

采伐强度对水源涵养林林分结构特征的影响

李婷婷,陈绍志*,吴水荣,邬可义,兰 倩

(中国林业科学研究院 林业科技信息研究所,北京 100091)

摘 要:水源涵养林一般要求具有复层、冠长率高、冠幅完满、树种混交、灌草丰富的森林结构。中村林场位于山西省晋城市沁水县中村镇,其经营范围位于黄河中游一、二级支流的上游山区地带,90%以上为水源涵养林,油松为主要优势树种。为增强林分水源涵养能力,林场开始采取近自然经营理念与技术优化林分结构,增强生态功能,但由于生态公益林采伐限额的限制,林场在小面积范围内进行了不同采伐强度的经营试验。本研究定量分析了3种经营强度下形成的3种林分类型(包括不经营的高密度油松纯林 T_0 、总间伐强度47%的油松相对纯林 T_1 、总间伐强度62%的油松混交林 T_2)的空间结构与非空间结构,包括空间混交度、大小比、多样性指数、林层结构、径阶分布、林冠层指标(冠长率、冠幅面积与冠幅)、灌草盖度等,并初步提出未来近自然经营措施。结果表明: T_2 林分各林层树种丰富度、冠长率与冠幅面积最高,其次是 T_1 , T_0 最差;在林分水平结构与林分多样性以及树种竞争力方面,亦是同样结果;由此可知,人工生态公益林其森林结构与生态功能只有通过经营才能得到提高。对于初始密度高的人工水源涵养林,只有通过不断间伐,调整林分密度与林木分布,才能促进天然更新,增加树种多样性与提高林分稳定性。本研究为全场调整林分结构和制定针对性经营措施提供数据支持与基本林分特征参数,同时,为被划分为生态公益林的高密度人工林经营提供案例参考。

关键词:中村林场;水源涵养林;林分结构;近自然经营

中图分类号:S727.21 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2016)05-0102-07

Effect of the Cutting Intensity on Structural Characteristics of Water Conservation Forest

LI Ting-ting, CHEN Shao-zhi*, WU Shui-rong, WU Ke-yi, LAN Qian

(Research Institute of Forestry Policy and Information, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: It is required for water conservation forests to have forest structures of a multilayer, high crown length, fullness crown, species mixed, rich shrub and grass. Zhongcun Forest Farm is located in Zhongcun Township, Qinshui County, Jincheng City, Shanxi Province. The forests in this farm are within the upstream mountainous area of the first/second grade tributaries of the middle reaches of the Yellow River. More than 90% forests belong to water conservation type. Chinese pine is the dominant species. In order to enhance the conservation ability, the farm has began to take close-to-nature forest management philosophy and technology to optimize the stand structure to enhance the ecological function. However, due to limitations of ecological forest logging quota, cutting experiments only conducted within small forest area. Consequently, this paper quantitatively analyzed the spatial and non-spatial structure of three forest type with three cutting intensity (including non-managed high density pure Chinese pine forest T_0 , relatively pure Chinese pine forest with total thinning intensity 47% T_1 , Chinese pine mixed forest with total thinning intensity 62% T_2), including space mingling, size ratio, diversity index, layer structure, diameter distribution,

收稿日期:2015-11-19 修回日期:2015-12-28

基金项目:国家林业局重点推广项目“履行国际森林文书的良好森林经营示范技术体系研究”(2015-04)。

作者简介:李婷婷,女,博士,研究方向:森林可持续经营管理。E-mail:limuzi33@163.com

* 通信作者:陈绍志,男,博士生导师,研究方向:林业经济与政策、林产品国际贸易。E-mail:Chensz99@vip.163.com

canopy indicators (crown length ratio, crown area and crown length), shrub and grass cover, etc., and initially proposed future close-to-nature management measures. The results showed that T_2 was the best in terms of layer species richness, crown length ratio and crown area, the second was T_1 , the worst was T_0 . The similar results were obtained in terms of stand horizontal structure, species diversity and competitiveness. Thus it could be seen the forest structure and ecological function of artificial ecological forest could be enhanced only by management, for artificial water conservation forest with high density, only through continuous thinning to adjust stand density and trees distribution, consequently, to promote natural regeneration, increase diversity and improve forest stability. This study would provide data support and basic stand characteristic parameters for structure adjustment and specific management measures in region of whole forest farm, as well as to provide management case reference for artificial forest classified as ecological forest.

Key words: Zhongcun forest farm; water conservation; stand structure; close-to-nature forest management

山西省中条山国有林管理局中村林场位于山西省晋城市沁水县中村镇,其经营范围位于黄河中游一、二级支流的上游山区地带,属于黄河上中游天然林资源保护工程区。中村林场森林主导功能定位为水源涵养林,是维持区域水源供给、改善区域生态环境的重要屏障。森林水源涵养功能的发挥主要分为 3 个部分即“林冠层的截留、枯枝落叶层的截持以及林地土壤的蓄水作用^[1-2]”,其功能的强弱能够反映林分结构的合理与否,一般认为异龄多树种混交,林冠完满、冠长率高,林下灌草盖度高,枯落物储量多的林分水源涵养能力最强^[3-4]。因此,改善森林的水源涵养功能主要是不断优化森林结构的过程。

随着现代林业发展要求以及对生态环境的重视,中村林场的森林经营目标已经从经济效益转移到增强森林生态功能。我国目前推行的“分类经营”把森林分为公益林和商品林 2 类以及只给商品林分配采伐限额。为了保护森林削减了全国采伐量,但是全部采伐量压到了商品林中;另外,公益林不允许采伐,多年积累了大量亟待抚育的幼中龄林,已经影响到森林的健康和生长^[5]。中村林场人工林占有林地面积的 26.7%,其中以油松为优势树种的林分占人工林总面积的 85.8%;天然林占有林地面积 73.3%,其中 92.3% 为混交林,油松树种占天然林总面积的 65.3%。中村林场约 97% 的森林被划为生态公益林,森林主导功能为水源涵养,人工生态公益林质量低下,生态功能退化,需通过人为干预逐渐调整林分结构,但由于采伐限额的限制,中村林场只在小面积范围内进行经营性试验(大部分人工生态公益林被全面保护,而没有进行以结构调整为目的的采伐)。水源涵养功能与林分结构关系的研究主要有:蒋桂娟^[6]等建立林分结构与水源涵养功能耦合关系的模型;王威^[7]等对北京山区水源涵养林典型森林类型结构特征进行了描述。目前,可查阅到

的对中村林场森林资源的研究有贾振虎(2014)^[8],利用二类调查数据对全场林地面积、林木蓄积、林龄结构、树种结构等方面介绍了中村林场森林资源现状,但并没有具体到林分类型,林分特征指标不够深入。本研究的目的是分析截止本次调查前,不同采伐强度对初始条件相似的人工油松纯林的结构影响,并针对目前形成的林分结构特征提出未来近自然经营措施,进一步调整林分结构,使森林生态功能发挥最大化;通过经营结果分析,为人工生态公益林经营提供正面数据支持与案例参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

中村林场位于山西省晋城市沁水县中村镇,林区位于省东南部中条山林区中部,地理坐标 $111^{\circ}56'12''-112^{\circ}14'00''E, 35^{\circ}24'00''-35^{\circ}40'00''N$ 。林场地势以沟谷纵横的石质及土石中山为主,地处太行山支脉中条山主峰(舜王坪)北侧,自南向北倾斜,海拔 2 174~852 m。林场地处暖温带大陆性季风气候区,年均气温 $10.3^{\circ}C$,极端高温 $37.8^{\circ}C$,极端低温 $-19.9^{\circ}C$,年降水 600 mm 以上,多集中在 6—9 月。地带性植被属暖温带季风干旱性中低山针阔混交林区,主要乔木树种有油松(*Pinus tabulaeformis*)、华山松(*Pinus armandii*)、白皮松(*Pinus bungeana*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、辽东栎(*Quercus wutaishansea*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、白桦(*Betula platyphylla*)、杜梨(*Pyrus betulifolia*);人工营造树种主要有油松、华山松、白皮松、侧柏、华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)、核桃(*Juglans regia*);灌木有连翘(*Forsythia viridissima*)、刺玫(*Rosa davurica*)、绣线菊(*Spiraea fritschiana*)、柠条(*Caragana korshinskii*)、山桃(*Amygdalus davidiana*)、荆条(*Vitex negundo*)、

虎榛子 (*Ostryopsis davidiana*) 等; 草类以羊胡草 (*Carex duriuscula*)、白草 (*Pennisetum centrasiaticum*)、蒿类 (*Artemisia*) 为主。

1.2 数据获取

中村林场森林功能定位为水源涵养林, 典型林分类型主要有油松纯林、油松混交林以及阔叶混交林等。本研究典型样地设置在人工造林后进行采伐经营的油松水源涵养林内。根据采伐强度不同, 最终选定 3 种林分类型: 总间伐强度 47% 的油松林 T_1 (保留木密度 1 810 株/hm²)、总间伐强度 62% 的油松林 T_2 (保留木密度 1 328 株/hm²)、无经营的高密度油松纯林 T_0 (林分密度 3 450 株/hm²) 作为对照林。

由于无经营的油松纯林林分变化系数较小, 故设置 1 个典型样地, 林分年龄 30 a, 从造林至本次调查 2015 年期间没有进行过任何经营作业, 林分密度 3 450 株/hm²; T_1 和 T_2 林分年龄分别为 30 a 和 31 a, 造林初始密度同对照样地 T_0 , 造林后至调查年 2015 年油松总间伐株数强度为 47% 与 62%, 而且只采伐油松树种, 间伐后人工补植少量落叶松, 林分内其它树种均为天然更新起源, T_1 与 T_2 均在经营实验林典型地段设置 2 个典型固定样地。需要说明的是固定样地是在林场领导、职工以及专家踏查、讨论后确定的, 在林分特征变动较小的经营实验林内共设置 5 个固定样地, 能够充分说明经营作业对林分结构影响结果的正确性。

典型固定样地为正方形 25.8 m×25.8 m, 面积 0.067 hm²。记录样地内所有胸径>5 cm 林木的树种、胸径、全树高、枝下高、冠幅 (东、西、南、北 4 个方向)、以样地一角为原点记录每株单木横坐标与纵坐标; 固定样地 4 个角分别设置 1 个 5 m×5 m 的小样方调查幼树 (胸径<5 cm, 树高>30 cm)、幼苗 (树高≤30 cm) 的种名、胸径或地径、全树高; 每个小样方内设置 1 个 1 m×1 m 灌木草本样方, 调查灌木草本的种类、数量、高度及盖度。

1.3 研究方法

由于研究对象均是水源涵养林, 经营目标是通过结构调整增强水源涵养能力。因此, 本文主要分析与水源涵养能力相关的林分结构特征对不同采伐强度的响应。主要包括林分垂直方向上各林层的树种组成及冠幅面积、树种多样性及混交度、径阶分布、径阶冠长率、树种竞争力、林下更新以及灌草盖度。相关指标计算方法如下:

1) 林层划分

根据国际林联 (IUFRO) 的林分垂直分层标准, 以林分优势高为依据把森林划分为 3 (或 4) 个垂直

层, 上层林木为树高≥2/3 优势高, 中层为介于 1/3~2/3 优势高之间的林木, 下层为≤1/3 优势高之间的林木^[9-10]。本研究取 50~100 株·hm⁻² 最高的林木的树高平均值为林分的优势高。

2) 冠幅面积与冠长率

$$S=\pi \cdot a \cdot b \tag{1}$$

$$l=h'/H \tag{2}$$

式中, S 为林木冠幅面积, a 为南、北方向平均冠幅, b 为东、西方向平均冠幅; l 为冠长率, h' 为冠幅垂直长度, H 为全树高。

3) 树种多样性指数: 反映群落物种组成复杂程度的香农-威纳指数即 Shannon-Wiener 多样性指数 (H')、以及反映群落物种分布均匀程度的 Pielou 均匀度指数 (E)^[11]。

$$H'=-\sum_{i=1}^S(p_i \ln p_i) \tag{3}$$

$$E=H'/\ln S \tag{4}$$

式中, S 为样地出现的物种数, p_i 为种 i 的相对胸高断面积。相对胸高断面积/%=100×某个种的胸高断面积/所有种的胸高断面积之和, 当计算各林层树种多样性指数时, 分别林层计算。

4) 反映树种的空间隔离程度或者说是林分树种组成和空间配置状况的混交度 (M_i), 被定义为参照树 i 的 4 株最近相邻木 j 与参照树不属同种的个体所占的比例, 表达式^[12-13]:

$$M_i=\frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 v_{ij} \tag{5}$$

$$v_{ij}=\begin{cases} 1, & \text{当参照树 } i \text{ 与第 } j \text{ 株相邻木非同种时} \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$$

$$\bar{M}=\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N M_i \tag{6}$$

式中, N 表示林分内所有林木株数, M_i 表示第 i 株树的混交度。 $\bar{M}=1$ 极度混交、 $\bar{M}=0.75$ 表示强度混交、 $\bar{M}=0.5$ 表示中度混交、 $\bar{M}=0.25$ 表示弱度混交、 $\bar{M}=0$ 表示零度混交。

5) 反映林木个体优势度的大小比数 (U_i), 公式^[13-14]:

$$U_i=\frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 k_{ij} \tag{7}$$

$$k_{ij}=\begin{cases} 0, & \text{如果相邻木 } j \text{ 比参照树 } i \text{ 小} \\ 1, & \text{否则} \end{cases}$$

$$\bar{U}_{SP}=\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i \tag{8}$$

式中, U_i 为参照树 i 的优势度, n 为所观察的树种 (sp) 的参照树的数量, \bar{U}_{SP} ^[15] 为树种 (sp) 在林分中的树种优势, 分为优势 $\bar{U}_{SP}=0$ 、亚优势 $\bar{U}_{SP}=0.25$ 、中庸 $\bar{U}_{SP}=0.5$ 、劣势 $\bar{U}_{SP}=0.75$ 、极劣势 $\bar{U}_{SP}=1$ 。

2 结果与分析

2.1 各林分类型垂直结构

根据国际林联的林分分层标准,3 种林分类型的垂直分层标准如表 1 所示。图 1~图 3 分别表示 3 种林分类型不同林层的树种冠幅面积组成。 T_0 、 T_1 、 T_2 单株林木平均冠幅面积分别为 5.1 、 7.9 m^2 和 10.2 m^2 ,说明林分随着密度的减小更有利于树冠发育完满。

表 1 根据国际林联(IUFRO)的分层标准提出的 3 种林分类型垂直分层指标

		T_0	T_1	T_2
优势高/m		11.4	9.2	11.7
根据优势	上层	$h\geq 7.6$	$h\geq 6.1$	$h\geq 7.8$
高分层	中层	$3.8\leq h<7.6$	$3.1\leq h<6.1$	$3.9\leq h<7.8$
	下层	$h<3.8$	$h<3.1$	$h<3.9$

从图 1 可知,不经营的油松纯林各林层冠幅面积主要是油松,林分密度 $3\,450\text{ 株/hm}^2$,林上层没有其他树种进入,中层华山松与辽东栎约占 15%,下层华山松约占 19%,各林层树种单一。因此在今后经营中首先在林上层选择目标树与干扰树,目标树 $75\sim 90\text{ 株/hm}^2$,择伐干扰树,环剥中间木,从而逐渐改变各林层光热条件,增加林中层与下层其他树种的生长机会,保留华山松与辽东栎增加树种多样性。

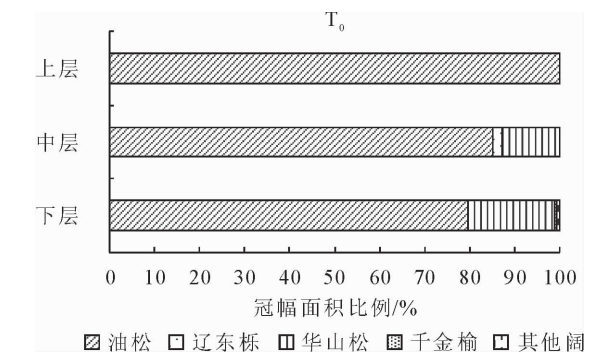


图 1 T_0 各林层树种冠幅面积组成

Fig. 1 Tree species crown area of each layer of T_0 block

由图 2 可知,总间伐强度 47% 的油松林 T_1 ($1\,810\text{ 株/hm}^2$),各林层冠幅面积树种组成相较于 T_0 明显增多,天然更新的华山松、辽东栎在林上层占有一定比例,林下层天然阔叶树种栎树、千金榆、白桦、辽东栎以及其它阔已经形成有效更新,此林分类型今后经营要尤其注意保护天然珍贵阔叶树种,使其逐渐进入林上层,林上层目标树选择时,除要考虑树木生长状况以外,还要考虑树种,保留生长良好的上层阔叶树种,尽可能减少林上层干扰树数量。

待中层林木进入上层,下层林木进入中层,再进行二次择伐。折断影响林下层幼树与幼苗生长的灌木,不可将其清除。

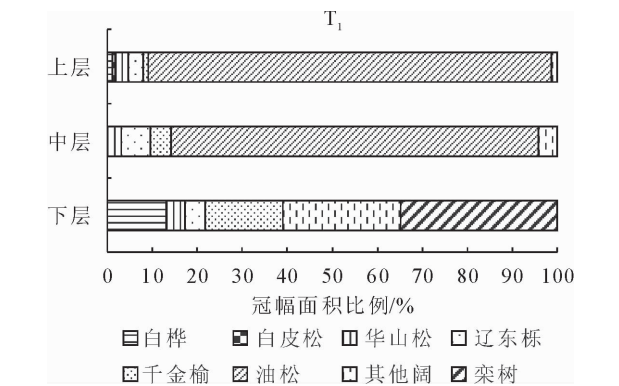


图 2 T_1 各林层树种冠幅面积组成

Fig. 2 Tree species crown area of each layer of T_1 block

由图 3 可知,总间伐强度 62% 的油松林 ($1\,328\text{ 株/hm}^2$),各林层树种较多,林上层主要冠幅面积组成由大到小依次为油松、华山松、白桦、落叶松和辽东栎,林中层依次为油松、华山松、千金榆 (*Carpinus cordata*)、暴马丁香 (*Syringa reticulata* var. *amurensis*)、山楂 (*Crataegus pinnatifida*)。在未来经营中优先促进生态、经济价值较高的树种,实行以水源涵养为主导功能兼顾收获优质木材等多目标森林经营。因此,在经营作业中维持各林层树种多样性,仅对上层木进行单株择伐,促进中层木生长,林下层由于天然更新比较多,对影响目的树种生长的灌木实施折灌处理。

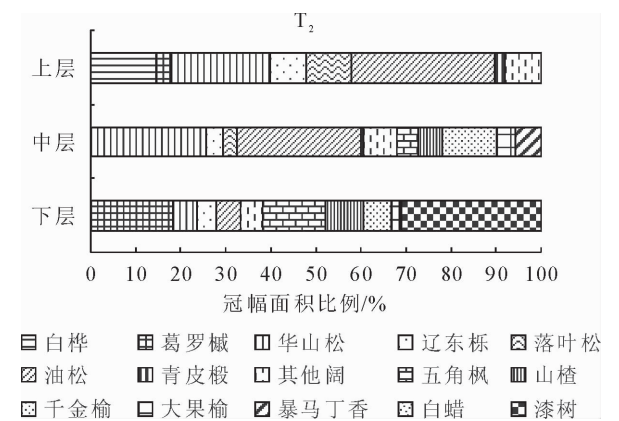


图 3 T_2 各林层树种冠幅面积组成

Fig. 3 Tree species crown area of each layer of T_2 block

T_0 、 T_1 、 T_2 林上层平均冠长率分别为 0.36、0.42、0.52(一般认为水源涵养林冠长率达到当前树高的 $2/3$ 最为理想),林木平均冠幅分别为 2.7、3.1、3.9 m。由此可知, T_0 由于林分密度最大,林木自然整枝较强,相邻木之间由于生长竞争影响了树冠发育;林分随着密度的降低,冠长率逐渐增加,而

且冠幅也越大,其降水截留能力相应增强。但是为了保证林冠层的连续覆盖,水源涵养林不宜施行单次强度采伐。

2.2 各林分类型水平结构

以林木大小分布为导向,调整林分水平结构,逐渐将径阶分布调整为典型异龄林结构即“倒J”形。从图4~图6可以看出,各林分大径阶树种主要是油松, T_0 径阶分布呈现出“右偏”的偏态分布,即林分平均胸径偏小,主要是由于造林后没有经营,林分密度大,林木竞争激烈,径生长缓慢。林下天然更新华山松、辽东栎幼龄期耐阴,但后续得不到充足的光热,很难进入主林层。 T_1 径阶分布呈现典型同龄林的正态分布,阔叶树种主要集中在6~12 cm 径阶,比 T_0 分布范围广。为了促进阔叶树种生长,需要择伐影响其生长的同径阶和高径阶林木,同时增加林下更新。 T_2 油松混交林径阶分布表现异龄林特点呈“倒J”型,各径阶树种组成明显优于 T_0 与 T_1 ,但还需要通过弱度择伐,促进林木径生长,增加大径阶林木数量。

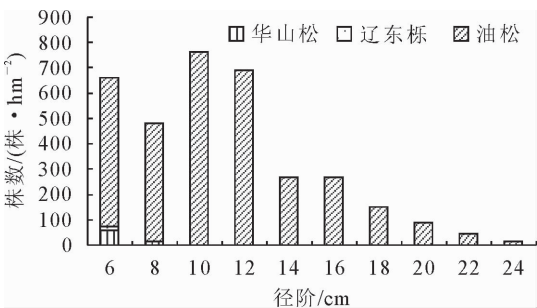


图4 T_0 各径阶树种组成

Fig. 4 Tree species composition of each diameter class of T_0 block

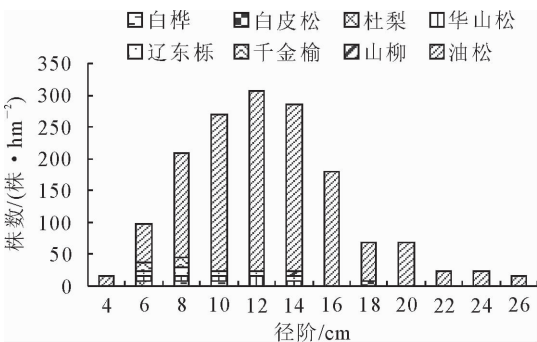


图5 T_1 各径阶树种组成

Fig. 5 Tree species composition of each diameter class of T_1 block

2.3 冠长率与冠幅面积

增加冠长率与冠幅面积是提高林分降水截留能力,减少地表径流的有效途径,一般认为冠幅长度达到当前树高的2/3为最理想状态。从图7、图8可知,单木冠长率与冠幅面积随着胸径的增大而增加,在大径阶出现降低说明大径阶林木生长(一般是目

标树)一定是受到相邻木(一般指干扰树)的影响,这时则需要进行单木择伐,促进优良保留木生长,同时增加林内空间,有利于林下木生长。3种林分类型相同径阶的冠长率与冠幅面积均是 $T_2 > T_1 > T_0$,即油松混交林的冠层发育最优,不经营的油松纯林最差。

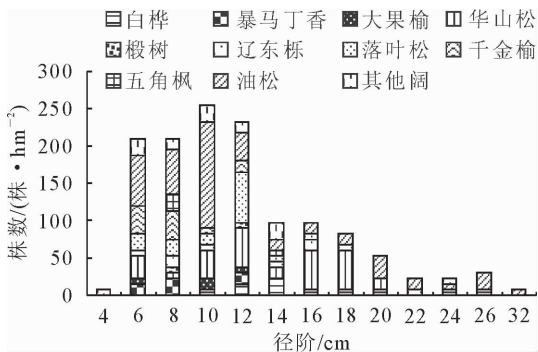


图6 T_2 林各径阶树种组成

Fig. 6 Tree species composition of each diameter class of T_2 block

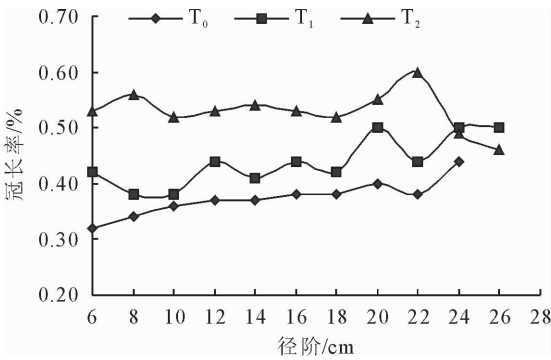


图7 3种林分类型各径阶冠长率

Fig. 7 The rate of crown length of each diameter class of three blocks

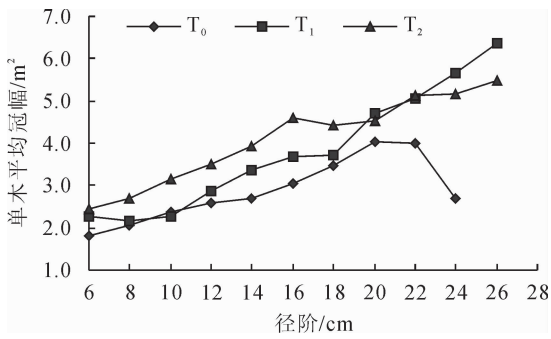


图8 3种林分类型各径阶平均冠幅面积

Fig. 8 The average crown area of each diameter class of three blocks

2.4 树种多样性

从表2可知,3种林分类型树种多样性,各林层香农-威纳指数(H')与均匀度指数(E)均是 T_2 明显大于 T_1 与 T_0 , T_0 多样性指数最低。同一林分类型树种多样性指数总体呈下层>中层>上层,说明

林分天然更新潜力较好,需要通过人为干预利用自然演替能力,使其加促成为混交林。 T_0 与 T_1 林下层树种多样性高于中层与上层,为了使林下层树种进入中层或上层,急需进行上层木生态疏伐。从空间混交度来看, T_0 属于极弱度混交, T_1 属于弱度混交, T_2 属于中度混交。

从表 3 各林分树种优势度大小可知,在 T_0 林分中,油松相对于其他树种占绝对优势,华山松、辽东栎林木大小均小于相邻木,其生长竞争力处于极劣势,油松大小比数 0.55,说明林木大小多为中庸木; T_1 林内虽然混交树种增加,但主要混交树种辽东栎、千金榆与华山松为劣势树种,白桦与白皮松为

极劣势树种,需要择伐影响其生长势的相邻竞争木; T_2 林内油松为优势树种,五角枫、落叶松、华山松等 为中庸树种,大果榆与辽东栎处于竞争劣势,仅从大小比绝对值来看,油松生长竞争力则是 $T_2>T_1>T_0$ 。通过各林分树种优势度分析,可以了解目的树种的生长竞争力,从而有意识的降低相邻木对目的树种的“压迫”,提高目的树种竞争力与增加树种多样性,从本质上调节树种组成,不仅仅是保证混交树种的数量,而且保证混交树种竞争力,从而形成稳定的混交林。而近自然经营是一种基于林木竞争力进行经营的一种森林经营方式。

表 2 3 种林分类型树种多样性指数
Table 2 Tree species diversity of three blocks

林分类型	上层		中层		下层		林分		混交度
	H'	E	H'	E	H'	E	H'	E	
T_0	0.01	0.01	0.29	0.27	0.56	0.4	0.06	0.04	0.15
T_1	0.30	0.15	0.40	0.25	1.90	0.86	0.36	0.14	0.30
T_2	1.75	0.65	2.08	0.74	2.04	0.88	1.91	0.65	0.41

表 3 3 种林分类型树种大小比(优势度)
Table 3 Species DBH rate(dominance index) of three blocks

T_0	树种	油松	华山松	辽东栎								
	大小比	0.55	1	1								
T_1	树种	油松	辽东栎	千金榆	华山松	白桦	白皮松					
	大小比	0.36	0.88	0.88	0.9	1	1					
T_2	树种	油松	五角枫	千金榆	落叶松	华山松	白桦	丁香	其他阔	大果榆	辽东栎	
	大小比	0.22	0.4	0.42	0.45	0.45	0.48	0.57	0.58	0.63	0.86	

2.5 林下更新与灌草盖度

良好的林下更新是二代建群的基础,林下更新树种与数量越多,越有利于营建二代混交林,而灌木、草本具有缓冲降水对土壤的直接冲刷力、净化水质、增加枯落物厚度、促进土壤发育的作用。因此,水源涵养林经营需重视林下保持一定盖度与高度的灌木、草本层。从表 4 可知, T_2 林下更新能力最强, T_0 最差,更新树种与数量明显少于 T_2 。灌木盖度与草本盖度均是 $T_2>T_1>T_0$,主要是由于林分密度影响,林分密度越大,林下灌草得不到光热,其生长受到抑制。

表 4 3 种林分类型林下更新与灌草盖度
Table 4 Understory regeneration and shrubs herb coverage of three blocks

林分类型	林下更新		灌木盖度 /%	草本盖度 /%
	种数	株数/(株·hm ⁻²)		
T_0	6	2 100	30	30
T_1	9	3 600	33	34
T_2	13	8 150	46	35

3 结论与讨论

3.1 结论

中村林场油松林中,天然更新树种主要为华山松、落叶松、辽东栎、葛罗槭(*Acer grosser*)、五角枫(*Acer oliverianum*),林下更新树种随着林分密度的减少而增多,而且辽东栎、大果榆(*Ulmus macrocarpa*)、千金榆、漆树(*Toxicodendron vericifluum*)生长较好。

主林层冠长率与冠幅面积以及各径阶林木的冠长率与冠幅面积均是总间伐强度 62%油松林(1 328 株/hm²) 最好,其次是总间伐强度 47% 油松林(1 810株/hm²),不经营的油松纯林(3 450 株/hm²) 最差。

不经营的油松纯林平均胸径偏小,径阶分布呈偏态分布,混交树种只有辽东栎与华山松,其生长竞争力处于极劣势即为被压木,油松竞争力表现为中庸树种;总间伐强度 47% 油松林呈典型正态分布,其他 7 种混交树种位于林上层和中层,油松为竞争

力最强树种,其次是辽东栎和千金榆,但仍处于劣势,急需通过经营增强混交树种竞争力;总间伐强度62%油松林中混交树种>10种,均匀分布在各林层与各径阶,树种竞争力相差不大,油松竞争力最强,其次是五角枫、千金榆、落叶松等。

从树种空间混交度与多样性指数看,中村林场不经营的油松纯林属于极弱度混交,多样性指数仅为0.06;总间伐强度47%油松林为弱度混交,多样性指数为0.14;总间伐强度62%油松林属于中度混交,多样性指数0.65。

林分天然更新树种丰富度与数量以及林下灌草盖度随着林分密度的减小而增加。

总之,中村林场总间伐强度62%油松林(1 328株/hm²),现已形成混交林,其水源涵养能力最强,其次是间伐强度47%油松林(1 810株/hm²),不经营的油松纯林(3 450株/hm²)最差。从目前3种林分类型的林分结构特征来看,今后仍需要按照上述提出的近自然经营措施继续优化林分结构,最终形成稳定、健康的异龄复层混交林。

3.2 讨论

研究结果可以看出,不经营的人工针叶纯林在林层结构、树种多样性、林木大小分布与发育、林下更新等方面均表现最差,生态和环境服务功能低下,需要人为干预。而我国人工林面积占世界首位,根据第八次全国森林资源清查结果,人工林占我国国有林场面积的36%。随着国家生态建设需求的提高,越来越多的人工纯林被逐渐定位为生态公益林,被禁止商业性采伐。因此,很多林场采取消极经营,任其自然发展是不科学的,近自然经营是提高森林质量,增强生态效益的有效途径。

就目前中村林场林分状况来看,总间伐强度62%油松林(1 328株/hm²)现已形成油松混交林,其林分结构优于另外2种林分类型,虽然不能确定该间伐强度是否是最优的,但可以明确高密度人工生态公益林必须通过合理采伐,逐渐调整林分密度,才能提高林分质量,增强生态功能。

参考文献:

[1] 陈东立,余新晓,廖邦洪.中国森林生态系统水源涵养功能分析[J].世界林业研究,2005,18(1):49-54.

[2] 吴丽芝,高岗,秦富仓,等.内蒙古赤峰市敖汉旗大五家流域森林涵养水源功能与林分因子的相关性研究[J].林业科学研究,2013,26(6):722-729.

WU L Z,GAO G,QING F C,*et al.* Study on the relationship between water conservation function and stand factors in Dawujia watershed,Inner Mongolia[J]. Forest Research,2013,26(6):722-729.

[3] 莫非,李叙勇,贺淑霞,等.东灵山林区不同森林植被水源涵养

功能评价[J].生态学报,2011,31(17):5010-5016.

[4] 苏艳霞,李海毅,高婷婷.我国水源涵养林研究概况[J].广东农业科学,2013,13:173-176.

[5] 唐守正,雷相东.加强森林经营,实现森林保护与木材供应双赢[J].中国科学:生命科学,2014,44(3):223-229.

TANG S Z,LEI X D. Achieving win-win situation in forest conservation and timber supply through enhanced forest management[J]. Scientia Sinica Vitae,2014,44:223-229. (in Chinese)

[6] 蒋桂娟,郑小贤,宁杨翠.林分结构与水源涵养功能耦合关系研究——以北京八达岭林场为例[J].西北林学院学报,2012,27(2):175-179.

JIANG G J,ZHENG X X,NING Y C. Relationship between forest stand structure and function of water conservation—a case study of Badaling forest farm[J]. Journal of Northwest Forestry University,2012,27(2):175-179. (in Chinese)

[7] 王威,郑小贤,宁杨翠.北京山区水源涵养林典型森林类型结构特征研究[J].北京林业大学学报,2011,33(1):60-63.

WANG W,ZHENG X X,NING Y C. Structural characteristics of typical water conservation forests in mountain areas of Beijing[J]. Journal of Beijing Forestry University,2011,33(1):60-63. (in Chinese)

[8] 贾振虎.中村林场森林资源现状与可持续经营对策初探[J].山西林业科技,2014,43(3):47-48.

[9] 李婷婷,陆元昌,庞丽峰,等.杉木人工林近自然经营的初步效果[J].林业科学,2014,50(5):90-100.

LI T T,LU Y C,PANG L F,*et al.* Initial effect of close-to-nature management of Chinese fir plantation[J]. Scientia Silvae Sinicae,2014,50(5):90-100. (in Chinese)

[10] 李婷婷,陆元昌,姜俊,等.马尾松人工林森林经营模式评价[J].西北林学院学报,2015,30(1):164-171.

LI T T,LU Y C,JIANG J,*et al.* Assessment of forest management model of *Pinus massoniana* plantation[J]. Journal of Northwest Forest University,2015,30(1):164-171. (in Chinese)

[11] 方精云,李意德,朱彪,等.海南岛尖峰岭山地雨林的群落结构、物种多样性以及在世界雨林中的地位[J].生物多样性,2004,12(1):29-43.

FANG J Y,LI Y D,ZHU B,*et al.* Community structures and species richness in the montane rain forest of Jianfengling, Hainan Island,China[J]. Biodiversity Science,2004,12(1):29-43. (in Chinese)

[12] 胡艳波,惠刚盈.优化林分空间结构的森林经营方法探讨[J].林业科学研究,2006,19(1):1-8.

HU Y B,HUI G Y. A discussion on forest management method optimizing forest spatial structure[J]. Forest Research,2006,19(1):1-8. (in Chinese)

[13] 马洪婧,袁发银,刘中亮,等.北亚热带栎树混交林空间结构特征分析[J].西北林学院学报,2013,28(1):151-156.

MA H J,YUAN F Y,LIU Z L,*et al.* Spatial structure of *Quercus* mixed forest in northern subtropical region[J]. Journal of Nothwest Forestry University,2013,28(1):151-156. (in Chinese)

[14] 惠刚盈,胡艳波.混交林树种空间隔离程度表达方式的研究[J].林业科学研究,2001,14(1):23-27.

[15] 惠刚盈,(德)克劳斯·冯佳多.森林空间结构量化分析方法[M].北京:中国科学技术出版社,2003.