

# 不同经营模式对华北落叶松人工林林下植被的影响

冯颖<sup>1</sup>, 赵媛媛<sup>1</sup>, 郭跃<sup>2</sup>, 杨育红<sup>3</sup>, 李文臣<sup>4</sup>, 马成功<sup>4</sup>, 丁国栋<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学 水土保持学院 林业生态工程教育部工程研究中心, 北京 100083; 2. 内蒙古鄂尔多斯市退耕还林工程管理中心, 内蒙古 鄂尔多斯 017000; 3. 内蒙古赤峰市林业局, 内蒙古 赤峰 024000; 4. 内蒙古赤峰市旺业甸实验林场, 内蒙古 赤峰 024423)

**摘要:** [目的] 探究华北落叶松人工林在不同林龄下的健康经营模式, 并对其经营效果进行评价。[方法] 以内蒙古赤峰市喀喇沁旗旺业甸林场华北落叶松人工林为研究对象, 以林下植被盖度、多样性指数、生物量为指标, 对照无干扰经营模式, 研究常规经营模式和近自然经营模式对华北落叶松人工林林下植被的影响。[结果] (1) 在幼龄林阶段, 无干扰经营模式有利于林下植被多样性的发展, 常规经营模式有利于获取最大生物量; (2) 在中龄林阶段, 无干扰经营模式的林下植被多样性最高, 近自然经营模式的林下植物种类、盖度、生物量最大; (3) 在近熟林阶段, 近自然经营模式的林下植被种类、盖度、多样性指数、生物量均大于常规经营模式和无干扰经营模式。[结论] 开展华北落叶松人工林抚育经营活动时, 应依据林龄和经营目标, 选择制定最适宜的经营方案。

**关键词:** 华北落叶松人工林; 经营模式; 林下植被; 林龄

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)02-0064-06

中图分类号: S753.5

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.02.013

## Effects of Different Forest Management Model on Undergrowth Vegetation of *Larix Principis-rupprechtii* Plantations

FENG Ying<sup>1</sup>, ZHAO Yuanyuan<sup>1</sup>, GUO Yue<sup>2</sup>, YANG Yuhong<sup>3</sup>,  
LI Wenchen<sup>4</sup>, MA Chenggong<sup>4</sup>, DING Guodong<sup>1</sup>

(1. Beijing Forestry University, College of Soil & Water Conservation, Forestry Ecological Engineering Research Center of Ministry of Education, Beijing 100083, China; 2. Ordos Conversion of Cropland to Forest Project Management Center, Ordos, Inner Mongolia 017000, China; 3. Forestry Bureau of Chifeng, Chifeng, Inner Mongolia 024000, China; 4. Chifeng Wangyedian Forest Farm, Chifeng, Inner Mongolia 024423, China)

**Abstract:** [Objective] The objective was to find out health management of *Larix principis-rupprechtii* plantation under different forest age and to evaluate the effects of management conducted at present. [Methods] The study was carried out in Wangyedian forest farm of Chifeng City in Inner Mongolia. The coverage, diversity index and biomass were chosen as the indicators of vegetation condition. The impacts of conventional management and close-to-nature forest management on undergrowth vegetation of *Larix principis-rupprechtii* plantation were assessed by taking the no disturbance forest management as reference. [Results] (1) At young forest stage, no disturbance management was found good for the development of diversity of undergrowth vegetation, and conventional management was proved beneficial to gain maximum biomass; (2) The diversity of undergrowth vegetation of no disturbance management had its maximum at half-mature forest stage, and the vegetation type, coverage, biomass of undergrowth vegetation of close-to nature forest management were the maximum; (3) At near-mature stage, vegetation type, coverage, diversity index and biomass of undergrowth vegetation were all larger than those of no disturbance management and conventional management. [Conclusion] Measures suitable to the stand age, management aim should be made in *Larix principis-rupprechtii* plantation management.

**Keywords:** *Larix principis-rupprechtii* plantation; forest management; undergrowth vegetation; stand age

收稿日期: 2014-06-29

修回日期: 2014-08-18

资助项目: 国家林业局公益性行业科研项目“典型区域森林生态系统健康维护与经营技术研究”(200804022A)

第一作者: 冯颖(1988—), 女(汉族), 内蒙古自治区锡林浩特市人, 硕士研究生, 研究方向为水土保持与荒漠化防治。E-mail: fengyingggjiaou@163.com。

通信作者: 赵媛媛(1985—)女(汉族), 河北省迁安县人, 博士, 讲师, 主要从事水土保持与荒漠化防治方面的研究。E-mail: yuanyuan0402@126.com。

华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)成活率高,生长迅速,材质优良,抗寒性强,是我国重要的用材林和防护林树种之一<sup>[1-2]</sup>。但是,在华北落叶松人工林培育过程中会出现生物多样性低、林木质量差、生产力和生态功能低下等一系列问题<sup>[3-6]</sup>。林下植被是森林生态系统的重要组成部分,能够涵养水土、促进森林生态系统的物质循环、维护群落的生物多样性和稳定性<sup>[7-9]</sup>。因此,研究不同经营模式对华北落叶松人工林林下植被的影响对于人工林培育具有重要意义。不同经营模式对人工林林下植被的影响已经引起了我国学者的重视,之前的传统经营模式,人们过度关注经济效益,以皆伐、择伐为主,忽视了森林生态系统的生态效益,滥砍乱伐,致使森林面积萎缩、质量下降,由此还引发了一系列的生态环境问题<sup>[10-11]</sup>,目前学者们开始研究不同的森林经营模式,力求找到一个健康的可持续利用的森林经营模式。林同龙<sup>[12]</sup>对福建松溪县旧县乡林场的杉木人工林进行了长期定位试验,发现近自然经营模式的林分树种、生产力、植被多样性(含乔灌草层)等均比常规经营模式有所增加。张象君等<sup>[13]</sup>以黑龙江省的落叶松人工纯林为研究对象,进行不同整地措施的近自然化改造,并以常规均匀间伐处理为对照,结果发现近自然改造有利于林下草本植物的发育和多样性的提高。林平等<sup>[14]</sup>对延庆县营盘村附近的华北落叶松人工林进行了 4 个间伐强度的经营处理,结果表明合适强度的间伐经营可以提高林下植被的多样性,促进林下植被发育,是实现华北落叶松人工林可持续发展的有效途径。李瑞霞等<sup>[15]</sup>以南京市无想寺国家森林公园的马尾松人工林为研究对象,进行了弱度、中度、强度以及未间伐的经营处理,结果表明间伐对马尾松人工林林下植被多样性的影响显著,中度间伐经营最有利于林下物种多样性的提高。这些研究为认识不同经营模式对人工林林下植被的影响奠定了基础,但对于不同林龄下何种经营模式最优的问题,还没有明确的答案。

鉴于此,本研究通过对赤峰市喀喇沁旗旺业甸林场的调查,选取华北落叶松人工林为研究对象,以无干扰经营为对照,对比近自然经营、常规经营 2 种森林经营模式对不同林龄(幼龄林、中龄林、近熟林)华北落叶松人工林林下植被的影响,从而分析华北落叶松人工林在不同林龄下的健康经营模式并对其经营效果进行评价。

## 1 研究区概况

研究区位于内蒙古自治区赤峰市喀喇沁旗西南

部的旺业甸林场(41°21′—41°39′N, 118°09′—118°30′E)。旺业甸林场属于燕山北部山地的七老图山支脉,平均海拔 1 150 m,为华北平原向蒙古高原过渡的山岳地带,呈明显的海洋性气候向大陆性气候延伸的交错地带,年平均降水量为 520.4 mm,年平均气温 4.2 ℃。林场处于东北部阔叶林—华北阔叶林—蒙古草原的过渡地段,土壤类型多样,主要有棕壤、褐土、草甸土和山地黑土 4 种类型,但以典型棕壤为主。植被种类丰富,主要有山地森林植被、低湿地植被、草原植被,其中高等植物 88 科 326 属 627 种(包括亚种、变种、变型及栽培植物)。林场的优势树种是华北落叶松,面积为 4 835.4 hm<sup>2</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置与调查

选取华北落叶松人工林的无干扰经营、常规经营、近自然经营样地,包括各自的幼龄林、中龄林和近熟林(每种模式的每个林龄分别有 3 块样地)共 27 块样地,样地为圆形,半径为 15 m,以无干扰经营为对照,分别研究常规经营和近自然经营模式对华北落叶松人工林林下植被的影响,不同经营模式的具体实施方法详见表 1。本研究中的华北落叶松人工林,乔木层为华北落叶松单优种,而研究区内的灌木层种类较少,变化不大,因此仅对华北落叶松人工林林下草本层进行调查研究。

在每个样地内,随机选取 5 个 1 m×1 m 的草本样方,共 135 个草本样方。

分别调查林下草本植物的种类、高度、株数、盖度和生长状况等。待草本样方调查完毕后,将样方内的草本层地上部分齐地收割,并带回实验室,进行生物量的测定,具体方法为:先将取回的草本植物放在 105 ℃ 的烘箱内进行 1 h 左右的杀青处理,然后将烘箱内温度调至 80 ℃ 烘干至恒重,即可得干物质的重量,从而根据样方面积推算出整个样方内单位面积的草本生物量。

### 2.2 物种多样性计算

物种多样性反映的是一个群落中物种的数量和物种在这个群落分布的状况,是物种丰富度和分布均匀性的综合反映<sup>[16-17]</sup>,选用以下指标进行物种多样性的测度<sup>[18-19]</sup>:

(1) 草本植物的重要值 = 相对高度 + 相对盖度;

(2) Shannon—Wiener 指数:  $H' = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$

(3) Pielou 均匀度指数:  $E = H' / \ln S$

(4) Simpson 指数:  $P = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2$

(5) Margalef 丰富度指数:  $D=(S-1)/\ln N$  的物种总数, 即丰富度指数;  $N$ ——种  $i$  所在样方的各个种的重要值之和。  
 式中:  $P_i$ ——种  $i$  的相对重要值;  $S$ ——种  $i$  所在样方

表 1 不同经营模式的抚育间伐方式

经营模式	抚育间伐方式	特点
常规经营	幼龄林阶段, 进行透光、生长抚育, 抚育强度为 20%, 铲除杂草灌木; 中龄林、近熟林阶段, 以收获木材为主要目标, 进行间伐, 间伐强度为 29%, 采用皆伐或者“拔大毛”式择伐(采大留小、采好留坏), 全面铲除林下杂草灌木。	干扰频度高, 采伐强度大
近自然经营	幼龄林阶段, 进行目标树标记、修枝、充分利用乡土植物促进华北落叶松人工林的生长; 中龄林、近熟林阶段, 兼顾生态和经济效益, 进行适度抚育间伐, 抚育强度为 15%, 间伐强度为 14%, 以目标树为核心, 定期伐除与之竞争的树木, 对周围影响林木生长的灌草进行清除打枝, 将清除或打枝的枝叶培于落叶松根部附近, 同时补植一些能够提高生物多样性、具有一定经济价值的树种, 并随时调节与落叶松人工林的种间关系, 保证落叶松自然生长。	干扰频度低、采伐强度小
无干扰	无经营活动, 排除人类干扰, 林木、植被自然更新。	无人干扰, 自然更新

### 3 结果与分析

#### 3.1 经营模式对林下植被组成及重要值的影响

华北落叶松人工林林下草本种类组成丰富, 在幼龄林阶段, 3 种不同经营模式下的华北落叶松人工林林下共出现草本植物 43 种, 隶属于 17 科, 种类最多的科为菊科、蔷薇科(7 种), 其次是毛茛科、堇菜科(4 种), 豆科、禾本科(3 种), 车前科、百合科、牻牛儿科、茜草科(2 种), 莎草科、唇形科、龙胆科、石竹科、玄参科、鸢尾科、景天科(1 种)。其中无干扰经营模式的草本植物种数最多, 共 27 种, 其次是近自然经营模式的 25 种, 而常规经营模式的草本植物种类最少, 共 19 种。

在中龄林阶段, 3 种不同经营模式下的华北落叶松人工林林下共出现草本植物 34 种, 隶属于 15 科, 种类最多的是蔷薇科的草本(7 种), 其次是菊科(6 种), 毛茛科(4 种), 禾本科、堇菜科(3 种), 百合科(2 种), 莎草科、车前科、唇形科、豆科、茜草科、桔梗科、牻牛儿科、鸢尾科、景天科(1 种)。其中近自然经营模式的草本植物种类最多, 共 21 种, 无干扰经营模式的草本植物种数为 20 种, 常规经营模式的草本植物种类最少, 共 14 种。

在近熟林阶段, 3 种不同经营模式下的华北落叶松人工林林下共出现草本植物 35 种, 隶属于 16 科, 其中种类最多的仍然是菊科和蔷薇科的草本(6 种), 其次是毛茛科(4 种), 禾本科、百合科(3 种), 豆科、堇菜科(2 种), 景天科、伞形科、藜科、莎草科、鸢尾科、茜草科、牻牛儿科、唇形科、黑麦草科(1 种)。近自然经营模式的草本植物种类最多, 共 24 种, 常规经营模式的草本植物种数共 16 种, 无干扰经营模式的草本植物种数最少, 为 13 种。

此外, 在不同林龄阶段, 3 种经营模式下的林下草本优势种也不同。从表 2 可以看出, 幼龄林阶段, 3 种经营模式的第一优势种都是苔草。无干扰经营模式的优势种为苔草(*Carex tristachya*)、银背风毛菊(*Saussurea nivea*)、莓叶委陵菜(*Potentilla fragarioides*)、蛇莓委陵菜(*Potentilla centigrana*)、车前草(*Plantago asiatica*)、龙牙草(*Agrimonia pilosa*)和朝天委陵菜(*Potentilla supina*), 蔷薇科的草本在无干扰经营模式的优势种中占有很大的比重; 常规经营模式的优势种是苔草(*Carex tristachya*)、小红菊(*Dendranthema chanelii*)、莓叶委陵菜(*Potentilla fragarioides*)、龙牙草(*Agrimonia pilosa*)、车前草(*Plantago asiatica*)、稗草(*Echinochloa crusgalli*)和赖草(*Leymus secalinus*); 近自然经营模式的优势种为苔草(*Carex tristachya*)、野草莓(*Fragaria vesca*)、大油芒(*Spodiopogon sibiricus*)、龙牙草(*Agrimonia pilosa*)、银背风毛菊(*Saussurea nivea*)、糙苏(*Phlomis umbrosa*)和堇菜(*Viola verecumda*)。与无干扰经营模式相比, 常规经营模式和近自然经营模式的草本优势种不仅集中于蔷薇科, 优势种的类型丰富。

到了中龄林阶段, 无干扰经营模式的优势种为苔草(*Carex tristachya*)、小红菊(*Dendranthema chanelii*)、大油芒(*Spodiopogon sibiricus*)、茜草(*Rubia cordifolia*)、细距堇菜(*Viola tenuicornis*)、龙牙草(*Agrimonia pilosa*)和银背风毛菊(*Saussurea nivea*); 常规经营模式的优势种是苔草(*Carex tristachya*)、糙苏(*Phlomis umbrosa*)、大油芒(*Spodiopogon sibiricus*)、莓叶委陵菜(*Potentilla fragarioides*)、小红菊(*Dendranthema chanelii*)、鼠掌老鹳

草(*Geranium sibiricum*)和龙牙草(*Agrimonia pilosa*);近自然经营模式的优势种为糙苏(*Phlomis umbrosa*)、苔草(*Carex tristachya*)、龙牙草(*Agrimonia pilosa*)、唐松草(*Thalictrum aquilegifolium* var. *sibiricum*)、羊草(*Leymus chinensis*)、银背风毛菊(*Saussurea nivea*)和鹅冠草(*Roegneria Kamoji*)。无干扰经营模式和常规经营模式的第一优势种仍然是苔草,但近自然经营模式的第二优势种为糙苏,苔草的重要值下降为第二优势种。

近熟林阶段,无干扰经营模式的优势种为苔草(*Carex tristachya*)、唐松草(*Thalictrum aquilegifolium*)、蛇莓委陵菜(*Potentilla centigrana*)、款冬(*Tussilago farfara*)、歪头菜(*Vicia unijuga*)、黄精(*Polygonatum sibiricum*)和大油芒(*Spodiopogon*

*sibiricus*);常规经营模式的优势种是苔草(*Carex tristachya*)、唐松草(*Thalictrum aquilegifolium*)、莓叶委陵菜(*Potentilla fragarioides*)、大油芒(*Spodiopogon sibiricus*)、小红菊(*Dendranthema chanelii*)、蛇莓委陵菜(*Potentilla fragarioides*)和鼠掌老鹳草(*Geranium sibiricum*);近自然经营模式的优势种为苔草(*Carex tristachya*)、小红菊(*Dendranthema chanelii*)、糙苏(*Phlomis umbrosa*)、银背风毛菊(*Saussurea nivea*)、鹅观草(*Roegneria kamoji*)、唐松草(*Thalictrum aquilegifolium*)和黑麦草(*Lolium perenne*)。近熟林阶段,3种经营模式的第二优势种又均为苔草,近自然经营模式的苔草的重要值为 50.65,比常规经营模式的多 6.59,比无干扰经营模式的多 7.09。

表 2 不同林龄下不同经营模式的林下草本植物重要值

林龄	经营模式	重要值
幼龄林	无干扰经营	苔草(29.77);银背风毛菊(22.14);莓叶委陵菜(17.98);蛇莓委陵菜(13.97);车前草(13.38);龙牙草(11.56);朝天委陵菜(10.30)
	常规经营	苔草(60.98);小红菊(26.73);莓叶委陵菜(18.47);龙牙草(13.59);车前草(9.98);稗草(8.36);赖草(8.08)
	近自然经营	苔草(31.90);野草莓(30.85);大油芒(17.00);龙牙草(14.68);银背风毛菊(13.83);糙苏(13.36);堇菜(12.98)
中龄林	无干扰经营	苔草(56.49);小红菊(16.65);大油芒(15.78);茜草(14.79);细距堇菜(11.64);龙牙草(10.79);银背风毛菊(10.76)
	常规经营	苔草(51.99);糙苏(34.19);大油芒(30.23);莓叶委陵菜(16.40);小红菊(10.19);鼠掌老鹳草(9.11);龙牙草(8.19)
	近自然经营	糙苏(43.49);苔草(21.17);龙牙草(15.80);唐松草(14.43);羊草(10.76);银背风毛菊(10.25);鹅冠草(7.97)
进熟林	无干扰经营	苔草(43.56);唐松草(36.49);蛇莓委陵菜(29.16);款冬(21.27);歪头菜(15.57);黄精(11.76);大油芒(9.97)
	常规经营	苔草(44.06);唐松草(33.52);莓叶委陵菜(18.30);大油芒(16.38);小红菊(14.70);蛇莓委陵菜(9.19);鼠掌老鹳草(8.94)
	近自然经营	苔草(50.65);小红菊(24.73);糙苏(14.04);银背风毛菊(12.50);鹅冠草(11.06);唐松草(9.23);黑麦草(8.23)

注:仅列出草本重要值排序前 7 位的物种。

### 3.2 经营模式对林下植被盖度的影响

不同经营模式对不同林龄华北落叶松人工林林下草本的盖度有不同程度地影响。由图 1 可知,幼龄林阶段,无干扰经营模式的盖度为 77.67%,常规经营模式和近自然经营模式的盖度均比无干扰经营模式的小,其中常规经营模式的盖度最小,为 57.87%,比无干扰经营模式的盖度少了 19.8%,且差异显著( $p < 0.05$ )。中龄林阶段,常规经营模式的盖度最小,为 16.89%,这与常规经营模式全面铲除杂草有直接关系,与常规经营模式相比,无干扰经营模式和近自然

经营模式的盖度分别为 39.53%和 50.07%,且分别是常规经营模式的 2.3 倍和 3.0 倍,差异均达到极显著( $p < 0.01$ )。说明在中龄林阶段,间伐是有利于林下草本盖度的,但是常规经营模式间伐力度过大,应进行适度地间伐。近熟林阶段,近自然经营模式的林下草本盖度比无干扰经营模式和常规经营模式的大,近自然经营模式的盖度达到了 56.13%,无干扰经营模式和常规经营模式分别为 35.33%和 42.20%,其中与近自然经营模式相比,无干扰经营模式差异显著( $p < 0.05$ )。

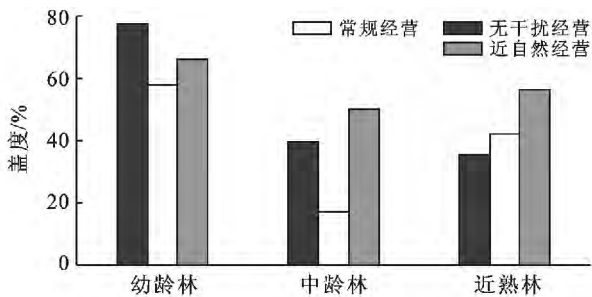


图 1 不同林龄下不同经营模式的林下草本植物盖度

### 3.3 经营模式对林下草本植物多样性的影响

不同经营模式对华北落叶松人工林林下植被多样性的影响如表 3 所示。从表 3 可以看出,幼龄林阶段,无干扰经营模式的 Shannon—Wiener 指数、Pielou 指数、Simpson 指数、Margalef 指数最高,分别为 2.85,0.84,0.92 和 1.64,与无干扰经营模式相比,常规经营模式和近自然经营模式的 Shannon—wiener 指数、Pielou 指数、Simpson 指数、Margalef 指数均比无干扰经营模式的小,但差异不显著( $p>0.05$ ),其中对 Pielou 指数影响不大,两种经营模式的 Pielou 指数均为 0.81;近自然经营模式的 Shannon—Wiener 指数和 Margalef 指数均大于常规经营模式,对于 Simpson 指数而言,常规经营模式的略大,但差异也不显著;幼龄林阶段,无干扰经营模式比其他两种经营模式更有利于多样性的保持,因为幼龄林时,林木及其林下植被正处于生长阶段,林木还没有达到郁闭,林下

植被可以有效地利用阳光和水分,过多的人为干扰会破坏植被的生长。到了中龄林阶段,无干扰经营模式的 Shannon—Wiener 指数、Pielou 指数和 Margalef 指数为最大,分别为 2.77,0.88 和 1.26,近自然经营模式的 Shannon—Wiener 指数、Pielou 指数次之,常规经营模式的 Shannon—Wiener 指数、Pielou 指数最小,分别为 2.29 和 0.80,与无干扰经营模式相比,均差异显著( $p<0.05$ );而 3 种经营模式的 Simpson 指数差别不大。近熟林阶段,近自然经营模式的各项多样性指数均比无干扰经营模式和常规经营模式的大,其中 Shannon—Wiener 指数是无干扰经营模式的 1.2 倍,是常规经营模式的 1.1 倍;Pielou 指数是无干扰经营模式的 1.1 倍,是常规经营模式的 1.0 倍;Simpson 指数是无干扰经营模式的 1.1 倍,是常规经营模式的 1.0 倍,Margalef 指数是无干扰经营模式的 1.0 倍,是常规经营模式的 1.1 倍;而无干扰经营模式在近熟林阶段的 Shannon—Wiener 指数、Pielou 指数、Simpson 指数均最小,分别为 2.26,0.78 和 0.82。可以看出,到了近熟林阶段,近自然经营模式的各项多样性指数均高于其他两种经营模式,因为在近熟林阶段,林木的树高和直径的速生时期已经过去,转入到树木材积的速生期,林木也基本达到郁闭,这时候对林木进行适度地抚育间伐,可以促进林木的生长,增加林下光照强度,有助于林下枯落物的分解,从而改变了生境条件、增加了环境的异质性,提高了植被的多样性<sup>[20-22]</sup>。

表 3 不同林龄下不同经营模式的林下草本植物多样性指数

林龄	经营模式	Shannon—Wiener 指数	Pielou 指数	Simpson 指数	Margalef 指数
幼龄林	无干扰经营	2.85±0.15	0.84±0.01	0.92±0.02	1.64±0.27
	常规经营	2.57±0.23	0.81±0.06	0.84±0.08	1.00±0.30
	近自然经营	2.59±0.50	0.81±0.11	0.82±0.12	1.15±0.45
中龄林	无干扰经营	2.77±0.05	0.88±0.03	0.88±0.06	1.26±0.06
	常规经营	2.29±0.26	0.80±0.06	0.89±0.05	1.21±0.42
	近自然经营	2.65±0.18	0.86±0.02	0.89±0.02	0.95±0.58
近熟林	无干扰经营	2.26±0.47	0.78±0.07	0.82±0.05	1.15±0.25
	常规经营	2.42±0.40	0.83±0.01	0.87±0.04	1.08±0.17
	近自然经营	2.73±0.24	0.86±0.05	0.88±0.03	1.17±0.28

### 3.4 经营模式对林下植被生物量的影响

不同经营模式对华北落叶松人工林林下植被生物量的影响如图 2 所示。从图 2 可以看出,在幼龄林中,无干扰经营模式的生物量最小,为 0.44 t/hm<sup>2</sup>,近自然经营模式的生物量为 0.58 t/hm<sup>2</sup>,常规经营模式的生物量最大,为 1.27 t/hm<sup>2</sup>,是无干扰经营模式的 2.9 倍,是近自然经营模式的 2.2 倍,说明在幼龄林阶段,间伐强度越大,生物量也越大。在中龄林中,近

自然经营模式的生物量最大,为 0.92 t/hm<sup>2</sup>,比常规经营模式多 0.6 t/hm<sup>2</sup>,比无干扰经营模式多 0.7 t/hm<sup>2</sup>,但差异不显著( $p>0.05$ )。说明在中龄林阶段,间伐有助于林下植被的生物量,但是间伐强度要适中,对于其林下的杂草灌木也要适当的铲除,所以近自然经营模式的生物量要高于常规经营模式。到了近熟林阶段,近自然经营模式的生物量最大,为 0.31 t/hm<sup>2</sup>,其次是常规经营模式的 0.28 t/hm<sup>2</sup>,无干扰经营模式

的生物量最小,为  $0.17 \text{ t/hm}^2$ 。无干扰经营模式没有任何人为干扰,反而造成了资源的占用,使林下植被不能很好的生长,造成生物量的降低。可以看出,对于生物量而言,在森林的幼龄、中龄、近熟阶段,常规经营模式和近自然经营模式的生物量均比无干扰经营模式的大。幼龄林阶段,影响植被最主要的因素是空间与资源的竞争,而常规经营模式和近自然经营模式砍伐力度比无干扰经营模式的大,释放出更多的空间和资源,使得生物量大于无干扰经营模式。在中龄林和近熟林阶段,生物量的增加与伐后林分冠层郁闭度下降,林分的光照、水分条件改善,使得林下植被迅速更新、长势增强有关,说明间伐可以增加林下植被的生物量。王祖华<sup>[23]</sup>等对南京杉木人工林林下植被的生物量研究时发现,间伐强度对草本生物量的影响依次为:中度>弱度>强度;王凯<sup>[24]</sup>等对河北省的油松人工林林下植被进行研究,结果显示草本层生物量随间伐强度的增强而增加;本研究中近自然经营模式更有助于林下草本的生物量,说明林下植被的生物量不仅仅与间伐强度有关,还要结合人工林的经营理论,结合不同林龄的特点,平衡人类、自然干扰的关系,才能使林下植被生物量发育到最佳。

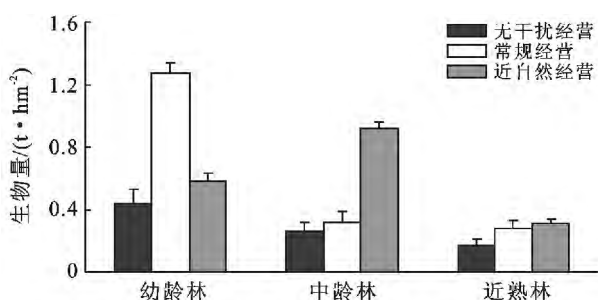


图 2 不同林龄下不同经营模式的林下草本植物生物量

## 4 结论

(1) 幼龄林阶段,无干扰经营模式更有利于林下植被多样性,常规经营模式能保证较高的生物量。林下草本种数、盖度、多样性指数均呈现为:无干扰经营模式>近自然经营模式>常规经营模式,对于生物量而言,常规经营模式的生物量最大,近自然经营模式次之,无干扰经营模式的生物量最小。

(2) 中龄林阶段,近自然经营模式更优。在中龄林阶段,林下草本种数、盖度表现为:近自然经营模式>无干扰经营模式>常规经营模式;多样性指数中无干扰经营模式的较大,但是从纵向分析来看,其多样性指数从幼龄林到中龄林再到近熟林的过程中,是呈降低的趋势,而近自然经营模式的多样性指数呈上升

的趋势。对于生物量而言,近自然经营模式的生物量要大于常规经营模式和无干扰经营模式。综合植被种类、盖度、多样性和生物量而言,中龄林阶段,近自然经营模式更占优势。

(3) 近熟林阶段,近自然经营模式最优。近自然经营模式的林下草本种数、盖度、多样性指数、生物量均大于无干扰经营模式和常规经营模式,而无干扰经营模式随着林龄的增大,植被种数、盖度、多样性指数和生物量都较低,说明近自然经营模式越来越发挥出其优势,而没有采伐和抚育的无干扰经营模式阻碍了林下植被的生长,随着林龄的增加,已经不适合植被的生长。

(4) 不同的经营模式对不同林龄的华北落叶松人工林林下植被的种类、盖度、多样性、生物量的影响具有差异,根据森林经营的目标,选择合理的经营方式可以促进落叶松人工林的生长,增大林下草本多样性和生物量,持续稳定地利用森林资源,充分发挥其生态、经济效益,为不同需求的林分提供经营的理论依据,更全面合理地发挥森林的多功能性。

## [参 考 文 献]

- [1] 姚延涛,陈建中,胡建芳,等. 华北落叶松[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2013:1-25.
- [2] 李国雷,刘勇,吕瑞恒,等. 华北落叶松人工林密度调控对林下植被发育的作用过程[J]. 北京林业大学学报, 2009,31(1):19-24.
- [3] Gambory C, Larsen J B. Back to nature: A sustainable future for forestry [J]. Forest Ecology and Management, 2003, 179(13): 559-571.
- [4] 周霆,盛炜彤. 关于我国人工林可持续问题[J]. 世界林业研究,2008,21(3):49-53.
- [5] Tiefenbacher E. Measuring and controlling the degree of naturalness of forest stand [J]. Schweizerische Zeitschrift fur Forstwesen, 1999, 150(7): 246-248.
- [6] 陆元昌. 近自然森林经营的理论与实践[M]. 北京:科学出版社,2006:1-120.
- [7] 褚建民,卢奇,崔向慧,等. 人工林林下植被多样性研究进展[J]. 世界林业研究,2007,20(3):9-13.
- [8] 安云,丁国栋,梁文俊,等. 间伐对华北土石山区油松林生长及其林下植被发育的影响[J]. 水土保持研究, 2012,19(4):86-90.
- [9] Barbier S, Gosselin F, Balandier P. Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved: A critical review for temperate and boreal forest[J]. Forest Ecology and Management, 2007, 254(1): 1-15.
- [10] 但新球. 现代森林文化特征初探[J]. 北京林业大学学报:社会科学版,2007,6(3):6-9.

(下转第 75 页)

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] Neitsch S L, Arnold J G, Kiniry J R, et al. Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2009[R]. Texas: Texas Water Resources Institute, 2011.
- [2] 李慧,雷晓云,包安明,等. 基于 SWAT 模型的山区日径流模拟在玛纳斯河流域的应用[J]. 干旱区研究, 2010, 27(5):686-690.
- [3] 李丽娇,薛丽娟,张奇. 基于 SWAT 的西苕溪流域降雨—径流关系及水量平衡分析[J]. 水土保持通报, 2008,28(5):81-85.
- [4] 黄清华,张万昌. SWAT 模型参数敏感性分析及应用[J]. 干旱区地理, 2010(1):8-15.
- [5] 李占玲,徐宗学. 黑河流域上游山区径流模拟及模型评估[J]. 北京师范大学学报:自然科学版, 2010(3):344-349.
- [6] 杨柳,刘梅冰,陈莹,等. 山美水库集水区径流模拟的日尺度 SWAT 模型[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(S1):3-5.
- [7] 许有鹏,葛小平,张立峰,等. 东南沿海中小流域平原区洪水淹没模拟[J]. 地理研究, 2005, 24(1):38-45.
- [8] 福建师范大学地理系《福建自然地理》编写组. 福建自然地理[M]. 福州:福建人民出版社, 1987:64-131.
- [9] 赖格英,吴敦银,钟业喜,等. SWAT 模型的开发与应用进展[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2012, 40(3):243-251.
- [10] Nash J E, Sutcliffe J V. River flow forecasting through conceptual models (part I): A discussion of principles [J]. Journal of hydrology, 1970, 10(3): 282-290.
- [11] 林木生,陈兴伟,陈莹. 晋江西流域洪水与暴雨时空分布特征的相关分析[J]. 资源科学, 2011, 33(12): 2226-2231.
- [12] Bhaduri B L. A geographic information system-based model of the long-term impact of land use change on nonpoint-source pollution at a watershed scale [D]. West Lafayette: Purdue University, 1998.
- [13] 陈莹,许有鹏,陈兴伟. 长江三角洲地区中小流域未来城镇化的水文效应[J]. 资源科学, 2011(1):64-69.
- [14] 史晓亮,李颖,严登华,等. 流域土地利用/覆被变化对水文过程的影响研究进展[J]. 水土保持研究, 2013, 20(4):301-308.
- [15] 叶宝莹,张养贞,张树文,等. 嫩江流域土地覆被变化对径流量的影响分析[J]. 水土保持通报, 2003, 23(2):15-18.
- [16] 邓慧平,李秀彬. 流域土地覆被变化水文效应的模拟:以长江上游源头区梭磨河为例[J]. 地理学报, 2003, 58(1):53-62.
- [17] 汤国安,杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京:科学出版社, 2006:401-408.
- [18] 林文娇. 晋江东流域农业非点源污染模拟分析[D]. 福建福州:福建师范大学, 2009.

(上接第 69 页)

- [11] 石春娜. 我国森林质量的社会经济影响因素研究[D]. 北京:北京林业大学, 2010:1-149.
- [12] 林同龙. 杉木人工林近自然经营技术的应用效果研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(3):11-16.
- [13] 张象君,王庆成,王石磊,等. 小兴安岭落叶松人工纯林近自然化改造对林下植物多样性的影响[J]. 林业科学, 2011, 47(1):6-14.
- [14] 林平,刘勇,李国雷,等. 间伐强度对华北落叶松人工林植被物种多样性的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(8):158-161.
- [15] 李瑞霞,闵建刚,彭婷婷,等. 间伐对马尾松人工林植被物种多样性的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2013, 41(3):61-68.
- [16] 梁文俊. 华北土石山区典型林分健康经营技术基础研究[D]. 北京:北京林业大学, 2013:1-152.
- [17] 郭峰,陈丽华,汲文宪,等. 北沟林场天然次生林植物群落结构及物种多样性研究[J]. 水土保持通报, 2013, 33(2):124-134.
- [18] 马克平,黄建辉,于顺利,等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究(II):丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3):268-277.
- [19] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京:科学出版社, 2011:77-97.
- [20] 马履一,李春义,王希群,等. 不同强度间伐对北京山区油松生长及其林下植物多样性的影响[J]. 林业科学, 2007, 43(5):1-9.
- [21] 任立忠,罗菊春,李新彬,等. 抚育采伐对山杨次生林植物多样性影响的研究[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(4):14-17.
- [22] 于立忠,朱教君,孔祥文,等. 人为干扰(间伐)对红松人工林林下植物多样性的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(11):3757-3764.
- [23] 王祖华,李瑞霞,王晓杰,等. 间伐对杉木人工林林下植被多样性及生物量的影响[J]. 生态环境学报, 2010, 19(12):2778-2782.
- [24] 王凯,马履一,贾忠奎,等. 不同林龄油松人工林林下植物对不同间伐强度的短期影响[J]. 东北林业大学学报, 2013, 41(10):1-9.