

**A biotikus és abiotikus környezeti
tényezők, valamint az erdei vöröshangya
fajcsoport kapcsolatainak vizsgálata
Közép-Európában**

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Juhász Orsolya

Témavezető:

Dr. Maák István Elek

egyetemi adjunktus
Ökológiai Tanszék, Szegedi Tudományegyetem



Biológia Doktori Iskola
Szegedi Tudományegyetem
Természettudományi és Informatikai Kar
Ökológiai Tanszék

Szeged
2021

BEVEZETÉS

Az erdei vöröshangya fajcsoport tagjai kulcsszerepet töltenek be a túlevelű és kevert erdők ökoszisztémájában. Hatással vannak az elemek körforgására, a lágý- és fásszárú növények elterjedésére, növekedésére, illetve a környezetükben élő ízeltlábú és gerinces állatfajokra. Dombfészkeik számos hangyákhoz kötődő fajnak jelentenek menedéket.

A vöröshangyák elterjedését és életképességét (ezzel együtt pedig a flórára és faunára gyakorolt hatásukat) a környezeti tényezők jelentősen befolyásolják. Az ilyen környezeti tényezők nagy- és kisléptékben fejthetik ki hatásukat. A földrajzi szélességi vagy a tengerszint feletti magassági gradiens mentén a hőmérsékletben és a besugárzásban is változás történik, mely meghatározza az élőlények elterjedését és befolyásolhatja azok jellegeit is. Az ilyen gradiensek mentén történő változásokat írhatja le a Bergmann szabály, mely szerint ugyanazon fajon belül a hőmérséklet csökkenésével nő az egyedek testmérete. Erdei vöröshangyák esetében feltételezhető, hogy a fészkeik mérete a gradiensek mentén a Bergmann szabály szerint változhat, de ezzel foglalkozó vizsgálat még nem ismeretes.

Ahhoz, hogy a fenti mintázatok érvényesülni tudjanak megfelelő élőhelyi körülményekre van szükség, ahol kialakulhat a facsoportra jellemző kolónia struktúra és méret, valamint fészekszerkezet. Az erdei vöröshangya fajcsoport tagjai ezeket az ideális körülményeket a túlevelű és a kevert-túlevelű erdőkben találják meg. Táplálékuk jelentős részét a túlevelű fákon táplálkozó levéltetvek ürüléke, a mézharmat adja, a fenyőgyanta fontos szerepet tölt be a fészekhigiénia megőrzésében, valamint a túlevelek fészekanyagul (jellegzetes alak és hőhőzartás kialakítása) szolgálnak. Az antropogén klímaváltozás hatásai miatt (pl. szű fajok gradációja) a túlevelű erdők száma egyre csökken. Ennek köszönhetően a vöröshangyák alternatív élőhelyek benépesítésére kényszerülnek, de ezen élőhelyeken életképességük feltételezhetően lecsökken, azonban erre vonatkozó célirányos vizsgálatok Közép-Európában még nem ismertek.

A vöröshangya élőhelyek eltűnéséhez vezet az antropogén klímaváltozás. Melynek köszönhetően az emelkedő hőmérséklet és az ezt kísérő váratlan időjárási jelenségek az erdőkben egyre növekvő

mennyiségű biotikus (pl. szű gradáció) és abiotikus (pl. szárazság, tavaszi fagy) károkat idéznek elő. A biotikus károk nagy részét adó szű fajok elleni védekezésben a hagyományos kezelés mellett (pl. tarvágás vagy vegyszeres védekezés) alternatív biológiai védekezési módok is fontossá válhatnak. Az erdei vöröshangya fajcsoport tagjai magas fehérje igényüknek és erős territoriális viselkedésüknek köszönhetően alkalmasak biológiai védekezésre (pl. *Oporinia autumnata* gradáció esetén), azonban a túlelű és vegyes erdőkben tapasztalható farontó bogarak (pl. szű fajok) és gombafajok növekvő kártétele elleni védekezésben mutatott hatékonyságuk nem ismert.

Az erdei vöröshangya fajcsoport tagjai nem csak a gradációban résztvevő fajok populációit szabályozzák, hanem a körülöttük élő hangyafajokét is. Territoriális viselkedésük és a kompetitív hierarchiában betöltött szerepük a Skandináv országokban részletesen vizsgált. Továbbá a fajcsoport egyes fajainak különböző hatásait külön-külön is sokat kutatták, azonban az ugyanazon az élőhelyen élő két vöröshangya faj hangyaközösségre gyakorolt eltérő hatásait még nem vizsgálták.

CÉLKITŰZÉSEK

Kutatásom során az alábbi célkitűzéseket fogalmaztam meg melyeket két fő témakör szerint csoportosítottam. Ezek a környezeti tényezők és az erdei vöröshangya fajcsoport tagjai közötti kapcsolat iránya alapján a következők:

A környezet hatása az erdei vöröshangyákra

1. Vizsgálat: Nagy- és kisléptékű környezeti tényezők hatása a vöröshangya fészkek méreteloszlására

Feltételeztem, hogy

- a) a földrajzi szélességi és tengerszint feletti magassági gradiensek a Bergmann szabálynak megfelelően befolyásolják az erdei vöröshangyák fészke méretét.
- b) a kisléptékű tényezők finomhangolják a nagyléptékű hatásokat.

2. Vizsgálat: Túlevelű fajok hiányának hatása az erdei vöröshangyákra

Feltételeztem, hogy

- a) a túlevelű fajok hiányában az erdei vöröshangyák fészekmérete csökken, valamint megváltozik a kolónia szerkezete.
- b) a lombhullató erdőben a megfelelő fészeképítő anyag hiányában a fészekalak megváltozik.

A vöröshangya kolóniák környezetükre gyakorolt hatásai

3. Vizsgálat: A vöröshangyák hatása az erdők szúfertőzöttségére

Feltételeztem, hogy

- a) az erdei vöröshangya fajcsoport jelenléte csökkenti a szú fajok (*Ips* spp.) által károsított fák számát.
- b) a gradációt nem, vagy csak ritkán mutató bogárcsoportok (díszbogarak, cincérek) által károsított fák számára nem lesz hatással.

4. Vizsgálat: A vöröshangya fajok más hangyafajokra gyakorolt hatásai

Mindkét faj esetében jellemző, hogy kizárják a kompetitor hangyafajokat, csökkentik az agresszív (encounter) fajok fészkeinek számát, valamint jobban megtűrik a szubmisszív hangyafajok fészkeit a domináns fajokéhoz képest. Azonban a két faj között fennálló különbségek miatt feltételeztem, hogy az egyazon élőhelyen belül, az egymás közelségében élő két vöröshangya faj (*F. polyctena* és *F. rufa*) kolóniái a fészkeikhez közeli területeken

- a) eltérő módon befolyásolják más hangyafajok előfordulását, továbbá ezen hatása függ
- b) a kolóniáik méretétől és a
- c) tőlük való távolságtól.

ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

Az erdei vöröshangya fajcsoport jellegzetességeinek vizsgálatát három közép-európai országban (Magyarország, Szlovákia, Lengyelország) végeztük 2017-2019 között. Mintavételezési

régióinkat földrajzi szélességi (Ásotthalom 46.215283°É – Koszalin 54.069650°É) és magassági (75 m – 954 m) gradiens mentén helyeztük el. A környezeti háttérváltozókat a WorldClim (Global Climate Data) adatbázisból szereztük be. Összesen 12 régióban történt meg a vöröshangya kolóniák felmérése és strukturális leírása, valamint az erdőfoltok jellemzése. Minden régióban három darab, 150 × 150 m-es mintavételi foltot jelöltünk ki kevert tűlevelű erdőkben. Megfelelő jellegzetességű populációk hiányában a Gorce, Tátra és Mátra Hegység régiókban, csak két mintavételi foltban, valamint Koszalin régióban csak egy mintavételi foltban (viszont kiemelkedően magas fészekszámmal) tudtuk elvégezni mintavételezésünket.

1. Vizsgálat: A mintavételi foltokban a fészkek helyét GPS-el jelöltük (GARMIN Oregon 700t). Minden fészkeknek lemértük a két legnagyobb, egymásra merőleges átmérőjét és a földfelszíntől mért magasságát. A lemért fészkekméreték segítségével később kiszámítottuk a fészkek földfelszín feletti térfogatát. Feltérképeztük a fészkekhez tartozó keresőútvonalakat, valamint lemértük azok hosszát (m). A fészkek körül 360°-ban lemértük a legközelebbi fák távolságát, lejegyeztük azok fafaját, a mellmagasságban mért kerületüket (cm), valamint a levéltetveket látogató hangyák jelenlétét/hiányát.

2. Vizsgálat: A tűlevelű fajok hiányában kialakuló változások monitorozásához az előbbieken ismertetett módon egy referenciaként használt kevert tűlevelű-lombhullató erdőfoltot hasonlítottunk össze egy közelmúltban tarvágáson átesett és egy lombhullató folttal.

3. Vizsgálat: A fentiek mellett felvételeztük a sérült fákat is, feljegyezve a fa faját, a faanyag típusát és állapotát. Feljegyzésre kerültek a fát ért biotikus (különböző behatolási és rágásnyomok alapján a szú, díszbogár és cincér fajok és gombás fertőzések általi érintettség).

4. Vizsgálat: A *F. rufa* és *F. polyctena* hangyaközösségre gyakorolt hatásának vizsgálatát 10-10 fészkek körül vizsgáltuk a Białowieża Erdőben (Lengyelország). Minden vöröshangya fészkek esetében a

fészkektől a négy égtáj irányába néző transzkek mentén három távolságban (10 m, 20 m, 30 m) elhelyezett 10 m²-es mintavételi foltokban (összesen 12 folt/fészek) végeztük el a jelenlevő egyéb hangyafajok fészektérképezését. A mintavételi foltokon belül feljegyzésre került a más hangyafajokhoz tartozó fészkek száma, valamint ez utóbbiak pontos helye. Emellett feljegyzésre került az adott vöröshangya faj dolgozóinak (RWA±) és keresőutvonalainak jelenléte is.

EREDMÉNYEK ÉS TÁRGYALÁSUK

A környezet hatása az erdei vöröshangyákra

1. Vizsgálat: Nagy- és kisléptékű környezeti tényezők hatása a vöröshangya fészkek méreteloszlására (Juhász és mtsai. 2020a)

Eredményeink azt mutatták, hogy a nagyléptékű környezeti tényezők közül a földrajzi szélességi gradiens a Bergmann szabálynak megfelelően hat a *F. polyctena* fészekméretére, ugyanis a *F. polyctena* fészkek mérete az alacsonyabb szélességi köröktől a magasabb szélességi körök fele nőtt. Így az erdei vöröshangyák esetében először mutattuk ki, hogy nagy földrajzi léptékben követik a Bergmann-szabályt. A jelenség háttérben feltehetően a jobb hőmegtartás állhat, a kedvezőbb felület/térfogat arány a fészkek esetében is kedvezőbb feltételeket biztosít. A földrajzi szélességgel ellentétben a tengerszint feletti magasság növekedésének nem volt jelentős hatása a fészekméretre. A gradiens mentén ható háttérváltozók közül a besugárzás bizonyult a legjelentősebb fészekméretet befolyásoló tényezőnek a hőmérséklet mellett, míg a csapadéknak nem volt szignifikáns hatása. A vöröshangyák esetében a besugárzás esszenciális szerepet játszik a fészkek hőháztartásában. A fészkek felmelegítését a dolgozók akár aktívan, „napozással” is segíthetik. A kis-léptékű környezeti tényezők hatása az alacsony besugárzású területeken (Lengyelország) került előtérbe, ahol a nagyobb méretű, fészkekhez közelebbi fák a fészekméret növekedéséhez vezettek. Ez a jelenség szintén a kiegyensúlyozottabb hőháztartást szolgálja, a kevesebb besugárzást a nagyobb méretű fészkek jobb hőháztartásával igyekeznek a dolgozók kompenzálni.

2. Vizsgálat: Tülevelű fajok hiányának hatása az erdei vöröshangyákra (Juhász és mtsai. 2020b)

A vöröshangyák számára a fő fészeképítő és táplálékforrást jelentő tülevelű fák eltűnése jelentős hatást gyakorolt a kolóniák életképességére. A tarvágás a fészkek felaprózódásához, az útvonalak megrövidüléséhez, és a fészkek halálózási rátájának megnövekedéséhez vezetett, hasonlóan Skandináv országokban végzett vizsgálatokhoz. Mindezen tényezők a tarvágott foltban található kolóniák életképességének csökkenését okozzák, ezt erősíti, hogy a 2017-18-as vizsgálati év között jelentős fészekvesztés következett be a vizsgált tarvágott területen. A tarvágásban létrejövő kis méretű fészkek hamar kiszáradnak, kolóniáik sebezhetőbbek a paraziták, ragadozók szemben, és érzékenyek a dolgozószám változásra, mely a tapasztalt megnövekedett halálózási rátához vezet. Ezzel szemben a tölgyes erdei környezet a fészkek alak jelentős megváltozásához (fél ellipszoid helyett a fészeképítőanyag hiányában egy laposabb, nyújtottabb fészkek megjelenését eredményezte), a keresőútvonalak meghosszabbodásához, valamint a megfelelő táplálék hiányában a kolónia méret szuboptimális szinten maradásához vezetett. Ugyanakkor ezen a területen a csertölgyek magas látogatottsága volt a jellemző, feltehetően az itt élő levéltetű kolóniák megfelelőbb összetételű mézharmata, valamint a fenyőgyanta pótlására szolgáló cersav-tartalmú növényi anyagok jelenléte miatt. Ez vezethetett a keresőútvonalak meghosszabbodásához is, optimalizáció során a dolgozók kevesebb, de hosszabb keresőútvonalat alakítottak ki a jobb minőségű táplálékforrásokig (csertölgyek). Kérdéses azonban, hogy ezek az adaptációk hosszú távon is lehetővé teszik a vöröshangyák túlélését a tülevelű fajok hiányában.

A vöröshangya kolóniák környezetükre gyakorolt hatásai

3. Vizsgálat: A vöröshangyák hatása az erdők szűfertőzöttségére (Trigos-Peral és mtsai. barálat alatt)

Eredményeink alapján elmondható, hogy a *F. polyctena* fészkek számának növekedésével az erdőben csökkent a gradációra hajlamos szű fajok (*Ips* spp.) által károsított fák száma. Ezen eredményünk

alapján az erdei vöröshangyák szű fajok (*Ips* spp.) elleni biológiai védekezésre való felhasználása javasolt, mely új aspektussal bővíti a vöröshangyák biológiai védekezésre való alkalmazhatósági körét. Különösen nagy jelentősége lehet a szűfertőzés (*Ips* spp.) elleni védekezésben a kora tavaszi első rajzás során a vöröshangyáknak. Ilyenkor a szű (*Ips* spp.) akár tízezres nagyságrendben is jelen lehet az erdőben, a vöröshangyák pedig az ivaros lárvalakok nevelése miatt megnövekedett fehérjeigényük kielégítésére a rajzó szűkat (*Ips* spp.) begyűjthetik. A szűfertőzéssel gyakran együtt járó gombás fertőzések (főként a kék korhasztó gombák) által érintett fák számát marginálisan csökkentette a vöröshangyák jelenléte. Ezzel szemben a vöröshangyák jelenléte a gradációra kevésbé hajlamos bogárfajok számát nem befolyásolta szignifikánsan (*Buprestidae*, *Cerambycidae*). A fészkek mérete nem befolyásolta szignifikánsan a biotikus hatások által érintett fák számát. Mindezek mellett sem a földrajzi szélességi gradiens, sem a tengerszint feletti magasság nem volt hatással a farontó bogarak által károsított fák számára (Trigos-Peral és mtsai., bírálat alatt).

4. Vizsgálat: A vöröshangya fajok más hangyafajokra gyakorolt hatásai (Maák és mtsai. 2021)

A *F. rufa* és *F. polyctena* annak ellenére, hogy az előbbi faj átlagos fészkmérete jelentősen kisebb volt (*F. rufa* = 418 dm³, *F. polyctena* = 1485 dm³), egyforma hatást gyakoroltak a fészkeik környezetében élő hangyaközösségre. A territoriális fajokat kizárták, ellenben az alárendelt fajok fészkeinek megjelenését viszonylag nagy számban tették lehetővé a territóriumaikon belül. Meglepő módon ezek elhelyezkedése is viszonylag egyenletes volt a vöröshangya fészkekhez közeli területeken. Ennek oka, hogy a *F. rufa* egyfészkes, egykirálynős kolóniái általában agresszívabb viselkedést mutatnak, ezzel szemben a *F. polyctena* többfészkes, többkirálynős kolóniái kevésbé agresszív viselkedést mutatnak, hogy az egyes fészkek közötti kapcsolatok fennmaradhassanak, és lehetőség legyen új királynők befogadására. A vöröshangyák territóriumán belüli életmódhoz leginkább a *Myrmica* nemzetség képviselői (leginkább: *M. rubra* és *M. ruginodis*) alkalmazkodtak, ugyanis ezen fajok fészkei fordultak elő a legnagyobb arányban (90%). A *Myrmica* és a *Formica* fajok közötti együttélést a megfigyelhető méretbeli és életmenet

stratégiák közti elkülönülés teszi lehetővé. Emelet a *Myrmica* fajok kiválóan hasznosíthatják a *Formica* fészkek melletti hangyatemetőekben található tetemeket, és a hátrahagyott táplálék darabokat.

ÖSSZEFOGLALÁS

A környezet hatása az erdei vöröshangyákra

- 1. Vizsgálat** A földrajzi szélességi gradiens a Bergmann szabálynak megfelelően befolyásolta az erdei vöröshangyák fészke méretét. A fészke méretre leginkább a besugárzás, de a hőmérséklet is fontos hatást gyakorolt. A kisléptékű környezeti tényezők leginkább az alacsony besugárzású területeken (Lengyelország) fejtettek ki számottevő hatást.
- 2. Vizsgálat** Túlevelű fafajok hiányában (tarvágás, lombhullató erdő) az erdei vöröshangyák képesek alkalmazkodni a megváltozott környezeti feltételekhez, azonban ezek negatív hatást gyakorolnak a fészkeik és ezzel együtt a kolóniáik méretére, valamint keresési szokásaira.

A vöröshangya kolóniák környezetükre gyakorolt hatásai

- 3. Vizsgálat** Az erdei vöröshangyák alkalmasak a szűkárósítások elleni biológiai védekezésre. A védekezés határfokát a vöröshangya fészkek száma és nem a mérete határozza meg.
- 4. Vizsgálat** A *F. polyctena* és a *F. rufa* hatása hasonló volt (eltérő fészke méretük ellenére) a territóriumaikon belül előforduló más hangyafajok számára egy természetközeli erdőben (Białowieża Erdő, Lengyelország). Az alárendelt hangyafajok fészkei nagy számban és egyenletesen voltak jelen a territóriumokon belül, ugyanakkor más territoriális fajok, melyeknél nincsenek jelen az együttélést lehetővé tevő morfológiai vagy életmenet stratégiai különbségek, nem, vagy kis fészekszámmal voltak jelen.

Eredményeink alapján jobban megérthetjük ezen a kiemelkedő ökológiai jelentőségű fajcsoport esetében a gyorsan változó környezeti tényezők hosszú-távú hatásait. Továbbá hozzájárulhat új, kedvezőbb erdészeti kezelési stratégiák kidolgozásához, mely az erdők biológiai védelme mellett a vöröshangya fajcsoport hosszútávú fennmaradását is biztosítaná.

TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

MTMT azonosító: [10058089](#)

Összesített IF: **22,06**

A doktori eljárás alapját képező közlemények:

Juhász O., Bátor Z., Trigós-Peral G., Lőrinczi G., Módra G., Bóni I., Kiss P. J., Aguilon D. J., Tenyér A., Maák I. (2020a): Large- and small-scale environmental factors drive distributions of ant mound size across a latitudinal gradient. *Insects* **11**, 350. DOI: [10.3390/insects11060350](#)
IF: 2,22

Juhász O., Fűrjes-Mikó Á., Tenyér A., Somogyi A. Á., Aguilon D. J., Kiss P. J., Bátor Z., Maák I. (2020b): Consequences of climate change-induced habitat conversions on red wood ants in a Central-European mountain: a case study. *Animals* **10**, 1677. DOI: [10.3390/ani10091677](#)

IF: 2,32

Referált folyóiratban megjelent közlemények

A disszertáció témájához kapcsolódó közlemények

Juhász O., Bátor Z., Trigós-Peral G., Lőrinczi G., Módra G., Bóni I., Kiss P. J., Aguilon D. J., Tenyér A., Maák I. (2020a): Large- and small-scale environmental factors drive distributions of ant mound size across a latitudinal gradient. *Insects* **11**, 350. DOI: [10.3390/insects11060350](#). **IF: 2,22**

Juhász O., Fűrjes-Mikó Á., Tenyér A., Somogyi A. Á., Aguilon D. J., Kiss P. J., Bátor Z., Maák I. (2020b): Consequences of climate change-induced habitat conversions on red wood ants in a Central-European mountain: a case study. *Animals* **10**, 1677. DOI: [10.3390/ani10091677](#). **IF: 2,32**

Maák I. E., Sondej I., **Juhász O.**, Trigós-Peral G., Tenyér A., Camera J., Czechowski W. (2021): Unexpected distribution of subordinates

around nests of the wood ants. *Acta Oecologica* **110**, 103709. DOI: [10.1016/j.actao.2021.103709](https://doi.org/10.1016/j.actao.2021.103709). **IF: 1,22**

Trigos-Peral G., **Juhász O.**, Kiss P. J., Módra G., Tenyér A., Maák I. E. (bírálat alatt): Wood ants: important components of the forest "immunity system". *Scientific Reports*. DOI: [10.21203/rs.3.rs-200088/v1](https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-200088/v1). **IF: 3,99**

Egyéb közlemények

Módra G., Maák I., Lőrincz Á., **Juhász O.**, Kiss P. J., Lőrinczi G. (2020): Protective behaviour or 'true' tool use? Scrutinizing the tool using behaviour in ants. *Ecology and Evolution* **10**, 13787–13795. DOI: [10.1002/ece3.6968](https://doi.org/10.1002/ece3.6968). **IF: 2,34**

Bátori Z., Lőrinczi G., Tölgyesi Cs., Módra G., **Juhász O.**, Aguilon D. J., Vojtkó A., Valkó O., Deák B., Erdős L., Maák I. E. (2020): Karstic microrefugia host functionally specific ant assemblages. *Frontiers in Ecology and Evolution* **8**, 613738. DOI: [10.3389/fevo.2020.613738](https://doi.org/10.3389/fevo.2020.613738). **IF: 2,41**

Maák I., Tóth E., Lenda M., Lőrinczi G., Kiss A., **Juhász O.**, Czechowski W., Torma A. (2020): Behaviours indicating cannibalistic necrophagy in ants are modulated by the perception of pathogen infection level. *Scientific Reports* **10**, 17906. DOI: [10.1038/s41598-020-74870-8](https://doi.org/10.1038/s41598-020-74870-8). **IF: 3,99**

Aguilon D. J., Vojtkó A., Tölgyesi Cs., Erdős L., Kiss P. J., Lőrinczi G., **Juhász O.**, Frei K., Bátori Z. (2020): Karst environments and disturbance: evaluation of the effects of human activity on grassland and forest naturalness in dolines. *Biologia* **75**, 1529–1535. DOI: [10.2478/s11756-020-00518-7](https://doi.org/10.2478/s11756-020-00518-7). **IF: 0,81**

Bátori Z., Vojtkó A., Maák I. E., Lőrinczi G., Farkas T., Kántor N., Tanács E., Kiss P. J., **Juhász O.**, Módra G., Tölgyesi Cs., Erdős L., Aguilon D. J., Keppel G. (2019): Karst dolines provide diverse microhabitats for different functional groups in multiple phyla. *Scientific Reports* **9**, 7176. DOI: [10.1038/s41598-019-43603-x](https://doi.org/10.1038/s41598-019-43603-x). **IF: 3,99**

Lőrinczi G., Módra G., **Juhász O.**, Maák I. (2018): Which tools to use? Choice optimization in the tool-using ant, *Aphaenogaster*

subterranea. *Behavioral Ecology* **29**, 1444–1452. DOI: [10.1093/beheco/ary110](https://doi.org/10.1093/beheco/ary110). IF: **2,76**

Egyéb szakmai anyagok

Doktori értekezés témájához kapcsolódó szakmai anyagok

Trigos-Peral G., **Juhász O.**, Máák I. (2020): Wood ants, as important components of forest "immunity system". *Ier Simposio Iberoamericano de Mirmecología*, Online.

Juhász O., Maák I., Sondej I., Tenyér A., Módra G., Camera J., Czechowski W. (2019): A *Formica rufa* csoport közösségformáló szerepe a Białowieża Erdőben. *20. Kolozsvári Biológus Napok*, Kolozsvár, Románia.

Juhász O., Fűrjes-Mikó Á., Tenyér A., Somogyi A. Á., Aguilon D. J., Maák I. E. (2018): A klímaváltozás hatásai a *Formica rufa* fajcsoportra Közép-Európa hegyvidékeiben. *19. Kolozsvári Biológus Napok*, Kolozsvár, Románia.

Maák I., Fűrjes-Mikó Á., Tenyér A., Somogyi A. Á., Aguilon D. J., **Juhász O.** (2018): The effects of global climate change on the species of the *Formica rufa* group in the mountains of Central Europe. *International Union for the Study of Social Insects*, Guarujá, Brazília.

Egyéb közlemények

Juhász O., Tóth E., Henrique P., Torma A., Maák I. (2016): *Formica polyctena* (Hymenoptera, Formicidae) higiénias viselkedési formái entomopatogén gombafertőzés esetében. *17. Kolozsvári Biológus Napok*, Kolozsvár, Románia.

Juhász O. (2017): *Formica polyctena* (Hymenoptera, Formicidae) higiénias viselkedési formái entomopatogén gombafertőzés esetén. *XXXIII. OTDK Biológia Szekció*, Debrecen, Magyarország. Különdíj.

Juhász O., Tóth E., Maák I. (2017): Health insurance in ants: hygienic behaviours under different infection threats. *7th Central European Workshop of Myrmecology*, Krakkó, Lengyelország.

Juhász O., Tóth E., Maák I. E. (2017, 2018): *Formica polyctena* (Hymenoptera, Formicidae) higiénias viselkedés formái *Beauveria bassiana* entomopatogén gombával fertőzött tetemekkel szemben. Szegedi Gombakiállítás az Agorában, II. Szegedi Gombakiállítás, Szeged, Magyarország.

Juhász O., Dubiec A., Witek M., Maák I. E. (2019): Az erdei vöröshangya (*Formica polyctena*) higiénias viselkedés formái entomopatogén gombával fertőzött tetemekkel szemben. Gombakiállítás és gombasimogató, Szeged, Magyarország.

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, Debrecen, Magyarország.

Bátori Z., Vojtkó A., Farkas T., Tölgyesi Cs., Kiss, P. J., Lőrinczi G., Kántor N., Tanács E., **Juhász O.**, Módra G. (2018): Növények és hangyák karsztos mikrorefúgiumokban: változatos mikroklimatikus viszonyok, hasonló előfordulási mintázatok. XII. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében, Debrecen, Magyarország.

Maák I. E., Lőrinczi G., Somogyi A. Á., Jákli-Kovács J., **Juhász O.**, Torma A. (2018): Innate and encounter induced responses of *Formica cinerea* to corpses of major foes. 6th Polish Evolutionary Biology Conference, Varsó, Lengyelország.

Módra G., Lőrinczi G., Kiss P. J., **Juhász O.**, Tölgyesi Cs., Aguilon D. J., Maák I. E., Bátori Z. (2019): Karsztos felszínformák szerepe különböző élőlénycsoportok megőrzésében a klimatikus változások során. 20. Kolozsvári Biológus Napok, Kolozsvár, Románia.