

尧山国家级自然保护区种子植物区系研究

李伟¹, 李明婉¹, 王言歌¹, 陈妍桦², 毕会涛^{1*}

(1. 河南农业大学林学院, 郑州 450002; 2. 卢氏县市政建设管理所, 河南 三门峡 472200)

摘要: 为探讨尧山国家级自然保护区种子植物区系性质、特征, 对尧山国家级自然保护区种子植物区系进行了调查分析。结果表明, 尧山共有种子植物 132 科 698 属 1 978 种, 包括裸子植物 5 科 8 属 10 种, 被子植物 127 科 690 属 1 968 种。科的地理成分以热带分布略占优势, 为 53.57%, 温带成分占 44.05%, 而属以温带成分占明显优势, 占比 69.76%, 热带性属仅占 25.76%, 表明热带成分在尧山已不占优势, 尧山区系呈现出明显的热带性向温带性过度特征。尧山共分布中国特有属 28 属, 其中木本属有 11 属, 如银杏属(*Ginkgo*)、杜仲属(*Eucommia*)、青钱柳属(*Cyclocarya*)等, 仅分布 1 种及少数种的属占比高达 87.25%, 包含单型属 45 属, 体现出尧山植物区系的古老、残遗性质。尧山与邻近地区(宝天曼、鸡公山、天目山)的区系组成均呈现出温带性, 并以尧山温带成分占比最高。总体上, 尧山区系呈现出明显的温带性, 在区系来源上主要为华东成分, 并受到华北、华中成分的渗透。本研究为尧山地区植物资源的可持续利用、珍稀濒危植物的评估和保护管理等提供科学依据。

关键词: 尧山国家级自然保护区; 种子植物; 区系; 特有种

doi: 10.11926/jtsb.4097

Floristic Studies of Seed Plants in Yaoshan National Nature Reserve

LI Wei¹, LI Ming-wan¹, WANG Yan-ge¹, CHEN Yan-hua², BI Hui-tao^{1*}

(1. College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. Municipal Construction Management Office of Lushi, Sanmenxia 472200, Henan, China)

Abstract: To explore the floristic characteristics of seed plants in Yaoshan National Nature Reserve, the flora was investigated and analyzed. The results indicated that there were 1 978 species of seed plants in Yaoshan, which belong to 698 genera in 132 families. Among them there were 5 families, 8 genera, 10 species in gymnosperm; 127 families, 690 genera, 1968 species in angiosperm. At family level, the proportion of the tropic elements was slightly higher than others and reached 53.57% and the temperate ones accounted for 44.05%. While at genus level, the temperate elements (69.76%) had obvious advantages compared with tropic ones (25.76%), reflecting the transitional characteristics from tropic to temperate of this region. Twenty-eight genera were endemic to China containing 11 woody genera, such as *Ginkgo*, *Eucommia* and *Cyclocarya*, et al. And genus consisting of only 1 species or few species accounted for 87.25%, among which 45 were monomorphic genera, suggesting the ancientness of this flora. The flora of Yaoshan and neighboring areas (Baotianman Mountain, Jigong Mountain and Tianmu Mountain) all showed temperate characteristics, and Yaoshan has the highest proportion of temperate components. On the whole, the Yaoshan shows obvious temperate characteristics, and the origin of the flora is mainly East China, and it is infiltrated by North and Central China. To sum up, the study would provide scientific basis for the sustainable utilization of plant resources, the assessment and protection of rare and endangered plants in Yaoshan area.

收稿日期: 2019-05-24 接受日期: 2019-08-11

基金项目: 河南省林木种质资源调查专项(30601573)资助

This work was supported by the Special Project for Investigation of Forest Germplasm Resources in Henan Province (Grant No. 30601573).

作者简介: 李伟, 女, 硕士研究生, 研究方向为森林资源经营与管理。E-mail: 913723779@qq.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: bihuitao@126.com

Key words: Yaoshan National Nature Reserve; Seed plant; Flora; Endemic species

植物资源具有可再生性、多样性与多用性等特性^[1], 是社会经济可持续发展的重要战略资源。植物区系调查对掌握某一区域的植物资源是必不可少的, 一方面利于掌握资源利用现状^[2-4], 发现新物种、新分布^[5-7], 另一方面还可为植物种质资源的发掘、利用、引种驯化、生态保护等提供依据。植物区系地理学研究常常与植物群落学、植被生态学研究相结合^[8], 这有助于充分理解植物群落的组成、结构、演替等特征^[9]。对某一地区植物区系的周期性监测, 可适时反映植物资源和物种多样性的变化, 掌握珍稀濒危植物的致濒因素, 及时采取有效的保护措施。

尧山国家级自然保护区地处河南省伏牛山, 生物资源较为丰富, 是伏牛山系东部保存较好的重要核心区域, 亦为秦岭造山带的重要构造山体, 有着漫长而复杂的演化历史^[10]。1994 年, 尚富德等^[11]对尧山植物区系进行过初步调查和统计, 稍后胡楠等^[12-14]针对尧山植物群落进行了研究, 但目前尚未见针对尧山植物区系的全面考察研究。为此, 本研究针对尧山自然保护区的植物资源、植物区系进行了较全面的考察、采集和研究, 以期系统地掌握其植被、植物群落以及植物资源的本底情况, 建立物种信息数据库, 为植物资源的可持续利用、珍稀濒危植物的评估和保护管理等提供科学依据。

1 研究区概况

尧山国家级自然保护区位于河南省平顶山市鲁山县, 地处伏牛山东段。保护区南邻南召县, 西、西北与嵩县相连, 东、北与鲁山县的二郎庙乡接壤, 地理位置为 112°14'~112°17' E, 33°42'~33°45' N, 面积 1 333 hm²。整体地势西高东低, 最高峰玉皇顶海拔 2 153 m^[15], 山体南北向平行延伸。保护区年均温 9.4℃, 极端最高、最低温分别达 35.4℃和 -18℃; 年均降水量 1 180 mm, 历年最高达 1 700 mm; 因山体的屏障作用, 常形成地形雨, 该地区夏季降水较多, 占全年降水量的 60%以上, 冬季降水较少, 四季气候变化明显。区内年均日照时数 1 724 h, 无霜期 205 d, 呈典型北亚热带向暖温带过渡特征。土壤性质主要为山地棕壤, 森林覆盖率达 76.3%, 植被类型随海拔升高依次为落叶阔叶林、针阔混交林、

针叶林。

2 方法

在 2016 年河南省林木种质资源普查的基础上, 调查组于 2017 年 5 月-2018 年 8 月的春夏秋 3 个季节共 7 次对尧山国家级自然保护区进行了野外调查, 采取踏查、线路调查、样方调查相结合的方式。通过森林资源分布图、地形图等进行线路确定, 确保调查线路具有代表性。选定典型植被类型、代表性植物群落进行样方调查, 样方大小为 20 m × 20 m, 记录样地海拔、坡度、坡向等生境因子, 同时对乔木种名、树高、胸径、冠幅等进行调查。在乔木样方中沿对角线布设 3 个 5 m × 5 m 的灌木样方, 记录灌木种名、高度、盖度等。在乔木样方四角及对角线交点处布设 5 个 1 m × 1 m 的草本样方, 记录草本植物的种名、高度、丛数等, 共计调查(乔、灌、草)样方 180 个。线路调查记录植物种名、地理分布信息, 调查过程中对植物进行拍照, 未能确定种名的采集标本, 参考《中国植物志》、《河南植物志》^[16-17]等进行鉴定, 整理编制尧山自然保护区种子植物名录。

3 结果和分析

3.1 种子植物区系组成

统计表明, 尧山保护区野生种子植物共有 132 科 698 属 1 978 种, 其中裸子植物 5 科 8 属 10 种, 被子植物 127 科 690 属 1 968 种(表 1)。与河南省种子植物相比, 尧山保护区种子植物的科、属、种数分别占河南省种子植物总数的 86.84%、77.90%和 66.98%, 表明尧山种子植物丰富, 具有一定的代表性。

3.2 科的统计分析

从表 2 可见, 尧山保护区共有种子植物 132 科, 含有 50 种以上的有 9 科, 如蔷薇科(Rosaceae)、豆科(Leguminosae)、百合科(Liliaceae)和兰科(Orchidaceae)等, 有 312 属 961 种; 含 21~50 种的有 11 科, 如杨柳科(Salicaceae)、葡萄科(Vitaceae)和伞形科(Umbelliferae)等, 共 118 属 341 种; 含有 11~20 种的有 25 科, 如小檗科(Berberidaceae)、景天科

表 1 尧山国家级自然保护区的种子植物

Table 1 Seed plants in Yaoshan National Nature Reserve

		科数	%	属数	%	种数	%
		Number of family		Number of genus		Number of species	
裸子植物	Gymnosperm	5	3.79	8	1.15	10	0.51
被子植物	双子叶植物 Dicotyledon	108	81.82	517	74.07	1 481	74.87
Angiosperm	单子叶植物 Monocotyledon	19	14.39	173	24.79	487	24.62
合计 Total		132	100	698	100	1 978	100

表 2 尧山国家级自然保护区种子植物科的组成

Table 2 Family composition of seed plants in Yaoshan National Nature Reserve

种数 / 科	科数	%	属数	%	种数	%
Number of species per family	Number of family		Number of genus		Number of species	
≥ 50	9	6.82	312	44.70	961	48.58
21~50	11	8.33	118	16.91	341	17.24
11~20	25	18.94	110	15.76	366	18.50
2~10	63	47.73	134	19.20	286	14.46
1	24	18.18	24	3.44	24	1.21
合计 Total	132	100	698	100	1 978	100

(Crassulaceae)和五加科(Araliaceae)等;含有 2~10 种的有 63 科,如酢浆草科(Oxalidaceae)、旌节花科(Stachyuraceae)、防己科(Menispermaceae)和野茉莉科(Styracaceae)等,包含 134 属 286 种;仅含 1 种的有 24 科,如红豆杉科(Taxaceae)、商陆科(Phytolac-caxeae)和连香树科(Cercidiphyllaceae)等。

优势科是指种数多,在植被或群落中最常见的科^[18],由统计及群落调查发现,菊科(Compositae, 66 属/209 种,下同)、禾本科(Gramineae, 78/168)、蔷薇科(30/124)、莎草科(Cyperaceae, 10/93)、唇形科(Labiatae, 31/82)、豆科(27/82)、百合科(22/80)、兰科(34/70)和毛茛科(Ranunculaceae, 14/53)为尧山保护区优势科。优势科含有的丰富种数在一定程度上反映了保护区种子植物的多样性特征。表征科是综合考虑科内物种数量、种数与世界种数比例,以及在植被组成和群落演替中的重要地位,较能反映植物区系特征。尧山保护区表征科有领春木科(Eupteleaceae)、桦木科(Betulaceae)、胡桃科(Juglandaceae)、壳斗科(Fagaceae)、槭树科(Aceraceae)、毛茛科等 15 科,包含 114 属 438 种,分别占地区科、属和种总数的 11.36%、16.33%和 22.14%。

参考吴征镒等^[19]的划分,对尧山保护区种子植物科的分布区类型进行统计,132 科划分为 10 个分布区类型和 10 个变型(表 3)。世界广布科共 48 科,有榆科(Ulmaceae)、蓼科(Polygonaceae)、苋科(Amaranthaceae)、十字花科(Cruciferae)和伞形科等,主要以草本植物为主,如堇菜科(Violaceae)、柳叶

菜科(Onagraceae)和玄参科(Scrophulariaceae)等多分布于林下草本层。热带性分布科(类型 2~7 及变型)共 45 科,占非世界广布科的 53.57%。以泛热带分布型为主,有荨麻科(Urticaceae)、檀香科(Santalaceae)、马兜铃科(Aristolochiaceae)、防己科和凤仙花科(Balsaminaceae)等 28 科,占非世界广布科的 33.33%。温带性分布科(类型 8~14 及变型)以北温带和南温带间断分布为主,共有 17 科,包括红豆杉科、桦木科、罂粟科(Papaveraceae)、牻牛儿苗科(Geraniaceae)等,占非世界广布科的 20.24%,其中松科(Pinaceae)、壳斗科和槭树科为保护区植被的主要建群种,是该区森林群落的重要组成部分。中国特有科有 2 科:银杏科(Ginkgoaceae)和杜仲科(Eucommiaceae),为重要的单型科、孑遗种。

3.3 属的统计分析

从表 4 可见,全区种子植物有 698 属,含 20 种以上的仅 3 属,为蒿属(Artemisia)、蓼属(Polygonum)和藎草属(Carex),包含 101 种,占总种数的 5.11%;较大属(11~20 种)有蔷薇属(Rosa)、堇菜属(Viola)、沙参属(Adenophora)、栎属(Quercus)和忍冬属(Lonicera)等 16 属,共有 229 种植物,占总种数的 11.58%;含 6~10 种的中型属有 70 属,有菊属(Dendranthema)、苕麻属(Boehmeria)、杜鹃花属(Rhododendron)、龙胆属(Gentiana)和酸模属(Rumex)等,含 511 种,占总种数的 25.83%;含 2~5 种的寡种属有毛茛属(Ranunculus)、马鞍树属(Maackia)、黄栌属(Cotinus)、泽泻

表 3 尧山国家级自然保护区种子植物科的分布类型

Table 3 Areal types of families of seed plants in Yaoshan National Nature Reserve

分布区类型 Areal type	数量 Number	%
1. 世界广布 Cosmopolitan	48	—
2. 泛热带分布 Pantropic	28	33.33
2-1. 热带亚洲-大洋洲和热带美洲(南美洲/墨西哥) Trop. Asia-Australasia and Trop. Amer. (S. Amer. /Mexico)	1	1.19
2-2. 热带亚洲-热带非洲-热带美洲(南美洲) Trop. Asia-Trop. Afr.-Trop. Amer. (S. Amer.)	2	2.38
2S. 以南半球为主的泛热带 Pantropic especially S. Hemisphere	3	3.57
3. 东亚(热带、亚热带)及热带南美间断 Trop. & Subtrop. E. Asia & (S.) Trop. Amer.	6	7.14
4. 旧世界热带 Old World Tropics	2	2.38
5. 热带亚洲至热带澳洲洲际分布 Trop. Asia & Trop. Australasia	1	1.19
6d. 南非(主要是好望角) S. Afr., chiefly Cape	1	1.19
7d. 热带亚洲(东达新几内亚) Trop. Asia (E to Geainea)	1	1.19
热带成分小计 Subtotal of Tropical	45	53.57
8. 北温带广布 N. Tempe.	7	8.34
8-4. 北温带和南温带间断分布 N. Temp. & S. Temp.	17	20.24
8-5. 欧亚和南美洲温带间断 Eurasia & Temp. S. Amer.	1	1.19
8-6. 地中海、东亚、新西兰和墨西哥-智利间断分布 Mediterranean, E. Asia, N. Z. and Mexico-Chile	1	1.19
9. 东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer. disjunct	3	3.57
10. 欧亚温带 Temp. Eurasia	2	2.38
10-3. 欧亚和南非(有时也在澳大利亚) Eurasia & S. Afr. (sometimes also Australia) disjunct	1	1.19
14. 东亚 E. Asia	3	3.57
14-2. 中国-日本 Sino-Japan	2	2.38
温带成分小计 Subtotal of Temperate	37	44.05
15. 中国特有 Endemic to China	2	2.38
合计 Total	132	100

表 4 尧山国家级自然保护区种子植物属的组成

Table 4 Genus composition of seed plants in Yaoshan National Nature Reserve

	属数 Number of genus	%	种数 Number of species	%
大属(20 种以上) Large genus (≥ 21 Species)	3	0.43	101	5.11
较大属(11~20 种) Big genus (11~20 Species)	16	2.29	229	11.58
中型属(6~10 种) Middle genus (6~10 Species)	70	10.03	511	25.83
寡种属(2~5 种) Few genus (2~4 Species)	303	43.41	831	42.01
单种属 Single genus	306	43.84	306	15.47
合计 Total	698	100	1 978	100

属(*Alisma*)和天门冬属(*Asparagus*)等 303 属, 共 831 种, 占总种数的 42.01%; 仅分布 1 种的属最多, 共计 306 属, 占总属数的 43.84%, 其中地区性单种属^[20]是指在研究区域范围内仅出现 1 种的多种属, 本保护区的地区性单种属有 215 个, 占总属数的 30.80%, 如牛膝属(*Achyranthes*)、风铃草属(*Campanula*)、飞廉属(*Carduus*)等; 有 46 属在中国仅分布 1 种, 如灯台树属(*Bothrocaryum*)、石胡荽属(*Centipeda*)、铁筷子属(*Helleborus*)等; 仅含 1 种的单型属有 45 属, 如知母属(*Anemarrhena*)、连香树属(*Cercidiphyllum*)、青钱柳属、蕺菜属(*Houttuynia*)等, 单型属在系统发生和发育过程中表现出一定的独特性和孤立性, 在

很大程度上能够反映植物区系的区域特征。

将含有 10 种以上的属作为优势属, 共计 19 属 330 种, 分别占全区种子植物属、种总数的 2.72% 和 16.68%, 是该区种子植物的重要组成部分。优势属有栎属(12 种)、铁线莲属(*Clematis*, 12)、委陵菜属(*Potentilla*, 13)、卫矛属(*Euonymus*, 15)、槭属(*Acer*, 16)、绣线菊属(*Spiraea*, 16)、葱属(*Allium*, 18)、凤毛菊属(*Saussurea*, 20)、柳属(*Salix*, 20)、蒿属(24)等。尧山保护区表征属有领春木属(*Euptelea*)、榉属(*Zelkova*)、胡枝子属(*Lespedeza*)、悬钩子属(*Rubus*)、化香树属、绣线菊属、槭属、栎属、卫矛属等 24 属。

采用吴征镒等^[21]的划分, 尧山保护区种子植物

698 属可划分为 15 个分布区类型 17 个变型(表 5)。热带分布有 161 属, 温带分布 436 属, R/T 值为 0.369, 这表明尧山植物区系成分较为复杂, 且温带性很强。世界分布共有 73 属, 其中 21 属为单子叶植物, 52 属为双子叶植物, 主要为草本, 有繁缕属(*Stellaria*)、银莲花属(*Anemone*)、臭芥属(*Coronopus*)、独行菜属(*Lepidum*)、酸浆属(*Physalis*)等; 少部分为木质藤本或灌木, 如铁线莲属、鼠李属(*Rhamnus*)、悬钩子属等。热带分布包括分布区类型 2~7 及变型, 共 161 属; 泛热带分布最丰富, 有 90 属, 占非世

界分布属的 14.40%, 如冷水花属(*Pilea*)、莲子草属(*Alternanthera*)、马鞭草属(*Verbena*)等; 旧世界热带分布次之, 有 17 属, 占非世界分布属的 2.72%, 如扁担杆属(*Grewia*)、黄金茅属(*Eulalia*)、厚壳树属(*Ehretia*)、槲寄生属(*Viscum*)等, 其中茅根属(*Perotis*)、天门冬属等 7 属为单子叶植物; 热带亚洲至热带大洋洲分布类型有 17 属, 占非世界分布属的 2.72%。温带分布有 7 个类型 13 个变型, 436 属, 占非世界分布属的 69.76%, 表明尧山区系温带性质较为明显。冷杉属(*Abies*)、桦木属(*Betula*)、鹅

表 5 尧山国家级自然保护区种子植物属的分布区类型
Table 5 Areal-types of genus of seed plants in Yaoshan National Nature Reserve

分布区类型 Areal-type	数量 Number	%
1. 世界分布 Cosmopolitan	73	—
2. 泛热带分布 Pantropic	90	14.40
2-1. 热带亚洲、大洋洲(至新西兰)和中、南美(或墨西哥)间断分布 Trop. Asia, Australasia (to N. Zeal.) & C. to S. Amer. (or Mexico) disjunct.	1	0.16
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布 Trop. Asia & Trop. Amer. disjunct	5	0.80
4. 旧世界热带分布 Old World Tropics	17	2.72
4-1. 热带亚洲、非洲(或东非、马达加斯加)和大洋洲间断分布 Trop. Asia., Africa (or E. Afr., Madagascar) & Australasia disjunct.	4	0.64
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布 Tropical Asia & Trop. Australasia	17	2.72
6. 热带亚洲至热带非洲 Trop. Asia to Trop. Africa	14	2.24
7. 热带亚洲(印度-马来西亚)分布 Trop. Asia (Indo-Malesia)	11	1.76
7-2. 热带印度至华南(尤其云南南部)分布 Trop. India to S. China (esp. S. Yunnan)	1	0.16
7-4. 越南(或中南半岛)至华南(或西南)分布 Vietnam (or Indo-Chinese Peninsula) to S. China (or SW. China)	1	0.16
热带成分小计 Subtotal of Tropical	161	25.76
8. 北温带分布 North Temperate	146	23.36
8-2. 北极-高山分布 Arctic-alpine	3	0.48
8-4. 北温带和南温带(全温带)间断分布 N. Temp. & S. Temp. disjunct (“Pan-temperate”)	38	6.08
8-5. 欧亚和南美温带间断分布 Eurasia & Temp. S. Amer. disjunct	3	0.48
8-6. 地中海区、东亚、新西兰和墨西哥到智利间断分布 Mediterranea, E. Asia, New Zealand and Mexico-Chile disjunct	1	0.16
9. 东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer. disjunct	45	7.20
9-1. 东亚和墨西哥间断分布 E. Asia & Mexico. disjunct	1	0.16
10. 旧世界温带分布 Old Word Temperate	56	8.96
10-1. 地中海区、西亚(或中亚)和东亚间断分布 Mediterranean. W. Asia (or C. Asia) & E. Asia disjunct	11	1.76
10-2. 地中海区和喜马拉雅间断分布 Mediterranean & Himalaya disjunct	1	0.16
10-3. 欧亚和南部非洲(有时也在大洋洲)间断分布 Eurasia & S. Africa (Sometimes also Australasia) disjunct	8	1.28
11. 温带亚洲分布 Temp. Asia	23	3.68
12. 地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia	9	1.44
12-2. 地中海区至中亚和墨西哥至美国南部间断分布 Mediterranean to C. Asia & Mexico to S. USA.	1	0.16
12-3. 地中海区至温带-热带亚洲, 大洋洲和南美洲间断 Mediterranea to Temp.-Trop. Asia, Australasia & S. Amer. disjunct	2	0.32
13. 中亚分布 C. Asia	4	0.64
13-2. 中亚至喜马拉雅和我国西南分布 C. Asia to Himalaya & SW. China.	1	0.16
14. 东亚分布 E. Asia	43	6.88
14-1. 中国-喜马拉雅(SH) Sino-Himalaya (SH)	14	2.24
14-2. 中国-日本(SJ) Sino-Japan (SJ)	26	4.16
温带成分小计 Subtotal of Temperate	436	69.76
15. 中国特有分布 Endemic to China	28	4.48
合计 Total	698	100

耳枥属(*Carpinus*)、葎草属(*Humulus*)、小檗属(*Berberis*)等 146 属为北温带分布, 占非世界分布属的 23.36%; 东亚、中国-喜马拉雅、中国-日本分布次之, 共计 83 属, 木本属有领春木属、五加属(*Acanthopanax*)、四照花属(*Dendrobenthamia*)、栎树属(*Koelreuteria*)等, 草本属有油点草属(*Tricyrtis*)、东风菜属(*Doellingeria*)等; 旧世界温带分布类型有 76 属(含 3 变型), 90%为草本属, 多分布在山坡、林缘等, 有淫羊藿属(*Epimedium*)、筋骨草属(*Ajuga*)、青兰属(*Dracocephalum*)等。

3.4 中国特有属、种的分析

由表 5 可见, 该保护区共有中国特有属 28 属, 如青钱柳属、虎榛属(*Ostryopsis*)、翼蓼属(*Pteroxylonum*)、蚂蚱腿子属(*Myriopholis*)、知母属等, 占全国种子植物特有属总数(257 属)^[22]的 10.89%, 其中单种属最多, 23 属, 其余 5 属为寡种属, 分别占该区特有属总数的 82.14%和 17.86%。5 寡种属分别为藤山柳属(*Clematoclethra*)、羌活属(*Notopterygium*)、秦岭藤属(*Biondia*)、车前紫草属(*Sinojohnstonia*)、盾果草属(*Thyrocarpus*)。特有属中, 青钱柳属化石记录丰富, 是中国特有的活化石, 金钱槭属(*Dipteronia*)为第三纪残遗, 牛鼻栓属(*Fortunearia*)和山白树属(*Sinowilsonia*)在北美第三纪地层中有非常接近的化石, 它们都是古老的孑遗属^[23], 具有较古老的起源。同时, 28 特有属在国内分布地点以华北、华中地区为主, 如虎榛属主要分布于华北, 云南高原(西北)间断地区, 蚂蚱腿子属、太行菊属(*Opisthopappus*)分布于我国华北地区, 马蹄香属(*Saruma*)分布于华中(北至秦岭)等, 个别属如牛鼻栓属、明党参属(*Changium*)等分布在我国华东地区。特有属的分布特征体现了保护区内华北、华中植物为主, 华东植物偶有分布的特点, 同时表明保护区在一定程度上是华东植物种适宜的边缘分布区。

统计还表明, 尧山保护区有中国特有种 79 种,

占河南特有种数(140 种)^[10]的 56.43%, 隶属于 39 科 66 属, 占总科、总属数的 29.55%和 9.46%。其中, 乔木 25 种, 如秦岭冷杉(*Abies chensiensis*)、华山松(*Pinus armandii*)、中国粗榧(*Cephalotaxus sinensis*)、红豆杉(*Taxus wallichiana* var. *chinensis*)等; 草本 35 种, 其中多年生草本有铁筷子(*Helleborus thibetanus*)、地构叶(*Speranskia tuberculata*)、明党参(*Changium smyrnioides*)、羌活(*Notopterygium incisum*)等 31 种; 灌木 13 种, 如勾儿茶(*Berchemia sinica*)、蝟实(*Kolkwitzia amabilis*)、蚂蚱腿子(*Myriopholis dioica*)等; 藤本 3 种, 竹子 3 种。存在各类丰富的古特有属、中国特有种等, 充分说明尧山植物区系具有古老的特征。

3.5 与邻近自然保护区种子植物区系的比较

选取邻近的河南天目山省级自然保护区^[24]、鸡公山国家级自然保护区^[25-26]、宝天曼国家级自然保护区^[27]与尧山种子植物区系进行比较(表 6), 3 个保护区均在尧山北部, 其中河南天目山属桐柏山余脉; 鸡公山是大别山西端的一条支脉, 西与桐柏山相接; 宝天曼自然保护区位于秦岭东段, 伏牛山南坡, 与尧山同处于伏牛山地区。

从表 7 可见, 4 个保护区地带性植被的主要成分均有壳斗科、桦木科、松科、槭树科等。保护区间植物种类组成存在差异, 尧山保护区面积最小, 但植物种数(1 968 种)仅次于宝天曼(2 147 种), 物种丰富度较高, 主要原因可能是由于尧山特殊的地理位置以及优越的气候条件, 使尧山具有较多的植物种类。尧山和天目山共有的优势科较多, 如毛茛科、唇形科、莎草科、百合科、豆科、蔷薇科、禾本科、菊科; 与鸡公山相比, 尧山樟科植物分布较少, 不构成森林植被的主要成分, 热带性不明显。尧山特有属 28 种, 在 4 个保护区中占第二位, 比宝天曼少 2 种, 与其共有的特有属 15 属, 如青钱柳属、青檀属(*Pteroceltis*)、牛鼻栓属、山白树属、蝟实属

表 6 4 个自然保护区的基本情况

Table 6 Basic information for 4 Nature Reserves

	面积 Area (km ²)	中心经度 Center longitude	中心纬度 Center latitude	最高海拔 (m) Highest altitude	距尧山的距离 (km) Distance to Yao Mountain
1 尧山 Yaoshan	13.3	112°15'	33°43'	2 153.1	—
2 天目山 Tianmu Mountain	67.5	113°50'	32°34'	812.5	187.7
3 鸡公山 Jigong Mountain	30.0	114°03'	31°48'	830	268.6
4 宝天曼 Baotianman Mountain	53.4	110°56'	33°29'	1 830	43.5

等, 相似性较高。

由表 8 可见(变型归入分布型), 4 个保护区种子植物属均以温带成分(类型 8~14)占优势, 远高于热带成分(类型 2~7)。宝天曼与尧山距离最近, 仅 43.5 km, 尧山的热带成分为 23.07%, 宝天曼为 28.87%; 尧山的温带成分为 62.46%, 宝天曼为 57.59%。天目山和鸡公山的热带成分均比尧山的高, 天目山为 28.01%, 鸡公山为 30.37%。4 个保护区整体上随纬度的升高, 热带成分逐渐减少。天目山纬度高于宝天曼, 但宝天曼的热带成分略高于天目山, 这可能与宝天曼位于伏牛山南坡有关, 向阳的地理位置使宝天曼的热带成分比天目山稍高。尧山纬度最高, 温带成分亦最高, 占 62.46%, 比其余 3 个保护区温带性质更明显, 4 个保护区均属中国-日本森林亚区。

表 7 4 个自然保护区种子植物组成

Table 7 Composition of seeds plants of 4 Nature Reserves

自然保护区 Nature Reserve	裸子植物 Gymnosperm			被子植物 Angiosperm		
	科 Family	属 Genus	种 Species	科 Family	属 Genus	种 Species
尧山 Yaoshan	5	8	10	127	690	1 968
天目山 Tianmu Mountain	5	10	18	150	697	1 806
鸡公山 Jigong Mountain	5	3	15	152	672	1 568
宝天曼 Baotianman Mountain	6	15	29	144	768	2 118

表 8 4 个自然保护区种子植物区系属的分布区类型比较

Table 8 Areal-types (%) of genera of seeds plants of the 4 Nature Reserves

分布区类型 Areal-type of genus	尧山 Mt. Yao	天目山 Mt. Tianmu	鸡公山 Mt. Jigong	宝天曼 Baotianman
1. 世界分布 Cosmopolitan	10.46	11.17	15.82	9.71
2. 泛热带分布 Pantropic	13.03	14.29	17.33	14.17
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布 Trop. Asia & Trop. Amer.	0.72	0.99	1.63	1.92
4. 旧世界热带分布 Old World Tropics	3.01	3.96	3.56	3.57
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布 Tropical Asia & Trop. Australasia	2.44	3.39	2.37	3.07
6. 热带亚洲至热带非洲 Trop. Asia to Trop. Africa	2.01	2.55	2.07	3.07
7. 热带亚洲(印度-马来西亚)分布 Trop. Asia (Indo-Malesia)	1.86	2.83	3.41	3.07
热带成分小计 Subtotal of Tropical	23.07	28.01	30.37	28.87
8. 北温带分布 North Temperate	27.36	24.19	19.11	23.50
9. 东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer. Disjuncted	6.59	7.78	6.96	8.17
10. 旧世界温带分布 Old Word Temperate	10.89	8.77	10.22	9.71
11. 温带亚洲分布 Temp. Asia	3.30	2.26	1.63	2.04
12. 地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia	1.72	1.70	0.74	2.04
13. 中亚分布 C. Asia	0.71	0.42	0.30	0.38
14. 东亚分布 E. Asia	11.89	12.16	16.89	11.75
温带成分小计 Subtotal of Temperate	62.46	57.28	55.85	57.59
15. 中国特有分布 Endemic to China	4.01	3.54	2.96	3.83
合计 Total	100	100	100	100

3.6 植物区系成分的生活型统计

生活型是植物适应性进化的结果, 是对近现代气候环境的反馈。对尧山保护区种子植物生活型进行统计, 分为乔木、灌木、半灌木、藤本、一、二和多年生草本、竹类。其中, 多年生草本 1 024 种, 占种子植物总种数的 51.77%, 在生活型中占绝对优势; 一、二年生草本有 346 种, 占 17.49%; 灌木有 331 种, 占 16.73%; 乔木 189 种, 占 9.56%; 藤本、半灌木占比较少, 分别为 3.08%、1.11%; 竹类 5 种, 占 0.25%。可见, 多年生草本占比最多, 种类丰富, 一定程度上反映了该保护区生境性质, 灌草丛植被占据一定的优势; 乔木种类相对较少, 但在尧山的植被类型中占有不可忽视的地位, 该区的地带性植被类型以落叶阔叶林为主, 兼有针叶林、针阔混交林, 如栓皮栎(*Quercus variabilis*)林、坚桦(*Betula chinensis*)林、鹅耳枥(*Carpinus turczaninowii*)

林、华山松林、油松(*Pinus tabulaeformis*)-栓皮栎林等。建群种栓皮栎、千金榆(*Carpinus cordata*)、麻栎(*Quercus acutissima*)、领春木(*Euptelea pleiospermum*)等是典型的暖温带落叶阔叶树种。灌丛主要由蔷薇属、绣线菊属、荚蒾属等温带性成分组成,多为落叶灌木,如绣线菊(*Spiraea salicifolia*)、荚蒾(*Viburnum dilatatum*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)等。

4 结论和讨论

尧山国家级自然保护区有野生种子植物 132 科 698 属 1 978 种,包含裸子植物 5 科 8 属 10 种,被子植物 127 科 690 属 1 968 种,植物资源丰富。表征科有领春木科、桦木科、胡桃科、壳斗科、槭树科等,表征属有槭属、桦属、胡枝子属、悬钩子属、绣线菊属等,是该区植物群落组成的重要成分。寡种属、单种属、单型属数量较多,较好地反映了尧山保护区植物区系的丰富性、过渡性特点。

尧山保护区植物区系成分来源复杂。种子植物 132 科包括 10 个分布区类型和 10 个变型, R/T 值(热带性科数/温带性科数)为 1.22。在科水平,热带成分占比略高于温带成分,但其热带性科并未出现热带性较强的科,如金虎尾科(Malpighiaceae)、海人草科(Surianaceae)和铁青树科(Olacaceae)等^[28],这种热带性科略占优势是地带性的扩散,在中国同一纬度带有类似特征。泛热带分布、热带间断分布,均说明这种地带性扩散的性质。在属水平,全区 698 属隶属于 15 个分布区类型 17 个变型,区系成分的复杂性较科更为明显。R/T 值(热带性属数/温带性属数)为 0.37,温带成分显著高于热带成分,充分表明了其温带区系性质。45 属单型属中,热带成分仅热带亚洲至热带大洋洲分布有 1 属,除去 14 属中国特有属,其余 30 属均为温带成分,尤以东亚分布最丰富,有连香树属、扁核木属(*Prinsepia*)、臭常山属(*Orixa*)等,单型属的地理成分与全区种子植物属的温带性质表现出明显的一致性。保护区分布有较多的华北地区典型种,如油松、麻栎、蚂蚱腿子等,一些华北成分属如槭属、栎属、椴属等是本区主要的建群种,同时区系内分布有华中地区特有属,如杜仲属、藤山柳属、血水草属(*Eomecon*)等,华山松、红桦(*Betula albosinensis*)、粗榧(*Cephalotaxus sinensis*)等主要分布西南地区的种在该区系中亦有分布,多种成分兼容并存^[29-30]。

与邻近保护区的种子植物区系相比较,尧山更具有北温带特性。尧山、宝天曼、天目山、鸡公山同属于一个纬度带,均表现出较明显的温带性质。尧山在 4 个保护区中所处纬度最高,温带性质最强,与于梦凡等^[31]的研究相一致。宝天曼保护区热带成分高于低纬度的天目山保护区,一些热带成分如狗牙根属(*Cynodon*)、鸭跖草属(*Commelina*)、烟草属(*Nicotiana*)等为草本层的优势种,这一现象说明区系不仅受纬度的影响,同时也受地理环境因素的影响。4 个保护区均有如蝟实属(*Kolkwitzia*)、牛鼻栓属、山白树属、杜仲属、青檀属等中国特有属分布。

全区有中国特有种 79 种,木本植物较丰富,有 44 种;草本植物 35 种,以多年生草本为主。木本植物含有特别古老的类型,如银杏(*Ginkgo biloba*)、青钱柳(*Cyclocarya paliurus*)、杜仲(*Eucommia ulmoides*)等均为第三纪活化石,甚至曾广泛分布于北半球或东亚的晚白垩世地层中,是重要的古特有种,表明了尧山区系起源的古老性。保护区内分布有较多的珍稀保护植物,其中国家一级保护植物 2 种,为银杏和红豆杉,国家二级保护植物 7 种,分别为秦岭冷杉、连香树、野大豆、水曲柳、香果树、野菱和榉树。河南省重点保护植物 44 种,有青钱柳、米心水青冈、青檀、领春木、天目木姜子、杈叶槭等,珍稀保护植物在区内较为常见,且大多有良好的群落分布,如领春木群落、金钱槭群落等,表明保护区受人干扰因素较小,从珍稀植物的数量及分布来看,尧山保护区的珍稀植物具有重要保护价值,且保护区可作为天然的珍稀植物种子圃,利于珍稀植物的收集和保存。

尧山自建立自然保护区后,植物资源、植被、物种多样性得到了良好的保护和恢复。但关于珍稀濒危植物的保护仍需加大力度,如中国特有种秦岭冷杉,已处于濒危状态,此次调查仅发现 3 株,长势较差,有病虫害出现,需要加强保护和开展繁育研究;红豆杉也发现较少,主要存在问题是人为砍伐。珍稀濒危植物具有较高的经济价值和观赏价值^[32],对于生境变化有指示意义,对维持群落的物种多样性格局也有决定性影响,因此,必须高度重视,切实做好保护措施。

参考文献

- [1] ZHANG W M, ZHANG J, ZHAO B T, et al. Development, Research and Application of Plant Resources [M]. Nanjing: Southeast University

- Press, 2005: 2–3.
- 张卫明, 张玖, 赵伯涛, 等. 植物资源开发研究与应用 [M]. 南京: 东南大学出版社, 2005: 2–3.
- [2] YANG W B, LIU K, ZHOU S B. The flora and species diversity of herbaceous seed plants in wetlands along the Xin'anjiang River from Anhui [J]. Acta Ecol Sin, 2013, 33(5): 1433–1442. doi: 10.5846/stxb201208271212.
- 杨文斌, 刘坤, 周守标. 安徽新安江干流滩涂湿地草本植物区系及物种多样性 [J]. 生态学报, 2013, 33(5): 1433–1442. doi: 10.5846/stxb201208271212.
- [3] XU L, CHEN G X, ZHANG D G, et al. Flora of seed plants in Xiaoxi National Nature Reserve, Hunan, China [J]. Acta Bot Boreali-Occid Sin, 2010, 30(11): 2307–2316.
- 徐亮, 陈功锡, 张代贵, 等. 湖南小溪自然保护区种子植物区系研究 [J]. 西北植物学报, 2010, 30(11): 2307–2316.
- [4] BAOSARULA, ZHAO L Q, PIAO S J, et al. Floristic characteristics of vascular plants in west Ordos [J]. J Desert Res, 2012, 32(2): 428–436.
- 包萨如拉, 赵利清, 朴顺姬, 等. 西鄂尔多斯维管植物区系特征分析 [J]. 中国沙漠, 2012, 32(2): 428–436.
- [5] ZHANG Y Y, LI Y X, ZHAI J W, et al. *Hetaeria anomala* Lindl., a newly recorded species of Orchidaceae from Tibet, China [J]. J Yunnan Agric Univ (Nat Sci), 2018, 33(2): 360–362.
- 张艺伟, 李云霞, 翟俊文, 等. 西藏兰科一新记录种——四腺翻唇兰 [J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2018, 33(2): 360–362.
- [6] XU R, ZHAO Y, ZHU Y J, et al. New records of vascular plants in the northern mountain regions of Hexi Corridor and Gansu [J]. J Arid Land Resour Environ, 2018, 32(3): 181–186. doi: 10.13448/j.cnki.jalre.2018.093.
- 旭日, 赵越, 朱媛君, 等. 河西地区山地及甘肃省维管植物新记录 [J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(3): 181–186. doi: 10.13448/j.cnki.jalre.2018.093.
- [7] DAI Y C, LIU R L, CHEN Z H, et al. Taxonomic study of *Schoenoplectus gemmifer*, a newly recorded plants from China [J]. Guihaia, 2016, 36(6): 686–690. doi: 10.11931/guihaia.gxzw201412003.
- 代英超, 刘日林, 陈征海, 等. 中国新记录穗芽水葱的分类学研究 [J]. 广西植物, 2016, 36(6): 686–690. doi: 10.11931/guihaia.gxzw201412003.
- [8] VATAAS O R, GRYTNES J A. Distribution of vascular plant species richness and endemic richness along the Himalayan elevation gradient in Nepal [J]. Glob Ecol Biogeogr, 2002, 11(4): 291–301.
- [9] SONG Y C. Vegetation Ecology [M]. Shanghai: East China Normal University Press, 2001: 323–512.
- 宋永昌. 植被生态学 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001: 323–512.
- [10] ZHANG J Q. Studies on Plant Geography of Henan Province [M]. Zhengzhou: Henan University Press, 2013: 4–5, 119–125.
- 张金泉. 河南植物地理研究 [M]. 郑州: 河南大学出版社, 2013: 4–5, 119–125.
- [11] SHANG F D, WANG P J, DING S Y, et al. Study on the flora and vegetation types in the Natural Reserve of Shiren Mountains in Henan Province [J]. J Henan Univ (Nat Sci), 1994, 24(3): 85–87.
- 尚富德, 王磐基, 丁圣彦, 等. 河南省石人山自然保护区植物区系和植被类型的研究 [J]. 河南大学学报(自然科学版), 1994, 24(3): 85–87.
- [12] HU N, GU Y F, XU H C, et al. Study on the community ecological characteristics of defoliated broadleaved forests of Shiren Mountain Natural Reserve [J]. J Henan Univ (Nat Sci), 2007, 37(1): 61–66. doi: 10.3969/j.issn.1003-4978.2007.01.014.
- 胡楠, 谷艳芳, 许会才, 等. 河南省石人山自然保护区落叶阔叶林群落生态特征 [J]. 河南大学学报(自然科学版), 2007, 37(1): 61–66. doi: 10.3969/j.issn.1003-4978.2007.01.014.
- [13] HU N, GUO S X, DING S Y. Community ecological characteristics of deciduous-conifer mixed forest in Shiren Mountain Natural Reserve (I) [J]. J Henan Univ (Nat Sci), 2007, 37(4): 387–390. doi: 10.3969/j.issn.1003-4978.2007.04.015.
- 胡楠, 郭书贤, 丁圣彦. 河南省石人山自然保护区针阔叶混交林群落生态特征(I) [J]. 河南大学学报(自然科学版), 2007, 37(4): 387–390. doi: 10.3969/j.issn.1003-4978.2007.04.015.
- [14] HU N, XU H C, DING S Y. Community ecological characteristics of deciduous-conifer mixed forests in Shiren Mountain Natural Reserve (II) [J]. J Henan Univ (Nat Sci), 2007, 37(5): 501–504. doi: 10.3969/j.issn.1003-4978.2007.05.016.
- 胡楠, 许会才, 丁圣彦. 河南省石人山自然保护区针阔叶混交林群落生态特征(II) [J]. 河南大学学报(自然科学版), 2007, 37(5): 501–504. doi: 10.3969/j.issn.1003-4978.2007.05.016.
- [15] DING S Y, ZENG Y, SHANG F D. Study on the community characteristics of coniferous forests of Shiren Mountain Natural Reserve [J]. J Henan Univ (Nat Sci), 1998, 28(1): 61–69.
- 丁圣彦, 曾颖, 尚富德. 石人山自然保护区常绿针叶林的群落特征 [J]. 河南大学学报(自然科学版), 1998, 28(1): 61–69.
- [16] Delectis Florae Reipublicae Popularis Sinicae, Agendae Academiae Sinicae Edita. Florae Reipublicae Popularis Sinicae, Tomus 7–80 [M]. Beijing: Science Press, 2004.
- 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志, 第7~80卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [17] YU B Z, WANG S Y. Flora of Henan, Vol. 1–4 [M]. Zhengzhou: Henan

- Science and Technology Press, 1981–1998.
- 于宝章, 王遂义. 河南植物志, 第 1~4 册 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1981–1998.
- [18] XU J F, MA H M, ZHANG J Q, et al. The flora characteristic of seed plants in the southern and northern mountains of Lanzhou [J]. *Pratacult Sci*, 2016, 33(3): 408–423. doi: 10.11829/j.issn.1001-0629.2015-0273.
- 许金凤, 马红梅, 张建全, 等. 兰州南北两山种子植物区系 [J]. *草业科学*, 2016, 33(3): 408–423. doi: 10.11829/j.issn.1001-0629.2015-0273.
- [19] WU Z Y, ZHOU Z K, LI D Z, et al. The areal-types of the world families of seed plants [J]. *Acta Bot Yunnan*, 2003, 25(3): 245–257. doi: 10.3969/j.issn.2095-0845.2003.03.001.
- 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. doi: 10.3969/j.issn.2095-0845.2003.03.001.
- [20] LIU J L, CHEN F, YU L, et al. On analysis of monotypic family and genus in the southern Gaoligong Mountains [J]. *J SW China Norm Univ (Nat Sci)*, 2014, 39(1): 92–96.
- 刘经伦, 陈放, 余丽, 等. 高黎贡山南段单型科属分析 [J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2014, 39(1): 92–96.
- [21] WU Z Y. The areal-types of Chinese genera of seed plants [J]. *Acta Bot Yunnan*, 1991(Suppl IV): 1–139.
- 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型 [J]. *云南植物研究*, 1991(增刊IV): 1–139.
- [22] LI X W. Floristic statistics and analyses of seed plants from China [J]. *Acta Bot Yunnan*, 1996, 18(4): 363–384.
- 李锡文. 中国种子植物区系统计分析 [J]. *云南植物研究*, 1996, 18(4): 363–384.
- [23] WU Z Y, SUN H, ZHOU Z K, et al. Origin and differentiation of endemism in the flora of China [J]. *Acta Bot Yunnan*, 2005, 27(6): 577–604.
- 吴征镒, 孙航, 周浙昆, 等. 中国植物区系中的特有性及其起源和分化 [J]. *云南植物研究*, 2005, 27(6): 577–604.
- [24] DONG D P, YE Y Z, YUAN Z L. Study on flora diversity of seed plants in the forest of Tianmu Mountains, Henan Province [J]. *For Resour Manage*, 2007(4): 38–42, 48. doi: 10.3969/j.issn.1002-6622.2007.04.009.
- 董东平, 叶永忠, 袁志良. 河南天目山森林种子植物区系研究 [J]. *林业资源管理*, 2007(4): 38–42, 48. doi: 10.3969/j.issn.1002-6622.2007.04.009.
- [25] DONG D P. Comparison of plant flora of Song Mountain and Jigong Mountain Natural Reserve in Henan Province [J]. *J Wuhan Bot Res*, 2008, 26(1): 47–52.
- 董东平. 嵩山与鸡公山自然保护区植物区系比较研究 [J]. *武汉植物学研究*, 2008, 26(1): 47–52.
- [26] YE Y Z, WANG S Y, LI P X. A study on the spermatophyta flora in the Jigongshan Natural Sanctuary in south Henan [J]. *J Wuhan Bot Res*, 1992, 10(1): 25–34.
- 叶永忠, 王遂义, 李培学. 豫南鸡公山自然保护区种子植物区系的研究 [J]. *武汉植物学研究*, 1992, 10(1): 25–34.
- [27] SHI Z M, WANG Z Y. The characteristics of flora of seed plants in Bao Tianman [J]. *Acta Bot Boreali-Occid Sin*, 1996, 16(3): 329–335.
- 史作民, 王正用. 河南宝天曼种子植物区系特征 [J]. *西北植物学报*, 1996, 16(3): 329–335.
- [28] WANG H S. Floristic Geography [M]. Beijing: Science Press, 1992: 19–20.
- 王荷生. 植物区系地理 [M]. 北京: 科学出版社, 1992: 19–20.
- [29] WU Z Y, SUN H, ZHOU Z K, et al. Floristics of Seed Plants from China [M]. Beijing: Science Press, 2011: 52–82.
- 吴征镒, 孙航, 周浙昆, 等. 中国种子植物区系地理 [M]. 北京: 科学出版社, 2011: 52–82.
- [30] WANG H S. Floristics of North China [M]. Beijing: Science Press, 1997: 71–90.
- 王荷生. 华北植物区系地理 [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 71–90.
- [31] YU M F, YU Q Y, LIN T M, et al. The flora in Qinglong River Nature Reserve and its surrounding areas, Liaoning Province of northeast China [J]. *Chin J Ecol*, 2013, 32(6): 1458–1464.
- 于梦凡, 余琦殷, 林田苗, 等. 辽宁青龙河保护区植物区系及其与周边地区的比较 [J]. *生态学杂志*, 2013, 32(6): 1458–1464.
- [32] DU J, SONG M Z, LI G L, et al. Conservation and utilization of wild rare and endangered plants in Lushan region [J]. *Ecol Sci*, 2016, 35(2): 128–133. doi: 10.14108/j.cnki.1008-8873.2016.02.020.
- 杜娟, 宋满珍, 李国梁, 等. 庐山地区野生珍稀濒危植物资源及保护利用 [J]. *生态科学*, 2016, 35(2): 128–133. doi: 10.14108/j.cnki.1008-8873.2016.02.020.