

TDK DOLGOZAT

Szakács Ádám

Debrecen

2014

DEBRECENI EGYETEM

**MEZŐGAZDASÁG,- ÉLELMISZERTUDOMÁNYI ÉS
KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI KAR**

ÁLLATTUDOMÁNYI, BIOTECHNOLÓGIAI ÉS TERMÉSZETVÉDELMI INTÉZET

Intézetvezető:

Prof. Dr. Jávor András

egyetemi tanár

**HULLATOTT TOLLMINTÁK FAJI SZINTŰ
ELKÜLÖNÍTÉSE MORFOMETRIAI ÉS
KROMATOMETRIAI ESZKÖZÖKKEL**

Készítette:

Szakács Ádám

„vadgazda mérnök hallgató”

Konzulensek:

Dr. Kusza Szilvia

tudományos főmunkatárs

Bagi Zoltán

Ph.D hallgató

Debrecen

2014

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	3
1. TÉMAFELVETÉS.....	4
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	5
2.1 Morfometriai vizsgálatok.....	6
2.2 Kromatometriai vizsgálatok	7
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	8
3.1. Minták gyűjtése és előkészítése.....	8
3.2. Morfometriai vizsgálat.....	10
3.3. Kromatometriai vizsgálat.....	10
3.4. Alkalmazott statisztikai modell.....	11
4. EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE.....	11
4.1. Morfometriai vizsgálat	11
4.2. Kromatometriai vizsgálat.....	14
5. KÖVETKEZTETÉSEK.....	35
ÖSSZEFOGLALÁS.....	37
SZAKIRODALMI JEGYZÉK.....	38
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	41
NYILATKOZAT.....	42
MELLÉKLETEK	

BEVEZETÉS

Először egy kifejezéssel kezdenék, hogy „Minden madár tollas, de nem minden tollas állat madár”. Több millió évvel ezelőtt élő emlősök tollasak voltak. A madarak is vedlenek akár az emlősök. Ez azért szükséges mert a toll keratin tartalma igaz tartós anyag, de idővel elhasználódik ezáltal újítyák a tollaikat. A vedlést a madár hormonális rendszere irányítja a környezeti ingerek hatására. Ilyen például a fény, pára, hőmérséklet. A vedlés nem teljes vedlés hanem csak pár toll újul meg egyszerre. De nem csak vedlés miatt találhatunk tollat bárfelé járván, hanem akár egy betegség miatt is elhullajthatja a madár a tollát. Miért is fontos ez? Azért mert az ilyen hullatott tollakon alapul az a kutatás amit dolgozatomban témájaként választottam. Ez pedig a balkáni gerle (*Streptopelia decaocto*) és a házi galamb (*Columba livia domestica*) fajok hullatott tollainak elkülönítése.

A házigalamb legkésőbb a római kortól jelen van a Kárpát-medencében, de a napjainkban a városokban előforduló példányok nem innen erednek. Ezek jóval később alakultak ki elvadult dísz-, röp-, és postagalambokból. A balkáni gerle (*Streptopelia decaocto*) hazánkban nem őshonos faj. A tömeges elterjedése XI. században kezdődött, amely feltehetően India területéről indulhatott.

Magyarországon való első leírása az 1926-27-es évekre tehető ahol elsőként Tiszaugon észlelte a lakosság. Tényleges ittléte 1932-ben bizonyosodott be, amikor Újhelyi István földbirtokos, aki amatőr ornitológus volt, ekkor ejtette el első példányát. Innen ered elnevezése is, ami a balkáni gerle lett. Ez a név utal a származási helyére, hiszen a Balkán felől tört be hozzánk. Hazánkban való térnyerésével magyarították korábban a vadgerle visszaszorulását. Ennek során a vadgerle kiszorult a szántóföldekre és azóta ott találhatjuk őket. Ezt az elméletet ma már többen kétségbevonják. A városokban teret nyert balkáni gerle folyamatos konfliktusok mellett talált otthonra a városokban, de még most sem bírja igazán a versenyt a nagy testű elvadult házi galambokkal. A legnagyobb problémát a balkáni gerle számára a házigalamb táplálék és élőhely konkurenciája okozza.

Magyarországon mindkét faj télen-nyáron megtalálható, főbb tartózkodási helyeik is hasonlóak, melyek pedig az emberi települések.

1. TÉMAFELVETÉS

A hullatott madártollak tudományos vizsgálatokban való felhasználása egyre gyakoribb. Ez egy nem-invazív (non-invasive) mintagyűjtési módszer amit főleg etológiai, természetvédelmi és populációgenetikai vizsgálatokban használnak (TABERLET et al. 1999). A módszernek előnyei és hátrányai is vannak. Az előnyök közé tartozik, hogy viszonylag kis mennyiségű szőr, toll, pikkely vagy más testrész is elegendő genomiális DNS-t tartalmaz, ami a vizsgálatok alapfeltétele. A kis mennyiség miatt a minták gyűjtése, tárolása, szállítása is könnyebb és olcsóbb. Előnye még a módszernek, hogy nem vezet az alany pusztulásához, sérüléséhez vagy zavarásához, ezért nem jelent kockázatot az állat fitnesszére. Hátrányként szokták említeni az alacsony mennyiségű és/vagy gyenge minőségű kivonható gDNS-t valamint a minták szennyeződésének veszélyét (TABERLET et al. 1999, MCDONALD ÉS GRIFFITH 2011). A hátrányok közé tartozik még, hogy nem minden esetben azonosítható be biztosan a faj, ami a mintaként használt anyagot hátrahagyta.

A Debreceni Egyetem Állatgenetikai Laboratóriumában jelenleg is zajlik egy olyan PhD kutatás amiben egy ilyen, nem-invazív mintavételi módszert használnak. A vizsgálat alanya a balkáni gerle (*Streptopelia decaocto*) (1. és 2. számú kép). A mintagyűjtés úgy zajlik, hogy külföldi kutatók, madárbarátok, vagy ismerősök postán küldik a begyűjtött tollakat. Többször felmerült a gyanú, hogy az így kapott tollak között esetleg házigalamb (*Columba livia domestica*) tollak is lehetnek (3. és 4. számú kép). Mivel a két faj a városokban sokszor azonos területeken fordul elő, az egyesével, vagy kisebb csoportokban előforduló tollakat nem mindig sikerült a gyűjtőknek egyértelműen beazonosítani. Ha ezek a tollak bekerülnek a genetikai vizsgálatba akkor nem csak pénzt és időt pocsékolunk, de téves eredményeket is kaphatunk. Ezért fontos, hogy még a DNS izolálása előtt biztonságosan kiszűrhetők legyenek a nem balkáni gerlétől származó tollak. Mivel nem találtunk olyan leírást ami alapján ezt megtehetnénk, azt a célt tűztük ki, hogy olyan módszert fejlesztünk ki ami alkalmas erre. A kísérlet körülményei és a technikai felszereltség kétfajta vizsgálatot tett lehetővé. A tollak morfometriai adatainak elemzésével és a kromatométeres színvizsgálattal is azokat a pontokat és a hozzájuk tartozó értékeket kerestük amikkel biztosan beazonosítható az adott faj.



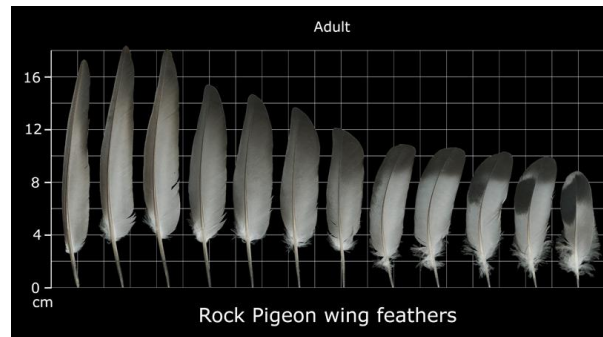
1. számú kép: *Streptopelia decaocto*



2. számú kép: *Streptopelia decaocto* evezőtollai



3. számú kép: *Columba livia domestica*



4. számú kép: *Columba livia domestica* evezőtollai

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A balkáni gerle tollainak esetében tudtommal eddig nem végeztek pontos méretfelvétellel járó kutatást. A faj tollazatát azonban már vizsgálta JAVIER BLASCO-ZUMETA és GERD-MICHAEL HEINZE (11). Ők egy rengeteg képet tartalmazó összeállítást készítettek, amiben az ivari és korcsoportokhoz kötődő határozókulcsokat mutatják be. Ez a meghatározás főleg a tollazat, az írisz és a lábak színe alapján történik, de inkább terepi határozónak használható, és csak a teljes egyed birtokában ad megbízható eredményt. Sajnos pontos méréseket, számadatokat nem közölnek.

PASS (1995) áttekintő cikkében bemutatta a madártoll és bőr fejlődését és szerkezeti felépítését. A szemléltetéshez és a példákhoz a galambot (*Columba livia*) használta. HINGEE és MAGRATH (2009) egy érdekes kutatásban használta fel a galambalakúak közé

tartozó koronás galambot (*Ocyphaps lophotes*). Ők azt vizsgálták, hogy a veszélyt érző galamb felszállás közben különleges akusztikus jelet bocsájt ki szárnytollai segítségével, hogy ezzel riassza fajtársait. Hasonló jelenséget már COLEMAN (2008) is valószínűsít a sirató gerle (*Zenaida macroura*) esetében, de ő még nem tudja egyértelműen bizonyítani. HINGEE és MAGRATH (2009) 5 egymás melletti elsődleges evező helyzetét vizsgálta meg és végzett akusztikai méréseket. Eredményeik azt mutatják, hogy a 8. toll erősen módosult (keskenyebb), így a megriasztott állat felszállása közben hallható füttyülő hang nem csak a repülés melléktermékének tekinthető. Az elemzés azt is kimutatta, hogy egy igen komplex akusztikus szignálról van szó, amiben egyértelmű mintázat fedezhető fel. A lejártsági kísérletek pedig igazolták, hogy ez az akusztikus jel menekülési reakciót vált ki a csapat többi tagjából.

2.1. Morfometriai vizsgálatok

Galambalakúak tollainak morfológia vizsgálatát csak néhány esetben végezték el eddig. MØLLER és munkatársai (2009) az örvös galamb (*Columba palumbus*) és a héja (*Accipiter gentilis*) zsákmány-ragadozó kapcsolatát vizsgálták. Ehhez az örvös galambok evező- és kormánytollainak hosszúsági és szélességi méreteit vették fel. Megmérték a tollzászló és a cséve hosszúságát és szélességét, valamint a tollak tömegét is lejegyezték. A vizsgálatba bevonták még a zászlók területét és ágsűrűségét is. A tollakat két csoportra bontották. Az egyik csoportba azok kerültek amiket zsákmányul ejtettek a héják. Ezeket a tollakat héjafészkek közelében gyűjtötték. A másik csoportba olyan galambok tollai kerültek amelyek sikeresen túléltek a héják támadását. Az eredmények szerint eltérés volt a két csoportban az evezők cséveszélessége, területe és tömege, valamint a kormánytollak területe között. A sikeresen menekülő galamboknál kisebb volt a cséve szélessége, és tömege, de a zászlók területe nagyobb volt. A túlélők kormánytollai is nagyobb területűek voltak. Ezzel igazolták a dán kutatók, hogy a héják jelentette irányított szelekció nagymértékben hat az örvös galambok repülési képességére. Ez pedig a repülésben fontos szerepet ellátó tollak morfológiájának alakulásában kimutatható.

BACHMANN és munkatársai (2007) szisztematikus összehasonlító vizsgálatot végeztek a gyöngybaglyok (*Tyto alba*) és a galambok (*Columba livia*) szárnyán. Azért ezt a két fajt választották, mert méretük és tömegük nagyjából hasonló. A céljuk az volt, hogy megtalálják a gyöngybagoly rendkívül csendes röptének okait, azért, hogy a jövőben felhasználhassák az eredményeket a repülőgépiparban. Mindkét faj szárnyán 6-6 evező- és fedőtollat vizsgáltak meg. Méréseket végeztek makroszkopikus és mikroszkopikus szinten is, így számos

paraméter alapján tudták elvégezni a kvantitatív elemzéseket. A bagolytollak nagyobb területűek, vékonyabbak és finomabb szerkezetűek voltak a galamb tollaival összehasonlítva. A bagolytollak széleinek speciális fogazása is van, és a tollzászlót felépítő ágak, ágacskák és horgok méreteiben is nagyobb állandóság volt a baglyok esetében. BORMASHENKO et al. (2007) szintén a galambtollak mikroszkopikus szerkezetét vizsgálta. A kutatás arra kereste a választ, hogy mi okozza a tollak vízlepergető hatását. Az eredmények szerint a galambtoll kettős szerkezete miatt jó víztaszító anyag. A zászlót alkotó ágak és ágacskák kettős rendszere olyan lapos érintkezési szöget zár be, ami megakadályozza a folyadékcseppeket az áthatolásban. Azt is megfigyelték, hogy ha a cseppek átmérője egy kritikus szint alá csökken a párolgás miatt, a kettős szerkezet már nem állja útját a folyadéknak, és az bejut a toll szerkezetébe. Így megváltoztatja a fényvisszaverés viszonyait.

2.2. Kromatometriai vizsgálatok

A madarak tollainak színe rendkívül változatos, gyakran élénk és ezt nagyrészt statikusnak gondolják (ANDERSSON és PRAGER, 2006), legfeljebb a korral változhat. Az állatvilágban azonban sok példa van a kültakaró színének dinamikus változására is, például válaszul a környezet színének változására (pl.: lábasfejűek bőre, HANLON 2007), szaporodási időszakban (pl.: a varangy bőre, DOUCET és MENNILL 2009), izgalmi állapotban (pl.: vadpulyka toroklebenye, EATON 1992), esetleg az abiotikus környezeti hatásokra válaszul (pl.: *Tmesisternus isabellae* a páratartalom miatt, LIU et al. 2009). A tollak elhalt keratin sejtekből állnak, amikben nem találhatóak erek, vagy idegek, ezért az állat nem tudja közvetlenül befolyásolni kültakarója színét, és ez a tulajdonság nincs kapcsolatban az élettani kapcsolataival (SAGGESE et al. 2008) (kivéve a tollak fejlődési szakaszát). A tollak színéért a keratinszemcsék nanoszerkezete és ennek koherens fényszórása felelős (PRUM 2006). A toll a szivacsos struktúrája és a rendezetlenül elhelyezkedő keratinszemcséi révén jól szórja az UV-fényt, valamint a toll üregeit kitöltő anyag törésmutató változása is hozzájárul a visszaverő képességhez. Így ezeket a tollakat ultraibolya tartományban vizsgálva, sokszor teljesen más mintát és színeket kapunk, mint látható fényben (MOLNÁR et al. 1997). Az érzékelt színre ugyanis az előbb leírtakon kívül hatással van még a keratinréteg vastagsága (BRINK és VAN DER BERG, 2004; DOUCET et al., 2006; SHAWKEY et al., 2006; YIN et al., 2006; NAKAMURA et al., 2007), a fény beesési szöge és színe és az ágacskák szöge is (YOSHIOKA és KINOSHITA, 2002; NAKAMURA et al., 2007; YOSHIOKA et al., 2007). Tehát a tollak színe nagyon sok tényezőtől függ. Objektív meghatározásukhoz műszeres mérésre és végig azonos körülményekre van szükség.

SAGGESE et al. (2008) kutatásában a fokföldi gerle színe (*Streptopelia capicola*) került középpontba. Ez ugyan egy immunológiai tanulmány, de a vizsgálati csoportokat színek szerint választották ki, így az egyik csoport fehér színű egyedeket tartalmazott, míg a másik egyéb színűeket. Bebizonyították, hogy a fehér színű gerlek sokkal ellenállóbbak a bakteriális fertőzésekkel kapcsolatban, mint más színű fajtársaik. Ezt a genetikai háttérrel magyarázták. Azt feltételezik, hogy a színhez kapcsolatosan öröklődik az immunválasz szabályozása is.

A sirató gerle (*Zenaida macroura*) tollainak struktúrális színének változásait vizsgálta SHAWKEY és munkatársai (2011). Mivel a tollászlóban sem erek, sem idegek nem futnak, feltételezték, hogy minden színváltozás külső hatásra történik. Mikroszkópos vizsgálatok után megállapították, hogy ez a hatás a tollak felületére kerülő nedvesség, és annak elpárolgása. A jelenség neve vékonyfilm interferencia. A toll finom szerkezete az őt ért nedvességtől függően dagadhat vagy zsugorodhat, csavarodhat, ez pedig azonnali változást okoz a színében. Felhívják arra is a figyelmet, hogy emiatt az egyes tollszínek sokkal képlékenyebbek lehetnek, mint azt korábban gondoltuk.

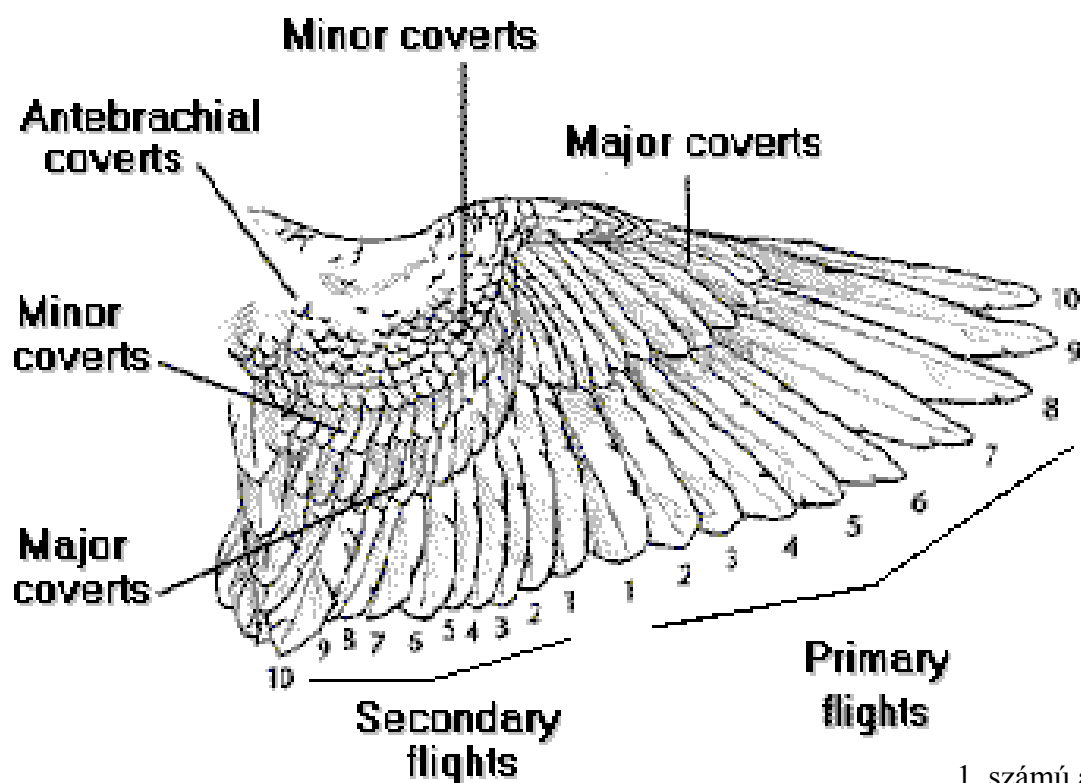
3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Minták gyűjtése és előkészítése

A vizsgálathoz felhasznált balkáni gerle (*Streptopelia decaocto*) egyedek Előszállás és Hajdúnánás települések határában kerültek terítékre 2014 augusztusa és októbere között. A minták preparálásáig -20 °C-on tároltuk az egyedeket. Felolvasztás után eltávolítottam az első- és másodrendű evezőtollakat, valamint a kormánytollakat a gerlékről. A tollakat egyedi jelöléssel, és külön csomagolva tároltuk a továbbiakban, egyedenként csoportosítva. A házigalamb (*Columba livia domestica*) minták szintén Előszállás és Hajdúnánás települések vonzáskörzetében lettek elejtve, és a balkáni gerléknél leírt módszer szerint kezeltem ezeket is. A tollak egyedi jelölőkódjainak és a dolgozatban előforduló más rövidítések jelentését az 1. táblázat mutatja. A tollak sorszámát az 1. ábrán látható módon határoztam meg. A vizsgálatban elsődleges- és másodlagos evezőtollakat, valamint kormánytollakat használtam.

RÖVIDÍTÉS	JELENTÉS
PL1-PL10	elsődleges evező (primary), bal oldal (left)
SL1-SL-10	másodlagos evező (secondary), bal oldal (left)
PR1-PR10	elsődleges evező (primary), jobb oldal (right)
SR1-SR10	másodlagos evező (secondary), jobb oldal (right)
T1-T12	kormánytoll (tail)
G	a tollakból kialakított csoport (group)
v	a tollak fonákján végzett mérés (verso)
LR	tollgerinc hossza (length of rachis)
LCV	teljes zászló hossza (length of complete vane)
WCV	teljes zászló szélessége (width of complete vane)
LIV	belső zászló hossza (length of inner vane)
DIV	belső zászló szélessége (mélysége) (depth of inner vane)
LOV	külső zászló hossza (length of outer vane)
DOV	külső zászló szélessége (mélysége) (depth of outer vane)
LC	cséve hossza (length of calamus)
DC	cséve átmérője (diameter of calamus)

1. számú táblázat



1. számú ábra

3.2. Morfometriai vizsgálat

A tollak morfometriai adatait tolómérő (Digital Meßschieber 150 mm) és milliméterpapír segítségével vettem fel. Tollanként 9 méretfelvételi pontot határoztunk meg. Ezeket a méreteket és jelölésüket az 1. táblázatban mutatom be. A méretfelvételhez használt adatlap a 1. számú mellékletben található. A vizsgálatban 16 balkáni gerle és 8 házigalamb egyedtől származó tollakat használtam fel.

3.3. Kromatometriai vizsgálat

A tollszín vizsgálatok objektív módon történő vizsgálatát egy Minolta Chromameter CR-410 típusú műszerrel végeztem el. A műszert minden használat előtt az előírásoknak megfelelően kalibráltam. A Debreceni Egyetem Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézetének tulajdonában lévő készülékkel korábban szarv- és szőrszínvizsgálatokat is végeztek (TÓTH 2006, RADÁCSI 2008). Dolgozatomban 1. számú ábra felhasználtam ezeknek a korábbi vizsgálatoknak a tapasztalatait is.

A műszer a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (CIE) által 1976-ban kidolgozott $L^*a^*b^*$ színrendszer alapján végzi a színek objektív meghatározását. Az L^* érték a szín intenzitását mutatja egy 0-100-ig terjedő skálán, ahol az alacsonyabb értékek a sötétebb színeket jelölik. Az a^* érték egy +60-tól -60-ig terjedő skálán jelzi a szín vörös-zöld, a b^* érték pedig (szintén egy +60-tól -60-ig terjedő skálán) a sárga-kék összetevőit. A pozitív értékek mindkét esetben a szín intenzitását jelzik. A három érték együtt ($L^*a^*b^*$) határozza meg a vizsgált szín helyét a 3D színrendszerben (CIE).

A tollak színét ötössével összerendezve, egymást részben átfedő pozícióban elhelyezve mértem be, úgy ahogy azok a madár szárnyán is megtalálhatóak. Erre azért volt szükség, mert a mérőműszer átmérője akkora területet fed le amekkora az öt egymáshoz rendezett toll területe. Ha egyssével mértem volna a tollakat, akkor hibás eredményeket kaptam volna, mivel a tollgerinc jelentősen kiemelkedik a tollászló síkjából, a műszer pedig nem tudott hézagmentesen ráfeküdni a vizsgált tollra. A résen bejutó fény torzította a mért értékeket. Az előbb leírt módszerrel ezt sikerült kiküszöbölni. Az így csoportosított tollak középvonalában elhelyezett műszerrel végeztem a méréseket. Tollcsoportonként két mérés történt. Az 1-1 adatfelvételt a tollak két oldalán (színén és fonákján) végeztem el. A színméréshez használt

adatlap az 2. számú mellékletben látható. A vizsgálatban 17 balkáni gerle és 7 házigalamb egyedtől származó tollat használtam fel.

3.4. Alkalmazott statisztikai modell

Az adatok tárolása és statisztikai értékelése Microsoft Excel (2007) és IBM SPSS Statistics 21 (IBM Corp. 2012) programok segítségével történt. A vizsgálat során azokat a változókat kerestük, amelyek a két fajt lehető legjobban elkülönítik egymástól. Több egyed esetében esetében sérülés vagy vedlés miatt bizonyos tollak hiányoztak. Mind a színvizsgálatnál, mind a morfometriai vizsgálatnál multilineáris regresszióval pótoltuk ezeket a hiányzó adatokat a teljes adatsoron. A következő statisztikai próbákat végeztük el: diszkriminancia-analízis, klaszteranalízis, főkomponens-analízis.

4. EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

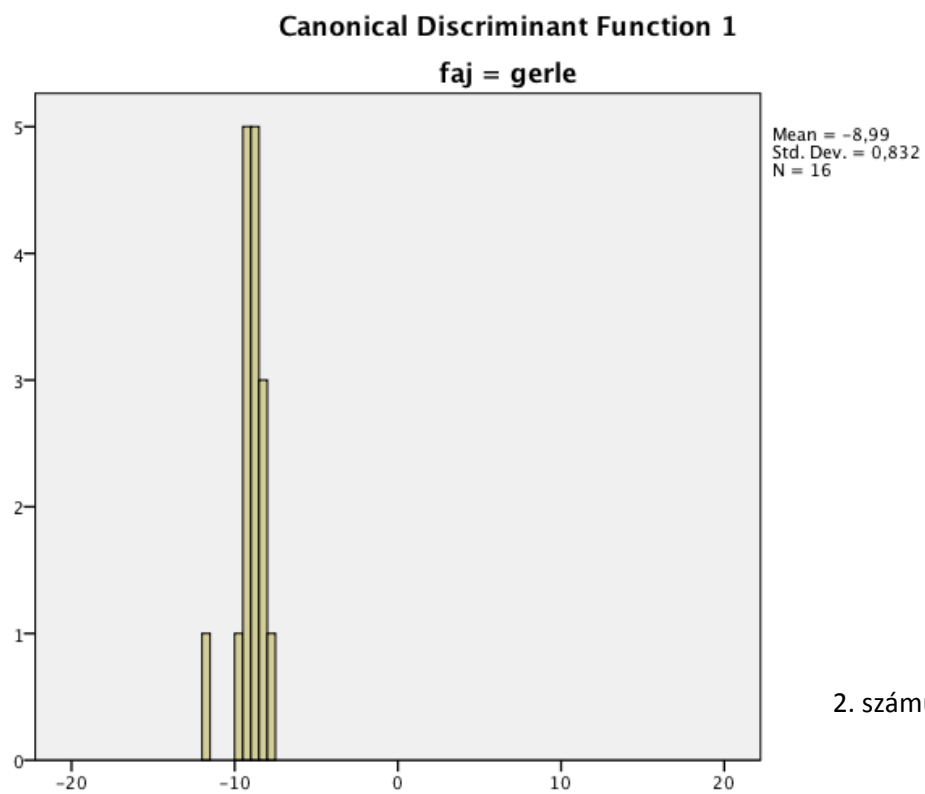
4.2. Morfometriai vizsgálat

A 2. számú táblázat és az 2. és 3. számú ábra a diszkriminancia-analízis eredményeit szemlélteti. Mindkét ábrán látható, hogy a fajok egyértelműen elkülöníthetők az adatok alapján.

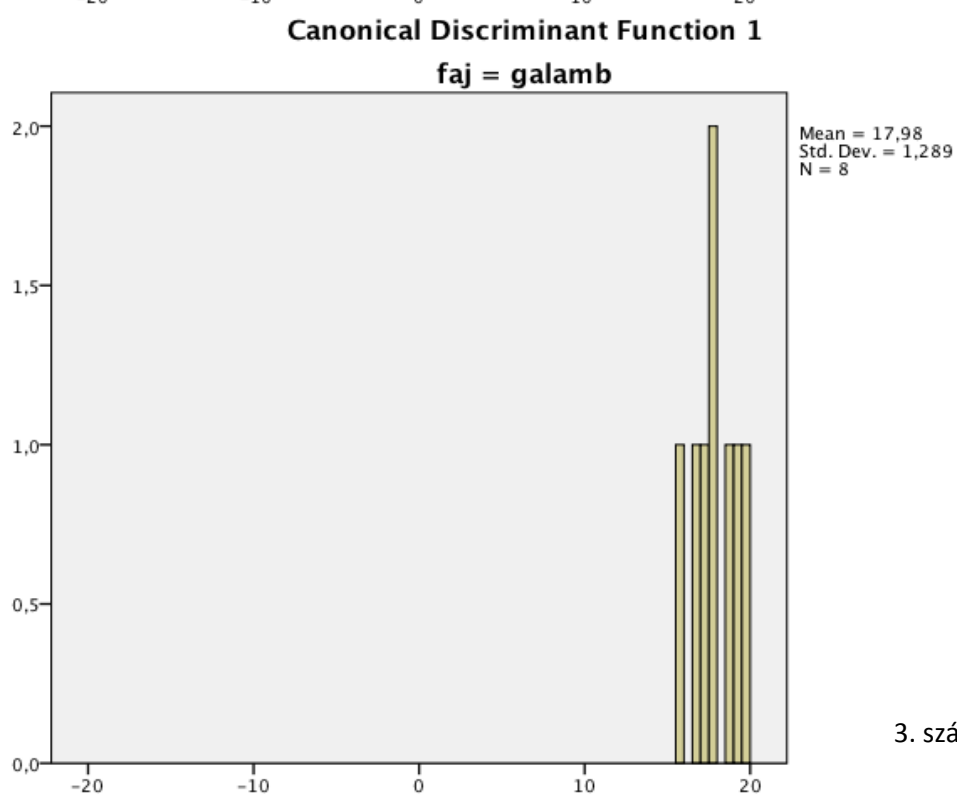
Wilks' Lambda

Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1	,006	56,962	22	,000

2. számú táblázat

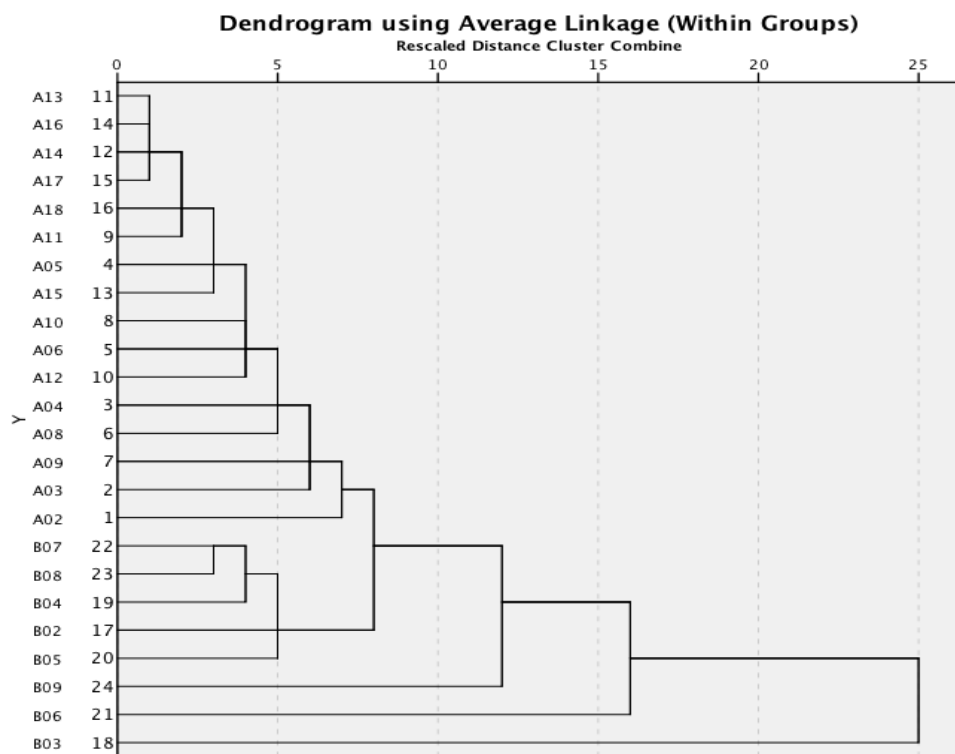


2. számú ábra



3. számú ábra

A 4. számú ábrán látható, hogy a klaszteranalízisből származó dendrogrammon is elkülöníthetők a két faj alkotta csoportok.



4. számú ábra

Főkomponens-analízist végeztünk a teljes adatsoron, mivel az adatsorok fajokénti elemzéséhez a galambok száma kevés volt. A kapott főkomponensek a 3. számú táblázatban láthatóak (a táblázatot terjedelmi okokból rövidítettem).

Total Variance Explained

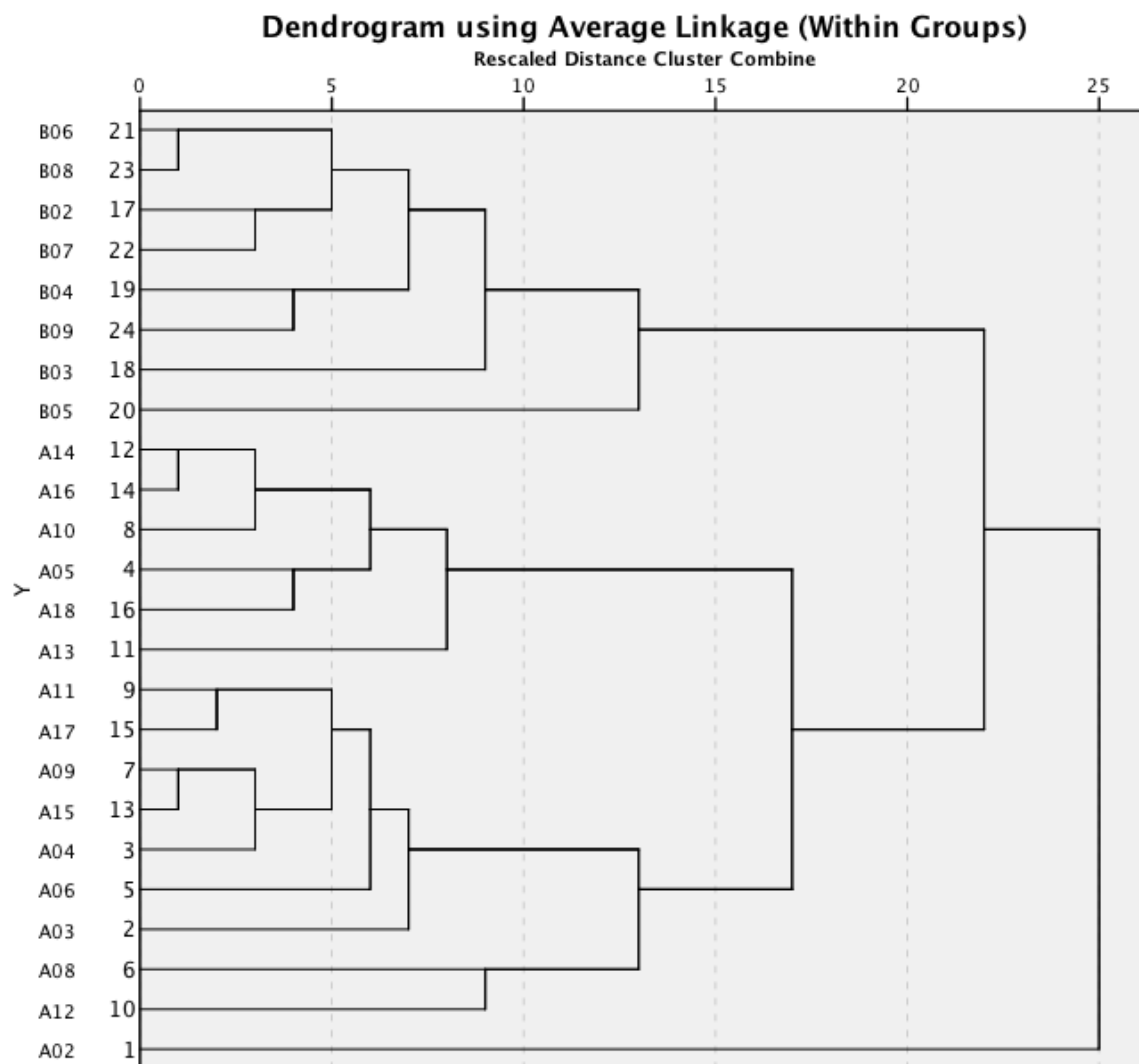
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	175,663	44,359	44,359	175,663	44,359	44,359	142,943	36,097	36,097
2	34,951	8,826	53,185	34,951	8,826	53,185	50,973	12,872	48,969
3	21,523	5,435	58,621	21,523	5,435	58,621	19,225	4,855	53,823
4	18,319	4,626	63,247	18,319	4,626	63,247	18,359	4,636	58,460
5	16,216	4,095	67,342	16,216	4,095	67,342	13,776	3,479	61,939
6	13,080	3,303	70,645	13,080	3,303	70,645	12,766	3,224	65,162
7	12,322	3,112	73,756	12,322	3,112	73,756	12,459	3,146	68,308
8	11,605	2,931	76,687	11,605	2,931	76,687	11,874	2,998	71,307
9	10,645	2,688	79,375	10,645	2,688	79,375	11,330	2,861	74,168
10	9,469	2,391	81,766	9,469	2,391	81,766	10,937	2,762	76,930

11	8,671	2,190	83,956	8,671	2,190	83,956	10,692	2,700	79,630
12	8,483	2,142	86,098	8,483	2,142	86,098	9,404	2,375	82,004
13	7,807	1,971	88,069	7,807	1,971	88,069	9,068	2,290	84,294
14	7,232	1,826	89,896	7,232	1,826	89,896	8,893	2,246	86,540
15	7,005	1,769	91,665	7,005	1,769	91,665	8,812	2,225	88,765
16	6,245	1,577	93,242	6,245	1,577	93,242	8,150	2,058	90,823
17	5,856	1,479	94,720	5,856	1,479	94,720	7,148	1,805	92,628
18	5,336	1,347	96,068	5,336	1,347	96,068	5,680	1,434	94,063
19	4,358	1,101	97,168	4,358	1,101	97,168	5,349	1,351	95,413
20	3,179	,803	97,971	3,179	,803	97,971	5,247	1,325	96,738
21	3,073	,776	98,747	3,073	,776	98,747	4,895	1,236	97,974
22	2,912	,735	99,482	2,912	,735	99,482	4,497	1,136	99,110
23	2,050	,518	100,000	2,050	,518	100,000	3,525	,890	100,000
396	-1,068E-013	-1,017E-013	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

3. számú táblázat

Célunk az volt, hogy a lehető leginkább lecsökkentsük a határozáshoz használható változók nagy számát, ezért a az első három főkomponens által tartalmazott változókra szűkítettük le a kört. Ennek a megoldásnak a megbízhatóságát mutatja be a 5. számú ábrán látható dendrogram, amihez csak az első 3 főkomponenst használtuk. A csoportok egyértelműen elkülönülnek rajta.



5. számú ábra

4.1. Kromatometriai vizsgálat

A 4. számú táblázat a vizsgálatban alapegységként használt tollcsoportok leíró statisztikai adatait mutatja be, fajonkénti bontásban.

Descriptive Statistics

	faj	Mean	Std. Deviation	N
PLG1L	gerle	30,0453	6,32044	17
	galamb	41,4229	6,51484	7
	Total	33,3638	8,17120	24
PLG1a	gerle	1,7112	,24236	17
	galamb	1,5129	,30620	7
	Total	1,6533	,27166	24
PLG1b	gerle	1,6641	,53000	17
	galamb	1,6343	,71916	7
	Total	1,6554	,57491	24
PLG2L	gerle	37,8829	5,37753	17
	galamb	42,7757	9,83185	7
	Total	39,3100	7,10595	24
PLG2a	gerle	1,1341	,21296	17
	galamb	1,1700	,44505	7
	Total	1,1446	,28896	24
PLG2b	gerle	,2012	,71314	17
	galamb	,7800	1,25456	7
	Total	,3700	,91466	24
SLG1L	gerle	39,5913	3,20992	17
	galamb	42,2314	7,83132	7
	Total	40,3614	4,96683	24

SLG1a	gerle	1,7135	,24148	17
	galamb	1,6187	,56667	7
	Total	1,6858	,35535	24
SLG1b	gerle	2,1328	,75437	17
	galamb	1,6114	1,62915	7
	Total	1,9808	1,07092	24
SLG2L	gerle	41,8035	3,07182	17
	galamb	42,1929	10,55556	7
	Total	41,9171	5,97185	24
SLG2a	gerle	1,4482	,30392	17
	galamb	1,3129	,48158	7
	Total	1,4088	,35876	24
SLG2b	gerle	1,1512	,92524	17
	galamb	1,0929	1,86828	7
	Total	1,1342	1,22752	24
PRG1L	gerle	35,4024	3,93246	17
	galamb	47,1343	10,10944	7
	Total	38,8242	8,19090	24
PRG1a	gerle	1,6812	,23762	17
	galamb	1,3943	,34674	7
	Total	1,5975	,29730	24
PRG1b	gerle	2,4724	,47509	17
	galamb	2,0214	1,43331	7
	Total	2,3408	,85835	24
PRG2L	gerle	42,7006	4,12991	17
	galamb	53,3000	15,06651	7

PRG2a	Total	45,7921	9,76229	24
	gerle	1,1218	,17224	17
	galamb	1,1714	,36081	7
PRG2b	Total	1,1363	,23480	24
	gerle	,7824	,61400	17
	galamb	1,2757	1,80190	7
SRG1L	Total	,9263	1,07784	24
	gerle	41,6992	3,28975	17
	galamb	49,6414	11,32811	7
SRG1a	Total	44,0157	7,38943	24
	gerle	1,6724	,21935	17
	galamb	1,2229	,44798	7
SRG1b	Total	1,5413	,35972	24
	gerle	2,3332	,61318	17
	galamb	1,5343	1,53766	7
SRG2L	Total	2,1002	1,00795	24
	gerle	47,2666	3,30515	17
	galamb	51,3914	11,55446	7
SRG2a	Total	48,4697	6,78931	24
	gerle	1,2508	,19564	17
	galamb	1,1043	,45931	7
SRG2b	Total	1,2081	,29375	24
	gerle	1,0832	,74407	17
	galamb	1,0643	1,14400	7
TG1L	Total	1,0777	,85242	24
	gerle	35,6946	2,21583	17

	galamb	32,9771	4,30787	7
	Total	34,9020	3,13827	24
	gerle	1,0999	,25789	17
TG1a	galamb	1,0057	,60390	7
	Total	1,0724	,37857	24
	gerle	,5987	1,05524	17
TG1b	galamb	,0414	1,82565	7
	Total	,4362	1,30808	24
	gerle	34,7694	3,37193	17
TG2L	galamb	32,0271	4,80207	7
	Total	33,9696	3,94288	24
	gerle	1,0988	,22299	17
TG2a	galamb	,9786	,41699	7
	Total	1,0638	,28822	24
	gerle	,5941	1,00584	17
TG2b	galamb	-,2400	1,25532	7
	Total	,3508	1,12467	24

4. számú táblázat

A 5. számú táblázatban az egyes tollcsoportokra vonatkozó $L^*a^*b^*$ értékek becsült marginális átlagai, valamint a hozzájuk kapcsolódó konfidencia-intervallumok láthatóak. Utóbbiak esetében 95%-os valószínűséggel a két határérték között lesz a változó értéke. Azokban az esetekben, ahol a két faj intervallumai között nincs átfedés, lehetőség van a fajok elkülönítésére. Ezeket az értékeket vastagon kiemeltem.

Estimated Marginal Means

Dependent Variable	faj	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
PLG1L	gerle	30,045	1,546	26,839	33,251
	galamb	41,423	2,409	36,427	46,419
PLG1a	gerle	1,711	,063	1,580	1,843
	galamb	1,513	,099	1,308	1,718
PLG1b	gerle	1,664	,143	1,369	1,960
	galamb	1,634	,222	1,174	2,095
PLG2L	gerle	37,883	1,670	34,420	41,346
	galamb	42,776	2,602	37,379	48,172
PLG2a	gerle	1,134	,072	,986	1,282
	galamb	1,170	,111	,939	1,401
PLG2b	gerle	,201	,217	-,248	,651
	galamb	,780	,338	,079	1,481
SLG1L	gerle	39,591	1,194	37,116	42,067
	galamb	42,231	1,860	38,374	46,089
SLG1a	gerle	1,713	,087	1,532	1,895
	galamb	1,619	,136	1,336	1,901
SLG1b	gerle	2,133	,259	1,596	2,669
	galamb	1,611	,403	,775	2,448
SLG2L	gerle	41,804	1,480	38,734	44,873
	galamb	42,193	2,307	37,409	46,977
SLG2a	gerle	1,448	,088	1,267	1,630
	galamb	1,313	,137	1,030	1,596
SLG2b	gerle	1,151	,304	,520	1,782

	galamb	1,093	,474	,109	2,076
PRG1L	gerle	35,402	1,517	32,256	38,548
	galamb	47,134	2,364	42,232	52,037
PRG1a	gerle	1,681	,066	1,544	1,818
	galamb	1,394	,103	1,181	1,607
PRG1b	gerle	2,472	,206	2,044	2,900
	galamb	2,021	,322	1,354	2,689
PRG2L	gerle	42,701	2,091	38,365	47,037
	galamb	53,300	3,258	46,543	60,057
PRG2a	gerle	1,122	,058	1,002	1,242
	galamb	1,171	,090	,984	1,359
PRG2b	gerle	,782	,261	,241	1,324
	galamb	1,276	,407	,432	2,120
SRG1L	gerle	41,699	1,588	38,406	44,992
	galamb	49,641	2,475	44,509	54,774
SRG1a	gerle	1,672	,073	1,522	1,823
	galamb	1,223	,113	,988	1,458
SRG1b	gerle	2,333	,232	1,851	2,815
	galamb	1,534	,362	,783	2,285
SRG2L	gerle	47,267	1,615	43,917	50,616
	galamb	51,391	2,517	46,171	56,612
SRG2a	gerle	1,251	,071	1,104	1,398
	galamb	1,104	,110	,875	1,333
SRG2b	gerle	1,083	,211	,645	1,522
	galamb	1,064	,329	,381	1,747
TG1L	gerle	35,695	,713	34,217	37,172

TG1a	galamb	32,977	1,110	30,674	35,280
	gerle	1,100	,093	,906	1,293
TG1b	galamb	1,006	,145	,704	1,307
	gerle	,599	,318	-,061	1,258
TG2L	galamb	,041	,496	-,986	1,069
	gerle	34,769	,925	32,850	36,689
TG2a	galamb	32,027	1,442	29,036	35,018
	gerle	1,099	,070	,953	1,244
TG2b	galamb	,979	,109	,752	1,205
	gerle	,594	,262	,051	1,137
	galamb	-,240	,408	-1,086	,606

5. számú táblázat

A 6., 7., 8. számú táblázat valamint a 6. és 7. számú ábra a diszkriminancia analízishez kapcsolódó eredményeket szemlélteti. A diszkriminancia analízis alapján a két faj egyedei egyértelműen elkülöníthetők a mért változók értékei alapján.

Wilks' Lambda

Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1	,015	46,114	22	,002

6. számú táblázat

Classification Processing Summary

Processed	24
Missing or out-of-range group codes	0
Excluded At least one missing discriminating variable	0
Used in Output	24

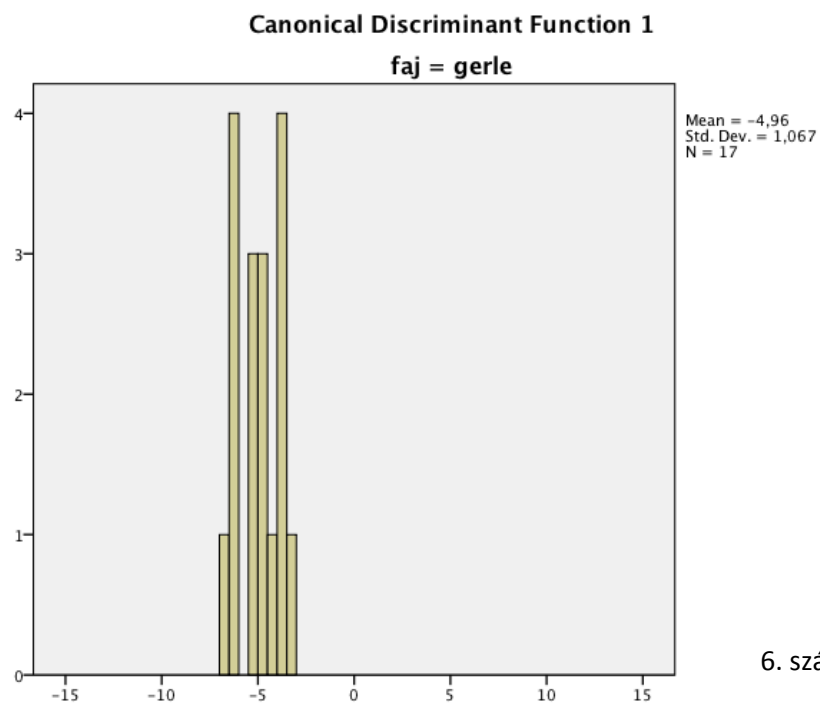
7. számú táblázat

Classification Results^a

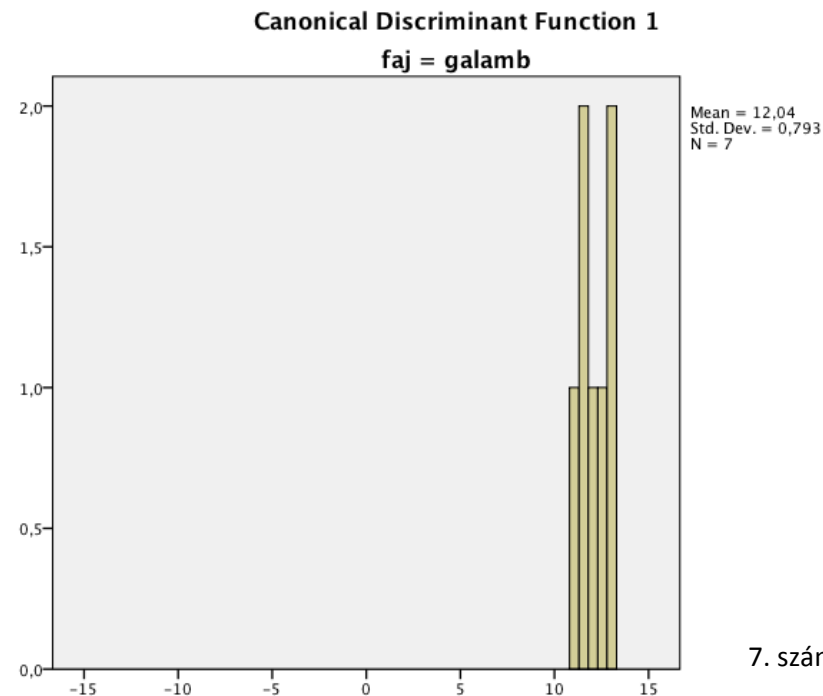
		faj	Predicted Group Membership		Total
			gerle	galamb	
Original	Count	gerle	17	0	17
		galamb	0	7	7
	%	gerle	100,0	,0	100,0
		galamb	,0	100,0	100,0

a. 100.0% of original grouped cases correctly classified.

8. számú táblázat

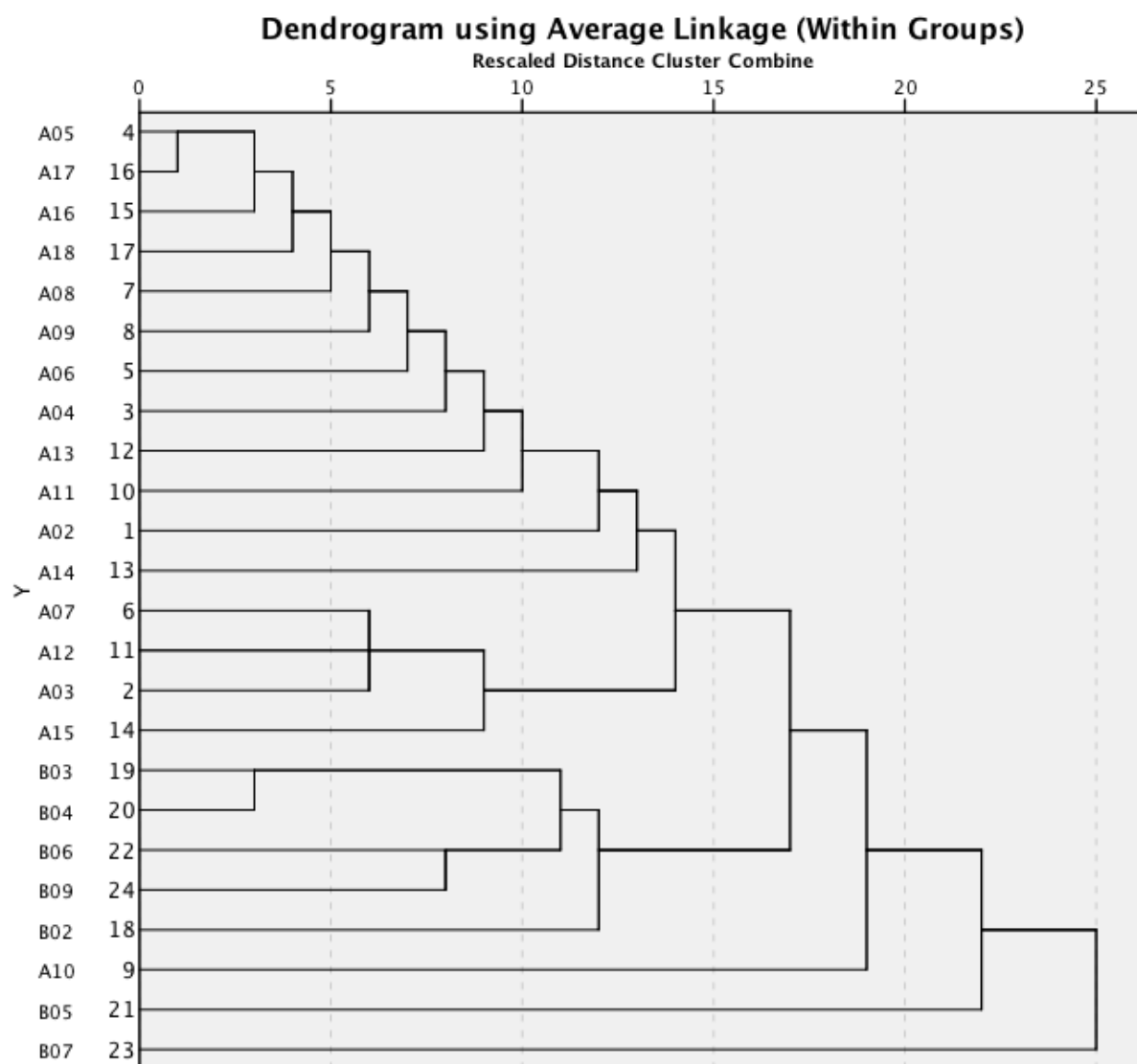


6. számú ábra



7. számú ábra

Az eredeti változókon hierarchikus klaszteranalízist végeztünk, euklideszi távolság szerinti csoport átlag eljárással (within groups linkage). Ahogy a 8. számú ábrán is látható, a 15-ös szinten vizsgálva két csoportra (klaszter) oszlanak a minták. A két csoportban tökéletesen elkülönülnek a két faj egyedei. A csoportokon kívülre besorolt egyedek különbözőségének oka egyenlőre nem világos. Származhat a nemek közötti eltérésből, vagy a kis mintaszám miatt is bekövetkezhetett. Ennek pontos megállapítása további vizsgálatokat igényel.



8. számú ábra

Miután kiderült, hogy a fajok mért értékei között kimutatható a különbség, elvégeztünk egy faktoranalízist ami arra szolgál, hogy az eredeti változók nagy számát lecsökkentse új háttérváltozók létrehozásával. Az új változókat varimax eljárással képeztük.

A vizsgálatot fajonként elkülönítve végeztük. A balkáni gerle eredményeit a 9. számú táblázat (terjedelmi okokból a lényegre koncentrálni rövidítettem), a házigalambét a 11. számú táblázat (rövidített) mutatja be. A létrejött 11 főkomponens tartalmazza az eredeti változók varianciájának 94%-át. A gerle esetében ez a 10. számú táblázatban látható, a galambnál pedig a 12. számú táblázatban. A 10-es és 12-es számú táblázatban a főkomponenseket leginkább meghatározó eredeti változókat kiemelve mutatom be.

Total Variance Explained^a

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	18,152	30,254	30,254	18,152	30,254	30,254	15,931	26,551	26,551
2	7,925	13,208	43,462	7,925	13,208	43,462	6,009	10,015	36,565
3	7,194	11,990	55,451	7,194	11,990	55,451	5,945	9,909	46,474
4	5,618	9,364	64,815	5,618	9,364	64,815	5,442	9,070	55,544
5	4,917	8,195	73,011	4,917	8,195	73,011	5,049	8,416	63,960
6	3,861	6,436	79,446	3,861	6,436	79,446	4,955	8,259	72,219
7	2,370	3,950	83,396	2,370	3,950	83,396	4,022	6,703	78,922
8	2,085	3,475	86,872	2,085	3,475	86,872	2,557	4,261	83,183

9	1,818	3,031	89,902	1,818	3,031	89,902	2,430	4,050	87,234
10	1,347	2,245	92,147	1,347	2,245	92,147	2,339	3,899	91,133
11	1,255	2,092	94,239	1,255	2,092	94,239	1,864	3,106	94,239
60	-1,010E-013	-1,017E-013	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. Only cases for which faj = gerle are used in the analysis phase.

9. számú táblázat.

Rotated Component Matrix^{a,b}

	Component										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SLG2b	,930	,057	,225	-,055	,100	-,083	,061	-,005	-,134	,086	-,028
SLG1va	,929	-,235	,002	-,073	-,128	,075	-,134	,036	,042	-,080	,029
SRG1b	,928	-,060	-,046	,122	,008	,213	,013	-,019	,022	-,126	,050
SRG2va	,908	-,041	,059	-,098	-,013	,096	,061	,282	-,042	,038	,139
SLG2vb	,905	-,078	,232	,211	,044	-,064	,026	-,043	-,027	,075	,137

SLG1vb	,893	-,169	,014	,016	-,081	,195	-,195	,006	,109	-,191	,047
SRG2vb	,888	-,035	,056	,141	-,138	,147	-,143	,258	-,075	,087	-,017
SLG2va	,880	-,042	,023	,028	,133	-,175	,223	,029	,068	,111	,261
SRG1a	,877	,054	-,012	,041	,013	,098	,340	-,020	,028	-,253	-,096
SLG1b	,867	,199	-,025	,061	,064	,062	-,017	-,163	,216	-,277	-,016
SLG2a	,844	,346	,063	-,115	,126	-,243	,042	-,018	-,007	,071	-,217
SRG2b	,825	,288	,036	,151	-,063	-,108	-,001	,326	-,221	,102	,043
SLG1a	,822	,255	,047	-,069	,143	-,239	,090	-,327	,116	-,127	-,151
TG1a	,809	,363	,192	-,126	-,077	,169	,008	,018	,056	,241	,125
SRG2a	,770	,305	,076	-,035	,077	-,185	,063	,281	-,294	,271	,031
SRG1va	,705	-,138	-,149	-,221	-,083	,502	,116	,076	,145	,193	,088
SRG1vb	,692	-,158	-,054	-,093	-,164	,619	-,120	-,060	,167	,096	,032
PLG2vb	,676	,092	,311	,048	-,215	,017	,117	,442	,237	,262	,156
PLG2b	,644	,154	,488	-,030	-,002	,024	,305	,356	-,056	-,183	-,214
TG1b	,598	,421	,202	,094	-,043	,301	,058	,196	,098	,326	,359
SRG1vL	-,466	-,062	,313	,224	,213	,073	-,465	,121	-,288	,271	,113
PRG1vb	-,089	,918	,005	-,053	,123	,023	,252	,154	,027	,104	-,095

PRG1b	-,028	,816	,000	-,164	,187	,074	,187	,139	-,034	,235	,041
SLG1vL	-,091	,760	,294	-,278	,167	-,117	,002	-,124	,234	-,238	,084
PLG1vb	,489	,700	,259	,134	-,059	-,107	-,011	,054	,058	-,361	,035
PLG1va	,412	,623	,217	,207	-,389	-,233	-,088	-,159	,085	-,268	-,062
PLG2vL	-,045	-,597	,120	,449	-,064	,123	-,208	-,003	-,369	,234	-,019
TG2vb	,143	,114	,958	-,005	-,008	,095	,063	,089	,043	-,092	-,026
TG2a	,017	,066	,953	,180	,005	-,117	-,012	,030	-,125	,092	,056
TG2b	,118	,028	,910	,105	,251	-,091	,119	,010	-,163	,136	,020
TG2va	,020	-,009	,735	,430	-,117	-,166	,054	,034	,376	-,114	,206
PRG2a	,085	,142	,641	-,113	-,237	,072	,341	,491	,071	-,316	,098
PLG2a	,499	,141	,597	-,177	-,061	,162	,237	,324	-,053	-,095	-,279
PRG2vL	,071	-,122	,355	,851	,029	-,099	,047	-,074	-,007	,136	-,167
PRG1vL	,033	-,023	,115	,849	,071	-,141	-,037	-,015	-,081	-,187	,066
PRG2va	,101	,154	,112	-,837	-,216	-,008	,270	,182	,126	-,261	-,066
PLG2L	,232	-,316	,136	,738	,136	-,117	,306	,069	,287	-,172	,155
PLG1L	,136	,472	,074	,640	-,118	-,218	-,304	,060	-,211	,034	,124
PRG2vb	,368	,398	,131	-,519	-,068	,228	,194	,411	,030	-,163	,166

SLG1L	,022	,173	-,019	,000	,936	,010	,050	-,087	,142	,080	-,012
SLG2L	-,114	-,062	,084	,192	,852	,072	,054	-,011	-,010	-,260	-,044
TG2L	,271	,002	,120	,014	,802	,397	,077	-,124	,033	,193	-,130
SRG1L	-,121	,199	-,190	,459	,661	-,234	-,269	,051	-,035	-,091	-,070
PLG1vL	-,361	-,495	-,035	-,076	,546	,111	,337	-,024	,088	,379	,118
PLG1b	,326	,449	,078	-,408	,509	,162	,156	,159	,163	,286	-,170
SRG2L	-,129	,222	-,287	,357	,437	-,392	,176	-,431	-,137	-,204	,111
TG1vL	,137	,074	,093	-,139	,218	,900	,008	,114	-,145	,023	,032
TG1va	,152	,134	,230	,186	,011	-,848	,086	-,025	,098	,162	,205
TG1L	,189	,017	,096	,049	,309	,789	-,268	-,049	,068	,228	,072
SRG2vL	,105	,068	,240	,178	,455	-,692	,109	-,199	-,054	,212	-,152
TG2vL	,012	,035	,091	-,233	,285	,547	-,122	-,039	-,513	,081	-,480
PRG1L	-,129	-,088	-,074	,119	,070	,283	-,906	-,199	,060	,062	,005
PRG1a	-,050	,291	,238	,097	,065	-,178	,842	-,059	-,066	-,010	,047
PLG1a	,069	,024	,137	-,261	,387	,115	,763	-,037	,261	,137	,041
PRG2b	,340	,257	,370	-,224	-,100	,151	,053	,747	-,024	-,040	,022
PRG1va	-,039	,202	-,136	-,207	,363	-,019	-,029	-,037	,793	,043	-,047

PLG2va	,375	,356	,250	-,130	-,097	-,144	,429	,281	,561	-,070	-,158
PRG2L	,158	-,186	-,403	,485	-,053	-,016	-,302	-,250	-,114	,530	-,116
TG1vb	,412	,367	,409	-,093	-,087	-,109	-,048	,040	-,043	-,199	,619
SLG2vL	-,466	,345	,017	-,126	,386	-,082	-,088	-,032	,162	-,172	-,603

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.^{a,b}

10. számú táblázat

a. Rotation converged in 21 iterations.

b. Only cases for which faj = gerle are used in the analysis phase.

Total Variance Explained^a

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	30,340	50,567	50,567	30,340	50,567	50,567	28,389	47,315	47,315
2	14,331	23,885	74,453	14,331	23,885	74,453	15,053	25,088	72,403
3	6,985	11,641	86,094	6,985	11,641	86,094	6,960	11,599	84,002

4	4,922	8,203	94,297	4,922	8,203	94,297	5,395	8,992	92,994
5	1,803	3,005	97,302	1,803	3,005	97,302	2,165	3,608	96,602
6	1,619	2,698	100,000	1,619	2,698	100,000	2,039	3,398	100,000
60	-1,016E-013	-1,027E-013	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. Only cases for which faj = galamb are used in the analysis phase.

11. számú táblázat

Rotated Component Matrix^{a,b}

	Component					
	1	2	3	4	5	6
PRG2b	,970	,042	,075	-,103	,168	-,109
TG1b	,966	,197	-,059	-,119	,033	,092
SRG1b	,966	,167	-,122	,074	,109	-,077
TG2va	,960	,168	,046	-,023	,077	,203
SLG1b	,959	,216	,137	-,029	-,113	-,035
TG1a	,956	,205	-,025	-,134	-,155	,023

SRG1vb	,946	,289	,087	-,040	,040	,100
SLG1a	,944	,227	,117	-,037	-,162	-,126
TG2a	,942	,239	,008	,114	-,056	,200
PRG2vb	,941	-,114	,248	,010	,179	,084
TG2b	,941	,258	-,033	-,043	-,165	,134
PLG1L	,936	-,117	,151	-,048	,289	-,047
SRG2b	,935	-,087	,157	-,032	,287	-,100
TG2vb	,934	,271	,027	-,058	,037	,221
TG1vb	,917	,329	-,163	-,083	-,092	,094
PRG2a	,909	,271	,111	-,131	,091	-,251
SLG2a	,899	,394	,129	,119	,013	-,074
TG1va	,891	,328	-,289	-,055	,101	,046
SRG2vb	,875	,090	,429	-,170	,112	,039
SLG2b	,863	,496	,023	,030	,087	-,025
SRG2va	,861	-,408	,256	,123	,076	-,073
SRG1a	,831	-,480	-,103	,239	,101	-,022
PLG2b	,816	,525	,022	-,109	,090	-,195

SRG1va	,797	-,158	,012	,300	-,015	,499
SLG1vb	,777	,275	,274	,315	-,168	,344
SLG2vb	,776	-,070	,580	,062	,017	,226
SRG2a	,770	-,600	,098	,091	,140	-,098
PRG1b	,770	,217	-,417	,392	,131	,126
PRG1va	,720	-,272	-,197	,516	,209	,244
PRG2L	,698	-,528	,353	-,023	,318	,081
PRG1vb	,664	,123	,041	,477	,224	,514
PRG1a	,585	,405	-,580	,391	,037	,063
SLG2L	,155	,980	,031	,079	,050	,073
SLG2vL	,013	,978	-,140	-,147	-,021	,041
SRG2L	,015	,975	,176	-,103	-,005	-,087
TG2L	,037	,958	,021	,102	-,235	,123
SRG1L	,246	,951	-,001	-,159	,073	-,066
SRG2vL	,054	,937	-,089	-,313	,087	-,069
TG1vL	,344	,868	,131	-,063	-,283	,167
TG2vL	,325	,863	,013	,179	-,183	,290

PLG2a	,476	,846	-,045	-,031	,040	-,231
TG1L	,475	,752	,096	,105	,416	,123
PLG1b	,204	,732	-,472	,410	-,069	-,164
SRG1vL	,496	,706	-,126	-,264	,126	-,393
PRG2va	,626	,682	-,109	,340	,064	-,108
PLG2L	,603	-,638	,349	-,146	,282	,078
PRG2vL	,546	-,630	,226	-,466	,180	,064
SLG2va	,039	-,332	,934	,121	-,015	-,021
PLG2va	-,247	,346	,895	,135	,000	,011
PLG2vb	,421	,079	,864	-,075	,237	,089
PLG1a	-,021	,542	-,734	,409	-,003	,012
SLG1L	,554	,250	,704	-,322	,081	-,157
PRG1L	,586	-,301	,688	,105	-,284	,032
PLG1vb	-,507	,251	,586	,537	,217	,008
SLG1vL	,510	,440	,568	-,298	,189	-,314
PRG1vL	,067	-,045	,184	-,942	,242	-,114
PLG1va	-,075	-,279	,062	,941	,138	-,095

SLG1va	,550	-,001	,055	,698	-,244	,383
PLG1vL	,258	,535	-,258	-,548	,300	,436
PLG2vL	,412	-,354	,267	-,305	,735	,009

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.^{a,b}

12. számú táblázat

a. Rotation converged in 6 iterations.

b. Only cases for which faj = galamb are used in the analysis phase.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A morfometriai vizsgálatnál jelentős adatmennyiséget kellett kezelni. A faktoranalízis alapján a következő változók alkalmasak az elkülönítésre: SL3LIV, PR2LCV, PR3LCV, SL3LOV, PL3LR, PL4LR, PR3LOV, PR2LIV, SL3LR, PR3LIV, PL3LOV, PL3LIV, PR3LR, SR2LOV, PR2LR, PR2LOV, PR5LCV, PR6LR, PR5LIV, SR3LIV, PL4LIV, SR2LCV, SR3LOV, PL4LCV, PL4LOV, PR5LOV, PR6LOV, PR6LIV, SL2LCV, PR6LCV, SL3DC, SL2LIV, SR2LIV, SL2LR, PL6LR, PR4LR, PL8LR, T9DIV, SR3DC, PL7LOV, SL1LCV, PL10LIV, PL1DC, SL4LCV, PR9DC, SL4LR, SL2DC, PR5LR, SR6LR, T8WCV, PR8DC, PL7LCV, SL4LOV, PL7LR, PL5LR, SR6DIV, PR7LR, PR7DC, SR5WCV, SL4LIV, SR4LIV, PL6LOV, SR7DC, PL1DIV, PL8LOV, SL1LIV, T11WCV, SR7LR, PL6LCV, SR4LOV, SR4LR, PL6LIV, SR4LCV, PL8LIV, PL10LCV, SR6WCV, PL8LCV, PL10LR, PL4WCV, PR10LOV, PR10LCV, PR10LR, SR5LOV, SR3LR, SL3WCV, PL9LR, T7DIV, SR5DIV, PR6DC, SR4DIV, SL6LCV, SL5WCV, PL7DC, PL9LOV, PL4DC, PL9LIV, SR5LIV, PL10DC, PL9LCV, PL4DIV, SR1WCV, PL1LR, SR6LOV, SR1DC, PL5LCV, SR5LCV, SR4DC, PL5LIV, PL5LOV, PR7LCV, SR6LIV, SL6LR, PL1WCV, PL6DIV, SR1DIV, SR4WCV, PR7LIV, PR7LOV, T11DOV, SL1WCV, SL5LR, PR7WCV, PL6WCV, PR2DC, SR2DIV, SL1DC, PL9DIV, PR9WCV, PR9DIV, SR6LCV, SR2WCV, PL5WCV, SL5DIV, PL7WCV, SR5DC, PR8WCV, SL7LIV, SL7LOV, PR7DIV, SL7LCV, SL2WCV, SL4WCV, SR3WCV, PL5DOV, SL7DC, T2WCV, T1WCV, SL3DIV, SR3DIV, PR8DIV, PR4DIV, PL5DC, PR3WCV, SL5LIV, PR5DIV, SL7DIV, PL7LIV, SR2DC, PL2LCV, PR2DIV, SL1DIV, T11LC, PL2WCV, PR5WCV, SR5LR, PL5LC, SL5LCV, SL5LOV, SL4DOV, SR7WCV, SR6DC, PR1LR, PR4LCV, T9LIV, SL2DIV, T4WCV, PR2LC, T6DIV, PR4LIV, PR4LOV, PR9LR, PL2LIV, PL7DIV, PL4LC, PL3WCV, T2LIV, PL7DOV, PL8WCV, PL3LC, PR6WCV, T7WCV, SL7LR, T2DC, T4DIV, SR3DOV, PL3DIV, T2LOV, T2LCV, SR7DIV, PL6DOV, PR3LC, PR6DIV, SR2DOV, PR2WCV, PL8DIV, PR9LC, T4DC, PR3DOV, T1DIV, T9DC, SR4DOV, T5DIV, T8DIV, PR3DIV, PR2DOV, PR6DOV, SL5DOV, PR7LC, PL3DOV, PR8LC, PL2LC, T9WCV, PL8DOV, PL7LC, SR1DOV, PR5LC, PL1LC, PR1WCV, PL1DOV, T3LIV, T3LOV, T3LCV, T3LR, T5LR, T1LIV, T1LCV, T6LCV, T5LOV, T8LR, T1LOV, T8LCV, T5LIV, T6LIV, T6LOV, T5LCV, T4LIV, T4LOV, T8LOV, T4LR, T8LIV, T6LR, T1LR, T9LR, T9LOV, T9LCV, T2LR, T3LC, T7LR, PL10LC, PR10LC, PL9LC, PR6LC, T1LC, T1DC, PR1LC, T8DC, SL5DC, SL6DC, SL2LOV, T11DIV, PR8LIV, PR8LCV, T7LCV, PR4DOV, PR8LR,

SR1LIV, T2DOV, SR1LCV, PR9LCV, PR9LIV, SR1LOV, PR9LOV, T2LC, SR1LR, T5DC.

A kromatometriai vizsgálat eredményeinél sikerült a két faj egyedeit elkülöníteni. Ezt a diszkriminancia- és a klaszteranalízis eredményei is megerősítették. A faktoranalízis első főkomponensében szereplő tollcsoportok, és változók pedig a fajok meghatározásához leginkább alkalmas pontokra világítottak rá. Ezek a balkáni gerle esetében a következők: SLG2b, SLG1va, SRG1b, SRG2va, SLG2vb, SLG1vb, SRG2vb, SLG2va, SRG1a, SLG1b, SLG2a, SRG2b, SLG1a, TG1a, SRG2a, SRG1va, SRG1vb, PLG2vb, PLG2b, TG1b, SRG1vL. A házigalambnál pedig: PRG2b, TG1b, SRG1b, TG2va, SLG1b, TG1a, SRG1vb, SLG1a, TG2a, PRG2vb, TG2b, PLG1L, SRG2b, TG2vb, TG1vb, PRG2a, SLG2a, TG1va, SRG2vb, SLG2b, SRG2va, SRG1a, PLG2b, SRG1va, SLG1vb, SLG2vb, SRG2a, PRG1b, PRG1va, PRG2L, PRG1vb, PRG1a.

A konfidencia intervallumok azt mutatták meg, hogy a PLG1 és PRG1 csoportok tollainak L* értékei, továbbá az SRG1 csoport a* értéke alapján lehet nagy biztonsággal a fajokat elkülöníteni egymástól.

Bár mindkét vizsgálati típus esetében sikerült bebizonyítani, hogy alkalmasak a fajok elkülönítésére, nagyobb mintaszámmal és további adatok rögzítésével (pl.: életkor, nem) tovább lehetne pontosítani a módszer megbízhatóságát. Néhány esetben a klaszter-analízisek megmutatták, hogy 1-1 egyed nem sorolható be egyik csoportba sem, hanem azokon kívül helyezkedik el. Ennek okainak kiderítése további elemzést igényel. Terveim szerint a következőkben a határozáshoz használható változók további vizsgálatát végzem majd el. A cél az, hogy a hozzájuk rendelhető mérési értékek intervallumait is megadjuk, és a módszer a gyakorlatban is alkalmazható legyen. További célom, hogy a jövőben kiterjesszem a vizsgálatba bevont fajok körét. Elsősorban a galambfélék (*Columbidae*) és a récefélék (*Anatidae*) hazai képviselőire gondolok, de a ragadozómadarak esetében is célravezető lehet. Vadgazdálkodási szempontból hasznos lenne ha a fenti módszerekkel el tudnánk különíteni a vadászfácán tenyésztésben használt fácán fajokat. Ezzel egy tudatosabb tenyésztésre nyílna lehetőség a mostani, többségében kevert állományok alkalmazása helyett, ami javítaná az állományok minőségét. Felmerült az igény a módszer alkalmazására a hazai kárókatona (*Phalacrocorax carbo*) populáció vizsgálatánál is. A jelentős gazdasági kárt okozó fajnál nagy segítséget jelentene az egyébként nehezen elkülöníthető alfajok (*Ph. c. carbo* és *Ph. c. sinensis*) beazonosításában. Ezeken kívül a módszer használható lenne még védett és vadászható fajpárok elkülönítésekor és repülőgépek madárral történő ütközését követő igazságügyi vizsgálatoknál is. Utóbbi esetben komoly biztonsági és gazdasági kockázatot

jelentek a repülőgépeknek ütköző madarak. Ahhoz, hogy ezeknek az ütközéseknek a számát csökkentsék, az első feladat a faj meghatározása. Erre az Amerikai Egyesült Államok Smithsonian Intézetében külön kutatócsoportot hoztak létre. Ők a tollakat elektromiszkopós vizsgálatnak vetik alá, de ez nem alkalmas faji szintű határozásra, csak a magasabb rendszertani egységet lehet vele megállapítani. A fajt csak DNS vizsgálat után tudják megnevezni. Bizonyos esetekben az általunk alkalmazott módszer kiválthatná ezt a költséges és hosszadalmas vizsgálatot.

ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatomban arra a problémára próbáltam megoldást találni, hogy hogyan különítsük el a balkáni gerle (*Streptopelia decaocto*) és a házi galamb (*Columba livia domestica*) terepen gyűjtött hullatott tollmintáit. Ez azért szükséges, mert ezeket a tollakat genetikai vizsgálatokban használják fel, és a tévesen meghatározott tollak felhasználása pazarláshoz és hibás eredményekhez vezetnének. Munkám során kétféle megközelítést alkalmaztam. Az egyikben kromatometriai eszközökkel elemeztem a tollak színét. A másik vizsgálatnál a tollak morfológiai adatait rögzítettem. Mindkét esetben statisztikai módszerekkel elemeztük az adatokat. Ezeknek az elemzéseknek az eredménye megmutatták azokat a változókat amik felhasználhatóak a két faj elkülönítésére. Bízom benne, hogy eredményeimet továbbfejleszthetem, más fajok vizsgálatához is példát mutathatunk. Kutatásunk eredményeivel, egy hasznos módszer kifejlesztéshez sikerült hozzájárulnom, hiszen a hullatott tollak tudományos célú felhasználása egyre jobban elterjed.

SZAKIRODALMI JEGYZÉK

Andersson, S., Prager, M. (2006): Quantification of coloration. In: Hill, G.E., McGraw, K.J. (Eds.), Bird Coloration, vol. 1: Mechanisms and Measurements. Harvard University Press, Cambridge, MA, pp. 41–90.

Bachmann, T., Klän, S., Baumgartner, W., Klaas, M., Schröder, W., Wagner, H., (2007): Morphometric characterisation of wing feathers of the barn owl *Tyto alba* pratincola and the pigeon *Columba livia*. Frontiers in Zoology. 4:23

Bormashenko, E., Bormashenko, Y., Stein, T., Whyman, G., Bormashenko, E., (2007): Why do pigeon feathers repel water? Hydrophobicity of penna, Cassie–Baxter wetting hypothesis and Cassie–Wenzel capillarity-induced wetting transition. Journal of Colloid and Interface Science. 311: 212–216.

Brink, D.J., van der Berg, N.G. (2004): Structural colours from feathers of the bird *Bostrychia hagedash*. J. Phys. D: Appl. Phys. 37: 813–818.

Coleman S. W. 2008: Mourning dove (*Zenaidura macroura*) wing-whistles may contain threat-related information for con- and hetero-specifics. Naturwissenschaften 95: 981–986.

Doucet, S.M., Mennill, D.J. (2009): Dynamic sexual dichromatism in an explosively breeding Neotropical toad. Biol. Lett. 6: 63–66.

Doucet, S.M., Shawkey, M.D., Hill, G.E., Montgomerie, R. (2006): Iridescent structural plumage coloration in satin bowerbirds: structure, mechanisms and individual variation. J. Exp. Biol. 209: 380–390.

Eaton, S.W. (1992): Wild turkey (*Meleagris gallopavo*). In: Poole, A. (Ed.), The Birds of North America Online. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca.

Hanlon, R.T., (2007): Cephalopod dynamic coloration. Curr. Biol. 17, 400–404.

Hingee M., Magrath R.D. (2009): Flights of fear: a mechanical wing whistle sounds the alarm in a flocking bird. Proc. R. Soc. B. 276: 4173–4179.

IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Macintosh, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.

Jellison Jr., G., 1993. Data analysis for spectroscopic ellipsometry. *Thin Solid Films* 234: 416–422.

Liu, F., Dong, B., Liu, X., Zheng, Y., Zi, J. (2009): Structural color change in longhorn beetles *Tmesisternus isabellae*. *Opt. Express* 17: 16183–16191.

McDonald P. G., Griffith S. C. (2011): To pluck or not to pluck: the hidden ethical and scientific costs of relying on feathers as a primary source of DNA. *Journal of Avian Biology*. 42: 197-203.

Microsoft. (2003). Microsoft Excel [computer software]. Redmond, Washington: Microsoft.

Møller A. P., Couderc G., Nielsen J. T. (2009): Viability selection on prey morphology by a generalist predator. *J. Evol. Biol.* 22: 1234–1241.

Molnár G., Blaha B., Horváth G. (1997): Látás az ibolyán túl : Az ultraviola fény érzékelésének elterjedése és szerepe az állatvilágban. *Természet Világa*. 128: 155-159

Nakamura, E., Yoshioka, S., Kinoshita, S., (2007): Structural color of rock dove's neck feather. *J. Phys. Soc. Jpn.* 77, 124801.

Pass, D. A., (1995): Normal Anatomy of the Avian Skin and Feathers. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*. 4: (4) 152–160.

Prum, R.O. (2006): Anatomy, physics and evolution of avian structural colors. In: Hill, G.E., McGraw, K.J. (Eds.), *Bird Coloration*, vol. 1: Mechanisms and Measurements. Harvard University Press, Cambridge, MA, pp. 295–354.

Radácsi A. (2008): Szarv- és szőrszín vizsgálatok a magyar szürke szarvasmarhafajtában. Doktori (PhD) Értekezés. Debrecen. 130 pp.

Saggese M.D., Tizard I., Phalen D. N. (2008): Mycobacteriosis in naturally infected ring-neck doves (*Streptopelia risoria*): investigation of the association between feather colour and susceptibility to infection, disease and lesions type. *Avian Pathology*. 37:(4) 443-450.

Shawkey, M.D., Hauber, M.E., Estep, L.K., Hill, G.E., (2006): Evolutionary transitions and structural mechanisms of avian plumage coloration in grackles and allies (Icteridae). *J. Roy. Soc. Interface* 3: 777-783.

Shawkeya M.D., D'Albaa L., Woznya J., Eliasona C., Koopb J. A. H., Jiac L. (2011): Structural color change following hydration and dehydration of iridescent mourning dove (*Zenaidura macroura*) feathers. *Zoology*. 114: 59-68.

Taberlet P., Waits L. P., Luikart G. (1999): Noninvasive genetic sampling: look before you leap. *Trends in Ecology and Evolution* , vol. 14, no. 8, 323-327.

Tóth Zs. (2006): A lovak színének vizsgálata kvantitatív genetikai módszerekkel. Doktori (PhD) Értekezés. Debrecen. 112 pp.

Yin, H., Shi, L., Sha, J., Li, Y., Qin, Y., Dong, B., Meyer, S., Liu, X., Zhao, L., Zi, J. (2006): Iridescence in the neck feathers of domestic pigeons. *Phys. Rev. E* 74, 051916.

Yoshioka, S., Kinoshita, S., (2002): Effect of macroscopic structure in iridescent color of the peacock feathers. *Forma* 17, 169–181.

Yoshioka, S., Nakamura, E., Kinoshita, S., (2007): Origin of two-color iridescence in rock dove's feather. *J. Phys. Soc. Jpn.* 76, 013801.

I1: Zumeta J.B., Heinze G. M.

http://aulaenred.ibercaja.es/img/262_CollaredDoveSdecaocto.pdf Utolsó elérés: 2014.08.26.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Hálás köszönetemet fejezem ki konzulenseimnek, Dr. Kusza Szilvia tudományos főmunkatársnak és Bagi Zoltán Ph.D hallgatónak, akik hasznos tanácsaikkal, ötleteikkel segítették dolgozatom elkészítését.

Köszönetemet fejezem ki Csóri Zsuzsanna Ph.D hallgatónak a statisztikai értékelésben nyújtott segítségéért, valamint családomnak akik támogattak dolgozatom elkészítésében.

NYILATKOZAT

Szakács Ádám büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírásommal igazolom, hogy a diplomadolgozat saját munkám eredménye. A felhasznált irodalmat korrekt módon kezeltem, a diplomamunkára vonatkozó jogszabályokat betartottam.

Szakács Ádám
.....

Aláírás

Születési hely, idő: Nyíregyháza, 1992.09.25.

1. számú melléklet

MADÁRTOLL MÉRET FELVÉTELI ADATLAP

FAJ:

MINTA KÓDJA:

DÁTUM:

LAP SZÁMA:

KITÖLTŐ:

BAL SZÁRNY (mm)										JOBB SZÁRNY (mm)									
PL10	LR	LCV	WCV	LIV	DIV	LOV	DOV	LC	DC	PR10	LR	LCV	WCV	LIV	DIV	LOV	DOV	LC	DC
PL9										PR9									
PL8										PR8									
PL7										PR7									
PL6										PR6									
PL5										PR5									
PL4										PR4									
PL3										PR3									
PL2										PR2									
PL1										PR1									
SL10										SR10									
SL9										SR9									
SL8										SR8									
SL7										SR7									
SL6										SR6									
SL5										SR5									
SL4										SR4									
SL3										SR3									
SL2										SR2									
SL1										SR1									

KORMÁNY (mm)																			
T12	LR	LCV	WCV	LIV	DIV	LOV	DOV	LC	DC	T6	LR	LCV	WCV	LIV	DIV	LOV	DOV	LC	DC
T11										T5									
T10										T4									
T9										T3									
T8										T2									
T7										T1									

2. számú melléklet

MADÁRTOLL SZÍNMRÉSI ADATLAP									
FAJ:				MINTA KÓDJA:				DÁTUM:	
LAP SZÁMA:				KITÖLTŐ:					

BAL SZÁRNY (mm)									JOBB SZÁRNY (mm)										
PL10	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	PR10	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*
	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*		PR9	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
PL8	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	PR8		évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*		PR7	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
PL6	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	PR6		évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*		PR5	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
PL4	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	PR4		évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*		PR3	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
PL2	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	PR2		évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*		PR1	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
SL10	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	SR10		évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*		SR9	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
SL8	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	SR8		évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*		SR7	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
SL6	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	SR6		évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*		SR5	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
SL4	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	SR4		évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*		SR3	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
SL2	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	SR2		évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*
	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*		SR1	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*

KORMÁNY (mm)																			
T12	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	T6	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*
T11	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	T5	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*
T10	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	T4	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*
T9	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	T3	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*
T8	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	T2	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*
T7	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*	T1	évsz.	terület.	L*	a*	b*		L*	a*	b*