

屏边空竹四季出笋及幼竹生长发育规律研究

郑祥乾, 崔永忠, 陈凌娜, 杨汉奇*

(中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南 昆明 650233)

摘要: [目的] 揭示屏边空竹的发笋、退笋和幼竹生长规律。 [方法] 定点观测了 30 丛屏边空竹周年的出笋、退笋、秆高及地径生长数据, 运用 SPSS 软件分析评价了不同季节出笋及幼竹生长规律。 [结果] (1) 屏边空竹笋期历时 9 个月左右(从 9 月至次年 5 月), 根据出笋量的差异可分为初期、盛期和末期, 春季最多而夏季最少; 其中 5 丛(16.67%) 每季出笋, 具有四季发笋的习性。(2) 退笋率随着笋期逐渐增加, 在出笋末期达到最高, 为 87.76%。(3) 笋-幼竹高生长约 130 d 完成, 平均秆高达 6.36 m; 呈现“慢-快-慢”的生长规律, 生长曲线可用三次曲线方程描述: $H = 0.806 - 0.029t + 0.001t^2 - 5.894 \times 10^{-6}t^3$, $R^2 = 0.980$ 。(4) 地径的生长历时 16 d 左右, 平均地径为 18.50 mm, 也呈现“慢-快-慢”的生长规律。 [结论] 屏边空竹发笋期长约 9 个月, 具有四季发笋的习性, 但各季节出笋量差异显著; 秆高和地径呈现“慢-快-慢”的生长规律。

关键词: 屏边空竹; 四季出笋; 笋-幼竹生长规律

中图分类号: S795.9

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2018)05-0131-06

Study on Bamboo Shooting and Shoot Growth of *Cephalostachyum pingbianense*

ZHENG Xiang-qian, CUI Yong-zhong, CHEN Ling-na, YANG Han-qi

(Research Institute of Resources Insects, Chinese Academy of Forestry, Kunming 650233, Yunnan, China)

Abstract: [Objective] *Cephalostachyum pingbianense* is an excellent edible bamboo species endemic to southern Yunnan Province of China. So far, *C. pingbianense* is the only bamboo species recorded as producing shoots in all year under natural conditions. The purpose of this study is to investigate the biological characteristics of shooting and the growth pattern of young bamboos. [Method] The data of bamboo shooting number, degraded shoot number, culm height, diameters of shoot and young culms were collected from 30 clumps of *C. pingbianense*, and analyzed using SPSS software. [Result] (1) The shooting duration of *C. pingbianense* lasted for about 9 months (from September to next May). According to the quantity of bamboo shoots, the shooting duration could be divided into three stages, i. e., the early stage, the peak stage and late stage. The most shoots occurred in winter while the least occurred in summer. Five clumps (16.67%) produced bamboo shoots in each season, displaying the characteristics of producing bamboo shoot in all the four seasons. (2) The percentage of the degraded shoot increased gradually during the shooting period, and reached the maximum (87.76%) at the late stage. (3) The height growth of young bamboo culms lasted about 130 days, with an average height of 6.36 m. A growth pattern of "slow-fast-slow" was found at the period of the height growth of young bamboo culms, and the growth curve could be described with an equation: $H = 0.806 - 0.029t + 0.001t^2 - 5.894 \times 10^{-6}t^3$ ($R^2 = 0.980$). (4) The diameter growth of young culms

收稿日期: 2018-04-10

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(CAFYBB2017ZX001-8, CAFYBB2017QA014); 国家自然科学基金(31270662); 云南省科学技术厅(2014HB041)

作者简介: 郑祥乾(1991—), 女, 硕士研究生, 研究方向为林木遗传。Email: lkzyhxq_0926@aliyun.com

* 通讯作者: 杨汉奇

at the ground lasted about 16 days, with an average diameter of 18.50 mm. The diameter growth of young culms also accorded with the pattern of "slow-fast-slow". [**Conclusion**] *C. pingbianense* could produce bamboo shoot all the year round, with a 9 months shooting period, however, the shoot quantity in each season is different significantly. The culm height and culm diameter at the ground accorded with a pattern of "slow-fast-slow".

Keywords: *Cephalostachyum pingbianense*; shooting season; growth of shoot and young bamboo

屏边空竹 (*Cephalostachyum pingbianense* (Hsueh et Y. M. Yang ex Yi et al.) D. Z. Li et H. Q. Yang)^[1-2] 是竹亚科空竹属小型丛生竹,秆高 5~8 m,直径 1~3 cm,节间薄而长,分布于云南省东南部红河、文山,生于海拔 1 300~2 000 m 的常绿阔叶林下^[3]。屏边空竹是目前已知竹类资源中唯一终年产笋的竹种,而且笋味甘甜,肉质细嫩,是上乘的笋用竹^[4-7];同时,该竹种纤维平均长达 3.53 mm,长宽比平均达 269.5,是优良的编织和造纸用材^[6]。资源调查显示,该竹种在屏边、河口两县的大围山区域分布最集中,呈大面积天然林分布;竹林生物量调查发现,屏边空竹是一种立竹量和产笋量均很大的林下竹种^[4,6]。目前,屏边空竹仍处于待开发的自然生长状态,为了开发利用该竹种资源,急需了解其发笋习性和幼竹生长规律。本研究以屏边空竹中心分布区内的样丛为研究对象,定点观测近 2 年内的生长发育状况,旨在揭示屏边空竹的发笋、退笋和幼竹生长规律,为其资源开发和制定合理的培育管理措施提供理论依据。

1 研究地概况

研究样地,位于云南省屏边县的大围山国家级自然保护区内(22°54' N, 103°42' E)^[3],海拔 2 080 m,该地区属热带季风性气候,5—10 月为雨季,占全年降水的 80%,形成温暖湿润的夏半年;11 月至次年 4 月为干季,但因干季有浓雾的补偿,使保护区内终年湿度较大,相对湿度达 85% 以上;年均无霜期达 334 d 以上,年平均降水量 1 645 mm,年平均气温为 16.5℃^[8]。

2 研究方法

2.1 样地设置

在屏边大围山国家级自然保护区内的天然屏边空竹林中心分布区内,随机选择 30 丛竹丛用油漆标记,分成 3 个组(编号分别为 1~10、11~20、21~30,表 1),进行定点观测。2017 年 3 月至 2018 年 3 月期间,每 15 d 观察 1 次,记录出笋(以笋尖露出地面 1

~2 cm 为标准,统计出笋数量)以及退笋情况等。从竹笋出土后,每个样丛选择 3 头生长发育良好,笋体肥大、健壮、无病虫害的幼笋,挂牌编号,每隔 15 d 调查笋高生长量、笋高度;每隔 2 d 观察 1 次笋地径。

2.2 数据处理

竹丛不同季节的出笋差异以 SPSS17.0 软件统计。从笋体出土到屏边空竹高生长停止,以笋体发育天数(t)为自变量,以相应的幼竹高度(H)为因变量,以 SPSS 软件进行曲线模型拟合。回归方程进行显著性检验,选择 R^2 最大者作为最优生长模型。相关统计公式为:

$$\text{出笋率} = \frac{\text{出笋数}}{\text{笋期出笋总数}} \times 100\%$$

$$\text{退笋率} = \frac{\text{退笋数}}{\text{笋期出笋总数}} \times 100\%$$

$$\text{成竹率} = \frac{\text{成竹数}}{\text{笋期出笋总数}} \times 100\%$$

3 结果与分析

3.1 屏边空竹发笋习性

屏边空竹出笋从 9 月开始至次年的 5 月结束,出笋时间约 9 个月(图 1)。30 个样丛出笋期内共出笋 711 头,每个月平均出笋 2.6 头·丛⁻¹。出笋量从 9 月下旬迅速上升,10 月份到达第 1 个高峰,月平均出笋 3.4 头·丛⁻¹,之后月平均出笋数保持在 2.5 头·丛⁻¹左右;次年 2 月上旬出笋数量又显著增加,3 月份达到第 2 个高峰,月平均出笋最高为 4.8 头·丛⁻¹;次年 4 月上旬出笋量显著下降,直到 5 月出笋结束。从整个笋期来看,屏边空竹一年四季均有出笋,包括 2 个高峰期(3 月份、10 月份),呈现出四季

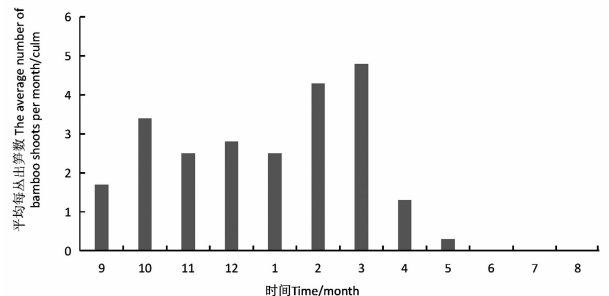


图 1 屏边空竹样本总体的出笋规律

Fig. 1 The bamboo shooting of *Cephalostachyum pingbianense*

出笋的发笋习性。

30个样丛有3个月(6、7和8月)不出笋(表1),其中,36.7%的竹丛超过半年不发笋(表2)。屏边空竹出笋时间集中在1、2、3、10、11月,有5个(16.7%)竹丛(10、14、19、20、23)四季都有发笋,因此,屏边空竹呈现四季发笋的生物学习性。

屏边空竹出笋数量在不同时间分布不同(表3),以10%^[9]的出笋率为标准,将屏边空竹出笋期划分为3个时期,即初期9月份,出笋占7.31%;盛期10月至次年3月,出笋占85.79%;末期4月至5

月,出笋占6.90%。从各时期出笋率分布可知,出笋初期出笋数增长相对较快,但后期出笋数下降缓慢,持续的时间较长。

3.2 发笋的季节性差异

屏边空竹出笋从秋季开始至次年的夏初,四季出笋分别为315头(44.3%)、9头(1.3%)、154头(21.7%)、233头(32.8%),发笋主要集中在春季、秋季、冬季。用SPSS对3组屏边空竹样丛(表1)不同季节出笋量进行显著性差异分析的结果(表4)显示:不同季节出笋量差异显著。

表1 屏边空竹不同季节出笋数量

Table 1 The number of shoots in different seasons in *Cephalostachyum pingbianense*

组别 Group	编号	春 Spring				夏 Summer				秋 Autumn				冬 Winter				总数 Total
		2月 Feb.	3月 Mar.	4月 Apr.	小计 Sum	5月 May.	6月 Jun.	7月 Jul.	小计 Sum	8月 Aug.	9月 Sep.	10月 Oct.	小计 Sum	11月 Nov.	12月 Dec.	1月 Jan.	小计 Sum	
1	1	4	3	0	7	0	0	0	0	0	0	3	3	2	0	5	7	17
	2	4	3	1	8	0	0	0	0	0	0	8	8	2	0	3	6	21
	3	5	9	3	17	0	0	0	0	0	0	8	8	7	5	3	15	40
	4	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	3	6	12
	5	6	7	2	15	0	0	0	0	0	0	5	5	7	0	3	10	30
	6	0	9	2	11	0	0	0	0	0	8	5	13	2	9	6	17	41
	7	5	6	2	13	0	0	0	0	0	9	9	18	5	8	4	17	48
	8	1	7	2	10	0	0	0	0	0	7	4	11	7	4	3	14	35
	9	5	7	0	12	0	0	0	0	0	9	2	11	2	8	3	13	36
	10	2	4	2	8	2	0	0	2	0	2	5	7	1	0	3	4	21
2	11	6	6	0	12	0	0	0	0	0	0	2	2	1	6	3	10	24
	12	3	8	0	11	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12
	13	2	2	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	14	5	5	0	10	1	0	0	1	0	0	9	9	2	9	3	14	34
	15	6	1	3	10	0	0	0	0	0	0	7	7	4	0	4	8	25
	16	9	5	0	14	0	0	0	0	0	6	2	8	3	4	5	12	34
	17	9	4	3	16	0	0	0	0	0	3	3	6	1	6	2	9	31
	18	8	6	2	16	0	0	0	0	0	3	4	7	1	9	2	12	35
	19	5	3	3	11	1	0	0	1	0	0	7	7	8	0	3	11	30
	20	7	7	4	18	2	0	0	2	0	0	5	5	2	4	3	9	34
3	21	4	3	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	22	0	4	1	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	23	4	6	4	14	1	0	0	1	0	0	2	2	3	3	3	9	26
	24	4	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	7
	25	7	4	0	11	0	0	0	0	0	3	4	7	6	8	5	19	37
	26	3	5	2	10	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	2	4	16
	27	4	3	0	7	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	9
	28	4	4	1	9	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	2	2	13
	29	2	2	0	4	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	6
	30	6	7	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	4	17
总数 Total	130	145	40	315	9	0	0	9	0	52	102	154	74	83	76	233	711	

表2 屏边空竹样本个体的出笋规律

Table 2 The shooting law of *Cephalostachyum pingbianense* at the clump level

1年中未出笋的时间 The duration of no shoot in a year	未出笋的样丛号 The cluster number of no shoot	未出笋的样丛总数 The total amount of no shoot	出笋时间集中月份 Time concentration month for shoot out
4个月 Four months	7、8、10、17、18、20、23	7	1、2、3、4、9、10、11、12
5个月 Five months	3、6、9、14、16、25	6	1、2、3、4、10、11、12
6个月 Six months	2、5、11、15、19、26	6	1、2、3、10、11、12
7个月 Seven months	1、28	2	1、2、3、10、11
8个月 Eight months	4、27、30	3	2、3、10、11
9个月 Nine months	12、13、21、22、24、29	6	2、3、4

表3 屏边空竹出笋期各阶段的划分

Table 3 The shooting stages of *Cephalostachyum pingbianense*

月份 Month	出笋数/头 The number of bamboo shoots/culm	出笋率 The percentage of bamboo shoots/%	出笋期划分 The partition of shooting duration
9 Sep.	52	7.31	初期
10 Oct.	102	14.35	盛期
11 Nov.	74	10.41	盛期
12 Dec.	83	11.67	盛期
1 Jan.	76	10.69	盛期
2 Feb.	130	18.28	盛期
3 Mar.	145	20.39	盛期
4 Apr.	40	5.63	末期
5 May.	9	1.27	末期

3.3 出笋期各阶段的成竹和退笋规律

竹笋出土后,诸多因素会导致竹笋退笋,屏边空竹的退笋率随着时间逐渐增加(表5),出笋初期退笋率最低为11.54%,其退笋原因主要为机械损伤(如兽害、人为采笋等);出笋盛期退笋率为27.21%;

表5 不同出笋期阶段的成竹和退笋情况

Table 5 Young bamboo and degraded shoots in different periods of shoot growth

月份 Month	出笋期 Shooting period	出笋数/头 shoots/culm	Emerging	退笋数/头 Abortive shoots/culm	退笋率 Rate of Abortive shoots/%	成竹率 Rate of bamboos/%	退笋原因 Reason of shoot degradation
9 Sep.	初期	52		6	11.54	88.46	机械原因
10 Oct.				29			
11 Nov.				50			
12 Dec.	盛期	610		18	27.21	72.79	机械原因、营养不足
1 Jan.				3			
2 Feb.				36			
3 Mar.				30			
4 Apr.	末期	49		40	87.76	12.24	营养不足
5 May.				3			

3.4 竹笋-幼竹高生长及地径生长规律

屏边空竹笋-竹高生长量变化曲线(图2)显示:以笋尖露出地面开始约130 d竹高生长完成,在整个高生长过程其生长速度呈现“慢-快-慢”节律,可分为4个阶段。在开始的45 d竹笋高生长缓慢,日均高生长量为2.78 cm,为生长初期;45~60 d进入上升期,生长加快,日均高生长量为5.60 cm;60~90 d进入盛期,生长达到高峰,日均高生长量为10.03 cm;此后生长减慢,进入末期。屏边空竹平均地径为18.5 mm,同高生长的规律一样,呈现“慢-快-慢”的趋势(图3),竹笋出土后12 d左右粗生长减慢,直至停止(16 d)。

屏边空竹不同笋期幼竹高生长时间和生长量都存在差异(图4),发笋初期(9月出的笋)、发笋盛期(11月出的笋)萌发笋的幼竹高生长时间在120 d左右,秆高在6.5 m左右;而发笋末期(4月出的笋)

表4 四季出笋数量显著性差异分析

Table 4 Significant analysis of bamboo shooting in each season

	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
春季 Spring		* *	* *	*
夏季 Summer	* *		* *	* *
秋季 Autumn	* *	* *		—
冬季 Winter	*	* *	—	

注:“—”表示差异不显著(No significant difference);“*”表示存在显著性差异(Significant difference);“* *”表示存在极显著性差异(Extremely significant difference)。

出笋末期退笋率达到最高,退笋率为87.76%,其退笋原因主要为营养不足。屏边空竹出笋有两个高峰(图1)分别为10月和3月,而退笋也有2个高峰期分别为11月和4月,退笋高峰都紧随出笋高峰。由表5可看出:屏边空竹出笋初期和盛期出笋的成竹率较高,分别为88.46%和72.79%,末期出笋的成竹率较低为12.24%。

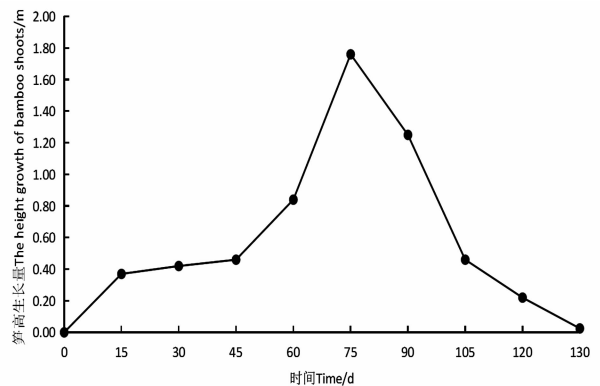


图2 屏边空竹高生长量变化曲线

Fig. 2 High growth of *Cephalostachyum pingbianense*

萌发笋的幼竹高生长时间在150 d左右,秆高不到6 m。这些结果说明,发笋初期和盛期所萌发笋的幼竹高生长速度较快,而且秆高较高。

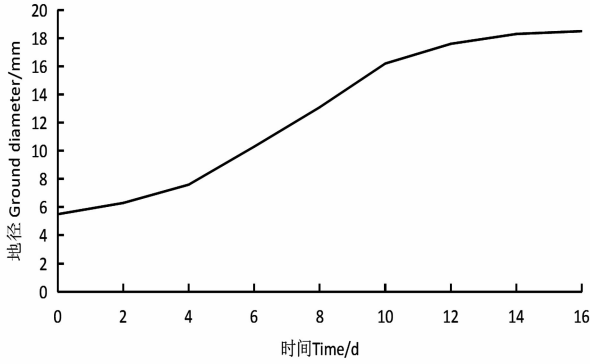


图3 屏边空竹笋-幼竹地径生长规律

Fig. 3 Shoot-bamboo diameter growth of *Cephalostachyum pingbianense*

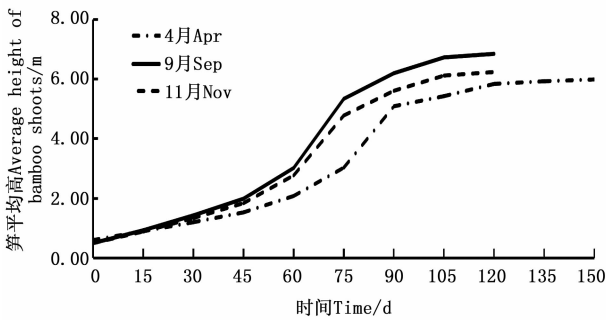


图4 屏边空竹不同季节的笋-幼竹高生长曲线

Fig. 4 High growth of *Cephalostachyum pingbianense* shoots and young bamboo in different seasons

屏边空竹不同季节所萌发笋的各发育天数(t)与相应的幼竹高(H)的回归分析结果见表6。用数学模型模拟植物的高生长已经被广泛采用^[10],不同季节所萌发笋的笋-幼竹高生长的回归分析结果均以三次曲线方程的偏相关 May. 系数(R^2)最大,故选三次曲线方程为屏边空竹的生长曲线。曲线方程

表6 屏边空竹幼竹高生长模型

Table 6 The culm-height growth model of *Cephalostachyum pingbianense*

回归模型 regression model	特征值 eigenvalue		
	春季 R^2 Spring R^2	秋季 R^2 Autumn R^2	冬季 R^2 Winter R^2
线性函数 linear function	0.931	0.949	0.952
二次曲线方程 Quadratic equation	0.931	0.950	0.953
三次曲线方程 The cubic curve equation	0.980	0.986	0.987
生长曲线方程 Growth curve equation	0.929	0.938	0.943
指数曲线方程 Exponential curve equation	0.929	0.938	0.943
逻辑斯蒂方程 Logistic equation	0.929	0.938	0.943

如下:

$$H_{\text{春季}} = 0.806 - 0.029t + 0.001t^2 - 5.894 \times 10^{-6}t^3, R^2 = 0.980$$

$$H_{\text{秋季}} = 0.708 - 0.035t + 0.002t^2 - 1.094 \times 10^{-5}t^3, R^2 = 0.986$$

$$H_{\text{冬季}} = 0.686 - 0.030t + 0.002t^2 - 9.532 \times 10^{-6}t^3, R^2 = 0.987$$

4 讨论

4.1 屏边空竹的出笋生物学特性

本文结果证实了屏边空竹具有四季发笋的生物学特性,其笋期从9月开始至次年的5月结束,约9个月(270 d),是目前已知在自然条件下唯一能够四季产笋的竹种。屏边空竹四季发笋,笋期长,而且笋质优良,的确是一种难得的笋材两用竹资源,对于发展周年鲜笋供应具有重要的意义^[4-6]。屏边空竹出笋期明显长于其它竹种,如版纳甜龙竹(*Dendrocalamus hamiltonii* Nees et Arn. ex Munro) (90 d)^[11]、梁山慈竹(*Dendrocalamus farinosus* Munro) (73 d)^[12]、毛竹(*Phyllostachys edulis* (Carr.) J. Houz.) (35 d)^[13]等。屏边空竹的整个出笋期有2个出笋高峰(春季和秋季),与版纳甜龙竹^[11]、毛竹^[13]等竹种笋期只有1个出笋高峰期不同,这除了与竹种本身的生物学特性有关外,还可能与屏边空竹分布区气候温暖、降水量丰富等生态因子有关。

在春、夏、秋三个季节出笋的竹种较常见,如版纳甜龙竹在夏、秋两个季节出笋^[11]、毛竹在春季出笋^[13]、梁山慈竹在秋季出笋^[12]等,这主要是由于各方面生态条件较适宜出笋^[14]。但屏边空竹冬季也出笋,而且冬季出笋量占整个出笋量的32.77%,这种特异的发笋习性可能与屏边空竹内源激素的调控相关,还可能与当地四季温暖高湿的气候有关,其调控机制有待于进一步的研究。在对四季竹(*Oligostachyum. lubricum* (Wen) King f.)^[15]、梁山慈竹^[16]等竹种的研究结果也都表明,竹笋发笋主要受温度和降水量2种因子的影响。另外,土壤的营养状况对发笋也有显著性影响^[17]。与其它季节的出笋量相比,屏边空竹夏季出笋数量极少,据观察夏季是屏边空竹的换叶期,养分大都用于竹子的营养生长,这可能是导致屏边空竹夏季出笋数量极少的原因,这与小佛肚竹(*Bambusa ventricosa* cv. Nana)^[18]的研究结果一致。

4.2 出笋与成竹、退笋之间的关系

屏边空竹在出笋初期的退笋率最低(11.54%),

其退笋原因主要为机械损伤(如兽害);在出笋盛期的退笋率为 27.21%;在出笋末期的退笋率最高(87.76%),据观察其退笋原因主要为营养不足(表 5),在茭竹的研究中也得到相似结论^[9]。屏边空竹的退笋率从出笋初期、盛期到末期逐渐增加,末期时退笋率达到最高,这一规律在茭竹(*Phyllostachys nidularia* Munro)^[9]、圣音竹(*Phyllostachys heterocycla* cv.)^[19]、石竹(*Phyllostachys nuda* McClure)^[20]等竹种中都有体现,这主要是由于初期、盛期出笋消耗了大量的养分,造成后期营养供给不足,从而退笋严重。屏边空竹退笋有 2 个高峰期分别为 11 月和 4 月,退笋高峰都紧跟在出笋高峰(10 月和 3 月)后,这可能是因为出笋消耗了大量的养分,造成营养供给不足,从而引起退笋。因此,出笋前应加强竹林抚育管理,增施肥料,可相应的减少退笋率。

4.3 笋-幼竹发育过程中高生长及地径生长规律

屏边空竹幼竹生长较慢,平均高生长期 130 d,秆高达 6.5 m,与其它热带竹种相比^[11-12,18],高生长期较长,而秆高较低;其高生长遵循“慢-快-慢”的规律。屏边空竹在发笋初期、盛期所萌发的笋相比于发笋末期所萌发的笋,具有幼竹长成高度相对高,因此,在留笋养竹时,最好选择发笋初期和盛期所发的笋。屏边空竹发笋末期所萌发的笋高生长周期较长(150 d),这一特点与版纳甜龙竹^[11]、圣音竹^[19]有差异,可能与屏边终年温暖湿润的气候条件相关。屏边空竹不同出笋期所萌发笋的笋-幼竹高生长的曲线模型均为三次曲线,这与其他竹种的生长曲线模型明显不同,例如小佛肚竹^[18]、梁山慈竹^[12]的生长曲线模型都是 Logistic 曲线。竹类植物茎秆的增粗生长主要由初生增粗生长形成^[21],屏边空竹地径生长需要 16 d 左右,平均地径为 18.5 mm,呈现“慢-快-慢”的趋势,整个生长曲线呈“S 型”,这与毛竹^[13]、好运竹(*Bambusa ventricosa* cv. Mascot)^[22]的粗生长规律相似。

5 结论

屏边空竹笋期持续 9 个月,表现出四季发笋的生物学特性。笋期可划分为初期、盛期和末期三个阶段,并且具有 2 个出笋高峰;各季节出笋量差异显著,春季出笋最多而夏季最少。退笋率随着笋期逐渐增大,在出笋末期达到最高,为 87.76%;退笋有 2 个高峰期紧跟在 2 个出笋期高峰后。秆高生长历时 130 d,平均高度达 6.36 m,笋-幼竹的高生长可以模

拟为三次曲线;地径生长历时 16 d 左右,平均地径为 18.50 mm。秆高和地径均呈现“慢-快-慢”的生长规律。

参考文献:

- [1] Yang H Q, Sun M S, Ma W, et al. *Cephalostachyum pingbianense* (Poaceae: Bambusoideae), comb. nova[J]. *Annales Botanici Fennici*, 2008, 45(5):394-395.
- [2] 杨汉奇,李德铎. 中国竹亚科空竹属的整理[J]. *植物分类与资源学报*, 2015, 37(5):546-550.
- [3] 杨宇明,薛纪如. 云南大围山地区天然竹林的初步研究[J]. *西南林学院学报*, 1990, 10(1):21-30.
- [4] 薛纪如,杨宇明,辉朝茂. 云南竹类资源及开发利用[M]. 昆明:云南科技出版社, 1995.
- [5] 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.
- [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] 孙茂盛,鄢波,徐田,等. 竹类植物资源与利用[M]. 北京:科学出版社, 2015.
- [8] 王恒颖,欧晓昆. 区域生态系统格局变化研究——以屏边县生态系统为例[C]. 中国可持续发展研究会 2006 学术年会, 2006.
- [9] 陈玉华,宋丁全. 茭竹出笋成竹生长规律[J]. *南京林业大学学报:自然科学版*, 2005, 29(4):109-112.
- [10] 张遵强,何希诚. 紫竹生物学特性的研究[J]. *竹子研究汇刊*, 1997, 16(1):6-12.
- [11] 李荣,何明霞,刀定伟,等. 版纳甜龙竹发笋及幼竹高生长规律[J]. *基因组学与应用生物学*, 2010, 29(4):735-739.
- [12] 熊壮,董文渊,刘时材,等. 梁山慈竹笋-幼竹生长规律及地上部分生物量的研究[J]. *世界竹藤通讯*, 2011, 9(6):5-9.
- [13] 成项托,赖信舟,陈明亮,等. 毛竹发笋与幼竹生长规律研究[J]. *湖北林业科技*, 2017, 46(2):1-4.
- [14] 钟远标,江雪,楼崇. 竹类植物生长规律研究进展[J]. *世界竹藤通讯*, 2014, 12(3):35-44.
- [15] 潘寅辉,高立旦,虞敏之,等. 四季竹发笋及幼竹高生长规律研究[J]. *竹子研究汇刊*, 2006, 25(1):27-29.
- [16] 熊壮. 梁山慈无性系种群生长特性研究[D]. 昆明:西南林学院, 2007.
- [17] 封焕英,范少辉,苏文会,等. 竹林专用矿渣肥对毛竹发笋成竹影响的研究[J]. *林业科学研究*, 2012, 25(3):407-410.
- [18] 陈毅建. 观赏用小佛肚竹生长节律与扦插繁殖技术研究[D]. 福州:福建农林大学, 2008.
- [19] 唐红,刘玮,黄滔,等. 圣音竹发笋及幼竹生长规律研究[J]. *中南林业科技大学学报*, 2015, 35(8):27-31.
- [20] 郑明生. 石竹出笋退笋规律研究[J]. *福建林业科技*, 2001, 28(3):86-88.
- [21] 朱长山. 单子叶植物茎的增粗生长[J]. *植物杂志*, 1989(1):31-31.
- [22] 朱志建,屠永海,钮为民,等. 浙江淡竹出笋和幼竹高生长规律的研究[J]. *竹子研究汇刊*, 2003, 22(4):13-17.

(责任编辑:张玲)