

不同流域麻疯树性别分化及两性花序中雌花数目特征

刘方炎^{1,2}, 李昆^{1,3}, 王小庆¹, 张春华¹, 罗长维¹, 崔永忠¹, 彭辉¹

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南昆明 650224; 2. 北京林业大学生物科学与技术学院, 北京 100083;
3. 国家林业局云南元谋荒漠生态系统定位研究站, 云南昆明 650224)

摘要: 基于随机取样和跟踪观测的方法, 对金沙江和红河两流域干热河谷区麻疯树 *Jatropha curcas* 前后 2 次开花过程中性别分化特征以及两性花序中雌花数目进行了跟踪观测和对比研究。结果表明: ①两流域麻疯树单个 1 年生小枝分化出两性花序数均较少, 且受林地环境的影响较大; ②第 1 次开花时, 两流域麻疯树两性花序数均远高于雄性花序数, 而第 2 次开花时, 两性花序数略低于雄性花序数; 两性花序中雄雌花朵数比均高达 15:1 以上, 且第 2 次开花远高于第 1 次开花; ③第 1 次开花时, 两流域麻疯树中具有 6~10 朵雌花的两性花序所占比例均为最高, 均在 40% 以上, 但具有 16 朵及以上雌花的两性花序较少, 仅占 2%~3%; 而第 2 次开花时, 雌花数均较少, 具有 1~5 朵雌花的两性花序均占 80% 以上; ④在麻疯树两性花序、雌花朵产生量及坐果率方面, 金沙江流域永胜县分布区优于红河流域双柏县分布区。林地、流域及区域气候环境可能对开花特性存在较大影响, 而适当“干”“热”环境对两性花序及雌花朵的产生可能更有利。图 4 表 2 参 17

关键词: 森林生物学; 干热河谷; 麻疯树; 性别分化; 雌花

中图分类号: S718.4 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2010)05-0684-07

Sex-differentiation and number of female flowers for polygamous inflorescences of *Jatropha curcas* in two drainage basins

LIU Fang-yan^{1,2}, LI Kun^{1,3}, WANG Xiao-qing¹, ZHANG Chun-hua¹, LUO Chang-wei¹,
CUI Yong-zhong¹, PENG Hui¹

(1. Research Institute of Resources Insects, The Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, Yunnan, China;
2. College of Biological Sciences and Biotechnology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 3. Yuanmou
Desert Ecosystem Research Station, State Forestry Administration, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: Based on random samples (30 trees for each area) and tracking observations, sex-differentiation characteristics and female flower numbers of semi-wild *Jatropha curcas* in the hot, dry valleys of the Jinshajiang and Red River Basins during the first and second flowering periods were studied. Results showed only a few polygamous inflorescences growing on one-year-old branches in both river basins. Polygamous inflorescence differentiation in both river basins was more than the male inflorescence during the first flowering with slightly less than the male inflorescence in the second flowering. Male flowers more than female flowers in polygamous inflorescence ($>15:1$). In both river basins, during the first flowering, most of the polygamous inflorescences had 6–10 female flowers, and only 2% – 3% had more than 16 female flowers; during the second flowering, the female flowers numbered fewly with more than 80% of the polygamous inflorescences having 1–5 female flowers and no polygamous inflorescences having more than 16 female flowers. Polygamous inflorescence number, female flower number, and the rate of fruiting during the

收稿日期: 2009-11-05; 修回日期: 2010-01-22

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2007BAD50B04)

作者简介: 刘方炎, 助理研究员, 博士研究生, 从事植物资源利用与保护及恢复生态学等研究。E-mail: lfyan701@163.com。通信作者: 李昆, 研究员, 博士, 从事森林培育及脆弱生态区植被恢复等研究。E-mail: caflikun@163.com

first flowering periods were greater in the Jinshajiang River Basin. [Ch, 4 fig. 2 tab. 17 ref.]

Key words: forest biology; hot dry valley; *Jatropha curcas*; sex differentiation; female flower

植物生殖配置与生殖投资是植物生殖生态学目前研究的热门领域^[1-4], 其主要内容包括有性生殖过程中花的性别比和资源配置、生殖器官的数量、大小以及营养生长与生殖生长的相关性等。对于雌雄同株, 且雄性花序与两性花序同时存在的植物来说, 其两性花序中性别的分化, 包括雌花、雄花以及两性花等的形成存在着不同程度的资源配置和竞争问题, 从而在不同层次水平上反映了植物在不同生境条件下的繁殖对策以及对周围小环境的适应能力^[5-6]。麻疯树 *Jatropha curcas* 系大戟科Euphorbiaceae 麻疯树属 *Jatropha* 小乔木或灌木。花小, 淡绿色, 单性, 雌雄同株。花序均为二歧聚伞花序, 但性别上分为 2 种: 一种是仅由雄性花组成的单性花序, 另一种为雄性花和雌性花共同组成的两性花序。该树种是一种多用途植物, 可作药用, 也可作为水土保持林进行营造, 同时它也是目前国际上研究最多的能生产“生物柴油”的能源植物之一, 是世界公认的最有可能替代石化能源的树种。从现有野生或半野生状态下的麻疯树生长结实状况来看, 麻疯树常开花多结实少, 雄花多雌花少, 种子产量极其低下。目前, 国内外有关麻疯树的研究较多, 在化学成分、毒理药理方面^[7-8], 核型、花粉形态和胚胎学方面^[9], 花器官的发生方面^[10], 昆虫传粉^[11]以及病虫害对其种子的影响^[12]等方面都做了大量工作。但有关不同区域、不同立地环境下麻疯树性别分化特征以及雌花分布规律的相关研究尚未见报道。本研究针对云南省内麻疯树分布最为广泛的金沙江和红河流域半野生状态下麻疯树性别分化和雌花数量特征进行了跟踪观测和比较分析, 以期深入了解麻疯树生殖生态学特征, 为其低产低效林的改造和人工林丰产稳产栽培提供理论依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 自然概况

研究地点分别位于金沙江流域的丽江市永胜县片角乡和红河流域的楚雄彝族自治州双柏县太和江林场。永胜县片角乡试验点地理位置为 26°08'N, 100°34'E, 海拔为 1 314 m。全乡气候干热, 光照充足, 雨量稀少, 属于干热河谷偏干型气候。年平均气温为 18.7 ℃, 最高日气温 35.4 ℃(6 月), 最低日气温-0.4 ℃(1 月); 年平均降水量为 544.5 mm。该研究区域 20 世纪 60 年代以前为当地原生植被的次生林, 20 世纪 60–80 年代, 大量次生林遭到砍伐以后, 地质环境条件逐渐恶化, 泥石流以及山体滑坡现象频发。麻疯树植株为 1989–1991 年“长防工程”实施过程中, 在泥石流乱石滩上采用当地散生的麻疯树种子进行直播造林营造的。由于土壤稀少贫瘠, 干旱且多被大小石块覆盖, 麻疯树老化严重, 林下植被稀少, 主要有扭黄茅 *Heteropogon contortus*, 戟叶酸模 *Rumex hastatus*, 地石榴 *Ficus tikoua* 等。双柏县太和江林场试验点地理位置为 24°22'N, 101°38'E, 海拔为 586 m。该试验点年平均气温为 21.0 ℃, 最高日气温 41.0 ℃(6 月), 最低日气温 1.0 ℃(1 月), 年均降水量 630.0 mm, 属于干热河谷偏湿型气候。试验点麻疯树生长于红河流域绿汁江支流的沟谷箐边河滩坡上, 多数为 20 世纪 80 年代中期, 通过人工种植和当地野生植株自然繁殖更新发展起来的。生长地砾石及鹅卵石堆积, 土壤砂质, 干旱贫瘠, 林内植株高大, 密度不均, 老化现象严重。林中混生有余甘子 *Phyllanthus emblica*, 白头树 *Garuga forrestii*, 及泡火绳 *Eriolaena malvacea* 等乔木; 地下植被也极为稀少, 主要有相思子 *Abrus precatorius*, 飞机草 *Eupatorium odoratum*, 菱叶黄花稔 *Sida rhombifolia* 等。

各研究点麻疯树植株生长状况见表 1。

1.2 研究方法

两流域麻疯树野外调查均采用随机选样及样株—样枝—样花的方法。沿着坡度梯度分上坡、中坡和下坡 3 个坡位进行选样, 各坡位样本数均为 30 株, 两流域共选植株样本 180 株。样株调查项目: 植株生

表 1 不同流域麻疯树生长概况

Table 1 General growth characters of *Jatropha curcas* in two drainage basins

样地	基径/cm	树高/m	树龄/a	样本数/株
金沙江流域	15.1 ± 3.3	3.1 ± 0.5	19	30
红河流域	14.1 ± 2.9	4.9 ± 0.4	22	30

长状况调查，包括基径、树高、冠幅和生长势。性别分化调查方法：依据植株枝条方位（东、南、西、北）确定样枝。每个方位各选择1个样枝（直径3~5 cm），调查其花序总数、雄性花序数、两性花序数以及1年生小枝数，并记录样株标准枝数（即植株中与样枝枝径大小相似及小枝数相仿的枝条数）。在每个样枝上分别选取6个（不足6个全选）雄性花序和两性花序，调查并记录所选雄性花序的雄性花朵数和两性花序的雌、雄性花朵数。样株、样枝以及样花在选定以后均涂上油漆，并编号挂牌，以便跟踪调查其第2次开花以及果实状况。雌花数目特征分析：数据来自性别分化调查时两性花序中雌性花朵数目的统计。第1次开花时，从两流域研究样地的不同坡位（上坡、中坡和下坡）麻疯树两性花序的调查数据中均随机选择两性花序各200个，两流域研究样地中共选择两性花序约1200个；第2次开花时，从不同坡位麻疯树两性花序调查数据中均随机选择两性花序60~80个（两流域山坡上半野生麻疯树第2次花序的数量均相对较少），两流域研究样地中共选择两性花序约400个。

野外调查时间为2008年4~6月。前后2次花朵的调查时间间隔约为35 d。

2 结果与分析

2.1 两性花序发生特点

针对两流域麻疯树开花物候的长期定株观测（2007~2009年）发现，麻疯树两性花序几乎完全从1年生小枝产生。1条1年生小枝上常可以产生1~3个分枝，每一分枝上均能分化出两性花序，但不同林地环境下麻疯树1年生小枝上产生该种类型花序的数量存在着一定的差异。

从图1可知，整体来看，不同流域以及不同环境条件下麻疯树植株上，两性花序数与1年生小枝数的比值均较小，上坡和中坡处植株以及各流域平均值的这一比值均小于1.0，仅下坡植株的比值相对较高（1.0左右），且与中、上坡植株存在显著差异。表明两流域半野生状态下的麻疯树单个1年生小枝分化两性花序的数目均较少，尚有部分1年生小枝不能产生两性花序。同时，从两流域下坡植株的这一比值均较高来看，土层厚度和土壤营养条件对麻疯树1年生小枝分化两性花序数目可能具有较大影响。两流域之间比较（均值），两流域麻疯树两性花序与1年生小枝数目的比值较为接近，不存在着显著差异，但金沙江流域麻疯树略高于红河流域。

2.2 雌雄性比

麻疯树雌雄性比包括2个方面的内容，一是雄性花序与两性花序的比值，即花序分化，二是两性花序中雄性花朵与雌性花朵的比值，即花朵分化。从图2可以看出，在花序分化方面，红河流域半野生状态下麻疯树第1、2次花序中两性花序数与雄性花序数平均比值均低于金沙江流域，但差异不显著。第1次开花时，两流域不同坡位麻疯树两性花序与雄性花序比值均大于1.0，其中，下坡位这一比值均显著高于上、中坡位，达到了2.0以上；而第2次开花过程中，两流域各坡位上的植株这一比值均小于1.0，且不同坡位之间均没有显著差异。表明两流域半野生状态下的麻疯树第1次开花过程中均以分化两性花序为主，雄性花序分化数目相对较少；而第2次开花过程中，两性花序与雄性花序分化数目相差不大，两性花序数目略少于雄性花序数。两流域之间比较，第1、2次开花时，金沙江流域麻疯树两性花序与雄性花序的比值均略高于红河流域，但差异均不显著。

两性花序的花朵分化是麻疯树性别分化的一个重要方面。由图3可知，两流域麻疯树2次开花过程中，两性花序中雄花数目/雌花数目比值均较大。第1次开花时，平均比值均在12.0以上，最高比值达到近20.0；第2次开花时，该比值更高，两流域所有林地下几乎均在20.0以上，最高甚至达到

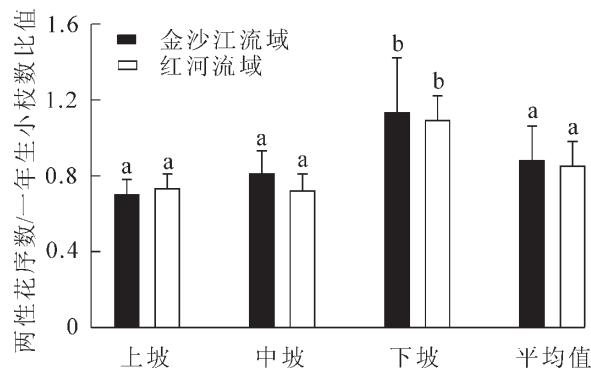


图1 不同流域麻疯树单株两性花序数/1年生小枝数比值柱状图

Figure 1 Ratios of the number of polygamous inflorescences to annual twigs of *Jatropha curcas* individuals in two drainage basins

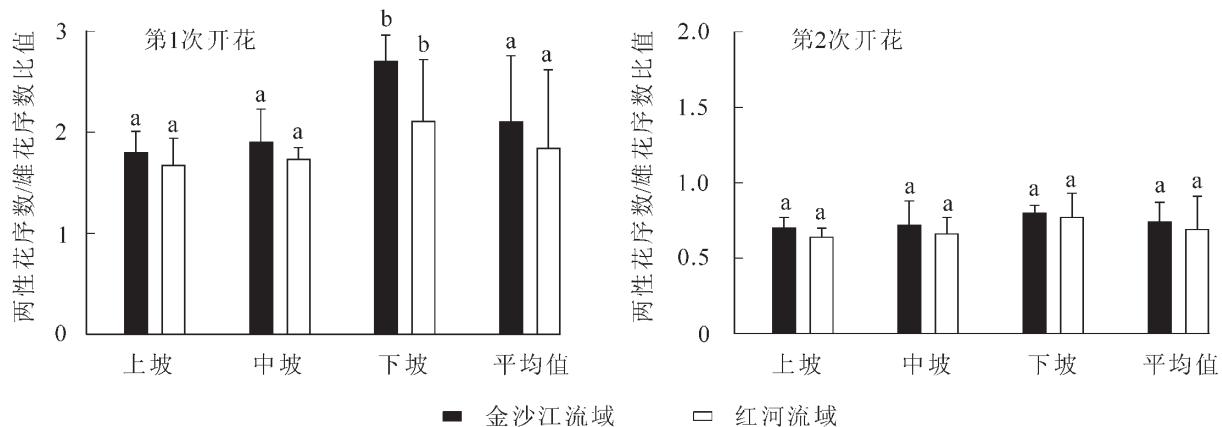


图 2 不同流域麻疯树第 1, 2 次开花单株两性花序数/雄花序数柱状图

Figure 2 Ratios of the number of polygamous inflorescences to male inflorescences in the first and second flowering period of *Jatropha curcas* individuals in two drainage basins

了 25.0。表明两流域半野生状态下麻疯树 2 次开花过程中，两性花序中雄花朵的产生量均较大，远超过了雌花朵的数量。同一流域中不同坡位麻疯树植株两性花序中雄花数与雌花数比值相差不大，统计结果表明差异不显著；但两流域之间存在一定的差异，金沙江流域前 2 次开花时的该比值平均值均显著低于红河流域。表明林分内不同坡位之间的环境差异对麻疯树两性花序中花朵分化的影响较小，但不同流域的气候环境差异等因素可能对麻疯树两性花序中雄花数目与雌花数目的比值产生较大影响。

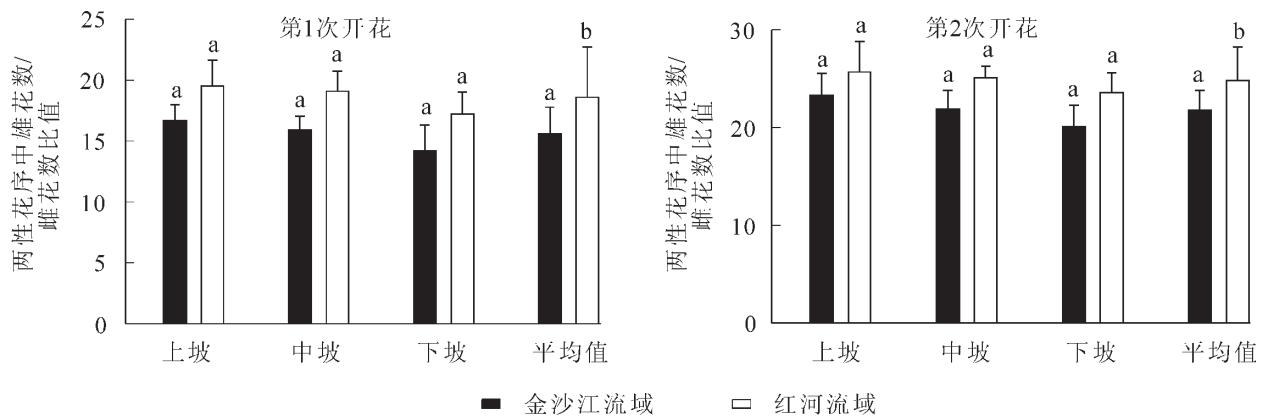


图 3 不同流域麻疯树第 1, 2 次开花两性花序中雄花朵数/雌花朵数柱状图

Figure 3 Histogram on a ratio of the number of male flowers to female flowers in the polygamous inflorescences of the first and second flowering period of *Jatropha curcas* individuals among two drainage basins

2.3 雌花数目特征及坐果率比较

麻疯树花为单性花，其中仅两性花序中的雌花可以产生种子，因此，其数量直接影响产量。本研究根据两性花序中雌花数目特征将两流域半野生状态下麻疯树第 1 次开花时单个两性花序中的雌花数目分为 4 个范围段，即 1 ~ 5, 6 ~ 10, 11 ~ 15 和 16 朵及以上；将第 2 次开花时单个两性花序中雌花数目分为 3 个范围段，即 1 ~ 5, 6 ~ 10 和 11 ~ 15 朵。从统计结果来看，不同坡位麻疯树两性花序中的雌花数目差异较小，与性别分化相似，下坡位的雌花数略多于中、上坡位。因此，仅进行了第 1 次和第 2 次开花之间及流域之间的比较。

从图 4 可以看出，两流域麻疯树 2 次开花中，两性花序中雌花数目的分布特征极为相似。第 1 次开花时，具有 6 ~ 10 朵雌花的两性花序所占比例均为最大，均在 40% 以上，其次是具 1 ~ 5 朵雌花的两性花序，所占比例均达到了 30% 以上，具有 11 ~ 15 朵雌花的相对较少，均在 10% 左右，所占比例

最少的是具有16朵及以上雌花的两性花序，其比值仅为3%左右；而第2次开花时，具有1~5朵雌花的两性花序所占比例均高达80%以上，仅有少量两性花序的雌花为6~10朵，具有11~15朵雌花的花序数则更少，林分内均未发现具有16朵及以上雌花的花序。但两流域之间也存在着一定的差异。2次开花中，金沙江流域内具有6~10朵雌花的两性花序所占比例略高于红河流域，而具有1~5朵雌花的两性花序略低于红河流域。

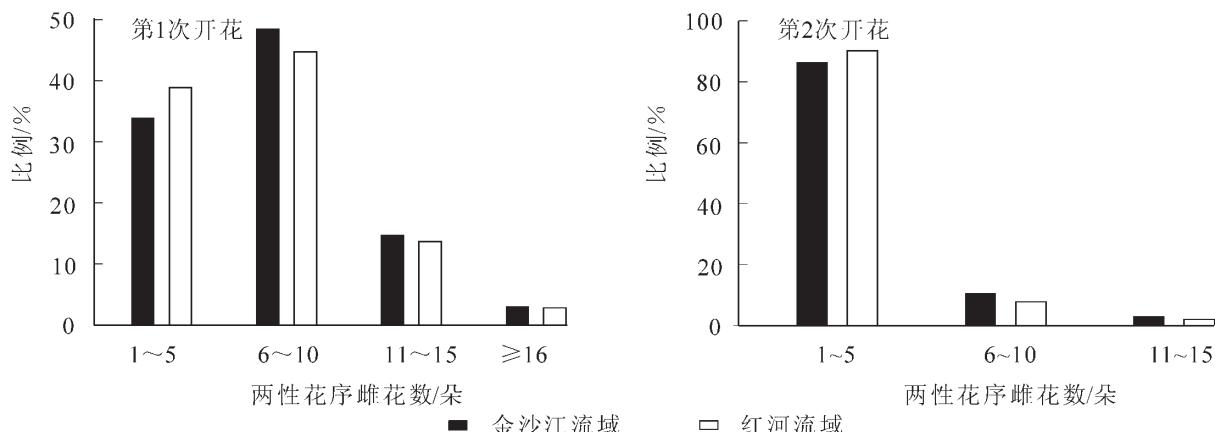


图4 麻疯树第1、2次开花过程中两性花序中雌花数目比较

Figure 4 Comparisons of female flowers in polygamous inflorescences of *Jatropha curcas* in the first and second flowering period between two river basins

独立样本t检验结果表明，金沙江流域麻疯树第1次开花过程中单个花序上雌花数、单个果序的结果量及坐果率均显著高于红河流域($P<0.05$)；而第2次开花过程中两流域之间不存在显著差异，金沙江流域略高于红河流域(表2)。两流域麻疯树2次开花后，坐果率均相对较高，且第2次开花时的坐果率均高于第1次。

表2 不同流域麻疯树2次花序产果状况比较(平均值±标准差)

Table 2 A comparison on yields of *Jatapha curcas* individuals during the first and second flowering period among two drainage basins (means ± std.)

样地	第1次开花			第2次开花		
	单花序雌花数/朵	单果序产果量/个	坐果率/%	单花序雌花数/朵	单果序产果量/个	坐果率/%
金沙江流域	9.2 ± 2.7 b	8.0 ± 2.5 b	85.74 ± 9.15 b	3.3 ± 1.6 a	3.0 ± 1.5 a	92.12 ± 5.33 a
红河流域	8.3 ± 2.5 a	6.1 ± 2.7 a	74.61 ± 8.20 a	3.1 ± 2.0 a	2.8 ± 1.7 a	91.83 ± 6.41 a

说明：同一比较项具有不同字母表示差异显著， $P<0.05$ (独立样本t检验)；坐果率 = (果实数/雌花数) × 100%。

3 讨论

通常，植物性系统的形成受到遗传和环境两方面的共同影响，性别分化更是在特殊信号诱导下分化程序表达的结果^[13]。植株营养状况、周围小环境包括光照、温度、湿度以及土壤特定元素的含量等因素对植物性别分化也具有较大的影响^[14~15]。攀枝花干热河谷区麻疯树性别分化特征的研究表明，同一林地不同样地以及不同个体麻疯树雌雄性比等特征均存在着极显著差异^[16]。而从本研究也可以看出，同一区域不同林地环境之间麻疯树性别分化特征和雌花数量特征存在着显著差异，由此可知，局部立地类型等对麻疯树性别分化及雌花数量的影响极大。同时，本研究表明，不同流域之间，1年生小枝上两性花序数、两性花序数/雄性花序数比值以及两性花序中雄、雌花朵比值和雌花数目等性别分化特征大多存在着较大差异，部分甚至出现了显著差异，表明麻疯树性系统的发生除受到局部立地环境的影响外，也受到了流域气候环境因素的强烈影响。

本研究选择了金沙江流域和红河流域麻疯树生长较为集中、分布较典型的地区作为研究区域, 两流域麻疯树雌花坐果率均较高。对最终产量起关键作用的是两性花序中雌花朵数量。金沙江流域(永胜县)半野生状态下麻疯树两性花序和雌花朵的产生量等均优于红河流域(双柏县), 但从近年来两流域其他地区有关麻疯树的研究可知, 同一流域内不同地区麻疯树的性系统特征也存在较大的差异, 因此, 不能以流域划分一概而论。以第 1 次开花时两性花序中雌雄花朵数比值为例, 罗长维等^[17]在红河流域元江县调查得到麻疯树两性花序雌雄性比平均为 1.0 : 24.6, 而本研究中, 同样处于红河流域的双柏县, 麻疯树两性花序雌雄性比平均为 1.0 : 18.6; 另外, 同处于金沙江流域的攀枝花市比例为 1.0 : 37.6^[16], 而本研究中, 永胜县比例为 1.0 : 15.6, 差异明显。从麻疯树在云贵高原的分布来看, 主要集中在干热(暖)河谷地区。该区域与同纬度其他地区相比, 气候均具有明显的“干”和“热”的特征, 但在“干”“热”的程度上存在着明显的差异。比较元江、双柏、永胜及攀枝花干热河谷气候环境可知^[16-17], 永胜的年均气温最低(18.7 °C), 其次是攀枝花(20.5 °C)和双柏(21.0 °C), 气温最高的是元江(23.8 °C); 降水量上, 永胜最低(544.5 mm), 其次是双柏(630.0 mm)和元江(796.0 mm), 最高的是攀枝花(762.0 ~ 950.0 mm)。各区域麻疯树性别分化及雌花数目特征上, 永胜和双柏雌雄性比及雌花数目相对较高, 而元江和攀枝花相对较低。由此可知, 区域气候的温湿度可能对麻疯树性别分化过程中雌花的产生具有较大影响, 适当“干”“热”环境可能对之更有利, 但仍需进一步实验来验证。

同时, 比较麻疯树 2 次开花可以看出, 两流域均出现第 1 次开花时两性花序所占比例、两性花序中雌花朵比例以及单个花序中雌花数目远高于第 2 次开花时的现象, 流域之间没有显著差异, 表明不同区域麻疯树这一特征受环境因子的影响较小。因此, 在生产上, 应把重点放在提高第 1 次开花时麻疯树两性花序数量及雌花朵比例等特征上。

致谢: 西南林业大学尹伍元先生鉴定了部分植物标本; 云南省楚雄彝族自治州双柏县林业局太和江林场文杰、孙启凤, 梅子箐林场柏林芝、贺泽涛, 以及丽江市永胜县片角乡林业工作站的杨俊华等同志参与部分野外调查工作。

参考文献:

- [1] MCLACHLAN S M, MURPHY S D, TOLLENAAR M, et al. Light limitation of reproduction and variation in the allometric relationship between reproductive and vegetative biomass in *Amaranthus retroflexus* (redroot pigweed) [J]. *J Ecol*, 1995, **32**: 157–165.
- [2] 钟章成. 植物种群的繁殖对策[J]. 生态学杂志, 1995, **14**(1): 37–42.
ZHONG Zhangcheng. Reproductive strategies of plant populations [J]. *Chin J Ecol*, 1995, **14**(1): 37–42.
- [3] ALLEN G A, ANLOS J A. Relative reproductive effort in males and females of the dioecious shrub *Oemleria cerasiformis* [J]. *Oecologia*, 1988, **76**: 111–118.
- [4] DOUGLAS D A. The balance between vegetative and sexual reproduction of *Mimulus primuloides* (Scrophulariaceae) at different altitude in California [J]. *J Ecol*, 1971, **69**: 295–310.
- [5] WARRINGA J W, VISSER R D, KREUZER A D H. Seed weight in *Lolium perenne* as affected by interactions among seeds within the inflorescence [J]. *Ann Bot*, 1998, **82**: 835–841.
- [6] ASHMAN T L, HITCHENS M S. Dissecting the causes of variation in intra-inflorescence allocation in a sexually polymorphic species, *Fragaria virginiana* (Rosaceae) [J]. *Amer J Bot*, 2000, **87**: 197–204.
- [7] MAKKAR H P S, BECKER K, SCHMOOK B. Edible provenances of *Jatropha curcas* from Quintana Roo state of Mexico and effect of roasting on antinutrient and toxic factors in seeds [J]. *Plant Foods Human Nutr*, 1998, **52**: 31–36.
- [8] FAGBENRO A F, OYIBO W A, ANUFORMO B C. Disinfectant/antiparasitic activities of *Jatropha curcas* L. [J]. *East Afr Med J*, 1998, **75**(9): 508–511.
- [9] 刘焕芳, 廖景平, 吴国江. 麻疯树小孢子发育的超微结构研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2007, **15**(2): 107–114.
LIU Huanfang, LIAO Jingping, WU Guojiang. Ultrastructure of microspore development in *Jatropha curcas* L. [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2007, **15**(2): 107–114
- [10] 刘焕芳, 邓云飞, 廖景平. 大戟科麻疯树属 3 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.
- [11] 罗长维, 李昆, 陈友, 等. 膜油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 – 2000.
- 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 – 2000.
- [12] GRIMM C. Evaluation of damage to physic nut (*Jatropha curcas*) by true bugs [J]. *Entomol Exp Appl*, 1999, **92**: 127 – 136.
- [13] 娄群峰, 余纪柱, 陈劲枫, 等. 植物性别分化的遗传基础与标记物研究[J]. 植物学通报, 2002, **19** (6): 684 – 691.
- LOU Qunfeng, YU Jizhu, CHEN Jinfeng, et al. Studies on genetic bases and markers of sex differentiation in plants [J]. *Chin Bull Bot*, 2002, **19** (6): 684 – 691.
- [14] 陆文樑. 太行花性器官发育的研究-两性花中雌雄性器官发育对温度的不同要求[J]. 植物学报, 1996, **38** (3): 174 – 179.
- LU Wenliang. Development of sexual organs in *Taihangia rupestris*—different temperature requirements for both sexual organ development in a bisexual flower [J]. *Acta Bot Sin*, 1996, **38** (3): 174 – 179.
- [15] 马绍宾, 杨桂英, 赵念玺. 桃儿七不同器官中营养成分分布状况及其生态学意义[J]. 生态学杂志, 2002, **21** (4): 65 – 67.
- MA Shaobin, YANG Guiying, ZHAO Nianxi. Nutrition distribution pattern in different organs of *Sinopodophyllum hexandrum* (Royle) Ying and its ecological significance [J]. *Chin J Ecol*, 2002, **21** (4): 65 – 67.
- [16] 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 characteristic 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.
- [17] 罗长维, 李昆, 陈友, 等. 元江干热河谷麻疯树开花结实生物学特性[J]. 东北林业大学学报, 2008, **36** (5): 7 – 10.
- LUO Changwei, LI Kun, CHEN You, et al. Biological characteristic of flowering and fruiting of *Jatropha curcas* in Yuanjiang Savanna Valley [J]. *J Northeast For Univ*, 2008, **36** (5): 7 – 10.