

DOI:10.14188/j.ajsh.2020.01.003

武功山地区油脂植物资源调查研究

向晓媚, 谭璐, 谭泽成, 王璐, 陈功锡*

(吉首大学 植物资源保护与利用湖南省高校重点实验室, 湖南 吉首 416000)

摘要: 为进一步了解武功山地区油脂植物情况,通过野外调查、标本采集鉴定并结合文献的方法,对该区的油脂植物进行统计分析。结果表明武功山地区共有野生油脂植物88科213属383种;形成以樟科、豆科、蔷薇科等为主的优势科类群,以胡椒属、卫矛属、花椒属等为主的优势属类群;生活习性以木本为主。区系地理成分复杂多样,科以热带成分为主,属以温带成分为主,种的地理成分以中国特有分布最多;在分布格局上,垂直方向海拔在400~499 m范围内最多,水平方向以安福县分布油脂植物种类最多。武功山地区含油率超过30%的油脂植物高达116种,体现出该区的油脂植物具有较大的应用开发潜力。

关键词: 武功山地区;油脂植物;资源调查

中图分类号: Q949.4

文献标识码: A

文章编号: 2096-3491(2020)01-0022-07

Investigation on oil plant resources in Wugongshan region

XIANG Xiaomei, TAN Lu, TAN Zecheng, WANG Lu, CHEN Gongxi*

(Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Utilization, Jishou University, Jishou 416000, Hunan, China)

Abstract: To understand the status of oil plant resources in Wugongshan region, Jiangxi province, the oil plant resources of this area were statistically analyzed through field survey, sample collection and identification as well as the literature review. The results show that 88 families, 213 genera and 383 species of oil plants are found in the area. Among the oil plants in this area, woody plants are dominant, dominant families are Lauraceae, Leguminosae and Rosaceae, etc; dominant genera are *Lindera*, *Euonymus*, *Zanthoxylum* and so on. The geographical distribution of oil plants in this area shows diversity. The family of the geographical distribution was mainly tropical elements, the genus was mainly temperate elements, and the species was mainly endemic to China. In the distribution pattern, the altitude of 400~499 m, the oil plant accounts for the highest percentage in the area. As for the horizontal distribution, the oil plants in Anfu County has the most species. Moreover, there are 116 kinds of oil plants with the oil contents of over 30%, which shows that the oil plants in Wugongshan region have great potential for development.

Key words: Wugongshan region; oil plant; resource investigation

0 引言

油脂是油和脂肪的统称(烃的衍生物)。油脂来源于植物和动物,但其主要来源为植物,植物油脂占世界总油脂产量的70%左右^[1]。植物油脂用途广泛,它既是人类营养的主要来源和重要的工业原料,

又是潜在的可再生能源。而当下由于面临煤炭、石油等不可再生能源枯竭的危机,已严重影响到人类的生存发展。据报道,我国已成为世界上最大的食用植物油和大豆进口国,食用植物油自给率不到40%^[2],因此开发和利用野生油脂植物,对解决我国今后能源短缺问题意义重大。调查、筛选植物油脂

收稿日期: 2019-10-05 修回日期: 2019-11-28 接受日期: 2019-12-03

作者简介: 向晓媚(1994-),女,硕士生,主要从事植物生态学研究。E-mail: 15107438946@163.com

* 通讯联系人: 陈功锡(1966-),男,教授,主要从事植物分类与区系地理、植物生态、植物资源学研究。E-mail: chengongxi2011@163.com

基金项目: 国家科技基础性工作专项重点项目(2013FY111500-2)

引用格式: 向晓媚,谭璐,谭泽成,等. 武功山地区油脂植物资源调查研究[J]. 生物资源, 2020, 42(1): 22-28.

Xiang X M, Tan L, Tan Z C, et al. Investigation on oil plant resources in Wugongshan region [J]. Biotic Resources, 2020, 42(1): 22-28.

这类可再生能源的任务十分紧迫。

武功山地区为华东、华中、华南三个地区的交汇地带,总面积约17 000 km²,相对高度差达1 700 m,地形复杂多样、山势险峻、气候温暖湿润,特殊的地理环境孕育了丰富的植物资源。近年来,全国各地都很重视油脂植物资源调查研究工作,并相继开展了相关的调查研究^[3~8],但关于武功山地区油脂植物资源的调查研究至今仍为空白。本文以武功山地区为研究范围,通过野外调查和查阅相关文献,对该地区油脂植物的物种多样性构成、地理区系成分、分布特征等进行分析,并提出相关开发利用建议,以期为该地区后期进行植物油脂的筛选和开发利用提供参考。

1 调查区概况与研究方法

1.1 调查区概括

武功山地区地处湘、赣边界的罗霄山脉中段,地理坐标大致位于113°09'24"E~115°21'29"E和27°06'58"N~27°52'15"N,由武功山风景名胜区、明月山森林公园、羊狮幕自然保护区、高天岩自然保护区、锅底潭自然保护区、湖里湿地自然保护区等及其周边地域组成,总面积大约17 000 km²。境内地势峻峭,海拔高度相差大,最高为武功山金顶,海拔1 918.3 m,最低为湖里湿地海拔不足200 m。武功山属于亚热带季风湿润气候,年平均气温为14.237℃,年均降水量1 723.336 mm,相对湿度81.788%,年总辐射量为4 356.795 MJ/m²。山麓至山顶土壤类型依次为红壤与紫色复合带、黄红壤带、山地黄壤带、山地黄棕壤带、山地草甸带^[9]。植被组成复杂,具备亚热带地区植被典型特征,且呈现垂直变化,从山脚到山顶植被类型依次为常绿阔叶林、常绿-落叶阔叶混交林、针叶林、高山草甸。该区又为华东、华中、华南三个地区的交汇地带,是生物多样性迁移的重要通道,正是由于其特殊的地理环境,使得这里植物资源非常丰富^[10]。

1.2 研究方法

本研究团队在2013年—2017年期间对武功山地区8个县、区(安福县、芦溪县、袁州区、分宜市、上

高县、莲花县、茶陵县、攸县)进行植物野外实地调查并进行标本采集,获得武功山地区油脂植物资源基础数据,通过查阅文献等资料^[1,11,12],确定武功山地区油脂植物名录,再结合武功山地区维管束植物物种多样性编目^[13],进一步对该地区油脂植物的物种多样性构成、地理区系成分、分布特征等进行分析。

2 结果和分析

2.1 油脂植物多样性构成

2.1.1 基本科属构成

武功山地区油脂植物资源丰富,共有383种,隶属88科213属^[11],分别占武功山地区种子植物科属种的53.33%、26.49%、18.52%,分别占全国非粮柴油植物科、属、种的58.28%、24.29%、15.92%,统计结果见表1。

其中裸子植物共有7科13属16种,分别占武功山地区油脂植物科、属、种总数的7.95%、6.10%、4.18%;被子植物共有81科200属367种,分别占武功山地区油脂植物科、属、种总数的92.05%、93.90%、95.82%,可见被子植物占优势。

2.1.2 优势类群统计

分析资源植物优势类群,对于寻找该类资源具有指导意义。武功山地区油脂植物在不同的科、属中分布情况不一样。从科级层面看,武功山地区油脂植物中含有种数大于10种的优势科共有7科67属157种,包括樟科(Lauracea)(4属,40种)、豆科(Fabaceae)(22属,31种)、蔷薇科(Rosaceae)(15属,26种)、卫矛科(Celastraceae)(2属,17种)、山茶科(Theaceae)(6属,15种)、大戟科(Euphorbiaceae)(9属,15种)、芸香科(Rutaceae)(5属,13种)。从属级层面看,该区大于5种的优势属共有9属73种,其中以山胡椒属(*Lindera*)最多,有14种,其次为卫矛属(*Euonymus*)10种、花椒属(*Zanthoxylum*)8种、樟属(*Cinnamomum*)8种、鼠李属(*Rhamnus*)7种、南蛇藤属(*Celastrus*)7种、木姜子属(*Litsea*)7属、冬青属(*Ilex*)6种、石楠属(*Photinia*)6种。

2.1.3 生活习性分析

生活习性是植物适应气候环境的重要表现,根

表1 武功山地区油脂植物资源统计
Table 1 Statistics of oil plant resources in Wugongshan region

分类群数	武功山地区油脂植物	武功山地区种子植物 ^[10]	占武功山地区种子植物总数比例/%	全国非粮生物柴油植物 ^[12]	占全国非粮生物柴油比例/%
科数	88	165	53.33	151	58.28
属数	213	804	26.49	877	24.29
种数	383	2 068	18.52	2 406	15.92

据武功山地区油脂植物的外貌特征,可将该区的油脂植物分为乔木、灌木、藤本和草本四种类型。根据研究需要,可将藤本进一步划分为木质藤本和草质藤本。

由表2可知,武功山地区油脂植物资源中,共有乔木165种,占该区油脂植物总种数的43.08%,代表植物如柳杉(*Cunninghamia lanceolata*)、三尖杉(*Cephalotaxus fortunei*)、毛桂(*Cinnamomum appelianum*)等。共有灌木111种,占总种数的28.98%,代表植物如楮(*Broussonetia kazinoki*)、紫花含笑(*Michelia crassipes*)、山榿(*Lindera reflexa*)等。共有藤本45种,占总种数的11.75%,其中包括木质藤本38种,占总数9.92%,如三叶木通(*Akebia trifoliata*)、南五味子(*Kadsura longipedunculata*)、中华猕猴桃(*Actinidia chinensis*)等,草质藤本有7种,占总数1.83%,包括铁线莲(*Clematis florida*)、葛(*Pueraria montana*)、乌莓莓(*Cayratia japonica*)等。总体来看,木本植物共有314种,占总数的比例高达81.98%,而草本植物仅有69种,占总数的比例为18.02%,可见武功山地区油脂植物中木本植物要远高于草本植物,这可能与油脂植物特性有关,木本植物往往其种子较大,含油量较高,而草本植物则相反,一般种子较小,难以存储油脂资源,因此在油脂植物资源寻找、筛选时,可优先木本植物。

2.2 区系地理成分构成

按照吴征镒对种子植物区系成分划分的方法

表2 武功山地区油脂植物生活习性组成			
Table 2 Composition of life habits of oil plant in Wugongshan region			
生活习性		种数	占总种数比例/%
木本植物	乔木	165	43.08
	灌木	111	28.98
	木质藤本	38	9.92
草本植物	草质藤本	7	1.83
	草本	62	16.19

法^[14],可将武功山地区的油脂植物88科划分为9个分布区类型,213属划分为14个分布区类型,383种划分为13个分布区类型(见表3)。

由表3可知,在科层面上,泛热带分布(2型)所含科数最多,有28科,占油脂植物总科数比例的31.82%;其次为世界分布(1型)有21科和北温带(8型)有17科,占总科数比例分别为23.86%和19.32%;热带成分(2~7型)41科,占总科数的46.59%。温带成分(8~15型)22科,占总科数的29.55%,以热带成分占优。因此,科层面上,可以热带分布科为线索,寻找新的油脂资源。在属层面上,缺少中亚分布型(13型),泛热带分布(2型)39属以及北温带分布(8型)37属,所含属数最多,占武功山地区油脂植物的比例分别为18.31%和17.37%。热带成分(2~7型)97属,占总属数的45.54%,温带成分(8~14型)104属,占总科数的48.83%,以温带成分占优。因此,在属层面上寻找油脂植物资源时,

表3 武功山地区油脂植物科、属和种分布区类型						
Table 3 The area-type of the families, genera and species of oil plant in Wugongshan region						
分布区类型	科数	占总科数比例/%	属数	占总属数比例/%	种数	占总种数比例/%
1.世界分布	21	23.86	12	5.63	7	1.83
2.泛热带分布	28	31.82	39	18.31	37	9.66
3.热带亚洲和热带美洲间断分布	9	10.23	13	6.10	15	3.92
4.旧世界热带分布	2	2.27	9	4.23	4	1.04
5.热带亚洲至热带大洋洲分布	—	—	7	3.29	5	1.31
6.热带亚洲至热带非洲分布	—	—	5	2.35	5	1.31
7.热带亚洲分布	2	2.27	24	11.27	39	10.18
8.北温带分布	17	19.32	37	17.37	20	5.22
9.东亚和北美间断分布	2	2.27	24	11.27	20	5.22
10.旧世界温分布	—	—	9	4.23	6	1.57
11.温带亚洲分布	—	—	2	0.94	3	0.78
12.地中海、西亚至中亚分布	—	—	1	0.47	—	—
13.中亚分布	—	—	—	—	—	—
14.东亚分布	3	3.41	25	11.74	73	19.06
15.中国特有分布	4	4.55	6	2.82	149	38.90
总计	88	100.00	213	100.00	383	100.00

可以泛热带分布(2型)属和北温带分布(8型)属为线索,寻找新的油脂植物资源。在种层面上,中国特有分布(15型)含有种数远高于其他分布型,达到149种,占总种数的比例为38.90%,如马尾松(*Pinus massoniana*)、茅栗(*Castanea seguinii*)、厚朴(*Houpoa officinalis*)等。因此,在种层面上,可以中国特有分布(15型)种为线索,寻找新的油脂植物资源。

2.3 油脂植物的分布特点

2.3.1 垂直分布特点

随着海拔的变化,气候和环境也会发生变化,因此各个海拔分布的植物丰富度也不一样。武功山地区海拔最高为武功山金顶,海拔为1 918.3 m,最低为湖里湿地海拔不足200 m,高度差达到1 700 m左右。本研究根据武功山地区的海拔高度,同时考虑到统计样本数量的需要,按照每隔100 m进行分段设置海拔梯度,分成20个区段(各区段内所含的油脂植物可重复统计),如图1所示。

由图1可知,在0~499 m海拔范围,该区含有的油脂植物随着海拔的升高而逐渐增多,而在400~499 m之后的海拔范围,油脂植物资源随着海拔的升高而下降。在400~499 m海拔范围内分布的油脂植物种数最多,共有262种,占总种数的68.41%,如木蜡树(*Toxicodendron sylvestre*)(种仁含油率30.98%)、腺蜡瓣花(*Corylopsis glandulifera*)(种仁含油率54.11%)、复羽叶栎树(*Koelreuteria bipinnata*)(种仁含油率42.56%)等,且在该区域内,油脂植物含油率超过30%的达到70种,占该区油脂植物资源的18.28%,说明在400~499 m海拔区域内含有种类丰富、含油量高的油脂植物资源。但在0~99 m以及1 600~1 999 m海拔范围内,油脂植物都在50

种以下,种数非常少。从物种垂直分布特征来看,物种种数随海拔高度先升高后下降,呈现单峰态,这与Colwell的中度膨胀效应的结论相符合^[15],说明该区野生木本油料植物受海拔高度影响较大,海拔太高或太低都不适合其生长,本研究结果对该区野生油脂植物人工化规模种植提供了很好的参考。

2.3.2 水平分布特点

由于地形地势和经纬度的变化,降水量和光照也不一样,因此在不同区域武功山地区的油脂植物分布情况也会发生变化。本研究根据所选取的武功山地区的8个县、区(各县、区内所含的油脂植物可重复统计),进行分类统计。

从表4中可以发现,各行政区域分布的油脂植物由多到少依次是:安福县(343种)、莲花县(137种)、芦溪县(134种)、茶陵县(133种)、分宜县(98种)、袁州区(94种)、攸县(72种)、上高县(71种)。其中安福县含有的油脂植物种类最丰富,有343种,占总数比例为89.56%,远超过其他各县含有的种数。这可能是由于该区地处武功山核心地带,复杂的地形、丰富的土地资源和多样的土壤类型为油脂植物的生长提供了得天独厚的生境条件,同时该地域人为破坏较小、植被保存完好所致。而其他各县之间分布的油脂植物相差不大,推测可能是这些县区生境条件相差不大,因此所分布的油脂植物种类也相差不大。

2.4 含油率及含油部位分析

植物油脂的储存部位一般有果实、种子、根和茎等器官,但以种仁最为丰富^[1]。武功山地区油脂植物储油部位大致可分为果实、种子、种仁三个部位,其中以种仁类油脂植物最多,因此本研究主要对油脂植物种仁部位的含油率进行讨论。

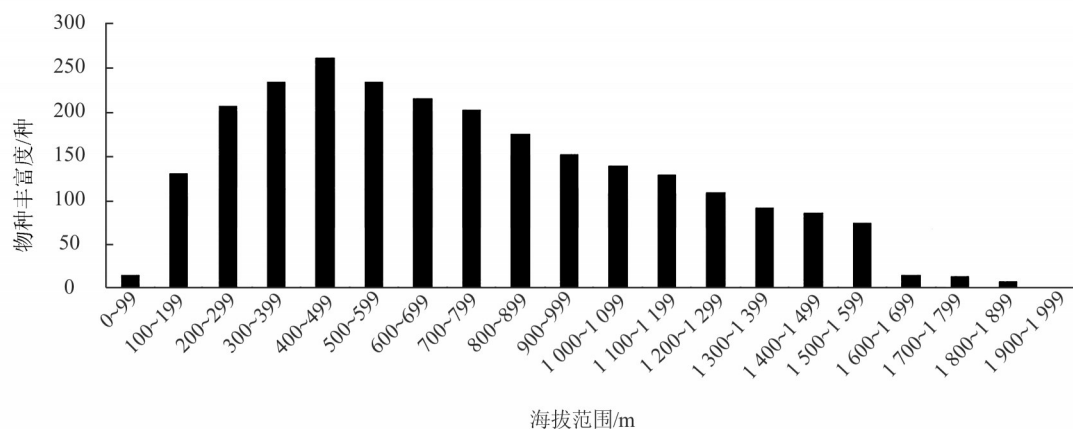


图1 武功山地区油脂植物垂直分布

Fig. 1 Vertical distribution pattern of oil plant in Wugongshan region

表4 武功山地区油脂植物水平分布
Table 4 The horizontal distribution pattern of oil plant in Wugongshan region

行政区域	含油油脂植物种数	占总种数比例/%	行政区域	含油油脂植物种数	占总种数比例/%
攸县	72	18.80	安福县	343	89.56
茶陵县	133	34.73	分宜县	98	25.59
莲花县	137	35.77	上高县	71	18.54
芦溪县	134	34.99	袁州区	94	24.54

根据武功山地区油脂植物含油量多少,可将该区的油脂植物划分为六个等级(见表5)。该区油脂植物含油率较低,在10%以下的油脂植物种数有27种,占总种数的7.05%,代表植物有朱砂根(*Ardisia crenata*)、枳椇(*Hovenia acerba*)、凤仙花(*Impatiens balsamina*)等;该区含油率中等,20%~30%的油脂植物种数有167种,占总数的43.60%,代表植物有野大豆(*Glycine soja*)、杨梅(*Myrica rubra*)、野木瓜(*Stauntonia chinensis*)等;该区含油率较高,超过30%的油脂植物有116种,占总种数的比例为30.3%,其中含油率超过50%以上的有15种,占该区油脂植物的3.92%,包括山榧(含油率62.8%,下同)、毛豹皮樟(*Litsea coreana* var. *lanuginosa*) (62.6%)、豹皮樟(*Litsea coreana* var. *sinensis*) (61.9%)、沉水樟(*Cinnamomum micranthum*) (61.64%)、光叶石楠(*Photinia glabra*) (60.75%)、绒毛山胡椒(*Lindera nacusua*) (60.1%)、新木姜子(*Neolitsea aurata*) (59.4%)、阔瓣含笑(*Michelia cavaleriei* var. *platypetala*) (58.2%)、猴欢喜(*Sloanea sinensis*) (56.78%)、毛叶石楠(*Photinia villosa*) (56.46%)、灰叶南蛇藤(*Celastrus glaucophyllus*) (54.59%)、腺蜡瓣花(*Corylopsis glandulifera*) (54.11%)、黄丹木姜子(*Litsea elongata*) (53%)、仿栗(*Sloanea hemsleyana*) (51%)、苦树(*Picrasma quassioides*) (50.9%)。可见,该区油脂植物资源含油量较高,具有很大的开发前景。

3 结论与讨论

3.1 武功山地区油脂植物资源基本特点

①油脂植物资源类群丰富。调查结果显示,武功山地区油脂植物共有383种,隶属于88科,213

属,分别占武功山地区种子植物科属种的55.33%、26.49%、18.52%。武功山地区油脂植物中,豆科和樟科这两个科为该区油脂植物的优势科;山胡椒属为该区油脂植物优势属。

②木本油脂植物占优势。武功山地区油脂植物资源中,共有乔木165种,占总种数的43.08%;灌木111种,占总种数的28.98%;藤本45种,占总种数的11.75%,其中木质藤本38种,占总数9.92%,草质藤本7种,占总数1.83%。武功山地区油脂植物中木本植物要远高于草本植物,木本油脂植物共有314种,占该区油脂植物总数的比例高达81.98%,可见,该区油脂植物生活习性以木本为主。

③区系地理成分复杂多样。武功山地区油脂植物在科层面上,泛热带分布型最多,热带成分占优势。而在属层面上,以泛热带分布以及北温带分布最多,和科的分布型相比较,属的温带分布区类型进一步增多。在种层面上,中国特有分布种种类最多。这对开发利用筛选物种具有一定的参考意义。

④资源分布差异显著。垂直方向在海拔400~499 m范围内分布的油脂植物总数最多,有262种油脂植物,占总种数的68.41%,该区域内油脂植物资源种类丰富、含油量高。水平方向以安福县最丰富,有343种,占总数的89.56%,远超过其他各县含有的种数。

⑤含油率高,开发前景巨大。武功山地区油脂植物资源中,含油率超过30%的油脂植物较高,有116种,占总种数的比例为30.3%。因此,该区开发潜力巨大。

3.2 武功山地区植物资源开发利用建议

武功山地区复杂多样的植被类型、温暖湿润的气候条件和特殊的地理位置孕育了丰富的油脂植物

表5 武功山地区油脂植物含油量分析
Table 5 The analysis of oil content of oil plant in Wugongshan region

含油率等级	种数	占总种数比例/%	含油率等级	种数	占总种数比例/%
0~10	27	7.05	30~40	69	18.02
10~20	73	19.06	40~50	32	8.36
20~30	167	43.60	50以上	15	3.92

资源,具有很大的应用价值。然而由于该区缺乏系统全面的调查研究,大部分的油脂植物还处于野生状态,开发程度非常低,因此在后续开发过程中,既要加大调查研究力度,尤其是在油脂植物的生态习性等方面的研究,同时也需要考虑开发利用的方式方法,采用开发和保护相结合等方式,主要包括以下几个方面:

① 进一步加强油脂植物资源生态习性方面的调查研究,如结实量、生长季节等,分析群落中油脂植物出现的数量、在群落中的生态地位以及优势种地位等,评估各类油脂植物生长状况。另外还需调查适合油脂植物生长的环境条件,如气候、土壤等。

② 在后续开发中,一是要充分利用该区野生油脂植物,根据当地情况合理开发利用好木本资源,可优先考虑从木本油脂植物资源着手,在中海拔区域,选取含油量高、经济效益较好和易于栽培的种,如山榧(含油率42.3%)、油桐(*Vernicia fordii*)(含油率33.78%)、乌桕(*Triadica sebifera*)(含油率31.6%)等,可进行规模化种植。另外,这些油脂植物所在的科、属内还含有较多的近缘种类,利用植物亲缘学等现代植物、化学理论来寻找新油脂资源或替代品。

③ 武功山地区油脂植物资源中含有不少国家重点保护植物和濒危物种,如国家一级保护植物伯乐树(*Bretschneidera sinensis*)^[16]、濒危物种紫花含笑、易危物种天竺桂(*Cinnamomum japonicum*)^[17]等,因此在加强油脂植物的开发利用时,要注意保护濒危珍稀油脂植物,保持植物资源的多样性,达到人与生态环境的和谐,实现可持续发展的目的。

参考文献

- [1] 贾良智,周俊. 中国油脂植物[M]. 北京:科学出版社,1987.
Jia L Z, Zhou J. The oil plants in China [M]. Beijing: Science Press, 1987.
- [2] 全国大宗油料作物生产发展规划(2016~2020年)[J]. 中国农业信息, 2017(1): 6-15.
National planning for production and development of large oil crops (2016-2020) [J]. China Agricultural Information, 2017(1): 6-15.
- [3] 王冰清,张洁,徐亮,等. 湘西地区88种非粮油脂植物籽油理化性质及综合评价筛选[J]. 林产化学与工业, 2018, 38(2): 94-104.
Wang B Q, Zhang J, Xu L, et al. Physicochemical property, evaluation and screening of seed oil from 88 species of non-food biodiesel plants in Xiangxi region [J]. Chemistry and Industry of Forest Products, 2018, 38(2): 94-104.
- [4] 张丽,彭焱松,宋满珍,等. 井冈山自然保护区油脂植物资源调查与区系分析[J]. 中国油脂, 2017, 42(9): 1-7.
Zhang L, Peng Y S, Song M Z, et al. Investigation on oil plant resources in Jinggang mountain nature reserve [J]. China Oils and Fats, 2017, 42(9): 1-7.
- [5] 张丽,钟爱文,熊先华,等. 庐山自然保护区油脂植物资源调查[J]. 中国油脂, 2017, 42(3): 1-6.
Zhang L, Zhong A W, Xiong X H, et al. Investigation on oil plant resources in Lushan nature reserve [J]. China Oils and Fats, 2017, 42(3): 1-6.
- [6] 宁阳阳,李许文,胡晓敏,等. 海南非粮油脂植物资源调查与筛选[J]. 广东农业科学, 2016, 43(1): 56-62.
Ning Y Y, Li X W, Hu X M, et al. Investigation and screening of non-food oil plant resources in Hainan [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2016, 43(1): 56-62.
- [7] 叶心芬,邢福武,梁红. 广东南岭国家级自然保护区非粮油脂植物资源调查[J]. 中国油脂, 2014, 39(5): 71-76.
Ye X F, Xing F W, Liang H. Investigation on non-food oil plant resources in Nanling national nature reserve in Guangdong province [J]. China Oils and Fats, 2014, 39(5): 71-76.
- [8] 张代贵,肖艳,邓涛,等. 湖南壶瓶山国家级自然保护区油脂植物资源调查[J]. 中国油脂, 2010, 35(6): 65-70.
Zhang D G, Xiao Y, Deng T, et al. Investigation on oil plant resources in the national nature reserve of Huping mountain in Hunan province [J]. China Oils and Fats, 2010, 35(6): 65-70.
- [9] 林燕春,周德中,廖菲菲,等. 萍乡武功山地质地貌与水旱灾害国土安全研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(7): 3657-3658, 3661.
Lin Y C, Zhou D Z, Liao F F, et al. Study on the geological features and the flood and drought disasters and homel and security in Pingxiang, Wugongshan [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(7): 3657-3658, 3661.
- [10] 肖佳伟,陈功锡,向晓媚. 武功山地区种子植物区系及珍稀濒危保护植物研究[M]. 北京:科学技术文献出版社, 2018: 14-16.
Xiao J W, Chen G X, Xiang X M. Studies on flora of seed plants and the rare and endangered species in Wugongshan areas [M]. Beijing: Scientific and Technical Documentation Press, 2018: 14-16.
- [11] 中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第1~80卷)[M]. 北京:科学出版社, 1959—2004.
Editorial Committee of Flora of China, Flora of China (Vol 1~80) [M]. Beijing: Science Press, 1959—2004.

- [12] 邢福武. 中国非粮生物柴油植物 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2019.
- Xing F W. Non-food biodiesel plants of China [M]. Beijing: China Forestry Press, 2019.
- [13] 陈功锡, 张代贵, 肖佳伟, 等. 武功山地区维管束植物物种多样性编目 [M]. 四川: 西南交通大学出版社, 2019.
- Chen G X, Zhang D G, Xiao J W, *et al.* Inventory of species diversity off vascular plants in Wugongshan areas [M]. Sichuan: Southwest Jiaotong University Press, 2019.
- [14] 吴征镒. 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.
- Wu Z Y. Distribution patterns of world families of seed plants [J]. Acta Botanica Yunnanica, 2003, 25(3): 245-257.
- [15] Colwell R K, Lees D C. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness [J]. *Ecology*, 2000, 81: 4275.
- [16] 国务院. 国家重点保护野生植物名录(第一批) [J]. 植物杂志, 1999, 5(4): 4-11.
- The State Council. The list of national key protected wild plants (First batch) [J]. *Journal of Plant*, 1999, 5(4): 11.
- [17] Jean Christophe Vié, Craig Hilton Taylor, Simon N Stuart, *et al.* The IUCN red list of threatened species, version 2017. 1 [EB/OL]. (2018-01-15)[2019-10-01]. <http://www.incnredlist.org/>.
- (编辑: 杨晓翠)