

Studia odonatul. hung. 18: 5–36, 2016

**A SÁVOS SZITAKÖTŐ [*CALOPTERYX SPLENDENS* (HARRIS, 1782)] HÁROM ÉSZAKKELET-MAGYARORSZÁGI IMÁGÓPOPULÁCIÓJÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÓ MORFOMETRIAI ELEMZÉSE**

**SZALAY PETRA ÉVA – KIS OLGA – SZABÓ LÁSZLÓ  
JÓZSEF – MISKOLCZI MARGIT – DÉVAI GYÖRGY**

\*Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Biológiai és Ökológiai Intézet, Hidrobiológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

Kapcsolattartó szerző: Szalay Petra Éva (cajmere86@gmail.com)

**COMPARATIVE MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THREE ADULT BANDED DEMOISELLE [*CALOPTERYX SPLENDENS* (HARRIS, 1782)] POPULATIONS FROM NE-HUNGARY**

**P.É. SZALAY – O. KIS – L. J. SZABÓ – M. MISKOLCZI –  
GY. DÉVAI**

Department of Hydrobiology, Institute of Biology and Ecology, Faculty of Science and Technology, University of Debrecen, Egyetem tér 1, H-4032 Debrecen, Hungary  
Corresponding author: P.É. Szalay (cajmere86@gmail.com)

**ABSTRACT** – In the course of our morphometric examinations on the banded demoiselle (*Calopteryx splendens*) population of the creek Konyári-Kálló, it became questionable if the traits used for the identification of certain subspecies are truly appropriate. As a next step, we performed a comparative morphometric analysis on three North-Eastern Hungarian populations [Ér (Pocsaj); Gönci-patak (Gönc); Konyári-Kálló (Hosszúpályi)] which belong to three different water course types (little river, brook, creek). The examinations were performed on the body and wing traits of both males and females. In case of wing traits, the measured distances between points on the wings, the structural traits, the wingspot traits (in males) and the pseudopterostigma traits (in females) were separately examined. The morphometric traits of the specimens were evaluated with describing statistical methods, then the populations of both genders were compared using multivariate statistical methods. The canonical variation analysis separates all the three populations based on both male and female wing traits. The MANOVA shows significant differences among the populations in case of both wings. Based on the results of principal component analysis, the three populations significantly overlap in most of the trait groups. The differences among the populations is less obvious in case of females compared to the males. In spite of this, the differences among the populations are significant.

**Key words:** Odonata, *Calopteryx splendens*, NE-Hungarian populations, male and female adults, morphometry, body and wing traits.

## 1. Bevezetés

A sávós szitakötő [*Calopteryx splendens* (HARRIS, 1782)] taxonómiai helyzete rendkívül bonyolult. Európában több mint egy tucat alfajról történik említés (DUMONT et al. 2005; SADEGHI et al. 2009), de ezek leírása hiányos, elkülönítésük nem eléggé egyértelmű.

A DIJKSTRA és KALKMAN (2015) által megfogalmazott legújabb felfogás szerint a sávós szitakötő esetében egy bonyolult taxonómiai helyzetű komplex jött létre, ami a jégkorszakok során a populációk közötti izolációból, majd a populációk későbbi szétterjedéséből eredeztethető. Ezek a folyamatok nagyarányú hibridizációt és néhány esetben az elterjedési területek átfedését eredményezték. A különböző tanulmányok azt mutatják, hogy a szárny alakja és a szárny bélyegei alapján mutatkozó hasonlóságok nem feltétlenül tükrözik a taxonok közötti szoros kapcsolatot, és nem segítenek egyértelműen értelmezni helyzetüket. Bár számos kutatás irányul a *splendens*-komplex vizsgálatára, de ezek különböző molekuláris biológiai módszereket használnak és eltérő taxoncsoportokat vizsgálnak, ami az eredményeket nehezen értelmezhetővé és nem kellően meggyőzővé teszi. Véleményünk szerint a sávós szitakötő legtöbb 'alfaja' hibrid populációnak tekinthető, amelyek feltehetőleg négy különböző ősi génállományból származnak (három Nyugat-Ázsiából, egy pedig a nyugat-mediterrán térségből), s ezeket nem alfajokként, s még kevésbé fajokként kellene felfogni.

Az irodalmi adatok alapján a magyarországi szitakötő-faunában eddig a *Calopteryx splendens splendens* volt számon tartva (DÉVAI 1978). Morfometriai vizsgálataink során viszont kétségek merültek fel a sávós szitakötő hazai alfaji státuszának megítélésével kapcsolatban. Populációs szintű morfometriai vizsgálataink során már egyetlen populáción belül is igen nagymértékű variabilitást tapasztaltunk (SZALAY et al. 2015). A konyári-kállói populáció morfometriai vizsgálata alapján szerintünk is kérdésessé vált, hogy az alfajok elkülönítésére eddig használt bélyegek valóban alkalmasak-e a sávós szitakötő alfajainak elkülönítésére, s van-e létjogosultsága az ezekre a bélyegekre alapozott alfajleírásoknak és alfaji besorolásoknak (SZALAY et al. 2015).

A hazai helyzet tisztázására további populációs szintű vizsgálatokat indítottunk, melynek során három északkelet-magyarországi populáció összehasonlító morfometriai elemzését végeztük el.

## 2. Anyag és módszer

### 2.1. A gyűjtések helye és ideje

A morfometriai vizsgálatok a sávós szitakötő három északkelet-magyarországi [Ér (Pocsaj); Gönci-patak (Gönc); Konyári-Kálló (Hosszúpályi)] populációjából gyűjtött hím és nőstény imágókon történtek (jelölésük a táblázatokban és az ábrákon: ÉPo, GpG, KK).

A Konyári-Kállónál a gyűjtést 2011. május 31-én DÉVAI GYÖRGY, az Érnél 2012. május 31-én és 2012. június 1-én DÉVAI GYÖRGY, a Gönci-pataknál 2012. július 3-án DÉVAI GYÖRGY és MISKOLCZI MARGIT végezte.

### 2.1.1. Az Ér és a gyűjtés helyének jellemzése



1. ábra

Az Ér és környéke a gyűjtőhelynél (MISKOLCZI MARGIT felvétele).

Fig. 1

The little river Ér and its surroundings in the sampling place (Photograph by M. MISKOLCZI).

Az Ér (románul: Ier) vízgyűjtő területe 1562 km<sup>2</sup>, hossza 111 km (DÖVÉNYI 2010). Romániában ered, a Szilágysági-dombvidék lábánál, Újnémeth (Unimăt) határában, s döntően romániai területen is fut, az Érmelléken, ahol hosszú évszázadokig fennmaradt a különböző típusú vizes élőhelyek tarka szövevénye, míg áldozatul nem esett az 1960-as évek vízrendezési munkálatainak (WILHELM 2014). Létavértes közigazgatási területének déli csücskénél lép Magyarország területére, s Pocsajnál torkollik a Berettyóba. Vízgyűjtő területéből 122 km<sup>2</sup>, hosszából pedig csak 9 km esik magyar területre (DÖVÉNYI 2010). Hazai szakaszán az Érmelléki-lőszös-hát és a Berettyó–Kálló-köz határán elhelyezkedő, kis esésű Ér-völgyben fut, aminek nyomvonala ösvízrajzi szempontból kiemelkedő jelentőségű az Alföld vízhalózatában (MAROSI és SZILÁRD 1969; DÖVÉNYI 2010). Az Ér víztér-típológiai szempontból kisfolyónak tekinthető (DÉVAI 1997; DÉVAI et al. 2001; LAJTER et al. 2010), amelynek magyarországi szakaszán a víz áramlása többnyire lassú, az átlagos vízhozam csekély (3,3 m<sup>3</sup>/s), a vízjárás erősen ingadozó (0,1–22,9 m<sup>3</sup>/s). Nagyobb vízhozam általában csak tél végén és kora tavasszal várható, nyár végére és ősze viszont többnyire jelentős vízmennyiség-csökkenés következik be, a vízforgalom asztatikus jellege azonban az Ér alsó folyásánál nem jár kiszáradással. Mivel Romániában sem érint közvetlenül sok települést, viszonylag kevésbé szennyezettnek tekinthető, gondot inkább csak a belvizekkel érkező, eutrofizálódást előidéző tápanyagterhelés okoz. A magyarországi szakaszon viszonylag magas töltésekkel határolt szűk hullámtéren fut, erősen szabályozott mederben, s ezért gyakran Ér-főcsatorna néven is szerepel (vö. pl. Magyarország földrajzinév-tára 1981). Az itteni hullámtér szinte teljesen nyílt, a vízfolyás partján is csak ritkán találhatók bokorfűzfoltok. A gyűjtés helyénél a meder

átlagmélysége 1–2 m közötti, oldalai elég meredek, s ezért a part menti mocsárinövénysáv viszonylag keskeny, a mederben viszont dús hínárnövényzet tenyészik, melynek fő alkotóeleme a nagy foltokat alkotó, s a vízfelszint nyár végén és ősszel szinte teljesen beborító vízitök (*Nuphar lutea*). A mederfeneket vastag és laza szerkezetű üledék borítja (szárazanyag-tartalma 77%), amelynek szervesanyag-tartalma csekély (az izzítási maradék 99%), s fő alkotóelemei az aprószemcsés homok (60%) és a finomszemcsés homok (18%). A gyűjtés helyének lelőhelyi azonosítói a következők: Ér (Pocsaj); 10×10 km UTM hálóméző: ET63; rámutató geokoordináták: É.sz. 47° 17' 02.23", K.h. 21° 50' 24.26".

### 2.1.2. A Gönci-patak és a gyűjtés helyének jellemzése



2. ábra

A Gönci-patak és környéke a gyűjtőhelynél (MISKOLCZI MARGIT felvétele).

Fig. 2

The brook Gönci-patak and its surroundings in the sampling place (Photograph by M. MISKOLCZI).

A Gönci-patak 20,8 km hosszú és 63 km<sup>2</sup> vízgyűjtő területű. Az ökológiai tájtipológia szerint (DÉVAI et al. 1992, 1999) az Északi-középhegységhez, mint nagytájhoz, ill. ezen belül a Tokaj–Zempléni-hegyvidékhez, mint középtájhoz és a Zempléni-hegységhez, mint kistájcsoporthoz tartozó egyik kistáj, a Közép-Zempléni-hegycsoport területén ered, a kistáj nyugati részén elhelyezkedő, viszonylag magas (409–753 m) hegyek között, több ágból, közigazgatási szempontból Regéc és Fony határában. A patak először északi irányban fut Fony és Telkibánya település területén. Gönc közigazgatási területére lépve először nyugati, majd délnyugati irányt vesz fel, de itt már egy másik kistáj, a dombosági jellegű Abauji-Hegyalja területén fut. Gönc települést elhagyva átlép a Heves–Borsodi-dombvidékekhez, mint középtájhoz, ill. ezen belül a Borsodi-dombvidékhez, mint kistájcsoporthoz tartozó kistájba, a Szerencsközbe, ahol Gönc és Göncruszka határában halad. Ezt követően egy rövid szakaszon keresztezi a szintén a Borsodi-dombvidék

kistájcsoporthoz tartozó Hernád-völgyet, s Vilmány területén a Hernádba (86,35 fkm) torkollik. A Gönci-patak víztér-típológiai szempontból a kisvízfolyások csoportjába tartozik (DÉVAI 1997; DÉVAI et al. 2001). Ezen belül döntően patak típusúnak tekinthető, de az esés- és vízjárásviszonyoktól függően csermely típusú szakaszai is vannak, ill. csapadékszegény időszakban ilyené alakulhatnak. Vízforgalma évenként és éven belül is erősen ingadozó (0,01–0,37 m<sup>3</sup>/s), nagyobb vízhozam általában csak tél végén és kora tavasszal várható, nyár végére és őszre viszont többnyire jelentős vízmennyiség-csökkenés következik be. Felső szakasza nem érint települést, s így medre és vize Göncig tiszta, a településtől kezdve viszont jelentősen elszennyeződik és sok hulladékkal is terhelt. A gyűjtőhely Gönc település északkeleti részén fekszik, ahol még patak típusú. Itt már elkezdődik ugyan a szennyezése (főleg háztartási és kerti hulladékkal), de még természetközeli állapotúnak tekinthető. A mederfenék részben az erős bevágódás, részben a mederrendezési munkálatok miatt 2–3 méterrel mélyebben fekszik a környező területeknél, s a medret meredek, dús növényzetű partoldalak határolják, tetejükön hézagosan elhelyezkedő fákkal és bokrokkal. A gyűjtés kisvízes időszakban történt. Ilyenkor a meder 1,5–2,5 m széles, de ennek csak mintegy felén található nyíltvíz, többi részét dús part menti makrovegetáció borítja. A vízmélység a keskenyebb részeken 20–30 cm, a szélesebb szakaszokon 5–10 cm. Az aljzat főként apróköves-kavicsos, helyenként – főleg a partok mentén – durvahomokos foltokkal. A nyíltvízes mederfenék jelentős részét algagyep borítja, bizonyosságául az itt már jelentkező tápanyagszennyezésnek. A gyűjtés helyének lelőhelyi azonosítói a következők: Gönci-patak (Gönc); 10×10 km UTM hálóméző: EU26; rámutató geokoordináták: É.sz. 48° 28' 31.13", K.h. 21° 17' 03.40".

### 2.1.3. A Konyári-Kálló és a gyűjtés helyének jellemzése



3. ábra

A Konyári-Kálló és környéke a gyűjtőhelynél (MISKOLCZI MARGIT felvétele).

Fig. 3

The creek Konyári-Kálló and its surroundings in the sampling place (Photograph by M. MISKOLCZI).



A Konyári-Kálló (a vízügyi nyilvántartás szerint: Nagy-ér) 83,5 km hosszú és 476 km<sup>2</sup> vízgyűjtő területű (VISKI et al. 2013). A Szabolcs-Szatmár-Bereg megyéhez tartozó Nyírlugos területén ered, majd Hajdú-Bihar megyébe átlépve Nyíraczád, Fülöp, Nyírábrány, Bagamér, Álmosd, Kokad, Létavértes, Monostorpályi, Hosszúpályi és Konyár települések határában fut, s Tépe területén egyesül a Derecskei-Kállóval. A vízfolyás az ökológiai tájtipológiai beosztás szerint (DÉVAI et al. 1992, 1999) a Tiszai-Alföldön, mint nagytájon belül több közép- és kistájhoz tartozik. Eredési helye a Nyírséghez, mint középtájhoz és a Nyírségi-homokvidékhez, mint kistájcsoporthoz tartozó egyik kistáj, a Dél-Nyírség területén fekszik, s Bagamérig ennek a kistájnak a területén is fut, majd átlép a Berettyó-Körös-vidék, mint középtáj és ezen belül a Berettyó-vidék, mint kistájcsoporthoz tartozó területére, s két kistáj, először az Érmellék, majd Létavértes után a Berettyó-Kálló-köze területén halad a torkolatig (VISKI et al. 2013). A Konyári-Kálló víztér-tipológiai szempontból a kisvízfolyások (DÉVAI 1997) csoportjába tartozik, amelynek a terep esés- és vízjárásviszonyaitól függően csermely és ér típusú szakaszai vannak: a nagyobb esésű részekben – főleg vízbőség idején – csermelynek tekinthető, a kisebb esésű részekben és csapadékszegény időszakban viszont egyértelműen érnek minősül. A vízfolyás hosszában ezek a szakaszok térben és időben is változhatnak, a terep szintkülönbségétől és a csapadékviszonyoktól függően. Vízforgalma évenként és éven belül is erősen ingadozó (0–3 m<sup>3</sup>/s közötti, az évek többségében asztatikus jellegű), nagyobb vízhozam általában csak tél végén és kora tavasszal, s olykor nyár elején várható, nyár végére és ősze viszont többnyire jelentős vízmennyiség-csökkenés következik be, bizonyos szakaszokon ritkán (mint pl. 2012 őszén) ki is száradhat. A Konyári-Kálló többnyire eredeti medrében fut, de azt szakaszosan és időszakosan kotorják, s mivel a kitermelt anyagot a két parton terítik szét, a medret 'töltések' szegélyezik, amelyeknek vízfelőli oldalai – különösen alföldi viszonylatban – elég meredek. Bár futása során több településen halad keresztül, kommunális eredetű szennyezése viszonylag csekély. Vízminőségi szempontból a fő veszélyforrást a partjait szinte végig kísérő mezőgazdasági területek jelentik, amelyekről közvetlenül és a belvizek bevezetése révén jelentős mennyiségű kemikália jut a vízfolyásba, főleg erőteljes eutrofizálódást okozva. A gyűjtés helye Hosszúpályitól 4 km-re DDK irányban található, mintegy 10 km távolságra attól a legközelebbi településtől (Létavértes), amelyen keresztül folyik, így itt a kommunális hatás viszonylag csekély, a meder természetközeli állapotúnak tekinthető. A Konyári-Kálló itteni szakasza a gyűjtés idején víztér-tipológiai szempontból ér típusú volt. A mederfenék a rendszeres kotrás miatt 2–3 méterrel mélyebben fekszik a környező területéknél. A medret meredek, dús növényzetű partoldalak határolják, amelyek teteje döntően nyílt, csak néhol található egy-egy bokor vagy fa. A gyűjtés kisvízes időszakban történt. Ilyenkor a meder 3–5 m széles, ennek azonban csak a középső, legfeljebb 50–150 cm-es részén van nyíltvíz, amit hínár- és algagyepfoltok mozaikja tarkít. A meder partfelőli szegélyeit dús és változatos összetételű makrovegetáció borítja, ami kisvíz idején akár teljesen össze is záródhat. A vízmélység a vízjárás viszonyoktól függően egy év során is nagyon változó (5–180 cm közötti), a gyűjtés idején 80 cm körüli volt. A mederfeneket vastag és rendkívül laza szerkezetű üledék borítja (szárazanyag-tartalma 28%), amelyet gazdagon átszőnek a növények gyökerei és maradványai, így szervesanyag-tartalma igen nagy (az izzítási maradék 86%), fő alkotóelemei pedig a finomszemcsés homok (39%), az aprószemcsés homok (30%) és az iszap (19%). A gyűjtés helyének lelőhelyi azonosítói a következők: Konyári-Kálló (Hosszúpályi); 10×10 km UTM hálómező: ET54; rámutató geokoordináták: É.sz. 47° 21' 29.83", K.h. 21° 44' 54.37".

## 2.2. A vizgált bélyegek

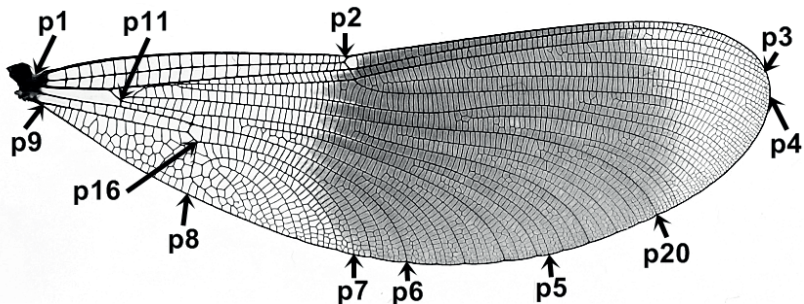
Az egyedek feldolgozásának módját, a testalkatbélyegek és a strukturális bélyegek nevezéktanát és részletes bemutatását korábbi munkánk (SZALAY et al. 2013) tartalmazza. A szárnyakon mért távolságokat viszont e munka során minden esetben a szárnyakról készített fényképeket felhasználva az Image Tool program (WILCOX et al. 2002) segítségével állapítottuk meg.

### 2.2.1. A hímeken vizsgált bélyegek

A hímek testalkatbélyegeiként mértük a test és a potroh teljes hosszát ( $t\backslash B$  és  $t\backslash A$ ), ill. a fej legnagyobb szélességét ( $m\backslash H$ ).

A jobb elülső és hátulsó szárnyon a SADEGHI és munkatársai (2009) által kijelölt jellegzetes pontok (4. ábra) között a következő kilenc távolságot mértük:

- $m1 = p(1-4)$ : a szárnytő (Wb) és a szárnycsúcs (Wa) közötti távolság;
- $m2 = p(1-2)$ : a szárnytő (Wb) és a szárnybüttyök (N) közötti távolság;
- $m3 = p(2-3)$ : a szárnybüttyök (N) és a sugárér (R) szegélyérhez (C) történő kifizása közötti távolság;
- $m4 = p(2-6)$ : a szárnybüttyök (N) és a hónaljtóér (Cu) szegélyérhez (C) történő kifizása közötti távolság;
- $m5 = p(3-5)$ : a sugárér (R) és a középér (M) szegélyérhez történő kifizása közötti távolság;
- $m6 = p(9-8)$ : az alapér (A) eredése és az alapmező proximális részének ( $af_p$ ) alsó disztális csúcsa közötti távolság;
- $m7 = p(9-16)$ : az alapér (A) és az alapmező proximális részének ( $af_p$ ) felső disztális csúcsa közötti távolság;
- $m8 = p(8-16)$ : az alapmező proximális részének ( $af_p$ ) felső és alsó disztális csúcsa közötti távolság;
- $m9 = p(11-20)$ : a sugároldalér (Rs) szárnyívából (Arc) való kiválása és a szegélyérhez (C) történő kifizása közötti távolság.



4. ábra

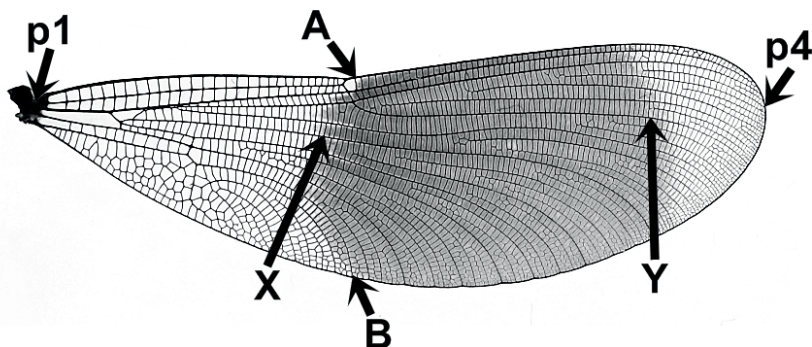
A *Calopteryx splendens* szárnyán kijelölt mérési pontok, a jobb elülső szárnyon bemutatva.

Fig. 4

Selected measuring points on the wings of *Calopteryx splendens* is shown on the right forewing.

A szárnyfolt esetében a következő öt távolságot mértük (5. ábra):

- $m10 = p1-X$ : a szárnytő (Wb) és a szárnyfoltnak a sugárolalér (Rs) mentén megállapított proximális szegélye (X) közötti távolság;
- $m11 = X-Y$ : a szárnyfoltnak a sugárolalér (Rs) mentén megállapított proximális szegélye (X) és a harmadik sugárérág (R3) mentén megállapított disztális szegélye (Y) közötti távolság;
- $m12 = Y-p4$ : a szárnyfoltnak a harmadik sugárérág (R3) mentén megállapított disztális szegélye (Y) és a szárnycsúcs (Wa) közötti távolság;
- $m13 = p1-A$ : a szárnytő (Wb) és a szegélyér (C) elülső szakasza menti foltkezdet (B) közötti távolság;
- $m14 = p1-B$ : a szárnytő (Wb) és a szegélyér (C) hátulsó szakasza menti foltkezdet (B) közötti távolság.



5. ábra

A hímek szárnyfoltbélyegeinek méréséhez kijelölt pontok, a jobb elülső szárnyon bemutatva.

Fig. 5

Selected measuring points of the male wingspot traits is shown on the right forewing.

Mivel a szárnyfolt szegélye nem éles, az A, B, X és Y pontokat azokon a helyeken jelöltük ki, ahol a sötét színezet az ér fölötti sejtek közül az egyiknél már meghaladta, a másikonál viszont még nem haladta meg a sejt területének 50%-át.

A strukturális bélyegek (haránterek és sejtek száma) közül négyet vizsgáltunk (SZALAY et al. 2013):

- $cv|C-Sc$  = haránterek (cv) száma a szegélyér (C) és a szegélyalatti ér (Sc) szárnybüttyök előtti sejt sorában;
- $cv|M-Cu_{dn}$  = a haránterek (cv) száma a középer (M) és a hónaljtóér (Cu) közötti sejt sorban a záróívtől (arculus) a hónaljtóéren lévő korongbüttyökig ( $Cu_{dn}$ );
- $cv|Cu_{dn}-A$  = a haránterek (cv) száma a hónaljtóér (Cu) és az alapér (A) közötti sejt sorban a szárnytőtől a hónaljtóéren lévő korongbüttyökig ( $Cu_{dn}$ );
- $c|af_p$  = a sejtek (c) száma az alapmező proximális részében ( $af_p$ ).

### 2.2.2. A nőstényeken vizsgált bélyegek

A nőstények testalkatbélyegeiként mértük a test és a potroh teljes hosszát ( $t|B$  és  $t|A$ ), a fej legnagyobb szélességét ( $mw|H$ ).



A nőstényeknél vizsgáltuk a fej és az utótori haslemez mintázatát, az utótori csípőtölemez felső sárga sávjának típusát, a toroldal alsó szegélyének sárga mintázatát. A mintázatokat a világos és a sötét részek arányától függő kategóriákba soroltuk (SZALAY et al. 2013: 5–8. ábra).

A nőstények jobb elülső és hátulsó szárnyán a hímeken bemutatott kilenc távolságot mértük. Ezek mellett az álszárnyjegy jellemzésére a következő három bélyeget használtuk:

- $l pPt_{pa-da}$  = az álszárnyjegy (pseudopterostigma, pPt) hossza (l) a két felső, azaz a proximális ( $pPt_{pa}$ ) és disztális ( $pPt_{da}$ ) csúcsa között;
- $N-pPt_{pa}$  = a szárnybütyöktől (N) az álszárnyjegy (pseudopterostigma, pPt) felső proximális csúcsáig ( $pPt_{pa}$ ) mért távolság;
- $pPt_{da}-Wa$  = az álszárnyjegy felső disztális csúcsától ( $pPt_{da}$ ) a szárnycsúcsig (Wa) mért távolság.

E bélyegek mellett megállapítottuk az álszárnyjegy helyzetét jelző arányt is ( $N-pPt_{pa}/pPt_{da}-Wa$ ).

A strukturális jellemzők (haránterek és sejtek száma) közül a hímeknél már ismertetett négy bélyeget vizsgáltuk.

### 2.3. Az adatok feldolgozásának és értékelésének módszerei

A szárnybélyegek közül a hímeknél a szárnyméreteket, a szárnyfolthoz kapcsolódó bélyegeket, valamint a szárny strukturális bélyegeit, a nőstényeknél pedig a szárnyméreteket, az álszárnyjegy bélyegeit, valamint a szárny strukturális bélyegeit vizsgáltuk és értékeltük. Az egyedek közötti variáció relatív (átlaghoz viszonyított) mértékét a variációs koefficiens alapján elemeztük, s az ebben mutatkozó különbségeket FLIGNER&KILLEEN-teszt segítségével értékeltük.

Egy-egy populáción belül a többváltozós normalitást MARDIA-tesztel vizsgáltuk. A populációk közötti különbségek elemzése kanonikus variációanalízis (CVA, HOTELLING-teszt), valamint MANOVA, ill. nem normál eloszlás esetén nem-paraméteres MANOVA (NPMANOVA) segítségével történt. Mivel a szárnybélyegek többségénél többé-kevésbé szoros lineáris kapcsolat tapasztalható, az egyedek között a populáción belüli különbségek vizsgálatára főkomponens-analízist (PCA) alkalmaztunk. Az összes szárnybélyeget esetén, mivel a bélyegek eltérő dimenziójúak voltak (mm és db), a PCA-t a korrelációs mátrix, minden más esetben (az egyes bélyegcsoportoknál) a variancia-covariancia mátrix alapján végeztük el. A két módszer (CVA és PCA) – jellegükből adódóan – ugyanazoknak az adatoknak kétféle szempontú értékelését teszi lehetővé. A CVA a populációk közötti különbségek vizsgálatára fekteti a hangsúlyt, amire a PCA kevésbé alkalmas, viszont a szórásfelhők nagysága alapján lehetővé teszi a populációkon belüli variabilitások összehasonlítását. Az analíziseket a PAST 2.17 (HAMMER et al. 2001) programcsomag segítségével végeztük.

## 3. Eredmények és értékelésük

### 3.1. Az alapadatok összehasonlító értékelése

A hímek testalkatbélyegeinek átlagértékei két esetben a konyári-kállói, egy esetben a gönci-pataki populációnál a legnagyobbak. A legkisebb átlagértékek viszont két esetben az éri, egy esetben a gönci-pataki populációnál fordulnak elő (1. táblázat).

## 1. táblázat

A hímek testalkatbélyegeinek átlagértékei és variációs koefficiensei.

Table 1

Mean values and variation coefficient of the body traits on males.

		t\B	t\A	mw\H
Átlag/ Mean	KK	47,13	37,77	5,70
	GpG	47,69	37,74	5,55
	ÉPo	46,15	36,25	5,70
CV%	KK	2,67	3,28	1,53
	GpG	4,18	4,42	2,90
	ÉPo	3,24	3,35	1,74

Az elülső szárny méretei esetében viszont más a helyzet: a legnagyobb átlagértékek az éri és a gönci-pataki populációt jellemzik, a legkisebbek pedig többnyire a konyári-kállói populációt (2. táblázat). A hátulsó szárny méreteinek átlagértékei is az éri és a gönci-pataki populációnál a legnagyobbak, s a konyári-kállói populációnál a legkisebbek (3. táblázat).

## 2. táblázat

A hímek szárnybélyegeinek átlagértékei és variációs koefficiensei a jobb elülső szárnyon.

Table 2

Mean values and variation coefficient of the wing traits on the male right forewing.

		m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10	m11	m12	m13	m14	c\vc-Sc	c\VM-Cu <sub>in</sub>	c\VCu <sub>in</sub> -A	c\af <sub>p</sub>
Átlag/ Mean	KK	30,23	11,96	18,03	9,47	11,68	5,73	5,54	2,00	23,41	11,03	16,64	2,92	12,37	14,50	30,89	7,59	12,81	49,26
	GpG	30,58	12,52	17,88	9,60	11,37	6,13	5,91	2,04	23,93	10,77	16,89	3,13	13,01	14,66	30,60	7,93	13,23	50,81
	ÉPo	31,21	12,87	18,24	9,52	10,86	5,91	5,77	2,00	24,35	11,10	16,07	4,09	13,16	14,64	31,97	7,38	11,17	41,79
CV%	KK	2,32	3,32	2,44	4,15	4,71	5,35	4,52	5,90	3,04	9,74	5,84	11,41	5,63	8,94	6,92	13,79	9,19	13,52
	GpG	3,86	4,29	4,41	5,36	7,42	5,48	4,45	6,79	3,94	11,69	7,91	17,57	4,53	8,56	8,50	16,83	10,41	13,08
	ÉPo	2,16	3,70	2,78	4,24	6,52	3,58	3,49	4,18	2,18	8,61	6,34	16,37	3,74	6,76	8,26	14,67	12,67	11,57

## 3. táblázat

A hímek szárnybélyegeinek átlagértékei és variációs koefficiensei a jobb hátulsó szárnyon.

Table 3

Mean values and variation coefficient of the wing traits on the male right hindwing.

		m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10	m11	m12	m13	m14	c\vc-Sc	c\VM-Cu <sub>in</sub>	c\VCu <sub>in</sub> -A	c\af <sub>p</sub>
Átlag/ Mean	KK	29,16	11,34	17,50	8,75	12,15	6,10	5,80	2,02	21,96	10,71	15,82	3,00	12,24	14,34	28,19	8,00	13,63	63,11
	GpG	29,50	11,92	17,27	8,86	11,91	6,68	6,31	2,09	22,42	10,85	15,87	3,14	12,65	14,66	27,72	8,74	14,02	67,40
	ÉPo	30,03	12,28	17,56	8,79	11,45	6,57	6,25	2,09	22,63	11,14	14,98	4,05	12,96	14,57	28,69	8,00	12,28	56,62
CV%	KK	2,07	3,37	2,28	3,45	4,91	5,83	5,36	6,35	2,82	9,21	5,43	11,11	4,74	6,61	7,62	14,29	9,36	11,07
	GpG	3,82	4,15	4,57	5,13	6,80	4,23	4,53	6,28	3,77	9,88	6,44	14,44	5,57	7,33	9,65	14,99	10,02	12,35
	ÉPo	2,27	3,21	2,95	4,10	5,76	4,03	3,79	5,90	2,17	8,03	5,99	14,55	4,26	5,20	8,59	16,37	12,49	12,10

A szárnyfolt bélyegeinek átlagértékei az esetek többségében az elülső és a hátulsó szárnyon is az éri populációnál a legnagyobbak, míg a konyári-kállói populációnál a legkisebbek. Mindkét szárnyon hasonló tendencia tapasztalható a szárnyak strukturális bélyegeiben is.

A hímek testalkatbélyegeinek variációs koefficiensei az éri és a konyári-kállói populációkban hasonlóak, szignifikáns különbségek egyetlen bélyegnél sincsenek. A

variációs koefficiensek értékei minden bélyegnél a gönci-pataki populációnál a legnagyobbak, de minden esetben 5% alattiak. Ezzel összefüggésben a FLIGNER&KILLEEN tesztek eredményei azt mutatják, hogy a fej szélességében (mw\H) mutatkozó relatív variáció (2,90%) a gönci-pataki populációnál szignifikánsan nagyobb, mint a konyári-kállói (1,53% -  $T=9,37$ ;  $z=3,10$ ;  $p=0,002$ ), valamint az éri (1,74% -  $T=11,06$ ;  $z=3,07$ ;  $p=0,002$ ) populációkban. A teljes test- és potrohossz esetében a helyzet hasonló, de a különbségek csak marginálisan szignifikánsak (tl\B: 4,18% és 2,67%;  $T=15,04$ ;  $z=1,94$ ;  $p=0,05$ ; valamint tl\A: 4,42% és 3,35%,  $T=18,10$ ;  $z=1,66$ ;  $p=0,096$ ).

A testalkatbélyegekhez hasonlóan a szárnyak strukturális bélyegeinek relatív variációiban az éri és a konyári-kállói populációk között egyetlen esetben sem voltak szignifikáns különbségek. Ezzel szemben a gönci-pataki populációban több bélyeg esetében is szignifikánsan nagyobb a variáció relatív mértéke, mint a másik két populációban.

A szárnyméreteknél mindkét szárny esetében a legnagyobb relatív variációk többnyire a gönci-pataki populációnál fordulnak elő. A legnagyobb variációt a gönci-pataki (ESZ: 7,42%; HSZ: 6,80%) és az éri (ESZ: 6,52%; HSZ: 5,76%) populációban is az m5 bélyeg, míg a konyári-kállói populációban az m8 (ESZ: 5,90%; HSZ: 6,35%) bélyeg mutatja. A konyári-kállói és a gönci-pataki populációk között az elülső szárnyon három [m1, m3, m5 ( $T=11,48-12,92$ ;  $z=2,37-2,66$ ;  $p=0,02-0,01$ )], a hátulsó szárnyon négy bélyeg [m1, m3, m4, m5 ( $T=10,69-15,05$ ;  $z=1,94-2,70$ ;  $p=0,05-0,007$ )] variációjában van szignifikáns különbség. A gönci-pataki és az éri populáció között az elülső szárnyon öt [m1, m3, m6, m8, m9 ( $T=12,72-14,92$ ;  $z=2,29-2,73$ ;  $p=0,02-0,006$ )] a hátulsó szárnyon pedig három bélyeg [m1, m3, m9 ( $T=14,41-15,33$ ;  $z=2,212-2,39$ ,  $p=0,03-0,02$ )] relatív variációjában van szignifikáns különbség.

Más bélyegekhez hasonlóan a szárnyfoltbélyegek variációs koefficiensei is többnyire a gönci-pataki populációnál a legnagyobbak mindkét szárnyon. A bélyegek közül pedig mindhárom populáció esetében, az elülső (KK: 11,41%; GpG: 17,57%; ÉPo: 16,37%) és a hátulsó szárnyon (KK: 11,11%; GpG: 14,44%; ÉPo: 14,55%) is az m12 bélyeg variál a legnagyobb mértékben. A variációk között egy bélyegben (m12:  $T=15,71$ ;  $z=-1,95$ ;  $p=0,05$ ) van marginálisan szignifikáns különbség a konyári-kállói és az éri populáció között.

A strukturális bélyegek esetében az elülső szárnyon általában a gönci-pataki, a hátulsó szárnyon a gönci-pataki és az éri populációk bélyegeinél a legnagyobb a variáció. Mindhárom populáció esetében az elülső (KK: 13,79%; GpG: 16,83; ÉPo: 14,67%;) és a hátulsó (KK: 14,29%; GpG: 14,99%; ÉPo: 16,37%) szárnyon is a cv\M-Cu<sub>dn</sub> bélyeg variál a legnagyobb mértékben. A variációk között mindössze egy bélyegben (cv\Cu<sub>dn</sub>-A:  $T=14,50$ ;  $z=-2,24$ ;  $p=0,03$ ) van szignifikáns különbség, mégpedig a konyári-kállói és az éri populációk között.

A nőstények testalkatbélyegeinek átlagértékei két esetben – a hímektől eltérően – a gönci-pataki populációnál a legnagyobbak, egy esetben viszont – a hímekhez hasonlóan – a konyári-kállói populációnál a legnagyobbak, s minden bélyeg esetében az éri populációnál a legkisebbek (4. táblázat).

A szárnyméretek az elülső és a hátulsó szárnyon is többnyire a gönci-pataki populációnál a legnagyobbak, míg mindkét szárnyon közel azonos arányban a konyári-kállói és az éri populációnál a legkisebbek (5–6. táblázat).

Az alszárnyjegy bélyegeinél az átlagértékek többsége az elülső szárnyon a gönci-pataki, a hátulsó szárnyon az éri populációnál a legnagyobb, s mindkét szárny esetében a konyári-kállói populációnál a legkisebb (5–6. táblázat).

## 4. táblázat

A nőtények testalkatbéllegeinek átlagértékei és variációs koefficiensei.

Table 4

Mean values and variation coefficient of the body traits on females.

		t\B	t\A	mw\H
Átlag/ Mean	KK	46,50	36,53	5,73
	GpG	47,11	36,95	5,71
	ÉPo	44,15	34,32	5,71
CV%	KK	2,29	2,72	1,50
	GpG	3,95	4,49	2,65
	ÉPo	3,09	3,41	1,91

## 5. táblázat

A nőtények szárnybéllegeinek átlagértékei és variációs koefficiensei a jobb elülső szárnyon.

Table 5

Mean values and variation coefficient of the wing traits on the female right forewing.

		m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	l\pPt <sub>pa-da</sub>	N-pPt <sub>pa</sub>	pPt <sub>da-Wa</sub>	N-pPt <sub>pa</sub> / pPt <sub>da-Wa</sub>	cv/c-Sc	cvM-Cu <sub>an</sub>	cvCu <sub>an-A</sub>	c\af <sub>p</sub>
Átlag/ Mean	KK	33,46	13,35	19,95	9,72	12,41	6,13	5,99	2,05	25,81	1,45	16,32	3,42	4,78	26,68	7,39	12,54	39,21
	GpG	33,96	13,71	20,08	9,66	12,49	6,48	6,23	2,03	26,24	1,53	16,36	3,41	4,83	26,19	7,52	13,23	38,97
	ÉPo	33,82	13,95	19,76	9,57	11,61	6,10	5,99	1,95	26,47	1,50	16,36	3,09	5,32	27,71	7,42	11,26	35,06
CV%	KK	2,86	2,53	3,89	4,72	5,85	3,81	3,76	6,49	3,33	21,81	4,88	5,76	7,84	7,71	15,33	12,75	16,44
	GpG	4,20	4,68	4,83	5,92	6,26	5,41	5,71	6,76	4,98	16,00	5,22	10,09	10,32	8,62	12,79	8,88	14,34
	ÉPo	3,74	4,21	4,73	5,96	5,90	5,46	5,14	6,56	3,93	16,30	5,22	8,33	9,96	6,92	16,24	11,23	15,50

## 6. táblázat

A nőtények szárnybéllegeinek átlagértékei és variációs koefficiensei a jobb hátulsó szárnyon.

Table 6

Mean values and variation coefficient of the wing traits on the female right hindwing.

		m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	l\pPt <sub>pa-da</sub>	N-pPt <sub>pa</sub>	pPt <sub>da-Wa</sub>	N-pPt <sub>pa</sub> / pPt <sub>da-Wa</sub>	cv/c-Sc	cvM-Cu <sub>an</sub>	cvCu <sub>an-A</sub>	c\af <sub>p</sub>
Átlag/ Mean	KK	32,16	12,57	19,32	8,92	12,91	6,57	6,30	2,06	23,88	1,33	16,09	3,25	4,97	24,79	8,00	13,39	49,86
	GpG	32,82	13,11	19,50	8,97	13,11	7,06	6,68	2,10	24,53	1,36	16,16	3,19	5,10	24,90	8,16	14,06	51,32
	ÉPo	32,39	13,18	19,02	8,88	12,29	6,77	6,46	2,04	24,45	1,37	16,10	2,87	5,64	25,10	8,13	12,45	44,58
CV%	KK	3,03	2,76	3,93	4,75	5,71	4,23	3,58	6,58	3,17	24,64	4,82	7,40	9,07	7,15	12,73	10,03	14,54
	GpG	4,59	4,97	5,18	7,03	6,59	4,91	4,98	7,58	5,15	26,64	4,81	8,34	8,44	9,06	12,69	8,40	13,17
	ÉPo	3,71	4,38	4,63	4,86	5,34	5,20	4,54	5,25	3,93	14,85	5,41	8,56	9,99	6,93	12,60	10,12	14,35

A négy strukturális bélyeg átlagértékei közül az elülső szárnyon kettő, a hátulsó szárnyon pedig három a gönci-pataki populációnál a legnagyobb. A legkisebb értékek mindkét szárny esetében közel fele-fele arányban a konyári-kállói és az éri populációnál találhatók.

A nőtények esetében a testalkatbéllegek relatív variációi a gönci-pataki populációnál a legnagyobbak, de mindhárom bélyegnél 5% alattiak. Az éri és a konyári-kállói populáció között egy (mw\H: T=15,95; z=-2,07; p=0,04), a konyári-kállói és a gönci-pataki populáció között három bélyegnél [t\B (T=12,9; z=-2,72; p=0,006); t\A (T=12,70; z=-2,77; p=0,006); mw\H (T=12,19; z=-2,88; p=0,004)] vannak szignifikáns különbségek a variációs koefficiensek között.

A szárméretekek variációi az elülső és a hátulsó szárnyon is a legtöbb esetben a gönci-pataki populációnál a legnagyobbak. Az elülső szárnyon a legnagyobb variáció mindhárom populációnál az m8 bélyegnél (KK: 6,49%; GpG: 6,76%; ÉPo: 6,56%), a hátulsó szárnyon a konyári-kállói (6,58%) és a gönci-pataki (7,58%) populáció esetében az m8, az éri populációnál pedig az m5 bélyegnél (5,34%) fordul elő. A FLIGNER&KILLEEN-tesztek eredményei azt mutatják, hogy a konyári-kállói és a gönci-pataki populációk között az elülső és hátulsó szárnyaknál is ugyanannak a három bélyegnek a relatív variációjában van szignifikáns különbség [m1 (ESZ: T=16,13; z=-2,02; p=0,04; HSZ: T=16,01; z=-2,04; p=0,04); m2 (ESZ: T=12,36; z=-2,07; p=0,04; HSZ: T=12,71; z=-2,77; p=0,006); m9 (ESZ: T=15,86; z=-2,07; p=0,04; HSZ: T=16,44; z=-1,95; p=0,05)]. Az éri és a konyári-kállói populáció között mindkét szárny esetében az m2 (ESZ: T=14,52; z=2,37; p=0,02; HSZ: T=16,07; z=-2,03; p=0,04) bélyegben, az éri és a gönci-pataki populáció között pedig csak a hátulsó szárny m8 (T=37,41; z=1,94; p=0,05) bélyegében mutatkozik szignifikáns különbség a variációs koefficiensek között.

Az álszárnnyegy bélyegeinek variációi az elülső szárnynál többnyire a gönci-pataki, a hátulsó szárny esetében az éri populációnál a legnagyobbak. Az elülső (KK: 21,81%; GpG: 16,00%; ÉPo: 16,30%) és a hátulsó (KK: 24,64%; GpG: 26,64%; ÉPo: 14,85%) szárnyon mindhárom populációnál az  $\text{lpPt}_{\text{pa-da}}$  bélyeg variál a legnagyobb mértékben. A konyári-kállói és a gönci-pataki (T=14,09; z=-2,46; p=0,01), valamint az éri és a konyári-kállói (T=16,20; z=-1,98; p=0,05) populációk között szignifikáns különbségek vannak az elülső szárny  $\text{pPt}_{\text{da}}\text{-Wa}$  bélyegében. Az éri és a konyári-kállói, valamint az éri és a gönci-pataki populációk pedig a hátulsó szárny  $\text{lpPt}_{\text{pa-da}}$  (T=41,66; z=2,85; p=0,004) bélyegében különböznek szignifikánsan.

A strukturális bélyegek variációi mindkét szárnynál két esetben a konyári-kállói, míg egy-egy esetben a gönci-pataki és az éri populációnál a legnagyobbak. A bélyegek közül pedig az elülső (KK: 16,44%; GpG: 14,34%; ÉPo: 15,50%) és a hátulsó (KK: 14,54%; GpG: 13,17%; ÉPo: 14,35%) szárnyon is mindhárom populációnál a  $\text{claf}_b$  bélyeg mutatja a legnagyobb variációt. A konyári-kállói és a gönci-pataki, illetve az éri és a gönci-pataki populációk között mindössze a hátulsó szárny  $\text{cvCu}_{\text{dn}}\text{-A}$  (T=18,27; z=-2,13; p=0,03) bélyegében van szignifikáns különbség.

A fej mintázatai közül a konyári-kállói és a gönci-pataki populációnál négy, az érinél pedig három típus fordul elő. Az utótóri haslemez mintázatai közül a konyári-kállói és a gönci-pataki populációban öt, míg az érinél négy típus van. Az utótóri csípőtőlemez sárga sávjánál a konyári-kállói egyedeknél előforduló négy típus közül a gönci-pataki populáció nőstényeinél három, az érinél pedig csak két mintázattípus található. A toroldal alsó szegélyén a konyári-kállói populációnál két típus fordul elő, a gönci-pataki és az éri egyedeken viszont csak egy típus található.

A fej mintázatai közül mindhárom populációban a 4-es (KK: 62,07%; GpG: 64,52%; ÉPo: 54,84%) és a 3-as (KK: 31,04%; GpG: 22,58%; ÉPo: 22,58%) a leggyakoribb mintázattípus. Az éri populáció esetében a 2-es típus is jelentős relatív gyakorisággal (22,58%) fordul elő (6. ábra).

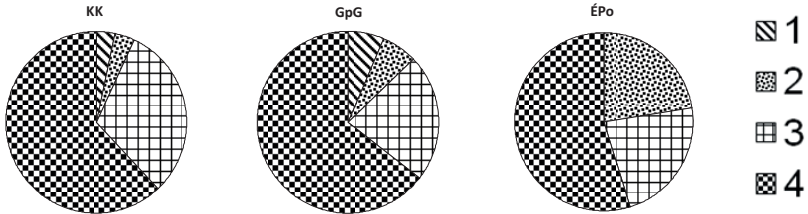
Az utótóri haslemez mintázatai közül a konyári-kállói és a gönci-pataki populációban a leggyakoribb mintázattípus a 4-es (KK: 41,38%; GpG: 58,06%), az érinél pedig a 2-es (48,39%). A második leggyakrabban előforduló mintázattípus a konyári-kállói egyedek esetében az 5-ös (27,59%), a gönci-pataki egyedeknél a 2-es (19,35%), míg az érinél a 4-es (32,26%) típus (7. ábra).

Az utótóri csípőtőlemez felső sárga sávjának típusai közül a konyári-kállói és az éri populációnál a 3-as (KK: 37,93%; ÉPo: 87,10%), a gönci-pataki populációnál pedig a 2-es típus (45,16%) fordul elő leggyakrabban. A konyári-kállói populáció esetében a 2-es típus



(34,48%), a gönci-pataki populációnál pedig az 1-es típus (29,03%) szintén gyakori (8. ábra).

A toroldal alsó szegélyén lévő mintázatok közül a konyári-kállói egyedek döntő többségénél (86,21%) a 2-es mintázat fordul elő, míg a másik két populáció esetében csak ez a mintázattípus található (9. ábra).

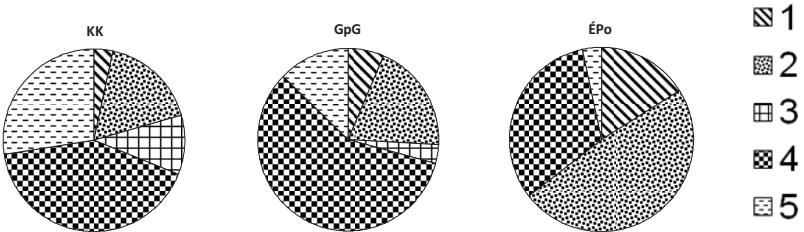


6. ábra

A fej mintázattípusainak megoszlása.

Fig. 6

Distribution of the pattern types on the head.

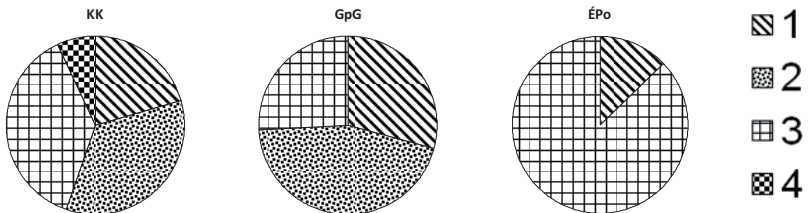


7. ábra

Az utótöri haslemezt mintázattípusainak megoszlása.

Fig. 7

Distribution of the pattern types on the metasternum.

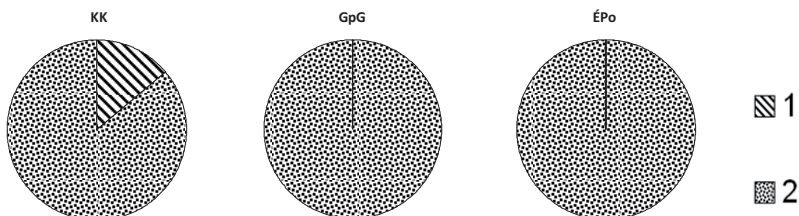


8. ábra

Az utótöri csípőtölemezen lévő felső sárga sáv típusainak megoszlása.

Fig. 8

Distribution of the types of the upper yellow stripe on the metaepimerum.



9. ábra

A toroldal alsó szegélyén lévő mintázattípusok megoszlása.

Fig. 9

Distribution of the pattern types of the lower margin on the thorax side.

### 3.2. A szárnybélyegek elemzése többváltozós statisztikai módszerekkel

A log transformált adatokra elvégzett MARDIA-tesztek eredményei szerint a konyári-kállói populáció elülső szárnyának szárnyfoltbélyegei ( $p=0,001$ ), a gönci-pataki populáció hátulsó szárnyának szárnyfoltbélyegei ( $p=0,007$ ), továbbá az éri populáció hátulsó szárnyának szárnyfoltbélyegei ( $p=0,06$ ) és elülső szárnyának strukturális bélyegei ( $p=0,01$ ) kivételével az egyes bélyegcsoportok többváltozós normál eloszlást mutatnak.

A nőstények esetében viszont a konyári-kállói populációnál az elülső szárnyak strukturális bélyegei ( $p=0,0096$ ) kivételével minden bélyegcsoport normál eloszlású.

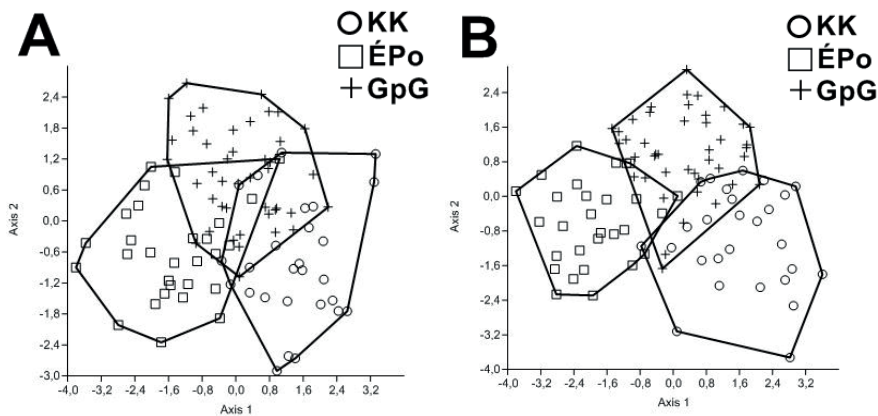
#### 3.2.1. Az összehasonlító elemzések eredményei a hímeknél

##### 3.2.1.1. Szárnyméretek

A szárnyak méretadataira elvégzett kanonikus variációanalízis alapján a három populáció mind az elülső, mind a hátulsó szárnyat tekintve – kisebb méretű átfedések ellenére – szignifikánsan elkülönül egymástól (WILK's lambda=0,2703;  $F=9,03$ ;  $p<0,001$ ; HSZ: WILK's lambda=0,187;  $F=12,83$ ;  $p<0,001$ ). A 10. ábrán jól látható, hogy a populációk elsősorban az 1. tengely mentén válnak el (ami az elülső szárny esetében az összes variáció 65,72%-át, a hátulsó szárny esetében pedig 69,26%-át magyarázza). A páronként elvégzett HOTELLING-tesztek eredményei is a populációk közötti szignifikáns különbségekre utalnak (a  $p$  értéke minden szárnyon minden párosításban  $<0,001$ ).

A biplot eredménye szerint az elülső szárny esetében a gönci-pataki populációnál főleg az m6 és az m7, kisebb mértékben az m4, a konyári-kállói populációnál az m5, az éri populációnál pedig az m2, m3 és m9 bélyegek felelősek az elkülönülésért. A hátulsó szárnyon a populációk elkülönülése még kifejezettebb (erre utal a MANOVA eredménye is) és ebben ugyanazok a bélyegek játszanak meghatározó szerepet, mint az elülső szárny esetében. Az éri populáció elkülönülésében még az m1 bélyegnek is jelentős szerepe van.

A főkomponens-analízis alapján viszont a populációk között jóval nagyobb az átfedés az elülső és a hátulsó szárny esetében is (11. ábra). Különösen az éri és a gönci-pataki populációk fednek át. Mindkét szárny esetében az első főkomponens kialakításában az m6, m7 és m8 bélyegek, a második főkomponens kialakításában pedig az m5 bélyeg meghatározó. Az elülső szárnyon az első és a második főkomponens az összes variáció 69,39%-át (1. főkomponens: 46,16%; 2. főkomponens: 23,24%), a hátulsó szárnyon pedig 73,95%-át (1. főkomponens: 52,36%; 2. főkomponens: 21,59%) magyarázza.

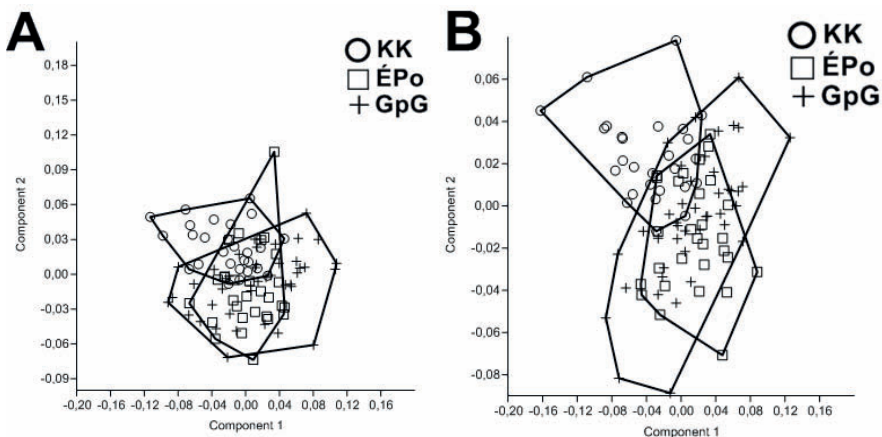


10. ábra

A hímek szárnyméretei alapján végzett kanonikus variációanalízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó (B) szárny esetében.

Fig. 10

Canonical variation analysis based on the distances on male right fore- (A) and hindwings (B).



11. ábra

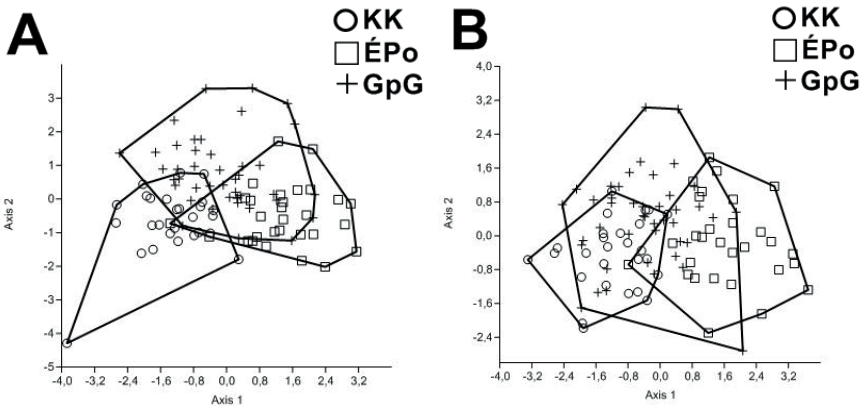
A hímek szárnyméretei alapján végzett főkomponens-analízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó szárny (B) esetében.

Fig. 11

Principal component analysis based on the distances on male right fore- (A) and hindwings (B).

### 3.2.1.2. Szárnyfoltbélyegek

A szárnyfolt bélyegeire elvégzett kanonikus variációanalízis alapján a három populáció ebben az esetben is elkülönül (12. ábra). A szórásfelhők között – akárcsak a szárnyméretek esetében – átfedések vannak, ami a hátulsó szárnyon jóval kifejezettebb. Ennek ellenére a populációk közötti különbség mindkét szárny esetében szignifikáns (ESZ: WILK's lambda=0,3266; F=13,8; p<0,001; HSZ: WILK's lambda=0,3893; F=11,09; p<0,001).



12. ábra

A hímek szárnyfoltbélyegei alapján végzett kanonikus variációanalízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó (B) szárny esetében.

Fig. 12

Canonical variation analysis based on the wingspot traits of male right fore- (A) and hindwings (B).

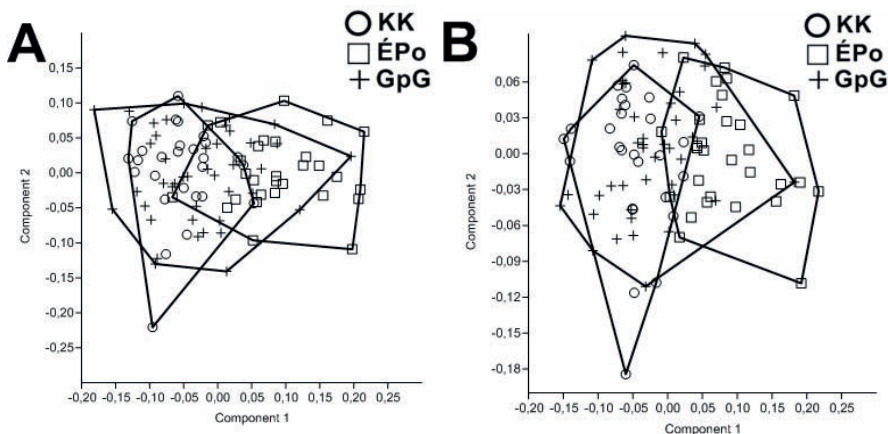
Az elkülönülés itt is az 1. tengely mentén a legkifejezettebb, ami az elülső szárny esetében az összes variáció 69,8%-át, a hátulsó szárnyon pedig 90,63%-át magyarázza. A szárnyméretekkel ellentétben viszont a populációk között a hátulsó szárny esetében jóval nagyobb az átfedés (12. ábra B).

A biplot eredménye azt mutatja, hogy mindkét szárny esetében az éri populáció elkülönülésében az m12, a konyári-kállói populáció elkülönülésében pedig az m11 és m13 bélyegek játszanak meghatározó szerepet. A 12. ábráról az is megállapítható, hogy a konyári-kállói és az éri populációk között az átfedés mindkét szárnyon minimális, ugyanakkor a gönci-pataki populáció mindkettővel jelentős átfedést mutat (különösen igaz ez a hátulsó szárny esetében). Ennek ellenére a szárnyfoltbélyegek esetében a páronként elvégzett HOTELLING-tesztek mindkét szárnyon szignifikáns különbségeket mutatnak (p=0,002–<0,001).

A főkomponens-analízis alapján viszont a populációk között mindkét szárnyon jóval nagyobbak az átfedések (13. ábra). Ennek ellenére jól látható, hogy a konyári-kállói és az éri populáció szórásfelhői csak kis mértékben fednek át (az elkülönülés az 1. főkomponens mentén történik), a gönci-pataki populáció viszont jelentős átfedést mutat mindkettővel. Mindkét szárnyon az 1. főkomponens kialakításában az m11 és m12, a 2. főkomponensében pedig az m10 és m13 bélyegek a meghatározóak. Az elülső szárnyon

az első és a második főkomponens az összes variáció 92,28%-át (1. főkomponens: 63,26%; 2. főkomponens: 29,02%), a hátulsó szárnyon pedig 92,31%-át (1. főkomponens: 64,89; 2. főkomponens: 27,42%) magyarázza.

Az analízis eredménye azt is mutatja, hogy a szórásfelhő nagysága mindkét szárnyon a gönci-pataki populációnál a legnagyobb. Ez arra utal, hogy ebben a populációban a legnagyobb mértékű az egyedek közötti variabilitás.



13. ábra

A hímek szárnyfoltbélyegei alapján végzett főkomponens-analízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó szárny (B) esetében.

Fig. 13

Principal component analysis based on the wingspot traits of male right fore- (A) and hindwings (B).

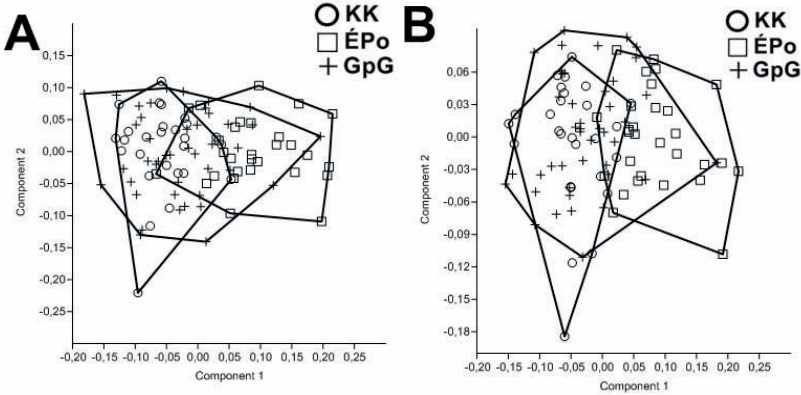
### 3.2.1.3. Strukturális bélyegek

A strukturális bélyegekre (erek és sejtek száma) elvégzett kanonikus variációanalízis eredménye azt mutatja, hogy a populációk között az átfedések mindkét szárny esetében igen nagyok (14. ábra: A, B). Ennek ellenére a MANOVA eredménye szerint a populációk között mindkét szárny esetében szignifikáns különbségek vannak (ESZ: WILK's lambda=0,5163; F=9,109;  $p < 0,001$ ; HSZ: WILK's lambda=0,5458; F=8,22;  $p < 0,001$ ).

A populációk elkülönülésében mindkét szárnyon az 1. tengely a meghatározó (99,15, ill. 91,78%), amivel a  $cv\text{Cu}_{dn}$ -A és a  $claf_p$  bélyegek mutatnak szoros kapcsolatot.

A populációk közötti különbségek kialakulásáért elsősorban a  $claf_p$ , a  $cv\text{Cu}_{dn}$ -A és a  $cv\text{C}-Sc$  bélyegek, míg a populációkon belül az egyedek közötti különbségeikért a  $cv\text{M}-\text{Cu}_{dn}$  bélyeg felelős. A páronként elvégzett HOTELLING-tesztek eredményei szerint az elülső szárny esetében az éri populáció szignifikánsan eltér a másik két populációtól ( $p < 0,0001$ ), viszont a konyári-kállói és a gönci-pataki populáció nem különbözik egymástól szignifikánsan ( $p = 0,5599$ ). A hátulsó szárny esetében minden párosításban szignifikáns különbségek adódnak ( $p = 0,032 - < 0,001$ ).





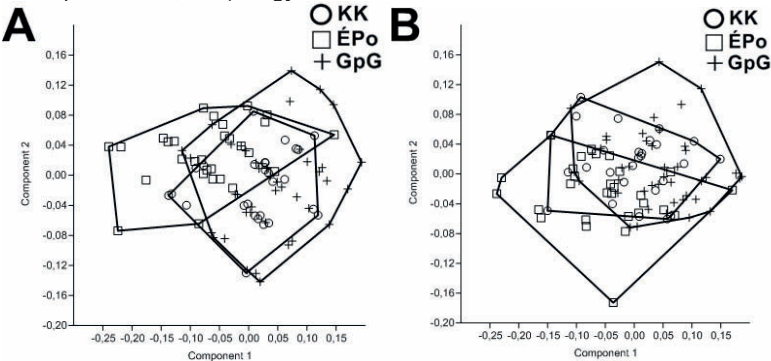
14. ábra

A hímek szárnyának strukturális bélyegei alapján végzett kanonikus variációanalízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó (B) szárny esetében.

Fig. 14

Canonical variation analysis based on the structural traits of male right fore- (A) and hindwings (B).

Az elülső és a hátulsó szárny strukturális bélyegeinek főkomponens-analízise alapján a három populáció között szintén nagy az átfedés (15. ábra: A, B). Mindkét szárnyon az első két főkomponens kialakításában a  $claf_p$ , a  $cvIM-Cu_{dn}$  és a  $cv\backslash Cu_{dn}-A$  bélyegek a meghatározók (ugyanazok, mint a CVA esetében). Az elülső szárnyon az első két főkomponens az összes variáció 80,02%-át (1. főkomponens: 56,91%; 2. főkomponens: 23,11%), a hátulsó szárnyon 78,64%-át (1. főkomponens: 59,99%; 2. főkomponens: 18,65%) magyarázza.



15. ábra

A hímek szárnyának strukturális bélyegei alapján végzett főkomponens-analízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó szárny (B) esetében.

Fig. 15

Principal component analysis based on the structural traits of male right fore- (A) and hindwings (B).

Az NPMANOVA eredménye az elülső és a hátulsó szárnyon is a populációk közötti szignifikáns különbségre utal (ESZ:  $F=11,51$ ;  $p<0,001$ ; HSZ:  $F=9,346$ ;  $p<0,001$ ). A populációk páronkénti összehasonlítása alapján viszont az elülső szárny esetében csak két párosításban tapasztalható szignifikáns különbség, mivel a gönci-pataki és a konyári-kállói populáció között nincs szignifikáns eltérés (7. táblázat).

7. táblázat

A hímek jobb elülső és hátulsó szárnyának strukturális bélyegei alapján végzett NPMANOVA eredménye.

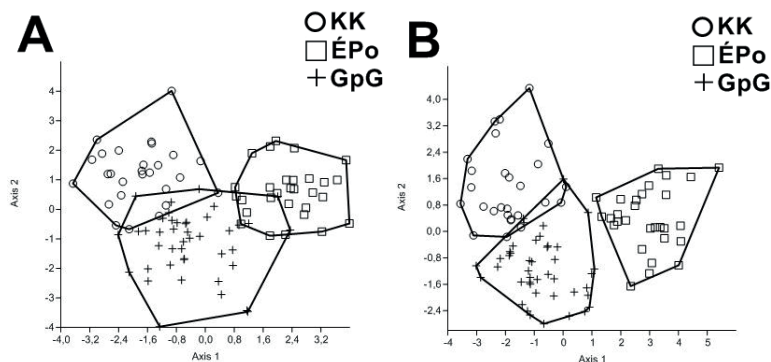
Table 7

Results of NPMANOVA based on the structural traits of male right fore- and hindwings.

		ÉPo	KK	GpG
Elülső szárny/ Forewing	ÉPo		<0,001	<0,001
	KK	<0,001		0,3713
	GpG	<0,001	0,3713	
Hátulsó szárny/ Hindwing	ÉPo		0,0037	<0,001
	KK	0,0037		0,0153
	GpG	<0,001	0,0153	

### 3.2.1.4. Összes szárnybélyeg

A hímek összes szárnybélyegére elvégzett kanonikus variációanalízis a három populáció igen markáns elkülönülését mutatja, ami különösen kifejezett a hátulsó szárny esetében (16. ábra A és B). Ezt a MANOVA eredményei is alátámasztják (ESZ: WILK's  $\lambda=0,1322$ ;  $F=7,68$ ;  $p<0,0001$ ; HSZ: WILK's  $\lambda=0,0953$ ;  $F=9,831$ ;  $p<0,0001$ ). A páronként elvégzett HOTELLING-tesztek a populációk között mindkét szárnyon szignifikáns különbségeket mutatnak ( $p<0,0001$ ).



16. ábra

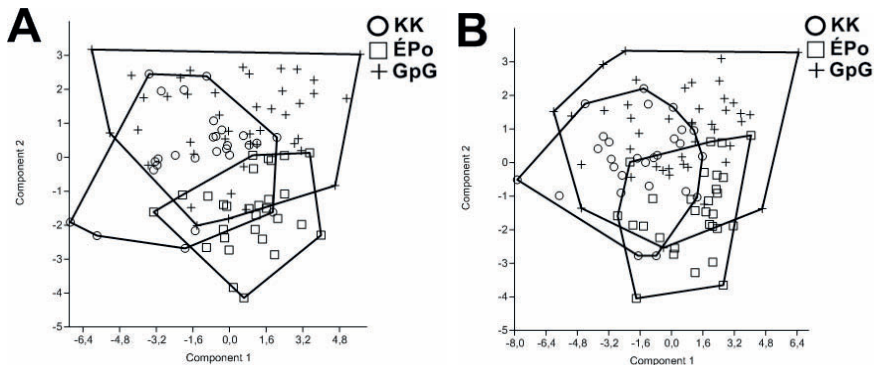
A hímek összes szárnybélyege alapján végzett kanonikus variációanalízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó (B) szárny esetében.

Fig. 16

Canonical variation analysis based on all wing traits of male right fore- (A) and hindwings (B).

A biplot eredménye értelmében a populációk elkülönüléséért az elülső szárny esetében az éri populációban főleg az m2 és m12 bélyegek, a konyári-kállói populációban az m5 és m10 bélyegek, a gönci-pataki populációban pedig – több bélyeg mellett – a  $claf_p$  és a  $cv\Cu_{dn}$ -A bélyegek felelősek.

A hátulsó szárnynál az elkülönülést ugyanazok a bélyegek határozzák meg, mint az elülső szárny esetében, viszont a gönci-pataki populációnál még az m6, m7 és  $cv\ M-Cu_{dn}$  bélyegek is fontos szerepet játszanak.



17. ábra

A hímek összes szárnypélya alapján végzett főkomponens-analízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó szárny (B) esetében.

Fig. 17

Principal component analysis based on all wing traits of male right fore- (A) and hindwings (B).

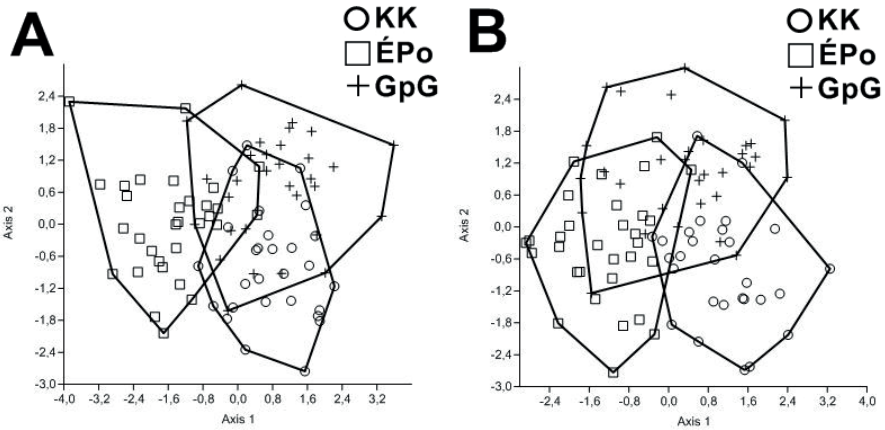
Az elülső és a hátulsó szárny összes bélyegének főkomponens-analízise alapján a három populáció között ebben az esetben is nagyobb az átfedés (17. ábra: A, B). A konyári-kállói és a gönci-pataki populációk szórásfelhői mindkét szárnynagy mértékben átfednek, ugyanakkor az éri populáció átfedése a másik kettővel kisebb mértékű. Mindkét szárnynagy az első főkomponens kialakításában az m1, m2, m9 és m13 bélyegek, a második főkomponens kialakításában pedig a  $claf_p$ , a  $cv\ M-Cu_{dn}$  és a  $cv\ Cu_{dn}$ -A bélyegek a meghatározók (némi eltéréssel a CVA tengelyek esetében tapasztaltaktól). Az elülső szárnynagy az első két főkomponens az összes variáció 49,99%-át (1. főkomponens: 34,32%; 2. főkomponens: 15,67%), a hátulsó szárnynagy pedig mindhárom populáció esetében jelentős (37,71%; 2. főkomponens: 14,46%) magyarázza.

### 3.2.2. Az összehasonlító elemzések eredményei a nőstényeknél

#### 3.2.2.1. Szárméretek

A nőstények elülső szárnjának méretadataira elvégzett kanonikus variációanalízis alapján (18. ábra) a három populáció – a szórásfelhők átfedései ellenére – az elülső és a hátulsó szárny esetében is szignifikánsan elkülönül (ESZ: WILK's  $\lambda=0,3164$ ;  $F=6,827$ ;  $p<0,001$ ; HSZ: WILK's  $\lambda=0,3077$ ;  $F=7,045$ ;  $p<0,001$ ). A szórásfelhők átfedése az elülső szárnynagy különösen a konyári-kállói és a gönci-pataki populáció között nagymértékű, a hátulsó szárnynagy pedig mindhárom populáció esetében jelentős.

A hímek hasonló bélyegeivel (10. ábra) összehasonlítva az is megállapítható, hogy a szórásfelhők átfedése a nőstények esetében jóval nagyobb.

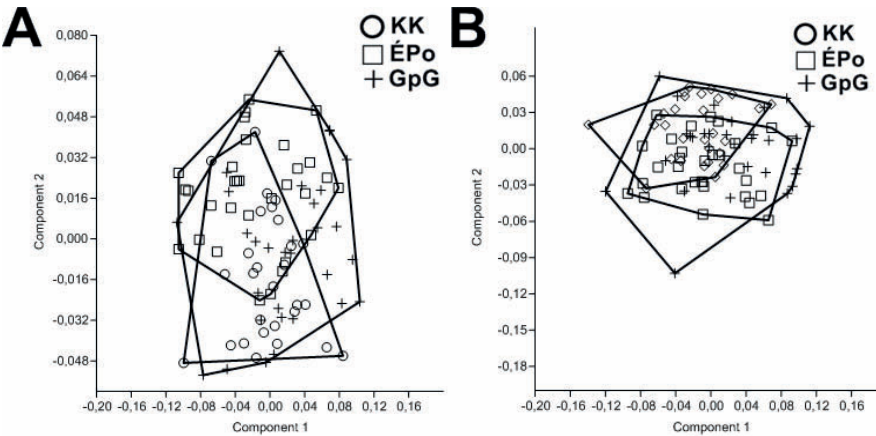


18. ábra

A nőstények szárnyméretei alapján végzett kanonikus variációanalízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó (B) szárny esetében.

Fig. 18

Canonical variation analysis based on the distances on female right fore- (A) and hindwings (B).



19. ábra

A nőstények szárnyméretei alapján végzett főkomponens-analízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó szárny (B) esetében.

Fig. 19

Principal component analysis based on the distances on female right fore- (A) and hindwings (B).

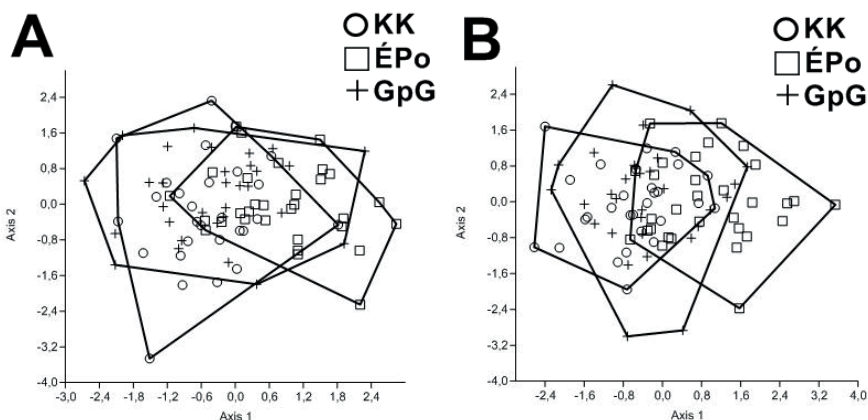
A biplot eredménye az elülső szárny esetében arra utal, hogy a gönci-pataki populáció az m5, m6 és m7, a konyári-kállói populáció az m4 és m5, az éri populáció

pedig az m2 és m9 bélyegek alapján különül el. A hátulsó szárny esetében a populációk elkülönüléséért ugyanazok a bélyegek felelősek, mint az elülső szárny esetében.

Az elülső és a hátulsó szárnyak méreteire elvégzett főkomponens-analízis alapján a három populáció nem különül el, a szórásfelhők szinte teljesen átfednek egymással (19. ábra). Az első két főkomponens az elülső szárny esetében az összes variáció 58,57%-át (1. főkomponens: 51,40%, 2. főkomponens: 17,17%), a hátulsó szárny esetében 74%-át (1. főkomponens: 55,40%, 2. főkomponens: 18,60%) magyarázza. Az elülső és a hátulsó szárnyon az első főkomponens kialakításánál minden bélyeg hozzájárulása jelentős, míg a második főkomponens kialakításában az m5 bélyeg a legmeghatározóbb.

Az NPMANOVA eredménye mindkét szárny esetében a populációk közötti szignifikáns különbségre utal (ESZ:  $F=6,186$ ;  $p<0,001$ ; HSZ:  $F=6,039$ ;  $p<0,001$ ). A populációk páronkénti összehasonlítása alapján a populációk között minden párosításban szignifikáns különbségek vannak.

### 3.2.2.2. Álszárnyjegy bélyegei



20. ábra

A nőstények álszárnyjegyének bélyegei alapján végzett kanonikus variációanalízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó (B) szárny esetében.

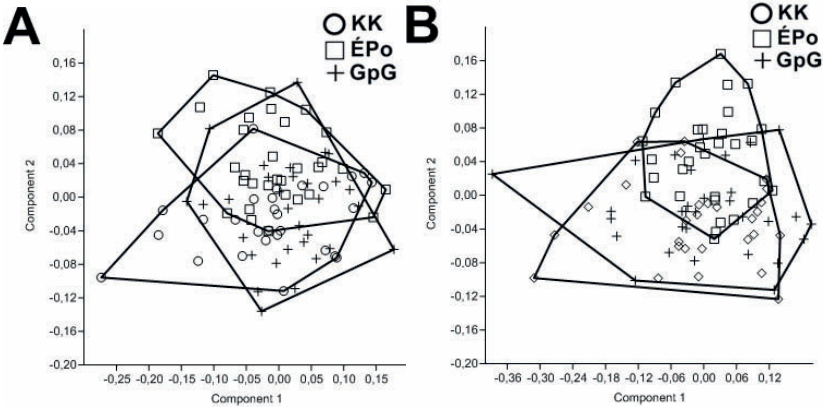
Fig. 20

Canonical variation analysis based on the pseudopterostigma traits of female right fore- (A) and hindwings (B).

Az elülső és a hátulsó szárnyak álszárnyjegyének bélyegeire elvégzett kanonikus variációanalízis a három populáció nagymértékű átfedését mutatja (20. ábra). Ennek ellenére a populációk közötti elkülönülés szignifikáns (ESZ:  $WILK's\ lambda=0,6991$ ;  $F=4,115$ ;  $p<0,001$ ; HSZ:  $WILK's\ lambda=0,6711$ ;  $F=4,634$ ;  $p<0,001$ ). A páronkénti összehasonlítás alapján viszont a konyári-kállói és a gönci-pataki populáció nem különül el szignifikánsan egyik szárny esetében sem.

A biplot eredménye arra utal, hogy a populációk elkülönülésében mindkét szárnyon a  $pPt_{da}-Wa$  és az  $N-pPt_{pa}/pPt_{da}-Wa$  bélyegek játszanak szerepet. A populációkon belüli egyedi variációért viszont nagyrészt az  $lpPt_{pa-da}$  bélyeg felelős.





21. ábra

A nőtények álszárnyjegyének bélyegei alapján végzett főkomponens-analízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó szárny (B) esetében.

Fig. 21

Principal component analysis based on the pseudopterostigma traits of female right fore- (A) and hindwings (B).

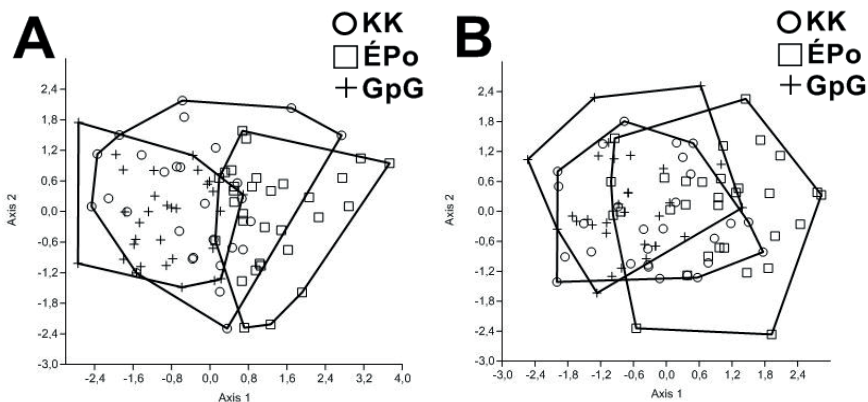
Az álszárnyjegy bélyegeire elvégzett főkomponens-analízis alapján a három populáció szintén nagymértékű átfedést mutat (21. ábra). A szórásfelhők nagysága, azaz az egyedi variabilitás a három populációban közel azonos. Ez alól a hátulsó szárny gönci-pataki populációjának nagyobb variabilitása jelent kivételt (amit viszont egy egyed okoz). Az elülső szárny esetében az első két főkomponens az összes variáció 93,38%-át (1. főkomponens: 61,74%, 2. főkomponens: 31,64%), a hátulsó szárnynál pedig 95,61%-át (1. főkomponens: 71,83%, 2. főkomponens: 23,78%) magyarázza. Az első főkomponens kialakításában mindkét szárnyon az  $l_pPt_{pa-da}$  bélyeg, míg a második főkomponens kialakításában a  $pPt_{da-Wa}$  bélyeg és az  $N-pPt_{pa}/pPt_{da-Wa}$  arány meghatározó.

Az NPMANOVA eredménye szerint a populációk között mindkét szárny esetében szignifikáns különbségek vannak (ESZ:  $F=4,489$ ;  $p=0,0025$ ; HSZ:  $F=3,711$ ;  $p=0,0099$ ), viszont a páronkénti összehasonlítások alapján a konyári-kállói és a gönci-pataki populációk között nincs szignifikáns eltérés.

### 3.2.2.3. Strukturális bélyegek

A szárnyak strukturális bélyegeire elvégzett kanonikus variációanalízis alapján a populációk szórásfelhői nagymértékben átfednek (22. ábra). Ennek ellenére a populációk között az elülső és a hátulsó szárny bélyegei alapján is szignifikáns különbségek vannak (ESZ: WILK's  $\lambda=0,5141$ ;  $F=8,289$ ;  $p<0,001$ ; HSZ: WILK's  $\lambda=0,646$ ;  $F=5,128$ ;  $p<0,001$ ), viszont a páronkénti összehasonlítások alapján a konyári-kállói és a gönci-pataki populáció nem különül el szignifikánsan.

A biplot eredménye arra utal, hogy a konyári-kállói és a gönci-pataki populáció elkülönüléséért főleg a  $claf_p$  és a  $cv\backslash C_{dn}-A$  bélyegek, az éri populáció elkülönüléséért pedig a  $cv\backslash C-Sc$  bélyeg felelős.

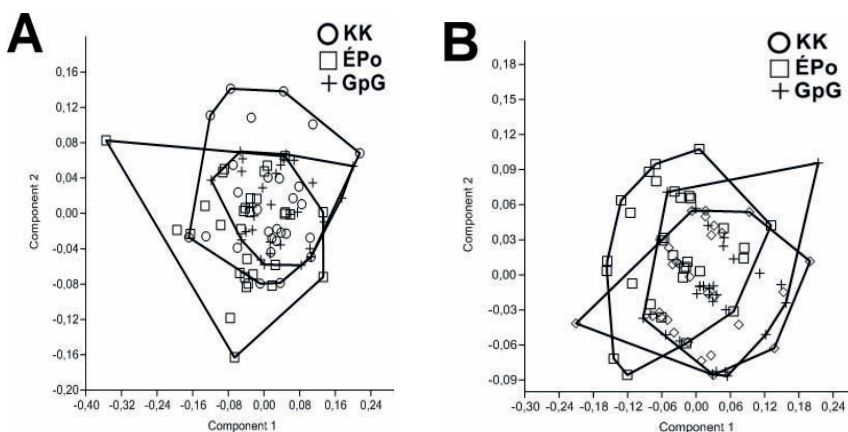


22. ábra

A nőstények szárnyának strukturális bélyegei alapján végzett kanonikus variációanalízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó (B) szárny esetében.

Fig. 22

Canonical variation analysis based on the structural traits of female right fore- (A) and hindwings (B).



23. ábra

A nőstények strukturális bélyegei alapján végzett főkomponens-analízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó szárny (B) esetében.

Fig. 23

Principal component analysis based on the structural traits of female right fore- (A) and hindwings (B).

Az elülső és a hátulsó szárnyak strukturális bélyegeire elvégzett főkomponens-analízis alapján sem különül el a három populáció, a szóráshelyek nagymértékben átfednek egymással és közel azonos nagyságúak. Az utóbbi alól kivételt képez az elülső szárnyak esetében a gönci-pataki populáció, ahol az egyedek közötti variáció sokkal

kisebb, mint a másik két populációnál (23. ábra: A). Az első két főkomponens az elülső szárny esetében az összes variáció 76,84%-át (1. főkomponens: 54,73%, 2. főkomponens: 22,11%), a hátulsó szárny esetében 80,78%-át (1. főkomponens: 58,90%, 2. főkomponens: 21,88%) magyarázza. Az elülső és a hátulsó szárnyon a főkomponensek kialakításánál egyaránt a  $claf_p$ , a  $cvIM-Cu_{dn}$  és a  $cvCu_{dn}-A$  bélyegeknak van meghatározó szerepe.

Az NPMANOVA eredménye mindkét szárny esetében a populációk közötti szignifikáns különbségre utal (ESZ:  $F=5,452$ ;  $p<0,001$ ; HSZ:  $F=5,963$ ;  $p<0,001$ ). A populációk páronkénti összehasonlítása alapján viszont a konyári-kállói és a gönci-pataki populáció e bélyegcsoport alapján sem különül el szignifikánsan (8. táblázat).

8. táblázat

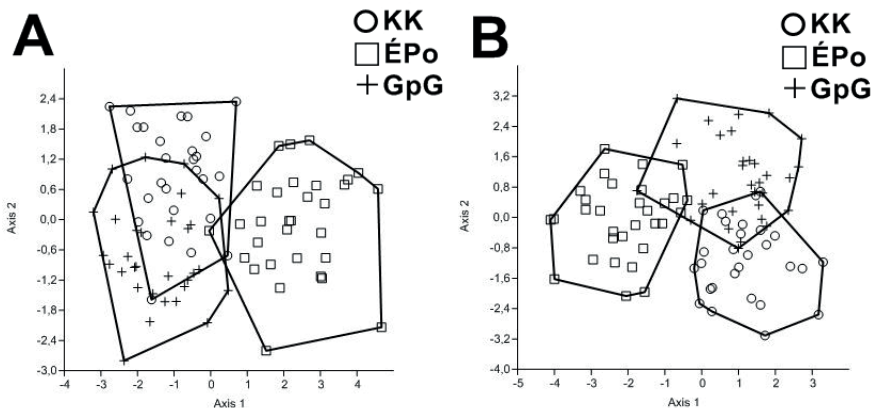
A nőtények jobb elülső és hátulsó szárnyának strukturális bélyegei alapján végzett NPMANOVA eredménye.

Table 8

Results of NPMANOVA based on the structural traits of female right fore- and hindwings.

		ÉPo	KK	GpG
Elülső szárny/ Forewing	ÉPo		0,0051	0,0002
	KK	0,0051		0,3957
	GpG	0,0002	0,3957	
Hátulsó szárny/ Hindwing	ÉPo		0,0052	0,0001
	KK	0,0052		0,2932
	GpG	0,0001	0,2932	

### 3.2.2.4. Összes szárnybélyeg



24. ábra

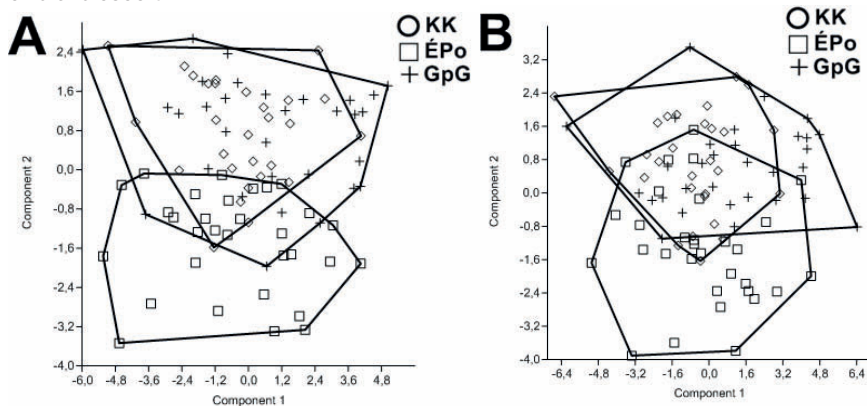
A nőtények összes szárnybélyege alapján végzett kanonikus variációanalízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó (B) szárny esetében.

Fig. 24

Canonical variation analysis based on all wing traits of female right fore- (A) and hindwings (B).

A nőtények összes szárnybélyegére elvégzett kanonikus variációanalízis eredménye szerint a populációk közötti elkülönülés kevésbé kifejezett, mint a hímek esetében. Az elülső szárny esetében a konyári-kállói és a gönci-pataki populáció jelentős átfedést mutat, míg az éri populáció ezektől nagymértékben elkülönül (24. ábra: A). A hátulsó szárny esetében a három populáció közti elkülönülés nagyobb mértékű (24. ábra: B). A populációk között az elülső és a hátulsó szárnyak bélyegei alapján is szignifikáns különbségek vannak (ESZ: WILK's lambda=0,1735; F=5,851; p<0,0001; HSZ: WILK's lambda=0,1641; F=6,133; p<0,0001).

Az elülső szárny bélyegeinél az éri populáció esetében főleg az  $m_2$ , az  $N-pPt_{pa}/pPt_{da}-Wa$  és a  $cvC-Sc$  bélyegek, a konyári-kállói populáció esetében a  $claf_p$  és a  $pPt_{da}-Wa$  bélyegek, a gönci-pataki populációnál pedig még az  $m_6$ , az  $lpPt_{pa-da}$  és a  $cvCu_{dn}-A$  bélyegek is felelősek az elkülönülésért. A hátulsó szárny esetében a  $cvCu_{dn}-A$ , a  $claf_p$ , az  $m_6$ , a  $pPt_{da}-Wa$  bélyegek és az  $N-pPt_{pa}/pPt_{da}-Wa$  arány felelős a populációk elkülönüléséért.



25. ábra

A nőtények összes szárnybélyege alapján végzett főkomponens-analízis eredménye a jobb elülső (A) és hátulsó szárny (B) esetében.

Fig. 25

Principal component analysis based on all wing traits of female right fore- (A) and hindwings (B).

Az összes szárnybélyeg alapján végzett főkomponens-analízis eredménye szerint a három populációban az egyedi variabilitás mindkét szárnyon nagyon hasonló (a szórásfelhők nagysága közel azonos, vö. 5–6. táblázat). A 25. ábráról az is leolvasható, hogy a konyári-kállói és gönci-pataki populációk szinte teljesen átfednek, az éri populáció egyedei viszont a második főkomponens mentén jelentősen elkülönülnek. Az elülső szárnyon az első főkomponens kialakításában a szárnyméret-jellemzők és az  $N-pPt$  bélyeg, a második főkomponensében pedig a  $pPt-Ap$  és az  $N-pPt/pPt$  bélyegek meghatározó szerepűek. A hátulsó szárny esetében ugyanezek a bélyegek a meghatározók, a második főkomponens esetében kiegészülve a  $cvCu_{dn}-A$  és a  $claf_p$  jellegekkel. Az első két főkomponens az elülső szárny esetében az összes variáció 49,07%-át (1. főkomponens: 35,51%, 2. főkomponens: 13,56%), a hátulsó szárny esetében 50,65%-át (1. főkomponens: 36,86%, 2. főkomponens: 13,79%) magyarázza.

#### 4. Összefoglalás

A sávos szitakötő [*Calopteryx splendens* (HARRIS, 1782)] imágóin végzett populációs szintű morfolometriai vizsgálataink során kérdésessé vált, hogy az alfajok elkülönítésére használt bélyegek és az ezekre alapozott alfajleírások és alfaji besorolások valóban helytállóak-e (SZALAY et al. 2015). Munkánk során három északkelet-magyarországi [Ér (Pocsaj); Gönci-patak (Gönc); Konyári-Kálló (Hosszúpályi)] populáció összehasonlító morfolometriai elemzését végeztük el. A három populáció hidroökológiai szempontból három különböző víztípusból származik: az Ér kisfolyó, a Gönci-patak patak, a Konyári-Kálló ér típusú. A vizsgálatok a hím és a nőtény imágók testalkat- és szárnybélyegei alapján történtek.

Az adatok elemzésére leíró és többváltozós statisztikai módszereket alkalmaztunk. A variációs koefficiensekben mutatkozó különbségeket FLIGNER&KILLEEN-teszt segítségével értékeltük. A populációk közötti különbségeket kanonikus variációanalízis (CVA, HOTELLING-teszt), valamint MANOVA, ill. nem normál eloszlás esetén nem-paraméteres MANOVA (NPMANOVA) segítségével vizsgáltuk. Az egyedek között a populáción belül fennálló különbségek vizsgálata céljából főkomponens-analízist (PCA) alkalmaztunk, ami az egyes bélyegcsoportoknál a variancia-covariancia, az összes szárnybélyegnél pedig a korrelációs mátrix alapján történt.

A hímek testalkatbélyegei esetében a legnagyobb átlagértékek a konyári-kállói populációnál, a szárnyméreteknél az éri és a gönci-pataki populációknál, a szárnyfolt és a strukturális bélyegek esetében pedig az éri populációnál fordulnak elő. A legnagyobb variáció pedig szinte minden bélyegcsoport esetében a gönci-pataki populációnál tapasztalható.

A nőtényeknél a legnagyobb átlagértékek minden bélyegcsoport esetében a gönci-pataki populációra jellemzőek. A legnagyobb variáció szintén a gönci-pataki populációnál fordul elő, ami alól a strukturális bélyegek jelentenek kivételt, itt ugyanis a konyári-kállói populáció mutatja a legnagyobb variációt.

A nőtények fején és torán vizsgált mintázattípusok közül a legtöbb típus a konyári-kállói és gönci-pataki populációban található.

A hímek szárnyméreteire elvégzett kanonikus variációanalízis alapján a populációk jelentősen elkülönülnek egymástól mindkét szárny esetében. Ez a különbség kevésbé kifejezést a szárnyfolt és a strukturális bélyegek esetében, amelyeknél a populációk szórásfelhői számottevő mértékben átfednek. Ennek ellenére a populációk közötti különbségek szignifikánsak. Az összes szárnybélyeg alapján elvégzett variációanalízis szerint a populációk markánsan elkülönülnek, elsősorban a méretek és a strukturális bélyegek alapján. A hímeknél vizsgált bélyegcsoportokra elvégzett főkomponens-analízisek alapján a három populáció jóval nagyobb mértékű átfedést mutat, mint a kanonikus variációanalízis esetében. Ez az átfedés a strukturális bélyegeknél a legszámottevőbb.

A nőtények szárnyméreteire elvégzett kanonikus variációanalízis alapján a három populáció elkülönül egymástól, de nem annyira kifejezetten, mint a hímeknél. Az álszárnyjegy bélyegei esetében a populációk átfednek egymással, ennek ellenére szignifikánsan különböznek. A szárny strukturális bélyegei és az összes szárnybélyeg esetében a szórásfelhők közötti átfedés jóval nagyobb mértékű, mint a hímeknél, de a populációk közötti különbségek ebben az esetben is szignifikánsak. A nőtények szárnybélyegeire elvégzett főkomponens-analízis szerint a három populáció a legtöbb bélyegcsoport esetében szinte teljes mértékben átfed, és ez az átfedés jóval nagyobb mértékű, mint a hímek esetében.



A CVA alapján a populációk mindkét ivarnál és mindkét szárnyon jól elkülönülnek egymástól, s a MANOVA a populációk között szignifikáns különbségeket mutat. A PCA alapján pedig megállapítható, hogy az egyedi variabilitások mindkét ivarnál mindkét szárnyon közel azonos nagyságúak, s általában a gönci-pataki populációnál a legnagyobbak. Ez alól kivételt képeznek a nőstények első szárnyán a strukturális bélyegek, mivel ezeknél az egyedek közötti variáció a gönci-pataki populáció esetében sokkal kisebb, mint a másik két populációnál.

Az eredmények összegzéseként megállapítható, hogy a három északkelet-magyarországi populáció – mind a testalkatbélyegek, mind a hímek és a nőstények szárnybélyegei alapján – szignifikánsan elkülönül egymástól. Tekintettel arra, hogy a három populáció három különböző ökológiai víztértípusból származik, felvethető annak a lehetősége is, hogy az adott víztértípuson belüli nagyobb valószínűségű kereszteződésnek és/vagy a víztértípusonként eltérő élőhelyi feltételrendszernek bizonyos mértékű meghatározó vagy befolyásoló szerepe van a vizsgált morfometriai jellegek alakulására.

Ezek az eredmények is alátámasztják azt a korábbi megállapításunkat, miszerint kétséges, hogy a *Calopteryx splendens* alfajainak elkülönítésére az eddig használt testalkat- és szárnybélyegek valóban alkalmasak, hiszen ezek alapján már populációs szinten is szignifikáns különbségek adódnak. Mindezekből következően – összhangban a legújabb szakirodalmi véleményekkel (BOUDOT és KALKMAN 2015) – indokolt lenne a sávos szitakötő eddig leírt alfajainak átfogó taxonómiai revíziója, aminek sikeres elvégzéséhez új bélyegek feltárására irányuló morfometriai tanulmányokat és molekuláris biológiai vizsgálatokat is igénybe kell venni.

## 5. Summary

In the course of our morphometric examinations on the *Calopteryx splendens* (HARRIS, 1782) population of the creek Konyári-Kálló, it became questionable if the traits used for the identification, the description of certain subspecies, and the subspecific classification are truly appropriate (SZALAY et al. 2015). In the course of our work, the comparative morphometric analysis of three North-Eastern Hungarian populations [Ér (Pocsaj); Gönci-patak (Gönc); Konyári-Kálló (Hosszúpályi)] was carried out. The three populations belong to three hydroecologically different watercourse types: little river (Ér), brook (Gönci-patak), creek (Konyári-Kálló). The examinations were performed based on the body and wing traits of male and female adults.

For the data analysis, descriptive and multivariate statistical methods were used. The differences in the variation coefficients were evaluated with FLIGNER & KILLEEN-test. The differences among the populations were examined with canonical variation analysis (CVA, HOTELLING-test), as well as with MANOVA and non parametric MANOVA (NPMANOVA) was used in case of non-normal distribution. In most wing traits, more or less strong linear connection can be observed. That is why principal component analysis (PCA) was used as well in each trait group (based on variance-covariance matrix) and in all wing traits (based on correlation matrix). The differences among the specimens within the population is easily interpretable based on PCA which supports the use of this method.

In case of male body traits, the highest mean values occur at the Konyári-Kálló population. In distances between points on the wings, the highest mean values occur at the Ér and Gönci-patak populations, while in wingspot and structural traits, the highest

mean values occur at the Ér population. The highest variation recorded in almost all trait groups was at the Gönci-patak population.

In females, the highest mean values are observed at the population from Gönci-patak in all trait groups. The highest variation values are observed at the Gönci-patak population except the structural traits where the highest values occur at the Konyári-Kálló population.

The female population of Konyári-Kálló and Gönci-patak examined have the most pattern types on the head and thorax.

Based on the canonical variation analysis of distances between points on the male wings, the populations are significantly separated from each other in both wings. This difference is less expressed in case of the wingspot and structural traits where the scatter plots are considerably overlapped. However, the differences among the populations are significant. Based on the variation analysis of all wing traits, the populations are strongly separated, mainly by the distances between points and structural traits. In males, based on the principal component analysis of the examined trait groups, the three populations overlap much more than in canonical variation analysis. This overlapping is the most considerable in structural traits.

Based on the canonical analysis of the distance between points on the wing in females, the three populations are separated but this is more expressive in males. In case of the pseudopterostigma traits, the populations are overlapped with each other although the difference among them is significant. In the structural traits and all wing traits, the overlapping of the scatter plots in females are greater than in males but the differences among the populations are significant as well. By principal component analysis of the wing traits, the three populations are almost completely overlapped in most trait groups and this overlapping is much greater than in males.

The two methods (CVA and PCA) – by nature – support two types of analysis of the same data. The CVA focuses on the examination of the differences among the populations. Based on these, the populations are well separated in both genders and in both wings, and the MANOVA show significant differences among the populations. The PCA is less appropriate to demonstrate the differences among the populations, however the comparison of the scatter plots supports the comparison of variability within the populations. Based on this, we can conclude that the variabilities of the specimens are nearly the same, but the highest variability is usually in the population of Gönci-patak. In case of the structural traits of female fore wings, the variation among specimens are much smaller in the population of Gönci-patak compared to the other two populations.

In summary, we can conclude that the three North-Eastern Hungarian populations – based on body traits, male and female wing traits – are significantly separated from each other. Considering that the three populations are from three different ecological water types, there is a greater possibility of the interbreeding in the given water type. Although, based on water types, there is a certain degree of decisive or influential role of the different habitat conditions for the confirmation of the morphometric traits.

These results support our previous conclusion that it is doubtful if the traits used for the identification of certain subspecies are truly appropriate because based on these there are significant differences already on population levels as well. Therefore – in accordance with the newest literature opinions (BOUDOT & KALKMAN 2015) – the comprehensive taxonomical revision of the described banded demoiselle subspecies, morphometric studies to reveal new traits, and molecular biological examinations would be necessary.

## 6. Köszönetnyilvánítás

A három víztér jellemzésének összeállításához sok értékes adatot és információt kaptunk az Ér és a Konyári-Kálló esetében a Tiszántúli Vízügyi Igazgatóságtól (Debrecen), a Gönci-patak esetében pedig az Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóságtól (Miskolc), amelyekért ez úton is hálás köszönetünket fejezzük ki. Az Érből és a Konyári-Kállóból vett üledékminták feldolgozásáért DR. SZABÓ SZILÁRD tanszékvezető egyetemi tanárnak és TÜRK GÁBOR tanársegédnek (Debreceni Egyetem, TTK, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debrecen), ill. DR. CZÉGENY ILDIKÓ laboratóriumvezetőnek (TRV Zrt. Vizsgálólaboratórium, Debreceni telephely) vagyunk hálásak. DR. NAGY SÁNDOR ALEX tanszékvezető egyetemi docenst (Debreceni Egyetem, TTK, Hidrobiológiai Tanszék, Debrecen) a munkalehetőségek megteremtéséért illeti köszönet. Szalay Petra Éva esetében a publikáció elkészítését a TÁMOP-4.2.2.B-15/1/KONV-2015-0001 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## Irodalom

- BOUDOT, J.-P. – KALKMAN, V.J. (edit.) 2015: Atlas of the European dragonflies and damselflies. – KNNV Publishing, Zeist, 381 pp.
- DÉVAI GY. 1978: A magyarországi szitakötő (Odonata) fauna taxonómiai és némenklatúrai revíziója. – A debreceni Déri Múzeum 1977. évi Évkönyve: 81–96.
- DÉVAI GY. 1997: IX.3.2. Víztér-típológiai törzsadattár (V-NÉR). In: FEKETE G. – MOLNÁR ZS. – HORVÁTH F. (szerk.): A magyarországi élőhelyek leírása, határozója és a Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer. Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer II. – Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, p. 293–298.
- DÉVAI GY. – DÉVAI I. – FELFÖLDY L. – WITTNER I. 1992: A vízminőség fogalomrendszerének egy átfogó koncepciója. 3. rész: Az ökológiai vízminőség jellemzésének lehetőségei. – Acta biol. debrecina, Suppl. oecol. hung. 4: 49–185.
- DÉVAI GY. – VÉGVÁRI P. – NAGY S. – BANCSI I. (szerk.) 1999: Az ökológiai vízminősítés elmélete és gyakorlata. 1. rész. – Acta biol. debrecina, Suppl. oecol. hung. 10/1, 216 pp.
- DÉVAI GY. – NAGY S. – WITTNER I. – ARADI CS. – CSABAI Z. – TÓTH A. 2001: A vízi és a vizes élőhelyek sajátosságai és tipológiája. In: BŐHM A. – SZABÓ M. (szerk.): Vizes élőhelyek: a természeti és a társadalmi környezet kapcsolata. In: SZABÓ M. (sorozatszerk.): Tanulmányok Magyarország és az Európai Unió természetvédelméről. – ELTE-TTK & SZIE-KGI & KöM-TvH, Budapest, p. 11–74.
- DIJKSTRA, K.-D.B. – KALKMAN, V.J. 2015: Phylogeny and classification. In: BOUDOT, J.-P. – KALKMAN, V.J. (edit.): Atlas of the European dragonflies and damselflies. – KNNV Publishing, Zeist, p. 15–25.
- DÖVÉNYI Z. (szerk.) 2010: Magyarország kistájainak katasztere. Második, átdolgozott és bővített kiadás. – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 876 pp.
- DUMONT, H.J. – VANFLETEREN, J.R. – DE JONCKHEERE, J.F. – WEEKERS, P.H.H. 2005: Phylogenetic relationships, divergence time estimation, and global biogeographic patterns of Calopterygoid damselflies (Odonata, Zygoptera) inferred from ribosomal DNA sequences. – Systematic Biology 54: 347–362.

- HAMMER, Ø. – HARPER, D.A.T. – RYAN, P.D. 2001: Paleontological statistics software package for education and data analysis. – *Paleontologia Electronica* 4/1: 1–9. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- LAJTER I. – MÓRA A. – GRIGORSZKY I. – NAGY S.A. – DÉVAI GY. 2010: A Tisza magyarországi és a főbb mellékfolyók torkolatközei szakaszának jellemzése vízi makroszkopikus gerinctelen állatközösségekkel. – *Studia odonatul. hung.*, Suppl. 1: 9–122.
- Magyarország földrajzinév-tára II. Hajdú-Bihar megye. – Kartográfiai Vállalat, Budapest, 1981, p. 1–41., 1 térképmelléklet.
- MAROSI S. – SZILÁRD J. 1969: A tiszai Alföld. In: Magyarország tájféldrajza 2. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 383 pp., 7 ábramelléklet, 12 képtábla, 1 térképmelléklet.
- SADEGHI, S. – ADRIAENS, D. – DUMONT, H.J. 2009: Geometric morphometric analysis of wing shape variation in ten European populations of *Calopteryx splendens* (HARRIS, 1782) (Zygoptera: Odonata). – *Odonatologica* 38/4: 343–360.
- SZALAY, P.É. – SZEGHALMY, SZ. – KIS, O. – SZABÓ, L.J. – MISKOLCZI, M. – FAZEKAS, A. – DÉVAI, GY. 2013: Alapadatok a sávós szitakötő [*Calopteryx splendens* (HARRIS, 1782)] konyári-kállói imágópopulációjának morfometriai elemzéséhez. – *Studia odonatul. hung.* 15: 9–26.
- SZALAY P.É. – SZEGHALMY SZ. – KIS O. – SZABÓ L.J. – MISKOLCZI M. – FAZEKAS A. – DÉVAI GY. 2015: A sávós szitakötő [*Calopteryx splendens* (HARRIS, 1782)] konyári-kállói imágópopulációjának morfometriai elemzése. – *Studia odonatul. hung.* 17: 23–44.
- VISKI V.B. – JAKAB T. – MISKOLCZI M. – VINCZE A. – GRIGORSZKY I. – SZABÓ L.J. – DÉVAI GY. 2013: Adatok a Konyári-Kállói szitakötő-faunájához (Odonata). – *Studia odonatul. hung.* 15: 121–135.
- WILHELM S. 2014: Tanulmányok az Érmellékről. In: Partiumi füzetek 80. – Partiumi és Bánsági Műemlékvédő és Emlékhely Társaság & Varadinum Script Kiadó, Nagyvárad, 115 pp.
- WILCOX, C.D. – DOVE, S.B. – MCDAVID, W.D. – GREER, D.B. 2002: UTHSCSA Image Tool Version 3.0: Freeware software available from the Department of Dental Diagnostic Science at the University of Texas Health Science Center at San Antonio. (<http://compdent.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>)

Beérkezett: 2016. január 21.  
Elfogadva: 2016. december 9