

13 种竹类植物的果实形态特征

郑笑^{a,b}, 姜明云^{a,b}, 张莉^{a,b}, 林树燕^{a,c,①}, 丁雨龙^{a,c}

(南京林业大学: a. 南方现代林业协同创新中心, b. 生物与环境学院, c. 竹类研究所, 江苏 南京 210037)

摘要: 对 9 属 13 种竹类植物的果实形态特征进行了观察和描述, 并对果实形态指标(包括带稃长、带稃宽、带稃长宽比、去稃长、去稃宽、去稃长宽比以及千粒质量)进行了方差分析和变异系数(CV)分析。结果表明: 13 种竹类植物果实均为基本型颖果, 外带内、外稃, 果皮质薄不开裂; 外稃顶端多数不具芒; 果实多具明显的腹部纵沟槽; 稃片颜色多呈灰褐色、黄褐色、棕色、灰色或灰绿色; 成熟果实颜色多为棕色、棕黑色、棕红色、黄棕色、灰色、灰褐色、黄褐色、黑褐色或褐色; 果实形状基本为椭圆形类、卵圆形类和长圆柱形类。供试 13 种竹类植物间的果实带稃长、带稃宽、带稃长宽比、去稃长、去稃宽、去稃长宽比以及千粒质量均有极显著差异, 并且这 7 个指标的种间 CV 值分别为 34.60%、28.19%、54.63%、21.22%、27.96%、38.19% 和 57.38%, 但各指标的种内 CV 值明显小于其种间 CV 值。综合分析结果显示: 果实竹类植物果实外稃顶端是否具芒、稃片颜色、稃片对果实的包裹程度、稃片长度与果实长度的关系、去稃果实形状、成熟果实颜色、腹部纵沟槽是否明显和花柱是否宿存等特征可作为竹类植物属和种分类的参考依据; 其中, 果实千粒质量、带稃长宽比和去稃长宽比较果实长和宽更适合作为竹类植物种的分类依据。此外, 13 种竹类植物中, 刚竹属(*Phyllostachys* Sieb. et Zucc.) 刚竹组(Sect. *Phyllostachys*) 的毛竹[*Phyllostachys edulis* (Carr.) J. Houz.], 淡竹(*P. glauca* McClure) 和乌哺鸡竹(*P. vivax* McClure) 的果实形态极其相似, 均具有较长的宿存花柱, 明显异于其他竹类植物的果实, 可将此特征作为刚竹属种类的识别特征之一。

关键词: 竹类植物; 果实; 形态特征; 分类学意义

中图分类号: Q949.71⁺4.2; S795 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2016)04-0096-08

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2016.04.12

Fruit morphological characteristics of thirteen bamboo species ZHENG Xiao^{a,b}, JIANG Mingyun^{a,b}, ZHANG Li^{a,b}, LIN Shuyan^{a,c,①}, DING Yulong^{a,c} (Nanjing Forestry University: a. Co-Innovation Center for Sustainable Forestry in Southern China, b. College of Biology and the Environment, c. Bamboo Research Institute, Nanjing 210037, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2016, 25(4): 96–103

Abstract: Morphological characteristics of fruit of thirteen bamboo species in nine genera were observed and described, and variance analysis and coefficient of variation (CV) analysis on morphological indexes of fruit (including length with glume, width with glume, ratio of length to width with glume, length without glume, width without glume, ratio of length to width without glume and 1 000-grain mass) were carried out. The results show that fruits of thirteen bamboo species all are typical caryopsis with glumelle and lemma outside, thin pericarp and indehiscence; top of most lemmas without awn; most fruits with obvious longitudinal groove of abdomen; color of most glumes of taupe, tawny, brown, grey or greyish green; color of most mature fruits of brown, brownish black, brownish red, yellowish brown, grey, taupe, tawny, black brown or brownness; shape of fruit basically being elliptical type, ovoid type and long cylindrical type. There are extremely significant differences in length with glume, width with glume, ratio of length to width with glume, length without glume, width without glume, ratio of length to width without glume and 1 000-grain mass of fruit among thirteen bamboo species tested, and interspecific CV

收稿日期: 2016-06-15

基金项目: “十三五”国家重点研发计划课题(2016YFD0600901); 国家林业局推广项目([2014]41号); 科技支撑计划(农业)重点项目(BE2016304); 江苏省林业三新工程项目(LYSX[2016]04); 江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)

作者简介: 郑笑(1992—), 女, 安徽六安人, 博士研究生, 主要从事竹类植物发育学方面的研究。

①通信作者 E-mail: lrx@njfu.com.cn

values of these seven indexes are 34.60%, 28.19%, 54.63%, 21.22%, 27.96%, 38.19% and 57.38%, respectively, but intraspecific CV values of them are obviously smaller than their interspecific CV values. The result of comprehensive analysis shows that characteristics of fruit of bamboo species, such as with awn or not, glume color, coating degree of glume on fruit, relationship between glume length and fruit length, shape of fruit without glume, color of mature fruit, obvious longitudinal groove of abdomen or not and persistent style or not and so on can be used as taxon reference for genus and species of bamboo plants, in which, compared with length and width of fruit, 1 000-grain mass, ratio of length to width with glume and ratio of length to width without glume are more suitable for being used as taxonomic reference for species of bamboo plants. Furthermore, among thirteen bamboo species, fruit morphology of *Phyllostachys edulis* (Carr.) J. Houz., *P. glauca* McClure and *P. vivax* McClure in Sect. *Phyllostachys* of *Phyllostachys* Sieb. et Zucc. are very similar, their fruits all possess longer persistent style, and are obviously different from fruit of other bamboo species, so this characteristics may be used as one of identification characteristics to *Phyllostachys* species.

Key words: bamboo species; fruit; morphological characteristics; taxonomic signification

竹类植物是禾本科(Poaceae)竹亚科(Subfam. Bambusoideae)植物的总称,全世界共有70多属1200多种(不包括草本竹类),中国有48属500余种,是竹类植物的分布中心,资源非常丰富^[1]。

由于大多数竹类植物开花周期长,且开花也不一定结实,所以对竹类植物果实形态特征进行研究具有重要的价值和意义^[2-5]。张文燕等^[6]研究了五月季竹[*Phyllostachys reticulata* (Ruprecht) K. Koch]的开花和结实,认为其果实早期败退导致不能形成正常饱满的果实;喻富根等^[7]描述了21属39种竹类植物果实的形态解剖特征;姚罗根等^[8]对13属40种竹类植物果实形态进行了观察和描述,其中属于颖果的有8属28种;黄美秀等^[9]对12种竹类植物果实进行品质测定;徐振国等^[10]对广西吊丝竹[*Dendrocalamus minor* (McClure) L. C. Chia et H. L. Fung]、黄竹(*D. membranaceus* Munro)、云南龙竹(*D. yunnanicus* Hsueh et D. Z. Li)和沙罗单竹(*Schizostachyum funghomii* McClure)4种丛生竹果实的形态特征进行了研究;对箬竹(*Chimonobambusa tumidissinoda* Hsueh et T. P. Yi ex Ohrnberger)^[11]、雷竹[*Phyllostachys violascens* (Carrière) Rivière et C. Rivière]^[12]、匍匐镰序竹(*Drepanostachyum stoloniforme* S. H. Chen et Z. Z. Wang)^[13]、华西箭竹[*Fargesia nitida* (Mitford) P. C. Keng ex T. P. Yi]^[14]和料慈竹[*Bambusa distegia* (Keng et P. C. Keng) L. C. Chia et H. L. Fung]^[15]的果实形态特征也有了较为详细的描述。但相对于丰富的竹类植物资源,竹类植物果实形态特征的描述十分有限,如:《中国植物志》共描述了37属515种竹类植物,但有果实描述的仅72种,这也是导致竹类植

物分类研究较为混乱的主要原因之一^[8,16-18]。近几年,随着一些竹种开花结实,也新增了一些描述竹类植物果实的研究文献,但缺乏系统性^[19-20]。

作者对9属13种竹类植物果实形态特征进行观察,并对相关的形态指标进行统计和分析,以期完善竹类植物果实特征的描述,寻找出具有一定分类意义的果实形态指标,为完善竹类植物分类系统提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 材料

本研究包括9属13种竹类植物的果实,分别为丘斯夸竹属(*Chusquea* Kunth)1种、赤竹属(*Sasa* Makino et Shibata)1种、刚竹属(*Phyllostachys* Sieb. et Zucc.)3种、青篱竹属(*Arundinaria* Michaux)1种、苦竹属(*Pleiblastus* Nakai)3种、方竹属(*Chimonobambusa* Makino)1种、籐竹属(*Bambusa* Schreber)1种、唐竹属(*Sinobambusa* Makino ex Nakai)1种以及东箬竹属(*Sasaella* Makino)1种,各种类果实数量均为100粒。

丘斯夸竹属秋竹(*Chusquea* sp.)果实于2002年采自南美智利;赤竹属华箬竹(*Sasa sinica* Keng)果实于2003年采自中国安徽黄山;刚竹属的毛竹[*Phyllostachys edulis* (Carr.) J. Houz.]、淡竹(*P. glauca* McClure)和乌哺鸡竹(*P. vivax* McClure)果实分别于2012年采自中国湖南省邵阳市新宁县丰田乡铁沙江村、2015年11月中旬采自中国山东临清、2015年11月下旬采自中国江苏扬州个园;青篱竹属巴山木竹(*Arundinaria fargesii* E. G. Camus)果实于2005

年采自中国陕西秦岭;苦竹属的异叶苦竹〔*Pleiblastus simonii* f. *heterophyllus* (Makino et Shirasawa) Muroi〕、翠竹〔*P. pygmaea* (Miq.) E. G. Camus〕和铺地竹〔*P. argenteostriatus* (Regel) Nakai〕果实分别于2008年、2015年4月中旬和2015年5月下旬采自中国江苏南京林业大学竹种园;方竹属月月竹〔*Chimonobambusa sichuanensis* (T. P. Yi) T. H. Wen〕、簕竹属孝顺竹〔*Bambusa multiplex* (Lour.) Raeusch. ex Schult. et J. H. Schult.〕、唐竹属唐竹〔*Sinobambusa tootsik* (Makino) Makino〕和东筴竹属黄条金刚竹〔*Sasaella kongosanensis* 'Aureostriatus'〕果实分别于2010年、2010年、2010年和2015年采自中国江苏南京林业大学竹种园。凭证标本保存于南京林业大学标本馆(NF)。

1.2 方法

将果实晒干后放入密封袋,置于2℃~4℃冰箱中冷藏。肉眼或结合放大镜观察果实外观形态特征。

随机选取各竹类植物的果实,用数显游标卡尺(精度0.01 mm)分别测定带稃片和去稃片果实的长度和宽度,并计算果实长宽比。每次测量50粒,重复3次。由于异叶苦竹和巴山木竹的稃片长度短于果实,因此不测量其带稃片的果实长度和宽度。

随机选取各供试竹类植物去稃片果实100粒,用METTLER TOLEDO ML 204分析天平(瑞士梅特勒-托利多公司)称量质量,重复10次,计算平均值,再换算成千粒质量。

1.3 数据处理

采用EXCEL 2003和SPSS 17.0软件对数据进行整理和分析。

2 结果和分析

2.1 13种竹类植物果实外观形态特征观察结果

秋竹果实:基本型颖果,外带内、外稃,顶端无芒;稃片纸质,灰褐色或棕色,长于果实。果皮质薄不开裂,去稃果实形状为长椭圆形,表面光滑无毛,腹部纵沟槽明显,成熟果实呈棕色或棕黑色(图1-1,2)。

黄条金刚竹果实:基本型颖果,外带内、外稃,顶端有芒;稃片纸质,灰褐色或棕色,长于果实。从2015年6月中旬至9月中旬,果实序次成熟。果皮质薄不开裂,去稃果实形状为长椭圆形,两端略向上翘,腹部纵沟槽明显,成熟果实呈黄褐色(图1-3,4)。

华箬竹果实:基本型颖果,外带内、外稃,顶端无芒;稃片咖啡灰色,紧密包裹果实,带稃片的果实顶端呈小尖头形状。果皮质薄不开裂,去稃果实形状为卵形或长卵形,腹部纵沟槽明显,成熟果实呈黑褐色或灰褐色(图1-5,6)。

异叶苦竹果实:基本型颖果,外带内、外稃,顶端无芒;稃片黄褐色,短于果实,在中部偏下方即张开。于2008年5月下旬果实成熟。果皮质薄不开裂,去稃果实形状为长椭圆形,表面光滑无毛,腹部稍扁平,腹部纵沟槽不明显,果实成熟前有黄绿条纹,成熟时呈黄褐色(图1-7,8)。

翠竹果实:基本型颖果,外带内、外稃,顶端无芒;稃片黄褐色,略长于果实。于2015年4月中旬果实成熟。果皮质薄不开裂,去稃果实形状为长椭圆形,腹部纵沟槽明显,成熟果实呈黄褐色(图1-9,10)。

铺地竹果实:基本型颖果,外带内、外稃,顶端无芒;稃片黄褐色,略长于果实。果皮质薄不开裂,去稃果实形状为长椭圆形,腹部纵沟槽明显,成熟果实呈黄褐色(图1-11,12)。

毛竹果实:基本型颖果,外带内、外稃,顶端具芒;稃片灰绿色,紧包果实,稃片长度约比果实长1倍。果皮质薄不开裂,花柱明显宿存,去稃果实形状为长圆柱形,腹部纵沟槽明显,成熟果实呈棕红色(图1-13,14)。

淡竹果实:基本型颖果,外带内、外稃,顶端具芒;稃片灰褐色,紧包果实,稃片长度约比果实长1倍。果皮质薄不开裂,花柱明显宿存,去稃果实形状为长圆柱形,腹部纵沟槽明显,成熟果实呈黄棕色或棕色(图1-15,16)。

乌哺鸡竹果实:基本型颖果,外带内、外稃,顶端具芒;稃片灰褐色或黑褐色,紧密包裹果实,稃片长度约比果实长1倍。果皮质薄不开裂,花柱明显宿存,去稃果实形状为长圆柱形,腹部纵沟槽明显,成熟果实呈灰褐色或黑褐色(图1-17,18)。

月月竹果实:基本型颖果,外带内、外稃,顶端无芒;稃片薄纸质,不完全包裹果实,在中部偏下方即张开。果皮质薄不开裂,去稃果实形状呈椭圆形或扁椭圆形,腹部纵沟槽明显,成熟果实呈棕灰色或棕黑色(图1-19,20)。

孝顺竹果实:基本型颖果,外带内、外稃,顶端无芒;稃片纸质,灰色略带绿,稃片长度约比果实长1倍。果皮质薄不开裂,去稃果实形状呈长圆柱形,顶



1,2. 秋竹 *Chusquea* sp.: 1. 带稃片 With glume; 2. 去稃片 Without glume. 3,4. 黄条金刚竹 *Sasaella kongosanensis* 'Aureostriatus': 3. 带稃片 With glume; 4. 去稃片 Without glume. 5,6. 华箬竹 *Sasa sinica* Keng: 5. 带稃片 With glume; 6. 去稃片 Without glume. 7,8. 异叶苦竹 *Pleioblastus simonii* f. *heterophyllus* (Makino et Shirasawa) Muroi: 7. 带稃片 With glume; 8. 去稃片 Without glume. 9,10. 翠竹 *Pleioblastus pygmaea* (Miq.) E. G. Camus: 9. 带稃片 With glume; 10. 去稃片 Without glume. 11,12. 铺地竹 *Pleioblastus argenteostriatus* (Regel) Nakai: 11. 带稃片 With glume; 12. 去稃片 Without glume. 13,14. 毛竹 *Phyllostachys edulis* (Carr.) J. Houz.: 13. 带稃片 With glume; 14. 去稃片 Without glume. 15,16. 淡竹 *Phyllostachys glauca* McClure: 15. 带稃片 With glume; 16. 去稃片 Without glume. 17,18. 乌哺鸡竹 *Phyllostachys vivax* McClure: 17. 带稃片 With glume; 18. 去稃片 Without glume. 19,20. 月月竹 *Chimonobambusa sichuanensis* (T. P. Yi) T. H. Wen: 19. 带稃片 With glume; 20. 去稃片 Without glume. 21,22. 孝顺竹 *Bambusa multiplex* (Lour.) Raeusch. ex Schult. et J. H. Schult.: 21. 带稃片 With glume; 22. 去稃片 Without glume. 23,24. 唐竹 *Sinobambusa tootsik* (Makino): 23. 带稃片 With glume; 24. 去稃片 Without glume. 25,26. 巴山木竹 *Arundinaria fargesii* E. G. Camus: 25. 带稃片 With glume; 26. 去稃片 Without glume.

图1 13种竹类植物果实形态
Fig. 1 Morphology of fruit of thirteen bamboo species

端大于有胚一端,腹部纵沟槽明显,成熟果实呈棕色(图1-21,22)。

唐竹果实:基本型颖果,外带内、外稃,顶端无芒;稃片灰色,稃片长度约与果实相等。果皮质薄不开裂,去稃果实形状呈扁椭圆形,两端略向上翘,腹部纵沟槽明显,成熟果实呈灰色(图1-23,24)。

巴山木竹果实:基本型颖果,外带内、外稃,顶端无芒;稃片纸质,灰色,较小,不能包裹果实,稃片长度基本短于果实,在中部偏下方即张开。果皮质薄不开裂,去稃果实形状呈扁长椭圆形或扁圆柱形,腹部纵沟槽明显,成熟果实呈棕色或棕黑色(图1-25,26)。

13种竹类植物果实外观形态特征的观察结果表明:13种竹类植物果实均为基本型颖果,外带内、外稃,果皮质薄不开裂。而对于外稃顶端是否具芒、稃片颜色、稃片对果实的包裹程度和稃片长度与果实长度的比例关系、去稃果实形状、成熟果实颜色、腹部纵沟槽是否明显以及花柱是否宿存等特征,不同属竹种间的差异较大。从外稃顶端是否具芒来看,仅黄条金刚竹、毛竹、淡竹和乌哺鸡竹具芒,其他9种竹类植物均不具芒。稃片颜色多呈灰褐色、黄褐色、棕色、灰色或灰绿色。根据稃片对果实的包裹程度以及稃片长度与果实长度的比例关系可将13种竹类植物果实分为3类:稃片全部包裹果实且稃片长度远长于果实(如黄条金刚竹、毛竹、淡竹、乌哺鸡竹和孝顺竹);稃片全部包裹果实但稃片长度略长于果实(如华箬竹、秋竹、翠竹、铺地竹和唐竹);稃片不能全部包裹果实,在果实中部左右即张开(如异叶苦竹、月月竹和巴山木竹)。根据去稃果实形状可将13种竹类植物果实分为3类:第1类是椭圆形类,包括长椭圆形和扁椭圆形,如秋竹、黄条金刚竹、异叶苦竹、翠竹、铺地竹、月月竹、唐竹和巴山木竹;第2类是卵圆形类,包括卵形和长卵形,如华箬竹;第3类是长圆柱形类,包括孝顺竹、毛竹、淡竹和乌哺鸡竹。成熟果实颜色多为棕色、棕黑色、棕红色、黄棕色、灰色、灰褐色、黄褐色、黑褐色或褐色。除异叶苦竹外,其他12种竹类植物果实多具有明显的腹部纵沟槽。根据宿存花柱情况可将13种竹类植物果实分为2类,一类具有明显的宿存花柱且宿存花柱较长,如毛竹、淡竹和乌哺鸡竹;另一类宿存花柱无或不明显。

2.2 13种竹类植物果实的形态指标及其变异系数分析

13种竹类植物果实带稃长、带稃宽、带稃长宽比、

去稃长、去稃宽、去稃长宽比和千粒质量及各指标的变异系数见表1。由表1可以看出:13种竹类植物果实7个性状在不同竹类植物间的差异均达到极显著水平。13种竹类植物中,果实带稃长最长的是乌哺鸡竹,为24.26 mm,其次是毛竹和淡竹;带稃长最短的是秋竹,为6.45 mm,华箬竹和唐竹的带稃长也较短。果实带稃宽最宽的是黄条金刚竹,为3.51 mm,其次是翠竹和华箬竹;果实带稃宽最窄的是秋竹,为1.24 mm,淡竹、乌哺鸡竹和毛竹的带稃宽也较窄。果实带稃长宽比最大的是淡竹,为14.46,其次是乌哺鸡竹和毛竹;带稃长宽比最小的是华箬竹,为2.97,唐竹和翠竹的带稃长宽比也较小。果实去稃长最长的是异叶苦竹,为16.28 mm,其次是翠竹和乌哺鸡竹;去稃长最短的是秋竹,为3.98 mm,华箬竹和唐竹的去稃长也较短。果实去稃宽最宽的是异叶苦竹,为4.01 mm,其次是巴山木竹、黄条金刚竹和翠竹;去稃宽最窄的是秋竹,为1.22 mm,淡竹和乌哺鸡竹的去稃宽也较窄。果实去稃长宽比最大的是淡竹,为7.00,其次是乌哺鸡竹和毛竹;去稃长宽比最小的是华箬竹,为2.08,黄条金刚竹和巴山木竹的去稃长宽比也较小。果实千粒质量最大的是异叶苦竹,为78.08 g,其次是翠竹和巴山木竹;千粒质量最小的是秋竹,为5.62 g,淡竹、月月竹和毛竹的千粒质量也较小。综上所述,刚竹属刚竹组(Sect. *Phyllostachys*)的毛竹、淡竹和乌哺鸡竹果实的带稃长较长、带稃宽较窄、带稃长宽比较大、去稃长较长、去稃宽较窄、去稃长宽比较大、千粒质量较小,说明三者的果实形态极其相似,且明显异于供试的其他竹类植物果实。

从变异系数上看,13种竹类植物果实带稃长的变异系数为4.50%~12.63%,变异幅度最大的是黄条金刚竹,变异幅度最小的是铺地竹;带稃宽的变异系数为7.83%~21.46%,变异幅度最大的是铺地竹,变异幅度最小的是翠竹;带稃长宽比的变异系数为9.44%~23.66%,变异幅度最大的是月月竹,变异幅度最小的是唐竹;去稃长的变异系数为5.58%~12.49%,变异幅度最大的是巴山木竹,变异幅度最小的是唐竹;去稃宽的变异系数为6.38%~32.12%,变异幅度最大的是乌哺鸡竹,变异幅度最小的是华箬竹;去稃长宽比的变异系数为7.53%~16.36%,变异幅度最大的是巴山木竹,变异幅度最小的是唐竹;千粒质量的变异系数为0.83%~9.86%,变异幅度最大的是乌哺鸡竹,变异幅度最小的是孝顺竹。13种竹类

植物间果实带稃长、带稃宽、带稃长宽比、去稃长、去稃宽、去稃长宽比和千粒质量的变异系数分别为34.60%、28.19%、54.63%、21.22%、27.96%、38.19%和57.38%。说明各竹类植物间果实形态指标变异较大,尤其是千粒质量和带稃长宽比。而竹类植物种内形态指标变异程度远小于种间,均值分别为9.20%、11.87%、14.38%、8.94%、11.46%、11.60%和3.20%。说明各竹类植物果实种内形态指标中,千粒质量的变异系数较小。

13种竹类植物果实形态指标的方差分析结果显示:不同竹类植物果实形状大小不等,形态各异,千粒质量也各不相同。部分同属竹种果实的某些形态指标差异不显著,例如对刚竹属的毛竹、淡竹和乌哺鸡竹来说,毛竹与淡竹果实的带稃长差异不显著;毛竹与乌哺鸡竹果实的带稃宽和去稃宽差异也不显著。但在不同属的竹类植物间,部分果实形态指标差异也不显著,例如华箬竹与孝顺竹果实的带稃宽、毛竹与黄条金刚竹果实的去稃长以及毛竹与月月竹的千粒

表1 13种竹类植物果实形态指标均值及变异系数的比较($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 1 Comparison on average value and coefficient of variance of fruit morphological index of thirteen bamboo species ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

竹种 Bamboo species	带稃长 Length with glume		带稃宽 Width with glume		带稃长宽比 Ratio of length to width with glume		去稃长 Length without glume	
	均值/mm Average	CV/% ²⁾	均值/mm Average	CV/% ²⁾	均值 Average	CV/% ²⁾	均值/mm Average	CV/% ²⁾
秋竹 <i>Chusquea</i> sp.	6.45±0.75j	11.63	1.24±0.14g	11.29	5.23±0.62e	11.85	3.98±0.40i	10.05
黄条金刚竹 <i>Sasaella kongosanensis</i> 'Aureostriatus'	17.90±2.26d	12.63	3.51±0.34a	9.69	5.12±0.67e	13.09	8.85±0.61e	6.89
华箬竹 <i>Sasa sinica</i>	8.54±0.81i	9.48	2.89±0.23b	7.96	2.97±0.34g	11.45	6.19±0.53h	8.56
异叶苦竹 <i>Pleioblastus simonii</i> f. <i>heterophyllus</i>	—	—	—	—	—	—	16.28±1.48a	9.09
翠竹 <i>Pleioblastus pygmaea</i>	15.03±1.56e	10.38	3.45±0.27a	7.83	4.37±0.55f	12.59	11.06±0.82b	7.41
铺地竹 <i>Pleioblastus argenteostriatus</i>	12.88±0.58f	4.50	2.61±0.56c	21.46	5.10±0.93e	18.24	10.42±0.76c	7.29
毛竹 <i>Phyllostachys edulis</i>	23.01±1.73b	7.52	2.07±0.30e	14.49	11.38±2.07c	18.19	9.13±0.78e	8.54
淡竹 <i>Phyllostachys glauca</i>	22.94±1.40b	6.10	1.60±0.16f	10.00	14.46±1.64a	11.34	9.66±0.94d	9.73
乌哺鸡竹 <i>Phyllostachys vivax</i>	24.26±1.96a	8.08	1.97±0.27e	13.71	12.52±2.05b	16.37	10.63±1.18c	11.06
月月竹 <i>Chimonobambusa sichuanensis</i>	11.87±1.48g	12.47	2.27±0.40d	17.62	5.41±1.28e	23.66	8.49±0.83f	9.78
孝顺竹 <i>Bambusa multiplex</i>	18.93±2.11c	11.15	2.78±0.22b	7.91	6.84±0.82d	11.99	8.20±0.80f	9.76
唐竹 <i>Sinobambusa tootsik</i>	10.53±0.76h	7.22	2.56±0.22c	8.59	4.13±0.39f	9.44	7.71±0.43g	5.58
巴山木竹 <i>Arundinaria fargesii</i>	—	—	—	—	—	—	9.61±1.20d	12.49
均值 Average	16.91	9.20	2.53	11.87	7.51	14.38	9.07	8.94
F值 F value	1 052.44**		483.24**		834.53**		396.64**	
CV/% ²⁾	34.60		28.19		54.63		21.22	

竹种 Bamboo species	去稃宽 Width without glume		去稃长宽比 Ratio of length to width without glume		千粒质量 1 000-grain mass	
	均值/mm Average	CV/% ²⁾	均值 Average	CV/% ²⁾	均值/g Average	CV/% ²⁾
秋竹 <i>Chusquea</i> sp.	1.22±0.12i	9.84	3.30±0.53fg	16.06	5.62±0.10k	1.78
黄条金刚竹 <i>Sasaella kongosanensis</i> 'Aureostriatus'	3.38±0.34c	10.06	2.64±0.26i	9.85	40.23±2.06e	5.12
华箬竹 <i>Sasa sinica</i>	2.98±0.19d	6.38	2.08±0.19j	9.13	23.06±0.66h	2.86
异叶苦竹 <i>Pleioblastus simonii</i> f. <i>heterophyllus</i>	4.01±0.42a	10.47	4.11±0.67d	16.30	78.08±0.99a	1.27
翠竹 <i>Pleioblastus pygmaea</i>	3.38±0.29c	8.58	3.28±0.28fg	8.54	63.06±1.20b	1.90
铺地竹 <i>Pleioblastus argenteostriatus</i>	2.92±0.31d	10.62	3.59±0.28e	7.80	44.24±1.34d	3.03
毛竹 <i>Phyllostachys edulis</i>	2.06±0.25g	12.14	4.47±0.45c	10.07	20.83±0.71i	3.41
淡竹 <i>Phyllostachys glauca</i>	1.39±0.13h	9.35	7.00±0.70a	10.00	17.58±0.56j	3.19
乌哺鸡竹 <i>Phyllostachys vivax</i>	2.00±0.64g	32.12	5.49±0.86b	15.66	25.25±2.49g	9.86
月月竹 <i>Chimonobambusa sichuanensis</i>	2.52±0.36f	14.29	3.42±0.46f	13.45	20.50±0.65i	3.17
孝顺竹 <i>Bambusa multiplex</i>	2.58±0.25ef	9.69	3.20±0.32g	10.00	28.91±0.24f	0.83
唐竹 <i>Sinobambusa tootsik</i>	2.64±0.19e	7.20	2.92±0.22h	7.53	24.82±0.71g	2.86
巴山木竹 <i>Arundinaria fargesii</i>	3.52±0.29b	8.24	2.75±0.45i	16.36	45.52±1.03c	2.26
均值 Average	2.66	11.46	3.70	11.60	33.67	3.20
F值 F value	414.15**		800.09**		2 900.68**	
CV/% ²⁾	27.96		38.19		57.38	

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示在0.05水平上差异显著 Different small letters in the same column indicate the significant difference at 0.05 level.
—: 无数据 No datum. **: 在0.01水平上显著相关 The significant correlation at 0.01 level.

²⁾ CV: 变异系数 Coefficient of variance.

质量均差异不显著。说明竹类植物果实形态指标具有一定的分类学意义,但也存在许多不准确性。

另外,刚竹组毛竹、淡竹和乌哺鸡竹的果实具有明显的宿存花柱,但宿存花柱长存在差异,其中毛竹、淡竹和乌哺鸡竹果实的宿存花柱长分别为3.90、4.82和5.54 mm,差异显著,三者宿存花柱长的平均值为4.76 mm。进一步对三者的宿存花柱长进行单因素方差分析,结果显示其宿存花柱长差异极显著,但变异系数很小,仅为0.26%。

3 讨 论

种子形态学是研究植物系统与演化的重要领域,也是描述性分类学的重要方面^[21]。受环境等影响,植物的表型性状存在较大变异,而种子作为有性繁殖器官,是遗传信息的承载者,受环境影响较小,具有较高的稳定性,因此种子特征可以为植物科、属、种的划分以及种间的亲缘关系提供可靠依据^[22]。竹类植物很少开花结果,所以很难利用花和果实的特征进行分类,这也是造成竹类植物分类混乱的主要原因之一。本文通过对9属13种竹类植物果实外观形态特征和形态指标的研究,旨在丰富竹类植物果实的形态学资料,完善种质资源库,并寻找具有一定分类学意义的形态指标,为完善竹类植物分类系统提供参考。

3.1 竹类植物果实外观形态和形态指标在分类学上的意义

竹类植物果实为颖果,根据果皮性质将其分为基本型颖果、半坚果状颖果、坚果状颖果和浆果状颖果4大类^[7]。本文研究的13种竹类植物均为基本型颖果,外带内、外稃,果皮质薄不开裂;外稃顶端多数不具芒;果实多具明显的腹部纵沟槽;稃片颜色多呈灰褐色、黄褐色、棕色、灰色或灰绿色;成熟果实颜色多为棕色、棕黑色、棕红色、黄棕色、灰色、灰褐色、黄褐色、黑褐色或褐色;果实形状基本为椭圆形类、卵圆形类和长圆柱形类。

对13种竹类植物果实的外观形态、形态指标以及千粒质量等的研究结果显示,其外稃顶端是否具有芒、稃片颜色、稃片对果实的包裹程度、稃片长度与果实长度的关系、去稃果实形状、成熟果实颜色、腹部纵沟槽是否明显、花柱是否宿存等特征可作为竹类植物属种分类的参考依据,具有重要的研究价值。

刚竹属刚竹组的毛竹、淡竹和乌哺鸡竹果实形态

特征具有明显的共性:带稃果实外形相同、顶端具芒、去稃果实长圆柱形、具明显腹部纵沟槽和较长的宿存花柱、稃片长度约比果实长1倍,其果实的带稃长、带稃宽、带稃长宽比、去稃长、去稃宽、去稃长宽比及千粒质量的平均值分别为22.94~24.26 mm、1.60~2.07 mm、11.38~14.46、9.13~10.63 mm、1.39~2.06 mm、4.47~7.00、17.58~25.25 g。三者果实形态也具有一定的差异,如稃片颜色,成熟果实颜色,果实去稃和带稃的长、宽、长宽比及千粒质量等。已有研究结果表明:刚竹属刚竹组的早竹〔*Phyllostachys violascens* (Carrière) Rivière et C. Rivière〕是半坚果颖果,圆柱形,果实去稃长和去稃宽分别为10.02和2.30 mm,具长喙(即宿存花柱);刚竹属水竹组(Sect. *Heterocladae*)的水竹(*Phyllostachys heteroclada* Oliver)是半坚果状颖果,长卵形,果实去稃长和去稃宽分别为3.51和1.32 mm,具长喙^[7]。刚竹组的果实呈长圆柱形,带稃长宽比均在10以上,与其他属差异较大,因此,可以考虑将去稃果实形状、带稃长宽比作为区分刚竹组和水竹组的依据之一,也可以考虑将果实具有较长的宿存花柱作为刚竹属的识别特征之一。

根据苦竹属的异叶苦竹、翠竹和铺地竹的特征可知,铺地竹和翠竹果实外形相同,稃片黄褐色,略长于种子,去稃果实形状长椭圆形,成熟果实呈黄褐色,有明显腹部纵沟槽,其果实的带稃长、带稃宽、带稃宽比、去稃长、去稃宽、去稃长宽比和千粒质量的平均值分别为12.88和15.03 mm、2.61和3.45 mm、4.37和5.10、10.42和11.06 mm、2.92和3.38 mm、3.59和3.28以及44.24和63.06 g。但二者与异叶苦竹果实特征差异较大,异叶苦竹稃片短于果实,在其中部偏下方即张开,腹部纵沟槽不明显,果实成熟前有黄绿条纹,去稃长、去稃宽、去稃长宽比及千粒质量的平均值分别为16.28 mm、4.01 mm、4.11和78.08 g。这表明苦竹属的果实可能存在多种类型。

3.2 竹类植物果实形态指标的变异

植物的形态性状受其自身的遗传特性及所处的外界环境共同作用,各竹类植物果实形态指标差异显著,遗传物质是导致其差异的内在动力,而环境因子是外部原因。其中,环境因子包括立地条件、气候条件(年均温、年积温、热量因子、年降水量、年日照时数、无霜期和花原基形成的日长等)以及地理环境(纬度、经度和海拔等)等因素^[23-24]。

对于同属的竹类植物果实来说,部分形态指标差

异较小,但有些指标差异显著。这是由竹种自身遗传物质和外界生存环境共同作用导致的。因此,这些形态指标只是在一定程度上具有分类意义,具有一定的参考价值,但是不能完全依靠这些指标对竹类植物进行分类研究。

本研究中,13种竹类植物种间果实表型性状变异系数由大到小依次为千粒质量、带稃长宽比、去稃长宽比、带稃长、带稃宽、去稃宽、去稃长,说明果实千粒质量、带稃长宽比和去稃长宽比这3个指标较果实长和宽更适合作为竹类植物种间的分类依据;而种内果实表型性状变异系数的均值由大到小依次为带稃长宽比、带稃宽、去稃长宽比、去稃宽、带稃长、去稃长、千粒质量。黄美秀等^[9]测得毛竹果实的千粒质量为31.00 g,喻富根等^[7]测得毛竹果实的长和宽分别为7.55和1.60 mm,长宽比为4.43,与本研究结果存在一些差异,一方面说明同种竹类植物不同种群的果实形态指标差异明显,另一方面说明果实长宽比相对稳定,较果实长和宽以及千粒质量更适合进行竹类植物的分类研究。张建等^[25]研究认为,楠属(*Phoebe* Nees)植物的种子长宽比也是一个稳定性状,可以作为楠属植物鉴定的依据之一,在分类上有一定参考意义。

本文研究了9属13种竹类植物,虽然得到一些明显的规律,但是由于研究的竹类植物数量有限,不能更好地挖掘其中的规律,只能详尽描述其相关信息,为今后研究提供参考;其次,由于竹类植物果实的外观形态特征受生长环境影响极大,所以不同年份的同种竹类植物或者不同地点的同种竹类植物的形态指标等均存在一定的差异,这在一定程度上影响了对竹类植物形态的观察,因此在今后研究中,应加大对不同竹类植物以及同种竹类植物不同种群果实的收集,为进一步完善竹类植物分类特征,也为解决竹类植物属内种间系统关系问题的深入研究奠定基础。

参考文献:

- [1] 周芳纯. 竹林培育学[M]. 北京:中国林业出版社,1998:5-15.
- [2] 柴振林,秦玉川,华锡奇,等. 竹子开花原因研究进展[J]. 浙江林业科技,2006,26(2):53-57.
- [3] AI Y F, GONG L X, REED M, et al. Characterization of starch from bamboo seeds[J]. Starch, 2016, 68: 131-139.
- [4] XIE N, CHEN L N, WONG K, et al. Seed set and natural regeneration of *Dendrocalamus membranaceus* Munro after mass and sporadic flowering in Yunnan, China[J]. PLoS One, 2016, 11: e153845.
- [5] 林树燕,石文文,缪彬彬,等. 竹类植物生殖生物学研究进展[J]. 世界竹藤通讯,2010,8(2):1-6.
- [6] 张文燕,马乃训,吴玲玲,等. 五月季竹开花结实的研究[J]. 竹子研究汇刊,1992,11(2):15-25.
- [7] 喻富根,胡成华,陈玲,等. 竹类果实的形态解剖特征与系统进化[J]. 植物学报,1993,35(10):779-792.
- [8] 姚罗根,谭宏超. 竹子果实形态及质量的观察和测定[J]. 林业调查规划,2008,33(5):36-39.
- [9] 黄美秀,谭宏超,李成慧. 竹子种子品质测定和发芽率试验[J]. 林业调查规划,2011,36(6):134-137.
- [10] 徐振国,李立杰,黄大勇,等. 广西4种丛生竹种子形态特性与萌发初探[J]. 江西农业大学学报,2013,35(6):1206-1211.
- [11] 董文渊,黄宝龙,谢泽轩,等. 筴竹开花结实特性的研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2001,25(6):30-32.
- [12] 付顺华,吴家森,余永清,等. 雷竹种子特性及苗期生长观察[J]. 山东林业科技,2002(1):11-12.
- [13] 陈松河,王振忠. 匍匐镰序竹种子营养成分和特性的研究[J]. 种子,2007,26(12):11-13.
- [14] 赵春章,刘庆. 华西箭竹(*Fargesia nitida*)种子特征及其萌发特性[J]. 种子,2007,26(10):36-39.
- [15] 段春香. 料慈竹种子特性及育苗技术系统研究[D]. 昆明:西南林学院资源学院,2008:10.
- [16] 赖广辉. 试论竹子分类和种系鉴定中的若干方法问题[J]. 竹子研究汇刊,2013,32(3):9-13,27.
- [17] 肖雄. 竹类植物研究进展[J]. 四川林业科技,2013,34(1):29-32.
- [18] 赵奇僧,汤庚国. 中国竹子分类的现状和问题[J]. 南京林业大学学报,1993,17(4):1-8.
- [19] 李德铎. 竹亚科分类的若干方法问题:兼论牡竹属的范畴[J]. 植物分类学报,1994,32(3):283-289.
- [20] 岩香甩,陈勇,李青红. 西双版纳竹类植物研究进展[J]. 山东林业科技,2010(3):114-117.
- [21] 薛丹,田晓玲,马永鹏,等. 云南玉龙雪山报春花属植物种子形态与分类研究初探[J]. 种子,2016,35(4):103-106.
- [22] 江丹丹,周晶,常朝阳. 中国绣线菊属植物种子形态及其分类学意义[J]. 植物科学学报,2015,33(5):579-594.
- [23] 唐洁,汤玉喜,杨艳,等. 不同种源木荷种子形态变异研究[J]. 湖南林业科技,2015,42(6):61-64,69.
- [24] 杨志玲,杨旭,谭梓峰,等. 厚朴不同种源及家系种子性状的变异[J]. 中南林业科技大学学报,2009,29(5):49-55.
- [25] 张建,徐思远,李刚,等. 5种楠属植物种子特征及其在分类中的意义[J]. 种子,2016,35(2):50-53.

(责任编辑:张明霞)