

云南 4 种典型热带丛生竹的种源分化

杨汉奇¹, 孙茂盛², 阮桢媛¹, 董禹然¹, 梁 宁¹

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224; 2. 西南林业大学, 云南 昆明 650224)

摘要:以典型的自然或栽培种群为研究对象,全面调查和分析了云南 4 种典型热带丛生竹——巨龙竹、龙竹、云南甜龙竹和黄竹种质资源及其遗传分化背景,并结合种群平均秆径和平均秆质量,初步评价了以种群为代表的各个竹种的种源分化状况。结果显示:4 个竹种种群间的平均秆径和平均秆质量等主要营林指标差异显著;巨龙竹、龙竹、云南甜龙竹种群间存在着较高水平的遗传分化,其遗传分化系数(G_{st})均大于 0.83;而黄竹种群间也存在一定水平的遗传分化($G_{st}=0.2524$)。研究结果为筛选巨龙竹等 4 个竹种的优良种源提供了理论依据。

关键词:巨龙竹;热带丛生竹;种源分化;云南

中图分类号:S722.3

文献标识码:A

Study on Provenance Differentiation of Four Typical Tropical Clump Bamboos in Yunnan, China

YANG Han-qi¹, SUN Mao-sheng², RUAN Zhen-yuan¹, DONG Yu-ran¹, Liang Ning¹

(1. Research Institute of Resources Insects, Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, Yunnan, China;

2. Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: Tropical clump woody bamboo (TCWB) is a kind of high-value forest tree, and China's Yunnan Provenance is among the regions with the most tropical bamboos in the world. For a long time, however, the studies on systematic provenance selection has not been implemented for many TCWBs with large-scale cultivation in Yunnan. Therefore, many high-quality provenances still need a urgent excavation and protection. In this study, 39 typical natural or cultivated populations from four TCWBs in Yunnan, i. e., *Dendrocalamus sinicus* Chia et J. L. Sun, *D. giganteus* Munro, *D. brandisii* (Munro) Kurz and *D. membranaceus* Munro, were surveyed and analyzed with genetic differentiation at population level. Furthermore, combining with average diameter at the breast height (DBH) and weight of culms at population level, the best provenances of those four TCWBs were estimated. The results showed that the average DBH and weight of culms at population level were significantly different among populations of all the four TCWB. Meanwhile, a high level of genetic differentiation was detected among populations of three cultivated TCWBs, i. e., *D. sinicus*, *D. giganteus* and *D. brandisii*, with a high coefficient of genetic differentiation among populations (G_{st}) which was greater than 0.83. On the other hand, a low genetic differentiation ($G_{st}=0.2524$) was found among populations of *D. membranaceus*. The results are of great significance for high-quality provenances selection for those four TCWBs.

Key words: *Dendrocalamus sinicus*; tropical clump bamboo; provenances differentiation; Yunnan

热带丛生竹是一类高价值的林木资源,云南是我国和世界热带丛生竹资源最富集的地区之一,但长期以来,云南大面积栽培的多种热带丛生竹没有开展系统的种源选优工作,大量优质种源亟待挖掘

和保护。巨龙竹(*Dendrocalamus sinicus* Chia et J. L. Sun)、龙竹(*D. giganteus* Munro)、云南甜龙竹(*D. brandisii* (Munro) Kurz)和黄竹(*D. membranaceus* Munro)均属于牡竹属(*Dendrocalamus* Nees),是典型

收稿日期:2013-11-05

基金项目:国家自然科学基金(31070593,31270662);云南省应用基础研究基金(2010CD141)和中国林科院资源昆虫研究所基本科研业务费专项资金(rirical2012005M)

作者简介:杨汉奇(1974—),男,博士,研究员,从事林木遗传育种、竹藤种质资源保护与利用等方面的研究。

的热带大型丛生竹,在我国的自然分布区仅限于云南省^[1-3];其中,巨龙竹是云南西南部和南部特有竹种,也是目前为止世界最粗大的竹子^[4]。巨龙竹等4个竹种广泛分布于云南西部和南部热区,是当地竹产业发展的主要乡土竹种,具有重要的经济、文化和生态效益^[5-6]。近二十年来,巨龙竹等4个竹种,特别是云南甜龙竹和龙竹,被云南以及华南等地大量引种栽培^[4-5,7]。由于这4个竹种开花结实少见,目前主要采取埋节、埋秆、分箨等无性繁殖方式生产种苗,对原竹资源需求大,导致当地原生种源人为破坏情况严重。另一方面,由于云南各地小地理环境条件变化多样,导致各地种源变异较大;但实际生产中为了节省成本,母竹都是就近采集,没有开展全省资源基础上的种源评价和筛选。本文从原产区典型的自然或栽培种群的角度,调查了巨龙竹等云南4

种典型热带丛生竹的种群平均秆径和秆质量,并结合其种群间的遗传分化水平,分析了以种群为代表的各个竹种种源间的分化状况,旨在为下一步筛选优良种源提供基础资料和理论依据。

1 材料与方法

1.1 种群选取

在巨龙竹等4个竹种的云南整个分布区全面调查的基础上,选择不同海拔、地理距离较远且能代表当地种源(即种群为当地起源,无外来引种,并且人为干扰少)的14个巨龙竹、7个龙竹、6个云南甜龙竹栽培种群和12个黄竹天然种群作为研究对象。每个种群根据竹丛的分布情况随机采样,样丛间相距30~50 m以上,根据种群大小各取样8~20丛,共617个样丛(表1)。

表1 巨龙竹等4个竹种取样种群信息

竹种	种群采集地	种群样本数/丛	海拔/m	经度(E)	纬度(N)	秆径平均值±标准差/cm
巨龙竹	耿马县孟定镇糯峨村	12	545	99°01'14"	23°30'25"	15.73±2.97
	沧源县芒卡镇竹蓬寨村	12	1 248	98°56'17"	23°26'54"	19.38±4.93
	沧源县芒卡镇南腊村	12	1 475	98°58'31"	23°22'27"	17.91±3.69
	沧源县班洪乡南板村	12	1 126	99°04'40"	23°19'12"	18.55±3.32
	沧源县班老乡营盘村	12	1 302	98°58'52"	23°18'32"	16.97±4.05
	沧源县班洪乡班洪村	15	1 165	99°05'58"	23°17'42"	16.87±4.38
	沧源县班老乡上班老村	13	1 080	98°56'03"	23°15'04"	18.26±3.95
	沧源县班老乡下班老村	12	1 018	98°54'50"	23°13'17"	17.13±4.78
	西盟县中课乡窝笼村	15	1 295	99°32'29"	22°43'41"	17.86±4.61
	西盟县梭梭镇上寨村	15	1 080	99°37'20"	22°37'58"	18.48±3.82
	西盟县翁嘎科乡老寨村 A	15	1 265	99°28'03"	22°30'51"	17.33±2.99
	孟连县景信乡东村	12	1 007	99°36'31"	22°26'36"	17.17±2.62
	孟连县勐马镇大寨村	12	944	99°22'46"	22°13'45"	15.26±2.58
	勐海县勐混镇老寨村 B	16	1 503	100°20'40"	21°51'28"	19.22±3.12
龙竹	勐海县勐混镇老寨村	20	1 503	100°20'40"	21°51'28"	13.21±1.21
	石屏县大桥乡冲门口村	15	1 210	102°21'13"	23°50'55"	12.70±1.37
	宁洱县磨黑镇把边村	15	1 208	101°02'11"	23°05'16"	12.53±1.86
	六库上江乡丙奉村	15	1 300	98°50'19"	25°36'55"	11.30±0.78
	新平县老厂乡竹园村	20	1 170	101°38'54"	24°08'07"	10.91±1.02
	双江勐勐镇弯掌村	12	1 045	99°48'05"	23°29'02"	10.52±1.13
	耿马县孟定镇芒掌村	11	501	99°05'04"	23°33'34"	10.18±0.91
云南甜龙竹	金平县铜厂乡勐谢村	8	1 672	103°01'40"	22°49'37"	11.45±0.64
	西盟县勐梭镇上寨村	8	1 080	99°37'20"	22°37'58"	11.20±0.44
	沧源县芒卡镇芒岗村	8	702	98°54'32"	23°29'15"	11.04±1.09
	宁洱县宁洱镇老王寨村	20	1 363	101°02'10"	23°05'15"	10.55±1.08
	新平县老厂乡竹园村	20	1 206	101°38'43"	24°08'24"	10.47±0.83
	石屏县大桥乡冲门口村	20	1 452	102°26'43"	23°44'31"	9.58±1.17
黄竹	新平县嘎洒大田村	20	660	101°37'50"	24°21'03"	3.17±0.21
	盈江县铜壁关乡洪崩河	20	310	97°32'51"	24°26'32"	6.32±1.08
	景洪市景洪农场三分场	20	638	100°43'03"	22°03'04"	6.38±0.79
	景洪市小勐养保护区	20	905	100°53'18"	22°08'38"	6.65±1.04
	景洪市大勐龙下冬寨村	20	723	100°45'41"	21°46'18"	5.41±0.81
	勐腊县勐仑镇曼边村	20	550	101°16'39"	21°55'17"	5.22±0.90
	勐腊县版纳易武乡么田村	20	844	101°25'36"	21°16'13"	5.05±1.01
	勐腊县勐腊镇曼庄村	20	625	101°34'22"	21°29'32"	5.33±0.61
	勐腊县勐满镇曼蚌村	20	788	101°20'19"	21°21'41"	5.23±1.00
	勐腊县关累镇勐远村	20	785	101°22'41"	21°39'29"	7.68±1.57
	普洱市思茅港镇第四公社	20	636	100°35'32"	22°29'24"	4.62±0.70
	耿马县孟定镇糯峨村	20	532	99°01'13"	23°30'25"	4.08±1.16

1.2 试验方法

所有样丛进行每竹检尺,测量秆径;按秆径选取标准竹并测量其新鲜秆质量(除去约2 m的竹梢)。

基于ISSR的种群遗传分化分析的实验方法参见作者以前的研究^[8-11]。本文中巨龙竹样品取自谷志佳等^[12]调查中的14个通直和混生种群,其中,沧源县班洪乡南板村种群补充到12个样丛;而龙竹、云南甜龙竹和黄竹种群遗传分化数据分别引用Tian等^[9]、阮桢媛等^[10]和Yang等^[11]。

1.3 数据处理

利用软件SPSS17.0进行统计分析和显著性检验。

2 结果与分析

2.1 4个竹种的资源分布

本文对云南分布区内的巨龙竹、龙竹、云南甜龙竹和黄竹资源进行了全面的实地调查,结果显示:巨龙竹、龙竹和云南甜龙竹均为栽培种群,而黄竹基本是自然种群,有少量栽培种群,其中,龙竹主要分布在滇中、滇南、滇西南、滇西和滇西北等地;云南甜龙竹主要分布在滇中、滇西南和滇东南等地;黄竹主要分布于滇南澜沧江中下游河谷地区以及滇西、滇西南局部河谷地区,并形成大面积的天然单优林分(图1)。

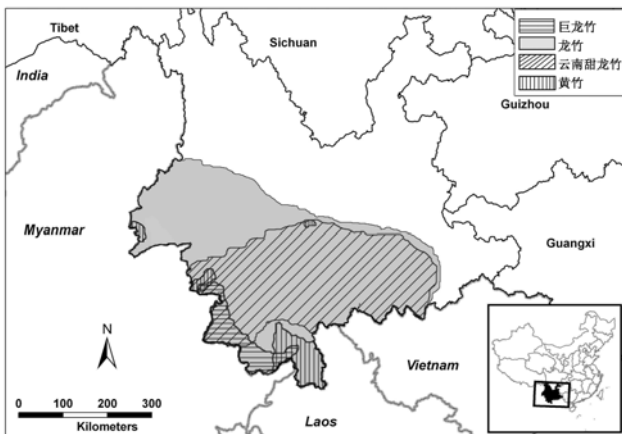


图1 巨龙竹等4个竹种在云南的自然分布区示意图

2.2 4个竹种的遗传分化背景

从巨龙竹等4个竹种云南种群的遗传多样性ISSR分析结果的总结(表2)中可以看出:黄竹^[11]天然种群与另外3个栽培竹种巨龙竹(未发表数据)、龙竹^[9]、云南甜龙竹^[10]种群之间存在明显差异:(1)黄竹种群的遗传多样性水平($PPB = 48.06\%$)在4个竹种中最高;(2)黄竹种群间分化水平最低(遗传分化系

数 $G_{st} = 0.2524$),而巨龙竹、龙竹、云南甜龙竹3个栽培竹种种群间遗传分化系数(G_{st})均大于0.83,表明种群间存在着较高水平的遗传分化;(3)黄竹种群间基因流水平最高(基因流 $N_m = 1.4821$)。

表2 巨龙竹等四个竹种群间遗传分化水平

竹种	多态位点百分率 (PPB)/%	遗传分化系数 (G_{st})	基因流 (N_m)
巨龙竹	12.50	0.8340	0.2620
龙竹	11.33	0.8474	0.0901
云南甜龙竹	13.38	0.8427	0.0933
黄竹	48.06	0.2524	1.4821

4个竹种种群遗传多样性的差异可能与其繁育系统和演化历史密切相关:(1)繁育系统差异。龙竹和云南甜龙竹云南种群尚未有自然条件下有性繁殖的报道^[13],巨龙竹近年零星开花,但结实率低^[12];而黄竹在自然条件下常见开花结实及自然更新,维持和发展丰富的遗传多样性;同时也促进了不同种群间的基因交流,降低了种群间的遗传变异水平^[11]。(2)人类活动的影响。巨龙竹、龙竹和云南甜龙竹等3个栽培竹种的栽培历史悠久,经过长期的适应和演化,种群间的遗传分化会不断被积累和加强,形成新的遗传基础,从而导致巨龙竹等3个竹种现存种群间的遗传分化处于较高水平^[13-14]。另一方面,黄竹天然单优群落只是在最近二十年内遭到严重破坏而成片段化分布,其祖先种群丰富的遗传多样性以及遗传结构仍得以保持,表现出现存种群间遗传变异处于较低水平^[11]。

2.3 4个竹种种群间关键生长指标差异

通过分别对分布区内62株巨龙竹、70株龙竹、60株云南甜龙竹、96株黄竹标准竹的秆径和新鲜秆质量的数据进行回归分析,筛选出一元幂函数方程 $W = aD^b$ (其中 W 为秆质量,kg; D 为胸径,cm; a 、 b 为常数)作为秆径与秆质量关系模型(表3)。

表3 巨龙竹等4个竹种秆径与秆质量相关性回归模型

竹种	回归方程	相关系数	显著性检验
巨龙竹	$W = 0.057D^{2.598}$	0.974	0.000*
龙竹	$W = 3.459D^{0.974}$	0.960	0.000*
云南甜龙竹	$W = 0.113D^{2.490}$	0.990	0.000*
黄竹	$W = 0.376D^{2.061}$	0.999	0.000*

注:*表示显著性水平, $P = 0.05$ 。

利用表3的回归方程计算出相应的巨龙竹等4个竹种种群(表1)的平均秆质量,并进行种群间的LSD多重比较,结果显示:4个竹种种群间的平均秆

径和平均秆质量存在着显著差异。巨龙竹取样中,沧源县芒卡镇竹蓬寨村种群(平均秆径 19.38 cm,平均单竹秆质量 125.85 kg)和勐海县勐混镇老寨村种群(平均秆径 19.22 cm,平均单竹秆质量 122.54 kg)都显著优于云南其它种群(表 4),但后者为混生类型^[12]。龙竹取样中,勐海、石屏和宁洱种群平均秆径均显著优于云南其它种群,但勐海种群的平均秆质量显著高于云南其它种群(表 5)。云南甜龙竹

取样中,金平、西盟和沧源种群之间的平均秆径和平均秆质量的差异不显著,其中,表现最好的金平种群(平均秆径 11.45 cm,平均单竹秆质量 49.03 kg)显著优于宁洱、新平和石屏种群(表 6)。黄竹取样中,勐腊县关累镇勐远村种群(平均秆径 7.68 cm,平均单竹秆质量 25.46 kg)的平均秆径和平均秆质量均显著高于其它种群(表 7)。

表 4 巨龙竹 14 个种群间生长性状及 LSD 多重比较

种群	糯峨村	竹蓬寨村	南腊村	南板村	营盘村	班洪村	上班老村	下班老村	窝笼村	上寨村	老寨村 A	东村	大寨村	老寨村 B	云南平均值
平均秆径/cm	15.73a	19.38b	17.91c	18.55d	16.97c	16.87c	18.26d	17.13cd	17.86cd	18.48d	17.33c	17.17c	15.26a	19.22b	17.62
平均秆质量/(kg·株 ⁻¹)	70.15a	125.85b	101.66c	113.93d	92.87e	91.45e	105.23c	96.10e	101.54c	108.34d	97.65c	94.00e	66.31a	122.54b	99.70

注:同行字母中相同的字母表示差异不显著,不同字母表示差异显著($p < 0.05$),下同。

表 5 龙竹 7 个种群间生长性状及 LSD 多重比较

种群	勐海	石屏	宁洱	六库	新平	双江	耿马	云南平均值
平均秆径/cm	13.21a	12.70a	12.53a	11.30b	10.91bc	10.52bc	10.18c	11.74
平均秆质量/(kg·株 ⁻¹)	47.50a	41.70b	39.39b	37.26b	35.81c	32.66d	31.82d	38.73

表 6 云南甜龙竹 6 个种群间生长性状及 LSD 多重比较

种群	金平	西盟	沧源	宁洱	新平	石屏	云南平均值
平均秆径/cm	11.45a	11.20ab	11.04ab	10.55bc	10.47bc	9.58d	10.49
平均秆质量/(kg·株 ⁻¹)	49.03a	46.83ab	45.14ab	40.76bc	39.69bc	32.01d	40.20

表 7 黄竹 12 个种群间生长性状及 LSD 多重比较

种群	大田村	洪崩河	三分场	小勐养	下冬寨村	曼边村	么田村	曼庄村	曼蚌村	勐远村	第四公社	糯峨村	云南平均值
平均秆径/cm	3.17a	6.32b	6.38b	6.65b	5.41c	5.22c	5.05c	5.33c	5.23c	7.68d	4.62e	4.08e	5.43
平均秆质量/(kg·株 ⁻¹)	4.09a	16.90b	17.33b	18.47b	12.16c	11.25c	10.80c	11.70c	11.25c	25.46d	8.72e	6.86e	12.92

2.4 优良种源筛选

巨龙竹、龙竹、云南甜龙竹、黄竹是 4 种典型的高价值大型丛生竹。本研究结果显示:这 4 个竹种种群间的平均秆径和单株秆质量等关键营林指标差异显著;同时,巨龙竹、龙竹、云南甜龙竹 3 个栽培竹种种群间存在着较高水平的遗传分化($G_{st} > 0.83$),而且黄竹种群间也存在着一定水平的遗传分化($G_{st} = 0.2524$),为筛选优良种源提供了理论依据。

结合遗传背景以及平均秆径和平均秆质量 2 个营林指标,本文初步筛选出了这 4 个竹种种群所代表的优良种源(表 8)。与云南平均水平相比,建议的优良种源种群平均秆径高出云南平均水平的 9.2% (云南甜龙竹)~41.4% (黄竹),平均秆质量高出云南平均水平的 22.0% (云南甜龙竹)~97.1% (黄竹)。

表 8 巨龙竹等 4 个竹种建议的最优种源

竹种	建议的最优种源	最优种源的生长指标 (平均秆径 cm / 平均秆质量 kg)	高出云南平均水平/% (平均秆径/平均秆质量)
巨龙竹	竹蓬寨村种群(通直型)	19.38/125.85	10.0/26.2
龙竹	勐海种群	13.21/ 47.50	12.5/22.6
云南甜龙竹	金平种群	11.45/ 49.03	9.2/22.0
黄竹	勐远村种群	7.68/ 25.46	41.4/97.1

3 结论与讨论

在我国竹类资源培育中,多以竹种筛选为主,如毛竹^[15]和丛生竹类^[4-6],而对其优良品种或种源的研究相对少见,现仅有如毛竹(*Phyllostachys edulis*)^[16]、麻竹(*Dendrocalamus latiflorus*)^[17]和粉单竹(*Bambusa chungii*)^[18]等个别竹种地理群体差异的分析。另一方面,在竹类(特别是热带丛生竹)的推广栽培中,多采用无性繁殖的方式进行种苗培育和造林,常忽视了种源筛选工作,容易引起种源遗传背景的混乱,对竹林经营和更新带来潜在的威胁,也阻碍竹子优良品种的选育^[19]。云南因各地复杂的小地理环境条件,一些分布广的经济竹种常产生变异较大的种源,因此,推广栽培时更需要分析其种质资源多样性。本文在整个自然分布区全面实地调查和取样的基础上,从种群角度分析了我国4种典型丛生竹种的遗传分化背景,并结合关键生长指标来初步评价种源,从而能够在很大程度上克服过去仅从个体表型性状和主观经验来判断和评价丛生竹种源所带来的片面性,并为其优良种源和品种的选育提供科学依据。

本研究结果显示:巨龙竹、云南甜龙竹、龙竹3个栽培竹种种群间存在高水平的遗传分化,黄竹种群间也存在一定水平的遗传分化;同时,种群间的平均秆径和单株秆质量等关键营林指标也存在显著差异,这也显示了优良种源筛选的必要性。龙竹和云南甜龙竹作为云南优先推广的2个乡土竹种,近15年来在滇中和滇西地区的栽培面积达到 $3.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 以上^[20],其种源大部分来自滇中地区的新平县、石屏县和宁洱县等地的当地种源^[5-6],主要原因可能是当地2个竹种资源较多,便于提供无性繁殖所需的母竹,并且种苗运输到其它栽培区的距离较近;但本研究结果显示:滇中地区的龙竹和云南甜龙竹种源并不是云南分布区中的最优种源,而滇南勐海的龙竹和滇东南金平的云南甜龙竹在生长指标上表现更突出,然而至今还没有得到重视。因此,建议把两地的竹种资源作为今后推广的首选种源之一。巨龙竹是我国大径级竹材的典型竹种之一,其秆型有“通直”和“弯曲”两种类型^[12],而且种群间平均胸径也存在显著差异。近年来,巨龙竹也在云南进行小规模引种栽培试验^[4],本研究结果也显示在推广时应优先采取大径级的“通直”型种源。云南的黄竹林是我国目前面积最大、最具代表性的

热带大型丛生天然竹林^[5],近20年来黄竹天然林破坏严重,亟需对其资源进行保护^[11]。由于黄竹重要的生态和经济价值,近年来云南西南和东南地区进行了较大规模的黄竹引种栽培。2005年以来,澜沧江流域和越南北部等地的黄竹大量开花结实,目前已有不少黄竹实生苗流入滇西和滇西南,成为当地竹子造林的主要种苗来源。本文结果显示:黄竹种群之间存在着较大的差异,因此也要注意种源的筛选,避免由于劣质苗木引起的林业损失。

在种质资源保护方面,本文的结果也具有重要意义。由于黄竹的遗传多样性丰富和巨龙竹等3个竹种种群间显著的遗传分化,因此在开展种质资源保护时应该建立尽可能多的就地保护点,并且对它们的种质资源(特别是种子)进行收集和保存;迁地保护时应该广泛地对其各个种群加以充分的采样,才能够有效地保持其丰富的遗传多样性^[8-12,14]。

值得注意的是,本文仅从遗传背景以及种群平均胸径和平均秆质量2个关键生长指标的角度讨论了巨龙竹等4个大型丛生竹种种源分化状况,同时也必须看到竹林生长与其经营管理技术和强度密切相关,而且种源适应性还需要长期区域性栽培试验,只有这样才能选育出能够大面积推广栽培的优良种源或品种。

参考文献:

- [1] 耿伯介,王正平.《中国植物志》第九卷第1分册,竹亚科[M].北京:科学出版社,1996
- [2] 孙必兴,李德铨,薛纪如.云南植物志(第九卷)[M].北京:科学出版社,2003
- [3] Li D Z, Stapleton C. Bambuseae [M]//Wu Z Y, Raven P H, Hong D Y. Flora of China Vol. 22 (Poaceae). Beijing: Science Press; St. Louis, USA: Miss Bot Gard Press, 2006: 39-46
- [4] 辉朝茂,杨宇明,杜凡.珍稀竹种巨龙竹生态生物学特性及开发利用基础性研究[M].昆明:云南科技出版社,2006
- [5] 辉朝茂,杨宇明.材用竹资源工业化利用[M].昆明:云南科技出版社,1998
- [6] 杨宇明,辉朝茂.优质笋用竹产业化开发[M].北京:中国林业出版社,1998
- [7] 陈双林,萧江华,邹跃国.勃氏甜龙竹笋兼用林林分结构优化模式初步研究[J].林业科学研究,2003,16(6): 677-683
- [8] 杨汉奇,阮桢媛,田波,等.通直型巨龙竹不同地理种源遗传分化的ISSR分析[J].浙江林学院学报,2010,27(1): 81-86
- [9] Tian B, Yang H Q, Wong K M, et al. ISSR analysis shows low genetic diversity versus high genetic differentiation for giant bamboo, *Dendrocalamus giganteus* (Poaceae: Bambusoideae), in China populations [J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2012, 59(5): 901-908

- [10] 阮楨媛, 杨汉奇, 田波, 等. 勃氏甜龙竹6个云南地理种群的ISSR多样性分析[J]. 北京林业大学学报, 2010, 32(2): 52-57
- [11] Yang H Q, An M Y, Gu Z J, *et al.* Genetic diversity and differentiation of *Dendrocalamus membranaceus* (Poaceae: Bambusoideae), a declining bamboo species in Yunnan, China, as based on ISSR analysis [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2012, 13(4): 4446-4457
- [12] 谷志佳, 杨汉奇, 孙茂盛, 等. 巨龙竹资源分布特点及其开花结实现象[J]. 林业科学研究, 2012, 25(1): 1-5
- [13] 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的研究[J]. 林业科学, 2000, 36(6): 57-68
- [14] 李鹏, 杜凡, 普晓兰, 等. 巨龙竹种下不同变异类型的RAPD分析[J]. 云南植物研究, 2004, 26(3): 290-296
- [15] 汪奎宏, 黄伯惠. 中国毛竹[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1996
- [16] 陈存及, 邱尔发, 梁一池, 等. 毛竹种源地理变异规律及选择的研究[J]. 竹子研究汇刊, 2001, 20(3): 20-28
- [17] 邢新婷. 麻竹不同地理群体遗传变异分析及良种选育研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2003
- [18] 杨秀艳, 傅懋毅, 李劲松. 粉单竹的地理变异研究[J]. 林业科学, 2007, 43(6): 45-51
- [19] 江泽慧. 世界竹藤[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2002
- [20] 云南省林业厅. 云南省竹产业发展规划(2013—2020年)[R]. 2013