

沿坝生态交错带不同落叶松群落生长动态研究

张建华^{1,2}, 丁国栋^{1*}, 姜 鹏³, 任 仙¹

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 河北省木兰林管局, 河北 承德 068450;

3. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071001)

摘要:为探究沿坝生态交错带森林植被生长演替规律与动态,采用解析木分析方法,以木兰围场国有林场管理局北沟林场域内落叶松纯林(群落 A)和落桦(群落 B)、落阔(群落 C)和杉落针阔混交林(群落 D)4 种不同华北落叶松群落类型为研究对象,对其不同群落内树木生长和生物多样性进行研究。结果表明:研究区不同落叶松群落内同一树种生长率和生物多样性指数均显示群落 D 最高,群落 B、C 次之,群落 A 最低;同一落叶松群落下的树种则表现出中、幼龄阶段阔叶树长势好于针叶树。从而得出,在植被生长演替过程中,阔叶山杨、白桦等树种将逐步被针叶落叶松、云杉树种所取代,最终形成稳定的杉落针阔混交林群落。

关键词:沿坝生态交错带; 华北落叶松; 生长动态; 演替

中图分类号:S718.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2014)-02-0042-07

Growth Dynamic of *Larix principis-rupprechtii* Mayr. Community along the Dam Ecotone

ZHANG Jian-hua^{1,2}, DING Guo-dong^{1*}, JIANG Peng³, REN Xian¹

(1. College of Soil & Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Mulan Forestry Management Bureau, Chengde, Hebei 068450, China;

3. College of Forestry, Agricultural University of Baoding, Baoding, Hebei 071001, China)

Abstract: In order to understand the succession and growth dynamics of forest vegetation along the dam ecotone, the growth and biodiversity of 4 different community types of *Larix principis-rupprechtii* Mayr. Forests were studied by examining analytical tree samples in Beigou Forest Farm of Mulanweichang National Forestry Management Bureau, including Larch pure forest (community A), *L. principis-rupprechtii* and *Betula platyphylla* Suk. mixed forest (community B), *L. principis-rupprechtii* and broad-leaved tree mixed forest (community C) and *L. principis-rupprechtii*, *Picea asperata* Mast. mixed forest (community D). The results showed that the growth rate of the same species and the biodiversity index of community D were the best among the 4 communities, followed by community B and C, those of community A were the lowest. The broadleaved trees were growing better than coniferous trees in the young-age and middle-age larch forests of the same community. It was concluded that *P. davidiana*, *B. platyphylla* would gradually be replaced by larch and spruce trees in the process of vegetation growth and succession, eventually a stable larch and spruce mixed forest would be established.

Key words: along the dam ecotone; *Larix principis-rupprechtii* community; growth dynamic; succession

森林植被群落是陆地上结构与功能最大的生态系统,森林中的林木始终处于不断的生长演替变化

中,欲描述森林群落的整体发展状况,不仅要了解森林群落的静态结构规律,还要通过林木的生长发育

收稿日期:2013-09-08 修回日期:2013-10-16

基金项目:河北省林业科学技术研究项目“桦落混交林优化抚育及改良”(1211435)。

作者简介:张建华,男,高级工程师,研究方向:林业生产技术管理。E-mail:chenping120105@163.com

*通信作者:丁国栋,男,教授,研究方向:水土保持与荒漠化防治、森林健康。E-mail:dch1999@263.net

来预测森林群落的发展演替规律,生长性指标是描述森林群落生长态势关键性指标^[1-2]。林分的生长过程与单株树木的生长过程是息息相关的,林分和林木绝不是简单的集合,林分是由林木组成,林木个体的生长规律会影响林分的生长,选取具有代表性的林木对林分的生长研究具有一定的科学性和可行性^[3-4]。

沿坝生态交错带研究地域由于受立地条件和人类活动等因素制约,域内森林资源较为匮乏,且分布不均;森林质量,特别是人工林质量普遍不高,生态系统结构紊乱、功能失调,生态环境十分脆弱^[5-7],该区域森林生态系统的结构、功能以及经营管理一直是相关学者与管理人员关心的热点与重点^[8-11]。华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)群落是沿坝生态交错带常见的林分类型之一^[12-13],在长期经受不同程度的人为干扰后,逐渐形成了以落叶松-白桦(*Betula platyphilla*)、落叶松-山杨(*Populus davidiana*)、落叶松-蒙古栎(*Quercus mongolica*)、落叶松-云杉(*Picea asperata*)为代表的地带性植被群落。本研究以木兰围场国有林场管理局北沟林场域内落叶松纯林、落桦混交林、落阔混交林、杉落针阔混交林等4个不同落叶松群落类型为研究对象,采用解析木分析方法,对4种落叶松群落的生长过程进行研究,并对其各个群落类型的植物生物多样性进行分析,以期通过森林植被生长发育预测森林群落的发展演替规律,为森林健康评价及经营方案的制定提供依据。

1 研究区概况

研究区位于河北省木兰围场国有林场管理局北沟林场域内(41°47'~42°06'N, 116°51'~117°45'E),地处阴山山脉、大兴安岭山脉余脉向西南延伸和燕山山脉的结合部。木兰围场域内属于中温带向寒温

带过渡、半干旱向半湿润过渡、大陆性季风型高原山地气候,具有水热同季,冬长夏短、四季分明、昼夜温差大的特征。年平均气温-1.4~4.7℃,极端最高气温38.9℃,极端最低气温-42.9℃,无霜期67~128 d。年均降水量380~560 mm,主要集中在6—8月,占全年降水量的69%。年均蒸发量1 462.9~1 556.8 mm,平均相对湿度63%。太阳辐射总量为533.4~560.16 kJ/cm²。土壤主要为天然次生林下发育的山地棕壤,自然坡度1/150~1/350,海拔750~1 829 m。区内地貌类型多样,气候多变,土壤肥力高,形成了十分丰富植物资源,温带草原地带高原东部森林草原区与暖温带落叶阔叶林地带燕山山地落叶阔叶林温性针叶林区的交接带,该区的典型性植被为草甸草原、针阔混交林及落阔混交林,在华北北部地区具有典型性和代表性。

2 研究方法

2.1 样地设置与调查

经过全面踏勘,2005年、2012年7月中旬至8月中旬在河北省木兰围场国有林场管理局北沟林场进行实际标准监测调查,在西色树沟使用全站仪和罗盘仪对每种群落类型各设置了3块面积40 m×40 m的天然次生林标准固定样地。样地生境调查包括:坡向、坡位、坡度、地形部位与海拔、郁闭度等。对样方内的乔木进行每木检尺,主要调查因子包括:树种、位置(坐标)、树高、胸径、冠幅、第一枝下高、林木优势度、干型质量以及病虫害等,并对测量的乔木编号、挂牌。在每个样地内采用对角线法对灌木和草本进行调查,共设置20个2 m×2 m的灌木样方和80个1 m×1 m的草本样方,调查内容包括种类、盖度、高度、频度、多度(表1)。

表1 样地基本情况

Table 1 Basic status of quadrats of natural secondary forests

编号	林分类型	树种组成	树高/m	胸径/cm	林龄/a	密度/(株·hm ⁻²)	土壤	坡向	坡度/(°)	海拔/m	郁闭度
A	落叶松纯林	10 落	13.4±5.0	18.6±5.1	45~50	1 327	山地棕壤	阴坡	19	1 283	0.88
B	落桦混交林	6 落 4 桦	13.5±5.1	20.0±6.7	45~50	1 064	山地棕壤	阴坡	20	1 294	0.79
C	落阔混交林	4 落 2 桦 2 伴	14.9±4.1	21.0±6.4	45~50	1 226	山地棕壤	阴坡	19	1 284	0.82
D	杉落针阔混交林	5 杉 3 落 2 桦	14.4±3.6	24.7±8.6	80~85	1 160	山地棕壤	阴坡	20	1 296	0.85

2.2 物种多样性分析

群落多样性是生物群落在组成、结构、功能和动态方面表现出的丰富多彩的差异,它体现了群落结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境差异。物种多样性是一个群落结构和功能复杂性的度量,是生态系统多样性研究的核心内容^[14-15]。通过对群落物种多样性的研究,有助于更好地认识群落的组

成、结构、功能、演替规律等。

本研究选取丰富度、多样性和均匀度3个方面的 α 多样性指数进行计算。

1)丰富度指数

Margalef丰富度指数:

$$D = \frac{S-1}{\ln N} \quad (1)$$

Menhinnick 丰富度指数:

$$D = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (2)$$

2) 多样性指数

Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \times \ln P_i \quad (3)$$

Simpson 多样性指数:

$$D = \sum_{i=1}^s \frac{N_i \times (N_i - 1)}{N(N-1)} \quad (4)$$

3) 均匀度指数

Pielou 均匀度指数:

$$E = \frac{H}{\ln S} \quad (5)$$

Alatalo 均匀度指数:

$$E = \frac{1/D - 1}{\exp(H') - 1} \quad (6)$$

式中: N 表示样方内的物种数量, S 表示整个样方的物种种类数, P_i 为物种 i 的相对重要值, N_i 为物种 i 的个数, H' 为 Shannon-Wiener 指数, D 为 Simpson 指数。

2.3 不同群落林分生长分析

生长率是树木生长的指标, 是树木某项调查因子在某一段时期的生长量与总量之比的百分数。生长率的大小, 表示林木在某一阶段生长力旺盛的程度。一般用以比较不同树种或同一树种在不同条件下的生长速度, 以及预估未来的生长量^[1,4]。采用解析木分析方法对各个样地树木生长过程进行研究, 以云杉、落叶松、白桦、杨树为主, 在相应样地内分别选取 5 株云杉、落叶松、白桦、杨树优势木和平均木作为解析木。分别对各个群落树木中小径阶从 1994—2012 年之间的生长进行分析。

本文是以材积为例, 计算其生长率。令 t 为调查日期的实木年龄, 则:

$$\text{材积生长率 } P(t) = \frac{Z(t)}{y(t)} \times 100\% \quad (7)$$

式中: $y(t)$ —树木的总生长方程; $P(t)$ —树木在年龄 t 时的生长率。利用 Excel 2007 对调查数据进行分析和作图处理

3 结果与分析

3.1 不同群落树种组成结构和物种多样性分析

3.1.1 不同群落树种组成结构分析 根据野外调查结果, 设置 4 个群落内各树种的组成结构图(图 1)。

由图 1 可以看出, 群落 A 落叶松树种个体直径分布范围较广且分布特点明显, 大致呈峰状分布, 在

17~19 cm 径级处出现峰值, 而伴生树种在不同径级内大致呈正态分布, 在 >27 cm 径级处只出现华北落叶松, 占据了林分的顶层空间; 群落 B 内落叶松和白桦种群个体直径均分布在所有径级处, 在 <5 cm 径阶内成平缓的正态分布, 在 7~25 cm 径阶之间分布比较集中, 而伴生树种在 <25 cm 的径级内均有分布, 在 9~17 cm 径级出现较多, 从整个林分径级分布来看, 幼树主要分布在中下层空间, 空间结构比较紧密, 而上层空间相对稀疏; 群落 C 针阔混交林下优势种落叶松种群呈双峰分布, 同样占据优势地位的白桦种群的径级曲线接近呈正态分布, 山杨树种成 L 型分布, 但是在大径级处白桦和山杨的数量比华北落叶松多; 群落 D 为杉落阔混交林, 其优势树种云杉呈 U 型分布, 在前 8~11 cm 和 23~26 cm 的 8 个径阶处比较集中分布, 而优势树种落叶松胸径 >5 cm 之后大体呈正态分布, 在 11~23 cm 之间集中出现。桦树整体分布与落叶松一致, 其优势仅次于云杉和落叶松。伴生树种如杨树、五角枫等胸径分布连续, 主要分布在中小径阶处。因此, 云杉、落叶松树种占据了林分的顶层空间, 而杨树、五角枫及伴生树种处于林分的底层空间。

3.1.2 不同群落物种多样性分析 乔木层物种丰富度指数 (Menhinnick、Margalef) 和均匀度指数 (Menhinnick、Margalef) 最高均为群落 D, 乔木层物种多样性指数 Simpson 和 Shannon-Wiener 指数最高的是样地 C, 而群落 A 的乔木层丰富度指数、多样性指数和均匀度指数均最小; 灌木层中物种丰富度指数最高的为群落 D, 而多样性指数和均匀度指数最高的是群落 B, 群落 A 各指数均最小; 草本层中各指数最大的均为群落 D, 草本层中丰富度指数最小的为群落 A, 而多样性指数和均匀度指数最低的为群落 B(表 2)。

3.2 不同群落主要树种生长动态分析

3.2.1 不同群落华北落叶松生长动态分析 群落 D 中华北落叶松在 1996—2012 年的生长率均高于群落 A-C。经过 1994 年采伐后, 在 1995—1998 年, 群落 A-D 的华北落叶松生长率均有所上升, 其 1995—1998 年平均生长率依次为群落 D(16.84%)>群落 C(15.66%)>群落 B(12.23%)>群落 A(10.60%), 在随后的 3 a 时间内, 各个群落华北落叶松的生长率均迅速下降; 2000 年进行第 2 次采伐后, 2001—2005 年其生长率逐渐上升, 但较 1995—1999 年生长速度有所缓和, 其中群落 D 中华北落叶松生长率最大为 11.05%, 比群落 C 高 27.45%, 比群落 B 和 A 分别高 67.17%、75.68%; 经过 2009 年第 3 次采伐后, 2010—2012 年生长率也呈逐渐上升

的趋势,但各个群落之间的差异明显减小,其中群落D中华北落叶松的生长率为10.75%,比群落C高

8.48%,比群落B和A分别高13.52%、46.26%(图2)。

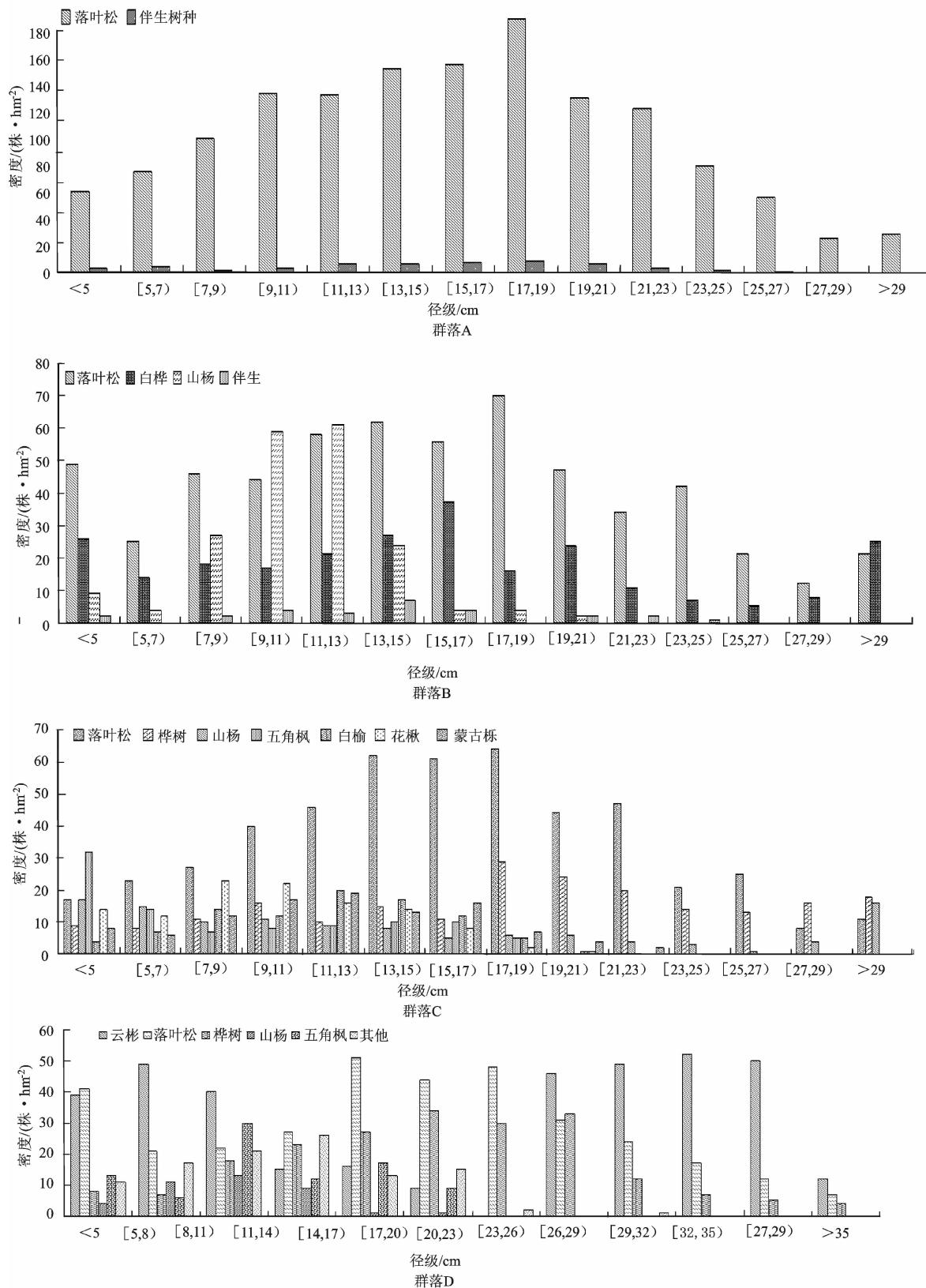


图1 不同群落树种组成结构

Fig. 1 Structure graph on tree species composition of different communities

表 2 不同群落各层次物种多样性

Table 2 Species diversity of different community levels

层次	群落	丰富度指数		多样性指数		均匀度指数	
		Menhinnick	Margalef	Simpson	Shannon-Wiener	Menhinnick	Margalef
乔木层	A	0.130 1	0.556 3	0.074 9	0.210 3	0.345 9	0.093 6
	B	0.137 3	0.652 5	0.650 9	1.238 6	0.760 7	0.781 0
	C	0.285 6	1.265 6	0.836 8	1.971 2	0.829 8	0.821 8
	D	0.293 6 0.183 7	1.275 5	0.771 6	1.719 6	0.837 3	0.857 3 0.523 2
灌木层	A		1.232 3	0.613 5	1.567 2	0.418 4	0.697 9
	B	0.232 1	2.043 2	0.772 7	2.054 8	0.511 3	0.638 7
	C	0.270 3	1.742 9	0.703 4	1.729 6	0.499 6	0.573 8
	D	0.278 0	2.402 0	0.678 8	1.773 5	0.432 0	
草本层	A	1.983 5	8.424 0	0.976 4	3.988 7	0.781 0	0.948 6
	B	2.052 8	9.375 5	0.967 8	3.761 6	0.714 7	0.930 4
	C	2.079 5	9.708 8	0.976 7	4.006 6	0.777 6	0.946 3
	D	2.089 8	10.334 0	0.980 3	4.128 7	0.813 6	0.956 3

3.2.2 不同群落白桦生长动态分析 在1994—2008年,群落B-D中白桦的生长率曲线整体上呈逐渐下降的趋势,并且各群落之间出现相互重叠交错的状况,其平均生长率为群落D(14.15%)>群落C(13.530%)>群落B(13.29%),群落B中白桦生长曲线略显弱势,但各群落中白桦的生长率差异较小。经过2009年的采伐后,各群落中白桦的生长率有小幅度的上升趋势,在2010—2012年之间平均生长率依次为群落D(11.74%)>群落C(7.57%)>群落B(8.23%),群落D中白桦的生长率较群落B和群

落C有明显的优势(图3)。

3.2.3 不同群落山杨生长动态分析 在1994—2008年,群落C和D中山杨的生长率曲线整体上呈现逐渐下降的趋势,并且各群落之间出现相互重叠交错的状况,其平均生长率为群落D(13.78%)>群落C(11.43%),群落D中山杨的生长率较群落C略显优势。经过2009年的采伐后,各群落中山杨的生长率有小幅度的上升趋势,在2010—2012年之间群落D和C平均生长率分别为7.69%、6.77%,群落C中山杨生长曲线略显弱势,但差异较小(图4)。

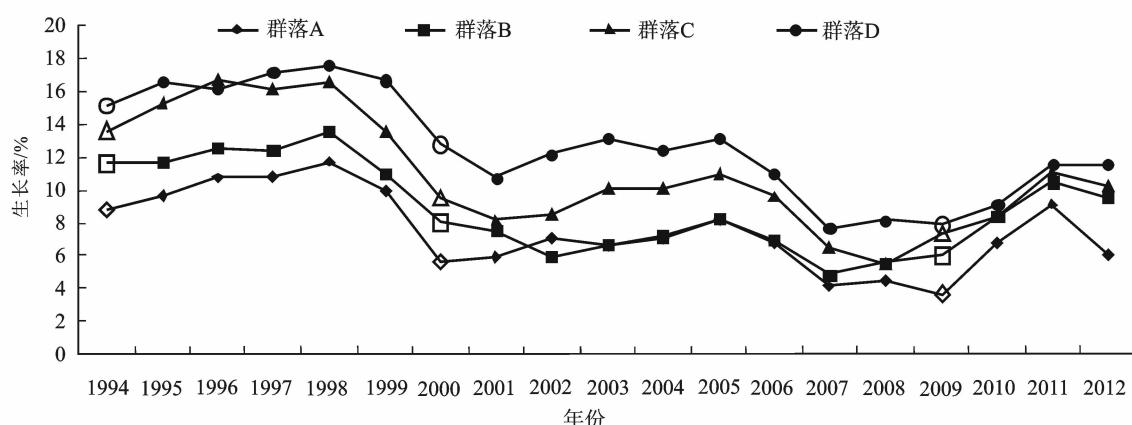


图 2 不同群落落叶松生长过程曲线
Fig. 2 Growth process curve of *L. principis-rupprechtii* in different communities

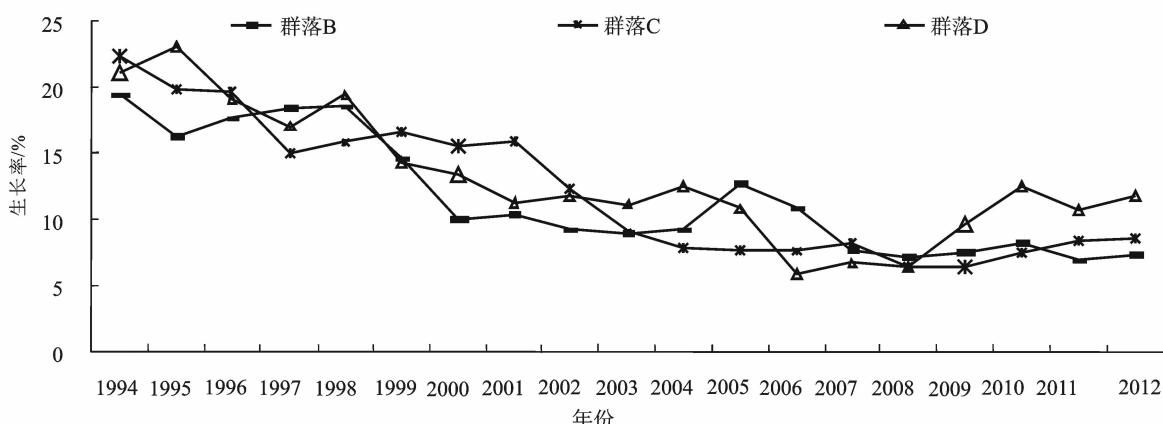


图 3 不同群落白桦生长过程曲线
Fig. 3 Growth process curve of *B. platyphalla* in different communities

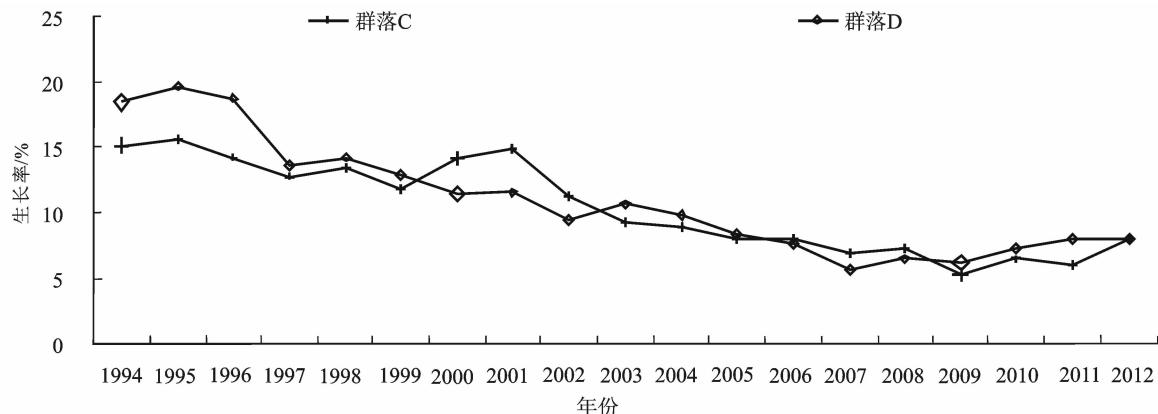


图4 不同群落山杨生长过程曲线

Fig. 4 Growth process curve of *P. davidiana* in different communities

4 结论与讨论

沿坝生态交错带华北落叶松群落是该地区最常见的林分类型,在长期经受不同程度的干扰后,逐渐形成了以落桦、落杨、落栎、杉落、杉阔为代表的地带性植被群落。本研究以该地区落叶松纯林、落桦针阔混交林、落阔(桦、杨、栎、枫等)、杉落针阔混交林等4个不同落叶松群落类型为研究对象,对其不同群落树种的生长过程进行分析,并对比了不同群落之间的差异,探讨适合该地区的森林生长演替经营模式,不仅对发展杉落针阔混交林经营理论具有理论价值,而且对于指导经营各类型林分实践具有现实意义。

1)沿坝生态交错带植被种类较为丰富,但以人工落叶松纯林、人工辅助天然更新落桦混交林、人工辅助天然更新落阔(桦、杨、栎、枫等阔)混交林和杉落针阔人天混交林4个类型为代表,在群落A落叶松纯林内,华北落叶松林木生长状况较好,占据着林分主要的生态空间。在群落B内(6落4桦+杨栎)落叶松种群的分布范围最大,但平均胸径较小,相对而言,样地内白桦的平均胸径较大,表明该样地是从以杨桦为先锋树种的种群逐渐演化至落桦优势群落。从整个林分径级分布来看,样地的树种主要分布在17~19 cm径阶之前,幼树也占用一部分空间,林分分布主要是中下层空间,空间结构比较紧密,而上层空间相对稀疏,这样的空间结构对灌木和草本的影响较大。在天然次生林群落C内(4落叶松2白桦、2杨+榆十五角枫+花楸+蒙古栎-红桦-黑桦-硕桦),除落叶松和白桦以外,其他种群数量分布较为均匀,有一定的梯度变化,群落生态稳定性相对较高。在群落D内(5云杉3落叶松2白桦-山杨-五角枫-花楸-蒙古栎-红桦-黑桦-油松),以云杉、落

叶松和白桦的蓄积量最大,断面积和占样地断面积总和的77.1%,而其他的伴生树种优势度相对较小。

2)群落D中乔木层、灌木层和草本层的丰富度指数、均匀度指数和多样性指数相对较高,而群落A中各层次的各指数相对较低。王俊玲^[16]对六盘水林区华北落叶松群落物种多样性、生产力及个体生长量进行了研究,结果显示:华北落叶松纯林多样性最小,而落叶松阔叶混交林多样性较大。华北落叶松纯林内的植物种数仅为混交林的53%~60%。植物总数量也只有混交林的16%~38%。仅从植物多样性考虑,人工华北落叶松林还需要相当长的时间及人为的调控措施,才能达到顶级植物群落状态。

3)落叶松生长曲线可以明显反映出群落D>群落C>群落B>群落A。混交林群落B-D的白桦树木生长出现交错现象,从各阶段平均值比较可以看出,各群落内的生长过程次序依次为群落D>群落C>群落B。山杨生长过程曲线的排序为群落D>群落C。说明混交群落比纯林具有较强的活力,更适宜生长,而杉落针阔混交林比纯林和其他形式的混交群落具有更高的演替度和稳定性。田军^[17]等对河北省围场县不同经营措施华北落叶松人工林的植被进行了调查并分析其演替趋势,结果表明,适度的间伐及增加阔叶树种种源可以促进油松林和华北落叶松人工林的正向演替。

综上所述,对4个典型林分类型的样地数据进一步分析认为,只对现有华北落叶松人工林纯林进行间伐而不进行其他干扰,其结构和功能也最为单一,其林下更新较难,单层华北落叶松纯林的情况在短期内将得以持续。人工辅助天然更新成以现有华北落叶松为主林层,以演替更新层中竞争胜出的桦、栎、杨、枫等为亚林层的复层异龄林,物种丰富度和

多样性明显大于纯林群落。在数量上占绝对优势的华北落叶松、白桦和山杨3个种,生长较快,成林迅速,在演替过程中无法与寿命较长的树种竞争,但同样寿命较短,且不耐阴,在与高大的针叶树种竞争上层空间时也无优势,其主导地位最终都将被云杉所取代,经过中期过渡树种出现后,异龄、复层、混交的格局将形成,最终将成为该地稳定的杉落针阔混交林群落。

参考文献:

- [1] 王建华.赣南丘陵山地森林健康监测与分析研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [2] 杨涛,王得祥,周金星,等.陕北黄土丘陵沟壑区退耕地植物群落演替规律及物种多样性动态研究[J].西北林学院学报,2009,24(5):10-15.
YANG T,WANG D X,ZHOU J X, et al. Vegetation succession and species diversity dynamics of the plant communities in the Loess Hilly and Gully Region[J]. Journal of Northwest Forestry University,2009,24(5):10-15. (in Chinese)
- [3] 周戎.江苏省云台山地区楸树生长规律与分布研究[D].南京:南京林业大学,2009.
- [4] 李军,马存世.华北落叶松生长分析[J].林业实用技术,2008(10):10-12.
- [5] 高广磊,丁国栋,张佳音,等.华北土石山区天然次生林空间结构特征分析[J].水土保持通报,2011,31(6):158-162.
GAO G L,DING G D,ZHANG J Y, et al. Spatial structural characteristics of natural secondary forest in rocky mountain area of Northern China[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2011,31(6):158-162. (in Chinese)
- [6] 王雄宾.华北土石山区主要针叶树种人工林基于生态功能优化的密度调控研究[D].北京:北京林业大学,2010:27.
- [7] 范敏锐,吕锡芝,余新晓,等.森林生态系统健康快速评价研究[J].水土保持通报,2010,30(3):196-200.
FAN M R, LV X Z,YU X X, et al. Rapid assessment of forest ecosystem health[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2010,30(3):196-200. (in Chinese)
- [8] GAO G, DING G, WANG H, et al. Restoring monoculture plantation using stand spatial structure analysis [J]. Forest Systems,2013,22(1):147-151.
- [9] 万丽,刘昀东,丁国栋,等.密度调控对油松人工林空间结构的影响[J].四川农业大学学报,2013, 31(1):27-31.
- [10] WAN L, LIU Y D, DING G D, et al. Effects of density control on the spatial structure of *Pinus tabulae formis* plantation [J]. Journal of Sichuan Agricultural University,2013, 31(1): 27-31. (in Chinese)
- [11] KOIKE T, KITAO M, MARUYAMA Y, et al. Leaf morphology and photosynthetic adjustments among deciduous broad leaved trees within the vertical canopy profile[J]. Tree Physiology,2010, 21(12):951-958.
- [12] PORTE A, BARTELINK H H. Modeling mixed forest growth: a review of models for forest management[J]. Ecological Modeling,2002,150:476-478.
- [13] 梁文俊,丁国栋,韦立伟,等.落叶松人工林密度对林木生长的影响[J].水土保持通报.2010,30(4):78-81.
LIANG W J, DING G D,WEI L W, et al. Influences of density of *Larix Principis* on tree growth[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2010,30(4):78-81. (in Chinese)
- [14] 徐国巧.华北落叶松人工林抚育间伐效果研究[D].保定:河北农业大学,2008.
- [15] 张笑培,杨改河,王和洲,等.黄土沟壑区不同植被恢复群落特征及多样性研究[J].西北林学院学报,2011,26(2):22-25.
ZHANG X P,YANG G H,WANG H Z, et al. Species diversity and community characteristics of different vegetation during restoration in the gully region of Loess Plateau[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26 (2): 22-25. (in Chinese)
- [16] 寇萌,焦菊英,杜华栋,等.黄土丘陵沟壑区不同立地条件草本群落物种多样性与生物量研究[J].西北林学院学报,2013,28(1):12-18.
KOU M,JIAO J Y,DU H D, et al. Species diversity and biomass of herbosa at different site conditions in the Hilly-gullied Loess Plateau[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013,28(1):12-18. (in Chinese)
- [17] 王俊玲.六盘山林区华北落叶松群落物种多样性、生产力及个体生长量的研究[D].兰州:兰州大学,2008.
- [18] 田军,张宝祥,徐成立,等.经营干扰对华北落叶松人工林群落演替趋势的影响[J].安徽农业科学,2011,39 (27):16668-166670.
TIAN J, ZHANG B X, XU C L, et al. Study on effects of forest management interference on succession trend of *Larix principis-rupprechtii* plantation[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2011,39(27):16668-166670. (in Chinese)