

坡向和坡位对酸角生殖枝特征的影响

何光熊^{1,2}, 王艳丹^{1,2}, 宋子波³, 樊博⁴, 张梦寅^{1,2}, 史亮涛^{1,2*}

(1. 云南省农业科学院 热区生态农业研究所, 云南 元谋 651399; 2. 元谋干热河谷植物园, 云南 元谋 651399;
3. 云南猫哆哩集团食品有限责任公司, 云南 玉溪 659288; 4. 中国科学院 西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001)

摘要:为明晰环境因子对酸角生殖枝生长发育的影响,提高干热河谷乡土乔木酸角林恢复成效及酸角生产管理质量。以元江干热河谷猫哆哩庄园酸角树新生殖枝为研究对象,通过调查比较分析了不同坡向及坡位酸角生殖枝与营养枝、生殖枝的营养及生殖构件特征的差异。研究表明:酸角生殖枝和营养枝在枝条干物质积累策略(枝条干鲜比)上有显著差异;不同坡向、坡位,以及坡向×坡位交互因素均会对营养枝和生殖枝茎叶等营养性状特征产生影响,仅坡向因子对生殖枝花的性状影响显著,提示酸角开花特性主要受到光热及水环境的调控;北坡较好的水环境或相对少或弱的光照有利于酸角生殖枝花水分的保持(花鲜重)以及花的资源配置(花干重),但南坡相对多或较强的光照有利于酸角生殖枝的整体生长,并具有显著高于北坡的酸角果荚产量。研究结果提示酸角更适应干热的环境,在干热河谷酸角的生产中,适宜在阳坡(南坡)种植,保证盛花期具有相对较干的环境可能是促进酸角开花质量、提高坐果率的重要方法。

关键词: 罗望子; 生殖枝; 乡土树种; 坐果率

中图分类号: S153.6; S714.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8581(2019)05-0028-05

Effects of Slope Direction and Slope Position on Reproductive Branch Traits of *Tamarindus indica*

HE Guang-xiong^{1,2}, WANG Yan-dan^{1,2}, SONG Zi-bo³,
FAN Bo⁴, ZHANG Meng-yin^{1,2}, SHI Liang-tao^{1,2*}

(1. Institute of Tropical Eco-agricultural Sciences, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Yuanmou 651399, China;
2. Yuanmou Dry and Hot Valley Botanical Garden in Yunnan Province, Yuanmou 651399, China;
3. Maoduoli Group Food Limited Company in Yunnan, Yuxi 659288, China;
4. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Science, Xi'ning 810001, China)

Abstract: In order to clarify the effects of environmental factors on the growth and development of reproductive branches in *Tamarindus indica*, and to enhance the recovery efficiency and production management quality of *T. indica* forest in dry and hot valley of Yuanjiang, the author compared and analyzed the differences in nutrient and reproductive traits between newly-born reproductive branches and vegetative branches of *T. indica* in different slope directions and slope positions through field investigation. The results showed that: there was a significant difference in branch dry matter accumulation strategy (dry-fresh ratio of branch) between the vegetative branches and the reproductive branches; slope direction, slope position, and their interaction all had an impact on the nutrient traits of shoots and leaves in reproductive branches and vegetative branches, but only slope direction had a significant impact on the flower traits of reproductive branches, suggesting that the flowering characteristics of *T. indica* are mainly regulated by light, heat and water conditions; the better water environment or weak illumination in northern slope were favorable to the water conservation (fresh weight) and resource allocation (dry weight) of flowers on reproductive branches; while the more or stronger illumination in southern slope was advantageous to the overall growth of reproductive branches, and the pod yield of *T. indica* in southern slope was significantly higher than that in northern slope. So, *T. indica* is more suitable for dry and hot environment. In the production of *T. indica* in the dry and hot valley, this plant shall be planted in the sunny slope (southern slope).

Key words: *Tamarindus indica*; Reproductive branch; Native tree species; Fruit-setting rate

收稿日期: 2019-02-25

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0505102)资助。

作者简介: 何光熊(1987—),男,助理研究员,硕士,主要从事干热河谷恢复生态学及功能生态学研究。* 通讯作者: 史亮涛。

花、花序、果实和种子以及着生这些器官的生殖枝可称之为生殖构件,在种群、个体、生殖枝等水平开展生殖特征研究,是生殖生态学^[1-2]或作物生产管理等应用学科的重要研究内容^[3-4],也是深入理解植物环境适应及进化的主要手段之一^[5]。在自然环境中,特别是易受生态因子干扰的区域,植物在长期的进化过程中形成适应生物(如传粉者)或非生物(如温度、光照、水分等)因子的“集中开花模式(Mass-flowering pattern)”策略^[6],导致较多胁迫区域植物呈现“千花一果”或“花多果少”的果实和种子产量格局。除遗传因素外,植物开花物候及生长发育与环境条件有密切联系^[7],而这种差异也造成坐果率和种子产量的变化。如准噶尔无叶豆个体开花物候在很大程度上是由其遗传因子决定的,推测可能是由于荒漠气候的差异(主要是水分和温度的差异)所引起的开花物候在年度间的变异,进而联系了开花数、开花类型等与坐果数间的关系^[8]。因此,明晰主要环境因素对生殖枝条特征的影响,对促进生殖枝保护及提高坐果率具有重要意义。坡向及坡位是立地地形因子的重要组成部分,一般认为同一山体的坡向及坡位具有水热等条件差异,进而造成不同坡向及坡位植被的差异。因而在山地植被恢复或农业生产中是需要给予考虑的重要因素。干热河谷气候区主要位于金沙江、元江等河流岸带或盆坝区,沟谷林立,地形复杂多变,因而对不同坡向及坡位植被的生长繁殖情况进行监测分析亦是对区域植被恢复物种筛选及造林成效评价的重要内容。

酸角(*Tamarinaus indica* L.) 又称罗望子、酸豆,为豆科酸豆属高大乔木,原产于非洲,全世界热带、亚热带地区都有引种栽培^[9]。酸角在云南的大规模人工栽培主要集中在元江和金沙江干热河谷区,是该区域重要的生态恢复及经济树种^[10]。

酸角植株花量较大,但坐果率仅1%~5%，“千花一果”现象明显^[3]。目前,已有相关学者从传粉机制、生理调控及栽培管理等角度研究了酸角增加坐果率的方法。Sasidharan等^[11]认为酸角是以虫媒为主要传粉机制的,并在种植园培养了蜜蜂,相比于自然授粉,酸角坐果率增加到70%~80%。李建增等^[12]认为可以通过花期喷洒硼砂液和赤霉素,在盛花期喷水,幼果期喷萘乙酸,秋稍期喷施植物生长调节剂,开花前环割等栽培措施提高酸角坐果率。这些措施为促进花的生长发育提供了

可行的技术解决方案,但生态因素对酸角生殖枝条影响的研究依然较为缺乏。通过关注生殖枝特征,开展酸角生殖生态学研究,研究光照、温度、水分、土壤等生态因子对酸角传粉、授精和果实发育的影响,弄清楚开花、花粉传播、受精、结实的生物学规律和主要环境生态因子的关系是增加坐果率,提高酸角产量^[4],实现酸角产业的基本环节。本研究以元江干热河谷猫哆哩庄园酸角人工林为研究对象,比较分析不同坡向及坡位种植的酸角树新生殖枝的营养及生殖特征,为干热河谷乡土乔木林恢复及酸角生产管理提供指导。

1 试验材料与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于玉溪市新平县漠沙镇曼线村猫哆哩庄园(23°45' N, 101°47' E),始建于2012年,地处哀牢山东麓干热河谷地区,红河上游,拥有全国最大的人工酸角连片林区。该区属于亚热带季风气候,年平均气温24.9℃,最冷月1月平均气温为16.5℃,最热月5月平均气温为29.9℃,年35℃以上高温天气超过100d;年均降水量711.8mm,全年雨量分布不均,干湿季分明,每年11月到次年4月降水小于年降雨5%,降雨集中在5~10月;年蒸发量高达2408mm,太阳辐射强度高,是元江干热河谷代表性区域。该区土壤类型为变性土或砂质粘壤土,pH值7.53±0.42,有机质23.333±8.967g/kg,总氮1.205±0.406g/kg,碱解氮97.565±31.973mg/kg,总磷0.481±0.133g/kg,速效磷134.396±108.657mg/kg,全钾27.152±1.270g/kg,速效钾267.891±114.675mg/kg,土层浅薄,极易发生土壤侵蚀。

1.2 样品采集与方法

于2017年酸角盛花期的6~8月,选择猫哆哩庄园海拔高程120m山体3个,每个山体按西南向及东北向,分别在坡顶、坡中和坡脚随机选取3个样地,每个样地随机选择3株酸角植株,在冠层中部按东南西北4个方向各采集当年生殖枝及营养枝各1枝。由于干热条件导致枝条迅速失水,影响枝条鲜质量的测定,采样过程中只将每个样地采集的24个枝条按生殖枝及营养枝分成2组,并迅速带回实验室对茎秆等不同部位进行分离,并测定鲜质量。65℃烘干至恒重后测定干质量。

于2018年2~3月酸角成熟期进行采收,选择

生殖枝调查的 3 个山体,按山体不同坡向及坡位各设置 3 个样点,每样点采收成熟 10 木酸角的果荚,计算木酸角的平均产量。

1.3 数据处理

生殖枝及营养枝间茎、叶等性状差异比较采用单因方差分析,坡向、坡位以及坡向×坡位交互作用对生殖枝性状的影响采用双因素方差分析,酸角果荚产量差异采用单因素方差分析。单因素、双因素方差分析均采用 SPSS 19.0 软件进行,多重比较采用 LSD 法,数据汇总及整理采用 Excel 2003 进行。

2 结果与分析

2.1 坡位对酸角树枝条开花率的影响

南坡向较北坡向枝条开花率高,分别为 31.2% 和 26.7%。由于南坡面较北坡面有利于接受更多光照,这一结果表明相对多的光照有利于酸角枝条的花芽的分化。坡顶的枝条开花率为 35.3%,坡中酸角树的枝条开花率为 25.0%,坡脚酸角树的枝条开花率为 21.4%。表明当年新生枝条的枝条开花枝主要集中在坡面顶部,从坡顶到坡角,酸角树枝条开花率逐步降低。由于坡向和坡位主要为光热资源及水分条件的变化,这一结果表明伴随光热的减少及环境水分的升高,酸角树当年有效生殖枝数逐步较少,提示位于光热资源较少的南坡及水环境相对较好的坡脚种植的酸角树可能具有较低的产量。

2.2 不同坡向和坡位生殖枝与营养枝特征

统计结果表明,除开花与不开花的明显差异外,生殖枝与营养枝间的差异主要表现在叶鲜重、叶干重、叶干鲜比 3 个叶性状($P<0.01$),以及枝条干鲜比($P<0.05$) 4 个方面,而在距离主干距离、枝条长度、茎密度、茎秆鲜重、茎秆干重、茎秆干鲜比、枝条总鲜重、枝条总干重几个指标间差异均不显著($P>0.05$)。表明生殖枝与营养枝具有开花-不开花、叶重量多-少,以及枝条干鲜比大-小间的差异,提示生殖枝与营养枝具有不同的分化及资源配置特征(表 1)。

整体来看,坡向、坡位以及坡向×坡位交互作用均会对生殖枝的茎秆、叶片等营养生长特征产生不同程度的影响。其中,坡向、坡位以及坡向×坡位交互作用对生殖枝枝条长度、茎秆鲜重、茎秆干重均产生极显著影响($P<0.01$)。除此之外,坡

向还对生殖枝叶鲜重、叶干重、叶干鲜比、枝条鲜重、枝条干重均产生极显著影响($P<0.01$),对枝条干鲜比有显著影响($P<0.05$);坡位还对生殖枝叶鲜重、叶干重、枝条鲜重及枝条干重有极显著影响($P<0.01$),对开花枝距主干距离有显著影响($P<0.05$);坡向×坡位交互作用还对生殖枝茎秆密度及叶片鲜重有显著影响($P<0.05$)。在 3 个因素中,仅坡向对生殖枝的花总鲜重、花总干重产生极显著影响($P<0.01$)。该结果表明坡向、坡位以及坡向×坡位交互作用均会对生殖枝营养性状产生影响,而坡向主要影响生殖枝的繁殖性状(花总鲜重、花总干重)(表 2)。

表 1 生殖枝与营养枝的差异

性状	项目	生殖枝	营养枝
	距主干距离/m	2.70±0.75	2.77±0.64
	枝条长度/cm	20.33±9.70	22.19±8.81
	茎密度/(g/m ²)	0.02±0.01	0.02±0.01
茎	鲜重/g	0.93±0.76	1.30±0.74
	干重/g	0.35±0.26	0.50±0.34
	干鲜比	0.27±0.42	0.37±0.11
叶	鲜重/g	2.15±0.85	3.34±1.49**
	干重/g	0.61±0.24	1.08±0.56**
	干鲜比	0.16±0.13	0.34±0.15**
枝条	鲜重/g	4.00±0.98	4.64±2.14
	干重/g	1.16±0.34	1.58±0.88
	干鲜比	0.29±0.03	0.35±0.11*

注: * 表示显著($P<0.05$), ** 表示极显著($P<0.01$),下同。

表 2 坡向×坡位二因素对生殖枝性状影响的显著性检验(F 值)

性状	项目	因变量		
		坡向	坡位	坡向×位置
	距主干距离/m	0.464	5.019*	0.697
	枝条长度/cm	10.361**	598.898**	10.361**
	茎密度/(g/m ²)	0.842	0.183	0.898*
茎	鲜重/g	22.132**	19.882**	9.143**
	干重/g	18.068**	36.136**	14.842**
	干鲜比	6.438	0.739	0.714
叶	鲜重	73.160**	9.777**	4.277*
	干重	41.491**	8.094**	1.631
	干鲜比	285.309**	1.602	1.259
枝条	鲜重/g	12.830**	12.369**	2.342
	干重/g	15.233**	22.873**	1.097
	干鲜比	0.556	0.115	1.118
花	鲜重/g	91.829**	1.326	2.349
	干重/g	81.844**	0.712	2.967
	干鲜比	4.06	1.123	1.169
	花干比	0.564	0.862	0.9
	花干鲜比	0.138	0.382	0.076

2.3 坡向对生殖枝特征的影响

坡向对酸角生殖枝营养生长及繁殖生长均产生了影响。方差分析结果表明,不同坡向枝条鲜重具有显著差异($P<0.05$),而枝条干重以及枝条干鲜比间差异不显著($P>0.05$),表明坡向主要对生殖枝的含水条件产生影响。同时,相对于北坡,南坡生殖枝具有显著更高的茎秆鲜重、茎秆干鲜比($P<0.05$)和极显著更高的叶鲜重、叶干重及叶干鲜比;而北坡生殖枝具有极显著更高的花鲜重及花干重。表明南坡生殖枝营养生长较北坡好,而北坡生殖枝对繁殖性状具有更高的资源配置(表3)。

表3 不同坡向生殖枝性状差异比较

性状	项目	南坡	北坡
	距主干距离/m	2.80±0.99	2.60±0.42
	枝条长度/cm	21.19±11.18	19.47±8.56
	密度/(g/m ²)	0.08±0.04	0.04±0.03
茎	鲜重/g	1.29±0.93*	0.57±0.22
	干重/g	0.45±0.34	0.26±0.11
	干鲜比	0.49±0.51*	0.05±0.01
叶片	鲜重/g	2.81±0.62**	1.48±0.40
	干重/g	0.78±0.18**	0.44±0.14
	干鲜比	0.28±0.05**	0.03±0.00
花	鲜重/g	0.36±0.22	1.48±0.32**
	干重/g	0.08±0.07	0.32±0.05**
	干鲜比	0.32±0.45	0.02±0.00
枝条	鲜重/g	4.47±1.09*	3.54±0.60
	干重/g	1.31±0.37	1.01±0.24
	干鲜比	0.29±0.04	0.28±0.03
	鲜花枝比	0.09±0.06	0.04±0.01
	干花枝比	0.07±0.07	0.03±0.01

2.4 不同坡向酸角产量间的差异

对南坡及北坡向6年生酸角林酸角荚产量的差异分析结果显示:北坡向酸角产量为 0.587 ± 0.27 kg/木,显著低于南坡向 0.899 ± 0.36 kg/木。表明相对多或较强的光照有利于促进酸角果荚的生长(表4)。

表4 不同坡向酸角产量差异

坡向	产量/(kg/木)	F值	Sig.
南坡	0.899±0.36*	7.436	0.015
北坡	0.587±0.27		

3 讨论

生殖枝与营养枝主要的性状差异是由植物生殖生长与营养生长权衡资源配置策略的结果^[13-14]。本研究表明,酸角生殖枝与营养枝除在具花-不具花的本质区别外,在叶性状(叶鲜重、叶干重、叶干鲜比)及枝条性状(枝条干鲜比)间也具

有显著差异,且二者间在茎特征上没有显著差异($P<0.05$)。一般认为花是枝条的变态类型,花的各部分看作为叶的变态。因此,可以推测酸角生殖枝花的构建过程受到了枝条叶性状变化的影响,同时由于生殖性状一般不具有光合作用等物质积累能力,其构建是倾向于耗散物质及能量的过程^[15],这就造成了酸角生殖枝和营养枝在枝条干物质积累策略(枝条干鲜比)上的显著差异($P<0.05$)。

研究表明,植物的开花时间等物候特征易受到环境因子(水份、光照、温度等)的影响^[16-17]。坡向和坡位的生态因子变量为光热资源及水分条件的变化,一般认为南坡向有利于接受更多光照,而北坡向拥有相对较好的土壤水环境。而在同一坡面,土壤水含量呈现从坡顶至坡脚的递增^[18]。本研究发现当年生酸角枝条开花率南坡向较北坡向高,从坡顶到坡角,酸角树枝条开花率逐步降低,这一结果提示酸角开花特性主要受到光热及水环境的调控。同时,由于从南坡到北坡,从坡顶到坡脚的环境变化均包含了水分由少到多的梯度变化,这一结果表明相对较多的水可能导致酸角当年生枝条中生殖枝的较少。坡向、坡位及坡向×坡位交互作用因素方差分析结果表明,坡向因子极显著影响了生殖枝的花鲜重及花干重,且南坡向花鲜重及花干重极显著低于北坡向($P<0.01$)。这一结果表明相对较好的水环境(北坡)或相对少或弱的光照有利于酸角生殖枝花水分的保持(花鲜重)以及花的资源配置(花干重)。

本研究发现,南坡相对多或较强的光照有利于提高酸角果荚的产量。枝条中营养生长和生殖生长是对立统一的关系^[19]。一方面,营养生长为繁殖生长提高物质基础,因此整体的营养生长状况奠定了生殖生长的物质基础,而另一方面,营养生长过旺,枝条郁闭,会影响花芽分化^[12]。整体来看,本研究中南坡整个枝条的茎、叶生长状况都较北坡好,而北坡植株对花的投入较南坡高(表3),也提示酸角更适应干热的环境。另外,具有较高花鲜重及花干重的北坡面酸角豆荚产量反而较低,这一结果与花的生长状况良好有利于增加果树坐果率的普遍认识不一致。由于花的鲜重及干重主要反映植物对花的资源分配总量以及花的水分代谢特征。因此,酸角是通过增加枝叶等营养结构适应干热的气候环境。研究表明,酸角为喜阳性树种,耐高温、喜光照,根系发达,生长较快,

对土壤要求不严,能适应酸、碱性土壤,沙质或粘性土壤,能在瘠薄的荒坡上生长^[20],但光照充足时酸角结果多、品质好,相反,过荫则结果少、品质差^[21]。另外,酸角能适应季风气候类型,在热带、亚热带地区生长良好,尤其适应干热气候类型^[22],多雨的气候特点会导致马来西亚酸角树出现生长发育不良的情况^[23-24],在雨量超过4000 m的湿热区,酸角开花不正常,坐果率低,果实后阶段发育受影响^[25]。因此推测酸角花较高的含水率可能是造成北坡酸角产量低的主要原因。而这一推测与猫哆哩庄园当年酸角商品豆荚采收的主要生产区统计数据基本吻合,提示在干热河谷酸角的生产中,保证盛花期具有相对较干的环境可能是促进酸角提高坐果率的重要方法。

由于本研究主要关注酸角枝条整体上的差异及变化,而生殖过程中授精、坐果和果荚的生长发育还受到单花水平上各种生态关系(如授粉昆虫、激素调节等)的影响,可能导致本研究关于光照及花的水代谢是影响酸角生殖枝坐果率的主要因素结论的过高估计。因此,酸角花朵的分化生长、授粉机制、胚胎发育以及这些过程与光照、水代谢、授粉昆虫等生态因子间关系的研究还有待深化。同时,酸角作为干热河谷典型的乡土物种,原生的种群或个体主要分布在“村间地头”等人类活动频繁的地区,其正常年份具有相当产量的种子,除大部分由人工收获酸角果荚带走之外尚有大量残余,可供种群更新。但目前无论是人工林还是原生地,均较少发现酸角种群更新的现象。因此,酸角种群的生殖扩散策略也应当成为进一步深入研究的重点。

参考文献:

- [1] 陈远征,马祥庆.濒危植物生殖生态学研究进展[J].中国生态农业学报,2007(1):186-189.
- [2] 方炎明.植物生殖生态学[M].济南:山东大学出版社,1996.
- [3] 赵琼玲,沙毓沧,段曰汤,等.罗望子的研究进展[J].热带农业科学,2011,31(10):109-113.
- [4] 赵一鹤,杨时宇,李昆.世界酸角研究现状及进展[J].云南农业大学学报,2005(1):65-72.
- [5] Ollerton J, Lack A J. Flowering phenology: An example of relaxation of natural selection[J]. Trends in Ecology & Evolution, 1992, 7(8): 274-276.
- [6] Herrera J. Flowering and fruiting phenology in the coastal shrublands of Doñana South Spain[J]. Vegetatio, 1986, 68: 91-98.
- [7] Rathcke B, Lacey E P. Phenological patterns of terrestrial plants[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1985, 16: 179-214.
- [8] 马文宝,施翔,张道远,等.准噶尔无叶豆的开花物候与生殖特征[J].植物生态学报,2008,32(4):760-767.
- [9] 吉宏武,丁霄霖.罗望子研究进展[J].中国野生植物资源,2000(6):10-14.
- [10] 罗会英,赵琼玲,代建菊,等.云南罗望子种质资源植物学性状比较研究[J].热带作物学报,2015,36(6):1067-107.
- [11] Sasidharan K R, Nagaraiyan B, Varghese M. Insect pollination versus enhanced fruit production in *Tamarindus indica* and *Tectona grandis* [J]. Journal of Palynology, 2003: 35-36, 93-97.
- [12] 李建增,纪中华,沙毓沧,等.提高雨养型酸角坐果率的措施[J].云南农业科技,2002(2):28-29.
- [13] 王丽云,刘小金,崔之益,等.施肥对降香黄檀营养生长和生殖生长的影响[J].植物研究,2018,38(2):225-231.
- [14] 杜文华,曹致中.紫花苜蓿营养生长与生殖生长调控[J].草地学报,2005(4):354-355.
- [15] 王仁忠.羊草种群能量生殖分配的研究[J].应用生态学报,2000(4):591-594.
- [16] Rathcke B, Lacey E P. Phenological patterns of terrestrial plants[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1985, 16: 179-214.
- [17] 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.
- [18] 潘占兵,余峰,王占军,等.宁南黄土丘陵区坡向、坡位对苜蓿地土壤含水量时空变异的影响[J].水土保持研究,2010,17(2):141-144.
- [19] 钟筱波.植物营养生长与生殖生长的对立统一关系[J].生物学通报,1984(6):1-2.
- [20] 纪中华,李建增,沙毓沧,等.元谋干热河谷退化坡地罗望子人工林水土保持效益[J].水土保持学报,2001,15(4):63-66.
- [21] 唐宇,刘建林,吉牛拉惹.罗望子及其栽培技术[J].林业实用技术,2003(1):39.
- [22] 马天晓,姚顺阳,刘震,等.酸角研究进展[J].中国野生植物资源,2012,31(6):6-11.
- [23] Lee P L, Swords G, Hunter G L K. Volatile constituents of tamarind [J]. Journal of Agricultural Food Chemistry, 1975(23): 1195-1199.
- [24] Chapman K P. Tamarind (*Tamarindus indica* L.): Tropical tree fruits for Australia [M]. Brisbane: Queensland Departments of Primary Industries, Brisbane, Australia, 1984: 83-86.
- [25] 朱红业,张应翠.云南酸角资源及其水保经济林开发[J].热带农业科技,1996,19(1):37-39.

(责任编辑:曾小军)