

Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar
Biológiai Intézet, Ökológiai tanszék

**A Sas-hegyen élő hangyautánzó és hangyafogyasztó pókok
és hangyák interakcióinak populációs szintű vizsgálata**

Készítette: Rákóczi András Márton

SZIE-ÁOTK Biológia MSc. II. évfolyam

Témavezető: Dr. Samu Ferenc

MTA ATK Növényvédelmi Intézet, tudományos tanácsadó

Belső konzulens: Fülöp Dávid

SZIE ÁOTK, Biológiai Intézet, Ökológiai tanszék, tudományos segédmunkatárs



Budapest, 2013

Tartalom

Tartalom	2
Bevezetés	4
A hangyakötődés fajtái	4
Sas-hegy	6
Célkitűzések	7
Anyag és módszer	8
Gyűjtési terület	8
Gyűjtés talajcsapdával	9
Határozás menete	10
<i>Pókok</i>	10
<i>Hangyák</i>	11
Vizsgálati szintek	11
Korrelációanalízis	11
Null-modell analízis	12
CCA (Kanonikus Korrespondancia Analízis)	13
Eredmények	14
Zoocönológiai eredménye	14
<i>Hangyakötött pókfajok ismertetése</i>	15
Korrelációs vizsgálat	20
Null-modell analízis	22
CCA (Kanonikus Korrespondancia Analízis)	24
Diszkusszió	27
Összefoglalás	30
Summary	31
Köszönetnyilvánítás	32

Felhasznált irodalom	33
HuVetA - SZIA	37
Témavezetői nyilatkozat	39

Bevezetés

A hangyakötődés fajtái

Ökológiai értelemben a hangyáknak jelentős és többszörös szinten értelmezhető hatásuk van a teljes helyi biocönózisra, mivel olyan állatokról van szó, melyek mind egyedszámban, mind biomassza tekintetében világszerte meghatározóak a szárazföldi élőhelyeken – esszenciális elemek az ökoszisztéma homeosztázisa szempontjából (Czechowski et al. 2012). Többféle védelmi mechanizmussal rendelkeznek, mint a hangyasav, agresszív támadás, fájdalmas fullánk és szociális védekezés, ennél fogva a táplálékkereső hangyákat ért predáció alacsony, míg ideális modellek a különféle mimikriknak az ízeltlábúak között (Schowalter 2006). A fentiek folyamányaként gyakoriságuk, ökológiai szerepük miatt sok ízeltlábú esetén alakult ki a hangyákhoz kötődés valamilyen formája. Több stratégiát megfigyelhetünk közöttük, mint például a myrmecomorphiát, myrmecophyliát vagy a myrmecophagiát. A myrmecomorphok – „hangyautánzó” – olyan ízeltlábúak, amelyek morfológiai vagy viselkedésbeli módosulásokkal utánozzák, mimizálják a hangyákat. A myrmecophil – „hangyakedvelő” – fajok elkülönült kategóriát alkotnak, mivel specializált karakterekkel, megnövekedett specializálódással integrálódni képesek a gazdakolóniába, és egy ilyen állat többféle szerepet magára vehet a hangyakolónián belül. A myrmecophil fajoknál gyakran hiányzik a morfológiai módosulás, ehelyett kémiai és viselkedésbeli módosulásokat fejlesztettek ki, alacsony hasonlóságuk a gazdához azonban gyakran nem jár agresszióval a gazda részéről, mivel szag alapján neutrálisak, vagy apró méretük miatt nem érzékelik őket betolakodónak. Végezetül a myrmecophág – „hangyafogyasztó” – fajok olyan állatok, amelyek kisebb-nagyobb mértékben specializálódnak hangyafogyasztásra. A pókok körében e három stratégia közül egy vagy akár párhuzamosan több is előfordulhat, létrehozva egy komplex, sok szinten vizsgálható rendszert (McIver and Stonedahl 1993, Cushing 1997). Magyarországon 34 genus, 126 faja található a hangyák (Formicidae) családjának (Csósz et al. 2011).

A pókok szintén kozmopolita élőlények, a sarki jégsapkák kivételével minden élőhelyen megtalálhatóak. Egy adott habitat apróbb mikrohabitatokra osztható, amelyek speciális környezeti tényezőkkel rendelkezhetnek, befolyásolva ezzel a pókok előfordulását, stratégiáját. Ilyen tényezők lehetnek fizikai körülmények, például a hőmérséklet, a páratartalom, vagy biológiai szempontból a speciális táplálékra való igény, netán a vegetáció típusa (Beccaloni 2009). A hangyák az ökoszisztémákban betöltött fontos szerepük miatt

környezeti tényezőként befolyásolják a pókokat. A hangyák jelenlétéhez történő adaptációra jelent példát az ízeltlábúak esetén már korábban említett, számos pókcsaládon belül (Salticidae, Gnaphosidae, Theridiidae, Zodariidae, Liocraniidae) fellelhető hangyakötöttség (myrmecomorphia, myrmecophylia, vagy a myrmecophagia) (Cushing 1997, Pekar 2004b).

A pókok körében a hangyakötődés több morfológiai és viselkedésbeli módosulást eredményezhet. A testtájak száma 3-ra emlékeztet, hosszú, vékony lábak alakulhatnak ki, a rágóhoz, az összetett szemhez és a fullánkhoz hasonló kutikulamódosulások fordulhatnak elő, a mozgásuk hangyaszerűvé válik, első pár lábukat felemelve, hangyaszerűen viselkednek. A módosulásnak többféle magyarázata lehet, melyek közül a legtöbbször feltételezett a Bates-i mimikri, amelynek legfőbb funkciója a védelem a generalista ragadozók, illetve a pókspecifikus predátorok (pl. fűrkészarázs, más pókok) ellen, egy mérgező, veszélyes faj mimizálásával, de hangyafogyasztó fajok között valószínűsíthető a Peckmann-i mimikri is, amelynek során a vadász a prédáját utánozza a nagyobb predációs hatékonyság eléréséhez. A mimikri alapján több pókfajhoz rendeltek hozzá feltételezett hangyamodellt (Cushing 1997, 2012).

A hangyakötődés azonban nem pusztán morfológiai és viselkedésbeli, hanem szorosabb vagy lazább ökológiai kapcsolatot is feltételez; a hangyamodell fajok többsége jelen van az adott mikrohabitatban és együtt is gyűjthető az adott pókfajjal (Cushing 1997, 2012), előfordulásuk együtt állandó vagy részleges lehet. Nagyon gyakran a pók és a hangya cirkadián ritmusa szintén megegyezik, közöttük trofikus kapcsolat található (Pekar and Jarab 2011).

Sas-hegy

A budai Sas-hegy Budapest szívében elterülő, 1958 óta védett természetvédelmi terület. Kitérsége, alapkőzete (dolomit), szigetszerű elhelyezkedése és védettsége révén több ritka faj számára szolgál refúgiumként. Mind a flórája, mind a faunája jól kutatott melyből napjainkban is az egyik legtöbbet kutatott csoport a pókok (Araneae) (Chyzer and Kulczynski 1894, Chyzer and Kulczynski 1896, Chyzer and Kulczynski 1897, Balogh 1936, Szinetár and Samu 1996, Bleicher et al. 1999, Rákóczi and Samu 2012, Szinetár et al. 2012). A hangyák tekintetében összefoglaló publikáció nem áll rendelkezésre. Csósz Sándor szóbeli közlése alapján a következő hangyagenusok jelenléte van megerősítve a hegyen: *Camponotus*, *Formica*, *Leptothorax*, *Lasius*, *Messor*, *Myrmica*, *Plagiolepis*, *Temnothorax*, *Tetramorium*, *Aphaenogaster*, *Myrmecina*, *Ponera*, *Prenolepis*, *Solenopsis*, *Stenamma*, *Bothryomyrmex*.

Célkitűzések

A hangyakötött pókfajok vizsgálata az utóbbi években egyre nagyobb figyelmet kap; e vizsgálatok jelentős része viselkedési valamint morfológiai szinten közelíti meg a kérdést. Azonban kevés ismeretünk van a kapcsolatok ökológiájáról, bővebben a populációk és közösségek szerkezetéről. Ennek oka a megfigyelések hiánya, a funkcionális kapcsolatok, valamint a konkrét modell-mimikri fajtárok kimutatásának nehézsége lehet. Hosszú távú és térben is replikált adatsorok elemzésével lehetőség nyílt e kapcsolatok felderítésére, magyarázatára. Ezen oknál fogva végeztem két éven át talajcsapdázást a következő kérdések tisztázásához:

1. Milyen hangyakötött pókfajok és hangyagenusok figyelhetőek meg a területen a talajcsapda adatok alapján?
2. A koegzisztenciális vizsgálatok többoldalú elemzése feltár-e hangya-pók fajasszociációkat, fajtárokat?
3. Mivel magyarázhatóak a terepen talált asszociációs mintázatok?

Anyag és módszer

A közösség ökológiai vizsgálatához elengedhetetlen a szakszerű, módszeres gyűjtés, a többszöri ismétlés, valamint a hosszú időszakot lefedő adatsorok megléte. Az általam végzett kutatás kétéves időtartamot (2010-2012) fedett le. A mintavételezéshez az illetékes természetvédelmi hatóság engedélyét beszereztük, azokat a Duna-Ipoly Nemzeti Park közvetlenül támogatta.

Gyűjtési terület

A Sas-hegyen öt gyepfoltban (1. táblázat) összesen nyolc mintavételi területet jelöltünk ki, amelyeken talajcsapdás gyűjtést végeztünk. Annak érdekében, hogy adatainkat összevethessük a korábbi vizsgálatokkal, a mintavételezés menete pontosan megegyezett az 1994-98 között lezajlott vizsgálat mintavételi helyszínein végzett talajcsapdás mintavétellel.

1. táblázat A Sas-hegy arachnológiai felmérésének állandó mintavételi területei 1-5-ig (talajcsapda) (1994–1998, 2010–2012). Élőhely kategória: ÁNÉR 2007 felmérés kódjai (Szinétár et al. 2012)

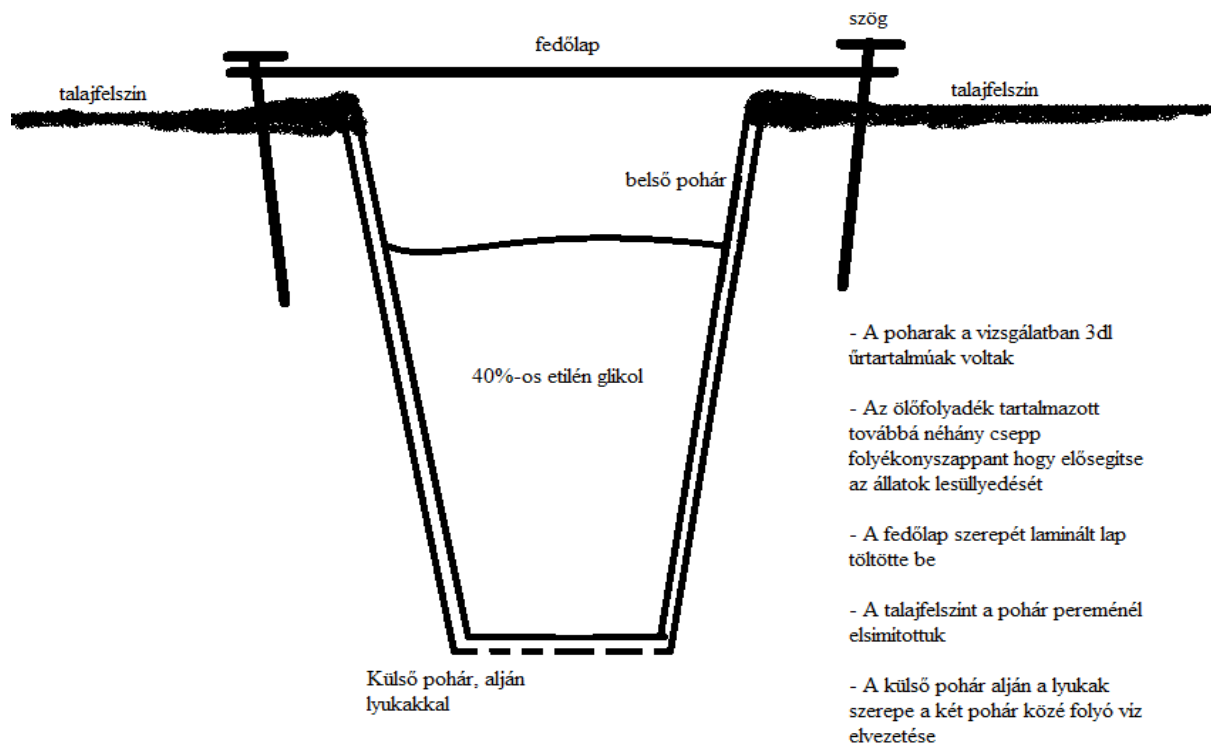
Sorszám	Északi szélesség	Keleti hosszúság	Élőhely kategória
1.	47°28'57.41"N	19° 1'7.30"E	H1-P2b-P2c
2.	47°28'59.52"N	19° 1'9.28"E	H1-P2b
3.	47°28'53.83"N	19° 1'12.66"E	H2 -P2c
4.	47°28'55.21"N	19° 1'4.20"E	H2 -P2b
5.	47°28'54.82"N	19° 0'50.97"E	H1-P2b / H2-P2b

Gyűjtés talajcsapdával

A módszert régóta és széleskörűen alkalmazzák talajfelszínen mozgó ízeltlábúak befogására. A legtöbb magyarországi pókgyűjtés talajcsapdával született a könnyű megvalósíthatóság és értékelhetőség folytán (Loksa 1991). A vizsgálatban egy talajcsapda felépítése a következőképpen nézett ki (1. ábra): 2 darab 3 dl-es műanyag pohár volt egymásba helyezve. A külső pohár aljára lyukakat vágtunk. Ezeknek funkciója, hogy az esetlegesen a két pohár közé befolyó esővíz ne emelje ki a belső poharat.

A pohár ölő- és tartósítószerként 40%-os etilén-glikol oldatot tartalmazott, melybe a felületi feszültség csökkentése céljából egy kevés folyékony szappant öntöttem. Ez a felületi feszültség csökkentésével segíti elő az állatok lesüllyedését. A poharakat egy 10 cm mély fűrt lyukba helyeztük (Kádár and Samu 2006). Minden csapda felett kétujjnyi rés meghagyásával A5-ös laminált papírlapok voltak elhelyezve, elkerülendő a nagyobb rögök, kövek, valamint gerinces állatok behullását. A talajcsapdázás módszere főképp a talajon éjszaka és napközben mozgó állatok begyűjtésére alkalmas.

A talajcsapdák lehelyezésére 2010. április 29-én került sor. Utána a csapdák – a téli időszaktól eltekintve, amikor a csapdák szintén üzemeltek, de ürítésük ritkábban történt – folyamatosan voltak látogatva és ürítve kéthetes periódusonként, egészen 2012. május 24-ig. Összesen negyven csapdaürítést végeztem a két dátum közötti periódusban. A gyepfoltok kis területe miatt a csapdák között kétméteres távolság volt. A nyolc mintavételi terület mindegyikén öt-öt talajcsapda volt elhelyezve, egy ötös csapdasorozat volt egy minta, egy csapda pedig egy alminta, összesen tehát negyven csapda működött. A talajcsapdák anyagából a pókok és hangyák kiválogatása után az egyéb taxonokat is megőriztük.



1. ábra A duplaedényes talajcsapda felépítése

Határozás menete

Pókok

A pókok faji szintű határozása (néhány kivételtől eltekintve) csak ivarérett egyedeken, nemtől függően palpus illetve női ivarlemez tanulmányozása alapján lehetséges. Ehhez sztereo fénymikroszkópot használtam. A szakirodalom tekintetében mind határozókönyvek, mind az internet segítségét igénybe vettem. A határozáshoz Heimer *Közép-Európa pókfaunája* c. könyvét (Heimer and Nentwig 1991), Roberts Nagy-Britannia és Észak-Európa pókfaunájáról írt munkáját (Roberts 1995) és Loksa magyarországi pókfajokhoz írt határozókönyvét használtam (Loksa 1969, 1972). Emellett igénybe vettem a Heimer könyv utódjaként folyamatosan frissített internetes honlapot (Hänggi et al. 2004, Nentwig et al. 2013). A pókok elnevezésénél a nemzetközi standardként elfogadott internetes Platnick katalógus (Platnick 2013) nevezéktanát követtem.

Hangyák

Hangyák esetében kaszttól függően változhat a határozóbélyegek alakulása. A vizsgálathoz a dolgozók meghatározását végeztem el. A dolgozók meghatározásához többféle szakirodalmat felhasználtam. Forrásaim, Somfai Edit magyarországi hangyafajokra írt határozókönyve (Somfai 1959), valamint a lengyel faunára írt könyv (Czechowski et al. 2012) volt.

Vizsgálati szintek

Az egyes hangyagenusok és hangyakötött pókfajok együttes előfordulását a következőképpen definiált mintavételi egységekben néztük:

1. CSAPDA: adott területen az adott csapda összes csapdaürítésének összesített fogási adatai
2. CSAPDA-SZEZON: adott csapda, adott év, adott évszakában történt (3-4 csapdaürítés) összesített fogási adatai, csak tavaszt, nyarat és őszt különböztettem meg.

A továbbiakban az egységes név alapján fogok az egyes vizsgálati szintekre hivatkozni.

Korrelációanalízis

Két véletlen változó (X és Y) között korrelációs kapcsolat van, ha kis X értékekhez kicsi Y, nagy X értékhez nagy Y érték tartozik (pozitív kapcsolat), vagy ha kis X-hez nagy Y, nagy X-hez kis Y kapcsolódik (negatív kapcsolat). Nem lineáris, de monoton kapcsolatok esetén a Spearman-féle rangkorrelációs együttható alkalmazható. Ennek értéke -1 és +1 közé eshet, a 0 körüli értékek gyenge, -1-hez közel erős negatív, míg +1-hez közel erős pozitív korrelációs kapcsolatot jeleznek. A Pearson-féle együttható rangokra kiszámolva megegyezik a Spearman-féle együtthatóval. Az együttható a következő képlettel számítható ki.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Az R statisztikai program segítségével számítottuk ki a korrelációt, amelyhez a `cor()`, valamint a `cor.test()`, függvények használata mellett `method= „spearman”` beállítással vált lehetővé a kívánt korrelációs mérőszám használata. A Spearman-féle rangkorreláció

leginkább arra érzékeny, hogy a legnagyobb érték a legnagyobb értékkel, a legkisebb a legkisebbel milyen viszonyban áll (Reiczigel et al. 2007).

Null-modell analízis

A jelenlét-hiány (Presence-Absence) mátrix alapvető egysége a közösség-ökológiának és a biogeográfiának. Egy ilyen mátrix esetén a sorokban fajok, az oszlopokban területek vagy minták szerepelnek, az egyes rekordok pedig azt jelölik, hogy az adott faj megtalálható-e az adott területen vagy mintában, értéke 1 (jelenlét) vagy 0 (hiány) lehet. A Co-occurrence analízis a nem random mintázatok felderítésére szolgál ebben a bizonyos jelenlét-hiány mátrixban, összehasonlítva a Null-modell által generált mátrixokkal. Az analízis során sakktabla (checkerboard) mintázatokat keresünk, amely szubmátrixok az eredeti jelenlét-hiány mátrixban találhatóak. A sakktablamintát két faj esetén értelmezzük (sorok), és azt mutatja, hogy a két faj két adott élőhelyen (oszlopok) nem fordul elő együtt (2a ábra).

$$\text{a) } \begin{array}{cc} 10 & \text{or} & 01 \\ 01 & & 10 \end{array}$$

$$\text{b) } CU = (r_i - S)(r_j - S)$$

2. ábra a) A sakktablamintázat b) a C-score érték számítása

Egy adott fajpár esetében a negatív asszociációra a minden lehetséges habitatkombinációra megszámlált sakktablamintázatok (Checkerboard Unit, CU) magas száma utal. A 2. ábra b) pontja szerinti képlettel számolható ki a Checkerboard Unit (CU) érték a közösség egy adott fajpárjára, ahol S a megosztott helyek száma, ahol mindkét faj megtalálható, r_i és r_j pedig a sorok szerinti összes előfordulás száma. A sakktablamintázatok minden lehetséges fajkombinációra kapott átlagos darabszáma adja a Checkerboard értéket (C-score), amely a közösséget jellemző negatív asszociáltság mérőszáma, vagyis a C-score, egy adott előfordulási mintázatban (mátrix) a közösség fajpáronkénti CU értékeinek az átlaga (Stone and Roberts 1990, Gotelli 2000, Gotelli and Entsminger 2010).

A Null-modell által generált mátrixok Monte-Carlo randomizációi az eredeti mátrixnak. Egy random mátrix C-score értéke a biológiai interakciók nélküli esetet tükrözi. A Null-modell várható C-score értékét a randomgenerálás sokszoros ismétlésével számított átlagból kapjuk.

A mi analízisünk során az EcoSim programcsomag Co-occurrence analízis nevű opcióját használtuk annak érdekében, hogy megvizsgáljuk, hogy csak a hangyák, csak a hangyakötött pókok vagy a hangyakötött pókok és hangyák együttese közül melyik mutat magasabb negatív asszociáltságot.

CCA (Kanonikus Korrespondencia Analízis)

Ez az analízis az ordinációs módszerek csoportjába tartozik. Az alapja, hogy az első mátrix ordinációját végzi el többszörös lineáris regresszióval egy második mátrix változóira. Közösség ökológiában arra használják, hogy ordinálják a mintákat egy környezeti térben. Az első mátrix szerkezete „MINTAVÉTELI EGYSÉG” X „FAJOK”, a második mátrixot pedig a „MINTAVÉTELI EGYSÉG” X „KÖRNYEZETI VÁLTOZÓK” jelentik. A CCA elhanyagolja azokat a közösségi struktúrákat, amelyek nem kapcsolódnak az általunk vizsgált környezeti változókhoz. A mi vizsgálatunkban a fajokat a hangyakötött pókok jelentették az első mátrixban, környezeti változóként a hangyák egyedszámait használtuk a második mátrixban, az egyedszámokat CSAPDA-SZEZON szinten összegeztük. Azokat a környezeti változókat, melyek a variancia 20%-ánál kevesebbet magyaráznak, a grafikon nem ábrázolja. Az elemzés elvégzéséhez PC-ORD statisztikai szoftvert használtunk (McCune and Grace 2002, McCune and Mefford 2006).

Eredmények

Zoocönológiai eredménye

2010 májusa és 2012 májusa között a két éven keresztül történő gyűjtés és negyven alkalommal történt csapdaürítés során összesen 2799 pók-, valamint 10230 hangyaegyed került elő. A hegyen talált hangyagenusok száma 13-at számlált, az egyes genusokhoz tartozó egyedszám adatokat a 2. táblázat közli.

2. táblázat. A 2010-2012-es vizsgálat során talált hangyagenusok egyedszámai. A táblázat bal oldali oszlopában a bütykös hangyák, jobb oldali oszloppárban a „fekete” hangyák genusnevei valamint egyedszámadatai találhatóak 2010 és 2012 között

Genusnév	Egyedszám	Genusnév	Egyedszám
<i>Bothriomyrmex</i>	13	<i>Leptothorax</i>	12
<i>Camponotus</i>	1596	<i>Messor</i>	112
<i>Formica</i>	1074	<i>Myrmecina</i>	3
<i>Lasius</i>	1179	<i>Myrmica</i>	185
<i>Plagiolepis</i>	210	<i>Solenopsis</i>	20
<i>Tapinoma</i>	5550	<i>Temnothorax</i>	33
		<i>Tetramorium</i>	243

Hangyakötött pókfajok ismertetése

A pókok közül a hangyakötött fajok egyedszáma összesen 749 volt, és e példányok összesen 10 fajba voltak sorolhatóak, így a hegyen összességében kimutatott hangyakötött pókfajok száma 14-re nőtt. A Sas-hegyen a Bevezetésben említett hangyakötött stratégiák közül ismereteink szerint csak a myrmecomorph – „hangyautánzó” és a myrmecophág – „hangyafogyasztó” fordul elő. A területen eddig megtalált hangyakötött pókfajokról rövid jellemzést foglaltam össze (lásd alább), gyűjtésenkénti egyedszámaikat a 3. táblázat, a hangyakötődésüket a 4. táblázat tartalmazza.

Callilepis schuszeri (Herman, 1879)

Elterjedés: Palearktikus elterjedésű kövipók (Gnaphosidae), amely kedveli a száraz, napsütötte területeket. Főképp száraz réteken és sziklagyepekben fordul elő. DK-Európában gyakoribb, de amúgy ritka faj. (Nentwig et al. 2013)

Jellemzés: Talajon vadászik. Hangyafogyasztó és hangyautánzó életmódot is folytat. Nincs feltételezett hangyamodellje, a genus más fajai alapján feltételezhető, hogy *Formica* és *Lasius* genusokon táplálkozhat (Cushing 1997, Platnick 2010, Cushing 2012) .

Dipoena melanogaster (C. L. Koch, 1837)

Elterjedés: Európában, Észak-Afrikától Azerbajdzsánig elterjedt törpepók (Theridiidae) faj. Kedveli a meleg erdőszéleket, a földön vagy alacsonyabb ágakon található.

Jellemzés: Hangyafogyasztó és hangyautánzó tulajdonsággal is rendelkezhet, mérete 2.5-3.6 mm. A genusról feltételezik, hogy minden tagja hangyákkal táplálkozik, *D. torva* főleg *Formica*, *D. punctisparsa* *Lasius* fajokkal táplálkozhat. (Roberts 1993, Cushing 1997, S. 1997, Platnick 2010, Cushing 2012, Nentwig et al. 2013).

Euryopsis quinqueguttata (Thorell, 1875)

Elterjedés: Meleg területeken, kövek alatt vagy déli kitettségű lejtőkön figyelhető meg ez a törpepók (Theridiidae) faj. Európában, Egyiptomban és Türkmenisztánban található, Magyarországon ritka fajnak számít.

Jellemzés: Mérete 2-2,5 mm közé esik. Hangyafogyasztó és hangyautánzó tulajdonsággal is rendelkezhet. Nincs feltételezett hangyamodellje a mimikrinek (Miller 1967, Ulrich 1997, Platnick 2010, Cushing 2012, Nentwig et al. 2013)

Harpactea hombergi (Scopoli, 1763)

Elterjedés: Főképp erdőkben, meleg földterületeken, mezőkön, természetközeli emberi ültetvényeken (szőlő) található gyakran az avarban vagy mohában. Európában Ukrajnáig megtalálható (Dysderidae) faj.

Jellemzés: Magyarországon közepesen gyakorinak számító 4-5,5 mm-es állat. Feltételezett hangyamodelljei Formica (*Formica cunicularia* (=fusca var. glebaria), *F. fusca*, *F. sanguinea*) és Lasius (*Lasius brunneus*, *L. fuliginosus*) fajok. Mimikrije viselkedésen alapul, emellett hangyafogyasztó (Cushing 1997, Nentwig et al. 2013).

Leptorchestes berolinensis (C. L. Koch, 1846)

Elterjedés: Európában és Türkmenisztánban elterjedt ugrópók (Salticidae) faj, amely napos fatönkökön figyelhető meg.

Jellemzés: Magyarországon ritka fajnak számító, hangyához hasonló faj (Nentwig et al. 2013).

Micaria formicaria (Sundevall, 1831)

Elterjedés: Meleg élőhelyeken, palearktikusan elterjedt kövipók (Gnaphosidae) faj. Magyarországi gyakorisági kategóriája ritka, hangyautánzó tulajdonságokkal bír.

Jellemzés: Mérete 5,7-7,5 mm közötti. Polimorf mimikri feltételezett nála, hangyákkal együtt fordul elő, általában a kisebb kasztokat mimizálja (Cushing 1997, Nentwig et al. 2013).

Micaria dives (Lucas, 1846)

Elterjedés: Meleg élőhelyeken elterjedt, mediterráneumban leggyakoribb, palearktikus kövipók (Gnaphosidae) faj. Magyarországon ritka faj.

Jellemzés: Mérete 2,1-4 mm közé esik. Polimorf mimikri feltételezett nála, hangyákkal együtt fordul elő, és általában a kisebb kasztokat mimizálja (Cushing 1997, Nentwig et al. 2013).

Micaria pulicaria (Sundevall, 1831)

Elterjedés: Meleg élőhelyeken elterjedt, mediterráneumban leggyakoribb, Holarktikus kövipók (Gnaphosidae) faj. Magyarországon ritka faj.

Jellemzés: Mérete 4-4,5 mm közé esik. Polimorf mimikri feltételezett nála, egyszerre több modellt is felhasználhat *Formica*, *Lasius* genusokból és valószínűleg utánozhatja a *Tetramorium caespitosum* fajt (Cushing 1997, Nentwig et al. 2013).

Micaria silesiaca (Koch, 1875)

Elterjedés: Palearktikus elterjedésű kövipók (Gnaphosidae) faj, amely a szakirodalomban széleskörűen elterjedtként szerepel, mégis ritkán található a gyűjtésekben. Magyarországon közepesen ritka faj.

Jellemzés: Mérete 3,5-5 mm közötti. A szárazabb habitátokat kedveli. Fogóháló nélkül vadászik. A kisebb hangyakasztokat mimizálhatja (Cushing 1997, Nentwig et al. 2013).

Phrurolithus festivus (C. L. Koch, 1835)

Elterjedés: Száraz élőhelyeken, meleg habitátokban és vízpartokon található (Corinnidae) faj. Palearktikus elterjedésű, Magyarországon gyakori.

Jellemzés: Mérete 2,2-3,2 mm közé esik, hangyautánzó és hangyafogyasztó viselkedése ismert és myrmecophilia is feltételezett róla. Több modellje lehet, főképp a *Formica* (*Formica fusca*, *F. rufa*, *F. sanguinea*) és *Lasius* (*Lasius flavus*, *L. fuliginosus*, *L. niger*) genusokból (Cushing 1997, Pekar and Jarab 2011, Cushing 2012, Nentwig et al. 2013).

Phrurolithus pullatus (Kulczyński, 1897)

Elterjedés: Száraz gyepekben, nyílt erdőkben megtalálható európai valamint közép-ázsiai (Corinnidae) faj. Magyarországon ritkának számít.

Jellemzés: 1,8-2,6 mm-es pók, hangyautánzó faj, modellje nem ismert, valószínűsíthetően polimorf mimikrivel rendelkezik (Cushing 2012, Nentwig et al. 2013).

Phrurolithus szilyi

Elterjedés: Szárazgyepekben előforduló európai (Corinnidae) pók. Magyarországon ritka.

Jellemzés: Mérete 1.9-2.6 mm közötti. Hangyautánzó, ahogy a genus többi fajáról is feltételezett, konkrét mimikrimodellje még nem lett leírva. Feltételezhető a hangyafogyasztás a *Phrurolithus festivus*-hoz hasonlóan (Cushing 2012, Nentwig et al. 2013).

Synageles hilarulus

Elterjedés: Meleg kitettségű élőhelyeken megtalálható ugrópók (Salticidae) faj. Elterjedését tekintve Palearktikus. Magyarországon ritka, nagysága átlagosan 3 mm.

Jellemzés: A hangyautánzás jól ismert a genus minden tagjánál, de a mimizált faj nem nyilvánvaló. Rokon fajnál, a *Synageles venator*-nál, Lasius fajokkal mutattak ki hasonlóságot (Cushing 2012, Nentwig et al. 2013).

Zodarion rubidum

Elterjedés: Élettere a nyitott, száraz, napos területeken található (Zodariidae). Palearktikusan elterjedt, Magyarországon gyakorinak számító faj.

Jellemzés: Nála a hangyautánzás, valamint a specializált hangyafogyasztás jól ismert. Mérete nagyjából 2,6-4,4 mm közötti. Specifikus hangyamodellje nem ismert, több fajhoz hasonlító mimikrivel rendelkezik. Több hangyagenus szolgál táplálékául (Tapinoma, Formica, Lasius, Camponotus, Messor) (Cushing 1997, Pekar 2004b, Cushing 2012, Nentwig et al. 2013).

3. táblázat. A három eltérő vizsgálati periódus alatt a mintavételezés során gyűjtött hangyakötött pókfajok egyedszám értékei

Fajnév	1930-1934	1994-1998	2010-2012
<i>Callilepis schuszeri</i>	0	0	15
<i>Dipoena melanogaster</i>	2	67	0
<i>Euryopis quinqueguttata</i>	4	17	2
<i>Harpactea hombergi</i>	0	2	1
<i>Leptorchestes berolinensis</i>	4	0	0
<i>Micaria dives</i>	3	7	6
<i>Micaria formicaria</i>	0	0	2
<i>Micaria pulicaria</i>	1	0	1
<i>Micaria silesiaca</i>	0	0	1
<i>Phrurolithus festivus</i>	0	20	8
<i>Phrurolithus pullatus</i>	67	1	0
<i>Phrurolithus szilyi</i>	0	8	42
<i>Synageles hilarulus</i>	0	1	2
<i>Zodarion rubidum</i>	0	429	671

Az előfordulási adatokat vizsgálva a *Zodarion rubidum* faj egyedszámai jelentős növekedést mutatnak a három vizsgálat során, és enyhe növekedés volt tapasztalható a *Phrurolithus szilyi* esetén is. Nagyjából konstans egyedszámot mutat több faj, mint a *Harpactea hombergi*, *Micaria dives*, *Micaria pulicaria*, *Phrurolithus festivus* vagy a *Synageles hilarulus*. Három olyan fajt sikerült kimutatni, amely a korábbi vizsgálatok egyikében sem szerepelt (*Callilepis schuszeri*, *Micaria formicaria*, *Micaria silesiaca*). Egyes fajok egyedszámai pedig csökkenést mutattak, vagy jelentősen ingadoztak vizsgálatról vizsgálatra (*Dipoena melanogaster*, *Leptorchestes berolinensis*, *Phrurolithus pullatus*).

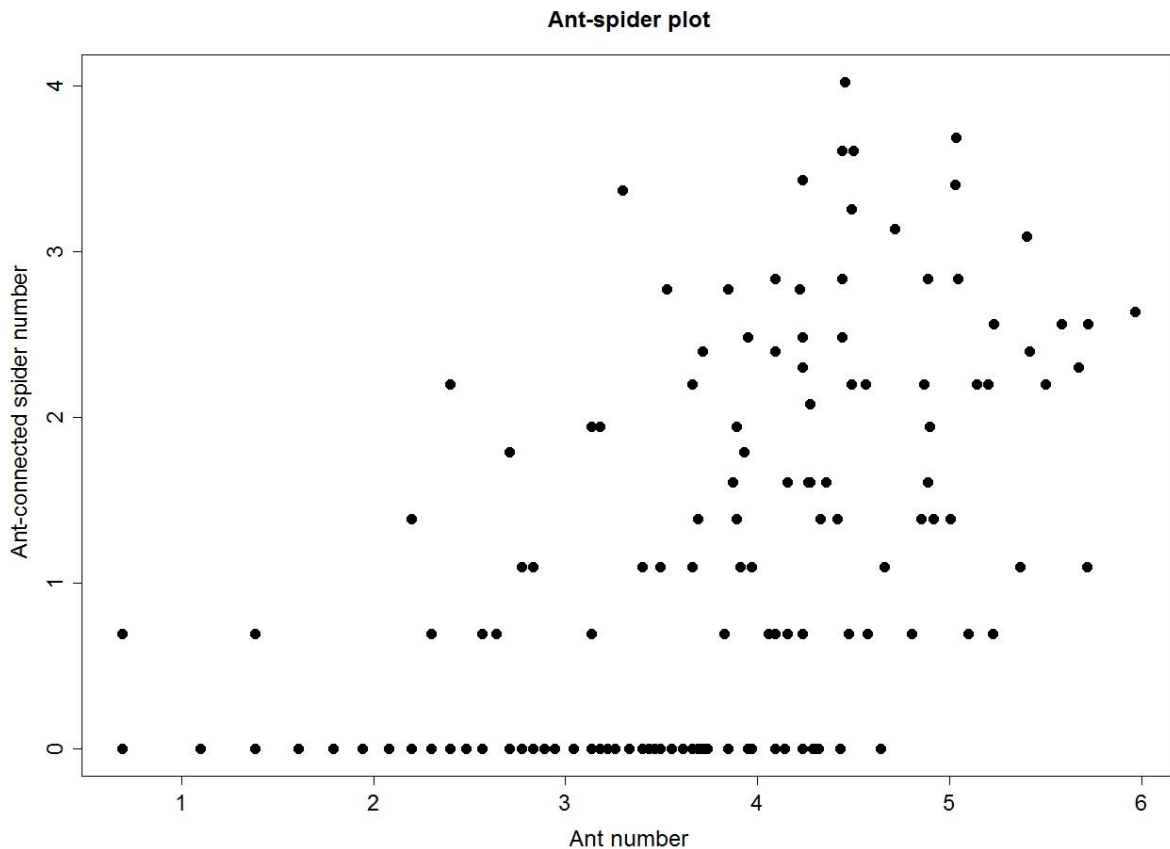
Korrelációs vizsgálat

A hangyakötött pókfajok esetében fontos az asszociáció bizonyítása mind megfigyeléssel, mind statisztikai módszerekkel. Ennek okán korrelációs elemzéseket végeztünk el. Összességében elmondható, hogy erőteljes korrelációs kapcsolat mutatható ki a hangyakötött pókfajok összesített egyedszáma, valamint a hangyák egyedszáma között, a vizsgálati szint CSAPDA-SZEZON szint volt ($p < 2,2e-16$, $Rho = 0,65$, 3. ábra).

4. táblázat. A hegyen előforduló hangyakötött pókfajok stratégiáinak összefoglaló táblázata

Fajnév	Hangya utánzó	Hangya fogyasztó	Fajnév	Hangya utánzó	Hangya fogyasztó
<i>Callilepis schuszeri</i>	+	+	<i>Micaria pulicaria</i>	+	-
<i>Dipoena melanogaster</i>	+	+	<i>Micaria silesiaca</i>	+	-
<i>Euryopis quinqueguttata</i>	+	+	<i>Phrurolithus festivus</i>	+	+
<i>Harpactea hombergi</i>	+	+	<i>Phrurolithus pullatus</i>	+	-
<i>Leptorchestes berlinensis</i>	+	-	<i>Phrurolithus szilyi</i>	+	+
<i>Micaria dives</i>	+	-	<i>Synageles hilarulus</i>	+	-
<i>Micaria formicaria</i>	+	-	<i>Zodarion rubidum</i>	+	+

Ezután a hangyakötött pókfajokat két csoportba rendeztük a kötődésük fajtájától függően (hangyafogyasztó, hangyautánzó). Azon fajok, melyek mindkét tulajdonsággal rendelkeztek, mindkét csoportba beleszámítottak. A hangyákat két csoportra bontottuk fenotípusos bélyegek alapján (bütykös „vöröshangya” egyéb „fekete hangya”). A két csoportot korrelációs vizsgálattal összehasonlítottuk; a vöröshangyákkal mindkét csoport alacsony korrelációt mutatott (hangyafogyasztók: $p=0,68$, $rho=0,025$, hangyautánzók: $p=0,69$, $rho=0,024$), míg a „fekete” hangyákkal szignifikánsan erős korrelációs kapcsolatot sikerült kimutatni (hangyafogyasztók: $p=22,e-16$, $rho=0,55$, hangyautánzók $p=0,54$, $rho=22,e-16$).



3. ábra A hangyakötött pókfajok és hangyák logaritmizált egyedszámainak korrelációs ábrája

A hangyagenusokat átlagos mérettartomány alapján három csoportba soroltuk, majd adott stratégia alapján (hangyautánzó, hangyafogyasztó) megvizsgáltuk, mely pókfajok mely adott hangya méretkategóriával mutatnak szignifikáns korrelációt (5. táblázat). A csoportosítás tartományait (Pekar 2004b) cikke alapján végeztem a hangyagenusok között. A legnagyobb korrelációs kapcsolat mindkét csoport esetén a közepes, valamint a nagy méretkategória esetén volt megfigyelhető, ez mindkét esetben szignifikánsnak mutatkozott, azonban stratégia szerint mértéke eltérő volt.

Az egyes hangyakötött pókfajok és hangyagenusok közötti korrelációs kapcsolatot is megvizsgáltuk, az ebből számított korreláció erősségének értékeit a 6. táblázat tartalmazza. Mint korábban, most is kevesebb esetben találtunk szignifikáns korrelációt bütykös hangyák esetében, míg a „fekete” hangyák és a pókok gyakran mutattak szignifikáns pozitív korrelációt. Amely fajok korrelációs kapcsolatot mutattak, az *Euryopis quinqueguttata* fajon kívül minden esetben egynél több hangyagenussal mutattak korrelációs kapcsolatot.

5. táblázat. Az egyes hangya méretkategóriák és a pók stratégiája alapján vizsgált korrelációs értékek és a hozzájuk tartozó szignifikanciaszint

	Hangyautánzó RHO	Hangyautánzó p	Hangyafogyasztó RHO	Hangyafogyasztó p
Kicsi (2 mm alatt)	0,12	0,104	0,24	0,0012
Közepes (2- 5 mm)	0,24	0,0012	0,57	2,2e-16
Nagy (5 mm felett)	0,29	5,77e-05	0,47	1,532e-11

Null-modell analízis

Az analízis során a hangya-pók közösség negatív asszociáltságának mértékét vizsgáltuk. Az elemzés során a szimulációt lefuttattuk csak pókok, csak hangyák, valamint a hangya-pókok együttes táblázatára. A szimuláció szerinti C-score értékeket a 7. táblázat tartalmazza, a terepi együtt-előfordulás viszonyított eredményét (standard hatásnagyság, p) a 8. táblázat tartalmazza. Az együtt-előfordulást előbb CSAPDA, majd CSAPDA-SZEZON szint szerint lefuttatva a legasszociáltabbnak a hangya-pók vegyes közösség bizonyult mind a szimulált modellt, mind az eredeti adatsort elemezve.

A táblázat alapján a negatív asszociáltságot jelző magasabb CU főként a vöröshangyák és a hangyakötött pókok között fordul elő. A *Zodarion rubidum* és a *Synageles hilarulus* faj esetében nem találtunk sakktáblamintát egyik hangyagenus esetében sem. A pók+hangya közösség esetén megvizsgáltuk az elemzés során az együtt-előfordulás alapján kapott CU mintázatot, amely a 9. táblázatban szerepel.

6. táblázat. A hangyautánzó pókfajok és a hangyagenusok r értékeinek táblázata. A táblázat felső sorában a hangyagenusok találhatóak (narancsszín – bütykös hangyák), az első oszlopban pedig a megtalált hangyakötött pókfajok (fekete – hangyafogyasztó tulajdonságú fajok). A táblázatban színezett rekordok a szignifikáns kapcsolatot jelzik ($p < 0,05$), a szín mélysége pedig a kapcsolat erősségét (sárga 0,2 alatt, narancs 0,2-0,3 között, piros 0,3-0,4 között, vörös 0,4 felett), a fehér rekordok esetén nem találtunk szignifikáns korrelációt. A táblázat a marginális értékek alapján van rendezve.

Pók/Hangya	<i>Camp.</i>	<i>Tapin.</i>	<i>Formica</i>	<i>Lasius</i>	<i>Plagi.</i>	<i>Bothr.</i>	<i>Lepto.</i>	<i>Temno.</i>	<i>Solenopsis</i>	<i>Myrmica</i>	<i>Tetra.</i>	<i>Myrmecina</i>	<i>Messor</i>
<i>Harpactea hombergi</i>	-0,04	0,11	-0,06	0,04	-0,04	-0,01	-0,02	-0,03	-0,02	-0,03	-0,05	-0,01	-0,04
<i>Micaria silesiaca</i>	0,11	0,07	-0,06	-0,06	-0,04	-0,01	-0,02	-0,03	-0,02	-0,03	0,09	-0,01	-0,04
<i>Euryopsis quinqueguttata</i>	0,09	0,01	0	-0,01	-0,06	0,25	-0,02	-0,04	-0,02	-0,05	0,08	-0,01	0,08
<i>Micaria formicaria</i>	0,11	0,15	0	0,04	-0,06	0,26	-0,02	0,11	-0,02	0,08	-0,07	-0,01	-0,06
<i>Synageles hilarulus</i>	0,11	0,12	0,1	0,04	0,16	-0,01	-0,02	-0,03	-0,02	0,19	-0,05	-0,01	-0,04
<i>Callilepis schuszeri</i>	0,23	0,09	0,23	0,01	0,14	-0,04	0,21	0	-0,05	-0,1	-0,04	-0,02	0,02
<i>Phrurolithus festivus</i>	0,15	0,13	0,15	0,11	0,09	0,11	0,1	0,09	-0,05	0,07	-0,01	-0,02	0,03
<i>Micaria dives</i>	0,28	0,19	0,17	0,11	0,21	-0,04	-0,04	0,02	0,1	0,01	0,07	-0,02	-0,04
<i>Phrurolithus szilyi</i>	0,24	0,32	0,2	0,16	0,18	0,02	0	0,01	0,14	-0,11	0,01	-0,04	0,13
<i>Zodarion rubidum</i>	0,37	0,34	0,53	0,54	0,29	-0,01	0,17	0,13	0,01	0	0	0,14	-0,06

CCA (Kanonikus Korrespondencia Analízis)

A CCA analízis során a lokalitásokat ordináltuk két változócsoporthoz. Az egyik változócsoporthoz az egyes lokalitásokban megfogott hangyakötött pókfajok szerepelnek, amelyek vizsgálat során tapasztalt egyedszáma 5-nél magasabb volt, míg a második a környezeti változóként kezelt hangyagenusokat jelenti. Az ordinációs ábrán (4. ábra) a pókfajokat és a legmeghatározóbb „környezeti változókat” – vagyis hangyagenusokat – ábrázoltuk. A hangyagenusokat vektorként ábrázoltuk, hatásuk annál nagyobb, minél hosszabbak, és annál inkább egy adott pókfajra hatnak, minél jobban az egyeneshez (ill. meghosszabbításához) közel, de az origótól távolabb található az adott pókfaj.

7. táblázat A Co-occurrence analízis során az egyes közösségekre kapott C értékek szemléltetése

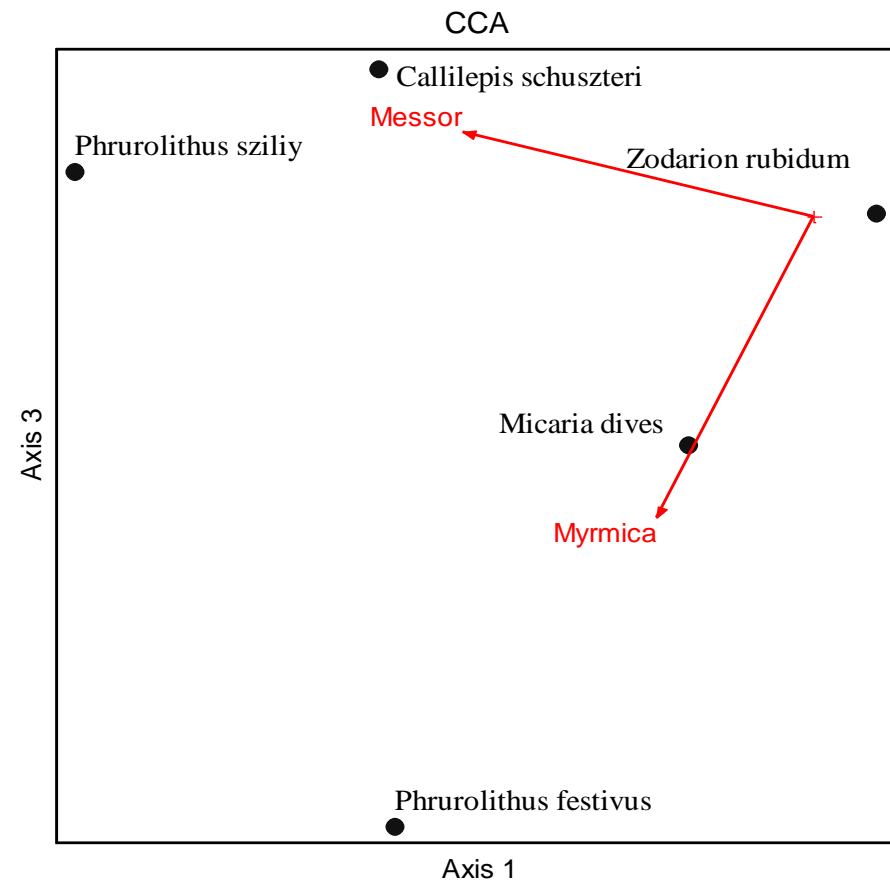
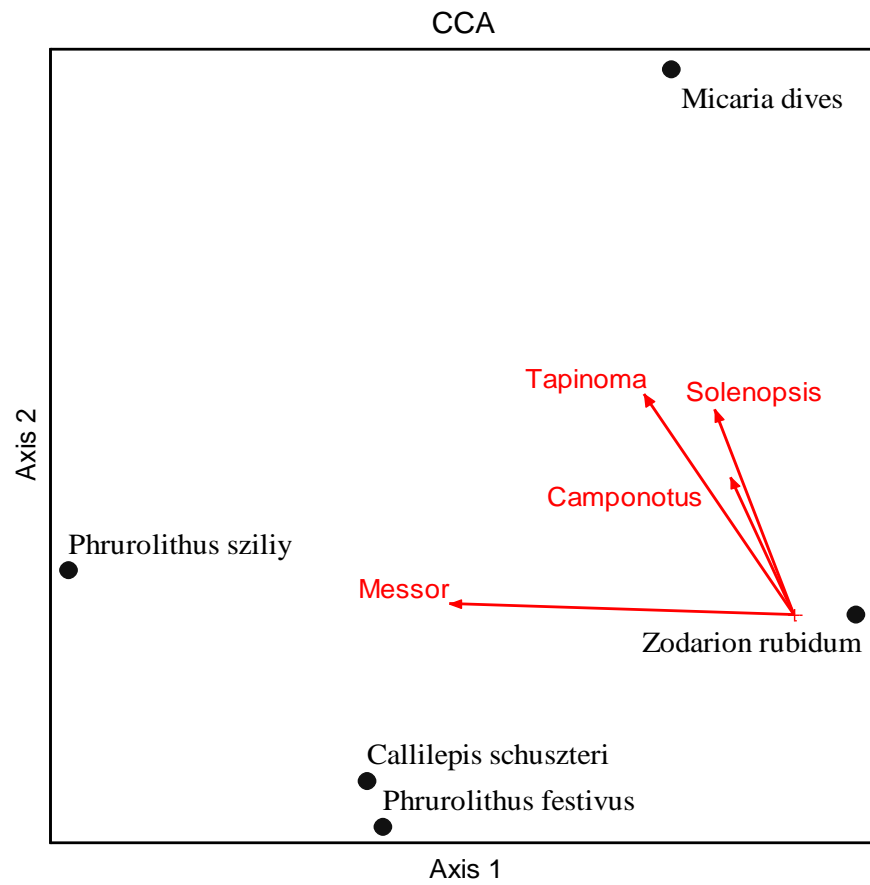
Összetétel	CSAPDA (C)	CSAPDA-SZEZON (C)
Csak pók	3,42	15,53
Csak hangya	2,31	11,82
Pók + Hangya	1,67	10,04

8. táblázat A Co-occurrence analízis során az egyes közösségekre kapott standard hatásnagyságok és valószínűségeik ($p < 0.05$)

Közösség	CSAPDA (S.E.S.)	CSAPDA (P)	CSAPDA-SZEZON (S.E.S.)	CSAPDA-SZEZON (P)
Csak pók	-1,8	0,02	-1,1	0,13
Csak hangya	-2,1	0,01	-3,2	0,0002
Pók + Hangya	-3,2	0,0002	-3,5	0,0001

9. táblázat. Adott hangya-pók pár CU értékei (sakktáblamintázatainak száma a vizsgálati egységek összes lehetséges kombinációjában). A táblázat felső sorában a hangyagenusok találhatóak (narancsszín – bütykös hangyák), az első oszlopban pedig a megtalált hangyakötött pókfajok (fekete – hangyafogyasztó tulajdonságú fajok). A táblázatban színezett rekordok a megtalált Checkerboard minták számát jelzik. A 4-5 (világoskék), 6-7 (kék), 8-9 (sötétkék), a 3 vagy kisebb értéket tartalmazó rekordok fehér színnel vannak jelölve.

Pók/Hangya	Temno.	Myrmecina	Myrmica	Lepto.	Bothr.	Solenopsis	Messor	Tetra.	Plagi.	Lasius	Formica	Tapin.	Camp.
<i>Zodarion rubidum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synageles hilarulus</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Euryopis quinqueguttata</i>	0	4	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Micaria silesiaca</i>	8	2	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harpactea hombergi</i>	8	2	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Micaria formicaria</i>	0	4	0	4	3	5	7	0	0	0	0	0	0
<i>Phrurolithus szilyi</i>	2	0	5	0	6	4	2	0	0	0	0	0	0
<i>Callilepis schuszteri</i>	6	8	6	6	6	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phrurolithus festivus</i>	0	5	2	2	8	9	8	0	0	0	0	0	0
<i>Micaria dives</i>	8	6	5	6	3	4	3	0	0	0	0	0	0



4. ábra A környezeti változók, jelen esetben a hangyák kapcsolata a hangyakötött pókfajokkal.

Diszkusszió

A hangyakötött pókfajok és hangyagenusok kapcsolatainak viselkedési és morfológiai szempontból történő részletes feltérképezése az elmúlt évek során nagy figyelmet kapott (Cushing 1997, Pekar 2004b, a, Nelson and Jackson 2009, Cushing 2012, Nelson and Jackson 2012). Azonban mind a szakirodalom, mind a jelen vizsgálat fényében világos, hogy a hangyák, valamint a hangyakötött pókfajok vizsgálata során a laboratóriumi eredmények és empirikus megfigyelések alátámasztására elengedhetetlenek a közösségökológiai vizsgálatok.

Jelen vizsgálatom első részében arra kerestem a választ, hogy milyen hangyakötött pókfajok találhatóak meg a területen, és ezek mely hangyagenusokkal állhatnak kapcsolatban a szakirodalmi adatok alapján. Kétéves vizsgálatom során összesen 10 hangyakötött pókfajt sikerült azonosítanom, és az azonosított fajok mindegyikéhez sikerült feltételezett hangyamodell fajt találni. Vizsgálatainkkal egyúttal bővítettük a Sas-hegy pókfaunájának ismeretét is, hiszen a 10 fajból 3 volt a hegyre nézve új. Így összességében a hegyről leírt hangyakötött pókfajok száma 14 lett.

A hegy domináns hangyakötött faja, a *Zodarion rubidum* csak a 90-es évek óta kerül elő, és jelen vizsgálatokban egészen magas egyedszámokat mutatott. Ezt a fajt Balognak a kőforgatás során (Balogh 1936) találnia kellett volna, ebből következik, hogy megjelenése és elterjedése később ment végbe. Visszafelé gondolkodva a *Z. rubidum* faj, de az összes többi hangyakötött fajnak a Balogh vizsgálatok óta tapasztalt nagymértékű térnyerése, a faj- és egyedszám növekedése indikálhatja a hangyák térnyerését a hegyen.

A mi vizsgálatunk befejeződése után a terület közelében található felhagyott kertekből előkerült a *Phrurolithus minimus* faj (Szinétár et al. 2012), amely szintén hangyakötött életmódot folytat (Cushing 1997), és valószínűsíti, hogy a hegy jövőbeli alapos monitorozása során további hangyakötött fajok kerülhetnek elő. Több hangyakötött fajról is elmondható, hogy általánosságban ritka fajnak számítanak (e tekintetben referenciaként figyelembe vehető témavezetőm, Samu Ferenc közel 20 éves országos adatbázisa (Samu et al. 2008)) és ugyanezen fajok a mi vizsgálataink során is alacsony egyedszámot mutattak. A hangyautánzó fajok általános ritkaságának egyik oka lehet, hogy a hangyaszerű morfológia miatt a testalkatuk sokkal vékonyabb, elnyújtottabb lehet, emiatt a nőstények kevesebb petét raknak, a fekunditásuk alacsonyabb, mint az azonos mikrohabitatban élő, hasonló méretű fajké (Cushing 1997). Ellenkező irányú egyedszámváltozást, vagyis a Balogh-gyűjtésekhez képest csökkenést a *Phrurolithus pullatus* faj esetében tapasztaltunk. Erre magyarázatul

szolgálhatnak Balogh János eltérő gyűjtési módszerei, ugyanis a mi vizsgálatunk során egyelées mintavételt nem alkalmaztunk.

A vizsgálat következő része az asszociációs mintázatok feltérképezése volt, melynek során egy komplex rendszert kívántunk különféle statisztikai módszerek segítségével feltárni (korreláció, Null-modell analízis, CCA). Az eltérő vizsgálatok során egymásnak nem ellentmondó asszociációs mintázatot sikerült kimutatni, melyben jól kirajzolódtak az erősebb és gyengébb, pozitív vagy negatív kapcsolatok a hangyakötött pókfajok és a hangyagenusok között. Az egymással asszociációban lévő fajok ökológiai és morfológiai tulajdonságaiból levonhatunk bizonyos következtetéseket.

Az asszociációs vizsgálatok során nem sikerült igazán fajspecifikus kapcsolatot felfedezni, alátámasztva azt a hipotézist, hogy a hangyakötődés nem konkrét fajokra, hanem hasonló szinpatrikus fajokra, genusokra vonatkozik. A különféle stratégiáknál ennek más-más oka lehet. Hangyautánzó pókok között a több hangyagenussal történő asszociáció polimorf mimikrire utalhat (Cushing 1997), ami alátámaszthatja az ultimális adaptáció hipotézist, mely szerint így több különböző modell védelméből részesülhetnek egy heterogén környezet esetén, valamint a predátorok összezavarása során nagyobb eséllyel képes elmenekülni (Schowalter 2006).

Hangyafogyasztó pókok, mint például a *Zodarion rubidum*, pusztán magára a hangyafogyasztásra és nem konkrét hangyafajokra vagy genusokra specializálódnak. Mindkét csoport esetén negatív asszociáltság mutatkozott a bütyköshangyák irányába. Hangyautánzó fajok esetén az ok a fekete hangyák dominanciája és nagyobb egyedszáma lehet, hiszen a Bates-i mimikri figyelmeztető jel erőssége nagyobb, ha a mimizált taxon nagy tömegben van jelen (Schowalter 2006). Hangyafogyasztók esetében az okot a préda leterítésének problémája jelenti, hiszen ezen fajok kutikulája erőteljesebb, propodeális tüskéik és fullánkjuk jó védelmet jelent. *Zodarion rubidum* faj esetében feltételezhető, hogy mérgük kevésbé hatásos e genusok esetén (Pekar 2004b).

A méretkategóriák szerinti vizsgálat során is hasonlóan reagált a két csoport, mivel mindegyik esetben a nagy és a közepes csoportokkal fordultak elő szívesebben együtt, hangyautánzók esetén ennek oka lehet, hogy a pókok testméretei e tartományba esnek, így javítják a mimikri hatékonyságát, ezt támasztja alá, hogy a kis kategóriával nem mutattak szignifikáns összefüggést, hangyafogyasztók esetén pedig a költség-nyereség játszhat szerepet. A hangyák elejtése nehéz, jól védekeznek, agresszívek és csoportosan támadnak. Éppen ezért nem éri meg az alacsony nyereséget biztosító kistermetű hangyákat fogyasztani, hiszen arányosan kevesebb nyereséggel jár az elfogyasztásuk ahhoz képest, hogy milyen

költségeket szenvednek (Pekar 2004b, Cushing 2012). Ennek tulajdonítható, hogy bár korreláció mutatható ki kistermetű hangyagenusokkal, a korreláció mértéke nagyobb méretkategóriák esetén sokkal erősebb. A *Zodarion rubidum* faj méretpreferenciája nagyjából azonos vagy kicsit nagyobb saját testméreténél (Pekar 2004b), alátámasztva a korábbi feltételezésünket.

A szakirodalomban elkülönítene a pontos és pontatlan mimikrit. A pontos mimikri gyakorisága a trópusok felé haladva nő (Schowalter 2006), a mérsékelt övi zónában a pontatlanabb mimikri gyakoribb. A direkt modell pontatlan mimikri esetén nehezebben megállapítható, mivel nincsenek viselkedési, valamint morfológiai módosulások, valamint nem fajokra, hanem nagyobb taxonómiai egységekre (pl. genus) vonatkozik (Pekar and Jarab 2011). Végül következtetésként a vizsgálatból levonható, hogy az ökológiai mintázatok csoport és/vagy stratégia alapú asszociációk alapján alátámasztják az elméletet a hangyakötött pókfajok pontatlan mimikrijéről.

Összefoglalás

A pókok és hangyák ökológiai jelentősége jól ismert, hasonlóképpen, mint a speciális kapcsolat különféle hangya- és pókfajok között. A három fő stratégia (myrmecomorphia, myrmecophilia és myrmecophagia), ami összeköti a pókokat és a hangyákat, eddig nagyrészt pusztán viselkedési és morfológiai szinten volt tanulmányozva. Azonban sokkal kevesebb információnk van arról, hogy ezek a kapcsolatok hogyan realizálódnak az ökológiai szinten, hatnak-e a populációk és közösségek eloszlására. Hogy megvizsgáljuk a hangya-pók asszociációs mintázatokat, 2010 és 2012 között talajcsapdázást folytattunk a budai Sas-hegyen, amely egy dolomit alapkőzetű, Budapest szívében elhelyezkedő természetvédelmi terület. A pók-, valamint a hangyaadatokat nyolc helyszínen öt gyepfoltban gyűjtöttük, minden lokalitáson öt talajcsapdával, melyek kéthetes ürítés mellett a kétéves időtartam alatt folyamatosan üzemeltek. A vizsgálat során talajcsapdák és a talajcsapdafogások szezonális lebontásának szintjein kerestünk a pók-hangya együtt-előfordulás (co-occurrence) mintázatokat. Az elemzés során ezen mintázatok felleléséhez a következő módszereket alkalmaztuk: korrelációanalízis (Spearman korreláció) hogy az esetleges fajpárokat felderítsük, null-modell analízis (C-score érték) a negatív asszociációk feltárására, valamint CCA-t (Kanonikus Korrespondencia Analízis) az asszociációk többváltozós tulajdonságainak felderítésére. Ezek az alternatív statisztikai módszerek következetes együtt-előfordulás mintázatokat tártak fel. Az asszociációk nem voltak fajspecifikusak, azonban meghatározhattunk vele olyan pókfajokat, amelyek kisebb-nagyobb számú hangyagenussal asszociációt mutattak. Hasonlóképpen megfigyelhettünk bizonyos hangyagenusokat, amelyek több pókfajt vonzottak, és olyanokat, amelyek neutrális vagy negatív asszociációs mintázatot mutattak. A myrmecophág pókok szélesebb preferenciát mutattak, de nem asszociálódtak kisméretű hangyákkal. A bütykös hangyák erőteljesebb védelmük és agresszív viselkedésük miatt szignifikánsan kevesebb asszociációt mutattak a pókokkal, különösképpen myrmecophágok között. A vizsgálatból levonható, hogy az ökológiai mintázatok csoport és/vagy stratégia alapú asszociációk alapján alátámasztják az elméletet a hangyakötött pókfajok pontatlan mimikrijéről.

Summary

Population level interactions between myrmecomorph and myrmecophagous spiders and ants on the Sas-hegy dolomitic hill

The ecological importance of both ants and spiders is well known, such as the special relationship between certain spiders and ants. The three main strategies (myrmecomorphy, myrmecophily and myrmecophagy) that connect spiders to ants have been mostly studied at the behavioural level. However, much less is known about how these relationships manifest at the ecological level by shaping the distribution of populations and assemblages. To study spider-ant association patterns we sampled by pitfall traps for two years (2010-2012) on the dolomitic hill Sas-hegy located in Budapest, Hungary. Spider and ant data was gathered at eight locations in five grassland patches, each location sampled with five pitfalls operated during the whole length of the study. We searched for patterns of spider-ant co-occurrence at the location at the level of the cumulative samples of individual pitfalls and at the level where pitfall catches were broken down seasonally. To find co-occurrence patterns, three approaches were used: correlation analyses (Spearman correlation) to find species pairs, null-model analyses (C-score) to uncover negative associations, and CCA (Canonical Correspondence Analysis) to reveal the multivariate nature of the associations. These alternative statistical methods revealed consistent co-occurrence patterns. Associations were not species specific, but we could identify spider species that showed associations with a larger or smaller number of ant genera. Similarly we could identify ant genera that attracted several spider species and others that had neutral association pattern. Myrmecophagous spiders showed a wider preference, but did not associate with small ants. Among the ants red ants (with strong defences) showed significantly lower association with spiders, especially with myrmecomorphs. Revealing the ecological pattern of group and/or strategy based associations is congruent with theories regarding inaccurate ant mimicry in spiders.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Samu Ferencnek, hogy minden segítséget megadott a szakdolgozati munkám elkészítéséhez, konzulensemnek, Fülöp Dávidnak, aki értékes észrevételeivel segítette munkám előrehaladását, valamint a beszámolóim elkészítését. Köszönöm a segítséget a Növényvédelmi Kutatóintézet munkatársainak, különösen Botos Erikának, Fetykó Kingának és Szita Évának a pókhatározás rejtjelmeibe való beavatásért és a határozásban nyújtott segítségért. Köszönettel tartozom Csósz Sándornak a hangyahatározás alapjainak megismertetéséért, hasznos észrevételeiért, Lőrinczi Gábornak a hangyahatározó könyvek eljuttatásáért, Lang Zsolt tanár úrnak a statisztikai elemzéseknél nyújtott segítségéért. Köszönöm a segítséget mindenkinek, aki a kétéves gyűjtés során segített a terepi mintavételben, köszönöm a Sas-hegy TVT munkatársainak támogatását, és köszönettel tartozom Kézdy Pálnak a DINP igazgatóságáról a Sas-hegy kulcsáért. Köszönöm mindenkinek, aki támogatott engem, biztatott és bármilyen segítséggel hozzájárult a szakdolgozatom elkészüléséhez.

Felhasznált irodalom

- Balogh, J. 1936. A Sashegy pókfaunájának bioszociológiai vizsgálata. *Állattani Közlemények* **33**:215.
- Beccaloni, J. 2009. *Arachnids*. Page 320 CSIRO Publishing.
- Bleicher, K., F. Samu, C. Szinetár, and T. Rédei. 1999. A budai Sas-hegy Természetvédelmi Terület farkaspókjainak (Araneae, Lycosidae) vizsgálata hatvan évvel ezelőtt és napjainkban [Study of the wolf spiders (Araneae, Lycosidae) of the Sas-hegy Nature Reserve in Budapest sixty years ago and today]. *Természetvédelmi Közlemények* **8**:111-119.
- Chyzer, K. and L. Kulczynski. 1894. *Araneae Hungariae. Tomus II, pars prior : Theridioidae.* Academie Scientiarum Hungaricae, Budapest.
- Chyzer, K. and L. Kulczynski. 1897. *Araneae Hungariae. Tomus II. pars posterior: Zodarioidae, Agalenoidae, Drassoidae, Zoropseoidae, Dysderoidae, Filistatoidae, Calommatoideae, Theraphosoidae.* Academie Scientiarum Hungaricae, Budapest.
- Chyzer, K. and W. Kulczynski. 1896. *Aranea.-Pókok. Fauna Regni Hungariae. Regia Societas Scientiarum Naturalium Hungarica, Budapest.*
- Csósz, S., B. Markó, and L. Gallé. 2011. The myrmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) of Hungary: an updated checklist. *North-Western Journal of Zoology* **7**:55.
- Cushing, P. E. 1997. Myrmecomorphy and myrmecophily in spiders: A review. *Florida Entomologist* **80**:165-193.
- Cushing, P. E. 2012. Spider-Ant Associations: An Updated Review of Myrmecomorphy, Myrmecophily, and Myrmecophagy in Spiders. *Psyche* **2012**:23.

- Czechowski, W., A. Radchenko, W. Czechowska, and K. Vepsäläinen. 2012. The ants of Poland with reference to the myrmecofauna of Europe. *Fauna Poloniae* 4. Natura Optima Dux Foundation, Warsaw.
- Gotelli, N. J. 2000. Null model analysis of species co-occurrence patterns. *Ecology* **81**:2606-2621.
- Gotelli, N. J. and G. L. Entsminger. 2010. EcoSim: Null models software for ecology. Version 7. <http://garyentsminger.com/ecosim.htm>. Acquired Intelligence Inc. & Kesity-Bear, Jericho, VT 05465.
- Hänggi, A., W. Nentwig, C. Kropf, and T. Blick. 2004. www.araneae.unibe.ch Central European Spiders - Determination Key. Pages 207-213 in F. Samu and C. Szinetár, editors. *European Arachnology 2002*. Plant Protection Institute & Berzsenyi College, Budapest.
- Heimer, S. and W. Nentwig. 1991. *Spinnen Mitteleuropas*. Paul Parey, Berlin.
- Kádár, F. and F. Samu. 2006. A duplaedényes talajcsapdák használata Magyarországon [On the use of double-cup pitfalls in Hungary]. *Növényvédelem* **42**:305-312.
- Loksa, I. 1969. Pókok I. - Araneae I. Page 133 *Magyarország Állatvilága (Fauna Hungariae)*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Loksa, I. 1972. Pókok II. - Araneae II. Page 112 *Magyarország Állatvilága (Fauna Hungariae)*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Loksa, I. 1991. Über einige Arthropoden-Gruppen aus dem Pilis-Biosphären-Reservat (Ungarn). 2. Die Diplopoden, Chilopoden, Weberknechte und Spinnen aus dem Gebiet zwischen Kakas-Berg (Pilisszentkereszt) und Ispán-Wiese (Mikula-harasz). *Opuscula Zoologica* **24**:129-141.
- McCune, B. and J. B. Grace. 2002. *Analysis of ecological communities*. MjM Software Design, Gleneden Beach.
- McCune, B. and M. J. Mefford. 2006. *PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data*. Version 5.31. MjM Software Design, Gelenden Beach, Oregon.

- McIver, D. J. and G. Stonedahl. 1993. Myrmecomorphy: Morphological and behavioral mimicry of ants. *Annual Review of Entomology* **38**:351-379.
- Miller, F. 1967. Studien über die kopulationsorgane der spinnengattung *Zelotes*, *Micaria Robertus* und *Dipoena* nebst beschreibung einiger neuen oder unvollkommen bekannten spinnenarten. *Acta sc. nat. Brno.* **1**:251-298.
- Nelson, X. J. and R. R. Jackson. 2009. Collective Batesian mimicry of ant groups by aggregating spiders. *Animal Behaviour* **78**:123-129.
- Nelson, X. J. and R. R. Jackson. 2012. How spiders practice aggressive and Batesian mimicry. *Current Zoology* **58**:620-629.
- Nentwig, W., T. Blick, D. Gloor, A. Hänggi, and C. Kropf. 2013. Spiders of Europe www.araneae.unibe.ch version 2.2013.
- Pekar, S. 2004a. Poor display repertoire, tolerance and kleptobiosis: Results of specialization in an ant-eating spider (Araneae, Zodariidae). *Journal of Insect Behavior* **17**:555-568.
- Pekar, S. 2004b. Predatory behavior of two European ant-eating spiders (Araneae, Zodariidae). *Journal of Arachnology* **32**:31-41.
- Pekar, S. and M. Jarab. 2011. Assessment of color and behavioral resemblance to models by inaccurate myrmecomorphic spiders (Araneae). *Invertebrate Biology* **130**:83-90.
- Platnick, N. I. 2010. The World Spider Catalog, Version 11.0 <http://research.amnh.org/entomology/spiders/catalog/>. The American Museum of Natural History, New York.
- Platnick, N. I. 2013. The World Spider Catalog, Version 13.5 <http://research.amnh.org/entomology/spiders/catalog/>. The American Museum of Natural History, New York.
- Rákóczi, A. M. and F. Samu. 2012. Természetvédelmi célú orgonairtás rövidtávú hatása pókegyüttesekre [The short term effect of *Syringa* eradication conservation management on spider assemblages]. *Rosalia* **8**:141-149.
- Reiczigel, J., A. Harnos, and N. Solymosi. 2007. Biostatistika nem statisztikusoknak. Pars Kft., Nagykovácsi.

- Roberts, M. J. 1993. The spiders of Great Britain and Ireland. Harley Books, Essex.
- Roberts, M. J. 1995. Spiders of Britain and Northern Europe. HarperCollins, London.
- S., U. 1997. On the biology of *Dipoena torva* (Araneae: Theridiidae). *Arachnol. Mitt.* **13**:29-40.
- Samu, F., P. Csontos, and C. Szinetar. 2008. From multi-criteria approach to simple protocol: Assessing habitat patches for conservation value using species rarity. *Biological Conservation* **141**:1310-1320.
- Schowalter, T. D. 2006. *Insect Ecology: An Ecosystem Approach*. Elsevier Science.
- Somfai, E. 1959. Hangya alkatúak Formicoidea. Page 79 *Magyarország Állatvilága (Fauna Hungariae)*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Stone, L. and A. Roberts. 1990. The checkerboard score and species distributions. *Oecologia* **85**:74-79.
- Szinetár, C., A. M. Rákóczi, K. Bleicher, E. Botos, P. Kovács, and F. Samu. 2012. A Sas-hegy pókfaunája II. A Sas-hegy faunakutatásának 80 éve a hegyről kimutatott pókfajok kommentált listája [Spider fauna of Mt Sas-hegy II. 80 years of fauna research on Mt Sas-hegy, with the annotated list of spiders]. *Rosalia* **8**:333-362.
- Szinetár, C. and F. Samu. 1996. A budai Sas-hegy pókfaunájának állapotfelmérése. Előzetes eredmények. Page 58 *in* A Magyar Biológiai Társaság XXII. Vándorgyűlése, Gödöllő.
- Ulrich, S. 1997. On the biology of *Dipoena torva* (Araneae: Theridiidae). *Arachnologische Mitteilungen* **13**:29-40.

HuVetA - SZIA

ELHELYEZÉSI MEGÁLLAPODÁS ÉS SZERZŐI JOGI NYILATKOZAT*

Név:

Elérhetőség (e-mail cím):

A feltöltendő mű címe:

.....

A mű megjelenési adatai:

Az átadott fájlok száma:

Jelen megállapodás elfogadásával a szerző, illetve a szerzői jogok tulajdonosa nem kizárólagos jogot biztosít a HuVetA és a SZIA számára, hogy archiválja (a tartalom megváltoztatása nélkül, a megőrzés és a hozzáférhetőség biztosításának érdekében) és másolásvédett PDF formára konvertálja és szolgáltatassa a fenti dokumentumot (beleértve annak kivonatát is).

Beleegyeznek, hogy a HuVetA és a SZIA egynél több (csak a HuVetA és a SZIA adminisztrátorai számára hozzáférhető) másolatot tároljon az Ön által átadott dokumentumból kizárólag biztonsági, visszaállítási és megőrzési célból. Kijelenti, hogy a átadott dokumentum az Ön műve, és/vagy jogosult biztosítani a megállapodásban foglalt rendelkezéseket arra vonatkozóan.

Kijelenti továbbá, hogy a mű eredeti és legjobb tudomása szerint nem sérti vele senki más szerzői jogát. Amennyiben a mű tartalmaz olyan anyagot, melyre nézve nem Ön birtokolja a szerzői jogokat, fel kell tüntetnie, hogy korlátlan engedélyt kapott a szerzői jog tulajdonosától arra, hogy engedélyezhesse a jelen megállapodásban szereplő jogokat, és a harmadik személy által birtokolt anyagrészt mellett egyértelműen fel van tüntetve az eredeti szerző neve a művön belül. A szerzői jogok tulajdonosa a hozzáférés körét az alábbiakban határozza meg (**egyetlen, a megfelelő négyzetben elhelyezett x jellel**):

- engedélyezi, hogy a HuVetA-ban/SZIA-ban tárolt művek korlátlanul hozzáférhetővé váljanak a világhálón,
- a Szent István Egyetem belső hálózatára (IP címekre) korlátozza a feltöltött dokumentum(ok) elérését,
- a SZIE Állatorvos-tudományi Könyvtárban található, dedikált elérést biztosító számítógépre korlátozza a feltöltött dokumentum(ok) elérését,
- csak a dokumentum bibliográfiai adatainak és tartalmi kivonatának feltöltéséhez járul hozzá (korlátlan hozzáféréssel),
- nem engedélyezi a feltöltött dokumentum(ok) elérését és a dokumentum bibliográfiai adatainak nyilvánossá tételét a HuVetA-ban/SZIA-ban

* Jelen nyilatkozat az 5/2011. számú, *A Szent István Egyetemen folytatott tudományos publikációs tevékenységgel kapcsolatos adatbázis kialakításáról és alkalmazásáról* című rektori utasításhoz kapcsolódik, illetve annak alapján készült

Kérjük, **nyilatkozzon a négyzetben elhelyezett jellel a helyben használatról is:**

Engedélyezem a dokumentum(ok) nyomtatott változatának helyben olvasását a könyvtárban.

Amennyiben a feltöltés alapját olyan mű képezi, melyet valamely cég vagy szervezet támogatott illetve szponzorált, kijelenti, hogy jogosult egyetérteni jelen megállapodással a műre vonatkozóan.

A HuVetA/SZIA üzemeltetői a szerző, illetve a jogokat gyakorló személyek és szervezetek irányában nem vállalnak semmilyen felelősséget annak jogi orvoslására, ha valamely felhasználó a HuVetA-ban/SZIA-ban engedéllyel elhelyezett anyaggal törvénytisztító módon visszaélne.

Budapest, 2013. év.....hónap..... nap

aláírás

szerző/a szerzői jog tulajdonosa

A HuVetA Magyar Állatorvos-tudományi Archivum – Hungarian Veterinary Archive a Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Könyvtár, Levéltár és Múzeum által működtetett szakterületi online adattár, melynek célja, hogy a magyar állatorvos-tudomány és -történet dokumentumait, tudásvagyonát elektronikus formában összegyűjtse, rendszerezze, megőrizze, kereshetővé és hozzáférhetővé tegye, szolgáltassa, a hatályos jogi szabályozások figyelembe vételével.

A HuVetA a korszerű informatikai lehetőségek felhasználásával biztosítja a könnyű, (internetes keresőgépekkel is működő) kereshetőséget és lehetőség szerint a teljes szöveg azonnali elérését. Célja ezek révén

- *a magyar állatorvos-tudomány hazai és nemzetközi ismertségének növelése;*
- *a magyar állatorvosok publikációira történő hivatkozások számának, és ezen keresztül a hazai állatorvosi folyóiratok impakt faktorának növelése;*
- *az Állatorvos-tudományi Kar és az együttműködő partnerek tudásvagyonának koncentrált megjelenítése révén az intézmények és a hazai állatorvos-tudomány tekintélyének és versenyképességének növelése;*
- *szakmai kapcsolatok és együttműködés elősegítése,*
- *a nyílt hozzáférés támogatása.*

A SZIA Szent István Archivum a Szent István Egyetemen keletkezett tudományos dolgozatok tára.

Témavezetői nyilatkozat

Alulírott kijelentem, hogy a Rákóczi András Márton, Biológia MSc-s hallgató által készített **„A Sas-hegyen élő hangyautánzó és hangyafogyasztó pókok és hangyák interakcióinak populációs szintű vizsgálata”** című szakdolgozatának tartalmát ismerem, azzal egyetértek, s védeésre való benyújtását javaslom.

.....

Dátum

.....

Aláírás