

# 黄土丘陵区人工和天然油松林物种多样性比较

邓娟<sup>1,2</sup>, 上官周平<sup>1,2\*</sup>

(1. 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西杨凌 712100; 2. 中国科学院水土保持研究所, 陕西杨凌 712100)

**摘要:** 以甘肃省正宁县中湾林场为研究点, 采用标准样地调查法, 应用物种丰富度、Simpson 指数、Shannon Wiener 指数、Pielou 均匀度指数分析了人工油松林和天然油松林群落  $\alpha$  多样性动态特征、群落结构特征及群落相似性。结果表明, 人工油松林和天然油松林均具有比较丰富的物种组成, 分别为 69 种和 57 种, 两种群落多样性指数变化规律一致, 依次为灌木层、草本层和乔木层。群落总体的多样性除 Pielou 指数的最大值出现在阴坡的天然林外, 群落总体的物种丰富度、Simpson 指数、Shannon 指数均在阴坡的人工林达到最高峰, 表明生长在阴坡的人工油松林, 其群落总体的多样性指数较大。不同坡向的天然林群落相似性显著高于处于不同坡向的人工林, 无论在物种组成还是在多样性及群落空间结构上, 天然林和人工林均具有较高的相似性。在黄土丘陵区通过适当人工抚育措施可以有效地增加林下植被的种类和盖度, 促进人工林的生长发育。

**关键词:** 人工油松林; 天然油松林; 物种多样性; 相似性; 黄土丘陵区

中图分类号: S791.254

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2008)02-0126-06

## Comparison of the Species Diversity of Natural and Artificial *Pinus tabulaeformis* in Hilly Loess Regions

DENG Juan<sup>1,2</sup> and SHANGGUAN Zhou ping<sup>1,2\*</sup>

(1. Institute of Soil and Conservation, Northwest A & F University, Yangling Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Conservation, Chinese Academy of Science, Yangling Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The feature of the community diversity not only gives insight to evaluate the quality of the forest, but also plays a crucial role in increasing the productivity of the forest. The community diversity and the comparability indices of the natural *Pinus tabulaeformis* and artificial *Pinus tabulaeformis* in Ziuling region were comparatively studied by standard quadratic method and using the methods of species abundance, Simpson index, Shannon Wiener index, Pielou's evenness index. The results showed that the artificial *Pinus tabulaeformis* and natural *Pinus tabulaeformis* both had the quite rich species composition, they are 69 and 57, respectively. This two forest types had similar trends of the community diversity as shrubs > herbs > trees. In order to measure the whole community diversity, the average of the relative thickness of the leaf layer and the relative coverage of each living form were used as weighting parameters. The results showed that the artificial *Pinus tabulaeformis* in shade slope had the highest community diversity. The result of similarity comparison indicated that there had the highest comparability indices of natural *Pinus tabulaeformis* forests in different slopes. Regardless of the species composition and the community spatial structure of the natural forest and the artificial forest, this two forest types had the high similarity. It was proved that the proper artificial measures can increase both the quantity and the coverage of the forestland and the development of the artificial forest.

\*收稿日期: 2007-11-05 修回日期: 2007-11-26

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAD09B04); 西北农林科技大学拔尖人才培养计划和创新团队项目资助。

作者简介: 邓娟(1982-), 女, 陕西咸阳人, 硕士, 主要从事森林生理生态方面的研究。

\* 通讯作者: 上官周平。Email: shangguan@ms.iswc.ac.cn

**Key words:** Artificial *Pinus tabulaeformis* forest; Natural *Pinus tabulaeformis* forest; Species diversity; Similarity; Hilly Loess Regions

黄土高原子午岭林区是泾河和洛河两大水系的分水岭, 是该区惟一保存较完整的次生林区, 在区域水土保持与生态环境建设中发挥着巨大作用。子午岭特殊的地理位置和不同的生态环境为各类生物提供了适宜的生存条件, 使子午岭不仅有比较丰富的植物资源, 而且成为西北半湿润、半干旱地区重要的天然种质资源库, 同时也成为研究黄土高原植被演替、气候变迁、土壤侵蚀及生物多样性监测的重点区域<sup>[1]</sup>。子午岭林区目前幸存的天然林资源经过自然灾害和人为因素的双重影响, 森林植被面积逐渐缩小, 林分质量也呈降低的趋势<sup>[2]</sup>。但是由于黄土丘陵区的地理条件限制, 人工林建设一直以来受该地区水热条件限制<sup>[3]</sup>, 加上造林密度过大, 导致土壤干燥化现象的出现, 人工林自然更新不良<sup>[4]</sup>, 造林成活率不高、林分质量差<sup>[5]</sup>。因此, 对黄土丘陵区森林植被多样性及其功能的研究显得尤为重要。

油松(*Pinus tabulaeformis*)是黄土高原地区广泛分布的常绿针叶树种, 也是暖温带湿润半湿润气候区的地带性植被<sup>[6]</sup>, 它在保持水土、涵养水源及改良土壤等方面都具有重要作用。有关黄土区油松林地群落结构、生物生产力、水源涵养功能及养分问题研究有过不少报道<sup>[4,9]</sup>, 目前对人工林群落结构的研究主要针对乔木层<sup>[9,10]</sup>和林下草本层<sup>[11-12]</sup>; 李裕元<sup>[13]</sup>探讨了黄土高原子午岭林区主要次生天然林和人工林在群落特征、多样性方面的差异。但对黄土高原不同立地条件下同种林分的人工林和天然林群落结构特征与生物多样性差异还缺乏深入探讨。本研究以黄土高原子午岭林区的天然油松林和人工油松林为研究对象, 应用时空互代法对两种林分群落结构特征、群落多样性进行分析, 以探讨人工油松林和天然油松林的群落结构特征及多样性差异, 揭示不同森林管理方式对森林群落结构和群落多样性的影响, 为黄土高原地区的植被重建与人工林的天然恢复提供理论依据。

## 1 研究区自然概况

研究区位于黄土高原中部子午岭林区南端的甘肃正宁县中湾林场, 地理坐标为 108°27' E, 35°17' N, 属黄土丘陵沟壑地貌, 海拔 1 246~1 756

m, 坡度大多在 15°~35°间。多年平均降水量 588.2 mm, 其中 7~9 月份降水占到 63%, 年蒸发量 1 228.3 mm, 干燥度 0.72。土壤以森林灰褐土为主, 7.5~8.2。由于受自然地理和气候条件的影响, 该区森林植被及其资源的分布在阴阳坡差异很大, 一般阳坡、梁峁少林或无林, 多为灌木林或草本, 阴坡和沟谷多为天然次生林。由于相对高差不大, 森林植被的垂直分布不明显, 但因地形受长期流水的侵蚀而形成很多的沟谷, 导致生态环境的不断变化, 使森林植被的水平分布变得较为复杂<sup>[9]</sup>。

该区油松林层次分化明显, 天然油松常形成单优群落, 主林层主要由油松占据, 但混有一定数量的演替先锋树种, 如山杨(*Populus davidiana*)、杜梨(*Pyrus betulaeformis*)等。同时随林龄阶段的变化亦出现由幼苗组成的更新层和幼树组成的更替层, 并出现了大量的辽东栎(*Quercus liaotungensis*)、漆树(*Toxicodendron verniciflumum*)等阔叶树种, 表现出良好的恢复和向原始类型靠近的发展趋势<sup>[5]</sup>。林下灌木层有虎榛子(*Qstryopsis davidiana*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、黄刺玫(*Rosa xanthina*)、麻叶绣线菊(*Spiraea cantoniensis*)、毛樱桃(*Prunus mentosa*)、茶条槭(*Acer ginnala*)、陕西荚蒾(*Viburnum schensianum*)、鞘柄菝葜(*Smilax stans*)、北京丁香(*Syringapekinensis*)、卫矛(*Euonymusalatus*)等; 草本层主要有披针苔草(*Carex lanceolata*)、瓣蕊唐松草(*Thalictrum petalodeum*)等。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置与调查

在立地条件基本一致的人工油松林和天然油松林, 按照不同坡向(阴坡和阳坡)选取 4 块样地(表 1), 在不同坡向的人工油松林和天然油松林, 分别设置 20 m × 20 m 的样方 10 个, 共调查 20 m × 20 m 的样方 40 个, 调查乔木每木高度、胸径和冠幅、数量及盖度等项目; 将每个样方细分为 5 m × 5 m 的小样方, 调查乔木幼树和灌木的高度、盖度、株(丛)数; 在每个 5 m × 5 m 的小样方的右下方设置 1 个 1 m × 1 m 的小样方, 调查草本的高度、盖度、株丛数等, 同时记录样地的经度、纬

度、海拔、坡度、坡向等。

### 2.2 重要值(IV)计算

重要值(IV)是以综合数值来表示群落中不同种群的相对重要性,它是研究群落结构的重要指标之一,主要依据宋永昌(2001)方法来分析乔木层、灌木层和草本层重要值的变化<sup>[14]</sup>。

### 2.3 多样性指数计算

植物群落多样性选择了物种丰富度(S)、多样性指数(Simpson 指数(D)、Shannon Wiener 指数(H)、Pielou 均匀度指数(J)和相似性指数

(Is)进行了测度<sup>[15-16]</sup>。

### 2.4 群落多样性指数加权参数计算

根据森林群落的垂直结构,特别是不同生长型的叶层(林冠)的相对厚度和相对盖度之和,作为测度群落总体多样性指数时对不同生长型的多样性指数进行加权的参数<sup>[17]</sup>,在计算分析过程中,乔木层的叶层(林冠)厚度按乔木层高度的1/3计算,灌木层按1/2计算,草本层按草本层高度100%计算。

表1 子午岭天然油松林和人工油松林林龄与立地条件

Table 1 Tree ages and site conditions of the selected natural *Pinus tabulaeformis* and artificial *Pinus tabulaeformis* in Ziwuling

森林类型 Forest types	立地条件 Site condition	平均林龄 Forest age /a	海拔 Altitude /m	坡向 Slope direction	地理位置 Geographical position	坡度 Slope /°	平均树高 Average height /m	植物种数 Number of species	郁闭度 Canopy closure
人工油松林 <i>P. tabulaeformis planjitation</i>	Asu	30	1592	阳坡 Sunny slope	N35°26'41.4" E108°34'00.3"	21~23	10.70	48	0.65
人工油松林 <i>P. tabulaeformis planjitation</i>	Acu	30	1606	阴坡 Cloudy slope	N35°26'40.5" E108°33'48.9"	15~24	11.70	69	0.70
天然油松林 <i>P. tabulaeformis forest</i>	Ncu	40	1610	阴坡 Cloudy slope	N35°27'23.3" E108°35'32.9"	18~25	12.83	47	0.60
天然油松林 <i>P. tabulaeformis forest</i>	Nsu	41	1610	阳坡 Sunny slope	N35°27'11.2" E108°35'38.9"	20~28	12.07	51	0.50
天然油松林 <i>P. tabulaeformis forest</i>	Ncv	41	1479	阴坡谷底 Valley in cloudy slope	N35°27'31.8" E108°35'23.5"	20~28	17.03	57	0.40

注: Asu. 人工油松林阳坡上坡位; Acu. 人工油松林阴坡上坡位; Ncu. 天然油松林阴坡上坡位; Nsu. 天然油松林阳坡上坡位; Ncv. 天然油松林阴坡谷底; 下同。

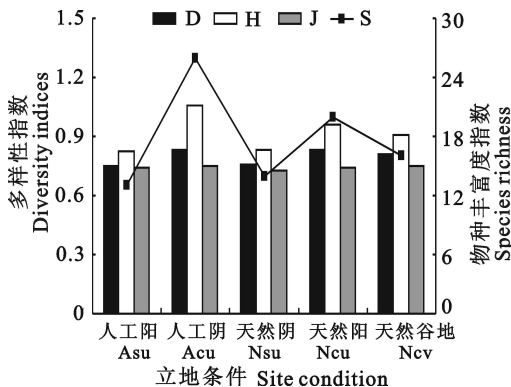
Note: Asu. Uphill position in Sunny slope of artificial *p. tabulaeformis* forest; Acu. Uphill position in cloudy slope of artificial *p. tabulaeformis* forest; Ncu. Uphill position in cloudy slope of natural *p. tabulaeformis* forest; Nsu. Uphill position in sunny slope of natural *p. tabulaeformis* forest; Ncv. Valley in cloudy slope of natural *p. tabulaeformis* forest. The same below.

## 3 结果与分析

### 3.1 人工油松林和天然油松林的α多样性比较

3.1.1 草本层的多样性指数 在阴坡的天然油松林, Simpson 指数达到最高峰, Pielou 指数在谷底的天然油松林达到峰值, 而物种丰富度 S 和 Shannon 指数在阴坡的人工油松林达到峰值, Simpson 指数最大的天然油松阳坡, 物种丰富度却不是最大(图 1)。以上结果表明, 草本层的多样性, 阳坡的天然林除了均匀度指数外, 其物种丰富度指数、Simpson 指数及 Shannon 指数均高于人工林, 而阴坡的天然林各指数均小于人工林; 阴坡的人工林多样性和物种丰富度高于阳坡的人工林; 而对于天然林结果却相反, 阳坡比阴坡物种丰富, 多样性也高于阴坡; 谷底的天然林多样性指数和物种丰富度略高于上坡位的天然林, 这说明不同地形条件对群落多样性有很大的影响。均匀度

指数在多样地差异不明显。



D. Simpson index; H. Shannon Wiener index; J. Pielou' evenness index; S. Species richness index

图1 子午岭人工油松林和天然油松林群落草本层物种多样性变化

Fig. 1 The species diversities in the herb layer of the natural *Pinus tabulaeformis* and artificial *Pinus tabulaeformis* in Ziwuling

3.1.2 灌木层的多样性指数 灌木层的物种丰富度峰值达到 42, 物种丰富度都比较大, 有较高的多样性。物种丰富度指数的峰值出现在阴坡的人工林, 而 Simpson 指数、Shannon 指数和 Pielou 指数的峰值均出现阴坡谷底的天然林, 物种丰富度指数和 Shannon 指数最小值出现在阳坡的天然林(图 2)。阳坡的人工林除了均匀度低于阳坡的天然林外, Simpson 指数、Shannon 指数以及丰富度指数均大于阳坡天然林; 阴坡的人工林物种丰富度和多样性都高于阴坡天然林。阴坡的人工林无论是物种丰富度还是多样性均高于阳坡的人工林; 而阳坡的天然林除了物种丰富度低于阴坡天然林外, Simpson 指数、Shannon 指数和 Pielou 指数都高于阴坡天然林; 谷底的天然林多样性各指标和物种丰富度一致高于上坡位的天然林, 其结果与草本层结果基本一致。除了阳坡人工林的均匀度 Pielou 指数外, 在其余 4 个样地均匀度几乎没有差异; Simpson 指数在各样地均差别不大。

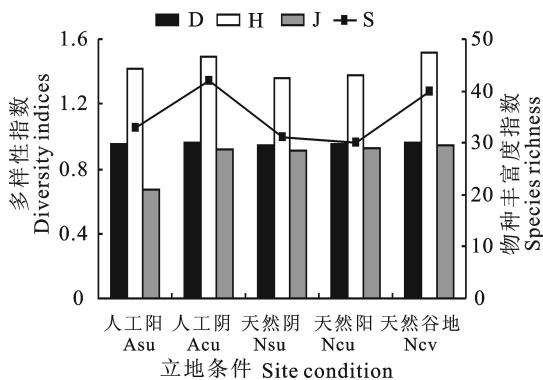


图 2 子午岭人工油松林和天然油松林群落灌木层物种多样性变化

Fig. 2 The species diversities in the shrub layer of the natural *Pinus tabulaeformis* and artificial *Pinus tabulaeformis* in Ziwuling

3.1.3 乔木层的多样性指数 由于该区的油松林是纯林, 乔木层物种组成单一。天然林内, 出现了少数的辽东栎 (*Qercu sliatungensis*), 而在人工林内几乎没有其他树种, 该区的油松林乔木层物种组成不丰富, 多样性低(图 3)。

3.2 群落总体的  $\alpha$  多样性特征

多样性指数的加权参数 ( $W_i$ ) 计算结果表明, 乔木层对油松林群落组成、功能、生产力、动态与稳定性等方面的贡献最大, 灌木次之, 草本对群落影响作用最小(表 2)。乔木层的生长发育特征直接影响着灌木层和草本层的组成和结构, 而且影

响着群落整体的组成和结构特征。

利用  $W_i$  值对人工油松林和天然油松林的各层次群落多样性进行加权, 除 Pielou 指数的最大值出现在阴坡的天然林外, 群落总体的物种丰富度、Simpson 指数、Shannon 指数均在阴坡的人工林达到最高峰(表 3), 这说明适当的人工抚育措施, 能够促进森林生长。在不同地形两种林分的对比中, 谷底的天然油松林明显优于上坡位的天然油松林, 这说明不同地形和环境, 对林分多样性具有重要的影响。

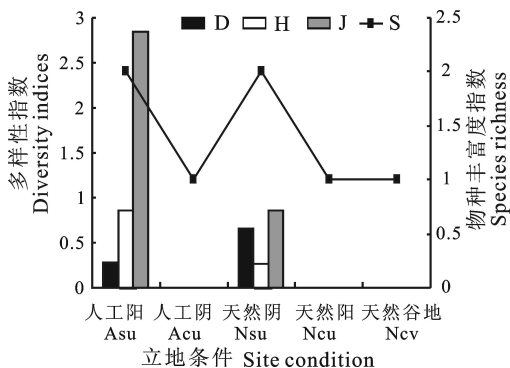


图 3 子午岭人工油松林和天然油松林群落乔木层物种多样性变化

Fig. 3 The species diversities in the tree layer of the natural *Pinus tabulaeformis* and artificial *Pinus tabulaeformis* in Ziwuling

3.3 人工林和天然林群落相似性比较

由于乔木层物种组成单一, 各类型林分的乔木层基本相似(表 4)。结果表明, 天然林阴阳坡的油松林相似性最高, 灌木层主要的相同物种有茶条槭、刚毛忍冬(*Lonicera hispida*)、杜梨、胡颓子(*Elaeagnus pungens*)、胡枝子、黄刺槲(*Berberis aggregata schneid*)、黄刺玫、金银忍冬(*Lonicera maackill*)、毛药忍冬(*Lonicera serrena*)、辽东栎、毛樱桃、鞘柄蒴藜、漆树、南蛇藤(*Celastrus orbiculatus*)、陕西荚蒾、麻叶绣线菊等, 辽东栎和陕西荚蒾是显著的优势种。草本层的共有物种主要有披针苔草、蛇莓(*Duchesnea indica*)、北千里光(*Senecio dubitabilis*)、甘肃臭草(*Melica przewalskyi*)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)等, 其中披针苔草为草本层中优势种。人工林和天然林也具有较高的相似性, 草本均以披针苔草为群落的优势种, 北千里光等均在两种群落中出现; 灌木层以茶条槭、胡颓子、胡枝子、黄刺槲、黄刺玫、辽东栎、鞘柄蒴藜、陕西荚蒾等为共有种, 辽东栎在所有群落中均为优势种。

表 2 子午岭人工油松林和天然油松林群落  $W_i$  值的变化

Table 2  $W_i$  value of the natural *Pinus tabulaeformis* and artificial *Pinus tabulaeformis* in Ziwuling

项目 Item	人工阳坡林 $A_{su}$ <i>P. tabulaeformis</i> plantation	人工林阴坡 $A_{cu}$ <i>P. tabulaeformis</i> plantation	天然林阳坡 $N_{su}$ <i>P. tabulaeformis</i> forest	天然林阴坡 $N_{cu}$ <i>P. tabulaeformis</i> forest	天然林谷底阴坡 $N_{cv}$ <i>P. tabulaeformis</i> forest
W1	0.666	0.663	0.704	0.661	0.619
W2	0.304	0.311	0.288	0.313	0.357
W3	0.030	0.026	0.035	0.026	0.024

表 3 子午岭人工油松林和天然油松林群落总体的多样性指数

Table 3 The general diversity indices of the natural *Pinus tabulaeformis* and artificial *Pinus tabulaeformis* in Ziwuling

多样性指数 Diversity indices	人工阳坡林 $A_{su}$	人工林阴坡 $A_{cu}$	天然林阳坡 $N_{su}$	天然林阴坡 $N_{cu}$	天然林谷底阴坡 $N_{cv}$
物种丰富度指数 S	19	30	23	19	24
Simpson 指数 D	0.797	0.851	0.850	0.829	0.846
Shannon 指数 H	1.008	1.166	1.067	0.980	1.102
Pielou 指数 J	0.787	0.782	0.781	0.806	0.803

表 4 子午岭人工油松林和天然油松林相似性指数 ( $I_s$ )

Table 4 The comparison of the comparability indices of the natural *Pinus tabulaeformis* and artificial *Pinus tabulaeformis* in Ziwuling

项目 Item	人工阳 $A_{su}$ - 人工阴 $A_{cu}$	人工阳天然阳 $A_{su}$ - $N_{su}$	天然阳天然阴 $N_{su}$ - $N_{cu}$	人工阴天然阴 $A_{cu}$ - $N_{cu}$	天然阴天然谷底 $N_{cu}$ - $N_{cv}$
草本层 Herb layer	44.44	33.33	54.55	45.16	50.00
灌木层 Shrub layer	56.52	57.5	74.29	60.00	66.67
乔木层 Tree layer	100.00	33.33	100.00	50.00	50.00

群落组成 IV 的分层计算结果表明草本层的优势种的优势度明显高于灌木层优势种, 其中披针苔草在各落群落中均占有绝对的优势, 披针苔草是喜阴的草本, 比较容易适应油松林冠下的环境条件。在灌木层内, 其优势种的优势度相对较低, 由 5 个以上 IV 比较相近的物种组成, 形成共优群落(表 5)。但是从灌木层的物种组成来看,

其共优群落物种存在一定差异, 人工林的共优群落由荀子(*Cotoneaster multiflorus Bunge*)、辽东栎、麻叶绣线菊和陕西莢蒾构成; 天然林的共优群落由荀子、辽东栎、黄刺玫、陕西莢蒾和红瑞木组成; 而谷底的天然林共优群落组成则差异较大, 主要由辽东栎、胡枝子、茶条槭、荀子和虎榛子组成。

表 5 子午岭人工油松林和天然油松林群落主要组成与重要值

Table 5 The importances values(IV) of the domain components in the natural *Pinus tabulaeformis* and artificial *Pinus tabulaeformis* in Ziwuling

森林类型 Forest types	乔木层 Tree layer		灌木层 Shrub layer		草本层 Herb layer	
	种名 Species name	重要值 IV	种名 Species name	重要值 IV	种名 Species name	重要值 IV
人工油松林 阳坡 Artificial <i>P. tabulaeformis</i> plantation $A_{su}$	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	83.37	荀子 <i>Cotoneaster multiflorus Bunge</i>	8.94	披针苔草 <i>Carex lanceolata</i>	46.41
	漆树 <i>Toxicodendron delavayi</i>	16.63	红瑞木 <i>Swida alba</i>	6.99	穿龙薯蓣 <i>Dioscorea nipponica</i>	12.95
			辽东栎 <i>Quercus wutaishanica</i>	6.88	云南紫菀 <i>Aster yunnanensis</i>	6.39
			麻叶绣线菊 <i>Spiraea cartoniensis</i>	5.93	二苞黄精 <i>Polygonatum involucratum</i>	5.48
人工油松林 阴坡 Artificial <i>P. tabulaeformis</i> plantation $A_{cu}$	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	100	陕西莢蒾 <i>Viburnum schensianum</i>	5.73	紫穗槐 <i>Amorpha fruticosa</i>	5.24
			辽东栎 <i>Quercus wutaishanica</i>	7.71	披针苔草 <i>Carex lanceolata</i>	36.40
			红瑞木 <i>Swida alba</i>	6.93	穿龙薯蓣 <i>Dioscorea nipponica</i>	9.94
			麻叶绣线菊 <i>Spiraea cartoniensis</i>	6.59	茜草 <i>Rubiaceae</i>	7.84
			陕西莢蒾 <i>Viburnum schensianum</i>	6.05	北千里光 <i>Senecio dubitabilis</i>	6.71

(续表 5)

森林类型 Forest types	乔木层 Tree layer		灌木层 Shrub layer		草本层 Herb layer	
	种名 Species name	重要值 IV	种名 Species name	重要值 IV	种名 Species name	重要值 IV
天然油松林 阳坡 <i>Natural P. tabulaeformis forest Nsu</i>	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	100	荀子 <i>Cotoneaster multiflorus Bunge</i>	5.60	紫穗槐 <i>Amorpha fruticosa</i>	5.75
			荀子 <i>Cotoneaster multiflorus Bunge</i>	9.04	披针苔草 <i>Carex lanceolata</i>	44.87
	辽东栎 <i>Quercus wutaishanica</i>	2.79	辽东栎 <i>Quercus wutaishanica</i>	8.53	莎草 <i>Cyperus</i>	12.39
			黄刺玫 <i>Rosa xanthina</i>	7.18	北千里光 <i>Senecio dubitabilis</i>	8.44
天然油松林 阴坡 <i>Natural P. tabulaeformis forest Ncu</i>	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	56.70	陕西莢蒾 <i>Viburnum schensianum</i>	6.07	甘肃臭草 <i>Melica przewalskyi</i>	8.04
			红瑞木 <i>Swida alba</i>	5.88	二苞黄精 <i>Polygonatum involucratum</i>	7.17
	辽东栎 <i>Quercus wutaishanica</i>	14.18	辽东栎 <i>Quercus wutaishanica</i>	13.11	披针苔草 <i>Carex lanceolata</i>	31.39
			荀子 <i>Cotoneaster multiflorus Bunge</i>	10.30	北千里光 <i>Senecio dubitabilis</i>	17.58
天然油松林 谷底阴坡 <i>Natural P. tabulaeformis forest Ncv</i>	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	100	黄刺玫 <i>Rosa xanthina</i>	8.15	铁杆蒿 <i>Artemisia sacrorum</i>	12.09
			陕西莢蒾 <i>Viburnum schensianum</i>	6.46	三叶草 <i>Trifolium pratense</i>	11.01
			胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i>	6.41	三褶脉紫菀 <i>Aster agerastoides Turcz</i>	6.29
			辽东栎 <i>Quercus wutaishanica</i>	8.48	披针苔草 <i>Carex lanceolata</i>	34.95
			荀子 <i>Cotoneaster multiflorus Bunge</i>	6.81	北千里光 <i>Senecio dubitabilis</i>	20.62
			胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i>	6.15	铁杆蒿 <i>Artemisia sacrorum</i>	9.11
			茶条槭 <i>A. ginnala</i>	5.50	穿龙薯蓣 <i>Dioscorea nipponica</i>	6.63
虎榛子 <i>Ostryopsis davidian</i>	4.97	蛇莓 <i>Duchesnea indica</i>	6.52			

## 4 小结

黄土高原子午岭林区人工油松林和天然油松林均具有比较丰富的物种组成, 植物多样性主要体现在灌木层的多样性上, 其乔木层的多样性显著偏低。群落多样性指数在各群落中呈现相同规律: 灌木层 > 草本层 > 乔木层。利用群落各生长型的叶层相对厚度和相对盖度作为加权参数, 对群落总体的物种多样性指数进行了测度, 结果表明, 在阴坡的人工油松林群落多样性指数较大。人工油松林和天然油松林群落结构发育完全, 乔、灌、草层次结构明显。

天然油松林和人工油松林相比, 无论在物种组成还是在多样性及群落空间结构上, 均具有较高的相似性。同处于阴坡的人工林和天然林的相似性大于处于其他坡向的人工林。不同坡向的天然油松林的物种组成相似性最大, 人工油松林和天然油松林亦具有很高的相似性, 该结果不仅说明了在研究区, 人工油松林和天然油松林立地条件非常相似, 同时人工油松林多样性高于天然油

松林也证明了适当的人工抚育措施能促进植株的生长和林下植被种类和盖度的增加, 维持林分稳定。在子午岭林区, 人工油松林和天然油松多样性均比较高, 林分生长状况良好, 少有出现小老树, 该现象说明油松林是黄土高原地区造林的首选优良树种, 也进一步证明了在黄土高原水土保持生态环境工程中人工林建设中遵循适地适树的科学性与重要性。

### 参考文献:

- [1] 刘 勇, 上官周平. 子午岭森林群落土壤水分与生物量关系研究[J]. 西北农业学报, 2007, 16(5): 150-154.
- [2] 张培栋. 甘肃子午岭自然保护区生物多样性保护[J]. 甘肃林业科技, 2005, 30(2): 46-48.
- [3] 张莉萍, 王辉, 马维伟. 不同补水保水方式下兰州北山区人工植被状况研究[J]. 西北农业学报, 2007, 16(4): 116-120.
- [4] 侯庆春, 韩蕊莲, 韩仕峰. 黄土高原人工林草地“土壤干层”问题初探[J]. 中国水土保持, 1999, 5: 11-14.
- [5] 陈云明, 梁一民, 程积民. 黄土高原植被建设的地带性特征[J]. 植物生态学报, 2002, 26(3): 339-345.

(下转第 136 页)

参考文献:

[1] 颜丽, 李景明, 任颜笑. 农村沼气的共生效应[J]. 农业工程学报, 2006, (S1): 89-92.

[2] 刘继芬. 德国农村沼气利用概况[J]. 世界农业, 2005, (1): 36-38.

[3] 李典荣, 王淑荣, 李桂秀. 沼气生态农业是实现农业可持续发展的有效途径[J]. 可再生能源, 2004, (4): 57-58.

[4] 钟攀, 李泽碧, 李清荣, 等. 重庆沼气肥养分物质和重金属状况研究[J]. 农业环境科学学报, 2007, 13(1): 165-171.

[5] 弋晓康, 韩勇. 生态家园中沼气发酵产物的综合利用[J]. 农机化研究, 2006, (3): 192-194.

[6] 陈颖, 王绍旋. 玉米大豆间作体系沼液浸种的产量效应分析[J]. 种子, 2005, (8): 29-33.

[7] 刘小刚, 李丙智, 张林森, 等. 追施沼液对红富士苹果品质及叶片生理效应的影响[J]. 西北农业学报, 2007, 16(3): 105-108.

[8] 叶伟宗, 成国良, 陆宏, 等. 沼液对甘蓝产量、品质及土壤肥力的影响[J]. 长江蔬菜, 2006, (9): 50-51.

[9] 徐效俊, 耿新美, 张俊生. 沼气在大棚蔬菜生产中的应用[J]. 北方园艺, 2006, (5): 80.

[10] 徐秀国. 应用沼液生产绿色蔬菜的关键技术[J]. 北方园艺, 2006, (6): 72.

[11] 钱靖华, 林聪, 王金花, 等. 沼液对苹果品质及土壤肥效的影响[J]. 可再生能源, 2005, (4): 34-36.

[12] 徐效俊. 沼液在冬枣生产中的应用初探[J]. 可再生能源, 2005, (5): 66-67.

[13] 郭素萍, 齐国辉, 李保国, 等. 不同肥料配比对红富士苹果果实品质的影响[J]. 河北林果研究, 2004, 19(2): 163-165.

(上接第 131 页)

[6] 张希彪, 郭小强, 上官周平, 等. 黄土丘陵区子午岭油松天然林群落特征研究[J]. 植物研究, 2006, 26(2): 169-175.

[7] 邹厚远, 刘国彬, 王晗生. 子午岭林区北部近 50 年植被的变化发展[J]. 西北植物学报, 2002, 22(1): 1-8.

[8] 张希彪, 郭小强, 周天林, 等. 子午岭种子植物区系分析[J]. 西北植物学报, 2004, 24(2): 267-274.

[9] 张希彪, 上官周平. 黄土丘陵区主要林分生物量及营养元素生物循环特征[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 527-537.

[10] 曹云, 杨吉力, 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.

[11] 胡相明, 程积民, 万惠娥. 黄土丘陵区人工林下草本层植物的结构特征[J]. 水土保持通报, 2006, 26(3): 41-45.

[12] 焦菊英, 王万中, 李靖. 黄土高原林草水土保持有效盖度分析[J]. 植物生态学报, 2000, 24(5): 608-612.

[13] 李裕元, 郑纪勇, 邵明安. 子午岭天然林与人工林群落特征比较研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(12): 2447-2456.

[14] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001.

[15] 马克平, 刘玉明. 生物群落 $\alpha$ 多样性的测度方法 I 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性, 1994, 2(4): 231-239.

[16] Pielou E C, 卢泽愚译. 数学生态学引论[M]. 北京: 科学出版社, 1978.

[17] 高贤明, 黄建辉, 万师强, 等. 秦岭太白山弃耕地植物群落演替的生态学研究——演替系列的群落 $\alpha$ 多样性特征[J]. 生态学报, 1997, 17(6): 619-626.