

### 3 个种源花椒 1 年生实生苗年生长节律观测与模拟

欧万发,魏安智\*,王胜琪\*,杨途熙,李立新,冯世静,侯娜

(西北农林科技大学 林学院,陕西 杨陵 712100)

**摘要:**对同一栽培条件下 3 个不同种源花椒的年生长规律进行了观测比较。结果表明,各种源花椒的多项生长指标方程拟合效果显著;不同种源生长节律有所不同,但总体上可划分为 5 个阶段:出苗期、缓慢生长期、速生长期、生长后期、休眠期。

**关键词:**花椒;种源;生长节律;方程

**中图分类号:**S722.8      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2016)06-0121-05

#### Observation and Simulation of the Growth Rules of One-year-old *Zanthoxylum bungeanum* Seedlings from Three Provenances

OU Wan-fa, WEI An-zhi\*, WANG Sheng-qi\*, YANG Tu-xi, LI Li-xin, FENG Shi-jing, HOU Na

(College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Growth rules of one-year-old seedlings of *Zanthoxylum bungeanum* from three different provenances were observed and simulated. The growth curves of seedling height, ground diameter and number of leaflets were built with different equations, and selected regression equations. The results indicated that the simulation performances of different growth indices were perfect. Although the growth rhythms of the seedlings from different provenances were different, in general it could be divided into 5 stages: young-seedling, slow-growing, fast-growing, late-growing, and dormancy stages.

**Key words:** *Zanthoxylum bungeanum*; provenance; growth rhythm; equation

花椒(*Zanthoxylum bungeanum*)为芸香科多年生落叶灌木或小乔木,在我国已有两千多年的栽培历史,主要产地在陕西、四川、山东、山西、河南、河北、贵州等<sup>[1]</sup>。花椒不仅是我国特有的经济价值较高的重要调味品、香料和木本油料树种<sup>[2]</sup>,而且是传统的药用植物,有温中止痛、杀虫止痒的功效<sup>[3]</sup>。近年来,有关花椒的研究主要集中在挥发物<sup>[4-7]</sup>、抗逆性<sup>[8-10]</sup>、病害防治<sup>[11-13]</sup>、栽培技术<sup>[14-16]</sup>、种质资源调查<sup>[17-18]</sup>等方面,但对花椒实生苗的年生长节律鲜有报道。

树木年生长节律是林木对栽植地自然环境适应以及本身遗传基因控制的结果,国内外许多研究都把树木年生长节律作为林木引种驯化与育种研究的重要内容<sup>[19-26]</sup>。不同的种源,在不同的生境下,所表

现出的生长规律可能有所差异<sup>[27]</sup>。而表现型主要是由基因遗传和环境条件共同决定,且前者起主导作用<sup>[22]</sup>。本研究将 3 个不同种源花椒栽培在同一生境,观测其生长节律,为建立花椒种质资源圃、优种选育提供科学依据。

#### 1 材料与方法

##### 1.1 试验地概况

育苗在温室进行,出苗后置于大田条件。大田试验地设在西北农林科技大学苗圃(108°—108°07'E, 34°12'N),年平均日照时数为 2 163.8 h,年总辐射量 480.5 kJ·cm<sup>-2</sup>,年均降雨量 635.1~663.9 mm,年平均气温 13℃;无霜期为 221 d,所用育苗基

收稿日期:2016-01-04 修回日期:2016-07-15

基金项目:国家林业局林业公益性行业科研专项(201204603);贵州省科技厅中药现代化项目(黔科合 ZY 字[2012]3002 号);贵州省安顺市农业科技合作攻关项目(黔安科农合[2013]10 号)。

作者简介:欧万发,男,在读硕士,研究方向:林木遗传育种。E-mail:254048387@qq.com

\* 通信作者:魏安智,男,教授,研究方向:林木遗传育种。E-mail:weianzhi@126.com;王胜琪,男,助理研究员,研究方向:植物资源利用。E-mail:591138198@qq.com

质主要为基质原料、草炭、珍珠岩、蛭石等。

1.2 试验材料

2014 年 7—8 月间在花椒分布区 3 个种源地

(表 1)采集花椒种子。选择生长健壮、无病虫害的优良母树,每个采集地采种母树 30 个单株,单株间隔 30 m 以上,并将每个种源采集点的种子混合。

表 1 供试种源采种点地理位置与气候因子

Table 1 Geographical location and climate factors of <i>Zanthoxylum bungeanum</i> provenances								
试验材料	种源	纬度 /°N	经度 /°E	海拔 /m	年平均气温 /℃	年降水量 /mm	无霜期 /d	年日照 /h
韩城大红袍	陕西韩城	35.47	110.45	900	13.5	559.7	208	2 436.0
凤县大红袍	陕西凤县	33.93	106.51	1 000	11.3	634.6	188	1 840.3
顶坛花椒	贵州花江镇	28.43	115.39	1 270	17.0	1 200.0	288	2 500.0

1.2 试验设计

2014 年 11 月 26 日,将所采集种子经肥皂水搓洗至发涩不光滑,置阴凉处待水分晾干后播种。试验设 3 个重复,每重复每种源按完全随机区组排列。每种源选取 60 株长势良好、较为一致的植株,按 4 行 1 小区种植,取中间 2 行固定编号用于每月调查,旁边 2 行作为保护行。每 15 d 测定固定标准苗的苗高(钢卷尺测量,精确到 0.1 cm)、地径(游标卡尺测量,精确到 0.002 cm)和小叶数量。观测期从 2015 年 1 月 8 日—11 月 23 日苗木停止生长为止,共计 319 d。由于花椒幼苗出苗期生长缓慢,根据地径和小叶的生长特性,地径测量从幼苗根茎逐渐木质化(5 月)开始至停止生长,小叶数量从 1 月 8 日测至幼苗苗期结束(当年 5 月);苗高从开始萌叶生长(2015 年 1 月)起测定,直到苗木停止生长。生长期间,仅作浇水和除草处理。

1.3 数据处理

将所调查数据按种源利用 Excel2007 建立原始数据表,并计算出各项指标均值。所得试验数据再利用 SPSS 软件进行相关分析,分别用对数函数、幂函数、指数函数、Logistic 曲线建立生长期内花椒苗高、地径、小叶数量与时间的相关方程。

2 结果与分析

2.1 生长模型的建立与拟合

幂函数对贵州花江花椒、陕西凤县花椒实生苗苗高拟合效果最佳,陕西韩城花椒实生苗则用 Logistics 曲线拟合较好;贵州花椒、陕西凤县花椒实生苗地径生长量以指数函数拟合效果最佳,陕西韩城花椒实生苗则用对数函数拟合较好;3 个种源花椒实生苗小叶片数拟合方程效果较好都为幂函数(表 2)。各种源各指标最佳拟合方程相关系数为 0.983~0.999,且拟合效果达到极显著水平( $P<0.001$ ),说明利用各方程对 1 年生花椒实生苗的生长节律拟合是可行的。

2.2 1 年生各种源花椒苗生长阶段的特性

苗高和地径均呈典型的“S”型生长曲线(图 1),

小叶片数则呈持续增长。不同种源间苗苗高、地径、小叶数量均存在显著性差异。陕西韩城种源苗高生长相对其他种源较快,凤县种源地径生长相对其他种源较快,陕西韩城、凤县种源各指标与贵州花江种源间存显著性差异(表 3)。

结合模型对花椒生长过程分析,可将观察期内的花椒实生苗苗高生长过程划分为:出苗期、缓慢生长期、速生生长期、生长后期、休眠期(表 4)。出苗期为花椒实生苗播种后 15 d 始见种子出土,12 月 10 日—18 日,大部分出土苗长出真叶;生长缓慢期指苗高开始缓慢增长,叶片增长速率明显上升;速生生长期苗木生长旺盛,苗高、叶片数、地径生长量生长迅速;生长后期苗木生长缓慢,出现落叶现象;休眠期自 11 月 24 日起,苗木停止生长,陕西韩城、凤县花椒实生苗多数已落叶,而贵州花江花椒实生苗较少落叶。速生期生长量占观测期总生长量>77.44%。

3 结论与讨论

用数字模型对植物生长规律进行拟合,各种源各指标最佳拟合方程相关系数为 0.983~0.999,拟合效果达极显著水平,方差分析表明,3 个种源花椒 1 年生苗间苗高、地径和小叶数量均差异显著,与前人的研究一致<sup>[23-27]</sup>,可为花椒种源苗期选择提供参考依据。

花椒苗期的苗高地径、生长具明显的阶段性。苗高生长过程可大致划分为 5 个阶段:出苗期、缓慢生长期、速生生长期、生长后期及休眠期;地径生长可分为 3 个阶段:缓慢生长期、速生生长期与生长后期。各速生期生长量占观测期总生长量 77.44%以上,生长后期日平均增长量相对速生期差距明显。在 7 月中旬到 8 月中旬速生期间,花椒苗高、地径增长速率有所减慢,而试验地气候属典型温带季风气候,7、8 月份高温天气较多,而苗木生长除受自身遗传因素调控外,同时也受外界生长环境影响,同一种源在不同生长环境可能表现出不同的生长节律。因

表 2  花椒 1 年生实生苗苗高、地径及小叶片数生长过程模拟方程

Table 2   Simulation equations of seedling growth in height,ground diameter and number of leaflets of one-year-old <i>Z. bungeanum</i> seedlings					
种源地	测量因子	数据模型	拟合方程	相关系数	<i>p</i> 值
贵州花江	苗高	对数函数	$y=16.869\ln(x)-11.364\ 7$	0.937	$1.271\ 9\text{E}^{-10}$
		幂函数	$y=1.055\ 6x^{1.456\ 5}$	0.993	$3.480\ 7\text{E}^{-20}$
		指数函数	$y=2.164\ 1\text{e}^{0.273\ 29x}$	0.988	$6.419\ 9\text{E}^{-07}$
		Logistics 曲线	$y=\frac{1}{0.029\ 6+1.943\ 9\times0.495\ 4x}$	0.969	$1.124\ 8\text{E}^{-13}$
	地径	对数函数	$y=3.606\ 0\ln(x)-4.471\ 4$	0.968	$5.672\ 3\text{E}^{-08}$
		幂函数	$y=0.280\ 4x^{1.129\ 3}$	0.986	$5.811\ 4\text{E}^{-10}$
		指数函数	$y=0.979\ 5\text{e}^{0.133\ 9x}$	0.991	$6.378\ 0\text{E}^{-11}$
		logistics 曲线	$y=\frac{1}{0.221\ 7+108.944\ 15\times0.409\ 9x}$	0.892	$4.069\ 5\text{E}^{-05}$
	小叶片数	对数函数	$y=14.430\ 9\ln(x)-3.733\ 0$	0.928	$3.047\ 3\text{E}^{-04}$
		幂函数	$y=1.968\ 1x^{1.474\ 3}$	0.995	$3.810\ 0\text{E}^{-08}$
		指数函数	$y=1.842\ 3\text{e}^{0.512\ 7x}$	0.988	$6.419\ 9\text{E}^{-07}$
陕西凤县	苗高	对数函数	$y=18.417\ 2\ln(x)-11.221\ 3$	0.957	$2.932\ 0\text{E}^{-12}$
		幂函数	$y=1.369\ 7x^{1.408\ 2}$	0.993	$5.839\ 3\text{E}^{-20}$
		指数函数	$y=2.848\ 3\text{e}^{0.258\ 4x}$	0.935	$1.819\ 1\text{E}^{-10}$
		logistics 曲线	$y=\frac{1}{0.027\ 8+1.537\ 2\times0.485\ 7x}$	0.979	$3.184\ 0\text{E}^{-15}$
	地径	对数函数	$y=4.067\ 2\ln(x)-5.000\ 3$	0.956	$3.214\ 7\text{E}^{-07}$
		幂函数	$y=0.335\ 8x^{1.107\ 0}$	0.975	$1.695\ 8\text{E}^{-08}$
		指数函数	$y=1.138\ 4\text{e}^{0.131\ 8x}$	0.983	$1.690\ 4\text{E}^{-09}$
		logistics 曲线	$y=\frac{1}{0.181\ 8+5.692\ 2\times0.606\ 8x}$	0.953	$4.832\ 3\text{E}^{-07}$
	小叶片数	对数函数	$y=17.801\ln(x)-4.692\ 0$	0.954	$6.609\ 4\text{E}^{-05}$
		幂函数	$y=2.176\ 4x^{1.558\ 8}$	1.000	$7.957\ 8\text{E}^{-12}$
		指数函数	$y=2.077\ 0\text{e}^{0.535\ 0x}$	0.980	$3.766\ 9\text{E}^{-06}$
陕西韩城	苗高	对数函数	$y=19.171\ 8\ln(x)-11.603\ 0$	0.958	$2.515\ 7\text{E}^{-12}$
		幂函数	$y=1.421\ 0x^{1.412\ 1}$	0.992	$1.881\ 0\text{E}^{-19}$
		指数函数	$y=2.975\ 8\text{e}^{0.258\ 3x}$	0.932	$3.075\ 5\text{E}^{-10}$
		logistics 曲线	$y=\frac{1}{0.026\ 5+1.022\ 9\times0.526\ 4x}$	0.995	$1.074\ 6\text{E}^{-21}$
	地径	对数函数	$y=3.361\ 6\ln(x)-3.285\ 3$	0.988	$2.409\ 1\text{E}^{-10}$
		幂函数	$y=0.554\ 0x^{0.903\ 5}$	0.982	$2.366\ 5\text{E}^{-09}$
		指数函数	$y=1.535\ 8\text{e}^{0.105\ 0}$	0.967	$7.048\ 2\text{E}^{-08}$
		logistics 曲线	$y=\frac{1}{0.210\ 1+11.133\ 9\times0.520\ 3x}$	0.963	$1.244\ 5\text{E}^{-07}$
	小叶片数	对数函数	$y=18.871\ 3\ln(x)-5.501\ 5$	0.951	$7.896\ 5\text{E}^{-05}$
		幂函数	$y=2.015\ 6x^{1.633\ 1}$	0.999	$8.430\ 4\text{E}^{-11}$
		指数函数	$y=1.914\ 0\text{e}^{0.561\ 4x}$	0.981	$3.151\ 9\text{E}^{-06}$

此,在引种种植的时候注意其在不同地区生长规律的差异。

苗高、地径生长量及小叶片数是反映苗木生长的良好指标。优良种源选择是决定育苗工作成功与否的最为主要因素之一,对比不同种源苗木生长节律的研究,可为苗木生产中种源选择、育苗技术措施提供理论依据。为了提高花椒苗木质量,在育苗时要有目的地选择优良种源区采种,针对苗木生长的不同时期,合理追肥、除草、病虫害防治等育苗措施,以促进苗木的生长,完善苗圃优质育苗体系从优良

表 3  各种源花椒苗的苗高、地径和小叶片数分析

Table 3   ANOVA of the height,ground diameter and number of leaflets seedlings from different			
种源地	苗高	地径	叶片数
陕西凤县	35.88±4.19b	5.12±0.48b	28.50±4.66b
陕西韩城	36.96±3.21b	4.92±0.37b	29.57±2.53b
贵州花江	33.72±3.29a	4.50±0.41a	24.20±3.99a
<i>F</i> 值	6.331 0	16.798 0	16.514 0
<i>P</i> 值	0.002 8	0.000 0	0.000 0

注:数值均为平均值±标准差。数值后字母为多重比较结果。不同字母表示在 *P* = 0.05 显著性水平差异显著。

表 4 花椒各种源实生苗生长节律  
Table 4 The growth rhythm of seedlings in *Z. bungeanum* provenances

种源地	指标	缓慢生长期				速生生长期				生长后期			
		起止时间 /(月-日)	日平均 增长量	生长量	占比 /%	起止时间 /(月-日)	日平均 增长量	生长量	占比 /%	起止时间 /(月-日)	日平均 增长量	生长量	占比 /%
贵州花江	苗高	01-08—02-23	0.022	1.62	5.08	02-24—09-23	0.126	26.99	84.63	09-24—11-23	0.054	3.28	10.29
	地径	07-24—08-23	0.014	0.45	18.64	05-23—07-23; 08-24—10-23	0.016	1.88	77.75	10-24—11-23	0.003	0.09	3.61
陕西凤县	苗高	01-08—02-23	0.059	2.70	7.96	02-24—09-23	0.135	28.96	85.43	09-24—11-23	0.037	2.24	6.61
	地径	07-24—08-23	0.014	0.44	16.54	05-23—07-23; 08-24—10-23	0.017	2.06	77.44	10-24—11-23	0.005	0.16	6.02
陕西韩城	苗高	01-08—02-23	0.067	3.10	8.83	02-24—09-23	0.145	30.98	88.26	09-24—11-23	0.017	1.02	2.91
	地径	07-24—08-23	0.006	0.18	7.62	05-23—07-23; 08-24—10-23	0.017	2.08	88.14	10-24—11-23	0.003	0.1	4.24

注:苗高、地径生长量单位分别为 cm、mm;苗高、地径日平均增长量单位分别为 cm·d<sup>-1</sup>、mm·d<sup>-1</sup>。

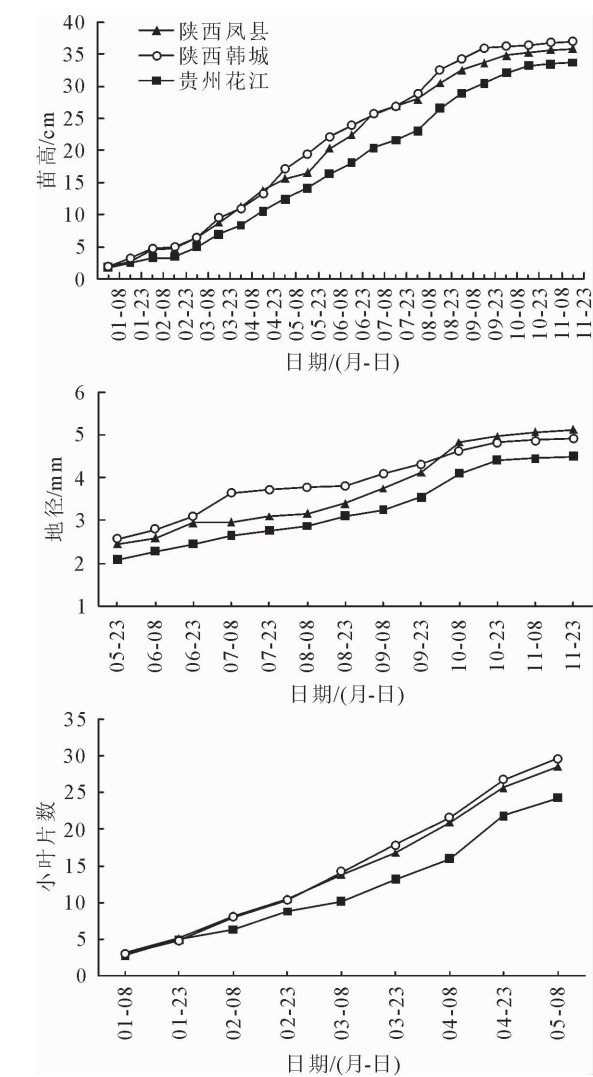


图 1 各种源花椒苗高、地径和小叶片数生长曲线  
Fig. 1 The growth curves of height, ground diameter and number of leaflets of *Z. bungeanum* seedlings from different provenances  
地方种质资源区采集种子,根据花椒苗木生长节律的特性,采取不同施肥措施,害虫防治;在速生生长期,应合理追肥,同时注意水、热等影响因子,使花椒苗高、地径在此期间生长时间能适当增加而到达

壮苗效果;休眠期苗木基本停止生长,出现落叶现象,适当减少水分、肥等供给,保证花椒苗安全越冬。  
顶坛花椒采集于贵州,为我国优良的青花椒,顶坛花椒与陕西 2 个优良的花椒种源间性状差异显著。但本研究参试种源数量少,结果有一定的局限性,有待更全面系统继续研究。

参考文献:  
[1] 张志翔. 树木学(北方本)[M]. 北京:中国林业出版社,2008.  
[2] 常剑文. 花椒栽培[M]. 北京:中国林业出版社,1990:2-3.  
[3] 张继,马志刚. 甘肃省花椒属药用植物资源[J]. 中国药杂志, 2002,37(4):255-257.  
[4] 牟青松,钟永科,罗静. 顶空固相微萃取-气质联用分析花椒储存中挥发物的变化[J]. 中国调味品,2014(4):59-61.  
MOU Q S, ZHONG Y K, LUO J. Analysis of volatile compounds in *Zanthoxylum* during storage by headspace solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry[J]. China Condiment,2014,4(4):59-61. (in Chinese)  
[5] 黄森,刘拉平,贾礼. 韩城大红袍花椒挥发油化学成分的 GC-MS 分析[J]. 中国农学通报,2006,22(10):334-336.  
HUANG S, LIU L, JIA L. Analysis of chemical constituents of volatile oil from *Zanthoxylum bungeanum* Maxim in Hancheng by GC-MS[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2006,22(10): 334-336. (in Chinese)  
[6] 曹雁平,张东. 固相微萃取-气相色谱质谱联用分析花椒挥发性成分[J]. 食品科学,2011,32(8):190-193.  
CAO Y P, ZHANG D. Analysis of volatile compounds from baked and hot air-dried sichuan pepper (*Zanthoxylum piperitum* DC.) using solid-phase micro-extraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry[J]. Food Science,2011,32(8):190-193. (in Chinese)  
[7] 崔炳权,郭晓玲,林元藻. 陕西凤县大红袍花椒挥发油化学成分的 GC/MS 分析[J]. 中国医药导报,2006,3(36):21-22.  
CUI B, GUO X, LIN Y. GC/MS analysis of volatile oil from *Zanthoxylum bungeagum* Maxim in Fengxian of Shaanxi province[J]. China Medical Herald, 2006. 3(36): 21-22. (in Chinese)

[8] 王景燕,龚伟,李伦刚,等. 水肥对汉源花椒幼苗抗逆生理的影响[J]. 西北植物学报,2015,35(3):530-539.  
WANG J Y,GONG W,LI L G,*et al.* Effects of water and fertilizer on physiological characteristics of stress resistance of *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. Hanyuan Seedling[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica,2015,35(3):530-539. (in Chinese)

[9] 刘玲. 花椒抗寒抗旱性研究[D]. 杨陵:西北农林科技大学,2009.

[10] 刘冰. 花椒抗寒性研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2005.

[11] 马玉敏,孙海伟,李冬梅,等. 花椒病害防治技术研究[J]. 河北林业科技,2002(1):13-15.

[12] 汤毅,曹支敏,王洁菲. 花椒锈病发生规律与化学防治研究[J]. 西北林学院学报,2015,30(1):150-153.  
TANG Y,CAO Z M,WANG J F. Occurrence regularity and chemical control of pricklyash rust[J]. Journal of Northwest Forestry University,2015,30(1):150-153. (in Chinese)

[13] 熊德敏. 花椒病虫害种类与防治措施探讨[J]. 现代园艺,2014(10):60-61.

[14] 原双进. 花椒良种选育及丰产栽培技术研究[D]. 杨陵:西北农林科技大学,2007.

[15] 邓振义. 凤县花椒丰产栽培技术及营养成分研究[D]. 杨陵:西北农林科技大学,2005.

[16] 罗成荣,郑文,谷凉勇,等. 花椒丰产栽培技术[J]. 四川林业科技,2006(3):91-94.

[17] 张继,白贞芳,杨永利,等. 甘肃省花椒属药用植物资源[J]. 中国药学杂志,2002,37(4):255-257.

[18] 毕君,王春荣,赵京献,等. 北方花椒主产区种质资源考察报告[J]. 河北林果研究,2003,18(2):165-168.

[19] 李晓储. 杉木种源间树高生长节律的变异及其分析[J]. 江苏林业科技,1982(2):1-7.

[20] 李晓储,黄利斌. 秃杉引种幼龄生长规律初步研究[J]. 植物生态学与地植物学学报,1993,17(2):183-191.  
LI X C,HUANG L B. A priliminary study on growth regularity of introduced Taiwania flousiana young seedling[J]. Acta Phytocologica Sinica,1993,17(2):183-191. (in Chinese)

[21] CHARAN S,VISHWANATHAM M K,*et al.* Growth, survival and mean annual increment of *Quercus lencotrichophiral* (ban oak)on degraded lands of Doon Valley[J]. Indian Forester,1998,124C(9):732-738.

[22] 郭巧生,贺善安,刘丽. 半夏种内不同居群生长节律的研究[J]. 中国中药杂志,2001,26(5):233-237.

[23] 王港,杨成华,侯娜,等. 濒危观赏植物离蕊金花茶实生苗生长规律观察与模拟[J]. 贵州科学,2014,32(2):90-93.

[24] 汪企明,李晓储,黄利斌,等. 美国栎属种源引种,变异研究:幼树年高生长节律和物候期的变异[J]. 江苏林业科技,2000(4):1-6.

[25] 余诚棋,杨万霞,兰传亮,等. 青钱柳一年生实生苗的年生长节律[J]. 林业科技开发,2009,23(2):45-47.

[26] 苏雪辉,赵自成,胡建军. 杨树能源林各杨树品种生长节律研究[J]. 辽宁林业科技,2011(3):9-11.

[27] 邝雷,邓小梅,陈思,等. 4 个任豆种源苗期生长节律的研究[J]. 华南农业大学学报,2014,35(5):98-101.  
KUANG L,DENG X M,CHEN S,*et al.* Growth rhythm of *Zenia insignis* seedlings from four provenances [J]. Journal of South China Agricultural University,2014,35(5):98-101. (in Chinese)