

太白红杉群落交错带物种多样性的研究

苗莉云, 王孝安*, 王志高

(陕西师范大学生命科学院, 陕西西安 710062)

摘要: 应用样带法对太白红杉群落及其交错带进行调查, 采用各群落维管植物的物种丰富度指数(S)、Simpson 物种多样性指数(D)、Shannon-Weiner 物种多样性指数(H')、种间相遇机率(PIE)及 Pielou 均匀度指数(J_{sw} 和 J_{si}), 分析了 6 条样带的群落结构和物种组成。结果显示在环境条件(土壤和地形)变化较小、层次结构剧变的群落交错带中, 边缘效应明显。而在环境条件较差(即空间波动大)的群落交错带中, 边缘效应不明显, 甚至无边缘效应出现。可见, 群落的边缘效应不仅受小气候影响, 也受地形和土壤等因子的影响。

关键词: 太白红杉; 群落交错带; 物种多样性

中图分类号: Q948.15 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2005)02-0112-05

Studies on species diversity of *Larix chinensis* community ecotone

MIAO Li-yun, WANG Xiao-an*, WANG Zhi-gao

(College of Life Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: The communities of *Larix chinensis* and their ecotone in Qinling Mountain were investigated by sampling belt method. Species richness index, Simpson diversity index, Shannon-Weiner diversity index, PIE and Pielou evenness index of vascular plant in the communities and their ecotone were calculated. The structure and composition of the communities in 6 sampling belts in these sites were analyzed. The results showed that the edge effect was obvious in the ecotone with a less changing environment (such as soil and terrain) and acute variation of composition and structure, while inconspicuous or even no in the ecotone with worse environmental condition (such as great space fluctuation). It is obvious that the edge effect of community was affected by soil and terrain, and so on, besides microclimate.

Key words: *Larix chinensis*; community ecotone; species diversity

群落交错带一般具有一组确定的空间与时间特征, 其相互作用多处于两个或两个以上景观成分的边际之间。交错带的研究已成为人们进行早期生态预警以及生态管理理论探讨和实践的核心问题(马世骏, 1990)。物种多样性(species diversity)是表征群落学的重要指标, 在反映植物群落的生境差异、群落的结构类型、演替阶段和稳定性程度等方面均有一定的意义。在两个或多个不同性质群落的交错带中, 通常表现出强烈的边缘效应, 对群落边缘效应的

研究具有重要的生态学和群落学意义(王伯荪等, 1986)。近年来, 对群落交错带的物种组成研究较多(Wei 等, 1996; 韩景军, 2000; 于顺利等, 2000; 王庆锁等, 2000a, b; Li 等, 2001), 但林线生态交错带的研究工作相对较少(石培礼, 2000)。林线交错带的微生境梯度变化非常剧烈, 环境异质性高, 孕育了丰富的物种多样性(石培礼, 2000)。研究林线交错带的物种多样性有利于揭示群落结构和物种多样性分布格局以及进一步了解林线交错带的生态学过程。

收稿日期: 2004-04-25 修订日期: 2004-09-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30070083)

作者简介: 苗莉云(1978-), 女, 山西晋城人, 在读硕士研究生, 生态学专业。* 通讯作者 E-mail: wangxa@snnu.edu.cn

太白红杉(*Larix chinensis*)是松科(Pinaceae)落叶松属植物,分布于我国秦岭地区 2 600~3 500 m 的亚高山地带,为我国特有种。多生长于溪谷源头,是森林上限树种,在秦岭亚高山地带所占空间甚广。以太白红杉为建群种形成的群落,是秦岭山区高海拔地带的主要优势植被类型,是重要的水源涵养林,对保持水土、稳固山石、改善生态环境等方面具有重要作用。特别是太白红杉生长在其它树种不能生存的地方,更显示出它在自然界中的作用和意义。因其在物种保存、科学研究、生态效益和经济意义等方面的重要作用,已被列为国家二级保护植物(陕西省林业厅,1989;任毅等,2002)。本文以秦岭森林上线的太白红杉群落为对象,研究太白红杉群落及交错带的物种组成、结构等特征,旨在揭示林线交错带生物多样性的变化规律,为其合理利用和保护提供理论依据。

1 自然概况

太白山地处我国南北气候的分界——秦岭山脉的中段,位于 107°41'23"~107°51'40" E;33°49'31"~34°08'11" N 之间,在地质构造过程中,形成地形复杂的高大山体。北坡陡峭,南坡平缓,主峰太白山垂直高度为 720~3 767 m。该地区位于中国东部湿润平原之西,青藏高原之东;暖温带之南缘,亚热带之北界。冬季受蒙古冷气团的控制,夏季受太平洋副高压带的影响。南北交接气候过渡,形成华北、华中、华西植物区系的交汇点。由于山体高大,水热条件随着地势的升高而呈现有规律的变化,植被景观也呈现明显的垂直带分布。由下而上可分为:海拔 780~2 300 m 的落叶栎林带,海拔 2 300~2 800 m 的桦木林带,海拔 2 800~3 400 m 的针叶林带和海拔 3 400 m 以上的高山灌丛和草甸带(陕西省林业厅,1989)。太白红杉群落主要分布在秦岭海拔为 2 600 m 以上的高山地带,如长安县光头山、牛背梁、洋县光头山,尤以太白山主峰较为集中。本研究选择太白红杉分布较集中的地段——太白山进行野外群落学调查。

2 研究方法

2.1 调查方法

2003 年 7 月,在太白山自然保护区海拔 3 000

~3 500 m 的地段,选择具有代表性的从太白红杉纯林向混交林或林缘过渡的 6 条样带。每条样带从群落交错带开始向太白红杉纯林深入,带宽 10 m,长 40~70 m。在每条样带上间隔 5 m 做 1 个 10 m×10 m 样方,调查群落的郁闭度、每种乔木的个体数目、胸径;每个样方中分别设置 5 个 2 m×2 m 和 1 m×1 m 的小样方,调查灌木和草本植物的盖度、个体数目,并记录种名(表 1)。

2.2 群落生物多样性的测定方法

首先计算乔木、灌木和草本植物的优势度。其计算公式为:优势度=相对密度+相对盖度。然后计算群落多样性指数,选用了丰富度指数(S)、均匀度指数和物种多样性指数 3 类(马克平,1994a,b),其计算公式如下:丰富度指数 S 用每个样方的物种数目来表示。

Shannon-Wiener 指数: $H' = -\sum P_i \ln P_i$; Simpson 指数: $D = 1 / \sum P_i^2$; 种间相遇机率: $PIE = \sum [(N_i/N)(N - N_i)/(N - 1)]$; Pielou 的均匀度指数 (J_{sw} 和 J_{si}): $J_{sw} = (1 - \sum P_i \ln P_i) / \ln S$; $J_{si} = (1 - \sum P_i^2) / (1 - 1/S)$ 。

丰富度指数用每个样方的物种数目表示。式中, P_i 为种 i 的相对优势度; N_i 为种 i 的优势度; N 为种 i 所在样方的各个种的优势度之和; S 为种 i 所在样方的各个种的物种总数。

3 结果与分析

3.1 太白红杉群落交错带的结构和物种组成

对野外调查资料进行统计分析,发现太白红杉群落及其交错带中共有 78 种维管植物,分属于 30 科 68 属。其中植物最多的科是菊科 10 种、蔷薇科 6 种、伞形科 6 种,其次是毛茛科 5 种、百合科 4 种和禾本科 4 种。

根据不同群落及其交错带的种类组成统计,太白红杉纯林到混交林的科、属、种的数量呈增多的趋势;纯林到林缘,科、属、种的数量在样带 4 中增加,而在样带 5 中科、属、种的数量表现为先减少后增加的趋势;纯林到林缘再到灌丛,科、属、种的数量变化不大(表 1)。

从太白红杉纯林到混交林,物种组成逐渐增加。在纯林中,乔木树种仅有太白红杉 1 个物种,盖度约为 40%~75%;灌木种类较多,有太白忍冬(*Lonicera taipeiensis*)、刚毛忍冬(*L. hispidu*)、华西忍冬

(*L. webbiana*)、峨眉蔷薇(*Rosa omeiensis*)、高山绣线菊(*Spiraea alpina*)、冰川茶藨子(*Ribes glaciale*)、香柏(*Sabina pingii* var. *wilsonii*)、头花杜鹃(*Rhododendron capitatum*)、华西银露梅(*Potentilla arbuscula* var. *veitchii*)；草本种类也比较丰富，如针状苔草(*Carex lanceolata*)、毛状苔草(*C. capilliformis*)、大叶碎米荠(*Cardamine macrophylla*)等。而在混交林中，乔木树种除了太白红杉外，还有巴山冷杉(*Abies fargesii*)、牛皮桦(*Betula utilis*)和亮叶桦(*B. luminiifera*)等；灌木有金背杜鹃(*Rh. clementinae*)、太白花楸(*Sorbus tapashana*)、陕西悬钩子(*Rubus piluliferus*)、太白忍冬等 11 种；而草本种类比纯林中的多。纯林内物种数目比混交林少，主要是由于纯林内乔木层生长茂盛、冠层郁闭度高，林下光照较弱，灌木层和草本层种类较少。

表 1 太白红杉群落及其交错带的维管植物区系

Table 1 Vascular flora of *Larix chinensis* communities and their ecotone

样带号 Samp- ling belt. No	样方号 Plot. No.	海拔 Altitude (m)	郁闭度 Crown density (%)	科 Fami- lies	属 Ge- nera	种 Spe- cies
1	1 纯林 Pure forest	3 140	40	10	12	15
	2 混交林 Mixed forest	3 135	30	13	15	18
	3 混交林 Mixed forest	3 135	20	13	14	17
	4 混交林 Mixed forest	3 120	10	16	31	24
	5 混交林 Mixed forest	3 100	25	12	15	18
2	1 纯林 Pure forest	3 150	75	15	22	24
	2 混交林 Mixed forest	3 140	30	18	24	28
	3 混交林 Mixed forest	3 130	65	17	21	22
	4 混交林 Mixed forest	3 125	75	16	21	25
3	1 纯林 Pure forest	3 130	55	15	16	20
	2 混交林 Mixed forest	3 135	45	17	24	27
	3 混交林 Mixed forest	3 140	55	17	25	34
4	1 纯林 Pure forest	3 370	40	10	13	11
	2 纯林 Pure forest	3 380	40	12	14	14
	3 林缘 Forest edge	3 380	30	16	19	22
5	1 纯林 Pure forest	3 245	55	11	13	14
	2 纯林 Pure forest	3 260	60	8	10	11
	3 林缘 Forest edge	3 260	40	9	12	13
6	1 纯林 Pure forest	3 340	40	17	18	20
	2 林缘 Forest edge	3 345	70	11	14	19
	3 灌丛 Shrub	3 350	15	10	13	17

在样带 4 中，从太白红杉纯林到林缘的物种组成表现为逐渐增加；而样带 5 则是先减少后增加，即

纯林中部(样方 1)物种最多，向外 5 m 的纯林(样方 2)中物种最少，而林缘(样方 3)的物种数目又有所增加。无论纯林内还是林缘，乔木树种仅有太白红杉 1 个物种，盖度约为 30%~60%。在样带 4，纯林内灌木有秀雅杜鹃(*Rh. concinuum*)、华西银露梅、太白忍冬、华西忍冬，林缘有头花杜鹃、华西银露梅；而对于草本种类，林缘比纯林内增加了 13 种，如毛状苔草、酢浆草(*Oxalis corniculata*)、扭歪马先蒿(*Pedicularis davidii*)、大花糙苏(*Phlomis megalantha*)等。林缘由于特殊的环境条件，光线较好，较适宜阳性物种的生存，而使物种组成增多。在样带 5 中，纯林内灌木有华西忍冬、头花杜鹃、香柏、高山柳(*Salix cupularis*)，而林缘少了香柏；草本种类有美观马先蒿(*P. decora*)、太白银莲花(*Anemone taipaiensis*)、大花糙苏等，样方 2 物种少了连钱草(*Glechoma longituba*)、高山瓦韦(*Lepisorus eilophyllus*)。由于样方 2 的乔木盖度比较高，林下光线较弱，使得灌木层和草本层种类较少，导致物种数目少；样方 3 比样方 1 物种数目少，可能是由于林缘(样方 3)紧靠石海，土壤贫瘠，岩石裸露度大，约为 60%，环境条件恶劣的缘故，而使适于物种生存的空间小，物种数目下降。

从太白红杉纯林到林缘再到灌丛，物种组成逐渐减少。乔木树种仅有太白红杉 1 个物种，盖度约为 40%~70%。纯林内灌木有头花杜鹃、华西银露梅、刚毛忍冬，林缘除了这三种还有高山柳，灌丛中有大量的头花杜鹃。草本种类有茜草(*Rubia cordifolia*)、连钱草、大花糙苏等。林缘虽然光线比较好，但乔木盖度较大，达到 70%，使得灌木层和草本层的物种组成少；灌丛中，尽管乔木盖度小，仅有 15%，但灌木层仅头花杜鹃盖度就达 55%，灌木层盖度高，而使草本层种类较少，使整个种类较少。

上述结果可以看出，混交林和某些林缘这些群落交错带的物种组成比较高。植被的发育在很大程度上取决于具有某种空间位置的外界条件。由于太白红杉所处的地理位置较高，环境条件的差异较大，从而引起不同植物群落间植物种类数量的差异。

3.2 太白红杉群落及交错带的物种多样性

由于环境条件的不同，太白红杉群落交错带的结构和植物组成有所不同，物种多样性亦有差异(表 2)。

从太白红杉纯林到混交林，物种丰富度呈逐渐增加的趋势。Simpson 指数、Shannon 指数、种间相

遇指数、Pielou 指数也表现出相同的变化规律。由于纯林内乔木层生长茂盛、郁闭度高,林下光照较弱,使得灌木层和草本层种类少、数目少,盖度也低,相应地多样性指数也低;而混交林中,林冠郁闭度小,林下光照比较充足,灌木层和草本层种类多、数量大、盖度大,多样性指数随之就较高。从表 2 中还可以看出,不同的群落类型、不同地段和同一地段的不同群落的物种多样性也不同。样带 3 中,混交林的多样性指数最高,物种丰富度为 34、Simpson 指数 2.2、Shannon 指数 4.75、种间相遇指数 4.4。可能是该地段的光照、水分等环境因子组成比较好的原因。

表 2 太白红杉群落及其交错带的物种多样性指数
Table 2 Diversity indices of *Larix chinensis*
communities and their ecotone

样方号 Plot. No.	S	D	H'	PIE	J _{si}	J _{sw}
1	15	1.13	2.50	2.26	1.32	1.28
2	18	1.25	2.51	2.51	1.63	1.59
3	17	1.79	3.38	3.58	2.37	2.29
4	24	2.09	4.41	4.17	2.58	2.40
5	18	2.07	4.18	4.15	2.67	2.57
1	24	1.38	2.90	2.76	1.01	1.42
2	28	1.74	3.59	3.49	2.27	2.09
3	22	1.78	3.73	3.56	2.22	2.15
4	25	1.86	4.06	3.72	2.24	2.15
1	20	1.36	2.82	2.72	1.61	1.42
2	27	1.58	3.34	3.15	2.02	1.96
3	34	2.20	4.75	4.40	2.55	2.27
1	11	0.96	1.93	1.91	1.18	1.16
2	14	1.09	2.52	2.18	1.32	1.36
3	22	0.96	2.36	1.92	1.19	1.17
1	14	1.44	2.92	2.88	1.84	1.75
2	11	1.26	2.09	2.06	1.78	1.57
3	13	1.21	2.32	2.42	1.76	1.67
1	20	0.85	2.07	1.70	0.97	0.93
2	19	1.55	3.49	3.10	1.84	1.75
3	17	0.97	2.33	1.93	1.10	1.06

样方号同表 1 Sample plot. No. is the same as Table 1.

从太白红杉纯林到林缘,样带 4 的物种丰富度逐渐增加,Simpson 指数、Shannon 指数、种间相遇指数、Pielou 指数先增加后减小;其原因可能是林缘光线较好,较适宜阳性物种的生存,而使物种组成比纯林内多;但由于林缘紧靠亚高山草甸和第四纪冰川侵蚀遗迹(小型石河),土壤较干燥,地形起伏较

大,物种数量少、盖度也比较小,使得 Simpson 指数、Shannon 指数、种间相遇指数、Pielou 指数也小。而样带 5 的物种丰富度、Shannon 指数、Pielou 指数 J_{si} 、种间相遇指数先减少后增加,Simpson 指数、Pielou 指数 J_{sw} 依次减小,林缘的物种多样性反而纯林内低;主要原因可能是样方 2 的乔木盖度比较高,林下光线较弱,使得灌木层和草本层种类较少,盖度也小,相应地多样性指数就低;林缘外侧紧靠石海,土层瘠薄、岩石裸露面积较大,因而表现为比纯林内物种组成少,数量少,盖度小,导致多样性指数降低。

从太白红杉纯林到林缘再到灌丛,物种丰富度逐渐减少,Simpson 指数、Shannon 指数、种间相遇指数、Pielou 指数先增加后减小,即在林缘处物种多样性最高。林缘比纯林和灌丛中的物种多样性高可能是由于边缘效应的缘故。

4 讨论

太白红杉纯林和混交林中,混交林的物种多样性比纯林高。主要是由于混交林群落交错带乔木层盖度较低,林内光线居中,较适宜阳性物种和阴性物种的生存,而纯林乔木层盖度较高,林内形成阴性环境,适宜阴性物种生存。因为生态因子光的强度影响植物的生存和生长,如果乔木层盖度大,林内光线就比较弱,阳性灌木树种就很难生存,即使存在,也会出现生长缓慢的现象,因此灌木稀疏,盖度较低。但草本层的光照相对较强,使得草本植物层较为发达,盖度较高,而使整个群落的物种多样性高。由此可见,群落乔木层、灌木层和草本层是相互作用相互影响的,这与其它一些研究有相似的结果(于顺利等,1999)。

从太白红杉纯林和林缘,物种多样性没有明显的变化。也就是说,在环境条件较差(即空间波动大)的群落交错带中,边缘效应不明显,甚至无边效应出现。这是由于群落的组成不仅受气候影响,而且受土壤等其它因子的影响(高洪文 1994)。气候环境是影响生态交错生物多样性的首要因素,对于基质来说,气候的影响在大尺度是均质的;局部立地条件和环境基质的变化导致在相对均一的大气环境下各种小生境格局的形成,从而影响改变局部植被的分布(高洪文 1994)。因此,在异质的环境中,从群落核心区域到边缘交错区,有些物种的分布

逐渐局限于某些局部基质环境条件(地形、地貌、土壤)。在样带 4 中,由于林缘紧靠高山草甸和小型石河(第四纪冰川冰期冰缘作用的断块高山),周围土层较薄、地形起伏较大等原因引起物种多样性下降。在样带 5 中,林缘的物种多样性反而比纯林内低,可能是由于林缘的岩石裸露面积大(约 60%),适于植物生长的土壤环境差,以及林缘的外侧紧靠石海(第四纪冰川冰期冰缘作用的断块高山),环境条件比较恶劣,土壤贫瘠的缘故。

从太白红杉林内、林缘和灌丛中,林缘物种多样性最高。由此可见,层次结构急剧变化的生态交错带,边缘效应明显,这与其它一些研究结果类似(高洪文 1994;王庆锁;2000;王健锋 2002)。从生物组成角度来说,林缘与灌丛相邻,含有两个相邻群落的组分,如高山柳、大花糙苏,而且其特化的生境导致了某些特有种或边缘种的形成,因而植物种类和群落结构往往更加多样复杂。

参考文献:

- 马世骏. 1990. 现代生态学透视[M]. 北京: 科学出版社, 43—45.
- 任毅, 杨兴中, 王学杰, 等. 2002. 长青国家级自然保护区动植物资源[M]. 西安: 西北大学出版社, 128.
- 陕西省林业厅. 1989. 太白山自然保护区经营方案[A]. 见: 陕西省林业厅. 太白山自然保护区综合考察论文集[C]. 西安: 陕西师范大学, 1—14.
- Fisher RA. 1943. The relation between the number of species and number of individuals in a random sample of an animal population[J]. *J Animal Ecology*, **12**: 42—58.
- Gao HW(高洪文). 1994. Advancement of theoretical research in ecotone(生态交错带理论研究进展)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志), **13**(1): 32—38.
- Han JJ(韩景军). 2000. On ecotones between forest and swamp in Baihe region of Changbai Mountain(长白山白河地区森林/沼泽交错群落的研究)[J]. *J Beihua Univ (Natural Science)*(北华大学学报(自然科学版)), **1**(3): 246—253.
- Ma KP(马克平). 1994a. Measurement of biotic community diversity. I: α diversity (Part 1)(生物群落多样性的测定方法 I α 多样性的测定方法(上))[J]. *Chinese Biodiversity*(生物多样性), **2**(3): 162—168.
- Ma KP(马克平), Liu YM(刘玉明). 1994b. Measurement of biotic community diversity. I: α diversity (Part 2)(生物群落多样性的测定方法 I α 多样性的测定方法(下))[J]. *Chinese Biodiversity*(生物多样性), **2**(4): 231—239.
- Li Xin-Rong. 2001. Study on shrub community diversity of Ordos Plateau, Inner Mongolia, Northern China[J]. *J Arid Environments*, **47**: 271—279.
- Shi PL(石培礼), Li WH(李文华), Wang JX(王金锡), et al. 2000. Species-abundance relation of herb communities in subalpine timber-line ecotone of Wolong Natural Reserve, Sichuan Province, China(四川卧龙亚高山林线生态交错带群落的种—多度关系)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **20**(3): 384—389.
- Wang BS(王伯荪), Peng SL(彭少麟). 1986. Analysis on the forest communities of Dinghushan Guangdong X. Communities edge effect(鼎湖山森林群落分析 X. 边缘效应)[J]. *Acta Sci Nat Univ Sunyatseni*(中山大学学报(自然科学版)), **4**(4): 52—56.
- Wang JF(王健锋), Lei RD(雷瑞德). 2002. On progress of theoretical research on ecotone(生态交错带研究进展)[J]. *J Northwest For Univ*(西北林学院学报), **17**(4): 24—28.
- Wang QS(王庆锁), Feng ZW(冯宗炜), Luo JC(罗菊春). 2000a. Biodiversity of a forest-steppe ecotone in Northern Hebei Province and eastern inner Mongolia(河北北部、内蒙古东部森林—草原交错带生物多样性研究)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), **24**(2): 141—146.
- Wang QS(王庆锁), Liu T(刘涛), Feng ZW(冯宗炜), et al. 2000b. Study on plant diversity of *Betula platyphylla* and *Populus davidiana* forests in forest-steppe ecotone(森林—草原交错带白桦林和山杨林植物多样性研究)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学), **1**(36): 110—115.
- Zhang Wei, Skarpe Christina. 1996. Small-scale vegetation dynamics in semi-arid steppe in Inner Mongolia[J]. *J Arid Environments*, **34**: 421—439.
- YU SL(于顺利), LIU CR(刘灿然), Ma KP(马克平). 2000. A study on the ecotones between *Quercus mongolica* community and other communities(蒙古栎群落交错带的研究)[J]. *Biodiversity Science*(生物多样性), **8**(3): 277—283.
- YU SL(于顺利), SANG WG(桑卫国), Ma KP(马克平), et al. 1999. Studies on the succession of *Quercus mongolica* forest in Xiaoxing Anling(小兴安岭蒙古栎林演替的研究)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), **23**: 70—76.
- Zhan CW(詹存卫), Yu D(于丹), Wu ZH(吴中华), et al. 2001. The community ecology of Aquatic plant in the waterland ecotone of Liangzi Lake(梁子湖水—水陆交错区水生植物群落生态学研究)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), **25**(5): 573—580.