

# 麻疯树植物资源研究概况

林娟<sup>1,2</sup> 周选围<sup>3</sup> 唐克轩<sup>1</sup> 陈放<sup>2</sup>

(1. 复旦大学生命科学学院遗传工程国家重点实验室, 上海 200433; 2. 四川大学生命科学学院, 四川 成都 610064;  
3. 陕西理工学院陕西省资源生物重点实验室, 陕西 汉中 723000)

**摘要:** 麻疯树为大戟科麻疯树属植物, 主要分布于热带和亚热带地区, 绝大多数生长在美州和亚洲热带地区。主要概述了麻疯树的化学成分、毒理研究、药理活性及其临床应用等研究的一些进展, 并且探讨了麻疯树的开发利用前景。

**关键词:** 麻疯树; 化学成分; 毒性; 药理活性

中图分类号: Q946

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2004)03-0285-06

## A Survey of the Studies on the Resources of *Jatropha curcas*

LIN Juan<sup>1,2</sup> ZHOU Xuan-wei<sup>3</sup> TANG Ke-xuan<sup>1</sup> CHEN Fang<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Genetic Engineering, School of Life Science, Fudan University, Shanghai 200433, China;  
2. College of Life Science, Sichuan University, Chengdu 610064, China; 3. Shaansi Key Laboratory of Bio-resources,  
Shaansi University of Technology, Hanzhong 723000, China)

**Abstract:** This paper briefly reviews the studies of medicinal plant *Jatropha curcas* on the following aspects: morphology and habitat; effective components including terpenes, flavones, fats, coumarins, sterols, etc.; toxicity and pharmacological activities; medicinal use; and application prospects.

**Key words:** *Jatropha curcas*; Chemical component; Toxicity; Pharmacological activity

麻疯树 (*Jatropha curcas* L.), 又名黄肿树 (广东)、芙蓉树、假花生 (广西)、亮桐 (云南)、吗哄罕 (傣名)、桐油树 (台湾)、南洋油桐 (日本), 为大戟科 (Euphorbiaceae) 麻疯树属植物, 主要分布于热带和亚热带地区, 绝大多数生长在美州和亚洲热带地区。在我国栽培或半野生于热带地区, 种植面积较广, 资源非常丰富。麻疯树种子可入药, 有清热解毒、消肿散淤等作用。近年来发现其种子还具有显著的抗癌活性, 且在工业用油、生物病虫害防治、新药开发等方面也有着潜在的应用价值, 同时又是干热河谷地区荒山造林的优良树种, 具有广泛的开发利用前景<sup>[1]</sup>。随着对麻疯树基础研究逐渐深入, 许多产业化项目也在实施中, 将对国民经济的发展起到一定的促进作用。本文综述了麻疯树的形态和生长习性、有效成分、毒性和药理等的研究成果。

### 1 形态特征及生境分布

麻疯树属植物为小乔木、灌木或草本, 全世界约有 200 种, 分布于热带或亚热带地区, 主产于美洲及非洲热带。我国栽培有 4 种, 为麻疯树 (*J. curcas* L.)、棉叶麻疯树 (*J. gossypifolia* L.)、佛肚树 (*J. podagrica* Hook.) 和珊瑚花 (*J. multifida* L.), 尤以麻疯树种植面积较大, 资源较为丰富。

麻疯树高 2-5 m, 枝、叶折断后有乳汁。树皮光滑, 苍白色; 枝粗壮, 圆柱形, 具凸起的叶痕, 绿色无毛, 单叶互生; 叶柄为 8-18 cm; 叶片纸质或近膜质, 近圆形至卵状圆形, 长宽略相等, 约 8-18 cm, 先端近尖, 基部心形, 边缘不分裂或 3-5 浅裂, 幼时下面脉被柔毛。5 月开花, 花单性, 雌雄同株, 聚伞花序腋生, 总花梗较长, 花淡绿色或绿白色, 直径 7-8 mm;

收稿日期: 2003-01-27 接受日期: 2003-05-29

基金项目: 科技部国家十五重点攻关项目 (2002BA901A15)

雄花萼片及花瓣各 5 片,花瓣披针状椭圆形,倍长于萼片,雄蕊 10 枚,排成两轮,外轮 5 枚,分离,内轮 5 枚花丝合生,花药线状长圆形,长约 1.5 mm;花盘腺体 5;雌花开花后花梗延长,萼片分离,长圆形,顶端急尖,长约 6.5 mm,其中 2 枚稍窄,无花瓣,子房无毛,2-3 室,花柱 3,柱头 2 裂。蒴果卵形,长 3-4 cm。种子椭圆形,长 18-20 mm,直径 11 mm。花期 4-5 月;果期 9-10 月,果实幼时绿色,逐渐变黄,成熟时变为棕色,干时为黑棕色,果皮平滑,成熟时裂成 3 个 2 瓣裂的分果片。种子干时黑色,平滑<sup>[2]</sup>。

野生麻疯树主要分布于干热的亚热带和潮湿的热带雨林,可在年降水量 480-2 380 mm,年平均气温 18.0-28.5℃ 的环境下生存;通常生于海拔 700-1 600 m 的平地、丘陵坡地及河谷荒山坡地。一般栽培于园边作绿篱,也有半野生状态,多生于平地路旁的灌木丛中,以散生或小面积纯林形式分布。麻疯树喜光、喜暖热气候;耐干旱瘠薄,在石砾质土、粗质土、石灰岩裸露地均能生长。它结实丰富,种子大;林下天然更新良好,1 hm<sup>2</sup> 2-5 a 生幼苗可达 1.5 万株。它可用于点播造林,萌芽性强,也可进行扦插繁殖。用种子繁殖的可生长出典型的主根和 4 条侧根,而扦插繁殖的则不能生长出主根。一般情况下,3 a 可长成 3 m 左右的植株。种子繁殖的 3-4 a 后可结果,扦插繁殖的 1 a 左右可结果。麻疯树的子叶和下胚轴均能通过组织培养分化成植株,在实验室通过组织培养技术育苗已获得成功<sup>[1]</sup>。

麻疯树分布较广,非洲的莫桑比克、赞比亚等国,美洲巴西、菲济、洪都拉斯、牙买加、巴拿马、波多黎哥、萨尔瓦多及美国佛罗里达的奥兰多地区,澳大利亚的昆士兰及北澳地区以及亚洲的印度、巴基斯坦都有分布<sup>[1]</sup>。在我国主要分布于广东、广西、云南、四川、贵州、台湾、福建、海南等省区<sup>[2,4]</sup>。广西主要产于钦州、博白、苍县、苍梧、南宁、邕宁、龙州、宁明、百色、凌云、都安等地<sup>[5]</sup>;四川主要在攀枝花、盐边、米易、盐源、德昌、西昌、会理、金阳等地有栽培<sup>[6]</sup>;海南主要产于澄迈、儋县、东方、白沙、乐东、保亭、陵水、崖县等地<sup>[7]</sup>;云南的西部、西南部、中部以及元江、金沙江、澜沧江流域均有栽培<sup>[8]</sup>。

## 2 有效成分

麻疯树的有效成分存在于种子、树皮、叶、根和乳汁中。从麻疯树中已分离得到的物质主要有萜

类、黄酮类、香豆素类、脂肪类、甾醇类和生物碱等。

**萜类** 从麻疯树中分离得到的萜类主要是二萜和三萜类化合物。二萜类主要有四环二萜型和三环二萜型。从根中分离得到 4 种二萜,分别为麻疯树酚酮 A (Jatropholone A)、麻疯树酚酮 B (Jatropholone B)、麻疯树醇 (Jatrophol)<sup>[9]</sup> 和 Caniojane<sup>[10]</sup>。麻疯树酚酮 A 和麻疯树酚酮 B 互为异构体,分子式为 C<sub>20</sub>H<sub>24</sub>O<sub>2</sub>,分子量为 296,两者的熔点相近,大约为 238℃,都为右旋,光谱数据基本相同,但用乙酸乙酯-石油醚展开时,Rf 值不一样,麻疯树酚酮 A 高于麻疯树酚酮 B。麻疯树醇比麻疯树酚酮多了一个羟基,分子式为 C<sub>20</sub>H<sub>24</sub>O<sub>3</sub>,分子量为 312,熔点大约为 192℃。Caniojane 为含过氧基团的二萜化合物,分子式为 C<sub>20</sub>H<sub>24</sub>O<sub>5</sub>,分子量为 344,熔点为 167-168℃。从种子油中分离得到 12-脱氧-16-羟基佛波醇 (12-deoxy-16-hydroxyphorbol),它是一种刺激物质,在种子油中的含量为 0.013%,对鼠耳的刺激活性为 LD<sub>50</sub> 0.02 μg ear<sup>-1</sup>,也是一种肿瘤诱变剂,能诱发小鼠产生皮肤癌<sup>[11,12]</sup>。麻疯树属植物的二萜类及其衍生物均具有明显的抗癌活性,如从棉叶麻疯树 (*J. gossypifolia*) 根中分离的麻疯树酮,在体外具有抗人体鼻咽癌细胞的活性,在体内具有抗小鼠肺癌和白血病 (P-388) 的活性<sup>[13]</sup>。另外还有 2 种三环二萜型,分别为 curculathyrane A 和 curculathyrane B,两者均是 curcusones 的衍生化合物,分子式 C<sub>20</sub>H<sub>26</sub>O<sub>4</sub>,分子量 332<sup>[14]</sup>。三萜类化合物是从树皮中分离得到的,为五环三萜类:β-香树素 (β-amyrin) 和蒲公英醇 (taraxerol)<sup>[15]</sup>,蒲公英醇为异-香树脂醇 (iso-β-amyrin) 型,其基本骨架与 β-amyrin 相同。

**黄酮类** 从麻疯树中分离到 9 种黄酮类物质。从新鲜叶中分离到 5 种,分别为 5,7,4-三羟黄酮,也称芹菜素 (apigenin)、牡荆素 (vitexin)、异牡荆素 (isovitexin)<sup>[16]</sup>、5,4'-二羟-6,7-葡萄糖苷黄酮 (5,4'-dihydroxyflavon-6,7-glucoside) 和 5-羟-3,7,4'-鼠李糖苷黄酮 (5-hydroxyflavon-3,7,4'-rhamnetin),后两者属于类黄酮糖苷,是从叶的乙醇提取物中分离得到的<sup>[17]</sup>。从根中分离到 4 种,分别为 5,6,7,8,3',4'-六甲氧基黄酮,也称川皮甙 (nobiletin),5α-豆甾烷-3,6-二酮 (5α-stigcastane-3,6-dione)<sup>[9]</sup>、5-羟基吡咯-2-酮 (5-hydroxypyrrolidin-2-dione),嘧啶-2,4-酮 (pyrimidine-2,4-dione)<sup>[18]</sup>,这些物质有散瘀消

肿, 止血止痒的作用。

**脂肪类** 麻疯树的脂肪类物质主要分布在种仁中, 目前已分离到棕榈酸 (palmitic), 含量为 13.3%; 棕榈酸油 (palmitoleic) 1.4%; 硬脂酸 (stearic) 8.8%; 油酸 (oleic) 41.6%; 亚油酸 (linoleic) 33.8%; 亚麻酸 (linolenic) 1.1%, 还有其它一些物质等<sup>[19]</sup>。

**香豆素类** 从麻疯树根中分离到了 4 种香豆素, 分别是白腊树内脂 (fraxetin)<sup>[19]</sup>, 麻疯素 (jatrophin), 5-羟基-6,7-二甲氧基香豆素 (5-hydroxy-6,7-dimethoxycoumarin) 和 tomentin<sup>[9]</sup>, 6-甲氧基-7-羟基香豆素 (6-methoxy-7-hydroxycoumarin)<sup>[10]</sup>。

**甾醇类** 从麻疯树根和叶中分离到的甾醇类物质主要是  $\beta$ -谷甾醇 ( $\beta$ -sitosterol)<sup>[14]</sup>, 胡萝卜甾醇 (daucosterol)<sup>[10]</sup>, 豆甾醇 (sterols stigmaterol) 和类甾醇 (steroid sapogenins)<sup>[20]</sup>。

**蛋白质和多肽类** 麻疯树种子中含有较多的蛋白质, 100 g 种子含 18.2 g 蛋白质, 目前已研究了 2 种蛋白质, 一种是 curcain, 是从麻疯树乳汁中分离得到的一种蛋白酶, 可促进植物伤口的愈合, 防止腐烂<sup>[21]</sup>; 另一种是 curcin, 是从麻疯树种子中分离得到的一种毒蛋白, 称麻疯树毒蛋白, 它的毒性与蓖麻毒蛋白 (ricin) 和巴豆种子毒蛋白 (crotonin) 相似<sup>[22]</sup>。Curcin 是 RNA N-糖苷酶, 通过失活真核生物核糖体而抑制蛋白质的合成, 也称为麻疯树核糖体失活蛋白 (RIPs)<sup>[23]</sup>; Curcin 具有抑制胃癌细胞 (SGC-7901)、小鼠骨髓瘤细胞 (Sp2/0)、人肝癌细胞 (Human hepatoma) 的体外增殖的能力<sup>[24]</sup>。curcin 全长 cDNA 序列 (GenBank 注册号 AY069946) 和基因序列 (GenBank 注册号 AF 469003) 已被克隆, 并在大肠杆菌中表达出具有活性的 curcin 的成熟蛋白和保守结构域蛋白<sup>[25]</sup>。

还从麻疯树乳汁中分离出一种新的环状八肽物质, 称为 curcacycline A, 它包含 1 个苏氨酸, 1 个缬氨酸, 2 个甘氨酸和 4 个亮氨酸, 序列是 Gly-Leu-Leu-Gly-Thr-Val-Leu-Leu。这种物质具有抑制人类补体典型途径的活性和人类 T-细胞的增殖<sup>[26]</sup>。

**其它小分子物质** 从麻疯树的乳汁中分离出麻疯树碱 (jatrophine), 它具有抗肿瘤活性, 也被用来治疗皮肤病<sup>[14]</sup>。另外还分离出一些糖类, 如蔗糖 (sucrose)、半乳糖醇 (dulcitol) 和  $\beta$ -谷甾醇- $\beta$ -D-葡萄糖甙 ( $\beta$ -sitosterol- $\beta$ -D-sitosterol), 以及一些小分

子醛、酸类, 如 3-羟基-4-甲氧基-苯甲醛 (3-hydroxy-4-methoxybenzaldehyde) 和 3-甲氧基-4-羟基苯甲酸 (3-methoxy-4-hydroxybenzoic acid)<sup>[9]</sup>, 从种子油中分离得到了 2-丙基癸醇 (2-propyldecan-1-ol), 2-辛基十二烷醇 (2-octyldodecan-1-ol), 邻苯二甲酸 (1,2-benzenedicarboxylic acid) 等物质<sup>[27]</sup>。

### 3 毒性和药理活性

尽管麻疯树在人类许多疾病的治疗及工业生产上有着广泛的用途, 但其所含的毒性是不可忽视的。各地栽培的麻疯树由于所处的生态环境不同, 毒性也有差异<sup>[28]</sup>。从麻疯树中发现毒性最强的物质有 3 种, 麻疯树毒蛋白、麻疯树种子油和佛波脂。麻疯树中还有些活性成分对治疗人畜疾病有独特的作用, 故它在热带地区常被作为民间用药, 防治疾病。这些活性成分还具有一定的抗 HIV 病毒和抗肿瘤活性, 也被证实具有浸杀软体动物、杀虫和抑制真菌生长的作用, 可作为防治生物病虫害的原料<sup>[29]</sup>。

#### 3.1 毒性

麻疯树的甲醇提取物可导致大鼠红细胞低色素贫血。主要表现在随着给药时间的延长, 各项血液学指标 (红细胞数、红细胞压积、红血蛋白浓度) 持续下降, 在给药 8-10 d 下降最显著, 小鼠急毒实验 LD<sub>50</sub> 值为 25.19 mg kg<sup>-1</sup><sup>[30]</sup>。种子油也是有毒的, 口服麻疯树油对大鼠的半致死剂量 LD<sub>50</sub> 为 6 ml kg<sup>-1</sup>, 据报道是因为油中含有佛波脂<sup>[31]</sup>, 用油涂于兔子和小鼠的皮肤, 可使皮肤发生坏死和产生枯斑。将 25 mg 种子油溶于 10 ml 盐水中, 可破坏小鼠的红细胞, 导致溶血作用。麻疯树果实的甲醇、石油醚提取物可使大鼠终止妊娠, 在大鼠妊娠早期, 有的在妊娠 6-8 d 时见效<sup>[32]</sup>。

麻疯树种子对血吸虫宿主—淡水螺有较高的毒性, 其活性成分可能是皂甙, 但对其他非螺生物具有较高的安全性<sup>[33]</sup>。也有报道称麻疯树叶子的甲醇提取物对海虾有毒<sup>[34]</sup>。麻疯树种子对小鸡没有毒性, 有人用占基本食物 0.5% 的麻疯树种子饲喂小鸡, 连续喂养 2 周, 小鸡生长正常<sup>[35]</sup>。喂养的饲料中种子含量为 0.1% 和 0.5% 时, 连续喂养 4 周后, 对小鸡的主要器官肝、肾功能进行测定, 发现麻疯树种子不会导致小鸡中毒<sup>[36]</sup>。这说明麻疯树的毒性具有一定的寄主特异性。

### 3.2 药理活性

麻疯树枝的水提物具有抗 HIV(人类免疫缺乏症)病毒的效应。主要表现在对 HIV 诱导的细胞病理效应有强烈的抑制作用,对 HIV-protease(HIV-PR)也有一定的抑制作用,但对动物细胞没有毒性<sup>[37]</sup>。在抗 HIV 病毒实验中,发现麻疯树甲醇提取物能对大淋巴样干细胞产生一种适当的细胞防护,以抵抗 HIV 病毒的作用<sup>[38]</sup>。麻疯树乳汁具有强烈抑制西瓜花叶病毒的活性<sup>[39]</sup>。

陈梦青在对西双版纳的麻疯树进行药理筛选时发现,其根的氯仿抽提物,对胃粘液腺癌细胞 830 的抑制率达 79.5%,被认为是麻疯树酚酮的作用<sup>[9]</sup>。麻疯树的提取物还具有一定的抗真菌作用,主要表现在对固孢蛙粪霉(*Basidiobolus haptosporus*)和蛙粪霉(*B. ranarum*)的抑制作用较强<sup>[40]</sup>。

## 4 麻疯树的药用

麻疯树的药用部分有叶、树皮、种子及根。根可散淤消肿,止血,杀虫止痒;治跌打骨折,疥癣,顽疮。委内瑞拉地区用根熬出的汁治病疾。种子油可作为催泻的泻药和治疗许多疾病,但使用过量会导致腹泻和胃、肠炎<sup>[41]</sup>。树枝的伤口处分泌的白色乳液,似肥皂水,吹之生泡,经太阳干燥则变为赤褐色干脆固体,可供药用。在麻疯树的产地,喀麦隆人经常将麻疯树叶煮出的汁用于风湿病的治疗,哥伦比亚人用叶汁治疗性病,巴哈马人则用来治心绞痛,或用来外敷治疗丹毒,古巴人用来治牙痛,巴贝多人用叶汁来治癣<sup>[42]</sup>。在中美洲一些国家将这种乳液用于治疗牙龈炎、创伤、痔疮和疣等。Marraguin 等用麻疯树乳液对 30 名患者的 147 个疣子进行治疗,以液氮和安慰剂(凡士林)为对照。液氮仅在临床开始时使用一次,麻疯树乳液和凡士林则每日两次,共用 15-20 d,经 15 d 和 20 d 治疗,液氮和乳液都使疣消失,只是液氮的疗效较快,不到 10 d 疣子就消失,而乳液则需要 16-20 d,而凡士林不能使疣消失<sup>[41]</sup>。

## 5 开发利用前景

**开发新药** 麻疯树毒性较大,令人望而生畏。许多研究者仅仅是从防止中毒或者是利用其毒性,制成一些毒剂等方面进行研究,但对于利用其药用价值考虑较少。一些学者认为从有毒植物中获

得一些药源先导化合物的可能性是有的<sup>[43]</sup>。因为从植物中直接获得即高效又低毒的新药源化合物的可能性较小,而有毒植物由于其“有毒”而有很强的生物活性,如果通过对其化学成分研究,配合毒性找出有毒成分,再通过化学方法对其结构进行改造,是有希望获得“高效低毒”的新药源化合物。现在已知有毒植物中的植物毒素有 1 000 余种,几乎包括所有类型的天然产物,绝大部分属于次生代谢产物,有少数为非蛋白氨基酸及肽类。有毒成分中非蛋白氨基酸占 1/20,生物碱约占 1/10,倍半萜占 1/60,二萜占 1/20,说明植物中有毒成分是一个丰富的资源库<sup>[43]</sup>。从有毒植物中开发新药已经有一些成功的报道<sup>[44]</sup>,并引起了广大医药工作者的密切关注,以植物毒素作为先导化合物的药源具有广阔的应用前景。麻疯树中含有较多的毒性成分,特别是种子中所含的毒蛋白,对他们进行深入的研究,有望带来良好的经济效益。

**作为生物燃料产品的原料** 在尼加拉瓜将麻疯树种子油作为生物燃料,其种子含油率高达 40%,且流动性好,它与柴油、汽油、酒精的掺合性很好,相互掺合后,在长时间内不分离。利用它作为热带地区最适宜的、可再生的生物燃料资源,具有较好的发展前景<sup>[45]</sup>。

**生物防治** 麻疯树的石油醚提取物可抑制柠檬凤蝶(*Papilio demoleus* L.)三龄幼虫的进食,在叶面上喷洒 0.3%麻疯树叶的石油醚提取物,发现被幼虫进食的叶面积为 33.77%,而对照组为 85.85%<sup>[42]</sup>。麻疯树叶的汁也有一定的毒性,可作为消毒剂或杀虫剂。实验表明,用麻疯树叶的汁处理 6 h 可杀死葡萄球菌、杆菌和微球菌,并对传染疟疾的中间寄主的幼虫具有强烈的抑制作用。麻疯树种子的提取物还显示了一定的抗软体动物(*Biomphalaria glabrata*)和湖北钉螺(*Oncomelania hupensis*)的活性<sup>[46]</sup>。

**其他** 麻疯树油还可制造肥皂,染料等产品,提取油后的渣可作肥料,麻疯树叶可饲养家蚕。

综上所述,麻疯树是一种多用途的植物,有着较强的市场开发潜力,对它的进一步研究和开发将会给人类带来可观的经济效益。

### 参考文献

- [1] Openshaw K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant unfulfilled promise [J]. *Biomass Bioenergy*, 2000, 19: 1-15.
- [2] Kiu H S(丘华兴). *Flora of China* Tomus 44 (2) [M]. Beijing:

- Science Press, 1996. 148. (in Chinese)
- [3] Lin J(林娟), Tang L(唐琳), Chen F(陈放). Tissue culture and plantlet regeneration of *Jatropha curcas* [J]. Plant Physiol Comm (植物生理学通讯), 2002, 38(3):252. (in Chinese)
- [4] Chen J S(陈冀胜), Zheng S(郑硕). Toxic Plant in Chinese [M]. Beijing: Science Press, 1987. 258. (in Chinese)
- [5] Botanica Institutes for Guangxi (广西植物研究所). Cybele of Guanxi Volume 2 Dicotyledon [M]. Nanning: Guangxi People Press, 1982. 226. (in Chinese).
- [6] Yang Q Z(杨钦周). Distribution of Sichuan Trees [M]. Guiyang: Science and Technology Press of Guizhou, 1997. 243. (in Chinese)
- [7] South China Institutes of Botany, the Chinese Academy of Sciences (中国科学院华南植物研究所). Flora of Hainan Volume 2 [M]. Beijing: Science Press, 1965. 172. (in Chinese)
- [8] Zheng W J(郑万钧). Sylva Sinica Volume 3 [M]. Beijing: Forest Press of China, 1998. 2977-2979. (in Chinese)
- [9] Chen M Q(陈梦青), Hou L L(侯林林), Zhang G W(张国文). The diterpenoids from *Jatropha curcas* L. [J]. Acta Bot Sin(植物学报), 1988, 30(3):308-311. (in Chinese)
- [10] Kou L Y(孔令义), Ming Z D(闵知大), Shi J X(史剑侠), et al. Chemical constituents from roots of *Jatropha curcas* [J]. Acta Bot Sin(植物学报), 1996, 38(2):161-166. (in Chinese)
- [11] Adolf W, Opferkuch H J, Hecher E. Irritant phorbol derivatives from four *Jatropha* species [J]. Phytochemistry, 1988, 23(1):129-132.
- [12] Hirota M, Suttajit H, Suguri H, et al. A new tumor promoter from the seed oil of *Jatropha curcas* L., an intramolecular diester of 12-deoxy-16-hydroxyphorbol [J]. Carcer Res, 1988, 48(20): 5800-5804.
- [13] Kupchan S M, Sigel M J, Matz J A, et al. Jatrophone, a novel macrocyclic diterpenoid tumorinhibitor from *Jatropha gossypifolia* [J]. J Amer Chem Soc, 1970, 92(14):4476-4477.
- [14] Naengchomnong W, Thebtaramonth Y, Wiriyachitra P, et al. Isolation and structure determination of two novel lathyranes from *Jatropha curcas* [J]. Retrah Lett, 1986, 27(4):5675-5678.
- [15] Mitra C R, Bhatnagar S C, Sinha M K. Chemical examination of *Jatropha curcas* [J]. Indian J Chem, 1970, 8:1047.
- [16] Subramanian S S, Nagarajan S, Sulochana N. Flavonoids of some euphorbiaeous plants [J]. Phytochemistry, 1971, 10:2548-2549.
- [17] Khafagy S M, Mohamed Y A, Abdel-Salam N A, et al. Phytochemistry study of *Jatropha curcas* [J]. Planta Med, 1977, 31(3):274-277.
- [18] Staubmann R, Schubert-Zsilavec M, Hiermann A, et al. A complex of 5-hydroxypyrrolidin-2-dione and pyrimidine-2,4-dione isolated from *Jatropha curcas* [J]. Phytochemistry, 1999, 50(2):337-338.
- [19] Parthasarathy M R, Saradhi K P. A coumarino-lignan from *Jatropha gossypifolia* [J]. Phytochemistry, 1984, 23(4):867-869.
- [20] Teixeira J P F. Content and chemical composition of the *Jatropha* spp. seed oil [J]. Bragantia, 1987, 46(1):151-157.
- [21] Nath L K, Dutta S K. Extraction and purification of curcain, a protease from the latex of *Jatropha curcas* Linn [J]. J Pharm Pharmacol, 1991, 43:111-114.
- [22] Stirpe F, Pession-Brizzi A, Lorenzoni E, et al. Studies on the proteins from the seeds of *Croton tiglium* and *Jatropha curcas* [J]. Biochem J, 1976, 156:1-6.
- [23] Lin J(林娟), Yan F(颜飏), Tang L(唐琳), et al. Isolation, purification and functional investigation on the N-glycosidase activity of curcin from the seeds of *Jatropha curcas* [J]. High Techn Lett (高技术通讯), 2002, 12(11):36-40. (in Chinese)
- [24] Lin J(林娟), Yan F(颜飏), Tang L(唐琳), et al. Anti-tumor effects of curcin from seeds of *Jatropha curcas* [J]. Acta Pharmacol Sin (中国药理学报), 2003, 24(3):241-246. (in Chinese)
- [25] Lin J(林娟), Chen Y(陈钰), Xu Y(徐莺), et al. Cloning and expression of curcin, a ribosome-inactivating protein from the seeds of *Jatropha curcas* [J]. Acta Bot Sin (植物学报), 2003, 45(7):858-863. (in Chinese)
- [26] Van A, Horsten S, Kettenes J, et al. Curcacycline A — a novel cyclic octapeptide isolated from the latex of *Jatropha curcas* Linn [J]. FEBS Lettes, 1995, 358(3):215-218.
- [27] Li W L(李维莉), Yang H(杨辉), Lin N Y(林南英), et al. Study of the chemical constituents of seed oils from *Jatropha curcas* [J]. J Yunnan Univ (云南大学学报), 2000, 22(15):324. (in Chinese)
- [28] Makkar H, Becher K, Sporer F. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas* [J]. J Agri Food Chem, 1997, 45(8):3152-3157.
- [29] Gubitz G M, Mittelbach M, Trabi M. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. [J]. Bioresour Techn, 1999, 67(1):73-82.
- [30] Oluwole F S, Bolarinwa A F. *Jatropha curcas* extract causes anaemia in rat [J]. Phytoterapy Res, 1997, 11(7):538-539.
- [31] Gandhi V M, Cherian K M, Mulky M J. Toxicological studies on ratanjyot oil [J]. Food Chem Toxicol, 1995, 33(1):39-42.
- [32] Goonasekera M M, Gunawardana V K, Jayasena K, et al. Pregnancy terminating effect of *Jatropha curcas* in rats [J]. J Ethnopharmacol, 1995, 47(3):117-123.
- [33] Sukumaran D, Parashar B D, Rao K M. Toxicity of *Jatropha gossypifolia* and *Vaccaria pyramidata* against freshwater snails vectors of animal schistosomiasis [J]. Fitoterapia, 1995, 66(5): 393-398.
- [34] Gupta M P, Monge A, Karikas G A. Screening of Panamanian medicinal plants for brine shrimp toxicity, crown gall tumor inhibition, cytotoxicity and DNA-intercalation [J]. Inter J Pharmacognosy, 1996, 34(1):19-27.
- [35] El Badwi S M, Adam S E. Toxic effects of low levels of dietary *Jatropha curcas* seed on Brown Hisex [J]. Vet Hum Toxicol, 1992, 34(2):112-115.
- [36] El Badwi S M, Mousa H M, Adam S E. Response of brown hisex chicks to low levels of *Jatropha curcas*, *Roconus communis* or their mixture [J]. Vet Hum Toxicol, 1992, 34(4):304-306.

- [37] Matsuse I T, Lim Y A, Hattori M, et al. A search for anti-viral properties in Panamanian medicinal plants. The effects on HIV and its essential enzymes [J]. *J Ethnopharmacol*, 1999, 64(1):15-22.
- [38] Gupta R C. Pharmacognostic studies on Dravanti: *Jatropha curcas* [J]. *Plant Sci*, 1985, 94(1):65-82.
- [39] Muanza D N, Euler K L, William L, et al. Screening for antitumor and anti-HIV activities of nine medicinal plants from Zaire [J]. *Inter J Pharmacognosy*, 1995, 33(2):99-106.
- [40] Nwosu M O, Okafor J I. Preliminary studies of the antifungal activities of some medicinal plants against *Basidiobolus* and some other pathogenic fungi [J]. *Mycoses*, 1995, 38(5-6):194-195.
- [41] Marraquin E A, Blanco J A. Clinical trial of *Jatropha curcas* sap in the treatment of common warts [J]. *Fitoterapia*, 1997, 68(2):160-162.
- [42] 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.
- [43] Huang T K(黄泰康). Development strategy of nature drug in the 21st centry [J]. *Med Inform Chin(中国医药情报)*, 1995, 1(6):348-357. (in Chinese)
- [44] Li Y S (李云森), Chen Z J (陈子君), Wang Z T (王峥涛). Discussion about exploitation of new drug from toxic plant [J]. *Chin Trad Herb Drugs(中草药)*, 2002, 33(5):476-477. (in Chinese)
- [45] Foidl N, Foidl G, Sanchez M, et al. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua [J]. *Bioresour Techn*, 1996, 58(1):77-82.
- [46] Lin S Y, Sporer F, Wink M, et al. Anthraquinones in *Rheum palmatum* and *Rumex dentatus* (Polygonaceae), and phorbol ester in *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) with molluscicidal activity against the schistosome vector snails *Oncomelania*, *Biomphalaria* and *Bulinus* [J]. *Trop Med Inter Health*, 1997, 2(2):179-188.