

黄土区不同配置人工林物种多样性研究

曲红¹, 王百田², 王棣³, 高海平⁴

1. 北京林业大学生物科学与技术学院, 2. 北京林业大学水土保持学院, 北京 10083;
3. 山西省林业厅, 山西 太原 030012; 4. 山西省方山县林业局, 山西 方山 033100

摘要:以黄土高原山西省方山县下昔沟流域为研究点,采用标准样地调查法,应用物种丰富度、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、群落均匀度指数研究 15 种不同配置的人工林的 α 多样性动态特征,结果表明,在立地条件、密度、林龄相同的情况下,油松和刺槐这两种针阔混交林下的灌、草层 Shannon-Weiner index、Pielou index、Richness 指数最高, Simpson index 最低;纯林中阔叶林下的灌、草层 Shannon-Weiner index、Pielou index、Richness 指数高于针叶林,但 Simpson index 低于针叶林;针叶林下的灌、草层 Shannon-Weiner index、Pielou index、Richness 指数最低,但 Simpson index 最高。研究结果为:针阔混交林更有利于林下植被的发育和更新,加速黄土区生态系统的恢复。

关键词:黄土高原;人工林;不同配置;物种多样性

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2010) 04-0843-06

一个地区的植物多样性是该地区植被恢复和保护的基础,而人工林生态系统的建立是黄土高原地区植被恢复采取的主要方式^[1-2]。在黄土高原地区,林草建设与土壤流失关系密切,若不科学地加以指导,盲目地大面积发展林草业,尤其是不论树种,只求绿化的盲目高密度植树,不能有效地涵养水源,发挥不了其应有的水土保持作用^[3]。过于强调大型树木,对林下植被缺乏重视,而不注意植被的多层次结构、多物种类型对维持多种动植物生存和生态系统功能的作用,不遵循自然的植被恢复规律,会形成大片的“绿色沙漠”^[4]。已有很多证据表明,由于人工林物种组成较为单一,目前普遍存在林地生产力和土壤肥力下降的现象,这直接影响到人工林的可持续经营和植被恢复后生态效益的发挥,为保证人工林生态系统的稳定,最大程度地发挥其功能,开展植被恢复后的物种多样性研究显得尤为重要^[1,5-6]。本文对黄土区的人工林不同配置的物种多样性进行研究,旨在为人工林的建设提供理论依据。

1 研究区概况与方法

1.1 研究区概况

研究地区位于山西省方山县下昔沟流域,地理坐标为北纬 37°43', 东经 110°14' 左右区域,平均海拔为 1 200 m 左右。属暖温带大陆性季风气候,年平均气温为 7.13 °C,冬春寒冷干燥,秋季凉爽少雨,夏季降雨集中,多年平均降水量 387 mm,多年平均水面蒸发量达 185 717 mm,表现出典型的北方严

重春旱的特征。地表大部分为新生代第四纪马兰黄土所覆盖,土壤为中壤质黄绵土,质地均匀^[7]。

由于该区天然植被破坏殆尽,近几十年来,退耕还林工程以人工林为主。人工林主要有刺槐 (*Robinia pseudoacacia*)、白榆 (*Ulmus pumila*)、油松 (*Pinus tabulaeformis*) 与侧柏 (*Platycladus orientalis*) 等,林外在海拔较低处广泛种植苹果 (*Malus pumila*)、梨 (*Pyrus bretschneideri*)、核桃 (*Juglans regia*) 等经济作物。野生灌木主要有黄刺玫 (*Rosa xanthina*)、沙棘 (*Hippophae rhamnoides*)、文冠果 (*Xanthoceras sorbifolia*)、大果榆 (*Ulmus macrocarpa*) 等,草本植物以菊科和禾本科为主,菊科蒿属居多,有茵陈蒿 (*Artemisia capillaries*)、南牡蒿 (*Artemisia eriopoda*)、吉蒿 (*Artemisia giraldii*)、多叶隐子草 (*Cleistogenes polyphylla*)、糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*)、披碱草 (*Elymus dahuricus*) 等。

1.2 研究方法

1.2.1 植被调查

本调查对样地分乔、灌、草三层分层调查(见表1)。乔木样方面积为 20 m×20 m,对样地内乔木进行每木检尺,测定其胸径、树高、株数;然后于样地内分别调查 5 个 2 m×2 m 的灌木样方和 10 个 1 m×1 m 的草本样方,对灌木、草本样方内所有植物记录其株数、高度、盖度。灌木样地设 20 m×20 m 的标准地,调查样地内主要灌木类型的种类、株数及其高度、盖度,然后在标准地内分别设 5 个 2 m×2

基金项目:林业公益性行业科研专项(200704031);国家林业科技支撑项目(2006BAD03A0301)

作者简介:曲红(1972年生),女,博士,从事植物多样性保护与生态环境工程学。E-mail: hongtong1@163.com

*通讯作者:王百田(1958年生),男,教授,博士生导师,研究方向为土壤与生态环境工程学。E-mail: wbaitian@bjfu.edu.cn

收稿日期: 2010-01-11

表 1 不同群落样地的生境情况调查
Table 1 The environment factor of artificial planted forest sample field

不同样地 代码	配置类型 (株*行)	造林密度/ (株·hm ⁻²)	海拔/ m	坡向	坡位	林龄/ a
A	刺槐 1.5*2	3 330	1 222	阳坡	中上	20
B	刺槐 1.5*4	1 665	1 208	阳坡	中上	20
C	刺槐 1.5*8	833	1 222	阳坡	中上	20
D	刺槐 1.5*4	1 665	1 224	阴坡	中上	20
E	刺槐 1.5*4	1 665	1 230	阳坡	中上	14
F	刺槐 1.5*4	1 665	1 446	阳坡	中上	20
G	刺槐 1.5*4	1 665	1 200	阳坡	坡底	20
H	榆树 1.5*2	3 330	1 236	阳坡	中上	20
I	榆树 1.5*4	1 665	1 216	阳坡	中上	20
J	侧柏 1.5*2	3 330	1 218	阳坡	中上	20
K	侧柏 1.5*4	1 665	1 200	阳坡	中上	20
L	油松 1.5*2	3 330	1 216	阳坡	中上	20
M	油松 1.5*4	1 665	1 222	阳坡	中上	20
N	油松×刺槐混 交林 1.5*4	1 665	1 226	阳坡	中上	20
O	无林地		1 226	阳坡	中上	

m的灌木样方和10个1 m×1 m的草本样方,同乔木样地方法一样进行调查记录。灌草丛及草本样地则在20 m×20 m的标准地内设10个1 m×1 m的小样方,调查记录每一小样方内所有出现草本的株数、高度及其盖度。具体调查方法按参考文献^[8]进行。

1.2.1 物种多样性的计算方法

本文采用 Shannon–Wiener 指数 (SW) 表示物种多样性;物种均匀度 (Jsw) 采用 Pielou 均匀度指数;生态优势度 (ED) 用 Simpson 生态优势度^[9-11]。各指数计算公式为:

$$SW=-\sum (P_i \ln P_i) \tag{1}$$

$$Jsw=(-\sum P_i \ln P_i)/\ln S \tag{2}$$

$$ED=[\sum N_i(N_i-1)]/[N(N-1)] \tag{3}$$

式中: S 为样方物种的丰富度,即样方内物种的种类数量; N_i 为第 i 个种的多度; N 为样地所有种的多度; P_i 为第 i 个种的重要值。

3 结果与分析

3.1 不同林分对不同层片物种生长状况的影响

从表 2 可以看出,在海拔、林龄、坡向、坡位、造林密度相同的情况下,林分对丰富度、盖度、平均高、生物量均有一定的影响。如在针阔混交林群落里,配置类型为 1.5 m×4 m 密度为 1 665 株·hm⁻² 的样地 N 与同类型、同密度的纯林 (阔叶林、针叶林) 相比,各层生长状况指标均高于纯林。由此可以说明,林分组成也是影响各层物种生长状况的主要因素。

虽然阔叶林群落的植被生长状况好于针叶林群落,但是在现场调查中发现,在不同造林密度的榆树林群落里,榆树都有不同程度的干梢现象,而林下的物种丰富度、盖度、平均高度、生物量都不及同等条件下的刺槐林,这是由于榆树本身的特性,导致其林内微生境的变化,也影响了林下植被物种丰富度。由此可以说明,林分组成也是影响林下各层物种生长状况的主要因素。

3.2 不同人工林群落林下物种多样性特征

近年来,群落物种多样性的研究一直较热,但不同的研究中对物种多样性指数的应用却往往不尽相同^[12-16]。从表 3 可以看出,灌木层 Shannon – Wiener 指数大小依次为: C>N>G>D>I> B>M>K> F>O>E>A>J>H>L; Simpson 指数大小依次为:

表 2 不同配置群落内植被层生长情况
Table 2 The growing status of different communities vegetable layer with different configurations

样地代码	丰富度		盖度/%		平均高度/cm		生物量/(kg·hm ⁻²)	
	灌木层	草本层	灌木层	草本层	灌木层	草本层	灌木层	草本层
A	2	15	18	55	35.89	12.56	212.20	141.46
B	4	19	45	75	57.17	24.92	344.02	229.34
C	7	26	65	90	88.01	43.78	1156.86	771.24
D	5	23	55	90	64.06	35.10	432.74	288.50
E	3	15	30	57	66.75	31.77	244.27	162.85
F	3	14	45	75	68.22	34.43	255.59	170.39
G	6	24	58	90	80.73	40.66	462.32	308.21
H	2	14	25	55	49.18	22.57	224.24	149.49
I	4	17	45	67	72.40	35.61	270.77	218.51
J	2	12	16	52	33.40	25.63	216.70	144.47
K	3	16	40	63	47.11	29.34	230.74	199.83
L	1	11	7	18	11.34	4.67	123.54	99.02
M	3	14	17	35	15.66	7.59	191.64	147.76
N	7	23	70	92	85.30	44.65	937.13	624.75
O	3	13	35	60	53.81	22.11	312.32	203.25

表 3 不同群落下各层次物种多样性指数
Table 3 The diversity parameters of plants under different communities

群落代码	Shannon-Weiner 指数		均匀度		优势度指数		丰富度指数	
	灌木层	草本层	灌木层	草本层	灌木层	草本层	灌木层	草本层
A	0.30	2.14	0.43	0.71	0.84	0.15	0.23	2.85
B	0.87	2.31	0.83	0.84	0.35	0.12	0.74	3.33
C	1.66	2.73	0.85	0.98	0.23	0.08	1.41	4.11
D	1.27	2.41	0.75	0.83	0.36	0.15	1.04	3.49
E	0.41	2.32	0.36	0.40	0.81	0.22	0.34	2.46
F	0.45	2.21	0.41	0.72	0.78	0.27	0.39	2.18
G	1.35	2.51	0.76	0.89	0.39	0.14	0.91	4.75
H	0.23	2.11	0.33	0.74	0.88	0.11	0.20	2.22
I	1.17	2.38	0.72	0.77	0.66	0.10	0.70	3.05
J	0.27	2.08	0.39	0.75	0.47	0.20	0.22	2.00
K	0.61	2.28	0.79	0.84	0.17	0.86	0.49	2.59
L	0	1.93	0	0.71	1	0.13	0	1.75
M	0.81	2.19	0.74	0.73	0.50	0.24	0.50	2.78
N	1.58	2.71	0.84	0.95	0.60	0.10	0.23	3.71
O	0.43	2.13	0.40	0.69	0.66	0.14	0.51	2.99

L>H>A>E>F>I>O>N>M>J>G>D>B>C>K；Pielou 均匀度指数大小依次为：C>N>B>K>G>D>M>I>A>F>O>J>E>H>L。草本层 Shannon - Wiener 指数大小依次为：C>N>G>D>I>E>B>K>F>M>A>O>H>J>L；Simpson 指数大小依次为：K>F>M>E>J>A>D>G>O>L>B>H>I>N>C；Pielou 均匀度指数大小依次为：C>N>G>K>B>D>I>J>H>M>F>L>A>O>E；Simpson 指数越大表明群落的优势种越明显，各人工林群落草本层各指数也具有类似趋势。在 15 种不同类型群落内，灌—草层物种种数有一定差异，且物种多度差异显著，草本层发育明显好于灌木层。这与人工群落处于演替初期阶段特征是一致的。从表中数据也可以看出，在造林密度、海拔、坡向、坡位相同的条件下，但其由于林分组成不同，结果会导致林下植被的多样性指数不同。在灌木层上，样地 L 由于其密度较大，而且林下有较厚的枯枝落叶层而影响到植被的生长发育，再加上灌木的生长环境要求较高，所以导致林下灌木层的 Shannon-Weiner 指数为零，其均匀度也为零。

3.3 不同人工林群落灌、草层物种多样性特征的比较

不同人工林群落在物种组成、结构和功能等多方面存在着一定的差异，从而决定了它们在物种多样性（丰富度、多样性、均匀度）特征上也有一定的差异。对 15 种群落灌草层物种多样性显著性检验结果显示（表 4、表 5），在灌草层物种多样性特征上，群落间差异显著为 $P<0.05$ ，群落间差异极显著为 $P<0.01$ 。从表中灌木层物种多样性显著性检验结果中不难发现，只有 9 对群落物种多样性差异不显著，其它各对群落之间存在显著差异或极显著差异；而在草本层物种多样性显著性检验结果中可以

看出，在 105 对群落之间的显著性差异检验结果中，有 43 对之间存在显著差异或极其显著性差异，其它各对之间差异不显著。说明灌木植被对生长环境条件的要求远远高于草本植被，而造林密度及林分组成起着关键的作用。

3.4 不同群落物种总体多样性特征

由表6可以看出，密度为3 330株·hm⁻²的油松林（样地L）总体多样性指数、均匀度及丰富度最低，而生态优势度最高；密度为833株·hm⁻²的刺槐林样地C总体Shannon-Weiner指数、均匀度及丰富度最高，而生态优势度最低。从立地条件上看，C样地人工林立地条件较为优越，林分密度较小，形成的林相整齐，树冠透光度大，林内光照分布均匀，坡面集水面积大，物种分布比较均匀，均匀度指数高，多样性指数最大。样地L人工林型密度较大，灌木和草本植物生长受到较大抑制，丰富度指数较低，导致各层次物种生态优势度较大，组成群落的各个种群的个体分布出现明显的不均，均匀度降低，从而导致群落总体的Shannon-Weiner指数和均匀度指数下降。在相同的立地条件下，密度为1 665株·hm⁻²的混交林样地N与密度为833株·hm⁻²的刺槐林样地C均匀度及丰富度最高，而生态优势度最低。从数据中可以看出，无论是针叶林还是阔叶林，都有随着林分密度的减少，而Shannon-Weiner指数、均匀度及丰富度逐渐增高的趋势，生态优势度逐渐降低的趋势。在相同的立地条件下，阔叶林在Shannon-Weiner指数、均匀度及丰富度指数都高于针叶林，而生态优势度小于针叶林。在密度为1 665株·hm⁻²刺槐和油松的混交林样地N，与密度相同的纯林刺槐林、榆树林、侧柏林和油松林相比，

表 4 不同群落灌木层多样性显著性检验
Table 4 The check of diversity of different communities bush layer

代码	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	代码	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	代码	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	代码	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	代码	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
A-B	13.174	0.0002	B-J	12.274	0.0003	D-H	36.751	0.0001	F-J	4.4014	0.0117	I-J	27.5	0.0001
A-C	16.915	0.0028	B-K	4.5625	0.0103	D-I	2.4245	0.0724	F-K	7.0447	0.0021	I-K	5.6773	0.0047
A-D	35.846	0.0001	B-L	30.264	0.0011	D-J	31.906	0.0001	F-L	12.99	0.0059	I-L	44.978	0.0005
A-E	4.0931	0.0149	B-M	2.6868	0.0548	D-K	7.3775	0.0018	F-M	4.8422	0.0084	I-M	4.9693	0.0077
A-F	3.7273	0.0203	B-N	9.8778	0.0006	D-L	53.113	0.0004	F-N	11.278	0.0004	I-N	4.0789	0.0151
A-G	23.744	0.0001	B-O	3.2497	0.0314	D-M	6.214	0.0034	F-O	0.3845	0.7202	I-O	11.677	0.0003
A-H	4.2875	0.0128	C-D	4.5686	0.0103	D-N	3.2227	0.0322	G-H	25.065	0.0001	J-K	11.294	0.0004
A-I	30.168	0.0001	C-E	15.011	0.0001	D-O	13.185	0.0002	G-I	3.459	0.0258	J-L	13.481	0.0055
A-J	1.6971	0.1649	C-F	14.045	0.0001	E-F	0.6325	0.5614	G-J	23.122	0.0001	J-M	7.6599	0.0016
A-K	11.078	0.0004	C-G	3.223	0.0322	E-G	19.232	0.0001	G-K	7.5409	0.0017	J-N	13.551	0.0002
A-L	26.071	0.0015	C-H	17.843	0.0001	E-H	6.7884	0.0025	G-L	32.035	0.001	J-O	2.3651	0.0772
A-M	7.294	0.0019	C-I	5.5783	0.0051	E-I	21.448	0.0001	G-M	6.6694	0.0026	K-L	17.786	0.0031
A-N	13.329	0.0049	C-J	17.061	0.0001	E-J	4.77	0.0088	G-N	2.2041	0.0922	K-M	0.5911	0.5862
A-O	1.795	0.1471	C-K	8.4186	0.0011	E-K	8.2311	0.0012	G-O	12.766	0.0002	K-N	6.7173	0.0026
B-C	12.619	0.0002	C-L	21.126	0.0022	E-L	17.612	0.0032	H-I	31.423	0.0001	K-O	5.7987	0.0044
B-D	20.337	0.0001	C-M	7.9383	0.0014	E-M	5.4829	0.0054	H-J	1.707	0.163	L-M	11.953	0.0069
B-E	6.4994	0.0029	C-N	0.46	0.6694	E-N	11.907	0.0003	H-K	12.51	0.0002	L-N	16.723	0.0036
B-F	4.4538	0.0112	C-O	12.448	0.0002	E-O	0	0.9999	H-L	15.057	0.0044	L-O	7.0447	0.0196
B-G	15.479	0.0001	D-E	25.103	0.0001	F-G	16.644	0.0001	H-M	8.4097	0.0011	M-N	6.5494	0.0028
B-H	15.492	0.0001	D-F	19.606	0.0001	F-H	5.811	0.0044	H-N	14.129	0.0001	M-O	4.3759	0.0119
B-I	16.635	0.0001	D-G	1.7732	0.1509	F-I	16.977	0.0001	H-O	3.1181	0.0356	N-O	10.387	0.0005

注: *f*: 自由度 (*f* = 2)

表 5 不同群落草本层多样性显著性检验
Table 5 The check of diversity of different communities grass layer

代码	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	代码	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	代码	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	代码	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	代码	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
A-B	2.558	0.0628	B-J	3.417	0.0269	D-H	1.9296	0.1259	F-J	1.7867	0.1485	I-J	1.3714	0.2422
A-C	4.9834	0.0076	B-K	2.2356	0.0891	D-I	0.8583	0.4391	F-K	2.7588	0.0509	I-K	0.6518	0.5501
A-D	2.4964	0.067	B-L	4.5435	0.0105	D-J	3.1852	0.0334	F-L	0.1207	0.9098	I-L	2.4484	0.0706
A-E	1.1166	0.3267	B-M	4.6638	0.0096	D-K	2.1931	0.0934	F-M	2.1234	0.101	I-M	1.4687	0.2158
A-F	2.221	0.0905	B-N	2.5931	0.0605	D-L	4.2934	0.0127	F-N	5.6032	0.005	I-N	2.4	0.0744
A-G	3.0018	0.0399	B-O	0.7177	0.5126	D-M	3.8442	0.0184	F-O	3.7187	0.0205	I-O	0.1864	0.8612
A-H	0.054	0.9595	C-D	2.8126	0.0482	D-N	2.0986	0.1038	G-H	2.3668	0.0771	J-K	1.0631	0.3476
A-I	0.9467	0.3974	C-E	5.2776	0.0062	D-O	0.9402	0.4003	G-I	1.3221	0.2567	J-L	1.5791	0.1895
A-J	0.5533	0.6095	C-F	6.8012	0.0024	E-F	3.7983	0.0191	G-J	3.6592	0.0216	J-M	0.0472	0.9646
A-K	0.451	0.6754	C-G	2.0461	0.1102	E-G	2.8062	0.0485	G-K	2.7386	0.052	J-N	4.4977	0.0108
A-L	2.0053	0.1154	C-H	3.9511	0.0168	E-H	0.8078	0.4645	G-L	4.6761	0.0095	J-O	2.1922	0.0935
A-M	0.6193	0.5692	C-I	2.8919	0.0445	E-I	0.3602	0.7369	G-M	4.295	0.0127	K-L	2.5042	0.0665
A-N	3.9628	0.0166	C-J	5.6829	0.0047	E-J	1.9524	0.1226	G-N	1.4931	0.2097	K-M	1.2672	0.2738
A-O	1.5567	0.1945	C-K	4.831	0.0085	E-K	0.6222	0.5675	G-O	1.5508	0.1959	K-N	3.7617	0.0197
B-C	3.5971	0.0228	C-L	6.4368	0.003	E-L	3.4098	0.027	H-I	0.8455	0.4454	K-O	1.195	0.2981
B-D	0.4125	0.7011	C-M	6.5917	0.0027	E-M	2.8725	0.0454	H-J	0.3593	0.7375	L-M	1.852	0.1377
B-E	2.5	0.0668	C-N	0.2428	0.8201	E-N	3.8366	0.0185	H-K	0.391	0.7157	L-N	5.3481	0.0059
B-F	4.9651	0.0077	C-O	3.6256	0.0222	E-O	0.9195	0.4099	H-L	1.5439	0.1975	L-O	3.4355	0.0264
B-G	1.1687	0.3074	D-E	2.1837	0.0944	F-G	4.9912	0.0075	H-M	0.3643	0.7341	M-N	4.9538	0.0077
B-H	1.8342	0.1405	D-F	4.6196	0.0099	F-H	1.6873	0.1668	H-N	3.3337	0.029	M-O	2.6126	0.0593
B-I	0.6696	0.5398	D-G	0.6786	0.5346	F-I	2.6095	0.0595	H-O	1.2307	0.2859	N-O	2.7932	0.0492

注: *f* 自由度 (*f* = 2)

Shannon-Weiner指数、均匀度、丰富度指数比它们都大,生态优势度较低,表现出混交林的植物多样性好于纯林的生态状况。阔叶人工林物种多样性较高而针叶林较低的现象说明,植被恢复过程中,阔

叶林更有利于林下植被的发育和更新。

4 结论与讨论

1)物种丰富度随着密度的增大而增大。相同的密度下,阔叶林灌木层丰富度高于针叶林,而混交

表6 不同群落总体多样性指数
Table 6 Total diversity index of different communities

群落代码	Shannon-Weiner 指数	均匀度	优势度指数	丰富度指数
A	2.04	0.697 86	0.261 975	17
B	2.42	0.925 57	0.108 116	23
C	3.48	1.341 994	0.051 471	33
D	2.92	1.189 616	0.100 949	28
E	2.19	0.316 9	0.251 93	18
F	1.96	0.311 941	0.223 308	17
G	3.06	1.189 616	0.100 949	30
H	1.97	0.311 941	0.223 308	16
I	2.82	1.100 831	0.130 109	21
J	1.77	0.659 711	0.331 127	14
K	2.51	0.824 525	0.198 921	19
L	1.64	0.915 478	0.206 476	12
M	2.38	0.814 4	0.201 709	17
N	3.40	1.363 184	0.064 223	30
O	2.25	0.820 733	0.176 729	16

林的灌木层物种丰富度高于阔叶林。

2)各人工群落林下植被草本层相对较为发达，且灌—草层中物种多为旱生性和中旱生性植物，这与森林群落演替早期的特征极为相似。

3)针阔混交的林型更能充分利用环境中的资源，具有相当的稳定性，这种稳定的环境为物种的侵入创造了条件。因此，有较多的物种能顺利侵入混交林下，形成一定的种群规模。而在纯林中，阔叶林比针叶林更有利于林下植被的生长发育。但在相同的立地条件、相同的密度、相同的林龄下，混交林更有利于林下植被的发育和更新。

4)从灌木层物种多样性显著性检验结果中不难发现，只有9对群落物种多样性差异不显著，其它各对群落之间存在显著差异或极显著差异，灌木植被对生长环境条件的要求远远高于草本植被，而造林密度及林分组成起着关键的作用。

参考文献：

[1] 周择福, 王延平, 张光灿. 五台山林区典型人工林群落物种多样性研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(2): 321-327.
ZHOU Zefu, WANG Yanping, ZHANG Guangcan. Biodiversity of main typical manmade communities in forest region of mountain Wutai, Shanxi[J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 2005, 25(2): 321-327.

[2] 王义凤. 黄土高原地区植被资源及其合理利用[M]. 中国科学技术出版社, 1991: 23-24.
WANG Yifeng. Vegetation Resources and Their Rational Use of Loess Plateau[M]. China Science and Technology Press, 1991: 23-24.

[3] 梁一民, 陈云明. 论黄土高原造林的适地适树与适地适林[J]. 水土保持通报, 2004, 24(3): 69-72.
LIANG Yimin, CHEN Yunming. Thesis on the Loess Plateau afforestation suitable tree, suitable land and forest[J]. Soil and Water Conservation, 2004, 24(3): 69-72.

[4] 解焱. 当心: 种树可别种出“绿色沙漠”[J]. 科技潮, 2001, 11: 20.
XIE Yan. Be careful: Not to plant trees make "green desert"[J]. Technology Tide, 2001, 11: 20.

[5] 王国梁, 刘国彬, 侯喜禄. 黄土高原丘陵沟壑区植被恢复重建后的物种多样性研究[J]. 山地学报, 2002, 20(2): 182-187.
WANG Guoliang, LIU Guobin, HOU Xilu. The research of species diversity after the vegetation restoration in Loess Hilly Region[J]. Journal of Mountain Science, 2002, 20(2): 182-187.

[6] ALLEN R, PLATT K, WISER S. Biodiversity in New Zealand plantations[J]. New Zealand Forestry, 1995, 39(4): 26-29.

[7] 马子清. 山西植被[M]. 中国科学技术出版社, 2000.
MA Zaiqing. Shanxi Vegetation[M]. China Science and Technology Press, 2000.

[8] 张鸿烈, 刘光崧. 陆地生物群落调查观测与分析-中国生态系统研究网络观测与分析标准方法[M]. 北京: 中国标准出版社, 1996: 1-21.
ZHANG Honglie, LIU Guangsong. Terrestrial Biomes Investigation and Analysis of Observations-Chinese Ecosystem Research Network Observation and Analysis of standard methods[M]. Beijing: China Standard Press, 1996: 1-21.

[9] 马克平. 生物群落多样性的测度方法(I): a多样性测度方法(上)[J]. 生物多样性, 1994, 2(3): 162-168.
MA Keping. The measure method of bio-community diversity(I): The method of a-diversity(A)[J]. Biodiversity Science, 1994, 2(3): 162-168.

[10] 马克平. 生物群落多样性的测度方法(I): a多样性测度方法(下)[J]. 生物多样性, 1994, 2(4): 231-239.
MA Keping. The measure method of bio-community diversity(I): The method of a-diversity(B)[J]. Biodiversity Science, 1994, 2(4): 231-239.

[11] 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、均匀度和物种的多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 268-277.
MA Keping, HUANG Jianhui, YU Shunli, et al. Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China: II Species richness, evenness and species diversities[J]. Acta Ecologica Sinica, 1995, 15(3): 268-277.

[12] 岳明, 任毅, 党高弟, 等. 佛坪国家级自然保护区植物群落物种多样性特征[J]. 生物多样性, 1999, 7(4): 263-269.
YUE Ming, REN Yi, DANG Gaodi, et al. Species diversity of higher plant communities in Fuping National Reserve[J]. Chinese Biodiversity, 1999, 7(4): 263-269.

[13] 张丽霞, 张峰, 上官铁梁. 芦芽山植物群落的多样性研究[J]. 生物多样性, 2000, 8(4): 363-369.
ZHANG Lixia, ZHANG Feng, SHANGGUAN Tieliang. Vegetation diversity of Luya Mountains[J]. Chinese Biodiversity, 2000, 8(4): 361-369.

[14] 傅德平, 吕光辉, 杨建军. 克拉玛依植物群落结构和物种多样性研究[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(6): 152-155.
FU Deping, LV Guanghui, YANG Jiangjun. Study on species diversity and structure of plant communities in Karamay[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2008, 22(6): 152-155.

[15] 郭艳, 张金屯, 刘秀珍. 山西天山植物群落物种多样性研究[J]. 山西大学学报: 自然科学版, 2005, 28(2): 205-208.

GUO Yan, ZHANG Jintun, LIU Xiuzheng. Study on the species diversity of the plant community in Tianlong Mountain, Shanxi[J]. Journal of Shanxi University, 2005, 28(2): 205-208.
[16] 郑凤英, 杜伟, 苟学文. 威海市区黑松林群落的物种多样性特征[J].

生态环境, 2008, 17(5): 1965-1969.
ZHENG Fengying, DU Wei, GOU Xuewen. Community diversity of Pinus thunbergii forest at Weihai[J]. Ecology and Environment, 2008, 17(5): 1965-1969.

Research of artificial forest plant diversity under different configuration of loess area

QU Hong¹, WANG Baitian², WANG Di³, GAO Haiping⁴

1. College of Biological Sciences and Biotechnology, Beijing Forestry University, China;

2. School of Soil Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

3. Shanxi Forest Bureau, Taiyuan 030012, China; 4. Shanxi Fangshan Forest Bureau, Fangshan 033100, China

Abstract: In this work, the species diversity of shrubs and herbs in 15 artificial forests in Xiaxigou, Fangshan County, Shanxi, China were studied using species richness, Simpson index, Shannon-Wiener index and evenness of community. The results show that Shannon-Weiner index, Pielou index and Richness of shrub and herbs were the highest, but the Simpson index was the lowest in Pinus tabulaeformis and Rhobinia Chinensis mixed forest compared with other forests. Shannon-Weiner index、Pielou index、richness of shrubs and herbs were higher, but the Simpson index was lower in pure broad leaved forest than that in pure coniferous forest. Shannon-Weiner index、Pielou index、richness of shrubs and herbs was the lowest but Simpson index was the highest in coniferous forest. These results suggest that mixed forest is the best for vegetation development and regeneration, and developing mixed forests are the rapid way for restoration of Loess Plateau ecosystem.

Key words: Loess Plateau; artificial forest of plant; different configuration; species diversity