

DOI:10.13275/j.cnki.lykxyj.2020.01.004

# 硬头黄竹花的形态与结构研究

李娟<sup>1,2</sup>, 王一方<sup>2</sup>, 初彩华<sup>2</sup>, 詹卉<sup>2</sup>, 张月高<sup>2</sup>, 王曙光<sup>2\*</sup>

(1. 西南林业大学 云南省高校林木生物技术重点实验室 云南 昆明 650224; 2. 西南林业大学 生命科学学院 云南 昆明 650224)

**摘要:** [目的] 研究硬头黄竹花 (*Bambusa rigida*) 的基本形态结构及胚胎发育规律, 为其胚胎学积累原始资料, 为育种工作打下基础。[方法] 通过解剖与形态观察的方法, 对硬头黄竹生殖器官、孢子发生及雌雄配子体的发育过程进行解剖观察。[结果] 硬头黄竹小穗为假小穗, 簇生, 基部具潜伏芽, 平均长度为 3.75 cm, 有 3~7 朵小花。小花内外稃各 1 片, 浆片 3 枚, 雌蕊 1 枚, 雄蕊 6 枚。雌蕊为三分枝羽毛状柱头。子房长卵圆形, 具明显纵向三棱。子房单室, 侧膜胎座、倒生胚珠。正常发育的花粉粒为二细胞花粉, 花药壁造孢细胞时期为四层药壁, 花药成熟时只剩两层药壁。绒毡层为分泌型, 花药成熟时, 绒毡层完全退化。花药易见发育异常现象, 形成不同的败育类型。[结论] 硬头黄竹小穗基本结构发育正常, 但花药发育后期会大量出现异常现象, 这是导致硬头黄竹结实率低的主要原因。

**关键词:** 硬头黄竹; 花药; 子房; 败育

**中图分类号:** S718.47; S795.9

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-1498(2020)01-0028-07

竹类植物的繁殖方式多数以无性繁殖为主, 在自然条件下大部分竹种需经历 120 年或更长的时间才能开花, 因而竹类植物的开花现象也极少<sup>[1]</sup>, 这导致竹类植物通过生殖器官进行形态学、解剖学、系统分类等方面的研究皆遇到极大的阻碍, 尤其是在胚胎学方面的研究更加困难。目前, 国内外有关竹类植物花的解剖学已经有少量研究, 但仅对少数竹种的生殖生物学进行过详细描述, 如孝顺竹 (*Bambusa multiplex* (Lour.) Raeusch. ex Schult.)、绵竹 (*Bambusa intermedia* Hsueh et Yi)、青丝黄竹 (*Bambusa eutuldoides* McClure var. *viridi-vittata* (W. T. Lin) Chia)、异叶苦竹 (*Pieioblastus simonii* f. *he-teophyllus* Muroi)、绿竹 (*Dendrocalamopsis oldhami* (Munro) Keng)、毛竹 (*Phyllostachys heterocyclus* (Carr.) Mitford cv. *Pubescens*)、鹅毛竹 (*Shibataea chinensis* Nakai)、巨龙竹 (*Dendrocalamus sinicus* Chia et J.L.Sun)、雷竹 (*Phyllostachys praecox* C. D. Chu et C. S. Chao 'Prevernalis') 等竹种<sup>[2-11]</sup>。

硬头黄竹 (*Bambusa rigida* Keng et Keng f.) 属禾本科 (Gramineae) 箬竹属 (*Bambusa*) 竹种<sup>[12]</sup>。主要分布在我国的广东省、贵州省、四川省、江西赣州等地, 其秆通直, 材质硬且坚厚, 可作竹篾、竹凉席等日用品开发, 在用材和造纸方面前景广阔<sup>[13-14]</sup>。以往国内外对硬头黄竹的研究主要集中在形态与理化特性、遗传多样性及解剖结构等方面<sup>[15-23]</sup>, 缺乏对其具体花器官及胚胎发育方面的细致研究。本研究通过观察硬头黄竹花的基本结构, 对硬头黄竹的分类特征描述进行补充, 并对硬头黄竹雌雄配子体发育进行观察, 包括子房形态解剖结构以及雌雄配子体发育过程等, 总结其胚胎发育规律, 分析硬头黄竹结实率较低的原因, 为硬头黄竹胚胎学研究积累原始资料, 并为硬头黄竹的育种工作打下基础。

## 1 材料与方 法

实验所用材料于 2017 年 4 月采自西南林业大

收稿日期: 2019-03-27 修回日期: 2019-06-11

基金项目: 国家自然科学基金青年项目 (31800506); 云南省自然基金面上项目 (2018FB073); 云南省农业联合基金项目 (2017FG001-092)

\* 通讯作者: 王曙光, 博士, 教授。主要研究方向: 竹类植物研究。E-mail: stevenwang1979@126.com

学珍稀竹种园。将不同发育阶段的小穗和花枝固定于50%FAA固定液中,进行真空抽气备用。

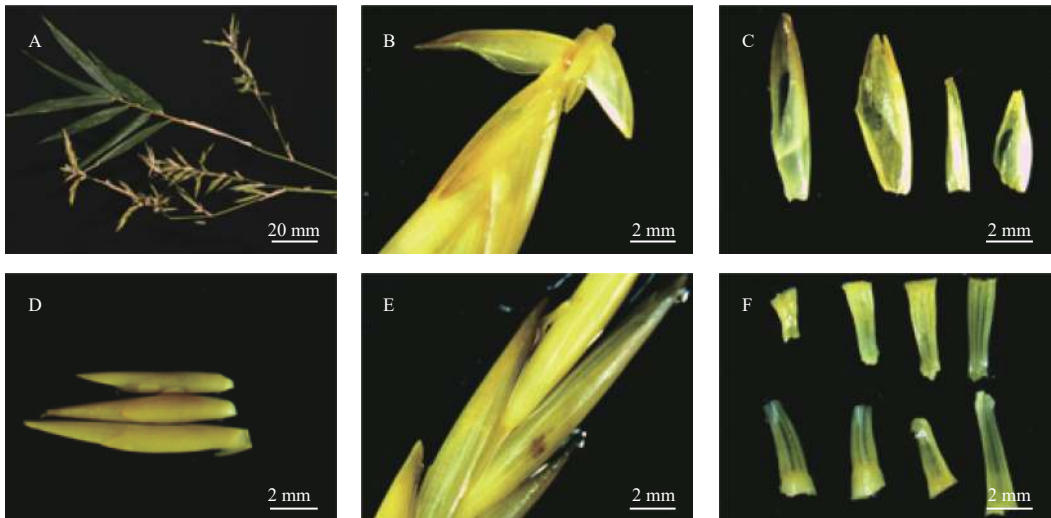
将固定处理后的小穗使用体视解剖镜(Olympus HO11)进行不同发育时期的结构解剖、测量及拍照。然后再将解剖后的花药和子房,浸蜡包埋后,旋转切片机进行切片,切片厚度为6~8 μm。利用番红-固绿双重染色,加拿大树胶封片<sup>[24]</sup>。在Nikon-ECLIPSE50显微镜下进行观察和拍照,实验数据使用Excel软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 硬头黄竹花序和小穗的形态结构

硬头黄竹的花序轴是由不同的节和节间营养枝生长发育而来,小穗生于花枝各节,呈淡黄绿色

(图1A)。小穗底部具有潜伏芽,柄几无,为假小穗,呈簇状,多为2个或2个以上长在花序轴的节上(图1A、B)。底部有3~5片由小变大的近卵形苞片包裹,苞片常发生脱落,苞片背面有紫黑色斑点,苞片一般无毛(图1C)。小穗含有两性花3~7朵,平均长3.75 cm,小穗轴节间平均长3.0 mm(图1D)。开花时,往往花枝同一节的小穗开花程度不同,且同一小穗的不同小花之间开花情况和次序也不同。一般由下往上成熟程度递减,即基部小花发育成熟最早,顶部小花发育成熟最晚。小穗轴节间清晰可见,后期会发生逐节断落的现象(图1E)。小穗轴的节间较扁且长度不同,通常基部节间较短,上部节间较长,且同一节间,下部较细,上部较粗(图1F)。



A.花枝; B.花芽; C.苞片; D.小花; E.小穗; F.小穗轴

A. Floral branch; B. Buds; C. Bract; D. Floret; E. Spikelet; F. Rachilla

图1 硬头黄竹小穗的形态解剖

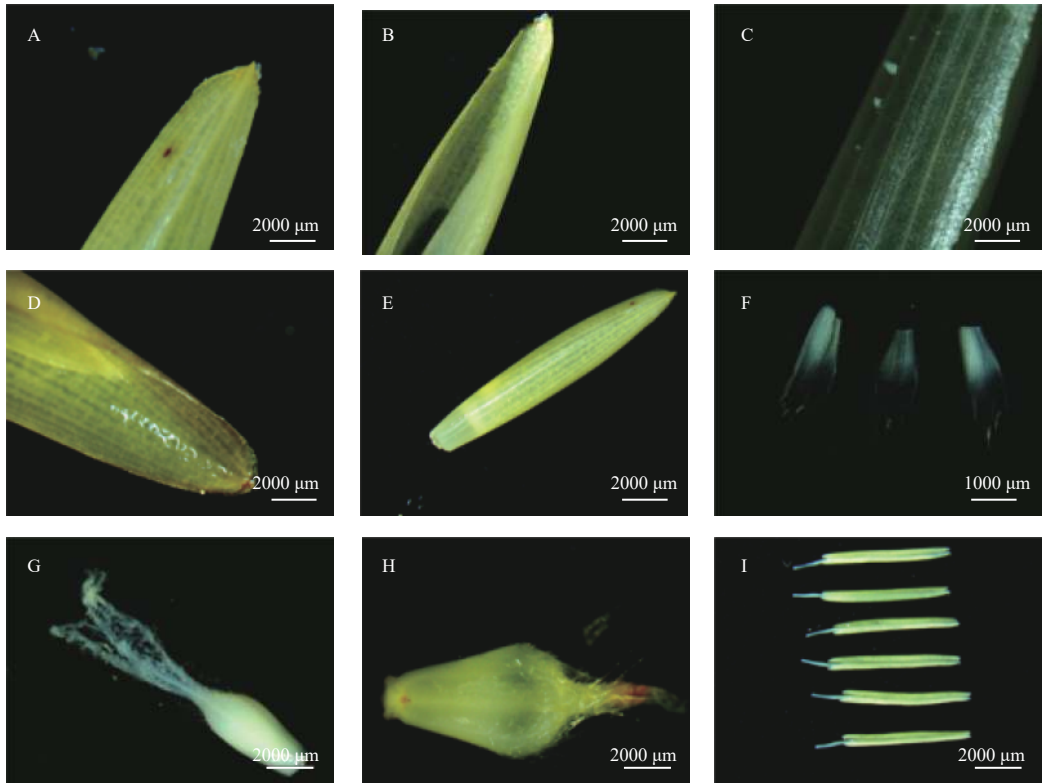
Fig. 1 The morphological anatomy of spikelets in *Bambusa rigida*

### 2.2 硬头黄竹的小花形态结构

硬头黄竹小花主要由外稃、内稃、浆片、雄蕊和雌蕊五部分组成(图2)。解剖发现,硬头黄竹小花包括内外稃片各1枚,外稃质地较硬,平均长1.25 cm,具多脉,顶端急尖,前端边缘具齿,一般外被纤毛,内侧表面光滑(图2A~D)。内稃对生外稃内侧且短于外稃,有2脊,5脉,上部同样被纤毛(图2E)。浆片3枚,2枚呈半勺形,另外1枚较其它2枚略长,上部边缘有纤毛(图2F)。

开花时,浆片吸水膨胀,内外稃张开,此时雄蕊露出小花,因此硬头黄竹又属于开放型花。

硬头黄竹具1枚雌蕊,三支羽状柱头,柱头较长,花柱极短(图2G)。子房呈长卵圆形,较扁,具明显三棱,上部具绒毛,下部光滑(图2H)。雄蕊6枚,未成熟时呈白色,形状整齐,基部呈箭簇状,花药成熟时颜色逐渐变深,且不断长大(图2I)。花药成熟后花丝伸出而垂悬于小花外(图1A)。



A. 外稃背面; B. 外稃内侧; C. 具脉; D. 外稃先端具齿; E. 内稃; F. 浆片; G. 柱头; H. 子房; I. 雄蕊

A. Out side of lemma; B. Inner side of lemma; C. Venation; D. Denation tip of lemma; E. Palea; F. Lodicule; G. Stigma; H. Ovary; I. Stamen

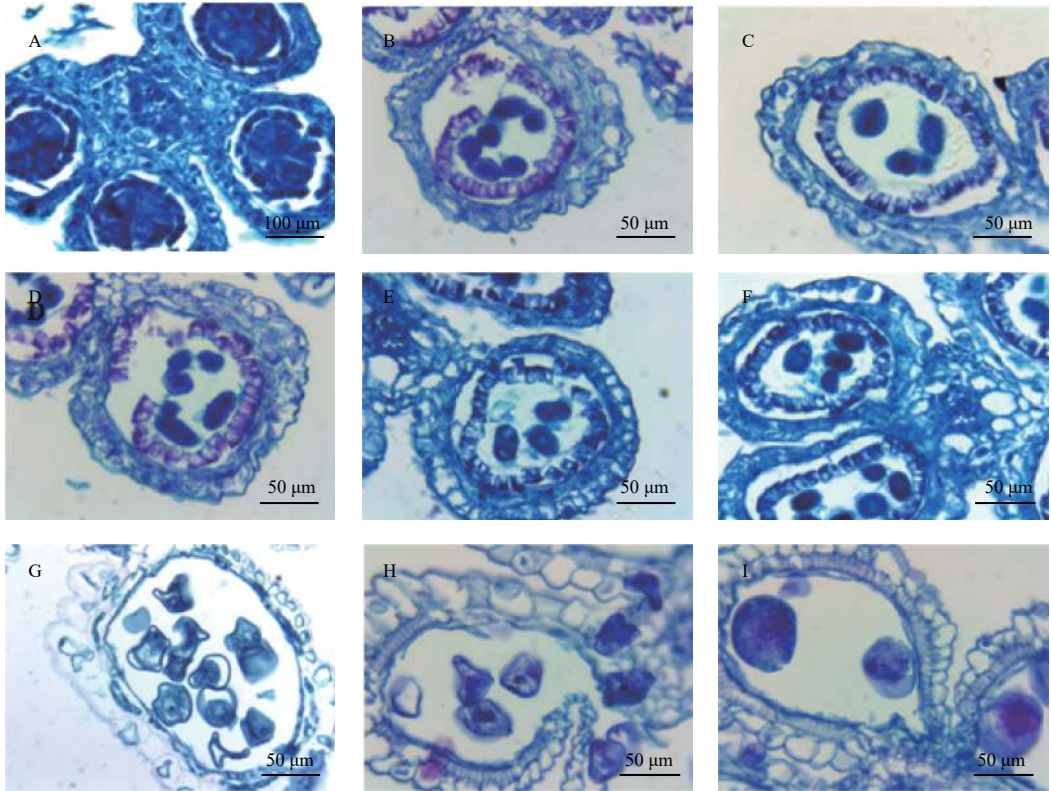
图2 硬头黄竹小花形态解剖

Fig. 2 The morphological anatomy of florets in *Bambusa rigida*

### 2.3 硬头黄竹花药的解剖结构与发育

硬头黄竹小穗的每朵小花具6枚花药,每枚花药具有4个药室(图3A)。花药壁的层数随着发育时期不同而有所变化。造孢细胞时期花药壁完全分化,形成四层药壁细胞,从外向内依次是表皮、药室内壁、中层和绒毡层(图3A)。孢原细胞发育为初生造孢细胞后又进行分裂,发育成为次生造孢细胞,此时花药壁为完整的四层结构(图3A)。次生造孢组织游离形成小孢子母细胞(图3B)。在小孢子母细胞时期,绒毡层可能由于营养物质的分泌和消耗,细胞质变淡(图3B)。接着小孢子母细胞开始减数分裂(图3C~E),第一次减数分裂过程中发育为二分体,两个核在同步进行第二次分裂后,会在四个核之间产生细胞壁并且形成四分体,然后形成单核小孢子(图3F)。此时,在药室内仍见到处于减数分解期的小孢子母细胞,这表明硬头黄竹同一花药室内的不同小孢子发

育是不同步的(图L)。随着小孢子的体积逐渐增大和细胞质逐渐液泡化,形成许多小液泡,然后小液泡之间互相融合为大液泡,细胞核被大液泡挤到细胞的一端,即单核靠边期(图3G),此时可以在花粉壁上观察到呈凸透镜状的花粉萌发孔,绒毡层发生显著退化,几近消失,只剩下一薄层贴着药室内壁,药室内壁也尚未纤维化形成纤维层。后来液泡逐渐消失,细胞质逐渐充满整个细胞,细胞核进行一次有丝分裂,形成二细胞花粉粒,药室内壁也发生显著纤维化,形成纤维层(图3H)。花粉粒随后进一步发生沉积,形成成熟花粉粒,从而导致花粉粒内的细胞核难以观察到(图3I)。在花粉粒发育成熟后,药室壁连接花丝处比较薄,且未发生纤维化,由于纤维层的作用,进而导致此处药壁纵向裂开,以方便花粉粒释放。在此阶段,花药壁只剩下表皮细胞和纤维化的药室内壁共两层细胞(图3I)。



A: 造孢细胞时期; B: 小孢子母细胞时期; C: 小孢子母细胞减数分裂 I 中期; D: 小孢子母细胞减数分裂 I 后期; E: 小孢子母细胞减数分裂 I 末期; F: 单核小孢子; G: 单核靠边期; H: 二细胞花粉; I: 成熟花粉粒

A. Sporogenous cell; B. Microspore mother cell; C. The stage of microspore mother cell meiosis, showing metaphase; D. The stage of microspore mother cell meiosis, showing anaphase; E. The stage of microspore mother cell meiosis I, showing telophase; F. Monokaryotic microspore; G. Monokaryotic microspore with the nucleus located aside; H. Two-celled pollen; I. Mature pollens

图 3 硬头黄竹花药解剖结构

Fig. 3 The anther anatomical structure of *Bambusa rigida*

## 2.4 硬头黄竹花药败育

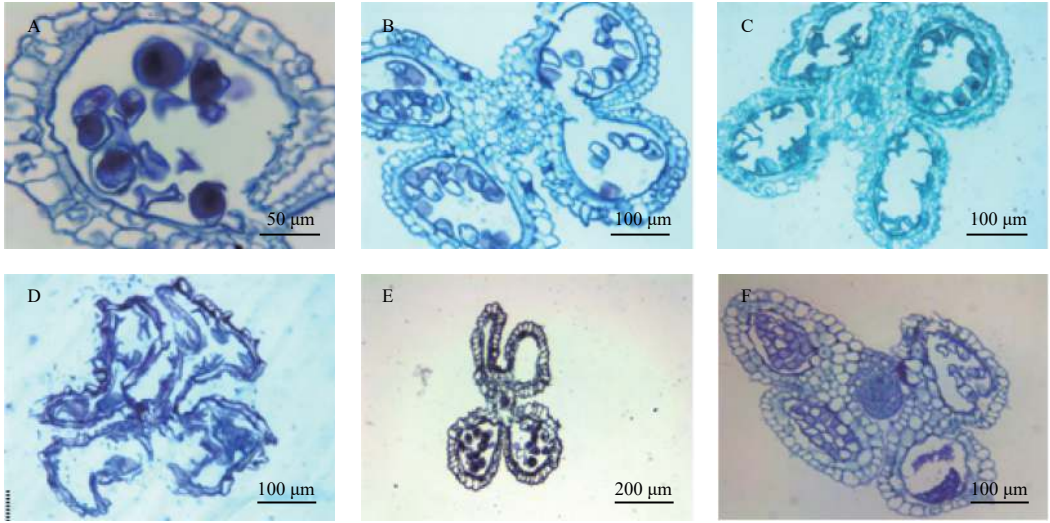
硬头黄竹虽然开花, 但结实率极低, 几无种子可以收获。通过对花药进行切片观察, 可以发现花药出现大量败育的现象。对这些败育的花药进行解剖观察分析, 可归纳总结为以下几种类型 (图 4)。

第一种类型为花药壁发育正常, 能形成正常的纤维层, 绒毡层亦能退化, 药室内仅个别花粉粒发育正常, 但其他花粉粒发生收缩等异常现象 (图 4A)。第二种类型为花药壁发育异常, 未能形成纤维层, 药室内的小孢子几乎全为空壳花粉粒 (图 4B)。第三种类型为花药壁也未能形成纤维层, 花粉粒全部收缩变形, 药室也可能会一起发生收缩 (图 4C、D), 该类型也可能是第二种类型的不同发育阶段。第四种类型为花药壁能形成绒毡层, 且绒毡层发生退化, 花药壁也未发生纤维化, 甚至药室为空药室, 未产生任何小孢子 (图 4E)。第五种类型为花药壁未能够正常分化, 花药室也未

能产生正常的小孢子 (图 4F)。

## 2.5 硬头黄竹子房的解剖结构

硬头黄竹极少开花, 也未能收获到发育成熟的果实。在采集硬头黄竹小穗的时候, 由于只有一丛竹子中的几株开花, 因此能够采集到可用于实验的小穗不多, 加上子房极小, 很难切到不同发育时期的雌配子体, 因此可以观察并用以进行描述的代表性切片较少 (图 5)。硬头黄竹子房位于雌蕊下端, 子房上部外披较硬的纤毛、下部光滑, 且有棱边。纵切发现该竹种为侧膜胎座, 倒生胚珠 (图 4A), 2 层珠被 (图 4B)。对膨大的子房进行纵切, 可偶尔发现发育中的种胚 (图 4C)。但由于野外未能收获发育成熟的果实, 也未在竹丛下部的土壤中发现实生苗, 因此部分受精成功的子房未能发育成正常种子的原因并不清楚。而与此形成鲜明对比的是, 在校园开花慈竹 (*Neosinocalamus affinis*) 竹丛林下的土壤中可以观察到大量存活的实生苗。

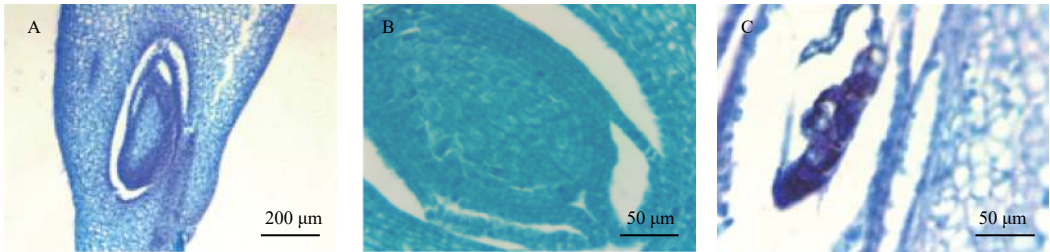


A: 同一药室, 部分小孢子败育; B: 花粉粒空壳, 花药壁未纤维化; C: 小孢子发生异常收缩; D: 小孢子与花药壁均发生收缩; E: 花药室未形成小孢子, 花药壁异常; F: 花药室发育异常, 未形成正常小孢子

A. Parts of microspore abortion in the same pharmacy; B. Microspore with empty shell and anther wall not fibrosic; C. Abnormal contraction of microspore; D. Both microspore and anther wall contracted; E. No microspore was formed in anther chamber and the anther wall was abnormal; F. Anther chamber development was abnormal and no normal microspore was formed

图4 硬头黄竹各种发育异常的花药

Fig. 4 Various kinds of abortive anthers in *Bambusa rigida*



A.: 侧膜胎座; B: 两层珠被; C: 发育的种胚

A. Lateral membranous placenta; B. Two layers of integuments; C. The developing embryo

图5 硬头黄竹子房

Fig. 5 The ovary of *Bambusa rigida*

另外观察发现, 开花的硬头黄竹竹丛中少数竹秆开花, 并没有全部竹秆一起持续开花, 开花后相应的竹秆、竹丛也未死去, 仍正常生长, 也未再次开花。由于未见到其它地理种源的硬头黄竹开花特征是否与此一致, 因此未能明确此特征是否为该竹种的共同特征。但根据杜凡等<sup>[25]</sup>的总结, 将梨藤竹属 (*Melocalamus*)、空竹属 (*Cephalostachyum*)、滇竹属 (*Oxytenanthera*)、思劳竹属 (*Schizostachyum*)、薄竹属 (*Leptocanna*)、牡竹属 (*Dendrocalamus*)、慈竹属 (*Neosinocalamus*)、悬竹属 (*Ampelocalamus*) 等归为开花后死亡类型, 新小竹属 (*Neomicrocalamus* Keng f.)、箬竹属 (*Bambusa*)、大节竹属 (*Indosasa*) 等为开花不死亡类型, 箭竹

属 (*Fargesia*) 和刚竹属 (*Phyllostachys*) 则开花死亡和开花不死亡两种情况都有。本研究中硬头黄竹属于箬竹属下的竹种为开花不死亡类型符合该结论。

### 3 讨论

目前在竹类植物研究中, 有关竹类植物的花序一般是遵循 McClure<sup>[26]</sup> 和耿伯介先生<sup>[27]</sup> 的定义。McClure<sup>[26]</sup> 通过研究中国的竹种 *Schizostachyum* 的花序, 在 1934 年首次提出“假小穗”的概念, 他对竹类植物的花序进行了分类, 认为竹子的花序可以分为: determinate inflorescence (有限制花序) 和 indeterminate inflorescence (无限制花序) 两大类, 其区分标准为小穗的基部有无潜伏芽的存在。通

常 indeterminate inflorescence 的基部苞片内有休眠芽,可以不断地产生新的小穗状,此种类型为假小穗;而 determinate inflorescence 的基部没有休眠芽,它的各小花是一次性进行开放的。林树燕等<sup>[28]</sup>通过对翠竹 (*Pleioblastus fortunei* (Van Houtte ex Munro) Nakai)、黄条金刚竹 (*Sasaella kongosanaensis* 'Aureostriatus') 以及'霞早'绿竹 (*Bambusa oldhamii* 'Xia Zao') 的花序建成过程进行了观察,发现同一个花序中顶部的小穗首先发育,然后向基部依次发育,由不同位置小穗共同组成的花序为有限花序;而同一小穗上不同部位小花的发育顺序为基部到顶部的顺序依次开放,为无限制花序。因此,林树燕等<sup>[28]</sup>认为竹类植物的花序应为混合花序。根据 McClure<sup>[26]</sup> 和耿伯介<sup>[27]</sup> 的观点,黄条金刚竹和翠竹的花序类型属于有限花序即真花序,根据其定义小穗基部应没有休眠芽。而林树燕等<sup>[27]</sup> 发现,黄条金刚竹顶部小穗发育完成后,其基部又新分化出小穗。因此林树燕等<sup>[28]</sup> 认为竹类植物小穗基部具潜伏芽,应均为有限花序(假小穗)。本研究中硬头黄竹小穗采集时间较早,采集时并未关注硬头黄竹的花序,因此不予讨论小穗所组成的花序方式。但由于硬头黄竹与林树燕等所报道的绿竹均属同属,因此两者花序应该相同。在硬头黄竹小穗内,小花由基部向顶部逐渐开放的顺序,属于无限制花序,与林树燕等人的观点一致。由于硬头黄竹小穗基部具有潜伏芽,属于传统观点的“假小穗”。

有关竹类植物花粉败育、结实率低的报道并不是特别多,王雨珺等<sup>[4]</sup> 在绵竹花药中发现了大量败育的现象,并对花药败育进行分析,认为花药缺乏正常的造孢细胞、绒毡层中层发育异常、药室收缩变形、花粉粒中空、花粉粒皱缩等多种变异类型导致花药败育。林树燕<sup>[29]</sup> 认为花粉败育及萌发率低、胚囊发育异常、柱头可授性低及自然授粉率低等情况均引起竹类植物的结实率显著降低。庞延军等<sup>[30]</sup> 认为爬竹 (*Drepanostachyum scandens* (Hsueh et Yi) Keng f. ex Yi) 雄蕊发育异常的现象最早出现在雄蕊原基发育时期,发育异常的雄蕊不能形成花粉囊或花粉囊内细胞高度液泡化,无法形成正常的小孢子母细胞。王曙光等<sup>[10]</sup> 认为巨龙竹的小穗中存在营养竞争,致使顶端的小花先发育结实,并先一步成为营养中心,而开花濒死的巨龙竹本身营养物质有限,进而限制其它小花的发育。除此之外,在青丝黄竹<sup>[5]</sup>、鹅毛竹<sup>[9]</sup> 中均报道过多种败育现

象,这些败育现象中与本研究中发现的硬头黄竹药室内的小孢子几乎全为空壳花粉粒、花药壁未能形成纤维层,花粉粒及药室收缩变形及花药壁的绒毡层退化,花药壁未发生纤维化,甚至药室为空药室,未产生任何小孢子等观察到的败育现象相似。因此,花粉败育可能是竹类植物败育过程中发生共同现象,是竹类植物结实率低的主要原因。

硬头黄竹的雌雄异熟的特殊条件导致硬头黄竹结实率降低。雌蕊和雄蕊几乎都不是同时成熟的,导致硬头黄竹不能自花授粉,多是异花授粉现象。而异花授粉现象在一定程度上加大了授粉成功的难度,由此降低了硬头黄竹的结实率。同时,硬头黄竹的开花季节在雨季,雨季花粉粒沾水后导致其传粉性能变差,由于其授粉的方式为风媒,因此在一定程度上也降低了硬头黄竹的授粉几率。在有限的范围内,开花的竹丛少,可授粉的雌蕊又不足的情况下,必然会导致硬头黄竹的结实率下降。

## 4 结论

硬头黄竹小穗基本结构发育正常,小穗基部具潜伏芽,为假小穗。小穗开花顺序由基部向顶部开放,属于无限制花序。小穗发育正常,包含 3~7 朵小花,小花为开放型,具内外稃各 1 片,浆片 3 枚,雌蕊 1 枚,雄蕊 6 枚。雌蕊为三分枝羽毛状柱头,花柱极短。子房长卵圆形,具三棱。子房单室,侧膜胎座,倒生胚珠。花粉粒为二细胞花粉,花药发育后期出现大量败育现象,可总结为 5 种败育类型。花药败育是导致硬头黄竹结实率低的主要原因。

## 参考文献:

- [1] 易同培,石军义,马丽莎,等. 中国竹类图志[M]. 北京: 科学出版社, 2008
- [2] 林树燕,邵雨娟,李洁,等. 孝顺竹(*Bambusa multiplex*)大孢子发生与雌配子体发育研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2018, 26(3): 68-74.
- [3] 李洁. 孝顺竹的生殖生物学研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2013.
- [4] 王雨珺,罗剑,陈楠楠,等. 绵竹花形态结构及雌、雄配子体的发育研究[J]. 植物研究, 2017, 37(4): 492-498.
- [5] 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.
- [6] 林树燕,赵荣,王曙光,等. 异叶苦竹花粉管生长及双受精过程(英文)[J]. 西北植物学报, 2015, 35(11): 2197-2203.
- [7] 朱勇. 绿竹花器的结构与形态研究[J]. 竹子研究汇刊, 2013, 32(3): 19-22.

- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志[M].北京:科学出版社,1996.
- [13] 周益权,顾小平,李本祥,等.川南地区3种丛生竹秆特性研究[J].福建林学院学报,2010,30(1): 45-50.
- [14] 刘广路,范少辉,苏文会.丛生竹生长特性及管理技术研究进展[J].竹子研究汇刊,2011,30(3): 43-48.
- [15] 钟章成,苏智先.缙云山慈竹种群生物量结构研究[J].植物生态学报,1991,15(3): 240-251.
- [16] 沈晓君,刘明勇.慈竹、西风竹、硬头黄竹整秆带兜埋秆育苗试验[J].竹子研究汇刊,1997,16(4): 37-39.
- [17] 夏载深,李秋枫.硬头黄竹生长规律观察研究[J].重庆林业科技,1991(2): 12-18.
- [18] 张汉尧,刘小珍,孙茂胜,等.云南部分竹种形态标记数量分类研究[J].福建林业科技,2005,32(2): 31-33.
- [19] 贾举庆,胡尚连,孙霞,等.四川2种丛生竹木质素和纤维含量的研究[J].西北植物学报,2007,27(1): 197-200.
- [20] 胡尚连,陈其兵,蒋瑶,等.四川不同地区3种丛生竹叶片可溶性蛋白分析[J].福建林业科技,2008,35(3): 185-188.
- [21] 胡尚连,郭晓艺,曹颖,等.四川慈竹和硬头黄木质素含量及G与S比值的研究[J].林业科技,2008,33(4): 17-19.
- [22] 胡尚连,蒋瑶,陈其兵,等.四川不同地区硬头黄竹RAPD和ISSR分析[J].湖北农业科学,2009,48(1): 23-26.
- [23] 胡尚连,蒋瑶,陈其兵.四川4个地区硬头黄竹维管束和纤维特性的研究[J].福建林业科技,2010,37(2): 103-106.
- [24] 樊汝汶,尤录祥.北美鹅掌楸和中国鹅掌楸间杂交胚胎学[J].南京林业大学学报:自然科学版,1996,20(1): 1-5.
- [25] 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): 51-68.
- [26] McClure F A, 洪效训.竹子的生殖相(上)[J].竹子研究汇刊,1982(2): 104-116.
- [27] 耿伯介.试论竹类的花序及其演变[J].武汉植物学研究,1986,4(4): 323-336.
- [28] 林树燕,万雅雯,傅华君,等.竹类植物花序建成及花序类型修正[J].南京林业大学学报,2018,42(6): 1-6.
- [29] 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.
- [30] 庞延军,喻富根,胡成华,等.爬竹雄蕊发育异常的初步观察[J].竹子研究汇刊,1994,10(4): 42-46.

## Studies on Flower Morphology and Structure of *Bambusa rigida*

LI Juan<sup>1,2</sup>, WANG Yi -fang<sup>2</sup>, CHU Cai -hua<sup>2</sup>, ZHAN Hui<sup>2</sup>, ZHANG yue-gao<sup>2</sup>, WANG Shu-guang<sup>2</sup>

(1. Southwest Forestry University, Key Laboratory of Forest Biotechnology in Yunnan, Kunming 650224, Yunnan, China;

2. College of Life Science, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China)

**Abstract:** [Objective] The morphological structure and embryonic development of *Bambusa rigida* flower organs were studied, in order to provide data for the bamboo embryology and lay a foundation for breeding. [Method] The structure of reproductive organs, megasporogenesis, microsporogenesis and the development of male and female gametophyte of *Bambusa rigida* were investigated using anatomical method and morphological observation. [Result] The spikelet of *B. rigida* was cluster pseudospikelets, with latent bud at the base and a mean length of 3.75 cm, and each spikelet contained 3 – 7 florets. Each floret contained 1 lemma and 1 palea, 3 lodicules, 1 pistil and 6 stamens. The stigma of pistils had three feather-like stigmas. The ovary was long ellipse with an apparently trigonous appearance. The ovary was unilocular, lateral membranous placenta and with an anatropous ovule. The normally developed pollen grains were 2-celled pollen, the sporogenous cells of anther wall were 4-celled, and there were only 2-celled pollen walls when anther matured. The tapetum was secretory and degenerates completely when the anthers were matured. Anthers were prone to abnormal development, forming different types of abortion. [Conclusion] The anatomical structure of *B. rigida* spikelets is normal, but the abortion phenomenon was observed in a great number of pollens. This is the main reason for the low seed setting percentage of *B. rigida*.

**Keywords:** *Bambusa rigida*; anther; ovary; abortion