

# 不同间伐强度对辽东栎林群落稳定性的影响\*

李 荣<sup>1,2</sup> 张文辉<sup>1\*\*</sup> 何景峰<sup>1</sup> 周建云<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>西北农林科技大学西部环境与生态教育部重点实验室, 陕西杨凌 712100; <sup>2</sup>石河子大学农学院, 新疆石河子 832000)

**摘 要** 对黄土高原地区近自然经营间伐强度为 13.4% (弱度间伐) 和 30.0% (强度间伐) 的辽东栎林进行样地调查, 并以未间伐林为对照, 研究间伐后第 5 年建群种的更新潜力、林地生产力、土壤肥力和物种多样性; 应用模糊数学中的隶属函数方法对辽东栎林群落稳定性进行评价. 结果表明: 与对照相比, 弱度和强度间伐使辽东栎林地的更新潜力分别提高了 14.2% 和 20.2%; 立木蓄积量分别减少了 9.0% 和 23.8%, 但灌木生物量分别增加 7.3% 和 12.2%, 草本生物量分别增加 10.5% 和 31.6%. 间伐样地的土壤肥力和物种多样性指数均高于未间伐样地. 辽东栎林群落稳定性表现为: 强度间伐 > 弱度间伐 > 未间伐. 近自然经营采伐强度 30.0% 更适合黄土高原地区辽东栎次生林的抚育管理.

**关键词** 辽东栎 近自然经营 种群更新 土壤肥力 林地生产力 物种多样性

**文章编号** 1001-9332(2011)01-0014-07 **中图分类号** S758.8 **文献标识码** A

**Effects of thinning intensity on community stability of *Quercus liaotungensis* forest on Loess Plateau.** LI Rong<sup>1,2</sup>, ZHANG Wen-hui<sup>1</sup>, HE Jing-feng<sup>1</sup>, ZHOU Jian-yun<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Education of Ministry Key Laboratory of Environment and Ecology in West China, Northwest A & F University, Yangling 712100, Shaanxi, China; <sup>2</sup>College of Agronomy, Shihezi University, Shihezi 832000, Xinjiang, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2011, 22(1): 14-20.

**Abstract:** A sampling plot investigation was conducted on the *Quercus liaotungensis* forests on Loess Plateau, China under close-to-natural management thinning 13.4% (light thinning) and 30.0% (heavy thinning). Taking the un-thinned forest as the control, the population regeneration, woodland productivity, soil fertility, and species diversity of the forests after 5 years of thinning were studied, with the community stability evaluated by calculating the subordinate function values based on fuzzy comprehensive evaluation. Comparing with the control, the regeneration potential of the forests after light and heavy thinning promoted by 14.2% and 20.2%, arbor volume reduced by 9.0% and 23.8%, shrub biomass increased by 7.3% and 12.2%, and herb biomass increased by 10.5% and 31.6%, respectively. In addition, the soil fertility and species diversity indices were higher in thinning forests than in the control. The community stability showed the order of heavy thinning forest > light thinning forest > un-thinned forest, suggesting that the close-to-natural management thinning 30.0% was more suitable to the management of secondary *Q. liaotungensis* forest on Loess Plateau.

**Key words:** *Quercus liaotungensis*; close-to-natural forest management; population regeneration; soil fertility; woodland productivity; species diversity.

在黄土高原地区, 次生林的主要功能是保持水土和维护区域生态平衡, 其中生态防护效益尤为重要. 辽东栎林是黄土高原地区典型地带性植被<sup>[1]</sup>, 其群落的稳定性关系到当地的生态防护和天然林持续发育.

森林只有在合理的经营条件下才能实现生态效益和经济效益的不断增强. 近几十年来, 作为森林经营的主要方式之一, 近自然林经营方式既能最大限度地保护生物多样性, 提升森林生态功能, 又能产生一定的经济效益, 因此受到国内外同行的认可<sup>[2-6]</sup>. 间伐强度是森林经营措施中的关键环节. 间伐后森林能否向更稳定的方向发展是评价抚育间伐措施最直接的依据.

\* 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD09B03)资助.

\*\* 通讯作者. E-mail: zwhckh@163.com

2010-06-27 收稿, 2010-10-26 接受.

稳定性是生态系统的—个最基本的功能特征。目前,国内外对稳定性机制研究主要是从生物多样性理论、种间竞争协调理论、顶极稳定群落理论、种群自调节与生态对策、功能及遗传变异的角度展开的<sup>[7-9]</sup>。

此前有关辽东栎林的研究主要涉及种群动态和物种多样性等方面<sup>[10-13]</sup>,而对间伐后的抚育效果评价很少,尤其是对黄土高原地区近自然经营采伐措施后辽东栎林的稳定性还未见研究报道。本研究以黄土高原地区黄龙山林区近自然经营间伐后 5 年的辽东栎林为对象,研究不同间伐材积强度对辽东栎林群落稳定性的影响,并以建群种的种群更新潜力、林地生产力、土壤肥力和物种多样性等为评价指标,建立森林群落稳定性评价体系<sup>[14]</sup>,以期为我国黄土高原地区辽东栎林的间伐经营提供科学依据。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

研究区域选择在中国黄土高原地区陕西黄龙山林区(35°28'46"—36°02'01" N, 109°38'49"—110°12'47" E),海拔 962.6 ~ 1783.5 m。该地区属暖温带半湿润与半干旱气候的过渡地带,年平均气温 8.6 °C,年均降水量 611.8 mm。地带性植被为暖温带落叶阔叶林,主要乔木建群种为辽东栎(*Quercus liaotungensis*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、茶条槭(*Acer ginnala*)和白桦(*Betula platyphylla*)等,天然植被覆盖率 85%<sup>[15]</sup>。

长期以来,黄土高原森林主要用于木材采伐和林地放牧,导致优势种群如油松林、辽东栎林的林地蓄积量和生产力下降,目的树种数量下降。1998 年

实施天然林保护工程后,严格的封育措施使林地生态效益得到充分发挥,但由于缺乏合理的经营管理措施,造成林下更新幼苗匮乏、森林质量退化。目前,该地区大部分辽东栎天然次生林已达到间伐年龄(50 a 左右),乔木层郁闭度高达 0.80 ~ 0.95,林下有树木自然枯死现象。

近自然经营是给保留木创造良好的生长条件而间伐部分林木的一种森林经营措施。实施目标树单株林分作业,采取间密留匀,留优去劣原则,伐除直接影响目标树生长的干扰树和过密处生长不良的目的树种,调整林分组成,并将生境恶劣的局部地段(如陡坡、山头)列为保护目标而不进行采伐作业<sup>[5-6]</sup>。

2004 年底,选择生境较一致的辽东栎林,以近自然经营方式进行间伐。间伐材积强度分别为 13.4% 和 30.0%,森林抚育间伐强度分别属于弱度间伐和强度间伐<sup>[16]</sup>。其中,126 林班间伐 10.0 hm<sup>2</sup>,间伐作业材积强度为 13.4%,间伐蓄积量 115.0 m<sup>3</sup>,出材量 82.8 m<sup>3</sup>;142 林班间伐 10.0 hm<sup>2</sup>,间伐材积强度 30.0%,间伐蓄积量 147.0 m<sup>3</sup>,出材量 43.0 m<sup>3</sup>。间伐后,林地郁闭度保持在 0.6 以上。142 林班强度间伐后进行人工促进更新,即 2005 年春季,在距离周围高大乔木 2.0 ~ 3.0 m 的空地上,人工补植 2 年生油松幼苗(高度 ≥ 15 cm,基径 ≥ 0.3 cm)。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 样地设置** 2009 年 8 月(伐后第 5 年),在辽东栎林地建立 20 m × 20 m 样地 12 个。综合考虑立地条件和辽东栎林优势种群的生长状况,在 126 林班设置弱度间伐样地 4 个、未作业样地(对照)2 个;142 林班设置强度间伐样地 4 个、未作业样地(对照)2 个,进行样地基本特征调查(表 1)。

表 1 调查样地的林地特点

Table 1 Stand characteristics of survey plots

间伐强度 Thinning intensity	样地号 Plot	海拔 Altitude (m)	坡向 Aspect	坡度 Slope (°)	坡位 Location	高度 Height (m)	胸径 DBH (cm)	密度 Density (trees · hm <sup>-2</sup> )	郁闭度 Canopy density	地点 Site
对照	1-1	1180	阴坡 Shady	11	下部 Bottom	10.55	14.69	625	0.85	126 林班 126 Group
CK	1-2	1403	阳坡 Sunny	33	中下部 Lower	12.38	17.17	625	0.85	142 林班 142 Group
	1-3	1434	阳坡 Sunny	27	中部 Middle	12.13	16.89	675	0.86	126 林班 126 Group
	1-4	1517	阴坡 Shady	5	中上部 Upper	11.50	18.19	675	0.88	142 林班 142 Group
弱度	2-1	1130	阴坡 Shady	16	下部 Bottom	12.55	14.79	525	0.70	126 林班 126 Group
Light	2-2	1470	阳坡 Sunny	15	中部 Middle	11.24	15.74	525	0.75	126 林班 126 Group
	2-3	1480	阴坡 Shady	22	中部 Middle	9.53	15.42	550	0.75	126 林班 126 Group
	2-4	1509	阳坡 Sunny	28	中上部 Upper	12.05	16.13	600	0.78	126 林班 126 Group
强度	3-1	1336	阳坡 Sunny	15	中下部 Lower	11.49	16.34	450	0.65	142 林班 142 Group
Heavy	3-2	1341	阳坡 Sunny	16	中部 Middle	11.79	14.58	475	0.68	142 林班 142 Group
	3-3	1381	阴坡 Shady	13	中上部 Upper	12.03	14.34	425	0.66	142 林班 142 Group
	3-4	1398	阴坡 Shady	34	上部 Top	11.63	13.91	500	0.70	142 林班 142 Group

**1.2.2 调查方法** 每块样地(20 m×20 m)的4个角与中央,分别设置5 m×5 m灌木样方5个、2 m×2 m草本样方5个.调查内容包括:1)生境:地形地貌、海拔、坡向、坡度和坡位.2)群落学特征:物种的组成、高度和盖度.3)乔木调查:根据高度将乔木划分为成树(H≥5.0 m)和幼苗幼树(H<5.0 m).成树在20 m×20 m样地中调查,所有乔木进行每木检尺,记录每个物种的物种名、高度、胸径和冠幅;幼苗幼树在灌木样方中调查.4)灌木调查:在5 m×5 m灌木样方中,分物种测定各灌木和乔木幼苗幼树的多度、盖度和高度和频度.5)草本调查:在2 m×2 m草本样方中,分物种测定草本物种的多度、盖度、高度和频度.6)土壤肥力测定:在每个样地中,选5处(即每个灌木样方中选1处)进行土壤分层(0~20 cm、20~40 cm和40~60 cm)取样,土样带回室内,采用常规土壤化学分析法进行土壤肥力测定<sup>[17]</sup>.7)生物量测定:乔木测定每株胸径与树高,查阅立木材积表<sup>[18]</sup>,用地上立木体积(蓄积量)代替生物量;灌草生物量测定采用选择标准株法<sup>[17]</sup>.

**1.2.3 稳定度指标体系的建立** 选择评价指标时,以优势种群数量动态、林地生产力、土壤肥力和物种多样性4类指标14个因子构成稳定度指标体系,应用模糊数学中隶属函数的方法对森林群落稳定性进行综合评价,公式如下:

$$P(X_{ijk}) = P_{ijk} / P_{kmax}$$

式中: $P(X_{ijk})$ 为第*i*群落第*j*个属性第*k*项指标的标准化值; $P_{ijk}$ 表示第*i*群落第*j*个属性参数第*k*个原始指标值; $P_{kmax}$ 为所有参评森林群落中第*k*项指标的最大值<sup>[14]</sup>.

**1.2.4 群落稳定性各指标** 1)种群更新潜力:以优势乔木树种(辽东栎、油松、茶条槭)的幼苗幼树占优势种群的比例,作为评价种群更新潜力的依据.

2)林地生产力:参评因子为乔木蓄积量、灌木生物量和草本生物量.

3)土壤肥力:参评因子为土壤有机质、全氮、全磷、速效氮和速效磷含量.

4)物种多样性:参评因子为物种丰富度指数、物种多样性指数(Simpson指数和Shannon指数)、均匀度指数(Pielou指数和Alatalo指数)<sup>[19]</sup>.

5)参与模糊综合评判的数据处理:模糊综合评判要求每个参与评判的数据都是等价的,本文采用标准化处理方法<sup>[14]</sup>.

### 1.3 数据处理

所有数据均采用SPSS 11.5软件进行统计分析.采用单因素方差分析(one-way ANOVA)和最小显著差异法(LSD)比较不同间伐强度间的差异.显著性水平设定为 $\alpha=0.05$ .

## 2 结果与分析

### 2.1 间伐强度对辽东栎林种群更新潜力的影响

由表2可以看出,建群树种的幼苗幼树密度在1587~2648株·hm<sup>-2</sup>,且在样地中观察到辽东栎、油松和茶条槭的天然更新幼苗.与对照相比,弱度和强度优势种群成树数量分别减少了15.4%和28.8%,但其幼苗和幼树的数量分别增加47.6%和66.9%,且不同处理间有显著差异(表2).样地种群更新潜力均大于70.8%,与对照相比,弱度和强度种群更新潜力分别增加14.2%和20.2%,且不同处理间有显著差异(表2).由此可见,种群更新潜力随着间伐强度的增加而增加.

### 2.2 间伐强度对辽东栎林林地生产力的影响

由表3可以看出,与对照相比,弱度和强度乔木蓄积量分别减少了9.0%和23.8%,但灌木生物量分别增加7.3%和12.2%,草本生物量分别增加10.5%和31.6%,且不同处理间均存在显著差异(表3),说明间伐措施在降低立木蓄积量的同时促进了灌草层生物量的增加.

### 2.3 间伐强度对辽东栎林土壤肥力的影响

由表4可以看出,辽东栎林土壤肥力大致呈现出对照<弱度<强度的趋势,说明不同强度间伐可以提高土壤肥力,尤其是提高有机质和氮素(包括全氮和速效氮)的含量.

表2 不同间伐强度下辽东栎林种群更新潜力

Table 2 Regenerative potential of *Quercus liaotungensis* forest population under different thinning intensities

项目 Item	间伐强度 Thinning intensity (mean±SE)			F 值 F value	P
	对照 CK	弱度 Light	强度 Heavy		
幼树 Saplings (trees·hm <sup>-2</sup> )	1587±76b	2343±107a	2648±36a	28.500	<0.001
成树 Mature trees (trees·hm <sup>-2</sup> )	650±14a	550±18a	463±16b	13.125	0.020
总计 Total (trees·hm <sup>-2</sup> )	2237±65b	2893±89a	3111±54a	18.988	0.001
种群更新潜力 Regenerative potential of population (%)	70.84±1.34c	80.89±1.26b	85.14±0.28a	37.556	<0.001

表 3 不同间伐强度下辽东栎林林地生产力

Table 3 Woodland productivity of *Quercus liaotungensis* forest under different thinning intensities

项目 Item	间伐强度 Thinning intensity (mean±SE)			F 值 F value	P
	对照 CK	弱度 Light	强度 Heavy		
乔木蓄积量 The volume of arbor ( $m^3 \cdot hm^{-2}$ )	125.00±3.63a	113.75±3.57b	95.25±3.04c	19.272	0.001
灌木生物量 Biomass of shrub ( $t \cdot hm^{-2}$ )	0.82±0.01b	0.88±0.02ab	0.92±0.03a	4.861	0.040
草本生物量 Biomass of herb ( $t \cdot hm^{-2}$ )	0.57±0.03b	0.63±0.05a	0.75±0.03a	7.332	0.013

表 4 不同间伐强度下辽东栎林土壤肥力特征

Table 4 Characteristics of soil fertility of *Quercus liaotungensis* forest under different thinning intensities

项目 Item	间伐强度 Thinning intensity (mean±SE)			F 值 F value	P
	对照 CK	弱度 Light	强度 Heavy		
有机质 Organic matter ( $g \cdot kg^{-1}$ )	9.656±0.427b	9.797±0.403a	12.140±0.651a	7.557	0.012
全氮 Total N ( $g \cdot kg^{-1}$ )	0.439±0.013a	0.492±0.029a	0.516±0.021a	3.351	0.082
全磷 Total P ( $g \cdot kg^{-1}$ )	0.102±0.011a	0.104±0.009a	0.109±0.012a	0.118	0.890
速效氮 Available N ( $mg \cdot kg^{-1}$ )	17.673±0.731a	18.506±0.446a	19.831±0.917a	2.257	0.161
速效磷 Available P ( $mg \cdot kg^{-1}$ )	3.603±0.107a	3.605±0.131a	3.615±0.107a	0.093	0.912

## 2.4 间伐强度对辽东栎林物种多样性的影响

由表 5 可以看出,间伐样地乔木物种较多,且在不同处理间多样性指数差异显著;灌木物种的丰富度指数在间伐样地略有降低,但其多样性指数和均匀度指数略有增加;草本物种的各项指数在不同处理间均无显著差异.调查发现,在间伐样地中,定居和扩张的新的乔木物种主要是短命的先锋树种或者喜光的阔叶树种,如山杨(*Populus davidiana*)、白桦、杜梨(*Pyrus betulaefolia*)和山荆子(*Malus baccata*)等;灌木层盖度均高于对照;一些一年生阳性草本植

物在间伐样地中出现或大量繁殖,导致其草本层物种数和盖度均高于对照.

## 2.5 辽东栎林稳定性评价

应用模糊数学的隶属函数方法,从优势种群数量动态、林地生产力、土壤肥力和物种多样性 4 类指标 14 个因子,研究不同强度近自然经营间伐对辽东栎林群落稳定性的影响.由表 6 可以看出,伐后 5 年,辽东栎的群落稳定性表现为:强度间伐>弱度间伐>对照,说明近自然经营间伐有利于群落稳定性的提高.

表 5 不同间伐强度下辽东栎林物种多样性指数

Table 5 Species diversity indexes of *Quercus liaotungensis* forest under different thinning intensities

层次 Layer	指数 Index	间伐强度 Thinning intensity (mean±SE)			F 值 F value	P
		对照 CK	弱度 Light	强度 Heavy		
乔木 Arbor	S	3.8±0.5b	9.8±0.5a	10.0±0.7a	39.196	<0.001
	D	0.534±0.103b	1.332±0.076ab	1.465±0.043a	4.480	0.045
	H	0.262±0.051b	0.564±0.041b	0.640±0.027a	6.893	0.015
	$J_w$	0.404±0.047b	0.573±0.031a	0.626±0.026a	41.591	<0.001
	$E_a$	0.523±0.034a	0.497±0.042a	0.573±0.026a	1.613	0.252
灌木 Shrub	S	15.3±1.9a	14.3±1.5a	10.3±1.3a	3.447	0.077
	D	2.032±0.050a	2.208±0.086a	1.945±0.154b	24.104	<0.001
	H	0.764±0.035a	0.833±0.029a	0.790±0.040a	0.968	0.416
	$J_w$	0.732±0.038a	0.826±0.040a	0.826±0.033a	1.549	0.264
	$E_a$	0.547±0.057b	0.725±0.053a	0.734±0.030a	10.265	0.005
草本 Herb	S	6.3±1.3a	8.0±1.6a	15.8±2.6a	2.140	0.174
	D	0.794±0.153a	0.768±0.150a	1.216±0.096a	0.524	0.609
	H	0.383±0.081a	0.352±0.082a	0.519±0.043a	1.223	0.339
	$J_w$	0.432±0.077a	0.361±0.052a	0.436±0.040a	4.807	0.038
	$E_a$	0.548±0.066a	0.482±0.048a	0.469±0.035a	0.677	0.532

S: 丰富度指数 Species abundance index; D: Simpson 指数 Simpson index; H: Shannon 指数 Shannon index;  $J_w$ : Pielou 指数 Pielou index;  $E_a$ : Alatalo 指数 Alatalo index. 下同 The same below.

表6 辽东栎林群落稳定性评价  
Table 6 Evaluation on *Quercus liaotungensis* forest community stability

项目 Item	间伐强度 Thinning intensity (mean±SE)		
	对照 CK	弱度 Light	强度 Heavy
种群更新潜力 Regenerative potential of population	0.832	0.950	1.000
乔木蓄积量 The volume of arbor	1.000	0.910	0.762
灌木生物量 Biomass of shrub	0.891	0.957	1.000
草本生物量 Biomass of herb	0.760	0.840	1.000
有机质 Organic matter	0.796	0.807	1.000
全氮 Total N	0.851	0.953	1.000
全磷 Total P	0.936	0.954	1.000
速效氮 Available N	0.891	0.933	1.000
速效磷 Available P	0.983	0.984	1.000
S	0.701	0.889	1.000
D	0.726	0.931	1.000
H	0.722	0.897	1.000
$J_w$	0.830	0.932	1.000
$E_a$	0.911	0.960	1.000
隶属函数值 Subordination function value	0.845	0.921	0.983

### 3 讨 论

通常认为,以禁伐、禁牧为主的封禁措施能够发挥自然演替功能,促使森林植被自然恢复和利于林分结构调整.辽东栎种群具有广生态幅和较强的环境适应能力<sup>[15]</sup>,是黄土高原地区比较稳定的森林植物群落.但是从本研究结果来看,研究区域的辽东栎林多为近成熟林,郁闭度较高,林冠光照不充足,处在缓慢退化的状态,仅靠自然恢复促使森林结构优化、提高森林林分质量和生态效益过于缓慢.

近自然经营是一种人力与自然力相结合,最大限度地发挥自然力的作用,促使森林能可持续发展的森林经营模式<sup>[5]</sup>.本研究中,即使在未采伐(对照)区,建群树种辽东栎、油松和茶条槭也能够进行自我更新,而近自然经营间伐(弱度和强度)使优势种群成树数量减少,促进其幼苗数量增加,提高了幼苗更新潜力,加快了更新速度.分析其原因,主要是在于研究区林冠下缺乏充足的光照,地温低,不利于林下幼苗、幼树的定居和生长.一方面,近自然经营间伐后,种群密度减小,林内光照增强,林内保留母树结实量增加,种子萌发的机率增多;另一方面,

由于林内光照充足,大大提高了土壤温度,有利于种子打破休眠,促进种子萌芽与幼苗生长.这与韩景军等<sup>[20]</sup>以不同采伐方式研究云冷杉林更新的影响结果相一致,择伐后不需代价很高的造林,就能完成树种较为理想的天然更新.当然,人工种植油松幼苗有利于提高林分质量,促进辽东栎林向松栎针阔叶混交林方向发展.

近自然经营间伐后,减少了同龄个体间的竞争压力,为保留木提供了更多的生存空间,使其迅速生长.虽然乔木蓄积量呈现出对照>弱度>强度的趋势,但与2005年(伐后第1年)对照、弱度间伐与强度间伐区的立木蓄积量分别是(111.75±3.20)、(97.50±3.01)和(78.25±2.39) m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>相比(资料未显示),间伐后第5年,立木蓄积量分别增加了11.9%、16.7%和21.7%,说明间伐措施可以提高立木蓄积量年增长率.这与董希斌等<sup>[21]</sup>的研究结论相一致.同时,光照和营养状况的改善,也促使灌、草层生物量提高.

间伐能使林窗打开,改善森林光照,从而影响立地环境<sup>[22]</sup>,使枯落物分解所形成的有机质含量增加,促进土壤养分的积累,进一步提高林地土壤肥力<sup>[23]</sup>.本研究中,间伐措施提高了有机质和氮素含量,主要是间伐后,大部分枝梢留在原地,保留了林地生态系统中的有机营养物质.

间伐后,辽东栎林的物种组成、结构和功能等方面发生改变,决定了不同间伐强度在物种多样性(丰富度、多样性和均匀度)特征上的差异.实施近自然经营间伐后,种子库中许多喜光的先锋物种(如白桦和山杨)迅速萌发,缓解了林内物种间的竞争压力,在有效保护林下物种的同时,有效地促进了物种的繁衍和扩张,使得林分物种多样性增加<sup>[24]</sup>.这与蔡年辉等<sup>[25]</sup>和吴涛等<sup>[26]</sup>的研究结论相类似.

间伐后5年,辽东栎群落稳定性表现为:强度间伐>弱度间伐>对照.实地观察发现样地中建群树种辽东栎、油松和茶条槭在不同径级、不同高度的种群分布数量更加趋于平衡,促进了森林向混交、复层和异龄化方向发展.说明近自然经营可以加快森林演替速度,合理择伐对北方森林经营能起到积极的促进作用<sup>[27]</sup>.

本研究建立的综合评判森林群落稳定性的评价体系模型,反映了森林群落特征和演替进程,可操作性强<sup>[14]</sup>,尤其对辽东栎林近自然经营间伐后5年的

稳定性评价结果符合实地调查的森林状况,并且能够客观反映当地森林群落的发育状况和演替趋势,说明该评价体系适合于辽东栎林近自然经营后的稳定性评价。

#### 4 结 论

在黄龙山林区,辽东栎林郁闭度较大,且进入近成熟期,处在退化的次生林状态中,如不进行管理可能会造成林分质量下降。近自然经营间伐可以促进优势树种(如辽东栎、油松和茶条槭)的自然更新,增加林地可利用营养物质;促进先锋树种或者喜光的阔叶树种定居与生长,利于森林有机物质积累,增加物种多样性,促使未来森林混交,并向复层、异龄化方向发展。

近自然经营技术体系适合当地次生林抚育管理,尤其是间伐强度 30.0% (强度间伐)更有利于辽东栎群落的稳定性。通过适当的间伐和人工补植幼苗、幼树,可以维持植被群落的稳定性,促使森林植物组成与立地条件朝着健康的森林演替方向发展。

#### 参考文献

- [1] Kang Y-X (康永祥), Yue J-W (岳军伟), Zhang Q-M (张巧明). Classification of *Quercus liaotungensis* communities and biodiversity in the Huanglong Mountain. *Journal of Northwest Forestry University* (西北林学院学报), 2007, **22**(3): 7-10 (in Chinese)
- [2] Parrotta JA, Knowles OH, Wunderle JM. Development of floristic diversity in 10-year-old restoration forests on a bauxite mined site in Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 1997, **99**: 21-42
- [3] Olsthoorn AFM, Bartelink HH, Gardiner JJ, et al. Management of Mixed-species Forest: Silviculture and Economics. Wageningen, the Netherlands: DLO Institute for Forestry and Nature Research, 1999
- [4] Shao Q-H (邵青还). An elucidation to nature-approximating forestry and forestry target. *World Forestry Research* (世界林业研究), 2003, **16**(6): 1-5 (in Chinese)
- [5] Lu Y-C (陆元昌). Theory and Practice of Close-to-Natural Forest Management. Beijing: Science Press, 2006: 63-66 (in Chinese)
- [6] Xiu Q-X (修勤绪), Lu Y-C (陆元昌), Cao X-P (曹旭平), et al. Effect of target tree stand management on natural regeneration of *Pinus tabulaeformis* plantations on Loess Plateau area. *Journal of Southwest Forestry University* (西南林学院学报), 2009, **29**(2): 13-19

- (in Chinese)
- [7] Dang C-L (党承林), Wang C-Y (王崇云), Wang B-R (王宝荣), et al. Succession and stability in plant community. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 2002, **21**(2): 30-35 (in Chinese)
  - [8] Yan D-F (闫东锋), Li J-L (李纪亮), He R-Z (何瑞珍), et al. Community stability of oak natural secondary forest in Baotianman Nature Reserve. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北林学院学报), 2006, **21**(5): 69-73 (in Chinese)
  - [9] Liu Z-W (刘增文), Li Y-S (李雅素). History and status of research of ecosystem stability. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 1997, **15**(2): 58-61 (in Chinese)
  - [10] Hou J-H (侯继华), Huang J-H (黄建辉), Ma K-P (马克平). Eleven-year population growth dynamics of *Quercus liaotungensis* forest in the Dongling Mountain, northern China. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), 2004, **28**(5): 609-615 (in Chinese)
  - [11] Yan X-F (闫兴富). Propagules of *Quercus liaotungensis* population and their relations to the regeneration. *Journal of Northwest Forestry University* (西北林学院学报), 2008, **23**(5): 103-107 (in Chinese)
  - [12] Feng Y (冯 云), Ma K-M (马克明), Zhang Y-X (张育新), et al. Life history characteristics and spatial pattern of *Quercus liaotungensis* population in Dongling Mountain of Beijing. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 2009, **28**(8): 1443-1448 (in Chinese)
  - [13] Zhang Y-X (张育新), Ma K-M (马克明), Qi J (祁建), et al. Multi-scale analysis of plant species diversity of Oak (*Quercus liaotungensis*) forest at Dongling Mountain, Beijing. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2009, **29**(5): 2179-2185 (in Chinese)
  - [14] Guo Q-Q (郭其强), Zhang W-H (张文辉), Cao X-P (曹旭平). Establishment of an evaluation model of the forest communality stability based on fuzzy synthetic evaluation. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), 2009, **45**(10): 19-24 (in Chinese)
  - [15] Lu Y-C (卢彦昌), Zhang W-H (张文辉), Lu Y-C (陆元昌). Effects of different management practices on population structure and dynamics of *Quercus liaotungensis*. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), 2006, **26**(7): 1407-1413 (in Chinese)
  - [16] Shen G-F (沈国舫). Silviculture. Beijing: China Forestry Press, 2009: 303-304 (in Chinese)
  - [17] Zhang X-B (张希彪), Shangguan Z-P (上官周平). The bio-cycle patterns of nutrient elements and stand biomass in forest communities in Hilly Loess Regions. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2005, **25**(3): 527-537 (in Chinese)

- [18] The Construction Bureau of the Ministry of Forestry (林业部林业建设局). General Tree Volume Table. Beijing: China Forestry Press, 2005: 23-94 (in Chinese)
- [19] Ma K-P (马克平). The measure method of bio-community diversity: The method of  $\alpha$ -diversity. *Biodiversity Science* (生物多样性), 1994, **2**(3): 162-168 (in Chinese)
- [20] Han J-J (韩景军), Xiao W-F (肖文发), Luo J-C (罗菊春). Effect of cutting methods on regeneration and habitat for spruce-fir forest. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), 2000, **36**(1): 90-96 (in Chinese)
- [21] Dong X-B (董希斌), Wang L-H (王立海). Impacts of cutting on volume increment and regeneration of different forest. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), 2003, **39**(6): 122-125 (in Chinese)
- [22] Dey DC, Parker WC. Overstorey density affects field performance of under planted red oak (*Quercus rubra* L.) in Ontario. *Northern Journal of Applied Forestry*, 1997, **14**: 120-125
- [23] Zerbe S, Brande A. Woodland degradation and regeneration in Central Europe during the last 1,000 years: A case study in NE Germany. *Phytocoenologia*, 2003, **33**: 683-700
- [24] Kreyer D, Zerbe S. Short-lived tree species and their role as indicators for plant diversity in the restoration of natural forests. *Restoration Ecology*, 2006, **14**: 137-147
- [25] Cai N-H (蔡年辉), Li G-Q (李根前), Lu Y-C (陆元昌). Discuss on the approaching-nature forestry management of *Pinus yunnanensis* pure forests. *Journal of Northwest Forestry University* (西北林学院学报), 2006, **21**(4): 85-88 (in Chinese)
- [26] Wu T (吴涛), Zhang W-H (张文辉), Lu Y-C (陆元昌), et al. Effects of different forest practices on *Pinus tabulaeformis* population numbers and species diversity in the forest region of Huanglongshan Mountain. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), 2006, **26**(5): 1007-1013 (in Chinese)
- [27] Zhao J-H (赵俊卉), Kang X-G (亢新刚), Gong Z-W (龚直文). The effects of selective cutting on regeneration, biodiversity and growth in boreal forest: A review. *Journal of Inner Mongolia Agricultural University* (内蒙古农业大学学报), 2008, **29**(4): 264-270 (in Chinese)

---

作者简介 李荣,女,1971年生,博士研究生,讲师.主要从事森林培育方面的研究. E-mail: Lhfeng7227@sohu.com

责任编辑 李凤琴

---