

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201411038

廉超, 张国武, 冯云, 等. 锐药竹的种子性状及分子遗传变异 [J]. 广西植物, 2016, 36(8):943-948

LIAN C, ZHANG GW, FENG Y, et al. Seed characters and genetic variation of *Oxytenanthera abyssinica* [J]. *Guihaia*, 2016, 36(8):943-948

## 锐药竹的种子性状及分子遗传变异

廉超<sup>1</sup>, 张国武<sup>2</sup>, 冯云<sup>1</sup>, 冉洪<sup>1</sup>, 张莹<sup>1</sup>, 郭起荣<sup>1\*</sup>

(1. 国际竹藤中心 国家林业局竹藤科学与技术重点实验室, 北京 100102; 2. 国家林业局桉树研究开发中心, 广东 湛江 524022)

**摘要:** 锐药竹 (*Oxytenanthera abyssinica*) 是非洲竹区最重要的竹种, 对当地民众生活、生产和环保具有重要作用, 也是保护当地环境的重要组成成分。然而, 对这样重要的竹种, 非洲内、外均少见其遗传研究报道。该研究对采自埃塞俄比亚的同一居群锐药竹少见的开花结实种子, 采用“林木种子检验规程”国家标准, 测定种子的主要性状, 并对其遗传品质进行了分析。结果表明: 锐药竹的种子长度为 18.2 mm, 宽度为 3.3 mm, 千粒重为 117.5 g, 室内发芽率为 66.5%。性状变异与其他竹类相近, 变异不大。将这批种子育苗 15 000 多株, 随机选择 39 株, 典型选择 25 个叶片大的植株, 共 64 个单株, 采集叶样, 运用扩增片段长度多态性 (AFLP) 分子标记技术进行遗传多样性检测。筛选 E-ACA/M-CAA 等 8 对引物对样品进行扩增, 电泳分离, 利用 GeneScan 3.1 软件共统计到 1 728 条谱带, 计算出其多态位点百分率 90.28%, Nei's 基因多样性指数 0.246 3, Shannon 多样性指数 0.362 3, 为遗传多样性大的类型; 采用单匹配相似系数法对样品谱带进行 UPGMA 聚类, 取 SM=0.76, 可将分析样品聚为 3 类, 结合表型进一步进行种质挖掘研究。该研究结果为其生物多样性保育及选育优良品种提供了科学依据。

**关键词:** 非洲竹区, 种子性状, 种子批, AFLP, 种质资源

**中图分类号:** Q943 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2016)08-0943-06

## Seed characters and genetic variation of *Oxytenanthera abyssinica*

LIAN Chao<sup>1</sup>, ZHANG Guo-Wu<sup>2</sup>, FENG Yun<sup>1</sup>, RAN Hong<sup>1</sup>,  
ZHANG Ying<sup>1</sup>, GUO Qi-Rong<sup>1\*</sup>

(1. International Center for Bamboo and Rattan, SFA Key Laboratory of Bamboo and Rattan Science and Technology, Beijing 100102, China; 2. China Eucalyptus Research Centre, State Forestry Administration, Zhanjiang 524022, China)

**Abstract:** *Oxytenanthera abyssinica* is the most important indigenous bamboo in Africa. It plays an important role in local life, production and environment protection. However, the study of its genetic variation is little. We studied seed characters and its variation, as well as the genetic variation of its seedlings abide by GB2772-1999. The length of seeds was 18.2 mm, width was 3.3 mm, 1 000 seed mass was 117.5 g and germination percentage was 66.5%. The results showed that little variation occurred in its seed characters, and variation degree was similar to that of other bamboos. More than 15 000 seedlings was cultured, leaves of 64 individuals were chosen as test material typically, 39 of them were chosen randomly and 25 individuals with big leaves. AFLP was applied to test its genetic variation, eight pair of primers are used. After electrophoretic separation, 1 728 lines was calculated by GeneScan 3.1. It occurred that its PPB was

收稿日期: 2014-11-27 修回日期: 2015-03-20

基金项目: 国家“948”项目 (非洲重要特有经济竹子种质资源引进) (2012-4-48) [Supported by the National Program of Introducing Advanced Agricultural Science and Technology from Africa (2012-4-48)].

作者简介: 廉超 (1990-), 男, 山东费县人, 在读硕士研究生, 主要从事竹类种质资源繁育与利用研究, (E-mail) lianchaolin@163.com。

\*通讯作者: 郭起荣, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事竹子种质资源研究, (E-mail) qrguo@icrb.ac.cn。

90.28%, Nei's gene diversity index was 0.243 6, Shannon index was 0.362 3. The result showed that the genetic variations was abundant in *O. abyssinica*. Based on simple matching coefficient(SM), the individuals were clustered by UPGMA cluster analysis. It indicated that the SM index ranged from 0.73 to 0.85. The samples can be clustered into three classes when SM similarity coefficient is 0.76. Combine phenotypic and physiological indicators systematic germplasm ex-aviation is further needed. This study will provide scientific information for biodiversity breeding and improved breeds.

**Key words:** African bamboo area, seed characters, seed lot, AFLP, germplasm resource

锐药竹(*Oxytenanthera abyssinica*)隶属禾本科竹亚科(Poaceae, Bambusoideae),为非洲特产,是非洲最主要的乡土竹种之一(Ohrnberger, 1999; 廉超等, 2014),具有多种经济、社会和生态价值(Kelbessa et al, 2000; Kigomo, 2007)。由于缺乏有效群体,竹类植物遗传育种学研究举步维艰。而在探究物种遗传变异结构的基础上,进行种质资源发掘、系统评价,开展品种选育是提高植物产量和品质的重要途径。种子性状的表型差异是环境或遗传共同作用的结果,研究种子的表型性状是探究植物遗传变异结构的重要部分(Divakara et al, 2010; Rawat, 2011; 武冲等, 2014)。由于竹类植物长期进行无性繁育,开花结实难为可见,仅见料慈竹(*Bambusa distegia*) (段春香, 2008)、箬竹(*Chimonobambusa tumidissinoda*) (董文渊, 2002)、吊丝竹(*Dendrocalamus minor*) (徐振国, 2013)、毛竹(*Phyllostachys edulis*) (蔡春菊等, 20008)等少数竹种的种子性状的变异研究。

目前,利用分子标记手段研究竹类植物种内遗传变异也有少量报道,孝顺竹(*Bambusa multiplex*) (袁金玲, 2010)、麻竹(*Dendrocalamus latiflorus*) (杨秀艳, 2007)、版纳甜龙竹(*D. parishii*) (杨清, 2006)、毛竹(沈晓婷, 2012; 杨春生等, 2014)等几个竹种一定居群范围内的分子遗传多样性已有研究,对非洲这个最重要竹种的遗传变异研究报道较少。本文研究了锐药竹种子性状,并播种育苗,分析了种子有性后代的遗传变异,为生物多样性保育,选育优良品种提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料

锐药竹种子于2012年3月采自埃塞俄比亚的Afar sezem kebeles地区的同一居群内,种子清理干净后,贮藏于4℃冰箱中。于2013年6月,在国家林业局南方种苗基地(隶属国家林业局桉树研究与开发中心,广东湛江)采用轻基质营养袋育苗,营养

袋规格14 cm × 17 cm,温汤浸种,高锰酸钾消毒,轻基质按照细土:泥炭土:椰壳粉=6:3:1配置,进行日常管理。

播种后1周苗木出齐,8月初停止高生长,开始出现分蘖苗,11月底,完成第一代分蘖苗高生长,此时苗木高33.2~50.0 cm,木质化程度较好,即可出圃定植。本研究育成竹苗15 000多株,发现叶片变异较大,为了分析这批种子苗的遗传多样性,采用类似超级苗选择的方法,目测挑选25株叶片较大者,挂牌编号O1-O25,同时从每床苗中均匀随机取样4~5正常植株,共39株,编号O26-O64用于分子分析。采集的叶片采用硅胶快速干燥法,带回实验室,置于4℃冰箱保存、备用。

### 1.2 方法

锐药竹种子性状按照国家标准《林木种子检验规程》(GB/T 2772-1999)进行长度、宽度、千粒重、发芽率等形态和质量指标测定。

种子苗选定叶样采用改良CTAB法提取DNA,使用0.8%的琼脂糖凝胶电泳检测。酶切体系:200 ng DNA, 1 μL Adapter, 2 μL EcoRI/MseI, 2.5 μL 10 × reaction buffer, 2.5 μL 10 mmol · L<sup>-1</sup> ATP, 1 μL T4 Ligase,用ddH<sub>2</sub>O补充至20 μL。混匀离心10 s, 37℃保温5 h,然后8℃保温4 h,4℃过夜。预扩增时取100 ng DNA, 0.5 μL dNTPs, 2.5 μL 10 × PCR buffer, 0.5 μL Taq 酶, ddH<sub>2</sub>O补充至25 μL,离心后进行PCR扩增。预扩产物1:20稀释后作为选扩模板,按以下体系混匀:2 μL 预扩稀释样品, 2.5 μL 10 × PCR buffer, 0.5 μL dNTP, EcoRI 和 MseI 引物各1 μL(共8对), 0.5 μL Taq 酶, ddH<sub>2</sub>O补充至25 μL。离心数秒后进行PCR扩增,第一轮扩增参数:94℃ 30 s, 65℃ 30 s, 72℃ 80 s。以后每轮循环温度递减0.7℃,扩增12轮。然后根据94℃ 30 s, 55℃ 30 s, 72℃ 30 s, 23个循环, 70℃ 5min, 4℃保温。6%变性聚丙烯酰胺胶电泳分离,银染检测。

电泳图用凝胶成像系统(ProteinSimple)拍照,利用GeneScan3.1读取谱带、转化并统计数据。采

表 1 8 对引物列表及其扩增的多态性条带率

Table 1 List of primer combination and the percentage of polymorphic bands

编号 No.	引物组合 Primer combination	多态性条带率 PPB (%)	编号 No.	引物组合 Primer combination	多态性条带率 PPB (%)
1	E-ACA/M-CAA	98.61	5	E-ACT/M-CTT	83.80
2	E-ACA/M-CTC	87.50	6	E-ACC/M-CAA	91.67
3	E-ACA/M-CTT	92.59	7	E-ACG/M-CTC	88.89
4	E-ACT/M-CTG	90.74	8	E-AGG/M-CAG	91.67

注: E 表示 EcoRI 接头 5'>CTC GTA GAC TGC GTA CC<3'; M 表示 MseI 接头 5'>GAC GAT GAG TCC TGA G<3'。

Note: E represents EcoRI 5'>CTC GTA GAC TGC GTA CC<3'; M represents MseI 5'>GAC GAT GAG TCC TGA G<3'.

用 PopGene32 软件经行 Shannon 指数( $I$ )、Nei's 基因多样性( $H$ )参数计算;NTSYS-pc 2.1 软件基于 SM 相似性系数进行 UPGMA 聚类。选用的外类群为锐药竹属的酒竹 (*Oxytenanthera braunii*) (廉超等, 2014), 标识为 OY。

## 2 结果与分析

### 2.1 种子性状及其变异

经测定,该批锐药竹的种子长度平均为 18.2 mm,变化范围为 13.25~21.48 mm,变异系数 8.8%;种子宽度平均 3.3 mm,变化范围在 2.63~4.12 mm 之间,变异系数 6.0%;千粒重均值 117.5 g,变化范围为 103.0~135.1 g,变异系数 10.5%;室内发芽率平均 66.5%,变化在 62%~74%之间,变异系数 7.9%。从外观上看,锐药竹种子类似爆米花般大小,在竹类植物中属较大粒种子,其主要性状的变异系数与已有研究的料慈竹(段春香,2008)、箬竹(董文渊等,2002)、吊丝竹(徐振国等,2013)等的相近,而高于沙罗单竹(*Schizostachyum funghomii*) (徐振国等,2013)的种子表型变异。

### 2.2 锐药竹的分子遗传多样性

目前,竹类大多长期依靠自然扩鞭、母竹移栽、侧枝扦插等无性繁殖方式造林,在遗传上,限制了其多样性变化。而经过有性繁殖的植物种子,经过了染色体配对,可能有基因重组或突变的过程,后代具有更丰富的遗传变异,可以形成为具有不同遗传基础的不同种质,丰富了遗传多样性,也为特异/优异种质的发掘奠定了遗传基础(Ehrlich & Raven, 1969; 娄永峰,2010)。

本研究采集的 64 份试验叶样,利用筛选出 8 对多样性高、清晰度好的引物进行扩增,统计得扩增出

表 2 锐药竹与部分竹种的遗传变异对比

Table 2 Ggenetic variation of *O. abyssinica* and several kinds of bamboos

竹种名称 Name of bamboo	Nei's 基因 多样性( $H$ ) Nei's gene diversity index	Shannon 多样性指数( $I$ ) Shannon diversity index
锐药竹 <i>Oxytenanthera abyssinica</i>	0.246 3	0.362 3
孝顺竹 <i>Bambusa multiplex</i>	0.040 6~0.179 4	0.060 1~0.265 6
麻竹 <i>Dendrocalamus latiflorus</i>	0.544 2	0.365 5
版纳甜龙竹 <i>D. parishii</i>	0.068 8	0.103 1
毛竹 <i>Phyllostachys edulis</i>	0.004 8	0.007 5

注: 孝顺竹(袁金玲,2010);麻竹(杨秀艳,2007);版纳甜龙竹(杨清,2006);毛竹(沈晓婷,2012)。

Note: *Bambusa multiplex* (Yuan, 2010); *Dendrocalamus latiflorus* (Yang, 2010); *D. parishii* (Yang, 2010); *Phyllostachys edulis* (Shen, 2012).

的多态性条带率(PPB)在 83.80%~98.61%间,其中 E-ACA/M-CAA 引物对扩增的多态性位点百分率达到 98.61%,多态性为 8 对引物中最高(表 1)。所得凝胶图谱如图 1 所示,利用 GeneScan3.1 软件转换数据,共统计了 1 728 条扩增谱带,利用 PopGene32 软件计算得出,其多态性条带 1 567 条,其多态性条带率为 90.28%,Nei's 基因多样性指数( $H$ )为 0.246 3,Shannon 多样性指数( $I$ )为 0.362 3。

基于张德全等(2008)研究的植物遗传多样性 AFLP 分析,发现植物居群水平平均 PPB=51.9%, $H$  平均值为 0.174, $I$  平均值为 0.262。可见,锐药竹具有更丰富遗传多样性。

在多处于小居群的竹类植物中,锐药竹也表现出丰富的遗传变异。其 Shannon 多样性指数、Nei's 基因多样性指数高于孝顺竹(袁金玲,2010)、版纳甜龙竹(杨清,2006)、毛竹(沈晓婷,2012),仅低于

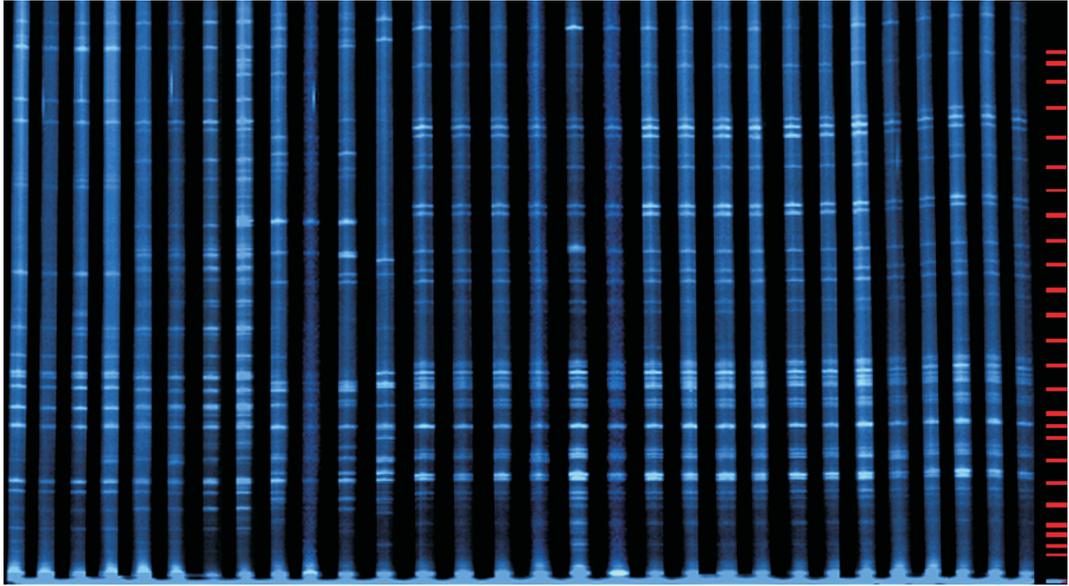


图 1 引物对 E-ACG/M-CTC 扩增产物的部分电泳图谱 右侧红色荧光标记的分子量内标,从小到大的(从下至上),片段大小依次为 70、80、90、100、120、140、160、180、190、200、220、240、260、280、300、320、340、360、380、400、425、450、475、490、500(bp),共 25 条带。

Fig. 1 Part of electrophoresis pattern of the products amplified by E-ACG/M-CTC Twenty-five red interior labels on the right are ranked as follows from small to big (from bottom to top): 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 190, 200, 220, 240, 260, 280, 300, 320, 340, 360, 380, 400, 425, 450, 475, 490 and 500 bp.

表 3 锐药竹样品聚类结果

Table 3 Clustering results of *Oxytenanthera abyssinica*

聚类编号 Cluster code	各类内样品的编号 Code of sample
I	01、02、03、05、06、07、08、09、010、011、012、013、014、015、016、017、018、019、020、021、022、023、024、025、026、027、028、029、030、061、062、063、064
II	031、032、033、034、035、036、037、038、039、040、041、042、043、044、045、046、047、048、049、050、051、052、053、054、055、056、057、058、059、060
III	04

亲本来自多个不同地区的麻竹杂交子代遗传多样性(杨秀艳,2007)(表 2)。

### 2.3 锐药竹的种质发掘

AFLP 等显性分子标记,常采用 SM 相似系数来表征亲缘关系较近的不同种质间的遗传相似性、变异度(明军等,2002)。其在葡萄(张旭丹,2012)、大蒜(陈淑霞等,2012)及一些禾本科植物(杨文轩等,2012)的种质资源研究中均有应用,是种质鉴别的良好参数。

故此,基于 AFLP,对这批种子选择的 64 个单株样品的 SM 系数聚类结果见图 1。图 1 结果显示,本批锐药竹种内的 SM 遗传相似性在 0.73~0.85 之间,在 SM 值 0.76 处明显聚为 3 类。聚集在 I 类的

样品 33 个,包括 04 以外的所有 24 个大叶类型,以及随机选择的 026-030、061-064; II 类中包括了随机选择的 30 份样品;只有 1 份标号为 04 的样品单独聚为第 III 类(表 3),宜作为特异种质重点关注,进行种质性状系统测定。

## 3 讨论与结论

由于经济、科技等原因,即使锐药竹作为非洲大陆最重要的经济竹种,但尚未见有包括居群、种实的遗传变异的研究报道,从而限制了锐药竹的遗传保护和产业发展。本研究采用国家标准,首次报道锐药竹种子性状,种子长 18.2 mm,变异系数 8.8%;种

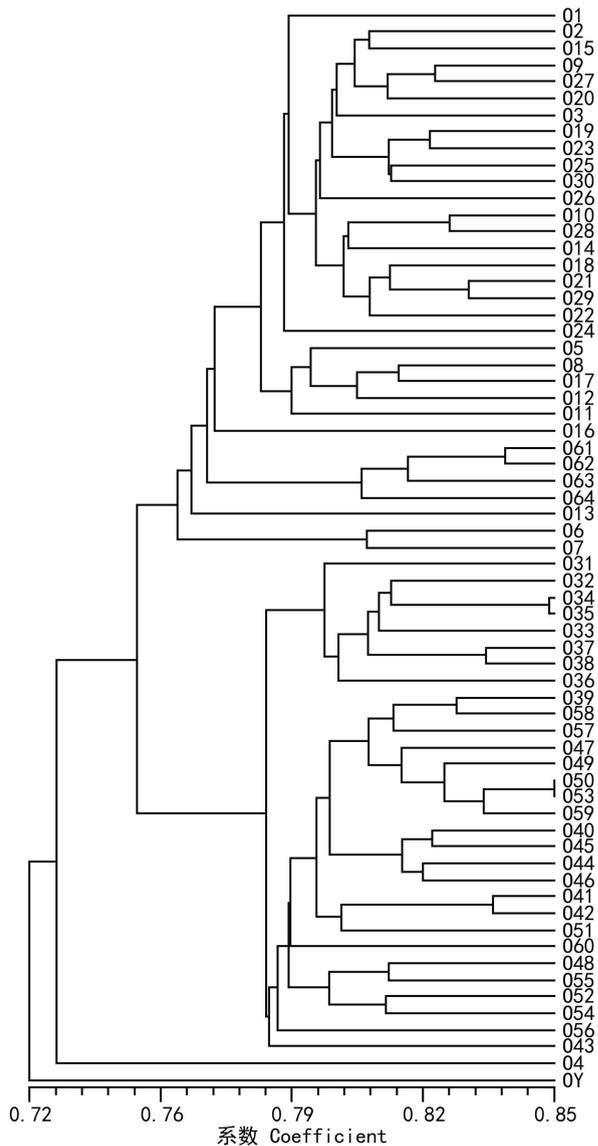


图 2 基于 AFLP 的锐药竹样品聚类图  
Fig. 2 Cluster dendrogram of *Oxytenanthera abyssinica* seed lot based on AFLP

子宽 3.3 mm, 变异系数 6.0%; 千粒重 117.5 g, 变异系数 10.5%; 室内发芽率 66.5%, 变异系数 7.9%。锐药竹有性种子性状的获得为锐药竹繁育及科学利用奠定了科学基础。

典型选择了 25 个大叶单株, 随机选择 39 单株, 共 64 株的叶片样品, 采用 AFLP 分子标记技术测定锐药竹的分子遗传多样性, 结果显示其多态位点百分率 (PPB) 为 90.28%, Nei's 基因多样性 ( $H$ ) 为 0.246 3, Shannon 多样性指数 ( $I$ ) 为 0.362 3。植株表型取决于遗传与环境的共同作用, 该批种子采集于

同一个地区, 其实生苗在形态、生理或分子方面存在的差异主要来自于其遗传性。Ndiaye et al (2013) 来自非洲西部塞内加尔的 4 个不同地区, 利用 SSR 方法研究了锐药竹的物种分布地的多样性, 其测得的锐药竹  $H$  在 0.22~0.92 之间, 本研究材料主要辅以分子手段, 进行种质资源挖掘, 相对于锐药竹现实分布而言, 实验取材只是埃塞俄比亚的一个地区, 并且是开花有种子植株, 以探测经过有性杂交阶段的子代遗传变异情况; 另据张德全等 (2008) 的研究发现, SSR 所得遗传参数值明显高于 AFLP, 说明两种分子遗传多样性不宜简单进行数字比较。

种子和幼苗的补充, 保证了物种维持其更丰富的遗传变异 (Zhao et al, 2006)。综合比较  $H$ 、 $I$  两个指标发现, 该批锐药竹的遗传多样性大于小居群内长期保持无性繁殖的孝顺竹、版纳甜龙竹、毛竹等, 孝顺竹等因为长期进行无性繁殖, 缺少基因重组过程, 缺乏基因补充途径, 导致了它们的遗传变异度偏低 (Ren et al, 2005)。正是由于开花结实形成了种子, 所以这批锐药竹表现出丰富的遗传变异。如果收集更大地理区域范围内的材料 (活株或种子), 可以探测锐药竹在整个物种分布区的遗传和遗传格局, 揭示其开展遗传保育的科学基础。

根据育成的一万多株苗木, 选择的 64 个单株遗传相似性系数在 0.76~0.85 之间, 以 SM 相似性系数 0.76 处明显聚为 3 类, 反映出该批种子的遗传格局。聚类结果显示, 全部样品自成一组, 区别于外类群酒竹, 表现出锐药竹物种的遗传稳定性; 大叶型的植株与随机挑选植株基本能明显分开, 表现出了锐药竹选择育种的潜力, 特别是 O4 植株单独聚为一类, 表现出有性生殖后代较大的遗传变异性, 拟作为特异种质重点关注。对 AFLP 分析聚类结果分成的 3 种类型, 结合生长量、竹材产量、品质、抗性等行业性状等开展种质性状系统测定, 挖掘特异/优异种质, 选育良种, 更好地服务竹产业发展。

## 参考文献:

- CAI CJ, PENG ZH, GAO J, et al, 2008. Seed germination characteristics of *Phyllostachys edulis* [J]. Chin Agric Sci Bull, 24 (12): 163-168. [蔡春菊, 彭镇华, 高健, 等, 2008. 毛竹种子萌发特性研究 [J]. 中国农学通报, 24(12): 163-168.]
- CHANG YX, CHENG ZH, DU JN, et al, 2012. Cluster analysis and evaluation of Garlic (*Allium sativum* L.) germplasm based on principal components [J]. J Plant Gen Res, 13(3): 429-434. [常燕霞, 程智慧, 杜俊娜, 等, 2012. 大蒜种质产量和品质性状主成分聚类分析与综合评价 [J]. 植物遗传资源学

- 报, 13(3): 429-434.]
- DIVAKARA BN, UPADHYAYA HD, WANI SP, et al, 2010. Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: a review [J]. Appl En, 87: 732-742.
- DONG WY, HUANG BL, XIE ZX, et al, 2002. Studies on the characters of seed and the rhythm of seedling—plant growth of *Qionghuea tumidinod* [J]. J Bamb Res, 21(1): 57-60. [董文渊, 黄宝龙, 谢泽轩, 等, 2002. 箬竹种子特性及实生苗生长发育规律的研究 [J]. 竹子研究汇刊, 21(1): 57-60.]
- DUAN CX, 2008. Systematic study on the characters of seed and cultivating technology of the *Bambusa distegia* [D]. Kunming: Southeast Forestry University; 10-12. [段春香, 2008. 料慈竹种子特性及育苗技术系统研究 [D]. 昆明: 西南林学院; 10-12.]
- EHRlich PR, RAVEN PH, 1969. Differentiation of populations [J]. Science, 165:1 228-1 232.
- GB2772-1999. Rules for forest tree seed testing [S]: 1-21. [GB2772-1999. 林木种子检验规程 [S]: 1-21.]
- KELBESSA E, BEKELE T, GEBREHIWOT A, et al, 2000. A socio-economic case study of the bamboo sector in Ethiopia: an analysis of the production-to-consumption system [R]. Addis Ababa: Kenya Forestry Research Institute; 2-3.
- KIGOMO B, 2007. Guidelines for growing bamboo [M]//KEFRI Guideline Series; No. 4. Nairobi, Kenya; Kenya Forestry Research Institute; 24.
- LIAN C, FENG Y, ZHOU JM, et al, 2014. Investigation on bamboo species, resources and industry in Africa bamboo zone [J]. World For Res, 27(4): 75-82. [廉超, 冯云, 周建梅, 等, 2014. 非洲竹区竹种类、资源与产业调查 [J]. 世界林业研究, 27(4): 75-82.]
- LOU YF, 2010. Genetic diversity of variation types of *Phyllostachys violascens* [D]. Linan City: Zhejiang Agriculture Forestry University; 38-39. [娄永峰, 2010. 雷竹不同变异类型的遗传多样性分析 [D]. 临安: 浙江农林大学; 38-39.]
- MING J, ZHANG QX, MAO QS, et al, 2002. AFLP Analysis of genetic relationships of *Prunus mume* 'Meiren' and relatives [J]. Acta Horti Sin, 29(6): 588-589. [明军, 张启翔, 毛庆山, 等, 2002. '美人'梅与其近缘种亲缘关系的 AFLP 研究 [J]. 园艺学报, 29(6): 588-589.]
- NDIAYE A, RIVALLAN R, LEGAVRE T, et al, 2013. Isolation, characterization and cross-species amplification of polymorphic microsatellite markers for *Oxytenanthera abyssinica* (A. Rich.) Munro (Poaceae) [J]. Conserv Genet Resour, 5: 799-802.
- OHRNBERGER D, 1999. The bamboos of the world; annotated nomenclature and literature of the species and the higher and lower taxa [M]. Access Online Elsevier; 8-9, 309.
- RAWAT K, BAKSHI M, 2011. Provenance variation in cone, seed and seedling characteristics in natural populations of *Pinus wallichiana* A. B. Jacks (blue pine) in India [J]. Ann For Res, 54: 39-55.
- REN MX, ZHANG QG, ZHANG DY, 2005. Random amplified polymorphic DNA markers reveal low genetic variation and a single dominant genotype in *Eichhornia crassipes* populations throughout China [J]. Weed Res, 45: 236-244.
- Shen XT, 2012. The analysis of fine-scale genetic diversity in *Phyllostachys edulis* and a preliminary study on it's sampling strategy [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University; 20-22. [沈晓婷, 2012. 毛竹小尺度遗传多样性及取样策略的初步研究 [D]. 南京: 南京林业大学; 20-22.]
- VOS P, HOGERS R, BLEEKER M, et al, 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting [J]. Nucl Acids Res, 23(21): 4 407-4 414.
- WU C, ZHONG CL, ZHANG Y, 2014. Variation and cluster analysis of morphological characters and nutrient content of *Chucrasia tabularis* seed [J]. J Plant Gen Res, 15(2): 429-435. [武冲, 仲崇禄, 张勇, 2014. 麻楝种子形态和营养特征遗传变异分析 [J]. 植物遗传资源学报, 15(2): 429-435.]
- XU ZG, LI LJ, HUANG DY, et al, 2013. Morphological characteristics and seed germination capacity of four species of sympodial bamboo in Guangxi [J]. Acta Agric Univ Jiangxi, 35(6): 1 206-1 211. [徐振国, 李立杰, 黄大勇, 等, 2013. 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, 35(6): 1 206-1 211.]
- YANG CS, LU YB, LIN YF, et al, 2014. AFLP analysis of genetic relationships among *Phyllostachys edulis* germplasm resource in Guangxi [J]. Guihaia, 34(6): 742-746. [杨春生, 卢永彬, 林燕芳, 等, 2014. 广西毛竹种质资源 AFLP 分析 [J]. 广西植物, 34(6): 742-746.]
- YANG Q, 2006. Study on genetic diversity and management technology of bamboo shoots forestry of *Dendrocalamus hamiltonii* [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry; 27-29. [杨清, 2006. 版纳甜龙竹遗传多样性及笋用林高效培育技术研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院; 27-29.]
- YANG WX, MA X, ZHANG XQ, et al, 2012. A study on genetic analysis of F2 hybrid progenies by molecular markers in annual ryegrass [J]. Acta Pratac Sin, 21(4): 125-133. [杨文轩, 马啸, 张新全, 等, 2012. 多花黑麦草品种间杂交 F<sub>2</sub> 代分子标记遗传分析 [J]. 草业学报, 21(4): 125-133.]
- YANG XY, 2007. Studies on genetic diversity and hybrid progeny genetic variation of *Bambusa chungii* and *Dendrocalamus latiflorus* [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry; 35-38. [杨秀艳, 2007. 粉单竹遗传多样性和麻竹种内杂交子代遗传变异研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院; 35-38.]
- YUAN JL, 2010. Study on genetic diversity, regeneration system and cross breeding of *Bambusa multiplex* [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry; 35-36. [袁金玲, 2010. 孝顺竹遗传多样性、再生体系构建及杂交育种研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院; 35-36.]
- ZHAO QF, WANG G, LI QX, 2006. Genetic diversity of five *Kobresia* species along the eastern Qinghai-Tibet plateau in China [J]. Hereditas, 143: 33-40.
- ZHANG DQ, YANG YP, 2008. A statistical and comparative analysis of genetic diversity detected by different molecular markers [J]. Acta Bot Yunnan, 30(2): 159-167. [张德全, 杨永平, 2008. 几种常用分子标记遗传多样性参数的统计分 [J]. 云南植物研究, 30(2): 159-167.]
- ZHANG XD, 2012. A genetic reaserch on the relationship of chinese grape germplasm [D]. Yangling: Northwest Agriculture & Forestry University; 13-14. [张旭丹, 2012. 中国野生葡萄种质资源的亲缘关系研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学; 13-14.]