



Orthoptera fajcsoportok bioakusztikai és morfometriai vizsgálata

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Orci Kirill Márk

Debreceni Egyetem, TTK
Debrecen, 2002.

1. Bevezetés, problémafelvetés

Az egyenesszárnyúak egy közepesen kis fajszerű rovarrendzettel fitofág és vegyes táplálkozású fajokkal. Az, hogy ez a rovarcsoport már hosszú ideje intenzíven kutatott, jórészt annak köszönhető, hogy a gradációjuk esetén kialakuló sáskajárások az ember számára időről-időre érzékeny gazdasági veszteségeket okoztak (e. g. Uvarov 1966, 1977; Nagy 1988, 1990; Jago 1990). Kutatásukat azonban a gazdasági érdekektől függetlenül is számos vonásuk indokolja, illetve teszi vonzó és izgalmas feladattá. Ökológiai szempontból nagy tömegességük miatt mint a gyepi élőlényközösségek táplálékhálózatának fontos elemei jelentősek, és kiválóan alkalmasak kvantitatív-ökológiai, rovar-cönológiai, populáció- illetve közösség-dinamikai problémák vizsgálatához. Emellett az egyenesszárnyúak a rovarfiziológia és neurobiológia "fehéregerei"-vé is váltak és egyre gyakoribb alanyai citológiai és molekuláris-genetikai, evolúcióbizológiai vizsgálatoknak is. Hangadásuk miatt a kabócák mellett a rovarvilág legfeltűnőbb viselkedésű tagjai (lásd pl. Herman 1876, Pierce 1948, Haskell 1961, Busnel 1963), s így a velük kapcsolatos viselkedésbizológiai kutatások is meglehetősen intenzívek.

A fenti kutatási irányok eredményes művelésének alapfeltétele a csoporttal kapcsolatos fajszerű taxonómiai problémák tisztázása. Ilyen problémákban az egyenesszárnyúak rendje – a viszonylag kis fajszerű ellenére – bővelkedik (Harz 1969, 1975). Ennek gyakorlati és elméleti okai is vannak. A gyakorlati taxonómia szintjén a problémák leggyakrabban abból erednek, hogy a hagyományos morfotaxonómiai eszköztárral vizsgálható eidonómiai illetve anatómiai jellegekben a közelrokon fajok sokszor alig differenciáltak, ugyanakkor az intraspecifikus variabilitás zavaróan nagy. Ez általában két szinten okoz problémát: (i) kérdéseket vet fel az érintett fajok érvényességével kapcsolatban, (ii) nehézségeket támaszt az adott fajkörhöz tartozó példányok azonosítása során. A fajok érvényességének kérdésekor mára már széles körben elfogadott vonatkoztatási alap a bizológiai fajfogalom (Mayr és Ashlock 1991), amely szerint a faj egymással ténylegesen vagy potenciálisan

továbbtenyésző populációk halmaza, amely más ilyen populáció-halmazoktól reproductíve izolált, s így egy önálló, védett génállománnyal rendelkezik. Ennek alapján tehát a fajok érvényességét illetően nem a különbözőség, hanem a különállóság mértéke a döntő. Így a fajok érvényességének vizsgálatakor olyan jellegekre célszerű koncentrálni, amelyek feltételezhetően, vagy bizonyíthatóan jelentős szerepet játszhatnak a közelrokon formák között reproductív izoláció létrehozásában. Ez a megközelítés segíthet az identifikációs problémák megoldásában is, ugyanis várható, hogy az izoláció fenntartásában szerepet játszó jellegek alacsony intra- és nagyobb interspecifikus variabilitást mutatnak, ezért identifikációs célokra megbízhatóbban lesznek használhatóak.

A fajszintű taxonómiai problémák mögött álló legfőbb teoretikai ok a biológiai fajfogalom "dimenzió nélkülségéből" (Mayr és Ashlock 1991) adódik: csak synpatrikus népeiségek esetén áll módunkban ténylegesen ellenőrizni, hogy van-e természetes körülmények között hibridizáció két taxon között. Ugyanakkor a fajképződés leggyakoribbnak tartott formája az allopatrikus speciáció (Varga 1985) és ennek gyakran egy olyan időbeli keresztmetszetét vizsgálhatjuk, amikor a keletkezett földrajzilag izolált formák már jelentősnek tűnő különbségeket mutatnak egymáshoz képest, de nem egyértelmű a faji szintű divergencia. Ilyen esetekben ezeket a közös őstől eredő, allopatrikus taxonokat együtt szuperspeciesnek (fajkör) nevezzük. Arra vonatkozóan, hogy egy ilyen szuperspecies tagjai elérték-e már a faji szintet, kialakult-e már közöttük örökletes jellegeken alapuló reproductív izoláció csak (vizsgálatokon alapuló) jóslatokat tehetünk. Ezeknek a "jóslatoknak" a megalapozásához megint csak olyan jellegeket érdemes vizsgálni, amelyek feltételezhetően fontos szerepet játszanak az intraspecifikus kohézió, illetve interspecifikus izoláció fenntartásában az adott élőlénycsoportnál.

Számos tanulmány rámutatott arra, hogy az egyenesszárnyú rovarok körében a közelrokon fajok közötti reproductív izoláció fenntartásában jelentős szerepet játszhatnak a hímek énekében megfigyelhető különbségek (lásd. pl. Jacobs 1953a, 1953b; Walker 1957, Perdeck 1958, Spooner 1968, Bailey és Robinson 1971, Hill és

mtsai 1972, Zaretsky 1972, Ulagaray és Walker 1973, Paul 1976, 1977; von Helversen és von Helversen 1981, Heller és von Helversen 1986, Robinson 1990, Vedenina 1990, Vedenina és Zhantiev 1990, Doherty és Callos 1991, Stumpner és von Helversen 1992, 1994). A nemek közötti akusztikus kommunikáció során használt hangjelek tehát kulcsszerepet játszanak számos faj fajspecifikus párfelismerési rendszerében (Paterson 1985). Ezért tanulmányozásuk releváns és sokszor nagyon hatékony módszer a faji szintű taxonómiai kérdések vizsgálatakor.

Az egyenesszárnyúak hangjának taxonómiai célú vizsgálata már a XIX. század közepén elkezdődött Európában Yersin (1852, 1853, 1854) Amerikában pedig Scudder (1868a, 1868b, 1893) úttörő munkássága nyomán. Ők hangjegyeket alkalmazva megpróbálták az egyes fajok énekét lejegyezni, sok esetben az énekbeli különbségek diagnosztikus értéke már így is nyilvánvaló volt (pl. a *Glyptobothrus biguttulus* fajcsoport fajainak megkülönböztetéséhez [Yersin 1852]). Az oszcillo- és spektrogramok használata az 1950-es évektől kezdett elterjedni a rovar-bioakusztikában (Alexander 1956, 1957b, Thomas és Alexander 1957, 1962, Walker 1962, 1963, Spooner 1968). Az európai orthoptera-fauna problematikus fajcsoportjainak oszcillografikus elemzésen alapuló bioakusztikai vizsgálata azonban még ezek után is sokáig késett. Ragge és Reynolds (1998) szerint ennek főként az a magyarázata, hogy a legtöbb problémás csoport a déli félszigeteken él, az ott dolgozó orthopterológusok viszont nem éltek a hangelemzés kínálta lehetőségekkel.

A hazai orthoptera-fauna bioakusztikai kutatásával eddig kevesen foglalkoztak (lásd pl. Herman 1876, Szentesi 1971). A jelen értekezés előtt a taxonómiai célú hangelemzéses vizsgálatok mindössze néhány példányon alapuló, szórványelemzésekre korlátozódtak (Schmidt 1990, Stumpner és von Helversen 1994). Emellett jelentős mennyiségű publikálatlan megfigyelést végzett és hangfelvételt gyűjtött Nagy Barnabás, és számos jó minőségű hangfelvételt készített és publikált Országh Mihály (1982). Munkámmal a hazai orthopterológia ezen hiányosságának pótlásához szeretnék hozzájárulni.

A dolgozatban szereplő tanulmányok hazánkban előforduló fajok

és néhány esetben a velük közel rokon európai formák énekének oszcillografikus analízisén alapulnak. A tanulmányok egy részénél a hangelemzés mellett morfológiai vizsgálatokat is végeztem. Céljukat tekintve a dolgozatot alkotó munkák három csoportba sorolhatóak.

– taxonómiaiilag nehezen kezelhető, morfológiaiilag uniform fajcsoportok bioakusztikai és morfológiai vizsgálata, a taxonok közötti viszony tanulmányozása céljából.

– morfológiai alapon nehezen identifikálható fajcsoportok esetén a hazai népelemek hovatarozásának tisztázása énekük elemzése alapján.

– tudomány számára még ismeretlen énekű fajok, alfajok, vagy geográfiai variánsok akusztikus szignáljainak oszcillografikus, leíró elemzése taxonómiai helyzetük tisztázása, identifikációjuk megkönnyítése és további viselkedésbiológiai vizsgálatok megalapozása végett.

2. Anyag és módszer

2.1. Bioakusztikai vizsgálatok

2.1.1. A vizsgált hangfelvételek

Az értekezés hangelemzési eredményei főként annak a hanganyagának a vizsgálatán alapulnak, amelyet az elmúlt 4 év során gyűjtöttem. Ebből a gyűjteményből 19 faj 197 példányának énekét elmeztem a dolgozatot alkotó tanulmányok során. A példányok magyarországi, ausztriai, szlovákiai, ukrainai, romániai és görögországi populációkból származtak. Az elemzett felvételekkel kapcsolatos gyűjtési adatok az értekezés mellékletében találhatóak.

2.1.2. Hangrögzés, hangelemzés, hang-visszajátszás

A felvételeket egy Monacor ECM-920 vagy egy Shure BG 4.1 típusú kondenzátor-mikrofonnal és egy Sony TCD-D7-es DAT-magnóval vagy egy nagysebességű hangkártyával (Sek'D Sienna) felszerelt személyi számítógéppel készítettem és a Cool Edit Pro nevű

hangelemző szoftverrel elemeztem. Az *Isophya* és *Poecilimon* nőtények válaszénekének stimulálásához hangvisszajátszást alkalmaztam egy Sony PCM-1-es DAT-magnóról vagy az említett számítógépről egy AROWANA DC-691 illetve egy ALTEC LANSING ACS22 típusú hangdoboz segítségével.

2.1.3. Bioakusztikai terminológia

A dolgozatot alkotó tanulmányokban a Ragge és Reynolds (1998) által használt terminológiát követtem:

Pulzus: egyetlen, erősen csillapított, osztatlan hanghullám-sorozat, amely egyetlen ciripelőcsap hatására keletkezik.

Syllabus: a hangadószervek egyetlen mozgásciklusa (szöcskéknél a szárnyak egy nyitó-záró mozgása, sáskáknál pedig az ugróláb combjának egy teljes fel-le mozgása) során keletkező hang. Ez két hemisyllabus-ból állhat. Szöcskéknél nyitó-hemisyllabus-ból (ez a szárnyak nyitáskor keletkezik), és záró-hemisyllabus-ból (ez a szárnyak zárása során keletkező hang). Sáskáknál felvonó-hemisyllabus-ból (az ugróláb emelkedő mozgása során keletkezik), és levonó-hemisyllabus-ból (az ugróláb lefelé irányuló mozgása során keletkező hang).

Echeme: a syllabus-ok elsőrendű csoportosulása (a csoporton belül a syllabus-ok közötti szünet általában rövidebb, mint maguk a syllabus-ok).

Echeme-sorozat: az echeme-ek elsőrendű csoportosulása

Funkcionális ének-egység: az ének azon legkisebb része, amely megfelelő sorrendben tartalmazza mindazon énekelemeket, amelyek a faj nőtényeinek válaszreakciója kiváltásához szükségesek.

Szokványos ének (calling song, solitary song, ordinary song): az a hangszignál, amit egy magányos hím spontán módon produkál.

Rivalizáló ének (rivarly song): az a speciális ének típus, amelyet a hímek egymás hangjára reagálva adnak elő.

Udvarló ének (courtship song): az a speciális, olykor igen komplex ének, amelyet a hím egy nőtény közvetlen közelében ad elő.

2.2. Morfometria

A vizsgált példányok zömét az elmúlt 4 év során gyűjtöttük. Ezek 70% etilalkoholban tárolva a hanggyűjtemény kiegészítő részét képezik. Ezek mellett megvizsgáltunk számos régebbi gyűjtésű szárazpreparátumként tárolt példányt is, amelyek Nagy Barnabás gyűjteményében találhatóak.

A méréseket okulár-mikrométerrel ellátott sztereómikroszkópokkal (MBC-10, Studar M, Amplival) végeztem. Az elektronmikroszkópos felvételek az ELTE Növény-szervezettani Tanszékén Dr. Kristóf Zoltán segítségével készültek egy Hitachi S-2360N készüléssel aranyfüstel bevont, szárított szárnyakról.

3. Eredmények

3.1 Taxonómiailag nehezen kezelhető, morfológiailag uniform fajcsoportok bioakusztikai és morfometriai vizsgálata

3.1.1. *Euchorthippus pulvinatus* és a genus európai fajai

Az *Euchorthippus pulvinatus*-t és nyugat-európai rokonait (*E. chopardi*, *E. elegantulus*, *E. declivus*) vizsgálva azt találtuk (Orci és mtsai 2002), hogy (i) az *E. pulvinatus* éneke jelentősen különbözik az összes nyugat-Európában előforduló faj énekétől, mivel az *E. pulvinatus* echeme szekvenciája során a echeme-ek syllabus-száma, rés-száma, időtartama és hangereje fokozatosan nő, míg a többi faj esetén ezek egy átlagos érték körül véletlenszerűen ingadoznak; (ii) az *E. pulvinatus*-hoz morfológiai szempontból az *E. chopardi* áll legközelebb és nem a Mařan által "*E. pulvinatus gallicus*" néven leírt forma. Ezek alapján úgy látjuk, hogy helyesebb a Mařan által leírt taxont az *E. pulvinatus*-tól faji szinten különállóként kezelni, *E. elegantulus gallicus* néven, mivel az *E. elegantulus*-tól sem morfológiai, sem ének jellemzőit tekintve nem tér el lényegesen (Ragge és Reynolds 1984).

3.1.2. *I. modestior* és *Isophya stysi*

Az *Isophya stysi* és *I. modestior* szöcskék hím szokványos énekét összehasonlítva azt találtuk, hogy a két faj éneke a legtöbb vizsgált jellemzőt tekintve nagyon hasonló, de a syllabus-ok fő pulzus-sorozatának első pulzus-periódus hossza alapján egyértelműen megkülönböztethető. Ez az *I. stysi* esetén mindig hosszabb volt, mint 15 ms, az *I. modestior* esetén pedig rövidebb, mint 5 ms. Énekük alapján identifikált példányok morfológiáját vizsgálva azt találtuk, hogy az *I. stysi* hímek ciripelőcsapsora általában kevesebb csapot tartalmaz és mindig néhány nagy és hézagosan álló foggal indul (a disztális végen), míg az *I. modestior* hímek csapsora több csapból áll és ezek a disztális végen is sűrűn állnak, sőt a hímek a ciripelő csapsoruk vizsgálata nélkül – standard diszkriminancia-analízis eredményei alapján – akár már 4 könnyen mérhető jelleg alapján is nagy biztonsággal identifikálhatóak. A fentiek alapján, különösen a szokványos ének különbözősége miatt, helyesnek tartjuk a két taxon faji szinten való külön kezelését.

3.2. Morfológiai alapon nehezen identifikálható fajcsoportok esetén a hazai népeségek hovatartozásának tisztázása énekük elemzése alapján.

3.2.1. *Ch. albomarginatus*-fajkör

A Szigetközben, Kiskunságban és a Hortobágyon megfigyelt illetve gyűjtött hímek udvarlóénekük alapján egyértelműen a *Chorthippus oschei* fajhoz tartoznak. Ez a faj új a magyar faunára, és a fenti eredmények alapján valószínű, hogy ez a *Ch. albomarginatus*-fajkör hazánkban legáltalánosabban elterjedt tagja. *Chorthippus albomarginatus*-t eddig egyedül Fertőrákos falu mellett sikerült megtalálni, az ott élő populációban több *oschei* x *albomarginatus* hibrid-gyanús hím udvarlását sikerült felvenni és elemezni.

3.2.2. *Isophya pyrenaea*-alakkör

A Kőszegi-hegységből, Aggteleki-karsztról és a Zemplénből gyűjtött *I. pyrenaea*-alakkörbe tartozó hímek énekük alapján egyértelműen az *I. kraussii* fajhoz tartoznak. A korábbi feltételezéseknek megfelelően valószínűleg az alakkörnek ez a tagja a legáltalánosabban elterjedt hazánkban.

3.3. A tudomány számára még ismeretlen énekű fajok, alfajok, vagy geográfiai variánsok akusztikus szignáljainak oscillografikus, leíró elemzése

3.3.1. *Isophya beybienkoi*

Az *Isophya beybienkoi* a Szlovák-karszt szűk elterjedésű endemizmusa. A hímek szokványos éneke egy hosszú syllabus-sorozat, amelyben két syllabus-típus ("A" és "B") figyelhető meg. A két syllabus-típust jellegzetes rendben és ritmusban követik egymás után, úgy hogy az ének a következőképpen formulázható: "AAA...A - BAAA...A - BAAA...A - BAAA...A" és így tovább, végül a zárlat " - BAAA...A". Ahol a "-" a többihez képest hosszabb syllabus-közi szünetet jelent, a "..." pedig változó számú "A" syllabus-t jelöl. A nőstények válaszénekeiket mindig a "B"- syllabus-t közvetlenül követő syllabus-közi intervallum során bocsátják ki. Az *I. beybienkoi* éneke alapján teljes biztonsággal megkülönböztethető a genus összes egyéb fajától. A fentiek teljes mértékben támogatják a taxon önálló fajként való kezelését.

3.3.2. *Isophya modesta*, adalékok az *I. modesta* és *I. rossica* viszonyának tisztázásához

Az *I. modesta* elterjedési területére vonatkozó ismereteink, főként kelet felé bizonytalanok az *I. rossica*-hoz való nagyfokú morfológiai hasonlósága miatt. A hímek szokványos éneke magányos syllabus-okból áll. A syllabus-ok egy fő pulzus-sorozatból (20-50 pulzus) és az ezt 4-8 másodperc szünet után követő utó pulzus-sorozatból (10-50

pulzus) épülnek fel. A nőstények általában az utópulzus-sorozat után, annak végéhez időzítve adják válasz-éneküket, ritkábban közvetlenül a főpulzus-sorozat után. Sem a faj szokványos éneke, sem pedig morfológiája nem mutat lényeges eltéréseket az *I. rossica* fajhoz képest, így eredményeink alapján az *I. rossica* faj különállósága erősen kérdéses.

3.3.3. *Isophya brevipennis*

Az *I. brevipennis* hímek szokványos éneke egy bizonytalan hosszúságú, akár több percig is folyamatosan tartó, syllabus-sorozat, amelyet egy syllabus-típus alkot, a syllabus-ismétlés ritmusa egyenletes (percenként 90 - 160 syllabus, 21-24 °C). A syllabus-ok egy közel egyenletes pulzus-ismétlési sebességű fő pulzus-sorozatból (10-30 pulzus) és az ezt követő 1-4 utó-klikkből állnak. A nőstényválasz késése a hím syllabus fő pulzus-sorozatának utolsó pulzusa után 151 és 218 ms között variált.

A jelen dolgozat eredményeivel az összes hazai *Isophya* faj hangja ismertté vált, s így meg tudtam adni egy ének-jellemzők alapján futó határozókulcsot, amely alapján egy stopperóra segítségével a fajok nagy részét nagy biztonsággal meg lehet határozni.

3.3.4. *Poecilimon fussi*

A *Poecilimon fussi* hímek szokványos éneke határozatlan hosszúságú, gyakran több percig tartó syllabus-sorozat, amelynek során két fázis ciklikus váltakozása figyelhető meg. Az "I"-es fázis során a syllabus-ismétlési sebesség kisebb és csak "A" típusú syllabus-okból (20-40 pulzusból álló pulzus-sorozat utó-klikk nélkül) áll, a "II"-es fázis során gyorsabb a syllabus-ismétlés és csak "B" típusú syllabus-okat (50-70 pulzust tartalmazó fő pulzus sorozat és 1-4 utó-klikk) tartalmaz. A nőstényválasz egysége három pulzus-csoportból áll és a hím-ének "II"-es fázisa során történik úgy, hogy a nőstényválasz egy egysége a hím két syllabus-a alatt hangzik el. Ilyen komplex, kétfázisú éneket a *Poecilimon* genusból eddig nem írtak le, a nőstényválasz pedig szokatlanul hosszú.

3.3.5. *Pholidoptera transsylvanica*

A *Pholidoptera transsylvanica* hímek énekének alapeleme egy rövid, hangos trisyllabicus echeme. Általában az echeme-eket hosszú echeme-sorozatokban, egyenletes ritmikával adják elő a hímek (23 - 133 echeme/perces echeme ismétlési sebességgel). Az echeme-hossz soros összefüggést mutatott a felvételkor mért levegőhőmérséklettel ($r = -0.9881$, $p < 0.000$), és annak függvényében a következő regressziós egyenlessel írható le a 21 - 28 °C hőmérsékleti tartományban: $D = -13.39 * T + 456.69$ ahol D az echeme-hossz milliszekundumban, T pedig a levegőhőmérséklet °C-ban. A *Ph. transsylvanica* éneke igen hasonló szerkezetű a tőle morfológiailag távol álló *Ph. fallax* és *Ph. griseoptera* énekéhez, ugyanakkor határozottan eltér a hozzá morfológiailag közel álló *Ph. aptera* énekétől.

3.3.6. *Pholidoptera littoralis*

Néhány hazai és erdélyi példány hangjáról készített felvételünk elemzési eredményei valamint a nyugat-európai kutatók által publikált néhány oszcillogram és elemzési adat összevetése alapján úgy látjuk, hogy a *Pholidoptera littoralis* három alfajának hím szokványos éneke nem mutat az ének alapszerkezetét érintő, taxonómiai szempontból lényegesnek tekinthető különbségeket.

3.3.7. *Stenobothrus fischeri*

Jelentős különbséget találtam a hazai és közép-görögországi *Stenobothrus fischeri* hímek udvarlóének felépítésében. A teljes udvarlóének két fő részből áll mind a két populáció esetén. A hazai példányok énekében az első fő rész során két ének fázis hosszú váltakozó ismétlése figyelhető meg, ezzel szemben a görögországi hímeknél az I-es főrész teljes egészében a hazaiak I-es főrész 1. fázisának felel meg és nem tartalmaz 2. fázist. Így a görög példányoknál az I-es és II-es fő rész ciklikus váltakozásának ritmusa a hazai példányok I-es fő részbeli 1. és 2. fázisának váltakozási

ritmusához hasonló. A II. fő rész felépítése a két populáció esetén hasonló. Az Otto von Helversen által rögzített taygetos-i udvarló ének és az általam a Meteoráknál gyűjtött udvarlóénekek között nem találtunk lényeges különbséget, valamint az általam vizsgált kiskunsági és Faber által megfigyelt bécsi-medencei hímek udvarlóéneke is azonos szerkezetű, tehát a két ének variáns nem egy-egy szűken lokalizált forma sajátosága. Jelenlegi ismereteink alapján mindössze annyit mondhatunk, hogy a dolgozatban bemutatott udvarlóhang differencia fontos jelzője annak, hogy a hazai és görögországi populációk párfelismerési rendszerének akusztikus elemeiben már jól érzékelhető divergencia megfigyelhető meg. Hogy ez képes-e szaporodási izolációt létrehozni a két forma között az további vizsgálatokat igényel.

4. Az értekezés témakörében megjelent publikációk

Szakkikkek, közlemények:

Referált folyóiratban megjelent:

Nagy, B., Orci, K. M. & Szövényi, G. 2000. Pholidoptera littoralis (Fieber, 1853) - Bujkáló avarszöcske - Magyarország faunájára új Orthoptera faj. *Folia entomologica hungarica* **61**:245-261.

Orci, K. M., Szövényi, G. & Nagy, B. 2001. A description of the song of *Isophya beybienkoi* Maran 1958 (Orthoptera: Tettigoniidae). *Biologia, Bratislava* **56**(5): 489-495.

Orci K. M. 2001. A description of the song of *Pholidoptera transsylvanica* (Fischer-Waldheim, 1853). *Acta zoologica hungarica* **47**(4): 301-310.

Orci, K. M., Ragge, D. R. & Reynolds, W. J. 2002. A re-examination of the taxonomy of *Euchorthippus pulvinatus* and related species on the basis of morphology and song. *Journal of Natural History* **36**(5): 585-600.

Egyéb publikációk:

Szövényi, G., Nagy, B. & Orci, K. M. 2001. Isophya szöcskepopulációk Magyarországon. *In: Isépy, I., Korsós, Z. és Pap, I. (eds): II. Kárpát-medencei Biológiai Szimpózium (Előadások összefoglalói), A Magyar Biológiai Társaság és Magyar Természettudományi Múzeum kiadványa, Budapest, pp. 255-258.*

Orci, K. M. & Helversen, O. von 2001. Hungarian and Greek males of *Stenobothrus fischeri* use different courtship songs. *Metaleptea* (special meeting issue): *abstracts of the VIII. International Meeting of the Orthopterists' Society*, 2001, Montpellier, Franciaország, p. 68.

Orci, K. M. 2001. A description of the song of the bush-cricket *Poecilimon fussi* (Orthoptera, Tettigoniidae). *Proceedings of the XVIII. meeting of the International Bio-Acoustic Council*, 2001. szeptember 3-6., Cogne, Olaszország, p. 28.

Papp, J., Orci, K. M. & Kisbenedek, T. 2001. A biológiai "zene". *Természet Világa* **132**(5): 198.

Előadások:

Orci K. M.: A hangadás időzítésének vizsgálata koegzisztens fajoknál: kerülnek-e az egyenesszárnyúak az akusztikus interferenciát. – A viselkedéskökológia modern irányzatai: konferencia és posztgraduális kurzus. DAB Székház, Debrecen, 1999. január 28-30.

Orci K.M.: A *Pholidoptera transsylvanica* hangjának leíró elemzése – "A biológiai sokféleség tanulmányozása és védelme" konferencián, DAB Székház, Debrecen 1999. november 10-11.

Orci K. M.: Az *Euchorthippus* genus európai fajainak összehasonlító vizsgálata hangjuk és morfológiai jellegeik alapján – MBT Állattani Szakosztályának 900. előadójelentése, Budapest, 2000. január 12.

Orci K. M.: Bioakusztikai módszerek – "Modern vizsgálati módszerek a viselkedésökológiában" konferencia és posztgraduális kurzus, DAB Székház, Debrecen, 2000. január 26-29.

Orci K. M., Nagy B., Szövényi G., Rácz I. A. & Varga Z.: Az *Isophya stysi* és *I. modestior* szöcskefajok bioakusztikai és morfometriai összehasonlító vizsgálata. – MBT Állattani Szakosztályának 910. előadójelentése, Budapest, 2001. március 7.

Szövényi, G., Nagy, B. & Orci, K. M.: *Isophya* szöcske populációk Magyarországon. – II. Kárpát-medencei Biológiai Szimpózium, 2001. november 21., az MTM előadóterme, Budapest, Ludovika tér 6.

5. Az értekezés témakörén kívüli publikációk

Szakkikkek, közlemények

Orci, K.M. 1997. A comparative study on grasshopper (Orthoptera) communities in the Aggtelek Biosphere Reserve. In Tóth, E and Horváth, R. (eds): The proceedings of the "Research, Conservation, Management" conference, Aggtelek, pp. 109-116.

Varga, Z., Sipos, J., Orci, K. M., & Rácz, I. A. 2000. Félzáraz gyepek az Aggteleki-karszton: fitocönológiai viszonyok, egyenesszárnyú rovar- és lepkegyűjtések. In: Virágh K. & Kun A. (eds.): *Vegetáció és dinamizmus*. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót, pp. 195-238

Orci, K. M., Rácz, I. A., Varga, Z., & Tóthmérész, B. 2000. A case study on the dynamics of grasshopper assemblages. *Acta Biologica Debrecina* suppl. Oecol. Hung. fasc. **11/1**: 118.

Orci, K. M. & Kisbenedek, T. 2000. A study on the relationship between vegetation structure and morphology in grasshopper

assemblages (Orthoptera: Acrididae). *Acta Biologica Debrecina* suppl. Oecol. Hung. fasc. **11/1**: 287.

Orci, K. M. & Kisbenedek, T. 2001. On the relationship between vegetation structure and morphology in grasshopper assemblages. *Metaleptea* (special meeting issue): abstracts of the VIII. International Meeting of the Orthopterists' Society, 2001, Montpellier, Franciaország, p. 69.

Jordán, F., Báldi, A., Orci, K. M., I. A. Rácz & Varga, Z. - Characterising the importance of habitata patches and corridors in maintaining the landscape connectivity of a *Pholidoptera transsylvanica* metapopulation. *Landscape Ecology* (elfogadva)

Előadások:

Orci, K. M., Rácz, I. A., Varga, Z. & Tóthmérész, B. - Egyenesszárnyú-együttesek közösség szerkezet dinamikája, egy esettanulmány. – V. Magyar Ökológus Kongresszus, Debrecen, 2000. október 25-27.

Jordán, F., Orci, K. M., Rácz, I. A. & Varga, Z.: Foltok, folyosók, és összefüggőségük: az erdélyi kurtaszárnyú szöcske metapopulációja az Aggteleki-karszton. – MBT Természetvédelmi Szakosztály előadóülése, 2001. június 12., Budapest, Ludovika tér 6., az MTM előadóterme.

* * *

A tézisben megadott irodalmi hivatozások az értekezés irodalomjegyzékében találhatóak.

