

# 大兴安岭火烧迹地植被恢复后物种多样性 及其与土壤环境的关联分析

陈强, 赵雨森, 辛颖, 韩雪成, 夏祥友, 韩春华

(东北林业大学 林学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘要:** 以大兴安岭 1987 年“5·6”大火后火烧迹地经过植被恢复后的 4 种林分类型为对象, 利用灰色关联分析法分析了植物多样性与土壤环境因子的关系。研究结果表明, 群落物种多样性指数由大到小依次为: 樟子松林 > 兴安落叶松林 > 山杨林 > 白桦林。物种多样性在垂直层次上的变化差异较大。土壤理化性质存在一定差异, 其中樟子松的土壤理化性质较其他 3 种林分类型差。4 种林分类型群落物种多样性与土壤环境因子之间的关联度均大于 0.5, 但关联程度不同。樟子松林和山杨林的 Shannon—Wiener 多样性指数、物种均匀度指数、物种丰富度指数与土壤容重的关联程度最大, 兴安落叶松林和白桦林的 3 个多样性指数与非毛管孔隙度的关联程度最大。樟子松林、兴安落叶松林和白桦林的 Shannon—Wiener 多样性指数、物种均匀度指数、物种丰富度指数与有效磷的关联程度最大, 而山杨林的 3 个多样性指数与有效磷的关联程度最小。

**关键词:** 大兴安岭; 火烧迹地; 植被恢复; 物种多样性; 土壤环境

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)06-0061-05

中图分类号: S153, Q948

## Plant Species Diversity and Correlation with Soil Factors After Vegetation Restoration in Burned Area of Great Xing'an Mountains

CHEN Qiang, ZHAO Yu-sen, XIN Ying, HAN Xue-cheng, XIA Xiang-you, HAN Chun-hua

(School of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040, China)

**Abstract:** The correlation between biodiversity and soil physiochemical properties were analyzed under four stand types in Great Xing'an Mountains, which were restored since burned in 1987, using the gray relational analysis. The results showed that the biodiversity varied substantially among four different stands, demonstrating a descending order of biodiversity as *Pinus sylvestris* var. *mongolica* plantation > *Larix gmelini* plantation > *Pobulus davidiana* natural forest > *Betula platyphlla* natural forest. The soil physical and chemical properties also varied; *Pinus sylvestris* var. *mongolica* plantation was found under the poorest condition. The grey relational coefficient between biodiversity and soil environment exceeded 0.5 for all the four stands, showing different correlations. Shannorr—Wiener index, evenness index and species richness index correlated closely with soil bulk density under *Pinus sylvestris* var. *mongolica* plantation and *Pobulus davidiana* natural forest, while with non-capillary porosity under *Larix gmelini* plantation and *Betula platyphlla* natural forest. The three indices were also found correlated closed with available phosphorus under the *Pinus sylvestris* var. *mongolica* plantation, *Larix gmelini* plantation and *Betula platyphlla* natural forest, except for *Pobulus davidiana* natural forest.

**Keywords:** Great Xing'an Mountains; burned area; vegetation restoration; species diversity; soil factors

大兴安岭林区是黑龙江、嫩江等水系及其主要支流的重要源头和水源涵养区, 是我国寒温带针叶林的唯一分布区, 对维持区域生态平衡具有不可或缺的作用;

该区是我国重要商品粮和畜牧业生产基地的天然屏障, 对调节东北平原、有无可替代的保障功能。大兴安岭林区也是我国发生火灾次数最多、面积最大的

收稿日期: 2012-05-25

修回日期: 2012-06-13

资助项目: “十二五”国家科技支撑计划项目“重度退化生态系统恢复与重建关键技术研究” (2011BAD08B02)

作者简介: 陈强 (1987—), 男 (汉族), 吉林省四平市人, 硕士研究生, 主要从事水土保持与荒漠化防治方面的研究。E-mail: chenqiang2008boy@sina.com。

通信作者: 赵雨森 (1957—), 男 (汉族), 内蒙古自治区阿荣旗人, 教授, 博士生导师, 主要从事水土保持与荒漠化防治方面的研究。E-mail: zhaoy1957@163.com。

林区之一,火灾是造成大兴安岭森林资源明显下降的重要原因。1987年“5·6”特大森林火灾使大兴安岭北部森林生态系统功能受到严重影响<sup>[1]</sup>。截止2007年大兴安岭北部4个林业局由于森林资源总量增加,森林植被、林分结构、生物多样性明显改善,森林涵养水源、防风固沙、净化空气、改善气候等方面的功能也基本得到了恢复<sup>[2]</sup>。物种多样性是群落的重要特征,为生态系统功能的运行、维持提供种源基础和支撑条件<sup>[3]</sup>。通过对群落物种多样性的研究,可以进一步认识群落的组成、变化和发展<sup>[4]</sup>,因此物种多样性日益成为烧迹地研究的重点。土壤与植被作为一个密不可分的系统,近年来关于土壤环境因子对生物多样性影响的研究也比较多<sup>[5-9]</sup>,但有关大兴安岭地区森林生态系统土壤环境因子与物种多样性关系的研究还较少。本研究在大兴安岭火烧迹地植被恢复后4种林分类型植被多样性调查分析的基础上,探讨了森林生态系统物种多样性与土壤环境因子之间的关系,为评价大兴安岭地区火烧迹地植被多样性及其恢复提供参考。

## 1 研究区概况

阿木尔林业局(122°38′30″—124°05′05″E,52°15′03″—53°33′15″N),地处大兴安岭山脉的北坡,额木尔流域,黑龙江上游。属寒温带大陆性气候,冬季漫长而严寒,夏季短暂而湿热,年平均温度-4.94℃,最高温度31.4℃,发生在6—7月间;最低温度-47.2℃,发生在1月份。多年平均降水量432.0mm,集中在7—8月间。多年平均无霜期93d,最长可达109d,最短为82d。年日照时数为2630h。主风向为西北风。海拔最高为1369.7m,最低为247.6m。主要

土壤类型为棕色针叶林土。主要乔木树种有兴安落叶松(*Larix gmelini*),白桦(*Betula platyphlla*),樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica*),山杨(*Pobulus davidiana*)等。灌木主要有兴安杜鹃(*Rhododendron dauricum* L.),杜香(*Ledum palustre* var. *dilatatum*),越橘(*Vaccinium vitis-idaea* L.),刺玫(*Rosa davurica* Pall.),溲疏(*Deutzia* Thunb)等。草本主要有菊科类(Compositae),豆科类(Leguminosae),蔷薇科类(Rosaceae),桔梗科类(Campanulaceae)等。

## 2 研究方法

### 2.1 样地选择与调查

2011年6月,选取该区1987年“5·6”大火重度火烧迹地上经过植被恢复具有代表性的樟子松林、兴安落叶松林、白桦林和山杨种林为研究对象。其中樟子松林和兴安落叶松林为人工林,造林时间分别是1988和1989年(其中造林时樟子松苗龄为3a,兴安落叶松苗龄为2a);白桦林和山杨林是天然林,由于天然林的林龄无法具体查实,将火烧年限定为林龄,即1987年到调查时的时间。所选样地在林分郁闭之后均未受砍伐等人为活动的干扰。林下的土壤均为棕色针叶林土,母质均为花岗岩残积物。在已选的4种林分类型内,于坡中分别设置3个20m×30m的标准地进行林分调查,记录树高、胸径、林分郁闭度。在每个标准地的四角及中心设置5个大小为2m×2m的样方进行灌木调查;在每个灌木样方的中心各设置大小1m×1m的样方进行草本调查,在灌木和草本样方中记录每种植物的高度、盖度和株数。4种林分类型样地生境条件相似详细情况详见表1。

表1 研究区各样地基本情况

类型	海拔/m	坡向	坡度/(°)	胸径/cm	树高/m	林龄/a	郁闭度
白桦林	565	S	20	5.74	6.91	25	0.7
山杨林	548	ES	30	6.70	7.60	25	0.5
樟子松林	574	ES	30	7.70	7.97	27	0.6
兴安落叶松林	552	S	25	11.05	10.88	25	0.8

### 2.2 多样性指标的选择与计算

物种多样性采用 Shannon—Wiener 指数计算:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \ln P_i;$$

物种均匀度采用 Pielou 指数计算:

$$J_{sw} = H' / \ln S;$$

物种丰富度选用 Margalef 丰富度指数求算:

$$d_{ma} = (S-1) / \ln N$$

式中: $i=1,2,3,\dots,N$ ;  $N_i$ ——第  $i$  个种的个体数;  $N$ ——种  $i$  所在群落的所有物种数之和;  $P_i = N_i / N$ , 为样本中属于  $i$  种所占的比例数;  $S$ ——第  $i$  物种所在样方的物种总数。群落总体多样性等于乔、灌和草 3 层物种多样性之和<sup>[10-15]</sup>。

### 2.3 土壤样品的采集与分析

在每个标准地内,按其中一条对角线随机选取 3 个土壤剖面采集土样,用体积为 100 cm<sup>3</sup> 的环刀采集

原状土样,测定土壤容重、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、总孔隙度,每个土壤剖面做 3 次重复。将取完的土样装入土壤袋(约 500 g)供室内分析。pH 值采用电极法测定,有机质采用  $K_2Cr_2O_7$  容量法,有效磷为钼锑抗比色法,水解氮为碱解扩散法<sup>[16]</sup>。每份样品各项指标做 3 次重复。实际调查时发现,研究区的土层较薄,一般在 10 cm 左右,下层均为大小不等的石子组成,石粒间由粘重的土壤颗粒填充。所以试验中根据土层厚度只分一层进行取土,即 0—10 cm。由于森林生态系统是一个十分复杂的系统,本研究采用灰色系统理论的灰色关联度分析方法,其中分辨系数为 0.5。对不同林分类型物种多样性指数与土壤理化性质进行灰色关联分析及关联排序<sup>[17-19]</sup>。

### 3 结果与分析

#### 3.1 不同林分类型植被群落多样性差异

对群落物种多样性的计算,采用乔木层、灌木层和草本层各层多样性指数直接相加的方法得出相应的数值<sup>[13-14]</sup>,并根据群落总体的多样性指数来评价植被恢复的结果。由图 1 可知,4 种林分类型群落植被的总体群落的多样性存在差异。均匀度指数排序为:白桦林>兴安落叶松林>樟子松林>山杨林;丰富度指数排序为:山杨林>樟子松林>兴安落叶松林>白桦林,其中樟子松林与白桦林,山杨林与白桦林的丰富度差异性显著( $p<0.05$ )。山杨林内的物种丰富度最高,但是山杨林内的物种均匀度最低。山杨林内的物种分布较其他 3 种林型比不均匀。白桦林内的物种均匀度最高,但是其物种丰富度最低,林内的物种种类较少。物种多样性指数是综合反映群落中种的丰富度和均匀程度的数量指标<sup>[20]</sup>,4 种林型性物种多样性指数的排序为:樟子松林>兴安落叶松林>山杨林>白桦林。这是因为樟子松林和兴安落叶松林的林下空间比山杨林和白桦林大,草本和灌木的种类和数量较多,使得樟子松林和兴安落叶松林的群落总体物种多样性要大于山杨林和白桦林。

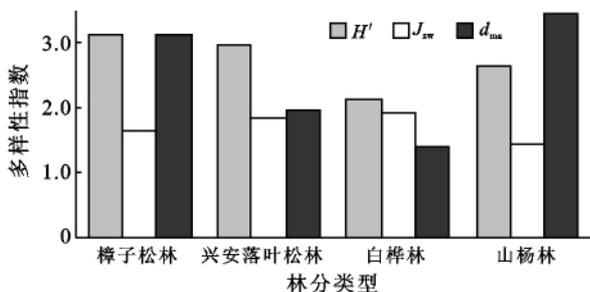


图 1 研究区不同林分类型群落总体物种多样性

注: $H'$ 为 Shannon—Wiener 多样性指数; $J_{sw}$ 为物种均匀度指数; $d_{ma}$ 为物种丰富度指数。

#### 3.2 不同林分类型垂直层次物种多样性比较

通过计算得出 4 种林型的乔木层、灌木层和草本层的 Shannon—Wiener 多样性指数( $H'$ )、物种均匀度指数( $J_{sw}$ )和物种丰富度指数( $d_{ma}$ )。如表 2 所示,现针叶林与阔叶林在垂直层次上的变化规律有很大的差异。樟子松林和兴安落叶松林的 Shannon—Wiener 多样性指数与物种均匀度指数的变化规律均为:草本层>乔木层>灌木层,物种丰富度指数均表现为草本层最大,这是因为在樟子松和兴安落叶松人工林内,灌木层植物的种类与乔木层相比较少,其中樟子松林灌木有溲疏等 3 种,兴安落叶松林灌木有越橘等 5 种,由于灌木的盖度较低,使得林下草本的种类和数量较多,其中樟子松林草本有委陵菜等 22 种,兴安落叶松林草本有凸脉苔草等 11 种。白桦林的 Shannon—Wiener 多样性指数变化规律为:灌木层>草本层>乔木层,物种均匀度指数的变化规律为:草本层>灌木层>乔木层,物种丰富度指数为草本层最小,这是因为白桦林内灌木的种类和盖度较高,抑制了林下草本的生长,其中灌木有越橘和细叶杜香等 5 种,草本有乌苏里苔草等 4 种。山杨林的 Shannon—Wiener 多样性指数的变化规律为:草本层>灌木层>乔木层,物种均匀度指数的变化规律为:灌木层>草本层>乔木层,物种丰富度指数变为草本层最大。

表 2 研究区不同林分类型垂直层次物种多样性

林分层次	多样性指标	樟子松林	兴安落叶松林	白桦林	山杨林
乔木层	$H'$	0.61	0.83	0.47	0.04
	$J_{sw}$	0.51	0.67	0.44	0.06
	$d_{ma}$	0.45	0.56	0.48	0.15
灌木层	$H'$	0.28	0.76	0.85	0.73
	$J_{sw}$	0.28	0.46	0.63	0.75
	$d_{ma}$	0.19	0.75	0.48	0.41
草本层	$H'$	2.26	1.37	0.81	1.89
	$J_{sw}$	0.84	0.72	0.86	0.65
	$d_{ma}$	2.48	1.23	0.45	2.89

#### 3.3 不同林分类型土壤理化性质差异

不同林分类型林地的土壤理化性质存在一定差异(表 3),在 4 个林分类型中,土壤容重的变化规律表现为:樟子松林>山杨林>白桦林>兴安落叶松林。土壤毛管孔隙度、非毛管孔隙度和总孔隙度均为:白桦林>兴安落叶松林>山杨林>樟子松林。4 种林分类型土壤 pH 值的变化范围在 4.33~6.02 之间,有机质与有效磷含量表现为:白桦林>兴安落叶松林

>山杨林>樟子松林,水解氮则表现为:兴安落叶松林>白桦林>山杨林>樟子松林。综上所述,火烧迹地植被恢复后不同林分类型土壤物理性质是不

同的,其中樟子松和山杨林的土壤容重较大,兴安落叶松林和白桦林的土壤孔隙度较大,樟子松林的土壤有机质、水解氮和有效磷的含量均最低。

表 3 研究区不同林分类型林地土壤物理性质

林分类型	土壤容重/ ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	毛管孔隙度/ 度/%	非毛管孔隙度/ 度/%	总孔隙度/ %	pH 值	有机质/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	水解氮/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	有效磷/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
白桦林	0.85 <sup>c</sup>	53.73 <sup>a</sup>	12.90 <sup>bcd</sup>	66.70 <sup>a</sup>	4.33 <sup>cd</sup>	122.45 <sup>a</sup>	180.85 <sup>ab</sup>	61.63 <sup>a</sup>
山杨林	1.17 <sup>ab</sup>	46.63 <sup>bc</sup>	8.03 <sup>d</sup>	54.65 <sup>c</sup>	5.44 <sup>b</sup>	93.19 <sup>abcd</sup>	174.31 <sup>bcd</sup>	29.06 <sup>a</sup>
樟子松林	1.22 <sup>a</sup>	43.31 <sup>cd</sup>	8.70 <sup>bcd</sup>	52.01 <sup>cd</sup>	6.02 <sup>a</sup>	57.62 <sup>d</sup>	110.54 <sup>d</sup>	24.87 <sup>a</sup>
兴安落叶松林	0.83 <sup>cd</sup>	50.79 <sup>ab</sup>	11.09 <sup>ab</sup>	61.88 <sup>ab</sup>	5.05 <sup>bc</sup>	97.40 <sup>b</sup>	186.25 <sup>ac</sup>	31.88 <sup>a</sup>

注:不同小写字母表示各林分之间差异显著( $p < 0.05$ )。

### 3.4 群落多样性与土壤环境因子之间的关系

为了进一步探究不同林分类型群落多样性与土壤环境因子之间的关系,选择 Shannon—Wiener 多样性指数( $H'$ )、物种均匀度指数( $J_{sw}$ )和物种丰富度指数( $d_{ma}$ )与土壤容重、非毛管孔隙度、毛管孔隙度、总孔隙度 4 个物理因子指标以及土壤 pH 值、有机质、水解氮、有效磷 4 个化学因子指标进行灰色关联分析。

3.4.1 群落多样性与土壤物理因子的关联关系 由表 4 可知,不同林分类型土壤因子与群落多样性的关联度存在一定的差异。在樟子松林中,土壤物理因子与 Shannon—Wiener 多样性指数( $H'$ )、物种均匀度指数( $J_{sw}$ )物种丰富度指数( $d_{ma}$ )的关联度排序均为:土壤容重>非毛管孔隙度>总孔隙度>毛管孔隙度;在兴安落叶松林中与 Shannon—Wiener 多样性指数( $H'$ )的关联度排序为:非毛管孔隙度>土壤容重>总孔隙度>毛管孔隙度,与物种均匀度指数( $J_{sw}$ )和物种丰富度指数( $d_{ma}$ )的关联度排序均为:非毛管孔隙度>总孔隙度>毛管孔隙度>土壤容重;在白桦林中与 Shannon—Wiener 多样性指数( $H'$ )的关联度排序为:非毛管孔隙度>土壤容重>总孔隙度>毛管孔隙度,与物种均匀度指数( $J_{sw}$ )的关联度排序为:非毛管孔隙度>毛管孔隙度>土壤容重>总孔隙度,与物种丰富度指数( $d_{ma}$ )的关联度排序为:非毛管孔隙度>总孔隙度>毛管孔隙度>土壤容重;在山杨林中与 Shannon—Wiener 多样性指数( $H'$ )的关联度排序为:土壤容重>毛管孔隙度>总孔隙度>非毛管孔隙度,与物种均匀度指数( $J_{sw}$ )的关联度排序为:土壤容重>非毛管孔隙度>总孔隙度>毛管孔隙度,与物种丰富度指数( $d_{ma}$ )的关联度排序为:土壤容重>非毛管孔隙度>毛管孔隙度>总孔隙度。4 种土壤物理因子中,樟子松和山杨林中土壤容重与物种多样性的关联程度最大,说明土壤容重是樟子松林和山杨林的群落

多样性的主要影响因子;兴安落叶松和白桦林中非毛管孔隙度与物种多样性的关联程度最大,说明在兴安落叶松和白桦林内土壤非毛管孔隙度是群落多样性的主要影响因子。

3.4.2 群落多样性与土壤化学因子的关联关系 由表 4 可知,不同林分类型土壤因子与群落多样性的关联度存在一定的差异。

在樟子松林中,与 Shannon—Wiener 多样性指数( $H'$ )和物种丰富度指数( $d_{ma}$ )的关联度排序均为:有效磷>pH 值>水解氮>有机质,与物种均匀度指数( $J_{sw}$ )的关联度排序为:有效磷>pH 值>有机质>水解氮。在兴安落叶松林中,与 Shannon—Wiener 多样性指数( $H'$ )的关联度排序为:有效磷>pH 值>水解氮>有机质,与物种均匀度指数( $J_{sw}$ )的关联度排序为:有效磷>pH 值>有机质>水解氮,与物种丰富度指数( $d_{ma}$ )的关联度排序为:有效磷>水解氮>有机质>pH 值。在白桦林中,与 Shannon—Wiener 多样性指数( $H'$ )的关联度排序为:有效磷>有机质>水解氮>pH 值,与物种均匀度指数( $J_{sw}$ )的关联度排序为:有效磷>有机质>pH 值>水解氮,与物种丰富度指数( $d_{ma}$ )的关联度排序为:有效磷>pH 值>有机质>水解氮。在山杨林中,与 Shannon—Wiener 多样性指数( $H'$ )、物种均匀度指数( $J_{sw}$ )的关联度排序均为:pH 值>水解氮>有机质>有效磷,与物种丰富度指数( $d_{ma}$ )的关联度排序为:水解氮>有机质>pH 值>有效磷。4 种化学因子中:樟子松、兴安落叶松和白桦林中的有效磷与物种多样性、均匀度和丰富度的关联程度最大,说明在这 3 种林分类型中,土壤有效磷含量是群落多样性的主要影响因子;山杨林中则表现出 pH 值与 Shannon—Wiener 多样性和物种均匀度关联度最大,水解氮与物种丰富度的关联度最大,说明在山杨林中土壤 pH 值和水解是群落多样性的主要影响因子。

表 4 群落多样性与土壤环境因子之间的灰色关联度

林分类型	指标	物理因子				化学因子			
		土壤容重	非毛管孔隙度	毛管孔隙度	总孔隙度	pH 值	有机质	水解氮	有效磷
樟子松林	$H'$	0.630 2	0.629 9	0.557 2	0.569 2	0.576 1	0.570 8	0.571 0	0.770 9
	$J_{sw}$	0.734 1	0.640 1	0.595 6	0.603 0	0.606 2	0.597 0	0.575 5	0.652 7
	$d_{ma}$	0.687 2	0.611 2	0.555 9	0.564 5	0.570 8	0.567 0	0.569 7	0.701 8
兴安落叶松林	$H'$	0.721 0	0.744 1	0.590 1	0.621 4	0.696 8	0.605 8	0.638 1	0.757 0
	$J_{sw}$	0.595 0	0.720 2	0.604 6	0.619 8	0.694 0	0.632 3	0.628 3	0.770 3
	$d_{ma}$	0.578 8	0.616 0	0.604 7	0.607 1	0.612 3	0.616 1	0.682 2	0.699 3
白桦林	$H'$	0.587 0	0.688 1	0.557 9	0.562 9	0.560 2	0.564 4	0.560 5	0.701 5
	$J_{sw}$	0.605 7	0.673 2	0.653 6	0.567 7	0.663 5	0.670 2	0.628 4	0.696 3
	$d_{ma}$	0.593 8	0.678 1	0.600 8	0.606 8	0.608 5	0.604 6	0.580 0	0.652 4
山杨林	$H'$	0.710 8	0.599 8	0.699 6	0.649 1	0.685 6	0.637 6	0.659 9	0.583 5
	$J_{sw}$	0.633 9	0.580 8	0.568 0	0.573 3	0.731 9	0.633 0	0.653 5	0.568 3
	$d_{ma}$	0.595 9	0.571 3	0.570 5	0.560 1	0.629 9	0.656 8	0.673 7	0.561 5

## 4 结论

研究区火烧迹地植被恢复后的 4 种林分类型中,樟子松林群落的物种多样性指数最高,依次是兴安落叶松林、山杨林和白桦林,针叶林的多样性恢复效果要好于阔叶林。从种群垂直层次物种多样性来看,樟子松林与兴安落叶松林的物种多样性垂直变化顺序均为:草本层>乔木层>灌木层,而白桦林和山杨林的表现则有些差异,白桦林为变化顺序为:灌木层>草本层>乔木层,山杨林为:草本层>灌木层>乔木层。4 种林分类型的土壤理化性质存在一定的差异,从土壤物理性质和化学性质综合判断,樟子松林的土壤理化性质较其他 3 种林分类型差,4 种林分的多样性好理化性质均存在一定差异。

在森林群落生态系统中,Shannon—Wiener 多样性指数、物种均匀度指数、物种丰富度指数与土壤环境因子存在一定的关联关系,且不同林型的物种多样性与土壤环境因子的关联程度有所不同。在土壤物理因子中,樟子松和山杨林的 Shannon—Wiener 多样性指数、物种均匀度指数、物种丰富度指数与土壤容重的关联程度最大,兴安落叶松和白桦林的 Shannon—Wiener 多样性指数、物种均匀度指数、物种丰富度指数与非毛管孔隙度关联程度最大;在土壤化学因子中,樟子松林、兴安落叶松林和白桦林的 Shannon—Wiener 多样性指数、物种均匀度指数、物种丰富度指数与土壤有效磷关联程度最大;山杨林的 Shannon—Wiener 多样性指数、物种均匀度指数与 pH 值的关联程度最大,山杨林的物种丰富度指数与水解氮的关联程度最大,山杨林的 Shannon—Wiener 多样性指数、物种均匀度指数、物种丰富度指数与有

效磷关联程度最小。

在火烧迹地植被恢复后的 4 种林分类型中,土壤容重、非毛管孔隙度、有效磷、pH 值与群落植物多样性的关联程度较大,土壤环境与植被多样性存在一定的关联性。植物多样性的提高能改变其土壤环境,反过来土壤环境的改变也能影响植物的多样性。在研究区域内森林群落多样性的提高不但能改变土壤环境因子,还可进一步改变火烧迹地的水源涵养、水土保持能力和土壤肥力。

### [参 考 文 献]

- [1] 宋玉福,杨立强,马广辉,等.大兴安岭火烧区森林恢复的研究[J].森林防火,1996(2):16-17.
- [2] 孙英威.大兴安岭告别“黑色记忆”森林覆盖率达 78.94%[EB/OL].(2007-04-27)[2012-05-21].北京:中国政府网.[http://www.gov.cn/jrzq/2007-04/27/content\\_598752.htm](http://www.gov.cn/jrzq/2007-04/27/content_598752.htm).
- [3] 张继义,赵哈林,张铜会,等.科尔沁沙地植被恢复系列上群落演替与物种多样性的恢复动态[J].植物生态学报,2004,28(1):86-92.
- [4] 谢晋阳,陈灵芝.中国暖温带若干灌丛群落多样性问题的研究[J].植物生态学报,1997,21(3):197-207.
- [5] 武晶.辽东山地植物多样性垂直分异及与土壤环境的关系[D].辽宁大连:辽宁师范大学,2009.
- [6] 张林静,岳明,顾峰雪,等.新疆阜康绿洲荒漠过渡带植物群落物种多样性与土壤环境因子的耦合关系[J].应用生态学报,2002,13(6):658-662.
- [7] 李新荣,张景光,刘立超,等.我国干旱沙漠地区人工植被与环境演变过程中植物多样性的研究[J].植物生态学报,2000,24(3):257-261.
- [8] 赵景学,曲广鹏,多吉顿珠,等.藏北高寒植被群落物种多样性与土壤环境因子的关系[J].干旱区资源与环境,2011,25(6):105-108.

(下转第 70 页)

密度分别为 1 833, 1 099 和 2 050 株/hm<sup>2</sup>, 以采伐上层乔木林幼苗密度最大、去枯落物层最小; 从 3 种处理林下幼苗的龄级、高度、地径组成分析, 也以采伐上层乔木林下幼苗质量最好, 去枯落物林分最差, 说明采伐上层乔木后, 油松林地可以进行自然更新, 油松林去掉枯落物层后, 对林地幼苗的更新有显著影响。

### 3 结论

(1) 阴坡与阳坡林下分别出现了 33 种与 37 种植物种, 阴坡低于阳坡, 二个坡向林下植物的相似性程度高达 74%, 说明坡向对该区人工油松林下物种组成的影响较弱; 3 种处理原状林、去枯落物林和采伐上层乔木林地出现的植物种分别为 29, 36 和 23 种, 以去枯落物林下植物更新较好; 原状油松林与这两种处理下油松林的相似性系数分别为 74% 和 38%, 说明采伐上层乔木层后林地植物种变异较大。

(2) 油松作为研究区的乡土树种, 表现出了良好的幼苗更新能力, 阴坡油松幼苗量为 1 833 株/hm<sup>2</sup>, 阳坡为 1 099 株/hm<sup>2</sup>, 阴坡比阳坡更适宜幼苗更新; 3 种处理原状油松林、去枯落物林、采伐上层乔木林地的幼苗密度分别为 1 833, 1 099 和 2 050 株/hm<sup>2</sup>, 以采伐上层乔木林幼苗密度最大、去枯落物层最小, 说明油松林去掉枯落物层后, 对林地幼苗的更新有显著影响。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 刘建军, 王得祥, 雷瑞德, 等. 陕北黄土丘陵沟壑区植被恢复与重建技术对策[J]. 西北林学院学报, 2002, 17(3): 12-15.
- [2] 赵麦换, 张翼, 曹世雄, 等. 黄土丘陵区不同土壤类型造林树种选择与配置技术研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(3): 43-46.
- [3] 阮成江, 李代琼. 黄土丘陵区沙棘群落特性及林地水分、养分分析[J]. 应用生态学报, 2002, 13(9): 1061-1064.
- [4] 马祥庆, 黄宝龙. 人工林地力衰退研究综述[J]. 南京林业大学学报, 1997, 21(2): 77-81.
- [5] 张昌顺, 李昆. 人工林地力的衰退与维护研究综述[J]. 世界林业研究, 2005, 18(1): 17-21.
- [6] 曹云, 杨劫, 宋炳煜, 等. 人工抚育措施对油松林生长及结构特征的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(3): 397-402.
- [7] 陈灵芝. 北京西山人工油松林群落学的特性及生物量的研究[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1984, 8(3): 173-181.
- [8] 王梅, 张文辉. 不同密度油松人工林生长更新状况及群落结构[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2009, 37(7): 75-80.
- [9] 陈云明, 梁一民, 程积民. 黄土高原林草植被建设的地带性特征[J]. 植物生态学报, 2002, 26(3): 339-345.
- [10] 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.
- [11] 于立忠, 朱教君, 孔祥文, 等. 人为干扰(间伐)对红松人工林下植物多样性的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(11): 3758-3764.
- [12] 王贺新, 李根柱, 于冬梅, 等. 枯枝落叶层对森林天然更新的障碍[J]. 生态学杂志, 2008, 27(1): 83-88.
- [13] 贾黎明, 翟明普, 冯长红. 化感作用对油松幼苗生长及光合作用的影响[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(4): 6.
- [9] 安树青, 王峥峰, 朱学雷, 等. 土壤因子对次生森林群落植物多样性的影响[J]. 武汉植物研究, 1997, 15(2): 143-150.
- [10] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I:  $\alpha$  多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性, 1994, 2(4): 231-239.
- [11] 赵常明, 陈庆恒. 青藏东缘眠江上游亚高山针叶林人工恢复过程中物种多样性动态[J]. 植物生态学报, 2002, 26(S): 20-29.
- [12] 李博. 生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 112-158.
- [13] 汪超, 王孝安, 王玲. 不同种植年代油松林植物多样性及土壤养分变化[J]. 生态学杂志, 2007, 26(8): 1182-1186.
- [14] 茹文明, 张金屯, 张峰, 等. 历山森林群落物种多样性与群落结构研究[J]. 应用生态学报, 2006, 17(4): 561-566.
- [15] 林娜, 刘勇, 于海群, 等. 不同林龄飞播油松林林下植被多样性研究[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2011, 35(3): 16-20.
- [16] 关继义, 陈立新. 土壤实验实习教程[M]. 黑龙江哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2005: 43-159.
- [17] 傅立. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1992: 185-211.
- [18] 叶绍明, 温远光, 杨梅, 等. 连栽桉树人工林植物多样性与土壤理化性质的关联分析[J]. 水土保持学报, 2010, 24(4): 246-256.
- [19] 王昭艳, 左长清, 曹文洪, 等. 红壤丘陵区不同植被恢复模式土壤理化性质相关分析[J]. 土壤学报, 2011, 48(4): 715-724.
- [20] 覃林. 统计生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2009: 72.

(上接第 65 页)