

## 1. A kutatás célja

A pályázat keretében végzett munkám során két kérdéskörben vizsgáltam egyenesszárnyú rovarok akusztikus szignáljait. Az első kérdéskörben a tudomány számára még ismeretlen énekű fajok, alfajok vagy taxonómiai szempontból érdekes helyzetű populációk hangjeleinek leíró analízisével foglalkoztam, taxonómiai helyzetük tisztázása, identifikációjuk megkönnyítése és további viselkedésbiológiai vizsgálatok megalapozása végett. A második kérdéskörben a fajspecifikus párfelismerés szempontjából kritikus énekjellemzők felderítésével foglalkoztam. Ebben a kérdéskörben az *Isophya camptoxypha* faj nőtényeinek énekpreferenciáit vizsgáltam hangvisszajátszásos kísérletek során.

Bár előre nem megtervezett módon születtek az első kérdéskörrel kapcsolatos vizsgálódások közben felfedezett két tudományra új faj akusztikus szignáljainak leírása és a kutatás közben adódó jelentősebb faunisztikai adatok is a projekt fontos eredményei.

## 2. Anyag és módszer

### 2.1. Anyag

A pályázat keretében rögzített és elemzett hanganyag Romániában, Magyarországon, Macedóniában és Bulgáriában végzett gyűjtések során előkerült példányok akusztikus szignáljait tartalmazza. Jelentősebb gyűjtések a következő régiókban folytak. Románia: Máramaros, Görgényi-havasok, Hargita, Csukás-hegység, Fogarasi-havasok, Cozia-hegység, Retezát, Erdélyi-szigethegység, Dobrudzsa; Magyarország: Kőszegi-hegység, Mecsek, Budai-hegység, Pilis, Zemplén.

### 2.2. Hangrögzítés, hangelemzés, hang-visszajátszás

A felvételeket során használt mikrofonok: Monacor ECM-920, Shure BG 4.1, InterM MC 1000, Brüel&Kjaer 4191-es és 4939-es mérőmikrofonok. A mikrofonokról érkező jelet egy Brüel&Kjaer jelkondicionáló erősítővel erősítettem és következő digitális hangrögzítővel vettem fel: Sony TCD-D7-es DAT-magnó, nagy denzitású lemezekre dolgozó minidisc recorder (Sony MZ-RH910), NI DAQ 6221-es adatgyűjtő kártyával felszerelt személyi számítógéppel. A hangelemzés és play-back stimulusok szerkesztése az Adobe Audition 1.5 szoftverrel történt. Az *Isophya* nőtények válaszénekének stimulálásához hangvisszajátszást alkalmaztunk az említett számítógépről az Onkyo erősítőn keresztül egy AROWANA DC-691 típusú hangdoboz segítségével.

### 2.3. Bioakusztikai terminológia

Eredményeink közlésekor, így a jelen zárójelentésben is a Ragge és Reynolds (1998) által használt terminológiát követtük kiegészítve néhány új, a vizsgált csoportok hangjeleinek leírásához fontos kifejezéssel is:

**impulzus:** egyetlen, erősen csillapított, osztatlan hanghullám-sorozat, amely egyetlen ciripelőcsap hatására keletkezik (az utó-klikk külön elnevezést használjuk a syllabusok zárásaként megjelenő izolált impulzus(ok)ra

**syllabus:** a hangadószervek egyetlen mozgásciklusa (szöcskéknél a szárnyak egy nyitó-záró mozgása) során keletkező hang. Ez két hemisyllabusból állhat. Szöcskéknél nyitó-hemisyllabusból (ez a szárnyak nyitásakor keletkezik), és záró-hemisyllabusból (ez a szárnyak zárása során keletkező hang).

**echeme:** a syllabusok elsőrendű csoportosulása (a csoporton belül a syllabusok közötti szünet

általában rövidebb, mint maguk a syllabusok).

echeme-sorozat: az echeme-ek elsőrendű csoportosulása

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

szokványos ének (calling song): az a hangszignál, amit egy magányos hím spontán módon produkál. Így nevezem az alábbiakban a hím-nőstény duett éneklés során használt hím éneket is, ha az nem tér el jelentősen a spontán módon előadott énekétől

### 3. Eredmények

#### 3.1. Leíró hangelemzési eredmények

##### 3.1.1. Isophya harzi

A Kis Béla által 1960-ban leírt faj énekének tanulmányozása kiemelten indokolt volt taxonómiai helyzetének értékelése érdekében és a faj biztos identifikálásának megkönnyítéséhez.

A hímek szokványos éneke rövid syllabus-csoportok hosszú sorozata. Az ének teljes hossza nem meghatározott néhányszor tíz másodperctől több percig terjedhet. Az egyes syllabus-csoportokat (1)-2-4-(6) syllabus alkotja. Ezek egymáshoz hasonló felépítésűek: egy fő impulzus-sorozatból és néhány utó-klikkből állnak. A fő impulzus-sorozatban az impulzusok ismétlési sebessége finoman csökken és időnként a sorozat utolsó tagjai már az utó-klikkekhez tartóan átmeneti mértékben leszakadva, izoláltan jelennek meg. Az utó-klikkek száma variabilis 0-tól 5-6-ig, de jellemzően csak 1-2-öt találunk. A syllabus-csoportok első syllabusai rendszerint határozottan hosszabbak, mint a csoport többi syllabusa, a csoport előadása során pedig a syllabus-ismétlési periódus tendenciózus rövidebbé válása figyelhető meg. Az ének kezdetén gyakoribbak az egy-két tagú syllabus-csoportok a vége felé pedig gyakrabban találunk hosszabb (4-6) syllabus tartalmzó csoportokat, de egyetlen syllabusból álló „csoport” időnként bárhol előfordulhat az énekben.

Spektrális jellemzőit tekintve a hímek éneke szélessávú zörej: 10kHz-40kHz között észlelhetőek nagyobb intenzitású komponensek, 20kHz-25kHz közötti intenzitásmaximummal, emellett 50kHz-55kHz között is jelentkezik egy kisebb intenzitású összetevő-csoport. Az ének során ezek a jellemzők nem változnak jelentősen, az ének döntően amplitúdó modulált.

A nőstények rövid (3-10 ms) válaszénekének oscillografikus szerkezete a többi tarsza fajnál megfigyelhetőhöz hasonlóan egyszerű és nem specifikus: néhány (1-10) impulzus bizonytalan ritmusban előadva. A válaszének időzítése a hím szokványos énekhez viszonyítva viszont itt is szigorúan meghatározott és a fajra jellemző: a válasz a hím-ének syllabus-csoportjainak első syllabusa után 30-60 ms késéssel következik.

A hímek szokványos éneke az I. posthumoidalis és I. beybienkoi-ra jellemző struktúrát mutatja, de lényegesen hosszabb syllabusokkal, alacsonyabb syllabus-ismétlési sebességgel és minimális szintű syllabus-típus differenciáltsággal: a csoportkezdő syllabusok alig térnek el a syllabus-csoport további tagjaitól, szemben az említett két faj énekében megjelenő markánsan különböző két syllabus-típussal. A hímek szokványos énekének oscillografikus szerkezeti specificitása is alátámasztja a taxon faji státuszát.

##### 3.1.2. Isophya rectipennis

Az *I. rectipennis* faji státuszával vagy a példányok identifikációjával kapcsolatban nem merültek fel kétségek illetve nehézségek, de a faj akusztikus szignáljait eddig nem tanulmányozták, és ezek leírását a faj természetrajzának alapvető részeként fontosnak tartottam.

A hím szokványos ének egy gyors ismétléssel előadott syllabus-sorozat. A sorozat 4-6.5 s időtartamú és 25-44 syllabusból áll. A syllabus-sorozat egy kis amplitúdóval és lassú syllabus-ismétléssel jellemezhető iniciális résszel kezdődik, ami fokozatos amplitúdó-növekedés és syllabus-ismétlési sebesség növekedéssel megy át a sorozat fő szakaszába, ahol a syllabusok elérik maximális amplitúdójukat és a fő szakasz elején az ismétlési sebesség is maximálissá válik. Ezzel párhuzamosan a syllabusokat alkotó impulzusok száma és a syllabusok hossza is nő az iniciális szakaszban és egy maximális érték körül ingadozik a fő szakaszban. A syllabus-ismétlési sebesség a fő szakasz kezdetén elért maximum után fokozatosan csökken a sorozat végéig. Az egyes syllabusok 17-25 egyenletes sebességgel ismételt impulzusból állnak a főszakaszban és 35-46 ms időtartamúak.

Az ének frekvencia-intenzitás eloszlását tekintve zörej típusú. A spektrális elemzések két jelentős intenzitás-sávot mutattak: az erősebb 10kHz-30kHz (intenzitás maximum: 17kHz-18 kHz), és egy gyengébb 45kHz-70kHz (maximum: 50kHz-60 kHz között) helyezkedett el. Az ének során a spektrális jellemzők nem változnak jelentősen, az ének döntően amplitúdó modulált.

A nőstények válaszéneke itt is egy rövid impulzus-sorozat specifikus időzítéssel a hím énekéhez képest. A hím-ének fő szakaszának középső már kissé belassuló részénél kapcsolódik be a nőstény. A nőstények az egyes hím-syllabusok közötti szünetekben, a megelőző hím-syllabus kezdetétől mérve 70-100 ms késéssel adják válaszukat. A nőstényválasz ismétlési sebessége rövidebb szakaszon elérheti a hím-ének syllabus-ismétlési sebességét, az az a hím syllabusokra sorozatban kihagyás nélkül érkeznek ilyenkor a válaszok. Ez az eddig megismert *Isophya* párformációs duettek között a legnagyobb sebességű.

### 3.1.3. *Isophya zubowskii*

Az *I. zubowskii* énekének tanulmányozása fontos volt a nyugat-európai elterjedésű *I. pyrenaea* fajtól való különállóság kérdésének vizsgálatához. A két faj között nem ismerünk megbízhatóan használható morfológiai különbségeket és az *I. zubowskii* énekének jellemzői eddig ismeretlenek voltak.

A hímek szokványos éneke egyenletes ismétlési sebességgel (syllabus-ismétlési periódus 800-1300 ms) előadott syllabusok hosszú sorozata. Az ének kezdetét adó 3-10 halkabb, és fokozatosan erősödő hangerejű syllabus kivételével az ének döntő részében a syllabusok amplitúdója egy átlagos érték körül ingadozik. A syllabusok egy fő impulzus-sorozatból és az azt követő 1-3 utó-klikkből állnak. A fő impulzus-sorozat 200-250 ms időtartamú (21-22 °C) és 80-100 egyenletes sebességgel ismételt impulzusból áll, melyek amplitúdója a syllabus kezdetétől a végéig egyenletesen fokozatossággal csökken.

A zörej színekű ének spektrogramja két nagyobb intenzitású frekvencia-tartományt mutat: egy nagyobb intenzitású mélyebb komponens-tartomány van 10kHz-30kHz között (maximális intenzitás 19kHz-24kHz között) és egy kisebb intenzitású frekvencia-tartomány 50kHz-70kHz között (maximális intenzitás 55kHz-62kHz között). Az ének során a spektrális jellemzők ennél a fajnál sem változnak jelentősen, az ének döntően amplitúdó modulált.

A nőstények a hímek syllabusai után a syllabusok közötti szünetben válaszolnak rövid, néhány impulzusból álló válaszénekekkel. Ezeket a válaszénekeket a nőstények a hímek megelőző syllabusának végéhez képes 90-140 ms késéssel bocsátják ki. A viszonylag lassú

hím syllabus-ismétlési sebesség miatt nem meglepő, hogy a nőstények időnként kihagyás nélkül válaszolnak az egymást követő hím syllabusokra.

Eredményeink szerint az *I. zebrowskii* énekének alapszerkezetét tekintve is közel áll az *I. pyrenaea*-hoz, de a syllabusok időtartama 2-3-szor hosszabb, és 2.5-3.5-ször annyi impulzusból áll a syllabusok fő impulzus-sorozata. Ezek alapján a két taxon példányai biztosan identifikálhatóak és a faji különállóságuk is indokoltnak látszik.

#### 3.1.4. *Isophya pienensis*

Az *Isophya pienensis* énekével kapcsolatban eddig csak nagyon töredékes információk váltak hozzáférhetővé az irodalomban. A faj Közép-Kelet Európában szélesen elterjedt és az *I. kraussii*-től problematikus volt a megkülönböztetése, ezért tartottam fontosnak a hímek énekének alaposabb tanulmányozását.

A hímek szokványos éneke magányos syllabusokból áll, amelyeket legtöbbször 1 egyesével több másodperces szünetekkel, vagy kisebb csoportokban (2-3(4)) adnak elő. A syllabus-ismétlési periódus a csoportokon belül is nagyobb, mint 1.5 sec. A syllabusok egy fő impulzus-sorozatból és néhány(0-3) utó-klikkből állnak. A fő impulzus-sorozat 300-400 ms időtartamú és 70-100 egyenletes sebességgel ismételt impulzusból áll.

A szokványos ének intenzív frekvenciakomponensei 20kHz és 60 kHz között jelentkeznek 20 kHz és 30kHz közötti intenzitás maximummal (egy kisebb lokális intenzitás maximum 40kHz és 50kHz között is megfigyelhető). A szignál spektrális jellemzői nem változnak detektálhatóan az ének során.

Ennél a fajnál a hímeknél jellegzetes rivalizáló ének is megfigyelhető. Ez a szokványos énektől a syllabusok folyamatos gyors ismétlésében különbözik (ilyenkor a syllabus periódus 500-700 ms-ra csökken a szokványos énekre jellemző minimum 1500 ms helyett) és jellemzője a két rivalizáló fél közötti alternáló ének időzítés.

A nőstények a hím syllabusok közötti szünetben válaszolnak a hím syllabusok végéhez képest 80-120 ms késéssel. A nőstény válaszének itt is egy egyszerű, rövid kis impulzus-csoport (1-6 impulzus), többnyire 1-(2-3) nagyobb amplitúdójú feltűnő impulzussal a csoport elején.

A hímek éneke a legalább háromszor hosszabb syllabus-ismétlési periódus miatt (*I. kraussii* 450-600 ms, *I. pienensis*: 1500 ms felett) szabadfüllel is tisztán felismerhető mértékben különbözik az *I. kraussii* énekétől, így a fenti eredmények a két faj egyértelmű megkülönböztetését lehetővé teszik.

#### 3.1.5. *Isophya modesta longicauda*

Az *Isophya modesta longicauda* énekét eddig még nem tanulmányozták. Az alfaj énekének tanulmányozása érdekes eredményeket hozhat a taxon taxonómiai helyzetének értékeléséhez és az *I. modesta* formakörben zajló speciációs folyamatokba való betekintéshez.

A hímek szokványos éneke magányos syllabusokból áll (ezeket rendszerint 10 másodpercnél hosszabb szünetek választanak el egymástól). A syllabusok egy fő és egy terminális impulzus-sorozatból állnak. A fő impulzus-sorozat 120-170 ms időtartamú (23-25 °C mellett) és 20-35 impulzusból áll, amelyek egyenletes ismétlési sebességgel követik egymást és az amplitúdójuk fokozatosan csökken. A terminális impulzus-sorozat 750-1500 ms hosszú és 30-50 impulzusból áll. Ebben az impulzus-sorozatban az impulzus-ismétlési sebesség tendenciózus növekedése figyelhető meg a sorozat vége felé. A két impulzus-sorozat közötti szünet hossza igen variábilis, de 1 másodpercnél mindig rövidebb volt (17- 600 ms).

A hím szokványos ének itt is amplitúdómodulált szélessávú zörej. Két frekvenciasávban mutatkozott jelentős hangintenzitás: egyrészt 10kHz és 25kHz között (1515kHz és 20 kHz

közötti maximummal) másrészt egy kisebb intenzitású sáv 40kHz-től 60 kHz-ig (itt 45kHz és 55 kHz között van a lokális maximum).

A nőstények válaszéneke itt is egy néhány (1-6) impulzusból álló rövid szignál, melyet a hím syllabusának terminális impulzus-sorozata után adnak elő a nőstények. A nőstényválasz késedelme a terminális impulzus-sorozat utolsó impulzusához képest 150-190 ms.

Az I. m. longicauda hím szokványos éneke markánsan különbözik az I. modesta modesta énekétől, de előzetes kísérleteink alapján a nőstények nem tesznek különbséget a két énektípus között, így a taxon alfaji státusza indokoltnak tűnik. Érdekes, hogy annak ellenére, hogy a hím szokványos ének erőteljesen különbözik a nominotipikus alfajnál jellemzőtől (az I. modesta modesta énekében a fő és terminális impulzus-sorozat között 4-10 másodperces hosszú szünet van), a nőstények válaszdíjítése teljesen hasonló; ugyanakkor a teljesen hasonló hím szokványos énekű I. modesta rossica-nál a nőstényválasz időzítése mutat erős eltérést az I. modesta modesta-nál jellemzőhöz képest. Tehát az I. modesta egyik alfaja (I. m. longicauda) a hím-ének felépítését tekintve, a másik (I. m. rossica) pedig a nőstény válasz időzítését tekintve divergált a nominotipikus alfajtól.

### 3.1.6. Poecilimon brunneri

A faj énekét Heller (1988) tanulmányozta Macedóniában és Görögországban. A hazai extrémén diszjunkt előfordulás miatt, fontosnak éreztük a hazai populáció akusztikus szignáljainak vizsgálatát.

A hímek szokványos éneke rövidebb-hosszabb syllabus-sorozatokból áll és két syllabus-típusból (A, B) épül fel. Az „A” típusú syllabusok egy fő impulzus-sorozatból és az azt követő néhány utó-klikkből állnak. A fő impulzus-sorozat egy kis amplitúdójú résszel kezdődik, ez az impulzus-sorozat több, mint háromnegyed részét teszi ki (ez alatt az impulzusok amplitúdója közel konstans és kicsi), ezután az impulzus-sorozatot egy rövid nagy amplitúdójú impulzus-csoport zárja. A „B” típusú syllabusok csak fő impulzus-sorozatból állnak és kisebb impulzus-ismétlési sebesség jellemző rájuk. Itt az impulzusok amplitúdója fokozatosan növekszik az impulzus-sorozat közepéig, majd fokozatosan csökken a végéig. A syllabus-sorozatok lehetnek rövidek. Ilyenkor 3-6 syllabust ad elő az állat gyors egymásutánban. Ezeket a rövid syllabus-sorozatokat csak egy syllabus típus alkotja (vagy csak „A” vagy csak „B”). Máskor viszont hosszú (több mint 50 syllabusból álló) syllabus-sorozatokat figyelhetők meg. Ezek során hosszú, csak „A” illetve csak „B” syllabusokat tartalmazó részek váltakoznak. Az „A” illetve „B” syllabusokból álló sorozatrészek között hirtelen az átmenet. Gyakran nincs szünet, néha rövid (kevesebb, mint 1 másodperces) szünet figyelhető meg a syllabus típusok közötti váltáskor.

A hímek éneke az emberi fül számára alig érzékelhető, mert a hallható tartományba eső frekvenciakomponensei meglehetősen halkak. Ezért a faj ének alapján történő terepi detektálásához ultrahang-detektor használata szükséges.

A nőstények válaszéneke a lomhaszöcskéknél szokásos rövid nem specifikus szerkezetű impulzus-csoport. Ezt az „A” típusú syllabusok közötti szünetekben adják a nőstények.

A hazai populációból gyűjtött hímek szokványos éneke alapvető vonásait tekintve megegyezik a Heller (1988) által leírt görög és macedón példányok énekével. Úgy tűnik, hogy az erősen izolált, diszjunkt helyzet ellenére sem alakult ki taxonómiai szempontból jelentős divergencia az akusztikus szignálokban ennél a fajnál.

### 3.1.7. Saga rammei

A faj énekének oszcillografikus és spektrografikus sajátosságait jelen munka előtt még nem tanulmányozták. Ezeknél a jól rejtőzködő nagyon alacsony populációsűrűségben élő

rovaroknál az akusztikus szignálok ismerete különösen fontos lehet a példányok akusztikus detektálásához.

A hímek szokványos éneke egy hosszú echeme-sorozat (az általunk vizsgált példányoknál ennek időtartama 12-171 s között variált). Az echeme-sorozat során az echeme ismétlési sebesség egyenletes (23-26 °C levegőhőmérséklet mellett 1.3-1.7 s között variált). Az echeme-ek egy syllabus típus egyenletes és sűrű ismételtetéséből állnak (40-48 syllabus/s; kivéve az echeme első néhány lassabban ismételt, igen halk bevezető syllabusát). Az echeme-ek egy hangerőfokozó iniciális és egy konstans amplitúdójú fő szakaszra tagolhatók. Az iniciális szakasz a teljes echeme-nek megközelítőleg az egyharmadát teszi ki. Ennek során a syllabusok fokozatosan egyre nagyobb amplitúdójúak, hosszabbak, több impulzusból felépülők lesznek, míg a közöttük mérhető szünetek egyre rövidebbé válnak. A fő szakaszban aztán ezek a jellemzők elérnek egy közel stabil értéket. Az egyes syllabusok egy kisebb amplitúdójú (Q) és egy nagyobb amplitúdójú (L) impulzus-sorozatból állnak. Az echeme-ek főszakaszában a Q impulzus sorozatok rövidebbek és kevesebb impulzusból állnak, mint az L impulzus-sorozatok. A Q impulzus-sorozatok során az egyes impulzusok amplitúdója fokozatosan csökken az impulzus-ismétlési sebesség pedig nő, míg az L impulzus-sorozatok esetén pedig fordítva: az impulzusok amplitúdója nő, ismétlési sebességük pedig csökken.

Az ének frekvencia-spektruma folytonos színeképet mutat intenzív összetevőkkel a 15kHz – 80 kHz közötti sávban. A legnagyobb intenzitású komponensek 25-40 kHz között figyelhetők meg. Az ének döntően amplitúdó modulált, de itt a Q és L impulzus-sorozatok színeképe finom, szisztematikus különbségeket mutat. Az L impulzus-sorozatok színeképében 25 kHz és 35 kHz között van két kiugró intenzitás-csúcs. Ezzel szemben a Q impulzus-sorozatok színeképe egyenletesebb intenzitás-eloszlást mutat a 25kHz-80 kHz-es sávban, három vagy több kevésbé kiugró intenzitás-csúccsal.

Hangintenzitás mérést egy példánynál tudtam elvégezni. Ennél az echeme-ek fő szakasza során a hangnyomás átlagos értéke (RMS) 89 dB SPL volt 30-45 cm távolságban az éneklő hímtől.

A Saga rammei nőstényeknél válaszének előadása nem volt megfigyelhető, sőt előzetes fonotaxis kísérleteink során a nőstények látszólag érdektelennek mutatkoztak a hímek énekével szemben. Elképzelhető, hogy ezeknél a nagy testű ragadozó szöcskékénél a hím-ének fő funkciója szexuális vonatkozásban a nőstény agresszivitásának elkerülése a kopuláció során.

Eredményeink és Heller (1988) munkája alapján az Európában előforduló Saga fajok akusztikus szignáljai alapfelépítésüket tekintve meglehetősen hasonlóak egymáshoz. Kvantitatív jellemzői alapján azonban a *S. rammei* éneke markánsan különbözik a többi Saga faj énekétől: a *S. rammei* echeme-jei a legrövidebbek, a legkevesebb syllabusból felépülők és a leggyorsabb syllabus-ismétlési sebességűek, ezek mellett az echeme-sorozat során ennél a fajnál a legrövidebb az echeme-ismétlési periódus.

### 3.2. Tudományra új fajok:

#### 3.2.1. *Isophya hargitai* sp. n.

A faj típuslelőhelye a Keleti-Kárpátokban a Csicsói Hargita csúcstól néhány kilométerre 1200-1300 m-es tengerszint feletti magaságban található. Ez a faj egyetlen jelenleg ismert lelőhelye. A területen 11 hím és 10 nőstény példányt gyűjtöttünk. Mind a 11 hím énekét meg tudtuk figyelni, de hangfelvétel és részletes elemzés ezek közül csak 5 példány esetében készült.

A faj morfológiailag az *Isophya posthumoidalis-beybienkoi-camptoxypha* alakkörbe tartozik, és jelenleg nem ismerünk olyan megbízhatóan használható morfológiai bélyeget, amely

alkalmas lenne az új faj identifikálására. Ugyanakkor a faj hím szokványos éneke teljesen egyedi, szabadfüllel is könnyen felismerhető és az összes eddig bioakusztikai szempontból vizsgált *Isophya* faj énekétől markánsan eltér.

A hímek szokványos éneke egy hosszú egyenletes ismétlési sebességgel előadott syllabus-sorozat, amely egyetlen syllabus-típus ismétléséből áll (syllabus ismétlési periódus 350-520 ms). A syllabusok szerkezete a genusban teljesen egyedülálló: a fő impulzus-sorozat mindössze 1 (ritkábban 2-3) impulzusból áll és 1-5 ms-ig tart, az ezt követő utó-klikkek száma 1-3 (az utó-klikk periódus 50-90 ms). A szignál frekvencia spektruma 15kHz-től 60 kHz-ig tartalmaz intenzív összetevőket. A maximális intenzitású komponensek a 25-35 kHz-es sávban jelennek meg.

A nőtények a hím énekekre válaszénekekkel felelnek. A válaszének a genus többi fajához hasonló rövid bizonytalan szerkezetű impulzus csoport, amit a nőtények a hímek syllabusai közötti szünetekben bocsátanak ki.

### 3.2.2. *Isophya ops* sp.n.

A faj típuslelőhelye és egyben az eddig ismert egyetlen előfordulási területe a Csukás-hegységben van 1400 m tengerszint feletti magasságban. A területen 16 hím és 14 nőtény példányt gyűjtöttünk. Mind a 16 hím énekét meg tudtuk figyelni, de hangfelvétel és részletes elemzés ezek közül csak 9 példány esetében készült.

A faj morfológiailag az *Isophya posthumoidalis*-*beybienkoi*-*camptoxypha* alakkörbe tartozik, és jelenleg nem ismerünk olyan morfológiai bélyeget, amely alkalmas lenne az új faj identifikálására. Ugyanakkor a faj hím szokványos éneke teljesen egyedi, szabadfüllel is könnyen felismerhető és az összes eddig bioakusztikai szempontból vizsgált *Isophya* faj énekétől markánsan eltér.

A hímek szokványos éneke egy hosszú egyenletes ismétlési sebességgel előadott syllabus sorozat, amely egyetlen syllabus típus ismétléséből áll, és zavartalan körülmények mellett több percig is folyamatosan tarthat. A syllabusok fő impulzus-sorozata itt is igen rövid (8-17 ms) és 8-16 egyenletesen ismétlési sebességgel előadott impulzusból áll. Ennél a fajnál a fő impulzus sorozatot egy terminális impulzus sorozat követi rövid szünet után (90-170ms). A terminális impulzus-sorozat 150-210 ms időtartamú és 10-30 impulzust tartalmaz, amelyeket az állat közel egyenletes ismétlési sebességgel és fokozatosan csökkenő amplitúdóval ad elő.

Az ének frekvencia-spektruma a genusban többi fajához hasonlóan folytonos típusú. A spektrogramon 12 kHz-től 50 kHz-ig figyelhetőek meg intenzív összetevők. A maximális intenzitású komponensek a 20kHz-30 kHz-es sávban jelennek meg.

A nőtények válaszénekét ennél a fajnál nem sikerült megfigyelni.

### 3.3. Faunisztikai eredmények

Románia faunájára újként sikerült Máramarossziget környékén 4 területről kimutani az *I. posthumoidalis*-t. Ennek a fajnak eddig Dél-Lengyelországból és Észak-Szlovákiából ismertük előfordulását. A máramarosi populáció hímjei a Lengyelországi hímeknél megfigyelhetővel lényegében egyező szokványos éneket produkálnak.

Hazánk faunájára újként sikerült megtalálni a Zemplén északi csücskében a Nagy-Milic csücs környékén az *I. pienensis*-t. A faj Lengyelországból, Szlovákiából, Ukrajnából és Romániából volt eddig ismert. A hazai populáció hím szokványos éneke a fajra jellemző tipikus szerkezetet mutatja.

Az Erdélyi-szigethegységben és az Északi-Rtyezátban sikerült rábukkannunk az *I. camptoxypha* faj első, hangelemzés alapján biztosan identifikált populációira. A fajt korábban *I. brevipennis* néven Románia legközönségesebb tarszafajaként tartották számon (Kis 1960).

Eredményeink szerint a faj lényegesen szűkebb elterjedésű, és a legtöbb *I. camptoxypha*-nak vélt populáció valójában egy (még vizsgálatunk alatt lévő) olyan fajcsoportozáshoz tartozik, amely a hímek akusztikus szignáljai és morfológiai jellemzőik alapján is az *I. posthumoidalis-beybienkoi* fajpárral állnak szoros rokonságban.

### 3.4. A hangvisszajátszásos kísérletek eredményei

#### 3.4.1. Nőstény énekpreferenciák kísérletes vizsgálata a hím szokványos ének két paraméterével szemben az *I. camptoxypha*-nál

A pályázati munka során azért döntöttem az *Isophya camptoxypha* vizsgálata mellett (a tervezett *I. stysi* és *I. modestior* illetve *I. modesta* alfajainak akusztikus preferencia vizsgálata helyett), mert az énekleíró és taxonómiai munkák során több olyan problematikus, morfológiai szempontból az *I. camptoxypha*-hoz nagyon közelálló forma is előkerült a Keleti-Kárpátok térségéből, amelyek taxonómiai helyzetének tisztázásához alapvető fontosságúnak éreztem az *I. camptoxypha* akusztikus párfelismerési viselkedésének részletes vizsgálatát (az eredmények megerősítik a fent leírt két tudományra új faj helyzetét is). A faj ráadásul a genusban szélesen elterjedt, legegyszerűbb felépítésű énektípust használja így a témában végzett első vizsgálódáshoz is jó választásnak ígérkezett: a hímek éneke egy egyenletes ismétlési sebességgel előadott, egy syllabus-típust tartalmazó syllabus-sorozat (syllabusismétlési periódus 370-670 ms 22-24 °C között). Az éneket alkotó egyes syllabusok felépítése is a legegyszerűbb alpmintázatot követi: egy egyenletes impulzus-ismétlésű fő impulzus-sorozatból (8-26 impulzus; 26-46 ms) és az ezt követő 0-3 utó-klikkből állnak. A nőstények preferenciáit két hím-énekjellemzővel szemben vizsgáltam: a syllabusok időtartama (DS) és a syllabus-ismétlési periódus időtartama (SRP). Ez az a két énekparaméter, aminek segítségével a hasonló ének mintázatot mutató, szimpatrikusan előforduló fajok énekei nagy biztonsággal elkülöníthetőek. A párok egymásra találása ennél a fajnál is a hím és nőstény között kialakuló duett éneklés segítségével történik: a hímek spontán énekelnek, a nőstények pedig a hím énekéhez időzítve adják rövid válaszéneket a hím syllabusok közötti szünetekben. Számítógépes hangszerkesztéssel manipulált hím énekek szűz nőstényeknek történő visszajátszásával a nőstényválaszok száma alapján (pontosabban a kapott nőstényválaszok száma per a visszajátszott hím syllabusok száma hányados alapján) kvantifikálható, hogy a nőstények számára mennyire volt attraktív az éppen visszajátszott manipulált hím-ének típus. DS-t 10 és 180 ms közötti értékekre állítottam be, SRP-t pedig 150 és 1500 ms között variáltam a kísérletek során alkalmazott manipulált hím énekeknél (egy ének esetében csak az egyik jellemzőt változtattam a természetes értékhez képest a másik a fajra jellemző átlagos értékre volt beállítva). A manipulált énekeket random sorrendben játszottam vissza választás nélküli (egy választásos) szituációban és megszámláltam a nőstények által adott válaszok számát minden egyes manipulált syllabus-típus esetén.

Az eredmények azt mutatták, hogy DS és SRP manipulálása is szignifikáns hatással volt az előidézett a nőstényválaszok számára (Friedman ANOVA Chi Sqr. SRP: (N = 9, df = 5) = 33.05970 p < 0.00001; DS: (N = 10, df = 12) = 94.33 p < 0.00001). SRP esetén a nőstények a hím-ének természetes variabilitási tartományába eső énektípusnál (SRP=500 ms) produkálták a legmagasabb megválaszolt syllabus arányt. DS esetén viszont a legmagasabb nőstényválasz arányt kiváltó énektípus a természetes variabilitási tartományt kissé meghaladó időtartamú (DS=50 ms) syllabusokból komponált hím szignál volt.

A nőstények preferencia görbéi mind a két vizsgált ének jellemző esetén unimodális mintázatot mutattak. A nőstények általában kis variabilitású, a fajfelismerésben résztvevő szexuális jellegekkel szemben szoktak unimodális preferenciát mutatni, szemben a nagyobb



variabilitást mutató, minőség jelző karaktereknél jellemző nyílt végű („open ended”) preferencia mintázattal.

Mind a két paraméter esetén a nőstények preferencia görbéje lényegesen szélesebb paraméter tartomány felett utalt elfogadó viselkedésre, mint az adott hím ének-karakterek természetes variabilitási tartománya. Ez a preferencia mintázat sok egyenesszárnyú fajnál felbukkant már és valószínűleg az énekjellegek hőmérsékleti variabilitásával függ össze: egy nősténynek érdemes válaszolnia egy kicsit hűvösebb vagy melegebb mikroklímájú helyről hívó hímnek is, amíg a fajtévesztésnek nincs túl nagy esélye.

A preferencia görbék szélessége és a DS preferencia görbe eltolt maximuma kérdésessé teszi, hogy a két énekparaméter és a velük szembeni nőstény preferenciák mennyire működhetnek hatékonyan a faj specifikus párfelismerési rendszerében. Ennek a kérdésnek a vizsgálatához az *I. camptoxypha*-val szimpatrikusan előforduló és ugyan ezt az egyszerű énekszerkezetet használó fajok hímszignáljait ábrázoltuk a két énekparaméter terében. Azt találtuk, hogy a két énekparaméter terében a szimpatrikus fajok énekei tisztán elkülönülő pontfelhőkként jelentek meg és a velük szemben mért énekpreferencia-görbék egyértelműen kiválasztják az *I. camptoxypha* hímeke énekét.

A fenti eredmények alapján látható, hogy a vizsgált két karakter hatékony komponensei lehetnek az *I. camptoxypha* párfelismerési rendszerének. Sőt DS a fajra jellemző karakter tartomány közelében minőségjelző szerepet is játszhat, hiszen ésszerű azt feltételezni, hogy egy hosszabb syllabusokból felépülő éneket költségesebb használni (energetikailag valamint predációs és parazitáltsági rizikót tekintve is), mint egy rövidebb syllabusokból felépült. Ezek alapján feltételezhető, hogy DS egy kevert módon viselkedő jelleg lehet 30-70 ms között minőség jelző funkcióval, 30 ms alatt illetve 70 ms fölött pedig fajfelismerési funkcióval. Ezeket a feltételezéseket további vizsgálatok során szeretném vizsgálni.

## **Idézett irodalom**

Heller, K.-G. (1988). *Bioakustik der europäischen Laubheuschrecken* (Ökologie in Forschung und Anwendung 1.). Margraf, Weikersheim.

Kis, B. (1960). Revision der in Rumänien vorkommenden *Isophya*-Arten (Orthoptera, Phaneropterinae). *Acta Zool. Acad. Sci. Hung.* **VI/3-4**: 349-369.