

发冠卷尾性别判定的初步研究

阮祥锋 溪波*

董寨国家级自然保护区管理局 河南 罗山 464236

摘要:发冠卷尾 (*Dicrurus hottentottus*) 由于被认为是雌雄同态而在野外难以鉴别性别。我们研究了河南董寨国家级自然保护区 79 只已用分子生物学方法鉴定出性别的发冠卷尾 (*D. h. brevirostris*) 在形态量度上的性别差异,并据此构建了判别式方程,用于鉴定其性别。所考察的体征包括体重、喙长、喙粗、头喙长、跗跖长、翅长、尾长、体长、发羽数、第一根发羽长、第二根发羽长、第三根发羽长和三根发羽的平均长度。研究发现,雌性与雄性发冠卷尾的喙粗、头喙长、跗跖长、翅长、尾长、发羽数和第一根发羽长均存在显著差异(均 $P < 0.05$),雄性一般大于雌性。利用具有显著差异的形态量度分别构建判别方程来区分个体性别,发现以翅长构建的判别方程具有最高的平均判别准确性,达 81.0%。该方程对雌性的判别准确性略低于多变量判别方程,因此我们推荐使用该判别方程对发冠卷尾的性别进行鉴定,即 D (判别分数) = $0.239 \times \text{翅长} - 40.359$ 。

关键词:发冠卷尾; 形态量度; 性别鉴定; 判别式分析; 河南董寨

中图分类号:Q954.3, Q959.7 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2011)05-146-05

Sex Identification of Hair-crested Drongo (*Dicrurus hottentottus*) by Discriminant Models Based on Morphological Measurements

RUAN Xiang-Feng XI Bo*

Administration Bureau of Dongzhai National Nature Reserve, Luoshan, Henan 464236, China

Abstract: Hair-crested Drongo (*Dicrurus hottentottus*) is monomorphic bird and is difficult determined their sex in the field. In this study, we created a discriminant model based on the morphometrical measurements from 79 specimens of *D. h. brevirostris* to identify sex for those specimens who were capture in Dongzhai National Nature Reserve, Henan and their sex were determined by using molecular technical method. The morphometrical measurements included body mass, bill length, bill depth, bill-head length, tarsus length, wing length, tail length, body length, number of hairs, length of the longest hair, length of the second-longest hair, length of the third-longest hair and average length of three longest hairs. The measurements of bill depth, bill-head length, tarsus length, wing length, tail length, number of hairs and length of the longest hair took from males were significantly larger than those from the females. By constructing the discriminant model based on a given single morphological measurements that is significant difference between male and female, we found that model based on wing length had the highest accuracy (81.0%) on average than models built by multiple morphological measurement. Therefore, we recommend the wing length model D (discriminant score) = $0.239 \times \text{wing length} - 40.359$ can be used to determine the sex for Hair-crested Drongo.

Key words: Hair-crested Drongo (*Dicrurus hottentottus brevirostris*); Morphological measurements; Sex

* 通讯作者, E-mail: xb0376@sina.com;

第一作者介绍 阮祥锋,男,高级工程师;研究方向:野生动植物保护管理与研究。

收稿日期:2011-03-07,修回日期:2011-07-07

identification; Discriminant analysis; Dongzhai, Henan

正确鉴定个体性别在鸟类的生态学和行为学研究中十分重要^[1-2]。基于 DNA 的分子生物学性别鉴定技术是一种有效的方法^[3],但该方法并不适用于在野外对捕获的个体进行快速的性别鉴定。利用判别式分析,根据所测量个体的形态量度的差异构建判别方程鉴定个体性别,已经被广泛应用于雌雄同态鸟类的性别鉴定^[3-5]。

发冠卷尾 (*Dicrurus hottentottus*) 隶属于雀形目 (Passeriformes) 卷尾科 (Dicruridae), 广泛分布于我国的中部、东部和西南地区^[6-7]。我国分布有 2 个亚种,除云南地区分布的为指名亚种外,其余地区均为亚种 *brevirostris*^[7]。发冠卷尾在我国主要为夏候鸟,每年 4 月迁来我国繁殖,10 月迁往东南亚越冬。其雌雄鸟外形基本相似,仅雌鸟的光彩较差,不及雄鸟鲜亮,而且额部发丝状羽亦短小,不及雄鸟发达^[8]。但由于个体间形态的变异性,在野外从其外在形态区别性别存在困难。为了尝试找到野外工作中有效鉴定发冠卷尾性别的量化方法,我们于 2010 年 5~7 月在河南省董寨国家级自然保护区网捕了 79 只发冠卷尾,在比较雌雄间的形态差异后,利用差异显著的形态体征分别构建出单变量和多变量判别方程,对该物种进行了性别鉴定,现将研究结果报道如下。

1 研究区域概况

研究地点位于河南省南部大别山西段的董寨国家级自然保护区 (114°18'~114°30'E, 31°28'~32°09'N)。保护区总面积 $4.68 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 位于河南省南部罗山县境内。该保护区处在秦岭-淮河一线的南部,为北亚热带的边缘,具有典型的过渡性特征。气候温暖湿润,四季分明,年平均气温 15.1℃,年平均无霜期 227 d,年平均降水量 1 208.7 mm。研究区内植被的分布具有明显的南北交汇特征,地带性植被为含有常绿成分的落叶阔叶林。优势乔木树种主要为杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、板栗

(*Castanea mollissima*)、麻栎 (*Quercus acutissima*)、枫杨 (*Pterocarya stenoptera*) 等,林下灌木主要种类为杜鹃 (*Rhododendron simsii*)、连翘 (*Forsythia suspensa*) 等。在该地区分布的发冠卷尾属于亚种 *brevirostris*。

2 研究方法

2.1 发冠卷尾的形态测量和分子生物学性别鉴定

对捕捉到的发冠卷尾成鸟利用游标卡尺 (精确度为 0.01 mm) 测量其喙长、喙粗、头喙长和跗跖长,利用直尺 (精确度为 0.5 mm) 测量翅长、尾长、体长和最长 3 根发羽的长度。同时,计数每根长度大于 15 mm 的发羽,记为该个体的发羽数。使用电子天平称量体重 (精确度为 0.01 g)。对捕捉到的发冠卷尾采用翼静脉穿刺法采集血样,已由北京师范大学分子生物学实验室采用引物 Sex1'/Sex2 协助完成了性别鉴定^[9]。

2.2 统计分析

通过单样本 Kolmogorov-Smirnov *Z* 检验确认所测量变量是否符合正态分布,发现在发冠卷尾所有体征变量中,只有雄性的发羽数和头喙长不符合正态分布。因此对发羽数和头喙长采用 Mann-Whitney 检验,对其他体征变量采用独立样本的 *t*-检验来比较发冠卷尾两性之间的体征差异。

对两性间存在显著统计差异的变量,分别通过单变量判别分析和多变量判别分析来构建性别鉴定模型。在多变量判别分析中,由于本研究的目的是确定能够鉴定个体性别的形态特征的最佳组合,而不是挖掘性别和体征之间的因果关系,因此参考其他研究的方法^[5,10-11] 采用逐步 (stepwise) 判别的方法。当判别分数为负时,个体被认为是雌性,反之则为雄性。对判别方程的准确性,采用留一法交互验证 (leave-one-out cross-validation)^[11] 进行检验。

所有检验和分析在 SPSS 16.0 中完成,当 $P \leq 0.05$ 时,认为结果存在统计学意义。由于一些个体的部分体征值缺失,因此在不同分析

中的各量度的样本量存在一定差异。

3 结 果

在 2010 年 5 ~ 7 月间共捕获 79 只发冠卷尾,均用分子生物学方法成功地鉴定出性别,其中雄性 40 只,雌性 39 只^[9]。

体征比较表明,发冠卷尾的喙粗、头喙长、跗跖长、翅长、尾长、发羽数和第一根发羽长均存在性二态现象,即雄性显著大于雌性(表 1)。对差异显著的这些变量分别构建单变量判别方

程,用其分别进行性别鉴定的总体准确性为 59.5% ~ 81.0% (表 2)。各方程对雌雄鸟鉴定的准确性也各不相同,有的形态特征对雌性个体的准确性较高,如喙粗、尾长、发羽数、第一根发羽长;有的则对雄性个体的准确性更高,如头喙长和翅长(表 2)。其中,翅长是鉴定发冠卷尾性别最准确的单变量,总体准确率达 81.0% (表 2),相应的判别方程为 D (判别分数) = $0.239 \times \text{翅长} - 40.359$ 。

表 1 河南董寨国家级自然保护区雌雄发冠卷尾体征量度的差异

Table 1 Difference of body measurements between male and female *Dicrurus hottentottus*

体征变量 Body measurements	雌鸟 Female		雄鸟 Male		P
	样本量 Sample size (n)	均值 ± 标准误 Mean ± SE	样本量 Sample size (n)	均值 ± 标准误 Mean ± SE	
体重 Weight (g)	38	88.95 ± 0.80	39	90.80 ± 0.78	0.103 ^a
喙长 Bill length (mm)	39	32.25 ± 0.27	40	32.83 ± 0.28	0.139 ^a
喙粗 Bill depth (mm)	39	11.63 ± 0.09	39	11.97 ± 0.08	0.005 ^a
头喙长 Bill-head length (mm)	39	61.48 ± 0.22	40	61.88 ± 1.28	0.000 ^b
跗跖长 Tarsus length (mm)	39	25.40 ± 0.14	40	26.21 ± 0.12	0.000 ^a
翅长 Wing length (mm)	39	165.76 ± 0.74	40	171.49 ± 0.59	0.000 ^a
尾长 Tail length (mm)	39	131.51 ± 0.80	40	133.99 ± 0.72	0.024 ^a
体长 Body length (mm)	39	278.32 ± 1.23	40	280.58 ± 1.28	0.207 ^a
发羽数 Number of hairs (根)	36	7.14 ± 0.41	38	8.71 ± 0.50	0.024 ^b
第一根发羽长 Length of the longest hair (mm)	36	81.64 ± 2.49	38	90.63 ± 2.57	0.014 ^a
第二根发羽长 Length of the second-longest hair (mm)	36	77.61 ± 2.38	38	83.18 ± 2.56	0.116 ^a
第三根发羽长 Length of the third-longest hair (mm)	36	72.50 ± 2.48	37	75.31 ± 2.77	0.453 ^a
三根发羽均长 Average length of three longest hairs (mm)	36	77.25 ± 2.38	38	82.38 ± 2.50	0.142 ^a

a. 独立样本 *t*-检验; b. Mann-Whitney 检验。 a. Independent-samples *t*-test; b. Mann-Whitney test。

表 2 单变量和多变量判别方程对发冠卷尾性别判定的准确性

Table 2 Accuracy of discriminant functions built by single and multiple measurements for sexing

Dicrurus hottentottus

体征变量 Body measurements	Wilks's λ	df	P	准确性 Accuracy (%)		
				雌鸟 Female	雄鸟 Male	所有 Total
喙粗 Bill depth (mm)	0.900	1	0.005	64.1	61.5	62.8
头喙长 Bill-head length (mm)	0.999	1	0.761	61.5	87.5	74.7
跗跖长 Tarsus length (mm)	0.803	1	0.000	69.2	70.0	69.6
翅长 Wing length (mm)	0.675	1	0.000	76.9	85.0	81.0
尾长 Tail length (mm)	0.935	1	0.024	64.1	60.0	62.0
发羽数 Number of hairs (根)	0.925	1	0.018	63.9	55.3	59.5
第一根发羽长 Length of the longest hair (mm)	0.919	1	0.014	72.2	65.8	68.9
多变量 Multiple variables	0.568	3	0.000	77.8	81.6	79.7

逐步判别分析选择了跗跖长、翅长和发羽数构建了多变量判别方程, $D = 0.502 \times \text{跗跖长} + 0.171 \times \text{翅长} + 0.196 \times \text{发羽数} - 43.419$, 其总体性别判别准确率为 79.7% (表 2), 略低于由翅长构建的单变量判别方程。多变量方程与由翅长构建的单变量方程相比, 其对雌鸟的鉴定准确性相仿 (77.8% vs. 76.9%), 但对雄鸟的性别判断准确性却较低 (81.6% vs. 85.0%)。

4 讨 论

一般认为发冠卷尾为雌雄同态^[8], 本研究发现雌雄发冠卷尾的喙粗、头喙长、跗跖长、翅长、尾长、发羽数和第一根发羽长都存在显著差异, 表明发冠卷尾在这些形态特征上存在性二态。性选择假说是解释体征大小性二态的最常见假说之一^[12-13]。本研究所发现的发冠卷尾雌雄间有差异的形态特征可能就是由于性选择原因所导致的。比如, 雄性发冠卷尾的发羽数和第一根发羽长均显著大于雌性, 发羽的数目和长度可能在其性选择中起着重要的作用。然而, 这些推测仍有待进一步验证。

可靠的性别鉴定方法对进一步研究发冠卷尾性别内和性别间的个体差异有着重要意义。例如, 性别鉴定有助于研究不同性别的领域性强度差异^[14], 食物组成和大小的差异^[15], 形态的遗传差异^[16], 换羽的强度和顺序差异^[17]。雌雄发冠卷尾形态量度上的差异使得我们可以利用其形态特征进行性别鉴定。本研究利用翅长构建的判别方程对性别鉴定的准确性最高, 为 81.0%, 与其他变量判别方程相比, 仅是对雌性鉴定的准确性 (76.9%) 略低于多变量判别方程 (77.8%)。虽然多变量判别方程对雌性鉴定的准确性最高, 但其对雄性鉴定的准确性和平均准确性均低于翅长判别方程, 而且计算更复杂, 因此我们建议使用准确性高的翅长判别方程 ($D = 0.239 \times \text{翅长} - 40.359$) 来进行性别鉴定, 其 81.0% 的准确性虽然低于其他一些类似的研究, 如红嘴山鸦 (*Pyrhacorax pyrrhacorax*) 的 100%^[18]、灰伯劳 (*Lanius excubitor*) 的

97.4%^[19], 但与黑浮鸥 (*Chlidonias niger*) 的结果 (约 81%) 相似^[10]。年龄是影响身体大小的一个重要因素^[2,20], 而在我们的研究中未予以考虑, 这可能是导致所得到的判别方程准确性低的部分原因。此外, 本方程在发冠卷尾其他亚种和种群中的适用性也尚待验证。

参 考 文 献

- [1] Piper W, Wiley R. Effects of laparotomies on wintering white-throated Sparrows and the usefulness of wing chord as a criterion for sexing. *Journal of Field Ornithology*, 1991, 62(1): 40-45.
- [2] Alarcos S, de la Cruz C, Solís E, et al. Sex determination of Iberian Azure-winged Magpies *Cyanopica cyanus cooki* by discriminant analysis of external measurements. *Ringing & Migration*, 2007, 23(4): 211-216.
- [3] Helander B, Hailer F, Vilà C. Morphological and genetic sex identification of White-tailed Eagle *Haliaeetus albicilla* nestlings. *Journal of Ornithology*, 2007, 148(4): 435-442.
- [4] Wilson R R. Sex determination of the Acadian Flycatcher using discriminant analysis. *Journal of Field Ornithology*, 1999, 70(4): 514-519.
- [5] Reynolds S J, Martin G R, Wallace L L, et al. Sexing sooty terns on Ascension Island from morphometric measurements. *Journal of Zoology*, 2008, 274(1): 2-8.
- [6] 郭玉民, 阳艳岚, 韩兴宝, 等. 黑龙江省鸟类新纪录——发冠卷尾. *四川动物*, 2010, 29(2): 202.
- [7] 郑光美. 中国鸟类分布与分类名录. 北京: 科学出版社, 2005: 193-193.
- [8] 赵正阶. 中国鸟类志: 下卷 雀形目. 吉林: 吉林科学技术出版社, 2001: 159-159.
- [9] Wang N, Li J Q, Zhang Z W. Improvement on molecular sex identification primers for Passeriform bird species. *Chinese Birds*, 2010, 1(1): 65-69.
- [10] Shealer D A, Cleary C M. Sex determination of adult black terns by DNA and morphometrics: tests of sample size, temporal stability and geographic specificity in the classification accuracy of discriminant function models. *Waterbirds*, 2007, 30(2): 180-188.
- [11] Zavalaga C B, Taylor S A, Dell'omo G, et al. Male/female classification of the Peruvian Booby. *The Wilson Journal of Ornithology*, 2009, 121(4): 739-744.
- [12] Szekely T, Reynolds J D, Figuerola J. Sexual size dimorphism in shorebirds, gulls, and alcids: the influence of sexual and natural selection. *Evolution*, 2000, 54(4):

- 1404 – 1413.
- [13] Dale J, Dunn P O, Figuerola J, et al. Sexual selection explains Rensch's rule of allometry for sexual size dimorphism. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2007, 274(1628): 2971 – 2979.
- [14] Tarvin K A, Woolfenden G E. Patterns of dominance and aggressive behavior in Blue Jays at a feeder. *Condor*, 1997, 99(2): 434 – 444.
- [15] Overskaug K, Sunde P, Stuve G. Inter-sexual differences in the diet composition of Norwegian raptors. *Ornis Norv*, 2000, 23(1/2): 24 – 30.
- [16] Jensen H, Sæther B E, Ringsby T H, et al. Sexual variation in heritability and genetic correlations of morphological traits in house sparrow (*Passer domesticus*). *Journal of Evolutionary Biology*, 2003, 16(6): 1296 – 1307.
- [17] Craigie G E, Petrie S A. Moulting intensity and chronology of Tundra Swans during spring and fall migration at long point, Lake Erie, Ontario. *Canadian Journal of Zoology*, 2003, 81(6): 1057 – 1062.
- [18] Blanco G, Tella J L, Torre I. Age and sex determination of monomorphic non-breeding choughs: a long-term study. *Journal of Field Ornithology*, 1996, 67(3): 428 – 433.
- [19] Brady R S, Paruk J D, Kern A J. Sexing adult Northern Shrikes using DNA, morphometrics and plumage. *Journal of Field Ornithology*, 2009, 80(2): 198 – 205.
- [20] Berlin K E, Simon J C, Pratt T K, et al. Age and sex determination of the Maui Parrotbill. *Journal of Field Ornithology*, 2001, 72(1): 12 – 21.

勘 误

由于作者个人疏忽,其已在《动物学杂志》发表的4篇文章的基金项目及编号错误,现进行更正。

发表于《动物学杂志》的《广东省蛇类新纪录——福清白环蛇》(2011, 46(1): 128 ~ 130. 作者张亮等)、《广东省自然保护区尺度陆生脊椎动物物种多样性与高级分类单元的关系》(2011, 46(3): 85 ~ 88. 作者连军豪等)、《广东省爬行类新纪录——海南棱蜥》(2011, 46(4): 142 ~ 143. 作者饶纪腾等)和《广东省蛇类新纪录——越南烙铁头蛇》(2011, 46(3): 144 ~ 146. 作者张亮等),上述4篇文章中的基金项目“国家林业局保护司公益项目(No. 200904031)”更正为“国家林业公益性行业科研专项(No. 200904037)”。