

# 不同经营模式对马尾松人工林林下植被 生物多样性的影响

龙爱国, 颜衡祁

(湖南省祁阳县大江林场, 湖南祁阳 426131)

**摘要:** 为了对马尾松人工林在不同阶段不同的经营模式进行评价, 本研究以湖南省祁阳县大江林场的马尾松人工林为研究对象, 以林下草本植物的 Margalef 丰富度指数( $R$ )、Simpson 指数( $D$ )、Shannon-Wiener 指数( $H'$ )与 Pielou 均匀度指数( $E$ )为指标, 研究无干扰模式、常规模式和近自然模式对马尾松人工林林下植被生物多样性的影响。结果表明: (1) 在前期和中期, 马尾松林下草本生物多样性指数 (Margalef 指数、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和 Pielou 指数) 的大小顺序为: 无干扰模式 > 近自然模式 > 常规模式 ( $P < 0.05$ ); (2) 在后期, 马尾松林下 4 个生物多样性的顺序为: 近自然模式 > 常规模式 > 无干扰模式 ( $P < 0.05$ )。因此, 在开展马尾松人工林的抚育经营活动时, 应根据森林的发育阶段和经营目标, 选择制定最适宜的经营方案。

**关键词:** 马尾松人工林; 经营模式; 生物多样性; 阶段

中图分类号: S753.5

文献标志码: A

论文编号: casb17060024

## Different Management Models: Effects on Bio-diversity of Undergrowth Vegetation of *Pinus massoniana* Plantations

Long Aiguo, Yan Hengqi

(Dajiang Forest Farm of Qiyang County, Qiyang Hunan 426131)

**Abstract:** To evaluate different forest management models of *Pinus massoniana* plantations at different stages, the authors took *Pinus massoniana* plantations of Dajiang Forest Farm in Qiyang, Hunan as a study object, studied the impacts of no disturbance management model, conventional management model and close-to-nature management model on bio-diversity of undergrowth vegetation of *Pinus massoniana* plantation, by using the indicators such as the Margalef richness index ( $R$ ), Simpson index ( $D$ ), Shannon-Wiener index ( $H'$ ) and Pielou evenness index ( $E$ ) of undergrowth herb plantation. The results showed that: (1) at early and medium stage, the bio-diversity indexes of undergrowth herb of *Pinus massoniana* plantation (including  $R$ ,  $D$ ,  $H'$  and  $E$ ) followed an order as no disturbance management model > close-to-nature management model > conventional management model ( $P < 0.05$ ); (2) at later stage, the  $R$ ,  $D$ ,  $H'$  and  $E$  followed an order as close-to-nature management model > conventional management model > no disturbance management model ( $P < 0.05$ ). All the results indicated that according to forest growth stages and aims, suitable plans should be made in *Pinus massoniana* plantation management.

**Key words:** *Pinus massoniana* plantation; management model; bio-diversity; stage

## 0 引言

马尾松(*Pinus massoniana*)成活率高, 生长快, 是中

国南方重要的用材林之一<sup>[1-3]</sup>。但是, 在大面积营造马尾松的过程中, 出现了生物多样性降低、土壤肥力衰退

基金项目: 湖南省林业科技创新计划项目“衡阳紫色土丘陵坡地生态公益林恢复与示范”(XLK201341)。

第一作者简介: 龙爱国, 男, 1971 年出生, 林业工程师, 大专, 主要从事森林培育的研究与推广工作。通信地址: 426131 湖南省祁阳县大江林场, E-mail: lag654@sina.com。

收稿日期: 2017-06-04, 修回日期: 2017-06-28。

和林木质量下降等一系列生态问题<sup>[4-6]</sup>。林下植被是森林生态系统的重要组成部分,在防止水土流失、加速系统物质循环、保持系统的稳定性等方面具有重要作用<sup>[7-9]</sup>。因此,研究不同经营模式下马尾松林下植被的变化特征对马尾松的可持续经营具有重大的意义。

不同经营模式对人工林林下植被的影响已引起中国学者的重视。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,滥砍滥伐,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森林经营模式。张象君等<sup>[12]</sup>以黑龙江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>[13]</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,结果表明合适的间伐强度可以提高林下植被多样性,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>[14]</sup>以南京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,但对于森林不同发育阶段何种经营模式最优的问题,还没有明确的答案。

鉴于此,本研究通过对湖南省祁阳县大江林场进行实地调查,选取马尾松人工林为研究对象,以无任何人类干扰,林分自然更新的无干扰林地作为对照,对比干扰强度低,采伐强度小的近自然经营林地和干扰强度高,采伐强度大的常规经营林地2种模式对前期(3~5年)、中期(15~20年)和后期( $\geq 50$ 年)各林龄林下植被的影响,从而对马尾松人工林不同林龄的健康经营模式进行评价,以期为指导该区域的马尾松经营提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于湖南省祁阳县大江林场内(38°23'—38°42'N, 117°07'—118°15'E)。场内处于南部阳明山脉,平均海拔1106 m,气候为亚热带季风湿润气候,年均温18.2℃,年降水量1276 mm,无霜期294天,林场植被丰富,其中高等植物89科328属652种(包括变种、亚种及栽培种)。林场优势种为马尾松,面积5326.9 hm<sup>2</sup>。

## 1.2 研究方法

1.2.1 样地的选择与调查 2014年6月—2016年7月,在无干扰、近自然和常规等3种模式的前、中与后期3个阶段分别选取3块样地,共27块样地(3模式×3阶段×3块)。在每块面积为400 m<sup>2</sup>(20 m×20 m)的样地进行乔木调查,且在每块样地的四角和中心分别设置5个4 m×4 m与1 m×1 m的小样方进行灌木与草本的调查。在本研究区内,马尾松为单优乔木,灌木种类很少,同时变化也很小,因此,重点对林下草本植物的种类、株数等进行调查<sup>[15-16]</sup>。

1.2.2 植物生物多样性的测度 草本植物的Margalef丰富度指数( $R$ )、Simpson指数( $D$ )、Shannon-Wiener指数( $H'$ )与Pielou均匀度指数( $E$ )以及草本植物重要值测定方法参考文献<sup>[17-18]</sup>。

1.2.3 统计分析 所有数据采用Excel进行处理,分别采用one-way ANOVA法DMRT法进行方差分析与差异显著性检验( $\alpha=0.05$ ),表中所有数据均为3次重复的均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同经营模式对草本植物的影响

马尾松林下草本植物丰富,在前期阶段,3种模式马尾松林下共出现草本植物14科45种。科种的多少从大至小的顺序依次为禾本科、菊科(各8种);豆科、毛茛科、旋花科、蔷薇科(各4种);百合科、茜草科、唇形科、石竹科、报春花科(各2种);景天科、龙胆科、桔梗科(各1种)。其中,无干扰模式草本植物最多,达30种,近自然模式次之,为24种,常规模式最少,仅为17种,三者的差异达显著水平( $P<0.05$ )。

在中期阶段,3种模式马尾松林下共出现草本植物13科43种。最多为菊科(7种);其次为禾本科、莎草科、景天科(各5种);毛茛科、豆科、酢浆草科、天南星科(各4种);百合科、大戟科、爵床科、车前科、十字花科(各1种)。其中近自然模式最多,达19种,无干扰模式18种,常规模式最少,仅为13种,常规模式林下草本植物种类显著少于近自然与干扰模式( $P<0.05$ )。

在后期阶段,3种模式马尾松林下共出现草本植物14科36种。种类最多的仍然是禾本科、菊科(各6种);毛茛科、石竹科、杨柳科、蓼科(各3种);兰科、松科、忍冬科、十字花科(各2种);唇形科、虎耳草科、蔷薇科、豆科(各1种)。其中近自然模式草本植物最多,达24种,其数量显著多于常规模式(8种)和无干扰模式(4种)的草本植物种类( $P<0.05$ )。

此外,在不同的阶段,3种模式的林下草本植物的优势种也呈现差异(见表1)。从表1可以看出,前期,3

种模式的第一优势种均为灯心草,无干扰模式的前6位优势种分别为灯心草(*Juncus effusus*)、梅花草(*Parnassia palustris*)、狭叶荨麻(*Urtica angustifolia*)、小玉竹(*Polygonatum humile*)、大花马齿苋(*Portulaca grandiflora*)和苔草(*Carex tristachya*),禾本科和菊科的草本植物在马尾松林下占有很大的比例;常规模式的前6位优势种分别为灯心草、小红菊(*Dendranthema chanetti*)、狭叶荨麻、大油芒(*Spodiopogon sibiricus*)、大花马齿苋和苔草;近自然模式的前6位优势种分别为灯心草、小红菊、银背风毛菊(*Saussurea nivea*)、大油芒、莓叶委陵菜(*Potentilla fragarioides*)、苔草。与无干扰模式相比较,常规和近自然模式林下的草本植物丰富,且多旋花科植物。

至中期,无干扰模式前6位优势种分别为灯心草、苔草、银背风毛菊、唐松草(*Thalictrum aquilegifolium* var. *sibiricum*)、莓叶委陵菜和鹅观草(*Roegneria kamoji*);常规模式前6位优势种分别为灯心草、黑麦草(*Lolium perenne*)、银背风毛菊、鼠掌老鹳草(*Geranium sibiricum*)、莓叶委陵菜、鹅观草;近自然模式前6位优势种分别为黑麦草、灯心草、大花马齿苋、鼠掌老鹳草、歪头菜(*Vicia unijuga*)和款冬(*Tussilago farfara*)。无干扰模式和常规模式的第一优势种仍为灯心草,但近自然模式的第一优势种为黑麦草,灯心草下降为第二优势地位。

后期,无干扰模式的前6位优势植物分别为灯心草、黑麦草、大花马齿苋、鼠掌老鹳草、糙苏(*Phlomis umbrosa*)、西南橡子(*Cotoneaster franchetti*);常规模式的前6位优势植物分别为灯心草、白草(*Pennisetum centrasiaticum*)、大花马齿苋、鼠掌老鹳草、苦买菜(*Ixeridium denticulata*)、西南橡子;近自然模式的前6种

优势植物分别为灯心草、白草、平车前(*Plantago depressa*)、鼠掌老鹳草、野香草(*Elsholzia cypriani*)、沿阶草(*Ophiopogon bodinieri*)。在后期,3种模式的第一优势均为灯心草,其重要值的大小顺序为:灯心草(近自然,50.05)>灯心草(常规,44.44)>灯心草(无干扰,42.99)( $P<0.05$ )。

## 2.2 不同模式对林下草本植物多样性的影响

不同模式对马尾松人工林下草本植物多样性的影响见表2。由表2可知,前期,无干扰模式的Margalef指数、Simpson指数、Shannon-Wiener指数和Pielou指数分别为1.65、0.93、2.86和0.85,均显著大于常规模式和近自然模式的相应的值( $P<0.05$ );中期,3种模式,除Simpson指数差异不显著外( $P>0.05$ ),无干扰模式的Margalef指数、Shannon-Wiener指数和Pielou指数均显著高于常规模式和近自然模式的相应值( $P<0.05$ );后期4个多样性指数的变化规律与前期和中期的变化规律基本相反,除Pielou指数的大小顺序为:Pielou指数(无干扰模式)>Pielou指数(近自然模式)>Pielou指数(常规模式)外( $P<0.05$ ),近自然模式的Margalef指数、Simpson指数和Shannon-Wiener指数均远大于无干扰模式和常规模式的相应值( $P<0.05$ )。

## 3 结论与讨论

通过对马尾松不同阶段各经营模式(无干扰、常规和近自然)的林下草本植物的生物多样性进行研究,得出以下主要结论:

(1)在前期和中期,马尾松林下生物多样性指数(Margalef指数、Simpson指数、Shannon-Wiener指数和Pielou指数)的大小顺序为:无干扰模式>近自然模式>常规模式( $P<0.05$ )。

表1 不同阶段各模式林下草本植物的重要值

时期	模式	草本植物的重要值
前期	无干扰	灯心草(28.05)、梅花草(22.14)、狭叶荨麻(17.26)、小玉竹(12.98)、大花马齿苋(11.00)、苔草(9.36)
	常规	灯心草(50.12)、小红菊(38.95)、狭叶荨麻(21.25)、大油芒(18.09)、大花马齿苋(9.36)、苔草(8.88)
	近自然	灯心草(31.09)、小红菊(28.00)、银背风毛菊(20.37)、大油芒(18.42)、莓叶委陵菜(15.97)、苔草(12.54)
中期	无干扰	灯心草(56.12)、苔草(19.58)、银背风毛菊(18.43)、唐松草(15.37)、莓叶委陵菜(12.63)、鹅观草(10.07)
	常规	灯心草(49.65)、黑麦草(29.43)、银背风毛菊(27.00)、鼠掌老鹳草(15.84)、莓叶委陵菜(12.79)、鹅观草(7.99)
	近自然	黑麦草(42.87)、灯心草(23.94)、大花马齿苋(16.43)、鼠掌老鹳草(13.87)、歪头菜(10.53)、款冬(8.01)
后期	无干扰	灯心草(42.99)、黑麦草(32.90)、大花马齿苋(27.88)、鼠掌老鹳草(19.45)、糙苏(14.48)、西南橡子(9.05)
	常规	灯心草(44.44)、白草(30.19)、大花马齿苋(17.04)、鼠掌老鹳草(15.68)、苦买菜(10.00)、西南橡子(9.98)
	近自然	灯心草(50.05)、白草(23.38)、平车前(15.18)、鼠掌老鹳草(11.00)、野香草(9.91)、沿阶草(8.17)

注:仅列出重要值的前6位的草本植物。

表2 不同阶段各模式林下草本植物多样性

时期	模式	Margalef指数	Simpson指数	Shannon-Wiener指数	Pielou指数
前期	无干扰	1.65Aa	0.93Aa	2.86Aa	0.85Ba
	常规	1.01Ac	0.85Cb	2.58Ac	0.82Bb
	近自然	1.16Ab	0.83Bc	2.60Cb	0.82Bb
中期	无干扰	1.27Ba	0.89Ba	2.78Ba	0.89Aa
	常规	1.22Bb	0.90Aa	2.30Cc	0.81Bc
	近自然	0.96Bc	0.90Aa	2.66Bb	0.87Ab
后期	无干扰	1.16Cb	0.83Cb	2.27Cc	0.79Ca
	常规	1.09Ac	0.88Ba	2.43Bb	0.84Ac
	近自然	1.18Aa	0.89Aa	2.74Aa	0.87Ab

注: 同列不同大写字母表示相同模式不同时期差异显著, 同列不同小写字母表示相同时期不同模式差异显著。

(2)在后期, 马尾松林下4个生物多样性的顺序为: 近自然模式 > 常规模式 > 无干扰模式 ( $P < 0.05$ )。

在经营的前期和中期阶段, 林木及其林下植被处于快速生长阶段, 林木还没有完全郁闭, 植物之间的生态位的重叠较小, 林下植物可充分利用土壤中的水肥和阳光, 过多的人为干扰会破坏植被生长, 因此, 在前期和中期, 只要植物处于无干扰状态, 植物多样性则会处于相对快速增长阶段, 森林生态系统的稳定性较强, 生态效益较高, 无干扰模式是较理想的森林经营模式<sup>[19-21]</sup>; 在后期阶段, 松树林处于成熟阶段, 松树几乎已经完全郁闭, 植物的生态位重叠值较大, 林下草本植物与马尾松竞争处于弱势地位, 林下草本植物由于得不到足够的土壤水分、养分和阳光部分草本植物被“淘汰”, 因此, 在后期阶段, 无干扰模式的林下草本植物的生物多样性指数显著小于近自然模式和常规模式的相应的值 ( $P < 0.05$ ), 无干扰模式阻碍了林下植被的生长, 而近自然模式越来越发挥出其优势<sup>[22-24]</sup>, 因此, 在后期阶段, 为了维持森林生态系统较高的生物多样性, 必须采取适度的“伐松保草”措施, 增加林下光照强度, 提高土壤温度与土壤酶活性, 增加土壤生化强度<sup>[25-26]</sup>, 加速林下调落物的分解, 改善林下生态环境, 增加环境的异质性, 从而有利于提高马尾松林下的生物多样性<sup>[27-28]</sup>。在马尾松的经营过程中, 在不同的生长阶段, 不同的经营模式马尾松林下植被的种类与多样性存在明显差异。因此, 根据生态学原理和森林经营目标, 选择合理经营方式, 增加林下生物多样性, 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生态系统的多功能性<sup>[29-31]</sup>。

### 参考文献

- [1] 陈璟, 杨宁. 亚热带红壤丘陵区5种人工林对土壤性质的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2013, 41(12): 167-173, 178.
- [2] 杨宁, 付美云, 杨满元, 等. 衡阳紫色土丘陵坡地不同土地利用模式下土壤种子库特征[J]. 西北植物学报, 2014, 34(11): 2324-2330.
- [3] 文东新, 杨宁, 杨满元. 衡阳紫色土丘陵坡地不同植被恢复模式对土壤微生物量及酶活性的影响[J]. 草地学报, 2016, 24(6): 1241-1247.
- [4] 杨宁, 邹冬生, 李建国. 衡阳盆地紫色土丘陵坡地植被恢复模式建设[J]. 草业科学, 2010, 27(10): 10-16.
- [5] 杨宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 衡阳紫色土丘陵坡地不同恢复阶段植被特征与土壤性质的关系[J]. 应用生态学报, 2013, 24(1): 90-96.
- [6] Tiefenbacher E. Measuring and controlling the degree of naturalness of forest stand[J]. Schweizerische Zeitschrift for Forestwesen, 1999, 150(7): 246-248.
- [7] 杨宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复阶段土壤特性的演变[J]. 生态学报, 2014, 34(10): 2693-2701.
- [8] 杨宁, 邹冬生, 付美云, 等. 紫色土丘陵坡地恢复中土壤团聚体特征及其与土壤性质的关系[J]. 生态学杂志, 2016, 35(9): 2361-2368.
- [9] 杨宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 衡阳紫色土丘陵坡地不同植被恢复阶段土壤微生物群落多样性的变化[J]. 林业科学, 2016, 52(8): 146-156.
- [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.
- [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] 张象君, 王庆成, 王石磊, 等. 不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.
- [13] 林平, 刘勇, 李国雷, 等. 间伐强度对华北落叶松人工林植物物种多样性的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(8): 158-161.
- [14] 李瑞霞, 闵建刚, 彭婷婷, 等. 间伐对马尾松人工林植物物种多样性的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2013, 41(3): 61-68.

- [15] 杨宁,邹冬生,李建国.衡阳盆地紫色土丘陵坡地主要植物群落生物量特征[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(5):466-469.
- [16] 杨宁,杨满元,邹冬生,等.紫色土丘陵坡地恢复过程中土壤微生物量碳与水溶性有机碳变化特征[J].草地学报,2016,24(4):812-818.
- [17] 杨宁,邹冬生,李建国,等.衡阳盆地紫色土丘陵坡地主要植物群落自然恢复演替进程中种群生态位动态[J].水土保持通报,2010,30(4):87-93.
- [18] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.衡阳紫色土丘陵坡地恢复过程中土壤微生物量与土壤养分演变[J].林业科学,2014,50(12):144-150.
- [19] 郭其强,张文辉,曹旭平.基于模糊综合评价的森林群落稳定性评价体系模型构建——以黄龙山主要森林群落为例[J].林业科学,2009,45(10):20-24.
- [20] 刘作云,杨宁.紫色土丘陵坡地不同恢复阶段土壤生态化学计量特征[J].中国农学通报,2015,31(18):163-167.
- [21] 于立志,朱教群,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.
- [22] 杨宁,邹冬生,李建国.衡阳盆地紫色土丘陵坡地自然恢复灌丛阶段主要种群空间分布格局[J].生态环境学报,2009,18(3):996-1001.
- [23] 杨宁,陈璟,杨满元,等.贵州雷公山秃杉林不同林冠环境下箭竹分株种群结构特征[J].西北植物学报,2013,33(11):2326-2331.
- [24] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.贵州雷公山秃杉的种群结构和空间分布格局[J].西北植物学报,2011,31(10):2100-2105.
- [25] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.衡阳紫色土丘陵坡地不同植被恢复阶段土壤酶活性特征研究[J].植物营养与肥料学报,2013,19(6):1516-1524.
- [26] 杨宁,邹冬生,杨满元,等.衡阳紫色土丘陵坡地植被不同恢复阶段土壤微生物量碳的变化及其与土壤理化因子的关系[J].生态环境学报,2013,22(1):25-30.
- [27] 杨宁,杨满元,雷玉兰,等.衡阳紫色土丘陵坡地土壤酶活性对植被恢复的响应[J].生态环境学报,2014,23(4):575-580.
- [28] 杨满元,杨宁.衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复过程中土壤生化强度变化[J].生态环境学报,2015,24(7):1125-1127.
- [29] 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.
- [30] 杨满元,杨宁,郭锐,等.衡阳紫色土丘陵坡地恢复过程中土壤微生物数量特征[J].生态环境学报,2013,22(2):229-232.
- [31] 陈璟,杨宁.衡阳紫色土丘陵坡地不同植被恢复过程中土壤水文效应[J].中国生态农业学报,2013,21(5):590-597.