

大围山白檀群落垂直分布特征及其多样性分析

刘 健, 刘 强, 蒋丽娟*

(中南林业科技大学, 湖南 长沙 410004)

摘 要: 对大围山油料植物白檀种类及其分布进行了调查与分析。结果表明, 大围山地区从海拔 230~1 607 m 之间均有白檀植物分布, 包括白檀、湖南白檀和华白檀。3 个种均适生于弱酸性土壤, 但形态性状差异明显, 不同白檀种群的分布与海拔显著相关, 华白檀散生于海拔 800 m 以下, 白檀在海拔 400~1 200 m 均有分布, 1 200 m 以上零星分布; 湖南白檀于海拔 1 200 m 以下地区偶有分布, 1 200 m 以上地区形成成片灌丛。3 个种的群落中, 白檀群落结构最稳定, 生境多样性最大, 华白檀群落稳定性最差, 多样性最小。

关键词: 群落特征; 生境; 白檀; 大围山

中图分类号: S792.99 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-7461(2015)04-0121-06

Diversity and Vertical Distribution Characteristics of *Symplocos* spp. Communities in Daiweishan Mountain

LIU Jian, LIU Qiang, JIANG Li-juan*

(Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China)

Abstract: Investigation and analysis on species and their distribution of *Symplocos* spp. in Daweishan Mountain were conducted. The results showed that from the elevation of 230 m to the top of 1 607 m, there were three species belonging to genus of *Symplocos*, those were *S. paniculata*, *S. tanakana* and *S. chinensis*. All the three species adapted to acidic soil. However, their distributions was significantly correlated with altitude, and their ecological traits were significantly different. *S. chinensis* distributed below 800 m. *S. paniculata* distributed mostly at the altitude from 400 m to 1 200 m, and scattered above 1 200 m. *S. tanakana* occasionally distributed below 1 200 m and formed into shrubs in the area above 1 200 m. Comparison of the three *Symplocos* spp. community, *S. paniculata* had the most stable community structure and the largest habitat diversity, *S. chinensis*' community stability is the worst one, and hold the minimum habitat diversity.

Key words: community characteristic; habitat; *Symplocos*; Daweishan Mountain

白檀(*Symplocos* sp), 山矾科山矾属植物的统称, 俗称乌子树, 又名子木、拗柴等。落叶灌木或小乔木, 广泛分布于我国东北部及黄河以南地区。白檀根系发达、适应性强、抗逆性好, 是优良的水土保持树种。白檀植株结实早、单株结实量大, 全果含油率达 36.6%^[1], 其油可食用, 也可用于机械、纺织、化学工业等行业, 同时也是生物柴油的优质原料油,

作为可替代能源的潜力突出^[2]。作为一种多用途生态经济型油料树种, 其开发应用价值逐渐引起人们的关注, 近年来对其研发应用报道日益增多, 但多数是关于白檀基本的生物学特性^[3]、育苗技术^[4]、野生资源白檀油脂脂肪酸成分和氨基酸^[5]、油脂理化性质^[6]和其原料油制备生物柴油^[7-9]等方面的研究报道, 而对白檀自然资源分布特点、可用白檀资源现状

收稿日期: 2014-09-17 修回日期: 2014-12-19

基金项目: “十二五”科技支撑计划项目(2014BAC09B01); 长沙市科技局重点科技项目(K1307012-21)。

作者简介: 刘健, 男, 在读硕士, 研究方向: 资源植物培育与利用。E-mail: 510886937@qq.com

* 通信作者: 蒋丽娟, 女, 教授, 研究方向: 资源植物培育与利用。E-mail: znljiang2542@163.com

报道尚少。以湖南省浏阳大围山为调查研究地,该地区有较丰富的野生白檀资源,居民有利用野生白檀果实提取食用油的传统,但缺乏资源研发保护意识。对该地区不同海拔自然分布的白檀群落物种组成、群落结构特点和垂直分布多样性及其与生境的相关性进行调查与分析,以期为进一步研究白檀遗传多样性、野生资源的就地保存和引种驯化、优质资源的选育和推广栽培提供理论依据。

1 研究地概况

大围山位于湖南省浏阳市大围山镇,地处湘东幕阜山与罗霄山接壤地带,罗霄山脉的北段。114°02′—114°12′E,28°21′—28°26′N。境内气候为中亚热带季风湿润气候,年平均气温 11.4~16.5℃;极端最低温-13℃,极端最高 38℃,无霜期 243 d,年降雨量 1 800~2 000 mm。大围山地貌主要由中山和低山组成,最高海拔(七星岭)1 607.9 m,最低海拔 230 m,高差达 1 377.9 m;该区土壤、植被类型垂直分布明显,海拔 500 m 以下多为常绿阔叶和常绿针叶混交林为主的次生植被,海拔 500~1 100 m 为

常绿、落叶阔叶/针叶混交林,1 100~1 400 m 为落叶阔叶林,1 400 m 以上的山顶为草灌群落^[10-11]。白檀为该地区的常见物种,垂直分布于海拔 230~1 607 m,但不同海拔白檀分布数量及种类存在较大差异。

2 材料与方法

2.1 方法

按照大围山植被类型垂直分布特点和白檀的实地分布情况,分别于<500、500~1 100、1 100~1 400、1 400 m 以上 4 个海拔区间的不同坡向设立 12 块 25 m×25 m 方形标准样地进行群落调查^[12]。每个样地中,灌木样方 3 m×3 m 设 5 个,分别位于 4 个角和中间,草本样方 1 m×1 m 设 5 个,分别位于 4 个角和中间。调查记录内容包括:植被类型、海拔、经纬度、坡度、坡向和坡位(表 1)等立地因子和土壤类型;乔木测定其郁闭度,树高<1.5 m 的调查其地径,树高≥1.5 m 的植株调查胸径、树高;灌木和草本调查样地内的种类、平均高度、盖度、多度等植被因子。

表 1 样地基本情况
Table 1 Basic situation of the plots

样地号	海拔/m	经度	纬度	坡向	坡度/(°)	郁闭度	土质
1	526	114°06′09.26″	28°25′19.18″	东	20	0.24	砂土
2	594	114°05′50.89″	28°25′28.97″	东南	15	0.31	黄棕壤
3	732	114°04′08.8″	28°34′49.8″	西南	5	0.33	砂土
4	1120	114°06′30.43″	28°25′23.11″	东南	9	0.55	棕壤土
5	1197	114°06′13.09″	28°24′49.94″	东	5	0.59	草甸土
6	1296	114°06′3.88″	28°25′21.19″	西南	13	0.60	棕色黏土
7	1391	114°09′7.2″	28°26′0.06″	南	0	0.62	黄棕壤
8	1498	114°09′11.16″	28°26′5.94″	东南	18	0.64	草甸土
9	1527	114°09′03.36″	28°25′58.8″	南	16	0.71	砂土
10	1557	114°09′25.68″	28°26′8.82″	西南	13	0.70	黄棕壤
11	1577	114°07′52.86″	28°25′16.98″	西南	8	0.69	砂土
12	1579	114°07′52.86″	28°25′16.98″	东南	22	0.72	草甸土

2.2 测定指标

调查统计每个样方内乔木、灌木和草本的多度、频度、显著度等数据,观测不同样方内白檀形态指标,统计植物组成并进行地理成分分析。

所有统计分析运用 Excel 和 PASW 18.0 统计软件完成。采用单因素分析方法,分析垂直海拔白檀群落差异性。群落多样性数据处理相关公式:

1)相对多度:RD=某物种个体数/所有物种个体数×100%

2)相对频度:RF=某物种的频度/所有物种的频度之和×100%

3)相对显著度:某一乔木的胸高(1.3 m)断面

积或灌木和草本的地径之和占样地面积的百分比,RC=某物种的显著度/所有物种显著度之和×100%

4)重要值计算:IV=(相对多度+相对频度+相对显著度)/3

5)郁闭度:林地树冠垂直投影面积与林地面积之比,郁闭度=植被覆盖样地面积 S_i /样地面积 S ×100%

6) α 多样性(Magurran,1988)
Simpson 指数(优势度指数): $P=1-\sum p_i^2$

Shannon-weiner 指数: $H'=-\sum p_i \ln p_i$

Pielou 指数(均匀度指数): $E=H'/\ln S$
式中: P_i 为种 i 的重要值(IV); S 为样方中所有物种的个数。

3 结果与分析

3.1 群落植物组成及地理成分分析

对 12 个 25 m×25 m 样方的调查统计结果(表 2)显示,白檀植物群落中共有维管植物 39 科 61 属 66 种,其中蕨类 2 科 2 属 2 种,裸子植物 1 科 1 属 1 种,被子植物 36 科 58 属 63 种。

根据科所含种数的多少(表 3),可将 39 个科可分为单种及中等科、寡种科和较大科 3 级,其中单种科和寡种及中等科共 37 科(占总科数的 94. 87%),

表明本区的植物种类较分散。3 种以上的数量优势科有蔷薇科(7 种)、菊科(7 种)、禾本科(4 种)、杜鹃花科(3 种)、蝶形花科(3 种)、莎草科(3 种)和山矾科(3 种),其中杜鹃花科、山矾科属热带、亚热带分布科,其余 5 科属世界广布科^[13-14],因此该区系具有热带、亚热带性质(世界广布科不能代表区系性质)。单种属有 50 属,占 61 属的 81. 97%,种属系数(植物属数与种数之比)高达 92. 42%,说明该区系植物物种多样性以单种属植物占优势,白檀分布区生境条件一致性程度高。

表 2 群落植物种类科属分布

Table 2 Distribution of families and genera of the seed plants in Daweishan Mountain				
科(属/种)	科(属/种)	科(属/种)	科(属/种)	科(属/种)
山矾科 Symplocaceae(1 : 3)	苦苣苔科 Gesneriaceae(1 : 1)	荨麻科 Urticaceae(1 : 1)	菝葜科 Smilacaceae(1 : 1)	薯蓣科 Dioscoreaceae(1 : 1)
禾本科 Gramineae(4 : 4)	蝶形花科 Papilionaceae(3 : 3)	马鞭草科 Verbenaceae(1 : 1)	大风子科 Flacourtiaceae(1 : 1)	杜鹃花科 Ericaceae(2 : 3)
大戟科 Euphorbiaceae(1 : 1)	蓼科 Polygonaceae(1 : 1)	松科 Pinaceae(1 : 1)	绣球科 Hydrangeaceae(1 : 1)	山茶科 Theaceae(1 : 1)
蔷薇科 Rosaceae(6 : 7)	里白科 Gleicheniaceae(1 : 1)	壳斗科 Fagaceae(1 : 1)	苦木科 Simaroubaceae(1 : 1)	鳞毛蕨科 Dryopteridaceae(1 : 1)
菊科 Asteraceae(6 : 7)	胡颓子科 Elaeagnaceae(1 : 1)	冬青科 Aquifoliaceae(1 : 1)	葡萄科 Vitaceae(1 : 1)	山茱萸科 Cornaceae(1 : 1)
七叶树科 Hippocastanaceae(1 : 1)	莎草科 Cyperaceae(3 : 3)	漆树科 Anacardiaceae(1 : 1)	唇形科 Lamiaceae(1 : 1)	卫矛科 Celastraceae(1 : 1)
石蒜科 Amaryllidaceae(1 : 1)	景天科 Crassulaceae(2 : 2)	百合科 Liliaceae(2 : 2)	黄杨科 Buxaceae(1 : 1)	忍冬科 Caprifoliaceae(2 : 2)
龙胆科 Gentianaceae(1 : 1)	伞形科 Umbelliferae(2 : 2)	牻牛儿科 Geraniaceae(1 : 1)	交让木科 Daphniphyllaceae(1 : 1)	

表 3 大围山地区白檀群落植物科级大小统计

Table 3 Statistics of the size of the families in <i>Symplocos</i> community in Daweishan Mountain		
类别	科数	占总科数比例/%
单种科(1)	28	71. 79
寡种及中等科(2~5)	9	23. 08
较大科(6~9)	2	5. 13
合计	39	100. 00

大围山地理成分复杂,根据吴征镒所确定的中国种子植物科和属的 15 个分布类型^[13-16](表 4)。科的统计结果显示,热带、泛热带分布 13 个科、世界广布科 11 个、北温带科 9 个,本区科的分布以热带、泛热带分布占优势地位;属的统计结果显示,群落所有属中热带性成分占优势(高达 34. 38%),北温带成分 29. 41%,东亚特有 19. 61%。分布最多的区系为北温带(15 属)、东亚(10 属)、热带、泛热带分布(8 属)、广世界广布(8 属)、热带亚洲至热带大洋洲(4 属)、热带亚洲(即热带东南亚至印度—马来、太平洋诸岛)(4 属),说明白檀植物群落以北温带和东亚成分分布占主体地位。从种的统计结果来看,组成白檀群落的 64 种种种子植物中,热带分布种 22 种,占种

类总数的 34. 38%,其中以热带亚洲分布及其变型最多(11 种),其次是泛热带及其变型(10 种)、北温带分布种有 17 种,占总数的 26. 56%。从总的植物区系组成看,本区系是典型的东亚热带、亚热带植物分布区,具备亚热带常绿阔叶林的性质。

3.2 不同海拔梯度白檀分布特点

每一物种都有特定的生境要求,植物群落的发生、发展、演替与其生境密切相关^[15-16]。经实地调查和分析发现:垂直方向上,大围山地区从山底海拔 230 m 到山顶七星顶 1 607 m 之间均有白檀植物分布。依据《湖南树木志》^[17]和《中国高等植物志》^[18]、《中国植物志》^[19]对山矾科山矾属植物特征的描述,确定大围山白檀有 3 种:即华白檀、白檀、湖南白檀,且不同种分布在不同海拔梯度,与立地条件相关(表 5)。

1) 500~1 100 m 常见的白檀植物有华白檀和白檀。在该海拔区间,样地平均郁闭度 0. 34,乔木层树种和数量少,有黄樟(*Cinnamomum porrec-tum*)、复羽叶栎树(*Koelreuteria bipinnata*)、沙梨(*Pyrus serotina*)、马尾松(*Pinus massoniana*);灌木层有白檀、水马桑(*Coriaria sinica*)、毛竹(*Phyl-*

lostachys heterocycla)、大叶胡枝子(*Lespedeza davidii*)等,以毛竹为优势种,覆盖面积过半,竹根和竹鞭侵略性制约其他物种的生长,灌木种类少;草本层多度和盖度小(地表覆盖度只有 0.35),分布最多的植物是蛇莓(*Duchesnea indica*)、小飞蓬(*Conyza canadensis*)和一年蓬(*Erigeron annuus*)等。

表 4 群落植物群系科、属分布类型

Table 4 Areal-types of families and genera of Daweishan mountain's seed plants

分布区类型	科		属	
	科数	所占比例/%	属数	所占比例/%
1. 广布(世界广布)	11		8	
2. 热带、泛热带分布	13	48.15	8	15.69
3. 东亚(热带、亚热带)及热带南美间断	3	11.11	1	1.97
4. 旧世界热带	0	0	1	1.97
5. 热带亚洲至热带大洋洲	0	0	4	7.84
6. 热带亚洲至热带非洲	2	7.41	2	3.92
7. 热带亚洲(即热带东南亚至印度—马来、太平洋诸岛)	0	0	4	7.84
8. 北温带	9	33.33	15	29.41
9. 东亚及北美间断	0	0	2	3.92
10. 旧世界温带	0	0	3	5.88
11. 温带亚洲	0	0	1	1.97
12. 地中海区、西亚至中亚	0	0	0	0
13. 中亚	0	0	0	0
14. 东亚	0	0	10	19.61
15. 中国特有	0	0	0	0
合计	38	100	59	100

注:世界分布不计百分率。

表 5 大围山地区白檀植物群落生境特征

Table 5 The habitat characters of *Symplocos* spp. community in Daweishan Mountain

样方号	海拔/m	林型	主要白檀种	物种丰富度	土壤 pH 值
1	526	樟树复羽叶栎树混交林	华白檀	13	3.76
2	594	沙梨毛竹混交林	华白檀	9	4.41
3	732	毛竹马尾松混交林	华白檀	11	4.37
4	1 120	四照花毛竹林	白檀	11	5.30
5	1 197	四照花七叶树林	白檀	13	4.95
6	1 296	毛竹白檀林	白檀	16	4.33
7	1 391	四照花杜鹃林	湖南白檀	13	4.39
8	1 498	湖南白檀杜鹃灌丛	湖南白檀	10	4.96
9	1 527	湖南白檀水马桑灌丛	湖南白檀	16	4.99
10	1 557	湖南白檀波叶红果树灌丛	湖南白檀	11	4.01
11	1 577	湖南白檀杜鹃灌丛	湖南白檀	10	3.97
12	1 579	湖南白檀杜鹃水马桑灌丛	湖南白檀	11	4.86

华白檀和白檀均在混交林中处于从属地位,为群落次生种,其中华白檀散生分布于 800 m 以下、郁闭度不高于 0.4 的林下,白檀在此海拔范围内为灌木,处于由低海拔散生向高海拔聚生转变带。

2) 1 100~1 400 m 常见的有白檀和湖南白檀,湖南白檀有高大乔木和灌木 2 种类型。该区段样地平均郁闭度 0.46,各层的盖度较大,乔木层有四照花(*Dendrobenthamia japonica*)、马尾松、七叶树(*Aesculus chinensis*)和湖南白檀,但多度不大,分别只有 16、8、27 和 4。灌木层以白檀、杜鹃(*Rhododendron lapponicum*)、毛竹、水马桑为主,毛竹和白檀为优势种;草本层主要有有菝葜(*Smilax china*)、薯蓣(*Dioscorea opposita*)、山芹(*Angelica siebol-*

di)和五节芒(*Miscanthus floridulus*)等,尤以五节芒和薯蓣分布最多。

白檀在 1 200 m 以下分布集中,逐渐变为群落优势种,1 200 m 以上零星分布;湖南白檀在 1 200 m 以下偶有分布,1 200 m 以上成片分布,单独或与水马桑、杜鹃共同组成高山灌丛,能够长成高达 14 m 的高大乔木,但大多数情况下为小乔木或者灌木。

3) 1 400 m 以上常见的有湖南白檀,群落平均郁闭度达 0.60,平均高度 2.5 m;乔木有交让木(*Daphniphyllum macropodum*)、四照花(*Dendrobenthamia japonica*)和黄杨(*Buxus megistophylla*),但株数不多,以株丛的形式出现,同种集中生长;灌木层为优势层,主要有湖南白檀、巴东胡颓子

(*Elaeagnus difficilis*)、波叶红果树(*Stranvaesia davidiana*)和水马桑,草本层有林荫千里光(*Senecio nemorensis*)、水芹(*Oenanthe javanica*)、虎杖(*Reynoutria japonica*)、三脉紫菀(*Aster ageratoides*)等。灌木层种类多、多度大,草本层种数和多度有所减少,这与高海拔低温与霜冻环境有关。分布种为湖南白檀,群落中处于建群种地位,灌木或小乔木,单独或与水马桑、杜鹃共同组成高山灌丛。

表 6 大围山不同海拔白檀单株平均性状值比较

海拔范围 /m	叶形态						果实形态				地径 /cm	株高 /m	枝下高 /m	冠幅 /m ²
	叶长 /mm	叶宽 /mm	形状	绒毛	颜色	锯齿	横径 /mm	纵径 /mm	颜色	果形				
500~1 100	53.23	28.36	卵状椭圆	两面被毛	浅绿黄绿	疏锯齿	5.34	6.68	紫黑	稍歪斜	8.7	2.4	0.19	4.98
1 100~1 400	75.76	41.25	卵形	无毛光滑	深绿	钝锯齿	6.49	7.86	蓝紫	歪斜	13.6	3.3	0.35	8.22
≥1 400	67.97	33.90	椭圆披针	无毛粗糙	浅绿	细锯齿	5.68	7.93	深蓝	偏斜	12.8	3.1	0.23	8.10

不同海拔白檀存在明显的形态差异,即叶片大小、果实大小、地径、株高等性状均有显著差异(表 6)。这归因于遗传差异性表达和环境影响,不同海拔的温度、林型差异造成生境差异大,白檀植株一些性状产生了环境相适应的改变,调查发现的最高大的 3 株白檀海拔位于 1 391 m,平均叶片长宽较更高海拔白檀要更长更宽。又佐证了白檀植株性状不完全受海拔影响,种内遗传也是其限制因子。

表 7 大围山不同海拔梯度白檀群落多样性指数

海拔/m	层次	物种丰富度(S)	Simpson(P)	Shannon-wiener(H)	Pielou(E)
500~1 100	乔木	2	0.500	0.693	1.000
	灌木	4	0.689	1.268	0.915
	草本	18	0.927	2.756	0.954
1 100~1 400	乔木	3	0.653	1.079	0.982
	灌木	8	0.806	1.841	0.885
	草本	21	0.938	2.907	0.955
≥1 400	乔木	3	0.631	1.041	1.099
	灌木	8	0.779	1.759	0.846
	草本	22	0.920	2.858	0.925

1) 不同海拔梯度群落多样性指数 S、P、H 均为草本层>灌木层>乔木层,E 为乔木>草本>灌木。P 表示随机取样的 2 个个体属于不同种的概率,可知不同海拔均为乔木层结构最简单,草本层最复杂;H 反映了群落中物种均匀度的时空变化和丰富度,由此可知 1 400 m 以上植物群落内物种最丰富,不同斑块内部物种差异变化最大,海拔 1 100~1 400 m 群落次之,500~1 100 m 物种丰富度最小,这与低海拔群落生境较差、人工干扰较多有关;E 反映了植物分布的空间均匀度,是各个物种的多度和重要值的均匀程度的直观体现,反映了群落种数、群落观察多样性及总个体数相同时可能最大多样性之间的比率。相同梯度比较:草本层较其灌层和乔木层次大,最差的是乔木层;不同梯度比较1 100~1 400 m

3.3 不同海拔梯度白檀群落的特征分析评价

植物生长型(growth form)是表征群落外貌特征和垂直结构的重要指标^[20]。3 个不同海拔梯度白檀群落中乔木、灌木和草本 3 个层次的物种 α 多样性分析结果如下表 7 所示。对不同海拔梯度白檀群落同层次多样性指数进行单因素 t 检验分析,结果表明:检验值 $t_{\min} = -0.827$, $t_{\max} = 2.309$, 落于 $t_{0.05(2)}$ 置信区间 $[-4.303, 4.303]$ 内。

的空间均匀性最好,各层数值最接近。
2) 3 个海拔梯度分别对应华白檀、白檀和湖南白檀,比较不同海拔梯度的白檀群落 α 多样性指标及差异性 t 检测结果显示,1 100~1 400 m 梯度群落的每项指标都比其他 2 个海拔梯度大,最小的是 500~1 100 m,但差异不显著,即不同海拔梯度白檀植物群落植物结构有相似性,相对而言,白檀群落生境多样性最大,群落结构相对稳定,而华白檀群落生境多样性最小,结构稳定性较低。由此可见,白檀的生态适应性幅度相对较广,适合引种栽培区域亦较大。

4 结论与讨论

据 12 个样方,共计 7 500 m² 面积的样地调查

统计发现,大围山地区白檀(白檀、湖南白檀和华白檀)适生的土壤 pH 值在 3.76~5.30,土壤类型有砂土、黄棕壤、草甸土、黄棕壤。3 个白檀种适生环境共同点是:土壤弱酸性(pH4.5)、郁闭度较小、空气流通好、坡度不大于 25°、向阳的山地缓坡或沟谷。这与其他油料植物如黄连木(*Pistacia chinensis*)^[21]、文冠果(*Xanthoceras sorbifolium*)^[22]等木本油料植物的生境有很大差别。白檀种类与土壤 pH 值、坡度没有必然相关性,但与海拔梯度显著相关,海拔 230~1 600 m 均有分布,这与前人对大围山白檀物种主要分布区域的结论一致^[10],其中湖南白檀分布较广、数量较多,分布的海拔也较其他 2 个种高;华白檀分布较少、分布海拔低。高海拔湖南白檀独自或与杜鹃、水马桑等植物共同形成大面积山地灌丛,中低海拔华白檀和白檀不为优势种,属于次要植物,但随着海拔上升重要值逐渐增大。

白檀群落植物种类少,共有 39 科 61 属 66 种,不同白檀物种均为草本层和灌木层在群落中占优势地位。不同群落 α 多样性指数比较,1 100~1 400 m 海拔群落同位置数值更大,说明群落结构更稳定。此海拔以白檀分布为主,因此从群落特征来看,白檀是最合适的引种对象,前人研究发现白檀种子出油率为 20.0%^[5],但不同白檀种类的单株产量和出油率及不同引种地区的具体引种效果和生态适应性还不得而知,需要进行更深层次的调查研究。

白檀群落内不同植物相关性和相互影响作用还不明确,前人对白檀植物不同居群的物候期与形态多样性^[23]、果实形态发育过程特性研究^[1]也没有定论,故白檀植物群落内部构建和分布还有待更进一步的研究。

参考文献:

[1] 刘强,杨艳,尹翔,等.油料植物白檀果实形态发育过程特性研究[J].中国野生植物资源,2012,12(6):53-55,61.
LIU Q,YANG Y,YIN X, *et al.* Fruit morphological development of oil plant *Symplocos paniculata*[J]. Chinese Wild Plant Resources,2012,12(6):53-55,61. (in Chinese)

[2] 马倩,蒋丽娟,李昌珠.能源植物系列讲座 12-白檀[J].太阳能,2009(12):27-28.

[3] 唐美军,赵俊,李曦昊,等.山矾科山矾属植物化学成分及药理活性研究进展[J].中国中药杂志,2004,29(5):390-394.
TANG M J,ZHAO J,LI X H, *et al.* Advances in studies on chemical constituents and pharmacological activities from plants of Symplocaceae[J]. China Journal of Chinese Materia Medica,2004,29(5):390-394. (in Chinese)

[4] 季长波,邹奎.北方地区白檀山矾育苗技术[J].林业实用科技,2009(2):28-29.

[5] 管正学,朱太平,仇田青.白檀种子的油脂和氨基酸的分析与

利用评价[J].中国野生植物,1991(2):11-14.

[6] 刘光斌,刘苑秋,黄长干,等.白檀油的理化性质及其制备生物柴油的研究[J].中国粮油学报,2011,3(3):64-67.
LIU G B,LIU Y Q,HUANG C G, *et al.* Physiochemical properties and preparation of bio-diesel by *Symplocos paniculata* seeds oil[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association,2011,3(3):64-67. (in Chinese)

[7] 李昌珠,蒋丽娟,程树棋.生物柴油-绿色能源[M].北京:化学工业出版社,2005:46-47.

[8] 汤颖,陈刚,穆淑珍.国内外生物柴油发展现状及中国的应对策略[J].世界农业,2010(8):10-12.

[9] KARP A, RICHTER G M. Meeting the challenge of food and energy security[J]. Journal of Experimental Botany,2011(4):1-9.

[10] 陈正法,梁称福,肖润林,等.湖南浏阳市大围山区高等植物类野菜资源特征及其开发利用[J].广西植物,2004,24(4):291-296.

[11] 杨艳,蒋丽娟,李昌珠,等.大围山野生白檀资源调查与分析[J].湖南林业科技,2011,38(6):36-38.

[12] 方精云,王襄平,沈泽昊,等.植物群落清查的主要内容和、方法和技术规范[J].生物多样性,2009,17(6):533-548.

[13] 吴征镒,周浙昆,李德铎,等.世界种子植物科的分布区类型系统[J].云南植物研究,2003,25(3):245-257.

[14] 吴征镒.《世界种子植物科的分布区类型系统》的修订[J].云南植物研究,2003,25(3):535-538.

[15] 王荷生.植物区系地理[M].北京:科学出版社,1992:153-161.

[16] 吴征镒.中国种子植物属的分布区类型[J].云南植物研究,1991,15(Supp. 1):1-139.

[17] 祁承经,林亲众.湖南树木志[M].长沙:湖南科学技术出版社,2000.

[18] 吴容芬,黄淑美.中国高等植物志:第 60 卷第 2 册[M].北京:科学出版社,1987.

[19] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志[M].北京:科学出版社,1987:1-81.

[20] WHITTAKER R H. Ecological diversity and its measurement of species diversity[M]. Taxon, 1972, 21:213-251.

[21] 马葵,朱玮,尉芹.木本油料生产生物柴油研究[J].西北林学院学报 2007, 22(6):125-130.
MA Z,ZHU W,WEI Q. Advances in the researches of biodiesel from woody oil-bearing plants[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(6):125-130. (in Chinese)

[22] 戚建华,姚增玉.文冠果的生殖生物学与良种繁育研究进展[J].西北林学院学报,2012,27(3):91-96.
QI J H,YAO Z Y. Review on reproductive biology, propagation and breeding of *Xanthoceras sorbifolia*[J]. Journal of Northwest Forestry University,2012,27(3):91-96. (in Chinese)

[23] 尹翔,蒋丽娟,刘强.油料植物白檀不同居群的物候期与形态多样性[J].经济林研究,2012,30(3):55-60.
YIN X,JIANG L J,LIU Q. Phenophase period and morphological diversity of different *Symplocos paniculata* populations[J]. Nonwood Forest Research, 2012,30(3):55-60. (in Chinese)