

买麻藤科植物研究进展

史胜青, 刘建锋, 江泽平

(中国林业科学研究院林业研究所/林木遗传育种国家重点实验室, 北京 100091)

摘要:买麻藤科植物是裸子植物中唯一的藤本植物,具有重要的理论研究和应用开发价值。全世界仅 1 属约 40 种,中国发现 9 种,分布于亚洲、非洲和南美洲的热带和亚热带地区;在理论研究方面,该科系统进化位置特殊,形态结构、化学成分和分子水平上的研究存在很大争议,仍没有解决其在裸子植物与被子植物间所处的进化位置;在应用研究方面,该科既是传统中药又富含芪类、生物碱和黄酮等活性成分,而且果实和叶片可食用;然而,在引种、驯化及培育方面研究薄弱,阻碍了该科资源的开发和利用。本文从资源分布、理论与应用研究以及开发利用等方面综述了买麻藤科植物研究进展,将为今后国内深入开展该科植物的相关研究奠定基础。

关键词:买麻藤;藤本植物;系统进化;芪类化合物;引种;驯化

Research Progress on Gnetaceae Plants in the World

SHI Sheng-qing, LIU Jian-Feng, JIANG Ze-ping

(State Key Laboratory of Tree Genetics and Breeding, Institute of Forestry Research/
Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091)

Abstract: Gnetaceae plants, as a sole lianas (rare shrubs or arbors) in gymnosperms, plays an important roles in the studies of theoretics and applications. There is only one genus, and about 40 species in the world and 9 species in China, which distributed in the tropical and subtropical areas of Asia, Africa and South America. On the aspects of theoretical research, it is still disputed for the system evolution between gymnosperms and angiosperms although a large amounts of studies have been carried out on the morphology and anatomy, chemical constituents and molecular biology. On the aspects of applicable research, the constituents of biological activities, stilbene or its derivatives, alkaloid and flavone, etc., are greatly abundant in this family. Moreover, some species have been Chinese traditional medicines in history. However, exploitation and utilization have been blocked due to its weakness on the studies of introduction, domestication and cultivation. Consequently, this article reviews that the progress on its distribution of species, the research values of theoretical and applicable research, exploitation and utilization, which will provide an basis for the further study of Gnetaceae plants in future.

Key words: Jointfir; Lianas; System evolution; Stilbene; Introduction; Domestication

买麻藤科 (Gnetaceae) 是裸子植物门中唯一藤本植物,常绿、木质,稀乔、灌木^[1]。由于具有被子植物相关特性,使其系统进化位置非常特殊,科学研究价值非常重大。因此,100 多年来研究人员从形态结构^[1-2]、化学成分^[3-5]和分子水平^[6-9]等角度开展了大量的研究。然而,裸子植物和被子植物之间

的进化位置仍存在很大争议。另外,该科植物在应用开发上蕴含巨大的经济价值,除了是传统中药外,还富含芪类化合物、生物碱类和黄酮类等生物活性成分。因此,国内对其研究也主要集中在药用成分上^[10-11];而在种质鉴定、引种、驯化及培育等方面研究投入很少,还未发掘出特种用途品种;而农作物水

收稿日期:2011-06-04 修回日期:2011-03-18

基金项目:国家“十一五”科技支撑(2006BAD03A0104)

作者简介:史胜青,博士,副研究员,研究方向为树木逆境生理与分子生物学、林木遗传育种。E-mail:shi.shengqing@caf.ac.cn

通讯作者:江泽平,博士,研究员,研究方向为林木引种与植物地理、逆境生物学。E-mail:jiangzp@caf.ac.cn

稻早已开展了特种稻研发,如富含生物碱和黄酮等生物活性成分的品种^[12]。因此,本文基于买麻藤科植物独特的系统位置及潜在的巨大价值,以及初步对南方主要省区买麻藤的野外调查,从资源分布、研究价值、应用开发价值等方面介绍和综述了该科植物研究进展,为今后国内加大买麻藤科植物的基础研究提供依据和方向,同时也为今后对该科植物的深度开发利用奠定基础。

1 买麻藤科植物分类与分布

买麻藤科植物全世界仅 1 属约 40 种,产于亚洲、非洲和南美洲热带和亚热带地区,以亚洲大陆南部,经马来半岛至菲律宾群岛为分布中心^[1,13-14](表 1)。到目前为止,中国境内在 25°N 以南的福建、广东、广西、云南、海南、贵州以及江西、湖南两省南部等 8 省区均有分布。20 世纪 80 年代以前,国内发现了小叶买麻藤、买麻藤(倪藤)、垂子买麻藤、细柄买麻藤、海南买麻藤、罗浮买麻藤、闭苞买麻藤等 7 个种^[15];后来,邵宏^[16]在广西又发现球子买麻藤和巨子买麻藤 2 个新种。而 Fu 等^[14,17]认为闭苞买麻藤不能作为一个独立种,显轴买麻藤在云南西部和西藏东南部可能分布,然而未见到相关材料,因此认为国内共有 9 个种。

由于该科资源丰富、分布广、变种较多,还没有进行过系统调查,可能还有未发现的新种。现有买麻藤种间区分主要是从形态方面确定,但这方面有些种很相近(如买麻藤与球子买麻藤),且易受外界环境因素的影响,而从解剖结构和分子水平研究的较少。另外,该科植物有些种在民间异名或别名较多,如小叶买麻藤,别名有买子藤(《广东通志》),驳骨藤(《陆川本草》),大节藤、乌骨风、麻骨风等(《广西药植名录》),这也给该科植物种质资源的收集带来了麻烦。虽然丰富的植物遗传资源是品种选育的重要基础^[18],但种质鉴定是植物资源研究的基础^[19]。因此,有必要从形态、解剖和分子水平相结合对买麻藤科植物开展系统的鉴定研究。

2 买麻藤科系统进化研究

买麻藤科与麻黄科(Ephedraceae)和百岁兰科(Welwitschiaceae)构成现存的一类系统位置非常独特的裸子植物^[1,20-21]。地球上分布最广泛的被子植物在系统进化上是由哪一类植物进化而来?真花学说、假花学说、生花植物学说、新假花学说等都认为来源于买麻藤类^[2],然而,大量证据却表明买麻藤类与裸子植物松杉类之间关系密切^[6-7,22-23]。由于

还没有确切的化石记录,买麻藤的系统位置长期以来存在着争议^[6-7,8-24],主要表现在形态结构、化学成分和分子水平等方面。

2.1 形态结构

买麻藤科植物叶片宽阔且具有细致的网状脉序,极类似于阔叶双子叶植物的叶片^[25];维管组织分化的导管也类似被子植物^[21];胚珠内无颈卵器、不育的孢子叶特化成花被状,因此,被认为是裸子植物中最进化的类群^[26-27]。但买麻藤叶脉络由具有亲水性的纤维构成,导管由圆形具缘纹孔的管胞(tracheids with circular pits)演化而来,而被子植物叶脉络是初生维管束构成,导管由梯形具缘纹孔(tracheids with scalariform pits)演化而来^[28-29]。这又使买麻藤科的叶脉络和导管与被子植物的存在很大的差异。

从花器官来看,买麻藤科植物的两性生殖构造衍生出被子植物的两性花,因此,假花学说认为被子植物来源于裸子植物的买麻藤类^[2]。花粉壁超微结构研究也表明,它们与最原始的被子植物——睡莲(*Nymphaea colorata*)非常接近,这暗示二者可能有较近的亲缘关系^[30]。但是, Yang^[22-23]对买麻藤类花器官的研究不支持买麻藤类与被子植物之间直接的来源关系,而认为买麻藤类与裸子植物松杉类之间关系密切。

2.2 化学成分

植物的化学成分复杂程度代表着物种适应能力和进化程度。买麻藤科植物富含裸子植物特征化学成分生物碱、黄酮、萜类等^[10-11,31],如萜烯类化合物中 α -蒎烯占 69.3%^[11],而萜烯类是针叶树稳定排放的主要挥发物成分^[32],这说明买麻藤科与裸子植物接近。然而,通过对数种买麻藤的生物碱成分进行比较分析,发现苜基异喹啉生物碱可能是买麻藤科植物的特征性成分之一^[3],而苜基异喹啉生物碱是被子植物常用的分类学指标,这又为被子植物由买麻藤科进化而来的观点提供了一定的化学证据。

2.3 分子进化

买麻藤科植物与另两种买麻藤类植物(麻黄和百岁兰)在叶绿体 DNA 结构进化方面具有共同的特性,即基因组结构简单、紧凑,这可能说明该特性是这类植物长期进化选择过程中所必需的^[9]。通过对小叶买麻藤 *GpANTL1* [a homolog of AINTEGUMENTA (ANT)] 基因在胚珠轴(ovulate axis)原位杂交表明,该基因在外、中、内珠被及珠心顶端表达明

表 1 买麻藤科植物的种类与分布

Table 1 Species and distribution of Gnetaceae in the world

组 Sect.	种 Species	中文名 Chinese name	地理分布 Distribution
买麻藤	<i>Gnetum gnemon</i>	显轴买麻藤	从印度阿萨姆邦贯穿马来西亚到斐济
<i>Gnetum</i>	<i>G. costatum</i>	—	索罗门岛屿, 马来西亚西部, 新几内亚
	<i>G. africanum</i>	刚果买麻藤	尼日利亚, 喀麦隆, 中非, 刚果, 加蓬, 扎伊尔, 安哥拉
	<i>G. buchholzianum</i>	科麦隆买麻藤	喀麦隆
	<i>G. amazonicum</i>	巴西买麻藤	厄瓜多尔, 哥伦比亚, 巴西, 圭亚那地区
	<i>G. camporum</i>	—	委内瑞拉的 Gran Sabana, 圭亚那
	<i>G. leyboldii</i>	亚马逊买麻藤	巴西北部, 委内瑞拉, 厄瓜多尔, 哥伦比亚
	<i>G. paniculatum</i>	哥伦比亚买麻藤	巴西北部, 委内瑞拉, 圭亚那及圭亚那地区
	<i>G. urens</i>	—	巴西, 委内瑞拉, 圭亚那地区
	<i>G. schwackeanum</i> ^a	—	中南美、东南亚
	<i>G. venosum</i> ^a	大子买麻藤	
柱穗	<i>G. latifolium</i>	宽叶买麻藤	印度安达曼岛, 泰国, 马来西亚至新爱尔兰
<i>Cylindrostachys</i>	<i>G. montanum</i>	买麻藤	中国, 印度, 泰国, 缅甸
	<i>G. ula</i>	印度买麻藤	印度南部
	<i>G. arboreum</i>	—	菲律宾吕宋岛
	<i>G. gracilipes</i>	细柄买麻藤	中国广西南部、云南东南部
	<i>G. catasphaericum</i>	球子买麻藤	中国广西南部、云南
	<i>G. oblongum</i>	矩圆叶买麻藤	印度, 孟加拉国, 缅甸
	<i>G. pendulum</i>	垂子买麻藤	中国广西、贵州东南、西藏东南、云南南部
	<i>G. tenuifolium</i>	薄叶买麻藤	马来群岛(马来半岛和苏门答腊岛)
	<i>G. contractum</i> ^a	—	印度特拉凡科(Travancore)
	<i>G. globosum</i>	—	马累(马来半岛)
	<i>G. gnemonoides</i>	马来西亚买麻藤	新汉诺威岛, 马来西亚, 印尼, 菲律宾, 新几内亚
	<i>G. klossii</i>	—	马来群岛婆罗州东北部
	<i>G. leptostachyum</i>	细叶买麻藤	越南, 老挝, 柬埔寨, 马来半岛西, 泰国北部
	<i>G. loerzingii</i>	—	马来群岛(苏门答腊岛北和恩加诺岛)
	<i>G. acutum</i>	—	马来群岛婆罗州西部
	<i>G. cleistostachyum</i> ^b	闭苞买麻藤	中国云南东南
	<i>G. cuspidatum</i>	急尖买麻藤	马来群岛, 泰国
	<i>G. diminutum</i>	加里曼丹买麻藤	马来群岛婆罗州, 马来西亚沙捞越(Sarawak)
	<i>G. hainanense</i>	海南买麻藤	中国福建南、广东、广西、贵州、海南、云南东南
	<i>G. luofuense</i>	罗浮买麻藤	中国福建、广东、江西南
	<i>G. macrostachyum</i>	大穗买麻藤	缅甸, 泰国, 越南, 老挝, 柬埔寨, 马来群岛, 新几内亚
	<i>G. microcarpum</i>	小子买麻藤	缅甸至马来群岛西
	<i>G. neglectum</i>	—	马来群岛婆罗洲岛
	<i>G. oxycarpum</i>	—	马来西亚, 苏门答腊岛
	<i>G. parvifolium</i>	小叶买麻藤	中国福建南、广东、广西、贵州、海南、湖南、江西、云南, 老挝
	<i>G. raya</i>	—	马来群岛婆罗州中部, 马来西亚沙捞越(Sarawak)
	<i>G. ridleyi</i>	—	马来群岛马来半岛
	<i>G. giganteum</i>	巨子买麻藤	中国广西
	<i>G. bosavicum</i> ^a	—	新几内亚(巴布亚岛)

^a为许多资料记载,但未查到具体形态特征描述;^b为不确定;“—”为无对应中文名

^a represents it is recorded by documents, but no description of morphological traits in details; ^b represents it is not conformed; “—” means no corresponding name in Chinese

显,这与被子植物拟南芥 *ANT* 类似^[33]。然而,对被子植物和裸子植物的 *MADS-box* 同源基因进行系统发育分析表明,买麻藤类和现存松杉类之间的关系比较密切,而与被子植物没有什么直接的联系^[6]。并且,通过对大量裸子植物和被子植物的线粒体、质体和细胞核 DNA 测序后比对也表明,买麻藤类植物与针叶树关系密切,而不是被子植物的姊妹类群^[7-8,34]。

3 买麻藤科开发价值研究

3.1 药用价值

据考证买麻藤科植物在 1500 年前已作药用,而药用买麻藤通常是指小叶买麻藤,其藤茎、根和叶均可入中药,具有祛风除湿、散毒消肿、化痰止咳的功效;临床上用于治疗急性呼吸道感染、慢性气管炎和急性胰腺炎(《全国中草药汇编》、《本草纲目拾遗》和《陆川本草》)。例如,瑶药“麻骨风”为小叶买麻藤干燥藤茎,对治疗慢性支气管炎功效独特显著。随着现代分析技术的应用,发现买麻藤科除了富含裸子植物特征化学成分生物碱、黄酮、萜类等^[31],还富含芪类化合物^[10-11]。据统计,该科芪类化合物达 99 种、生物碱 10 种、黄酮类 14 种^[3]。药理作用研究发现这些化合物具有多方面的生理活性^[10],如 *G. nodiflorum* 提取物对人类某些肿瘤细胞具有潜在的专一性抑制作用^[35]。

3.1.1 芪类化合物 迄今,自然界已发现一百多种芪类化合物,而买麻藤科中就有近百种^[10],这说明该科芪类化合物非常丰富。其他裸子植物中仅见松科有 2 属^[36],而麻黄科^[37]和银杏科^[38]等植物还未见报道。除了富含白藜芦醇、异丹叶大黄素等外,其余绝大部分为该科新发现命名的芪类;药理作用表明它们具有抗肿瘤、保护心血管、抗菌、消炎、保肝、抗过敏和免疫等多种生物活性^[10-11,39]。Iliya 等^[40]研究发现,买麻藤中有 56 种芪类化合物能够抑制肿瘤细胞 HL60 的活性,其中 gneomonol G and gnetin 1 的抑制作用最强,并把该科作为研发抗肿瘤药物的首选物种之一。这说明该科中芪类化合物的潜在开发价值非常大。

3.1.2 生物碱类 生物碱类在裸子植物中仅存于三尖杉科、红豆杉科、罗汉松科、麻黄科及买麻藤科。目前,对买麻藤科生物碱类成分的研究并不充分,仅限于小叶买麻藤、宽叶买麻藤等少数几个种。1980 年首先从小叶买麻藤茎分离到一种重要生物碱——消旋去甲乌药碱,有抗血栓、降血压作用,兼具解痉和抗过敏的平喘作用^[11];之后, Xu 等^[41]又分离得

到 5 个苄基异喹啉生物碱;还分离了结构未定的生物碱 Gnetiline A、B、C^[11]。Rochfort 等^[42]从宽叶买麻藤中分离 2 个新的苄基异喹啉生物碱 Latifolian A 和 Latifolian B。王利勤^[3]通过对 5 种买麻藤植物的生物碱成分比较分析后,发现苄基异喹啉生物碱可能是该科的特征性成分之一,其他裸子植物还未见类似报道。药理表明,该种生物碱对抗肿瘤、保护心血管、抗炎、抗病毒等效果显著^[43-44]。

3.1.3 黄酮类 黄酮类及双黄酮类是裸子植物的特征性成分,具有治疗冠心病、抗肿瘤、抗氧化和镇痛等方面的功效。据文献报道,从买麻藤科植物中已发现了 10 余种黄酮类化合物^[3,10]。

综上所述,买麻藤科富含芪类化合物、生物碱和黄酮类生物活性成分,并且是目前已知芪类化合物最为丰富的物种。因此,为了开发出活性更强的抗肿瘤、抗病毒和预防心血管疾病等生物活性成分,该科植物具有重要的潜在开发价值。

3.2 食用价值

买麻藤科植物部分种可以作为果树,如显轴买麻藤、*G. costatum* 和宽叶买麻藤^[45]和木本蔬菜,如科麦隆买麻藤和刚果买麻藤^[46]。该科还是一种珍贵的木本粮油植物,如种子富含淀粉和脂肪,可炒食或榨油^[47],但目前还未见深入的研究。由于富含生物活性成分,以及高含量的灰分、蛋白质、热值和丰富的粗纤维,科麦隆买麻藤和刚果买麻藤的鲜叶在非洲当地广泛用作保健和预防疾病的营养蔬菜^[48],已成为喀麦隆、加蓬和中非主要出口创汇产品,为当地居民脱贫提供了创收途径^[49]。现在,刚果买麻藤叶片作为蔬菜在亚洲、非洲和南美洲有很大的消费市场^[50],而且已远销美国、法国和英国等国家。

3.3 纤维价值

买麻藤因性近麻而得名,《本草纲目拾遗》中曰其:“性柔易治,以制履,坚韧如麻,故名,言买麻得藤也”。尽管该科植物因为茎皮富含韧性纤维,可作麻袋、渔网、绳索、人造棉和造纸等原料,如显轴买麻藤在印度尼西亚和马来西亚等国已用于纸浆材料^[51],但国内还未见开发利用。并且,该科植物因性如麻而取其名,但有关其纤维性能及利用价值的研究还少见报道。

4 买麻藤科植物引种驯化与栽培研究

4.1 引种驯化

买麻藤科植物某些种具有很高的经济利用价值,非洲和东南亚国家对其引种、驯化和开发等方面

研究非常重视^[45]。在东南亚地区,显轴买麻藤被作为水果和坚果,*G. costatum* 和宽叶买麻藤被作为坚果而广泛栽培^[45]。据报道,成年显轴买麻藤树每年每株产量可达 80~100kg^[51],另外,其在印度尼西亚和马来西亚等国已用于纸浆材料^[51]。在非洲地区,科麦隆买麻藤和刚果买麻藤也得到广泛栽培^[46],并且,作为木本蔬菜在非洲产地国家已历史悠久^[46,48,50]。近期国内有报道,西双版纳热带植物园已引种和保存了 8 种买麻藤植物^[52]。其中,显轴买麻藤是 2001 年从印度尼西亚和新加坡以种子形式引进,目前已到开花结果期,该种也成为国内仅有的乔木型买麻藤科植物。然而,南方 8 省区作为买麻藤的分布区,还未见有关驯化和选育方面的报道。

4.2 栽培技术

买麻藤科植物喜中性到偏碱性且排水良好的土壤;耐荫、耐干旱、耐贫瘠,能生长于沙土或石灰岩上^[51]。在繁殖技术方面,该科植物繁殖容易,可以通过播种繁殖或无性繁殖(如扦插、嫁接等)^[53]。播种繁殖主要不足是种子发芽时间长达 45~360d,而且每天都需向苗床浇水^[51];而扦插繁殖相对简单,但应注意选择合适的基质。通过对刚果买麻藤嫩枝扦插试验表明,基质对生根率影响较大,而激素 IBA 对生根率没有明显影响^[54]。另外,接种菌根还能够提高幼苗在酸性土壤中的生长^[55]。总之,目前国外对买麻藤培育方面的研究报道较多,而国内很少见报道。通过调查发现,我国南方有些地区把买麻藤作为藤类观赏植物,主要通过扦插和压条两种方式进行繁殖。

5 研究展望

我国是世界上裸子植物资源最丰富的国家,其中蕴含着巨大的研究和应用价值。买麻藤科植物是裸子植物中唯一藤本植物,由于系统进化位置非常特殊,并且蕴含着潜在的巨大开发价值,已开始受到一定程度的关注。但由于研究基础相对薄弱,阻碍了该科植物的深入研究和开发利用。因此,今后应该从以下几方面加强买麻藤科植物研究。

5.1 买麻藤科的系统发育和种质鉴定研究

尽管买麻藤科植物在形态结构、化学成分和分子水平等角度开展了大量研究,但该科植物是否与被子植物的起源和早期演化关系密切,仍然存在争议,今后这方面仍是植物系统学研究领域的热点之一。另外,买麻藤科资源丰富,种间基本上是依照较早的形态上划分,但这已不能满足今后对该科植物

的开发。为了更好地区分和鉴定种间差别,需要形态与解剖结构和分子水平进一步相结合开展相关研究。

5.2 买麻藤科地理分布与气候变化的关系

买麻藤科与麻黄科和百岁兰科构成了一类现存的、独特的裸子植物^[21]。最近 Guo 等^[56]通过对辽宁省发现的买麻藤科关系很近的早白垩世植物化石分析,发现该科植物在远古时代分布范围较广。然而,经过多次重大地质气候变化后,该科植物演变为独特的一小类群体分布在热带和亚热带森林;而同属买麻藤类的麻黄科^[57]和百岁兰科^[58]则分布在干旱或沙漠地区。这说明买麻藤类植物的地理分布模式与全球气候变化关系密切。

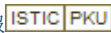
5.3 买麻藤科资源发掘与培育研究

从上述的分析可知,我国买麻藤科资源在药用、食用和纤维等方面蕴含着巨大的潜在开发价值,然而,却处于未开发利用状况;而国外已把该科某些种作为果树、蔬菜广泛栽培和抗肿瘤药物研究的备选物种。今后,国内应该开展买麻藤科资源调查,充分利用热带、亚热带森林环境,广泛收集资源、发掘特种用途的品种,建立和优化人工繁育栽培技术体系,从而为买麻藤科植物的深度开发利用奠定基础。

参考文献

- [1] Maheshwari P, Vasil V. *Gnetum* (Botanical Monograph NO.1) [M]. New Delhi: Council of Scientific & Industrial Research, 1961
- [2] 杨永, 傅德志, 王祺. 被子植物花的起源: 假说和证据 [J]. 西北植物学报, 2004, 24(12): 2366-2380
- [3] 王利勤. 五种植物的化学成分研究 [D]. 昆明: 中国科学院昆明植物研究所, 2005
- [4] Iliya I, Ali Z, Tanaka T, et al. Stilbenoids from the stem of *Gnetum latifolium* (Gnetaceae) [J]. *Phytochemistry*, 2002, 61(8): 959-961
- [5] Kato E, Tokunaga Y, Sakan F. Stilbenoids isolated from the seeds of *Melinjo* (*Gnetum gnemon* L.) and their biological activity [J]. *J Agr Food Chem*, 2009, 57(6): 2544-2549
- [6] Winter K U, Becker A, Munster T, et al. MADS-box genes reveal that gnetophytes are more closely related to conifers than to flowering plants [J]. *PNAS*, 1999, 96: 7342-7347
- [7] Qiu Y L, Lee J H, Bernasconi-Quadroni F, et al. The earliest angiosperms: evidence from mitochondrial, plastid and nuclear genomes [J]. *Nature*, 1999, 402: 404-407
- [8] Rydin C, Källersjö M, Friis E M. Seed plant relationships and the systematic position of Gnetales based on nuclear and chloroplast DNA: conflicting data, rooting problems and the monophyly of conifers [J]. *Inter J Plant Sci*, 2002, 163: 197-214
- [9] Wu C S, Lai Y T, Lin C P, et al. Evolution of reduced and compact chloroplast genomes (cpDNAs) in gnetophytes: selection toward a lower-cost strategy [J]. *Mol Phylogenet Evol*, 2009, 52(1): 115-124
- [10] 王健伟, 梁敬钰. 买麻藤科植物的化学成分及其药理活性研究进展 [J]. 海峡药学, 2006, 18(2): 15-20
- [11] 冯爱芬, 卢宗辉, 李熙灿. 买麻藤科植物的化学成分研究进展 [J]. 中药材, 2006, 29(9): 989-993

- [12] 全东兴,韩龙植,南钟浩,等.特种稻种质资源研究进展与展望[J].植物遗传资源学报,2004,5(3):227-232
- [13] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志(第七卷)[M].北京:中国科学出版社,1978:490-501
- [14] Fu L G, Yu Y F, Gilbert M G. Gnetaceae. In: Wu Z Y, Raven P H. Flora of China 4/ Cycadaceae through Fagaceae [M]. Beijing: Science Press/St Louis, MO: Missouri Botanical Garden, 1999: 102-105
- [15] 郑万均.中国树木志(第一卷)[M].北京:中国林业出版社,1983:413-418
- [16] 邵宏.广西买麻藤科两新种[J].广西植物,1994,14(4):297-299
- [17] Fu L G, Yu Y F. Notes on gymnosperms, II. New taxa and combinations in Gnetaceae from China [J]. Novon, 1997, 7(4): 445-449
- [18] 崔艳华,邱丽娟,常汝镇,等.植物核心种质研究进展[J].植物遗传资源学报,2003,4(3):279-284
- [19] 高宁,程玉鹏,王振月,等.药用植物种质资源鉴定中的分子技术[J].中医药学报,2008,36(3):61-64
- [20] Kubitzki K E D. The families and genera of vascular plants. In: Kramer K U, Green P S. Pteridophytes and gymnosperms [M]. Berlin: Springer, 1990:378-391
- [21] Feild T S, Balun L. Xylem hydraulic and photosynthetic function of *Gnetum* (Gnetales) species from Papua New Guinea [J]. New Phytol, 2008, 177(3):665-675
- [22] Yang Y. Ontogenetic and metamorphic patterns of female reproductive organs of *Ephedra sinica* Stapf (Ephedraceae) [J]. Ata Bot Sin, 2001, 43:1011-1017
- [23] Yang Y. Ontogeny of tricolpate cones of *Ephedra intermedia* and origin of the outer envelope of ovules of Ephedraceae [J]. Am J Bot, 2004, 91(3):361-368
- [24] 施苏华,张宏达,屈良鹏,等.买麻藤植物系统位置初探——分子生物学的证据[J].中山大学学报:自然科学版,1993,32(2):55-59
- [25] Doyle J A. Molecules, morphology, fossils, and the relationship of Angiosperms and Gnetales [J]. Mol Phylogenet Evol, 1998, 9(3):448-462
- [26] Muhammad A F, Sattler R. Vessel structure of *Gnetum* and the origin of angiosperms [J]. Am J Bot, 1982, 69(6):1004-1021
- [27] 孔祥海.福建裸子植物区系研究[J].武汉植物学研究,2004,22(6):514-522
- [28] Carlquist S. Wood, bark and stem anatomy of New World species of *Gnetum* [J]. Bot J Lin Soc, 1996, 120:1-19
- [29] Tomlinson P B, Fisher J B. Development of nonlignified fibers in leaves of *Gnetum gnemon* (Gnetales) [J]. Am J Bot, 2005, 92: 383-389
- [30] Yao Y F, Xi Y Z, Geng B Y, et al. The exine ultrastructure of pollen grains in *Gnetum* (Gnetaceae) from China and its bearing on the relationship with the ANITA Group [J]. Bot J Lin Soc, 2004, 146(4):415-425
- [31] 袁昌齐.中国裸子药用植物概论[J].中药通报,1988,13(1):2-5
- [32] Guenther A, Zimmerman P, Harley P, et al. Isoprene and monoterpene emission rate variability: model evaluation and sensitivity analysis [J]. J Geophys Res, 1993, 98:12609-12617
- [33] Yamada T, Hirayama Y, Imaichi R, et al. AINTEGUMENTA homolog expression in *Gnetum* (gymnosperms) and implications for the evolution of ovulate axes in seed plants [J]. Evol Dev, 2008, 10(3):280-287
- [34] Chaw S M, Parkinson C L, Cheng Y C, et al. Seed plant phylogeny inferred from all three plant genomes: monophyly of extant gymnosperms and origin of Gnetales from conifers [J]. PNAS, 2000, 97(8):4086-4091
- [35] Taylor P G, Cesari I M, Arsenak M, et al. Evaluation of Venezuelan medicinal plant extracts for antitumor and antiprotease activities [J]. Pharm Biol, 2006, 44(5):349-362
- [36] 斯建勇.天然芪类化合物的研究概况[J].天然产物研究与开发,1994,5(4):71-79
- [37] 周玲,吴德康,唐于平,等.麻黄中化学成分研究进展[J].南京中医药大学学报,2008,24(1):71-72
- [38] 张庆红,王洪星,谷洪燕.银杏叶化学成分及提取分离研究概况[J].中华实用中西医杂志,2005,18(10):1532-1533
- [39] 姚春所,林茂,刘欣,等.闭苞买麻藤中的芪类化合物[J].化学学报,2003,61(8):1331-1334
- [40] Iliya I, Akao Y, Matsumoto K, et al. Growth inhibition of stilbenoids in Welwitschiaceae and Gnetaceae through induction of apoptosis in human leukemia HL60 cells [J]. Biol Pharm Bull, 2006, 29(7):1490-1492
- [41] Xu Q, Lin M. Benzylisoquinolinealkaloids from *Gnetum parvifolium* [J]. J Nat Prod, 1999, 62:1025-1027
- [42] Rochfort S J, Towerzey L, Carroll A, et al. Latifolians A and B, novel JNK3 kinase inhibitors from the Papua New Guinean plant *Gnetum latifolium* [J]. J Nat Prod, 2005, 68(7):1080-1082
- [43] 程红霞,林强,程维明.苄基异喹啉类生物碱药理作用及机制的研究进展[J].中国新药与临床杂志,2005,25(5):392-399
- [44] 程轩轩,王冬梅,杨得坡.异喹啉类生物碱的生物活性和构效关系研究进展[J].中草药,2006,37(12):1900-1904
- [45] Akinnifesi F K, Leakey R R B, Ajayi O C, et al. Indigenous fruit trees in the tropics: domestication, utilization and commercialization [M]. Oxfordshire: CABI Publishing, 2008
- [46] Okafor J C. Edible indigenous woody plants in the rural economy of the Nigeria forest zone [J]. For Ecol Manag, 1980, 3:45-55
- [47] 祁振声.古老珍稀的买麻藤[J].云南林业,2000(6):21
- [48] Isong E U, Adewusi S A R, Nkanga E U, et al. Nutritional and phytochemical studies of three varieties of *Gnetum africanum* ('afang') [J]. Food Chem, 1999, 64(4):489-493
- [49] Leakey R R B, Tchoundjeu Z, Schreckenber K, et al. Agroforestry tree products (AFTPs): Targeting poverty reduction and enhanced livelihoods [J]. Inter J Agr Sust, 2005, 3(1):1-23
- [50] Iweala E E J, Uhegbu F O, Obidoa O. Biochemical and histological changes associated with long term consumption of *Gnetum africanum* Welw. Leaves in Rats [J]. Asian J Biochem, 2009, 4: 125-132
- [51] Manner H I, Elevitch C R. *Gnetum gnemon* (gnemon), ver. 1.1. In: Elevitch, C R. (ed.). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR) [M/OL]. Hōlualoa, Hawai'i. 2006. <http://www.traditionaltree.org>
- [52] 肖春芬.买麻藤科的乔木成员首次在我园开花结果[EB/OL]. (2010-5-20). http://www.xtbg.ac.cn/xwzx/ylxx/201008/t20100809_2918543.html
- [53] Cadiz R T, Florido H B. *Gnetum gnemon* Linn [M/OL]. Bago. 2001, 13(2). http://epdb.denr.gov.ph/rise/r_v13/r_v13n2.pdf
- [54] Shiemo P N, Newton A C, Leakey R R B. Vegetative propagation of *Gnetum africanum* Welw, a leafy vegetable from West Africa [J]. J Hort Sci Biotechnol, 1996, 71(1):149-155
- [55] Salim A S, Simons A J, Orwas C, et al. Agroforestry Database [M/OL]. World Agroforestry Centre, Nairobi, Kenya. 2002. <http://www.worldagroforestrycentre.org>
- [56] Guo S X, Sha J G, Bian L Z, et al. Male spike strobiles with *Gnetum* affinity from the Early Cretaceous in western Liaoning, Northeast China [J]. J Syst Evol, 2009, 47(2):93-102
- [57] Ickert-Bond S M, Wojciechowski M J. Phylogenetic relationships in *Ephedra* (Gnetales): evidence from nuclear and chloroplast DNA sequence data [J]. Syst Bot, 2004, 29:834-849
- [58] Henschel J R, Seely M K. Long-term growth patterns of *Welwitschia mirabilis*, a long-lived plant of the Namib Desert [J]. Plant Ecol, 2004, 150:7-26

作者: 史胜青, 刘建锋, 江泽平, SHI Sheng-qing, LIU Jian-Feng, JIANG Ze-ping
作者单位: 中国林业科学研究院林业研究所/林木遗传育种国家重点实验室, 北京, 100091
刊名: 植物遗传资源学报 
英文刊名: Journal of Plant Genetic Resources
年, 卷(期): 2011(5)

参考文献(58条)

1. Ickert-Bond S M; Wojciechowski M J Phylogenetic relationships in Ephedra (Gnetales): evidence from nuclear and chloroplast DNA sequence data [外文期刊] 2004
2. Henschel J R; Seely M K Long-term growth patterns of Welwitschia mirabilis, a long-lived plant of the Namib Desert 2004
3. 程红霞; 林强; 程维明 苜蓿异喹啉类生物碱药理作用及机制的研究进展 2005(05)
4. Rochfort S J; Towerzey L; Carroll A Latifolians A and B, novel JNK3 kinase inhibitors from the Papua New Guinean plant Gnetum latifolium 2005(07)
5. Xu Q Lin M Benzyloquinoline alkaloids from Gnetum parvifolium [外文期刊] 1999
6. Iliya I; Akao Y; Matsumoto K Growth inhibition of stilbenoids in Welwitschiaceae and Gnetaceae through induction of apoptosis in human leukemia HL60 cells [外文期刊] 2006(07)
7. 姚春所; 林茂; 刘欣 闭苞买麻藤中的芪类化合物 2003(08)
8. Guo S X; Sha J G; Bian L Z Male spike strobiles with Gnetum affinity from the Early Cretaceous in western Liaoning, Northeast China [外文期刊] 2009(02)
9. Salim A S; Simons A J; Orwas C Agroforestry Database 2002
10. Shiembo P N; Newton A C; Leakey R R B Vegetative propagation of Gnetum africanum Welw, a leafy vegetable from West Africa 1996(01)
11. Cadiz R T; Florido H B Gnetum gnemon Linn 2001(02)
12. Okafor J C Edible indigenous woody plants in the rural economy of the Nigeria forest zone [外文期刊] 1980
13. Akinnifesi F K; Leakey R R B; Ajayi O C Indigenous fruit trees in the tropics: domestication, utilization and commercialization 2008
14. 程轩轩; 王冬梅; 杨得坡 异喹啉类生物碱的生物活性和构效关系研究进展 2006(12)
15. 肖春芬 买麻藤科的乔木成员首次在我园开花结果 2010
16. Manner H I; Elevitch C R Gnetum gnemon (gnemon), ver. 1.1 2006
17. Iweala E E J; Uhegbu F O; Obidoo O Biochemical and histological changes associated with long term consumption of Gnetum africanum Welw. Leaves in Rats 2009
18. Leakey R R B; Tchoundjeu Z; Schreckenberg K Agroforestry tree products (AFTPs): Targeting poverty reduction and enhanced livelihoods 2005(01)
19. Isong E U; Adewusi S A R; Nkanga E U Nutritional and phytochemical studies of three varieties of Gnetum africanum ('afang') [外文期刊] 1999(04)
20. Tomlinson P B; Fisher J B Development of nonlignified fibers in leaves of Gnetum gnemon (Gnetales) 2005
21. Carlquist S Wood, bark and stem anatomy of New World species of Gnetum 1996
22. 孔祥海 福建裸子植物区系研究 2004(06)
23. Muhammad A F; Sattler R Vessel structure of Gnetum and the origin of angiosperms [外文期刊] 1982(06)
24. 张庆红; 王洪星; 谷洪燕 银杏叶化学成分及提取分离研究概况 2005(10)
25. 周玲; 吴德康; 唐于平 麻黄中化学成分研究进展 2008(01)
26. 斯建勇 天然芪类化合物的研究概况 1994(04)

27. [Taylor P G;Cesari I M;Arsenak M Evaluation of Venezuelan medicinal plant extracts for antitumor and antiprotease activities\[外文期刊\] 2006\(05\)](#)
28. [Chaw S M;Parkinson C L;Cheng Y C Seed plant phylogeny inferred from all three plant genomes:monophyly of extant gymnosperms and origin of Gnetales from conifers\[外文期刊\] 2000\(08\)](#)
29. [Yamada T;Hirayama Y;Imaichi R AINTEGUMENTA homolog expression in Gnetum \(gymnosperms\)and implications for the evolution of ovulate axes in seed plants\[外文期刊\] 2008\(03\)](#)
30. [Guenther A;Zimmerman P;Harley P Isoprene and monoterpene emission rate variability:model evaluation and sensitivity analysis\[外文期刊\] 1993](#)
31. [Yao Y F;Xi Y Z;Geng B Y The exine ultrastructure of pollen grains in Gnetum \(Gnetaceae\)from China and its bearing on the relationship with the ANITA Group\[外文期刊\] 2004\(04\)](#)
32. [Doyle J A Molecules, morphology, fossils, and the relationship of Angiosperms and Gnetales\[外文期刊\] 1998\(03\)](#)
33. [王健伟;梁敬钰 买麻藤科植物的化学成分及其药理活性研究进展 2006\(02\)](#)
34. [Wu C S;Lai Y T;Lin C P Evolution of reduced and compact chloroplast genomes \(cpDNAs\) in gnetophytes:selection toward a lower-cost strategy\[外文期刊\] 2009\(01\)](#)
35. [Rydin C;K\(a\)llersj\(o\) M;Friis E M Seed plant relationships and the systematic position of Gnetales based on nuclear and chloroplast DNA:conflicting data,rooting problems and the monophyly of conifers\[外文期刊\] 2002](#)
36. [Qiu Y L;Lee J H;Bernasconi-Quadroni F The earliest angiosperms:evidence from mitochondrial,plastid and nuclear genomes\[外文期刊\] 1999](#)
37. [Winter K U;Becker A;Munster T MADS-box genes reveal that gnetophytes are more closely related to conifers than to flowering plants 1999](#)
38. [祁振声 古老珍惜的买麻藤 2000\(06\)](#)
39. [冯爱芬;卢宗辉;李熙灿 买麻藤科植物的化学成分研究进展 2006\(09\)](#)
40. [Kato E;Tokunaga Y;Sakan F Stilbenoids isolated from the seeds of Melinjo\(Gnetum gnemon L.\) and their biological activity\[外文期刊\] 2009\(06\)](#)
41. [Iliya I;Ali Z;Tanaka T Stilbenoids from the stem of Gnetum latifolium \(Gnetaceae\)\[外文期刊\] 2002\(08\)](#)
42. [袁昌齐 中国裸子药用植物概论 1988\(01\)](#)
43. [施苏华;张宏达;屈良鹗 买麻藤植物系统位置初探—分子生物学的证据 1993\(02\)](#)
44. [Yang Y Ontogeny of triovulate cones of Ephedra intermedia and origin of the outer envelope of ovules of Ephedraeae\[外文期刊\] 2004\(03\)](#)
45. [Yang Y Ontogenetic and metamorphic patterns of female reproductive organs of Ephedra sinica Stapf\(Ephedraceae\) 2001](#)
46. [Feild T S;Balun L Xylem hydraulic and photosynthetic function of Gnetum\(Gnetales\) species from Papua New Guinea \[外文期刊\] 2008\(03\)](#)
47. [Kubitzki K E D The families and genera of vascular plants 1990](#)
48. [高宁;程玉鹏;王振月 药用植物种质资源鉴定中的分子技术 2008\(03\)](#)
49. [崔艳华;邱丽娟;常汝镇 植物核心种质研究进展 2003\(03\)](#)
50. [Fu L G;Yu Y F Notes on gymnosperms, II. New taxa and combinations in Gnetaceae from China 1997\(04\)](#)
51. [邵宏 广西买麻藤科两新种 1994\(04\)](#)
52. [郑万均 中国树木志\(第一卷\) 1983](#)
53. [Fu L G;Yu Y F;Gilbert M G Gnetaceae 1999](#)
54. [《中国科学院中国植物志》编辑委员会 中国植物志\(第七卷\) 1978](#)
55. [全东兴;韩龙植;南钟浩 特种稻种质资源研究进展与展望 2004\(03\)](#)

56. [杨永;傅德志;王祺 被子植物花的起源:假说和证据](#) 2004(12)
57. [Maheshwari P;Vasil V Gnetum\(Botanical Monograph NO.1\)](#) 1961
58. [王利勤 五种植物的化学成分研究](#) 2005

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201105005.aspx