

近自然经营间伐对辽东栎林植物组成及 林木更新的影响

李 荣^{1,2}, 何景峰¹, 张文辉¹, 周建云¹

(1 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; 2 石河子大学 农学院, 新疆 石河子 832000)

【摘要】【目的】研究不同间伐强度下辽东栎林的植物组成及林木更新状况, 为辽东栎林间伐经营与伐后管理提供依据。【方法】2004 年对黄土高原黄龙山林区辽东栎林固定样地进行近自然经营间伐, 采用间伐材积强度为 13.4%(弱度)间伐后天然更新和间伐材积强度为 30.0%(强度)间伐后人工补植油松 2 种经营措施, 以未间伐为对照, 研究伐后第 1 年(2005 年)和第 6 年(2010 年)林地乔灌木植物组成、单一物种盖度和林木更新状况。【结果】①间伐后第 6 年, 除乔木层盖度外, 弱度与强度间伐样地乔灌木层的物种数、高度和盖度均高于对照样地, 其中乔灌木的物种数及乔木层和草本层高度与对照均无显著差异, 而灌木层高度及乔灌木层盖度与对照均有显著差异。②与伐后第 1 年相比, 伐后第 6 年的林地单一物种盖度发生了改变。③间伐措施使林下乔木幼苗幼树密度增加, 尤其是辽东栎、油松、茶条槭和山杨, 其幼苗幼树密度均随着间伐强度的增加而增大。④调查期间, 辽东栎更新没有困难, 但近自然间伐后, 显著提高了其幼苗幼树密度。⑤间伐后第 6 年, 油松天然更新幼苗幼树数量匮乏, 且间伐措施不能显著提高其幼苗幼树密度, 而人工补植油松是促进幼苗幼树更新的有效手段。【结论】在黄土高原黄龙山林区, 近自然经营间伐措施能够促进辽东栎次生林的植物合理组成以及林木更新, 是一种有效的森林经营方式。积极的经营策略, 如间伐、人工种植幼苗等, 能增加目的树种的数量, 促进森林朝着健康的演替方向发展。近自然经营进行间伐材积强度为 30.0%间伐后人工补植油松, 更适合当地辽东栎次生林的抚育管理。

【关键词】 近自然经营; 间伐; 辽东栎; 油松

【中图分类号】 S792.180.6

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)07-0083-09

Effects of close-to-natural thinning on ground vegetation and tree regeneration of *Quercus wutaishanica* forest

LI Rong^{1,2}, HE Jing-feng¹, ZHANG Wen-hui¹, ZHOU Jian-yun¹

(1 Key Laboratory of Environment and Ecology of Education Ministry in West China, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Agriculture College of Shihezi University, Shihezi, Xinjing, 832000, China)

Abstract: 【Objective】 In this paper, the effects of close-to-natural thinning on ground vegetation and tree regeneration of *Quercus wutaishanica* forest were studied. This would provide reference for cutting operation and management after felling. 【Method】 We conducted investigation on plots of *Q. wutaishanica* forest after thinning with different silvicultural treatments in Huanglongshan region on the Loess Plateau in 2004. Compared with the uncut treatment, managements were close-to-natural forest management thinning 13.4% (light thinning) and self-regenerating forests thinning 30.0% (heavy thinning) and planting of *Pinus tabulaeformis*. The vegetation changes and tree regeneration were observed following the first (2005) and sixth (2010) growing seasons after thinning. 【Result】 ① Growth factors were different under different thinning levels after 6 years' of thinning. There were no significant differences in species number

* [收稿日期] 2010-12-31

[基金项目] 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD09B03)

[作者简介] 李 荣(1971—), 女, 四川岳池人, 讲师, 在职博士, 主要从事森林培育研究。E-mail: Lhfeng7227@sohu.com

[通信作者] 何景峰(1964—), 男, 陕西武功人, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事森林培育研究。E-mail: hjfllky@163.com

of tree, shrub and herb. The growth height of tree and herb showed no significant difference whereas the shrub did. The coverage of tree, shrub and herb showed significant difference. ② Compared with the first year, the cover values of single vegetation had changed after 6 years' thinning. ③ The individual number of the seedling in thinning plots was increased, such as, e. g., *Q. wutaishanica*, *P. tabulaeformis*, *Acer ginnala* and *Populus davidiana*, whose seedling increased with intensity thinning. ④ *Q. wutaishanica* saplings successfully regenerated during the observation period. But the close-to-natural plantation thinning was the key to speed up regeneration development. ⑤ Few natural seedlings of *P. tabulaeformis* was found in unthinning and thinning plots, which proved that this species wasn't able to establish spontaneously. Artificial planting *P. tabulaeformis* seedling after heavy thinning was an effective management to make up for lack of seedling. 【Conclusion】 The close-to-natural forest management was more advantageous to ground vegetation and tree regeneration of *Q. wutaishanica* forest. This can be integrated into silviculture as positive forest conversion management in Huanglong forest region on the Loess Plateau. An active treatment like thinning of stands, or planting of trees, can accelerate forest conversion with regard to number of trees species. Close-to-natural plantation thinning 30.0% (including planting of *Pinus tabulaeformis*) was more suitable for the management of *Q. wutaishanica* secondary forest.

Key words: close-to-natural forest management; thinning; *Quercus wutaishanica*; *Pinus tabulaeformis*

辽东栎(*Quercus wutaishanica*)是黄土高原地区典型的地带性植物,辽东栎林的持续发育,对当地的生态防护和天然林持续发育起着举足轻重的作用^[1]。长期以来,黄土高原黄龙山林区森林主要用于木材采伐、林下放牧,结果导致优势种群如油松林、辽东栎林林地蓄积量、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了充分发挥,但由于缺乏经营管理,黄龙山林区辽东栎天然次生林出现了森林郁闭度大、林分质量差、林木品质下降、林下更新幼苗幼树匮乏等问题。近几十年来,发挥森林自我更新能力的近自然林经营方式,成为森林经营的主要方式之一,它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,因而受到国内外同行的认可^[2-4]。

国内外关于森林更新的研究,主要关注于实生苗定居,以及种子生产、种子生活力、种子萌发与定居所需要的环境条件等^[5-7]。但采伐后,林地光照增加,土壤水分与养分都发生了相应变化,显著影响伐后林地植物的生长^[8],伐后可能造成先锋树种(非目的树种)和杂草入侵,影响林地的植物组成。因此,近自然经营间伐后,研究辽东栎林的植物组成和乔木树种的更新状况十分重要。

本试验以黄土高原黄龙山林区辽东栎林为研究对象,以未间伐区为对照,通过对固定样地在伐后第1年(2005年)和第6年(2010年)的调查,研究不同间伐强度下,近自然经营间伐措施对辽东栎林植物

组成和林木更新的影响,以期为我国黄土高原辽东栎林的间伐经营与伐后管理提供依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区选择在黄土高原陕西黄龙山林场,地理位置为东经 109° 38' 49" ~ 110° 12' 47", 北纬 35° 28' 46" ~ 36° 02' 01", 海拔 962.6 ~ 1 783.5 m, 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,最高气温 36.7 °C,最低气温 -22.5 °C,无霜期 126 ~ 186 d,年均降水量 611.8 mm。地带性植物为暖温带落叶阔叶林,以辽东栎、油松(*Pinus tabulaeformis*)、茶条槭(*Acer ginnala*)、山杨(*Populus davidiana*)和白桦(*Betula platyphylla*)为建群种形成的纯林或者混交林呈镶嵌性分布^[1]。目前,该地区大部分辽东栎天然次生林达到间伐年龄,树龄在 50 年左右,乔木层郁闭度为 0.80 ~ 0.90,林下有树木自然枯死现象。

1.2 研究方法

1.2.1 近自然经营不同间伐强度样地的设置
2004-08,选择盖度占林冠层 80% 以上的辽东栎天然次生林,以近自然经营为指导,设计间伐材积强度分别为 13.4% 和 30.0% (分别属于弱度间伐和强度间伐^[9])的林分各 10.0 hm²,目的是将原来退化的辽东栎天然次生林培育成松栎针阔混交林。近自然经营是为了给保留木创造良好的生长条件而间伐部分林木的森林经营措施。实施目标树单株林分作业,

原则是间密留匀,留优去劣,使林分组成合理、林木分布均匀。间伐区所有的林木分为目标树、生态目标树、干扰树和一般林木,分类依据是:1)目标树:林分中干形完好,生活力强、无病虫害的林木,是主林层中需要长期保留、完成天然下种更新并达到目标直径后才利用的林木。在林区每隔 49~64 m²(即周围 7~8 m 左右)留 1 株目标树,使其均匀地分布在示范林中。在辽东栎次生林中,根据未来的森林经营目标,目标树的选择主要是油松,其次是辽东栎。2)生态目标树:为增加混交树种、保持林分结构稳定性或生物多样性等为目标树服务的林木。在本研究中,主要指茶条槭、山杨和白桦等其他乔木树种。3)干扰树:直接影响目标树生长的需要择伐的林木。4)一般林木:是指以上 3 类林木以外的林木,

包括主林层中的非目标林木或下一个轮伐期需要择伐的林木。采伐干扰树,同时伐去过密处生长不良的目标树^[3]。2004 年底实施采伐作业,间伐后林地郁闭度在 0.6 以上。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,人工补植 2 年生油松幼苗(高度≥15 cm,基径≥0.3 cm)。

2004-08 充分踏勘后,综合考虑辽东栎林的立地条件和优势种群的生长状况,建立 20 m×20 m 的固定样地 12 个,其中未间伐样地(对照)、间伐材积强度为 13.4%间伐样地(弱度)和间伐材积强度为 30.0%间伐样地(强度)各 4 个。2005-08(伐后第 1 年),对 12 个固定样地的基本特征进行调查,结果见表 1。

表 1 2005 年辽东栎林调查样地的基本特征
Table 1 Stand characteristics of the studied *Q. wutaishanica* forest in 2005

间伐强度 Thinning intensity	样地号 Plot	海拔/m Altitude	坡向 Aspect	坡度/(°) Slope	坡位 Location	高度/m Height	胸径/cm DBH	密度/ (株·hm ⁻²) Density	郁闭度 Canopy density
对照 CK	1-1	1 180	阴坡 Shady	11	下部 Bottom	8.94	14.67	600	0.83
	1-2	1 403	阳坡 Sunny	33	中下部 Lower	10.40	16.90	600	0.83
	1-3	1 434	阳坡 Sunny	27	中部 Middle	10.20	16.65	650	0.84
	1-4	1 517	阴坡 Shady	5	中上部 Upper	9.70	17.82	675	0.86
弱度 Light	2-1	1 130	阴坡 Shady	16	下部 Bottom	10.44	14.56	475	0.66
	2-2	1 470	阳坡 Sunny	15	中部 Middle	9.39	15.42	500	0.72
	2-3	1 480	阴坡 Shady	22	中部 Middle	8.02	15.13	525	0.72
	2-4	1 509	阳坡 Sunny	28	中上部 Upper	10.04	15.77	57	0.75
强度 Heavy	3-1	1 336	阳坡 Sunny	15	中下部 Lower	9.49	15.84	400	0.61
	3-2	1 341	阳坡 Sunny	16	中部 Middle	9.73	14.25	425	0.64
	3-3	1 381	阴坡 Shady	13	中上部 Upper	9.92	14.04	375	0.62
	3-4	1 398	阴坡 Shady	34	上部 Top	9.60	13.65	450	0.66

1.2.2 固定样地调查 在每块样地(20 m×20 m)的 4 个角与中央,分别设置 5 m×5 m 的灌木样方 5 个,2 m×2 m 的草本样方 5 个。调查内容:①生境:即地形地貌,包括土壤、海拔、坡向、坡位等。②群落学特征:分层调查植物种的组成、高度、盖度等。按照物种高度划分为 3 个层次:乔木层($H>5.0$ m)、灌木层($1.5<H\leq 5.0$ m)和草本层($H\leq 1.5$ m)^[10]。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($H\leq 5.0$ m)。在 20 m×20 m 样地中调查成树,所有乔木成树进行每木检尺,记录其物种数及每个物种的个体数、高度、胸径和冠幅;在灌木样方中调查幼苗幼树,方法同灌木。④灌木调查:在 5 m×5 m 的灌木样方中,分物种测定灌木物种的个体数、盖度和高度;⑤草本调查:在 2 m×2 m 的草本样方中,分物种测定草本物种的多度、盖度和高度。在整个样地中,植物盖度分为 6 级:1 级为≤1.0%,2 级为 1.1%~5.0%,3 级

为 5.1%~25.0%,4 级为 25.1%~50.0%,5 级为 50.1%~75.0%,6 级为 75.1%~100%^[11]。2005-08,对样地进行第 1 次调查;2010-08,复测 1 次,调查项目相同。

1.2.3 数据分析 所有统计数据均进行单因素方差分析(One-way ANOVE),并进行多重比较,在 $\alpha=0.05$ 水平上进行显著性检验。统计分析全部采用 SPSS11.5 软件进行。

2 结果与分析

2.1 间伐后第 6 年辽东栎林植物的生长状况

表 2 显示,2010 年(伐后第 6 年),弱度与强度间伐样地除了乔木层盖度外,乔灌草层的物种数、高度和盖度均高于对照样地。进一步分析表明,与对照样地相比,间伐样地乔灌草的物种数略有增加,但各处理间无显著差异;乔木层高度在不同处理间差异较小,灌木层高度在弱度间伐和强度间伐中分别

是对照样地的 1.20 和 1.31 倍,草本层高度随间伐强度的增加而略有增大。统计分析结果表明,不同间伐强度下乔木层和草本层高度与对照样地均无显著差异,但灌木层高度与对照样地有显著差异;与对照样地相比,乔木层盖度在弱度间伐和强度间伐中

分别下降了 13.37%和 21.80%,而灌木层、草本层盖度分别增加了 28.21%和 14.10%,21.71%和 35.66%,且乔灌草层盖度在不同间伐强度间均有显著差异(表 2)。

表 2 2010 年不同间伐强度下辽东栎林植物的生长状况

Table 2 Growth factors of *Q. wutaishanica* forest under different thinning levels in 2010

指标 Index	层次 Layer	间伐强度 Thinning intensity			F 值 F-value	P
		对照 CK	弱度 Light	强度 Heavy		
物种数 Species number	乔木 Tree	4.25±0.63 a	4.50±0.65 a	5.25±0.63 a	0.672	0.534
	灌木 Shrub	9.25±0.48 a	10.25±0.85 a	9.75±0.85 a	0.444	0.655
	草本 Herb	6.50±0.65 a	7.00±0.41 a	6.75±0.91 a	0.127	0.882
高度/m Growth height	乔木层 Tree layer	11.64±0.41 a	11.34±0.66 a	11.74±0.12 a	0.204	0.819
	灌木层 Shrub layer	1.18±0.07 b	1.42±0.06 a	1.54±0.02 a	10.832	0.004
	草本层 Herb layer	0.32±0.04 a	0.37±0.03 a	0.40±0.07 a	0.650	0.545
盖度/% Vegetation coverage	乔木层 Tree layer	86.00±0.71 a	74.50±1.66 b	67.25±1.11 c	59.874	<0.001
	灌木层 Shrub layer	19.50±1.26 b	25.00±1.47 a	22.25±0.63 a	4.584	0.042
	草本层 Herb layer	32.25±2.72 b	39.25±1.25 ab	43.75±1.93 a	7.941	0.010

注:表中数据为平均值±标准误。同行数据后标不同字母者表示差异显著(α= 0.05)。下表同。

Note:The figures of table are mean±SE. Data in the same row with different letters indicating significant differences (α= 0.05). The following table is same.

2.2 间伐后辽东栎林乔灌草单一物种盖度的变化

由表 3 可以看出,出现频度最高且盖度占显著优势的乔木为辽东栎,盖度级为 5(实际盖度 51.52%~66.67%);其次为油松和茶条槭(盖度级 2~3);其他乔木盖度较低(盖度级≤3),尤其是漆树

(*Toxicodendron vernicifluum*)、山桃(*Amygdalus davidiana*)和榆树(*Ulmus pumila*),其只在个别样地中出现。调查期间,除对照样地中白桦有自然枯死现象而导致其盖度下降外,其他乔木树种的盖度均有所上升。

表 3 不同间伐强度下辽东栎林单一物种盖度级的变化

Table 3 Coverage changes of a single vegetation of *Q. wutaishanica* forest under different thinning levels

植物种 Species	对照 CK		弱度间伐 Light thinning		强度间伐 Heavy thinning	
	2005	2010	2005	2010	2005	2010
乔木 Tree						
辽东栎 <i>Quercus wutaishanica</i>	5	5	5	5	5	5
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	3	3	3	3	3	3
茶条槭 <i>Acer ginnala</i>	3	3	3	3	2	3
白桦 <i>Betula platyphylla</i>	3	2	2	2	3	3
华榎 <i>Tilia chinensis</i>	2	2	2	2	2	2
山杨 <i>Populus davidiana</i>	0	0	2	2	2	2
山荆子 <i>Malus baccata</i>	0	0	2	2	2	2
野核桃 <i>Juglans cathayensis</i>	1	1	0	1	1	1
杜梨 <i>Pyrus betulaeformis</i>	0	1	0	0	1	2
漆树 <i>Toxicodendron vernicifluum</i>	0	0	1	1	0	1
山桃 <i>Amygdalus davidiana</i>	0	0	0	1	1	2
榆树 <i>Ulmus pumila</i>	0	0	0	1	0	0
灌木 Shrub						
华北绣线菊 <i>Spiraea fritschiana</i>	3	3	3	3	3	3
灰栒子 <i>Cotoneaster acutifolius</i>	2	3	3	3	3	3
红瑞木 <i>Swida alba</i>	2	2	3	3	3	3
陕西黄连 <i>Viburnum schensianum</i>	2	2	3	3	2	2
葱皮忍冬 <i>Lonicera ferdinandii</i>	3	3	2	2	2	2
刺五加 <i>Acanthopanax senticosus</i>	3	3	2	3	2	3
黄蔷薇 <i>Rosa hugonis</i>	2	2	2	2	2	2
野山楂 <i>Crataegus cuneata</i>	2	2	2	2	2	2
多花胡枝子 <i>Lespedeza floribunda</i>	2	2	1	1	2	2

续表 3 Continued table 3						
植物种 Species	对照 CK		弱度间伐 Light thinning		强度间伐 Heavy thinning	
	2005	2010	2005	2010	2005	2010
乌头叶蛇葡萄 <i>Ampelopsis aconitifolia</i>	1	1	2	2	1	1
连翘 <i>Forsythia suspense</i>	2	2	1	2	0	1
金银忍冬 <i>Lonicera maackii</i>	1	0	1	1	2	2
悬钩子 <i>Rubus corchorifolius</i>	1	1	1	2	1	2
达乌里胡枝子 <i>Lespedeza dahurica</i>	2	2	1	1	0	0
栓翅卫矛 <i>Euonymus phellomanes</i>	1	1	1	1	1	1
华北丁香 <i>Syringa oblate</i>	0	0	1	1	1	1
鼠李 <i>Rhamnus davurica</i>	1	1	1	1	1	1
延安小檗 <i>Berberis purdomii</i>	2	2	2	1	1	0
毛樱桃 <i>Cerasus tomentosa</i>	1	1	0	1	1	1
虎榛子 <i>Ostryopsis davidiana</i>	0	0	1	0	2	1
桦叶荚蒾 <i>Viburnum dilatatum</i>	0	0	1	0	1	1
南蛇藤 <i>Celastrus orbiculatus</i>	1	1	0	0	1	0
榛子 <i>Corylus heterophylla</i>	0	0	1	0	0	0
美丽胡枝子 <i>Lespedeza formosa</i>	1	1	1	1	0	0
草本 Herb						
披针叶苔草 <i>Carex lanceolata</i>	4	4	4	5	4	5
披碱草 <i>Elymus dahuricus</i>	3	3	3	3	3	2
芡蒿 <i>Artem isiagiraldii</i>	2	1	2	2	2	1
异叶败酱 <i>Patrinia heterophylla</i>	2	2	2	2	2	2
败酱 <i>Patrinia scabiosaeifolia</i>	0	0	2	2	1	1
苅草 <i>Arthraxon hispidus</i>	1	1	2	2	1	1
黄芩 <i>Scutellaria baicalensis</i>	2	2	0	1	1	2
广布野豌豆 <i>Vicia cracca</i>	1	1	2	2	1	2
野棉花 <i>Anemone vitifolia</i>	0	0	1	1	2	2
紫菀 <i>Aster tataricus</i>	0	0	1	1	0	0
穿龙薯蓣 <i>Discorea nipponica</i>	1	1	0	0	1	1
茵陈蒿 <i>Artemisia capillaries</i>	0	0	1	0	1	0
铁杆蒿 <i>Artemiia gmelinii</i>	2	1	1	1	1	0
南山堇菜 <i>Viola chaerophylloides</i>	1	1	0	0	1	1
长柄唐松草 <i>Thalictrum przewalskii</i>	0	0	0	0	1	1
蛇莓 <i>Duchesnea indica</i>	0	0	0	0	1	1
火烧兰 <i>Epipactis helleborine</i>	1	1	1	1	0	0
火绒草 <i>Leontopodium leontopodioides</i>	0	0	0	0	1	1
茜草 <i>Rubia cordifolia</i>	1	1	2	1	1	0
翻白萎陵菜 <i>Potentilla discolor</i>	0	0	0	0	1	1
龙芽草 <i>Agrimonia pilosa</i>	0	0	0	0	1	1
细叶柴胡 <i>Bupleurum scorzoneri folium</i>	0	0	0	1	1	1
掌裂草葡萄 <i>Ampelopsis aconitifolia</i>	0	0	0	0	1	0

由表 3 还可以看出,出现频度高且盖度大的灌木有华北绣线菊 (*Spiraea fritschiana*)、灰栒子 (*Cotoneaster acutifolius*)、红瑞木 (*Swida alba*)、葱皮忍冬 (*Lonicera ferdinandii*)、刺五加 (*Acanthopanax senticosus*) 和黄蔷薇 (*Rosa hugonis*) (盖度级≥2)。2005—2010 年,对照样地中灌木单一物种的盖度变化不大,而间伐样地(弱度与强度)中,单一物种盖度有增有减,如刺五加、连翘 (*Forsythia suspensa*) 和悬钩子 (*Rubus corchorifolius*) 等盖度大幅度增加,而延安小檗 (*Berberis purdomii*) 和虎榛子 (*Ostryopsis davidiana*) 盖度大幅度减少或者物

种消失。

表 3 还表明,出现频度高且盖度大的草本有披针叶苔草 (*Carex lanceolata*)、披碱草 (*Artem isia-giraldii*)、芡蒿 (*Artem isia-giraldii*) 和异叶败酱 (*Patrinia heterophylla*)。调查期间,一些喜光、耐贫瘠、耐干旱的草本,如芡蒿、茵陈蒿 (*Artemisia capillaris*) 和铁杆蒿 (*Artemiia gmelinii*) 等盖度减少或者物种消失;相反,一些需要丰富营养、充足水分的草本,如细叶柴胡 (*Bupleurum scorzoneri folium*) 和黄芩 (*Scutellaria baicalensis*) 等在样地中出现或者盖度大幅度增加。间伐强度不同,草本物种

盖度的变化幅度不同,对照样地变化幅度不大,而间伐样地变化幅度较大,如草本层中占显著优势的披针叶苔草,2005 年其盖度级为 4(实际盖度 25.15%~43.01%),到 2010 年,其盖度在对照样地变化不大,而在间伐样地有较大幅度增加(盖度级从 4 增加到 5)。

2.3 间伐后辽东栎林的林木更新状况

2005 年,在调查小样方中共记录了 12 个乔木树种的幼苗幼树,其中以辽东栎占绝对优势,其次是目标树种油松和主要伴生树种茶条槭,这 3 个物种幼苗幼树占总数的 70%~80%,其他乔木幼苗幼树在个别样方中少量出现。由表 4 可知,2005 年,对

照样地的总体幼苗幼树密度最小,弱度间伐区和强度间伐区的总体幼苗幼树密度均较高,分别是对照样地的 1.30 和 1.52 倍,且不同处理间有显著差异,说明幼苗幼树总数随着间伐强度的增加而增大。辽东栎、油松、茶条槭和山杨(*Populus davidiana*)的幼苗幼树密度在不同处理间有显著差异,说明间伐措施可以促进这些林木幼苗幼树数量增加。2010 年,弱度间伐与强度间伐样地的总体幼苗幼树密度分别是对照样地的 1.24 和 1.47 倍,且不同处理之间有显著差异(表 5)。由此可见,伐后第 6 年,乔木幼苗幼树密度随着间伐强度的增大而增加的趋势未发生改变。

表 4 2005 年不同间伐强度下辽东栎林乔木的幼苗幼树密度

植物种 Species	间伐强度 Thinning intensity			F 值 F value	P
	对照 CK	弱度 Light	强度 Heavy		
辽东栎 <i>Quercus wutaishanica</i>	1 340±89 b	1 600±57 ab	1 660±89 a	4.584	0.042
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	700±68 c	1 080±77 b	1 640±69 a	43.748	<0.001
茶条槭 <i>Acer ginnala</i>	500±38 b	640±33 ab	680±52 a	5.154	0.032
白桦 <i>Betula platyphylla</i>	300±100 a	400±33 a	480±33 a	2.011	0.190
华榎 <i>Tilia chinensis</i>	300±105 a	140±68 a	220±89 a	0.814	0.473
山杨 <i>Populus davidiana</i>	100±100 b	400±46 a	320±0 a	9.750	0.006
山荆子 <i>Malus baccata</i>	0 a	80±33 a	80±33 a	3.000	0.100
野核桃 <i>Juglans cathayensis</i>	160±20 a	60±60 a	60±38 a	2.634	0.126
杜梨 <i>Pyrus betulae-folia</i>	60±38 a	0 a	80±33 a	2.053	0.184
漆树 <i>Toxicodendron vernicifluum</i>	0 a	60±60 a	40±40 a	0.538	0.601
山桃 <i>Amygdalus davidiana</i>	0 a	20±20 a	40±23 a	1.286	0.323
榆树 <i>Ulmus pumila</i>	20±20 a	40±40 a	0 a	0.600	0.569
总体 Total	3 840±192 c	4 520±177 b	5 300±205 a	22.683	<0.001

表 5 2010 年不同间伐强度下辽东栎林乔木的幼苗幼树密度

植物种 Species	间伐强度 Thinning intensity			F 值 F value	P
	对照 CK	弱度 Light	强度 Heavy		
辽东栎 <i>Quercus wutaishanica</i>	1 360±86 a	1 620±89 a	1 400±148 a	1.581	0.258
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	840±95 b	1 240±133 b	1 960±69 a	30.712	<0.001
茶条槭 <i>Acer ginnala</i>	820±68 a	680±23 a	660±119 a	1.171	0.353
白桦 <i>Betula platyphylla</i>	80±80 a	100±60 a	340±115 a	2.707	0.120
华榎 <i>Tilia chinensis</i>	80±80 a	340±245 a	140±140 a	0.646	0.547
山杨 <i>Populus davidiana</i>	100±100 a	100±100 a	200±69 a	0.403	0.680
山荆子 <i>Malus baccata</i>	0 a	80±80 a	140±95 a	0.965	0.417
野核桃 <i>Juglans cathayensis</i>	60±60 a	80±80 a	120±120 a	0.115	0.893
杜梨 <i>Pyrus betulae-folia</i>	60±60 a	0 a	80±46 a	0.907	0.438
漆树 <i>Toxicodendron vernicifluum</i>	0 a	60±60 a	120±120 a	0.600	0.569
山桃 <i>Amygdalus davidiana</i>	0 a	60±60 a	80±80 a	0.520	0.611
榆树 <i>Ulmus pumila</i>	40±40 a	0 a	0 a	1.000	0.405
总体 Total	3 560±293 b	4 420±300 ab	5 240±324 a	12.120	0.003

单个林木幼苗幼树密度在不同间伐强度之间差异较大,而且在调查期间变化较大,其中建群树种辽东栎幼苗幼树密度始终最大。2005 年辽东栎幼苗幼树密度为强度间伐>弱度间伐>对照,在不同间伐强度间有显著差异(表 4),而 2010 年不同间伐强

度间无显著差异(表 5)。无论在间伐样地还是在对照样地,调查期间辽东栎幼苗幼树密度一直很高。

2005 年,油松幼苗幼树密度为强度间伐>弱度间伐>对照,且在不同间伐强度之间有显著差异(表 4),其中在强度间伐区人工补植油松幼苗(520±69)

株/hm²(资料未显示),其说明在对照样地,林下油松数量很少,间伐措施与人工补植可以促使油松幼苗幼树数量增加。2010 年,油松幼苗幼树密度在不同处理间仍具有差异(表 5),其中,油松幼苗幼树密度在对照样地与弱度间伐区之间无显著差异,但强度间伐区(含补植)显著高于其他样地。实际调查发现,天然更新(不含补植)的油松幼苗幼树在强度间伐区密度为(1 460±119)株/hm²(资料未显示),且在 3 个不同间伐强度之间无显著差异($F_{(2,9)} = 3.351, P=0.082$)。

先锋树种白桦与山杨在观察期间变化较大。2005 年,在间伐区发现有 1 年生白桦幼苗幼树定居,弱度间伐和强度间伐样地白桦幼苗幼树密度分别是对照样地的 1.33 和 1.60 倍(表 4);2010 年,白桦幼苗幼树密度大幅度下降,对照、弱度间伐和强度间伐样地白桦幼苗幼树密度分别是 2005 年的 26.67%,25.00%和 70.83%(表 4 和表 5)。山杨也表现出相似的趋势。2005 年,山杨幼苗幼树密度在不同间伐强度之间有显著差异(表 4);到了 2010 年,对照、弱度间伐和强度间伐样地山杨幼苗幼树密度分别是 2005 年的 100%,25.00%和 62.50%,且不同间伐强度之间无显著差异(表 5)。

3 讨 论

3.1 近自然经营间伐后辽东栎林的植物组成

林地植物组成与其乔灌木各层的物种数、高度和盖度有关^[10]。本研究发现,间伐后第 6 年,间伐样地除了乔木层盖度外,乔灌木各层的物种数、高度和盖度均高于对照样地,这与 Zerbe 等^[10]认为间伐后许多喜光的先锋物种从种子库中迅速萌发,从木本到草本,乔灌木各层物种组成都可能发生大规模改变的观点一致。本研究中,与对照样地相比,乔木层盖度因间伐而降低,但林下灌木层和草本层盖度均显著增加。分析其原因,可能是由于研究区辽东栎林为近成熟林,已接近郁闭,林冠下没有充足的光照,导致林下植物较少。而实施近自然经营间伐后,林分密度减小,林内光照强度增加,土壤肥力供给充足,使林下植物的高度和盖度增加。这与蔡年辉等^[12]对云南松纯林近自然化改造的研究结论相类似。

林地中单一物种盖度的变化可以反映出林地植物组成的变化^[10]。本研究中,与间伐第 1 年相比,间伐第 6 年的林地植物盖度发生了很大变化,这与卢彦昌等^[13]认为采伐措施影响林地植物发育的研

究结果相类似。本研究调查期间,灌草层总盖度增加,但对单一物种而言,盖度有增有减。一些喜光、耐贫瘠、耐干旱的灌木如延安小蘗和虎榛子等,草本如茭蒿、茵陈蒿、铁杆蒿和茜草等,盖度减少或者物种消失;相反,一些需要丰富营养、充足水分的灌木如刺五加、连翘和悬钩子等,草本如细叶柴胡、黄芩等,在样地中出现或者盖度增加。这可能与林下物种间存在强烈的竞争有关^[14],这种现象反映出群落向着进展型演替方向发展。

3.2 近自然经营间伐后辽东栎林的林木更新

本研究中,采伐后总体幼苗幼树密度在不同处理间有显著差异,并且随着间伐强度的增强,幼苗幼树密度增加,这与韩景军等^[15]就不同采伐方式对云冷杉林更新与生境影响的结果相一致。近自然经营是保护性的有选择间伐,可以促进种群更新的原因在于:一方面,由于伐后种群密度减小,林内光照增强,致使林内保留母树的结实量增大,种子落入土壤并萌发的机会增加;另一方面,由于林内光照充足,明显提高了土壤的温度,有利于种子打破休眠,促进种子萌芽及幼苗幼树生长。

本研究中,建群树种辽东栎盖度占林冠层的 80%以上,近自然经营采伐后,随着间伐强度的增加,林下辽东栎幼苗幼树的数量增加,可知间伐措施可以促进栎类的定居和生长,这与卢彦昌等^[13]认为光照对辽东栎种子萌发和幼苗建立都具有重要影响的研究结果相一致。本研究调查发现,虽然 1 年生辽东栎幼苗只有 20%~30%能在第 2 年存活,但由于当年生幼苗数量多,加上幼苗长到 4~5 年后,死亡率很低,因此辽东栎幼苗幼树数量一直很高。另外,在上下层郁闭度都很大的未采伐林地中,受光照条件制约,辽东栎实生苗生长缓慢,而且在长至 3~4 年时,会出现地上部全部枯死、部分主干枯死或者顶梢干枯等现象,但栎类幼苗的耐阴性为种群更新提供了一个稳定的幼苗库,即“坐待”策略^[16]。一旦林窗打开,处于“坐待”状态的幼苗会快速生长,占领林地空间。因此,无论在间伐样地还是在未间伐样地,辽东栎幼苗幼树数量一直很高,在当地更新没有困难。

本研究中,主要用材树种油松在辽东栎次生林调查样地中占林冠上层的 10%左右。在森林郁闭度很高的未间伐样地中,林下有油松少量实生幼苗幼树,且 2005 年其幼苗幼树密度在不同间伐强度之间有显著差异,说明间伐措施与人工补植可以促使油松幼苗幼树数量增加。到 2010 年,油松幼苗幼树

密度在不同间伐强度之间仍具有显著差异。但本研究分析发现,天然更新(不含补植)油松幼苗幼树密度表现出对照<弱度间伐<强度间伐的趋势,但在不同间伐强度间无显著差异,说明从长期来看,间伐措施并不能显著增加油松天然更新数量,原因在于间伐措施可促进 1 年生油松实生苗定居,但到第 2 年春季,幼苗死亡率高达 70%~80%,加上油松前期生长速度很慢,受周围植物遮阴、动物取食等的影响,林下天然更新幼苗幼树数量较少。王彬等^[17]也认为,油松在林下的更新潜力很大,但在郁闭的林冠下,油松的幼苗幼树很少能长大。本研究中,强度间伐样地中油松幼苗幼树密度(包含补植)显著高于其他样地,说明人工补种幼苗幼树是促进油松更新的有效手段,也是培育松栎混交林的关键。本研究调查发现,强度间伐样地中光照充足,伐后补植的 2 年生油松幼苗,到第 2 年调查成活率达到 80%~90%,导致后期油松幼苗幼树数量丰富。

2005 年,本研究在间伐区发现有短寿命的先锋树种白桦和山杨的 1 年生幼苗,这与 Kreyer 等^[18]认为白桦和山杨在采伐后阳光充分的地方很容易定居的结论相类似。本研究调查期间,1~2 年生白桦和山杨幼苗大部分死亡,致使到了 2010 年幼苗幼树密度锐减,这可能由于间伐后 1~2 年中林地物种迅速定居和扩张,导致后期(5~6 年)林下物种间存在强烈竞争,白桦和山杨幼苗幼树在竞争过程中被逐渐淘汰而死亡。

3.3 近自然经营间伐适合黄土高原黄龙山林区辽东栎次生林的经营管理

一般认为,以禁伐、禁牧为主的封禁措施,能够发挥自然演替功能,有利于林分结构调整并促使森林植物的自然恢复,而且辽东栎林是黄土高原地区比较稳定的森林植物群落^[19-20]。但是,从本研究结果来看,黄龙山林区辽东栎林为近成熟林,已接近郁闭,林冠下缺乏充足的光照,仅靠自然恢复促使森林结构优化、林分质量和生态效益提高等都过于缓慢,比如建群树种辽东栎能够自然更新而用材树种油松则天然更新困难,如不进行管理可能会造成林分质量下降。近自然经营是一种能够最大发挥自然力作用,从而促使森林可持续发展且贴近自然的森林经营模式^[3]。近自然经营可以加快森林健康演替速度,这与赵俊卉等^[14]认为的合理择伐对北方森林经营能起到积极促进作用的结论相一致。在近自然经营措施下,优势种群成树数量减少,但其幼苗幼树数量增加,可促进森林自然更新^[4,21]。本研究在实地

观察到,间伐后样地中,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,从而促进了森林向混交、复层、异龄化方向发展。

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。近自然经营是一种有效的森林经营方式,间伐措施使林下灌草层植物水平与垂直分布更加合理,促进原来以乔木层占优势的单层森林向乔灌草层均衡发展的复层森林方向发展。

近自然更新使自然力与人为经营完整结合在一起,通过适当的间伐和人工补植措施,营造对优势种群幼苗发育有利的生境,可以改善光照促进结实,提高天然条件下不同树种的发芽率,促进未来优势树种,如辽东栎、油松和茶条槭的自然更新。积极的营销策略,比如间伐、人工种植幼苗幼树等,能增加目的树种的数量,保持群落持续发育,促使未来森林混交化、复层化和异龄化,使其朝着健康森林演替的方向发展。进行间伐材积强度为 30.0% 间伐后补植油松的技术体系,更适合当地辽东栎次生林的抚育管理。

[参考文献]

- [1] 康永祥,岳军伟,张巧明. 黄龙山林区辽东栎群落类型划分及其生物多样性研究 [J]. 西北林学院学报, 2007, 22(3): 7-10.
Kang Y X, Yue J W, Zhang Q M. Classification of *Quercus liaotungensis* communities and biodiversity in the Huanglong Mountain [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(3): 7-10. (in Chinese)
- [2] Olsthoorn A F M, Bartelink H H, Gardiner J J, et al. Management of mixed-species forest: silviculture and economics [J]. IBN Scientific Contributions, 1999, 15: 381-389.
- [3] 陆元昌. 近自然森林经营的理论与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 63-66.
Lu Y C. Theory and practice of close-to-natural forest management [M]. Beijing: Science Press, 2006: 63-66. (in Chinese)
- [4] 雷静品,李慧卿,江泽平. 在我国实施近自然森林经营的分析 [J]. 世界林业研究, 2007, 20(5): 63-67.
Lei J P, Li H Q, Jiang Z P. An analysis on the application of close-to-nature forestry in China [J]. World Forestry Research, 2007, 20(5): 63-67. (in Chinese)
- [5] 魏 瑞,王孝安,郭 华. 黄土高原马栏林区辽东栎的种子产量 [J]. 应用与环境生物, 2009, 15(1): 16-20.
Wei R, Wang X A, Guo H. Seed production of *Quercus wutaishanica* in Malan forest region on the Loess Plateau [J]. Chinese Journal of Applied & Environmental Biology, 2009, 15(1): 16-20. (in Chinese)

- [6] De Steven D, Wright S J. Consequences of variable reproduction for seedling recruitment in three neotropical tree species [J]. Ecology, 2002, 83: 2315-2327.
- [7] 王 巍, 李庆康, 马克平. 东灵山地区辽东栎幼苗的建立和空间分布 [J]. 植物生态学报, 2000, 24(5): 595-600.
Wang W, Li Q K, Ma K P. Establishment and spatial distribution of *Quercus liaotungensis* Koidz. seedlings in Dongling Mountain [J]. Acta Phytoecologica Sinica, 2000, 24(5): 595-600. (in Chinese)
- [8] Jeffery P D, Lisa M R, Peter N. Understorey plant community characteristics and natural hardwood regeneration under three partial harvest treatments applied in a northern red oak (*Quercus rubra* L.) stand in the Great Lakes-St. Lawrence forest region of Canada [J]. Forest Ecology and Management, 2008, 256: 760-773.
- [9] 沈国航. 森林培育学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 303-304.
Shen G F. Silviculture [M]. Beijing: China Forestry Press, 2001: 303-304. (in Chinese)
- [10] Zerbe S, Kreyer D. Influence of different forest conversion strategies on ground vegetation and tree regeneration in pine (*Pinus sylvestris* L.) stands: a case study [J]. European Journal of Forest Research, 2006, 126(2): 291-301.
- [11] Kercher S M, Frieswyk C B, Zedler J B. Effects of sampling teams and estimation methods on the assessment of plant cover [J]. Journal of Vegetation Science, 2003, 14: 899-906.
- [12] 蔡年辉, 李根前, 陆元昌. 云南松纯林近自然化改造的探讨 [J]. 西北林学院学报, 2006, 21(4): 85-88.
Cai N H, Li G Q, Lu Y C. Discuss on the approaching-nature forestry management of *Pinus yunnanensis* pure forests [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2006, 21(4): 85-88. (in Chinese)
- [13] 卢彦昌, 张文辉, 陆元昌. 黄龙山林区不同培育措施对辽东栎种群结构与动态的影响 [J]. 西北植物学报, 2006, 26(7): 1407-1413.
Lu Y C, Zhang W H, Lu Y C. Effects of different management practices on population structure and dynamics of *Quercus liaotungensis* [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2006, 26(7): 1407-1413. (in Chinese)
- [14] 赵俊卉, 亢新刚, 龚直文. 择伐对北方森林更新、生物多样性和生长的影响研究进展 [J]. 内蒙古农业大学学报, 2008, 29(4): 264-270.
Zhao J H, Kang X G, Gong Z W. The effects of selective cutting on regeneration, biodiversity and growth in boreal forest: a review [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2008, 29(4): 264-270. (in Chinese)
- [15] 韩景军, 肖文发, 罗菊春. 不同采伐方式对云冷杉林更新与生境的影响 [J]. 林业科学, 2000, 36(1): 90-96.
Han J J, Xiao W F, Luo J C. Effect of cutting methods on regeneration and habitat for spruce-fir forests [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2000, 36(1): 90-96. (in Chinese)
- [16] 王中磊, 高贤明. 锐齿槲栎林的天然更新: 种子幼苗库和径级结构 [J]. 生态学报, 2005, 25(5): 986-993.
Wang Z L, Gao X M. The regeneration of *Quercus aliena* var. *acuteserrata*: Acorn status, seedling pool and size structure [J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(5): 986-993. (in Chinese)
- [17] 王 彬, 王 辉, 杨君珑. 子午岭油松林更新特征研究 [J]. 西北林学院学报, 2009, 24(5): 58-60.
Wang B, Wang H, Yang J L. Study on the regeneration characteristics under *Pinus tabulaeformis* forests in Ziwu Mountains [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(5): 58-60. (in Chinese)
- [18] Kreyer D, Zerbe S. Short-lived tree species and their role as indicators for plant diversity in the restoration of natural forests [J]. Restore Ecology, 2006, 14: 137-147.
- [19] 安丽娟, 朱志红, 王孝安, 等. 子午岭马栏林区主要森林群落的稳定性分析 [J]. 西北植物学报, 2007, 27(5): 1000-1007.
An L J, Zhu Z H, Wang X A, et al. Stability analysis of major communities in Malan forest region of Ziwuling Mountain [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2007, 27(5): 1000-1007. (in Chinese)
- [20] 郭其强, 张文辉, 曹旭平. 基于模糊综合评判的森林群落稳定性评价体系模型构建 [J]. 林业科学, 2009, 45(10): 19-24.
Guo Q Q, Zhang W H, Cao X P. Establishment of an evaluation model of the forest communality stability based on fuzzy synthetic evaluation [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2009, 45(10): 19-24. (in Chinese)
- [21] 修勤绪, 陆元昌, 曹旭平, 等. 目标树林分作业对黄土高原油松人工林天然更新的影响 [J]. 西南林学院学报, 2009, 29(2): 13-19.
Xiu Q X, Lu Y C, Cao X P, et al. Effect of target tree stand management on natural regeneration of *Pinus tabulaeformis* plantations on Loess Plateau Area [J]. Journal of Southwest Forestry University, 2009, 29(2): 13-19. (in Chinese)