

A projekt során egyenesszárnyú rovarok (Orthoptera) és álkérészek (Plecoptera) akusztikus és vibrációs szexuális kommunikációjának fajspecifikus mintázatait és ezek fajfelismerésben betöltött szerepét vizsgáltuk. Ez az eredeti projekt-tervhez képest a vizsgált taxonok körét tekintve egy szélesebb spektrumú kutatást jelent. A vizsgált kérdések az eredeti terv alapkérdéseivel szorosan kapcsolódnak (fajfelismerés és szexuális szelekció rovarok akusztikus kommunikáció során). A változásokkal részben a területen született új eredményekre reagáltunk (*Isophya kraussii moldavica* alfaj vizsgálata). Másrészt kihasználtuk a projekt során a lomhaszöcskék akusztikus vizsgálatához tervezetten beszerzett eszközök alkalmasságát egy másik rovarrend, az álkérészek vizsgálatához. Mivel ezek a rovarok a lomhaszöcskék párkereső akusztikus kommunikációjához hasonló mintázatú ivarok közötti vibrációs kommunikációt folytatnak (a hím fajspecifikus ritmikájú, hívó dobolási jeleire a nőstény válasz dobolással reagál és a két állat folyamatos vibroszignál-duettezése szükséges a szaporodási partnerek egymásra találásához), ezért itt is izgalmasnak tűnt a projekt alapkérdéseinek vizsgálata. További új eleme a kutatásnak, hogy az általunk vizsgált geográfiai variánsok/közel rokon fajok filogenetikai viszonyait molekuláris genetikai módszerekkel is vizsgáltuk. Az említett új irányok mellett az eredeti terv bizonyos elemei viszont háttérbe szorultak: énekparaméter manipulációs kísérletek helyett elsősorban eredeti hím szignálokkal végzett hangvisszajátszásos kísérleteket végeztünk, mert a különböző mintázatú szignálok fajfelismerésben betöltött szerepe így egyértelműbben volt tesztelhető, mint ha manipulált szignál sorozatokat alkalmazunk. A kutatás tervtől való eltérését indokoltuk a 2013.04.01-2014.03.31-es időközi beszámoló kiegészítésében is.

Tudományra új fajok detektálása és leírása, taxonómiaiilag bizonytalan helyzetű formák vizsgálata a hímek párhívó akusztikus/vibrációs szignáljainak összehasonlító vizsgálata alapján

A Keleti-Kárpátok *Isophya camptoxypha* alakkörbe tartozó tarsza-populációit vizsgálva két tudományra új fajt írtunk le: a Hargita-hegységből az *Isophya sicula*-t [1], a Kelemen-havasokból pedig az *Isophya nagy*-t [2]. Mind a két faj esetén a morfológiailag legközelebbi fajoktól markánsan különböző hím szokványos éneket találtunk. A hímek ciripelésében mutatkozó különbségek az *I. camptoxypha* nőstények ének-preferenciáit ismerve várhatóan erős prezigotikus reproductív barrierként működnének a fajok szimpatrikus előfordulása esetén. Mind a két faj pillanatnyilag morfológiailag "kriptikus": a fajok morfológiai leírását közöltük, a példányok morfológiai alapú identifikációjához alkalmas küllemi jellemzők megtalálása további kutatások feladata lesz.

Ebben a témában függőben van egy taxon vizsgálata: a Borsa-hágó közelében találtunk egy szintén az *I. camptoxypha*-hoz közeli *Isophya* populációt, ahol a hímek éneke eltéréseket mutat a tipikus *I. camptoxypha*-hoz képest (a legfeltűnőbb, hogy ennél a taxonnál a syllabusok fő impulzus-sorozatát egy 3-11 impulzusból álló utóklökk sorozat követi), de ezek az eltérések nem olyan mértékűek, mint a fenti két faj esetén. Ugyanakkor viszont itt észlelhető morfológiai divergencia is: lényegesen nagyobb a ciripelőcsapok száma (90-100) mint az *I. camptoxypha*-nál (50-70). Ennek a népszerűségnek a taxonómiai megítéléséhez további vizsgálatokra lesz szükség.

Felvettük és elemeztük a Szlovákiából néhány éve leírt *Isophya fatrensis* ciripelését. A faj hím szokványos éneke és morfológiai jellemzői is meglepően hasonlítanak az *I. harzi*-éhoz, azonban a nőstényválasz időzítése alapvetően más: az *I. fatrensis* esetében ez a hím syllabus-csoportjainak utolsó tagja után következik szemben az *I. harzi*-nál tapasztalható mintázattal, ahol a nőstények a hím-ének syllabus csoportjainak az első tagja után szűrják be rövid kattanás szerű választ jelüket. Mivel a hímek a nőstény-válasz időzítése alapján ismerik fel, hogy az ő énekekre jött a válasz, így ez a különbség várhatóan akadályozná a hím nőstény

akusztikus duettek kialakulását és így az ivarok egymásra találását. Ezek szerint az *I. fatrensis* faji szinten való különkezelése hím-nőstény akusztikus párfelismerési viselkedése alapján is indokolt. Az eredmények publikálása román és szlovák kollégákkal együtt, akik velünk párhuzamosan szintén elkezdtek vizsgálni a faj énekét, folyamatban van. Elemeztük *Saga campbelli gracilis* és *S. campbelli campbelli* szöcskék hím szokványos énekét. A két taxon szignáljai tisztán elkülönülnek három oszcillografikus jellemző (echemenkénti syllabus-szám, echeme-időtartam és echeme ismétlési periódus) terében. Elkülönülésük mértékét a többi *Saga*-faj esetén tapasztalattal összevetve az eredményeink azt sugallják, hogy a két taxon differenciációja a faji szintre jellemzőhöz áll inkább közel [3]. A *Capnia bifrons* álkérész 13 kárpát-medencei és Észak-Balkán populációjában vizsgáltuk meg a hímek szexuális vibrációs párhívó jelzéseit. A vizsgált 60 példány dobolásának 4 kvantitatív ritmikai jellemzőjét vizsgálva négy tisztán-elkülönülő szignáltípust találtunk, melyek geográfiai előfordulása mozaikos mintázatot mutat. Emellett a hímek külső ivarszerveiben is konzisztens különbségek mutatkoznak. Ezek alapján a taxont négy fajra bontva, három tudományra új fajt írunk le [4]. Annak tesztelésére, hogy a leírt fajok között a tapasztalt vibrációs szignál divergencia mennyire hatékony komponense lehet a fajok közötti szaporodási izolációnak vibroszignál visszajátszásos kísérleteket végeztünk a leírt négy faj közül három esetén. Mind a három tesztelt faj esetén a nőstények a saját fajú szignálokra válaszoltak kiugróan magas arányban, a heterospecifikus jelekre a válasz valószínűsége egy nagyságrenddel kisebb volt (a különbségek statisztikai szignifikánsak voltak a számított logisztikus regressziós modellek eredményei alapján, ahol a faji identitás mint fix faktor hatását teszteltük, a vizsgált nőstények identitását és a teszt során alkalmazott hím szignálok identitását pedig mint random faktorokat vettük figyelembe). Eredményeink [5] azt sugallják, hogy ezeknél a közelrokon fajoknál az párkereső vibrációs kommunikációjukban mutatkozó divergencia valószínűleg hatékony komponense közöttük fennálló szaporodási izolációnak. A *Perla pallida* faj-komplex négy populációját vizsgálva (Börzsöny, Bükk, Mátra, Jávoros (Sk)), két dobolási mintázatot találunk: míg a Börzsönyben és Bükkben élő populációk hímjei egyedül álló ütések sorozatát adják elő, addig a Mátrában és Jávorosban élő populációk ütés-csoport sorozatokat használnak. Playback kísérleteink eredményei azt mutatják, hogy a nőstények a saját populációjuk hím dobolás mintázatát preferálják: szignifikánsan magasabb a válasz valószínűsége a saját-típusú hím szignálra, mint a másakra, ugyanakkor bár kisebb arányban, de a másik dobolás-típusra is adtak választ [6]. Tehát a vibrációs szignálok terén mutatkozó különbségek itt valószínűleg nem eredményeznek erős prezigotikus izolációt a két populáció csoport között, de erősen asszortatív szaporodási mintázat várható a két taxon szimpatikus előfordulása esetén (jelenleg nem ismerünk ilyet sajnos). A fajkomplex további populációinak vizsgálata szükséges egy átfogó taxonómiai revízióhoz.

A Déli Alpokból (Karavankák hegyvonulat) osztrák kollégákkal együtt egy új *Isoperla* faj leírását publikáltuk [7]. A leírásban a faj vibrációs szignáljának elemzésével vettünk részt.

Akusztikus szignálok geográfiai variabilitása az *Isophya posthumoidalis*-nál

A Keleti- és Déli-Kárpátokban (Románia) az *Isophya posthumoidalis* négy populációjánál (Máramarosi-medence, Görgényi-havasok, Csukás, Fogarasi havasok) vizsgáltuk a hímek ciripelésének jellemzőit. A vizsgált példányok énekük alapján egyértelműen elkülönülő pontfelhőket alkottak a 8 paraméter alapján számolt PCA első két főkomponensének terében. Nyolc vizsgált énekparaméter közül statisztikailag szignifikáns eltérést találtunk 7 jellemző esetén a négy populáció között (általános lineáris modellek alapján, melyekkel a hőmérséklet hatását is figyelembe tudtuk venni). A 7 eltérést mutató jellemző közül 5 monoton növekedését vagy csökkenését figyelhetjük meg populációról-populációra a Kárpátok íve mentén, mintha egy klinális mintázat darabolódott volna fel [8]. Hangvisszajátszásos

kísérletek során teszteltük, hogy a négy ének-variáns attraktivitása különbözik-e a négy populáció nőstényei számára. Mind a négy populáció esetén a nőstények a saját populációjuk hímjeire jellemző énekvariánsra produkálták a legmagasabb válasz-arányt, és a többi énekvariánsra a geográfiai távolság növekedésével egyre csökkenő arányban válaszoltak. Kiemelendő, hogy a hímek „b” syllabusának görgényi-havasoki és csukási populáció között tapasztalható kontrasztos változása, nem eredményezett a nőstények válaszarányában is kontrasztos válaszarány változást, tehát annak ellenére, hogy itt a variációsorozatban a hímek énekének oszcillografikus megjelenésében élesnek tűnő változás látszik, a nőstények válasz-arány adatai azt sugallják, hogy ez fajfelismerés szempontjából nem eredményez határvonal szerű elkülönülést.

Fontosnak éreztük a négy populáció filogenetikai viszonyának molekuláris vizsgálatát, mert az egész kérdéskör kezelése azon az feltételezésünkön alapul, hogy egy evolúciósan szorosan kapcsolt populáció csoporttal állunk szemben (ezt a feltételezésünket a populációk nagy mértékű morfológiai hasonlóságára és a hímek énekének alapszerkezeti azonosságára alapoztuk). Ehhez a citokróm-oxidáz B-t kódoló mitokondriális DNS szakaszt vizsgáltuk a négy populációban. Itt egy időközben a Kelemen-havasokban felfedezett az *I. posthumoidalis* fajkomplexhez tartozó populációt és két közelrokonnak gondolt (*I. harzi*, *I. camptoxypha*) és egy távolabbi rokonnak gondolt fajt (*I. kraussii*) is bevontunk az elemzésbe. Meglepő módon az *I. kraussii* közelebbi rokonságúnak adódott a Déli-Kárpátoki *I. posthumoidalis* variánsokkal mint Keleti Kárpátoki variánsok. Ezt a morfológiai és bioakusztikai eredményekkel nehezen összhangba hozható eredményt kénytelenek leszünk további DNS régiók vizsgálatával ellenőrizni. Ezt a jelen pályázat befejeződése miatt román kollégánkkal Ionut Iorguval fogjuk folytatni. Az eredmények publikálásakor a jelen projekt támogatását természetesen fel fogjuk tüntetni.

Nőstény-preferenciák a hímek énekével szemben az *Isophya kraussii* két alfajánál

Hang-visszajátszásos kísérleteket végeztünk az *Isophya kraussii* lomhaszöcske két alfajának (*I. kraussii kraussii*, *I. kraussii moldavica*) nőstényeivel, a hím szignálok alfaji szintű különbségeinek szaporodási partner választásban játszott szerepének vizsgálata céljából. A két alfajt a hímek círipelésének alfaj-specifikus különbségei alapján írtak le (Iorgu & Heller 2013. Zootaxa 2640(2):258-269), és nyitott kérdés volt hogy a nőstények számára a különbségek jelentősek-e, vagy a nőstények hímének elfogadási tartományán belül variáló ének változatokról van szó. A tesztelt akusztikus szignálok körébe külcsoportként bevontuk egy faji szinten biztosan különálló taxon, az *I. camptoxypha* hím énekét is. Ennek a fajnak az éneke alapfelépítését tekintve nagyon hasonló az *I. kraussii*-éhoz (egyenletes ritmusban ismételt syllabusok sorozata, ami egyetlen syllabus típust tartalmaz, ami egy fő impulzus-sorozatból és néhány utóklíkből áll). A két alfaj nőstényeinek tehát három szignál-típussal szembeni reakcióit vizsgáltuk: két konspecifikus, de eltérő alfaji identitású és egy heterospecifikus szignál csoport volt (minden csoportban öt hím énekmintája szerepelt és a stimulusokat random sorrendben játszottuk a nőstényeknek). Eredményeink szerint mind a két alfaj nőstényei az azonos alfajú hímek énekmintáira válaszoltak legnagyobb arányban, és a számított keverthatásos logisztikus regressziós modellek alapján a másik alfajtól származó énekmintákra szignifikánsan kisebb valószínűséggel válaszoltak (fix faktor volt a visszajátszott szignálok faji identitása, random faktorok voltak a tesztelt nőstények egyei identitása és a visszajátszott hím szignálok egyei identitása). A heterospecifikus szignálokra adott válasz-arány tekintetében a két alfaj érdekes módon jelentősen eltért: az *I. kraussii kraussii*, amelynek szintopikus előfordulását ismerjük az *I. camptoxypha*-val markánsan kerülte a heterospecifikus énekre való válaszolást, míg az *I. kraussii moldavica* nőstények az *I. kraussii kraussii* énekekre adott válasz aránynál lényegesen nagyobb válasz aránnyal

választak az *I. camptoxypha* énekére. Eredményeink azt sugallják, hogy a két alfaj hangjelzéses kommunikációjában mutatkozó divergencia erős asszortatív szaporodási partner választást eredményezne, ha a két taxon szimpatikus helyzetbe előfordulna, de pusztán az akusztikus szignáljaik és preferenciáik divergenciája nem tűnik elég erősnek ahhoz, hogy a hibridizációt gátolja. Ezek alapján eredményeink támogatják a két taxon alfaji szinten való külön kezelését.

Szóló és hím-nőstény duett szituációban előadott hím ének jellemzőinek összehasonlítása, és a két szituációban előadott ének attraktivitásának vizsgálata a nőstények számára a *Leptophyes boscii* fajnál.

Vizsgáltuk a nőstény válasz esteleges hatását a hímek ének-paramétereire a *Leptophyes boscii* lomhaszöcskéknél. Azok a szignál jellemzők, melyek az éneklő hím minőségéről adhatnak információt gyakran erősen irányító szelekció alatt állnak a nőstények részéről és költségességük miatt alkalmasak a hímek minőségének őszinte jelzésére. Különböző lehet azonban egy hím számára a szignál produkálás költség/várható haszon mérlege (és így a költséges szignál elemek megjelenése), ha szólóban énekel, vagy ha pozitívan reagáló nőstény válaszait hallja (duett). Ezt a jelenséget kezdtük vizsgálni a *Leptophyes boscii* lomhaszöcske fajnál. 22 hím szóló és hím-nőstény duett énekét vettük fel úgy, hogy a hangfelvételek a hímek két ének-verziójáról közvetlenül egymás után készültek. A felvétel-párokat elemezve azt találtuk, hogy a hímek syllabus ismétlési gyakorisága ugrás szerűen megnőtt a duettezés során (a közvetlenül a duett felvétel előtti szóló énekléshez képest), ami összhangban van a prediktált mintázattal (sikeres pár-formáció megnövekedett esélye és a nagyobb szignál adási költség vállalása). Ezután kíváncsiak voltunk, hogy a duett szituációban produkált hím ének vonzóbb-e a nőstények számára. Ennek vizsgálatához a hímek két ének verzióját két, a nőstényhez képest 180 fokos szögben elhelyezett hangszóróról egyszerre játszottuk le a tesztelt nőstényeknek és felvettük, majd syllabusonként regisztráltuk a két énekverzióra adott nőstény válaszokat. A tesztelt 13 nőstény válaszainak bekövetkezési valószínűségét kevert hatásos logisztikus regressziós modellekkel elemeztük. A modellek eredményei szerint a duett szituációban produkált hím énekre a nőstények nagyobb valószínűséggel válaszoltak. A különbség statisztikailag erősen szignifikáns, de nem nagy mértékű (szóló ének esetén 0.57 míg duett énekléses hím syllabusokra 0.64), viszont a megnövekedett syllabus ismétlési gyakorisággal együtt lényegesen nagyobb nőstény válasz gyakoriságot jelent, ami jelentős előny a hím számára a nőstény sikeres lokalizációjához. Ezek alapján úgy tűnik, hogy a duett-éneklés során a hímek növelik énekük syllabus ismétlési sebességét, amit a nőstények tudnak követni a válasz-ismétlési gyakoriságukkal sőt még egy gyenge, de kimutatható preferenciát is mutattak a duett során produkált hím énekeket illetően szóló verzióval szemben. A tapasztalt ének-változás adaptív lehet a szaporodási partnerek gyorsabb egymásra találásának elősegítése miatt.

Egy szexuális szelekció alatt álló ének paraméter kondíció-függésének vizsgálata a *Chorthippus dorsatus* sáska természetes populációiban

A *Chorthippus dorsatus* hím szokványos énekének kondíció függését vizsgáltuk 6 populáció 85 hímjének terepi hangfelvétele és morfológiai valamint testtömeg adatai alapján. A vizsgált énekparaméter a b-elem időtartama volt. Erről az énekparaméterről Stumpner és Helversen 1992-ben közölt tanulmánya (J Comp Physiol A 171:405-412) alapján tudjuk, hogy a nőstények a természetes variációs tartománynál lényegesen hosszabb b-elem időtartamot preferálják. Nem tudjuk viszont, hogy a b-elem hossza függ-e a példányok kondíciójától. A példányok kondíciójának becslésére testtömeg~pronotum-hossz SMA regressziójának

reziduálisából számított skálázott testtömeg indexet használtuk (scaled mass index). Kovariánsként a felvételek során mért levegő-hőmérsékletet és a vizsgálat relatív dátumát is figyelembe vevő általánosított lineáris kevert modell alapján (random faktorok: populációs identitás, a felvételt végző személy), a példányok kondíciójának szignifikáns pozitív hatása van az általuk produkált ének egy motívumának, a b-elemnek az időtartamára. Tehát eredményeink szerint a b-elem összefüggést mutat a hímek kondíciójával és az említett irodalmi adatok alapján a nőstények preferálják a hosszabb b-elemet tartalmazó szignálokat, ami eredményeink szerint a jobb kondíciójú hímekre jellemző.

A fent részletezett eredményekből eddig az alábbi 5 publikált cikk és 3 konferencia absztrakt született (ezekre a fenti szövegben szögletes zárójeles hivatkozások utalnak ott, ahol az adott publikáció által bemutatott eredményekről van szó):

1. Orci, K. M., Szövényi, G. and Nagy, B. 2010. *Isophya sicula* sp. n. (Orthoptera: Tettigonioidea), a new, morphologically cryptic bush-cricket species from the Eastern Carpathians (Romania) recognized from its peculiar male calling song. *Zootaxa* 2627: 57-68.
2. Szövényi, G., Puskás, G. & Orci, K. M. 2012. *Isophya nagyii*, a new phaneropterid bush-cricket (Orthoptera: Tettigonioidea) from the Eastern Carpathians (Caliman Mountains, North Romania). *Zootaxa* 3521: 67-79.
- 3.* Kolics, B., Ács, Z., Chobanov, D.P., Orci, K.M., Qiang L.S., Kovács, B., Kondorosy, E., Decsi, K., Taller, J., Specziár, A., Orbán, L. & Müller, T. (2012) Re-Visiting Phylogenetic and Taxonomic Relationships in the Genus *Saga* (Insecta: Orthoptera). *PLoS ONE* 7(8): e42229. doi:10.1371/journal.pone.0042229
4. Murányi, D., Gamboa, M. & Orci, K.M. 2014. *Zwicknia* gen. n., a new genus for the *Capnia bifrons* species group, with descriptions of three new species based on morphology, drumming signals and molecular genetics, and a synopsis of the West Palaearctic and Nearctic genera of Capniidae (Plecoptera). *Zootaxa* 3812: 1-82.
5. Orci, K. M. & Murányi, D. 2013. Drumming call variation and female response specificity in a group of closely related species of stoneflies (Plecoptera). XIV International Conference on Invertebrate Sound and Vibration, Glasgow, United Kingdom, 2013. 07. 13-16., Book of abstracts, p. 47.
- 6.** Orci, K. M., Murányi, D. & Kovács, T. 2014. Two male drumming call variants and their attractiveness to females in the *Perla pallida* species complex. First European Plecoptera Symposium, Hungarian Natural History Museum, Budapest, Hungary, 17–20 September 2014, Book of abstracts, 10.
7. Graf, W., Konar, M., Murányi, D., Orci, K.M. & Vitecek, S. 2014. A new species of *Isoperla* (Insecta: Plecoptera) from the Karawanken, with considerations on the Southern Limestone Alps as centers of endemism. *Zookeys* 448: 27-36.
- 8.** Orci, K. M., Szövényi, G. & Nagy, B. 2010. Geographic variation in the male calling song and female song preference in *Isophya posthumoidalis* (Orthoptera) in the Eastern Carpathians. IX. European Congress of Entomology 22-27, August, Budapest, Hungary, Absztrakt kötet p. 68.

*A Plos One cikk esetén szerkesztői hiba miatt az OTKA támogatás a köszönetnyilvánításból kimaradt, de kérésünkre ezt korrekcióként feltüntették a cikk online verziójánál.

** Ezeknél a konferencia absztraktoknál sajnos nincs feltüntetve az OTKA támogatás (csak az előadásuk bemutatójának végén volt feltüntetve)