ab	13,4 (2,5) b	6,187 ⁵	2, 12	0,0142	2,7
<i>E. tricuspidata</i> ¹	6,4 (0,5) a	13,8 (0,5) b	12,4 (1,5) b	51,052 ⁶	2, 7,3	0,0000	1,9
<i>Philodromus</i> spp. ¹	11,6 (2,0) ab	9,4 (0,9) a	16,0 (1,6) b	5,809 ⁶	2, 7,1	0,0323	(1,4)
<i>M. vatia</i> ¹	2,2 (1,0) a	4,0 (1,3) a	3,4 (1,4) a	0,966 ^{5,7}	2, 12	0,4082	(1,5)
<i>Xysticus</i> spp. ³	17,8 (3,3) a	18,0 (1,7) a	18,4 (1,2) a	1,824 ⁶	2, 7,8	0,2239	(1,0)
Térhálót szövőők							
<i>Theridion</i> spp. ¹	15,0 (2,3) a	12,8 (2,5) a	17,2 (2,0) a	0,887 ⁶	2, 7,9	0,4489	(1,1)
Kerekhálót szövőők							
<i>Araniella</i> spp.	4,0 (1,2) a	2,2 (0,7) a	4,8 (0,9) a	2,062 ⁵	2, 12	0,1699	(1,2)
<i>M. acalypha</i> ⁴	5,8 (1,3) ab	8,0 (1,3) b	3,8 (0,7) a	4,801 ^{5,7}	2, 12	0,0294	(0,7)

¹ Juvenilis pókok + adult pókok

² *Heliophanus* spp. juvenilis egyedek (főként *H. cupreus* és *H. auratus*)

³ *Xysticus* spp. kivéve *X. ulmi* (majdnem kizárólag juvenilis egyedek)

⁴ Csak juvenilis egyedeket gyűjtöttünk

⁵ ANOVA

⁶ Kétfaktoros ismétléses ANOVA

⁷ Az adatokat $\ln(x+1)$ transzformáltuk annak érdekében, hogy megfeleljenek az ANOVA követelményeinek.

5.14. táblázat. Hímek aránya az adult pókegyüttesekben (és az adultak száma) a Salticidae, Thomisidae és Theridiidae családokban, valamint a Fisher-féle egzakt próba eredménye. A különböző betűk egy családon belül szignifikáns különbségeket ($p < 0,05$) jelölnek.

	UGAR	GYEP	VIRÁG
Salticidae ^{1, 3}	15% a (81)	29% b (131)	33% b (177)
Thomisidae ²	58% a (24)	58% a (48)	58% a (36)
Theridiidae	58% (12)	25% (16)	21% (19)

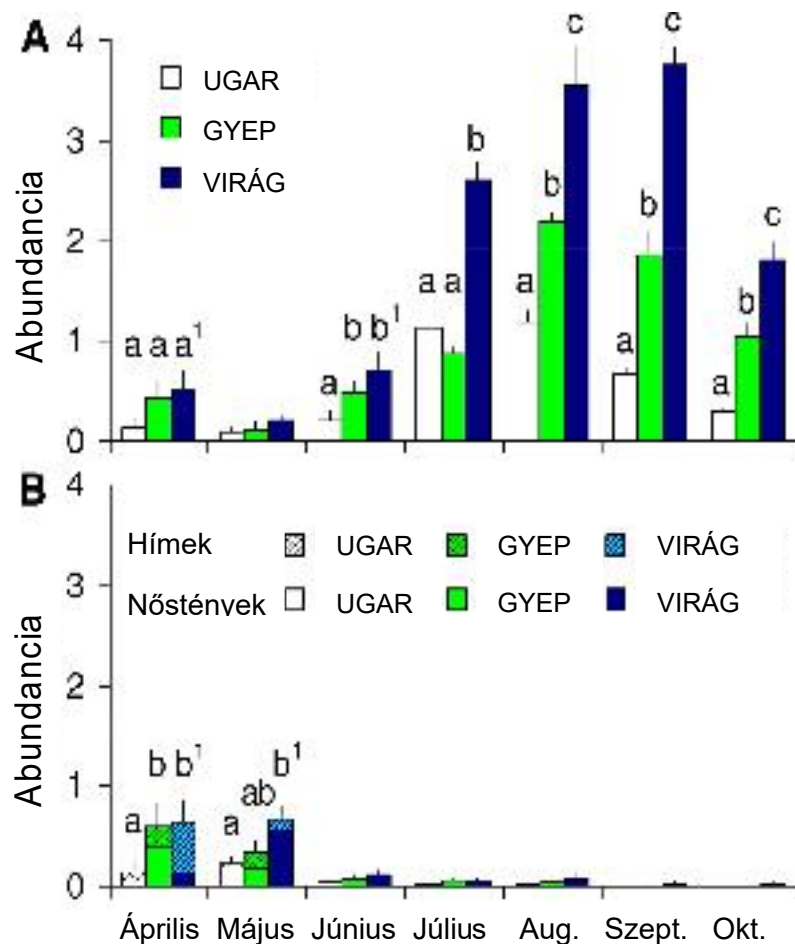
¹ $P(\text{UGAR}/\text{GYEP}) = 0,0200$, $P(\text{UGAR}/\text{VIRÁG}) = 0,0026$, $P(\text{GYEP}/\text{VIRÁG}) = 0,6209$

² $P(\text{UGAR}/\text{GYEP}) = 1,0000$, $P(\text{UGAR}/\text{VIRÁG}) = 1,0000$, $P(\text{GYEP}/\text{VIRÁG}) = 1,0000$

³ Hím/nőstény arányok az UGAR, GYEP és VIRÁG parcellákban (ebben a sorrendben): *C. xanthogramma*: 2/23, 20/44, 19/64; *Heliophanus* spp.: 7/39, 17/38, 33/36; *Salticus* spp.: 0/7, 1/7, 4/9

Pókok egyedszámának időbeli változása

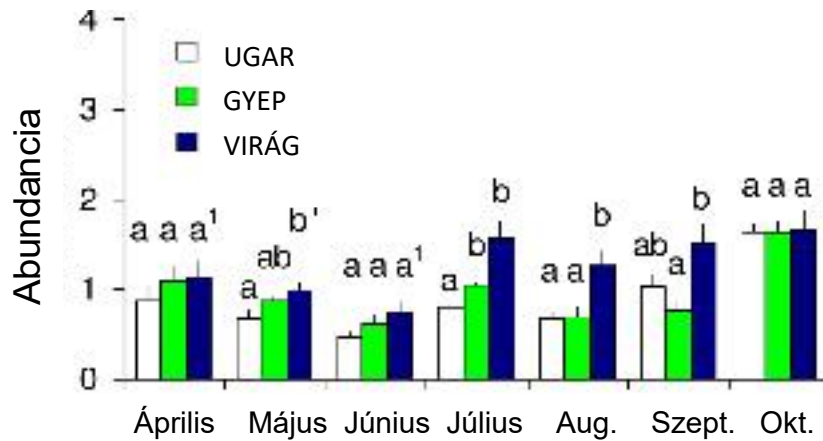
Mint ahogy a *C. xanthogramma* mindhárom kezelésben nagy dominanciával fordult elő (az UGAR, GYEP és VIRÁG parcellákban a teljes pókegyüttes 40, 54 és 63%-át adta), ezért a teljes pókegyüttes helyett külön vizsgáljuk a *C. xanthogramma* és az egyéb (nem-*C. xanthogramma*) pókok egyedszámának alakulását (5.9. és 5.10. ábra). A *C. xanthogramma* egyedek főként szubadult és az azt megelőző fejlődési stádiumban teleltek, és április-májusban alakultak adulttá (5.9. ábra). A hímek áprilisban, május elején, míg a nőstények inkább májusban fordultak elő. Május 18-a után nem gyűjtöttünk hímeket, míg egy-egy nőstény, különösen a VIRÁG kezelésben, az egész vegetációs periódus során előkerült (5.9. ábra). A juvenilis pókok száma júniustól kezdett növekedni, leginkább a VIRÁG parcellában, ami azt eredményezte, hogy egyedszámuk ettől a hónaptól szignifikánsan nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR vagy GYEP parcellákban (5.9. ábra). A *C. xanthogramma* juvenilisok száma az UGAR és GYEP parcellákban szeptemberben, míg a VIRÁG parcellában egy hónappal később, októberben kezdett csökkenni. A különböző kezelések között a legnagyobb különbséget szeptemberben és októberben mértük, amikor a VIRÁG parcellában az UGAR-hoz viszonyítva 5,6-szor és 6,2-szer több egyed fordult elő. A VIRÁG és GYEP parcella között a legnagyobb, 2,9-szeres különbséget júliusban figyeltük meg (5.9. ábra).



5.9. ábra. *Carrhotus xanthogramma* átlagos abundanciája (egyedszám két fán / mintavételi időpont, $\pm$ S. H.) a vegetációs periódus során. (A) Juvenilis egyedek, (B) Adult egyedek. A különböző betűk egy hónapon belül szignifikáns ($p < 0,05$) különbségeket jeleznek.

¹ A statisztikai elemzés $\ln(x+1)$ transzformált adatokon alapult.

Ezzel szemben az egyéb pókok esetén a különbségek kevésbé szembetűnők (5.10. ábra). A VIRÁG kezelésben a vegetációs periódus második felében számuk csak enyhén ingadozott, míg az UGAR és GYEP kezeléseknél októberben gyűjtöttük a legtöbb egyedet (5.10. ábra). Az egyéb pókok csoportjánál a kezelések közötti különbségek is kisebbek voltak, mint a *C. xanthogramma*-nál. A VIRÁG kezelésben júliusban 2,0-szor, augusztusban 1,9-szer több pókot gyűjtöttünk, mint az UGAR kezelésben, míg a VIRÁG és GYEP kezelés között a legnagyobb 2,0-szeres különbséget szeptemberben figyeltük meg (5.10. ábra).



5.10. ábra. *Nem-Carrhotus xanthogramma* pókok átlagos abundanciája (egyedszám két fán / mintavételi időpont, $\pm$ S. H.) a vegetációs periódus során. A különböző betűk egy hónapon belül szignifikáns ($p < 0,05$) különbségeket jeleznek. ¹ A statisztikai elemzés $\ln(x+1)$ transzformált adatokon alapult.

Pókegyüttesek összetétele és diverzitása

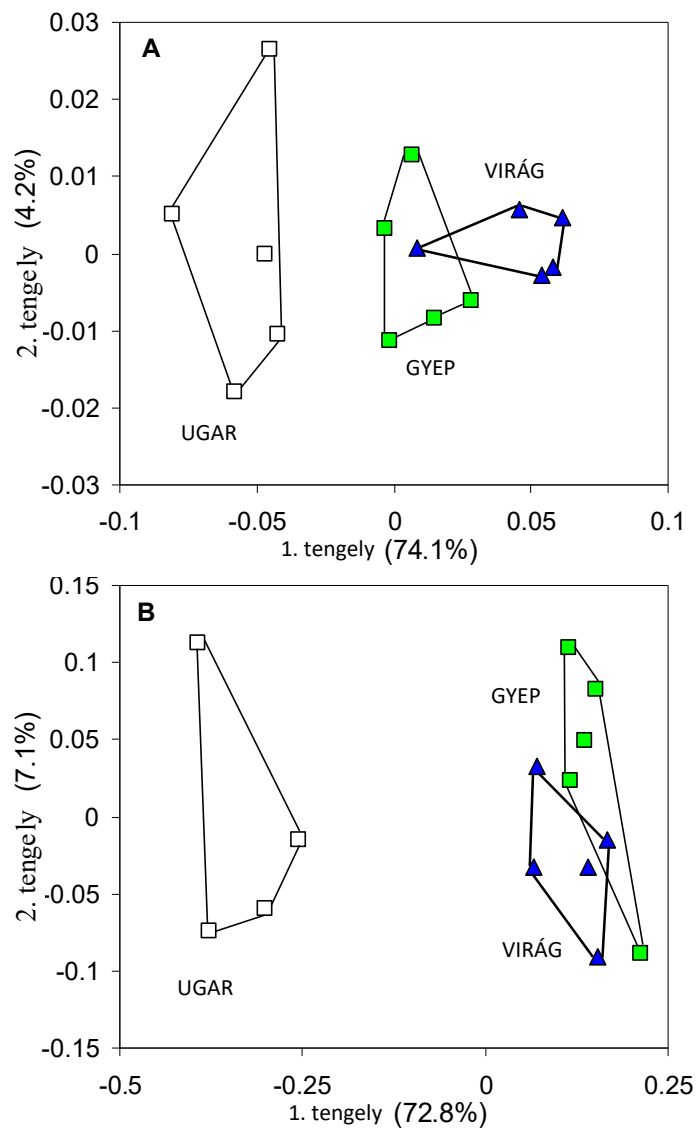
A pókegyüttesek szimilaritását és diverzitását külön elemeztük a juvenilis és adult pókegyüttesek esetén. A metrikus ordináció (Morisita index) hasonló mintázatot mutatott mindkét csoportnál. Az UGAR parcella pókegyüttese a teljes variancia 72,8–74,1%-át magyarázó első tengely mentén elkülönültek a GYEP és VIRÁG parcellákban megfigyelt együttesektől. A GYEP és VIRÁG parcellákban megfigyelt pókegyüttesek viszont összetételükben nem különböztek (5.11. ábra).

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 fajszám és genuszszám szignifikánsan nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR-ban, míg a GYEP köztes értékeket vett fel (5.12. táblázat).

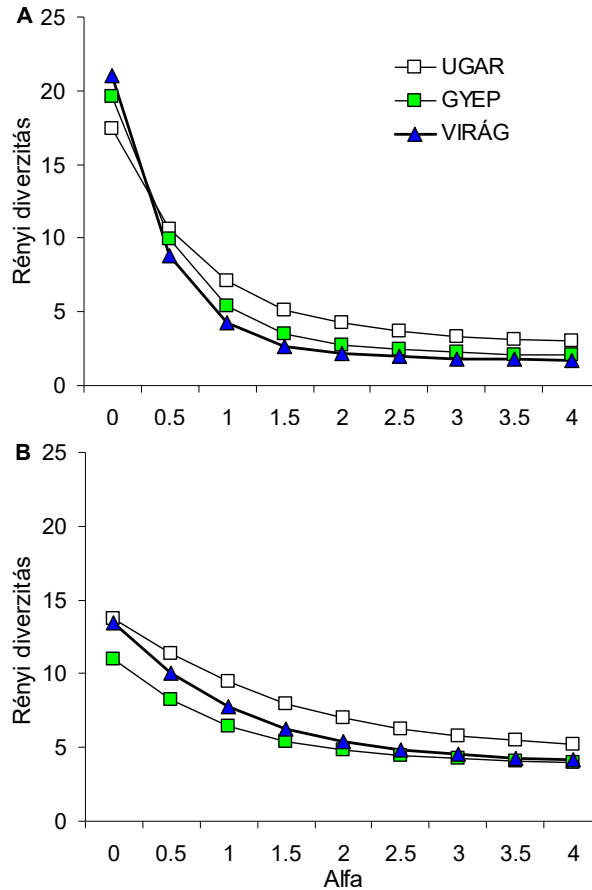
Szemben a genuszok számánál megfigyelttel ($\alpha \rightarrow 0$), nagyobb α skálaparaméter értékeknél ($\alpha \geq 1$) a juvenilis pókegyüttesek Rényi diverzitása szignifikánsan nagyobb volt ($P < 0,05$ minden összehasonlításban) az UGAR kezelésben, mint az aljnövényzettel telepített (GYEP és VIRÁG) parcellában (5.12.A ábra, a statisztikai elemzés eredményeit lásd Markó és mtsai., 2014). Ugyanezt figyeltük meg az adult együttesek esetén is. Az UGAR kezelésben diverzitásuk nagyobb volt, mint a GYEP és VIRÁG kezeléseknél, bár a különbség csak az UGAR és a GYEP kezelések között volt szignifikáns (5.12.B ábra).

Pókok és potenciális zsákmányuk

A *C. xanthogramma*, az egyéb (nem-*C. xanthogramma*) pókok száma és a pókok teljes egyedszáma, valamint 14 potenciális zsákmánycsoport egyedszáma közötti korrelációkat az 5.15. táblázatban foglaltuk össze. A parazitoid darazsak (parazitoid Hymenoptera), kétszárnyúak (Diptera) és a kabócák (Auchenorrhyncha alrend) csoportjai voltak a legjobb prediktorai a pókok egyedszámának. A *C. xanthogramma* a fitofág (nem-almafogyasztó) bogarak egyedszámával is korrelált (5.15. táblázat). Ezzel szemben a *C. xanthogramma*, az egyéb pókok vagy a teljes pókegyüttes egyedszáma nem mutatott korrelációt az almafákon megfigyelt egyik kártevőcsoport egyedszámával sem (5.15. táblázat).



5.11. ábra. Lombkorona pókegyüttesek szimilitása (Főkoordináta módszer, Morisita hasonlóság) a hat éves összesített fogás alapján, különböző talajtakarású parcellákban (□ UGAR, ■ GYEP és ▲ VIRÁG): (A) juvenilis pókok, (B) adult pókok. Az Eigen értékeket (az adott tengely a variancia hány %-át magyarázza) a tengelyek címe után tüntettük fel. Minden mintát Florina fajtáról gyűjtöttünk.



5.12. ábra. Lombkorona pókegyüttesek exponenciális Rényi diverzitása különböző talajtakarású (□ UGAR, ■ GYEP és ▲ VIRÁG) almaparcellákban: (A) juvenilis pókok, (B) adult pókok. A statisztikai összehasonlítás adatait lásd Markó és mtsai. (2014).

5.8.2. Megvitatás – pókok

Összességében megállapíthatjuk, hogy az almaültetvények sorközeibe telepített diverz és nagyborítású növényzet jelentős mértékben növelte a lombkoronában a pókegyüttesek egyedsűrűségét. Ugyanakkor ez a megnövekedett egyedszám nem járt együtt a kártevők hatékonyabb szabályozásával.

A vizsgált ültetvényben a pókok a legnagyobb egyedszámban előforduló természetes ellenségek közé tartoztak. Az almafák lombkoronájában megfigyelt ragadozó makroízeltlábú-együttes (ragadozó bogarak és poloskák, fátyolkák, fülbemászók, szöcskék, kaszáspókok és pókok) összes egyedszámának 65%-át, teljes fajszámának 57%-át képviselték a pókok (Markó és mtsai., 2013, 2014). Vizsgálatunkban a sorközökben kialakított diverz és nagy borítású lágyszárú vegetáció minden évben növelte a lombkoronában a pókok egyedszámát (5.12. táblázat). Ez különösen szembeötlő akkor, amikor a VIRÁG kezelést az UGAR-ral hasonlítjuk össze. A sorközökbe telepített lágyszárúak, a GYEP kezeléshez viszonyítva is egyértelműen, bár kisebb mértékben növelték a pókok egyedsűrűségét a lombkoronában (5.12. táblázat).

5.15. táblázat. *Carrhotus xanthogramma*, nem-*C. xanthogramma* pókok (egyéb pókok), a teljes pókegyüttes (összes pók), valamint a vizsgált potenciális préda állatok egyedszáma közötti korreláció.

Potenciális prédacsoport	<i>C. xanthogramma</i>		Egyéb pókok		Összes pók	
	Rho	P	Rho	P	Rho	P
Nem kártevő rovarok						
Parazitoid Hymenoptera	0,804**	0,000	0,854**	0,000	0,873**	0,000
Diptera	0,618*	0,014	0,520*	0,047	0,767**	0,001
Auchenorrhyncha	0,614*	0,015	0,513	0,051	0,650**	0,009
Fitofág Coleoptera ¹	0,611*	0,015	0,443	0,098	0,566*	0,028
Egyéb Coleoptera ²	0,406	0,133	0,272	0,326	0,430	0,109
Lepidoptera	0,096	0,734	-0,130	0,644	0,082	0,771
Heteroptera	-0,091	0,748	0,091	0,748	-0,029	0,919
Formicidae	-0,451	0,091	-0,211	0,450	-0,448	0,094
Ragadozó Coleoptera	-0,598*	0,019	-0,356	0,193	-0,468	0,078
Alma kártevők						
Almafogyasztók ³	0,294	0,288	0,157	0,576	0,380	0,162
<i>A. orana</i> J & I ⁴	0,368	0,178	0,079	0,7800	0,334	0,223
Levélnázó-molyok ⁵	0,132	0,638	-0,063	0,825	0,136	0,628
<i>Aphis</i> spp. telepek ⁶	-0,224	0,421	-0,143	0,610	-0,142	0,613
<i>A. orana</i> F ⁴	0,000	1,000	-0,376	0,167	-0,150	0,593
<i>C. pomonella</i> F ⁴	-0,125	0,657	0,188	0,5022	-0,150	0,594
<i>C. pomonella</i> J & I ⁴	-0,053	0,852	-0,157	0,5768	-0,161	0,566

¹ Nem-almafogyasztó fitofág bogarak

² Mikofág és turista bogarak

³ Almafogyasztó Hemiptera (kivéve a levéltetveket) és Coleoptera

⁴ Károsított almák Florina (F), vagy Jonathan és Idared (J & I) fajtákon

⁵ Levélnázó-molyok lárváinak száma

⁶ Zöld alma-levéltetű telepek száma

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$

Több vizsgálat is igazolta, hogy a takarónövényzet növelheti a pókok egyedszámát alma- és citrusültetvényekben (Wyss és mtsai., 1995; Silva és mtsai., 2010), de szőlő- és olajfaültetvényekben is (Hanna és mtsai., 2003; Paredes és mtsai., 2013). Ugyanakkor más vizsgálatok a miénktől eltérő eredményekre jutottak almaültetvényekben (Samu és mtsai., 1997; Pekár, 1999; Fréchette és mtsai., 2008), szőlőültetvényekben (Daane és Costello, 1998; Costello és Daane, 1998, 2003), vagy pekándió-ültetvényekben (Smith és mtsai., 1996). A takarónövényekkel telepített és a kontroll parcellák növényzete közötti kontrasztok és a parcellák mérete részben magyarázatot adhat az eltérő eredményekre. Azokban a vizsgálatokban, ahol nőtt a pókok egyedszáma, a mi vizsgálatunkhoz hasonlóan a sorközökben diverz, és nagy növényborítású lágyszárú szintet alakítottak ki, míg a kontroll parcellákban (Wyss és mtsai., 1995 kivételével) a sorközöket gyommentesen tartották (Silva és mtsai., 2010; Paredes és mtsai., 2013). Ezzel szemben azokban a vizsgálatokban, ahol nem mutattak ki különbséget a telepített növényzet kifejezetten rosszul fejlődött (Samu és mtsai., 1997), vagy kontrollként gyepesített

parcellákat alkalmaztak (Smith és mtsai., 1996; Pekár, 1999; Fréchette és mtsai., 2008). A kaliforniai szőlőültetvényekben végzett vizsgálatokban a kis parcellaméret (≤ 0,07 ha) is hozzájárulhat ahhoz, hogy nem jutottak egységes eredményre (Daane és Costello, 1998; Costello és Daane, 1998, 2003; Hanna és mtsai., 2003).

A sorközök eltérő talajtakarása nem egységes módon hatott a különböző pók guildekre. A szuperdomináns guild, a cserkészők egyedszáma meredeken nőtt a sorközök növényborításának növekedésével, ugyanez a növekedés a lesből támadók esetén jelentősen kisebb mértékű volt, míg a térhálót és kerekhálót szövők guildjeire nem hatott a sorközök növényborítása (5.8. ábra). Hasonlóan a mi 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 jobban növelték a hálósövők egyedszámát, mint a vadászókét (Wyss és mtsai., 1995). Az almaültetvények pókegyütteseinek guild összetétele észak-déli gradiens mentén haladva változik. Míg északon inkább a hálósövők, addig délen inkább a vadászók dominálnak (Bogya és mtsai., 1999a). Így az, hogy a sorközökbe telepített talajtakaró növények hogyan hatnak a pókegyüttesekre, függhet az ültetvények földrajzi elhelyezkedésétől, illetve ezzel összefüggésben a pókegyüttesek guildstruktúrájától is.

Az egyes fajok vagy genuszok nagyon különböző módon reagáltak a gypszint növényborítására. A gypszint nagy növényborítása (GYEP, VIRÁG) hat pókcsoporthoz (H. *auratus*, C. *xanthogramma*, „egyéb ugrópók”, X. *ulmi*, E. *tricuspidata*, és *Philodromus* spp.) eredményezte az egyedsűrűség növekedését (5.13. táblázat). A *Misumena vatia*, *Xysticus* spp., *Theridion* spp., *Araniella* spp. egyedszámára nem hatottak a kezelések. Végül a *Mangora acalypha* a kisebb növényborítású parcellákhoz (UGAR, GYEP), a *H. cupreus* pedig kifejezetten az UGAR parcellához kötődött szemben a többi kezeléssel (5.13. táblázat).

Számos tényező alakíthatja a pókok egyedszámát a gyümölcsültetvények lombkoronájában. 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 (Horton és mtsai., 2003), és egyben nagy mennyiségű potenciális zsákmányt exportál a lombkoronába (Horton, és mtsai., 2009). Általánosságban elmondható, hogy vizsgálatunkban a legtöbb potenciális zsákmányszervezet egyedsűrűsége a lombkoronában követte a gypszint növényborítottságát, és ennek megfelelően nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR parcellában (Markó és mtsai., 2012, 2013). A gypszintre telepített virágzó növények emellett még nektárt és pollent is biztosíthatnak a pókoknak (Sanders, 2013). Az ugrópók gyakran fogyasztanak nektárt (Jackson és mtsai., 2001), és ezt az E. *tricuspidata* mellett még további 12 pókfajról is bebizonyították (Chen és mtsai., 2010). A nektár mellett a pókok pollent is fogyaszthatnak közvetlenül a virágokból vagy a hálósövő pókok a sok pollent felfogó hálójuk elfogyasztásával (Sanders, 2013). A megnövekedett zsákmánydenzitás, a nektár- és pollenfogyasztás növelheti a pókok fitnessét, és egyben magyarázatul szolgálhat arra, hogy miért növekszik meg a pókok egyedszáma azokban a parcellákban, ahol a gypszinten sűrű növényállományt telepítettek (5.12. táblázat).

Az ültetvények gypszintjének és a lombkoronájának pókegyütteseinek jelentős átfedést mutatnak (lásd erről korábban végzett vizsgálatainkat: Bogya és mtsai., 1999a, 2000). Számos,

az általunk vizsgált ültetvény lombkoronájában gyakori pók csoport, például (a magyarországi almaültetvények gyepszintjén megfigyelt egyedsűrűségük csökkenő sorrendjében) a *Xysticus* spp., *M. acalypha*, *E. tricuspidata*, *Theridion (sisyphium-impressum)* spp. és a *Philodromus* spp. (*aureolus* csoport) az almaültetvények gyepszintjében is gyakori, és a *M. vatia*, *H. cupreus* és *H. auratus* is több ültetvényből előkerült (Bogya és mtsai., 1999a, 1999b). Végül a *X. kochi* (és kisebb számban a *X. cristatus* [Clerck] és *X. ulmi*) adultak is nagy számban mozogtak az általunk vizsgált kísérleti ültetvényben a talajfelszínen (nem közölt adatok). Mindezek a fajok gyakran kerültek elő almafák törzséről is, úgyhogy valószínűsíthetjük, hogy rendszeresen mozognak a gyepszint és a lombkorona között (Bogya és mtsai., 1999a; Horton és mtsai., 2009). Összességében tehát a gyepszint egyrészt pókokat szolgáltat a lombkorona pókegyütteseinek [például *X. ulmi* és *X. kochi* juvenilis egyedeket, és *Theridion (sisyphium-impressum)* spp., *Philodromus (aureolus* csoport) spp., *E. tricuspidata*, valamint *M. vatia* juvenilis és adult pókokat], másrészt viszont vissza is tarthat egyes fajokat. A *Mangora acalypha* juvenilis egyedei például csak akkor jelentek meg nagyobb számban az almafák lombkoronájában, ha a fák alatt nem találtak sűrű növényzetet (5.13. táblázat). Ugyanígy az UGAR-tól a GYEP-en keresztül a VIRÁG kezelés felé haladva, 59, 40 és 35%-os értéket felvéve, csökkent a juvenilis pókok aránya a *Heliophanus* spp. együttesben. Ez arra utal, hogy a juvenilis *Heliophanus* egyedeket a számukra kedvező, nagyobb denzitású lágyszárú szint visszatarthatja a lombkoronába történő betelepüléstől (5.13. táblázat).

Vizsgálatunkban a lombkorona pókegyüttesében a *C. xanthogramma* dominált, és a *H. auratus*-al együtt ennek a fajnak növekedett leginkább az egyedszáma a sorközök növekvő növényborításával (5.13. táblázat). A *C. xanthogramma* egyes magyarországi almaültetvényekben gyakori, lombkoronához kötődő faj (Bogya és mtsai., 1999a). Megfigyeléseink szerint a szubadult, vagy szubadult előtti fejlődési stádium tel. A hímek áprilisban jelennek meg, és május közepéig figyeltük meg őket, míg a nőstények nagyobb számban májusban jelennek meg és néhány egyedüket október közepéig gyűjtöttük. A juvenilis pókok (melyek vizsgálatunkban a *C. xanthogramma* populáció 93%-át adták) egyedszámának csúcsa augusztusban és szeptemberben volt, és egészen október végéig mozogtak a lombkoronában (5.2. ábra). Ekkor telelőhelyet keresve elhagyják az almafákat (Bogya és mtsai., 1999a). Keveset tudunk a *C. xanthogramma* természetes zsákmányállatairól. Az almafákon alkalmanként kétszárnyúakat (de további ízeltlábúakat, így poloskát, levéltetvet, pókot) tartottak csáprágójukban (nem közölt adat). Egy egyszerű laborvizsgálatban a *C. xanthogramma* fejlett juvenilis egyedei a *Theridion* spp., *Araniella* spp., *M. acalypha* és *Tetragnatha* spp. pókok egyedét zsákmányolták, és hasonló körülmények között szignifikánsan több *Theridion* spp. juvenilis egyedét fogyasztottak, mint a *Philodromus (cespitem)* spp. juvenilis pókok (Keresztes és Markó, nem közölt adat). A pókok gyakori prédaállatai a generalista ugrópókoknak. Az ugrópókok között kis testméretűnek számító *S. scenicus* zsákmányának 5%-át teszik ki pókok, míg ugyanez az arány a *Yllenus arenarius* Menge, *Menemerus taeniatus* (L. Koch), *Phidippus audax* (Hentz) és a *P. johnsoni* Peckham & Peckham ugrópókfajok esetén 10, 13, 23 és 33% (Jackson, 1977; Okuyama, 2007; Bartos, 2004; Huseynov, 2005). Az ugrópókok többi pókra kifejtett predációs nyomása válaszol szolgálhat arra a kérdésre, hogy vizsgálatunkban miért nem adott több pókcsoport (például *Theridion* spp., *Araniella* spp.) pozitív aggregációs választ a növekvő zsákmánydenzitásra, amikor ezt más vizsgálatokban megtették (Wyss és mtsai., 1995; Markó és mtsai., 2009) (5.13. táblázat, 5.10. ábra). A *Theridion*, *Araniella* és részben a *Philodromus*

genuszok juvenilis egyedei augusztusban és szeptemberben szélednek szét (Pekár, 2000, Miliczky és mtsai., 2008), 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 (5.9. ábra). Mindezen megfigyeléseink arra utalnak, hogy almaültetvények lombkoronájában a *C. xanthogramma* egyes pókfajok egyedszámának szabályozásában fontos szerepet tölthet be. Nagyon valószínű, hogy további a Salticidae családba (*Heliophanus* spp., *Salticus* spp.), és *Philodromus* genuszba tartozó fajok is rendszeresen zsákmányolnak pókokat, így ezek a fajok is hozzájárulnak a pókok közötti intraguild predációhoz (Okuyama, 2007; Korenko és Pekár, 2010). A lombkoronában előforduló pókfajok közül két rokon faj, a *H. cupreus* (6-szoros csökkenés) és a *H. auratus* (9-szeres növekedés) adta a két leginkább szélsőséges választ az almaültetvények aljnövényzetének növekedésére. A *H. cupreus* az UGAR parcellához kötődött, míg a *H. auratus* a GYEP és VIRÁG parcellában fordult elő nagyobb egyedszámban (5.13. táblázat). A két faj eltérő habitat-preferenciája, illetve a köztük és más Salticidae-fajok közötti intraguild predáció magyarázhatja ezt a mintázatot.

A sorközök növénytakarásának kialakítása hatott a lombkoronában kialakuló pókegyüttesek ivararányára (5.14. táblázat). Az ugrópók-együttesben a sorközök növényborítása (GYEP, VIRÁG) a csupasz talajfelszínhez (UGAR) viszonyítva növelte 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 (5.14. táblázat). Ennek a mintázatnak a 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 mutatózó sikeresebb zsákmányszerzése, és ennek következtében hosszabb élettartama, és (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.

Bár a talajtakaró növényzet telepítése általánosságban növelte a pókok egyedsűrűségét és fajgazdagságát (5.12. táblázat), az egyes pókfajok nagyon különböző módon reagáltak (5.13. táblázat) a nagy növényborítású parcellákban megnövekedett prédadenzitásra és diverzitásra (Markó és mtsai., 2012, 2013). Ezek a fajok közötti különbségek a különböző kezelésű parcellák pókegyütteseinek elkülönülését, és a GYEP és VIRÁG parcellákban, az UGAR-hoz hasonlítva, a diverzitás csökkenését eredményezték (5.11. és 5.12. ábra). Összehasonlításképpen, szemben a pókokkal, a többi természetes ellenséggént számon tartott csoport (Phytoseiidae atkák, levélaknázó-molyok parazitoidjai, ragadozó rovarok) diverzitása együtt nőtt a sorközök növényborításával (Markó és mtsai., 2012, 2013). Silva és mtsai. (2010) nem figyeltek meg különbséget sorköznövényekkel telepített és fekete ugaros citromültetvényekben a pókegyüttesek összetételében, fajgazdagságában és diverzitásában. A mi és Silva és mtsai. (2010) által kapott eredmények közötti eltérések arra utalnak, hogy az együtteseket alkotó fajok tulajdonságai jelentős mértékben alakíthatják a sorközökbe telepített növények hatását a pókegyüttesek összetételére és diverzitására.

Annak ellenére, hogy az almaültetvények lombkoronájában fajgazdag és nagy egyedsűrűségű pókegyüttesek alakulhatnak ki, meglepően kevés vizsgálat foglalkozott a pókok almakártevőkre kifejtett hatásaival (Mansour és mtsai., 1980). Ősszel a hálószővő pókoknak (*Araniella* spp., *Theridion* spp.) fontos szerepe lehet az *A. pomi* és a *D. plantaginea* levéltetvek

szabályozásában (Wyss és mtsai., 1995), míg tavasszal a vadászó pókok csökkenthetik a *D. plantaginea* egyedszámát (de Roince és mtsai., 2012). A *T. impressum* főként levéltetvekkel táplálkozik, és gyakran ejti zsákmányul a hajtások csúcsán leszálló *A. pomi* szárnyas egyedeit. A *Philodromus*-fajok, szemben a *C. xanthogramma*-val gyakran táplálkoznak *A. pomi* és *D. plantaginea* levéltetű kolóniákban (Nagy és Markó nem közölt adatok). A pókoknak szerepe lehet az almailnoca korlátozásában is, minthogy több levélsodró faj [*Pandemis pyrusana* Kearfott, *Choristoneura rosaceana* (Harris) és *Epiphyas postvittana* (Walker), Lepidoptera: Tortricidae] esetén figyeltek meg számottevő predációt mind laboratóriumban, mind szabadföldön (MacLellan, 1973; Miliczky és Calkins, 2002). Bár a pókok fogyasztják az almamoly tojásait, fiatal, valamint telelő lárváit is, ez a predáció nem tűnik elég jelentősnek ahhoz, hogy a kártételi küszöbszint alá csökkentse az almamoly egyedszámát (MacLellan, 1962; Knight és mtsai., 1997). Vizsgálatunkban a *C. xanthogramma* és az egyéb pókok adundancia mintázatainak legjobb prediktorai a parazitoid darazsak (Hymenoptera), a kétszárnyúak (Diptera) és a kabócák (Auchenorrhyncha) voltak. Az almakártevők és a pókok egyedszáma között viszont sem pozitív, sem negatív korrelációt nem figyeltünk meg (5.4. táblázat), és a habitat-manipuláció eredményeként felszaporodó pókok (5.1. táblázat) nem befolyásolták a vizsgálatunkban leggyakoribb három kártevő, az *Aphis* spp. levéltetvek, az almamoly és az almailnoca egyedszámát (Markó és mtsai., 2012, 2013). A általunk vizsgált ültetvényben rendszeresen használtak peszticideket, így felvethető, hogy a pókok kártevő szabályozó szerepe azért nem érvényesülhetett, mert a kártevőket elsősorban a peszticidek szabályozták, felülírva a pókok predációjának hatásait. Bár ez a magyarázat kézenfekvő, a kártevők viszonylagosan nagy egyedsűrűsége egyes években arra utal, hogy a magyarázatot máshol kell keresnünk (Markó és mtsai., 2012, 2013). Valószínűbb, hogy a sorközök nagyobb növényborításából, és ezzel összefüggésben a nagyobb zsákmánydenzitásból, profitáló pókfajok nem váltottak át preferált, illetve nagydenzitású alternatív zsákmányállataikról a kártevőkre. Bár a pókokat generalista predátoroknak tartjuk, méretük, fenológiájuk, zsákmányszerzési stratégiáik, kötődésük a lombkorona eltérő részeihez befolyásolja, hogy milyen zsákmányállatokat fogyasztanak (Marc és Canard, 1997; Mestre és mtsai., 2013).

Általánosan elfogadott nézet szerint a generalista ragadozók kevésbé hatékonyan korlátozzák a kártevőket, mint a specialista természetes ellenségek (Wise, 1993; de lásd Symondson, 2002). Ugyanakkor több predátor guild vagy a teljes predátor együttes már hatékonyan szabályozhatja a zsákmány populációkat (Wise, 1993; Symondson, 2002). Ezzel összefüggésben a diverzebb természetes ellenség együttesek hatékonyabban csökkentik herbivor zsákmányuk egyedsűrűségét, mint az ugyanolyan méretű, de kevésbé diverz együttesek, bár olyan esetek is ismertek, amikor a természetes ellenségek diverzitása nem hatott a préda szabályozására, vagy egy újonnan betelepített predátor nem növelte, hanem éppen hogy csökkentette a zsákmány top-down szabályozását (Straub és mtsai., 2008; Letorneau és mtsai., 2009). Számos tényező alakítja ki, hogy végül, a fenti lehetőségek közül melyik valósul meg. Az ezzel kapcsolatos kutatások szerint ebben a ragadozó (taxonómiai hovatartozás, funkcionális szerep, a táplálkozási láncban elfoglalt hely, a preferált mikrohabitatok átfedése), a zsákmány (egyedsűrűség, a zsákmányegyüttes közösségszerkezete és diverzitása) és az élőhely (a habitat heterogenitása) jellemzőinek lehet meghatározó szerepe (Schmitz, 2007; Tylianakis és Romo, 2010; Werling és mtsai., 2012; Wilby és Orwin, 2013).

Munkánk során azt vizsgáltuk, hogy a sorközökbe telepített takaró növények növelik-e a lombkoronában a pókok egyedsűrűségét, és hogy az így kialakított nagyobb pókegyüttes csökkenti-e a kártevők egyedszámát. Eredményeink szerint a sorközökbe telepített nagy denzitású és diverzitású lágyszárú növényzet jelentős mértékben növelte a potenciális zsákmány, és ezen keresztül a pókegyüttes egyedszámát és fajgazdagságát. Saját vizsgálatunk és korábbi vizsgálatok eredményei alapján a pókok felszaporodása az aljnövényzettel telepített ültetvényekben inkább szabály, mint kivétel. Ugyanakkor vizsgálatunkban a különböző pókfajok különböző mértékben profitáltak a lágyszárú szint megváltoztatásából. A szuperdomináns, intraguild predátor *C. xanhogamma* egyedszáma meredeken nőtt a sorközök növényborításával, míg a többi pókfaj egyedsűrűsége (függetlenül attól, hogy egyedszámuk növekedett, nem változott, vagy csökkent) kicsi maradt. Ennek eredményeként a VIRÁG kezelésben az UGAR kezelésekhöz hasonlóan, a pókegyüttesek diverzitása lecsökkent. Regresszió analízissel kimutattuk, hogy a pókok egyedszáma valószínűleg a parazitoid darazsak (Hymenoptera), kétszárnyúak (Diptera) és kabócák (Auchenorrhyncha) egyedszámát követte, ugyanakkor a pókok nem hatottak a legfontosabb almakártevők egyedszámára, ami ennek megfelelően független maradt a pókok egyedszámától. Összességében vizsgálatunk bizonyította, hogy a sorközökbe telepített növényzet jelentős mértékben növelheti a pókegyüttesek egyedsűrűségét gyümölcsültetvények lombkoronájában. Ugyanakkor nem sikerült igazolnunk hipotézisünket, miszerint a megnövekedett pókegyüttesek növelik a kártevők szabályozásának hatékonyságát. Eredményeink alapján önmagában a pókegyüttesek nagyobb egyedsűrűséből nem feltétlenül következik kártevő korlátozó képességük növekedése. Az együtteseket alkotó fajok abundanciája és funkcionális tulajdonságai (például zsákmányszerzési stratégiájuk, hajlandóságuk az intraguild predációra vagy arra, hogy alternatív zsákmányokról kártevőkre váltsanak) együttesen határozzák meg a pókok sikerességét a megőrző biológiai védekezésben.

5.9. Következtetések

Munkánkban azt vizsgáltuk, hogy a gypszint növénytakarója (gyommentes talajfelszín, gypesítés, virágzó növények telepítése a sorközökben), hogyan befolyásolja az almaültetvények lombkoronájának ízeltlábú-együtteseit. Megfigyeléseinknek kettős célja volt. Egyrészt gyakorlati, növényvédelmi megközelítésben teszteltük, hogy az ültetvények diverzifikálása, mint megőrző biológiai védekezési eljárás mennyiben segítheti az alma kártevők szabályozását. Másrészt általános, ökológiai szempontból arra voltunk kíváncsiak, hogy a gypszint és a lombkorona közötti kölcsönhatások hogyan befolyásolják az ízeltlábú-együttesek szerveződését a fák lombkoronájában.

A vizsgált fontosabb kártevő csoportok a következők voltak: takácsatkák, levélaknázómolyok, levélsodró-molyok, almamoly, zöld alma-levéltetvek (*A. pomi* és *A. spiraecola*) és vértetű. Ez a hat fitofág csoport Európában, de világszerte is jelentős almakártevőnek számít (Blommers, 1994). Vizsgáltuk még a gypszint kialakításának a hatását a bivalykabóca, a májusi cserebogár és a molyhos mezeipoloska egyedsűrűségére is. A fenti kártevők mellett azok ízeltlábú természetes ellenségeinek, számos rovar-, atka- és pókfajnak és azok együtteseinek változását is nyomon követtük.

A takácsatkák és az levélaknázó-molyok jellegzetes, ember alkotta kártevők (man-made pests), amelyek azokban az ültetvényekben, ahol széles hatásspektrumú akaricideket vagy

inszekticideket használnak, nagy egyedsűrűségű, a kártételi küszöbértékeket gyakran átlépő populációkat hoznak létre (Blommers, 1994). A kisebb peszticidterhelésű ültetvényekben, ahol szelektív, a hasznos szervezetekre kevésbé káros hatóanyagokat alkalmaznak, függetlenül a gypszint kialakításától, egyedsűrűségüket a ragadozó atkák és parazitoid darazsak sikeresen korlátozzák (Blommers, 1994; Cross és mtsai., 1999). Vizsgálatunkban a sorközök talajtakaró növényzete nem befolyásolta jelentős mértékben a takácsatkák és a levélaknázó-molyok egyedszámát. Ugyanakkor természetes ellenségeik felszaporodtak, így nem zárható ki, hogy más körülmények között hozzájárulhatnak e két kártevő csoport korlátozásához.

A vizsgálatok második három évében, a tavaszi és őszi időszakban a gypszint nagy borítású és diverz növényzete jelentősen növelte a takácsatkákat szabályozó ragadozó atkák egyedszámát a lombkoronában. Hasznos tevékenységüket viszont akadályozhatja az intraguild predáció, melynek kimenetelét eredményeink szerint befolyásolja a gypszint növényzete (vizsgálatunkban az *A. andersoni*-t, virágzó lágyszárúak jelenlétében, kiszorította a *T. pyri*).

A levélaknázó-molyok legfontosabb természetes ellenségei az Eulophidae családba tartozó parazitoid darazsak. Vizsgálatunkban a levélaknázó-molyok parazitáltsága és a parazitoid-együttes diverzitása nőtt az almaültetvény sorközeinek növényborításával. Ugyanakkor az egyedszámnövekedés csak a hímeknél következett be, ami hasonlóan a hiperparazitoidok jelenlétéhez jelentősen csökkentheti az Eulophidae-együttesek növekedési potenciálját a virágzó növényekkel telepített ültetvényekben.

Vizsgálatunkban a habitat-manipuláció nem csökkentette az almailonca és az almamoly terméskártételét, ami egyes években jelentős mértékű volt. Minthogy mindkét kártevő közvetlenül az alma gyümölcsöt károsítja, és minthogy számos inszekticid hatóanyag alkalmazható ellenük, a gazdasági küszöbértéket mind az almailonca, mind az almamoly esetén kifejezetten alacsonyan határozzák meg (Cross és mtsai., 1999). A megőrző biológiai védekezés önmagában valószínűleg a jövőben sem tudja biztosítani az ezeknél a kártevőknél elfogadható alacsony kártételi szintet (Cross és mtsai., 1999).

Nem találtunk bizonyítékot arra, hogy integrált növényvédelemben részesített almaültetvényekben a sorközökbe telepített virágzó lágyszárúak, szemben a fekete ugarolással és gyepesítéssel, segítenék a zöld alma-levéltetvek elleni biológiai védekezést. A vegetációs periódus második felében a zöld alma-levéltetvek egyedszáma csökkent azokban a parcellákban (GYEP és VIRÁG), ahol a sorközök növényborítása nagy volt. Ez a csökkenés nem következett be a feketeugaros kezelésben (UGAR). Az almafák és a sorközökbe telepített növények közötti kompetíció jól magyarázhatja ezt a mintázatot. Abban az évben, amikor a vértetű felszaporodott, a sorközök sűrű vegetációja a virágokkal telepített parcellában növelte a vértetű fertőzés mértékét a másik két kezeléshez viszonyítva. A közvetlen okokat nem vizsgáltuk, de valószínűleg a hűvösebb és párásabb állományklíma segíthette felszaporodásukat a virágokkal telepített parcellákban.

Az afidofág katicabogarak közül a *C. septempunctata* és a *H. variegata*, valamint a *L. niger* hangyafaj egyedsűrűsége sem függött közvetlenül a talajtakarástól, inkább a zöld alma-levéltetvek egyedsűrűségét követte. A *H. humulinus*, *M. angulatus* és *P. quatuordecimpunctata* egyedszámát viszont nem befolyásolta sem a virágtelepítés (szemben az ugarolással), sem a zöld alma-levéltetvek kezelések közötti eloszlása. A sorközökbe telepített virágzó növények növelték a *C. carnea* sl (majdnem kizárólag *C. affinis*) imágók egyedszámát a lombkoronában, azaz az imágók inkább a vegetáció, mint a zöld alma-levéltetvek mintázatát követték.

Valószínűsíthetjük, hogy az afidofág rovarfajok gyorsan kolonizálják azokat az élőhelyfoltokat, ahol a levéltetvek felszaporodnak, azaz a kifejlődésüket, vagy táplálkozásukat biztosító élőhelyekről az imágóik könnyen áttelepülhetnek a tojásrakás szempontjából kedvezőbb élőhelyekre.

A kártevők közül még három, a lombkoronában előforduló fajt kell megemlítenünk. A bivalykabóca az almaültetvények kisebb jelentőségű kártevője. Egyedszáma nőtt a sorközök növényborításával, de a VIRÁG kezelésben is a kártételi szint alatt maradt. A bivalykabóca felszaporodása a sorközök növényborításának növekedésével nem meglepő, hisz lárvá állapotban a gypszinthez kötődik. A májusi cserebogár egyedszáma szignifikánsan nagyobb volt azokon a fákon, amik alatt csupasz talajfelszín volt, szemben azokkal a fákkal ahol virágzó növények és jelentős növényborítás volt a gypszinten. Ez utóbbi, érdekes megfigyelés megerősítésére, az okok feltárására további vizsgálatok szükségesek. A molyhos mezeipoloska kártétele a gyümölcsültetvényekben körtéről és őszibarackról is ismert (Alford, 2007). Vizsgálatunk szerint csak akkor települ be nagyobb számban almafák lombkoronájába, ha a sorközökben hiányzik a növénytakaró (UGAR).

A virágzó lágyszárúak sorközökbe telepítésével kialakított nagyobb növényborítás és diverzitás, szemben a sorközök gyommentesen tartásával, növelte a kabócák (*Fulgoromorpha*, *Cicadomorpha*), a nem-almafogyasztó fitofág bogarak, a *Diptera* és – ami növényvédelmi szempontból kiemelten fontos lehet – a parazitoid *Hymenoptera*-csoportok egyedsűrűségét. A GYEP kezelésben, ezeknek a csoportoknak az egyedsűrűsége többnyire a másik két kezelés közötti értéket vett fel.

Az almafogyasztók, a nem-almafogyasztó fitofágok és a teljes rovaregyüttes esetén is a fajgazdagság nagyobb volt a VIRÁG kezelésben, mint az UGAR-ban, a GYEP kezelésben pedig köztes értéket vett fel. Ezzel szemben az általunk alkalmazott háromféle talajtakarás nem befolyásolta a ragadozó rovarfajok számát, ami arra utal, hogy a prédát kereső ragadozó rovarok gyorsan kolonizálták azokat a parcellákat, ahol megfelelő mennyiségű zsákmányt találtak.

A fontosabb funkcionális rovarcsoportok (almafogyasztók, nem-almafogyasztó fitofágok, ragadozók) és a teljes rovaregyüttes összetételét és diverzitását a legtöbb esetben egyértelműen meghatározta a sorközök talajtakarása. Az UGAR kezelésben a vizsgált funkcionális csoportok összetétele egyértelműen elkülönült a talajtakaró növényekkel telepített (GYEP és VIRÁG) parcellák összetételétől, ez utóbbi két kezelésben összetételük inkább hasonlított egymásra, és diverzitásuk is nagyobb volt.

A lombkorona pókegyütteseinek egyedszáma, faj és genusz gazdagsága szignifikánsan nőtt akkor, ha a sorközökbe virágzó lágyszárú növényeket telepítettünk (VIRÁG), szemben a sorközök gyommentesen tartásával (UGAR), míg a gypesítés (GYEP) köztes értékeket eredményezett. A különböző pókfajok és guildok különbözőképpen reagáltak a lágyszárú növényzet borításának és diverzitásának növekedésére. A cserkésző guild (*Salticidae*) egyedszáma meredeken nőtt a sorközök növényborításával. A növekedés jelentősen kisebb volt a lesből támadó guildnál (főként *Thomisidae* és *Philodromidae*), és a gypszint növénytakarója nem hatott a térhálót szövő (Theridiidae) és kerekhálót szövő (főként *Araneidae*) guildjeinek egyedsűrűségére. A lombkorona pókegyüttesében a leggyakoribb, szuperdomináns faj, az intraguild predációra hajlamos *Carrhotus xanthogramma* (*Salticidae*) volt. A VIRÁG kezelésben egyedszáma az UGAR-hoz képest 3,5-szörösére nőtt, így az UGAR kezelésben 40, a GYEP-ben 54 és a VIRÁG kezelésben 63%-os dominanciával szerepelt. A többi pókfaj jelentősen kisebb

egyedszámban fordult elő, és döntő többségük a sorközök növekvő növényborítására, a zsákmányellátottság növekedésére csak kisebb egyedszám-növekedéssel válaszolt. Ezt a gyengébb aggregációs választ jól magyarázhatja a *C. xanthogramma*, és esetleg más pókfajok növekvő predációs nyomása a VIRÁG kezelésben. A potenciális zsákmányállatok közül a parazitoid Hymenoptera, a Diptera és az Auchenorrhyncha-csoportok voltak a pókok egyedsűrűségének legjobb prediktorai. Ezzel szemben a főbb almakártevő-csoportok egyedszáma a pókok egyedszámától függetlenül alakult és nem különbözött az UGAR, GYEP és VIRÁG kezelések között, azaz a pókok nem hatottak jelentősen a vizsgált kártevők egyedszámára.

Eredményeink arra utalnak, hogy a pókok egyedszáma önmagában nem magyarázza eredményességüket vagy sikertelenségüket a megőrző biológiai védekezésben. Hatékonyságukat a kártevők korlátozásában a pókegyüttesek egyedszámán túl az azokat alkotó fajok ökológiai tulajdonságai határozzák meg, például növekvő zsákmány denzitásra adott aggregációs válaszuk, hajlamuk az intraguild predációra vagy arra, hogy gyakori vagy kedvelt zsákmányállataikról kártevőkre váltsanak.

Munkánk során bemutattuk, hogy a gyümölcsültetvények gypszintje (a talajtakaró növényzet mennyisége és diverzitása) alapvetően határozza meg a lombkorona ízeltlábú-együtteseinek egyedszámát, összetételét és diverzitását és hathat a populációk szerkezetére (a juvenilis egyedek, vagy a különböző ivarok arányára) is. Az almaültetvényekbe telepített virágzó talajtakaró növények segíthetik a Phytoseiidae atkák, a levélaknázó-molyok Hymenoptera parazitoidjai, és általában a parazitoid Hymenoptera-együttes, a *C. carnea* és a pókegyüttesek felszaporodását a fák lombkoronájában. Az áttekintett szakirodalom szerint a virágzó lágyszárúak segíthetik a sodrómolyok és az almamoly természetes ellenségeit is. Ugyanakkor, bár a virágzó növények telepítésével sikerült nagyobb és részben diverzebb természetes ellenség együtteseket kialakítanunk, ez nem járt együtt a kártevő populációk visszaszorításával.

Vizsgálataink szerint a sorközökbe telepített virágzó lágyszárúak segítik a természetes ellenségek felszaporodását az almaültetvényekben, így hozzájárulhatnak a vizsgált kártevők szabályozásához. Ugyanakkor a virágzó lágyszárúak jelenlétében a ragadozó atkáknál fellépő intraguild predáció, a *C. pentheus* és más parazitoid populációk ivararányának az eltolódása a hímek irányába, az afidofág ragadozók feltételezhetően gyors elmozdulása a kedvező zsákmánydenzitású élőhelyek irányába, a pókok intraguild predációja és a domináns pókfajok kötődése nemkártevő zsákmánycsoportokhoz jelentősen akadályozhatja hatékonyságukat a kártevők szabályozásában. A sorközökbe telepített növényzet visszafoghatja az almafák hajtásnövekedését és kedvező klímát biztosíthat a vértetű populációk felszaporodásához. Összességében nem találtunk bizonyítékot arra, hogy virágzó sorköztakaró növények telepítésével jelentős mértékben segítenénk az almakártevők szabályozását.

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

A mezőgazdasági termelés elterjedése minden más emberi beavatkozásánál jelentősebb mértékben hatott az európai táj arculatára. Mára ennek következtében az eredeti vegetáció visszaszorult, fragmentálódott és többé-kevésbé izolálódott (Fahrig, 2003). Természetes-féltermészetes élőhely szigetek jöttek létre, melyeket mátrixként mezőgazdasági területek vesznek körül. Jelenleg az Európai Unió területének 39%-a mezőgazdasági terület (Eurostat, 2015). Ezen belül viszont jelentős eltérések vannak. Például Nagy-Britannia, Dánia, Franciaország, Magyarország és Románia számos régiójában az összes terület több, gyakran jelentősen több mint 60%-át adják az agrárterületek, azaz kisebb régiókban a táj szinte kizárólagosan agrárjellegű lehet. (Magyarország területének 57%-a mezőgazdasági terület [Központi Statisztikai Hivatal, 2013a]). Más országokban, például Németországban, Svájcban, vagy Ausztriában viszont a régiók többségében a teljes terület kevesebb, gyakran sokkal kevesebb, mint 50%-án folyik mezőgazdasági tevékenység (Eurostat, 2015). A mezőgazdasági területek arányai mellett a művelési ágak is jelentősen különbözhetnek. Például szántóföldi növénytermesztés inkább Európa északi, gyümölcsstermesztés viszont inkább Európa déli felén folyik viszonylagosan nagyobb területen (Eurostat, 2015). A tájszerkezet hatását a hasznos és káros ízeltlábúakra eddig főként szántóföldi kultúrákban vizsgálták, míg az évelő kultúrákra, így a gyümölcsültetvényekre kevesebb figyelem irányult (például Herrmann és mtsai., 2012; Maalouly és mtsai., 2013; Inclán és mtsai., 2015).

A tájszerkezet, közvetlenül, vagy az ökoszisztéma-szolgáltatásokon keresztül jelentős mértékben határozhatja meg az élőhely foltokban kialakuló élőlény-együtteseket, így a hasznos és káros ízeltlábúfajok populációit is (Bianchi és mtsai., 2006; Chaplin-Kramer és mtsai., 2011; Veres és mtsai., 2013; Cross és mtsai., 2015). A természetes, féltermészetes élőhelyek táplálkozási, szaporodási és telelőhelyet biztosíthatnak számos agrárterületeken előforduló ízeltlábú fajnak, egyben rezervoár területként forrását képezhetik a mezőgazdasági területek ciklikus rekolonizációjának is (Wissinger, 1997; Miliczky és Horton, 2005; Tscharrntke és mtsai., 2012; Holland és mtsai., 2016). Ugyanakkor fordítva, az agrárterületeken felszaporodó ízeltlábúak is nagy mennyiségben áramolhatnak a természetes-féltermészetes élőhelyekre (Tscharrntke és mtsai., 2012). Ezek a diszperziós mintázatok az egyéves és évelő mezőgazdasági kultúrákban sok hasonlóságot, de egyben számos eltérést is mutathatnak. Egyik oldalról az évelő kultúrák, így az almaültetvények is több évig megmaradnak, így stabilabb, nagyobb mennyiségű és diverzebb forrásokat biztosíthatnak a természetes élőhelyekről betelepülő rovaroknak, mint a szántóföldi kultúrák. Másik oldalról a „táj irányította sűrűsödés és hígulás hipotézis” (landscape-moderated concentration and dilution hypothesis) szerint a tájban a megfelelő élőhelyek mennyiségének tér-időbeli változása alakítja ki az ízeltlábúak helyi egyedsűrűségét, azaz a hipotézis aratás után a szántóföldekről betelepülő rovarok koncentrációját jósolja az ültetvényekben (Tscharrntke és mtsai., 2012; Schellhorn és mtsai., 2015). Összességében vizsgálatunk kezdetekor abból indultunk ki, hogy mind a természetes, mind az ember által kialakított élőhelyek pozitívan hathatnak az almaültetvények rovar együtteseire, de a természetes habitatok meghatározó részesedését jósoltuk.

Az évelő kultúrák és különösen a gyümölcsültetvények további sajátossága, hogy általánosságban a szántóföldi kultúráknál jelentősen nagyobb peszticidterhelésnek vannak kitéve

(Eurostat, 2007; Roßberg, 2013), bár az alkalmazott növényvédelmi technológiák függvényében ennek mértéke jelentősen különbözhet. Két végpontként az ökológiai és a széles hatásspektrumú inszekticidekkel kezelt, úgynevezett hagyományos ültetvényeket emelhetjük ki (Simon és mtsai., 2011; Dib és mtsai., 2016). Annak ellenére, hogy a peszticideknek meghatározó szerepe van az agrárterületek rovaregyütteseinek szabályozásában, a legtöbb táji léptéken végzett kutatás nem vette figyelembe a peszticidek negatív hatásait, vagy kumulatív menedzsment indexeket számoltak, melyek a peszticidkezelések számát, a talajmunkák és kaszálás gyakoriságát, a legeltetés és metszés intenzitását és a betakarítást sűrítették egy mutatóba (például Bailey és mtsai., 2010; Grez és mtsai., 2013; de lásd Monteiro és mtsai., 2013).

A különböző ízeltlábúfajok és -guildék eltérő módon reagálhatnak a peszticidkezelésekre és a táji hatásokra. A peszticidkezelések nagyobb mértékben hathatnak a hasznos szervezetekre, mert esetükben ritkábban alakul ki peszticid rezisztencia, vagy tolerancia, és a zsákmány- és gazdaszervezetek egyedszámának csökkenése is negatívan hathat rájuk (Biddinger és mtsai., 2009; Jonsson és mtsai., 2012; Krauss és mtsai., 2011; Lövei és mtsai., 1991; Markó és mtsai., 2009; Whalon és mtsai., 2016). Másik oldalról a táplálkozási hálózatok magasabb szintjein elhelyezkedő fajokat, például a ragadozókat és parazitoidokat, negatívanban érintheti az élőhelyek mennyiségének csökkenése, fragmentálódása és izolációja (Holt, 1996; Tscharnke és mtsai., 2012). Ennek eredményeként a ragadozók és parazitoidok a peszticidkezelések után nehezebben települhetnek be az agrárterületekre, mint a kártevők, így egyedszámuk is nehezebben állhat vissza a kezelések előtti állapotba (Holt, 1996; Bailey és mtsai., 2010; Herrmann és mtsai., 2012; Tscharnke és mtsai., 2012). Összességében a fajok jellemzői, a peszticidkezelések és a tájszerkezet kölcsönhatása alakíthatja ki az almaültetvények ízeltlábú-együtteseit. Minél nagyobb a peszticidterhelés és minél inkább degradált az ültetvényeket körülvevő táj, annál inkább mozdulhatnak el a gyümölcsültetvények rovaregyüttesei a kártevők irányába. Fordítva, minél kisebb a peszticidterhelés és minél több természetes táji elem található az ültetvények környezetében, annál inkább a természetes ellenségek irányába tolódhat az összetételük.

A kártevők és a hasznos szervezetek számára szükséges források térben és időben változó mennyiségben jelennek meg a tájban. Ezzel párhuzamosan az egyes rovarfajok forrás igénye (például a táplálkozáshoz, szaporodáshoz és teleléshez szükséges források szükségessége) is változhat a vegetációs periódus során. Így az időszakosan rendelkezésre álló és időben részben átfedő források fajspecifikus forrásláncokat képeznek (Schellhorn és mtsai., 2015). A különböző fajok eltérő forrásláncok mentén váltanak habitatot, azaz fajtól és évszaktól függően eltérően viszonyulhatnak az őket körülvevő tájhoz (Raymond és mtsai., 2015; Schellhorn és mtsai., 2014, 2015). Ezek a habitat használati mintázatok alapvetően határozhatják meg a táj, a kártevők és természetes ellenségeik kapcsolatát.

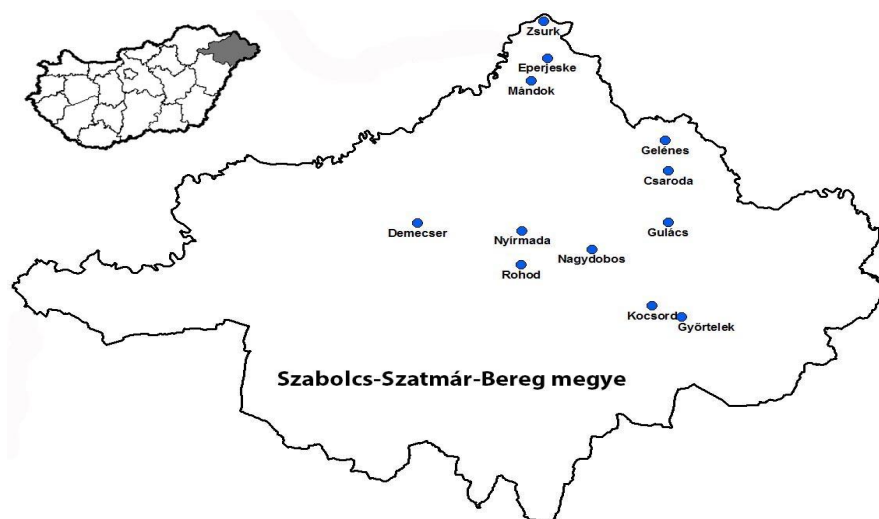
Az almaültetvényekben fajgazdag Coleoptera-együttesek alakulnak ki, melyekben számos kártevő és ragadozó faj is, nagy egyedsűrűségben fordul elő (Markó és mtsai., 1995; Sutton és mtsai., 2014). A kártevő bogarak az almafák gyökereit, törzsét, hajtásait, leveleit, bimbóit és termését is károsíthatják, míg a ragadozó bogarak főként a takácsatkák, levéltetvek, levélbolhák és pajzstetvek korlátozásában játszhatnak szerepet (Biddinger és mtsai., 2009; Cross és mtsai., 2015; Sutton és mtsai., 2014).

Munkánk során antropogén hatásoknak nagymértékben kitett tájban vizsgáltuk, hogy különböző táji elemek (szántóföldek, telepített erdők, gyümölcsültetvények, gyepek, lakóterületek és természetes erdők), valamint az eltérő növényvédelmi technológia (eltérő peszticidterhelés, gyomborítás és a zsákmányellátottság) hogyan alakítja különböző Coleoptera-fajok egyedszámát almaültetvényekben, és hogy ezek a hatások változnak-e a vegetációs periódus során. Vizsgálatainkban a következő hipotézisekből indultunk ki: (1.) Az almaültetvények peszticidterhelése nagyobb mértékben befolyásolja a ragadozó Coleoptera-fajok egyedszámát, mint a kártevőkéét. (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 az almaültetvények Coleoptera-együtteseinek alakításában.

6.1. Anyag és módszer

6.1.1. Vizsgált területek

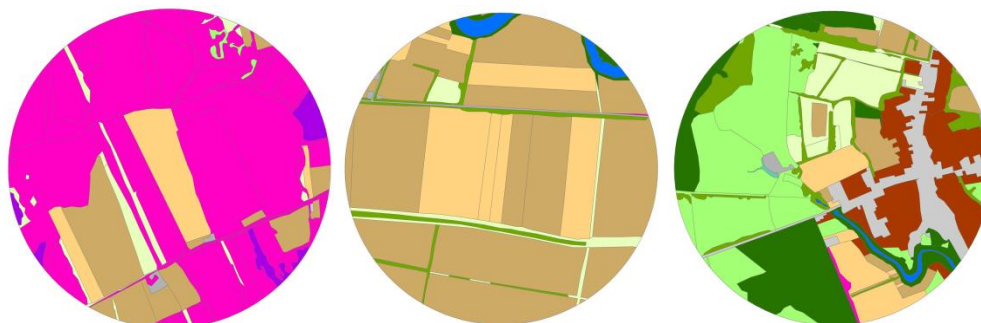
Vizsgálatainkat Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében, 12 különböző környezetbe telepített almaültetvényben végeztük (6.1. ábra). Az ültetvények a vizsgálatok idején 10 évesek voltak, méretük 3,9 és 6,9 ha közötti, átlagosan 4,8 (szórás, $\pm 0,9$) ha volt. A mintákat az ültetvények mindegyikében termesztett Relinda fajtáról gyűjtöttük.



6.1. ábra. A vizsgált almaültetvények elhelyezkedése Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében.

Az almaültetvények körül a táji változókat 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 dióültetvények); természet közeli lomblevelű erdők (őshonos ártéri erdők, főként *Salix alba*, *S. fragilis*, *Populus alba* és *P. nigra* fafajokkal, valamint erdősávok és fasorok) (6.1. táblázat,

6.2. ábra). A vizsgált táji változók függetlenek voltak, kivéve a „természetközeli erdőket”, melyek aránya az „erdőültetvények” arányával korrelált (Kendall tau korrelációs koefficiens: -0.682, $p = 0.002$) (4. függelék).



6.2. ábra. Három karakteresen különböző terület (Nyírmada, Győrtelek és Csaroda) táji összetétele az almaültetvények körüli 1 km sugarú körben. Világosbarna: almaültetvény, rózsaszín: erdőültetvény, kávébarna: szántóföld, világoszöld: gyepek, sötétzöld: természetközeli lombos erdő, sötétbarna és szürke: település, középzöld: fasor-facsoport, kék: vízfelület, lila: fenyőültetvény (csak az elektronikus verzióban látható).

6.1. táblázat. Különböző táji elemek aránya (%) a vizsgált 12 almaültetvény körül kijelölt 1 km-es sugarú körökben.

Almaültetvények	SZÁNT ¹	ERDÜLT	GYEP	TEL	GYÜM	ERD
Győrtelek	67	0	1	4	21	5
Kocsord	62	2	22	4	4	5
Demecser	62	8	7	12	5	3
Gelénes	46	1	2	14	19	13
Gulács	46	9	5	6	22	11
Zsurk	45	1	10	23	7	13
Nagydobos	30	59	1	2	7	1
Eperjeske	26	38	18	10	5	3
Mándok	21	19	41	10	7	2
Rohod	18	33	14	20	11	4
Csaroda	15	0	25	26	7	27
Nyírmada	14	71	0	4	8	0

¹SZÁNT: szántóföldek, ERDÜLT: erdőültetvények, GYEP: gyepek-rétek, TEL: települések-kiskertek, GYÜM: gyümölcsültetvények, ERD: természetközeli erdők

Az egyes ültetvényekben 2–5 (átlagosan $3,6 \pm 1,2$) inszekticid-kezelést, 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 adatbázisban a peszticideket a hasznos szervezetekre kifejtett toxicitásuk alapján négy csoportba sorolják (veszélyességi

értékszám 1–4; ártalmatlan: 1, ártalmas: 4). Az ültetvények peszticidterhelésének számításánál az alkalmazott inszekticidek és fungicidek katicabogarakra (Coccinellidae) kifejtett toxicitási értékeiből indultunk ki úgy, hogy praktikus okokból az 1–4-es veszélyességi értékeket átskáláztuk 0–3-as értékekre, majd az egyes kezelések értékszámainak havi vagy kéthavi bontásban, vagy az egész vegetációs periódusra kumuláltuk. Az ültetvényekben április és augusztus között folytak növényvédelmi kezelések. Erre az időszakra vonatkozóan a peszticid (inszekticid és fungicid) hatóanyagok kumulált toxicitása ültetvényenként 0–15, átlagosan $8,4 (\pm 4,1)$ közötti értéket vett fel. A 12 ültetvény havi kumulált peszticidterhelése a következőképp alakult, április: 21, május: 26, június: 32, július: 22, augusztus: 6.

Az ültetvények gyomborítását és az átlagos gyommagasságot a sorközökben vizsgáltuk június elején, illetve szeptemberben. Minthogy a gyomborítási értékek és a gyommagasság korreláltak, az elemzésekben csak a gyommagassági értékekkel számoltunk. A gyommagasság az ültetvények sorközeiben, májusban 4–22 cm között változott (átlagosan $13 \text{ cm} \pm 5 \text{ cm}$ volt), míg szeptemberben 2–30 cm ($20 \pm 9 \text{ cm}$). A kumulált toxicitás és a gyommagasság függetlenek voltak egymástól és a táji változóktól, kivéve a „kumulált toxicitás áprilistól júniusig” változó és a „települések aránya” változókat, melyek pozitívan korreláltak (5. és 6. függelék).

6.1.2. Mintavétel

Az Arthropoda mintákat ültetvényenként 20 fa (5 X 4 fa) teljes lombkoronájának kopogtatásával (70 cm átmérőjű, Winkler-típusú kopogtató ernyővel, és 70 cm-es kopogtató rúddal) gyűjtöttük (Muther és Vogt, 2003) 2012. május 21. és október 11. között, nyolc alkalommal, minden gyűjtési alkalommal ugyanazokat a fákat kopogtatva. A kijelölt parcellák (4 fa) az ültetvény szegélyétől minimum 12 m távolságra voltak, egymástól minimum 25 m távolságra. A parcellákon belül a kijelölt fák legnagyobb távolsága 10 m volt. A mintákból a makroízeltlábúakat kiválogattuk és a Coleoptera imágókat faji szintig identifikáltuk, illetve a következő guildekbe soroltuk: ragadozók, almafogyasztók, turisták (nem almafogyasztó fitofágok, lásd Moran és Southwood, 1982) és gombafogyasztók.

A levéltetvek abundanciáját a vegetációs periódus során négy alkalommal felvételeztük (5., 6., 7. és 9. hónapok), minden ültetvényben 20 hajtást vizsgálva (tíz fán, fánként két hajtást kiválasztva). Az ültetvényekben főként *Aphis pomi* De Geer és *Aphis spiraecola* Patch és kisebb egyedszámban *Dysaphis plantaginea* (Passerini) és *Dyspaphis devector* (Walker) levéltetveket (Hemiptera: Aphididae) figyeltünk meg. A lombzaton előforduló atkákat (Acari) nyolc alkalommal mértük fel, ültetvényenként 20 levél (10 fáról gyűjtött két-két levél) vizsgálatával. Az atkák csökkenő egyedszámuk sorrendjében az Eriophyidae, Tarosnemidae, Phytoseiidae, Stigmaeidae, Tetranychidae családokat és a Tydeoidea öregcsaládot képviselték, összes egyedszámuk felét az első két család adta.

6.1.3. Statisztikai elemzés

A vizsgált magyarázó változók és a lombkoronában előforduló bogárfajok havi, kéthavi, vagy éves (május és október között mért) egyedsűrűsége közötti kapcsolatot általánosított lineáris kevert modellel (GLMM) vizsgáltuk (Bolker és mtsai., 2009). A vizsgált területeket (ültetvényeket) térbeli random változóként illesztettük a modellbe. Annak érdekében, hogy a modell-reziduálisok normál eloszlásának feltétele teljesüljön, a függő változókat $\log(x+1)$ transzformáltuk. Először egy

modellbe csak egy magyarázó változót építettünk be elkerülendő a magyarázó változók kollinearitását (Burnham és Anderson, 2002).

A magyarázó változók alapján két modellcsoportot hoztunk létre:

(1.) Az *ültetvénymodellekkel* az ültetvényekben alkalmazott termesztési, illetve növényvédelmi technológiák következtében fellépő hatásokat elemeztük, így (1.1.) a peszticidek toxicitásának hatását (kumulált IOBC veszélyességi értékszámok alapján), (1.2.) a gyomosodás mértékének (sorközök májusban mért gyommagassága versus a bogarak májusi és júniusi egyedsűrűsége, és a szeptemberben mért gyommagasság versus a bogarak július-októberi egyedsűrűsége), (1.3.) a levéltetvek egyedsűrűségének (csak az afidofág Coleoptera-fajok esetén) és (1.4.) az atkák egyedsűrűségének (csak az atkafogyasztó faj esetén) hatását az egyes Coleoptera-fajok egyedsűrűségére.

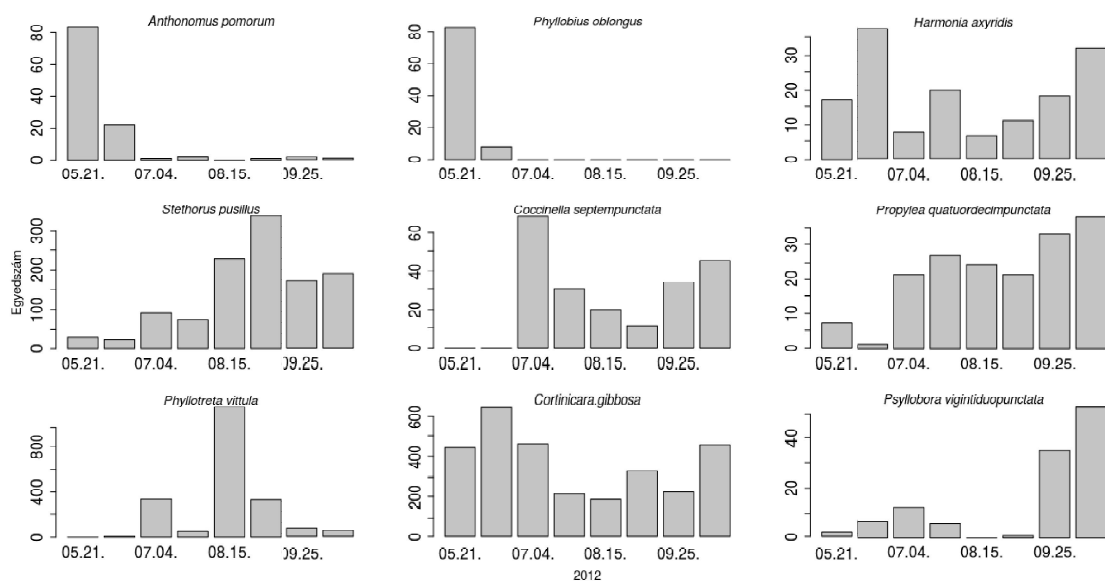
(2.) A *táji modellcsoporttal* az almaültetvények 1 km sugarú környezetében található táji elemek hatását vizsgáltuk az egyes Coleoptera-fajokra. A vizsgált táji változók a következők voltak: (2.1.) szántóföldek, (2.2.) erdőültetvények, (2.3.) gyepek, (2.4.) települések, (2.5.) gyümölcsültetvények és (2.6.) természetközeli erdők.

A modellszelekció, azaz a vizsgált bogárfajok egyedsűrűségét legjobban magyarázó modellek kiválasztása Akaike-féle információs kritérium (AIC) alapján történt (Burnham és Anderson, 2002). A legjobb közelítést adó modellnek azt a modellt tekintettük, amelynél az AIC érték a legkisebb volt, és a többi AIC értékhez viszonyítva $\Delta AIC_c > 2$. A többi esetben ($\Delta AIC_c < 2$) annak érdekében, hogy csökkentsük a modellszelekció bizonytalanságát, valamint kellően robusztus paraméterbecsléseket kapjunk modellátlagolást alkalmaztunk (Grueber és mtsai., 2011). Ekkor a magyarázó változók felhasználásával megépítettük az összes lehetséges modellt, majd a legjobb modellek ($\Delta AIC_c > 2$) becsült paramétereit a modellek AICc súlyával átlagoltuk.

A modellek becslésére maximum likelihood módszerrel, a modell-diagnosztika Akaike-féle információs kritérium és a modell-reziduálisok alapján történt. A modellparaméterek becsléséhez *nlme* (Pinheiro és mtsai., 2011), a modellátlagoláshoz MuMIn (Barton, 2013), az ábrák rajzolásához *graphics* programcsomagokat (R 3.1.2) (R Core Team, 2014) használtunk. A magyarázó változók függetlenségét Kendall tau rangkorrelációval vizsgáltuk, *ROPstat* programcsomag segítségével (Vargha és mtsai., 2015).

6.2. Eredmények

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 almát fogyasztó fajok közül a legnagyobb egyedsűrűséggel az *Anthonomus pomorum* (Linnaeus) (Curculionidae, 112 egyed) és a *Phyllobius oblongus* (Linnaeus) (Curculionidae, 90) került elő, a ragadozó fajok közül pedig a *Stethorus pusillus* (Herbst) (Coccinellidae, 1148), a *Coccinella septempunctata* Linnaeus (Coccinellidae, 209), a *Propylea quatuordecimpunctata* (Linnaeus) (Coccinellidae, 179) és a *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coccinellidae, 151). A turista fajok közül a *Phyllotreta vittula* (Redtenbacher) (Chrysomelidae, 2074), a gombafogyasztó fajok közül a *Corticicara gibbosa* (Herbst) (Lathridiidae, 2988) és a liszharmatfogyasztó *Psyllobora vigintiduopunctata* (Linnaeus) (Coccinellidae, 116 egyed) fordult elő a nagy egyedszámban. Az előkerült fajok dinamikáját a vegetációs periódusban a 6.3. ábrán foglaltuk össze.



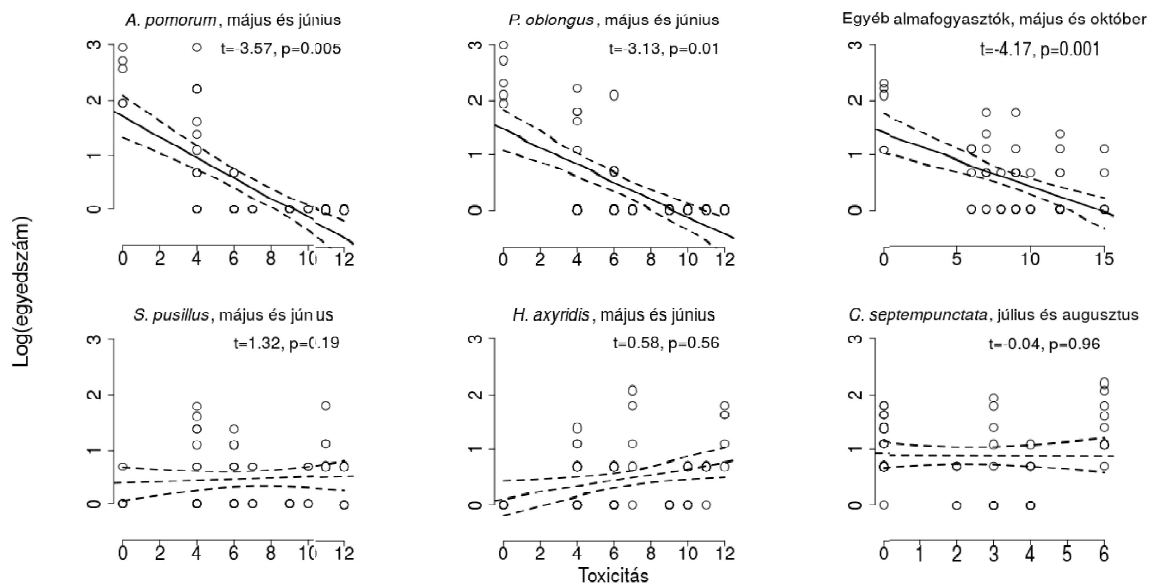
6.3. ábra. Coleoptera-fajok egyedszámának alakulása 2012-ben, a vegetációs periódus során, a vizsgált almaültetvények lombkorájában. Az Y tengelyeken a skálák különbözhetnek.

Az *A. pomorum* és *P. oblongus* imágókat csak májusban és júniusban gyűjtöttünk. Ezzel szemben a *H. axyridis* és a *C. gibbosa* az egész vegetációs periódus során előfordult a lombkorában egy tavaszi-nyári eleji és egy őszi csúcst mutatva. A többi vizsgált ragadozó fajt és a *P. vittula*-t csak júliustól, a *P. vigintiduopunctata*-t pedig csak szeptember végétől gyűjtöttük nagyobb számban (6.3. ábra).

6.2.1. A növényvédelmi kezelések hatásai

Az *ültetvénymodellekben* vizsgált magyarázó változók közül a peszticidterhelés eltérő módon hatott egyes táplálkozási-csoportok egyedsűrűségére (6.4. ábra). A növekvő peszticid-toxicitási gradiens mentén csökkent az almán táplálkozó fitófág fajok, így a bimbólikasztó (*A. pomorum*), és a közönséges lombormányos (*P. oblongus*), valamint az „almát fogyasztó egyéb bogarak” csoportjának egyedsűrűsége [egyedszámuk csökkenő sorrendjében: *Pogonocherus hispidus* (Linnaeus) (Cerambycidae), *Otiorhynchus ovatus* (Linnaeus) (Curculionidae), *Scolytus rugulosus* (Müller) (Curculionidae), *Peritelus familiaris* Boheman (Curculionidae), *Rhynchites bacchus* (Linnaeus) (Rhynchitidae) és további hat fajt] (6.4. ábra).

Szemben az almát fogyasztó fajokkal, a ragadozó bogarak egyedszámát nem csökkentette a növekvő peszticidterhelés. Az atkafogyasztó atkászbödicére (*S. pusillus*), a döntően afidofág harlekinkaticára (*H. axyridis*), a hétpettyes katicára (*C. septempunctata*) és a tizennégypettyes fűsskatára (*P. quatuordecimpunctata*) nem hatott a növekvő peszticid-toxicitás (6.4. ábra, 7. függelék). Ugyanígy nem hatott a peszticid-toxicitás a turista muharbolhára (*P. vittula*), és a gombafogyasztó szőrös pudvabogárra (*C. gibbosa*), és huszonkétpettyes katicára (*P. vigintiduopunctata*) (7. függelék).



6.4. ábra. Kumulált peszticid-toxicitás hatása almát fogyasztó bogárfajok (*Anthonomus pomorum*, *Phyllobius oblongus*), almát fogyasztó egyéb bogarak (almafogyasztó fajok csoportja kivéve az *A. pomorum* és a *P. oblongus*) és ragadozó bogárfajok (*Stethorus pusillus*, *Harmonia axyridis* és *Coccinella septempunctata*) egyedszámára almaültetvények lombkoronájában; valamint az egy magyarázó változós modellek t és p értékei. A szignifikáns ($p < 0,05$) kapcsolatokat folyamatos, a nem szignifikáns kapcsolatokat szaggatott vonallal jelöltük.

A gyommagasság, illetve a ragadozó fajok esetén az ültetvényekben kis abundanciával előforduló levéltetvek nem befolyásolták a bogarak egyedsűrűségét (7. függelék). Viszont május–június hónapokban az atkafogyasztó *S. pusillus* egyedszáma az atkák egyedsűrűségét követte (6.5. ábra, 6.2. táblázat).

6.2. táblázat. A legjobb gyümölcsültetvény modellek a becsült (béta), t és a S. D. (random) értékekkel. Csak a szignifikáns eredményeket közöltük.

Fajok és hónapok	Legjobb modellek	Változók	Becsült	S.E.	D.f.	t	P	S.D. (random)
<i>Anthonomus</i>	Toxicitás ¹	Intercept	1,70	0.38	48	4,47	<0,0001	0,30
Május és június		Toxicitás	-0,18	0.05	10	-3,57	0,005	
<i>Phyllobius oblongus</i>	Toxicitás	Intercept	1,45	0.37	48	3,90	0,0003	0,31
Május és június		Toxicitás	-0,15	0.05	10	-3,13	0,010	
Egyéb almafogyasztók	Toxicitás	Intercept	1,37	0.21	48	6,36	<0,0001	0,51
Május-október		Toxicitás	-0,09	0.02	10	-4,17	0,001	
<i>Stethorus pusillus</i>	Atkák	Intercept	0,03	0.21	47	0,15	0,87	0,35
Május és június		Log atka ²	0,13	0.06	47	2,19	0,030	

¹ Kumulált toxicitás, ² log₁₀(atkák egyedszáma+1)

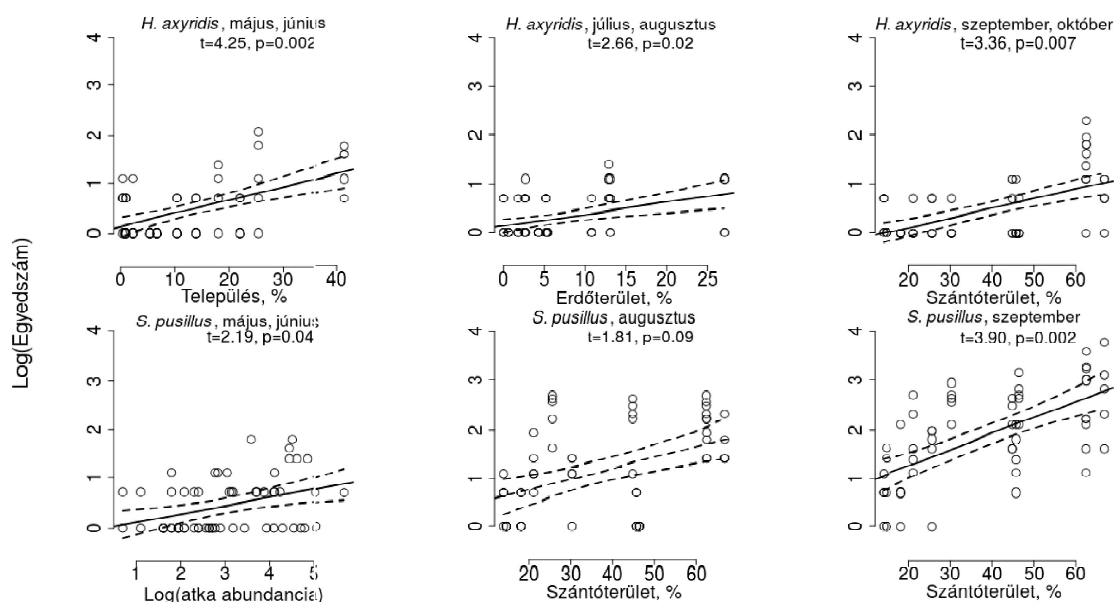
6.2.2. A tájszerkezet hatása

A *táji modellek* szerint az almát fogyasztó fajokat nem befolyásolták az ültetvények környezetében található táji elemek (6.3. táblázat). Ezzel szemben a ragadozó, gombafogyasztó és turista fajokra hatott a táji környezet, és a vegetációs periódus során változott egyes táji elemek jelentősége egyedsűrűségük kialakításában (8. függelék).

A harlekinkatica egyedszáma májusban és június elején a települések, július-augusztusban a természetközeli erdők, míg szeptember-októberben a szántóföldi kultúrák arányával korrelált (6.5. ábra). 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 természetes erdők és szeptember-októberben 6-szor volt nagyobb abban a hat ültetvényben, amit legnagyobb arányban vettek körül szántóföldek, mint a másik hat ültetvényben.

Az atkászbödicére május-júniusban nem hatott a táji környezet, a vegetációs periódus második felében (augusztustól októberig) viszont a szántóföldi kultúrák arányával korrelált az egyedszáma (6.5. ábra, 6.3. táblázat).

A *C. septempunctata* és a *P. quatuordecimpunctata* május-júniusban nem, vagy csak kis abundanciával fordult elő a lombkoronában (6.3. ábra). Később a *C. septempunctata* egyedszámát a gyümölcsültetvények (1,8-szor több egyed abban a hat almaültetvényben, ami körül több, mint abban a hatban, ami körül kevesebb gyümölcsültetvény található), a *P. quatuordecimpunctata* egyedszámát pedig a szántóföldek aránya határozta meg (6.6. ábra, 6.3. táblázat).

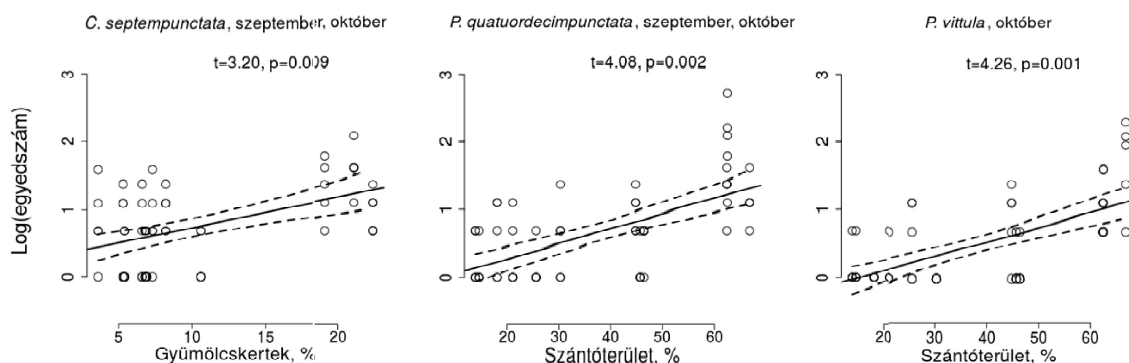


6.5. ábra. A harlekinkatica (*H. axyridis*) és az atkászbödice (*S. pusillus*) egyedszámának alakulása almaültetvények táji környezetének (élőhely típusok aránya), valamint az atkák egyedsűrűségének (*S. pusillus*) függvényében. A szignifikáns ($p < 0,05$) kapcsolatokat folyamatos, a közel szignifikáns ($0,10 > p > 0,05$) kapcsolatot szaggatott vonallal jelöltük. További adatokat lásd a 6.3. táblázatban.

A *P. vittula* május-júniusban csak elvétve fordult elő az almafák lombkoronájában, majd július elején, illetve augusztus közepén-szeptember elején figyeltük meg egy-egy aktivitási csúcsot (6.3. ábra). Az egy magyarázó változós modellekben a táji változók közül a szántóföldek mennyisége júliustól októberig pozitívan, az erdőültetvények mennyisége júliusban és augusztusban negatívan hatott egyedszámára, amit szeptember-októberben a modellátlagolás is megerősített (6.6. ábra, 6.3. táblázat, 8. és 9. függelékek).

A másik gombafogyasztó faj a *C. gibbosara* sem a vizsgált ültetvényen belüli, sem a táji változók nem hatottak. Kivételt a vegetációs periódus vége jelentett, amikor októberben az erdőültetvények mennyisége negatív, a szántóföldek mennyisége közel szignifikáns pozitív hatással volt egyedsűrűségére (6.3. táblázat).

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%) vesznek körül szántók. Ugyanezek az értékek fajonként a következő módon alakultak: *H. axyridis* (6,3), *S. pusillus* (3,3), *P. quatuordecimpunctata* (4,4), *P. vittula* (5,0), *P. vigintiduopunctata* (3,3) és *C. gibbosa* (2,1).



6.6. ábra. Gyümölcsültetvények hatása a *Coccinella septempunctata* és szántóföldek hatása a *Propylea quatuordecimpunctata* és *Phyllotreta vittula* egyedszámára szeptember-októberben.

6.3. táblázat. A legjobb táji modellek összefoglaló táblázata. Az együttthatók és a z értékek az átlag modellhez, míg a becült (béta), t és a S. D. (random) értékek a legjobb egy magyarázó változós modellekhez tartoznak. A szignifikáns értékeket vastag kiemeléssel jelöltük.

Fajok és hónapok	Legjobb modellek	Változók	Együtttható/ becsült	S.E.	D.f.	Z/t	P	S.D. (random)
<i>Harmonia axyridis</i> Május és június	Átlag	(Intercept)	0,066	0,157	48	4,180	0,0001	0,41
		Település	0,020	0,040	10	4,250	0,002	
		Szántóföld	-0,012	0,003	10	-3,990	0,003	
Július és augusztus	Term. erdő ¹	Intercept	0,140	0,092	48	1,520	0,134	0,36
		Term. erdő	0,023	0,008	10	2,660	0,020	
Szeptember és október	Szántóföld	Intercept	-0,272	0,240	48	1,130	0,263	0,37
		Szántóföld	0,019	0,005	10	3,368	0,007	
<i>Coccinella septempunctata</i> Szeptember és október	Gyümölcs ²	Intercept	0,285	0,170	48	1,670	0,100	0,46
		Gyümölcs	0,045	0,014	10	3,197	0,009	
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i> Július és augusztus	Átlag	(Intercept)	-8,119	10,08	48	0,803	0,421	
		Szántóföld	0,195	0,049	10	3,027	0,002	
		Erdőült. ³	0,190	0,048	10	2,997	0,002	
		Gyep	0,202	0,052	10	2,954	0,003	
		Gyümölcs.	0,169	0,084	10	1,814	0,069	
		Település	0,134	0,093	10	1,362	0,173	
		Term. erdő	0,118	0,094	10	1,172	0,241	
Szeptember és október	Szántóföld	Intercept	-0,159	0,228	48	-0,698	0,488	0,41
		Szántóföld	0,022	0,005	10	4,081	0,002	
<i>Stethorus pusillus</i> Augusztus	Átlag	(Intercept)	1,016	0,401	48	2,473	0,013	
		Szántóföld	0,030	0,008	10	3,089	0,002	
		Gyümölcs	-0,088	0,025	10	2,990	0,002	
		Term. erdő	-0,032	0,019	10	1,387	0,165	
Szeptember	Szántóföld	Intercept	0,598	0,353	48	1,694	0,096	0,58
		Szántóföld	0,032	0,008	10	3,907	0,002	
Október	Szántóföld	Intercept	-0,031	0,411	48	-0,075	0,940	0,53
		Szántóföld	0,025	0,009	10	2,582	0,027	
<i>Phyllotreta vittula</i> Szeptember	Szántóföld	Intercept	0,176	0,392	48	0,448	0,655	0,57
		Szántóföld	0,035	0,009	10	3,777	0,003	
Október	Szántóföld	Intercept	-0,328	0,212	48	-1,544	0,129	0,38
		Szántóföld	0,021	0,005	10	4,263	0,001	
<i>Corticaria gibbosa</i> Október	Átlag	(Intercept)	1,509	0,806	48	1,856	0,063	
		Erdőült.	-0,023	0,0009	10	2,185	0,028	
		Szántóföld	0,024	0,012	10	1,714	0,086	

¹ természetközeli erdő, ² gyümölcsültetvény, ³ erdőültetvény

6.3. Megvitatás

6.3.1. A növényvédelmi technológia hatásai

Az almaültetvények növekvő peszticidterhelése eltérően hatott a bogarak különböző táplálkozási csoportjaira. Az almához kötődő fitofág fajok (*A. pomorum*, *P. oblongus*, „almát fogyasztó egyéb bogarak”) egyedsűrűsége csökkent az ültetvények növekvő peszticidterhelésével (6.4. ábra, 6.2. táblázat). Ugyanakkor, szemben első hipotézisünkkel, némileg meglepő módon a ragadozó (*H. axyridis*, *S. pusillus*, *C. septempunctata*, *P. quatuordecimpunctata*), a turista (*P. vittula*) és gombafogyasztó (*P. vigintiduopunctata*, *C. gibbosa*) fajok egyedsűrűségét nem befolyásolta a peszticid használat (6.4. ábra, 6.2. táblázat).

Az agrárterületek, és különösen a gyümölcsültetvények nagymértékű peszticidterhelésnek vannak kitéve (Eurostat, 2007; Roßberg, 2013; Cross és mtsai., 2015). Az alkalmazott hatóanyagok, toxicitásuk és a kezelések gyakoriságának függvényében, jelentős mortalitást okozhatnak az ízeltlábú populációkban, és ezzel alapvetően határozhatják meg a növénykultúrákban kialakuló ízeltlábú-együttesek nagyságát és összetételét (Lövei és mtsai., 1991; Jenser és mtsai., 1999; Biddinger és mtsai., 2009; Markó és mtsai., 2010; Krauss és mtsai., 2011; Jonsson és mtsai., 2012). Ugyanakkor a jó diszperziós képességgel rendelkező fajok a kezelések után visszatelepülhetnek az ültetvényekbe, így kompenzálva a peszticidek okozta mortalitást (Markó és mtsai., 2009). 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 (IOBC Pesticide Side Effect Database), szabadföldi körülmények között is növelték a katicabogarak mortalitását, azaz a gyümölcsültetvények a vegetációs periódus első felében többnyire nyelő (sink) habitatként funkcionálnak. A kártevő és ragadozó fajok között megfigyelt különbség tehát elsősorban nem a két csoport peszticidekkel szembeni eltérő érzékenységeivel 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 rendelkezett, így jelentős mértékben telepedett be az ültetvényekbe a peszticidkezelések után. A gombafogyasztó *C. gibbosa* viszont valószínűleg ágakhoz, kéreghez kötött életmódja következtében kerülhetett el a növényvédelmi kezelések negatív hatásait.

A peszticidek mellett számos további tényező, így a zsákmányellátottság és a gyepszint növényzete is befolyásolhatja a gyümölcsültetvények lombkoronájában kialakuló bogáregyütteseket, és néhány közülük felülírhatja a többi hatását (Markó és mtsai., 2013). 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. táblázat). Ugyanakkor az afidofág katicabogarak egyedszámát nem befolyásolták sem a peszticidkezelések, sem a minden ültetvényben kis egyedszámban előforduló levéltetvek, sem a gyomok magassága a sorközökben (7. függelék).

6.3.2. A tájszerkezet hatásai

Vizsgálatunkban az almához kötődő fitofág fajokra (*A. pomorum*, *P. oblongus*, és az „almát fogyasztó egyéb bogarak”) nem hatottak a táji elemek. Egyedszámukat elsősorban a peszticidkezelések határozták meg, melyek elnyomták a táji környezet esetleges hatásait. Korábbi vizsgálatokban lokális léptéken az *A. pomorum*-ra az almaültetvényeket szegélyező, telelőhelyül szolgáló erdők, táji léptéken a *P. oblongus*-ra a félig-nyitott erdős vegetáció mennyisége hatott pozitívan (Brown és mtsai., 1993; Bailey és mtsai., 2010; Markó, 2014).

A többi táplálkozási csoport esetén a települések (*H. axyridis*), gyümölcsültetvények (*C. septempunctata*) és főként a szántóföldek (*H. axyridis*, *S. pusillus*, *P. quatuordecimpunctata*, *P. vittula*, *C. gibbosa*) jelenléte növelte az egyedszámot (6.5. és 6.6. ábrák). Szemben második hipotézisünkkel a természetes-féltermészetes élőhelyek szerepe jelentősen kisebb volt. Sem az erdőültetvények, sem a gyepek nem befolyásolták a bogarak egyedsűrűségét és csak a természetközeli erdők hatottak némileg pozitívan a harlekinkaticára (6.3. táblázat). 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 (6.1. táblázat). Az erdőültetvények döntően idegenhonos fafajokból 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 (Moran és Southwood, 1982; Bremer és Farley, 2010;). Ezen eredményeink Tscharncke és mtsai. (2016) „a haszonnövények több forrást biztosíthatnak a természetes ellenségeknek, mint a természetes habitatok” hipotézisét támasztják alá.

A táji környezet hatását a katicabogarak populációnagyságára többnyire szántóföldi kultúrákban, főként kukorica-, szója- és lucernatáblákon vizsgálták. Itt, szemben az általunk kapott eredményekkel, a legelők és gyepek (Elliott és mtsai., 2002; Woltz és mtsai., 2015) és a természetes-féltermészetes élőhelyek (Gardiner és mtsai., 2009; Raymond és mtsai., 2015; Woltz mtsai., 2012; Woltz és Landis, 2014) mennyiségének növekedése, valamint a mezőgazdasági területek (gyümölcsültetvények és szántók) csökkenése hatott pozitívan a katicabogarak egyedsűrűségére (Grez és mtsai., 2013). A gyümölcsültetvényekben, mint élő kultúrákban kapott eredményeink inkább a természetes élőhelyeken megfigyelt mintázatokhoz állnak közel (Rand és mtsai., 2006). A szántóföldi kultúrákból nagy mennyiségben telepedtek be katicabogarak ezekre az élőhelyekre (spillover), így gyepeken és csalánon is jelentősen nagyobb volt a katicabogarak egyedszáma akkor, ha a táji környezetükben szántóföldi kultúrák voltak (Rand és Louda, 2006; Rand és Tscharncke, 2007). Tehát a szántóföldi kultúrák nem csak befogadói lehetnek a természetes ellenségeknek, hanem szolgáltatói is.

Összességében eredményeink magyarázatot adhatnak arra az általános, és metaanalízisekkel is alátámasztott megfigyelésre, miszerint a tájszerkezet nagyobb mértékben hat a természetes ellenségekre, mint a kártevőkre (Chaplin-Kramer és mtsai., 2011; Veres és mtsai., 2013). A mezőgazdasági területeken alkalmazott peszticidkezelések elnyomhatják a táji környezet hatását, és ez inkább érvényesülhet a kártevők, mint a természetes ellenségek esetén. Az inszekticid-kezeléseknél a hatóanyagok kiválasztása és a kezelések időzítése is a megcélzott kártevőhöz igazodik. Másik oldalról a kártevők erősebben kötődhetnek a mezőgazdasági területekhez, mint generalista természetes ellenségeik, és diszperziós kapacitásuk is kisebb lehet, így lehetséges, hogy kevésbé képesek kompenzálni a peszticidek okozta mortalitást.

6.3.3. Szezonális a tájban

Végül harmadik hipotézisünkkel összhangban azt tapasztaltuk, hogy a vegetációs periódus során változik a különböző táji elemek jelentősége az egyes bogárfajok egyedsűrűségének kialakításában. A *H. axyridis*re május-júniusban a települések, július-augusztusban a természetközeli erdők, míg szeptember-októberben a szántóföldi kultúrák mennyisége hatott pozitívan (6.5. ábra). A harlekinkaticának Magyarországon döntően három nemzedéke van, jelentős részben csoportosan, épületekben telel, és főként magasabb lágyszárú növényeken, cserjék és fák lombkoronájában fejlődik (Koch 2003; Markó és Pozsgai, 2009). Ennek megfelelően nagyobb egyedszáma a települések közelébe telepített almaültetvényekben a telelő harlekinkaticák szinantrop jellegével, míg a második, részben harmadik nemzedék nagyobb egyedszáma a természetes erdők közelében a harlekinkaticák cserjék és fák lombkoronájához kötött életmódjával hozható összefüggésbe (Koch, 2003). Korábbi vizsgálatokban a harlekinkaticák éves összesített egyedszámára szójatáblakon a környezetben található gyepek és települések, míg lucernatáblakon a települések hatottak pozitívan (Grez és mtsai., 2014).

A hétpettyes katica egyedszáma az almaültetvények környezetében található gyümölcsültetvények arányával nőtt, valószínűleg már júliustól (6.6. ábra). A hétpettyes katica döntően egynemzedékes, lárvái gyepeken, mezőgazdasági területeken és azok szegélyén, döntően alacsonyabb lágyszárú vegetációban fejlődnek, és az új nemzedék júliusban jelenik meg (Sárospataki és Markó, 1995). A gyümölcsültetvények pozitív hatását az egyedszámára a gyomok, és az azokon fejlődő levéltetvek magyarázhatják (7. függelék) (Burgio és mtsai., 2006). A hétpettyes katica inkább ragaszkodik egy-egy élőhelyhez, mint a *H. axyridis*, vagy a *P. quatuordecimpunctata*, melyek aktívan mozognak lucerna, szója és kukoricatáblák között (di Lascio és mtsai., 2016; Forbes és Gratton, 2011).

A vegetációs periódus második felében a legtöbb vizsgált faj egyedszáma jelentősen nőtt a szántóföldek arányának növekedésével. Az imágók tömeges betelepülése az almaültetvényekbe júliusban (*P. vittula*, *P. quatuordecimpunctata*) és augusztusban (*S. pusillus*) kezdődött, és szeptember-októberben (*H. axyridis*, *S. pusillus*, *P. quatuordecimpunctata*, *C. gibbosa*) kulminált (6.5. és 6.6. ábrák, 6.3. táblázat). Kukorica-növényállományban nagy számban fordul elő a *H. axyridis*, a *S. pusillus*, a *P. quatuordecimpunctata*, a *P. vigintiduopunctata* (Ácsné Szekeres, 2011; Radwan és Lövei, 1983; Vandereycken és mtsai., 2013), a *P. vittula* (Szénási és Markó, 2015) és a *C. gibbosa* (Rauschen és mtsai., 2010), de más szántóföldi kultúrában is gyakoriak lehetnek. A vizsgált régió, Szabolcs-Szatmár-Bereg megye teljes területének 44%-át borították szántóföldek 2012-ben, és ennek 41%-a volt kukorica, 19%-a napraforgó és 12%-a búza (Központi Statisztikai Hivatal, 2013b). A búza, árpa és repce aratása 2012-ben június végén, a silókukorica aratása kora augusztusban kezdődött. A kukorica és napraforgó betakarítása kora szeptembertől október végéig tartott. Ennek eredményeként a vegetációs periódus közepétől a növényállományok sárgulása-száradása, majd aratása következtében a szántóföldek fokozatosan kedvezőtlen élőhelyekké váltak. Az élőhelyek minőségének hanyatlása, összhangban a „táj irányította sűrűsödés és hígulás hipotézissel”, a bogarak tömeges betelepülését (spillover) indíthatta el a szántóföldekről a gyümölcsültetvényekbe és más megfelelő élőhelyekre (Tscharntke és mtsai., 2012). Ennek eredményeként ősszel a ragadozó bogárfajok egyedszáma 3–6-szor nagyobbra nőtt azokban az ültetvényekben, melyek környezetében sok (45–57%), mint azokban, ahol kevés (14–30%) szántóföldi kultúra volt.

Almaültetvényekben a katicabogarak ősszel megnövekedett egyedszáma és ragadozó tevékenysége csökkentheti a telelő tojásokat rakó levéltetvek egyedszámát, így közvetve az őszanyák és leánynemzedékeik tavaszi egyedszámát is (Kehrli és Wyss, 2001).

6.4. Következtetések

A gyümölcsültetvények permanens, a vegetációs periódus első felében nagy peszticidterhelésnek kitett élőhelyek, melyeket jelentősen eltérő táji környezet vehet körül. Vizsgálataink szerint almaültetvényekben a rosszabb diszperziós képességű bogárfajok (kártévők) egyedsűrűségét a peszticidkezelések, a jobb diszperziós képességű fajokét (főként ragadozó katicabogarak) a táji környezet határozza meg. A jó diszperziós képességgel rendelkező fajok esetén a féltermészetes élőhelyek, mint a természetes erdők, erdőültetvények és gyepek nem játszottak jelentős szerepet az egyedsűrűség alakításában, ami arra utal, hogy ezen élőhelyek minősége alapvetően határozhatja meg az általuk nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatásokat. Ezzel szemben a települések, gyümölcsültetvények és főként a szántóföldek jelentős pozitív hatással voltak a ragadozó, turista és gombafogyasztó fajokra. Összességében, amíg a szántóföldi kultúrákban az eddig végzett megfigyelések szerint a természetes táji elemek határozzák meg a ragadozók egyedsűrűségét, addig almaültetvényekben fordított mintázatot figyeltünk meg. Ez a fordított mintázat gyakori lehet az évelő kultúrákban különösen akkor, ha peszticidterhelésük jelentős és emberi zavarásnak erősen kitett, kevésbé diverz táji környezetben találhatók.

Vizsgálatunkban a tájszerkezet hatása a bogarak egyedsűrűségére a vegetációs periódus során sajátos mintázatot mutatott. A forrásláncok részét képező élőhelyek, mint a települések tavasszal és június elején, a féltermészetes erdők nyáron, és a szántóföldek ősszel jelentős mennyiségű harlekinkaticát szolgáltatnak az almaültetvények részére. A többi ragadozó bogárfaj betelepülése az ültetvényekbe, de a turista és gombafogyasztó fajok betelepülése is júliusban indul, és szeptember-októberben kulminál összhangban a bogárfajok fejlődési ciklusával, illetve a szántóföldi növények érésével, száradásával és aratásával.

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.

További vizsgálatok állapíthatják majd meg, hogy az almaültetvények bogáregyütteseiben megfigyelt mintázatok mennyire általánosíthatók más ízeltlábúcsoportokra, illetve, hogy a szántóföldi kultúrákból az évelő kultúrákba betelepülő természetes ellenségek mennyiben járulnak hozzá a kártévők szabályozásához.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom szüleimnek, dr. Markó Józsefnek és Markó Jelenának, akik az általános iskolás éveimtől a legnagyobb természetességgel vették tudomásul, hogy rovarász szeretnék lenni, és ebben is messzemenőig támogattak. Feleségemnek, Fazekas Zsuzsának és lányomnak, Markó Lucának köszönhetem, hogy a rovaran csak egy passzió az életemben.

Pályám elején Sáringer Gyula, Mészáros Zoltán, Jenser Gábor, Balázs Klára és Kozár Ferenc nem csak sokat segítettek, de szakmai világképemet is jelentősen alakították. Rajtuk kívül Lövei Gábor és Szentkirályi Ferenc kutatásai inspiráltak. Mark W. Brown, Leo H. M. Blommers és Jerry V. Cross személye és munkássága győzött meg arról, hogy az almaültetvények mikrokozmoszában kiteljesedhet egy kutatói pálya.

A Szent István Egyetem Kertészettudományi Karának Rovartani Tanszékén lehetőséget kaptam arra, hogy oktatási feladataim mellett sok időt fordíthassak kutatásra. A tanszéki hétköznapiakban Haltrich Attila segített sokat. Az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézetében dolgozó kollégákhoz pedig a legkülönbözőbb szakmai kérdésekkel fordulhattam.

Több doktoranduszhallgató munkáját irányítottam. Balog Adalbert, Bleicher Krisztina, Kutasi Csaba, Keresztes Balázs, és az utóbbi években Korányi Dávid, Mezőfi László, Nagy Csaba, Sipos Péter és Varga Ákos nem csak új ismeretekkel és nézőpontokkal, hanem a közös rácsodálkozás örömeivel ajándékoztak meg. Ugyanez mondható el Bogya Sándorról és Vas Jánosról is. Mintegy 80 diplomadolgozatos hallgatóm kapcsolódott be kutatási programjainkba jelentősen segítve azokat. Nekik is itt mondok köszönetet.

Az ízeltlábú-együttesek kutatásában elengedhetetlen identifikációban önzetlen és pótolhatatlan munkát végzett Ábrahám Levente, Ádám László, Bozsik András, Földesi Rita, Hegyi Tamás, Józán Zsolt, Kondorósy Előd, Kádár Ferenc, Merkl Ottó, Orosz András, Rasztik Viktória, Podlussány Attila, Szabó Árpád, Szalóki Dezső, Thuróczy Csaba, Tóth Sándor és Vig Károly.

Ladányi Márta és Elek Zoltán a statisztikai elemzésekben segített, amit ezúton is köszönök.

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

- Abbott, W.S. (1925): A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18, 265–267.
- Ábrahám, L., Markó, V., Vas, J. (2003): Investigations on a Neuropteroid community by using different methods. Acta Phytopath. Entomol. Hung. 38, 199–207.
- Ácsné Szekeres D. (2011): BT (MON 810, CRY1Ab) kukorica hatásának elemzése egyes nem-célszervezet Coleoptera (Carabidae, Coccinellidae) csoportra. Doktori (PhD) értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő.
- 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.
- Alford, D.V. (2012): Pests of ornamental trees, shrubs and flowers: a colour handbook. CRC Press, 480 pp.
- Alins, G., Alegre, S., Avilla, J. (2007): Effect of management of spontaneous cover crop on rosy apple aphid, green apple aphid and their natural enemies in an apple organic orchard. 3rd QLIF Congress: Improving Sustainability in Organic and Low Input Food Production Systems, University of Hohenheim, Germany, March 20-23, 2007. URL http://orgprints.org/view/projects/int_conf_qlif2007.html [letöltve: 2011.01.25.].
- Alston, D.G. (1994): Effect of apple orchard floor vegetation on density and dispersal of phytophagous and predaceous mites in Utah. Agric. Ecosyst. Environ. 50, 49–60.
- Altieri, M.A., Schmidt, L.L. (1985): Cover crop manipulation in northern California orchards and vineyards: effects on arthropod communities. Biol. Agric. Hort. 3, 1–24.
- 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.
- Andow, D.A. (1991): Polycultures and Pest Populations. Annu. Rev. Entomol. 36, 561–586.
- Arnaoudov, V., Kutinkova, H. (2006): Susceptibility of some apple cultivars to infestation by the rosy apple aphid (*Dysaphis plantaginea* Pass., Homoptera: Aphididae). J. Fruit Ornament. Plant Res. 14, 137–142.
- Arthurs, S.P., Lacey, L.A., Miliczky, E.R. (2007): Evaluation of the codling moth granulovirus and spinosad for codling moth control and impact on non-target species in pear orchards. Biol. Contr. 41, 99–109.
- 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.
- Az Európai Parlament és a Tanács 2009/128/EK Irányelve (2009. október 21.) a peszticidek fenntartható használatának elérését célzó közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról. Az Európai Unió Hivatalos Lapja 309, 71–86.
- Bailey, D., Schmidt-Entling, M.H., Eberhart, P., Herrmann, J.D., Hofer, G., Kormann, U., Herzog, F. (2010): Effects of habitat amount and isolation on biodiversity in fragmented traditional orchards. J. Appl. Ecol. 47, 1003–1013.
- Bajwa, W.I., Aliniáze, M.T. (2001): Spider fauna in apple ecosystem of western Oregon and its field susceptibility to chemical and microbial insecticides. J. Econ. Entomol. 94, 68–75.
- Balázs, K. (1997): The importance of parasitoids in apple orchards. Biol. Agric. Hort. 15, 123–129.
- Balázs, K. (2002): Tibor Jermy, founder of researches in agro-ecosystems in Hungary. Acta Zool. Acad. Sci. Hung. 48, 73–84.
- Balázs, K. szerk. (1992): International Symposium on Integrated Plant Protection in Orchards. Parts I and II, Gödöllő, Hungary, July 31-August 5, 1990. Acta Phytopath. Entomol. Hung. 27, 690 pp.
- Balázs, K., Bujáki, G., Farkas, K. (1996a): Incorporation of apple clearwing (*Synanthedon myopaeformis* Bork.) control into the IPM system of apple. IOBC/WPRS Bulletin 19, 134–138.

- Balázs, K., Jenser, G., Bujáki, G. (1996b): Eight years, experiences of IPM in Hungarian apple orchards. IOBC/WPRS Bulletin 19, 95–101.
- Balázs, K., Le Duc, Khanh, Farkas, K. (1995): Az üvegszárnyú almafalepke (*Synanthedon myopaeformis* Borkhausen) elleni védekezés beillesztése az alma integrált védelmébe. Növényvédelem 31, 197–203.
- Balázs, K., Molnár, M., Bujáki, G., Gonda, I., Karácsony, D., Bartha, J. (1997): Possibility and problems of organic apple growing in Hungary. Biol. Agric. Hort. 15, 223–232.
- Balog, A. (2003): Mechanikai és növényvédelmi kezelések hatása holyva (Coleoptera, Staphylinidae) együttesekre, almaültetvényekben. PhD dolgozat, Szent István Egyetem, Budapest
- 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., 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.
- 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.
- Balogh, J. (1953): A zoocönológia alapjai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 248 pp.
- Barbosa, P., Hines, J., Kaplan, I., Martinson, H., Szczepaniak, A., Szendrei, Z. (2009): Associational resistance and associational susceptibility: Having right or wrong neighbors. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 40, 1–20.
- Barker J.E., Fulton A., Evans, K.A., Glen P. (2006): The effects of kaolin particle film on *Plutella xylostella* behavior and development. Pest Manag. Sci. 62, 498–504.
- Barton, K. (2013): MuMIn: Multi-model inference. R package version 1.9.5. <http://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>
- Bartos, M. (2004): The prey of *Yllenus arenarius* (Araneae, Salticidae). Bull. British Arachn. Soc. 13, 83–85.
- Bedő, V. (2010): Fullánkos hártványú (Hymenoptera, Aculeata) együttesek felmérése két Zala megyei almaültetvényben. Diplomadolgozat, Kertészettudományi Kar, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest
- Beers E.H., Brunner J.F., Dunley J.E., Doerr M., Granger K. (2005): Role of neonicotinyl insecticides in Washington apple integrated pest management. Part II. Nontarget effects on integrated mite control. J. Insect Sci. 5, 1–9.
- Bengochea, P., Amor, F., Saelices, R., Hernando, S., Budia, F., Adán, A., Medina, P. (2013): Kaolin and copper-based products applications: Ecotoxicology on four natural enemies. Chemosphere, 91, 1189–1195.
- Berndt, L.A., Wratten, S.D. (2005): Effects of alyssum flowers on the longevity, fecundity and sex ratio of the leafroller parasitoid *Dolichogenidea tasmanica*. Biol. Contr. 32, 65–69.
- 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.
- Berrie, A., Cross, J. (2006): Development of an integrated pest and disease management system for apples to produce fruit free from pesticide residues-aspects of disease control. IOBC WPRS Bulletin 29, 129–138.

- Bianchi, F.J.J.A., Booij, C.J.H., Tscharntke, T. (2006): Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proc. R. Soc. London, Ser. B Biol. Sci.* 273, 1715–1727.
- Biddinger, D.J., Weber, D.C., Hull, L.A. (2009): Coccinellidae as predators of mites: Stethorini in biological control. *Biol. Control* 51, 268–283.
- Bleicher, K. (2007): Kabóca-együttesek (Auchenorrhyncha) faunisztikai és szerkezeti vizsgálata alma-és körteültetvényekben. PhD dolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest
- 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.
- Blommers, L.H. (1994): Integrated pest management in European apple orchards. *Annu. Rev. Entomol.* 39, 213–241.
- Bodor, J. (1984) In: Jenser, G. (szerk.), Gyümölcsfák védelme. Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 538 pp.
- Bogya, S. (1999): Spiders (Araneae) as polyphagous natural enemies in orchards. PhD thesis, Wageningen University Wageningen, The Netherlands
- Bogya, S., Markó, V. (1999): Effect of pest management systems on ground-dwelling spider assemblages in an apple orchard in Hungary. *Agric. Ecosyst. Environ.* 73, 7–18.
- Bogya, S., Markó, V., Szinetár, Cs. (1999a): Comparison of pome fruit orchard inhabiting spider assemblages at different geographical scales. *Agric. For. Entomol.* 1, 261–269.
- Bogya, S., Markó, V., Szinetár, Cs. (2000): Effect of pest management systems on foliage-and grass-dwelling spider communities in an apple orchard in Hungary. *Int. J. Pest Manag.* 46, 241–250.
- 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.
- Bolker, B.M., Brooks, M.E., Clark, C.J., Geange, S.W., Poulsen, J.R., Stevens, M.H. White, J.S. (2009): Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends Ecol. Evol.* 24, 127–135.
- Bone, N.J., Thomson, L. J., Ridland, P.M., Cole, P. Hoffmann, A.A. (2009): Cover crops in Victorian apple orchards: Effects on production, natural enemies and pests across a season. *Crop Prot.* 28, 8, 675–683.
- Bostanian, N. J., Racette, G. (2008): Particle films for managing arthropod pests of apple. *J. Econ. Entomol.* 101, 145–150.
- Bostanian, N.J., Goulet, H., O'Hara, J.O., Masner, L. Racette, G. (2004): Towards insecticide free apple orchards: flowering plants to attract beneficial arthropods. *Biocontrol Sci. Techn.* 14, 25–37.
- Bouchard, P., Lesage, L., Goulet, H., Bostanian, N.J., Vincent, C., Zmudzinska, A., Lasnier, J. (2005): Weevil (Coleoptera: Curculionoidea) diversity and abundance in two Quebec vineyards. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 565–574.
- Box, G.E.P., Cox, D.R. (1964): An analysis of transformations. *J. Roy. Stat. Soc., B* 26, 211–252.
- Bradley, S.J., Murrell, V.C., Shaw, P.W., Walker, J.T.S. (1997): Effect of orchard pesticides on *Aphelinus mali*, the woolly apple aphid parasitoid. *Proc. 50th N. Z. Plant Prot. Conf.* 218–222.
- Bremer, L.L., Farley, K.A. (2010): Does plantation forestry restore biodiversity or create green deserts? A synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness. *Biodivers. Conserv.* 19, 3893–3915.
- Broufas, G.D., Koveos, D.S., Georgatsis, D.I. (2002): Overwintering sites and winter mortality of *Euseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae) in a peach orchard in northern Greece. *Exp. Appl. Acarol.* 26, 1–12.
- Brown, M., Adler, C., Weires, R. (1988): Insects associated with apple in the Mid-Atlantic States. *New York's Food Life Sci. Bull.* 124, 1–31.

- Brown, M.W., Glenn, D.M., Wisniewski, M.E. (1991): Functional and anatomical disruption of apple roots by the woolly apple aphid (Homoptera: Aphididae). J. Econ. Entomol. 84, 1823–1826.
- Brown, M.W., Lightner, G.W. (1997): Recommendations on minimum experimental plot size and succession of aphidophaga in West Virginia, USA, apple orchards. Entomophaga 42, 257–267.
- Brown, M.W., Mathews, C.R. (2008): Conservation biological control of spirea aphid, *Aphis spiraeicola* (Hemiptera: Aphididae) on apple by providing natural alternative food resources. Eur. J. Entomol. 105, 537–540.
- Brown, M.W., Schmitt, J.J. (1994): Population dynamics of woolly apple aphid (Homoptera: Aphididae) in West Virginia apple orchards. Environ. Entomol. 23, 1182–1188.
- Brown, M.W., Scmitt, J.J. (2001): Seasonal and diurnal dynamics of beneficial insect populations in apple orchards under different management intensity. Environ. Entomol. 30, 415–424.
- Brown, M.W., Szentkirályi, F., Kozár, F. (1993): Spatial and temporal variation of apple blossom weevil populations (Col., Curculionidae) with recommendations for sampling. J. Appl. Entomol. 115, 8–13.
- Brown, P.M.J., Roy, H.E., Rothery, P., Roy, D.B., Ware, R.L., Majerus, M.E. (2008): *Harmonia axyridis* in Great Britain: analysis of the spread and distribution of a non-native coccinellid. BioControl 53, 55–67.
- Bugg R.L., Waddington C. (1994): Using cover crops to manage arthropod pests of orchards: a review. Agric. Ecosyst. Environ. 50, 11–28.
- Bukejs, A., Rücker, W.H. (2013): Contributions to the knowledge of Latvian Latridiidae (Insecta: Coleoptera). Zool. Ecol. 23, 129–137.
- Bürgel, K., Daniel, C., Wyss, E. (2005): Effects of autumn kaolin treatments on the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* (Pass.) and possible modes of action. J. Appl. Entomol. 129, 311–314.
- Burgio, G., Ferrari, R., Boriani, L., Pozzati, M., van Lenteren, J. (2006): The role of ecological infrastructures on Coccinellidae (Coleoptera) and other predators in weedy field margins within northern Italy agroecosystems. Bull. Insectology 59, 59–67.
- Burnham, K.P., Anderson, D.R. (2002): Model selection and multimodel inference: a practical information theoretic approach. Springer-Verlag, New York, USA, 488 pp.
- Calis, J. N. M., Overmeer, W. P. J., Van Der Geest, L.P.S. (1988): Tydeids as alternative prey for Phytoseiid mites in apple orchards. Meded. Fac. Landbouwwet., Rijksuniv. Gent. 53, 793–798.
- Cárdenas M., Ruano, F., García, P., Pascual, F., Campos, M. (2006): Impact of agricultural management on spider populations in the canopy of olive trees. Biol. Contr. 38, 188–195.
- 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.
- Chaplin-Kramer, R., O'Rourke, M.E., Blitzer, E.J., Kremen, C. (2011): A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. Ecol. Lett. 14, 922–932.
- Chaves, L.F. (2010): An entomologist guide to demystify pseudoreplication: data analysis of field studies with design constraints. J. Med. Entomol. 47, 291–298.
- Chen, X., Chen, Y., Wu, L., Peng, Y., Chen, J., Liu, F. (2010): A survey of nectar feeding by spiders in three different habitats. Bull. Insectology 63, 203–208.
- Chen, X., Lang, F., Xu, Z., He, J., Ma, Y. (2003): The occurrence of leafminers and their parasitoids on vegetables and weeds in Hangzhou area, Southeast China. BioControl 48, 515–527.
- Ciglar, I., Schmidt, L. (1983): Fauna kukaca u jabucnjaku „Borinci” - Vinkovci, Hrvatska, Jugoslavija. Acta Entomol. Jugosl. 19, 83–90.
- Cleveland, M.L., Hamilton, D.W. (1958): The insect fauna of apple trees in southern Indiana, 1956 and 1957. Proc. Indiana Acad. Sci. 68, 205–217.
- Collyer, E. (1953a): Biology of Some predatory insects and mites associated with the fruit tree red spider mite (*Metatetranychus ulmi* (Koch); in South-Eastern England: IV. The predator-mite relationship. J. Hortic. Sci. 28, 246–259.

- Collyer, E. (1953b): 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.
- Costello, M.J., Daane, K.M. (1998): Influence of ground cover on spider populations in a table grape vineyard. Ecol. Entomol. 23, 33-40.
- Costello, M.J., Daane, K.M. (2003): Spider and leafhopper (*Erythroneura* spp.) response to vineyard ground cover. Environ. Entomol. 32, 1085-1098.
- Coyle, D.R., Mattson, W.J., Jordan, M.S., Raffa, K.F. (2012): Variable host phenology does not pose a barrier to invasive weevils in a northern hardwood forest. Agric. For. Entomol. 14, 276-285.
- Croft, B. A., MacRae, I.V. (1992): Persistence of *Typhlodromus pyri* and *Metaseiulus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) on apple after inoculative release and competition with *Zetzellia mali* (Acari: Stigmaeidae). Environ. Entomol. 21, 1168-1177.
- Croft, B.A. (1994): Biological control of apple mites by a phytoseiid mite complex and *Zetzellia mali* (Acari: Stigmaeidae): long-term effects and impact of azinphosmethyl on colonization by *Amblyseius andersoni* (Acari: Phytoseiidae). Environ. Entomol. 23, 1317-1325.
- Croft, B.A., Kim, S.S. Kim, D.I. (1996): Intra-and interspecific predation on four life stage groups by the adult females of *Metaseiulus occidentalis*, *Typhlodromus pyri*, *Neoseiulus fallacis* and *Amblyseius andersoni*. Exp. Appl. Acarol. 20, 435-444.
- Croft, B.A., Slone, D.H. (1998): Perturbation of regulated apple mites: immigration and pesticide effects on outbreaks of *Panonychus ulmi* and associated mites (Acari: Tetranychidae, Eriophyidae, Phytoseiidae and Stigmaeidae). Environ. Entomol. 27, 1548-1556.
- Cross, J., Fountain, M., Markó, V., Nagy, Cs. (2015): Arthropod ecosystem services in apple orchards and their economic benefits. Ecol. Entomol. 40, 82-96.
- Cross, J.V., Berrie, A.M. (2008): Eliminating reportable pesticide residues from apples. Agric Eng Int: CIGR Journal 10, 1-9.
- 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.
- Daane, K.M., Costello, M.J. (1998): Can cover crops reduce leafhopper abundance in vineyards? Calif. Agric. 52, 27-33.
- Damos, P., Colomar, L.A.E., Ioriatti, C. (2015): Integrated fruit production and pest management in Europe: The apple case study and how far we are from the original concept? Insects 6, 626-657.
- Daniel, C., Wyss, E. (2003): Wirkung verschiedener Insektizide gegen die Blutlaus (*Eriosoma lanigerum*) [Efficacy of different insecticides against the woolly apple aphid (*Eriosoma lanigerum*)]. Mittelpfung, no. 03/11e, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) CH-Frick.
- Daniel, C., Wyss, E. (2004): Wirkung verschiedener Insektizide gegen die Blutlaus (*Eriosoma lanigerum*) als Herbstapplikation [Effect different insecticides against woolly apple aphid (*Eriosoma lanigerum*), application in autumn]. Report, Pflanzenschutz: Schädlinge, Nützlinge, no 04/02e, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), CH-Frick.
- de Roince, C.B., Lavigne, C., Mandrin, J.F., Rollard, C., Symondson, W.O.C. (2012): Early-season predation on aphids by winter-active spiders in apple orchards revealed by diagnostic PCR. Bull. Entomol. Res. 103, 148-154.
- di Lascio, A., Madeira, F., Costantini, M.L., Rossi, L., Pons, X. (2016): Movement of three aphidophagous ladybird species between alfalfa and maize revealed by carbon and nitrogen stable isotope analysis. BioControl 61, 35-46.

- Dib, H., Sauphanor, B., Capowiez, Y. (2016): Effect of management strategies on arthropod communities in the colonies of rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* Passerini (Hemiptera: Aphididae) in south-eastern France. *Agric. Ecosyst. Environ.* 216, 203–206.
- Dicke, M., Sabelis, M.W., de Jong M., Alers, M.P. (1990): Do phytoseiid mites select the best prey species in terms of reproductive success? *Exp. Appl. Acarol.* 8, 161–173.
- Dicke, M., Sabelis, M.W., de Jong, M. (1988): Analysis of prey preference in phytoseiid mites by using an olfactometer, predation models and electrophoresis. *Exp. Appl. Acarol.* 5, 225–241.
- Dickler, E., Schafermeyer, S. szerk. (1991): General principles, guidelines and standards for integrated production of pome fruits in Europe, and procedures for endorsement of national or regional guidelines and standards. *IOBC/WPRS Bulletin* 14, 1– 67.
- Duelli, P. (1980): Adaptive dispersal and appetitive flight in the green lacewing, *Chrysopa carnea*. *Ecol. Entomol.* 5, 213–220.
- Duso, C., Camporese, P. (1991): Developmental times and oviposition rates of predatory mites *Typhlodromus pyri* and *Amblyseius andersoni* (Acari: Phytoseiidae) reared on different foods. *Exp. Appl. Acarol.* 13, 127–128.
- Duso, C., Castagnoli, M., Simoni, S., Angeli, G. (2010): The impact of eriophyoids on crops: recent issues on *Aculus schlechtendali*, *Calepitrimerus vitis* and *Aculops lycopersici*. *Exp. Appl. Acarol.* 51, 151–168.
- Duso, C., Kreiter, S., Tixier, M.S., Pozzebon, A., Malagnini, V. (2010): Biological control of mites in European vineyards and the impact of natural vegetation. *Trends in Acarology*. In: *Proceedings of the 12th international congress, 2006, Amsterdam*, 399–407.
- Duso, C., Pasini, M., Pellegrini, M. (2003): Distribution of the predatory mite *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) on different apple cultivars. *Biocontrol Sci. Technol.* 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.
- Easterbrook, M.A. (1996): Damage and control of Eriophyoid mites in apple and pear. In: Helle, W. (szerk.), *Eriophyoid mites. Their biology, natural enemies and control*. 527–541. Elsevier
- Ehler, L.E., Bottrell, D.G. (2000): The illusion of integrated pest management. *Issues Sci. Technol.* 16, 61–64.
- Eigenbrode, S.D., Ding, H., Neufeld, J., Duetting, P. (2006): Effects of hydrophilic and hydrophobic kaolin-based particle films on pea aphid (Homoptera: Aphididae) and its entomopathogen *Pandora neoaphidis* (Entomophthorales: Entomophthoraceae). *J. Econ. Entomol.* 99, 23–31.
- Elliott, N.C., Kieckhefer, R.W., Beck, D.A. (2002): Effect of aphids and the surrounding landscape on the abundance of Coccinellidae in cornfields. *Biol. Control* 24 214–220.
- Endrődi, S. (1960): *Ormányosbogarak II., Curculionidae II.* Magyarország Állatvilága, Akadémiai Kiadó, Budapest, 126 pp.
- ESRI (2013): ArcGys vers. 10.2 Environmental Systems Research Institute Inc. Redlands, CA, USA.
- 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.
- Eurostat (2015): Agriculture, forestry and fishery statistics 2014 edition. Luxenburg: Publication office of the European Union.
- Faccioli, G., Pasqualini, E., Baronio, P. (1993): Optimal trap density in *Cossus cossus* (Lepidoptera: Cossidae) mass-trapping. *J. Econ. Entomol.* 86, 850–853.
- Fahrig, L. (2003): Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34, 487–515.
- Fain, A., Bolland, H.R., Ripka, G. (2000): New data to the knowledge on the corticolous mite fauna in Hungary (Acari: Prostigmata, Astigmata, Oribatida). *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 34, 363–371.
- Fazekas, J., Kádár, F., Lövei, G.L. (1992): Comparison of ground beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae) of an abandoned apple orchard and the bordering forest. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 27, 233–238.

- Fernandez, D.E., Beers, E.H., Brunner, J.F., Doerr, M.D., Dunley, J.E. (2006): Horticultural mineral oil applications for apple powdery mildew and codling moth, *Cydia pomonella* (L.). Crop Prot. 25, 585–591.
- Fitzgerald, J.D., Solomon, M.G., Pepper, N. (2003): Reduction of broad spectrum insecticide use in apple: implications for biocontrol of *Panonychus ulmi*. IOBC WPRS Buletin 26, 37–42.
- Forbes, K.J., Gratton, C. (2011): Stable isotopes reveal different patterns of inter-crop dispersal in two ladybeetle species. Ecol. Entomol. 36, 396–400.
- Fréchette, B., Cormier, D., Chouinard, G., Vanoosthuysse, 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.
- Friedrich, H., Delate, K., Domoto, P., Nonnecke, G., Wilson, L. (2003): Effect of organic pest management practices on apple productivity and apple food safety. Biol. Agric. Hort. 21, 1–14.
- Gábel, G., Tóthné Lippai, E. szerk. (2013): Nemzeti növényvédelmi cselekvési terv – 2012. Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezetvédelmi Igazgatóság, Budapest, 1–58.
- Gardiner, M.M., Landis, D.A., Gratton, C., DiFonzo, C.D., O'neal, M., Chacon, J.M., Wayo, M.T., Schmidt, N.P., Mueller, E.E., Heimpel, G.E. (2009): Landscape diversity enhances biological control of an introduced crop pest in the north-central USA. Ecol. Appl. 19, 143–154.
- Gerson, U., Smiley, R.L., Ochoa, R. (2003): Mites (Acari) for pest control. Blackwell Science Ltd. UK, 539 pp.
- Gharadjedaghi, B. (1997): Phytophagous arthropod fauna on alders (*Alnus* spp.) in banks of brooks in Upper Frankonia. 1. Assessment by the 'beating method'. Forstwissenschaftliches Centralblatt 116, 158–177.
- Givens, R.P. (1978): Dimorphic foraging strategies of a salticid spider (*Phidippus audax*). Ecology 59, 309–321.
- Glen, D.M., Payne, C.C. (1984): Production and field evaluation of codling moth granulosis virus for control of *Cydia pomonella* in the United Kingdom. Ann. Appl. Biol. 104, 87–98.
- Glenn, D.M. (2012): The mechanisms of plant stress mitigation by kaolin-based particle films and applications in horticultural and agricultural crops. HortScience 47, 710–711.
- Glenn, D.M., Puterka G. (2005): Particle films: a new technology for agriculture. Horticultural Reviews 31, 1–44.
- Glenn, D.M., van der Zwet, T., Puterka, G., Gundrum, P., Brown, E. (2001): Efficacy of kaolin-based particle films to control apple diseases. Online. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2001-0823-01-RS.
- Godfray, H.C.J. (1994): Parasitoids. Behavioural and Evolutionary Ecology. New Jersey: Princeton University Press, Princeton, 488 pp.
- Gogolyák, Z. (2003): Almaültetvények és környezetük fullánkos (Hymenoptera, Aculeata) együttese. Diplomadolgozat, Kertészettudományi Kar, Szent István Egyetem, Budapest
- Gökçe, A., Stelinski, L.L., Nortman, D.R., Bryan, W.W., Whalon, M.E. (2014): Behavioral and electroantennogram responses of plum curculio, *Conotrachelus nenuphar*, to selected noxious plant extracts and insecticides. J. Insect Sci. 14, 1–11. <http://www.insectscience.org/14.90/>
- Gontijo, L.M., Beers, E.H., Snyder, W.E. (2013): Flowers promote aphid suppression in apple orchards. Biol. Contr. 66, 8–15.
- Graf, B., Höhn, H., Höpli, H.U. (2006): Optimizing the risk assessment for the apple sawfly *Hoplocampa testudinea* Klug (Hymenoptera, Tenthredinidae). ISHS Acta Hortic. 422, 113–117.
- Granatstein, D., Kirby, E., Ostenson, H., Willer, H. (2015): Global situation for organic tree fruits. Sci. Hort. 208, 3–12.
- 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.
- Grez, A.A., Rand, T. A., Zaviezo, T., Castillo-Serey, F. (2013): Land use intensification differentially benefits alien over native predators in agricultural landscape mosaics. Divers. Distrib. 19, 749–759.
- Grez, A.A., Zaviezo, T., Gardiner, M.M. (2014): Local predator composition and landscape affects biological control of aphids in alfalfa fields. Biol. Control 76, 1–9.

- Grueber, C.E., Nakagawa, S., Laws, R.J., Jamieson, I.G. (2011): Multimodel inference in ecology and evolution: challenges and solutions. *J. Evol. Biol.* 24, 699–711.
- Gruys, P. (1982): Hits and misses. The ecological approach to pest control in orchards. *Entomol. Exp. Appl.* 31, 70–87.
- Gunnarsson, B. (2007): Bird predation on spiders: ecological mechanisms and evolutionary consequences. *J. Arachn.* 35, 509–529.
- Haley, S., Hogue, E.J. (1990): Ground cover influence on apple aphid, *Aphis pomi* DeGeer (Homoptera: Aphididae), and its predators in a young apple orchard. *Crop Prot.* 9, 225–230.
- 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.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001): PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4, 9.
- Hanna, R., Zalom, F.G., Roltsch, W.J. (2003): Relative impact of spider predation and cover crop on population dynamics of *Erythroneura variabilis* in a raisin grape vineyard. *Entomol. Exp. Appl.* 10, 177–191.
- Hardman, J.M., Franklin, J.L., Beaulieu, F., Bostanian, N.J. (2007): Effects of acaricides, pyrethroids and predator distributions on populations of *Tetranychus urticae* in apple orchards. *Exp. Appl. Acarol.* 43, 235–253.
- 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.
- Heimer, S., Nentwig, W. (1991): *Spinnen Mitteleuropas*. Berlin and Hamburg: Verlag Paul Parey, 543 pp.
- Heimpel, G.E., Jervis, M.A. (2005): Does floral nectar improve biological control by parasitoids? In: Waeckers, F., van Rijn P., Bruin, J. (szerk.), *Plant-provided food and plant–carnivore mutualism*. 267–304. Cambridge, UK: Cambridge University Press,
- Hemptinne, J.-L., Dixon, A.F.G., Wyss, E. (2003): Biological control of the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* (Passerini) (Homoptera: Aphididae): Learning from the ecology of the ladybird beetles. In: Soares, A.O., Ventura, M.A., Garcia, V., Hemptinne, J.-L. (szerk.), *Proceedings of the 8th International Symposium on Ecology of Aphidophaga: Biology, Ecology and Behaviour of Aphidophagous Insects*. 33–41. Arquipélago, Life and Marine Sciences, Supplement
- Herrmann, J., Kormann, U., Schüepp, C., Stocker, Y., Herzog, F., Entling, M. (2012): Effects of habitat isolation and predation pressure on an arboreal food-web. *Community Ecol.* 13, 82–87.
- Holland, J.M., Bianchi, F.J., Entling, M.H., Moonen, A.C., Smith, B.M. and Jeanneret, P. (2016): Structure, function and management of semi-natural habitats for conservation biological control: A review of European studies. *Pest Manag. Sci.* 72, 1638–1651.
- Holt, R.D. (1996): Food webs in space: an island biogeographic perspective. In: Polis, G.A., Winemiller, K.O. (szerk.), *Food Webs: Integration of Patterns and Dynamics*. 313–323. Chapman & Hall, New York, NY, USA,
- Homonnay, F., Homonnayné, Cs.É. (1990): Május cserebogár. In: Jermy, T., Balázs, K. (szerk.), *A növényvédelmi állattan kézikönyve. 3/A kötet*. 169–184. Akadémiai Kiadó, Budapest
- 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.
- Howard, L.O. (1929): *Aphelinus mali* and its travels. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 22, 341–368.
- Hoy, M.A. (2011): Agricultural acarology: Introduction to integrated mite management. Chapter 16. *Integrated mite management in Washington apple orchards*. 237–245. CRC Press, Boca Raton, USA

- Huseynov, E.F. (2005): Natural prey of the jumping spider *Menemerus taeniatus* (Araneae: Salticidae). Eur. J. Entomol. 102, 797–799.
- Inclán, D.J., Cerretti, P., Marini, L. (2015): Landscape composition affects parasitoid spillover. Agric. Ecosyst. Environ. 208, 48–54.
- IOBC Pesticide Side Effect Database. Available online: http://www.iobc-wprs.org/ip_ipm/IOBC_Pesticide_Side_Effect_Database.html (letöltve: 2015.01.25.).
- Irvin, N.A., Scarratt, S.L., Wratten, S.D., Frampton, C.M., Chapman, R.B., Tylanakis, J.M.D.A. (2006): The effects of floral understoreys on parasitism of leafrollers (Lepidoptera: Tortricidae) on apples in New Zealand. Agric. For. Entomol. 8, 25–34.
- Jaastad, G., Røen, D., Helgheim, Å-M., Hovland, B., Opedal, O. (2006): Kaolin as a possible treatment against lepidopteran larvae and mites in organic fruit production. Ecofruit-12th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing. 31 January – 2 February 2006, Weinsberg, Germany, Proceedings 30–35.
- Jaastad, G., Trandemb, N., Hovland, B., Mogan, S. (2009): Effect of botanically derived pesticides on mirid pests and beneficials in apple. Crop Prot. 28, 309–313.
- Jackson R.R. (1977): Prey of the jumping spider *Phidippus johnsoni* (Araneae: Salticidae). J. Arachn. 5, 145–149.
- Jackson, R.R., Pollard, S.D., Nelson, X.J., Edwards, G.B., Barrion, A.T. (2001): Jumping spiders (Araneae: Salticidae) that feed on nectar. J. Zool. 255, 25–29.
- Jax, K. (2011): History of Ecology. In: *Enciclopedia of life sciences* (ELS). John Wiley & Sons Ltd. Chichester, 1–9.
- Jehle, J.A., Schulze-Bopp, S., Undorf-Spahn, K., Fritsch, E. (2017): Evidence for a second type of resistance against *Cydia pomonella* granulovirus in field populations of codling moths. Appl. Environ. Microbiol. 83:e02330-16. <https://doi.org/10.1128/AEM.02330-16>.
- 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.
- Jenser, G., Balázs, K. (1991): Az alma integrált növényvédelmének lehetőségei, problémái. Növényvédelem 27, 97–102.
- Jenser, G., Koleva, R., (1994): The role of alternative food sources in the population dynamics of predacious mites. Bull. Univ. Agric. Sci. Gödöllő. New Strategies for Sustainable Rural Development II. 129–131.
- Jermy T. (1955): Vegyi vagy biológiai védekezés? Az MTA Agrártudományi Osztályának Közleményei 8, 34–39.
- Jermy, T. (1956): Növényvédelmi problémák megoldásának cönológiai alapjai. Állattani Közl. 45, 79–88.
- Johnson, D.T., Croft, B.A. (1981): Dispersal of *Amblyseius fallacis* (Acarina: Phytoseiidae) in an apple ecosystem. Environ. Entomol. 10, 313–319.
- Jonsson, M., Buckley, H.L., Case, B.S., Wratten, S.D., Hale, R.J., Didham, R.K. (2012): Agricultural intensification drives landscape-context effects on host–parasitoid interactions in agroecosystems. J. Appl. Ecol. 49, 706–714.
- 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.

- Juhász-Nagy, P. (1986): Egy operatív ökológia hiánya, szükséglete és feladatai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 251 pp.
- Kahn, A., Schoenwald, T., Beers, B. (2001): Effect of kaolin (Surround) on Western tentiform leafminer and its principal parasitoid, *Pnigalio flavipes*. 75th Annual Western Orchard Pest & Disease Conference 10–12. January, Imperial Hotel, Portland, Oregon State University, 41–42.
- Kajati, I., Kiss, F-né, Molnár, J-né (1997): Vektafid A: Új környezetkímélő (IPM, "zöld" kategóriás) könnyű nyári olaj, egyes súlyos károkat okozó kártevők leküzdésére. Növényvédelem 33, 245–50.
- Karagounis, C., Kourdoumbalos, A.K., Margaritopoulos, J.T., Nanos, G.D., Tsitsipis, J.A. (2006): Organing farming-compatible insecticides against the aphid *Myzus persicae* (Sulzer) in peach orchards. J. Appl. Entomol. 130, 150–154.
- Karg, W. (1993): Phytoseioidea. In: Karg, W. (szerk.), Raubmilben (Die Tierwelt Deutschlands). 170–254. Gustav Fischer Verlag, Jena
- Katayama, N. (2016): Bird diversity and abundance in organic and conventional apple orchards in northern Japan. Sci. Rep. 6, 34210; doi: 10.1038/srep34210.
- Kawai, A., Haque, M.M. (2004): Population dynamics of tomato russet mite, *Aculops lycopersici* (Massee) and its natural enemy, *Homeopronematus anconai* (Baker). Jpn. Agric. Res. Q. 38, 161–166.
- Kaźmierski, A. (1998): Tydeinae of the world: generic relationships, new and redescribed taxa and keys to all species. A revision of the subfamilies Prettydeinae and Tydeinae (Acari: Actinedida: Tydeidae) - part IV. Acta Zool. Cracov. 41, 283–455.
- Kehrli, P., Bacher, S. (2008): Differential effects of flower feeding in an insect host–parasitoid system. Basic Appl. Ecol. 9, 709–717.
- Kehrli, P., Wyss, E. (2001): Effects of augmentative releases of the coccinellid, *Adalia bipunctata*, and of insecticide treatments in autumn on the spring population of aphids of the genus *Dysaphis* in apple orchards. Entomol. Exp. Appl. 99, 245–252.
- Kennett, C.E., Flaherty, D.L., Hoffmann R.W. (1979): Effect of wind-borne pollens in the population dynamics of *Amblyseius hibisci* (Acarina: Phytoseiidae). Entomophaga 24, 83–98.
- Keresztes, B. (2014): Növényvédelmi technológiák hatása pók (Araneae) együttesekre, fás szárú kertészeti kultúrákban. PhD dolgozat, Pannon Egyetem, Keszthely
- Killian, J.C., J.R. Meyer (1984): Effect of orchard weed management on catfacing damage to peaches in North Carolina. J. Econ. Entomol. 77, 1596–1600.
- Kim, S.Y., Jung, C., Lee, J.H. (2005): Overwintering mite diversity and their habitats in apple and pear orchards of Korea with emphasis on Phytoseiidae and Tetranychidae. J. Asia Pac. Entomol. 8, 87–91.
- 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.
- Knight, A.L., Turner, J.E., Brachula, B. (1997): Predation on eggs of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in mating disrupted and conventional orchards in Washington. J. Entomol. Soc. B. C. 94, 67–74.
- Knight, A.L., Unruh, T.R., Christianson Jr, B., Puterka, G.J., Glenn, D.M. (2000): Effect of kaolin based particle film on *Obliquebanded leafroller* (Lepidoptera, Tortricidae). J. Econ. Entomol. 93, 744–749.
- Koch, R.L. (2003): The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: a review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts. J. Insect Sci. 3, 1–16.
- Kogan, M. (1998): Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. Annu. Rev. Entomol. 43, 243–270.
- Kontschán, J., Karap, A.K., Kiss, B. (2014): Phytoseiid mites (Acari, Mesostigmata) from the rest areas of Hungarian highways. Opus. Zool. Budapest, 45, 25–31.

- Kondorosy, E., Markó, V., Cross, J. (2010): Heteropteran fauna of apple orchards in South-East England. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 45, 173–193.
- Korenko, S., Pekár, S. (2010): Is there intraguild predation between winter-active spiders (Araneae) on apple tree bark? *Biol. Contr.* 54, 206–212.
- Korsós, Z., Mészáros, F. (1998): Az állatvilág sokfélesége Magyarországon. *Természetvédelmi Közlemények* 7, 125–133.
- Kovács, A., Fröhwald F. (2005): Organic Farming in Hungary 2005. http://www.organiceurope.net/country_reports/hungary/default.asp Accessed 01.08.2010. Letöltve: 2017.01.20.
- Kovács, G. (2007): Hogyan hatnak a sorközökbe telepített virágzó növények az almaültetvények fullánkosa (Hymenoptera, Aculeata) faunájára? Diplomadolgozat, Kertészettudományi Kar, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest
- Koveos, D.S., Broufas, G.D. (2000): Functional response of *Euseius finlandicus* and *Amblyseius andersoni* to *Panonychus ulmi* on apple and peach leaves in the laboratory. *Exp. Appl. Acarol.* 24, 247–256.
- Kozár, F., Ádám, L., Balázs, K., Benedek, I., Csikai, Cs., Draskovits, Á., Meszleny, A., Mészáros, Z., Mihályi, K., Nagy, L., Papp, J., Polgár, L., Radwan, Z., Rácz, V., Ronkay, L., Soós, Á., Szabó, S., Szabóky, Cs., Szalay-Marzsó, L., Szarukán, I., Szelényi, G., Szentkirályi, F., Sziráki, Gy., Török, L. (1983): Az állatok fajsámának változásai almában és kukoricában különböző termesztési viszonyok között. *Növényvédelem* 19, 385–391.
- Központi Statisztikai Hivatal (2013a): Mezőgazdaság, 2012. Valkó, G. (szerk.), 1–25. http://www.ksh.hu/apps/shop.kiadvany?p_kiadvany_id=14618 (letöltve: 2015.03.11.).
- Központi Statisztikai Hivatal (2013b): Statisztikai tájékoztató Szabolcs-Szatmár-Bereg megye 2012/4. www.ksh.hu/docs/hun/xftp/megy/124/szab124.pdf
- Krauss, J., Gallenberger, I., Steffan-Dewenter, I. (2011): Decreased functional diversity and biological pest control in conventional compared to organic crop fields. *Plos One* 6(5), p.e19502.
- Kropczynska, D., Jenser, G. (1968): Adatok a magyarországi gyümölcsösök ragadozóatka (Phytoseiidae) faunájának ismeretéhez. *Folia Ent. Hung.* 20, 321–323.
- Kutasi, Cs. (2005): Futóbogár-együttesek (Coleoptera: Carabidae) szerkezetének vizsgálata gyümölcsültetvényekben. PhD dolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest
- 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.
- Lacey, L.A., Shapiro-Ilan, D.I. (2008): Microbial Control of Insect Pests in Temperate Orchard Systems: Potential for Incorporation into IPM. *Annu. Rev. Entomol.* 53, 121–144.
- Lalancette, N., Belding, R.D., Shearer, P.W., Frecon, J.L., Tietjen, W.H. (2005): Evaluation of hydrophobic and hydrophilic kaolin particle films for peach crop, arthropod and disease management. *Pest Manag. Sci.* 61, 25–39.
- Landis, D.A., Wratten, S.D., Gurr, G.M. (2000): Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu. Rev. Entomol.* 45, 175–201.
- Langelotto, G.A., Denno, R.F. (2004): Responses of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats: a meta-analytical synthesis. *Oecologia* 139, 1–10.
- Lapointe, S.L., McKenzie, C.L., Hall, D.G. (2006): Reduced oviposition by *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) and growth enhancement of citrus by Surround particle film. *J. Econ. Entomol.* 99, 109–116.
- 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.
- Legendre, P., Legendre, L. (1998): Numerical Ecology, 2nd English ed. Elsevier, 853 pp.

- Leius, K. (1967): Influence of wild flowers on parasitism of tent caterpillar and codling moth. *Can. Entomol.* 99, 444–446.
- Leskey, T.C., Wright, S.E., Glenn, D.M., Puterka, G.J. (2010): Effect of Surround WP on behavior and mortality of apple maggot (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 103, 394–401.
- Letardi, A., Arnone, S., Cristofaro, M., Nobili, P. (2015): Species composition of carabid communities (Coleoptera Carabidae) in apple orchards and vineyards in Val d'Agri (Basilicata, Italy). *Biodivers. J.* 6, 11–16.
- Letourneau, D.K., Jedlicka, J.A., Bothwell, S.G., Moreno, C.R. (2009): Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 40, 573–592.
- Liu, D., Trumble, J.T. (2005): Interactions of plant resistance and insecticides on the development and survival of *Bactericerca cockerelli* [Sulc] (Homoptera: Psyllidae). *Crop Prot.* 24, 111–117.
- Lo, P.L., Walker, J.T.S., Horner, R.M., Hedderley, D.I. (2013): Development of multiple species mating disruption to control codling moth and leafrollers (Lepidoptera: Tortricidae). *N. Z. Plant Prot.* 66, 264–269.
- Lockeretz, W. (2007): What explains the rise of organic farming? In: Lockeretz, W. (szerk.), *Organic farming: an international history*. 1–8. CABI International: Oxford, UK,
- Lord, F.T. (1972): Comparisons of the abundance of the species composing the foliage inhabiting fauna of apple trees. *Can. Entomol.* 104, 731–749.
- Lorenzon, M., Pozzebon, A., Duso, C. (2012): Effects of potential food sources on biological and demographic parameters of the predatory mites *Kampimodromus aberrans*, *Typhlodromus pyri* and *Amblyseius andersoni*. *Exp. Appl. Acarol.* 58, 259–278.
- Lövei, G.L., Sárospataki, M., Radwan, Z.A. (1991): Structure of ladybird (Coleoptera: Coccinellidae) assemblages in apple: changes through developmental stages. *Environ. Entomol.* 20, 1301–1308.
- Maalouly, M., Franck, P., Bouvier, J.C., Toubon, J.F., Lavigne, C. (2013) Codling moth parasitism is affected by semi-natural habitats and agricultural practices at orchard and landscape levels. *Agric. Ecosyst. Environ.* 169, 33–42.
- Macfadyen, S., Gibson, R., Polaszek, A., Morris, R.J., Craze, P.G., Planqué, R., Symondson, W.O., Memmott, J. (2009): Do differences in food web structure between organic and conventional farms affect the ecosystem service of pest control? *Ecol. Lett.* 12, 229–238.
- MacLellan, C.R. (1962): Mortality of codling moth eggs and young larvae in an integrated control orchard. *Can. Entomol.* 94, 655–666.
- MacLellan, C.R. (1973): Natural enemies of the light brown apple moth, *Epiphyas postvittana*, in the Australian Capital Territory. *Can. Entomol.* 105, 681–700.
- 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.
- Mahunka, S. (1972): Tetűatkák - Tarsonemina. In: Magyarország Állatvilága (Fauna Hungariae), XVIII. 16. Akadémiai Kiadó, Budapest, 215 pp.
- Malavolta, C., Cross, J. szerk. (2009): IOBC-WPRS Commission "IP-Guidelines and Endorsement". Guidelines for Integrated Production of Pome Fruits. IOBC Technical Guideline III. 4th Edition, 2008. IOBC-WPRS Bulletin 47, 1–13.
- Mansour, F., Rosen, D., Shulov, A., Plaaut, H.N. (1980): Evaluation of spiders as biological control agents of *Spodoptera littoralis* larvae on apple in Israel. *Acta Oecol. Oec. Appl.* 1, 225–232.
- Marc, P., Canard, A. (1997): Maintaining spider biodiversity in agroecosystems as a tool in pest control. *Agric. Ecosyst. Environ.* 62, 229–235.
- Markó, V. (1998): Coleoptera-együttesek szünzoológiai vizsgálata gyümölcsösökben. Kandidátusi dolgozat. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Budapest

- 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. (2015): Utazás a közösségi ökológia forrásvidékére – Szelényi Gusztáv agrozoocönológiája és a Balogh–Szelényi-vita. Állattani Közl. 100, 29–53.
- Markó, V. (2016): Ízeltlábúak biodiverzitása almaültvényekben. 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
- Markó, V. (2017): Kártevők integrált és ökológiai szabályozása almaültvényekben –, történeti áttekintés. Növényvédelem (in press)
- Markó, V., Blommers, L.H., Bogya, S., Helsen, H. (2006): The effect of kaolin treatments on phytophagous and predatory arthropods in the canopies of apple trees. Journal of fruit and ornamental plant research, 14, 79–87.
- 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., 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., 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.
- 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., Merkl, O., Podlussány, A., Vig, K., Kutasi, C., Bogya, S. (1995): Species composition of Coleoptera assemblages in the canopies of Hungarian apple and pear orchards. Acta Phytopath. Entomol. Hung. 30, 221–246.
- Markó, V., Pozsgai, G. (2009): A harlekinkatica (*Harmonia axyridis* Pallas, 1773) (Coleoptera, Coccinellidae) elterjedése Magyarországon és megjelenése Romániában, Ukrajnában. Növényvédelem 45, 481–490.
- Mazor, M., Erez, A. (2004): Processed kaolin protects fruits from Mediterranean fruit fly infestations. Crop Prot. 23, 47–51.
- McCaffrey, J.P., Horsburgh, R.L., (1978): Laboratory feeding studies with selected spiders (Arachnida: Araneae) from Virginia apple orchards. J. N. Y. Entomol. Soc. 86, 308.
- McCaffrey, J.P., Parrella, M.P., Horsburgh, R.L. (1983): Evaluation of the limb-beating sampling method for estimating spider (Araneae) populations on apple trees. J. Arachn. 11, 363–368.
- Mcmurtry, J.A., De Moraes, G.J., Sourassou N.F. (2013): Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. Syst. Appl. Acarol. 18, 297–320.
- 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.
- Merkl O, Vig K (2009): Bogarak a pannon régióban. Vas Megyei Múzeumok Igazgatósága, BKL Kiadó, Magyar Természettudományi Múzeum, Szombathely, 494 pp.

- Mestre, L., Piñol, J., Barrientos, J.A., Espadaler, X., Brewitt, K., Werner, C., Platner, C. (2013): Trophic structure of the spider community of a Mediterranean citrus grove: A stable isotope analysis. *Basic Appl. Ecol.* 14, 413–422.
- Mészáros, Z. (szerk.), Ádám, L., Balázs, K., Benedek, M.I., Csikai, Cs., Draskovits, D.Á., Kozár, F., Lővei, G., Mahunka, S., Meszleny, A., Mihályi, F., Mihályi, K., Nagy, L., Oláh, B., Papp, J., Polgár, L., Radwan, Z., Rácz, V., Ronkay, L., Solymoi, P., Soós, Á., Szabó, S., Szabóky, Cs., Szalay-Marzsó, L., Szarukán, I., Szelényi, G., Szentkirályi, F., Sziráki, Gy., Szőke, L., Török, L. (1984): Result of faunistical and floristical studies in Hungarian apple orchards. *Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung.* 19, 91–176.
- Mészáros, Z., Ronkay, L. (1981): A comparative study on the Macrolepidoptera fauna of apple orchards in Hungary (Research on apple ecosystems. No. 18). *Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung.* 16, 375–387.
- Miliczky, E.R., Calkins, C.O. (2002): Spiders (Araneae) as potential predators of leafroller larvae and egg masses (Lepidoptera: Tortricidae) in central Washington apple and pear orchards. *Pan-Pac. Entomol.* 78, 140–150.
- Miliczky, E.R., Calkins, C.O., Horton, D.R. (2000): Spider abundance and diversity in apple orchards under three insect pest management programmes in Washington State, USA. *Agric. Forest Entomol.* 2, 203–215.
- Miliczky, E.R., Horton, D.R. (2005): Densities of beneficial arthropods within pear and apple orchards affected by distance from adjacent native habitat and association of natural enemies with extra-orchard host plants. *Biol. Control* 33, 249–259.
- Miliczky, E.R., Horton, D.R., Calkins, C.O. (2008): Observations on phenology and overwintering of spiders associated with apple and pear orchards in south-central Washington. *J. Arachn.* 36, 565–573.
- Miller, S.S. (1983): Response of young 'Topred Delicious' apple trees to orchard floor management and fertilization. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 108, 638–642.
- Miñarro, M., Dapena, E. (2007): Resistance of apple cultivars to *Dysaphis plantaginea* (Hemiptera: Aphididae): role of tree phenology in infestation avoidance. *Environ. Entomol.* 36, 1206–1211.
- 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.
- Molnár, J-né (1975): Összefüggés a *Lithocolletis blancardella* F. fertőzési szintje és a gazdaállat parazitáltsági foka között. *Növényvédelem* 11, 392–396.
- Molnár, J-né, Varjas L., Sazonov, A.P. (1985): Juvenoidok szabadföldi kipróbálása almásokban károsító sodrómolyok (*Pandemis ribeana*, *P. heparana* és *Archips podana*) ellen. *Növényvédelem* 21, 385–390.
- Mols, P.J.M. (1996): Do natural enemies control woolly apple aphid? *ISHS Acta Hortic.* 422, 203–207.
- Monteiro, L.B., Lavigne, C., Ricci, B., Franck, P., Toubon, J.F., Sauphanor, B. (2013): Predation of codling moth eggs is affected by pest management practices at orchard and landscape levels. *Agric. Ecosyst. Environ.* 166, 86–93.
- Moran, V.C., Southwood, T.R.E. (1982): The guild composition of arthropod communities in trees. *J. Anim. Ecol.* 51, 289–306.
- Morris, M.G. (1997): Broad-nosed weevils, Coleoptera: Curculionidae (Entiminae). *Royal Entomological Society*, 106 pp.
- Mueller, T.F., Blommers, L.H.M., Mols, P.J.M. (1988): Earwig (*Forficula auricularia*) predation on the woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum*. *Entomol. Exp. Appl.* 47, 145–152.
- Mullinix, K., Ismanb, M.B., Brunner, J.F. (2010): Key and secondary arthropod pest population trends in apple cultivated over four seasons with no insecticides and a legume cover. *J. Sustain. Ag.* 34, 584–594.
- Mullinix, M.K. (2003): Effect of cover crop on apple leafroller populations, leafroller parasitism and selected arthropods in an orchard managed without insecticides. PhD. Thesis. The University of British Columbia. 1–251. Available from: <https://circle.ubc.ca/handle/2429/15827>
- Muther, J., Vogt, H. (2003): Sampling methods in orchard trials: a comparison between beating and inventory sampling. *IOBC WPRS Bulletin* 26, 67–72.

- 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.
- Niemczyk, E., Olszak, R.W., Zajac, R.Z. (1996): The influence of different under-growth and IPM spray schedules on apple damage, fruit quality and yield. *ISHS Acta Hort.* 422, 154–159.
- Noyes, J.S. (2009): *Universal Chalcidoidea Database*. [WWW document]. URL <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/chalcidoids/> [accessed June 2010].
- Oatman, E.R., Legner, E.F., Brooks, R.F. (1964): An ecological study of arthropod populations on apple in northeastern Wisconsin: insect species present. *J. Econ. Entomol.* 57, 978–983.
- Okuyama, T. (2007): Prey of two species of jumping spiders in the field. *Appl. Entomol. Zool.* 42, 663–668.
- 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
- Olszak, R.W., Luczak, J., Niemczyk, E., Zajac, R. (1992): The spider community associated with apple trees under different pressure of pesticides. *Ekol. Pol.* 40, 265–286.
- Onagbola, E.O., Fadamiro, H.Y., Mbata, G.N. (2007): Longevity, fecundity and progeny sex ratio of *Pteromalus cerealellae* in relation to diet, host provision, and mating. *Biol. Contr.* 40, 222–229.
- OTA (Organic Trade Association) (2014): 2014 Organic industry survey. Organic Trade Association, Brattleboro, VT, USA, 139 pp.
- Overmeer, W.P.J., Van Zon, A.Q. (1984): Preference of *Amblyseius potentillae* (Garman) (Acarina: Phytoseiidae) for certain plant substrates. In: Griffiths, D.A., Bowman, C.E. (szerk.), *Acarology VI*. 1. 591–596. Ellis Horwood, Chichester UK
- Padel, S. (2001): Conversion to organic farming: a typical example of the diffusion of an innovation? *Sociol. Ruralis* 41, 40–61.
- Papaioannou-Souliotis, P., Markoyiannaki-Printziou, D., Zeginis, G. (2000): Observations on acarofauna in four apple orchards of Central Greece. II. Green cover and hedges as potential sources of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae). *Acarologia* 41, 411–421.
- 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.
- Peck, G.M., Merwin, I.A., Brown, M.G., Agnello, A.M. (2010): Integrated and organic fruit production systems for ‘Liberty’ apple in the northeast United States: a systems-based evaluation. *HortScience* 45, 1038–1048.
- Pekár, S. (1999): Effect of IPM practices and conventional spraying on spider population dynamics in an apple orchard. *Agric. Ecosyst. Environ.* 73, 155–166.
- Pekár, S. (2000): Webs, diet, and fecundity of *Theridion impressum* (Araneae: Theridiidae). *Eur. J. Entomol.* 97, 47–50.
- Penvern, S., Bellon, S., Fauriel, J., Sauphanor, B. (2010): Peach orchard protection strategies and aphid communities: Towards an integrated agroecosystem approach. *Crop Prot.* 29, 1148–1156.
- Pickett, A.D. (1949): A critique on insect chemical control methods. *Can. Entomol.* 81, 67–76.
- Pickett, A.D. (1959): Utilization of native parasites and predators. *J. Econ. Entomol.* 52, 1103–1105.

- Pickett, A.D., Putman, W.L., LeRoux, E.J. (1958) Progress in harmonizing biological and chemical control of orchard pests in eastern Canada. *Proc. 10th Int. Congr. Entomol.* 3, 169–174.
- Pickett, S.T., Kolasa, J., Jones, C.G. (2010): Ecological understanding: the nature of theory and the theory of nature. Academic Press, New York, 248 pp.
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., R Development Core Team (2011): nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-98, URL <http://CRAN.R-project.org/package=nlme>.
- Pinski, R.A., Mattson, W.J., Raffa, K.F. (2005): Host breadth and ovipositional behavior of adult *Polydrusus sericeus* and *Phyllobius oblongus* (Coleoptera: Curculionidae), nonindigenous inhabitants of northern hardwood forests. *Environ. Entomol.* 34, 148–157.
- Podani, J. 2001. SYN-TAX 2000. Computer program for data analysis in ecology and systematics. User's manual. Budapest: Scientia.
- Porcel, M., Cotes, B., Campos, M. (2011): Biological and behavioral effects of kaolin particle film on larvae and adults of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Biol. Contr.* 59, 98–105.
- 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.
- Principi, M.M., Canard, M. (1984): Feeding habits. In: Canard, M., Séméria, Y., New, T.R. (szerk.), *Biology of Chrysopidae*. 76–92. The Hague: W. Junk
- Puterka, G.J., Glenn, D.M., Pluta, R.C. (2005): Action of particle films on the biology and behavior of pear psylla (Homoptera: Psyllidae). *J. Econ. Entomol.* 98, 2079–88.
- Puterka, G.J., Glenn, D.M., Sekutowski, D.G., Unruh, T.R., Jones, S.K. (2000): Progress towards liquid formulations of particle films for insect and disease control in pear. *Environ. Entomol.* 29, 329–339.
- R Core Team (2012) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>
- R Core Team (2014): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Rácz, V. (1986): Composition of heteropteran populations in Hungary in apple orchards belonging to different management types and the influence of insecticide treatments on the population-densities. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 21, 355–361.
- Radwan, Z., Lövei, G.L. (1983): Aphids as prey for the coccinellid *Exochomus quadripustulatus*. *Entomol. Exp. Appl.* 34, 283–286.
- Radwan, Z., Lövei, G.L. (1983): Structure and seasonal dynamics of larval, pupal, and adult coccinellid (Col., Coccinellidae) assemblages in two types of maize fields in Hungary. *J. Appl. Entomol.* 96, 396–408.
- Rand, T.A., Louda, S.M. (2006): Spillover of agriculturally subsidized predators as a potential threat to native insect herbivores in fragmented landscapes. *Conserv. Biol.* 20, 1720–1729.
- Rand, T.A., Tschamtké, T. (2007): Contrasting effects of natural habitat loss on generalist and specialist aphid natural enemies. *Oikos* 116, 1353–1362.
- Rand, T.A., Tylianakis, J.M., Tschamtké, T. (2006): Spillover edge effects: the dispersal of agriculturally subsidized insect natural enemies into adjacent natural habitats. *Ecol. Lett.* 9, 603–614.
- Randlkofer, B., Obermaier, E., Hilker, M., Meiners T. (2010): Vegetation complexity – the influence of plant species diversity and plant structures on plant chemical complexity and arthropods. *Basic Appl. Ecol.* 11, 383–395.
- Rasztik, V., Mészáros, Z. (1997): Egy kezeletlen almaültetvény zengőlégy-. (Diptera: Syrphidae) faunájának vizsgálata I. *Növényvédelem* 33, 605–611.
- Rasztik, V., Mészáros, Z., Markó, V. (1999): Egy nagyüzemi almaültetvény zengőlégy-. (Diptera: Syrphidae) faunájának vizsgálata. *Növényvédelem* 35, 381–385.

- Rauschen, S., Schaarschmidt, F., Gathmann, A. (2010): Occurrence and field densities of Coleoptera in the maize herb layer: implications for environmental risk assessment of genetically modified Bt-maize. *Transgenic Res.* 19, 727–744.
- Ravensberg, W. J. (1981): The natural enemies of the woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausm.) (Homoptera: Aphididae) and their susceptibility to diflubenzuron. *Meded. Fac. Landbouwwet., Rijksuniv. Gent.* 46, 437–441.
- Raymond, L., Ortiz-Martínez, S.A., Lavandero, B. (2015): Temporal variability of aphid biological control in contrasting landscape contexts. *Biol. Control* 90, 148–156.
- Ripka, G. (1998): New data to the knowledge on the phytoseiid fauna in Hungary (Acari: Mesostigmata). *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 33, 395–406.
- Ripka, G., Fain, A., Kazmierski, A., Kreiter, S., Magowski, W.L. (2005): New data to the knowledge of the mite fauna of Hungary (Acari: Mesostigmata, Prostigmata and Astigmata). *Acta Phytopath. Entomol. Hung.* 40, 159–176.
- Roberts, M.J. (1993): The spiders of Great Britain and Ireland. Compact Edition: Volume 1 Atypidae to Theridiosomatidae, Volume 2 Linyphiidae. Great Horkesley, Essex: Harley Books, 705 pp.
- 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.
- Root, R.B. (1973): Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecol. Monogr.* 43, 95–124.
- Rosenberg, N.J., Blad, B.L., Verma, S.B. (1983): Microclimate, the biological environment. Second Edition, New York, John Wiley and Sons, 495 pp.
- Roßberg, D. (2013): Erhebungen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Praxis im Jahr 2011. (Survey on application of chemical pesticides in Germany). *J. Kulturpflanz.* 65, 141–151.
- Roßberg, D. (2013): Erhebungen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Praxis im Jahr 2011. (Survey on application of chemical pesticides in Germany). *J. Kulturpflanz.* 65, 141–151.
- Russell, E.P. (1989): Enemies hypothesis: a review of the effect of vegetational diversity on predatory insects and parasitoids. *Environ. Entomol.* 18, 590–599.
- Sackett, T.E., Buddle, C.M., Vincent, C. (2005): Effect of kaolin on fitness and behavior of *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera: Tortricidae) larvae. *J. Econ. Entomol.* 98, 1648–1653.
- Sackett, T.E., Buddle, C.M., Vincent, C. (2007): Effects of kaolin on the composition of generalist predator assemblages and parasitism of *Choristoneura rosaceana* (Lep., Tortricidae) in apple orchards. *J. Appl. Entomol.* 131, 478–485.
- Samu, F., Rácz, V., Erdélyi, Cs., Balázs, K. (1997): Spiders of the foliage and herbaceous layer of an IPM apple orchard in Kecskemét-Szarkás, Hungary. *Biol. Agric. Hort.* 15, 131–140.
- Sanahuja, G., Banakar, R., Twyman, R.M., Capell, T., Christou, P. (2011): *Bacillus thuringiensis*: a century of research, development and commercial applications. *Plant Biotechnol. J.* 9, 283–300.
- Sanders, D. (2013): Herbivory in spiders. In: Nentwig, E. (szerk.), *Spider ecophysiology*. 385–391. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- Santos, M.A. (1991): Searching behavior and associational response of *Zetzellia mali* (Acarina: Stigmaeidae). *Exp. Appl. Acarol.* 11, 81–87.
- Santos, M.A. (1976): Prey selectivity and switching response of *Zetzellia mali*. *Ecology* 57, 390–394.
- Saour, G., Makee, H. (2004): A kaolin-based particle film for suppression of the olive fruit fly *Bactrocera oleae* Gmelin (Dip., Tephritidae) in olive groves. *J. Appl. Entomol.* 128, 28–31.
- Sárosataki, M., Markó, V. (1995): Flight activity of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) at different strata of a forest in relation to migration to hibernation sites. *Eur. J. Entomol.* 92, 415–419.

- Sauphanor, B., Severac, G., Maugin, S., Toubon, J.F., Capowiez, Y. (2012): Exclusion netting may alter reproduction of the codling moth (*Cydia pomonella*) and prevent associated fruit damage to apple orchards. *Entomol. Exp. Appl.* 145, 134–142.
- Schellhorn, N.A., Bianchi, F.J.J.A., Hsu, C.L. (2014): Movement of entomophagous arthropods in agricultural landscapes: links to pest suppression. *Annu. Rev. Entomol.* 59, 559–581.
- Schellhorn, N.A., Gagic, V., Bommarco, R. (2015): Time will tell: resource continuity bolsters ecosystem services. *Trends Ecol. Evol.* 30, 524–530.
- Schmitz, O.J. (2007): Predator diversity and trophic interactions. *Ecology* 88, 2415–2426.
- Seelmann, L., Auer, A., Hoffmann, D., Schausberger, P. (2007): Leaf pubescence mediates intraguild predation between predatory mites. *Oikos* 116, 807–817.
- Sengonca, C., Klein, W. (1988): Variety of food and feeding activity of the orb weaving spider *Araniella opistographa* Kulcz. and the crab spider *Philodromus cespitum* Walck. in laboratory experiments. *Z. Angew. Zool.* 75, 43–54.
- Shao, J., Tu, D. (1995): *The jackknife and bootstrap*, New York: Springer-Verlag, 516 pp.
- Shipley, B., Keddy, P.A. (1987): The individualistic and community-unit concepts as falsifiable hypotheses. *Vegetatio* 69: 47–55.
- Showler, A.T., Sétamou, M. (2004): Effects of kaolin particle film on selected arthropod populations in cotton in the lower Rio Grande Valley of Texas. *Southwest. Entomol.* 29, 137–146.
- Silva, E.B., Franco, J.C., Vasconcelosa, T., Branco, M. (2010): Effect of ground cover vegetation on the abundance and diversity of beneficial arthropods in citrus orchards. *Bull. Entomol. Res.* 100, 489–499.
- Silva, G.L., da Cunha, U.S., Ferla, N.J. (2014): Life cycle of *Tydeus californicus* (Acari: Tydeidae) on leaves of *Inga marginata* with and without pollen of *Typha angustifolia* under laboratory conditions. *Int. J. Acarol.* 40, 509–512.
- Simon, S., Bouvier, J.C., Debras, J.F. Sauphanor B. (2011): Biodiversity and pest management in orchard systems. A review. In: Lichtfouse, E., Navarrete, M., Hamelin, M., Debaeke, P. (szerk.), *Sustainable agriculture*. 693–709. Volume 2, Springer,
- Simon, S., Brun, L., Guinaudeau, J., Sauphanor, B. (2011): Pesticide use in current and innovative apple orchard systems. *Agron. Sustainable Dev.* 31, 541–555.
- Sipos, P., Markó, V. (2014): A bimbólikasztó bogár (*Anthonomus pomorum*) helyzete ökológiai almaültetvényekben, valamint a környezetkímélő védekezés lehetőségei. *Növényvédelem* 50, 105–114.
- 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.
- Smith, R.F., Allen, W.W. (1954): Insect control and the balance of nature. *Scientific American* 190, 38–42.
- Solomon, M.G. (1975): The colonisation of an apple orchard by predators of the fruit tree red spider mite. *Ann. Appl. Biol.* 80, 119–122.
- 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.
- Štaštná, P., Psota, V. (2013): Arthropod diversity (Arthropoda) on abandoned apple trees. *Acta Univ. Agric. et Silv. Mendel. Brun.* 61, 1405–1422.
- Stäubli, A., Chapuis, Ph. (1987): Problèmes posés par le puceron lanigère, *Eriosoma lanigerum* Hausm., dans le contexte de la protection intégrée des vergers de pommiers. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 19, 339–347.

- Steiner, H. (1962): Methoden zur untersuchung der populationsdynamik in obstanlagen. *Entomophaga* 7, 207–214.
- Steiner, H., Immendoerfer, G., Bosch, J. (1970): The arthropods occuring on apple-trees throught the year and possibilities for their assessment. EPPO public. Ser. A. 57, 131–146.
- Stephens, M.J., France, C.M., Wratten, S.D., Frampton, C. (1998): Enhancing biological control of leafrollers (Lepidoptera: Tortricidae) by sowing buckwheat (*Fagopyron esculentum*) in an orchard. *Biocontrol Sci. Techn.* 8, 547–558.
- Stern, V.M., Smith, R.F., van den Bosch, R., Hagen, K.S. (1959): The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid: the integrated control concept. *Calif. Agric.* 29, 81–101.
- Straub, C.S., Finke, D.L., Snyder, W.E. (2008): Are the conservation of natural enemy biodiversity and biological control compatible goals? *Biol. Contr.* 45, 225–237.
- Suckling, D.M., Walker, J.T.S., Wearing, C.H. (1999): Ecological impact of three pest management systems in New Zealand apple orchards. *Agric. Ecosyst. Environ.* 73, 129–140.
- Sutton, T.B., Alswinkle, H.S., Agnello, A.M., Walgenbach, J.F. szerk. (2014): Compendium of apple and pear diseases and pests. American Phytopathological Society, St. Paul, USA, 218 pp.
- 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.
- Symondson, W.O.C., Sunderland, K.D., Greenstone, M.H. (2002): Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annu. Rev. Entomol.* 47, 561–594.
- Szabó, Á. (2010): Ragadozó atkák szerepe kertészeti álló kultúrákban Magyarországon. Doktori értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest
- 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.
- Szelényi, G. (2015): Az agozoocönológia alapvonalai. Dr. Szelényi Gusztáv Emlékalapítvány, Budapest, 287 pp.
- Szénási, Á., Markó, V. (2015): Flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae, Alticinae) in Bt-(MON810) and near isogenic maize stands: Species composition and activity densities in Hungarian fields. *Crop Prot.* 77, 38–44.
- Szentkirályi, F. (2001): Lacewings in fruit and nut crops. In: McEwen, P., New, T.R., Whittington, A.E. (szerk.), *Lacewings in the crop environment*. 172–238. Cambridge University Press, Cambridge, 546 pp.
- Szentkirályi, F., Kozár, F. (1991): How many species are there in apple insect communities?: testing the resource diversity and intermediate disturbance hypotheses. *Ecol. Entomol.* 16, 491–503.
- Tavella, L., Arzone, A., Alma, A., Galliano, A. (1996): IPM application in peach orchards against *Lygus rugulipennis* Poppius. *ISHS Acta Hortic.* 422, 160–164.
- Taylor, M., Granatstein, D. (2013): A cost comparison of organic and conventional apple production in the state of Washington. Online. *Crop Management*, doi:10.1094/CM-2013-2013-0429-05-RS
- Taylor, R.M., Pfannenstiel, R.S. (2009): How dietary plant nectar affects the survival, growth, and fecundity of a cursorial spider *Cheiracanthium inclusum* (Araneae: Miturgidae). *Environ. Entomol.* 38, 1379–1386.
- Thacker, J.R. (2002): An introduction to arthropod pest control. Cambridge University Press, 343 pp.
- Thomas, A.L., Muller, M.E., Dodson, B.R., Ellersieck, M.R., Kaps, M. (2004): A kaolin-based particle film suppresses certain insect and fungal pests while reducing heat stress in apples. *J. Am. Pomol. Soc.* 58, 42–51.
- Tixier, M.S., Kreiter, S., Auger, P. (2000): Colonization of vineyards by phytoseiid mites: their dispersal patterns in the plot and their fate. *Exp. Appl. Acarol.* 24, 191–211.

- Tixier, M.S., Lopes, I., Blanc, G., Dedieu, J.L., Kreiter, S. (2014): Phytoseiid mite diversity (Acari: Mesostigmata) and assessment of their spatial distribution in French apple orchards. *Acarologia* 54, 97–111.
- Tóthmérész, B. (1995): Comparison of different methods of diversity ordering. *J. Veg. Sci.* 6, 283–290.
- 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.
- Tung Nguyen, D., Vangansbeke, D., De Clercq, P. (2014): Performance of four species of phytoseiid mites on artificial and natural diets. *Biol. Contr.* 80, 56–62.
- Tuovinen, T., Rokx, J. A.H. (1991): Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) on apple trees and in surrounding vegetation in southern Finland. Densities and species composition. *Exp. Appl. Acarol.* 12, 35–46.
- Tylianakis, J.M., Romo, C.M. (2010): Natural enemy diversity and biological control: making sense of the context-dependency. *Basic Appl. Ecol.* 11, 657–668.
- Uetz, G.W., Halaj, J., Cady, A.B. (1999): Guild structure of spiders in major crops. *J. Arachn.* 27, 270–280.
- Vandereycken, A., Brostaux, Y., Joie, E., Haubruge, E., Verheggen, F. J. (2013): Occurrence of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) in field crops. *Eur. J. Entomol.* 110, 285–292.
- Varga, Á., Kondorosy, E., Markó, V. (2016): Species composition of true bug (Hemiptera: Heteroptera) assemblages in apple and pear orchards in Hungary. In prep.
- Vargha, A. (2008): The statistical menu system of RopStat. Budapest; <<http://www.ropstat.com/>>.
- Vargha, A., Torma, B., Bergman, L.R. (2015): ROPstat: A general statistical package useful for conducting person-oriented analyses. *J. Pers. Oriented Res.* 1, 87–98.
- Vas, J. (2000): Különböző csapdatípusok alkalmazásának lehetőségei fátýolka (Neuropteroidea) együttesek vizsgálatára. PhD dolgozat, Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Budapest
- 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.
- Velcheva, N. (2009): Lepidopteran fauna in new planted apple orchard in west Bulgaria. *Biotechnol. Biotechnol. Equip.* 23, 127–131.
- 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.
- Villanueva, R.T., Harmsen, L. (1998): Studies on the role of stigmaeid predator *Zetzellia mali* in the acarine system of apple foliage. *Proc. Entomol. Soc. Ont.* 129:149–155.
- Villanueva, R.T., Walgenbach, J.F. (2010): Impact of new pesticide chemistry on acarine communities in apple orchards. In *Trends in Acarology*, 483–487. Springer Netherlands.
- Visnyovszky, É. (1987): Agrárterületek - kukorica és alma - zengőlégy (Diptera: Syrphidae) faunájának összehasonlító vizsgálata. *Állattani Közl.* 1987–88, 74, 159–167.
- Vogt, G. (2007): The origins of organic farming. In: Lockeretz, W. (szerk.), *Organic farming: An international history*. 9–29. CABI International: Oxford, UK
- Vogt, H., Weigel, A. (1999): Is it possible to enhance the biological control of aphids in an apple orchard with flowering strips? *IOBC/WPRS Bulletin* 22, 39–46.
- Voigt, E., Tóth, M., (2002): Perimeter trapping: a new means of mass trapping with sex attractant of *Anomala* scarabs. *Acta Zool. Acad. Sci. Hung.* 48, 297–303.
- von Engel, R., Ohnesorge, B. (1994): Die Rolle von Ersatznahrung und Mikroklima im System *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari, Phytoseiidae) – *Panonychus ulmi* Koch (Acari, Tetranychidae) auf Weinreben. II. Freilandversuche. *J. Appl. Entomol.* 118, 224–238.

- Walde, S.J., Hardman, J.M., Magagula, C.N. (1997): Direct and indirect species interactions influencing within-season dynamics of apple rust mite, *Aculus schlechtendali* (Acari: Eriophyidae). *Exp. Appl. Acarol.* 21, 587–614.
- Walker, J.T., Suckling, D.M., Wearing, C.H. (2017): Past, present, and future of integrated control of apple pests: The New Zealand experience. *Annu. Rev. Entomol.* 62, 231–248.
- Walsh, B.D., Salmins, S., Buszard, D.J., MacKenzie, A.F. (1996): Impact of soil management systems on organic dwarf apple orchards and soil aggregate stability, bulk density, temperature and water content. *Can. J. Soil Sci.* 76, 203–209.
- Walter, D.E., Proctor, H.C. (2013): *Mites: Ecology, Evolution and Behaviour*, Springer Dordrecht Heidelberg New York London, 494 pp.
- Wateau, K., Tournant, L., Jamar, L., Oste, S. (2011): Secondary pests in organics orchards: the search for new control technics against *Hoplocampa testudinea* Klug and *Anthonomus pomorum* Linnaeus. 4ème Conférence Internationale sur les Méthodes Alternatives en Protection des Cultures. Evolution des cadres réglementaires européen et français. Nouveaux moyens et stratégies Innovantes, Nouveau Siècle, Lille, France, 8–10 mars 2011. 535–545.
- Werling, B.P., Lowenstein, D.M., Straub, C.S., Gratton, C. (2012): Multi-predator effects produced by functionally distinct species vary with prey density. *J. Insect Sci.* 12, 1–7.
- Whalon, M.E., Mota-Sanchez, D., Hollingworth, R.M., Duynslager, L. (2016): Arthropod pesticide resistance data base, Available at <http://www.pesticideresistance.org/>. (Letöltve: 2016.03.20.).
- Whitaker, P.M., Mahr, D.L., Clayton, M. (2006): Verification and extension of a sampling plan for apple aphid, *Aphis pomi* DeGeer (Hemiptera: Aphididae). *Environ. Entomol.* 35, 488–496.
- Wilby, A., Orwin, K.H. (2013): Herbivore species richness, composition and community structure mediate predator richness effects and top-down control of herbivore biomass. *Oecologia* 172, 1167–1177.
- Willer, H., Lernoud, J. (2016): Current statistics on organic agriculture worldwide: Area, producers, markets, and selected crops. 34–116. In: Willer, H., és Lernoud, J. (szerk.), *The World of organic agriculture: Statistics and emerging trends 2016*. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick and IFOAM - Organics International, Bonn, 333 pp.
- Willer, H., Schaack, D. (2016): Organic farming and market development in Europe. 189–229. In: Willer, H., és Lernoud, J. (szerk.), *The World of organic agriculture: Statistics and emerging trends 2016*. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick and IFOAM - Organics International, Bonn, 333 pp.
- Wise, D.H. (1993): *Spiders in Ecological Webs*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 328 pp.
- Wisniewska, J., Prokopy, R.J. (1997): Do spiders (Araneae) feed on rose leafhoppers (*Edwardsiana posae*; Auchenorrhyncha: Cicadellidae) pests of apple trees? *Eur. J. Entomol.* 94, 243–251.
- Wissinger, S.A. (1997): Cyclic colonization in predictably ephemeral habitats: a template for biological control in annual crop systems. *Biol. Control* 10, 4–15.
- Witzgall, P., Stelinski, L., Gut, L., Thomson, D. (2008): Codling moth management and chemical ecology. *Annu. Rev. Entomol.* 53, 503–522.
- Woltz, J.M., Isaacs, R., Landis, D.A. (2012): Landscape structure and habitat management differentially influence insect natural enemies in an agricultural landscape. *Agric. Ecosyst. Environ.* 152, 40–49.
- Woltz, J.M., Landis, D.A. (2014): Coccinellid response to landscape composition and configuration. *Agric. For. Entomol.* 16, 341–349.
- Wyss, E. (1995): The effects of weed strips on aphids and aphidophagous predators in an apple orchard. *Entomol. Exp. Appl.* 75, 43–49.
- 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., Daniel, C. (2004): Effects of autumn kaolin and pyrethrin treatments on the spring population of *Dysaphis plantaginea* in apple orchards. *J. Appl. Entomol.* 128, 147–149.

- 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.
- Wyss, E., Villiger, M., Hemptinne, J.L., Müller-Scharer, H. (1999): Effects of augmentative releases of eggs and larvae of the ladybird beetle, *Adalia bipunctata*, on the abundance of the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea*, in organic apple orchards. *Entomol. Exp. Appl.* 90, 167–73.
- Yachi, S., Loreau, M. (1999): Biodiversity and ecosystem functioning in a fluctuating environment: the insurance hypothesis. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 96, 1463–1468.
- Youn, Y.N., Seo, M.J., Shin, J.G., Jang, C., Yu, Y.M. (2003): Toxicitás of greenhouse pesticides to multicolored Asian lady beetles, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biol. Contr.* 28, 164–170.
- Zapryanov, A. (1995): Impact of herbaceous cover of apple orchards on diversity and number of hymenoptera parasitoids. *Higher Institute of Agriculture – Plovdiv, Scientific Works* 40, 77–81.
- Zehnder, G., Gurr, G.M., K hne, 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.
- Zhou, H., Yu, Y., Tan, X., Chen, A., Feng, J. (2014): Biological control of insect pests in apple orchards in China. *Biol. Contr.* 68, 47–56.
- Zijp, J.P., Blommers, L.H.M. (2002): Apple sawfly *Hoplocampa testudinea* (Hym., Tenthredinidae) and its parasitoid *Lathrolestes ensator* in Dutch apple orchards (Hym., Ichneumonidae, Ctenopelmantinae) *J. Appl. Entomol.* 126, 265–274.
- Zilahi-Sebess, G. (1955): Faunisztikai vizsgálataim tiszacsegei gyümölcsösökben. *Acta Universitatis Debreceniensis de Ludovico Kossuth Nominale* 2, 1–15.

8. FÜGGELÉKEK

1. függelék. *Amblyseius andersoni* dominanciája (%) és a fajok száma (zárójelben) a Phytoseiidae együttesekben kevesebb (KAOL) és több (KAOL+) kaolinkezelésben részesített, valamint kezeletlen kontroll (KONT) parcellákban. Ahol külön nem jelöltük, ott a százalékszámítás 51-nél nagyobb éves összesített egyedszámon alapult.

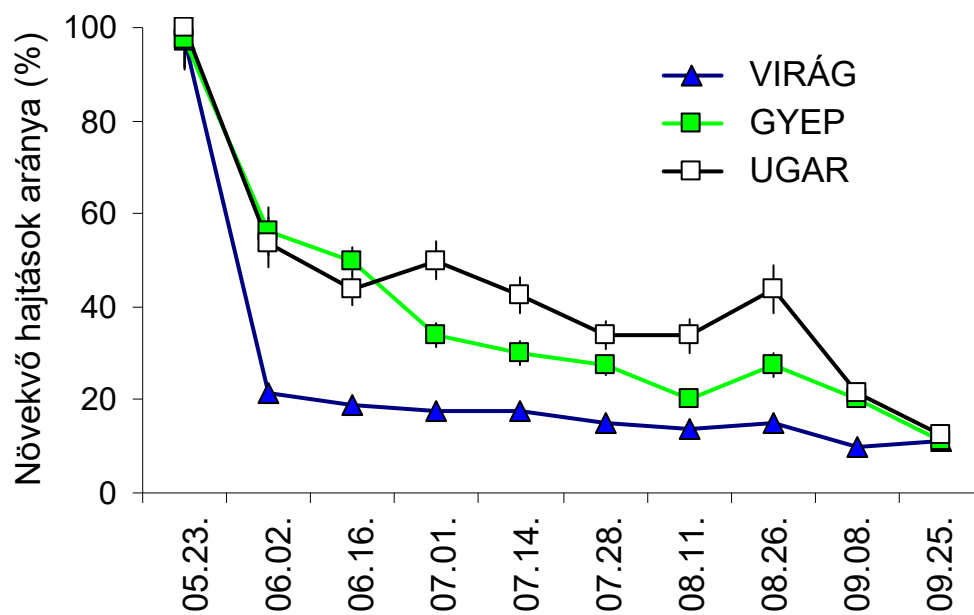
	Florina			Prima		
	KONT	KAOL	KAOL+	KONT	KAOL	KAOL+
2009	40 (4)	- ¹ (3)	- ¹ (1)	12 (4)	- ¹ (1)	- ¹ (1)
2010	57 (2)	98 (2)	100 ² (1)	26 (2)	72 ³ (3)	64 ² (3)
2011	64 (3)	98 (2)	100 ³ (1)	77 (2)	100 (1)	100 ² (1)
2012	18 (5)	67 ² (3)	84 ³ (3)	41 (4)	100 (1)	100 (1)

¹0–6 egyed, ²8–15 egyed, ³29–38 egyed alapján

2. függelék. Telepített virágzó növények és gyomok a VIRÁG parcella sorközeiben. A 2002-ben, 2003-ban és 2004-ben ültetett növények (borításuk csökkenő sorrendjében). 2005-ben sorközönként csak egy vagy két növényfajt ültettünk (az évelő növények megmaradtak, az egyéves növényeket 2006-ban és 2007-ben újra vetettük).

Sorközök	2002–2004	2005–2007
1		<i>Lupinus albus</i> (Fabaceae)
2		<i>S. cereanum</i> ¹ és <i>Medicago sativa</i> (Fabaceae)
3	Minden sorközbe ugyanazt a magkeveréket	<i>Phacelia tanacetifolia</i> (Boraginaceae)
4	vetettük: <i>Fagopyrum esculentum</i>	<i>Trifolium repens</i> (Fabaceae)
5	(Polygonaceae), <i>Sinapis alba</i> (Brassicaceae),	Tavaszi zab (<i>Avena sativa</i>) (Poaceae)
6	<i>Trifolium repens</i> (Fabaceae), <i>Phacelia</i>	<i>S. cereanum</i> ¹ és <i>Medicago sativa</i> (Fabaceae)
7	<i>tanacetifolia</i> (Boraginaceae), <i>Calendula</i>	<i>Fagopyrum esculentum</i> (Polygonaceae)
8	<i>officinalis</i> (Asteraceae), <i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Trifolium repens</i> (Fabaceae)
9	(Apiaceae) és <i>Lotus corniculatus</i> (Fabaceae).	<i>S. cereanum</i> ¹ és <i>Medicago sativa</i> (Fabaceae)
10		<i>Trifolium pratense</i> (Fabaceae)
Gyomok	<i>Polygonum aviculare</i> (Polygonaceae), <i>Stellaria media</i> (Caryophyllaceae), <i>Trifolium repens</i> (Fabaceae), <i>Echinochloa crus-galli</i> (Poaceae), <i>Chenopodium album</i> (Amaranthaceae), <i>Amaranthus retroflexus</i> (Amaranthaceae)	<i>Amaranthus retroflexus</i> (Amaranthaceae), <i>Portulaca oleracea</i> (Portulacaceae), <i>Echinochloa crus-galli</i> (Poaceae), <i>Polygonum aviculare</i> (Polygonaceae)

¹ Évelő rozs (*Secale cereanum*) (Poaceae) a *Secale montanum* és a *Secale cereal* hibridje.



3. függelék. Növekvő hajtások aránya (% $\pm$ S.H.) a különböző talajtakarású parcellákban 2003-ban. Kezelésként 10 fa, fánként 10-10 hajtás vizsgálata Florina fajtán.

4. függelék. A táji változók (táji változók aránya a vizsgált almaültetvények körül 1 km sugarú körben) közötti Kendall tau-a rangkorrelációk. A szignifikáns összefüggéseket (korrelációs koefficiens és p érték) vastag kiemeléssel jelöltük.

Változók	Erdő- ültetvények	Települések	Gyümölcs- ültetvények	Gyepek	Természetes erdők
Szántóföldek	-0.348	-0.152	0.030	-0.303	0.091
P	0.115	0.493	0.891	0.170	0.681
Erdőültetvények		-0.136	0.015	-0.348	-0.682
P	.	0.537	0.945	0.115	0.002
Települések			-0.394	0.303	0.212
P		.	0.075	0.170	0.337
Gyümölcsültetvények				-0.061	0.030
P			.	0.784	0.891
Gyepek					0.424
P					0.055

5. függelék. A vizsgált almaültetvényekben mért változók közötti Kendall tau-a rangkorrelációk. A szignifikáns összefüggéseket (korrelációs koefficiens és p érték) vastag kiemeléssel jelöltük.

Változók ¹	Toxicitás456	Toxicitás7	Toxicitás8	Atkák56	Atkák7	Atkák8	Atkák9	Atkák10	Levéltetvek56
Gyommagasság5	0.379	0.061	-0.273	0.152	-0.121	-0.273	0.03	-0.045	0.091
<i>P</i>	0.086	0.784	0.217	0.493	0.583	0.217	0.891	0.837	0.681
Gyommagasság9	-0.227	-0.152	0.197	-0.030	-0.121	0.242	-0.091	0.030	-0.227
<i>P</i>	0.304	0.493	0.373	0.891	0.583	0.273	0.681	0.891	0.304
Toxicitás456		-0.015	-0.212	-0.227	-0.227	-0.424	-0.106	-0.106	-0.152
<i>P</i>		0.945	0.337	0.304	0.304	0.055	0.631	0.631	0.493
Toxicitás7			-0.030	0.197	0.500	0.182	0.167	0.439	-0.045
<i>P</i>			0.891	0.373	0.024	0.411	0.451	0.047	0.837
Toxicitás8				0.121	0.121	0.076	-0.015	-0.015	-0.182
<i>P</i>				0.583	0.583	0.732	0.945	0.945	0.411
Atkák56					0.303	0.242	0.394	0.303	0.242
<i>P</i>					0.170	0.273	0.075	0.170	0.273
Atkák7						0.091	0.364	0.303	0.091
<i>P</i>						0.681	0.100	0.170	0.681
Atkák8							0.030	0.273	0.121
<i>P</i>							0.891	0.217	0.583
Atkák9								0.500	0.530
<i>P</i>								0.024	0.016
Atkák10									0.197
<i>P</i>									0.373

¹ Gyommagasság5: átlagos gyommagasság a sorközökben, májusban; Gyommagasság9: átlagos gyommagasság a sorközökben szeptemberben; Toxicitás456: kumulált peszticid-toxicitás, április-június; Toxicitás7: kumulált peszticid-toxicitás, július; Toxicitás8: kumulált peszticid-toxicitás, augusztus; Atkák56: atkák egyedsűrűsége, május-június; Atkák7: atkák egyedsűrűsége, július; Atkák8: atkák egyedsűrűsége, augusztus; Atkák9: atkák egyedsűrűsége, szeptember; Atkák10: atkák egyedsűrűsége, október; Levéltetvek56: levéltetvek egyedsűrűsége, május-június.

6. függelék. A táji változók (táji elemek aránya a vizsgált almaültetvények körül 1 km sugarú körben) és az ültetvényekben mért változók közötti Kendall tau-a rangkorrelációk. A szignifikáns összefüggéseket (korrelációs koefficiens és p érték) vastag kiemeléssel jelöltük.

Változók	Szántóföldek	Erdő- ültetvények	Települések	Gyümölcs- ültetvények	Gyepek	Természetes erdők
Gyommagasság5	0.167	-0.121	0.424	-0.379	-0.015	0.045
<i>P</i>	0.451	0.583	0.055	0.086	-0.945	0.837
Gyommagasság9	-0.106	0.212	-0.379	0.348	-0.167	-0.227
<i>P</i>	0.631	0.337	0.086	0.115	0.451	0.304
Toxicitás456	-0.061	-0.076	0.515	-0.424	0.212	0.030
<i>P</i>	0.784	0.732	0.020	0.055	0.337	0.891
Toxicitás7	0.197	0.076	0.167	0.076	-0.045	0.227
<i>P</i>	0.373	0.732	0.451	0.732	0.837	0.304
Toxicitás8	0.030	0.061	-0.182	0.121	-0.091	-0.03
<i>P</i>	0.891	0.784	0.411	0.583	0.681	0.891
Toxicitás78	0.197	0.076	0.015	0.167	-0.106	0.227
<i>P</i>	0.373	0.732	0.945	0.451	0.631	0.304
Atkák56	-0.136	0.182	-0.015	0.015	-0.167	-0.076
<i>P</i>	0.537	0.411	0.945	0.945	0.451	0.732
Atkák7	-0.106	0.061	0.227	0.045	0.167	0.258
<i>P</i>	0.631	0.784	0.304	0.837	0.451	0.244
Atkák8	0.076	0.273	-0.379	0.53	-0.439	-0.167
<i>P</i>	0.732	0.217	0.086	0.016	0.047	0.451
Atkák9	-0.288	0.03	0.167	-0.045	0.076	0.106
<i>P</i>	0.193	0.891	0.451	0.837	0.732	0.631
Atkák10	0.015	0.061	-0.106	0.227	-0.106	0.106
<i>P</i>	0.945	0.784	0.631	0.304	0.631	0.631
Levéltetvek56	-0.197	-0.091	0.106	-0.015	0.106	0.076
<i>P</i>	0.373	0.681	0.631	0.945	0.631	0.732

¹ Gyommagasság5: átlagos gyommagasság a sorközökben májusban; Gyommagasság9: átlagos gyommagasság a sorközökben szeptemberben; Toxicitás456: kumulált peszticid-toxicitás, április-június; Toxicitás7: kumulált peszticid-toxicitás, július; Toxicitás8: kumulált peszticid-toxicitás, augusztus; Atkák56: atkák egyedsűrűsége, május-június; Atkák7: atkák egyedsűrűsége, július; Atkák8: atkák egyedsűrűsége, augusztus; Atkák9: atkák egyedsűrűsége, szeptember; Atkák10: atkák egyedsűrűsége, október; Levéltetvek56: levéltetvek egyedsűrűsége, május-június.

7. függelék. A legjobb gyümölcsültetvény modellek. Az együttthatók és a z értékek az átlag modellekhez, míg a becsült (béta), t és a S. D. (random) értékek a legjobb egy magyarázó változós modellekhez tartoznak. A szignifikáns eredményeket vastag kiemeléssel jelöltük.

Fajok és hónapok	Legjobb modellek	Változók ¹	Együtttható/ becsült	S.E.	D.f.	Z/t	P	S.D. (random)
<i>Anthonomus pomorum</i>	Toxicitás	intercept	1.7	0.38	48	4.47	<0.0001	0.3
Május és június		toxicitás	-0.18	0.05	10	-3.57	0.005	
<i>Phyllobius oblongus</i>	Toxicitás	intercept	1.45	0.37	48	3.9	0.0003	0.31
Május és június		toxicitás	-0.15	0.05	10	-3.13	0.01	
Other apple feeders	Toxicitás	intercept	1.37	0.21	48	6.36	<0.0001	0.51
Május - október		toxicitás	-0.09	0.02	10	-4.17	0.001	
<i>Harmonia axyridis</i>	Levéltetű	intercept	0.5	0.14	48	3.61	0.0007	0.39
Május és június		levéltetű	-0.001	0.0009	10	-1.77	0.08	
Július és augusztus	Átlag	(intercept)	0.284	0.13	48	2.05	0.04	
		gyom	0.005	0.009	10	0.52	0.59	
		toxicitás	0.007	0.03	10	0.17	0.85	
Szeptember és október	Gyom	intercept	0.84	0.35	48	2.39	0.02	0.37
		gyom	-0.02	0.01	10	-1.21	0.25	
<i>Coccinella septempunctata</i>	Gyom	intercept	0.36	0.28	48	1.26	0.21	0.46
Július és augusztus		gyom	0.02	0.01	10	2.04	0.06	
Szeptember és október	Gyom	intercept	0.45	0.29	48	1.55	0.12	0.46
		gyom	0.015	0.01	10	1.12	0.28	
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>	Átlag	(intercept)	0.667	0.19	48	3.37	0.0007	
Július és augusztus		gyom	-0.01	0.01	10	0.9	0.36	
		toxicitás	0.05	0.04	10	1.09	0.27	
Szeptember és október	Gyom	intercept	1.21	0.35	48	3.43	0.001	0.41
		gyom	-0.02	0.01	10	-1.66	0.12	
<i>Stethorus pusillus</i>	Atka	intercept	0.32	0.13	48	2.5	0.01	0.35
Május és június		atka	0.002	0.001	10	2.09	0.04	

Július	Átlag	(intercept)	0.92	0.32	48	2.75	0.005	
		gyom9	0.01	0.02	10	0.61	0.53	
		toxicitás8	-0.02	0.01	10	0.23	0.81	
Augusztus	Átlag	atka8	0.001	0.05	10	0.34	0.72	
		(intercept)	1.34	0.45	48	2.91	0.003	
		gyom9	-0.02	0.02	10	0.79	0.42	
		toxicitás8	0.201	0.22	10	0.8	0.42	
Szeptember	Átlag	atka9	-0.0009	0.007	10	0.13	0.89	
		(intercept)	1.85	0.34	48	5.27	<0.0001	
		gyom9	-0.004	0.027	10	0.13	0.89	
Október	Gyom	intercept	1.8	0.49	48	3.64	0.0007	0.53
		gyom9	-0.04	0.02	10	-1.95	0.07	
<i>Phyllotreta vittula</i>	Gyom	intercept	2.45	0.61	48	3.98	0.0002	0.58
Július		gyom9	-0.05	0.02	10	-1.93	0.08	
Augusztus	Átlag	(intercept)	2.007	0.61	48	3.18	0.001	
		gyom9	-0.011	0.04	10	0.2	0.83	
		toxicitás8	-0.46	0.34	10	1.18	0.23	
Szeptember	Gyom	intercept	1.88	0.63	48	2.95	0.004	0.57
		gyom9	-0.01	0.02	10	-0.64	0.53	
Október	Gyom	intercept	0.75	0.36	48	2.04	0.04	0.38
		gyom9	-0.01	0.01	10	-0.79	0.44	
<i>Psyllobora vigintiduopunctata</i>	Gyom	intercept	0.789	0.46	48	1.7012.002	0.095	0.38
Szeptember és október	Gyom		-0.009	0.02	10	-0.438	0.67	
<i>Corticara gibbosa</i>	Átlag	(intercept)	1.63	0.47	48	3.4	0.0006	
Május		gyom5	0.01	0.02	10	0.61	0.536	
		toxicitás45	0.05	0.061	10	0.75	0.451	
Június	Átlag	(intercept)	2.069	0.535	48	3.78	0.0001	
		gyom5	-0.02	0.032	10	0.66	0.5	
		toxicitás6	0.04	0.116	10	0.32	0.747	

Július	Átlag	(intercept)	1.94	0.44	48	4.3	<0.0001	
		gyom9	0.01	0.02	10	0.58	0.56	
		toxicitás7	0.05	0.13	10	0.4	0.68	
Augusztus	Átlag	(intercept)	1.02	0.3	48	3.33	<0.0001	
		gyom9	0.008	0.02	10	0.33	0.73	
		toxicitás8	-0.07	0.17	10	0.38	0.7	
Szeptember	Gyom	intercept	2.31	0.5	48	4.56	<0.0001	0.59
		gyom9	-0.017	0.02	10	-0.74	0.47	
Október	Gyom	intercept	1.97	0.67	48	2.91	0.005	0.44
		gyom9	-0.01	0.03	10	-0.39	0.69	

¹ Gyom5: átlagos gyommagasság a sorközökben, májusban; Gyom9: átlagos gyommagasság a sorközökben, szeptemberben. Toxicitás45: kumulált peszticid-toxicitás, április és május; Toxicitás456: kumulált peszticid-toxicitás, április-június; Toxicitás6: kumulált peszticid-toxicitás, június; Toxicitás7: kumulált peszticid-toxicitás, július; Toxicitás78: kumulált peszticid-toxicitás, július-augusztus; Toxicitás8: kumulált peszticid-toxicitás, augusztus; Toxicitás48: kumulált peszticid-toxicitás, április-augusztus. Atkák56: atkák egyedsűrűsége májusban és júniusban; Atkák8: atkák egyedsűrűsége augusztusban; Atkák9: atkák egyedsűrűsége, szeptemberben. Levéltetű56: levéltetvek egyedsűrűsége májusban és júniusban.

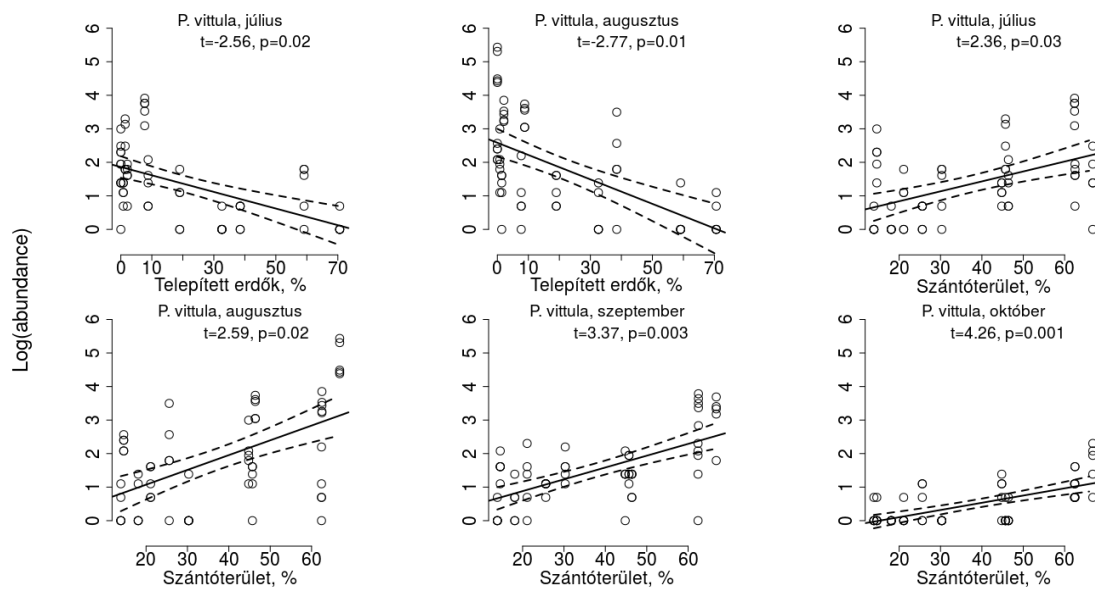
8. függelék. A legjobb táji modellek összefoglaló táblázata. Az együtthatók és a z értékek az átlag modellhez, míg a becslt (béta), t és a S. D. (random) értékek a legjobb egy magyarázó változós modellekhez tartoznak. A szignifikáns értékeket vastag kiemeléssel jelöltük.

Fajok és hónapok	Legjobb modellek	Változók	Együttható/ becsült	S.E.	D.f.	Z/t	P	S.D. (random)
<i>Anthonomus pomorum</i>	Átlag	gyümölcsös	0.043	0.036	10	1.045	0.29	
Május és június		gyep	-0.047	0.027	10	1.483	0.13	
		(intercept)	0.768	0.586	48	1.294	0.19	
		település	-0.028	0.019	10	1.301	0.19	
<i>Phyllobius oblongus</i>	Átlag	gyümölcsös	0.033	0.034	10	0.868	0.386	
Május és június		szántóföld	0.007	0.011	10	0.532	0.595	
		erdő ¹	-0.027	0.029	10	0.81	0.418	
		gyep	-0.032	0.027	10	1.02	0.308	
		(intercept)	0.445	0.422	48	1.038	0.299	
		település	-0.015	0.018	10	0.722	0.47	
Other apple feeders	Szántóföld	intercept	0.227	0.283	48	0.802	0.426	0.51
Május - október		szántóföld	0.007	0.006	10	1.186	0.263	
<i>Harmonia axyridis</i>	Átlag	(intercept)	0.066	0.157	48	4.18	0.0001	0.41
Május és június		település	0.02	0.04	10	4.25	0.002	
		szántóföld	-0.012	0.003	10	-3.99	0.003	
Július és augusztus	Természetes erdő	intercept	0.14	0.092	48	1.52	0.134	0.36
		erdő¹	0.023	0.008	10	2.66	0.02	
Szeptember és október	Szántóföld	intercept	-0.272	0.24	48	1.13	0.263	0.37
		szántóföld	0.019	0.005	10	3.368	0.007	
<i>Coccinella septempunctata</i>	Gyümölcsös	(intercept)	0.535	0.222	48	2.405	0.02	0.46
Július és augusztus		gyümölcsös	0.035	0.018	10	1.929	0.08	
Szeptember és október	Gyümölcsös	intercept	0.285	0.17	48	1.67	0.1	0.46
		gyümölcsös	0.045	0.014	10	3.197	0.009	
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>	Átlag	(intercept)	-8.119	10.08	48	0.803	0.421	
Július és augusztus		gyümölcsös	0.169	0.084	10	1.814	0.069	
		erdő ¹	0.118	0.094	10	1.172	0.241	
		gyep	0.202	0.052	10	2.954	0.003	

		település	0.134	0.093	10	1.362	0.173	
		erdőült.²	0.190	0.048	10	2.997	0.002	
		szántóföld	0.195	0.049	10	3.027	0.002	
Szeptember és október	Szántóföld	intercept	-0.159	0.228	48	-0.698	0.488	0.41
		szántóföld	0.022	0.005	10	4.081	0.002	
<i>Stethorus pusillus</i>	Átlag	(intercept)	0.495	0.197	48	2.46	0.013	
Május és június		gyep	-0.018	0.015	10	1.1	0.271	
		erdőült. ²	0.0039	0.005	10	0.688	0.491	
Július	Átlag	(intercept)	1.146	0.399	48	2.835	0.004	
		erdő ¹	-0.034	0.023	10	1.306	0.191	
		gyep	-0.03	0.023	10	1.144	0.252	
		település	-0.02	0.014	10	1.275	0.202	
		erdőült. ²	0.012	0.007	10	1.518	0.129	
Augusztus	Átlag	(intercept)	1.016	0.401	48	2.473	0.013	
		gyümölcsös	-0.088	0.025	10	2.99	0.002	
		szántóföld	0.03	0.008	10	3.089	0.002	
		erdő ¹	-0.032	0.019	10	1.387	0.165	
Szeptember	Szántóföld	intercept	0.598	0.353	48	1.694	0.096	0.58
		szántóföld	0.032	0.008	10	3.907	0.002	
Október	Szántóföld	intercept	-0.031	0.411	48	-0.075	0.94	0.53
		szántóföld	0.025	0.009	10	2.582	0.027	
<i>Phyllotreta vittula</i>	Átlag	(intercept)	1.154	0.859	48	1.33	0.183	
Július		szántóföld	0.023	0.014	10	1.43	0.152	
		erdőült. ²	-0.021	0.011	10	1.73	0.082	
Augusztus	Átlag	(intercept)	1.509	1.228	48	1.218	0.223	
		szántóföld	0.035	0.02	10	1.535	0.124	
		erdőült. ²	-0.031	0.015	10	1.809	0.07	
Szeptember	Szántóföld	intercept	0.176	0.392	48	0.448	0.655	0.57
		szántóföld	0.035	0.009	10	3.777	0.003	
Október	Szántóföld	intercept	-0.328	0.212	48	-1.544	0.129	0.38
		szántóföld	0.021	0.005	10	4.263	0.001	

<i>Psyllobora vigintiduopunctata</i>	Átlag	(intercept)	0.359	0.0009	48	0.69	0.48	
Szeptember és október		szántóföld	0.016	0.507	10	1.48	0.13	
		erdőült. ²	-0.01	0.008	10	1.09	0.27	
<i>Corticara gibbosa</i>	Átlag	(intercept)	1.934	0.308	48	6.144	<0.00001	
Május		erdő ¹	-0.03	0.026	10	1.015	0.31	
		gyep	-0.025	0.025	10	0.896	0.37	
		település	0.01	0.016	10	0.565	0.572	
Június	Átlag	(intercept)	2.073	0.438	48	4.629	<0.00001	
		szántóföld	-0.01	0.014	10	0.616	0.538	
		település	-0.017	0.022	10	0.668	0.504	
		erdőült. ²	0.008	0.011	10	0.664	0.507	
Július	Átlag	(intercept)	2.145	0.457	48	4.61	<0.00001	
		gyümölcsös	0.022	0.038	10	0.521	0.602	
		szántóföld	0.009	0.012	10	0.658	0.511	
		erdő ¹	-0.023	0.032	10	0.624	0.533	
		gyep	-0.036	0.03	10	1.058	0.29	
		település	-0.021	0.019	10	0.971	0.332	
Augusztus	Település	intercept	0.716	0.255	48	2.806	0.007	0.55
		település	0.027	0.014	10	1.844	0.094	
Szeptember	Átlag	(intercept)	2.047	0.474	48	4.256	<0.00001	
		szántóföld	0.012	0.01	10	1.09	0.276	
		erdő ¹	0.038	0.037	10	0.92	0.357	
		gyep	-0.038	0.032	10	1.055	0.291	
		erdőült. ²	-0.011	0.008	10	1.196	0.232	
Október	Átlag	(intercept)	1.509	0.806	48	1.856	0.063	
		szántóföld	0.024	0.012	10	1.714	0.086	
		erdőült. ²	-0.023	0.0009	10	2.185	0.028	

¹ Természetes erdő; ² Erdőültetvény



9. függelék. Almaültvények környezetében található erdőültvények és szántóföldek mennyiségének (az ültvények körül 1 km sugarú körben mért arányának) hatása a *P. vittula* egyedszámára a vizsgált almaültvényekben, a legjobb egy magyarázó változós modellek eredményeivel.