

小桐子果壳提取物杀虫活性的生物测定

李育川^{1,2}, 郭巧生^{2*}, 王定康¹, 张学海², 郭菲²

(1. 昆明学院, 昆明 650214; 2. 南京农业大学 中药材研究所, 南京 210095)

摘要: 以水、乙醇、正丁醇、乙酸乙酯、氯仿和石油醚为溶剂, 采用冷浸法对小桐子果壳进行粗提, 并分别测定各粗提物对豌豆长管蚜和菜青虫的毒力, 从中筛选出毒力最强的粗提物进一步对菜青虫进行作用方式的测定。6种溶剂粗提物对豌豆长管蚜和菜青虫的毒力测试结果表明: 三氯甲烷提取物和乙醇提取物的活性显著高于其它溶剂提取物, 且两种提取物对豌豆长管蚜的毒力与70%吡虫啉均无显著差异, 证明小桐子果壳含有丰富的杀虫活性物质, 其所含的杀虫活性物质可采用乙醇和三氯甲烷冷浸提取; 乙醇提取物对菜青虫主要是拒食作用, 而三氯甲烷提取物则既有拒食作用, 又有触杀作用。利用小桐子果壳开发植物源农药前景广阔。

关键词: 小桐子果壳; 提取物; 杀虫活性测定

中图分类号: Q946 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2011)01-0129-05

Bioassay on insecticidal activity of extracts from *Jatropha curcas* seedcase

LI Yu-Chuan^{1,2}, GUO Qiao-Sheng^{2*}, WANG Ding-Kang¹, ZHANG Xue-Hai², GUO Fei²

(1. Kunming University, Kunming 650214, China; 2. Institute of Chinese Medicinal Materials, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Crude extracts from seedcase of *Jatropha curcas* were obtained using water, ethanol, butanol, ethyl acetate, chloroform and petroleum ether by cold extracting method, and toxicity of each crude extract against *Acyrtosiphon pisum* and *Pieris rapae* was studied. Then the strongest of them was chosen to measure using 4 age of *P. rapae* by leaf dipping method and pest dropping application. The results showed that in the test of the six crude extracts against *A. pisum* and *P. rapae*, the toxicity of chloroform and ethanol crude extracts were obviously higher than that of the others. They had no obvious difference comparing to 70% imidacloprid when the toxicity effect *A. pisum*. It's found that the seedcase of *Jatropha curcas* contained rich insecticidal activity substance, they were extracted by chloroform and ethanol with cold extracting method. Furthermore, the main effect of ethanol extract was antifeedant on *Pieris rapae* and the effect of chloroform extract was not only antifeedant but also contact action. It was a good future to develop botanical pesticides for seedcase of *Jatropha curcas*.

Key words: seedcase of *Jatropha curcas*; extract; insecticidal activity bioassay

小桐子(*Jatropha curcas*), 又名麻疯树、膏桐等, 属大戟科(Euphiaceae)麻疯树属(*Jatropha*)落叶灌木, 原产美洲热带, 现广泛分布于全球热带地区, 在我国云南、四川等地有大量栽培种或半野生种(丘华兴, 1996)。小桐子种仁的含油量高达

61.5%, 是热带地区一种极为适宜的生物柴油原料植物(Openshaw, 2000), 如今在云南、四川等地已有大面积人工栽培。小桐子是国内外传统的药用植物(江苏省新医学院, 1977)和有毒植物(陈冀胜等, 1987), 其全株有毒。

收稿日期: 2010-05-04 修回日期: 2010-12-08

作者简介: 李育川(1972-), 男(彝族), 云南永仁人, 博士, 高级讲师, 主要从事药用植物资源与栽培研究, (E-mail)lychuan72@163.com。

* 通讯作者: 郭巧生(1963-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 中药学专业, (E-mail)gqs@njau.edu.cn。

目前,国内外除李静等(2005)利用种子油和种子毒蛋白、Fagbenro等(1998)利用茎枝粗提物对小桐子进行杀虫活性的研究外,关于小桐子果壳的化学成分和生物活性研究尚未见报道。本研究先利用6种不同溶剂分别对小桐子果壳进行平行冷浸提取,并对各溶剂粗提物的杀虫活性进行测定和回归分析,然后再选择活性最强的两种粗提物,利用菜青虫对其进行杀虫作用方式的研究。以确定小桐子果壳中杀虫活性物质的有效提取溶剂,初步明确其作用方式,为利用小桐子果壳研发植物源杀虫剂提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

(1)小桐子果壳:于2007年10月采自云南永仁小桐子黄熟果实,经南京农业大学中药材研究所郭巧生教授鉴定为小桐子(*Jatropha curcas*)。新鲜果实剥下种子后,将果壳晒干保存,粉碎前于60℃通风干燥箱中干燥12h,用小型粉碎机粉碎,过2mm筛,待用。(2)试虫:豌豆长管蚜和菜青虫采自南京农业大学下马坊附近农田,经南京农业大学植保学院孟铃教授鉴定为豌豆长管蚜(*Acyrtosiphon pisum*)和菜青虫(*Pieris rapae*)。(3)试剂与仪器:95%乙醇、正丁醇、乙酸乙酯、三氯甲烷、石油醚(60~90℃沸程),皆为分析纯AR,国药集团化学试剂有限公司生产。必喜3号(70%吡虫啉水分散剂),由浙江海正股份有限公司生产。RE-52A旋转蒸发器,上海伊利仪器制造有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 果壳粗提物的制备 采用系统溶剂冷浸法进行平行提取。准确称取上述小桐子果壳粉碎样品6份,每份100g,置入大圆底烧瓶中,分别加1000mL蒸馏水、95%乙醇、正丁醇、乙酸乙酯、三氯甲烷和石油醚,其中蒸馏水提取组另加1mL氯仿,密封后在室温下冷浸,每5h摇匀1次,3d后抽滤,保存滤液;重复上述操作3次,合并3次滤液,用旋转蒸发器浓缩得到6种溶剂粗提物的浸膏,所得浸膏在室温下敞开放置4d,待无溶剂气味后,称重并置于冰箱中保存、备用。每处理3次重复,分别计算不同溶剂粗提物的提取率。

1.2.2 菜青虫的饲养 在农田采集菜青虫老龄幼虫,在室内用新鲜甘蓝(*Brassica oleracea*)叶饲养,

待其化蛹后,将蛹转移到定植有甘蓝的养虫笼中,让其羽化,补充蜂蜜水,使其在甘蓝叶上产卵。采集粘有卵粒的叶片,在光照培养中培养,待其孵化后,在培养箱(温度25℃,相对湿度80%,L:D=14:10)用新鲜甘蓝叶饲养到4龄供试。

1.2.3 不同溶剂粗提物室内毒力测定 分别准确地称取以上6种溶剂粗提物浸膏各2g,加2mL吐温-80,拌匀,使其充分乳化,再用蒸馏水溶解并定容至100mL,制成20g·L⁻¹的不同溶剂粗提物原液;分别取每溶剂的粗提物原液5、10、15、20、25、30mL,用蒸馏水定容至50mL,配制成梯度为2、4、6、8、10、12g·L⁻¹处理药液,摇匀后待用;取2mL吐温-80,加蒸馏水定容至100mL,制成2%的吐温-80对照原液。分别取对照原液5、10、15、20、25、30mL,用蒸馏水定容至50mL,配制成相应梯度的对照处理液。

粗提物对豌豆长管蚜的毒力测定参考吴文君等(1998)和曾宪儒等(2005)的喷雾法进行。采集带有豌豆长管蚜的蚕豆(*Vicia faba*)植株,剪下带虫叶片,用3号毛笔刷去若蚜和有翅蚜,每叶保留50头健壮且大小一致的干母;分别用上述不同溶剂粗提物的处理液和相应浓度的对照液对带虫叶的正反面进行喷雾;用吸水纸吸去多余药液,待溶液自然挥发干后,带虫的叶面向上,置入铺有2层滤纸具盖的培养皿(直径为15cm)中,每个培养皿加4滴蒸馏水保湿,盖好盖子;将培养皿置于温度为25℃、相对湿度80%、L:D=12:12的培养箱中培养。培养24h后统计各处理组和相应对照组的死亡虫数,每处理3次重复,结果取平均值并计算半致死浓度(LC₅₀)和相对毒力指数,进行回归分析和差异显著性分析。

粗提物对菜青虫的毒力测定参考袁林(2004)浸虫法进行。选择大小一致,经4h饥饿处理的菜青虫4龄幼虫,每10头为一处理同时挑入浸虫器中,放入配制好的药液中浸沾3s,取出擦干药液后倒入垫有滤纸的培养皿中,将新鲜的叶片在稀释好的溶液中浸渍3s,晾干后,饲喂试虫,每处理3次重复。在培养箱中培养72h后,统计各处理组和相应对照组的死亡虫数,采用同样的方法计算半致死浓度(LC₅₀)和相对毒力指数,进行回归分析和差异显著性分析。根据毒力测定结果筛选出毒力最强的粗提物再用菜青虫进行作用方式的测定。

1.2.4 果壳提取物对菜青虫非选择性拒食 参考李

典鹏等(2007)叶碟法测试供样品对4龄菜青虫的拒食活性。具体方法为:首先将新鲜甘蓝叶剪成4 cm×4 cm的叶块,然后将叶块浸到配制好的药液中3~4 s后取出晾干,置入铺有二层滤纸直径为15 cm培养皿中,每个培养皿放4片经药液处理后的甘蓝叶;然后在每个培养皿中放入2头饥饿4 h后大小一致4龄菜青虫,加蒸馏水2滴保湿,盖好盖子,置于培养箱中培养,于24 h、48 h后用坐标纸测量取食叶格数(每格记为1),每处理重复3次,每重复10头试虫,计算出平均取食面积。同时以吐温-80液为对照,最后采用公式1-1分别计算出非选择性拒食率。

$$\text{取食面积} = \text{叶碟面积} \times \left(1 - \frac{\text{取食后叶碟坐标格数}}{\text{取食前叶碟坐标格数}}\right)$$

$$\text{非选择性拒食率}(\%) = \left[\frac{\text{CK取食面积} - \text{处理取食面积}}{\text{CK取食面积}}\right] \times 100\% \quad (\text{公式} 1-1)$$

1.2.5 果壳提取物对菜青虫触杀性试验 参照吴文

君等(1998)的点滴法测定对4龄菜青虫的触杀作用:将处理药稀释成8 g·L⁻¹,用5 μL 移液枪将稀释液点滴到试虫的前胸背板,对照组点滴吐温-80稀释液。每头点滴2 μL,每处理3个重复,每重复10头试虫。处理后的试虫置入铺有二层滤纸直径为15 cm培养皿中培养,用新鲜甘蓝叶饲喂,连续观察3 d,统计72 h死亡率,并用Abbott公式(公式1-2)计算72 h校正死亡率。

$$\text{校正死亡率}(\%) = \frac{\text{处理组死亡率} - \text{对照组死亡率}}{1 - \text{对照组死亡率}} \times 100\%$$

1.3 数据处理与分析

蚜虫和菜青虫的室内毒力测定数据采用南京农业大学植保学院编制的抗药性生物测计数据处理及管理系统 Version 2.5(沈晋良等,1995),计算LD-P回归方程、LC₅₀及95%置信限,两个药剂的LC₅₀值比较时,如其95%置信限重叠,则两LC₅₀值差异不显著。其它数据采用SPSS 13.0统计软件对原始数

表1 小桐子果壳提取物对豌豆长管蚜的室内毒力

Table 1 Toxicity of extracts from *Jatropha curcas* seedcase to adults of *A. pisum*

提取物 Extract	提取率(%) Rate of extract	毒力回归方程 LD-P line	LC ₅₀ (95%FL) (g·L ⁻¹)	毒力指数 Toxicity index
水提取物 Water extracts	46.52±0.75 a	Y=3.1980+1.9182X	8.70(7.62~10.25)c	1.5
乙醇提取物 Alcohol extracts	13.63±0.35 b	Y=3.7748+2.1281X	3.77(3.20~4.29)b	3.5
正丁醇提取物 Butanol extracts	7.89±0.14 c	Y=2.9101+2.2980X	8.12(7.28~9.21)c	1.6
乙酸乙酯提取物 Ethyl acetate extracts	6.33±0.07 d	Y=4.1698+1.0415X	6.27(4.94~8.04)c	2.1
三氯甲烷提取物 Chloroform extracts	6.05±0.17 d	Y=3.7167+2.7816X	2.89(2.48~3.28)ab	4.5
石油醚提取物 Petroleum ether extracts	4.77±0.27 e	Y=3.3463+1.4803X	13.10(10.43~22.18)d	1.0
70%吡虫啉 70% Imidacloprid	—	Y=3.5199+3.3231X	2.79(2.02~3.11)a	4.7

注:表内数据为3次重复平均值;P<0.05;毒力指数=最大LC₅₀/各药剂LC₅₀;表中处于同列的数值,标有相同字母(a或b)者,无显著差异,标有不同的字母具有显著性差异,数值按标注的字母顺序递减。下同。

据进行处理和方差分析。

2 结果与分析

2.1 小桐子果壳提取物对豌豆长管蚜毒力分析

利用不同极性溶剂对小桐子果壳进行提取,其提取率随着溶剂极性的减小而降低,且各溶剂对样品的提取率差异显著。提取率最高的是水粗提物,其次是乙醇粗提物,提取率均在13%以上;各提取物对豌豆长管蚜的毒力测定结果表明,各溶剂提取物的毒力:三氯甲烷提取物>乙醇提取物>乙酸乙酯提取物>正丁醇提取物>水提取物>石油醚提取物;毒力最强的是三氯甲烷提取物,其毒力与70%吡虫啉相近,两者差异不显著(根据LC₅₀值的95%置信限重叠为差异不显著,下同);其次为乙醇提取

物,其毒力与三氯甲烷提取物无显著差异;三氯甲烷提取物和乙醇提取物对豌豆长管蚜的毒力显著高于其它溶剂提取物(表1)。

2.2 小桐子果壳提取物对菜青虫的毒力分析

小桐子果壳不同溶剂提取物对菜青虫的毒力测定结果见表2。结果表明:各溶剂提取物对菜青虫的72 h毒力:三氯甲烷提取物>乙醇提取物>乙酸乙酯提取物>正丁醇提取物>水提取物>石油醚提取物;毒力最强的是三氯甲烷提取物,其次为乙醇提取物,两者差异不显著;三氯甲烷提取物和乙醇提取物对菜青虫的72 h毒力显著高于其它溶剂提取物。

对上述实验结果进行比较看出,在小桐子果壳的不同溶剂粗提物中,三氯甲烷提取物对豌豆长管蚜和菜青虫的LC₅₀值均最小,毒力指数最高,表明三氯甲烷提取物对豌豆长管蚜和菜青虫毒杀活性最

高;其次为乙醇提取物;三氯甲烷提取物和乙醇提取物对豌豆长管蚜和菜青虫的 LC_{50} 值的 95% 置信限均重叠,表明两种提取物对豌豆长管蚜和菜青虫的毒杀活性无显著差异,因此,选择三氯甲烷提取物和乙醇

表 2 小桐子果壳提取物对菜青虫的室内毒力

Table 2 Toxicity of extracts from *Jatropha curcas* seedcase to adults of *Pieris rapae*

提取物 Extract	毒力回归方程 LD-P line	LC_{50} (95%FL) ($g \cdot L^{-1}$)	毒力指数 Toxicity index
水提取物 Water extracts	$Y=3.5516+1.3601X$	11.61(9.38~16.36)c	1.2
乙醇提取物 Alcohol extracts	$Y=3.8683+2.3068X$	3.10(2.04~3.45)a	4.6
正丁醇提取物 Butanol extracts	$Y=3.2770+1.7712X$	9.39(8.11~11.42)bc	1.5
乙酸乙酯提取物 Ethyl acetate extracts	$Y=3.5347+1.6453X$	7.77(6.71~9.26)b	1.8
三氯甲烷提取物 Chloroform extracts	$Y=3.5449+3.6092X$	2.86(2.29~3.20)a	5.0
石油醚提取物 Petroleum ether extracts	$Y=3.7021+1.1263X$	14.20(10.01~31.59)c	1.0

表 3 $8 g \cdot L^{-1}$ 小桐子果壳三氯甲烷提取物和乙醇提取物对菜青虫的拒食和触杀活性毒力Table 3 Antifeeding action and contact action of $8 g \cdot L^{-1}$ chloroform extract and ethanol extract from *Jatropha curcas* seedcase against the larve of *P. rapae*

提取物 Extract	浓度 Concentration ($g \cdot L^{-1}$)	作用 方式 Mode action	取食面积 (格·头) Ate area		拒食率 (%) Anti-feeding rate		72 h 校正 死亡率 (SE) (%) Adjust mortality
			24 h	48 h	24 h	48 h	
三氯甲烷提取物 Chloroform extracts	8	拒食	119±4	139±6bc	75.0±1.3	82.6±1.1b	90.6±0.9bc
三氯甲烷提取物 Chloroform extracts	8	触杀	145±7	155±8bc	65.7±1.6	80.9±1.1b	75.1±0.8d
乙醇提取物 Alcohol extracts	8	拒食	65±6	107±5a	84.5±1.1	86.6±0.8a	89.6±0.7c
乙醇提取物 Alcohol extracts	8	触杀	312±13	302±11d	26.3±4.1	62.9±3.2c	44.8±2.2e
70%吡虫啉 70% Imidacloprid	8	拒食	83±7	101±4a	80.2±1.4	87.4±0.9a	98.3±0.6a
70%吡虫啉 70% Imidacloprid	8	触杀	122±9	134±6ab	71.2±1.5	83.5±1.0b	96.6±0.5ab
水 Water	0	拒食	420±15	800±12f	0.0±2.2	0.0±1.8d	0.0±1.6f
水 Water	0	触杀	423±18	810±10f	0.0±2.5	0.0±2.0d	0.0±1.7f

注:表中数据为 3 次重复的平均值±标准差,每重复 10 头试虫。

提取物进行进一步的作用方式研究。

2.3 小桐子果壳三氯甲烷提取物和乙醇提取物对菜青虫非选择性拒食和触杀活性测定

在浓度为 $8 g \cdot L^{-1}$ 时,分别采用浸叶法和点滴法测试了三氯甲烷提取物、乙醇提取物、70%吡虫啉和空白对照对 4 龄菜青虫 24 h、48 h 的非选择性拒食和触杀作用。测试结果(表 3)表明:经三氯甲烷提取物和乙醇提取物处理的 4 龄菜青虫,24 h、48 h 取食量都显著低于空白对照,72 h 拒食死亡率与 70%吡虫啉无显著差异,说明三氯甲烷提取物和乙醇提取物都表现出极高的拒食活性;三氯甲烷粗提物对 4 龄菜青虫的触杀活性与拒食活性无显著差异,且其 48 h 拒食率与 70%吡虫啉点滴法无显著差异,表明三氯甲烷粗提物对菜青虫既有触杀作用又有拒食,且拒食活性较高;乙醇粗提物对 4 龄菜青虫的作用方式则为拒食显著强于触杀,其 48 h 拒食率与 70%吡虫啉无显著差异,且强于三氯甲烷粗提物拒食活性,证明乙醇粗提物对 4 龄菜青虫主要作用方式为拒食。

3 讨论

小桐子果壳的 6 种不同溶剂提取物对豌豆长管蚜和菜青虫都具有一定的杀灭活性,其中三氯甲烷提取物和乙醇提取物对豌豆长管蚜和菜青虫的毒杀活性显著高于其它溶剂提取物,说明两个方面的问题:一是小桐子果壳中含有丰富的杀虫活性物质,这一结果与 Fagbenro 等(1998)报道发现小桐子茎枝粗提物含有杀虫活性物质相似;二是小桐子果壳中所含的杀虫活性物质种类多,成分复杂,可分别用氯仿和乙醇冷浸平行或依次提取。

在 6 种提取物高浓度处理蚜虫时,三氯甲烷提取物和乙醇提取物处理的蚜虫都没有移动,其死体都依附在原来的叶片上,而其它处理的蚜虫 12 h 以后,则有近 50% 的蚜虫离开处理过的叶片;用高浓度提取液采用浸虫法处理菜青虫时,三氯甲烷提取物和乙醇提取物处理过的菜青虫口吐黑色液体,多数虫体瘫痪不动,无取食或极少取食,12 h 内死亡率较

高,而其它处理则处理前后变化不大,试虫活动和取食基本正常;由以上两种现象说明两种提取物的毒性强而且药效快,其所含活性物质有待进一步研究。

另外还观察到,三氯甲烷提取物和乙醇提取物对菜青虫进行非选择性拒食处理时,菜青虫都远离处理过的叶片,3 h 后停止取食或取食量明显减少,试虫体色发黄,停止生长,出现明显的饥饿症状,死虫中部先发黑,然后死亡等现象,其作用物质和作用机理有待深入研究。

利用小桐子果壳提取杀虫活性物质,采用 95% 乙醇冷浸法提取,其提取率高达 13.63%,提取物活性强,生产中可采用 95% 乙醇冷浸法提取其所含的杀虫活性物质。

随着我国生物柴油小桐子产业的不断推进,小桐子副产物资源将大量增加,占小桐子干果重 30%~45% 被作为废物丢弃的小桐子果壳,仅云南省“十一五”期间,每年将产生 90 多万吨果壳,利用小桐子果壳制备植物源农药,将会有很好的发展前景。

参考文献:

- 丘华兴. 1996. 中国植物志(第 44 卷,第 2 分册)[M]. 北京:科学出版社:148-149
江苏省新医学院. 1977. 中药大辞典[M]. 上海:上海人民出版社:2 227

(上接第 69 页 Continue from page 69)

一步开展相关研究。

致谢 在植物区系考察过程中得到广西林业勘测设计院、广西大学林学院等单位的同行专家的大力支持和指导,在此一并表示衷心感谢!

参考文献:

- 广西壮族自治区林业厅. 1993. 广西自然保护区[M]. 北京:中国林业出版社:109-110
吴征镒,王荷生. 1983. 中国自然地理—植物地理(上册)[M]. 北京:科学出版社:1-125
武吉华,张绅. 1980. 植物地理学[M]. 北京:人民教育出版社:105-119
钟济新. 1981. 广西石灰岩山石植物图谱[M]. 南宁:广西人民出版社:1-320
梁建平. 2001. 广西珍稀濒危树种[M]. 南宁:广西科学技术出版社:1-120
温远光,和太平,谭伟福. 2004. 广西热带和亚热带山地的植物多样性及群落特征[M]. 北京:气象出版社:45-146

- 吴文君,刘慧霞,朱靖博,等. 1998. 天然产物杀虫剂——原理·方法·实践[M]. 西安:陕西科学技术出版社:338-339
沈晋良,吴益东. 1995. 棉铃虫抗药性及其治理[M]. 北京:中国农业出版社:259-280
陈冀胜,郑颖,等. 1987. 中国有毒植物[M]. 北京:科学出版社:258
Fagbenro AF, Oyilibow A, Anuformo BC. 1998. Disinfectant antiparasitic activities of *Jatropha curcas*[J]. *East Afr Med J*, 75(9):505-511
Li DP(李典鹏), Liu JL(刘金磊), Chen HS(陈海珊), et al. 2007. Bioactivity of extract from *Heynea trijuga* against *Pieris rapae* larvae(海木提取物对菜青虫幼虫的生物活性)[J]. *Guihaia*(广西植物), 27(5):453-456
Li J(李静), Wu FH(吴芬宏), Chen YY(陈延燕), et al. 2005. Insecticidal activity of *Jatropha curcas* seed extracts against several insect pest species(麻疯树种子提取物对几种害虫的杀虫活性)[J]. *Chin J Pesticides*(农药), 45(1):56-59
Openshaw K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise[J]. *Biomass and Bioenergy*, 19:1-15
Yuan L(袁林). 2004. Studies on the biological activity and action mode of *Vitex negundo* extracts to *Plutella xylostella* and *Pieris rapae* L(黄荆提取物对小菜蛾和菜青虫生物活性及作用方式的研究)[D]. *Shandong Agric Univ*(山东农业大学), 16-19
Zeng XR(曾宪儒), Chen HS(陈海珊), Liu Y(刘演), et al. 2005. Insecticidal activity of wild Meliaceae plant extracts from Guangxi on the *Lipaphis kaltenbach*(广西野生楝科植物提取物对萝卜蚜的杀虫作用初步研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 25(5):494-496

- Liang CF(梁畴芬), Liang JY(梁健英), Liu LF(刘兰芳), et al. 1985. The inspected report of flora in Nonggang(弄岗植物区系考察报告)[J]. *Guihaia*(广西植物), 5(3):191-210
Ma YH(马永红), He XJ(何兴金). 2007. Flora of seed plants in Wolong Nature Reserve(卧龙自然保护区种子植物区系研究)[J]. *J Trop Subtrop Bot*(热带亚热带植物学报), 15(1):63-70
Wei YG(韦毅刚). 2008. Fundamental features of Guangxi flora of China(广西植物区系的基本特征)[J]. *Acta Bot Yunan*(云南植物研究), 30(3):295-307
Wu ZY(吴征镒). 2003. Revised of distribution patterns of world families of seed plants(世界种子植物科的分布区类型系统的修订)[J]. *Acta Bot Yunan*(云南植物研究), 25(5):535-538
Wu ZY(吴征镒). 1991. The areal-types of Chinese genera of seed plants(中国种子植物属的分布区类)[J]. *Acta Bot Yunan*(云南植物研究), Supp. IV:1-139
Zhang YL(张德铨), Zhang XM(张雪梅). 1998. Important parameters of floristic geography reaserch——coefficient of similarity(植物区系地理研究中的重要参数——相似性参数)[J]. *Arid Zone Res*(干旱区研究), 15(1):59-63