

小盾片几何形态特征在 10 种鳃金龟分类中的应用

苏筱雨¹ 蔡小娜² 周健³ 黄大庄^{3*}

(1. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000;

2. 河北金融学院 基础课部, 河北 保定 071051;

3. 河北农业大学 园林与旅游学院, 河北 保定 071000)

摘要 为探讨小盾片几何形态特征对金龟子分类鉴定的可行性和可靠性,以金龟子小盾片的几何形态测量特征为依据,对 10 种鳃金龟进行分类识别,利用 TpsDig2 软件在 10 种金龟子各 20 个样本的小盾片上,分别提取 8 个标记点,再利用 PAST 软件进行普氏叠加和薄板样条分析,消除大小、方向等非形状因素的影响后,得到小盾片 8 个标记点形状的扭曲图像,最后利用 SPSS 22.0 进行判别分析。结果表明:对 10 种鳃金龟小盾片 8 个标记点坐标数据进行普氏叠加和薄板样条分析后,得到标记点位置折线图和扭曲图像,可直观看出 10 种鳃金龟小盾片形态差异主要发生在标记点 2 和 6 处;利用小盾片 8 个标记点坐标数据形成的几何形态特征进行判别分析,原始判别和交叉判别正确率均高达 99.0%。因此,利用小盾片的几何形态特征可以对 10 种鳃金龟进行准确识别。

关键词 鳃金龟科; 小盾片; 几何形态测量学; 分类

中图分类号 S763.3

文章编号 1007-4333(2019)08-0108-06

文献标志码 A

Geometric morphometrics of scutellum for classification of 10 species of Melolonthidae

SU Xiaoyu¹, CAI Xiaona², ZHOU Jian³, HUANG Dazhuang^{3*}

(1. College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding 071000, China;

2. Department of Basic Course, Hebei Finance University, Baoding 071051, China;

3. College of Landscape Architecture and Tourism, Agricultural University of Hebei, Baoding 071000, China)

Abstract In order to provide the theoretical basis for the rapid and accurate digital automatic identification of Melolonthidae with the geometric morphometrics of scutellum. A total of 10 species of Melolonthidae with 20 samples of each species are used to extract 8 markers of scutellum by TpsDig2 software. PAST and SPSS software are used for Procrustes superposition, thin plate spline, principal component and discriminant analysis. The results show: The line chart of scutellum with 8 markers after Procrustes superposition and the figure of thin plate spline display the differences between the 10 species of Melolonthidae. The accuracies of both raw discriminant and cross discriminant of 10 species of Melolonthidae, are 99.0%. Therefore, the 10 species of Melolonthidae could be accurately identified by using the geometric morphometrics features of the scutellum.

Keywords Melolonthidae; scutellum; geometric morphometrics; classification

鳃金龟科(Melolonthidae)是鞘翅目(Coleoptera)金龟总科(Scarabaeoidea)中最大的科^[1]。我国已记录的金龟子科下约 500 种,其中许多种类是重要的农林和地下害虫,因此正确鉴定金龟子的种类十分

重要。但目前鳃金龟科主要依据金龟子的后足跗节末端爪的数量、前足基节前内缘端部是否有脊、鞘翅纵肋后方形状、臀板末端延突形状、雄性外生殖器主要是阳基侧突的形态特征等进行鉴定^[1-2]。这种鉴

收稿日期: 2018-11-02

基金项目: 高等学校博士学科点基金(20131302110008)

第一作者: 苏筱雨, 实验师, 主要从事森林病虫害综合治理研究, E-mail: sxy8142477@163.com

通讯作者: 黄大庄, 教授, 主要从事森林病虫害综合治理研究, E-mail: huangdazhuang@126.com

定方法需要鉴定者具有较高专业水平、经验丰富,然而该鉴定结果有主观性强的特点,而且这些定性的描述很难将形态信息转换为简洁、直观、能进行统计分析的数据,给实际的鉴定工作带来了困难,因此需要建立一套快速、准确的金龟子分类鉴定方法。

20 世纪 90 年代初期,形态测量学得到了充分发展。形态结构数值化和数据分析方法取得突破,Rohlf 和 Marcus^[3]称其为几何形态测量法。几何形态测量学方法着眼于对形状自身的比较,研究的焦点在形态结构和数据,通过少数几个变量抓住标记点坐标所提供的形状信息,力求准确的解释生物体形状和大小的变异,为在分类上有争议的类群的分类,提供了一个新方法^[4-9]。TPS 系列图像特征提取和分析软件,已成功应用于蜜蜂、拟步甲、白背飞虱等多种昆虫分类的分类^[10-12]。但关于几何形态测量学方法在金龟子方面的应用报道较少,仅有用几何形态学方法分析翅基和翅脉形态在 55 种金龟子

飞行时鞘翅闭合或张开种类之间的变异的报道^[13]。鳃金龟小盾片发达、性状稳定、易于测量,非常适合进行形态测量学研究。本研究拟利用几何形态测量学方法,采集 10 种鳃金龟小盾片的 8 个标记点坐标数据,每种含 20 个样本,利用普氏叠加、薄板样条分析、主成分分析和判别分析等方法进行分析,探讨小盾片几何形态测量特征用于金龟子分类的可行性和可靠性,以期为金龟子的数字化分类识别提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用金龟子标本采集自河北保定、河北易县和湖北宜昌,保存在河北农业大学林学院森林保护学实验室。金龟子标本浸泡于 75% 酒精中保存。试验共涉及鳃金龟科 10 种金龟子,每种 20 个样本。具体昆虫名录及样本采集地点见表 1。

表 1 本研究中 10 种鳃金龟品种名录

Table 1 List of the 10 species of Melolonthidae in this study

| 名称 Name | 采集地点 Collecting point |
|--|--------------------------|
| 华北大黑鳃金龟 <i>Holotrichia oblita</i> (Faldermann) | 河北保定 |
| 小云鳃金龟 <i>Polyphylla gracilicornis</i> Blanchard | 河北易县 |
| 东方码绢金龟 <i>Serica orientalis</i> Motschulsky | 河北保定 |
| 棕色鳃金龟 <i>Holotrichia titanis</i> Reitter | 河北易县 |
| 大皱鳃金龟 <i>Trematodes grandis</i> Semenov | 河北易县 |
| 大栗鳃金龟 <i>Melolontha hippocastani mongolica</i> Ménétries | 河北易县 |
| 粉歪鳃金龟 <i>Cyphochiclus farinosus</i> Waterhouse | 湖北宜昌 |
| 大狭肋鳃金龟 <i>Holotrichia maxima</i> Chang | 河北易县 |
| 小黄鳃金龟 <i>Metabolus flavescens</i> Brenske | 河北保定 |
| 大云鳃金龟 <i>Polyphylla laticollis</i> Lewis | 河北保定 |

1.2 图像采集

取出金龟子标本,置滤纸上晾干。用镊子先取下金龟子头部和前胸背板,然后取下完整的小盾片,获取的小盾片一般带有肌肉组织,将其放入 10% KOH 溶液中浸泡 24 h,以去除肌肉组织,然后将标本用水冲洗 3 次后放置于滤纸上晾干。晾干后的小盾片标本放置于载玻片上,Leica DM4000 显微镜

12.5 倍进行拍照,并将所有图片保存,以备分析使用。

1.3 标记点选取

根据 Bookstein 的标记点选取方法利用 TpsDig2 软件提取 10 种鳃金龟的小盾片 8 个标记点坐标数据,标记点位置主要选择在小盾片顶点、凹陷处、交点处,具体标记位置和顺序见图 1。

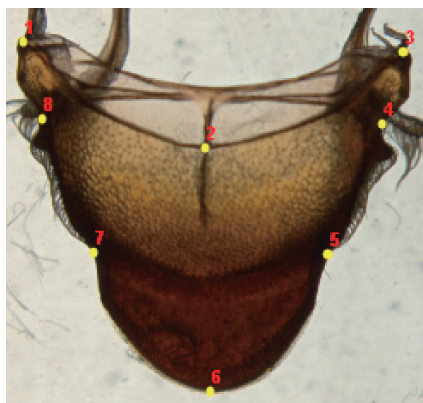


图1 小盾片8个标记点分布图(以华北大黑鳃金龟为例)

Fig. 1 Scutellum of Melolonthidae with 8 markers
(*Holotrichia oblita* Faldermann)

1.4 数据处理

将10种鳃金龟小盾片8个标记点坐标数据导入PAST软件中进行普氏叠加分析和薄板样条分析,

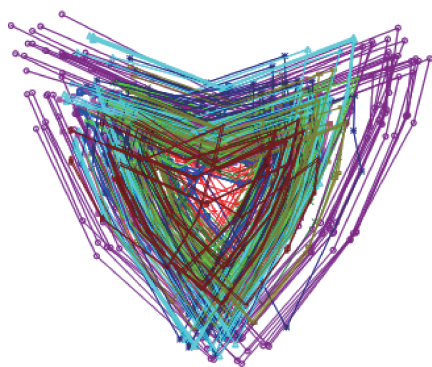
即通过平移、缩放、旋转等步骤去除掉非形状因素的影响,得到普氏叠加后坐标数据的薄板样条扭曲图形,从而直观看不同种之间的区别。然后利用SPSS 22.0软件进行判别分析。

2 结果与分析

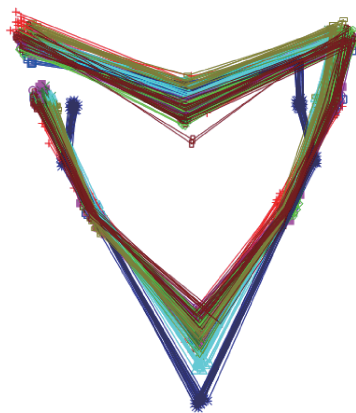
2.1 10种鳃金龟小盾片几何形态测量特征的普氏叠加分析

将10种鳃金龟小盾片8个标记点坐标数据利用PAST软件进行普氏叠加分析,对10种金龟子设置不同颜色的行标签,得到普氏叠加前后10种鳃金龟的标记点位置折线图(图2)。

如图2(a)所示,200条折线混杂在一起,利用普氏叠加分析,通过平移、旋转和缩放,消除了大小和方向等因素的影响之后得到图2(b),小盾片8个标记点折线图由原来的杂乱状态转为清晰、规律的折线,可以明显看出普氏叠加的效果。



(a) 8个标记点折线图
(a) Line chart of 8 markers



(b) 普氏叠加后8个标记点折线图
(b) Lane chart of 8 markers after Procrustes superposition

每种颜色代表1种金龟子。Each color represents one species of Melolonthidae.

图2 10种鳃金龟8个标记点普氏叠加前后折线图

Fig. 2 Line chart of 10 Melolonthidae before (a) and after (b) Procrustes superposition

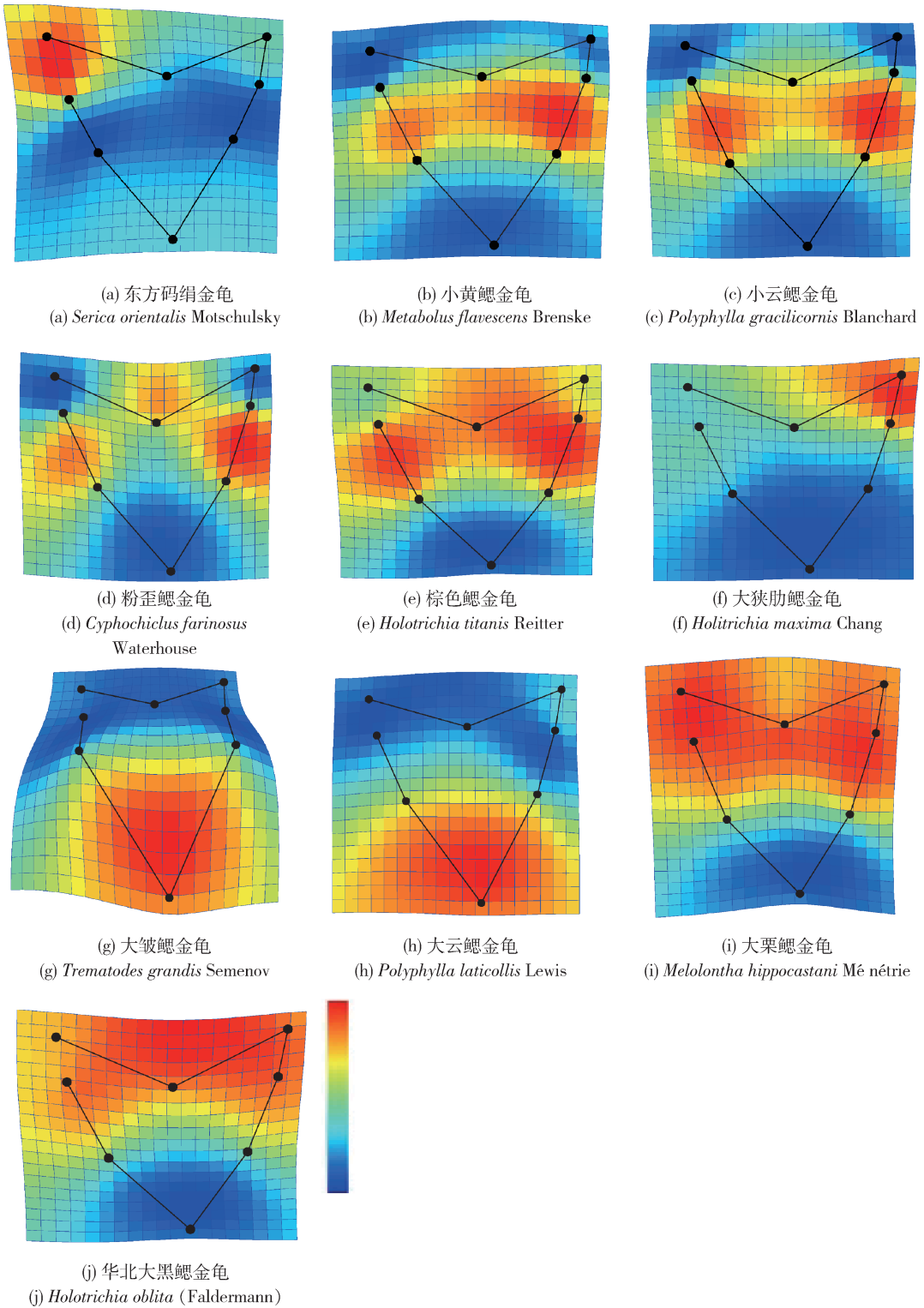
2.2 10种鳃金龟小盾片几何形态特征薄板样条分析

将10种鳃金龟小盾片8个标记点的数据平均值进行薄板样条分析,得到10种金龟子对其平均值的相对扭曲图像(图3)。从图中可以直观看10种鳃金龟小盾片形态差异主要发生在标记点2和6处;标记点2处棕色鳃金龟、大栗鳃金龟和华北大黑鳃金龟相比平均值明显扩大,而东方码绢金龟、大皱

鳃金龟和大云鳃金龟此处明显缩小;标记点6处大皱鳃金龟和大云鳃金龟相比平均值缩小,其余8种金龟子均在标记点6处扩大。

2.3 10种鳃金龟小盾片几何形态特征的判别分析

利用SPSS 22.0对10种鳃金龟小盾片8个标记点坐标数据进行判别分析,前2个判别函数可以解释所有变异的99.4%,根据筛选出来的14个标记点坐标数据建立2个判别函数如下:



红色表示与平均轮廓相比某个体在此部位扩大,蓝色表示此部位缩小,绿色表示接近平均轮廓。

Compared to the average profile, red means the area is expanded, blue means the area is reduced and green means the area is similar to average.

图 3 10 种鳃金龟 8 个标记点薄板样条分析

Fig. 3 Thin plate spline analysis of 10 Melolonthidae with 8 markers

$$Z_1 = -2.634X_1 - 0.464X_2 + 6.474Y_2 - 1.764X_3 + 9.696Y_3 + 7.897Y_4 + 2.296X_5 + 9.018Y_5 + 5.432X_6 + 4.523Y_6 + 1.906X_7 + 1.404Y_7 - 0.655X_8 + 0.440Y_8$$

$$Z_2 = 2.599X_1 + 1.097X_2 + 1.436Y_2 - 0.028X_3 + 0.65Y_3 + 1.114Y_4 + 0.950X_5 + 2.715Y_5 + 1.811X_6 + 3.200Y_6 + 2.417X_7 + 2.259Y_7 + 2.556X_8 + 0.762Y_8$$

利用2个判别函数对10种鳃金龟,每种20个样本进行判别分析,回归判别和交叉判别中,只有2头大狭肋鳃金龟误判为棕色鳃金龟,其余9种鳃金龟,每种20个样本全部判别正确,回归判别和交叉判别正确率均达到99.0%。

3 结论

本研究利用普氏叠加分析,即通过旋转、平移和缩放等过程去除由于标本大小和摆放位置等造成的影响,仅保留形态特征的差异来进行分析,薄板样条分析用薄钢板的形状变化和色彩变化来模拟形态特征的2D变化,最大的优点是可以从视觉上直接看出不同种类之间的形态差异。利用小盾片的几何形态特征对10种鳃金龟进行判别分析,最终回归和交叉判别的正确率均高达99.0%。证实利用几何形态测量方法不仅可以使形态变化可视化,而且可以准确的对10种鳃金龟进行分类,但随着金龟子种类的增多,判别分类的可靠性还需要进一步证实。

金龟子小盾片性状稳定,但提取其几何形态特征时会破坏金龟子标本的完整,如何既能准确地获取金龟子独立组织器官的数字化形态特征参数,又对标本没有破坏作用,有待进一步研究。

本次研究图像为二维平面图像,现在三维图像获取和分析技术已经很成熟,在以后的研究中,可以尝试提取口器、生殖器、足等器官的三维数据。然而,要将几何形态测量方法更好的应用到昆虫种类的自动分类鉴定中,需要完整和系统的深入研究,随着该技术应用的不成熟与完善,将会获得广泛的应用前景。

参考文献 References

[1] 刘广瑞,章有为,王瑞. 中国北方常见金龟子彩色图鉴[M]. 北京:中国林业出版社,1997
Liu G R, Zhang Y W, Wang R. *The Colour Illustrated of*

Common Lamellicornia Beetles of Northern China[M]. Beijing:China Forestry Publishing House,1997 (in Chinese)

- [2] 樊东. 普通昆虫学及实验[M]. 第2版. 北京:化学工业出版社, 2012
Fan D. *General Entomology and Experiments*[M]. 2nd ed. Beijing: Chemical Industry Publishing House, 2012 (in Chinese)
- [3] Rohlf F J, Marcus L F. A revolution morphometrics[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 1993, 8(4): 129-132.
- [4] 白明, 杨星科. 几何形态测量法在生物形态学研究中的应用[J]. 昆虫知识. 2007, 44(1): 143-147
Bai M, Yang X K. Application of geometric morphometrics in biological researches [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2007, 44(1): 143-148 (in Chinese)
- [5] 李荣荣, 李生才, 张虎芳. 几何形态测量学及其在半翅目中的研究进展[J]. 山西农业大学学报:自然科学版. 2016, 36(4): 235-241
Li R R, Li S C, Zhang H F. Geometric morphometrics and its advances in Hemiptera [J]. *Journal of Shanxi Agricultural University: Natural Science Edition*, 2016, 36(4): 235-240 (in Chinese)
- [6] 张锋, 李萍. 几何形态测量学在古生物学研究中的应用概况[J]. 古生物学报, 2016, 55(4): 518-531
Zhang F, Li P. Application of geometric morphometrics in paleontology researches [J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 2016, 55(4): 518-531 (in Chinese)
- [7] 白明, 杨星科, 李静, 王文成. 几何形态学: 关于形态定量比较的科学计算工具[J]. 科学通报, 2014, 59(10): 887-894
Bai M, Yang X K, Li J, Wang W C. Geometric morphometrics, a super scientific computing tool in morphology comparison [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2014, 59(10): 887-894 (in Chinese)
- [8] 葛德燕, 夏霖, 吕雪霏, 黄乘明, 杨奇森, 黄建华. 几何形态学方法及其在动物发育与系统进化研究中的应用[J]. 动物分类学报. 2012, 37(2): 296-304
Ge D Y, Xia L, Lv X F, Huang C M, Yang Q S, Huang J H. Methods in geometric morphometrics and their applications in ontogenetic and evolutionary biology of animals [J]. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 2012, 37(2): 296-304 (in Chinese)
- [9] 闫宝荣, 花保祯. 几何形态测量学及其在昆虫分类学和系统发育中的应用[J]. 昆虫分类学报. 2010, 32(4): 313-320
Yan B R, Hua B Z. Geometric morphometrics and its

- application in the systematics and phylogenetics of insects[J]. *Entomotaxonomia*, 2010, 32(4): 313-320 (in Chinese)
- [10] Mitrovski-Bogdanović A, Tomanović Ž, Mitrović M, Petrović A, Ivanović A, Žikić V, Stry P, Vorburger C. The *Praon dorsale-yomenae* s str complex (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae): Species discrimination using geometric morphometrics and molecular markers with description of a new species[J]. *Zoologischer Anzeiger*, 2014, 253(4): 270-282.
- [11] Zúñiga-Reinoso Á, Benítez H A. The overrated use of the morphological cryptic species concept: An example with *Nyctelia* darkbeetles (Coleoptera: Tenebrionidae) using geometric morphometric [J]. *Zoologischer Anzeiger*, 2015, 255: 47-53
- [12] 谢堂胜, 刘德营, 陈京, 蔡俊. 白背飞虱智能识别技术研究[J]. 南京农业大学学报. 2016, 39(3): 519-526
- Xie T S, Liu D Y, Chen J, Cai J. Automatic identification of *Sogatella furcifera* [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2016, 39(3): 519-526 (in Chinese)
- [13] 杨海东. 金龟子后翅关节骨片的三维几何形态学评估及与翅脉的共进化分析[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2016
- Yang H D. Geometric morphometrics evaluation of three-dimensional morphology of Scarab hindwing articulations and the co-evolution study [D]. Urumqi: Xinjiang Agriculture University, 2016 (in Chinese)

责任编辑：杨爱东