

雷公藤人工栽培研究进展

徐雯¹, 瞿印权¹, 沈露¹, 陈思凯¹, 李欣欣¹, 荣俊冬¹, 何天友², 郑郁善^{1*}

(1. 福建农林大学林学院, 福建 福州 350002; 2. 福建农林大学艺术学院园林学院, 福建 福州 350002)

摘要:雷公藤作为一种传统的中药材,具有非常重要的药用价值和研究意义。对雷公藤的形态特征及分布地区进行了简单介绍,综述了雷公藤在良种选择、育苗技术以及栽培技术等方面的研究,并对雷公藤的栽培研究进行讨论与展望。

关键词:雷公藤;良种选择;育苗技术;栽培技术

中图分类号:S567.23⁺9 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2017.01.010

在我国,卫矛科雷公藤属植物有10种以上,其中最主要的3种为雷公藤、昆明山海棠以及东北雷公藤(也称黑蔓)。雷公藤作为一种传统的中药,具有抗炎、抗病毒、免疫抑制等作用^[1]。近年来,经过国内外学者们的不断研究,雷公藤在药用价值和临床应用方面的作用日益显现出来。随着需求量的不断上升,野生资源日益减少。近年来,安徽、浙江、福州等地的野生资源基本枯竭,西南地区的昆明山海棠也急剧减少^[2],所以发展雷公藤人工栽培和良种选择是当务之急。本文涉及的物种是雷公藤和昆明山海棠。

1 雷公藤的形态特征及分布

雷公藤有水莽草、黄藤、断肠草、黄药等别称。根木质,内皮橙黄色。当年生小枝密被锈色茸毛,2年生枝呈棕红色,具4棱,疏生短毛,密生瘤状皮孔。单叶互生。叶片红质,多呈椭圆形、卵形,也有部分呈现倒卵椭圆形,长6—9 cm,宽3—5.5 cm;叶面光滑,边缘有细锯齿,侧脉5—7对,稍向上弯拱,网脉清晰;叶柄长4—8 mm。花梗长约4 mm,总花梗长4—10 mm;花淡黄白色、白绿色,直径约5 mm;有种子1枚,黑色,呈细柱状。花期5—6月,果期8—9月。雷公藤根为圆柱形,呈扭曲状,表面粗糙,有细密的纵向沟纹。雷公藤适合生长在排水良好、

pH5—6的微酸性的类泥沙或红壤中^[3]。

雷公藤主要分布在长江流域附近的湖南、湖北、江西、安徽、浙江等省,西南地区的云南以及广西的北部,福建全省、广东和台湾也有分布。

昆明山海棠,有粉背雷公藤,火把花、掉毛草、紫金藤、胖关藤、红毛山藤等别称。其植物形态与雷公藤很相似,不过其叶比雷公藤大,且叶背有白粉,叶下表皮有蜡被。花期与雷公藤相同^[4]。

其主要分布在西南地区云南,贵州等地以及长江流域以南的部分省^[5]。由于雷公藤分布的区域比较广泛,且各地的自然条件各不相同,所以各地雷公藤的药材品质,有效成分含量,根系生长状况,适应能力等也存在较大的差异。所以选择优良的种源和优良的品种尤为重要。

2 雷公藤的种源变异

雷公藤分布的地理范围比较广,由于不同地理种源的生态条件、生境条件的差异较大,经过长期的系统发育就会造成雷公藤的生长发育有显著差别。选育优良的品种是提高药用植物产量与质量的重要因素。20世纪60年代之前主要是根据传统经验来判别药用植物的质量,20世纪80年代后,逐渐出现了用指纹图谱控制中药材的方法,这也是目前国内外所广泛使用的一种评价模式^[6]。刘万水

收稿日期:2016-11-14;修回日期:2016-12-22

基金项目:国家科技支撑计划课题“雷公藤、短葶山麦冬 GAP 关键技术研究”(2009BAI73B01);福建省科技创新平台“福建省中药材 GAP 工程技术研究中心”(2008Y2001);中央财政林业科技推广项目“雷公藤良种繁育和 GAP 关键技术推广示范”(闽[2015]TG03号)

作者简介:徐雯(1993—),女,江苏扬州人,硕士研究生。主要从事森林培育理论与技术研究。E-mail:1243051350@qq.com。

* **通信作者:**郑郁善(1960—),男,福建福州人,教授,博士生导师。主要从事森林培育与园林植物栽培研究。E-mail: zys1960@163.com。

等通过对雷公藤属的 3 种雷公藤进行 RAPD 分子标记分析。发现东北雷公藤与其他 2 种的遗传特性差别较大,雷公藤和昆明山海棠之间存在着很多中间居群,这 2 种雷公藤联系密切,生境和形态具有多样性,且在各地的适应能力和进化潜力较强^[7]。李键等对 25 个不同地理种源的雷公藤进行 RAPD 分子标记,用 DPS 软件进行聚类分析,也得出相似的结论。东南地区的种源遗传多样性较高,西南地区的较弱,但基因纯合度较高,可作为良种选育^[8]。

在地理种源间,种源内的个体之间也会存在显著差异,有效成分的含量也会差别悬殊,所以选择优良的种源也是提高药用植物产量与质量重要的因素。选择优良的种源就要把不同区域的雷公藤种子或枝条等作为繁殖材料,在同一地区进行集中种植,并进行对比试验,选择根系发达、生长速度快,单产高,根系生物量高,有效成分含量高等优良性状的雷公藤种源,并作为以后大量繁殖的材料。陈昕等人对永安国有林场内引种的 24 个雷公藤种源 208 株单株的 1 248 株扦插苗进行调查,对它们的生物量以及器官生长的 13 个生长性状指标进行测量,利用主成分分析法对 24 种不同地理种源雷公藤生长适宜性分析和评价,同时用聚类分析的方法选择优良种源。其结果显示福建省的闽清、连城、大田、泰宁谢家龙、泰宁优树、德化,浙江省的江山、武义、松阳以及景宁,湖南省的湘乡,江西省的厢东的种源雷公藤生长表现良好,可作为优良种源重点发展。福建大部分地区和浙江地区的雷公藤可归为一类^[9]。

3 雷公藤的育苗技术

植物的繁殖一般可分为种子繁育和无性繁殖 2 大类。雷公藤传统用的繁殖方法主要是扦插繁殖、种子育苗、野生驯化、压条繁殖。近些年国内外学者对雷公藤的组织培养进行了一定的研究。

3.1 扦插繁殖

扦插繁殖就是从母体中取下一部分根茎叶等,在适当条件插入基质中,利用植物的分生能力和再生能力,使其产生新根,新茎,形成新的植株。

不同穗龄、不同长度、不同粗度、不同入土深度的插穗对雷公藤扦插成活率有显著差异;同样,不同基质、不同生根素也会对扦插生根生长有所影响。江锦红研究发现,在 2 年生和多年生的枝条上剪取的插条成活率较高,分别为 90.3%, 89.3%。在

当年生的枝条上剪取的插条成活率相对较低,仅为 72%。长度 10 cm 左右,粗度 0.5 cm 以上,入土深度约 6—8 cm 扦插的生根率较高,雷公藤扦插容易生根,可以不需要生长素进行处理,基质为壤土的雷公藤生根率较高,而珍珠岩和细砂较差^[10]。据任江剑等试验报道,用 500×10^{-6} — $1\,000 \times 10^{-6}$ 的 IBA 或 NAA,沾蘸或浸泡当年生轻微木质化枝条后立即扦插,并配合使用薄膜与遮阳网,能明显提高雷公藤的成活率^[11]。林照授等运用主成分分析、平均值-标准差法和聚类分析等方法,探讨雷公藤扦插苗的苗木分级标准。提出以主枝长、主根粗和地径作为雷公藤苗木分级的质量指标^[12]。

扦插的时间对苗木的存活率也会有所影响。不同的扦插时间对苗木的存活率影响显著,而对其愈伤组织的形成,根茎生长、根长、根粗等影响不显著。扦插的时间宜选择 6, 9 月或 10 月^[13]。此种方法易生根,且成活率较高,适合大面积种植,使用的比较多。

3.2 种子育苗

雷公藤的种子 9 月左右成熟,一般表现为种子的顶部由绿色变为橘黄色或黑褐色。这时就应该适时采收,过早种子发育不成熟,影响发芽率,过晚,种子会自然脱落。

采收完种子后应及时晾晒与储藏。首先将成熟的果实带翅采回后晒 2, 3 d,搓去蒴果和翅,除掉果皮,晒干后簸去杂质即可得到其纯种,将纯种放置在阴凉通风处晾干贮藏。晒干后应及时收藏并放入严密不漏气的罐内,加以密封,防治虫蛀,可在容器内放入适量的干燥剂效果更佳。在冬贮过程中,要定期测定种子水分,以确保种子的含水量在其安全范围内,防止坏种。在贮藏种子的过程中,不能将种子在室外和室内随意突然的搬动,否则,温度的骤然变化也会降低雷公藤种子发芽率^[14]。

播种时苗圃地的土质要疏松透气、不板结,以砂质壤土、轻壤土和壤土为宜。秋季进行深翻,次年春季进行整地,并对土壤进行农药处理,并整平好苗床。对于贮藏的种子用温水浸种法或湿沙贮藏法进行催芽。在 3 月初时进行播种。

此种方法由于种子难收集,且发芽率低,生长较慢,一般很少采用。

3.3 野生驯化

野生驯化是就是挖取野生的植株移植进行人工驯化,挖苗时间为每年的 11 月至次年的 2 月,挖

苗时应带根,根长1 cm以上,根径4 cm以上,挖回后立即集中假植并浇水,待春季移至山上种植^[15]。

此种方法易成活、成林、成材,收获早、产量高,但由于野生幼苗数量有限,不适合大面积的种植,只能是为扦插繁殖和优良品种的选育引种驯化提供材料等。

3.4 压条繁殖

压枝繁殖也是一种传统的育苗方法,它是将不脱离母体的枝条进行土中压埋,促使新根和新枝生长,产生新的植株。雷公藤作为一种蔓生藤本植物,其枝条比较细,且易下垂,适宜采用压条繁殖。

在8月中下旬时将雷公藤枝条的尖端埋入土中,当年便在其叶腋处发出新梢和不定根,成为新苗。也可以在母株附近挖5 cm左右的深的小沟,春季时将整个枝条都弯曲在沟内,便可在其各个节位发出新梢并生根,次年春季再将新苗与母株分离,挖出后就可以进行定植^[16]。此种方法省种,省嫁接程序。

3.5 组织培养

组织培养指利用植物的器官或细胞等,通过无菌操作,在人工条件下进行离体培养,从而获得获得再生的完整植株^[17]。组织培养为优良品种的培育开辟了新的途径,同时也在快速繁殖和人工制种等方面潜力较大^[18],雷公藤的种皮较硬,自然条件下不容易萌发,用组织培养法快速的繁殖出新的雷公藤植株的意义重大,前景广阔。

20世纪70年代,日本、加拿大等国家就开始进行雷公藤的组织培养和工业化生产的研究,并对雷公藤的次生代谢物进行研究。国内的雷公藤的组织培养的研究起步相对较晚。

1983年,Misawa对雷公藤进行细胞悬浮培养,发现培养物中的内酯二醇含量能提高到原植株的36倍^[19]。Pépin等人利用雷公藤的茎叶的愈伤组织诱导出完整的植株,并筛选出优良的无性系进行研究。发现能将二萜内酯含量提高到植物根中的19倍^[20]。

在组织培养过程中,最先遇到的问题就是污染问题,如何降低污染程度,保证无菌培养,关系到组织培养成败。相关学者对外植体与消毒方法对组织培养的影响进行研究,得出雷公藤组织培养最佳外植体和最佳消毒方式为先用70%的酒精浸泡无病害的绿色嫩叶30 s,再用10%的NaClO消毒15 min^[21]。将消毒好的叶片进行切片并接种到MS+

1.5 mg/L 2,4-D +1.5 mg/L NAA +0.1 mg/L KT的培养基中进行愈伤组织诱导。在不定芽诱导阶段,使用MS+0.2 mg/L IAA +0.5 mg/L KT +1.5 mg/L 6-BA的培养基诱导出的芽最多,长势最好。在芽体继代增殖阶段,使用MS+0.1 mg/L NAA +0.1 mg/L KT +1.0 mg/L 6-BA培养基,芽生长旺盛,平均月增殖系数最高。在生根培养阶段,使用1/2 MS+2.0 mg/L NAA +0.1 mg/L KT的培养基,生根率最高^[22]。也有学者研究显示最优诱导培养基为MS+NAA0.01 mg/L;最佳增殖培养基为1/2 MS+1 mg/L 6-BA +0.2 mg/L NAA;最佳生根培养基为1/2 MS+0.6 mg/L ABT-1 +0.3 mg/L IBA^[23]。尹作鸿等还对雷公藤的组织进行激素自养型无性系的培养研究,填补了国内外的空白^[24]。

选用不同的外植体,愈伤组织诱导率及甲素含量都会有所不同,有学者研究显示诱导出的愈伤组织细胞活力和诱导率最高的是叶,其次是茎,最后是根。愈伤组织雷公藤甲素质量最好的是叶,其次是根,最后是茎^[25]。

不同的培养条件对雷公藤愈伤组织生长及次生代谢产物含量也会有所影响。据李琰等试验报道,愈伤组织生长的最佳培养条件是pH值为5.8的6,7-V培养基。雷公藤内酯醇的含量最高的部位为根愈伤组织,最佳培养条件是pH值为6.7的White培养基。雷公藤总生物碱含量最高的部位为叶愈伤组织,最佳培养条件是pH值为5.2的White培养基。暗光处理有利于愈伤组织生长和雷公藤内酯醇及总生物碱的积累。愈伤组织最适继代时间为40—45 d,最适培养基为NT培养基^[26]。

用组织培养法对雷公藤进行快速繁殖,不仅繁殖速度快,缩短了生长周期,提高了单位面积产量,而且次生代谢产物含量也会有所增加。此种方法可以进行大规模的工厂化生产育苗。

4 雷公藤的栽培技术

4.1 大田移栽培育技术

将地上茎高大于30 cm,最大根茎大于2 mm,3根以上的主侧根大于16 mm的雷公藤移植到已经平整施肥的土地中。株行距100 cm×100 cm,种植密度保持在9 000—10 000株/hm²。其中11月至次年3月移栽的成活率最高。移栽后及时检查成活率,发现死株应及时补植,保证其成活率。其抚育管理概括为及时除草,科学追肥,合理排灌,适时

摘蕾^[27]。

4.2 山地纯林培育技术

种植地宜选择在半阴半阳坡地、向阳的林边空地等土壤肥沃疏松,土层深厚,灌溉条件优良的砂质壤土。并进行劈杂炼山,以减少杂草的生长,易于经营。9月至次年2月进行整地,2月雷公藤叶子萌发前进行栽植。密度应控制在4 500株/hm²左右^[3]。其抚育管理同大田移栽培育。此种方法简单易施工,但经济效益、生态效益低,生态防护脆弱,抵御自然灾害和病虫害的能力差。

4.3 林下套种培育技术

近些年,随着林下经济的发展,间作套种的栽培方式得到了积极地推广与利用。雷公藤的林下套种比较常见的是在杉木、厚朴、马尾松、油茶、毛竹等林下进行套种。此种方法不仅能够提高土地的利用率,增加产值,而且还能提高经济效益和生态效益。

雷公藤喜湿润,喜中等偏强光照。适宜其生长的林分郁闭度为0.4—0.5之间^[16]。在林下套种雷公藤时,要把握好适宜的种植密度,如果初植密度较高,应及时进行间伐来调整林分郁闭度。

4.3.1 雷公藤与厚朴套种 厚朴由于其枝叶的透光度较大,且其叶子存活时间段较短,林分郁闭度较好,适宜套种雷公藤。厚朴林的密度应控制在2 200株/hm²左右。厚朴的株行距为2 m×2 m,隔行或隔株套种雷公藤。据倪乐的试验报道,套种后,雷公藤林地的土壤全氮、水解性氮、全钾、速效钾和有机质的含量都比雷公藤纯林高。而且雷公藤根、叶中的甲素含量也比纯雷公藤纯林高,分别高出了23.06%和105.80%^[28]。套种后,不仅有利于雷公藤的生长,而且也促进了厚朴林的生长,提高了厚朴的林分质量以及木材的经济价值。涂育合等人研究发现,套种后,厚朴林的胸径和树高比厚朴纯林高出了14.55%和7.43%^[16]。

4.3.2 雷公藤与杉木套种 杉木林的密度应控制在1 500—2 100株/hm²。同厚朴一样,杉木的株行距也为2 m×2 m,隔行或隔株套种雷公藤。研究发现,林下套种雷公藤的植株基径、每丛枝数和单丛干物质质量比雷公藤纯林提高25.0%,37.5%和32.97%^[29]。套种后,雷公藤林地的土壤有效磷和有机质的含量比纯雷公藤高,相对于雷公藤纯林而言,杉木林下套种雷公藤模式使雷公藤叶中甲素含量也增加了36.52%^[28]。同时,林下套种也有利于

提高杉木林分生产力,增加林地的空气湿度,提升林分的生态功能。套种后杉木的平均树高、胸径也比杉木纯林分别提高15.2%和11.5%^[29]。

4.3.3 雷公藤与马尾松套种 马尾松树体比较大,且其枝叶较为稀疏,在其生长周期内,林分郁闭度能保持在0.3—0.6之间。马尾松林的密度应控制在2 500株/hm²左右。套种后,雷公藤的基径和枝数比雷公藤纯林增加了16.5%和5.2%。雷公藤林地土壤全磷和有机质的含量比纯雷公藤有所提高^[28]。这种将马尾松大径材培育与雷公藤药材生产相结合的经营方式,具有较高的经济价值。

4.3.4 雷公藤与毛竹套种 毛竹林的密度在2 100—2 400株/hm²时,林分郁闭度能够保持在0.5左右。潘标志进行毛竹林下套种雷公藤试验研究发现,套种后,雷公藤基径和枝数分别增加了23.3%,20%^[30]。同时,套种后,也改善了土壤结构,增强了土壤的固土保水能力,有利于毛竹鞭的生长。

4.3.5 雷公藤与黄花梨套种 雷公藤除了在山地与乔、灌木套种以外,也有与果树套种的实例。李永武进行黄花梨园套种雷公藤试验研究,套种后,雷公藤生长发育正常,黄花梨的病虫害明显减轻,黄花梨地径、冠幅、单株产量等都比纯林高,果实品质也有所提高,果实中糖分和可溶性固形物含量也有轻微的提高^[31]。

与杉木、马尾松等用材林套种不同,为防止套种毛竹和黄花梨时竹笋和黄花梨中含有雷公藤的有毒成分,经过专门的检测发现无有毒成分,所以可以放心套种。

5 雷公藤有效成分与质量的比较

5.1 生长年限对有效成分的影响

药用植物在不同的生长发育阶段,其有效成分的含量也是不同的。雷公藤的有效成分主要是雷公藤甲素、雷公藤总生物碱、雷公藤内酯醇等^[32]。雷公藤甲素的积累需要一定的年限,但超过一定的年限,其含量会随着木质部次生代谢能力的下降而下降^[33]。孙乙铭等用高效液相色谱法测定不同生长年限雷公藤根中雷公藤甲素含量的差异情况。其研究显示三年生的雷公藤根中雷公藤甲素含量最高^[34];宋兴寒采用柱层析-紫外分光光度法研究同样发现,雷公藤甲素在生长3 a以上根中的产量较高。不同生长年限雷公藤植株叶片及根的总生

物碱含量的差异,研究显示,生长年限越长的雷公藤,其总生物碱越多;3 a及以上生长年限,其叶片生物碱积累较高且年限间差异不显著,5 a及以上年限的其根部总生物碱的含量较高且年限间差异不是很显著,所以3—5 a生长较宜进行采收^[35]。

5.2 采收时间对有效成分的影响

不同的采收时间雷公藤有效成分的含量也会不同。木质部雷公藤甲素冬季含量最高^[33],其中12月雷公藤甲素含量最高,4月雷公藤甲素含量最低^[36]。而根皮的雷公藤甲素含量受季节的影响较小,规律不明显^[33]。8月采收的雷公藤叶片总生物碱的含量最高,10月采收的雷公藤根总生物碱的含量高^[35]。雷公藤全根、根皮和叶片中的雷公藤内酯醇含量夏季最高,去皮根中的含量春季最高,茎中的含量秋季最高^[37]。

5.3 采收部位对有效成分的影响

孙乙铭等用高效液相色谱法测定雷公藤中雷公藤甲素的含量,研究雷公藤植株不同部位雷公藤甲素含量的差异情况,在不同部位中,根皮中含量最高,其次是叶片,根木质部最低^[34]。雷公藤红素在根中的含量最高,远远大于叶片中的含量^[38]。在不同部位雷公藤总生物碱的含量,韧皮部含量最高,根木质部最低,一般韧皮部含量是木质部含量的2—5倍^[39]。不同部位的雷公藤内酯醇量顺序为全根>根皮>去皮根>茎>叶^[37]。

5.4 人工栽培和野生雷公藤有效成分的比较

周迎新等研究了不同产地、海拔、土壤、季节等情况下人工栽培与野生雷公藤中有效成分的含量。其研究发现人工栽培与野生雷公藤中所含的有效成分生物碱和二萜内酯含量基本一致。野生雷公藤的雷公藤内酯醇含量比人工栽培的高,其中野生雷公藤以海拔较低、红壤的雷公藤内酯醇的含量较高^[40]。其研究结果与陈俊元等研究结果一致^[41]。

5.5 不同产地雷公藤有效成分的比较

不同产地的雷公藤药材中有效成分的含量差异较大。张茹萍等以雷公藤甲素、雷公藤次碱、雷公藤红素为对照,用紫外可见分光光度法测定了不同产地雷公藤总二萜内酯、总生物碱、总三萜3个有效成分含量,其研究发现不同产地的雷公藤药材中有效成分的含量差异悬殊。雷公藤总二萜内酯类含量相差34.7倍,而晋碱含量相差291.6倍^[42]。施栋磊比较了8批不同产地的雷公藤药材中总二萜内酯和总生物碱的含量,其中四川产雷公藤总生物

碱含量最高,河南产雷公藤总二萜内酯含量最高^[43]。张蕊分析了25个县市居群,共计116个雷公藤样本,其发现浙江景宁、福建泰宁、云南昆明这3个居群生物碱含量高,而且居群具有高含量个体,可作为优良种质的选择^[39]。由于雷公藤药材中活性成分又是毒性成分,所以需要雷公藤实施多指标的含量控制,以保证其药用的安全。

6 讨论与展望

雷公藤具有医药、农药、有机肥等方面开发前景,综合利用率较高,市场需求量大,但由于人为的滥采乱挖,蕴藏量逐年下降。迄今为止,人们对于雷公藤的研究还是主要集中在其药用方面,而对雷公藤良种选育、繁殖技术、人工栽培、生态栽培的研究相对较少^[44]。

笔者发现近些年开展了不少人工栽培和生态栽培的试验,也逐步建立了雷公藤GAP基地,但是优秀种质资源的收集还未得到足够的重视,雷公藤育种的研究范围比较狭窄,由于品种选育与保护工作的滞后,导致优良种苗的生产受到限制,同时也缺乏遗传变异资源和超级苗,在造林时,由于栽培的苗木良莠不齐,再加上有些引种的优良品种并不适用于当地,也导致药材的质量不高。笔者建议:要加强优质野生资源的保护,建立种质资源保存圃和基因库,加强雷公藤优株选择和无性系选育等研究,深入研究GAP栽培技术,建立合理的产业化种植技术体系,提高经营水平,建立病虫害预警机制,促进雷公藤高产高效栽培,推动雷公藤产业走可持续发展之路。

参考文献:

- [1] 秦秀芹,冯毓秀.雷公藤资源利用及药源扩大[J].中国野生植物资源,1994(4):13-17.
- [2] 斯金平,阮秀春,郭宝林,等.雷公藤资源现状及可持续利用的研究[J].中药材,2005,28(1):10-11.
- [3] 林光美,姜建国,江锦红,等.雷公藤的栽培技术[J].特种经济植物,2003,6(9):25-27.
- [4] 韦松基,刘寿养.广西21种有毒药用植物的鉴别介绍(II)[J].中药材,1990(3):17-20.
- [5] 孙辉,蒋舜媛,邓文龙,等.药用植物昆明山海棠研究进展及其资源可持续利用[J].世界科技研究与发展,2008,30(1):69-72.
- [6] 刘军红,廖国玲.中药指纹图谱的研究综述[J].农业科学研究,2009,30(2):32-34.
- [7] 刘万水,郭宝林,陈玉婷,等.雷公藤属3种植物遗传关系与

- 遗传多样性的 RAPD 分析[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(16): 1615-1621.
- [8] 李 键, 范文洁, 陈 昕, 等. 不同地理种源雷公藤的 RAPD 分析[J]. 四川农业大学学报, 2011, 29(3): 327-333.
- [9] 陈 昕, 涂育合, 洪 伟, 等. 不同地理种源雷公藤生长适宜性评价[J]. 福建林学院学报, 2011, 31(1): 1-7.
- [10] 江锦红. 药用植物雷公藤扦插育苗试验[J]. 林业科技开发, 2004, 18(6): 55-56.
- [11] 任江剑, 俞旭平, 忻柏阳, 等. 雷公藤扦插繁殖技术研究[J]. 中药材, 2006, 29(3): 207-209.
- [12] 林照授, 涂育合, 田有圳, 等. 雷公藤扦插苗分级标准研究[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2014(4): 540-543.
- [13] 许元科, 刘 饶, 何盛林, 等. 扦插时间与雷公藤苗木质量关系初步研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(18): 5472-5476.
- [14] 林照授, 田有圳, 涂育合, 等. 雷公藤苗木的繁育方法[J]. 林业实用技术, 2013(4): 23-25.
- [15] 林光美, 姜建国, 江锦红, 等. 雷公藤的开发利用与引种驯化栽培技术[J]. 中国野生植物资源, 2004, 23(1): 60-63.
- [16] 涂育和, 许可明, 姜建国, 等. 雷公藤栽培与利用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [17] 沈海龙. 植物组织培养[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005.
- [18] 孙晓萍. 观赏植物良种繁育技术[M]. 杭州: 浙江人民出版社, 2009.
- [19] MISAHA M, HAYASH M, TAKAYAMA S. Production of Antineoplastic Agents by Plant Tissue Cultures[J]. Planta medica, 1983, 49(10): 115-119.
- [20] PEPIN M F, CHAVARIE C, ARCHAMBAULT J. Growth and immobilization of *Tripterygium wilfordii* cultured cells[J]. Biotechnology and Bioengineering, 1991, 38(11): 1285-1291.
- [21] 李 键, 李建鹏, 吴承祯, 等. 雷公藤组织培养外植体消毒和选择[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(8): 18-21.
- [22] 李建鹏, 洪 伟, 吴承祯, 等. 雷公藤优良无性系组织培养技术的研究[J]. 福建林学院学报, 2009, 29(4): 315-319.
- [23] 刘希华, 曾淑兰, 丁昌俊, 等. 雷公藤以芽繁芽组织培养研究[J]. 西南林学院学报, 2009, 29(1): 35-38.
- [24] 尹作鸿, 朱蔚华. 雷公藤组织在无激素培养基上无性系的驯化培养[J]. 植物学通报, 1991, 8(2): 46-48.
- [25] 朱留刚. 雷公藤 (*Tripterygium wilfordii* Hook.f.) 愈伤细胞悬浮培养生产雷公藤甲素研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2012.
- [26] 李 琰, 冯俊涛, 王永宏, 等. 培养基及培养条件对雷公藤愈伤组织生长和次生代谢产物含量的影响[J]. 林业科学, 2010, 46(5): 64-69.
- [27] 许元科, 李 桥, 柳春鹏, 等. 药用雷公藤扦插及栽培技术[J]. 浙江农业科学, 2011, 1(6): 1264-1266.
- [28] 倪 乐. 不同套种模式对雷公藤林地土壤养分、雷公藤甲素及光合特性影响研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
- [29] 陈艳彬. 杉木林下套种雷公藤试验研究[J]. 现代农业科技, 2012(15): 131-132, 135.
- [30] 潘标志. 毛竹雷公藤混农经营技术与固土保水功能[J]. 亚热带农业研究, 2006, 2(4): 262-265.
- [31] 李永武. 黄梨园套种雷公藤栽培模式研究[J]. 东南园艺, 2007(3): 1-3.
- [32] 任 荣, 李正翔, 李 彬, 等. 雷公藤有效成分及其制剂的研究进展[J]. 中国医院药学杂志, 2005, 25(11): 1068-1069.
- [33] 斯金平, 黄文华, 郭宝林, 等. 雷公藤药材中雷公藤甲素变异规律[J]. 中国中药杂志, 2006, 31(24): 2026-2030.
- [34] 孙乙铭, 徐建中, 王志安, 等. HPLC 测定不同采收年限雷公藤根及不同部位雷公藤甲素含量[J]. 中国现代应用药学, 2009(11): 904-906.
- [35] 宋兴寒. 生长年限、采收季节对雷公藤有效成分的影响及采收标准的制订[D]. 福州: 福建农林大学, 2011.
- [36] 任江剑, 徐建中, 余绍海, 等. 采收时间和根直径对雷公藤中雷公藤甲素含量的影响[J]. 中药材, 2011, 34(4): 520-522.
- [37] 杨春欣, 周庭川, 秦万章. 雷公藤内酯醇不同季节的含量变化[J]. 中国医院药学杂志, 2001, 21(1): 25-26.
- [38] 张 敏. 不同产地雷公藤根、叶的主要活性成分研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2012.
- [39] 张 蕊. 雷公藤药材中生物碱类成分质量研究[D]. 北京: 中国协和医科大学, 2006.
- [40] 周迎新, 方乍浦, 张亚均, 等. 人工栽培和野生雷公藤的质量比较[J]. 中国中药杂志, 1995, 20(3): 145-147.
- [41] 陈俊元, 夏志林. 人工栽培与野生雷公藤有效成分比较[J]. 中草药, 1991(6): 284.
- [42] 张茹萍, 何 昱, 石森林, 等. 雷公藤药材中 6 种有效成分以及总二萜内酯、总生物碱、总三萜的含量测定[J]. 中华中医药杂志, 2013(1): 224-229.
- [43] 施栋磊, 朱华旭, 潘林梅, 等. 雷公藤药材中有效部位含量的比较研究[J]. 中药新药与临床药理, 2009, 20(6): 566-570.
- [44] 洪 伟, 李 键, 吴承祯, 等. 雷公藤栽培及利用研究综述[J]. 福建林学院学报, 2007, 27(1): 92-96.