

罗甸麻疯树开花习性及花的时空分布特点

王秀荣, 丁贵杰, 刘烈志, 李平

(贵州大学 林学院, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 全面系统地了解贵州麻疯树 *Jatropha curcas* 开花生物学特性, 以期为进一步的调控麻疯树雌雄花比例, 提高麻疯树产量提供依据。对罗甸县麻疯树开花习性及其分布情况进行了连续的观察及统计分析, 结果表明: 麻疯树花芽为多次分化型, 1 a 中多次抽枝, 枝顶多次分化出花芽。麻疯树在罗甸一般从 5 月初开始出现花序, 到 9 月, 陆续有植株开花, 1 a 中一般出现 2 次开花高峰期, 营养生长和生殖生长呈现交替生长动态; 麻疯树新梢萌动是进入花芽生理分化期的重要标志; 二歧聚伞花序生于当年生新枝枝顶, 花序数量、花下叶片数量、每个花序上小花数量以及每花序上雌花数量在树体的东西南北 4 个方位及上中下位置的分布均没有显著差异; 花序从露出到花序上小花全部开放约需 40 ~ 50 d。单花花期一般为 2 ~ 5 d。每个花序上平均有小花 134 个, 雌花平均 4 个, 雌雄比平均 1 : 33; 雌花的花序分布与花序分枝的位置极显著相关, 69% 的雌花分布于花序各级分枝的第 1 次二歧分叉处及顶花位置, 其中花序第 1 分枝的第 1 次二歧分叉处 (1-1) 和顶花位置 (D) 占 48%。在花序不同位置, 随着雌花数量的增加, 坐果数随之增加, 而坐果率降低。图 3 表 3 参 15

关键词: 植物学; 麻疯树; 开花习性; 雌花分布; 花序结构; 结实率; 贵州罗甸

中图分类号: S718.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2012)03-0388-06

Flowering behavior and spatial-temporal distribution characteristics of *Jatropha curcas* in Luodian

WANG Xiu-rong, DING Gui-jie, LIU Lie-zhi, LI Ping

(Forestry College, Guizhou University, Guiyang 550025, Guizhou, China)

Abstract: To have a grasp of the overall situation of flowering characteristics of *Jatropha curcas*, which would provide basis for the further flower control experiment and produce higher yield of *Jatropha curcas*, continuous observation and statistical analysis on flowering behavior and spatial-temporal distribution characteristics of *Jatropha curcas* were carried out in Luodian. The results indicated that: *Jatropha curcas* can form flower bud many times in one year. It shoots out twigs more than once on which flower buds begin to take shape. At Luodian, *Jatropha curcas* is in bloom from May to September, during which there are two high tides of blossom generally and are characterized by vegetative stage and ripening stage. Vegetative Buds Germination is a main sign of *Jatropha curcas* entering critical period of bud physiological differentiation stage. Dichasial inflorescence grows on top of new branches. There was no significant difference in amount of inflorescence, leaf beneath the inflorescence, small flower of a inflorescence and female flower in a inflorescence in all directions: north, south, east and west, and in the upper, middle, lower of the tree. It takes about 40-50 days from inflorescences emerge to the entire small flowers blossom. A small flower is flowering for 2-5 days. One inflorescence has an average of 134 small flowers which contain 4 female flowers. Female-male ratio is 1 : 33. There was

收稿日期: 2011-11-07; 修回日期: 2012-01-07

基金项目: 贵州省重大专项(黔科合重大专项字(2007)6004-5); 教育部博士点基金资助项目(20070657001); 贵州省自然科学基金资助项目(黔科合 J 字[2010]2048 号); 贵州省人才基地建设项目(黔人办发[2009]9 号); 贵州省创新团队项目(黔科合人才团队 2011)

作者简介: 王秀荣, 副教授, 博士研究生, 从事森林培育及园林植物选育等研究。E-mail: wxr7211@126.com。
通信作者: 丁贵杰, 教授, 从事森林培育等的研究。E-mail: guijieding@yahoo.com.cn

great significant correlation between the distribution of female and the location of inflorescence branch. 69% females grow on the terminal of different level branches in inflorescence, including 48% female growing on the first bifurcation of the primary rachis branch and the terminal of inflorescence. At different bifurcation in an inflorescence, the number of fruit increased with that of the female flowers, as against the percentage of set fruit decreased. [Ch, 3 fig. 3 tab. 15 ref.]

Key words: botany; *Jatropha curcas*; flowering behavior; female space distribution; structure of inflorescence; percentage of set fruit; Luodian County of Guizhou Province

麻疯树 *Jatropha curcas* 是重要的生物柴油树种。近年来, 关于麻疯树开花习性和传粉生物学特性方面的研究较多。王秀荣等(待发表)对麻疯树花部构造及传粉生物学特性进行了观察研究, 并进行控制授粉实验^[1-3]; 谢无畏等^[4]研究发现不同省份及同一省份不同地方麻疯树的始花期、终花期和开花期不同; 何亚平等^[5]对麻疯树雌雄花的性比及雌雄花器官尺寸数量进行了研究。麻疯树为雌雄异花, 王秀荣等^[6-7]对麻疯树雌雄花器官发育进行解剖观察, 发现雌花常常位于花序的二歧分叉处, 且雌花在起源上为两性花。谢无畏^[4]等认为, 麻疯树花序的 2 级分枝数与雌雄花比例极显著负相关。麻疯树花的时空分布研究, 在巴西阿拉戈斯州观察, 发现麻疯树营养生长呈现明显的季节型^[8]; 麻疯树在雨季有一次萌芽和结实高峰; 但针对雌雄花的花序上更详细的分布情况, 目前未见报道。因此, 本研究对麻疯树的花序在树体上及花的花序上的时间和空间分布情况进行了详细系统的观测, 以全面系统地了解贵州麻疯树开花生物学特性, 为进行麻疯树生殖生物学研究, 花的调控及丰产栽培提供参考和依据。

1 试验地概况

罗甸县位于贵州省南部, 25°43'N, 106°75'E, 属于亚热带季风气候, 年平均气温为 20.0 °C, 极端最高气温 40.5 °C, 极端最低气温 -3.5 °C, 年均降水量为 1 335.0 mm, 试验地位于罗甸县国有林场麻疯树分布区, 海拔 500 m 左右。

2 材料与方法

2.1 主要物候期观察

2010 年 3 - 10 月, 在试验地选定 60 株生长相对一致的 4 ~ 5 年生麻疯树, 定期观察并记录开花物候。

2.2 花序分布及开放情况观察

2010 年 5 - 6 月, 选定处于盛花期的条件相近的麻疯树 5 株, 分别按东、南、西、北 4 个方位及上、中、下 3 个层次选定枝条挂牌, 观察并统计花的开放情况, 同时标记一定数量的花序(50 ~ 70 个), 观察统计花和花序的开放及分布情况以及相应雌花坐果情况。

2.3 花的花序上的分布观察

将主花序轴上的一级从下到上依次编号为 1, 2, ..., n; 再对每一花序分枝上的不同二歧分叉分别按顺序编号, 如花序第 1 分枝的第 1 个二歧分叉处编为 1-1(图 1), 第 2 次二歧分叉处编为 1-2, 第 2 分枝的第 1 个二歧分叉处编为 2-1, 依次类推, 记录不同位置雌雄花的着生情况及数量。

2.4 坐果率调查

对 2.3 中标记的雌花的坐果情况进行跟踪调查, 统计记录坐果数量, 坐果率=(坐果数/雌花数)×100%。

所有统计数据采用 Excel 和 SPSS 数据分析软件进行分析和处理。

3 结果与分析

3.1 麻疯树花的时间分布

3.1.1 麻疯树的主要开花物候期(开花年周期) 麻疯树开花时间较长, 花芽为多次分化型, 1 a 中多次抽枝, 枝顶多次分化出花芽, 新梢萌动是进入花芽生理分化期的重要标志。在罗甸, 一般从 5 月初开始出现花序, 到 9 月, 陆续有植株开花, 1 a 中一般出现 2 次开花高峰期, 营养生长和生殖生长呈现交替生

长动态。由表1可以看出：麻疯树的萌芽期大概持续40~45 d左右，从3月底到5月初，陆续有芽萌出，但5月上旬到中旬前，大量叶芽萌动。这可能与早期气温较低有关。当麻疯树叶片达到2~7片(平均5片左右)时，枝顶出现花序。5月下旬有部分花序的花瓣展开，进入始花期，6月中旬进入盛花期，7~9月间出现第2次开花高峰期。麻疯树新梢萌动后，就进入花芽的生理分化期了，此时对芽内生长点进行生理调节，可以促进开花。对于单株麻疯树来讲，从萌芽开始，就进行着生理分化期—形态分化期—开花—结实—生理分化期往复的过程，对整个麻疯树群体来说，从萌芽开始，生理分化期一直持续到最后一次花序萌出。在这段时期内，对没有正在开花的植株施用外源调节剂，则可促进开花。

表1 麻疯树1a中主要物候观测

Table 1 Main phenological observation of *Jatropha curcas* in one year

物候	观测时间(2010年)	物候特征	花芽分化阶段
树液流动期	3月初	树液开始流动	
萌芽初期	3月底至4月	调查株有5%左右的植株开始萌芽芽较小	生理分化期
萌芽期	4月底5月初	50%以上的植株已萌芽，叶片增大，数量增多	生理分化期
花序出现期	5月上旬至中旬	5%的植株出现花序	生理分化期、形态分化期
初花期	5月下旬	50%以上植株出现花序，花序上5%的花瓣展开	形态分化及开花期
第1次开花高峰期	6月中旬	观测树上有50%以上的花蕾都展开花瓣	开花期
果实发育及成熟期	6月中旬至7月底	子房膨大，发育成为果实	生理分化期
二次花序出现	7月上中旬	第2次超过5%的植株出现花序	生理分化期、形态分化期
第2次开花期	7月底至9月中旬	大部分植株出现二次花序，并开花	形态分化期、开花
果实发育及成熟期	8月上中旬到10月	子房及果实发育	
落叶休眠期	10月中至11月	叶子开始脱落到全部落尽	

3.1.2 花序及单花开放特点 麻疯树为二歧聚伞花序，花序一般有5~11个二级分枝，每个二级分枝又以二歧的方式进行分叉，一般有5次以上分叉。从花序露出到第1朵花开放，需要16~22 d(平均20 d左右)，10~15 d后，花序中下部花最先开放并雌花坐果，仍有上部花继续开放，整个花序全部开放需25~30 d。麻疯树单花花期一般为2~5 d，其中雄花在2~3 d后花药变红至褐色，花粉失去活性，然后脱落；雌花花瓣展开后到4 d左右，柱头颜色呈绿色，具有可授性，4~5 h后柱头变色，授粉后雌花子房膨大，6~10 d左右，柱头花瓣干枯脱落。

3.2 花的空间分布

3.2.1 花序在树体上的分布 麻疯树花单性，雌雄同序，二歧聚伞花序多生于当年生新枝枝顶。对麻疯树花序分布及开放情况进行方差分析，结果表明：麻疯树在东西南北4个方向及上中下位置上分布的花序数量、花下叶片数量、每个花序上小花数量、每个花序上雌花数量均没有显著差异。由表2看出：麻

表2 树体不同方位花果的分布情况(平均值±标准差)

Table 2 Distribution of flowers and fruits in the different place of tree (mean ± standard deviation)

位置	花下叶片数	观察数	坐果数	观察数	单花序上小花数	观察数	雌花数	观察数	雄/雌	观察数
北	4.95 ± 2.041	19	2.00 ± 2.517	19	112.89 ± 43.76	19	2.47 ± 2.52	19	40.35 ± 39.00	19
东	4.42 ± 2.388	19	2.05 ± 2.758	19	117.11 ± 47.41	19	3.53 ± 2.48	19	30.95 ± 28.30	19
南	3.88 ± 2.233	17	2.06 ± 2.859	18	164.12 ± 57.99	17	4.65 ± 5.52	17	32.64 ± 34.89	18
西	4.93 ± 3.011	15	2.60 ± 3.439	15	148.33 ± 63.85	15	3.93 ± 3.31	15	28.11 ± 20.89	15
上	3.96 ± 1.815	28	1.82 ± 3.175	28	133.39 ± 49.57	28	3.71 ± 4.77	28	37.65 ± 38.99	28
下	5.18 ± 2.839	22	2.50 ± 2.773	22	137.73 ± 62.02	22	3.45 ± 2.89	22	28.28 ± 22.33	22
中	4.65 ± 2.519	20	2.24 ± 2.448	21	131.00 ± 60.95	20	3.60 ± 2.52	20	32.74 ± 29.53	21
总计	4.54 ± 2.400	70	2.15 ± 2.827	71	134.07 ± 56.24	70	3.60 ± 3.63	70	33.30 ± 31.64	71

疯树每个花序上平均有小花 80 ~ 190 个(平均 134 个)，每花序上有雌花 0 ~ 7 个(平均 4 个)，雌雄比为 0~1 : 65(平均 1 : 33)。

3.2.2 花在花序上分布特点 随着花序分枝位置的增高，侧花序轴的长度变短(图 1)，其与主花序轴的夹角增大，花序二歧分叉的次数减少。雌花在花序上的分布与侧花序轴的位置极显著相关，第 1 侧花序轴的第 1 次二歧分叉处(1-1)和顶花位置(D)多着生雌花，随着侧花序轴和二歧分叉位置逐渐升高，雌花数量减少，到顶端外围基本上全部着生雄花(如 4-2, 6-1, 6-2)。69%的雌花分布于花序各级分枝的第 1 次二歧分叉处及顶花位置。

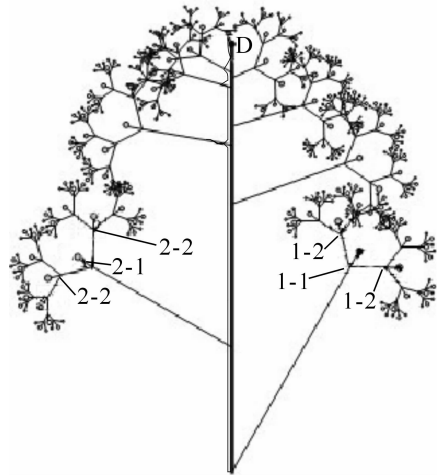


图 1 麻疯树花序结构示意图

Figure 1 Inflorescence structure schematic diagram of *Jatropha curcas*

对单个花序内雌花的分布节点进行方差分析。结果表明：雌花在不同节点上的分布存在极显著差异，对数据进行多重比较发现(图 2)雌花在花序第 1 侧花序轴的第 1 次分叉(1-1)处数量最多，占雌花总数的 25%，总花序轴顶端(D)位置开雌花数量为 23%。对所有花序分枝上的第 1 节(包括 1-1, 2-1, 3-1, ..., 7-1, D)，第 2 节(包括 1-2, 2-2, 3-2, ...)及第 3 节上的雌花数量进行汇总分析(图 3)，发现有 69%的雌花分布于花序各分枝的第 1 次分叉处。

3.2.3 花序不同位置坐果率 对 50 个花序上不同位置的雌花的坐果率进行统计分析。结果表明，随着雌花数量的增加，坐果数随之增加，坐果率降低。由表 3 可以看出：雌花数量最多的 1-1 位置和顶端(D)的坐果数量相对其他位置较多，但坐果率却低于 1-3 等位置，这可能是由于单个花序供给的营养限制，过多的雌花与果实营养消耗过多导致坐果率下降。因此，在实际栽培中，增加营养或疏去部分花蕾(可以是雄花)，应该有助于提高结实率和果实质量。

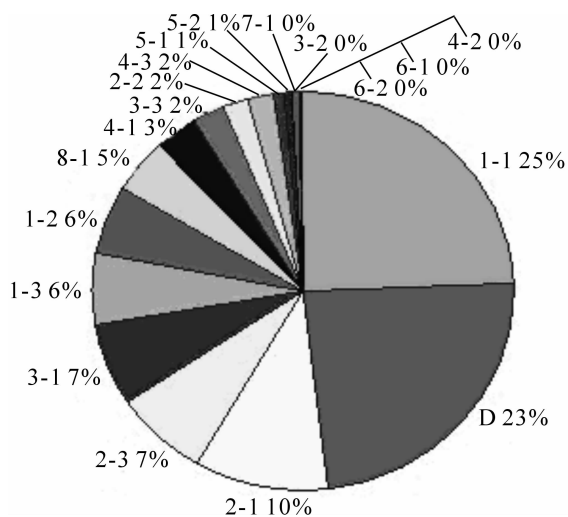


图 2 花序不同位置雌花百分比

Figure 2 Percentage of female flower in different positions of inflorescence

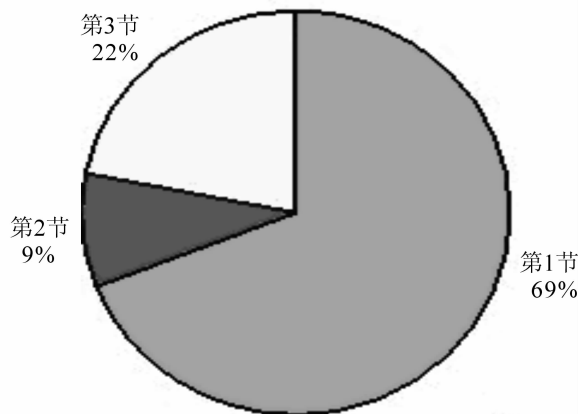


图 3 侧花序轴上不同分叉节点位置雌花百分比

Figure 3 Percentage of female flower different node positions of inflorescence

4 结论与讨论

麻疯树花芽为多次分化型，1 a 中多次抽枝，枝顶多次分化出花芽。在罗甸 1 a 中一般出现 2 次开

表3 花序不同位置雌花量与坐果率

Table 3 Number of female and the percentage of fertile fruit in inflorescence

位置	雌花数	坐果数	坐果率/%	位置	雌花数	坐果数	坐果率/%
1-3	8	8	100	1-1	31	23	74.2
2-3	10	10	100	D	43	30	69.8
3-3	6	6	100	3-1	22	15	68.2
4-3	5	5	100	5-1	6	4	66.7
5-2	2	2	100	4-1	13	7	53.9
6-1	1	1	100	2-1	25	13	52.0
2-2	11	9	81.8	3-2	2	1	50.0
1-2	26	20	76.9	7-1	1	0	0

花高峰期, 营养生长和生殖生长呈现交替生长动态。麻疯树新梢萌动是进入花芽生理分化期的重要标志。麻疯树在整个生长期内营养生长和生殖生长交替进行, 有的植株可出现3~4次花序, 但一般情况下麻疯树会出现2次开花高峰期。盛花期期间, 果实便同时进行发育。在第1次开花高峰到第2次开花高峰之间, 麻疯树约有1个月左右停止生长, 此时, 大多数植株的顶芽停止生长, 幼果继续进行发育。麻疯树在生长期内新梢进行多次抽生, 花序就在新抽生的新梢顶端产生, 因此, 将抽生新梢作为判断其进入花芽生理分化期, 在生产上具有重要的指导意义。在花芽生理分化期采取适当的促花措施, 一方面可以增加开花的数量, 另一方面可以使花期相对集中, 方便管理和后期果实的采收; 在营养生长期期间加强树体管理和营养调节, 合理控制新梢的数量和平衡树体营养, 也可以促进开花, 提供花及果实的质量。所以在实际栽培时, 可以考虑通过增加1年生新枝的数量来增加麻疯树开花的量。

麻疯树花序数量、花下叶片数量、每个花序上小花数量以及每花序上雌花数量在树体的东西南北4个方位及上中下位置的分布均没有显著差异。花序从露出到花序上小花全部开放约需40~50d左右。麻疯树单花花期一般为2~5d。每个花序上平均有小花134个, 雌花平均4个, 雌雄比平均1:33。

麻疯树单花序上小花的数量随品种、树体营养状况及区域的热量水分条件不同差异较大, 如在贵州省册亨县的巧马麻疯树基地, 有的花序上小花数量达到1000个以上, 平均144个, 雌花数量可达60个, 平均11个, 雌雄比1:14左右, 均高于罗甸县国营林场的麻疯树。云南双柏县的绿枝江和四川攀枝花金沙江畔的麻疯树雌雄花的比例约为1:10^[9]; 麻疯树雌花比例或性比决定受到环境因素影响, 在一些水分条件较好的样地中, 麻疯树的雌花数目较多, 雌雄花比例为1:20左右^[10-11], 如果温度降低, 雌雄比可达到108:1^[12]。而在一些热量充分而水分不足的样地里, 麻疯树的雌花数目较少, 雌花比例更低^[10-11]。

《中国植物志》^[13]和《贵州植物志》^[14]中均描述麻疯树为花序腋生, 但笔者通过实际观察发现, 麻疯树花序产生于枝顶, 枝条顶端由于花序的形成而不能继续向上生长, 一段时间后靠近花序下面的1~3个(多数情况为2个)侧芽萌发, 代替主枝向上生长, 从而看上去花序着生于枝条的中间, 给人以花序腋生的假象。这与杨清等^[15]和谢无畏等^[4]的观察结果一致。雌花在花序上的分布与花序分枝的位置极显著相关, 69%的雌花分布于花序各级分枝的第1次二歧分叉处及顶花位置, 其中花序第1分枝的第1次二歧分叉处(1-1)和顶花位置(D)处占48%。

由上可见: 树体营养、水分和气温是影响麻疯树开花数量及雌雄比例的重要因素, 因此, 在栽培上加强树体管理及平衡树体营养是提高麻疯树产量的重要环节。

参考文献:

- [1] 李昆, 尹伟伦, 罗长维. 小桐子繁育系统与传粉生态学研究[J]. 林业科学研究, 2007, 20(6): 775-781.
LI Kun, YIN Weilun, LUO Changwei. Breeding system and pollination ecology in *Jatropha curca* [J]. *For Res*, 2007, 20(6): 775-781.

- [2] 杨清, 彭代平, 段柱标, 等. 小桐子传粉生物学研究[J]. 华南农业大学学报, 2007, **28** (3): 62 – 66.
YANG Qing, PENG Daiping, DUAN Zhubiao, *et al.* Study on pollination biology of *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae) [J]. *J South China Agric Univ*, 2007, **28** (3): 62 – 66.
- [3] 罗长维, 李昆, 陈友, 等. 膏桐花粉活力与柱头可授性及其生殖特性研究[J]. 西北植物学报, 2007, **27** (10): 1994 – 2001.
LUO Changwei, LI Kun, CHEN You, *et al.* Pollen viability, stigma receptivity and reproductive features of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) [J]. *Acta Bot Boreali-Occident Sin*, 2007, **27** (10): 1994 – 2001.
- [4] 谢无畏, 林凡荣, 徐莺, 等. 麻疯树育种指标的研究[J]. 安徽农业大学学报, 2009, **36** (3): 387 – 392.
XIE Wuwei, LIN Fanrong, XU Ying, *et al.* Investigation on the breeding indexes of *Jatropha curcas* L. [J]. *J Anhui Agric Univ*, 2009, **36** (3): 387 – 392.
- [5] 何亚平, 蔡小虎, 费世民, 等. 单性花同株植物麻疯树性比的大小依赖性[J]. 四川林业科技, 2011, **32** (1): 14 – 24.
HE Yaping, CAI Xiaohu, FEI Shimin, *et al.* The size-dependent sex ratio in *Jatropha curcas*, a monoecious biodiesel plant [J]. *J Sichuan For Sci Technol*, 2011, **32** (1): 14 – 24.
- [6] 王秀荣, 丁贵杰, 李平, 等. 麻疯树花的形态和解剖结构[J]. 林业科学, 2011, **47** (9): 57 – 61.
WANG Xiurong, DING Guijie, LI Ping, *et al.* The morphological and anatomical structure of flowers of *Jatropha curcas* [J]. *Sci Silv Sin*, 2011, **47** (9): 57 – 61.
- [7] 刘焕芳, 邓云飞, 廖景平. 大戟科麻疯树属三种植物花器官发生[J]. 植物分类学报, 2008, **46** (1): 53 – 61.
LIU Huanfang, DENG Yunfei, LIAO Jingping. Floral organogenesis of three species of *Jatropha* (Euphorbiaceae) [J]. *J Syst Evol*, 2008, **46** (1): 53 – 61.
- [8] dos SANTOS C M, ENDRES L, WANDERLEY FILHO H C de L, *et al.* Phenology and growth of the physic nut in the forest zone of the State of Alagoas, Brazil [J]. *Sci Agrar*, 2010, **11** (3): 201 – 209.
- [9] 郭承刚, 王朝文, 李建富, 等. 麻疯树物候期和花的发育动态观察[J]. 现代农业科技, 2007 (1): 12 – 13.
GUO Chenggang, WANG Chaowen, LI Jianfu, *et al.* Observation on the phenological phase and flower development dynamic of *Jatropha curcas* [J]. *Mod Agric Sci Technol*, 2007 (1): 12 – 13.
- [10] 何亚平, 费世民, 徐嘉, 等. 四川麻疯树花序结构和雌雄花动态研究[J]. 四川林业科技, 2008, **29** (2): 1 – 8.
HE Yaping, FEI Shimin, XU Jia, *et al.* The inflorescence structure and dynamics of male and female flowers of *Jatropha curcas* in Sichuan Province [J]. *J Sichuan For Sci Technol*, 2008, **29** (2): 1 – 8.
- [11] 何亚平, 费世民, 蔡小虎, 等. 攀枝花市麻疯树生殖构件特征与雌雄花配置研究[J]. 四川林业科技, 2009, **30** (1): 8 – 17.
HE Yaping, FEI Shimin, CAI Xiaohu, *et al.* The characteristics of reproductive moduli of *Jatropha curcas* and the allocation of its male and female flowers in Panzhihua City [J]. *J Sichuan For Sci Technol*, 2009, **30** (1): 8 – 17.
- [12] DHILLON R S, HOODA M S, HANDA A K, *et al.* Clonal propagation and reproductive biology in *Jatropha curcas* L. [J]. *Indian J Agrofor*, 2006, **8** (2): 18 – 27.
- [13] 马金双, 程用谦. 中国植物志: 第 44 卷第 3 分册[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 147 – 148.
- [14] 李永康. 贵州植物志[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1992: 83 – 85.
- [15] 杨清, 彭代平, 段柱标, 等. 小桐子开花生物学特性[J]. 福建林学院学报, 2008, **28** (1): 52 – 55.
YANG Qing, PENG Daiping, DUAN Zhubiao, *et al.* Floral biology of *Jatropha curcas* [J]. *J Fujian Coll For*, 2008, **28** (1): 52 – 55.