

灰椋鸟身体大小和内脏器官形态的两性差异

许姝娟 柳鹏飞 韩亚鹏

陇东学院生命科学与技术学院, 陇东生物资源保护利用与生态修复甘肃省重点实验室 庆阳 745000

摘要: 鸟类性二态现象广泛存在, 比如身体大小、羽色等, 性二态很可能是自然选择和性选择共同作用的结果。为了探索和更好地了解雀形目鸟类身体大小性二态的进化, 在 2019 年繁殖季节早期研究了灰椋鸟 (*Sturnus cineraceus*) 野外种群身体大小和内脏器官形态的两性差异。结果表明, 除嘴宽外, 其他身体特征参数均雄性显著大于雌性, 表现出雄性偏向的身体大小二态性。内脏器官大小两性间无显著差异。灰椋鸟是聚群生活的鸟类, 雌雄鸟常一起觅食, 食性相似, 雌雄鸟内脏器官和消化道形态差异不显著, 暗示食性分化在灰椋鸟身体大小性二态进化中的作用并不明显; 雄鸟体型较大的原因可能是其在巢址竞争、配偶保护中适应进化的结果。本研究明确了灰椋鸟身体大小的两性差异, 对于该物种身体大小性二态进化的确切原因, 尚需更多研究。

关键词: 身体大小; 性二态; 内脏器官; 灰椋鸟

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2021) 03-393-06

Sexual Size Dimorphism Were Determined in a Flock Living Passerine Bird: White-cheeked Starling

XU Shu-Juan LIU Peng-Fei HAN Ya-Peng

School of Life Sciences and Technology, Longdong University, Provincial Key Laboratory of Biological Resources Protection,

Utilization and Ecological Restoration in Eastern Gansu, Longdong University, Qingyang 745000, China

Abstract: Sexual dimorphism is very common in nature, and possibly evolved under the pressures of natural and sexual selection, however, the underlying mechanisms are still confusing. Many hypotheses were proposed to explain this phenomenon, such as explanations from dietary niche divergence, intra-sexual competition and mate choice, fecundity selection. To understand the evolution of sexual dimorphism in passerine birds, in present study, we measured the morphometrics (culmen length, bill width, bill depth, wing length, tail length, tarsus length, body mass) of 122 individuals (68 males and 54 females) and compared the difference of these morphological traits between sexes in a wild population of White-cheeked Starling *Sturnus cineraceus*, during early breeding season of the year 2019. Meanwhile, we also measured the morphology of internal organs of 28 dead birds which provided by the Forest Public Security Bureau of Qingyang City, and compared the difference between males and females. We used independent sample *T*-test to analyze the data, and calculated

基金项目 甘肃省高等学校创新基金项目 (No. 2020B-221);

第一作者简介 许姝娟, 女, 副教授; 研究方向: 动物生态与保护; E-mail: xshujuan@126.com。

收稿日期: 2020-10-21, 修回日期: 2021-03-31 DOI: 10.13859/j.cjz.202103009

the dimorphism index and coefficient of variation for each sex and all variables to indicate the variability of each measurement. The results showed that in all body measurements except bill width, adult males were significantly larger than females ($P < 0.05$) (Table 1), exhibiting slightly male-biased sexual size dimorphism. By contrast, internal digestive organs showed no significant difference between sexes (all P values > 0.05) (Table 2). As a flock living bird, male and female starlings always forage together, and their food habits might be similar. The anatomical evidences of lacking sexual size dimorphism in internal organs suggest that food habit partition may have played a little role in the evolution of size divergence in this bird. Males compete potential nesting holes and guard mates in breeding season, the larger size might be advantageous in sexual selection. Our findings suggest that the larger body size of males is likely resulted from intra-sexual competition for nest sites and mates, however, more researches are needed to figure out the evolutionary mechanisms of sexual dimorphism in this bird.

Key words: Body size; Sexual dimorphism; Internal organ; White-cheeked Starling, *Sturnus cineraceus*

身体大小性二态 (sexual size dimorphism, SSD) 现象在动物界很常见, 是两性选择压力差异的重要指标。性二态很可能是性选择、自然选择或者繁殖力选择作用导致两性生态位隔离的结果 (Darwin 1871, Andersson 1994, Haggerty 2006, Colchero et al. 2017, Massetti et al. 2017, Niemc et al. 2018)。自然选择理论特别是资源分配假说 (resource partitioning) 认为, 觅食行为的两性差异有助于身体大小性二态的进化和维持 (Selander 1966, Shine 1989, Andersson 1994, Temeles et al. 2000, Blondel et al. 2002, Massetti et al. 2017)。性选择假说认为, 雄性通常会进化出更大的体型, 以在繁殖领地和配偶等资源竞争中占有优势 (Andersson 1994, Haggerty 2006); 有些鸟类雄性体型较小, 则可以更加灵活地求偶炫耀 (Niemc et al. 2018)。当一个性别为获得配偶激烈竞争时, 身体大小性二态会增加 (Massetti et al. 2017)。繁殖力选择假说认为, 雌性进化出更大的体型, 可以提高其繁殖力 (Niemc et al. 2018)。在雀形目鸟类中, 一些研究发现, 雄性和雌性在体型大小和行为上存在明显差异, 在相关肌肉和内脏形态 (Prince et al. 2011)、生长和个体发育等方面也存在差异 (Badyaev 2002)。根据对称性形态构成假说 (Weibel et al. 1991), 动物的结构与功能需求相统一。但是, 由于缺乏相关

研究, 对这个问题的认识还很模糊。

灰椋鸟 (*Sturnus cineraceus*) 是一种在我国分布广泛的雀形目鸟类, 营群居生活, 社会性单配制, 在配对后雄性和雌性仍聚群觅食, 繁殖时有聚群营巢现象 (王拴柱 2013)。该鸟是次级洞巢鸟类, 巢常建于树洞内、岩壁洞穴、人工建筑缝隙等处, 配对成功后, 雄性之间竞争筑巢地点, 并在雌鸟孵卵期间保卫巢穴 (姜学雷等 2012)。基于灰椋鸟的生活史特征, 雌雄鸟聚群觅食, 似乎没有取食生态位的分化; 雄鸟之间竞争巢址, 体型较大的个体应该占有优势; 单配制婚配, 雌性进化出较大体型可提高繁殖力。因此, 本文以灰椋鸟为研究对象, 旨在探明其身体大小和内脏器官形态是否存在两性差异? 并根据已有理论, 讨论其进化原因, 以期为理解鸟类形态进化提供一定的参考。

1 研究方法

1.1 实验方法

本研究于 2019 年 3 月和 4 月在甘肃省庆阳市陇东学院校园 ($35^{\circ}43'47''$ N, $107^{\circ}41'04''$ E, 海拔 1 367.3 m) 内进行。校园内灰椋鸟的栖息地主要是建筑物和草地, 与花园混杂在一起。每年的 2 月底至 3 月初, 灰椋鸟迁徙至校园, 成群在草地上觅食。4 月中旬, 配对后的灰椋鸟开始在教学楼的洞穴和缝隙中筑巢。选择天气

良好的上午 7:00 ~ 11:00 时, 在草坪边缘设置雾网 (6 m × 12 m) 3 张, 每张网相距 20 m, 由同一观察者监测, 用雾网随机捕捉灰椋鸟。捕获后, 通过羽色确定性别, 雄鸟自额至头顶和后颈黑色, 具光泽, 上胸部显著灰黑色; 雌鸟这些部位羽色浅淡, 偏棕灰 (赵正阶 2001)。对其外部形态进行测量, 所有的测量工作都是由同一人完成。测量完成后, 用不同颜色的腿环组合标记, 以方便后续繁殖行为研究, 标记后原地放飞。根据 2017 年在研究地点的观察, 灰椋鸟从 4 月中旬开始筑巢进入繁殖期, 为了避免繁殖引起灰椋鸟体重变化对研究数据的影响, 比如雌鸟孵卵造成体重减轻等, 外部形态测量工作于 4 月 10 日完成。

2019 年 3 月下旬, 由庆阳市森林公安局提供 28 只农药中毒死亡的灰椋鸟, 其中包括 15 只雄性和 13 只雌性。解剖了这 28 只灰椋鸟, 测量其内脏器官的长度及重量, 以比较两性间内脏器官形态差异。

本工作中, 总共捕捉并测量 122 只成年个体 (雄鸟 68 只, 雌鸟 54 只)。由于鸟类的体重有季节变化, 在野外工作开始时, 只测量了 27 只雄性和 22 只雌性灰椋鸟的体重, 本研究结果中的数据仅为此部分个体的数据。本研究的野外研究方法通过陇东学院生命科学与技术学院动物护伦理委员会的批准 (批准号: 2018-01-20)。

1.2 身体指标测定

用电子天平 (万特 WT1002, 量程 0 ~ 200 g, 精度 0.01 g) 测量灰椋鸟体重。用游标卡尺 (得力数显游标卡尺 DL91150, 量程 0 ~ 150 mm, 精度 0.01 mm) 测量以下 6 个外部形态指标, 嘴峰长 (自鼻孔前缘至上喙先端的直线距离)、嘴宽 (嘴基左右两侧的直线距离)、嘴厚 (上下喙基部的直线距离)、翅长 (自翼角至最长的初级飞羽尖端的直线距离)、跗跖长 (自跗间关节中点至中趾关节后第一枚鳞片下缘的直线距离)、尾长 (自尾羽基部至最长尾羽末端的直线长度)。用电子天平测定灰椋鸟小肠、大肠、胃三

种器官去内容物重和心、肾及肝重 (精度 0.01 g); 用游标卡尺测量小肠和大肠长度 (精度 0.01 mm)。

1.3 数据处理

经单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验, 所有数据均符合正态分布, 因此, 用 t 检验比较所有身体量度和内脏器官的性别差异。计算身体大小性二态指数, 即相应指标的雄性平均值占雌性平均值的百分比 (Wagner 1999); 变异系数为指标数据标准差占平均值的百分比 (Fletcher et al. 2003), 用以指示每种测量指标的变异性 (Sokal et al. 1995)。所有数据统计均采用 SPSS17.0 软件处理, 统计分析均采用双尾检验, 显著性水平为 $P < 0.05$, 结果以平均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示。

2 结果

灰椋鸟身体量度中, 嘴峰长、嘴厚、翅长、尾长、跗跖长和体重均为雄鸟显著大于雌鸟 (表 1), 嘴宽不存在性别差异。内脏器官形态两性间差异均不显著 (表 2)。

3 讨论

灰椋鸟身体大小表现出雄性偏向性, 这一现象与雀形目其他鸟类表现一致, 比如山噪鹛 (*Garrul davida concolor*, Liu et al. 2018)、橙翅噪鹛 (*Trochalopteron elliotii*, Liu et al. 2016) 和双色树燕 (*Tachycineta bicolor*, Hogle et al. 2013)。本研究的发现与一些已报道的椋鸟物种一致, 如紫翅椋鸟 (*S. vulgaris*, Prince et al. 2011)、粉红椋鸟 (*S. roseus*, Zenatello et al. 2005)、浅翅椋鸟 (*Onychognathus naboroup*, Henry et al. 2015)。这暗示椋鸟类身体大小的两性差异与鹛类相似 (Niemi et al. 2018), 可能是比较古老的特征。

身体大小性二态被认为可能是自然选择促使雌雄两性之间产生食性分化, 以减少有限食物资源的两性竞争 (Shine 1989), 进而导致取食器官比如喙的两性差异, 最终引起身体大小的两性差异。灰椋鸟营聚群生活, 雌雄鸟在同

表 1 灰椋鸟成年雄性和雌性的形态测量数据、性二态指数和变异系数
Table 1 Morphometric data, dimorphism index and coefficient of variation of adult male and female White-cheeked Starling *Sturnus cineraceus*

身体指标 Body measurements	性别 Sex	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	范围 Range	样本量 Sample size <i>n</i>	性二态指数 Dimorphism index	变异系数 Coefficient of variation <i>C_v</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
嘴峰长 Culmen length (mm)	雄 Male	22.27 ± 1.70	18.39 - 25.84	68	104.6	7.6	2.992	0.003
	雌 Female	21.37 ± 1.61	18.28 - 24.41	54		7.5		
嘴宽 Bill width (mm)	雄 Male	7.86 ± 0.75	5.32 - 9.85	68	101.3	9.5	0.755	0.452
	雌 Female	7.76 ± 0.63	6.56 - 9.29	54		8.1		
嘴厚 Bill depth (mm)	雄 Male	7.74 ± 0.38	7.01 - 8.72	68	102.7	4.9	2.837	0.005
	雌 Female	7.54 ± 0.42	6.71 - 8.89	54		5.6		
翅长 Wing length (mm)	雄 Male	129.27 ± 3.07	122.22 - 135.13	68	102.4	2.4	5.540	< 0.001
	雌 Female	126.17 ± 3.07	119.01 - 135.70	54		2.4		
尾长 Tail length (mm)	雄 Male	69.01 ± 4.58	57.80 - 80.80	68	104.2	6.6	3.594	< 0.001
	雌 Female	66.23 ± 3.97	59.34 - 73.21	54		6.0		
跗跖长 Tarsus length (mm)	雄 Male	26.08 ± 2.78	20.89 - 31.81	68	104.4	10.7	2.250	0.026
	雌 Female	24.97 ± 2.65	20.35 - 30.43	54		10.6		
体重 Body mass (g)	雄 Male	81.33 ± 3.00	74.36 - 89.65	27	108.9	3.7	7.051	< 0.001
	雌 Female	74.71 ± 3.48	67.13 - 80.76	22		4.7		

表 2 灰椋鸟成鸟内脏器官形态的两性差异
Table 2 Comparisons of morphology of internal organs between adult male and female White-cheeked Starling *Sturnus cineraceus*

内脏器官指标 Morphology of internal organs	性别 Sex	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	样本量 Sample size <i>n</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
大肠去内容物重 Large intestine mass with no content (g)	雄 Male	0.10 ± 0.57	15	- 0.464	0.716
	雌 Female	0.15 ± 0.12	13		
小肠去内容物重 Small intestine mass with no content (g)	雄 Male	2.47 ± 0.38	15	1.181	0.286
	雌 Female	2.21 ± 0.27	13		
胃去内容物重 Stomach mass with no content (g)	雄 Male	2.08 ± 0.28	15	- 0.744	0.468
	雌 Female	2.19 ± 0.35	13		
大肠长 Length of large intestine (mm)	雄 Male	30.33 ± 7.39	15	- 0.646	0.565
	雌 Female	35.09 ± 10.41	13		
小肠长 Length of small intestine (mm)	雄 Male	288.15 ± 33.48	15	- 0.436	0.671
	雌 Female	294.22 ± 23.17	13		
心鲜重 Fresh weight of heart (g)	雄 Male	1.36 ± 0.26	15	0.130	0.898
	雌 Female	1.35 ± 0.11	13		
肝鲜重 Fresh weight of liver (g)	雄 Male	2.90 ± 0.37	15	0.394	0.697
	雌 Female	2.85 ± 0.27	13		
肾鲜重 Fresh weight of kidney (g)	雄 Male	0.60 ± 0.32	15	0.039	0.969
	雌 Female	0.59 ± 0.25	13		

一地方觅食。甚至繁殖期配对后，我们也没有观察到雄性灰椋鸟在获取食物方面占主导地位。因此，目前没有足够的证据表明资源分配假说 (Shine 1989, Temeles et al. 2000) 可以解

释该物种身体大小性二态的进化。性选择理论认为，同性竞争为较大个体提供了选择优势，以获得配偶的优先选择权和更好地保卫繁殖资源 (Andersson 1994, Haggerty 2006, Colchero

et al. 2017, Massetti et al. 2017, Niemi et al. 2018)。在繁殖季节, 灰椋鸟的许多个体, 包括已经配对在一起觅食的个体, 没有领域行为。由于灰椋鸟聚群营巢, 在筑巢前, 雄性之间因竞争巢址会相互驱赶; 雌鸟孵卵时, 雄鸟守卫, 体型较大的雄性个体在巢址竞争和配偶保护方面可能具有潜在的优势。雄性体型大于雌性, 说明求偶灵活性可能在灰椋鸟身体大小性二态进化中的作用较小。因此, 性选择可能推动了灰椋鸟雄性偏向身体大小性二态的进化。繁殖力假说认为, 雌性拥有较大的体型可提高繁殖力, 比如小滨鹑(*Calidris minuta*)等鸟类(Niemi et al. 2018)。灰椋鸟雌性个体之间身体大小是否存在差异? 是否与繁殖成功相关? 这些研究工作的开展将为理解灰椋鸟身体大小的进化提供依据。

从内脏解剖数据来看, 雌雄两性消化道和其他内脏器官形态没有显著差异, 暗示两性食性可能没有产生分化。两性的内脏重量差异不大, 但雄性体重明显大于雌性, 推测雄性可能比雌性积累了更多的肌肉, 如胸肌等。紫翅椋鸟身体大小性二态表现出轻微的雄性偏向, 雄性比雌性有更多的鸣肌(Prince et al. 2011)。遗憾的是我们忽略了这些数据的收集, 灰椋鸟雄性是否比雌性积累了更多的肌肉, 进而引起其身体大小性二态, 这将是我们的下一步的工作。

鸟类喙的形态与其食性相关(Grant et al. 2006), 食性和取食行为的差异可能引起喙形态和大小的两性差异, 进而引起消化器官形态和身体大小的两性差异(Mueller 1986, Blondel et al. 2002)。灰椋鸟喙大小两性差异显著, 其消化器官形态雌雄差异不显著, 在集群生活过程中, 雌雄鸟食性可能相似, 取食生态位没有产生分化, 暗示取食生态位分化在灰椋鸟身体大小性二态的进化与维持中作用并不明显。近年来的研究表明, 喙在鸟类的体温调节方面也起到重要作用(Raymond et al. 2015)。雄性灰椋鸟的喙显著大于雌性, 两性喙的差异是否与其体温调节相关, 将是我们的进一步研究的内容。

致谢 陇东学院生物科学系 2016 级生物科学班王东和黄嘉欣两位同学在野外工作中给予帮助, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- Andersson M. 1994. *Sexual Selection*. Princeton: Princeton University Press.
- Badyaev A V. 2002. Growing apart: an ontogenetic perspective on the evolution of sexual size dimorphism. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(8): 369–378.
- Blondel P, Perret M C, Anstett C T. 2002. Evolution of sexual size dimorphism in birds: test of hypotheses using blue tits in contrasted Mediterranean habitats. *Journal of Evolutionary Biology*, 15(3): 440–450.
- Colchero F, Aliaga A E, Jones O R, et al. 2017. Individual heterogeneity determines sex differences in mortality in a monogamous bird with reversed sexual dimorphism. *Journal of Animal Ecology*, 86(4): 899–907.
- Darwin C R. 1871. *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. London: John Murray.
- Fletcher K L, Hamer K C. 2003. Sexing terns using biometrics: the advantage of within-pair comparisons. *Bird Study*, 50(1): 78–83.
- Grant P R, Grant B R. 2006. Evolution of character displacement in Darwin's finches. *Science*, 313(5784): 224–226.
- Haggerty T M. 2006. Sexual size dimorphism and assortative mating in Carolina Wrens. *Journal of Field Ornithology*, 77(3): 259–265.
- Henry L, Biquand V, Craig A, et al. 2015. Sexing adult Pale-Winged Starlings using morphometric and discriminant function analysis. *PLoS One*, 10(9): e0135628.
- Hogle N C, Burness G. 2013. Sex-specific environmental sensitivity is transient in nestling Tree Swallows (*Tachycineta bicolor*). *Journal of Ornithology*, 155(1): 91–100.
- Liu P, Sun Y. 2016. Sexual Size dimorphism and assortative mating in Elliot's Laughingthrush *Trochaloxyeron elliotii*. *Ardea*, 104(2): 177–182.
- Liu P, Sun Y. 2018. Sexual size dimorphism and assortative mating in the Plain Laughingthrush (*Garrulax davidi concolor*). *The Wilson Journal of Ornithology*, 130(2): 510–515.

- Massetti F, Gomes V, Perera A, et al. 2017. Morphological and functional implications of sexual size dimorphism in the Moorish gecko, *Tarentola mauritanica*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 122(1): 197–209.
- Mueller H C. 1986. The evolution of reversed sexual size dimorphism in owls: an empirical analysis of possible selective factors. *Wilson Bulletin*, 98(3): 387–406.
- Niemc A, Magdalena R, Joel A. et al. 2018. Sexual dimorphism in adult Little Stints (*Calidris minuta*) revealed by DNA sexing and discriminant analysis. *PeerJ*, 6(6): 1–14.
- Prince B, Riede T, Goller F. 2011. Sexual dimorphism and bilateral asymmetry of syrinx and vocal tract in the European starling (*Sturnus vulgaris*). *Journal of Morphology*, 272(12): 1527–1536.
- Raymond M, Danner, Russell G. 2015. A critical season approach to Allen's rule: bill size declines with winter temperature in a cold temperate environment. *Journal of Biogeography*, 42(1): 114–120.
- Selander R K. 1966. Sexual dimorphism and differential niche utilization in birds. *Condor*, 68(2): 113–151.
- Shine R. 1989. Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence. *Quarterly Review of Biology*, 64(4): 419–461.
- Sokal R R, Rohlf F J. 1995. *Biometry*. New York: W. H. Freeman and Company.
- Temeles E J, Pan I L, Brennan J L, et al. 2000. Evidence for ecological causation of sexual dimorphism in a hummingbird. *Science*, 289(5478): 441–443.
- Wagner R H. 1999. Sexual size dimorphism and assortative mating in Razorbills *Alca torda*. *Auk*, 116(2): 542–544.
- Weibel E R, Taylor C R, Hoppeler H. 1991. The concept of symmorphosis: a testable hypothesis of structure-function relationship. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 88(22): 10357–10361.
- Zenatello M, Kiss J B. 2005. Biometrics and sex identification of the Rose-coloured Starling *Sturnus roseus*. *Ring and Migration*, 22(3): 163–166.
- 姜学雷, 王蓉蓉, 李忠秋, 等. 2012. 同域分布下丝光椋鸟与灰椋鸟的繁殖行为. *生态学杂志*, 31(8): 2011–2015.
- 王拴柱. 2013. 灰椋鸟的繁殖习性研究. *现代农业科技*, (2): 264–265.
- 赵正阶. 2001. *中国鸟类志: 下卷: 雀形目*. 长春: 吉林科学技术出版社, 171–172.