

宜兴苦竹开花结实首次记录

张韞¹, 张玲², 蓝芳荣³, 朱志勇¹, 陈晓东¹, 郭起荣^{1,4*}

(1. 国际竹藤中心, 国家林业局竹藤科学与技术重点开放实验室, 北京 100102; 2. 博爱县林业局, 河南 博爱 454450; 3. 上犹县林业局, 江西 上犹 341200; 4. 南京林业大学, 南方现代林业协同创新中心, 南京 210037)

摘要: 观察了宜兴苦竹(*Pleioblastus yixingensis*)开花习性, 描述了其花序的形态结构。野外调查观察到宜兴苦竹雄蕊个数 3、4、5、6 均有, 以 3 为主, 补充丰富了苦竹属雄蕊 3 的数据。硼不是花粉萌发的必需元素。花粉浅染型败育, 萌发率仅有 5.11%, 是宜兴苦竹结实率低的重要原因。河南、江苏、浙江、安徽等地的宜兴苦竹 2017 年同步开花, 结实率不足 10%。

关键词: 宜兴苦竹; 苦竹属; 花粉; 败育; 结实

doi: 10.11926/jtsb.3792

The First Record of Flowering and Bearing about *Pleioblastus yixingensis* (Bambusoideae, Poaceae)

ZHANG Yun¹, ZHANG Ling², LAN Fang-rong³, ZHU Zhi-yong¹, CHEN Xiao-dong¹, GUO Qi-rong^{1,4*}

(1. Key Laboratory of Bamboo and Rattan Science and Technology of State Forestry Administration, International Center for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China; 2. Forestry Bureau of Boai County, Boai 454450, Henan, China; 3. Forestry Bureau of Shangyou County, Shangyou 454450, Jiangxi, China; 4. Co-Innovation Center for Sustainable Forestry in Southern China, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: The flowering habit of *Pleioblastus yixingensis* was observed at first, and the inflorescence morphological structure was described. Genus *Pleioblastus* has 3 stamens according to the Flora Reipublicae Popularis Sinicae, but the number of stamens with 3, 4, 5 or 6 were observed during field investigation, of which 3 was the majority. These enriched the data of *Pleioblastus*. The boron was not necessary element during pollen germination. The pollen was stained aborted with germination rate only 5.11%, which was an important reason of low setting of *P. yixingensis*. *Pleioblastus yixingensis* in Henan, Jiangsu, Zhejiang, Anhui was synchronized flowering in 2017 with fruiting rate less than 10%.

Key words: *Pleioblastus yixingensis*; *Pleioblastus*; Pollen; Abortion; Setting

竹类作为禾本科(Poaceae/Gramineae)竹亚科(Bambusoideae)植物, 具有花期不固定(数年、数十年甚至上百年), 有些竹种终生只开 1 次花, 花期可延续数月之久的特性^[1-2], 故竹类在生产上多以无性繁殖为主。目前认同的竹子开花原因有 3 种假说^[3], 即周期说(内因)、环境说(外因)和综合说。

由于竹类植物不经常开花, 且多数开花后林分

失去生产力, 植株逐渐枯死, 制约了竹类植物开花结实的研究。杜凡等^[4]对 15 年内云南 23 属 61 种竹子的开花现象及开花类型进行了详细描述。近年来, 我国科学工作者补充描述了不少竹类花器官形态特征等相关生殖生物学的研究(表 1)。

苦竹属是产于东亚的特有属^[34], 是我国重要的材用、景观、笋用、地被和工艺的竹类资源。苦竹

收稿日期: 2017-07-13

接受日期: 2017-09-18

基金项目: 中央级公益性科研院所基本业务费(1632016009); 国家林业局项目(2015001)资助

This work was supported by the Basal Research Fund for Central Public Welfare Scientific Institutes (Grant No.1632016009), and the Project for State Forestry Bureau (Grant No. 2015001).

作者简介: 张韞(1991~), 女, 硕士研究生, 主要从事树木种质研究。E-mail: zyzhangyunzy@163.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: QRGUO@126.com

表 1 近年补录花器官的竹种

Table 1 Addition record of flowering bamboo in recent years

竹 Bamboo	文献 Reference	竹 Bamboo	文献 Reference
福建茶秆竹 <i>Arundinaria amabilis</i> var. <i>convexa</i>	[5-6]	角竹 <i>Phyllostachys fimbriatigula</i>	[18]
青丝黄竹 <i>Bambusa eutuldoides</i> var. <i>viridi-vittata</i>	[7]	早竹 <i>P. praecox</i>	[24]
孝顺竹 <i>B. multiplex</i>	[8-9]	雷竹 <i>P. praecox</i> cv. <i>prevernalis</i>	[25-28]
绿竹 <i>B. oldhamii</i>	[10]	黄条早竹 <i>P. praecox</i> f. <i>notata</i>	[19]
撑篙竹 <i>B. pervariabilis</i>	[11]	台湾桂竹 <i>P. makinoi</i>	[18]
车筒竹 <i>B. sinospinosa</i>	[12]	美竹 <i>P. mannii</i>	[18]
月月竹 <i>Chimonobambusa sichuanensis</i>	[5-6,13]	紫竹 <i>P. nigra</i> var. <i>nigra</i>	[29]
马来甜龙竹 <i>Dendrocalamus asper</i>	[14]	早园竹 <i>P. propinqua</i>	[18]
小叶龙竹 <i>D. barbatus</i>	[14]	芽竹 <i>P. robustiramea</i>	[18]
大头典 <i>D. beecheyana</i> var. <i>pubescens</i>	[11]	水胖竹 <i>P. rubicunda</i>	[18]
麻竹 <i>D. latiflorus</i>	[11-12]	衢县红壳竹 <i>P. rutila</i>	[18]
吊丝竹 <i>D. minor</i>	[12]	天目早竹 <i>P. tianmuensis</i>	[18]
巨龙竹 <i>D. sinicus</i>	[15-16]	粉绿竹 <i>P. viridiglaucescens</i>	[19]
吊丝单 <i>D. variostrata</i>	[11]	铺地竹 <i>Pleioblastus argenteostriatus</i>	[30]
云南龙竹 <i>D. yunnanicus</i>	[12]	翠竹 <i>P. pygmaea</i>	[30]
雪山箭竹 <i>Fargesia lincangensis</i>	[17]	异叶苦竹 <i>P. simonii</i> f. <i>albostratus</i>	[5-6,13]
黄古竹 <i>Phyllostachys angusta</i>	[18]	黄条金刚竹 <i>Sasaella kongosanensis</i> 'Aureostriatus'	[30]
黄槽石绿竹 <i>P. arcana</i> f. <i>luteosulcata</i>	[19]	沙罗单竹 <i>Schizostachyum funghomii</i>	[12]
乌芽竹 <i>P. atrovaginata</i>	[18]	短穗竹 <i>Semiarundinaria densiflorum</i>	[5]
桂竹(五月季竹) <i>P. bambusoides</i>	[20]	鹅毛竹 <i>Shibataea chinensis</i>	[5,31-33]
毛竹 <i>P. edulis</i>	[21-23]	永德玉山竹 <i>Yushania yongdeensis</i>	[17]

属主要分布在我国安徽、四川、云南、福建、湖南、湖北、浙江、贵州、江苏等地，原生或栽培于低海拔山坡地，尤在江浙一带分布较多^[1]。

宜兴苦竹(*Pleioblastus yixingensis*)是 1983 年发表的苦竹属(大明竹属)竹种，模式标本采自杭州植物园(1975 年引自江苏宜兴)^[35-36]。以其竹秆节间较短，箨耳新月状镰刀形，耳缘有明显红紫色缝毛等特征(图 1: A)，区别于苦竹(*P. amarus*)，未见其花部形态^[1,37-40]的描述和记载。本研究补充了宜兴苦竹花器官形态结构的观察数据，以期为竹类植物生殖生物学的研究提供更多素材，为苦竹属种质资源的挖掘与保存提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验材料取自河南省博爱县博竹苑中，于 2003 年引自南京林业大学。博爱素有“太行山下小江南”之称，气候属暖温带半干旱大陆性季风气候区，四季分明，热量充裕，雨量充沛，无霜期较长，多年平均气温 14.1℃，极端最高气温 42.4℃，极端最低气温 -17.9℃，年均降水量为 580.7 mm。博爱有我国华北地区面积最大、栽培历史长的人工经营竹林(竹园)。

1.2 试材采集

于 2017 年 4 月下旬，在全面调查宜兴苦竹开花林分基础上，选取生长良好的宜兴苦竹(*Pleioblastus yixingensis*)中部花枝，随机剪取花序，进行观察、解剖、拍照。

试验花粉采集刚伸出的小花，置于新硫酸纸上，稍微晾晒，抖落花药，阴干 30 min 左右，放入干燥的干净离心管中、密封，放入装有硅胶的密封袋中。将密封袋放入带有冰袋的冰盒，带回室内，分别在室温 25℃、4℃和 -20℃下保存。

1.3 花粉萌发试验

取出在 4℃中保存的花药，用镊子和解剖针将花粉取出放在凹槽载玻片上，并使花粉散开，滴加 1~2 滴培养液，置于垫有湿润滤纸的培养皿中培养。在室温 25℃，相对湿度 75%~85%的条件下，培养一段时间后，用 LEICA DM LB2 显微镜观察花粉萌发率。

设置 9 种培养基，分别为 10%蔗糖 + 0、0.001%、0.005%硼酸；15%蔗糖 + 0、0.001%、0.005%硼酸；20%蔗糖 + 0、0.001%、0.005%硼酸，以筛选花粉萌发最适合的培养基类型。

1.4 花粉活力测定

取出在 3 种温度下保存的花粉，采用 I₂-KI 染

色法进行花粉活力的测定。取 2 g KI 溶于 5~10 mL 蒸馏水中, 加入 1 g I₂, 待完全溶解后, 再加蒸馏水 300 mL, 贮于棕色瓶中备用。用镊子取花药于凹槽载玻片上, 使花粉散开, 滴加 1~2 滴 I₂-KI 溶液, 盖上盖玻片, 在显微镜下观察。凡是被染成蓝色的为含有淀粉的活力较强的花粉粒, 呈现黄褐色的为发育不良的花粉粒。观察 2~3 张片子, 每片取 2~3 个视野, 统计花粉的染色率, 以染色率表示花粉的生活力。

2 结果和分析

随机调查博爱县博竹苑的宜兴苦竹, 高约 4 m, 胸径 2~3 cm, 长势优良, 属于生长比较健壮的林分, 于 2017 年 4 月初开始零星开花, 至 4 月中旬, 几乎全部植株开花(图 1: B)。2017 年 6 月中下旬开始, 见开花林分中自然落籽、萌发的幼苗(图 1: C)。

2.1 花序的形态结构

花序是花序轴及其着生在上面的花的总称, 是花的花轴上的排列形式^[1]。宜兴苦竹为圆锥花序,

多由 3~9 枚小穗组成, 7 枚居多, 侧生于叶枝上, 每小穗上有 7~10 朵小花, 10 朵居多(顶端小花常退化), 在小穗轴上交互排列, 小花无柄(图 1: D)。小穗绿色, 细长形或窄披针形, 其上密被微毛、白粉(图 1: E)。颖 2 片, 先端锐尖。稃片 2 枚, 外稃 11 脉, 包着内稃, 二者均为纸质, 先端紫色, 内稃略长于或近等于外稃。雄蕊 3, 具有相互分离的细长花丝, 花药锥形, 黄色(图 1: F), 成熟时伸出花外。

《中国植物志》仅记录苦竹属具有 3 个雄蕊, 本研究观察到宜兴苦竹还有 4、5、6 个雄蕊的(图 1: G~I), 花药黄色, 也发现有花药上长出柱头等的不正常发育类型(图 1: J)。鳞被 3, 近等长, 先端紫色, 肉质肿状(图 1: K)。花柱 1, 柱头白色, 一般 3 裂, 羽毛状。一般小穗下部的花先开放, 然后向顶部依次开放。果实为颖果, 麦粒状(图 1: L)。

2.2 花粉萌发

萌发试验结果表明, 宜兴苦竹花粉在 9 种培养基上均能萌发。月月竹(*Chimonobambusa sichuanensis*)、短穗竹(*Semiarundinaria densiflora*)、鹅毛竹(*Shibataea*

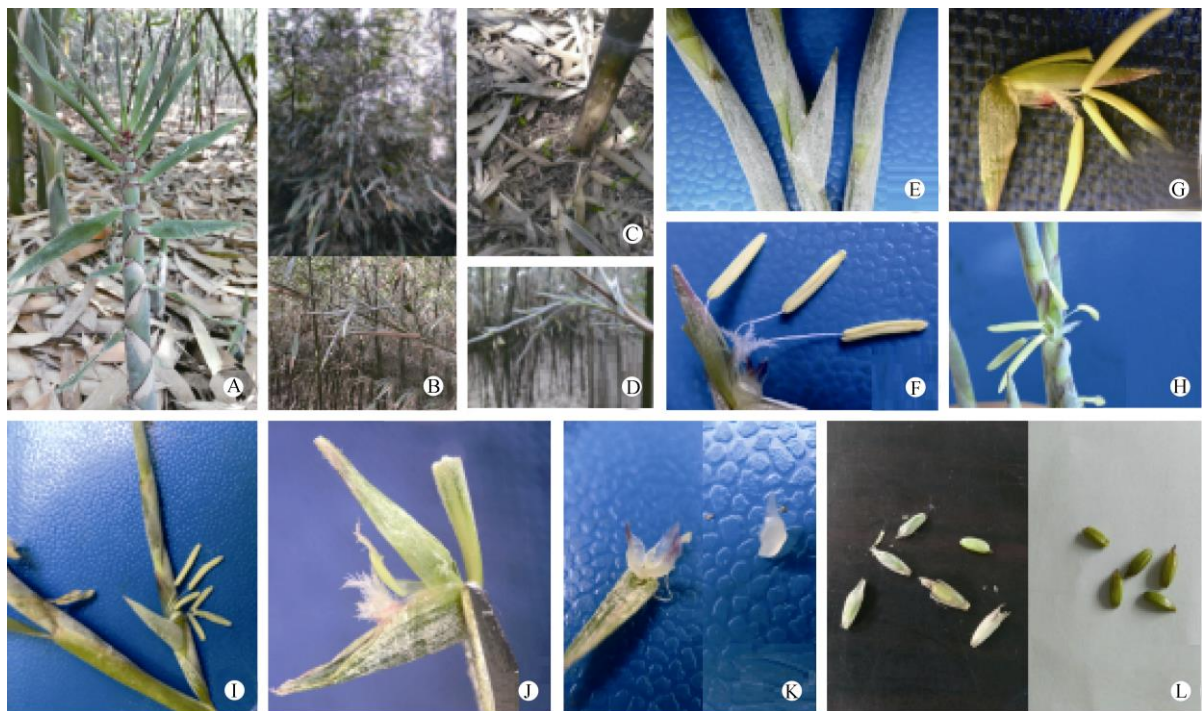


图 1 宜兴苦竹花器官。A: 笋; B: 开花全貌; C: 实生苗; D: 花序; E: 小穗(示密被细毛和白粉); F: 雄蕊 3; G: 雄蕊 4; H: 雄蕊 5; I: 雄蕊 6; J: 发育不正常的小花(雄蕊上长出柱头); K: 鳞被肉质; L: 果实(颖果)。

Fig. 1 Floral organs of *Pleioblastus yixingensis*. A: Bamboo shoot; B: A panorama of bamboo bloom; C: Seedling; D: Inflorescence; E: Spikelet (densely fine and white powdery); F: 3 stamens; G: 4 stamens; H: 5 stamens; I: 6 stamens; J: Abnormal floret (Stamens with stigma); K: Fleshy lodicules; L: Fruit (Caryopsis).

chinensis) 等的花粉在无硼参与, 仅含蔗糖的培养基上能够萌发^[5], 本研究与这些竹种花粉萌发的结果一致, 说明硼不是其萌发的必需元素。

但是, 所有试验的花粉萌发率均不高, 平均萌发率仅为 5.11%, 可能存在花粉败育、花粉发育质量不高、花粉采后运送贮藏干扰等因素^[41]。图 2 为 10 倍显微镜下观察到花粉管生长情况。

2.3 花粉储藏性

花粉分别于室温、4℃、-20℃下贮藏 117 h, 然后进行花粉活力测定。结果表明, 室温贮藏的花粉全部失活, -20℃与 4℃下贮藏的花粉仍有个别萌

发。我们曾经对毛竹花粉保存条件进行研究, 其在 4℃下的保存时间最长为 80 h^[22], 宜兴苦竹花粉也不耐储藏。

宜兴苦竹花粉几乎不见瘦小且干瘪、形态不规则的典型败育型(典败型), 也极少见对碘液无蓝色反应的圆败型, 其花粉为圆形, 并有少量淀粉, 花粉可被染成淡颜色或局部蓝色, 属浅染型败育^[41-42](表 2)。

6 月下旬, 在博爱竹博园进行宜兴苦竹种子成熟采收。调查表明, 空壳、瘪粒极多, 结实率不足 10%。参考开花毛竹种实增产技术^[43], 或许可以对开花宜兴苦竹施以种子增产术。

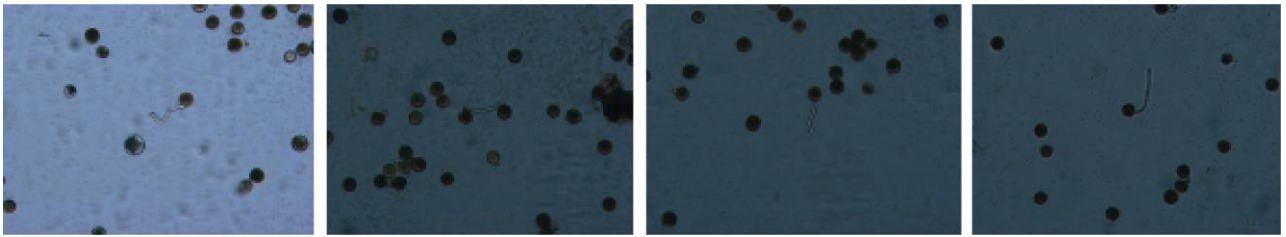


图 2 10 倍显微镜下宜兴苦竹花粉管生长

Fig. 2 Pollen tube growth of *Pleioblastus yixingensis* under microscope ($\times 10$)

表 2 花粉浅染型败育统计

Table 2 Statistics of pollen abortion of stained aborted

贮藏温度 (°C) Storage temperature	载玻片 Slide	视野 Vision	浅染型花粉数 Number of stained aborted pollen	总花粉数 Total number of pollen	%	平均 /% Mean
4	1	a	142	171	83.04	84.97
		b	141	166	84.94	
		c	124	142	87.32	
	2	a	51	79	64.56	69.77
		b	55	81	67.90	
		c	74	98	75.51	
	3	a	67	83	80.72	78.91
		b	51	70	72.86	
		c	84	103	81.55	
-20	1	a	52	55	94.55	93.87
		b	176	189	93.12	
		c	155	164	94.45	
	2	a	79	90	87.78	86.32
		b	59	69	85.51	
		c	45	53	84.91	

3 结论和讨论

目前, 对于苦竹属开花的研究较少。张文燕等^[44-45]的研究表明, 斑苦竹(*P. maculatus*)花粉在花粉囊中全部败育, 即为无花粉的雄性不育型, 华丝竹(*P.*

intermedius)的浅染型败育率达 50%以上。本研究的花粉败育以浅染型败育为主, 与张文燕等的结果一致。

本研究除首次报道了宜兴苦竹的花器官形态结构特征外, 还观察到宜兴苦竹不仅有 3 个雄蕊(多数)的, 甚至有 4、5、6 个雄蕊的, 这丰富了苦竹类

雄蕊数据,但未对非3的雄蕊数进行统计。同时还观察到花药上长出柱头的非正常发育类型,加之花粉为浅染型的败育类型,导致花粉萌发率低,宜兴苦竹的花粉萌发率只有5.11%,种子结实率也低于10%,非常的低。

宜兴苦竹的花属于短花柱型,花柱较短,不伸出稃外,开花时稃片张开仅柱头露出,这与张文燕等^[43]报道的苦竹、斑苦竹、华丝竹等的结果相同,可能是苦竹属的一个花部特征。

种植于博爱县博竹苑内的宜兴苦竹,于2017年4月初开始出现零星开花,至4月中旬几乎全部植株开花。此时位于江苏南京林业大学、浙江安吉竹博园、安徽黄山市黄山区(太平)亚热带竹类种质资源库的宜兴苦竹也在开花,其模式产地江苏宜兴的宜兴苦竹也有部分开花。生长在河南、江苏、浙江、安徽等不同地点的宜兴苦竹同步开花,印证了竹子开花“周期说”^[13,46],符合散生竹盛花期在4-7月的规律^[3]。

参考文献

- [1] GENG B J, WANG Z P. Flora Reipublicae Popularis Sinicae, Tomus 9(1) [M]. Beijing: Science Press, 1996: 1-761.
耿伯介, 王正平. 中国植物志, 第9卷第1分册 [M]. 北京: 科学出版社, 1996: 1-761.
- [2] ZHOU F C. Bamboo Silviculture [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1988: 4-11.
周芳纯. 竹林培育学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1998: 4-11.
- [3] LIN S Y. Studies on the reproductive biology of *Shibataea chinensis* and *Arundinaria simonii* f. *albostrigatus* [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2009: 11-13.
林树燕. 鹅毛竹和异叶苦竹的生殖生物学研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2009: 11-13.
- [4] DU F, XUE J R, YANG Y M, et al. Study on flowering phenomenon and its type of bamboo in Yunnan in past fifteen years [J]. *Sci Silv Sin*, 2000, 36(6): 57-68. doi: 10.3321/j.issn:1001-7488.2000.06.009.
杜凡, 薛嘉榕, 杨宇明, 等. 15年来云南竹子的开花现象及其类型研究 [J]. 林业科学, 2000, 36(6): 57-68. doi: 10.3321/j.issn:1001-7488.2000.06.009.
- [5] LIN S Y, DING Y L, ZHANG H. Pollen germination percentage and the floral character of five bamboo species [J]. *Sci Silv Sin*, 2008, 44(10): 159-163, 177. doi: 10.3321/j.issn:1001-7488.2008.10.027.
林树燕, 丁雨龙, 张昊. 5种竹子花粉萌发率及开花特性 [J]. 林业科学, 2008, 44(10): 159-163, 177. doi: 10.3321/j.issn:1001-7488.2008.10.027.
- [6] LIN S Y, SHOU Y T, DING Y L. Description of inflorescences for four species of Bambusoideae [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2010, 18(3): 251-256. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2010.03.006.
- [7] TANG G J, YANG J M, DING Y L, et al. Studies on the flower morphology and structure in *Bambusa eutuldoides* McClure var. *viridivittata* (W. T. Lin) Chia [J]. *J Nanjing For Univ (Nat Sci)*, 2016, 40(2): 71-75. doi: 10.3969/j.issn.1000-2006.2016.02.012.
唐国建, 杨金梅, 丁雨龙, 等. 青丝黄竹花形态与结构研究 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2016, 40(2): 71-75. doi: 10.3969/j.issn.1000-2006.2016.02.012.
- [8] XU C M, GAO X, TANG D Q. Observation of pollen development in *Bambusa multiplex* with laser scan confocal microscope [J]. *Sci Silv Sin*, 2010, 46(11): 158-161, 195. doi: 10.11707/j.1001-7488.20101124.
徐川梅, 高欣, 汤定钦. 利用激光共聚焦显微镜研究孝顺竹花粉粒发育 [J]. 林业科学, 2010, 46(11): 158-161, 195. doi: 10.11707/j.1001-7488.20101124.
- [9] LIN S Y, LI J, ZHAO R, et al. A research on the flowering biological characteristics of *Bambusa multiplex* in Nanjing City [J]. *J Nanjing For Univ (Nat Sci)*, 2015, 39(2): 52-56. doi: 10.3969/j.issn.1000-2006.2015.02.009.
林树燕, 李洁, 赵荣, 等. 南京地区孝顺竹的开花生物学特性研究 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2015, 39(2): 52-56. doi: 10.3969/j.issn.1000-2006.2015.02.009.
- [10] ZHU Y. The structure and morphology of flower organs of *Bambusa oldhamii* [J]. *J Bamb Res*, 2013, 32(4): 19-22. doi: 10.3969/j.issn.1000-6567.2013.04.004.
朱勇. 绿竹花器的结构与形态研究 [J]. 竹子研究汇刊, 2013, 32(4): 19-22. doi: 10.3969/j.issn.1000-6567.2013.04.004.
- [11] YUAN J L, FU M Y, ZHUANG J K, et al. The characteristics of flowering and pollinating of several sympodial bamboos and elementary selection of *Dendrocalamus latiflorus* seedlings [J]. *J Bamb Res*, 2005, 24(3): 9-13. doi: 10.3969/j.issn.1000-6567.2005.03.003.
袁金玲, 傅懋毅, 庄金坤, 等. 几个丛生竹开花授粉特性及麻竹苗期初步选择 [J]. 竹子研究汇刊, 2005, 24(3): 9-13. doi: 10.3969/j.issn.1000-6567.2005.03.003.
- [12] XU Z G, GUO Q R, HUANG D Y, et al. The floral biological characteristics of five sympodial bamboo species [J]. *China For Sci Technol*, 2014, 28(2): 74-77. doi: 10.13360/j.issn.1000-8101.2014.02.019.
徐振国, 郭起荣, 黄大勇, 等. 广西5种丛生竹的开花生物学特性 [J]. 林业科技开发, 2014, 28(2): 74-77. doi: 10.13360/j.issn.1000-8101.2014.02.019.
- [13] LIU J. Studies on blossom biology of *Chimonobambusa sichuanensis* [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2008: 20-23.

- 刘静. 月月竹开花生物学研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2008: 20–23.
- [14] YANG H Q, SUN M S. Supplementary description of inflorescences and fruits for *Dendrocalamus asper* and *D. barbatus* (Poaceae: Bambusoideae) [J]. *Plant Divers Res*, 2011, 33(2): 161–163. doi: 10.3724/SP.J.1143.2011.10059.
- 杨汉奇, 孙茂盛. 马来甜龙竹和小叶龙竹花序和果实的补充描述 [J]. *植物分类与资源学报*, 2011, 33(2): 161–163. doi: 10.3724/SP.J.1143.2011.10059.
- [15] WANG S G, PU X L, DING Y L. The structures of reproductive organs and development of the female and male gametophyte of *Dendrocalamus sinicus* [J]. *Bull Bot Res*, 2006, 26(3): 270–274. doi: 10.3969/j.issn.1673-5102.2006.03.006.
- 王曙光, 普晓兰, 丁雨龙. 巨龙竹生殖器官形态结构及雌、雄配子体的发育 [J]. *植物研究*, 2006, 26(3): 270–274. doi: 10.3969/j.issn.1673-5102.2006.03.006.
- [16] HUANG X H. Studies on the reproduction of *Dendrocalamus sinicus* [D]. Kunming: Southwest Forestry University, 2008: 15–23.
- 黄新红. 巨龙竹生殖生物学研究 [D]. 昆明: 西南林学院, 2008: 15–23.
- [17] YI T P, SHI J Y, MA L S, et al. A new species of *Yushania* Keng F. and supplement of flower of *Fargesia lincangensis* Yi from west Yunnan, China [J]. *Bull Bot Res*, 2008, 28(2): 129–132.
- 易同培, 史军义, 马丽莎, 等. 我国云南西部玉山竹属一新种及粗毛箭竹花部特征补记 [J]. *植物研究*, 2008, 28(2): 129–132.
- [18] LAI G H. Supplementary description of floral morphology of ten species in the genus *Phyllostachys* (Bambusoideae) [J]. *J Wuhan Bot Res*, 2001, 19(1): 7–13. doi: 10.3969/j.issn.2095-0837.2001.01.002.
- [19] LIN S Y, DING Y L. Studies on the floral biological characteristics of three bamboo species of *Phyllostachys* [J]. *China For Sci Technol*, 2007, 21(5): 52–55. doi: 10.3969/j.issn.1000-8101.2007.05.018.
- 林树燕, 丁雨龙. 刚竹属 3 个竹种的开花生物学特性 [J]. *林业科技开发*, 2007, 21(5): 52–55. doi: 10.3969/j.issn.1000-8101.2007.05.018.
- [20] ZHANG W Y, MA N X, WU L L, et al. A study on flowering and fruiting of *Phyllostachys bambusoides* [J]. *J Bamb Res*, 1992, 11(2): 15–25.
- 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.
- [21] SUN L F, GUO Q R, WANG Q, et al. Flower organs morphology and structure of *Phyllostachys edulis* [J]. *Sci Silv Sin*, 2012, 48(11): 124–129. doi: 10.11707/j.1001-7488.20121120.
- 孙立方, 郭起荣, 王青, 等. 毛竹花器官的形态与结构 [J]. *林业科学*, 2012, 48(11): 124–129. doi: 10.11707/j.1001-7488.20121120.
- [22] WANG Q, PENG Z D, GUO Q R, et al. Pollen vitality test and conservation methods of moso bamboo [J]. *J Bamb Res*, 2012, 31(1): 23–26, 32. doi: 10.3969/j.issn.1000-6567.2012.01.006.
- 王青, 彭祚登, 郭起荣, 等. 毛竹花粉活力测定及其适宜保存条件研究 [J]. *竹子研究汇刊*, 2012, 31(1): 23–26, 32. doi: 10.3969/j.issn.1000-6567.2012.01.006.
- [23] ZHANG Y, SUN L F, RAN H, et al. Pollen morphology and double fertilization of *Phyllostachys edulis* [J]. *Guihaia*, 2016, 36(11): 1325–1329. doi: 10.11931/guihaia.gxzw201511010.
- 张莹, 孙立方, 冉洪, 等. 毛竹花粉的形态及双受精过程研究 [J]. *广西植物*, 2016, 36(11): 1325–1329. doi: 10.11931/guihaia.gxzw201511010.
- [24] WANG K J, HE Q J, WU R. Studies on morphology and biological characteristics of pollen from *Phyllostachys praecox* [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2000, 17(2): 137–141. doi: 10.3969/j.issn.2095-0756.2000.02.004.
- 汪奎宏, 何奇江, 吴蓉. 早竹花粉形态与生物学特性 [J]. *浙江林学院学报*, 2000, 17(2): 137–141. doi: 10.3969/j.issn.2095-0756.2000.02.004.
- [25] HE Q J, WANG K H, HUA X Q, et al. Study on inflorescence and floral organ of *Phyllostachys praecox* cv. *Prevernalis* [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2003, 23(2): 10–11, 15. doi: 10.3969/j.issn.1001-3776.2003.02.003.
- 何奇江, 汪奎宏, 华锡奇, 等. 雷竹花穗和花器的观察研究 [J]. *浙江林业科技*, 2003, 23(2): 10–11, 15. doi: 10.3969/j.issn.1001-3776.2003.02.003.
- [26] YUAN X L. Studies on florescence biological characteristics and flower developmental anatomy of *Phyllostachys praecox* [D]. Hangzhou: Zhejiang Forestry University, 2007: 11–16.
- 袁晓亮. 雷竹花期生物学特性与花发育解剖学研究 [D]. 杭州: 浙江林学院, 2007: 11–16.
- [27] LIN X C, YUAN X L, LIN R, et al. Megasporogenesis and female gametophytes development of *Phyllostachys violascens* [J]. *Sci Silv Sin*, 2010, 46(5): 55–57, 187. doi: 10.11707/j.1001-7488.20100509.
- 林新春, 袁晓亮, 林绕, 等. 雷竹大孢子发生与雌配子体发育 [J]. *林业科学*, 2010, 46(5): 55–57, 187. doi: 10.11707/j.1001-7488.20100509.
- [28] LIU Q Q, XU Y F, LIN X C, et al. Pollen germination and storage of *Phyllostachys violascens* [J]. *J Fujian Coll For*, 2012, 32(2): 146–150. doi: 10.3969/j.issn.1001-389X.2012.02.010.
- 刘倩倩, 徐一帆, 林新春, 等. 雷竹花粉萌发率及贮藏方法研究 [J]. *福建林学院学报*, 2012, 32(2): 146–150. doi: 10.3969/j.issn.1001-389X.2012.02.010.
- [29] LI X F, LIN X C, SHI Y, et al. Flowering biological characteristics and pollen viability of *Phyllostachys nigra* [J]. *China For Sci Technol*, 2009, 23(6): 64–67. doi: 10.3969/j.issn.1000-8101.2009.06.017.
- 李晓芬, 林新春, 时燕, 等. 紫竹开花生物学特性观察及花粉生活力测定 [J]. *林业科技开发*, 2009, 23(6): 64–67. doi: 10.3969/j.issn.1000-8101.2009.06.017.

- [30] LIN S Y, FAN T T, JIANG M Y, et al. The revision of scientific names for three dwarf bamboo species (cultivar) based on the floral morphology [J]. *J Nanjing For Univ (Nat Sci)*, 2017, 41(1): 189–193. doi: 10.3969/j.issn.1000-2006.2017.01.029.
林树燕, 范婷婷, 姜明云, 等. 3种(品种)地被竹花器官形态特征及学名订正 [J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2017, 41(1): 189–193. doi: 10.3969/j.issn.1000-2006.2017.01.029.
- [31] LIN S Y, DING Y L. Studies on the breeding system in *Shibataea chinensis* and *Arundinaria simonii* f. *heterophylla* [J]. *J Nanjing For Univ (Nat Sci)*, 2013, 37(3): 1–5. doi: 10.3969/j.issn.1000-2006.2013.03.001.
林树燕, 丁雨龙. 鹅毛竹与异叶苦竹的繁育系统研究 [J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2013, 37(3): 1–5. doi: 10.3969/j.issn.1000-2006.2013.03.001.
- [32] LIN S Y, DING Y L. Development of the male and female gametophytes in *Shibataea chinensis* (Bambusoideae) [J]. *Acta Bot Boreali-Occid Sin*, 2012, 32(5): 907–914. doi: 10.3969/j.issn.1000-4025.2012.05.010.
林树燕, 丁雨龙. 鹅毛竹大小孢子及雌雄配子体发育 [J]. *西北植物学报*, 2012, 32(5): 907–914. doi: 10.3969/j.issn.1000-4025.2012.05.010.
- [33] LIN S Y, ZHENG X, ZHANG L, et al. The ultrastructure of anther development in *Shibataea chinensis* Nakai (Bambusoideae) [J]. *J Nanjing For Univ (Nat Sci)*, 2016, 40(2): 65–70. doi: 10.3969/j.issn.1000-2006.2016.02.011.
林树燕, 郑笑, 张莉, 等. 鹅毛竹花药发育的超微结构观察 [J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2016, 40(2): 65–70. doi: 10.3969/j.issn.1000-2006.2016.02.011.
- [34] LAI G H. A taxonomic revision of the genus *Pleioblastus* (Gramineae: Bambusoideae) from Anhui Province, China [J]. *J Zhejiang Agric For Univ*, 2012, 29(6): 851–858.
赖广辉. 安徽竹亚科苦竹属植物的分类修订 [J]. *浙江农林大学学报*, 2012, 29(6): 851–858.
- [35] CHEN S L, CHEN S Y, SHENG G Y. A revision of subtribe Pleioblastinae Keng & Keng F. [J]. *J Univ Chin Acad Sci*, 1983, 21(4): 404–415.
陈守良, 陈绍云, 盛国英. 苦竹亚族的修订 [J]. *中国科学院大学学报*, 1983, 21(4): 404–415.
- [36] ZHANG Y, YANG L F, XU Z G, et al. A study of Chinese naming paradigm for bamboo species [J]. *World Bamb Ratt*, 2017, 15(1): 35–39. doi: 10.13640/j.cnki.wbr.2017.01.007.
张韞, 杨丽芳, 徐振国, 等. 竹种中文命名范式研究 [J]. *世界竹藤通讯*, 2017, 15(1): 35–39. doi: 10.13640/j.cnki.wbr.2017.01.007.
- [37] WU Z Y, RAVEN P H, HONG D Y. *Poaceae Flora of China Illustrations* [M]. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2007: 126.
- [38] YI T P, SHI J Y, MA L S, et al. *Iconographia Bambusoidearum Sinicarum* [M]. Beijing: Science Press, 2008: 645.
易同培, 史军义, 马丽莎, 等. *中国竹类图志* [M]. 北京: 科学出版社, 2008: 645.
- [39] ZHU S L, MA N X, FU M Y. *Iconographia Bambusoideae Sinicarum* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1994: 212.
朱石麟, 马乃训, 傅懋毅. *中国竹类植物图志* [M]. 北京: 中国林业出版社, 1994: 212.
- [40] WEN T H. *Colored Illustrations of Bambusoideae in China* [M]. Taipei: Shu Xin Press, 1993: 299.
温太辉. *中国竹类彩色图鉴* [M]. 台北: 淑馨出版社, 1993: 299.
- [41] ZHONG Y B. Studies on the reproductive biology of *Dendrocalamus latiflorus* and *Dendrocalamus farinosus* [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2016: 1–6.
钟远标. 麻竹和梁山慈竹的生殖生物学研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2016: 1–6.
- [42] QIAN D Q, BIAN L Q, CHEN C Y, et al. *Genetic Basis and Breeding Principles* [M]. Beijing: Agriculture Press, 1982: 362.
钱德杞, 边立琪, 陈昌颐, 等. *遗传学基础和育种原理* [M]. 北京: 农业出版社, 1982: 362.
- [43] SUN L F. The reproductive biological and seed yield increasing technique studies of *Phyllostachys edulis* [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2012: 28–38.
孙立方. 毛竹生殖生物学和种实产量提高技术研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2012: 28–38.
- [44] ZHANG W Y, MA N X, CHEN H X. The shape of bamboo pollens and their germination test [J]. *For Res*, 1989, 2(1): 67–70, 105–106. doi: 10.13275/j.cnki.lykxyj.1989.01.010.
张文燕, 马乃训, 陈红星. 竹类花粉形态及萌发试验 [J]. *林业科学研究*, 1989, 2(1): 67–70, 105–106. doi: 10.13275/j.cnki.lykxyj.1989.01.010.
- [45] ZHANG W Y, MA N X. Vitality of bamboo pollens and natural pollination in bamboo plants [J]. *For Res*, 1990, 3(3): 250–255. doi: 10.13275/j.cnki.lykxyj.1990.03.011.
张文燕, 马乃训. 竹类植物花粉的生活力和自然授粉 [J]. *林业科学研究*, 1990, 3(3): 250–255. doi: 10.13275/j.cnki.lykxyj.1990.03.011.
- [46] CHAI Z L, QIN Y C, HUA X Q, et al. Advance of studies on bamboo flowering causes [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2006, 26(2): 53–57. doi: 10.3969/j.issn.1001-3776.2006.02.015.
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. doi: 10.3969/j.issn.1001-3776.2006.02.015.