

SZENT ISTVÁN EGYETEM

**Táji környezet, peszticidterhelés és tápnövény-fitofág
fenológiai szinkronitás hatása almaültetvények poloska
(Heteroptera) együtteseire**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

VARGA ÁKOS
BUDAPEST
2017

A doktori iskola

megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Zámboriné dr. Németh Éva
egyetemi tanár, DSc
Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyógy és Aromanövények Tanszék

Témavezető: Dr. Markó Viktor
egyetemi docens, CSc
Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Rovartani Tanszék

Dr. Haltrich Attila
egyetemi docens, CSc
Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Rovartani Tanszék

A jelölt a Szent István Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A poloskák (Heteroptera) alrendje nagy jelentőséggel bír a szántóföld, zöldség- és gyümölcstermő növények termesztésben. A poloskák rendkívül fajgazdag és változatos életmódú csoportot képviselnek. A Földön eddig megközelítőleg 37-40.000 fajuk ismert. Ezek közül számos fajt súlyos kártevőként tartunk számon, de a ragadozók szerepe a károsító szervezetek gyérítésében különösen jelentős. Fauvel (1999) irodalmi adatok alapján, megközelítőleg 60, almaültetvényekben gyakran előforduló Heteroptera fajt említ meg. Ezek nagyobb része zoofág, vagy zoofitofág, és a levéltetvek, takácsatkák és egyéb károsító rovarok szabályozásában tölt be fontos szerepet.

Az alma a legrégebben termesztett gyümölcsök közé tartozik. Mára a világ gyümölcsstermesztésében meghatározó szerepet tölt be. A mérsékelt övben a legjelentősebb termesztett gyümölcsféle, és az egyik legdinamikusabban korszerűsödő ágazat.

Hazánkban az almatermesztés kiemelt jelentőségű. A 2000-es években Magyarországon közel 600 ezer tonna alma termett, ami az összes megtermelt gyümölcs mintegy 60%-át tette ki. A legjelentősebb almatermesztő körzet Szabolcs-Szatmár-Bereg megye, mely a XX. század végére almatermésünk több mint 50%-át adta. Ugyanakkor számottevő almatermesztés folyik még Pest, Borsod-Abaúj-Zemplén, Bács-Kiskun és Hajdú-Bihar megyében is (Papp, 2004).

Az almaültetvényekben előforduló poloskafajok növényvédelmi jelentőségével kapcsolatban már a XIX. század második felében végeztek vizsgálatokat. Ennek ellenére az almaültetvények Heteroptera faunájának ökofaunisztikai feltárása csak részlegesen történt meg. Ráadásul a termesztési, és növényvédelmi technológiák változásával, az ültetvények faunája is folyton változik. A XX. században a mezőgazdaság általános fejlődése mellett a gyümölcsstermesztés is korszerűsödött. A termelés növelése érdekében a természetközeli területek egyre nagyobb részét vették művelés alá. Az ipari forradalom hatására megjelenő mezőgazdasági gépek lehetővé tették a nagyobb területen való termesztést. A vegyipar fejlődése során újabb és újabb hatóanyagok kerültek forgalomba, ami lehetővé tette a károsítók elleni hatékonyabb védekezést. A forgalomba került hatóanyagok egy ideig eredményesen korlátozták a kártevőket, de egy idő után egyre növekedett a kezelések száma. Az 1950-es évek második felétől kezdték alkalmazni az integrált növényvédelmi technológiákat, melyek már nemcsak a károsítók elpusztítására koncentráltak, hanem azok természetes ellenségeit is igyekeztek kímélni. A technológiai változások, a termelés

intenzifikációja mellett a globális felmelegedés is drasztikus hatással lehet az élővilágra, így az almához kapcsolódó táplálkozási hálózatokra is.

Az elmúlt évtizedben több kutatás foglalkozott azzal, hogy a különböző táji elemek milyen módon játszanak szerepet a károsítók és természetes ellenségeik egyedszámának változásában a mezőgazdasági területeken. A vizsgálatok többségét ugyanakkor szántóföldi kultúrákban végezték, míg évelő kultúrákban, különösen a Heteroptera együttesek vonatkozásában csak elvétve folytak kutatások. Ugyanígy, csak az elmúlt időszakban kezdtek intenzívebben foglalkozni a globális felmelegedés hatásaival, illetve ennek részeként azzal, hogy hogyan és milyen mértékben befolyásolhatja a klímaváltozás a növény-fitofág-ragadozó (haszonnövény-kártevő-természetes ellenség) komplex rendszert.

A vizsgálataink során az alábbi célkitűzéseket fogalmaztuk meg:

- almaültetvények poloskaegyütteseinek részletes faunisztikai feltárása Magyarországon;
- Heteroptera együttesek dominancia viszonyainak feltárása különböző növényvédelemben részesített almaültetvényekben, így művelés alól kivont, biológiai, integrált növényvédelemben részesített (IPM), és széles hatásspektrumú inszekticidekkel kezelt ültetvényekben;
- meghatározni, hogy a növekvő peszticid toxicitási gradiens mentén hogyan változik az almaültetvényekben a kártevő, a ragadozó és az indifferens poloskafajok egyedsűrűsége;
- kimutatni, hogy az ültetvények táji környezete hogyan befolyásolja a kártevő, a ragadozó és az indifferens Heteroptera fajok egyedsűrűségét;
- meghatározni, hogy az almafákhoz kötődő táplálékhálózat azon részei, melyekhez Heteroptera fajok kapcsolódnak, hogyan változnak akkor, ha mesterségesen, az almafák fenofázisait előbbre, vagy későbbre hozva, szélsőséges fenológiai csúszásokat hozunk létre.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. Almaültetvények poloskafaunája

Az almaültetvények poloska faunáját 1992 és 2013 között, 25 településen, és 33 különböző növényvédelmi kezeléssel ültetvényben mértük fel: 15 IPM, 6 hagyományos, 6 biológiai és 6 felhagyott (művelés alól kivont) ültetvényben.

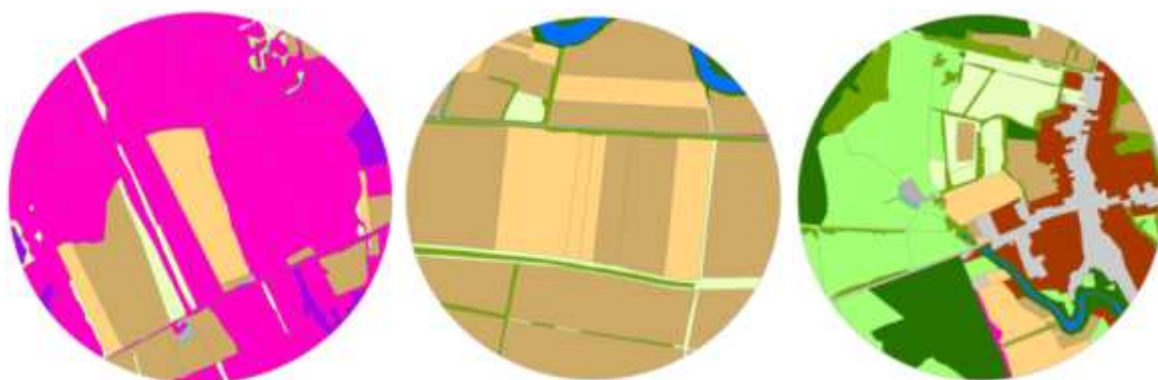
A mintavételezések Winkler típusú kopogtató ernyővel történtek, melynek az átmérője ~70 cm, mélysége 50 cm volt. A mintanagyságok változóak voltak.

Az identifikáció az alábbi határozókönyvek alapján történt: Aglyamzjanov (2006), Benedek (1969), Halászfű (1959), Kis (1984), Kis és Kondorosy (2000), Péricart (1972) és Vásárhelyi (1978, 1983).

2.2. Peszticid és tájszerkezet hatása az almaültetvények Heteroptera együtteseire

2.2.1. Vizsgálatok helyszínei, mintavételezés

Vizsgálatainkat Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében, 12 különböző környezetbe telepített almaültetvényben végeztük. A vizsgált 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 dió ültetvények); természet közeli lomblevelű erdők (őshonos ártéri erdők, főként *Salix alba*, *S. fragilis*, *Populus alba* és *P. nigra* fajokkal, valamint erdősávok és fasorok) (1. ábra).



1. ábra - Három példa a tájszerkezet alakulásáról (Nyírmada, Győrtelek, Csaroda).
Rózsaszín: erdőültetvény, kávébarna: szántó, világoszöld: gyepek, sötétzöld: természetközeli lombos erdő, sötétbarna és szürke: település, középzöld: fasor-facsoport, kék: vízfelület, lila: gyümölcsültetvény.

Az egyes ültetvényekben 2-5 inszekticid kezelést, és 0-8 fungicid kezelést 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 peszticid terhelésének számításánál az alkalmazott inszekticidek és fungicidek ragadozópoloskákra (Anthocoridae) kifejtett toxicitási értékeiből indultunk ki úgy, hogy praktikus okokból az 1–4-es veszélyességi értékeket átskáláztuk 0–3-as értékekre, majd az egyes kezelések értékszámait havi vagy kéthavi bontásban, vagy az egész vegetációs periódusra kumuláltuk. Az ültetvényekben április és augusztus között folytak növényvédelmi kezelések.

A Heteroptera 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, 2012. május 21. és október 11. között, nyolc alkalommal, minden gyűjtési alkalommal ugyanazokat a fákat kopogtatva. A mintákból a makro-ízeltlábúakat kiválogattuk és a Heteroptera imágókat faji szintig identifikáltuk, illetve a következő guildekbe soroltuk: fitofágok, zoofágok és zoofitofágok.

A levéltetvek, mint potenciális zsákmányszervezetek 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), kisebb egyedszámban *Dysaphis plantaginea* (Passerini) és *Dyspahis devector* (Walker) (Hemiptera: Aphididae) populációkat figyeltünk meg. A lombzaton előforduló atkákat (Acari) nyolc alkalommal mértük fel, ültetvényenként 20 levél (összesen 10 fáról, fánként két levél) vizsgálatával.

2.2.2. Statisztikai elemzés

A vizsgált magyarázó változók és a lombkoronában előforduló poloskafajok 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 modellszelekció, azaz a vizsgált poloskafajok 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, ahol az AIC érték a legkisebb volt, és a többi AIC értékhez viszonyítva $\Delta AICc > 2$. A többi esetben ($\Delta AICc < 2$) annak érdekében, hogy csökkentsük a modellszelekció bizonytalanságát, valamint kellően robusztus paraméterbecsléseket kapjunk modellátlagolást alkalmaztunk (Grueber és mtsai 2011). Ekkor az adott magyarázó változók felhasználásával megépítettük az összes lehetséges modellt, majd a legjobb modellek ($\Delta AICc > 2$) 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 modell-paraméterek becsléséhez *nlme* (Pinheiro és mtsai, 2011), a modellátlagoláshoz *MuMIn* (Barton 2013), az ábrák rajzoláshoz *graphics* programcsomagokat (R 3.1.2) (R Core Team, 2014) használtunk. A magyarázó változók kapcsolatát Kendall tau rang korrelációval vizsgáltuk, *ROPstat* programcsomag segítségével (Vargha és mtsai, 2015).

2.3. Fenológiai változások hatásainak vizsgálata

2.3.1. A vizsgálatok helyszínei, mintavétel

A vizsgálatokat 2013-ban Szabolcs-Szatmár-Beregben három biológia almaültetvényben végeztük Újfehértón, Nagykállón és Nagykálló-Ludastón.

A vizsgálatokhoz 182 darab 3 éves Resi fajtájú almafacsemetét telepítettünk ki konténeresen különböző időpontokban az almaültetvényekbe. A kontroll fák (K) kiültetésének idején az üvegházi 1, 2 (ÜH1, ÜH2) jelölésű fákat üvegházba helyeztük el, hogy előrehozzuk a rügyfakadás idejét, míg a hűtőházi 1, 2 (HH1, HH2) jelölésű fákat hűtőházban tároltuk annak érdekében, hogy fenológiai állapotukat késleltessük. A kontroll fákat április első dekádjában, az üvegházban tárolt fákat a hónap második dekádjában, míg a hűtőházi csemetéket április harmadik, illetve május első dekádjában ültettük ki.

Az Újfehértói Kutatóintézet kísérleti almaültetvényében, 3 blokkba, összesen 62 darab fa került kitelepítésre; Nagykállón 2 blokkba 60 darab fa; Nagykálló-Ludastón pedig 3 blokkba, összesen 60 darab fa. A vizsgálni kívánt 182 fából kertenként, „K” kezelésű fákból 14 db, „HH1” és „HH2” kezelésű fákból 13-13 db, végül az „ÜH1” és „ÜH2” kezelésű fákból Újfehértón 11-11, a másik két helyszínen 10-10 db fát telepítettünk. A konténereket olyan mélységig ástuk le, hogy azokban a talajfelszín egyvonalon legyen a konténerek közvetlen környezetének talajsintjével

Az ízeltlábú mintákat a három ültetvénybe kihelyezett 182 facsemete lombkoronájának kopogatásával gyűjtöttük, április 24. és október 14. között, összesen 19 alkalommal. A begyűjtött mintákból kiválogatott Heteroptera imágókat faji szintig identifikáltuk, valamint a következő guildekbe soroltuk be: almafogyasztók, fitofágok, zoofágok és zoofitofágok.

Július 18-án minden almafáról véletlenszerűen öt levelet gyűjtöttünk. A leveleket kép formátumban digitalizáltuk, majd Image J Adobe Photoshop 8.0. (Adobe Systems) képszerkesztő program segítségével kiszámoltuk a levélfelület nagyságát (O'neal és mtsai, 2002).

Nyáron három alkalommal mértük fel (június 14, 27; július 12) a levéltetvek (*Aphis pomi*) egyedszámát. A levéltetveket meghatározó háttérváltozóként minden felmérés alkalmával megszámoltuk fánként a hajtások számát és ezen belül külön a még növekvésben lévőket is, majd a véletlenszerűen kiválasztott 3-3 növekedő valamint növekedésben megállt hajtáson megszámoltuk a levéltetveket.

2.3.2. Statisztikai elemzés

A kezelések hatását a vizsgált ízeltlábú csoportok egyedszámára általánosított lineáris kevert modellel (GLMM) elemeztük, ahol a modellekben a kezelések fix, az egyedi blokkok pedig random faktorként szerepeltek. Ha egynél több fix hatás volt szignifikáns, akkor AICc-n alapuló modell szelekciót alkalmaztunk (Burnham és Anderson, 2002), és csak a legjobb modell eredményeit közöltük. A folytonos kovariánsok esetén azok átlagát adtuk meg.

Az előfordulási adatok esetén binomiális hibaeloszlást, a többi esetben a leginkább megfelelőbb hibaszervezetet alkalmaztuk, amit az AICc értékeken és eloszlás diagramok alapján választottunk ki. A *Stephanitis pyri* a fák közel 36%-án nem fordult elő, és a többi fán is ferde eloszlást mutatott, úgyhogy a logaritmikus transzformált, nullánál nagyobb egyedszámokra illesztettük a modellt, kvázi-Poisson hibastruktúrával (Zuur és mtsai, 2009).

A közösségi szintű vizsgálatok során, az együttesek Rényi diverzitását hasonlítottuk össze kezelésenként (Hill, 1973), és két együttes diverzitását akkor tekintettük különbözőnek, ha a diverzitási profiljuk nem metszette egymást (Tóthmérész, 1995). Két redundancia analízist (RDA) is végeztünk, az „ültetvények”, illetve a „kezelések” kötött változókkal, illetve a fajok Hellinger-transzformációval módosított egyedszám értékeivel (Legendre és Gallagher, 2001). A kötött változók szignifikanciáját permutációs teszttel (10^4 permutáció) állapítottuk meg. A kezelések közötti különbséget ültetvényenként, nem-metrikus többdimenziós skálázás (NMDS, Bray-Curtis távolságokkal) segítségével mutattuk be. Az

elemzések az R statisztikai szoftver (3.1.2, R Core Team 2015), lme4 (Bates és mtsai, 2014), MuMIn (Barton, 2014) és vegan (Oksanen és mtsai, 2013) programcsomagjaival történtek.

3. EREDMÉNYEK

3.1. Faunisztikai vizsgálatok

A magyarországi almaültetvényekben végzett faunisztikai felmérésünk eredményeként, a vizsgált 33 almaültetvényben, a lombkoronából összesen 177 Heteroptera faj 21 914 egyedét gyűjtöttük. Ez a magyarországi poloskafauna közel 20%-át teszi ki.

Az összes begyűjtött poloska egyedből 19 513 fitofág és 2401 zoofág-zoofitofág táplálkozási csoportba tartozott. A 19 513 fitofág egyedből 15203 a *S. pyri*, míg a többi 4310 poloskaegyed további 136 különböző Heteroptera fajhoz tartozott. A zoofág-zoofitofág fajok csoportját 40 faj képviselte. Az összes gyűjtött faj több mint fele (118 faj) három családba tartozott: a *Lygaeidae* (46 faj), a *Miridae* (39 faj) és a *Pentatomidae* (26 faj) családokba. A többi 68 faj 16 családot képviselt. Táplálkozási csoportok szerint osztályozva, a fitofágok 14 családba sorolhatók, míg a zoofág-zoofitofágok 7 családot képviseltek.

A hazai almaültetvények poloska faunájáról ez ideig a leginkább átfogó felmérést Mészáros és munkatársai (1984) végezték. Vizsgálataik során 62 poloskafajt gyűjtöttek almaültetvények lombkoronájából. Ezen fajok valamivel több mint kétharmadát (49 faj) mi is gyűjtöttük, így vizsgálatainkban csupán 14, főként a *Miridae* családot képviselő faj nem került elő. Fordítva, a felmérésünk során előkerült 177 Heteroptera fajból 126 faj Mészáros és munkatársai (1984) gyűjtései során nem került elő.

A begyűjtött egyedeket táplálkozásuk szerint három csoportra osztottuk, illetve ebben a csoportosításban mutatjuk be: 1. az almán táplálkozó, szuperdomináns körte csipkéspoloska (*S. pyri*), 2. további fitofág fajok, 3. zoofágok és zoofitofá fajok.

A körte csipkéspoloska egyedei, az almaültetvények lombkoronájában, összességében a teljes fitofág poloskaegyüttes 77%-át tették ki. A legtöbb csipkéspoloskát a biológiai almaültetvényekben gyűjtöttük, szám szerint 8170 egyed. Ez az összes itt begyűjtött egyed 53%-át jelenti. Felhagyott ültetvényekben 3671 egyed (41%) gyűjtöttünk, integrált növényvédelemben részesített (IPM) ültetvényekben 3248 egyed (52%), míg a hagyományos üzemi almaültetvényekben mindössze 113 (8%) egyed került begyűjtésre.

Az összesített eredmények alapján, az almaültetvények lombkoronájában előforduló leggyakoribb fitofág fajok (dominanciájuk csökkenő sorrendjében) a következők voltak: *Nysius senecionis*, *Lygus rugulipennis*, *Aelia acuminata*, *Palomena prasina*, *Metopoplax origani*, *Dolycoris baccarum*, *Oxycarenus pallens*, *Peribalus strictus*, *Piesma salsolae*,

Coreus marginatus, *Piesma maculatum*, *Rhaphigaster nebulosa*, *Nysius thymi*, *Lygaeus equestris*, *Stictopleurus punctatonervosus*. Ez a 15 faj a teljes fitofág Heteroptera együttes egyedszámának 70%-át képviselte. Ültetvényenként a begyűjtött fitofág fajok száma 14 és 53 között ingadozott. Bár a gyűjtési ráfordítások különböztek, a legnagyobb fajszámok alapján a biológiai és integrált kezelésű ültetvények fajgazdagsága nagyobb volt. A felhagyott ültetvényekben az *Aelia acuminata* és *Palomena prasina* fajok voltak a leggyakoribbak, míg a biológiai, IPM és hagyományos kezelésű almaültetvényekben a *Lygus rugulipennis* és a *Nysius senecionis*.

A leggyakoribb zoofág és zoofitofág fajok a következők voltak: *Orius minutus*, *Campylomma verbasci*, *Himacerus apterus*, *Deraeocoris ruber*, *Nabis* sp., *Nabis punctatus*, *Nabis pseudoferus*, *Arma custos*, *Orius* sp. (valószínűleg főként szintén *O. minutus*), *Attractotomus mali*. A felsorolt fajok tették ki a zoofág és zoofitofág egyedek 90%-át.

A részben, vagy teljes egészében zoofág fajok száma ültetvényenként 4 és 18 között ingadozott, és a biológiai ültetvényekben volt a legnagyobb. A ragadozó poloskák esetében a felhagyott almaültetvényekben a *Campylomma verbasci* és a *Himacerus apterus* fajok voltak a leggyakoribbak, a biológiai kezelésű ültetvényekben az *Orius minutus* és a *Campylomma verbasci*, az IPM ültetvényekben az *Orius minutus* és a *Nabis punctatus*, a hagyományos, üzemi ültetvényekben pedig az *Orius minutus* és a *Nabis* genuszba tartozó fajok. Feltűnő, hogy míg a *Nabis* genuszba tartozó fajok a zoofág-zoofitofág csoportban a felhagyott ültetvényekben 5%-os, vagy annál kisebb dominanciával képviseltették magukat, addig az üzemi ültetvényekben, a növényvédelmi kezelésektől függetlenül, arányuk ennél többnyire jelentősen nagyobb volt.

3.2. A *Deraeocoris flavilinea* (A. Costa, 1862), egy új ragadozó poloskafaj a hazai faunában

2014-ben vizsgálatokat végeztünk Budapest három különböző helyszínén: Alkotás utca, Szent István Egyetem Budai Arborétuma, Gellért-hegy. A vizsgálatok során három juharfaj (*A. campestre*, *A. platanoides* és *A. pseudoplatanus*) lombkoronájából gyűjtöttünk ízeltlábúakat kopogtatással. Összesen 2642 poloska egyed került begyűjtésre, ebből 60 egyed a *D. flavilinea* fajt képviselte (2. ábra). Ezek az első Magyarországon megfigyelt egyedek. A *D. flavilinea* poloskák identifikálása Wagner and Weber (1964) határozója alapján történ. A legtöbb *D. flavilinea* (44) egyed *A. pseudoplatanus* fákról került elő, a többi fafajról 8-8 egyedet gyűjtöttünk.

A *D. flavilinea* rajzáscsúcsa júniusban volt, és begyűjtött egyedek aránya nemenként a következőképp alakult: 38 ♀♀ és 22 ♂♂ .

Egy évvel később (2015-ben) a Budai Arborétumban almafákon történtek szűrőpróbaszerű gyűjtések, és ott is előkerültek a *D. flavilinea* egyedek (összesen 3 egyed). A *D. flavilinea*, hasonlóan a Nagy-Britanniában megfigyeltékhez, várhatóan Magyarországon is az almaültetvények rendszeresen előforduló, fontos ragadozó faja lesz (Kondorosy és mtsai, 2010).



2. ábra - *Deraeocoris flavilinea* A. Costa, 1862 hímje (bal oldalt) és nőténye (jobb oldalt)
(Fotó: Varga Ákos)

3.3. Peszticidterhelés és tájszerkezet hatása almaültetvények Heteroptera együttesére

3.3.1. A növényvédelmi kezelések hatása

A tizenkét vizsgált almaültetvényben összesen 71 faj 2465 egyede került begyűjtésre kopogtatással. Ültetvényenként a fajok száma 11 és 26 közötti, az egyedek száma pedig 25 és 898 közötti értéket vett fel. A csipkésposloska nélkül az egyedszámok ültetvényenként 19 és 113 között alakultak.

A peszticidterhelés eltérő módon hatott a fitofág és ragadozó (zoofág és zoofitofág) életmódú csoportok egyedsűrűségére. A növekvő peszticid toxicitás negatívan hatott a körte csipkésposloska egyedsűrűségére. Ezzel szemben a további, almához nem kötődő fitofág fajok, valamint a zoofág és zoofitofág fajok egyedszámaira nem volt hatással a peszticid toxicitás.

A gyommagasság, a viszonylagosan kis egyedszámban előforduló levéltetvek és az atkák egyedsűrűsége nem volt hatással a fitofág és ragadozó fajok egyedsűrűségére. Egyedül

a *Nabis* spp. fajok esetén valószínűsíthetjük, hogy egyedszámuk a lombkoronában a növekvő gyomborítással párhuzamosan csökken.

3.3.2. A tájszerkezet hatása

A táji változók különbözőképpen hatottak az eltérő táplálkozási csoportokra. A körte csipkésposloska (*Stephanitis pyri*) egyedszámát nem befolyásolták a különböző táji elemek. A fitofág fajok május-júniusban negatívan korreláltak az almaültetvények környezetében található gyepek arányával. A környezetében legkevesebb gypet tartalmazó hat ültetvényben 1,6-szor annyi egyedét gyűjtöttünk, mint a többi hat ültetvényben. Hasonló összefüggést július-augusztusban és szeptember-októberben nem figyeltünk meg.

A szélesfejű bodobács (*Metopoplax origani*) összesített egyedszáma az ültetvényerdők arányával korrelált. A *M. origani* összes egyedszámának 90%-t abban a hat gyümölcsültetvényben figyeltük meg, ami körül több erdőültetvény fordult elő. Hasonló, de nem szignifikáns kapcsolatot figyeltünk meg a *N. senecionis* esetén is.

A ragadozó (zoofág és zoofitofág) fajok egyedszáma nyáron a természetközeli erdőkkel, míg ősszel a szántóföldek területével korrelált. Tavasszal a hat, természetes erdőkkel inkább körülvelt ültetvényben (5–27%-os arány a tájban) csupán 1,1-szer több zoofág és zoofitofág egyed fordult elő, mint a környezetében természetes erdőket kevésbé tartalmazó hat ültetvényben (0–5%). Ősszel a nagyobb arányú szántóföldekkel (45–67%) körülvelt hat ültetvényben fajonként 5–7-szer több ragadozó (zoofág és zoofitofág) egyed fordult elő, mint a szántóföldekkel kisebb arányban körülvelt ültetvényekben (14–30%). A zoofág és zoofitofág csoporton belül a szántóföldek arányának növekedése határozta meg az *Orius minutus* és *Campylomma verbasci* fajok egyedszámát, míg a *Nabis* spp. fajok esetén hasonló, közel szignifikáns összefüggést figyeltünk meg. Abban a hat ültetvényben, melyek környezetében a legnagyobb arányban fordultak elő szántóföldek a *Nabis* spp. egyedszáma 3,5-ször, az *Orius minutus* egyedszáma 5-ször és a *Campylomma verbasci* egyedszáma 7-szer volt nagyobb, mint abban a hat ültetvényben, melyek környezetében kevesebb szántóföld fordult elő.

3.4. Almafák fenológiai csúszásának hatása posloska együttesekre

3.4.1. A kezelések hatása az almafák fenológiájára és fitnessére

A fenológiai folyamatok időbeli eltérése különbözőképpen hatott a fák fejlődési állapotára (rügypattanás, virágzás, hajtásnövekedés, levélfelület), valamint a fitofág és ragadozó ízeltlábúak egyedszámára is. Az április 5-én kiültetett kontroll (K jelölésű) fák

virágzása április 30-án kezdődött. Az üvegházban kezelt, előre hozott fenológiájú fáknál 6-9 nappal korábban kezdődött a virágzás, míg a késleltetett fejlődésű fák 16-38 nappal később kezdtek virágozni. A virágzási időszak mindegyik kezelésben 5-7 napig tartott. A túl korai (ÜH1) és a túl kései (HH2) fejlődésű fák esetében a rügyfakadás és a virágzás kezdete között eltelt időszak (napok száma) majdnem kétszer olyan hosszú volt (22-25 nap), mint a többi kezelésű fán (11-15 nap).

A levelek mérete a K jelölésű fákhhoz mérten az ÜH1 és ÜH2 kezelésű fákon szignifikánsan nagyobb, míg a HH1 és HH2 szignifikánsan kisebb volt. Az egyéves hajtások ősszel mért hosszát nem befolyásolták a kezelések.

3.4.2. A leggyakoribb fajok egyedszámának alakulása

A három vizsgált almaültetvényben összesen 52 faj 3681 poloska egyedét gyűjtöttük kopogtatással. A begyűjtött 3681 egyedből 2929 a *Stephanitis pyri* fajba tartozott. A többi 752 egyed 38 további fitofág és 14 zoofág-zoofitofág fajt képviselt. Az előkerült 564 fitofág egyed közül a leggyakoribb fajok a következők voltak: *Oxycarenum pallens*, *Metopoplax origani*, *Nysius thymi*.

A zoofág-zoofitofág fajok közül 188 egyed került elő, és a *Campylomma verbasci*, az *Orius minutus* és a *Nabis* spp. (főként *Nabis pseudoferus*, kisebb számban *Nabis ferus*) fordultak elő a legnagyobb egyedszámban.

A fitofág fajok főként júniusban és július elején, illetve októberben kerültek elő nagyobb egyedszámban a lombkoronából, de időnként egy-egy kezelésben megfigyeltünk kiugró, nagyobb egyedszámokat. A ragadozó fajok esetén május végén, júniusban és július elején, illetve ősszel figyeltünk meg rajzáscsúcsot. A vegetációs periódus idején figyelemmel kísértük a jelentősebb fajok egyedszámának alakulását is. Az *O. minutus* nyár elején a HH2 jelölésű fákon fordult elő legnagyobb egyedszámban, majd szeptemberben valamivel kisebb egyedszámban mind az öt kezelés esetén jelen volt az fán.

A *Nabis* spp. fajok a nyár folyamán kis egyedszámban voltak jelen a K, HH1 és HH2 kezelésű fákon. A legtöbb egyed ősszel, szeptember végén, október elején mutatott ki. A legnagyobb mennyiségben a K jelölésű fákon fordultak elő.

A *C. verbasci* pedig csak a vegetációs periódus elején, május második felében fordult elő nagyobb egyedszámban a HH1 és HH2 jelölésű almafákon, majd július eleje-közepe után eltűnt az ültetvényekből. A telető tojásokat lerakó nemzedék imágói augusztus végétől telepedtek be ismét a fák lombkoronájába.

A körte csipkésposloska (*S. pyri*) májusban a K (494 egyed), az ÜH1 (208) és az ÜH2 (231) fákön fordult elő nagyobb mennyiségben. A következő hetekben nagymértékben csökkent az egyedszáma, majd július második felében egy intenzívebb egyedszám emelkedést figyeltünk meg a HH2 (278) kezelésű fákön.

Az *Oxycarenus pallens* június közepétől július elejéig fordult elő nagyobb egyedsűrűséggel, főként az ÜH2, HH1 és HH2 fákön.

A *Metopoplax origani* egyedeit májusban gyűjtöttük legnagyobb mennyiségben, de kisebb egyedszámban július közepétől ismét megjelentek a lombkoronában. A *N. thymi* két aktivitási csúcsot mutatott, egyet május végén és júniusban, és egy másodikat augusztus második felében és szeptemberben.

3.4.3. Az almafák fenológiai eltolódásának hatása a posloska együttesekre

Az előrehozott fenológiájú fákön (ÜH1, ÜH2) a körte csipkésposloskaegyedszáma nem különbözött a kontroll (K) fákön megfigyelttől. Ugyanakkor a kontrollnál szignifikánsan kisebb egyedszámban volt jelen a körte csipkésposloska a későbbre tolt (HH1 és HH2) fenológiájú almafákön.

A pókok egyedszáma, ha csak a kezelések hatását vesszük figyelembe, akkor a HH2 jelölésű fákön szignifikánsan kisebb volt, mint a kontroll fákön. Ugyanakkor, ha a legjobb modellben az *S. pyri* egyedszáma is szerepel, mint kovariáns változó, akkor az a kezelésekkel szignifikáns a kölcsönhatást mutat. Az ÜH2 és K kezelésekben a pókok egyedszáma szignifikánsan pozitívan nőtt a körte csipkésposloska egyedszámának növekedésével.

Az almához, mint tápnövényhez nem kötődő további fitofág fajok egyedszáma nem mutatott szignifikáns kapcsolatot a fenológiai kezelésekkel. A redundancia analízis (RDA) nem mutatott szignifikáns kapcsolatot a kezelések és az együttesek összetétele között, csupán a vizsgált három gyümölcsültetvény hatott szignifikánsan az összetételre. A fitofág Heteroptera együttes diverzitása (29 faj, kivéve *S. pyrit*) viszont alacsonyabb volt a HH kezelésű fákön, mint a K és ÜH kezelésű fákön.

A ragadozó (zoofág-zoofitofág) posloskafajok egyedszáma a kontroll (K) fákhoz viszonyítva nem különbözött az előrehozott fenológiájú (ÜH1 és ÜH2) almafákön, ugyanakkor szignifikánsan nagyobb volt a hűtőházban kezelt (HH1 és HH2) fákön.

Külön vizsgáltuk a legnagyobb számban előforduló levéltetű fajt, a zöld almalevéltetűnek (*A. pomi*), mint potenciális zsákmány szervezetnek az egyedszámát. Az *A. pomi* egyedszáma a korábbra hozott fenológiájú (HH) fákön nem különbözött a kontrolltól (K). A későbbre tolt fenológiájú (HH) fákön viszont egyedszámuk a kontroll (K) fákónál

szignifikánsan nagyobb volt. Ez a nagyobb egyedszám egyértelműen azzal volt összefüggésben, hogy a HH fákon nagyobb volt a növekvő hajtások aránya, mint a K fákon. A későbbre tolt kezeléseken belül is érvényesült ez az összefüggés.

Feltételeztük, hogy a ragadozó poloskák egyedszámánál megfigyelt mintázat összefüggésben lehet a zöld almalevéltetvek, mint zsákmány szervezetek egyedszámával, mely szintén a kései fejlődésű almafákon volt szignifikánsan nagyobb. Feltételezésünk nem igazolódott, a levéltetvek mennyisége nem volt hatással a zoofágokra. Ennek oka valószínűleg az, hogy a domináns zoofitofág faj, a *Campylomma verbasci* (az összes ragadozó egyed 60%) még a levéltetvek felszaporodása előtt megjelent a késleltetett fenológiájú almafákon.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Átfogó faunisztikai munka eredményeként meghatároztam a magyarországi almaültetvények lombkoronájában előforduló Heteroptera együttesek faunisztikai összetételét. Összesen 177 Heteroptera faj jelenlétét regisztráltam almaültetvényekben.
2. Meghatároztam, hogy a peszticidhasználat intenzitásának növekedésével, művelés alól kivont, biológiai, integrált növényvédelemben részesített és széles hatásspektrumú inszekticidekkel kezelt almaültetvényekben, hogyan alakulnak a fitofág és ragadozó poloska együttesek dominancia viszonyai. Ezzel meghatároztam, hogy a vizsgált földrajzi régiók és a művelés intenzitásának függvényében mely fajoknak lehet jelentősége az almafák lombkoronájában zajló ökológiai folyamatokban. Megállapítottam, hogy a biológiai almatermesztésben a körte csipkéspoloska (*Stephanitis pyri*) jelentős és elterjedt kártevővé lépett elő.
3. Elsőként mutattam ki Magyarországon területéről a *Deraeocoris flavilinea* (A. Costa, 1847) ragadozó poloskafajt.
4. Elsőként igazoltam, hogy elsősorban az almaültetvényekbe kijuttatott peszticidok kumulált toxicitása határozza meg a *Stephanitis pyri* egyedszámát a fák lombkoronájában, de a toxicitás a vizsgált toxicitási határok között, nem befolyásolja a zoofág-zoofitofág és almát nem fogyasztó fitofág poloska együttesek egyedszámát.
5. Kimutattam, hogy a peszticidok domináns hatása miatt a *Stephanitis pyri* egyedszámát nem befolyásolja a táji környezet. Ezzel szemben a vegetációs periódus első felében az ültetvények környezetében található féltermészetes táji elemek (féltermészetes erdők, gyepek) hathatnak a zoofág-zoofitofág, és az almát nem fogyasztó fitofág Heteroptera együttesekre. Megállapítottam, hogy a vegetációs periódus második felében az

almaültetvények lombkoronájában kialakuló zoofág-zoofitofág Heteroptera együttesek egyedsűrűségét az ültetvények környezetében található szántóföldek mennyisége (aránya) határozza meg. Vizsgálataimban ősszel, a szántóföldi növények betakarításának előrehaladtával, a zoofág-zoofitofág Heteroptera fajok egyedszáma 5-7-szer nagyobb volt azokban az ültetvényekben, melyek környezetében sok (45-67%), mint azokban, ahol kevés (14-30%) szántóföldi kultúra volt.

6. Megállapítottam, hogy az almafák fenofázisainak előrehozása nem befolyásolja a *Stephanitis pyri*, valamint a zoofág-zoofitofág, és az almát nem fogyasztó fitofág Heteroptera együttesek egyedszámát. Az almafák fenológiájának későbbre tolása a *Stephanitis pyri* egyedszámának csökkenését, valamint a zoofág-zoofitofág Heteroptera együttes egyedszámának növekedését eredményezi, ugyanakkor nem hat az almát nem fogyasztó fitofág Heteroptera együttesek egyedszámára. Összességében tehát az almafák fenológiájának jelentős későbbre tolódása eredményezheti csak a poloska együttesek átrendeződését.
7. Elsőként állapítottam meg, hogy az almafák lombkoronájában a pók (Araneae) együttesek egyedsűrűsége követi a *Stephanitis pyri* egyedsűrűségét.

IDÉZETT IRODALMAK

1. Aglyamzyanov, R. (2006). *Revision der paläarktischen Arten der Gattung Lygus Hahn (Heteroptera, Miridae)* (Doctoral dissertation, Dissertation Zur Erlangung des Grades Doktor der Naturwissenschaften/R. Aglyamzyanov.–Mainz, 2006.–68 s).
2. Barton, K. (2013): MuMIn: Multi-model inference. R package version 1.9.5. <http://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>.
3. Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2014). lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1-7, <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.
4. Benedek P. (1969): Poloskák VII. Heteroptera VII. In: Fauna Hungariae. Akadémiai Kiadó, Budapest. 17(7): 1-86.
5. 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 in Ecology & Evolution*. 24: 127–135. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2008.10.008>

6. Burnham, K.P., Anderson, D.R. (2002): Model selection and multimodel inference: a practical information theoretic approach. Springer-Verlag, New York, USA.
7. ESRI, 2013. ArcGys vers. 10.2 Environmental Systems Research Institute Inc. Redlands, CA, USA.
8. Fauvel, G. (1999): Diversity of Heteroptera in agroecosystems: role of sustainability and bioindication. *Agriculture, ecosystems and environment*, 74(1): 275-303. DOI:10.1016/S0167-8809(99)00039-0
9. Grueber, C. E., Nakagawa, S., Laws, R. J., Jamieson, I. G., (2011): Multimodel inference in ecology and evolution: challenges and solutions. *Journal of Evolutionary Biology*. 24, 699–711. DOI: 10.1111/j.1420-9101.2010.02210.x
10. Halászfy É. (1959): Poloskák II. Heteroptera II. In: *Fauna Hungariae*, Akadémiai Kiadó, Budapest. 17(2): 1-87.
11. Kis B. (1984): Heteroptera. Partea generală și suprafamilia Pentatomoidea. [General part and suprafamily Pentatomoidea.] In: *Fauna Republicii Socialiste România*, 8(8): 1-216. Editura Academiei Republicii Socialiste România, București [in Romanian].
12. Kis B. and Kondorosy E. (2000): Poloskák IV. Heteroptera IV. Bodobácsok. Lygaeidae, 1-111. 101 ábra (kézirat)
13. Legendre, P. & Gallagher, E.D. (2001). Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, 129, 271–280.
14. Mészáros Z., Ádám, L., Balázs, K., Benedek, M. I., Csikai, Cs., Draskovits, D. Á., Kozár, F., Lövei, 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., Szôke, L. and Török, L. (1984): Result of faunistical and floristical studies in Hungarian apple orchards. *Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 19: 91–176.
15. O'neal, M. E., Landis D. A., Isaacs, R. (2002): An inexpensive, accurate method for measuring leaf area and defoliation through digital image analysis. *Journal of Economic Entomology*, 95; 1190-1194. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-95.6.1190>
16. Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R. B. *et al.* (2013). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.0-10. <https://cran.rproject.org/package=vegan>.

17. Papp J. (szerk) (2004): A gyümölcsök termesztése II. -
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_521_A_gyumolcsok_termesztese_2/ch01.html (2016.08.15.)
18. Péricart J. (1972): Hémiptères Anthocoridae, Cimicidaepaléarctique. In: Faune de l'Europe et du bassin méditerranéen, 7: 1–402. Masson et Cie Éditeurs, Paris.
19. 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, <http://CRAN.R-project.org/package=nlme>.
20. 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/>.
21. Tóthmérész, B. (1995). Comparison of different methods for diversity ordering. *J. Veg. Sci.*, 6, 283–290.
22. Vargha, A., Torma, B., Bergman, and L. R., (2015): ROPstat: A general statistical package useful for conducting person-oriented analyses. *Journal for Person-Oriented Research* 1: 87–98. DOI:10.17505/jpor.2015.09
23. Vásárhelyi T. (1978): Poloskák V. Heteroptera V. In: Fauna Hungariae, Akadémiai Kiadó, Budapest. 17(5): 1–76.
24. Vásárhelyi T. (1983): Poloskák III. - Heteroptera III. - In: Fauna Hungariae Akadémiai Kiadó, Budapest. 17(3): 1-88.
25. Wagner E. and Weber H. H. (1964): Hétéroptères Miridae. Faune de France 67. Fédération Française des Sociétés Sciences Naturelles, Paris, 1-589.
26. Zuur, A.F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A.A. & Smith, G.M. (2009). *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. Springer, New York, USA.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Impakt faktoros folyóiratcikkek

Földesi, R., Kovács-Hostyánszki, A., Körösi, Á., Somay, L., Elek, Z., Markó, V., Sárospataki, M., Bakos, R., **Varga, Á.**, Nyisztor, K. & Báldi, A. (2016): Relationships between wild bees, hoverflies and pollination success in apple orchards with different landscape contexts. *Agricultural and Forest Entomology*, 18 (1), 68–75. IF (2015): 1,805

Egyéb tudományos cikkek

Varga Á., Koranyi D., Haltrich A. & Marko V. (2014): First record of *Deraeocoris flavilinea* in Hungary (Heteroptera, Miridae: Deraeocorinae). *Folia Entomologica Hungarica* 75, 9–13.

Konferencia összefoglalók

Markó V., Elek Z., Kovács-Hostyánszki A., Kőrösi Á., Somay L., Földesi R., **Varga Á.**, Iván Á. és Báldi A. (2016): Coleoptera assemblages in apple orchards along pesticide disturbance and landscape gradients. XXV. International Congress of Entomology, USA, Orlando, 2016. szeptember 25–30. Abstracts

Markó V., Somay L., Kovács-Hostyánszki A., Elek Z., Iván Á., **Varga Á.** és Báldi A. (2014): Tájszerkezet és pesztidicid terhelés hatása almaültetvények Coleoptera együtteseire. 60. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 2014. február 18–19. Összefoglaló kiadvány: 41.

Somay L., Kovács-Hostyánszki A., Elek Z., Földesi R., Kőrösi Á., Markó V., Nyisztor K., Sárospataki M., **Varga Á.**, Báldi A. (2013): Tájszerkezet heterogenitásának hatása almaültetvények ökoszisztéma szolgáltatásaira – Projektbemutató. 5. Szünzoológiai Szimpózium, Vácrátót, 2013. március 22. Előadások összefoglalói.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ NEM, VAGY NEM KÖZVETLENÜL KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

Impakt faktoros folyóiratcikkek

S. Koczor, A. K. Bagarus, A. K. Karap, Á. Varga, A. Orosz (2013): A rapidly spreading potential pest, *Orientus ishidae* identified in Hungary *Bulletin of Insectology* 66 (2), 221–224. (IF: 0,722)