

云南小桐子资源调查与评价

王 曦, 龙春林

(中国科学院昆明植物研究所, 云南 昆明 650204)

摘要: 对云南省小桐子 (*Jatropha curcas*) 资源分布、环境因子和种子相关性状展开了调查和分析, 结果表明: 所测居群的种子平均千粒重、出仁率、种仁含油率和种子含油率分别为 567.9 克、56.67%、61.78% 和 35.13%。居群间种子千粒重、出仁率、种仁含油率、种子含油率都有极显著的差异, 丽江 A、红河 D、丽江 C、丽江 B 和玉溪 A 等 4 个居群有较高开发利用价值。温度是影响云南省小桐子地理分布的主要限制因子, 分布区的海拔高度和年均温有强负相关性。云南省最适合种植小桐子的地区是金沙江和元江流域的干热河谷地区, 其次是临沧、保山、普洱、西双版纳等地的高温低海拔地区。本研究对云南省小桐子的研究和产业发展提出了建议。

关键词: 小桐子; 千粒重; 含油率; 环境因子

中图分类号: Q 948

文献标识码: A

文章编号: 0253-2700 (2009) 05-455-06

Investigation and Evaluation of *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae) Resource in Yunnan Province

WANG Xi, LONG Chun-Lin^{**}

(Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204, China)

Abstract: The resources, distribution, relevant environmental factors and seed traits of *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae) occurring in Yunnan Province were investigated and studied in the present paper. The results showed that the average thousand-seed weight, kernel percentage, kernel oil percentage and seed oil percentage are 567.9 g, 56.671%, 61.781% and 35.133%, respectively. There are very significant differences in thousand-seed weight, kernel percentage, kernel oil percentage and seed oil percentage among populations. The populations marked as Lijiang A, Honghe D, Lijiang B, and Yuxi A are evaluated as the most potential ones for future development. Temperature is the most significant limitation factors on distribution of *J. curcas*. There is a remarkable negative correlation between altitude and mean annual temperature of the distribution areas. The dry-hot valleys in Jinshajiang River and Yuanjiang River are the most suitable areas for *J. curcas* plantation, and followed by the hot and low elevation areas in Lincang, Baoshan, Puer and Xishuangbanna prefectures. Suggestions were proposed for further studies and development in Yunnan Province.

Key words: *Jatropha curcas*; Thousand-seed weight; Seed oil percentage; Environmental factors

小桐子 (*Jatropha curcas* L.) 又名麻疯树、膏桐等, 为大戟科 (Euphorbiaceae) 麻疯树属 (*Jatropha*) 植物, 因具有种子含油率高、性能接

近柴油 (陈元雄等, 2006; Forson, 2004)、适应性强、耐旱易繁 (邓志军等, 2005; Sujatha and Mukta, 1996; 林娟等, 2002; 王兆玉等, 2007) 等

基金项目: 科技部科技基础性工作专项重点项目 (2008FY110400-2-2)、科技部自然科技资源共享平台项目 (2005DKA21006) 和中国科学院知识创新工程项目

通讯作者: Author for correspondence; E-mail: long@mail.kib.ac.cn 或 chunlinlong@hotmail.com

收稿日期: 2009-05-12, 2009-08-11 接受发表

作者简介: 王曦 (1982-) 女, 硕士研究生, 从事民族植物学和能源植物研究。

优点,被认为是一种有巨大潜力的生物柴油树种,受到越来越广泛的关注。

小桐子在云南省分布广泛,其种植和生物柴油加工也是云南省“十一五”和“十二五”规划中重点发展的产业。本文通过对云南省小桐子资源的实地调查和分析,对省内种源进行了初步评价,提出了小桐子种植的适宜及次宜地区,旨在为科学、合理地开发云南省小桐子资源提供科学依据和参考建议。

1 材料与方 法

1.1 研究材料

2006年10月~2007年9月,对云南省和邻近省份的金沙江流域、元江流域、澜沧江流域及支流流域小桐子分布区进行了调查,共考察了分布于保山市、临沧市、普洱市、西双版纳州、红河州、玉溪市、楚雄州、丽江市及四川省攀枝花市的9个市(州)、24个县(市或区)、46个乡镇)的56个小桐子居群,其海拔高度在247~1850 m之间。我们还采集了部分居群的果实和种子,供实验室研究之用。

1.2 研究方法

1.2.1 果实频度统计 对采集的成熟果实,以个体植株为单位,统计包含有一粒、二粒、三粒饱满种子的果实数,并对有足够样本量的居群数据进行频数、平均数、标准差、最大值、最小值和变异系数的分析。

1.2.2 种子千粒重(thousand-seed weight, TSW)测定

每个植株取100粒自然干燥的种子进行测量,不足100粒的取全部种子称重,换算成千粒重,居群千粒重取居群内个体千粒重的平均值。

1.2.3 种子含油量相关性状测定 每个体植株取5~8粒种子,称量种皮重和种仁重,参照GB T 5512-85《粮

食、油料检验粗脂肪测定法》国家标准,测定种子出仁率(kernel percentage, KP)和种仁含油率(kernel oil percentage, KOP),二者的乘积即为种子含油率(seed oil percentage, SOP)。

1.2.4 环境因子分析 采用偏相关分析的方法,对海拔、年均温、降水量等环境因子及其与小桐子种子性状的关系进行分析。

海拔数据通过Garmin GPSMap76实地测得,降水量数据来源于CNKI中国宏观数据挖掘分析系统(<http://number.cnki.net/cyfd/index.aspx>)或当地政府信息公开网站,年均温以CNKI或政府网站数据为基础,计算调查样点实际海拔高度与当地县城或气象站海拔高度的差值,依照海拔每升高100 m、气温下降0.6的原则折算而来。与相关种子性状结合在一起分析的12个居群信息如表1所示。

1.2.5 数据分析 相关数据的处理和分析采用EXCEL 2003、SPSS 13.0和Minitab15.0软件,不符合正态分布的数据进行Cox-Box变换后再进行方差分析,不满足方差齐性的数据用Kruskal-Wallis *H*非参数检验方法处理。

2 结果

2.1 果实频度统计

8个居群的小桐子果实内平均种子数为2.47粒,居群间具有一粒种子和二粒种子的果实出现频度有较大差异。三粒种子果实频度的变异系数较小,且都接近或超过50%。果实内平均种子数表现较为稳定,变异系数为4.67(表2)。

2.2 种子千粒重测定

所测定的12个居群的种子平均千粒重为 566.3 ± 102.81 克(表3),不同居群间千粒重差异达到极显著水平(表4)。

表1 居群信息

Table 1 Information of the populations

居群编号 No.	所在地 Location	海拔 Altitude (m)	年均温 Mean annual temperature ()	年降雨量 Annual rainfall (mm)
楚雄 A	楚雄州元谋县	1433	19.8	616.0
楚雄 B	楚雄州武定县	1500	16.9	1011.3
红河 A	红河州绿春县	428	24.5	2400.0
红河 B	红河州绿春县	1022	20.9	2400.0
红河 C	红河州元阳县	247	25.1	960.0
红河 D	红河州绿春县	580	23.5	2400.0
红河 E	红河州金平县	385	23.6	2330.0
丽江 A	丽江市永胜县	1248	18.8	929.0
丽江 B	丽江市永胜县	1433	17.6	929.0
攀枝花 A	四川省攀枝花市西区	1245	19.1	780.0
攀枝花 B	四川省攀枝花市东区	1169	19.6	780.0
玉溪 A	玉溪市易门县	1207	18.5	800.0

表 2 不同类型果实频度统计

Table 2 The frequency statistic data of different fruit types

居群编号 Population	一粒种子果实比例 One-seed fruit ratio	二粒种子果实比例 Two-seed fruit ratio	三粒种子果实比例 Three-seed fruit ratio	果实内平均种子数 Mean seed-number
楚雄 A	0.16	0.35	0.49	2.33
楚雄 B	0.08	0.36	0.56	2.47
红河 A	0.12	0.27	0.61	2.49
红河 B	0.04	0.25	0.71	2.66
红河 C	0.09	0.23	0.69	2.6
红河 D	0.04	0.28	0.68	2.64
红河 E	0.15	0.29	0.56	2.42
玉溪 A	0.04	0.43	0.54	2.5
平均值 Mean	0.09	0.31	0.60	2.47
最大值 Maximum	0.16	0.43	0.71	2.66
最小值 Minimum	0.04	0.23	0.49	2.33
标准差 SD	0.05	0.07	0.08	0.12
变异系数 CV (%)	55.26	21.46	13.20	4.67

表 3 种子千粒重的统计描述

Table 3 Statistical description of thousand-seed weight from different population

居群编号 No .	个体数 N	平均值 Mean	最小值 Minimum	最大值 Maximum	标准差 SD	变异系数 CV
楚雄 A	16	469.5	312.0	619.0	85.017	18.109
楚雄 B	22	530.7	387.5	679.3	83.534	15.740
红河 A	1	598.7	598.7	598.7		
红河 B	2	650.5	614.7	686.3	50.650	7.787
红河 C	7	627.2	501.7	760.8	89.928	14.339
红河 D	1	701.2	701.2	701.2		
红河 E	4	661.9	488.6	782.2	136.291	20.592
丽江 A	1	592.7	592.7	592.7		
丽江 B	3	689.2	651.2	726.1	37.441	5.433
攀枝花 A	3	570.1	480.4	644.0	82.966	14.552
攀枝花 B	6	552.4	512.0	611.7	34.869	6.313
玉溪 A	17	617.3	411.3	723.4	85.605	13.868
合计 Total	83	566.3	312.0	782.2	102.813	18.155

表 4 种子千粒重的方差分析

Table 4 ANOVA analysis of thousand-seed weight

	平方和 Sum of Squares	自由度 df	均方 Mean Square	F	Sig .
组间 Between Groups	365, 106.6	11	33, 191.513	4.698	0.000
组内 Within Groups	501, 668.3	71	7, 065.750		
合计 Total	866, 774.9	82			

2.3 种子含油量相关性状测定

12 个居群的平均种子出仁率为 56.67%，最高达到 63.03%。平均种仁含油率为 61.78%，最高为 74.01%。平均种子含油率为 35.13%，最高为 47.39% (表 5)。出仁率、种仁含油率和种子含油率在居群间的差异都达到了极显著水平 (表 6)。

2.4 环境因子分析

76.8% 的小桐子居群所在地年均温介于 16 ~ 20 之间，16 以下极少有小桐子分布。海拔在 1 400 m 以下的居群占居群总数的 83.9%，800 ~ 1 200 m 之间的居群占总数的 53.6% (图 1)。

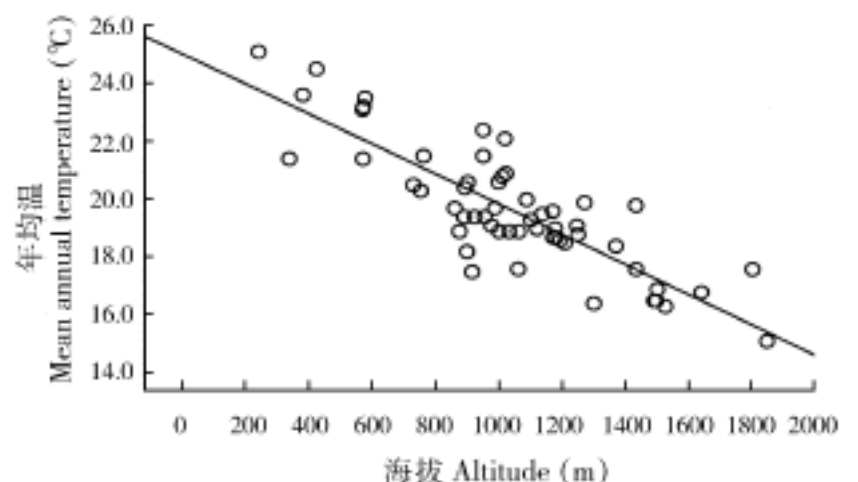


图 1 小桐子样点在年均温和海拔上的分布

Fig .1 Distribution of sample sites

表 5 种子出仁率、种仁含油率、种子含油率的平均值和标准差

Table 5 The mean value and standard deviation of kernel percentage, kernel oil percentage and seed oil percentage

居群编号 Population	个体数 N	平均值 ± 标准差 Mean ± SD		
		出仁率 KP	种仁含油率 KOP	种子含油率 SOP
楚雄 A	16	53.695 ± 8.447	61.820 ± 8.100	33.153 ± 6.846
楚雄 B	20	57.668 ± 5.768	65.294 ± 5.030	37.728 ± 5.364
红河 A	3	53.435 ± 6.222	48.097 ± 3.490	25.640 ± 2.771
红河 B	2	52.824 ± 2.731	56.207 ± 2.920	29.651 ± 0.008
红河 C	7	51.537 ± 5.455	52.451 ± 8.692	27.259 ± 6.403
红河 D	1	63.445	61.482	39.007
红河 E	3	50.343 ± 16.734	61.258 ± 6.637	31.573 ± 13.014
丽江 A	1	64.025	74.013	47.387
丽江 B	3	63.033 ± 2.000	60.800 ± 3.416	38.295 ± 1.698
攀枝花 A	3	52.783 ± 15.691	62.955 ± 6.655	32.657 ± 7.566
攀枝花 B	6	58.719 ± 5.899	62.819 ± 2.772	36.801 ± 3.119
玉溪 A	17	60.392 ± 4.832	62.631 ± 3.128	37.799 ± 3.040
Total	82	56.671 ± 7.485	61.781 ± 7.038	35.133 ± 6.667

表 6 出仁率、种仁含油率和种子含油率的 Kruskal-Wallis 检验

Table 6 Kruskal-Wallis test on kernel percentage, kernel oil percentage and seed oil percentage

	出仁率 KP	种仁含油率 KOP	种子含油率 SOP
Chi-Square	28.022	27.006	28.381
df	11	11	11
Asymp.Sig.	.003	.005	.003

温度是影响小桐子分布的决定因素，温度又和海拔、纬度有密切联系。云南小桐子分布区海拔差异远大于纬度差异，以纬度作为控制变量，对年均温和海拔进行偏相关分析，结果证实年均温和海拔有很强的负相关性， $P < 0.01$ ，相关系数 R 为 -0.821 (图 1)。据此，年均温和小桐子性状的关系在很大程度上体现海拔和后者的关联。

分析环境因子和种子相关性状的关联性，结果表明，年降雨量与种子千粒重及种子含油率之间不

具显著的相关性 (R 分别为 0.440 和 -0.377)，而年均温与种仁含油率 ($R = -0.676$)、种子含油率 ($R = -0.627$) 都呈显著的负相关。整体来看，年均温与种子千粒重之间没有紧密联系 ($R = 0.247$)；然而，在年均温为 $17 \sim 20$ 时，二者呈显著的负相关 ($R = -0.873$)。

2.5 资源评价

以千粒重、种子出仁率、种仁含油率、种子含油率以及千粒重和种子含油率的乘积为参照，对居群进行降序排列，所得结果作为资源评价的依据，以种仁含油率和千粒重 × 含油率作为综合评价的指标，丽江 A、红河 D、丽江 B 和玉溪 A 四个居群表现出较高的开发利用价值。结果如表 7 所示。

3 讨论

云南省是小桐子在中国分布 (栽培) 最广泛

表 7 针对不同性状的居群排序表

Table 7 Descending order of populations according to different traits

排序依据 trait	千粒重 TSW	出仁率 KP	种仁含油率 KOP	种子含油率 SOP	千粒重 * 含油率 TSW × SOP
居群编号 Population	红河 D	丽江 A	丽江 A	丽江 A	丽江 A
	丽江 B	红河 D	楚雄 B	红河 D	红河 D
	红河 E	丽江 B	攀枝花 A	丽江 B	丽江 B
	红河 B	玉溪 A	攀枝花 B	玉溪 A	玉溪 A
	红河 C	攀枝花 B	玉溪 A	楚雄 B	红河 E
	玉溪 A	楚雄 B	楚雄 A	攀枝花 B	攀枝花 B
	红河 A	楚雄 A	红河 D	楚雄 A	楚雄 B
	丽江 A	红河 A	红河 E	攀枝花 A	红河 B
	攀枝花 A	红河 B	丽江 B	红河 E	攀枝花 A
	攀枝花 B	攀枝花 A	红河 B	红河 B	红河 C
	楚雄 B	红河 C	红河 C	红河 C	楚雄 A
	楚雄 A	红河 E	红河 A	红河 A	红河 A

的地区，南起勐腊磨憨，北至鲁甸大水井；西起腾冲县荷花，东至富宁县剥隘都有或者历史上出现过小桐子分布（袁理春等，2007），这种分布体现了小桐子对环境良好的适应性，也有一定的规律性，即：温度是决定小桐子分布的主要因素。实地调查的56个样点分散于元江、金沙江流域的干热河谷地区，澜沧江、怒江流域的河谷地区以及西双版纳等地的热带非河谷地区，年降水量最大差异接近1800 mm，并且年均降水量在1000 mm以下和2400 mm以上的地区，都出现了较多的小桐子居群，说明水分对小桐子生长的限制作用不强。样点的土壤有石灰质土、沙砾质土、砂壤土、红壤等多种类型，表明土壤也不是影响小桐子生长的主要限制因子。云南省小桐子分布区的年均温和海拔高度呈很强的负相关性，主要位于海拔1600 m以下，年均温16℃以上的地区（图1），尤其集中分布于海拔800~1200 m，年均温18~20℃的地区。分布形式上以零星分布和线状分布为主，原因可能是小桐子种子较大，传播困难（Luo等，2007）。

在普洱、红河、文山的南部以及西双版纳等地，由于小桐子种子含油率高，在湿热的环境中容易腐烂酸败，对后代成活率有一定影响。另外，在水热条件好的热区，土地开发利用率高，基本上没有未经开垦的荒地（刘泽铭等，2008），发展小桐子种植的空间很有限。

综合考虑可行性和经济价值，云南省最适合发展小桐子种植的地区为楚雄、玉溪、红河、大理、丽江等地的干热河谷，其次是临沧、普洱、西双版纳、保山、怒江等地的高温低海拔地区。

小桐子种子含油率一般为30%~50%（Ferrao and Ferrao, 1984; Heller, 1992; Akintayo, 2004; 李化等，2006; 陈波涛等，2006），本研究结果与之相符，并且云南若干居群种子含油率在现有记载中名列前茅。

对西南地区小桐子种子理化性质的研究表明：随着海拔升高，种子含油率和脂肪酸饱和度也随之升高，并可能借此提高种子的抗冻性以应对气温降低（李化等，2006）。Li等（2007）在对云南省小桐子资源进行调查后认为，由于生长期短，生长于干热河谷底部低海拔地区的小桐子比起海拔较高地区的，其种子千粒重、出仁率

和含油率都偏低。在本研究中，年均温与种仁含油率、种子含油率呈负相关，并在一定范围内（17~20℃）与种子千粒重呈负相关，即气温越低，千粒重和含油率越高，与前人结论相符，但似与Li等（2007）“年均温低于21℃时，种仁含油率随温度上升而增高”的观点相悖。在年均温高于20℃的湿热低海拔地区，居群的种子千粒重也较高，原因可能是充沛的水分保证了小桐子的生长速率，但对种子含油率有一定影响。若剔除个别“异常”数据的影响，如不考虑含油率最高的丽江A居群，则年均温与种子含油率之间的相关性进一步加强，呈极显著负相关（ $R = -0.894$ ）。类似地，去除丽江A的影响后，种子千粒重在大于600克时与种子含油率呈极显著的正相关（ $R = 0.966$ ）。Ferrao（1984）在非洲的研究也证实小桐子种子千粒重与含油率之间呈高度的正相关性。我们认为，在满足其正常生长的条件下，适度的低温可延长生长期，增加脂肪酸等种子内物质积累，提高千粒重和含油率。并且，当千粒重较大时，种子倾向于个大、饱满，种皮重等因素的影响相对较小，种子重量可作为判断含油率的一个指标。我们的研究对象仅限于云南及邻近地区的小桐子，上述规律仍然只在一定范围内成立，且有偏离规律的特殊居群存在。云南地形、气候等复杂多变，省内小桐子来源也可能不同（向振勇等，2007），居群间种子性状存在较大差异。本研究结果与前人结论不尽相同处，还需要进一步的研究。

云南省大部分小桐子分布区的年均温在17~20℃之间，因此上述规律可在种源选育时作为参考。同时，丽江A、红河D等特殊居群的存在揭示了挑选优良种源和单株的可行性。

结合前人资料和实地调查分析，对于云南省小桐子的研究和产业发展提出以下建议：

（1）云南省小桐子种子相关性状在不同居群间都达到了极显著的差异，说明目前云南省小桐子种源在主要经济性状上表现差别迥异，为获得更大的经济效益，避免盲目开发和资源浪费，应尽快选育优良种源，同时注重对优良单株的筛选。

（2）小桐子单个果实内平均有 2.47 ± 0.12 粒种子，相对于发育完全的果实，样本中单个果实的种子损失率达到17.67%，产量上还有较大的提升空

间,可作为今后进行科学研究的一个方向。

(3) 结合分子生物学和生理生化的研究,分析不同地区小桐子的营养状况、生长干扰因素以及遗传多样性,将有助于阐明造成小桐子性状差异的原因和确定最适生长条件,以制定合理高效的丰产栽培技术。

(4) 为保持和提高小桐子的遗传多样性水平,提高种源质量和环境适应性,在对省内种源进行选育的同时,有必要进一步收集国内外的优良种源。

(5) 虽然小桐子被认为是外来植物 (Burkill, 1966),但是自身竞争力不强,不具扩张性,对乡土物种和当地生物多样性威胁性小,是一种比较安全的能源植物,适宜产业化推广种植。

(6) 除用作生物柴油原料外,小桐子还有医药 (Matsuse 等, 1999; Lin 等, 2003)、农药 (Sukumaran 等, 1995) 等及荒山、荒坡绿化等开发价值,利用现代科学的研究成果,结合民间传统知识,充分挖掘小桐子的利用价值,提升产品的综合效益,将是推动小桐子产业发展的有效手段。

致谢 本研究中种子出仁率、种仁含油率和种子含油率测定由中国科学院昆明植物研究所邱明华研究员的研究组协助完成;刘怡涛先生参加了野外考察。

〔参 考 文 献〕

- Akintayo ET, 2004 . Characteristics and composition of *Parkia biglobosa* and *Jatropha curcas* oils and cakes [J] . *Bioresource Technology*, 92 (3): 307—310
- Burkill IH, 1996 . A Dictionary of the Economic Products of the Malay Peninsula, vol II [M] . Kuala Lumpur: Ministry of Agriculture Malaysia
- Chen BT (陈波涛), Deng BL (邓伯龙), Yu JP (郁建平) *et al.*, 2006 . The survey study of *Jatropha curcas* L . in Guizhou Province [J] . *Forest By-Product and Speciality in China* (中国林副特产), 6: 55—57
- Chen YX (陈元雄), Mao ZQ (毛宗强), Wu ZB (吴宗斌) *et al.*, 2006 . Comprehensive exploitation and utilization of *Jatropha* oil plants [J] . *China Oils and Fats* (中国油脂), 31 (3): 63—65
- Deng ZJ (邓志军), Cheng HY (程红焱), Song SQ (宋松泉), 2005 . Studies on *Jatropha curcas* seed [J] . *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), 27 (6): 605—612
- Ferrao JEM, Ferrao AMBC, 1984 . Contribui ao para o estudo da semente dePurgueira (*Jatropha curcas* L .) de S . Tomé e Príncipe . IAS . Jornadas de Engenharia dosPaíses de Língua Oficial Portuguesa (Lisboa), Tema 1, Comunica ao 36
- Forson FK, 2004 . Performance of *Jatropha* oil blends in a diesel engine [J] . *Renewable Energy*, 29 (7): 1135—1145
- Heller J, 1992 . Untersuchungen über genotypische Eigenschaften und Vermehrungsund Anbauverfahren bei der Purgiernu (*Jatropha curcas* L .) [Studies on genotypic characteristics and propagation and cultivation methods for physic nuts (*Jatropha curcas* L .)] . Dr . Kovac, Hamburg
- Li H (李化), Chen L (陈丽), Tang L (唐琳) *et al.*, 2006 . Physico-chemical characteristics and fatty-acid composition of seed oil of *Jatropha curcas* from southwest China [J] . *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 12 (5): 643—646
- Li K, Yang WY, Li L *et al.*, 2007 . Distribution and development strategy for *Jatropha curcas* L . in Yunnan Province, Southwest China [J] . *For Stud China*, 92 (2): 120—126
- Lin J (林娟), Tang L (唐琳), Chen F (陈放), 2002 . Tissue culture and plantlet regeneration of *Jatropha curcas* [J] . *Plant Physiology Communications* (植物生理学通讯), 38 (3): 525—525
- Lin J (林娟), Yan F (颜钊), Tang L (唐琳) *et al.*, 2003 . Anti-tumor effects of curcin from seeds of *Jatropha curcas* [J] . *Acta Pharmacol Sin* (中国药理学报), 24 (3): 241—246
- Liu ZM (刘泽铭), Su GR (苏光荣), Yang Q (杨清), 2008 . Investigation and analysis on resources and development strategies of *Jatropha curcas* L . in Yunnan Province [J] . *China Forestry Science and Technology* (林业科技开发), 22 (1): 37—40
- Luo CW, Li K, Chen Y *et al.*, 2007 . Floral display and breeding system of *Jatropha curcas* L . [J] . *For Stud China*, 9 (2): 114—119
- Matsuse IT, Lim YA, Hattori M *et al.*, 1999 . A search for anti-viral properties in Panamanian medicinal plants: The effects on HIV and its essential enzymes [J] . *Journal of Ethnopharmacol*, 64 (1): 15—22
- Sujatha M, Mukta N, 1996 . Morphogenesis and plant regeneration from tissue culturcs of *Jatropha curcas* [J] . *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 44 (2): 135—135
- Sukumaran K, Parashar BD, Rao KM, 1995 . Toxicity of *Jatropha gossypifolia* and *Vaccaria pyramidata* against freshwater snails vectors of animal schistosomiasis [J] . *Fitoterapia*, 66: 393—398
- Wang ZY (王兆玉), Lin JM (林敬明), Xu ZF (徐增富), 2007 . Efficient and rapid non-test tube cloning of *Jatropha curcas* [J] . *J South Med Univ* (南方医科大学学报), 27 (8): 1285—1286
- Xiang ZY (向振勇), Song SQ (宋松泉), Wang GJ (王桂娟) *et al.*, 2007 . Genetic diversity of *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae) collected from southern Yunnan, detected by inter-simple sequence repeat (ISSR) [J] . *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), 29 (6): 619—624
- YuanLC (袁理春), Zhao Q (赵琪), Kang PD (康平德) *et al.*, 2007 . Investigation of geographical distribution and evaluation of *Jatropha curcas* in Yunnan Province [J] . *Southwest China Journal of Agricultural Sciences* (西南农业学报), 20 (6): 1283—1286