

珍稀植物天女木兰研究进展

王 欢¹, 王 志², 杜凤国¹

(1. 北华大学 林学院, 吉林省林业与生态环境重点实验室, 吉林 吉林 132013; 2. 吉林省养蜂科学研究所, 吉林 吉林 132108)

摘 要:从地理分布、生物生态学特性、繁育技术、生理特性、濒危机理、遗传结构、化学成分及药理作用等方面综述了天女木兰的研究现状,并对未来的研究进行了展望。

关键词:天女木兰;生物学特性;生态学特性;繁育技术;化学成分;濒危机理

中图分类号:S 685.99 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)21-0184-06

天女木兰(*Magnolia sieboldii* K. Koch)为木兰科(Magnoliaceae)木兰属落叶小乔木,又名天女花、小花木兰、山牡丹。而木兰科植物在 Hutchinson、Takhtajan 和 Cronquist 等植物分类系统中,均被列为被子植物系统发育中最原始的类群之一,是探索被子植物起源、植物系统进化不可缺少的材料。但是,由于生存环境被破坏以及天然更新能力较弱等原因,天女木兰的分布区域日益缩小,种群数量越来越少。现在,天女木兰在《中国植物红皮书》中被列为国家重点保护的第三类珍稀濒危植物^[1],在《中国物种红色名录》被列为易危种^[2]。天女木兰叶片硕大而浓绿,花色洁白,大而芬芳,聚合蓇葖果成熟时深红色,种子由珠柄的细丝悬挂于外,是观叶、赏花、观果、芳香兼备的珍稀木本观赏花卉。天女木兰全株含有芳香油,可以提取高级香料并具有很高的药用价值。可见,天女木兰是很有开发利用价值和开展科学研究的珍贵种质资源。

1 地理分布研究

天女木兰在我国的地理分布,南起北纬 25.6°,北至北纬 41°。整个分布区占东经 108°(贵州省雷山县)~126°(吉林省集安市)^[3]。经查阅中国科学院植物所标本馆天女木兰标本及地方植物志和文献资料,天女木兰呈间断、跳跃式分布,主要分布于吉林省通化县和集安市;辽宁省丹东市、凤城满族自治县、岫岩满族自治县、桓仁县、本溪县、宽甸县;河北省宽城都山、祖山、青龙老岭;山东崂山;浙江临安县、庆元县、龙泉县;湖南省道县、城步

苗族自治县;安徽歙县黄山、霍山县、金寨县;江西德兴县、安福县;贵州雷山县;福建崇安县;广西资源县、全州县、兴安县等地。国外日本、朝鲜也有分布。

2 生物学及生态学特性研究

2.1 生长发育规律

关于天女木兰的物候期,枝、叶及根生长动态,开花结果习性,果实发育动态,实生苗木的生长规律等进行了详细的观察与记录^[4-6]。杜凤国等^[6]对移栽成活的天女木兰进行物候观测,并将物候期与活动积温结合,揭示了天女木兰的物候规律。通过树干解析得出天女木兰胸径 15 a 以前增长较快,每年生长量为 0.29 cm,15 a 以后胸径增长逐渐减缓,年生长量仅为 0.18 cm。树高长势前 5 a 生长迅速,平均年生长量达 0.6 m,此后的 10 a 生长逐渐减缓,年生长量为 0.42 m,15 a 后树高生长迅速减慢,年生长量仅为 0.2 m,阐述了野生天女木兰树木的生长规律。

2.2 解剖结构及演化

应用石蜡切片技术,对天女木兰根、茎和叶的解剖结构进行了研究。采用煮沸软化法,制作木材切片观察天女木兰茎的横切面、弦切面、径切面。研究发现天女木兰木质部导管具有复穿孔、叶脉维管束呈环状排列等比较原始特征^[7-9]。

王峻鹏^[10]利用扫描电镜、光学显微镜,通过徒手制片和石蜡切片法对天女木兰等 32 种木兰属植物和 2 种拟单性木兰属植物的花被片、苞片以及叶片、主脉、叶柄的表皮和内部性状做了细致地观测研究,为木兰属的系统分类提供解剖学方面依据。

杨轶因^[11]应用石蜡连续切片、木材离析技术,对天女木兰幼苗的初生维管系统、不同生境下 3 种营养器官和木材解剖结构的演化进行了研究。结果表明天女木兰子叶节区下部的四原型管状中柱是迄今尚未发现的一种新的中柱结构,该研究结果证实蕨类植物与被子植物确有共同起源。天女木兰叶片的原始特征表明其在

第一作者简介:王欢(1978-),女,在读博士,讲师,现主要从事珍稀树种保育生物学研究工作。E-mail:magnolia2009@126.com.

责任作者:杜凤国(1960-),男,博士,教授,研究方向为保育生态学及植物系统分类。E-mail:dfg4656@hotmail.com.

基金项目:国家林业局林业公益性行业科研专项资助项目(201004095)。

收稿日期:2012-06-18

系统演化上处于原始地位,天女木兰的次生木质部在系统演化中,既保留很多原始特征又由于适应环境产生了具有进化趋势的结构。

2.3 花粉特征及传粉生物学

王子华等^[12]对天女木兰花粉的采集时期、形态以及培养的温度和培养基进行了研究,并探讨贮存温度和时间对花粉生活力的影响。扫描电镜观察到的花粉形状和萌发孔与其它已报道的木兰科植物相同,但大小和花粉外壁的纹理不同。在花瓣刚刚展开的初花期采集的花粉生活力最高,25℃下最适于花粉的萌发,花粉在含10%蔗糖+0.1%硼酸的培养基上培养14 h的萌发率最高,随着贮存时间的延长,花粉萌发率不断降低。

王子华等^[13]研究了老岭自然保护区天女木兰的传粉习性与不同海拔高度下的结实情况。天女木兰雌雄蕊异熟,属于异花传粉植物;分布于高海拔与低海拔的天女木兰,其聚合果的长和宽、有种子的聚合果的比例显著减小,但分布于不同海拔的天女木兰聚合果的长与宽之比、结有1粒种子和结有2粒种子的聚合果所占的比例及其二者之比的差异均不显著;随着海拔的升高,空瘪率由差异不显著变为显著降低,而产籽率则显著增加。

王立龙等^[14]对分布于黄山的小花木兰野生种和人工栽培种的开花物候进行了研究。结果表明,小花木兰为虫媒传粉,花期及花粉可授期短,花柱的授粉率不高,为65%,柱头上平均花粉量为3.5个,自然状态下结实率低,为13.5%。小花木兰的访花昆虫种类较少,访花频率低,其中蜜蜂和一种蚜科小昆虫对其传粉影响较大。同花期植物对其传粉产生昆虫竞争作用。环境因素如光照、温度、阴雨、海拔等均对其传粉产生一定影响。

2.4 繁殖生物学

王立龙等^[15]通过扫描电镜观察小花木兰的种子外部形态,发现它的种皮木质化程度较高,种子在自然状态下难于萌发;用四唑染色法检测小花木兰新鲜种子,室温干藏、室温湿藏、湿沙冷藏各6个月的小花木兰种子的生活力,得出湿沙冷藏的种子生活力保持最好,低温、湿润是保持其种子活力的适宜环境;通过在随机选定的样方统计果壳和种子的数量,显示种子在自然状态下散布后损失严重。

于小丽等^[16]对分布在黄山的天女木兰访花昆虫、人工授粉、繁殖体及其散布情况进行了研究。结果显示自然状态下,小花木兰结实率为60.0%,结籽率为13.1%。主要访花昆虫为鞘翅目甲虫类和蜜蜂,鞘翅目甲虫的传粉效率在6.72~10.48,蜜蜂为32.58;自然状态下,单个果实出种量差异较大,变异系数为46.53,而2种人工授粉处理出种量变异系数分别为16.34、15.96。繁殖体的

散布途径有重力散布、溪流散布、动物散布。

王子华等^[17]对老岭自然保护区的天女木兰天然繁殖方式进行调查。发现天女木兰种子虽然在天女木兰树丛周围有极少量萌发,形成幼苗,但没有发现5 a以上的种子苗,说明种子繁殖不能维持天女木兰的更新与繁衍。成年植株基部萌蘖能力很强,多年的萌蘖形成丛状,部分萌蘖逐渐取代老枝干,植株基部由于萌蘖产生而形成膨大的根颈,根颈萌发的新根具有趋根性,逐渐长大取代老根从而完成根系更新,萌蘖繁殖是天女木兰的主要繁殖更新方式。匍匐生长的枝条可以通过自然压条繁殖形成新的株丛。

2.5 生态学特性研究

王志杰^[18]、刘玉宗等^[19]、田洪等^[20]分别对分布在河北省青龙县老岭林场、祖山林区,吉林省通化县长白山山区等地天女木兰的生境进行了调查研究,均发现天女木兰多生长在阴坡或半阴坡,具有较多乱石的沟谷和河流岸边,喜凉爽湿润气候和富含腐殖质的微酸性土壤。

孟宪东等^[21]对老岭自然保护区天女木兰群落结构、群落的生活型及叶特征,包括叶质、叶型、叶缘和叶级作以调查研究,表明老岭自然保护区天女木兰群落的外貌主要是由草质、单叶、非全缘、中小型的地面芽植物决定的。

杜凤国等^[22]对分布于集安和通化地区的4个天女木兰群落的生长环境和群落特征进行了生态调查,统计了天女木兰群落内木本植物和草本植物的Shannon-Wiener多样性指数、Simpson多样性指数、Pielou均匀度指数、生态优势度指数、物种丰富度及重要值等指标。据调查结果分析天女木兰群落物种多样性指数较高,均匀度较大,生态优势度较低,群落组成结构较稳定。

王立龙等^[23]对黄山风景区濒危植物小花木兰分布群落进行样地调查,采用定量分析的方法,研究了小花木兰群落中主要种群的生态位宽度、生态位重叠和小花木兰种群的年龄结构。结果表明,分别用Levins和Shannonwiener 2个指数测得的主要优势种群的生态位宽度结果基本一致;小花木兰为星散间断分布,在群落中处于伴生从属地位,生存易受群落变化的影响;通过对小花木兰年龄结构的统计发现,小花木兰年龄结构不完整,属于衰退型,幼苗储备严重不足,成为该种群更新的一大瓶颈;它的高海拔分布显示了低温是它生存的一个重要保证,水分也是影响小花木兰种群动态的重要因子。

杜凤国等^[24]以吉林省通化和集安为研究地点,对两地天女木兰种群的分布格局与生态位进行了研究。结果表明,天女木兰多呈聚集分布的特征,种群变小的趋势明显,生态位明显低于分布广的建群树种,在群落中属非建群树种,对环境适应能力较低。天女木兰与多数

树种的生态位重叠主要集中在 0.1 以下,相对较低,与其它树种生态位重叠较少,分布范围狭小,在群落中居次要地位;在群落中其它大多数乔木树种与其种间关联均为低度而且不显著。

3 繁育技术研究

3.1 有性繁殖

3.1.1 种子休眠机理 许多研究者分别从种子形态解剖观察,种皮电镜观察及种皮透性、种子各部分抑制物生物测定,种子成熟过程中水分含量、激素、酶活性测定、氨基酸等生理指标变化与种子休眠、萌发的关系等方面较详细地研究了天女木兰种子的休眠机理。天女木兰的种胚尚未发育完全是导致天女木兰种子深休眠的主要原因;假种皮和胚乳中存在不同程度的发芽抑制物质,种子成熟时胚乳中高浓度的 ABA、IAA 及低浓度的 GA_3 是导致种子休眠的又一原因^[25-28]。

3.1.2 种子催芽及种子繁殖 为了打破天女木兰种子休眠,通过低温层积、室温沙藏及变温层积同时结合不同药剂浸种等方法开展了一系列研究,得出一致的结果,经 200~300 mg/L GA_3 浸种并进行变温层积的天女木兰种子催芽效果最佳^[29-33]。同时陆秀君等^[34]进一步探讨了天女木兰种子后熟期间的生理生化变化,研究表明 GA_3 浸种变温处理能提高种子内过氧化氢酶、过氧化物酶的活性,促进种子中可溶性糖含量、可溶性蛋白含量升高,种子呼吸速率在后期增强,并能促使形态后熟提前完成。陆秀君等^[35]以 GA_3 诱导天女木兰种子,研究其在变温层积过程中淀粉、糖含量及糖代谢关键酶(酸性转化酶 AI、中性转化酶 NI、蔗糖合成酶 SS、蔗糖磷酸合成酶 SPS)活性变化规律。刘月洋等^[36]研究了 GA_3 对天女木兰种子在变温层积条件下解除休眠过程中碳水化合物化合物的影响,探讨外源赤霉素对层积过程中天女木兰种子解除休眠的作用机理,证实碳水化合物参与并调节解除天女木兰种子休眠。多数研究者对天女木兰的种子繁殖技术进行了研究。其基本做法大致相同,首先是调制种子,去掉蜡质假种皮,阴干备用。然后催芽处理,低温沙藏至少 150 d,播前再进行高温处理,或变温层积处理种子,待种子大部分裂口即可播种,播后一般 30 d 基本出齐苗^[29-33]。

3.2 无性繁殖

3.2.1 扦插 王欢等^[37]运用正交实验 $L_9(3^4)$ 方法,对影响天女木兰硬枝扦插的基质类型、插穗种类、生根促进剂种类及浓度进行试验,得出影响扦插生根的主要因素是插穗类型,扦插基质次之。以 2 a 生枝条作插穗、V(珍珠岩):V(草炭土)=1:1 为基质、200 mg/L ABT₁ 生根粉浸根 4 h 的处理生根效果最好,生根率达 46.7%。田洪等^[30]选用细河沙为基质,进行了天女木兰的绿枝扦插

试验,约 2 个月插条生根,生根率达 70%以上。

3.2.2 压条 田洪等^[20]为了摸索最适宜的无性繁殖方法,进行了天女木兰硬枝扦插、嫩枝扦插、压条等繁殖试验,结果表明压条繁殖效果最好。在 4 月中旬压条,选择 2~4 a 生枝条,每隔 15 cm 留出一个有萌生力的芽,当年秋季即可出园定植。

3.2.3 嫁接 陈万利等^[38]采用靠接法进行了嫁接繁殖试验,选用含笑属黄兰的实生苗作砧木,选取天女木兰成年母树上部生长发育健壮、无病虫害的 1 a 生枝条作接穗,成活率为 50%,天女木兰的嫁接苗比实生苗更具有适应性和速生性。

3.2.4 组织培养 从不同外植体的选择(带芽茎段、顶芽、侧芽、种子及幼胚)、基本培养基的筛选、灭菌剂的种类及灭菌时间以及不同培养阶段的植物生长调节物质的配比等方面研究了天女木兰的离体培养技术。研究结果表明,适宜天女木兰分化和增殖的基本培养基为 B₅ 培养基,细胞分裂素 6-BA 对于侧芽萌发和不定芽诱导效果较好。生根培养的基本培养基为 1/2MS 或 1/4MS 培养基,以种子、侧芽为外植体比较理想。但天女木兰在组织培养过程中普遍存在增殖率低、生根难、易褐化等问题^[39-43]。

4 生理特性研究

4.1 光合特性及在园林中的应用

丁磊等^[44]研究了不同程度的遮荫(A:0、B:25.8%、C:61.3%、D:90.3%)对天女木兰光合特性及生长的影响。结果表明,天女木兰的地径、苗高和生物量均表现为 B>A>C>D。天女木兰的光补偿点和光饱和点均较低,且随着遮荫程度的提高,其值以及暗呼吸速率均依次降低。天女木兰净光合速率日变化规律在不同的遮荫处理下均呈现双峰型曲线,有明显的光合“午休”现象,净光合速率日最大值为 B>A>C>D。适度遮荫可增强天女木兰叶片的光合作用,促进其生长。

采用科学合理的植物配置措施,通过绿地中的植物群落来形成小气候,创造适宜天女木兰生长的湿润度是栽培成功的关键。在园林中应用时,宜采用丛植形式,或者与其它乔、灌、草结合形成人工植物群落^[31,45]。

刘伟^[46]对天女木兰圃地种苗培育、出圃起苗、园林绿地栽植及栽植后的养护管理工作等技术环节进行了详述,为天女木兰在园林绿地中栽培应用提供了技术指导。

林小虎等^[47]以生长在河北老岭自然保护区不同海拔的天女木兰叶为研究对象,探讨天女木兰对环境适应的生理生化机制。结果表明,老岭自然保护区天女木兰叶中超氧化物歧化酶活性、过氧化物酶活性以及丙二醛含量随海拔梯度的变化规律相一致,都会呈现先降低再

升高的趋势。叶绿素和类胡萝卜素含量随海拔梯度升高而降低。但叶绿素 a/b 比值及类胡萝卜素/叶绿素含量随海拔梯度升高而增加。天女木兰能够通过改变抗氧化酶活性和光合色素含量适应不同海拔的环境。

4.2 抗寒机理

天女木兰是木兰科在我国分布最北的一个物种,具有一定的抗寒性。杨铁因等^[48]对天女木兰幼苗分别进行 10、15℃ 低温胁迫处理,采用硫代巴比妥酸测定丙二醛(MDA)含量,采用比色法测定可溶性糖含量,氮蓝四唑还原法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性,比色法测定过氧化物酶(POD)活性。分别从膜脂过氧化作用、可溶性糖含量与保护酶几个方面探讨了天女木兰的抗寒生理机制。结果表明,在低温胁迫过程中,丙二醛含量先显著增加,后开始回落;而对照植株(20℃)的 MDA 含量表现出一定的稳定性。可溶性糖的积累随温度的降低而增加,随着胁迫时间的持续,其含量先增加而后有所回落。过氧化物酶活性呈现出降低-升高-降低的变化趋势,10℃ 低温处理 POD 活性降低的幅度比 15℃ 处理大。超氧化物歧化酶活性表现出先升高而后降低的趋势,10℃ 低温处理 SOD 活性升高的幅度大于 15℃ 处理。

5 化学成分及应用研究

国内外的一些研究者对天女木兰的叶片、树皮及花中所含的化学成分进行了分离、鉴定并进行药理特性研究。

季怡萍等^[49]采用色谱质谱计算机联用方法对生长于吉林省集安县的天女木兰的叶进行了分析鉴定,共得到了 20 个组份。并根据芳香油的性质指出天女木兰油是一种有开发前途的天然香料品种。

张绪成等^[50]用水蒸气蒸馏法从天女木兰叶片提取精油,出油率 0.103%,并用气相色谱-质谱联用法进行定性定量分析。测定结果表明天女木兰精油中含有 35 种萜类化合物,其中 β -榄香烯含量最高,反-罗勒烯和桉烯含量也较高。同时将 β -榄香烯用于临床试验,对治疗宫颈癌有效率 89.4%,并且对腹水癌、肝癌、阴道癌具有显著疗效。经轻工部香料工业科研所评香室评香认为,天女木兰精油清香略带醛味,透发性好,留香持久,安全无毒,可用作日化洗涤用品的香料原料。

从天女木兰的树皮中提取分离出紫丁香苷 4-O- β -葡萄糖苷和木香烃内酯,并通过光谱分析和化学方法鉴定其结构。经药理分析,木香烃内酯对一氧化氮合酶有强烈的抑制作用,对人类核纤层蛋白 B 的法尼基化具有显著的抑制作用,同时具有抗螺旋杆菌作用和抗癌活性^[51-54]。

Lim S S 等^[55]采用气相色谱分析和气质联用鉴定了从天女木兰花中提取精油的 60 种化学成分,其中 β -榄香烯、 α -松油烯和 β -月桂烯含量高。通过鼠腹膜巨噬细

胞检验了天女木兰花中精油对脂多糖诱导一氧化氮(NO)和前列腺素 E2(PGE2)的作用,结果表明 α -松油烯对抑制由脂多糖诱导产生的 NO 和 PGE2 的活性最有效。

王茹萍等^[56]采用硅胶、凝胶柱色谱和重结晶等分离方法对天女木兰叶的化学成分进行分离,得到 8 种萜类化合物,并通过谱学分析方法结合化合物理化性质进行结构鉴定。Wu D 等^[57]从天女木兰叶片分离一种新的异喹啉衍生物,并通过色谱分析阐明其结构及分子式。

天女木兰提取物对于抑制酪氨酸酶活性和黑色素合成具有优异效果,并且含有天女木兰提取物作为活性成分的化妆品组合物具有优异的皮肤增白效果。天女木兰提取物可以通过抑制皮肤细胞死亡和细胞 DNA 损伤保护皮肤免受紫外光损伤,并可以通过促进胶原的生物合成和抑制胶原酶的合成减少皮肤皱纹^[58-59]。

6 濒危机理研究

王立龙等^[14]从花粉流、花粉活力、萌发率、自然状态下的传粉效率、不同处理下的结实率、同花期植物的影响、访花者种类、访花行为与频率等方面探讨其濒危机理。结果表明小花木兰是依靠异花传粉且传粉是专性虫媒的,因花期及花粉可授期短、昆虫访花频率低、同花期植物的竞争和外界不良环境等原因造成其传粉效率低下,这是其濒临灭绝的一个重要原因。小花木兰种皮的木质化使种子萌发很难,自然条件下的小花木兰种子质量较差,种子的后熟时间长,种子生活力低,散布后损失严重,萌发困难大大限制了小花木兰繁殖的成功率,加上环境对种子、幼苗的筛选淘汰,造成自然条件下小花木兰林下幼苗极其稀少,天然更新不足,这些因素可能是导致其濒危的重要原因^[15]。

张凤娟等^[60]从小孢子发生和雄配子体的发育角度探讨天女木兰濒危原因。研究结果表明,天女木兰花药具有 4 个小孢子囊,花药壁 5~8 层。四分体排列方式为平面对称型、四面体型和直线型,其中直线型较少;成熟花粉粒为二细胞型花粉粒,能育花粉率最高达 84.9%。通过对天女木兰小孢子发育过程的研究发现,四分体时期有 2 种不正常类型,说明天女木兰小孢子发育过程中存在异常现象,这是导致天女木兰濒危的原因之一。

7 遗传结构研究

目前,国内还未见关于天女木兰遗传结构的相关报道,只有日本的 Kikuchi 和 Isagi 对分布于日本西部的 *Magnolia sieboldii* 小的隔离种群进行 SSR 分析。应用 4 个 SSR 位点对 6 个区域的 19 个居群进行遗传变异分析,4 个位点检测到 39 个等位基因,但总的微卫星遗传变异与同科的相近种 *Magnolia obovata* 相比很低,并检测出非常显著的地理隔离模式。遗传漂移和有限的基

因流决定了分布区的遗传结构,由于遗传障碍导致总的遗传分化^[61]。

8 结论

综上所述,近 30 a 来关于天女木兰的研究取得了一些成果,尤其在解剖结构、生物生态学特性、繁殖技术、精油的化学成分及应用等方面研究较多。由于天女木兰只在中国、朝鲜、日本有分布,受研究地域和样本资源的限制,国际上对天女木兰的研究很少,主要围绕天女木兰精油的成分及药理作用开展的研究工作。根据它的分布状况及资源贮量,今后应加强天女木兰居群遗传多样性和居群遗传结构的研究,探讨天女木兰间断地理分布格局的历史演化过程及形成原因。这可为进一步探讨该物种濒危机制及制定相应的保护措施提供科学依据。课题组调查中发现天女木兰天然更新不良,目前天女木兰种子繁殖技术比较成熟,可以利用有性繁殖方式扩大其繁殖,以加强其精油及有效活性成分的开发利用及在园林上的应用。同时应进一步完善其组织培养技术研究,解决其增殖率低、生根难、胚状体诱导难、褐化等问题。建立天女木兰的组织快繁体系,不仅能保留母树的优良性状,大量快速繁育良种,应用于城市绿化,还有利于挽救这种珍稀花木种质资源,使其充分发挥其经济价值、生态效益和社会效益。

参考文献

- [1] 傅立国. 中国植物红皮书—稀有濒危植物[M]. 1 册. 北京: 科学出版社, 1992: 736.
- [2] 汪松, 解焱. 中国物种红色名录[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 327.
- [3] 宋连芳, 富玉, 秦丽. 建立天女木兰资源保护区的探讨[J]. 吉林林业科技, 2001, 30(2): 35-38.
- [4] 王志杰. 天女花生物学特性观察初报[J]. 河北林学院学报, 1996, 11(2): 176-178.
- [5] 王志杰, 董明. 天女花种子品质检验和苗木生长规律的研究[J]. 河北林业科技, 2000(2): 13-14.
- [6] 杜凤国, 刁绍起, 王欢, 等. 天女木兰的物候及生长过程[J]. 东北林业大学学报, 2006, 34(6): 39-40.
- [7] 陆静梅, 李彦舫, 韩立娟, 等. 天女木兰与北五味子的比较解剖学研究[J]. 东北师大学报, 1992(1): 107-109.
- [8] 孟宪东, 秘树青, 于秀敏, 等. 天女木兰营养器官的解剖观察[J]. 河北科技师范学院学报, 2010, 24(3): 59-62.
- [9] 谷安根, 刘仪娴, 王立军. 天女木兰的木材解剖研究[J]. 吉林农业大学学报, 1985, 7(1): 14-16.
- [10] 王峻鹏. 木兰属一些植物的形态解剖与园林应用探讨[D]. 福州: 福建农林大学, 2008.
- [11] 杨铁因. 天女木兰演化结构及抗寒机理研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2009.
- [12] 王子华, 张凤娟, 秦素平, 等. 天女木兰花粉形态特征及其生活力[J]. 热带亚热带植物学报, 2008, 16(6): 551-556.
- [13] 王子华, 徐兴友, 龙茹, 等. 天女木兰的传粉习性及其在不同海拔下的结实情况[J]. 经济林研究, 2009, 27(3): 70-74.
- [14] 王立龙, 王广林, 刘登义, 等. 珍稀濒危植物小花木兰传粉生物学研究[J]. 生态学杂志, 2005, 24(8): 853-857.
- [15] 王立龙, 王广林, 刘登义. 濒危植物小花木兰种子初步研究[J]. 安徽师范大学学报, 2005, 28(1): 72-74.
- [16] 于小丽, 褚磊, 甄泉, 等. 小花木兰居群繁殖生物学的初步研究[J]. 安徽师范大学学报, 2007, 30(4): 485-489.
- [17] 王子华, 代波, 龙茹, 等. 老岭自然保护区珍稀易危植物天女木兰天然繁殖方式的调查[J]. 林业科技, 2011, 36(1): 52-55.
- [18] 王志杰. 青龙县老岭林场天女花资源调查研究初报[J]. 河北林学院学报, 1994, 9(2): 159-162.
- [19] 刘玉宗, 王志杰. 祖山林区天女花资源及其开发利用[J]. 林业科技开发, 2001, 15(增刊): 60.
- [20] 田洪, 于翠兰, 赵占英, 等. 吉林长白山山区的天女木兰[J]. 植物杂志, 1997(6): 5.
- [21] 孟宪东, 徐兴友, 张凤娟, 等. 老岭自然保护区天女木兰林的群落结构[J]. 河北职业技术师范学院学报, 2003, 17(4): 29-33.
- [22] 杜凤国, 王欢, 刘春强, 等. 天女木兰群落的物种多样性的研究[J]. 东北师范大学学报, 2006, 38(2): 91-95.
- [23] 王立龙, 王广林, 黄永杰, 等. 黄山濒危植物小花木兰生态位与年龄结构研究[J]. 生态学报, 2006, 26(6): 1862-1871.
- [24] 杜凤国, 姜洪源, 郭忠玲, 等. 吉林濒危植物天女木兰种群分布格局与生态位研究[J]. 南京林业大学学报, 2011, 35(3): 33-37.
- [25] 杜凤国, 王欢, 杨德冒, 等. 天女木兰种子形态及生物学特性[J]. 北华大学学报, 2006, 7(3): 269-272.
- [26] 陆秀君, 李天来, 倪伟东. 天女木兰种子休眠特性的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(5): 703-706.
- [27] 李澎, 陆秀君, 姚飞, 等. 天女木兰种子休眠原因的初步探讨[J]. 种子, 2006, 25(2): 35-39.
- [28] 宋雪丽. 天女木兰种子层积过程中种胚的研究[J]. 中国林副特产, 2008(6): 36-37.
- [29] 王志杰, 田宝宁. 天女花种子催芽方法研究初报[J]. 河北林学院学报, 1996, 11(3): 195-198.
- [30] 田洪, 秦佳梅, 张卫国. 天女木兰的繁殖技术[J]. 特种经济动植物, 2000(4): 21.
- [31] 马吉龙, 李艳君. 天女花种子繁殖及其在园林中的应用栽培[J]. 河北林果研究, 1999, 14(3): 238-241.
- [32] 陆秀君, 王妮妮, 李天来, 等. 不同浸种和催芽处理对天女木兰种子的催芽效果[J]. 西北农林科技大学学报, 2008, 36(5): 135-140.
- [33] 王妮妮, 陆秀君, 黄桂凤, 等. 不同温度条件对天女木兰种子层积催芽效果的影响[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(1): 82-85.
- [34] 陆秀君, 刘月洋, 陈晓旭, 等. 天女木兰种子后熟期间的生理生化变化[J]. 北京林业大学学报, 2009, 31(6): 164-168.
- [35] 陆秀君, 刘月洋, 李天来, 等. 变温层积过程中 GA₃ 诱导天女木兰种子贮藏物质及糖代谢关键酶活性的变化[J]. 沈阳农业大学学报, 2010, 41(1): 18-22.
- [36] 刘月洋, 陆秀君, 李天来, 等. GA₃ 处理对天女木兰种子解除休眠过程中碳水化合物含量的影响[J]. 种子, 2010, 29(2): 13-16.
- [37] 王欢, 杜凤国, 杨德冒, 等. 天女木兰硬枝扦插繁殖初步研究[J]. 北华大学学报, 2005, 6(4): 352-354.
- [38] 陈万里, 曾庆文. 木兰科植物的嫁接繁殖[J]. 热带亚热带植物学报, 1998, 6(1): 68-74.
- [39] 周凌娟, 褚建民, 罗凤霞, 等. 天女木兰的离体培养和快速繁殖[J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(6): 710.
- [40] 杜凤国, 刁绍起, 王欢, 等. 天女木兰的组织培养[J]. 东北林业大学学报, 2006, 34(2): 42-43.
- [41] 徐石, 陆秀君, 李天来. 天女木兰组织培养中有效获得无菌外植体的

研究[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(3): 127-129.

[42] 陆秀君, 徐石, 李天来, 等. 天女木兰幼胚离体培养及组织快繁[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(3): 5-7.

[43] 徐石, 刘翔, 张明宏, 等. 天女木兰组织培养技术研究进展[J]. 林业实用技术, 2011(6): 3-4.

[44] 丁磊, 胡万良, 王伟, 等. 遮荫对天女木兰光合特性及生长的影响[J]. 林业资源管理, 2009(3): 61-65.

[45] 张涛, 段大娟, 崔瑞景. 天女花繁殖栽培及其在园林中的应用[J]. 北方园艺, 2006(6): 114-115.

[46] 刘伟. 天女木兰在园林绿地栽培的技术[J]. 辽宁林业科技, 2005(2): 51-52.

[47] 林小虎, 秘树青, 郭振清, 等. 不同海拔天女木兰叶抗氧化酶活性与光合色素含量[J]. 经济林研究, 2011, 29(2): 60-64.

[48] 杨铁因, 林玉梅, 任军, 等. 低温胁迫对天女木兰某些生理指标的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2008, 30(6): 805-807.

[49] 季怡萍, 杨振华, 李兴林. 天女木兰油的分析鉴定[J]. 分析化学, 1993, 21(4): 419-421.

[50] 张绪成, 赵秉义, 杨文峰. 天女木兰精油的化学成份及应用[J]. 吉林林业科技, 1993(2): 13-15.

[51] Park H J, Jung W T, Basnet P, et al. Syringin 4-O- β -glucoside, a new phenylpropanoid glycoside, and costunolide, a nitric oxide synthase inhibitor, from the stem bark of *Magnolia sieboldii* [J]. J Nat Prod, 1996, 59: 1128-1130.

[52] Park J B, Lee C K, Park H J. Anti-helicobacter pylori effect of costunolide isolated from the stem bark of *Magnolia sieboldii* [J]. Arch Pharm Res, 1997, 20(3): 275-279.

[53] Park J B, Choi S U, Lee C O, et al. Costunolide, a sesquiterpene from the stem bark of *Magnolia sieboldii*, inhibits the RAS-farnesyl-proteintransferase [J]. Planta Med, 2001, 67(4): 358-359.

[54] Park H J, Kwon S H, Han Y N, et al. Apoptosis-inducing costunolide and a novel a cyclic monoterpene from the stem bark of *Magnolia sieboldii* [J]. Archives of Pharmacal Research, 2001, 24(4): 342-348.

[55] Lim S S, Shin K H, Ban H S, et al. Effect of the essential oil from the flowers of *Magnolia sieboldii* on the lipopolysaccharide-induced production of nitric oxide and prostaglandin in E-2 by rat peritoneal macrophages [J]. Planta Med, 2002, 68(5): 459-462.

[56] 王茹萍, 吴迪, 高慧媛, 等. 天女木兰叶中甾类化合物的分离与鉴定[J]. 沈阳药科大学学报, 2009, 26(11): 874-877.

[57] Wu D, Wang R P, Song S J, et al. A new isoquinoline derivative from the leaves of *Magnolia sieboldii* K. Koch [J]. Chinese Chemical Letters, 2010 (21): 1446-1448.

[58] 李康泰, 李正鲁, 俞英景, 等. 用于保护皮肤不受紫外线损伤和改善皮肤皱纹的含有天女木兰花提取物的化妆品组合物 (CN101588788//2009-11-25) [J]. 日用化学品科学, 2010, 33(6): 56.

[59] 李康泰, 李正鲁, 李松二, 等. 用于皮肤增白的含有天女木兰提取物作为活性成分的化妆品组合物 (CN101686929//2010-03-31) [J]. 日用化学品科学, 2010, 33(6): 55.

[60] 张凤娟, 徐兴友, 陈凤敏, 等. 天女木兰小孢子发生及雄配子体发育的观察[J]. 经济林研究, 2008, 26(4): 71-75.

[61] Kikuchi S, Isagi Y. Microsatellite genetic variation in small and isolated populations of *Magnolia sieboldii* ssp. *Japonica* [J]. Heredity, 2002, 88(4): 313-321.

The Research Progress of Rare Plant *Magnolia sieboldii*

WANG Huan¹, WANG Zhi², DU Feng-guo¹

(1. Jilin Province Key Lab of Forestry and Ecological Environment, College of Forestry, Beihua University, Jilin, Jilin 132013; 2. Agriculture Science Institute of Jilin Province, Jilin, Jilin 132108)

Abstract: The research progresses in geographical distribution, biological and ecological characteristics, propagation technologies, endangered mechanisms, genetic structure, chemical components and pharmacological effects were reviewed. And the research prospects were also proposed.

Key words: *Magnolia sieboldii* K. Koch; biological characteristics; ecological characteristics; propagation technology; chemical component; endangered mechanism