

濒危植物秦岭冷杉地理分布和生物生态学特性研究

张文辉¹* 许晓波² 周建云² 孙玉玲³ 谢宗强³

1 (天津师范大学, 天津 300074)

2 (西北农林科技大学, 陕西杨凌 712100)

3 (中国科学院植物研究所植被数量生态学重点实验室, 北京 100093)

摘要: 秦岭冷杉 (*Abies chensiensis*) 为中国特有三级保护植物, 仅岛屿化分布于陕西、甘肃、四川、河南的秦巴山地和湖北神农架中高山地区, 分布海拔 1300 - 2300 m。为了对秦岭冷杉种群进行深入研究和有效保护, 通过样地调查和相关资料分析, 对其地理分布、群落特性、种群特性进行了系统研究。秦岭冷杉群落包含种子植物 40 科 63 属 102 种, 可划分成 11 个地理区系成分, 其中温带分布型属占 84.21%, 热带分布型属占 15.79%, 温带分布是群落的基本特性。秦岭山区的秦岭冷杉群落可分为 5 个群丛, 基本特点为: 生境阴湿; 群落郁闭度大, 结构复杂; 种群个体年龄差异大; 天然更新主要发生在保护较好的阴坡林窗地段。秦岭冷杉苗期生长缓慢, 在 30 - 70 年龄阶段, 高生长旺盛; 在 40 - 100 年龄阶段, 胸径生长较快。秦岭冷杉开始结实年龄在 30 - 40 年龄阶段, 结实间隔期为 3 - 5 年。秦岭山区成熟个体平均产球果 8 个/株, 饱满种子 56 粒/球果。种群更新的关键问题是种子产量低, 林下幼苗稀疏, 更新缺乏后继资源。种子向幼苗转化率是生活史中的脆弱环节。在未来经营保护中, 应以就地保护为主, 通过抚育管理, 促进天然更新; 丰年应适时采种, 就地育苗, 扩大人工种群。

关键词: 岛屿化分布, 群落特性, 个体生长, 生殖规律, *Abies chensiensis*

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1005 - 0094(2004)04 - 0419 - 08

Distribution and bio-ecological characteristics of *Abies chensiensis*, an endangered plant

ZHANG Wen-Hui¹*, XU Xiao-Bo², ZHOU Jian-Yun², SUN Yu-Ling³, XIE Zong-Qiang³

1 *Tianjin Normal University, Tianjin 300074*

2 *Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100*

3 *Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093*

Abstract: Qinling fir, *Abies chensiensis*, is endemic to China and was listed in the China Plant Red Data Book as one of the third class protected plants. It is only found scattered in small forest fragments in Mts. Qinling, Bashan and Shennongjia from 1300 m to 2300 m a. s. l. in Shaanxi, Gansu, Henan, Sichuan and Hubei provinces. To assist in efforts to effectively conserve and restore this species, the geographic distribution, community structure and demographic characteristics of populations were studied through field investigations and statistical analysis. In the *A. chensiensis* communities in the Qinling Mountains, we recorded 102 plant species, belonging to 63 genera and 40 families. Among them, the temperate geographical elements comprise 84.21%, and the tropical geographical elements 15.79%. The communities in Qinling could be divided into five associations by cluster analysis on the importance values of the dominant species. The habitat of the communities was wet and shaded, and the coverage was relatively high. The structure of the communities was complex, and the age difference among individuals was significant. The natural regeneration of this species occurred mainly in canopy gaps on shaded slopes. The growth of young seedlings was relatively slow, but DBH increased relatively quickly during the 40 - 100 years stage, as did height during the 30 - 70 years stage. The

* 收稿日期: 2003 - 08 - 09; 接受日期: 2004 - 04 - 20

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向课题 (KSCX2-SW-104-04)

*通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zwhckh@eyou.com

sexual reproduction for this *A. chensiensis* population began at 30 - 40 years old, and the seed-bearing interval was about 3 - 5 years. Mature trees of *A. chensiensis* produced on average eight cones, and the mean number of seeds per cone was 56. The lack of seedlings was the main barrier for regeneration of this species. Insufficient seeds and low survival rate from seed to seedling were the weak link. In the future, *in situ* conservation should be considered as the most important management activity for this species, and natural regeneration should be promoted. At the same time, the artificial populations should be expanded from seeds collected in years of high seed set.

Key words: fragmentation, community characteristics, individual growth, reproduction, *Abies chensiensis*

秦岭冷杉(*Abies chensiensis*)为中国特有三级保护植物,仅岛屿化分布于秦巴山地及神农架的高海拔地区,在水源涵养和生态平衡方面发挥着重要作用(陕西森林编辑委员会,1986)。秦岭冷杉树干通直、木材松软、富含冷杉胶,是非常优良的用材和林化产品资源树种(冷杉胶是重要林化产品)。由于多年过度利用,大多数秦岭冷杉林已经退化,有些地区已经消失。近年来,秦岭冷杉的濒危状态虽已引起不少学者关注,但相关报道仅散见于一些学术论著中,且多是有关秦岭冷杉的群落描述和物种保护建议(雷明德,1999;狄维忠,1987;中国森林编辑委员会,1999)。濒危植物的地理分布、群落、种群的生物学特性是种群恢复与保护的基础,而秦岭冷杉这一方面的研究还未见报道。本文通过样地调查、野外试验以及相关资料统计分析,对秦岭冷杉地理分布、群落学特征和种群个体生长特征进行了系统分析,目的是为秦岭冷杉种群深入研究和有效保护提供基本资料和科学依据。

1 研究方法

1.1 地理分布

根据文献记载和野外调查,对秦岭冷杉可能的分布区域进行核查;逐份登记标本,搜索文献资料,通过综合分析确定秦岭冷杉的水平垂直分布点,绘制分布区示意图。

1.2 群落学特性

群落调查主要在秦岭南坡进行。经过充分踏查,根据群落组成、生境条件和人为破坏等因子,选择秦岭冷杉群落保护较好的地段作为样地,共设置 20 m × 20 m 样地 18 个,其中镇安县 3 个,宁陕县 5 个,周至县 3 个,略阳县 7 个。每个样地沿对角线设置 5 m × 5 m 乔灌木样方和 1 m × 1 m 草本样方各 3 个。样地调查内容包括:(1) 计测海拔、坡向、坡位、人为干扰等生境因子;(2) 样地内乔木植物每木检

尺,测定树高、胸径;样方内灌木和草本植物分种计数个体数量、盖度、高度和频度;(3) 计算群落样地内乔、灌、草各层次不同种群的重要值,确定优势种群(董鸣等,1996);(4) 依据 City-block (Manhattan) distances: $d_{ij} = \{ \sum (x_i - x_j)^2 \}^{1/2}$,对样地中物种重要值(重要值 > 1.0)进行聚类分析和群丛类型划分;结合实际调查描述群丛特征(张金屯,1995;张文辉和卢志军,2002)。

1.3 种群个体生长

野外定株观测成年树木胸径,幼苗高度、基径;生长锥测定年轮或枝条轮痕确定幼苗、幼树年龄;利用树木解析资料分析个体生长。

1.4 种群生殖特性

计测成年个体单株球果数量、种子特性;在秦岭冷杉林下进行野外播种实验;在人工气候箱内进行发芽实验;确定不同条件下的种子发芽率。在成年个体结实量、球果含种子量、种子发芽率统计中,样本量不小于 30。

2 结果与分析

2.1 地理分布

秦岭冷杉分布区处于亚热带与暖温带过渡的中高山地带,分布区稍呈西北-东南走向,分布于秦岭巴山及其余脉地区,包括河南省的内乡,湖北省的房县、巴东、神农架,陕西省的岚皋、华县、长安、宁陕、周至、留坝、佛坪、略阳,甘肃省的舟曲、天水、文县、迭部,四川省西北部(中国森林编辑委员会,1999)。秦岭南坡是该种分布最集中的地区,其中以宁陕及佛坪两县分布数量较多(图 1)。秦岭冷杉垂直分布在海拔 1300 - 2100 m。在秦岭山区垂直带谱中,秦岭冷杉是针叶林带的主要组成树种,但分布于中下部;巴山冷杉(*A. fargesii*)居于中上部,两种冷杉在海拔 2000 m 的局部地区交错分布。

我国有冷杉属植物 22 种 3 变种,是世界上该属

种类最多、分布纬度最低的国家(李楠,1999)。秦岭冷杉分布区域狭窄,虽然跨越 5 省区,但实际面积不大(图 1)。即使在分布较为集中的秦岭南坡,也仅呈小斑块状分布于少数县区,常见于阴坡(北坡)或半阴坡(东、西坡)和沟谷地带。在宁陕菜子坪和火地塘海拔 1500 - 1600 m 地区,有人工栽培个体,生长良好,结实正常。有文献记载秦岭冷杉在海拔 2300 - 2700 m 有分布(雷明德,1999;陕西森林编辑委员会,1986),本次研究并未证实。

2.2 秦岭冷杉的群落特性

2.2.1 群落组成和区系成分

秦岭林区的秦岭冷杉群落中种子植物有 40 科 63 属 102 种。乔木层有 14 科,包括松科的云杉 (*Picea asperata*)、油松 (*Pinus tabuliformis*) 和华山松 (*P. armandii*);壳斗科的锐齿栎 (*Quercus aliena* var. *acuterrata*)、辽东栎 (*Q. wutaishanica*)和刺叶栎 (*Q. spinosa*);桦木科的红桦 (*Betula albosinensis*)、光皮桦 (*B. luminifera*)、鹅耳枥 (*Carpinus turczaninowii*)、千金榆 (*C. cordata*) 和陕西鹅耳枥 (*C. shensiensis*),它们在群落中重要值较大。灌木层有 12 科,槭树科、蔷薇科、虎耳草科以及禾本科的箭竹 (*Sinarundinaria nitida*)等在群落中占优势。草本层有 14 科,禾本科、茜草科、菊科、毛茛科植物种占优势(表 1)。

按照吴征镒(1991)有关中国种子植物属地理成分划分方法,秦岭冷杉群落中植物属的分布类型为 11 种(表 2),其中温带分布型属占 84.21%,热带分布型属占 15.79%,温带分布是本群落的基本属性。在群落中,有许多第三纪或更古老的残遗属,如



图 1 秦岭冷杉种群在中国的分布示意图
 图中的点为文献中记载或有标本记录的地区
 Fig.1 Sketch map of geographic distribution of *Abies chensiensis* in China. The black spots represent the areas recorded by literature or specimen

表 1 秦岭冷杉群落重要科属和种的组成

Table 1 Composition of important species, genera and families in *Abies chensiensis* communities

科 Family	属数 No. of genus	属的百分比 Percentage of genus	种数 No. of species	种的百分比 Percentage of species
菊科 Asteraceae	6	9.84	9	8.82
蔷薇科 Rosaceae	4	6.56	7	6.86
松科 Pinaceae	4	6.56	6	5.88
槭树科 Aceraceae	2	3.28	6	5.88
禾本科 Poaceae	3	4.92	5	4.9
桦木科 Betulaceae	2	3.28	5	4.9
毛茛科 Ranunculaceae	4	6.56	4	3.92
百合科 Liliaceae	2	3.28	3	2.94
虎耳草科 Saxifragaceae	2	3.28	3	2.94
漆树科 Anacardiaceae	2	3.28	3	2.94
茜草科 Rubiaceae	2	3.28	3	2.94
壳斗科 Fagaceae	1	1.64	3	2.94
山茱萸科 Cornaceae	1	1.64	3	2.94
其他 Other families	28	45.9	42	41.18

表 2 秦岭冷杉群落中植物属的地理分布类型

Table 2 The geographical distribution types of plant genera in *Abies chensiensis* communities

分布类型 Distribution type	属数 No. of genus	百分比 Percentage
世界分布 Cosmopolitan	7	
泛热带分布 Pantropic	5	7.02
热带亚洲和热带美洲间断分布 Tropical Asia and Tropical American disjuncted	2	3.51
热带亚洲至热带非洲分布 Tropical Asia to Tropical Africa	1	1.75
热带亚洲分布 Tropical Asia	2	3.51
北温带分布 North Temperate	32	52.63
东亚和北美洲间断分布 East Asia to North American disjuncted	7	10.53
旧世界温带分布 Old World Temperate	4	7.02
温带亚洲分布 Temperate Asia	1	1.75
东亚分布 East Asia	6	10.53
中国特有分布 Endemic to China	1	1.75
合计 Total	63	100

各地理成分类型百分比不含世界分布类型。The percentage of every geographic element excludes Cosmopolitan.

小檗属 (*Berberis*)、山矾属 (*Symplocos*)、菝葜属 (*Smilax*)、花楸属 (*Sorbus*)、栎属 (*Quercus*)、松属 (*Pinus*)、槭属 (*Acer*)、荚蒾属 (*Viburnum*) 和鼠李属 (*Rhamnus*)。这些区系成分的存在,说明秦岭冷杉群落的古老性和残遗性(中国森林编辑委员会, 1999)。

2.2.2 主要群落类型

由表 3 可以看出,18 个秦岭冷杉样地中重要值大于 2.0 的 28 个物种重要值总和为 174.62,占样地总重要值的 63.21%;个体数为 4850 个,占样地总个体数的 71.45%。秦岭冷杉、锐齿栎、箭竹、苔草 (*Carex lanceolata*) 为不同层片的优势种群(表 3)。对样地内不同层次物种重要值 (> 1.0) 进行聚类分析,当距离系数为 365 时,可以将秦岭冷杉群落划分为 5 个群丛(图 2),主要特征如下(表 3,表 4)。

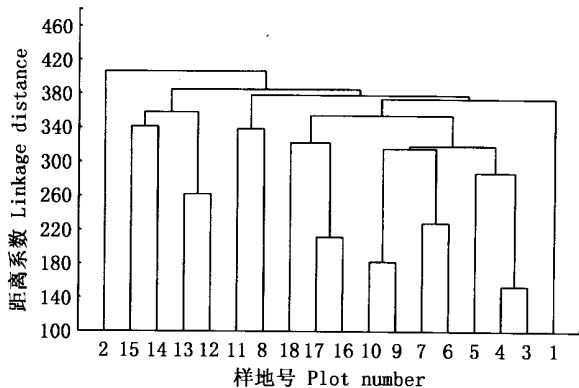


图 2 秦岭山区秦岭冷杉群落样地(优势种群重要值)聚类图

Fig. 2 A dendrogram of sample plots of *Abies chensiensis* communities in Mt. Qinling according to the importance value of dominant species

(1)秦岭冷杉 + 油松 - 箭竹 - 苔草群丛:包括样地 2。分布于山坡中上部半阴坡或半阳坡,海拔 1600 - 1800 m,坡度 15 - 20°。乔木层以秦岭冷杉和油松为主,伴生种有华山松、云杉、红桦等,盖度 70% - 80%。灌木层中箭竹占优势,盖度达 50%左右,伴生种有泡花树 (*Craibiodendron stellatum*)、二色胡枝子 (*Lespedeza bicolor*) 等。草本层盖度 60%左右,以苔草为主。

(2)秦岭冷杉 + 锐齿栎 - 木姜子 - 苔草群丛:包括样地 12、13、14、15。常分布于阴坡和半阳坡,海拔 1600 - 1700 m,坡度 20 - 45°。乔木层盖度 70% - 80%,秦岭冷杉和锐齿栎占绝对优势,伴生种有漆树 (*Toxicodendron vernicifluum*)、青榨槭 (*Acer davidii*) 等。灌木层盖度 50% - 55%,以木姜子 (*Litsea pungens*) 占优势,伴生种有二色胡枝子、鞘柄菝葜 (*Smilax stans*)、荚蒾 (*Viburnum schensianum*)、箭竹、五味子 (*Schisandra chinensis*) 等。草本层盖度 65%以上,以苔草和蛇莓 (*Duchesnea indica*) 占优势。

(3)秦岭冷杉 + 红桦 - 箭竹 - 蛇莓群丛:包括样地 11 和 8,分布于阴坡、半阳坡,海拔 1500 - 2000 m,坡度一般为 22°,立地条件较好,但人为干扰较严重。乔木层盖度 70%左右,秦岭冷杉和红桦占绝对优势,伴生种有油松、鹅耳枥、锐齿栎、千金榆等。灌木层盖度 45% - 55%,以箭竹占优势,混生种有荚蒾、木蓝 (*Indigofera amblyantha*) 等。草本层盖度 30%左右,以蛇莓占优势,混生其中的有苔草、青茅 (*Deyeuxia scabrescens*)、茜草 (*Rubia cordifolia*) 等。

(4)秦岭冷杉 - 木蓝 - 苔草群丛:包括样地 3、

表 3 秦岭冷杉群落优势种群的重要值

Table 3 Importance value (IV) of dominant populations in *Abies chensiensis* communities

种名 Species	个体数 Individual number (NI)	相对频度 Relative frequency (RF, %)	相对盖度 Relative coverage (RC, %)	相对多度 Relative abundance (RA, %)	重要值 Importance value (IV)
秦岭冷杉 <i>Abies chensiensis</i>	168	8.35	13.45	1.84	23.64
锐齿栎 <i>Quercus aliena</i> var. <i>acuterrata</i>	31	3.17	8.42	0.54	12.13
红桦 <i>Betula albosinensis</i>	46	1.99	3.17	0.94	6.10
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	28	2.74	1.80	0.37	4.91
华山松 <i>P. armandii</i>	18	2.51	1.28	0.91	4.74
千金榆 <i>Carpinus cordata</i>	14	2.52	1.89	0.25	4.66
漆树 <i>Toxicodendron vernicifluum</i>	11	2.17	1.45	0.65	4.27
鹅耳枥 <i>Carpinus turczaninowii</i>	23	1.08	1.12	0.78	2.99
青榨槭 <i>Acer davidii</i>	11	1.16	1.25	0.23	2.65
元宝枫 <i>A. truncatum</i>	60	1.14	1.01	0.38	2.54
箭竹 <i>Sinarundinaria nitida</i>	580	3.45	2.25	6.98	12.68
五味子 <i>Schisandra chinensis</i>	32	2.47	1.88	0.73	5.07
鞘柄菝葜 <i>Smilax stans</i>	218	2.86	1.37	0.83	5.07
二色胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i>	21	2.34	2.04	0.34	4.72
木姜子 <i>Litsea pungens</i>	61	1.98	1.73	0.94	4.65
木蓝 <i>Indigofera amblyantha</i>	64	1.49	1.56	1.07	4.14
泡花树 <i>Craibiodendron stellatum</i>	35	1.71	1.01	0.67	3.39
阔叶清风藤 <i>Sabia latifolia</i>	30	1.15	1.08	0.44	2.67
青茅 <i>Deyeuxia scabrescens</i>	24	0.97	1.18	0.34	2.49
荚蒾 <i>Viburnum schensianum</i>	22	1.00	0.87	0.28	2.15
绣线菊 <i>Spiraea salicifolia</i>	127	0.57	0.63	0.85	2.05
野棉花 <i>Anemone hupehensis</i>	18	1.36	0.31	0.36	2.03
苔草 <i>Carex lanceolata</i>	1985	5.16	4.85	17.59	27.62
蛇莓 <i>Duchesnea indica</i>	875	1.54	1.46	5.51	8.52
凤尾蕨 <i>Pteris nervosa</i>	112	2.10	2.78	1.41	6.29
拉拉藤 <i>Galium boreale</i>	103	1.39	2.96	1.05	5.40
茜草 <i>Rubia cordifolia</i>	98	2.13	1.44	1.22	4.79
碎米荠 <i>Cardamine hirsute</i>	35	0.97	0.85	0.48	2.26

重要值 < 2.00 的物种略去。The species with IV less than 2.00 were not listed in the table.

表 4 秦岭冷杉不同群丛中平均个体特征

Table 4 The mean individual characters of *Abies chensiensis* in different association types

群丛类型 Association type	平均树高 Average tree height (m)	平均胸径 Average DBH (cm)	平均密度 Average density (ind./100 m ²)	平均冠幅 Average crown diameter (m ×m)	重要值 Importance value	海拔 Altitude (m)
1	8.32 ±0.03	11.32 ±0.64	6.1	2.5 ×2.9	24.70	1600 - 1800
2	9.70 ±0.71	14.34 ±1.15	6.9	3.3 ×3.5	21.08	1600 - 1700
3	7.46 ±0.40	7.36 ±0.84	5.9	2.6 ×2.3	26.98	1500 - 2000
4	6.60 ±0.84	3.58 ±0.23	7.1	1.8 ×1.5	19.53	1350 - 2100
5	9.27 ±0.50	13.58 ±0.77	9.8	3.3 ×3.2	33.28	1400 - 1700

1: 秦岭冷杉 + 油松 - 箭竹 - 苔草群丛; 2: 秦岭冷杉 + 锐齿栎 - 木姜子 - 苔草群丛; 3: 秦岭冷杉 + 红桦 - 箭竹 - 蛇莓群丛; 4: 秦岭冷杉 - 木蓝 - 苔草群丛; 5: 秦岭冷杉 + 油松 - 鞘柄菝葜 - 苔草群丛。

1, *Abies chensiensis* + *Pinus tabulaeformis* - *Sinarundinaria nitida* - *Carex lanceolata* association; 2, *Abies chensiensis* + *Quercus aliena* var. *acuterrata* - *Litsea pungens* - *Carex lanceolata* association; 3, *Abies chensiensis* + *Betula albosinensis* - *Sinarundinaria nitida* - *Duchesnea indica* association; 4, *Abies chensiensis* - *Indigofera amblyantha* - *Carex lanceolata* association; 5, *Abies chensiensis* + *Pinus tabulaeformis* - *Smilax stans* - *Carex lanceolata* association.

4、5、6、7、9、10、16、17、18。分布于阴坡、半阳坡下部和沟谷地带,海拔 1350 - 2100 m,坡度 10 - 15° 之间,立地条件较好,是分布范围最广泛的群丛。乔木层盖度 70% - 90%,秦岭冷杉占优势,伴生种有漆树、华山松、鹅耳枥等。灌木层种类稀少,以木蓝为主,盖度 20% - 30%,混生其中的有二色胡枝子、箭竹等。草本种类较多,盖度 55%,以苔草占优势,其次是蛇莓,也有凤尾蕨 (*Pteris nervosa*)、拉拉藤 (*Galium boreale*)、碎米荠 (*Cardamine hirsuta*) 等混生其中。

(5) 秦岭冷杉 + 油松 - 鞘柄菝葜 - 苔草群丛: 包括样地 1。主要分布在半阳坡,海拔 1400 - 1700 m,坡度 35° 左右,人为干扰较少。乔木层盖度 70% 以上,秦岭冷杉和油松占优势,也有华山松和漆树。灌

木层盖度在 35% 左右,以鞘柄菝葜占优势,伴生种有二色胡枝子、阔叶清风藤 (*Sabia latifolia*)、绣线菊 (*Spiraea salicifolia*) 等。草本层盖度 65% 左右,以苔草占优势,混生的有蛇莓、拉拉藤、青茅等。

2.3 种群个体生长、生殖和生态学特性

2.3.1 个体生长特性

秦岭冷杉苗期生长缓慢,林下幼苗稀少。3 - 6 年生幼苗平均高度 0.58 m,基径 1.24 cm,密度为 2.18 株/100 m² (表 5)。在秦岭菜子坪地区采种,海拔 1500 m 的山地苗圃育苗,4 - 5 年生个体平均高度 0.6 m,基径 1.3 cm。根据标准木解析资料分析,秦岭冷杉在 30 - 70 年时生长旺盛,连年生长最高可达 41 cm。胸径生长 30 年以后逐步加快,速生期可维持到 100 年左右,连年生长最大可达 0.49 cm (表 6)。

表 5 不同秦岭冷杉群落中 3 - 6 年生幼苗个体特征

Table 5 Individual characters of 3 - 6 year young individuals or saplings in different *Abies chensiensis* communities

群丛类型 Association type	平均高度 Average height (m)	平均基径 Average base diameter (cm)	平均冠幅 Average crown diameter (m)	密度 Density (individuals per 100 m ²)
1	0.55 ± 0.20	1.15 ± 0.14	0.41	2.00
2	0.58 ± 0.15	1.48 ± 0.22	0.47	1.80
3	0.66 ± 0.15	1.17 ± 0.16	0.38	1.90
4	0.49 ± 0.11	1.06 ± 0.21	0.44	2.70
5	0.61 ± 0.14	1.34 ± 0.18	0.50	2.50
平均 Mean	0.58 ± 0.16	1.24 ± 0.17	0.44	2.18

群丛类型同表 4

Association types correspond to those in Table 4

表 6 秦岭冷杉个体生长过程

Table 6 The growth process of *Abies chensiensis* individuals

年龄 Age	树高 Tree height			胸径 DBH			树干材积 Stem volume (m ³)			材积生长率 Stem volume increasing ratio (%)	胸高形数 Breast height modulus
	总生长量 Total growth yield (m)	平均生长量 Annual mean growth yield (m)	连年生长量 Current annual increment (m/yr)	总生长量 Total growth yield (m)	平均生长量 Annual mean growth yield (m)	连年生长量 Current annual increment (m/yr)	总生长量 Total growth yield (m)	平均生长量 Annual mean growth yield (m)	连年生长量 Current annual increment (m/yr)		
10	1.5	0.15	0.17	0.6	0.06	0.27	0.0000	0.0000			
20	3.2	0.16	0.24	3.3	0.17	0.31	0.0023	0.0001	0.0010	13.5	0.80
30	5.6	0.19	0.40	6.4	0.21	0.44	0.0118	0.0004	0.0036	12.1	0.64
40	9.6	0.24	0.40	10.8	0.27	0.47	0.0478	0.0011	0.0010	10.2	0.54
50	13.6	0.27	0.30	15.5	0.31	0.49	0.1476	0.0030	0.0157	6.9	0.57
60	16.6	0.28	0.41	20.4	0.34	0.49	0.3042	0.0051	0.0249	5.8	0.56
70	20.7	0.30	0.31	25.3	0.36	0.42	0.5536	0.0079	0.0314	4.4	0.53
80	23.8	0.30	0.18	29.5	0.37	0.48	0.8679	0.0108	0.0385	3.6	0.53
90	25.6	0.28	0.25	34.3	0.38	0.41	1.2526	0.0139	0.0449	3.0	0.53
100	28.1	0.28	0.23	38.4	0.38	0.45	1.7020	0.0170	0.0540	2.7	0.52
110	30.4	0.28		42.9	0.39		2.2416	0.0204			0.51

本标准木生长于陕县菜子坪,海拔 1800 m,中等厚度的暗棕壤土。

This standard sample tree grew in the dark brown soil in Caiziping, Ningshan County, at an altitude of 1800 m.

2.3.2 生殖特性

根据宁陕县菜子坪和火地塘林区定点观测,在海拔 1500 - 1600 m 处,秦岭冷杉开始结实年龄在 30 - 40 年,间隔期为 3 - 5 年。花期在 4 月底到 5 月中旬,果始熟期在 9 月下旬,种子散落期在 10 月上旬到下旬。根据野外测定和统计,秦岭冷杉树冠阳面开花结实量占 80%;树冠中、上层占 77%。成年个体(高度 8 m、胸径 10 cm 以上)结实个体占 18%,个体平均产球果 8 个/株,饱满种子量 56 粒/球果,平均饱满率为 67.9%。饱满种子在 18 实验室条件下的发芽率为 97.3%,在秦岭冷杉林下播种于地表的发芽成苗率(1 年生)为 20.4%。在土层深厚肥沃的山谷、溪旁或阴坡地区,生长速度快,树体高大,结实量较大。但与巴山冷杉(*A. fargesii*)比较,秦岭冷杉结实量明显偏低,种群更新缺乏足够的幼苗资源(中国木本植物种子编辑委员会,2002)。

2.3.3 生态学特性

秦岭冷杉喜温凉湿润气候,幼苗耐荫,10 年生以后不耐荫。喜微酸性腐殖质深厚的土壤,耐旱性较差。种子萌芽最适温度是 15 - 20。分布区年平均 7.7,极端最低温 - 15.3,最高温 35。

3 讨论

秦岭冷杉分布在亚热带与暖温带过渡区,面积狭小,自然更新不良,种群密度在 10 株/100 m² 以下。秦岭冷杉的分布格局与银杉(*Cathaya argyrophylla*)、攀枝花苏铁(*Cycas panzhihuaensis*)、鹅掌楸(*Liriodendron chinense*)等十分相似,均呈岛屿化斑块状分布(张文辉等,2002)。这可能是濒危植物的共同特征,特别是比较古老、长寿命的子遗植物,说明古老子遗濒危植物在地理分布上有着相似之处。

向巧萍(2001)研究了我国 4 个濒危冷杉种(巴山祖冷杉(*Abies beshanzuensis*)、资源冷杉(*A. beshanzuensis* var. *ziyuanensis*)、梵净山冷杉(*A. fanjingshanensis*)和元宝山冷杉(*A. yuanbaoshanensis*))的地理分布成因,认为濒危冷杉分布区狭小的主要原因是第四纪气候变迁,导致低海拔地区种群灭绝,现有种群退缩到高海拔地区,而人为干扰加剧了濒危状态进一步恶化。这 4 种冷杉不仅分布区狭小,而且有的种类正自然枯死,属于一级保护种。秦岭冷杉分布格局形成与上述 4 种冷杉相似。但相

对来说,秦岭冷杉分布面积较大,个体数量较多,个别地方可以形成纯林。但是,如果与广布种巴山冷杉比较,秦岭冷杉的分布区域则小得多(中国森林编辑委员会,1999)。评价物种濒危状态的根本问题是看其所处的生境是否有利于种群生存,其种群数量是否增加。由于人为破坏,秦岭冷杉林面积在过去 50 年中不断减少,岛屿化加剧。秦巴山区实行了禁伐后,秦岭冷杉保护受到重视,但种群幼苗数量不够丰富,更新仍旧困难,说明秦岭冷杉濒危状态很明显。

秦岭冷杉幼苗生长需要阴湿、散射光相对充分的生境;种群个体生长缓慢,寿命长,多次结实;成年个体平均产饱满种子量仅为 448 粒/株。尽管秦岭冷杉种子发芽率较高,但天然林下幼苗稀少,更新不良。这与巴山祖冷杉、资源冷杉、梵净山冷杉和元宝山冷杉的生物学特性相似(向巧萍,2001)。濒危植物攀枝花苏铁、银杉、鹅掌楸等也存在有效种子产量低、定居幼苗少的特点(张文辉,2002)。这说明长寿命的古老子遗濒危植物生殖能力低下,种子转化为幼苗的概率低是它们的共性。这类植物所需的生境条件苛刻,生境破碎化形成的小种群导致自交和遗传漂变,使其种间竞争力进一步下降,因此,这类植物保护应以生境保护为主,通过林业措施改善其生存环境。

秦岭冷杉林面积减少主要是由于人为破坏造成的。以秦岭林区的宁陕、周至县为例,20 世纪 50 年代时曾有较大面积的秦岭冷杉林,60 年代森工企业进入后,冷杉成为主伐对象,并且实行皆伐,使秦岭冷杉林面积大幅度减少。目前存在的秦岭冷杉林是当年采伐不可及地区,或残存母树散落种子形成的幼龄林。应该根据秦岭冷杉生物学和生态学特性,加强现有秦岭冷杉林的就地保护,减少人为破坏;在阴坡地区注意保护林窗,阳坡地区注意营造郁闭环境,促进天然更新。同时,应该充分利用成年个体结实状况良好、种子发芽率较高的特性,在种子丰产年,适时、适当采收种子,建立苗圃,扩大人工种群。

参考文献

- Di, W. Z. (狄维忠) and Yu, Z. Y. (于兆英). 1987. *The First Set of the Chinese Rare and Endangered Plants in Shaanxi Province* (陕西省第一批国家珍稀濒危保护植物). Northwest University Press, Xi'an, 72 - 75. (in

- Chinese)
- Dong, M. (董鸣), Wang, Y. F. (王义凤) and Kong, F. Z. (孔繁志). 1996. *Survey, Observation and Analysis of Terrestrial Biocommunities* (陆地生物群落调查观测与分析). Standards Press of China, Beijing, 20 - 41. (in Chinese)
- Editorial Committee of Forest of China (中国森林编辑委员会). 1999. *Forest of China* (中国森林). China Forestry Publishing House, Beijing, 631 - 779. (in Chinese)
- Editorial Committee of Woody Plant Seed of China (中国木本植物种子编辑委员会). 2001. *Woody Plant Seed of China* (中国木本植物种子). China Forestry Publishing House, Beijing, 10 - 17. (in Chinese)
- Editorial Committee of Forest of Shaanxi (陕西森林编辑委员会). 1986. *Forest of Shaanxi* (陕西森林). Shaanxi Science and Technology Press & China Forestry Publishing House, Xi an, 153 - 156. (in Chinese)
- Lei, M. D. (雷明德). 1999. *Vegetation of Shaanxi* (陕西植被). Science Press, Beijing, 57 - 108. (in Chinese)
- Li, N. (李楠). 1999. Origin, dispersion, distribution of Pinaceae. In: Lu, A. M. (路安民) (ed.), *The Geography of Spermatophytic Families and Genera* (种子植物科属地理). Science Press, Beijing, 17 - 39. (in Chinese)
- Wu, Z. Y. (吴征镒). 1991. Seed plant geography types of genera in China. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), **13** (Suppl. IV): 1 - 130. (in Chinese with English abstract)
- Xiang, Q. P. (向巧萍). 2001. A preliminary survey on the distribution of rare and endangered plants of *Abies* in China. *Guihaia* (广西植物), **21**: 113 - 117. (in Chinese with English abstract)
- Zhang J. T. (张金屯). 1995. *Methods in Quantitative Vegetation Ecology* (植被数量生态学方法). Chinese Science and Technology Press, Beijing, 168 - 254. (in Chinese)
- Zhang, W. H. (张文辉) and Lu, Z. J. (卢志军). 2002. A study on the biological and ecological property and geographical distribution of *Quercus variabilis* population. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), **22**: 1093 - 1101. (in Chinese with English abstract)
- Zhang, W. H. (张文辉), Zu, Y. G. (祖元刚) and Liu, G. B. (刘国彬). 2002. Population ecological characters and analysis on endangered cause of ten endangered plant species. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **22**: 1512 - 1520. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑: 孙大川, 周玉荣)