

## 太白红杉种群结构与环境的关系

张文辉<sup>1</sup>, 王延平<sup>2</sup>, 康永祥<sup>2</sup>, 刘祥君<sup>1</sup>

(1. 天津师范大学, 天津 300074; 2. 西北农林科技大学, 陕西杨凌 712100)

**摘要:**对太白山不同生境出现的 5 种太白红杉种群的高度、径级和生物量结构进行了较为系统的对比研究。结果表明:(1)不同生境的太白红杉种群,生长发育明显不同。但经年龄拟合和方差分析证明,该地区不同太白红杉种群在演替上应属同时发生( $P < 0.05$ )。(2)不同太白红杉各种群在高度和胸径上有极显著差异( $P < 0.01$ ),生长于中海拔地域的太白红杉种群平均高和胸径显著高于低海拔和森林线地带的种群;随着海拔升高,种群生物量结构中根系所占比例呈现高→低→高的趋势;主干和枝叶呈现低→高→低的趋势。(3)对种群表现结构形成有重要影响的 10 个环境因子的主成分分析表明,乔木层郁闭度、土壤厚度、土壤 pH、土壤含水率、年平均降雨量、人为干扰是影响种群结构形成的最重要因素。(4)对太白红杉种群应以就地保护为主,低海拔地区的群落应适当间伐乔木层非目的树种,中高海拔地区应以保护原有生境为主,适当间伐灌木层树种,为太白红杉更新创造良好条件。

**关键词:**太白红杉种群;高度和径级结构;生物量结构;主成分分析

### Study on the relationship between *Larix chinensis* population's structure and environment factors

ZHANG Wen-Hui<sup>1</sup>, WANG Yan-Ping<sup>2</sup>, KANG Yong-Xiang<sup>2</sup>, LIU Xiang-Jun<sup>1</sup> (1. Tianjin Normal University Tianjin 300074; 2. North West Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Shaanxi, Yangling 712100, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (1): 41~47.

**Abstract:** *Larix chinensis* is a typical endemic species in Qinling mountain and also an endangered species listed in Chinese Plant Red Data Book. It is the only tree that forms the pure forest which has special functions to maintain the ecological balance at the timberline area, an altitude 2900m~3500m. The *L. chinensis* forest includes 5 associations which can indicate the different populations respectively (*L. chinensis*-*Abies fargesii*-*Betula utilis*-*Rhododendron clementinae* as population A; *L. chinensis*-*Abies fargesii*-*Lonicera* sp. -*Hylocomium* sp. as population B; *L. chinensis*-*Rhododendron clementinae*-*Lonicera* sp. -*Hylocomium* sp. as population C; *L. chinensis*-*Rhododendron capitatum*-*Sabina wilsonii*-*Carex* sp. as population D; *L. chinensis*-*Rhododendron purdomii*-*Rhododendron capitatum* as population E). ① Twenty-nine field investigation plots provided comparative data for a systematic study on the age and performance structures of height, DBH (breast diameter and biomass) of 5 *L. chinensis* populations at Mt. Taibai. ② Different environment conditions showed significant differences in growth status of different populations. However, from the point of view of succession, the different populations in this region could be considered to be the same time genesis after statistics such as the regression between population mean individual age and DBH as well as the one-way ANOVA ( $P < 0.05$ ). The mean individual height and DBH of different populations were significantly different ( $P < 0.01$ ). The height and DBH growth of the populations that lived in the middle altitude were larger than that of the populations in lower or higher altitude. The performance of biomass structure was also varied among the different populations. From lower to higher altitude, the ratio of root biomass showed "high→low→high" tendency, and the ratio of stem, branch and leaf biomass showed the status of "low→high→low". ③ The most important components to affect formation

**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);陕西省自然科学基金资助项目(2000SM09)

**收稿日期:**2002-11-17; **修订日期:**2003-06-10

**作者简介:**张文辉(1955~),男,陕西岐山人,博士,教授,主要从事植物生态学,植物保护生物学教学和研究。E-mail: zwhckh@eyou.com

**Foundation Item:** Academic Innovation Project of CAS(No. KSCX2-SW-104-04); Natural Foundation of Shaanxi Province(No. 2000SM09)

**Received date:** 2002-11-17; **Accepted date:** 2003-06-10

**Biography:** ZHANG Wen-Hui, Ph. D., Professor, main research field: plant ecology and conservation biology. E-mail: zwhckh@eyou.com

and development of the *L. chinensis* populations were the coverage of tree layer, thickness of soil, pH of soil, water content of soil and annual mean precipitation, and the CD (component devotion) was up to 47.87%. The second important component was human disturbance, and the CD was 22.68%. The lope site, air temperature and organism content in the soil are the third important component, CD was 16.89%. ④ In allusion to the biological characteristics of different *L. chinensis* populations, in situ conservation should be taken as the most important management countermeasure for the forest in the future. Intermediate selective cutting of the othe subordinate species in the tree layer should be done at lower altitude. The original environment should be conserved and the shrub species in the stand should be thinned at the middle or higher altitudes so as to create a good condition for *L. chinensis* populations to regenerate and develop.

**Key words:** *Larix chinensis* population; height and DBH structures; biomass structure; main component analysis

文章编号:1000-0933(2004)01-0041-07 中图分类号:Q14,Q948,S718.5 文献标识码:A

植物种群表现结构是现时和过去生物和非生物力共同作用于种群的结果<sup>[1]</sup>,是种群发育过程中每个个体实现其增长机会的一种表达,也是对立地条件优劣及植物对环境适应性的反映<sup>[2,3]</sup>。研究不同生境条件下濒危植物种群表现结构可以揭示种群建立和发展过程中的某些机理,反映植物与环境之间的适合度,对于阐明物种致危的外在因素,制定保护对策具有重要意义。

太白红杉(*Larix chinensis* Beissn)是落叶松属红杉组分布最东界的种,属国家二级保护植物<sup>[4]</sup>。现仅分布于我国秦岭地区海拔 2900~3500m 的高山、亚高山地带,是该地区森林线地区唯一可成纯林的树种,对高海拔地区水源涵养、固石保土、生物多样性维持发挥着极为重要的作用<sup>[5~7]</sup>。从 80 年代开始,学者们从太白红杉的分类、分布、群落学和林学特性等方面进行了不少研究工作<sup>[8~10]</sup>,为保护和利用提供了一定参考。但有关其种群表现结构与环境关系的研究未见报道。本文通过对太白红杉种群高度、径级和生物量的表现结构及其与环境因素的关系的研究,试图阐明环境因子对种群生长及结构形成的影响,揭示种群对环境的适应机理,为合理保护和利用该资源提供理论依据。

## 1 研究区概况

太白红杉仅分布于陕西境内的秦岭山地,以太白山最为集中 33°49'~34°08'E,107°41'~107°52'N,海拔 2900~3500m。本次研究区域集中于太白山及其周边地区,区内年平均降雨量 500~956mm;年均温 5.9~7.5℃;土壤类型主要为暗棕壤,森林线附近土层厚不及 30cm,而在太白红杉分布的下限地区土层厚达 80cm 左右,腐殖质深厚,pH 值为 6~6.8。根据陈存根等人的研究成果<sup>[8]</sup>和本研究实地调查,将现存主要太白红杉林划分成 5 个群丛,每一个群丛代表一个种群:太白红杉(巴山冷杉-牛皮桦-金背杜鹃群丛(种群 A)(*L. chinensis*-*Abies fargesii*-*Betula ufilis*-*Rhododendron clementinae* as population A),太白红杉(巴山冷杉)-忍冬-苔藓群丛(种群 B)(*L. chinensis*-*Abies fargesii*-*Lonicera* sp.-*Hylocomium* sp. as population B),太白红杉-金背杜鹃-忍冬-苔藓群丛(种群 C)(*L. chinensis*-*Rhododendron clementinae*-*Lonicera* sp.-*Hylocomium* sp. as population C),太白红杉-头花杜鹃-爬柏-苔草群丛(种群 D)(*L. chinensis*-*Rhododendron capitatum*-*Sabina wilsonii*-*Carex* sp. as population D),太白红杉-太白杜鹃-头花杜鹃群丛(种群 E)(*L. chinensis*-*Rhododendron purdomii*-*Rhododendron capitatum* as population E),太白红杉群系(种群总和 F)(*L. chinensis* family as total population F)。不同种群的生境概况见表 1。

## 2 研究方法

经充分踏查后,确定太白红杉 5 种群丛的边界,根据群落类型、生境条件,布设 15m×15m(根据种-面积曲线法确定<sup>[11]</sup>)的样地 29 块,各群丛样地不少于 5 块。调查内容:①生境,地貌地形,人为干扰,土壤,气象,坡向,坡位。②群落学特征,树种组成、各乔灌木盖度;太白红杉的个体高度、胸径等。③年龄确定,每样地钻取 3~5 株标准木,参考太白红杉解析木资料建立年龄与胸径(基径)关系曲线,确定各个体的年龄。④高度级和径级划分,以 1m 为一个高度级,3cm 为一个径级,分别统计各样地不同高度级和径级的个体数量,再按群丛类型将样地合并,绘制高度级-个体数量和径级-个体数量分布图。⑤生物量测定,采用间接测定法<sup>[11,12]</sup>,为减少破坏,每 2 个径级选择 1~2 株径级标准木,共 8 株,伐倒。分别称其地上部分主干、枝条、叶鲜重,取各构件 10%~20% 的样品,置于上海产 101A-1 型烘箱内(85℃)烘干至恒重,分别计算含水率和生物量。地下部分以主干为中心,依 1.5m 为半径划圆,深挖到基岩处,把根系全部取出,分粗根(>2cm)、中根(1~2cm 以上)、细根(<1cm)称鲜重,各取 15% 的样品置于烘箱内(85℃)烘干至恒重,计算含水率和地下部分生物量。把地上部分和地下部分合并,求得单株生物量<sup>[11]</sup>。依树高、胸径和生物量进行拟合,得到单株生物量方程: $w_T = 0.132(D^2H)^{0.847}$ ,  $R = 0.971$ ;主干生物量方程: $w = 0.036(D^2H)^{0.868}$ ,  $R = 0.974$ ;枝生物量方程: $w = 0.012(D^2H)^{0.92}$ ,  $R = 0.853$ ;叶生物量方程: $w = 0.048(D^2H)^{0.598}$ ,  $R = 0.801$ ;根系生物量方程: $w = 0.044(D)^{2.262}$ ,  $R = 0.951$ ( $w$ :生物量, $D$ :胸径, $H$ :树高, $R$ :方程相关系数)。由于各构件生物量主要与胸径和树高有关,因此,可依此计算所有样地内每个植株各构件生物量,按群落将样地合并,进一步计算不同种群各构件生物量总和及其所占比例。

### 3 结果与分析

#### 3.1 不同太白红杉种群年龄特点

对不同生境中的太白红杉种群的个体年龄分别进行加权平均,得出种群平均年龄(表 2)。可以看出,在本地区太白红杉种群总和  $F$  的平均年龄是 100a。种群间个体最大年龄相差近 100a,最小年龄相差近 50a,这种差异一方面来源于人为干扰,另一方面是由于种群随生境条件的差异而出现的更新分化。位于森林线地带的太白红杉种群 E 平均年龄最大,大约为 107a;位于较低海拔的种群 B 平均年龄最小,为 88a,种群平均年龄相差 19a。对于天然针叶林通常以 20a 为一个龄级,当个体年龄相差小于一个龄级时,视之为同龄林<sup>[13]</sup>。据此推断,太白山地区的各太白红杉种群应属同时发生。另外,通过对年龄的单因素方差分析和 LSD 多重比较证明,不同太白红杉种群平均年龄差异也不明显(表 2)。太白红杉是原有次生裸地上的先锋树种,而后由于生存条件的差异,群落出现分化。低海拔地区的太白红杉林在耐荫的巴山冷杉等树种的侵入后,形成混交林;位于森林线地带的太白红杉林由于生存环境极度恶劣,其他树种很难侵入,林下滋生矮小灌木,上层则基本被太白红杉所占据,形成高山针叶林特殊的顶极群落<sup>[5]</sup>。

表 1 不同种群所在区域环境因子统计

Table 1 The statistics of environmental factors in areas of different populations

环境因子 Environment factors	种群类型 Population type				
	种群 A Population A	种群 B Population B	种群 C Population C	种群 D Population D	种群 E Population E
1 海拔 Altitude(m)	2950	3050	3222	3227	3400
2 坡向 Slope face	东北 N-E	北 N	西北 N-W	东 E	东 E
3 坡度 Slope degree(°)	37	25	25	31	35
4 坡位 Slope site	中 Middle	上 Upper	中上 Mid. Upp.	上 Upper	上 Upper
5 乔木层盖度 Coverage of tree layer	0.4	0.7	0.6	0.5	0.5
6 土壤厚度 Thickness of soil(cm)	77	55	45	37	28
7 土壤 pH 值 pH value of soil	6.7	6.5	6.2	6.5	6.2
8 土壤有机质含量 Organism content of soil(% ,0~10cm)	5.5	5.7	6.7	7.8	4.1
9 土壤水分含量 Water content of soil(% ,0~10cm)	46	47	50	44	42
10 七月平均气温 Mean temperature in July(C)	12.8	15	12.2	13.2	11.8
11 七月平均湿度 Annual mean humidity in July(%)	62.2	65.5	67.5	52.1	51.5
12 年平均降雨量 Annual mean precipitation (mm/y)	585	600	660	625	640
13 太白红杉种群平均密度 <i>Larix chinensis</i> population mean density(株 Ind./100m <sup>2</sup> )	4.00	4.38	5.75	11.5	23.3
14 人为干扰强度 Intensity of human disturbance	0.3	0.4	0.2	0.3	0.5

\* 1~9,13 为样地调查的平均值,其中,7~9 是 2001 年 7 月 10 日(前 6d 无雨)在不同样地一天内完成取样(土层 0~10cm);10,11 为 2000~2001 年 7 月观测平均值(每 5d 观测 1 次,7:00,10:00,13:00,15:00,18:00 时的数据);12 资料来源于《陕西森林》;14 遭受人为践踏,灌木草本有损坏痕迹,有旅游垃圾的林地,认定为人为干扰强度最大,赋值 1,林地无人人为干扰痕迹,认定为干扰最小,赋值 0

Data of Row 1~9 and 13 were means of plot investigations, in which, rows of 7~9 the, soil samples (0~10cm) in all plots were taken on July 10, 2001, without rainfall for 6 days; Data of row 10 and 11 were observation means in July from 2000 to 2001, once every 5 days, at 7:00, 10:00, 13:00, 15:00, 18:00. Data of row 12 was from Shaanxi Forest. Data of row 14, the values were given 1 when the human disturbance is severe, such as the stand were stamped by human, shrub and grass were damaged and the travel rubbish were littered; the value were given 0 when the human disturbance imprint was not find in the stand

#### 3.2 太白红杉各种群高度结构和径级结构

3.2.1 太白红杉种群高度结构 太白红杉分布在高海拔地区,生长期的温度、降水等因素势必影响个体高度生长,与之相应,种群个体高度也能间接反映出立地条件质量和环境条件的差异<sup>[12]</sup>。图 1A-E 是不同种群太白红杉株数-高度级分布图。从图中可以看出,不同太白红杉种群高度级分布相差悬殊。种群 B 个体分布较为均匀,种群 D 以 10m 高度最为集中,而且两种群高度级分布范围最大,分别为 2~13m 和 1~14m。其他种群高度级分布范围相对狭窄,种群 A 个体高度集中于 6~12m,以 10m 高度级株数最多,达 1.75 株/100m<sup>2</sup>;种群 C 以 8m 高度级株数最多,达到 2.38 株/100m<sup>2</sup>。种群 E 个体高度分布明显集中于 1~4m,且以 2m 高度级最为集中,密度可达 9.53 株/100m<sup>2</sup>。种群高度级分布的差异显示了环境条件的不同及立地条件的差异。经过对不同种群太白红杉高度的加权平均,得出不同种群平均高度的大小顺序为:种群 E(2.33m)<种群 B(7.03m)<种群 C(8.06m)<种群 A(9.23m)<种群 D(9.26m)(表 3)。林分平均高度可以反映立地条件和立地质量<sup>[13]</sup>。通过对各种群平均高度进行方差分析和 LSD 多重比较,种群 A 和 D 平均高度最大,但差异不显著,其他种群平均高度差异显著( $P<0.05$ )(表 4)。种群

A 分布于低海拔地区,土层深厚,利于根系延伸生长和养分的吸收,生长良好,平均高度可达 9.23m;种群 D 位于分布区中部,半阳坡,光照丰富,水分充足,种群密度大。另一方面,乔木树种的高度生长不仅取决于立地条件,而且在其生长过程中更多地显示出对光条件的竞争<sup>[14]</sup>,种群 D 由于对光资源竞争的群体效应而导致该种群个体平均高度增加,高度可达 9.26m,形成的林相较为整齐,树木个体形质也优于其他种群。种群 E 地处森林线地区,生境严酷,温度低、风大,生长期短,使个体生长发育受到限制,种群平均高度显著低于其他种群。可以推断中低海拔生境对太白红杉生长最为有利,而在森林线地段的立地环境对太白红杉的生长最为严酷。

用太白红杉种群的平均高度除以加权平均年龄可以得出不同种群太白红杉的平均高度生长速率(m/a),其顺序为:种群 E(0.022) < 种群 B(0.080) < 种群 C(0.088) < 种群 D(0.089) < 种群 A(0.105)。从中也可以看出,太白红杉各种群平均生长速率与高度顺序基本一致,分布于森林线地带的太白红杉种群高度生长显著低于中低海拔地区。

**3.2.2 太白红杉种群径级结构** 图 2A-E 是 5 个种群株数-径级分布图。可以看出,5 个太白红杉种群均出现幼龄个体极少,中老龄个体较多,种群缺乏后备资源的态势。种群 E 虽然具有一定数量的小径级个体,但由于生长环境严酷,形成了不少小“老头树”,小径级并不一定代表足够的幼苗。因此,就现实种群径级结构推断,由于没有足够数量幼龄个体,种群已经呈现衰退趋势。通过对不同太白红杉种群个体胸径的加权平均、方差分析和多重比较(表 3,表 4)可以看出,不同种群平均直径的大小顺序是:种群 E(7.89cm) < 种群 A(14.25cm) < 种群 B(17.57cm) < 种群 C(20.25cm) < 种群 D(20.98cm),且种群 A、D、E 存在显著差异( $P < 0.05$ )。3 个种群分别处于太白红杉种群分布的较低海拔、中海拔和森林线地地区,说明生境条件对直径生长产生了显著性影响,这与生境条件对种群高度的影响相一致。用太白红杉的加权平均直径除加权平均年龄可以得出不同种群太白红杉的平均直径生长速率(cm/a):种群 E(0.072) < 种群 A(0.200) < 种群 D(0.201) < 种群 C(0.222) < 种群 B(0.226)。A、B、C、D 种群平均胸径生长速率均大于 E 种群,说明分布于中低海拔的太白红杉种群直径生长均好于森林线地带的太白红杉种群。

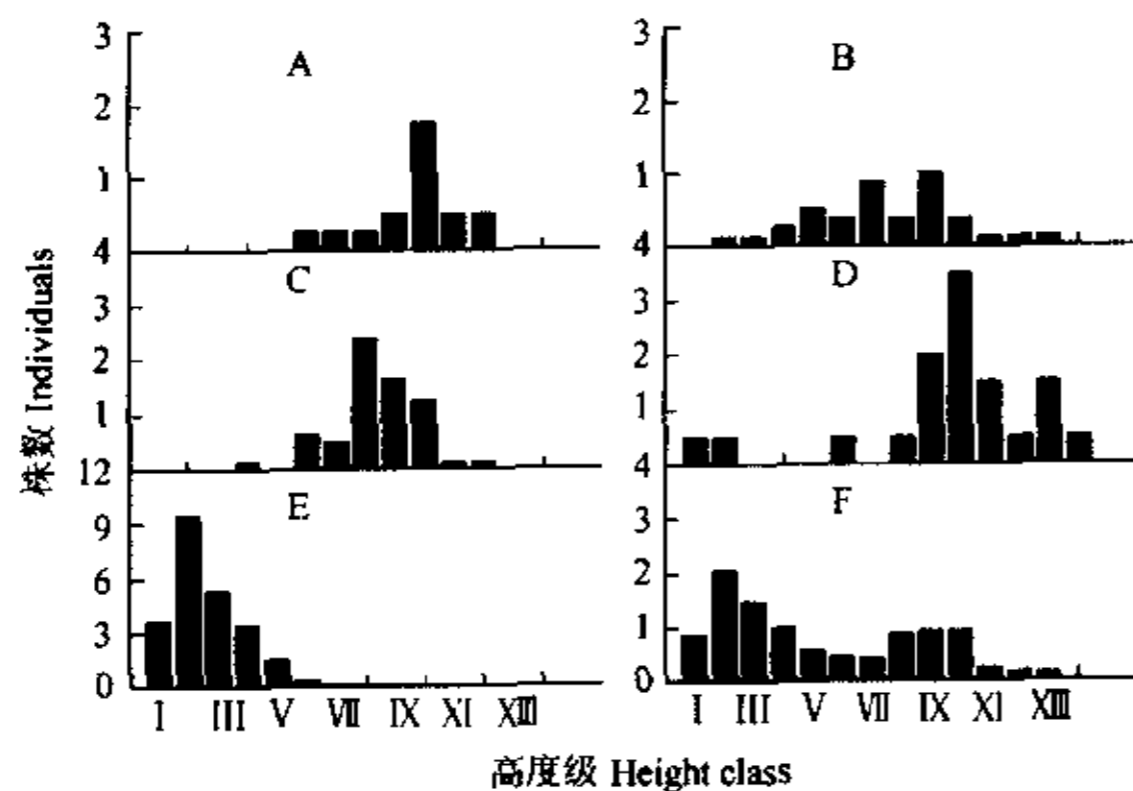


图 1 不同太白红杉种群株数(株数/100m<sup>2</sup>)-高度级分布图

Fig. 1 The individual number (ind./100m<sup>2</sup>)-height distribution of different *L. chinensis* populations

A、B、C、D、E、F 字母意义同表 1 The meaning of letter A、B、C、D、E、F is the same as table 1

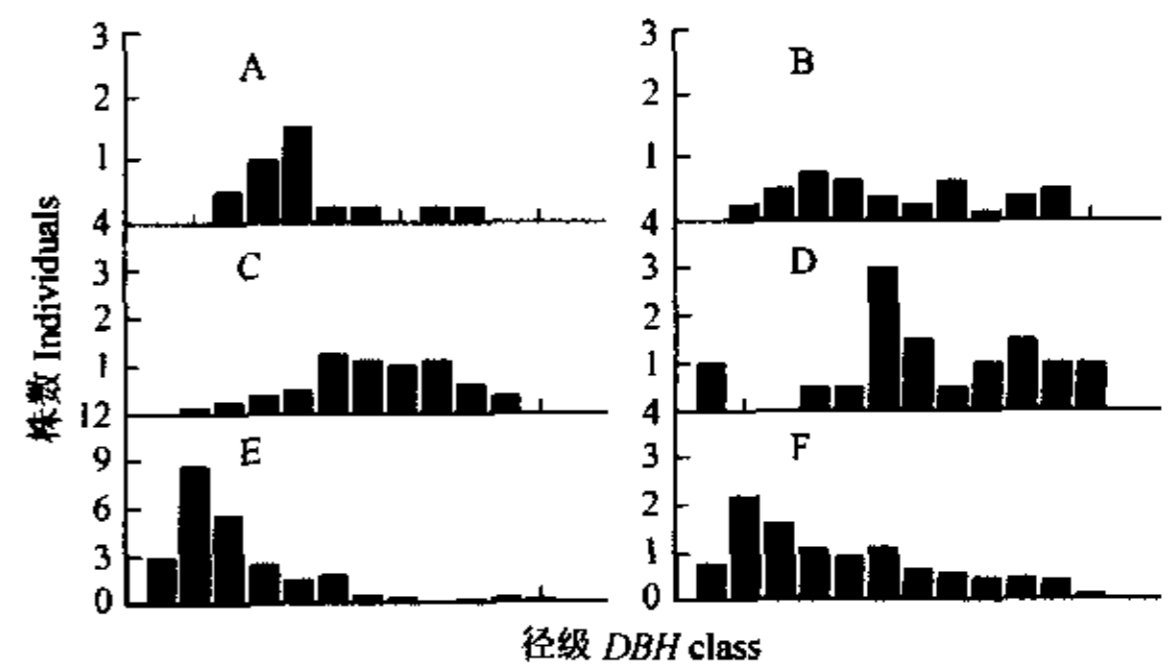


图 2 不同太白红杉种群株数(株数/100m<sup>2</sup>)-径级分布图

Fig. 2 The individual number (ind./100m<sup>2</sup>)-DBH distribution of different *L. chinensis* populations

A、B、C、D、E、F 字母意义同表 1 The meaning of letter A、B、C、D、E、F is the same as table 1

1933 年莱涅克(Reineke)就提出了种群密度与平均直径的关系方程: $D = Ad^b$ (其中, $D$ 为种群密度, $d$ 为平均直径, $A$ 为随树种变化的参数, $b$ 为常数-1.605)<sup>[13]</sup>。从中可以看出,林木直径生长较大的受到种群密度的制约,即在林龄和生境条件相同的情况下,直径越大密度越小。对照太白红杉种群的实际密度和直径关系并不完全符合此规律(表 1,表 3),说明影响太白红杉直

表 2 不同太白红杉种群平均年龄统计表

Table 2 The statistics table of mean age of different *L. chinensis* populations

种群类型 Population type	平均年龄 Mean age	最小年龄 Minimum age	最大年龄 Maximum age
A	88.57 <sup>abcd</sup> ± 9.504	53.29	188.79
B	87.66 <sup>abc</sup> ± 11.379	6.99	244.17
C	91.15 <sup>bcd</sup> ± 5.933	15.59	210.28
D	104.39 <sup>bcd</sup> ± 14.444	3.56	241.92
E	106.84 <sup>d</sup> ± 2.699	41.59	288.74
F	100.43 ± 2.674	3.56	288.74

\* 用 LSD 方法进行多重比较,左上角不同字母代表差异显著( $P < 0.05$ );A、B、C、D、E、F 字母意义同表 1

Different letters on the left upper corner stand for significant difference after LSD multi-comparison ( $P < 0.05$ ), and the meaning of letter A、B、C、D、E、F is the same with table 1

径生长受到外界环境条件的影响,种群内部和种群间直径和高度结构差异是种群生物学特性和种内、种间竞争及环境因子综合作用的结果<sup>[15]</sup>。

#### 4 太白红杉各种群的生物量结构

生物量结构是种群表现结构的一个重要方面。目前对生物量的计算大多集中在对种群和构件绝对生物量的计算和描述<sup>[12,14,16~19]</sup>,本文试图通过比较种群不同构件生物量所占比例,确定种群在不同生境条件下所采取的生长生存对策。图 3 展示了不同种群各构件生物量所占比例,从图中可以看出太白红杉在不同生境中根、主干、枝、叶的生物量分配结构。种群 A 和 E 根部生物量比例最大,分别占全株生物量的 51.27% 和 43.85%,但原因不同。种群 A 所处生境内土层深厚,有利于根系的生长和扩展。种群 E 由于地处森林线地带,环境严酷,地上部分生长极差,甚至出现枯梢、偏冠等现象,地上生物量所占比例少。种群为了繁衍和生存,增大了对根系的投资,以适应所处生境条件。种群 D 对枝、叶生物量投资比例最大,可能是因为该种群立地条件较为优越,使之“枝繁叶茂”。总体来看,随着种群由低海拔到高海拔的过渡,根系所占生物量比例呈现“高-低-高”的趋势;主干和枝叶呈现由“低-高-低”的趋势。这说明太白红杉种群为适应不同的生境条件在能量分配和生存策略上进行了大幅度的调整,另一方面也说明环境因子对太白红杉种群的构件组成的修饰作用极其强烈。

表 3 不同太白红杉种群平均高度和胸径统计表

Table 3 The statistics table of mean height and DBH of different *L. chinensis* populations

种群类型 Population types	平均 Mean		最小值 Minimum		最大值 Maximum	
	胸径(cm) DBH	高度(m) Height	胸径(cm) DBH	高度(m) Height	胸径(cm) DBH	高度(m) Height
A	14.25 <sup>a</sup> ±1.512	9.23 <sup>a</sup> ±0.415	6.80	5.60	28.60	12.00
B	17.57 <sup>abcd</sup> ±1.461	7.03 <sup>b</sup> ±0.415	4.70	1.60	33.00	12.30
C	20.25 <sup>cd</sup> ±0.850	8.06 <sup>c</sup> ±0.185	5.00	4.00	32.90	12.00
D	20.98 <sup>d</sup> ±1.898	9.26 <sup>cd</sup> ±0.678	2.00	0.80	35.00	14.00
E	7.89 <sup>e</sup> ±0.455	2.33 <sup>e</sup> ±0.098	0.90	0.30	36.00	7.30
F	12.65±0.504	4.84±0.197	0.90	0.30	36.00	14.00

统计方法及字母意义同表 2 The statistics method and the meaning of the letters are same with table 2

表 4 不同中太白红杉种群高度和胸径方差分析表

Table 4 The ANOVA table of mean height and DBH of different *L. chinensis* populations

变差来源 Source of variation	离差平方和 Sum of Squares		自由度 df	均方 Mean Square		均方比 F	
	直径 DBH	高度 Height		直径 DBH	高度 Height	直径 DBH	高度 Height
种群间 Between populations	9403.4	2545.4	4	2350.8	636.3	53.45**	218.86**
个体间 Between individuals	12798.84	846.1	291	43.9	2.9		
总计 Total	22202.2	3391.5	295				

\*\* 经单因素方差分析,表示差异极显著( $P < 0.01$ ) Stands for extremely significant difference after One-way ANOVA ( $P < 0.01$ )

#### 5 环境因子对种群表现结构的影响

环境因素对种群的表现结构有重要影响,为了明确各因子的影响程度,本文在从表 1 中选取了 10 个相对独立的环境因素进行了主成分分析(其中对坡位进行了量化处理),得到表 5 的结果。由于前 3 个主成分的累积贡献率已经达到了 87.44%,其包含的信息量已经达到统计学要求,所以应以前 3 个主成分为主进行综合分析。从表中可见,第一主成分的贡献率为 48.87%,包括土壤厚度、土壤 pH、土壤含水量、平均降雨量;其中,土壤 pH 的负荷量最大(-0.960),是影响太白红杉种群表现结构最主要的因子;土壤厚度、土壤含水量、平均降雨量的负荷量在 0.905 左右,说明这些因素对种群结构形成也具有重要意义。在第二主成分中,主要因素为人为干扰(0.917),主要表现为偷伐、人为对林地践踏、旅游废弃物对林地土壤的破坏等。坡位、温度和土壤有机质含量的负荷量大小在第三主成分当中也有所体现,这一结论与实地调查结果相一致。

#### 6 结论与讨论

不同太白红杉种群由于受环境和立地条件的影响,生长发育明显不同。但对不同种群的平均年龄统计显示,虽然种群间和

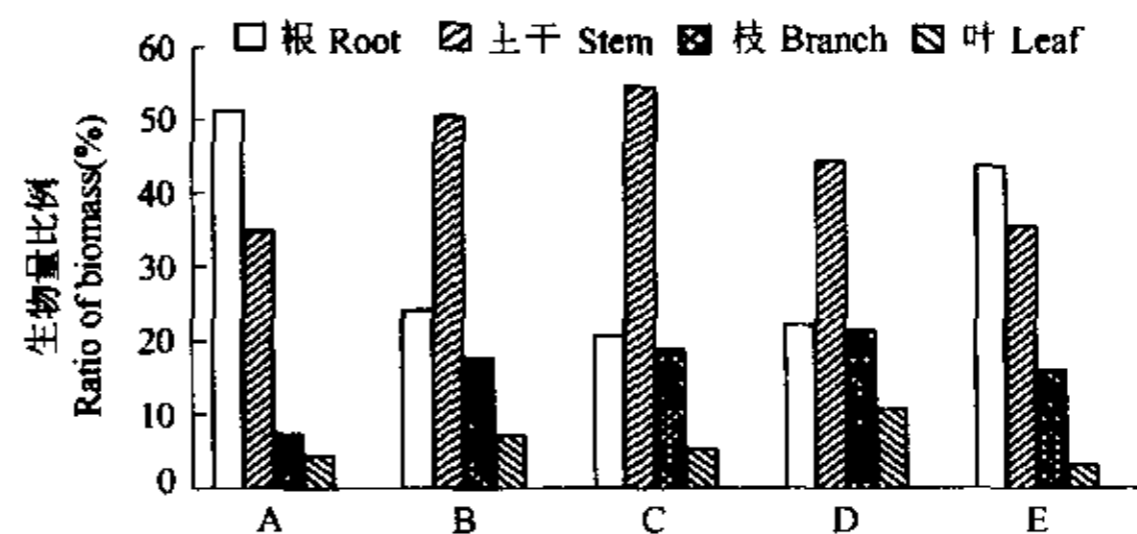


图 3 不同太白红杉种群生物量分配结构

Fig. 3 The biomass allocation structure of different *L. chinensis* populations

A, B, C, D, E, F 字母意义同表 1 The meaning of letter A, B, C, D, E, F is the same as table 1

种群内个体最大年龄相差较大,但种群平均年龄相差不大,小于一个龄级,应属同时发生。太白山高海拔地区植被演替中最可能发生的外界干扰是雷电引发的火灾,人为影响较小,无论是火灾后的次生演替还是未经破坏的原生演替,现在的太白红杉种群都可能同时发生,因此,本区内太白红杉林不仅在维持高山地区的生态平衡意义重大,而且对植被演替、顶极群落和生态系统稳定性研究方面具有重要价值。

比较不同种群高度结构和径级结构,能较好体现环境因子对种群的作用强度和种群对环境的适应特性。不同太白红杉种群在高度和胸径上差异显著,生长于中部海拔的太白红杉种群平均高度生长和直径生长均显著高于种群分布下限和森林线地带的种群,说明该地区的生境条件和群落结构更适合太白红杉的生长。这与其他植物在其适生的环境条件下能够充分地利用光、温、水、土壤因素,实现自身生存扩展的最大化的特性基本一致<sup>[14,16,19,20]</sup>。一般濒危植物种群的年龄结构多数呈衰退型,但在适合的生境条件下却呈进展型,并且在自然条件下能够实现自我更新<sup>[20]</sup>,但太白红杉 5 个种群均表现出幼龄株数少,老龄株数多的径级结构,林窗中也很少发现幼苗,说明其种群扩展能力已经弱化的形势已经相当严重。据初步调查,太白红杉种群结实量不低,种子发芽率在实验条件下能达到 75%,未来研究应该将重点放在解决自然条件下成苗率低这一关键问题。

表 5 10 个环境因子的贡献率和主分量值

Table 5 The main components and devotion value of 10 environmental factors

环境因子 Environmental factors	主分量 Component 1	主分量 Component 2	主分量 Component 3
1 坡位 Slope site	0.542	0.502	0.672
2 郁闭度 Coverage of tree layer	0.729	-0.363	0.376
3 土壤厚度 Thickness of soil	0.906	0.232	0.264
4 7 月平均温度 Mean air temperature in July	0.583	-0.207	-0.740
5 7 月平均湿度 Mean air humidity of in July	0.370	0.676	-0.156
6 土壤 pH pH value of soil	0.960	-0.180	0.029
7 土壤含水量 Mean moisture of soil(0~10cm)	-0.906	0.148	0.397
8 土壤有机质含量 Organism content of soil(0~10cm)	0.185	0.517	-0.536
9 年平均降雨量 Annual mean precipitation	-0.905	0.410	-0.065
10 人为干扰强度 Intensity of human disturbance	-0.257	-0.917	0.064
特征根 Eigenvector $\lambda$	4.787	2.268	1.689
贡献率 Component devotion (%)	47.870	22.677	16.893
累积贡献率 Accumulative devotion(%)	47.87	70.547	87.440

不同种群平均个体构件生物量比例表现不一,随着种群由分布低海拔到森林线的过渡,根系所占生物量比例呈现“高→低→高”的趋势;主干和枝叶呈现“低→高→低”的趋势。这是太白红杉种群为适应不同生境条件,调整了生存对策。在适宜的生境条件下,种群通过增加主干和枝叶生物量增加,以适应种群对空间扩展和繁殖需求;通过增加根系投入,减少主干和枝叶投入,适应高海拔严酷环境条件。在严酷环境条件下,植物种群通过调整投资策略实现最大可能的生存繁衍空间,而其他营养生长可能弱化<sup>[14,20]</sup>。高海拔地区太白红杉种群经过生存对策调整,个体地上部分生长不良,经济价值不高,但在太白红杉种群进化中意义重大,应特别注重就地保护。这些种群一旦破坏,将很难恢复,也可能引起高海拔地区更严重的生态问题。

种群结构形成受多方因素的影响,通过对太白红杉生长和种群结构形成有较大影响的 10 个因子的主成分分析表明,乔木层郁闭度、土壤厚度、土壤 pH、土壤含水量、平均降雨量、人为干扰等对太白红杉种群的结构表现型具有重要影响。根据生物量分配结构判断,中海拔地区各环境因素的组合对太白红杉种群生长和发育较为有利。在未来保护措施中,应重点调整对种群生长影响较大的因素,为种群恢复创造有利环境。

太白红杉为秦岭特有种,以有性繁殖为主,并且处于森林线区域,基因资源特殊而珍贵<sup>[5,20]</sup>,在科学研究和环境保护上意义重大。应针对不同地区的太白红杉种群结构特征,采取相应的抚育管理措施,以就地保护为主,禁止人为破坏。低海拔地区群落应适当间伐乔木层非目的树种,减少种间竞争;中高海拔地区应以保护原有生境为主,适当间伐灌木层,为太白红杉种子萌发和幼苗更新创造良好条件。

## References:

- [1] Zhu N, Zang R G. Study on population ecology of *Acanthopanax senticosus* I. Population structure. *Chinese Journal of Applied Ecology*. 1993,4(2):113~119.
- [2] Zhang W H. *The Population Ecology on Adenophora lobophylla*. Haerbin: North-east Forestry University Press, 1998.
- [3] Jiang H. *The Population Ecology of Spruce(Picea asperata)*. Beijing: Chinese Forestry Press, 1992.
- [4] Di W Z, Yu Z Y. *The first endangered plants of Shaanxi Province*. Xi'an: Northwest University Press, 1987.

- [ 5 ] Shaanxi Forest Editor Board. *Shaanxi Forest*. Xi'an, Shaanxi Science and Technology Press & Chinese Forestry Press, 1986. 153~156.
- [ 6 ] The North-west Botany Institute of CAS. *Qinling floras*. Beijing: Science press, 1978.
- [ 7 ] Forestry Bureau of Shaanxi Province. *The papers of synthetic exploration in Taibai Mountain protection zone*. Xi'an: Shaanxi Normal University Press. 1989.
- [ 8 ] Chen C G, Peng H. The phytocoenological features and classification of the forests of *Larix chinensis* in Qinling range. *Scientia Silvae Sinicae*, 1994, **30**(6): 487~496.
- [ 9 ] Yan G Q, Zhao G F, Hu Z H. The study on *Larix chinensis* community characteristics and species diversity in Mts Qinling. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2001, **21**(3): 497~506.
- [ 10 ] Yan G Q. Study on the community and population ecology of *Larix chinensis* in Qinling range. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, **12**(6): 824~828.
- [ 11 ] Dong M, Wang Y F, Kong F Z. *Standard methods for observation and analysis in Chinese ecosystem research network, survey, observation and analysis of terrestrial biocommunities*. Standards Press of China, 1996. 1~41.
- [ 12 ] Feng Z W, Wang X K, Wu G. *The Biomass and Productivity of Chinese Forest Ecosystem*. Beijing Science Press, 1999. 14~17.
- [ 13 ] Meng X Y. *Tree Measuring*. Beijing: Chinese Forestry Press, 1994. 81~87.
- [ 14 ] Chen J S, Su Z X. Reproductive allocation of biomass in *Pinus massoniana* at Mt. Jinyun. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2001, **25**(6): 704~708.
- [ 15 ] Xie Z Q, Chen W L, Lu P, et al. The demography and age structure of the endangered plant population of *Cathaya argyrophylla*. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, **19**(4): 523~528.
- [ 16 ] Yin S Y, Liu Y C. Biomass and leaf area dynamics of modular population in *Gordonia acuminata*. *Acta Phytoecologica Sinica*, 1997, **21**(1): 83~89.
- [ 17 ] Chen L Z, Ren J K, Bao X C, et al. Studies on the sociological characteristic and biomass of pine population on xishan in Beijing. *Acta Phytoecologica et Geobotanica Sinica*, 1984, **8**(3): 173~181.
- [ 18 ] Zhou S Q, Huang J Y. A study on biomass and productivity of *Larix mastersiana* plantation in Sichuan. *Acta Phytoecologica et Geobotanica Sinica*, 1991, **15**(1): 9~16.
- [ 19 ] Su Z X, Zhong Z C. The study on the biomass structure of *Neosinocalamus offinis* population at Mt. Jinyun. *Acta Phytoecologica et Geobotanica Sinica*, 1991, **15**(3): 240~251.
- [ 20 ] Zhang W H, Zu Y G, Liu G B. Population ecological characters and analysis on endangered cause of ten endangered plant species. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(9): 1512~1520.

#### 参考文献:

- [ 1 ] 祝宁, 臧润国. 刺五加种群生态学的研究 I. 刺五加的种群结构. *应用生态学报*, 1993, **4**(2): 113~119.
- [ 2 ] 张文辉. 裂叶沙参种群生态学研究. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1998. 55~106.
- [ 3 ] 江洪. 云杉种群生态学研究. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- [ 4 ] 狄维忠, 于兆英. 陕西省第一批国家珍稀濒危保护植物. 西安: 西北大学出版社, 1987. 35~55.
- [ 5 ] 陕西森林编辑委员会. 陕西森林. 陕西科学技术出版社 & 中国林业出版社, 1986. 153~156.
- [ 6 ] 中国科学院西北植物研究所. 秦岭植物志. 北京: 科学出版社, 1978. 15~20.
- [ 7 ] 陕西省林业厅. 太白山自然保护区综合考察论文集. 西安: 陕西师范大学出版社, 1989. 5~109.
- [ 8 ] 陈存根, 彭鸿. 秦岭太白红杉群落学特征及类型划分. *林业科学*, 1994, **30**(6): 487~496.
- [ 9 ] 阎桂琴, 赵桂芳, 胡正海. 秦岭太白红杉群落特征及物种多样性的研究. *西北植物学报*, 2001, **21**(3): 497~506.
- [ 10 ] 阎桂琴. 秦岭太白红杉群落及种群生态研究. *应用生态学报*, 2001, **12**(6): 824~828.
- [ 11 ] 董鸣, 王义凤, 孔繁志. 陆地生物群落调查观测与分析-中国生态系统研究网络观测与分析标准方法. 北京: 中国标准出版社, 1996. 4~41.
- [ 12 ] 冯宗炜, 王效科, 吴刚. 中国森林生态系统的生物量 and 生产力. 北京: 科学出版社, 1999. 14~17.
- [ 13 ] 孟宪宇. 测树学. 北京: 中国林业出版社, 1994. 81~87.
- [ 14 ] 陈劲松, 苏智先. 缙云山马尾松种群生物量生殖配置研究. *植物生态学报*, 2001, **25**(6): 704~708.
- [ 15 ] 谢宗强, 陈伟烈, 路鹏, 等. 濒危植物银杉种群统计和年龄结构的研究. *生态学报*, 1999, **19**(4): 523~528.
- [ 16 ] 殷淑燕, 刘玉成. 大头茶构件种群生物量及叶面积动态. *植物生态学报*, 1997, **21**(1): 83~89.
- [ 17 ] 陈灵芝, 任继凯, 鲍显诚, 等. 北京西山(卧佛寺附近)人工油松林群落学特性及生物量的研究. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1984, **8**(3): 173~181.
- [ 18 ] 周世强, 黄金燕. 四川红杉人工林分生物量 and 生产力的研究. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1991, **15**(1): 9~16.
- [ 19 ] 苏智先, 钟章成. 缙云山慈竹种群生物量结构研究. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1991, **15**(3): 240~251.
- [ 20 ] 张文辉, 祖元刚, 刘国彬. 十种濒危植物种群生态学特征及致危因素分析. *生态学报*, 2002, **22**(9): 1512~1520.