

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM  
Természettudományi és Informatikai Kar  
Környezettudományi Doktori Iskola  
Ökológiai Tanszék

**Táplálékforrás, szignál, fertőzőgóc – tetemek szerepe  
egyed hangyafajoknál (Hymenoptera: Formicidae)**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Maák István Elek**



Témavezető: Dr. Markó Bálint docens

Belső konzulens: Prof. Dr. Gallé László professzor emeritus

Szeged, 2015

## 1. Bevezetés

A szociális viselkedés, minden előnye ellenére, számos negatív hatással is rendelkezik, ugyanis az egyedek közti intenzív kapcsolatok elősegíthetik a gombák és paraziták gyors terjedését, továbbá a csoportos tevékenység és életmód révén nagy mennyiségű hulladék halmozódhat fel, melynek egyik különleges komponensét képezik a fészektársak tetemei. A hangyafészken belül felgyülemelő hulladék elősegítheti a patogén mikroorganizmusok és gombák gyors megtelepedését, így ebből adódóan a hulladékkezelés egyike azon feladatoknak, mely mind a kolóniára, mind az azt végző dolgozókra nézve veszélyekkel járhat, ezért a munkamegosztás révén csökkenthető a fertőzésveszély.

A negatív hatások ellensúlyozására számos védekezési stratégia alakult ki, melyek közül a leghatékonyabb a tetemek hulladékkupacra való cipelése. A fészekből ily módon kikerülő tetemeket számos faj táplálékként is hasznosíthatja, ugyanis a rovtetemek fogyasztása, beleértve más hangyafajok tetemeit is, egy széles körben elterjedt stratégia a mindenevő hangyafajok esetében. A fészektársak tetemfogyasztását csak egy pár munkában említik, azonban úgy tűnik, hogy a fészekben megjelenő tetemeket, vagy a csatározások során elpusztultakat is hasznosíthatják táplálékként. Ezen túlmenően, egyes újabb kutatások arra is rávilágítottak, hogy a tetemek felhasználhatóak interspecifikus konfliktushelyzetekben is, hiszen a megfelelő helyen való elhelyezésük negatív hatással lehet a megtámadott kolónia viselkedésére. Ezen viselkedés azt is feltételezi, hogy a hangyák felismerik a különböző fajok tetemeit, és eltérő módon reagálnak rájuk, így a tetemekre adott válaszreakció alapján feltételezhető, hogy az elpusztult egyedek jelzésértékkel is bírhatnak különböző helyzetekben.

## 2. Célkitűzések

Vizsgálataink során szabadföldi és laboratóriumi körülmények között vizsgáltuk egyes *Formica* fajok és a *P. rufescens* esetében a fészkeik közelében kísérletesen elhelyezett (1) rivális fajok tetemei által kiváltott reakciókat. A különböző fajú tetemekkel szembeni reakció vizsgálata mellett, megfigyeltük a fészektárs tetemek felhasználását, mint (2) potenciális táplálékforrások, valamint (3) szerepüket egy esetleges gombafertőzés terjesztésében/továbbadásában is. Végül (4) elemeztük a hulladékkezelés során jelentkező munkamegosztást különböző kolóniaszerveződési szinteken.

### 3. Anyagok és módszerek

#### 3.1. A kísérleti elrendezés és módszerek

Az első kérdéskör vizsgálatát, mind terepi, mind laboratóriumi körülmények között elvégeztük. A terepi megfigyeléseinket a *Formica cinerea* esetében végeztük, és a vizsgálatok során használt műanyag lapok a vizsgálati kolóniáink legnagyobb bejáratától 50 cm-re kerültek. Mindegyik megfigyelési periódus 12 darab 1 perces megfigyelésből állt, 10 percenkénti ismétléssel. Vizsgálatainkat 2 órán át végeztük a *F. cinerea* délutáni aktivitási idejének a csúcán. Laboratóriumi megfigyeléseinket a *F. cinerea* mellett elvégeztük a *Formica sanguinea* és *Polyergus rufescens* rabszolgarató fajok, valamint a territoriális *Formica polyctena* esetében is. Minden vizsgálati kolóniát egy 10 cm-es műanyag csővel 1-1 átlátszó műanyag polimerből készült (plexi) arénához (60 cm × 30 cm × 15 cm) kötöttünk, és 12 órás napi megvilágítás (reggel 7 órától este 7 óráig), 22–25 °C hőmérséklet és 42–43% relatív páratartalom mellett tartottuk. A megfigyeléseink során használt műanyag lapok az arénák bejáratától 20 cm-re kerültek. A 12 darab 1 perces megfigyelési periódus 3 percenkénti ismétléssel követték egymást. Laboratóriumi körülmények között a nagyobb aktivitás és a kisebb távolságokból adódó gyorsabb reakció miatt volt szükség a rövidebb időintervallumra.

Vizsgálataink során a fészkek bejárata elé, illetve a kereső arénákba 10-10 fagyasztással megölt egyed tetemét helyeztük ki, és lejegyeztük a tetemek elszállítási idejét és irányultságát, valamint a szállító egyedek számát és azok viselkedését (azaz semleges viselkedés, csápokkal való tapogatás, rágónyitogatás, harapás, cipelés és elriadás). Munkánk során különböző eredetű tetemeket használtunk, amelyek a következők voltak: kontrollként fészektárs (*F. cinerea*, *F. sanguinea*, *P. rufescens* és *F. polyctena*), rivális fajtárs, szubmisszív *Formica fusca* esetenként *Formica rufibarbis*, rabszolgarató fajok és rabszolgák, valamint territoriális vöröshangyák (*Formica truncorum*, *F. polyctena* és *Formica pratensis*). A fentiek mellett laboratóriumi körülmények között összehasonlítottuk a két rabszolgarató faj esetében egymás, valamint a potenciális rabszolga fajok tetemei által kiváltott reakciókat is.

A tetemek szerepét, mint potenciális táplálékforrások, a fészektárs *F. polyctena*, valamint a potenciális rovarzsákmányként szolgáló *Drosophila melanogaster* esetében vizsgáltuk. A mesterséges tetemzsig hatását tesztelendő, vizsgálatainkat mindkét esetben megismételtük tömény 90%-os olajsavba (Sigma-Aldrich) mártott tetemekkel is. Az elpusztult

fészektárs egyedek fogyasztását megfigyeltük 7 napig éheztetett és éheztetés után egy hétig újra normálisan etetett kolóniák, valamint régi (7 napos) fészektárs és rivális *Camponotus vagus* tetemek esetében is. A kolóniába helyezett tetemet egyedi színjelzéssel láttuk el, valamint vizsgálat előtt és a fészekből való kihozataluk után lemértük őket (Ohaus Explorer Pro EP 214 analitikai mérleg, 10 ezer g pontosság). A szárazodás során történő súlyvesztéséig kontrollálására minden kolóniából pár tetemet szobahőmérsékleten tartottunk.

A tetemeknek a fertőzés terjesztésében betöltött szerepét egy emtomopatogén gomba, a *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) spóráival és hifáival fertőzött fészektárs *F. polyctena* tetemein teszteltük. Kolóniánként 20-20 tetemet  $10^8$  spóra szuszpenzióban fürdettük pár másodpercig, majd további 15 percig száradni hagytuk. Ezek után 10 tetemet spórával fertőzött tetemként felhasználtunk, míg további 10 tetemet 3 napig, a gombafonalak megjelenéséig sötétben, 25 °C-on tartottunk. Mindkét esetben, hasonló körülmények között tartott, de nem kezelt fészektárs tetemet kontrollként használtunk.

A hulladékkezelés során jelentkező munkamegosztást kaszt és egyedi szinten is megvizsgáltuk a polimorf dolgozókkal rendelkező *Camponotus aethiops* esetében, melynek egyedei kis, közepes és nagy kasztokba sorolhatóak. A kísérletet megelőzően a kereső arénában megjelenő dolgozókat egy héten át egyedi színes jelöléssel láttuk el. A tetemek behelyezése után kolóniánként (1. alkalom) 5, majd a 2., 3., és a 4. alkalommal 2-2, míg ezt követően a 3 órás periódus lejártáig 5 perces szünetekkel 1-1 percig figyeltük meg a dolgozók viselkedését. A megfigyelések során a színkódjuk alapján lejegyeztük, hogy mely egyedek cipelnek tetemet, melyek eszik a tetemet, melyek tartózkodnak a hulladékkupacon, és melyek táplálkoznak/isznak. Vizsgálatainkat a fészektárs tetemek mellett a hasonló testméretű dolgozókkal rendelkező *C. vagus*, valamint a kisebb testméretű *Aphaenogaster subterranea* esetében is megismételtük.

### 3.2. Adatelemzés

Kevert lineáris modelleket (GLMM, Poisson hibatag, maximum likelihood illesztés) használtunk a különböző eredetű (fajú) tetemek és más változók hatásának az elemzésére a vizsgálati lapon megjelenő hangyadolgozók egyedszámára, valamint az 1 perces megfigyelések során feljegyzett viselkedések számára. Egy agresszivitás indexet számoltunk minden egyes 1 perces megfigyelés esetében; a megfigyelt kedvezőtlen viselkedések számát elosztottuk az

összesen feljegyzett viselkedések számával. Ugyancsak GLMM (binomiális hibtag, maximum likelihood illesztés) modellel vizsgáltuk a tetemek eredetének hatását a dolgozóknak azon döntésére, hogy a tetemeket elszállítsák-e a lapról vagy sem, valamint hogy a tetemeket a temetőbe vagy a fészekbe szállítsák. A tetemeknek a vizsgálati lapról való elszállítási rátáját Cox regresszióval vizsgáltuk.

Hasonló modellek segítségével elemeztük az olajsavval kezelt *D. melanogaster* és fészektárs, valamint az általános entomopatogén gomba spóráival és gombafonalaival fertőzött tetemekkel szembeni viselkedéssel kapcsolatos reakciók közötti különbségeket. GLMM (binomiális hibtag, maximum likelihood illesztés) modellek segítségével vizsgáltuk a kezelések és a különböző tetem típusok (idős fészektárs és rivális *C. vagus*) hatását a dolgozók azon döntésére, hogy a tetemeket kihozzák-e a fészekből, feldarabolják-e és/vagy elfogyasszák-e azokat. A tetemek elszállítási rátáját, valamint a fészekből való kihozataluk ütemet szintén Cox regresszióval vizsgáltuk.

GLMM (binomiális hibtag, maximum likelihood illesztés) modellek segítségével elemeztük a hulladékkezelés során megfigyelt viselkedési kategóriák és különböző mérettartományú dolgozók, valamint a tetemek eredetének a kapcsolatát. Elemzéseinkhez összesítettük a tetem- és hulladékkezelési (tetemet fogyaszt és cipel, temetőn tevékeny) viselkedéseket, valamint az egyéb (táplálkozik, iszik) tevékenységeket. A munkamegosztás vizsgálata során az egyes dolgozók által a különböző tetemek esetében megfigyelt viselkedéseket páros Wilcoxon próbával hasonlítottuk össze.

Elemzéseinket R statisztikai környezetben végeztük. A GLMM modelljeinket *glmer* függvénnyel végeztük az *lme4* csomagból, míg az automatizált modellszelekciót a *dredge* függvénnyel a *MuMIn* csomagból. Cox regressziós elemzéseinkhez a *survival* csomagot használtuk. A modelljeink esetén az elemzések utáni páronkénti összehasonlítást *relevel* függvénnyel végeztük. Páros összehasonlítások esetén a pontos  $p$  értékeket az elemzések során kapott  $p$  értékekből kaptuk Bonferroni-Holm korrekcióval.

## 4. Eredmények

### 4.1. Jelek vagy jelentéktelen tárgyak: rivális fajok tetem-diszkriminációja *Formica* fajoknál

Terepi vizsgálatunk eredményei alapján a *F. cinerea* egyértelműen másképp reagált a különböző típusú tetemekre. A *F. sanguinea* és a territoriális vöröshangya tetemek szignifikánsan agresszívebb reakciót váltottak ki, és gyorsabban is szállították el azokat, mint a *F. fusca*, valamint a fajtársak és a fészektársak tetemeit. A tetemek nagy részét a dolgozók a fészekbe szállították.

Laboratóriumi vizsgálataink során a *F. cinerea* esetében hasonló reakció volt megfigyelhető, legalábbis a főbb riválisokkal szemben, mint a terepi vizsgálatok esetében, azonban érdekes különbségek is adódtak a más élőhelyről származó kolóniák miatt. Ugyancsak intenzív reakciót figyeltünk meg a *F. sanguinea* és rabszolgája, valamint a territoriális vöröshangya *F. pratensis*-szel szemben.

A két rabszolgatartó faj összehasonlítása során azt találtuk, hogy a *F. sanguinea* esetében a *Polyergus rufescens* és rabszolgája váltották ki a legintenzívebb reakciót, melyet a fajtárs és rabszolgájának tetemei által kiváltott reakció követett. Azon fajok tetemeit, melyekkel feltehetően nem találkozott az adott kolónia természetes körülmények között, a dolgozók lassan szállították el, és az egyszerű táplálkozási viselkedéshez hasonló reakciót produkáltak. A *Polyergus rufescens* kis eltérésekkel, de gyorsaságban és intenzitásban hasonlóan reagált a különböző fajok tetemeire, a fajtárs rabszolgatartó és rabszolgájának tetemeit leszámítva, melynek tetemei intenzív választ váltottak ki.

A *F. polyctena* esetében meglepő módon a rivális *F. truncorum* tetemekkel szembeni reakció még a szubmisszív *F. fusca* által kiváltott reakciónál is kevésbé intenzív volt. A legagresszívebb reakciót a *F. sanguinea* tetemek váltották ki, melyet az idegen fajtárs tetemek által előidézett válasz követett.

Eredményeink alapján elmondható, hogy összefüggés észlelhető a válasz intenzitása és milyensége, valamint a tetem (faja) típusa között. A különböző fajok tetemei esetében a reakció leginkább a két faj kapcsolatának természetétől függ, és legfőképpen a főbb riválisokkal szemben mutat meghatározott jellemvonásokat, mely reakció genetikailag kódolt

lehet. Mindkét rabszolgatartó faj esetében feltételezhető, hogy a rabszolgatartó fajok, a nagyarányú CHC-profil hasonlóságok ellenére különbséget tudnak tenni a rabszolga és a potenciális rabszolga fajok tetemei között. A tetemek nagy többségét mindenik faj a fészekbe cipelte, melynek a konfliktus elkerülése mellett fontos szerepe lehet a fészekben lévő, naiv egyedek potenciális riválisokkal való megismertetésében is.

#### **4.2. Tetemek, mint táplálékforrás**

Az idegen fajok tetemeinek elkülönítése mellett a *F. polyctena* dolgozóiból eltérő reakciót váltottak ki az olajsavval kezelt fészektárs tetemek, valamint a kezelt és kezeletlen potenciális táplálékfaj (*D. melanogaster*) tetemei. A tetemek felületén megjelenő koncentrált olajsav a tetemek gyors temetését, majd fészekbe szállítását váltotta ki mindkét tetem típus esetében. A kezeletlen *D. melanogaster* tetemekkel szemben tapasztalt reakció mind gyorsaságban, mind agresszivitásban eltért minden más tetem típus esetében tapasztaltaktól.

A fészektárs tetemek elszállítás utáni elfogyasztási arányát (kannibalizmusát) vizsgálva azt találtuk, hogy a tetemek nagy része a fészekbe került. A jelölt tetemek legnagyobb arányú fogyasztását az éhes kolóniák esetében tapasztaltuk, míg a legnagyobb mértékben a rivális *C. vagus* tetemeket darabolták fel. Az éhezési stresszt követően mind a saját tetemek, mind a régi tetemek fogyasztása jelentősnek bizonyult.

Eredményeink alapján feltételezhető, hogy a saját tetemek fogyasztása sokkal közönségesebb lehet, mint az előzőleg ismeretes volt, és főleg a táplálékszegény időkben jelenthet fontos táplálékforrást. A fészektárs tetemek fogyasztásának mértéke ugyanakkor jelentősen függhet a kolónia állapotától és a táplálékkinálattól is.

#### **4.3. Tetemek, mint potenciális fertőzésforrások felismerése és kezelése**

A gomba spórákkal és azok hifáival fertőzött fészektárs tetemek eltérő reakciót váltottak ki a *F. polyctena* dolgozókból. A spórával borított tetemek intenzív tisztogató reakciót idéztek elő, míg a hifás tetemeket sok, agresszíven viselkedő egyed intenzíven, hosszú ideig

tisztogatta és harapdálta. Érdekes módon mindkét tetemtípust a dolgozók nagy arányban a fészekbe szállították.

Eredményeink alapján arra következtethetünk, hogy egy hatékony patogén felismerési rendszer van jelen a *F. polyctena* esetében, mely lehetővé teszi fertőzésveszélytől mentesen a fészektárs tetemeknek a fészekbe való cipelését.

#### 4.4. Tetemkezelés és munkamegosztás

A hulladékkezelésben résztvevő *C. aethiops* dolgozók munkamegosztásának vizsgálata során azt találtuk, hogy a minor és medium kaszthoz képest alacsonyabb hulladékkezelési aktivitás figyelhető meg a major dolgozók esetében. A kis és a közepes kaszton belül egyedi szintű különbségeket tapasztaltunk mind a hulladékkezelési, mind más feladatok esetében. A major kaszthoz tartozó dolgozók a feladatok elvégzésében generalista módon vettek részt. Lényeges különbségeket mutattak az eltérő méretű tetemek által kiváltott reakciók is. A fészektárs tetemeknél kisebb méretű *A. subterranea* tetemek több hulladékkezelési viselkedést idéztek elő, míg a hasonló méretű *C. vagus* tetemek nem mutattak szignifikáns különbséget. Kaszttól függetlenül a kereső dolgozók kb. 15%-a specializálódott időszakosan hulladékkezelésre, míg kb. 67%-a generalistaként volt jelen.

Annak ellenére, hogy nem találtunk egy, csak erre a feladatra specializált dolgozókasztot, úgy tűnik, hogy e feladatkör hatékonyságának növelése a *Camponotus aethiops* esetében egyes dolgozók időszakos specializációja révén valósul meg, ezáltal csökkentve a fertőzési prevalenciát, hozzájárulva a kolónia túléléséhez.

#### 5. A dolgozgat témaköréből megjelent publikációk jegyzéke

##### Tudományos közlemények

**Maák, I.,** Torma, A., Kovács, J., Somogyi, A. Á., Lőrinczi, G. (2015): Differences in the information transmitted through corpses to *Formica sanguinea* and *Polyergus rufescens* (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Insect Behavior* (major review után leadva).



**Maák, I.**, Markó, B., Erős, K., Babik, H., Ślipiński, P. & Czechowski, W. (2014): Cues or meaningless objects? Differential responses of the ant *Formica cinerea* to corpses of competitors and enslavers. *Animal Behavior*, **91**, 53–59.

**Maák, I.**, Szántó, A. & Lőrinczi, G. (2014): Waste management in the polymorphic ant *Camponotus aethiops* (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Scientiarum Transylvanica*, **21**, 53–65.

**Maák, I.**, Szöke, Zs., Erős, K., Czekes, Zs., Markó, B. (2011): Territorial debates between *Formica pratensis* Retz. and the supercolonial *F. exsecta* Nyl.: conflict or competition? *Entomologica Romanica*, **16**, 7.

### Előkészületben

**Maák, I.**, Kiss, A., Markó, B. (2015): Waste or food: the fate of corpses in the ant *Formica polyctena* (Hymenoptera: Formicidae).

**Maák, I.**, Lőrinczi, G., Torma, A. (2015): A threat to remember – similar reactions against major foes in populations from geographically distant habitats.

**Maák, I.**, Henrique, P., Juhász, O., Tóth, E. (2015): Fungal infection as imminent threat - responses of *Formica polyctena* towards nestmate corpses in different infection stages.

**Maák, I.**, Markó, B., Erős, K., Babik, H., Ślipiński, P., Czechowski, W. (2015): Ant corpses as signals in *Formica* species (Hymenoptera: Formicidae).

### Előadások és poszterek megjelent kivonatokkal

**Maák, I. E.**, Markó, B., Erős, K., Babik, H., Ślipiński, P. (2012): A *Formica cinerea* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) hangyafaj eltérő reakciói különböző eredetű hangyatelemekre. *13. Kolozsvári Biológus Napok*, 2012. március 30–31, Kolozsvár, Románia, p. 28.

**Maák, I. E.**, Markó, B., Kovács, J., Somogyi, A., Erős, K., Babik, H., Ślipiński, P. (2012): Mit jeleznek a különböző hangyatelemek a *Formica cinerea*-nak? *4. Kárpát-medencei*

*Műrmekológus Szimpózium*, 2012. július 30–augusztus 3, Kisnamény, Magyarország, p. 11.

- Maák, I. E.**, Markó, B., Erős, K., Babik, H., Ślipiński, P. (2012): Selective response of *Formica cinerea* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) to corpses of different origin. *5th Congress of the European Sections of the International Union for the Study of Social Insects*, 2012. augusztus 26–30, Montecatini Terme, Olaszország, p. 92.
- Maák, I. E.**, Kovács, J., Somogyi, A. (2012): Különböző hangyafajok tetemei által kiváltott reakciók a *Formica cinerea* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) esetében. *IX. Magyar Ökológus Kongresszus*, 2012. szeptember 5–7, Keszthely, Magyarország, p. 68.
- Kovács, J., **Maák, I. E.**, Somogyi, A. (2012): Polyergus rufescens és a *Formica sanguinea* reakciója különböző eredetű hangyatekemekre. *IX. Magyar Ökológus Kongresszus*, 2012. szeptember 5–7, Keszthely, Magyarország, p. 63.
- Maák, I. E.**, Somogyi, A., Kovács, J. (2013): Response of *Formica sanguinea* Latr. 1798 and its slaves to corpses of rivals. *3rd Central European Section Meeting of the International Union for the Study of Social Insects*, 2013 március 14–18, Kolozsvár, Románia, p. 23.
- Maák, I. E.**, Somogyi, A., Kovács, J. (2013): Mit jeleznek a hangyatelemek a rabszolgartató *Formica sanguinea* hangyafajnak és rabszolgájának? *14. Kolozsvári Biológus Napok*, 2013. Április 12–14, Kolozsvár, Románia, p. 43.
- Maák, I.**, Kiss, A., Markó, B. (2014): Szemét vagy táplálékforrás: tetemek sorsa a *Formica polyctena* hangyafajnál (Hymenoptera: Formicidae). *15. Kolozsvári Biológus Napok*, 2014. április 4–6, Kolozsvár, Románia, p. 52.
- Maák, I.**, Szántó, A. (2014): Számít-e a dolgozók mérete a hulladékkezelésben a polimorf *Camponotus aethiops* hangyafaj (Hymenoptera:Formicidae) esetében? *5. Kárpát-medencei Műrmekológus Szimpózium*, 2014. augusztus 14–17, Szögliget, Magyarország, p. 11.
- Kiss, A., **Maák, I.** (2015): Mikor tekinthető „veszélyesnek” egy hangyatelem? *Beauveria bassiana* gombával fertőzött fészektárs tetemekkel szembeni reakció a *Formica polyctena* esetében. *16. Kolozsvári Biológus Napok*, 2015. április 16–18, Kolozsvár, Románia, p. 27.
- Maák, I. E.**, Henrique, P., Juhász, O., Tóth, E. (2015): Fungal infection as imminent threat - the responses of *Formica polyctena* workers towards the nestmate corpses in different

infection stages. *6th Central European Workshop of Myrmecology*, 2015. július 24–27, Debrecen, Magyarország, p. 22–23.

**Maák, I. E.**, Kiss, A., Markó, B. (2015): Szemét vagy táplálékforrás: tetemek sorsa a *Formica polyctena* hangyafajnál (Hymenoptera: Formicidae). *X. Magyar Ökológus Kongresszus*, 2015. Augusztus 12–14, Veszprém, Magyarország, p. 105.

## 6. Egyéb publikációk jegyzéke

### Tudományos közlemények

Erős, K., Csata, E., Gál, Cs., Czekes, Zs., Szász-Len, A.-M., Szőke, Zs., **Maák, I.**, Markó, B. (2011): Hangya-levéltetű-gazdanövény kapcsolatok egy egyedi szuperkoloniális rendszerben a vaslábi Fenékláp határában. In: Markó, B., Sárkány-Kiss, E. (eds.): *A Gyergyói-medence: egy mozaikos táj természeti értékei* (magyar nyelven). Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca, pp. 131–148.

Gallé, R., Lőrinczi, G., Szpisjak, N., **Maák, I.**, Torma, A. (2012): Data on the arthropod (Araneae, Formividae, Heteroptera) fauna of floodplain forests at the lower reach of the river Maros/Mureş. In: Körmöczi, L. (ed.): *Landscape-scale connections between the land use, habitat quality and ecosystem goods and service sin the Mureş/Maros valley*. Tiscia Monograph Series, pp. 45–66.

**Maák, I.** (2005): Gyógynövények a Bekecsalján. *Tájökológiai Lapok (Journal of Landscape Ecology)*, **3**, 368.

Kanizsai, O., **Maák, I.**, Lőrinczi, G. (2014): The effect of laboratory colony condition on the trophallactic interactions of *Camponotus vagus* (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, **60**, 247–256.

Gallé, R., **Maák, I.**, Szpisjak, N. (2014): The effects of habitat parameters and forest age on the ground dwelling spiders of lowland poplar forests (Hungary). *Journal of Insect Conservation*, **18**, 791–799.

Gallé, L., Kanizsai, O., **Maák, I.**, Lőrinczi, G. (2014): Close nesting association of two ant species in artificial shelters: Results from a long-term experiment. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, **60**, 359–370.

Bátori, Z., Farkas, T., Vojtkó, A. E., **Maák, I.**, Vojtkó, A. (2014): Veszélyeztetett növényfajok Magyarország erdős és gyepes töbreinek lejtői mentén. *Kanitzia*, **21**, 53–62.

Gallé, R., Erdélyi, N., Szpisjak, N., Tölgyesi, Cs., **Maák, I.** (2015): The effect of the invasive *Asclepias syriaca* on the ground-dwelling arthropod fauna. *Biologia (Bratislava)*, **70**, 104–112.

#### Előadások és poszterek megjelent kivonatokkal

Vágási, Cs., Pap, P., Tökölyi, J., **Maák, I.**, Barta, Z. (2007): A toll minőségének változásai Szén cinege (*Parus major*) esetében. *The 8<sup>th</sup> Behavioral Ecology Meeting*, 2007. november 08–11, Kolozsvár, Románia, p. 20.

Czekes, Zs., Erős, K., **Maák, I. E.**, Szőke, Zs., Kiss, K., Markó, B. (2009): A szuperkoloniális életmód közösségszervező szerepe a *Formica exsecta* Nylander hangyafajnál (Hymenoptera: Formicidae). *10. Kolozsvári Biológus Napok*, 2009. március 3–4, Kolozsvár, Románia, p. 8.

Czekes, Zs., Kiss, K., Szőke, Zs., Erős, K., Pál, A., Kocsis, B., Német, E., **Maák, I. E.**, Markó, B. (2009): A szuperkoloniális életmód közösségszervező szerepe a *Formica exsecta* Nylander hangyafajnál (Hymenoptera: Formicidae) - szezonális és mintázat függő hatások. *VIII. Magyar Ökológus Kongresszus*, 2009. augusztus 26–28, Szeged, Magyarország, p. 39.

Erős, K., Szőke, Zs., Czekes, Zs., **Maák, I. E.**, Markó, B. (2009): Levéltetű birtokviszonyok egy territoriális hangyafaj, a *Formica exsecta* Nyl. szuperkolónia területén (Hymenoptera: Formicidae). *VIII. Magyar Ökológus Kongresszus*, 2009. augusztus 26–28, Szeged, Magyarország, p. 61.

**Maák, I.**, Szőke, Zs., Erős, K., Czekes, Zs., Markó, B. (2009): A *Formica pratensis* Retz. és *Formica exsecta* Nyl. territoriális hangyafajok (Hymenoptera: Formicidae) térfelhasználata:

verseny vagy osztozkodás? VIII. Magyar Ökológus Kongresszus, 2009. augusztus 26–28, Szeged, Magyarország, p. 138.

Czekes, Zs., Erős, K., Szőke, Zs., **Maák, I. E.**, Markó, B. (2010): Density dependent effect of a *Formica exsecta* supercolony on ant community composition and foraging success of rivals. 16th Congress of the International Union for the Study of Social Insects, 2010. augusztus 8–13, Koppenhága, Dánia, p. 18.

Erős, K., Gál, Cs., Csata, E., Czekes, Zs., Szász-Len, A.-M., Szőke, Zs., **Maák, I. E.**, Markó, B. (2010): Within supercolony differences in aphid source sharing among nest in *Formica exsecta* Nyl. (Hymenoptera: Formicidae). 16th Congress of the International Union for the Study of Social Insects, 2010. augusztus 8–13, Koppenhága, Dánia, p. 274.

Czekes, Zs., Erős, K., Szőke, Zs., **Maák, I. E.**, Markó, B., Kiss, K., Pál, A., Kocsis, B. (2010): Density dependent effect of a *Formica exsecta* supercolony on ant community composition and foraging success of rivals. 3. Kárpát-medencei Műrmekológus Szimpózium, 2010. szeptember 1–5, Szenéte, Románia, p. 5.

**Maák, I. E.**, Szőke, Zs., Erős, K., Czekes, Zs., Markó, B. (2011): Territorial debates between *Formica pratensis* Retz. and the supercolonial *F. exsecta* Nyl.: conflict or competition? 4th Central European Workshop of Myrmecology, 2011. szeptember 15–18, Kolozsvár, Románia, p. 10.

Gallé, R., Erdélyi, N., Szpisjak, N., Kovács, J., Somogyi, A., **Maák I. E.** (2012): A selyemkóró-denzitás kisléptékű hatása ültetett nyaras talajfaunájára (pókok, hangyák, ikerszelvényesek). IX. Magyar Ökológus Kongresszus, 2012. szeptember 5–7, Keszthely, Magyarország, p. 46.

Császár, P., Gallé, R., **Maák, I. E.**, Szpisjak, N., Torma, A. (2013): Futóbogár-együttesek (Coleoptera: Carabidae) szerveződését befolyásoló tényezők Maros menti élőhelyen - előzetes eredmények. 14. Kolozsvári Biológus Napok, 2013. április 12–14, Kolozsvár, Románia, p. 18.

Czekes, Zs., Erős, K., **Maák, I. E.**, Pálfi, Zs., Bendek, K., Német, E., Markó, B. (2013): Density dependent effect of a *Formica exsecta* supercolony on diversity and structure of co-occurring ant community and foraging strategy of rivals. 5th Central European Workshop of Myrmecology, 2013. szeptember 5–8, Innsbruck, Ausztria, p. 36.

- Erős, K., Markó, B., **Maák, I. E.** (2013): Simple defense mechanisms against a parasitic fungus in *Formica polyctena*. *5th Central European Workshop of Myrmecology*, 2013. szeptember 5–8, Innsbruck, Ausztria, p. 74.
- Somogyi, A. Á., **Maák, I. E.**, Lőrinczi, G., Kovács, J. (2013): Successional changes of ant communities in planted poplar forests. *5th Central European Workshop of Myrmecology*, 2013. szeptember 5–8, Innsbruck, Ausztria, p. 103.
- Maák, I. E.**, Torma, A., Gallé, R. (2014): Ültetett nyárerdők (*Populus alba*) korának és vegetáció struktúrájának hatása különböző ízeltlábú együttesekre. *Tudományoktól a döntéshozatalig: A IX. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia*, 2014. november 20–23, Szeged, p. 82.
- Markó, B., Erős, K., **Maák, I. E.**, Babik, H., Ślipiński, P. (2015): Pollen as alternative source for submissive species in suboptimal circumstances. *6th Central European Workshop of Myrmecology*, 2015. július 24–27, Debrecen, Magyarország, p. 23–24.
- Gallé, L., Kanizsai, O., **Maák, I. E.**, Lőrinczi, G. (2015): Plesiobiosis between *Lasius psammophilus* and *Plagiolepis taurica* in artificial shelters. *6th Central European Workshop of Myrmecology*, 2015. július 24–27, Debrecen, Magyarország, p. 34.
- Lőrinczi, G., Módra, G., **Maák, I. E.** (2015): Tool use and preference in the foraging of *Aphaenogaster subterranea* (Hymenoptera: Formicidae). *6th Central European Workshop of Myrmecology*, 2015. július 24–27, Debrecen, Magyarország, p. 41–42.
- Lőrinczi, G., Módra, G., **Maák, I. E.** (2015): Eszközhasználat és -preferencia a nyeles hangya (*Aphaenogaster subterranea*) táplálékszerzése során. *X. Magyar Ökológus Kongresszus*, 2015. augusztus 12–14, Veszprém, Magyarország, p. 104.