

秦岭冷杉球果与种子的形态变异

孙玉玲¹, 李庆梅², 杨敬元³, 谢宗强^{1*}

(1. 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; 2. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091;
3. 湖北神农架国家级自然保护区管理局, 湖北 442421)

摘要:在秦岭冷杉的天然分布区, 分别选取核心区和边缘区进行取样, 比较球果和种子的形态变异。核心区为秦岭地区, 边缘区选在湖北神农架地区。根据秦岭冷杉分布特征, 核心区沿海拔高度连续采样, 边缘区选择两个不同海拔高度的种群, 分单株采样, 测量了球果、种子、种鳞、种翅等器官的 15 个形态指标。相关分析表明, 秦岭冷杉球果和种子形态特征(变化)与海拔高度显著相关, 说明海拔因素影响着球果和种子形态变异。比较发现, 核心区(即秦岭地区)的秦岭冷杉球果和种子的绝大部分指标均值显著大于边缘区(即神农架地区), 说明秦岭冷杉在核心区的生殖生长好于边缘区。相同海拔条件下, 秦岭冷杉球果和种子形态在地区间差异显著, 约 85% 的变异来自地区内个体间和个体内, 说明秦岭冷杉的球果和种子形态特征变化受遗传控制更显著。在边缘区还比较了不同种群间、人工林和天然林在球果和种子形态特征的差异。球果和种子形态在同一地区两个种群间、在人工林与天然林间都有显著差异, 大部分人工林球果和种子指标均值和变异幅度大于天然林, 表明通过人为经营可以改善秦岭冷杉的一些生殖性状。

关键词:秦岭冷杉; 球果; 种子; 形态变异; 海拔; 秦岭; 神农架

Morphological variation in cones and seeds in *Abies chensiensis*

SUN Yu-Ling¹, LI Qing-Mei², YANG Jing-Yuan³, XIE Zong-Qiang^{1*} (1. Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; 2. The Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 3. Hubei Shennongjia National Nature Reserve Administrative Bureau, Hubei 442421, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(1): 176~181.

Abstract: The purposes of our study were: (1) to determine the relationships and variability between *Abies chensiensis* cones and seeds in different elevations and between the core and border regions, (2) to investigate variation between natural and managed forests, and (3) to determine the sources of variation to provide management suggestions.

In this study, two sampling zones were selected from the core and border regions of Qin-Ling, China, where *Abies chensiensis* is naturally distributed. The core region is located in Qin-Ling Mountain and the border region in Shennongjia of Hubei Province. Morphological variations of cones and seeds collected from different altitudes and latitudes and between natural and managed forests were analyzed. We sampled twenty cones from 48 trees, 28 from Qinling Mountain and 20 from Shennongjia. Fifteen traits were measured for each cone and seed, including cone length, cone diameter, cone scale length, and bract length. Data were analyzed using SAS and SPSS. Our statistical analyses were composed of (1) correlation analyses for each trait among different elevations in Qinling Mountain, (2) calculation of means, standard deviation and coefficient of variation for each trait from natural and managed forests, (3) hierarchical analyses of variation with the same elevation in

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向课题资助项目(KSCX2-SW-104-04); 国家重点基础发展规划资助项目(G2000046805)

收稿日期:2003-09-20; **修订日期:**2004-05-15

作者简介:孙玉玲(1979~), 女, 内蒙古人, 硕士, 主要从事植物生态学研究. E-mail: sunyl@mail.las.ac.cn

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: xie@ibcas.ac.cn

致谢:西北农林科技大学张文辉、周建云、许晓波参加了部分野外取样工作; 中国科学院植物所陈全胜在数据处理中提供帮助; 张謐、赖江山协助写作, 在此谨表衷心感谢

Foundation item: CAS' Knowledge Innovative Project (No. KSCX2-SW-104-04), the state fundamental development and programming project (No. G2000046805)

Received date: 2003-09-20; **Accepted date:** 2004-05-15

Biography: SUN Yu-Ling, Master, mainly engaged in plant ecology. E-mail: sunyl@mail.las.ac.cn

different regions, (4) variance analyses between two populations with different elevations in Shennongjia, and (5) variance analyses between natural and managed forests in Shennongjia.

Results from correlation analyses suggested that morphological variation of cones and seeds was significantly correlated to elevation on Qinling Mountain, which indicated that elevation played an important role in morphological variation. Statistical differences were significant between regions with the same elevation and among trees within regions, as well as between natural and managed forests. The variance component analysis indicated that about 85 percent of the variation was attributable to differences between individual trees and within a tree, and the remaining 15 percent varied between regions, providing strong evidence of substantial genetic control over traits. The mean values of traits of cones and seeds from the core region were higher than that of in the border area, which indicated that *Abies chensiensis* reproduced better in the core region. The analysis suggested that the mean and variation of traits of cones and seeds from managed forests were greater than that from the natural forests. It appears that traits of cones and seeds of *Abies chensiensis* could be improved by forestry practices in managed forests.

Key words: *Abies chensiensis*; cone; seed; morphological variation; elevation; Qinling; Shennongjia

文章编号:1000-0933(2005)01-0176-06 中图分类号:Q161;Q948.1 文献标识码:A

林木种内形态变异是指在树种的天然分布区内,由于群体内的基因突变、迁移,以及一些自然因素造成的隔离,阻止了基因的交流,再加上树木分布区环境的多样性、选择压力不同,从而导致这个群体各部分发生了不同程度的变异——群体分化^[1]。这种分化可以表现在许多性状上,如形态、化学组成等,反映在形态特征上就是种内的表型变异。这方面的研究由来已久,研究尺度从同一地区不同种群间到地区间乃至全球,许多结论也证实了林木种内变异的存在^[2~5]。

表型变异研究主要是为分类学服务的,研究最早而且比较全面的是欧洲赤松(*Pinus sylvestris*)^[6~8]。除了分类学上的应用,近 20a 来,林木表型变异的研究主要集中在对变异模式的探索上,以及变异来源、变异与生态因子、地理因素的关系^[9~11]。研究林木天然群体的表型变异,不仅有助于了解环境因子对物种作用的程度及方式^[12],揭示遗传因素和自然因素在物种的生态适应和分化过程中扮演的角色^[2],同时也为林木改良和育种提供依据^[1]。以往对林木群体表型变异的研究主要针对分布范围较广的物种^[3, 4, 11],对于分布范围狭窄,生境破碎的濒危物种,这方面的研究很少。研究濒危物种在其分布区的形态变异,对于选育优良种源,实施迁地保护,成功的挽救濒危植物具有重要意义。

秦岭冷杉(*Abies chensiensis*)是松科冷杉属常绿乔木,为我国特有珍稀濒危植物。主要分布于秦巴山地(位于中亚热带和暖温带的过渡地带),以陕西的秦岭为分布的核心地区,西北可达甘肃的舟曲、文县、迭部等地,东南至湖北的房县、巴东、神农架。其中又以宁陕和佛坪分布数量最多。一般分布海拔为 1700m 左右,最低界限为 1350m 左右,最高可达 2500m^[12]。秦岭冷杉喜气候温凉湿润,通常生于山沟溪旁及阴坡,多数植株常不结实,仅在光照较好处的成龄植株能正常结实,且有隔年结实现象。种子易遭鼠类啮食,天然更新较差,加上过渡采伐,分布面积日益缩小,现多为零散分布,已成为渐危种^[13]。

球果和种子是物种繁殖系统的重要特征,它们在强大的选择压力下表现出很大的适应性^[14]。同时,球果和种子也是受遗传控制较强的特征,最具有区分和比较的意义^[9]。从秦岭冷杉的分布区来看,秦岭为其分布的核心地区,但并没有大面积纯林,多为单株或小团状分布,不少是孤立木;神农架为分布的边缘区,有小片纯林。生长在核心区的秦岭冷杉的球果和种子性状是否与边缘区的有差异?差异的主要来源是什么?此外,秦岭冷杉的垂直分布跨越海拔梯度较大(1350~2500m),球果和种子形态变异是否与海拔相关?本文通过对濒危植物秦岭冷杉分布中心区和边缘区球果和种子形态变异的研究,定量分析了秦岭冷杉球果和种子在其分布区的中心区和边缘区的形态变异及变异来源;同时分析了同一地区秦岭冷杉球果和种子在不同海拔的种群间的变异以及人工林与天然林间的形态变异。从而揭示环境因素和遗传因素以及人为因素在秦岭冷杉表型变异中各自的作用。

1 研究地点及对象

秦岭地处我国中部,西起甘肃南部,东至河南西部,主段横贯陕西南部,是我国南北自然分界线,处于暖温带和亚热带的过渡地带。地理位置独特,自然条件优越,动植物种类丰富,特别是积聚了大量的珍稀濒危保护动植物种类。秦岭地区是秦岭冷杉的主分布区,其中以陕西省的宁陕县及佛坪县分布数量最多。本次研究的秦岭冷杉果实采于宁陕县宁西林业局菜子坪林场(N 33°43', E 108°22'),该地位于秦岭中段,地跨秦岭南北,年均温 7.96℃,年降水量 1027mm,无霜期约 200d。

神农架地区位于湖北西部,为大巴山脉东段,坐落在长江以北和汉水以南的地带上,属北亚热带季风区,主要受亚热带气候环流系统控制,高空西风环流也有一定影响,全年 80%盛行东南风。由于山体高大,气温垂直分带明显,可分为亚热带(海拔 1500m 以下)、暖温带(1500~2600m)、温带(2600m 以上)3 个生物气候带。区内土壤主要为山地黄棕壤、山地棕壤、山地暗棕壤、棕色针叶林土、山地草甸土等。秦岭冷杉球果采于神农架红花朵林场(N31°48', E110°31')和徐家庄林场(N30°31', E110°34'),

秦岭冷杉在红花朵林场的分布较集中,有面积约 15hm² 的小片纯林。

2 研究方法

2.1 秦岭冷杉球果的采集

2001 年 9 月底,在秦岭冷杉球果刚刚成熟、种鳞尚未脱落前,及时采集球果。在秦岭冷杉天然分布的核心区——秦岭地区共采集了 28 株个体,按海拔高度取样(其中海拔 1950m 处取了 7 株个体);边缘区神农架地区在两个天然种群取样,分别位于海拔 1700m 处红花朵林场和海拔 1950m 徐家庄林场,各采集 10 株个体,并在徐家庄林场人工林中采集了 6 株个体。采种时保持样本个体间相距大于 20m,以最大限度排除亲缘性^[17]。每树采集球果 20 个,由于结实母树株数、单株母树结实量以及地理条件的限制,部分母树的球果数少于 20 个,个别少于 10 个(表 1)。

表 1 秦岭冷杉球果和种子采集地的地理位置及样本数量

Table 1 Samples and geographical location of <i>Abies chensensis</i> collection data in Qinling and Shennongjia region						
地区 Areas	经度 Lat. N	纬度 Long. W	海拔(m) Mean Elev.	个体数 No. tree sampled	采集球果数 No. cones collected	观察数 No. cones observed
秦岭地区	33°44'	108°20'	1550 (QL)	12	240	120
Qinling	33°46'	108°21'	1800 (QM)	9	210	87
region	33°43'	108°22'	1950 (QH)	7	118	58
神农架地区	31°48'	110°31'	1700 (SL)	10	380	100
Shennongjia	30°31'	110°34'	1950(SH)	10	230	100
region						

QL 秦岭低海拔 Low elevation in Qinling;QM 秦岭中海拔 Middle elevation in Qinling;QH 秦岭高海拔 High elevation in Qinling;SL 神农架低海拔红花朵林场 Low elevation in Shennongjia;SH 神农架高海拔徐家庄林场 High elevation in Shennongjia

2.2 球果和种子形态特征的测量

球果采下后,在开裂前,从每株母树随机选取其中形态完整的 10 个作为样本,测量了每个球果的长度(CL)、宽度(CD),室内风干后测量了每个球果的重量(CW),数每个球果所含种子数(SN)、饱满种子所占百分率(PFSPC),从球果样本中每个球果中部随机取种鳞 10 个,测量种鳞长(CSL)、种鳞宽(CSW)、苞鳞长(BL)、苞鳞宽(BW);从每个球果中部随机取 10 粒带完整种翅的饱满种子,测量了 6 个形态指标:种翅长(SWL)、种翅宽(SWW)、种子长(SL)、种子宽(SW)、种子厚(ST)、种子重(SW)(带翅)。长度、宽度、厚度的指标均选在样品的最长、最宽、最厚处测量(形状指标均用精度为 0.01cm 的游标卡尺;重量指标均用精度为 0.001g 电子天平)。

3 结果与分析

3.1 秦岭地区球果和种子形态指标与海拔关系及相关的统计分析

运用 SPSS 对秦岭地区 28 株个体 15 个球果和种子变量与海拔间作球果水平的相关分析(表 2)。结果显示:在 $p=0.05$ 水平上,秦岭冷杉球果和种子性状指标中,与海拔呈正相关的形态指标有:每果种子数,苞鳞长,苞鳞宽,种翅长,种翅宽;成负相关的形态指标有:球果长,球果宽,单果种子饱满率,种鳞长,种子长,种子宽,种子重;与海拔相关不显著的指标有:球果重,种鳞宽,种子厚(表 2)。15 个形态指标中只有 3 个与海拔因素相关不显著,说明海拔对球果和种子的形态特征是有影响的。海拔不同,气候会随之发生变异,气候的变化会影响到植物的生殖生长和营养生长。

表 2 秦岭地区 15 个球果和种子形态指标与海拔间的相关系数

Table 2 Correlation coefficients calculated on the means of 15 cone and seed characters and elevation of Qinling region															
相关系数 Pearson correlation	变量 Variables														
	CL	CD	CW	SN	PFSPC	SCL	SCW	BL	BW	SWL	SWW	SW	SL	SB	ST
海拔 Elevation	-0.383**	-0.129*	-0.116	0.143*	-0.564**	-0.059**	0.018	0.456**	0.216**	0.066**	0.201**	-0.191**	-0.213**	-0.191**	0.026

CL 球果长 Cone length;CD 球果宽 Cone diameter;CW 球果重 Cone weight;SN 每果种子数 Number of seeds;PFSPC 单果种子饱满率 Percent of fully-developed seeds per cone;CSL 种鳞长 Cone scale length;CSW 种鳞宽 Cone scale width;BL 苞鳞长 Bract length;BW 苞鳞宽 Bract width;SWL 种翅长 Seed wing length;SWW 种翅宽 Seed wing width;SW 种子重 Seed weight;SL 种子长 Seed length;SB 种子宽 Seed breadth;ST 种子厚 Seed thick;下同 the same below; ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed); * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

3.2 相同海拔高度秦岭与神农架两地间球果和种子形态特征变异分析

为排除海拔因素在两地间的影响,选取相同海拔高度的两地间的样本数据进行地区间变异分析。平均海拔值在 1950m 处,

秦岭地区 7 株样木,神农架 10 株。利用 SAS 统计分析软件中 GLM 程序对两地间球果和种子数据进行非平衡式 3 水平巢式方差分析,并采用最大似然法(maximum likelihood ratio method)进行基于随机模型的方差成分分析(variance component)。结果表明,在 $p=0.05$ 水平上,所有被测的球果和种子性状在地区间、地区内母树间的变异都是显著的。方差分量分析表明,几乎 85% 的变异来源来自母树间和误差项,地区间方差分量从 0(球果宽,每果饱满种子百分率,苞鳞长,苞鳞宽,种翅宽,种子重,种子长,种子厚)到 15.1%(种鳞长)不等。表明秦岭冷杉球果和种子性状的变异主要由遗传因素控制(表 3)。

表 3 相同海拔高度两地间球果及种子形态特征变异分析

Table 3 Variance analysis of 15 cone and seed traits in <i>Abies chensiensis</i> between two regions with same elevation															
方差分量(%)	变量 Variables														
Variance component	CL*	CD*	CW*	SN*	PFSPC*	SCL*	SCW*	BL*	BW*	SWL*	SWW*	SW*	SL*	SB*	ST*
地区间 Region	11.51	0	0.35	14.78	0	0.60	9.11	0	0	15.15	0	0	0	0.29	0
母树间 (Tree)	40.08	52.74	71.9	25.35	32.42	70.54	67.21	60.87	64.91	54.69	71.45	55.80	42.24	39.76	25.90
误差项 (Error)	48.41	47.26	27.75	59.87	67.58	28.87	23.67	39.12	35.09	30.17	28.55	44.20	57.75	59.95	74.10

变量中带 * 的表示差异显著 Variables with * suggest significant differences

运用 SPSS 统计分析软件,比较两地的球果和种子形态指标,包括各指标均值和变异系数。结果表明,差异显著的球果性状指标均值中:除单果种子饱满率外,其它各指标均值秦岭地区均大于神农架地区的(表 4)。总的来看,两地相比,秦岭地区球果和种子较大,出种量较高。说明秦岭冷杉在其分布的核心地区生殖生长好于边缘地区。

就各性状指标变异系数而言,秦岭地区大于神农架地区的指标:球果性状包括球果长,球果宽,球果重,种鳞长,种鳞宽,苞鳞长,苞鳞宽共 5 个,被测种子性状指标有 3 个:种翅长,种翅宽,种子重;秦岭地区小于神农架地区的指标有:球果性状有 2 个,每果种子数,每果种子饱满率;被测种子性状指标有 3 个,种子长,种子宽,种子厚(表 4)。这表明,秦岭的秦岭冷杉球果形态种内变异幅度大于神农架地区的;种子性状变异幅度两地差别不大。

表 4 相同海拔高度两地球果和种子形态指标均值及变异系数比较

Table 4 Comparisons of means and CV of 15 cone and seed characters for two regions with same elevation of <i>Abies chensiensis</i>															
地区	变量 Variables														
Area	CL	CD	CW	SN	PFSPC	SCL	SCW	BL	BW	SWL	SWW	SW	SL	SB	ST
秦岭 Qinling	8.541 (0.17)	3.630 (0.13)	28.936 (0.49)	327.31 (0.18)	0.410 (0.33)	2.682 (0.14)	1.637 (0.17)	0.813 (0.20)	0.624 (0.14)	1.219 (0.22)	1.101 (0.20)	0.035 (0.34)	0.931 (0.11)	0.521 (0.15)	0.276 (0.17)
神农架 Shen-nongjia	7.478 (0.15)	3.511 (0.11)	22.698 (0.32)	264.08 (0.27)	0.457 (0.35)	2.440 (0.13)	1.427 (0.13)	0.740 (0.15)	0.585 (0.11)	0.980 (0.18)	0.998 (0.17)	0.037 (0.33)	0.921 (0.14)	0.489 (0.16)	0.267 (0.18)

表中值为均值,括号内为变异系数 Values in the table are means, with CV in parentheses

3.3 神农架地区不同海拔的两个种群间的变异

对神农架地区两个天然种群的球果和种子数据进行单因素方差分析(ANOVA)。数据在分析前作方差正态性检验和方差齐性检验,对不符合方差齐性的指标进行了变换。

单因素方差分析(ANOVA)表明,在 $p=0.05$ 水平上,除苞鳞宽外,其余球果性状指标在神农架地区两个种群间的变异是显著的;种子性状中,除种子宽、种子厚在种群间差异不显著外,其余指标差异显著。即 15 个球果和种子形态指标中,有 12 个指标在种群间存在显著差异,说明秦岭冷杉球果和种子形态变异广泛存在于地区间、地区内种群间。

3.4 神农架地区人工林与天然林的球果和种子形态变异比较

对神农架地区徐家庄林场人工林种群与天然林种群的球果和种子数据进行单因素方差分析(ANOVA)。对差异显著的指标比较均值和变异系数(表 5)。结果表明,在 $p=0.05$ 水平上,除球果重外,其余各球果和种子性状指标值在两种群间差异均显著。

差异显著的球果性状指标均值中:天然林小于人工林的有:球果宽,每果种子饱满率,种鳞长,种鳞宽,种翅长,种翅宽;天然林大于人工林的为:球果长,每果种子数,苞鳞长,苞鳞宽。所有被测种子性状指标天然林均小于人工林(表 5)。

就被测球果性状指标变异系数而言,天然林小于人工林的有:球果长,球果重,种鳞长,种鳞宽,苞鳞长,苞鳞宽;天然林大于人工林的为:球果宽,每果种子数,每果种子饱满率;被测种子性状指标中,除种子长外,其余种子性状指标变异系数天然林均小

于人工林(表 5)。表明人工林中球果和种子变异幅度大于天然林的。总的来说,人工林球果和种子性状好于天然林。原因可能是人工林通过人为经营,生殖性状得到一定改善。

表 5 人工林与天然林秦岭冷杉球果和种子形态变异分析

Table 5 Variance analysis of 15 cone and seed characters between natural forest and artificial forest

种群类型 Population type	变量 Variables														
	CL *	CD *	CW	SN *	PFSPC *	SCL *	SCW *	BL *	BW *	SWL *	SWW *	SW *	SL *	SB *	ST *
天然林 NP	6.363 (0.20)	3.029 (0.08)	14.754 (0.27)	224.64 (0.36)	0.134 (0.66)	2.321 (0.06)	1.326 (0.07)	0.696 (0.11)	0.595 (0.09)	0.934 (0.11)	0.954 (0.12)	0.025 (0.28)	0.830 (0.11)	0.472 (0.10)	0.249 (0.16)
人工林 AP	6.340 (0.20)	3.375 (0.07)	17.401 (0.38)	204.61 (0.19)	0.326 (0.40)	2.657 (0.10)	1.528 (0.09)	0.671 (0.16)	0.582 (0.12)	1.106 (0.14)	1.195 (0.13)	0.033 (0.32)	0.891 (0.11)	0.501 (0.15)	0.283 (0.19)

NP 天然林种群 Natural population; AP 人工林种群 Artificial population; 变量中带 * 的表示差异显著; 表中值为均值, 括号内为变异系数
Variables with * suggest significant differences; Values in the table are means, with CV in parentheses

综上所述,秦岭冷杉球果和种子形态特征的变异广泛存在于地区间、地区内、人工林种群与天然林种群间。变异主要来源于地区内母树间,这与大多数松科广布树种是相似的。

4 讨论

相同海拔条件下,分布核心区和边缘区球果及种子的所有指标在两地间和母树间的变异均显著。且绝大部分指标的变异中约 85%来自地区内的母树间和误差项。对松科其它树种的研究也得到了相似的结果^[10, 11, 15]。Beaulieu 通过对 *Pinus strobus* 球果和种子 8 个形态指标的数据分析,指出形态变异中至少 85%的变异存在于种群内的母树间和树内,种群间的变异分量只占 4%~14.3%^[4]。Maley 根据球果、种子和针叶的形态差异对 *Pinus banksiana* 天然种群进行遗传学分析,发现大部分变异来自种群内部,只有 1.6%~18.9%的遗传差异存在于种群间^[15]。这表明物种的这些性状受到较强的遗传控制^[4, 15]。环境因素的影响是次要的,秦岭冷杉也一样。但和松科其他树种相比,秦岭冷杉的种群间变异较低,这可能是由于秦岭冷杉成种的时间较短,从进化角度讲还没有足够的时间形成更大的种群间差异。以往的研究表明,虽然冷杉属树种寿命可达几百年以上,但部分个体会由于风力破坏、虫害等,在 70~90a 死去。另外,尽管冷杉属植物冠层较高(可达 24m),但冠层面积较小,这使得花粉散布困难,种子产量低且多近亲繁殖^[16],再加上种子靠风力传播,大部分只能落到距树干基部一个或两个树的距离^[17]。这些原因也降低了秦岭冷杉的种群间变异性。

与水平方向发生变异的情况相类似,生长在不同海拔高度的秦岭冷杉在球果和种子的形态特征上也存在变异,并且这种变异也是在不同气候的选择压力下形成的。瑞典的实验表明,即使采种种群海拔高度相差 100m,后代在高生长上也存在显著的差异^[18]。神农架地区两个种群间海拔相差 250m,方差分析表明,不同海拔的种群间秦岭冷杉球果和种子性状差异显著。这说明秦岭冷杉在其分布区内存在垂直变异。

比较核心区和边缘区秦岭冷杉球果和种子性状,生长于秦岭的秦岭冷杉球果和种子性状大部分优于神农架地区,而且秦岭地区的球果性状绝大部分种内变异幅度大于神农架地区。这说明分布于核心区的秦岭冷杉生长状态要好于边缘区。但据两地的气候资料显示,二者气候条件差异并不大。因此,可能与遗传因素有关。一种普遍的说法是:接近物种分布核心区的种群是连续的,遗传多样性高,而边缘区相对来说是孤立的,种群较小而且遗传多样性低^[19]。也就是说核心区的种群由于异型杂交率高,后代在繁殖性状上更优良一些^[20]。神农架地区为秦岭冷杉分布的边缘地区,多近亲繁殖,因此表现出较差的表型性状。一个树种地理变异的研究能为种子区划、合理调拨用种及遗传改良等方面提供重要的理论依据,具有重要意义。Engler 的试验证明低海拔的云杉在高海拔生长了 30~40a 后,仍然保持着低海拔云杉的某些特征,说明这种变异是可遗传的^[21]。国外在引种中十分强调种源选择。如瑞典在小干松引种中,收集 121 个种源在 19 个地点试验;新西兰到美国采集辐射松(*Pinus radiata*)不同种源,在全国 50 个地点试验^[21]。本次研究表明,濒危物种秦岭冷杉不仅存在地区间形态变异,地区内不同海拔间也有变异,因此,在引种或造林时,应进行严谨的试验,通过试验得到不同种源在生长和适应性方面的差异,为各引种地点选择出最佳的种源,提高引种效果。

秦岭冷杉是渐危物种,如何采取有效措施进行保护和开发利用是保护生物学者面临的重要问题。对人工林和天然林研究对比表明,人工林的球果和种子性状指标大于天然林,较大的球果和种子对后代的贡献也多。说明秦岭冷杉经过人为经营和管理可以提高一些性状水平。前面结果显示,秦岭冷杉表型变异主要受遗传因素控制,但并不是说环境因素的作用可以忽视,对一个物种来说,二者是同等重要的。野外调查发现,人工林共 10 株左右,生长在平缓的低地上,光照和水分条件非常好,同时没有来自其他物种的竞争,与同一地点的天然林比较具有较好的生存条件。因此,挽救濒危的秦岭冷杉物种,可以在保护现有的种群基础上,继续营建人工林,以扩大种群面积。

5 结论

(1)核心区与边缘区秦岭冷杉球果和种子形态特征存在变异,这种变异普遍存在于地区间、个体间和个体内,其中个体间和个体内变异分量最大。分布于核心区的秦岭冷杉球果和种子形态指标要好于分布于边缘区的。

(2)同一地区不同海拔的秦岭冷杉球果和种子形态指标差异显著。

(3)人工林与天然林间球果和种子性状差异显著,且人工林球果和种子性状指标好于天然林。

References:

- [1] Li C X. A review of the studies on the phenotypic variation of forest trees in natural stands. *Forest Research*, 1988, **1**(6): 657~664.
- [2] Khalil M A K. Genetic of cone morphology of Black Spruce (*Picea mariana* (Mill). B. S. P.) in Newfoundland, Canada. *Silvae Genetica*, 1984, **33**: 4~5.
- [3] Borghetti M, Giannini R and Menozzi P. Geographic Variation in cones of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Silvae Genetica*. 1988, **37**: 5~6.
- [4] Beaulieu J and Simon J P. Variation in cone morphology and seed characters in *Pinus strobu* in Quebec. *Can. J. Bot.*, 1995, **73**: 262~271.
- [5] Schoettle A W and Rochelle S G. Morphological variation of *Pinus flexilis* (Pinaceae), a bird-dispersed pine, across a range of elevations. *Am. J. Bot.*, 2000, **87**(12): 1797~1806.
- [6] Ruby J L, et al. A revised classification of geographic varieties in scots pine. *Silvae Genetica*, 1976, **25**(5~6): 169~175.
- [7] Vidakovic M. Investigation on the intermediate type between the Austrian and Scots pine, *Sivae Genetica*, 1958, **7**: 12~19.
- [8] Staszewicz J. Biometric studies on the cones of *Pinus sylvestris* L. growing in Hungary, *Acta. Botanica*, 1961, **7**: 451~466.
- [9] Ruby J L. The correspondence between genetic, morphological and climatic variation patter in scotch pine, *Silvae Genetica*, 1967, **16** (2): 50~56.
- [10] Piedra T E. Geographic variation in needles, cones and seeds of *Pinus tecunumanii* in Guatemala. *Sivae Genetica*, 1984, **33**: 2~3.
- [11] Zhang H Q, An L J and Zu Y G. Geographical variation of morphology characters for natural populations of *Pinus koraiensis*. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, **19**(6): 932~938.
- [12] Lei M D. Evergreen conifer forest. In: Lei M D ed. *Vegetation in Shaanxi, China*. Beijing: Science Press, 1999. 126.
- [13] Di W ZH. *Abies chensiensis*. In: Fu L G ed. *China plant red data book*. Beijing: Science Press, 1992. 1: 52.
- [14] Wheeler N C and Guries R P. Population structure, genic diversity, and morphological variation in *Pinus contorta* Dougl. *Can. J. For. Res.*, 1982, **12**: 595~606.
- [15] Maley M L and Parker W H. Phenotypic variation in cone and needle characters of *Pinus banksiana* (jack pine) in northwestern Ontario. *Can. J. Bot.*, 1993, **71**: 43~51.
- [16] Jackson S T, Overpeck J T, Webb III, et al. Mapped plant-macrofossil and pollen records of late Quaternary vegetation change in eastern North America. *Quaternary Science Reviews*, 1997, **16**: 1~70.
- [17] Johnson W F. Manager's handbook for balsam fir in the north central states. NC-111. North Central Forest Experiment Station, St. Paul, Minnesota, USA, *USDA Forest Service General Technical Report*.
- [18] Hagner M. Provenance research in Sweden, in the past and in the future. Reports submitted by scientists——Participant of the International symposium on Forest Tree Breeding, Genetics, and seed Production of Coniferous. Tree species, Part 2, 1972.
- [19] Hamrick J L, Blanton H M and Hamrick K J. Genetic structure of geographically marginal populations of ponderosa pine. *Am. J. Bot.*, 1989, **76**: 1559~1568.
- [20] Shea K L and Fournier G R. Genetic variation and population structure in central and isolated populations of Balsam fir, *Abies balsamea* (Pinaceae). *Am. J. Bot.*, 2002, **89**(5): 783~791.
- [21] Chen X Y. Geographical variation within trees and its application. *Forestry Science in Guizhou Province*, 1989, **17**(1): 79~85.

参考文献:

- [1] 李长喜. 林木天然群体表型变异研究概述. *林业科学研究*, 1988, **1**(6): 657~664.
- [11] 张恒庆, 安利佳, 祖元刚. 天然红松种群形态特征地理变异的研究. *生态学报*, 1999, **19**(6): 932~938.
- [12] 雷明德. 高山常绿针叶林. 见: 雷明德主编. *陕西植被*. 北京: 科学出版社, 1999. 126.
- [13] 狄为忠. 秦岭冷杉. 见: 傅立国主编. *中国植物红皮书*. 北京: 科学出版社, 1992, **1**: 52.
- [21] 陈晓阳. 林木种内地理变异及其应用. *贵州林业科技*, 1989, **17**(1): 79~85.