

黄龙山林区主要森林群落下物种多样性研究

张晓辉¹, 周建云^{1,2}, 何景峰^{1,2}, 卢彦昌¹, 张文辉^{1,2*}

(1. 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 西部环境与生态教育部重点实验室, 陕西 杨陵 712100)

摘要:通过典型样地调查,对黄龙山主要森林群落(辽东栎林、油松林、白桦林、栎桦林、松栎林和松桦林)林下灌木层和草本层的物种多样性指数、丰富多指数和均匀多指数等进行了系统研究,结果表明:1)主要森林群落下灌木层多样性指数,丰富度指数和均匀度指数均高于草本层,显示了灌木层在温带森林群落中的重要性。2)在6种群落中,辽东栎林灌木层和草本层物种多样性最高,白桦林最低,显示了辽东栎是地带性植被特殊地位,白桦林是作为当地的过渡性植被群落的基本属性。3)不同生境6种森林群落类型的草灌木层多样性指数、丰富度指数和均匀度指数均为阳坡大于阴坡,显示黄龙山区阳坡的水热组合适合灌草层发育。未来森林经营管理应该利用这些特征,实现生态效益和经济效益最大化。

关键词:森林群落;物种多样性;黄龙山林区

中图分类号: S718.54 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7461(2007)04-0039-06

Species Diversity of the Main Forest Community Undergrowths in the Huanglong Mountain

ZHANG Xiao-hui¹, ZHOU Jian-yun^{1,2}, HE Jing-feng^{1,2}, LU Yan-chang¹, ZHANG Wen-hui^{1,2}

(1. College of Life Sciences, Northwest A&F University; Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Key Laboratory of Environment and Ecology of Education Ministry in West China, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Through typical plots investigation, species diversity indices, richness indices and evenness indices of the shrub layers and the herb layers of the main forest communities in the forest stands (*Quercus liaotungensis* forest, *Pinus tabulae formis* forest, *Betula platyphylla* forest, *P. stabulae* - *Q. liaotungensis* mixed forest, *Q. liaotungensis*-*B. platyphylla* mixed forest and *P. stabulae* - *B. platyphylla* mixed forest) in the Huanglong Mountain forestry region in Shaanxi Province, were systematically studied. The results showed that: 1) the species diversity indices, richness indices and evenness indices of the shrub layers of the main forest communities in the forest stands were higher than those of the herb layers. It demonstrated the importance of the shrub layers in the temperate zone forest communities; 2) In the six forest communities, the shrub layers and the herb layers of *Q. liaotungensis* forest showed the highest species diversity and the *B. platyphylla* forest showed the lowest species diversity. It revealed that the *Q. liaotungensis* forest was the main vegetation and the *B. platyphylla* forest which tended to degenerate would be substituted by other forest communities; 3) The species diversity indices, richness indices and evenness indices of the shrub layers and the herb layers of the six forest communities on the sunny slope in the forest stands were higher than those on the shady slope. The reason was that the environment factors of the sunny slope such as light, heat, temperature, water and so on were better than those on the shady slope. In the future forest management, reasonable measures should be adopted according to the characteristics of species diversity in the Huanglong Mountain to achieve economical and ecological benefits.

Key words: forest community; species diversity; Huanglong Mountain forestry region

植物群落的物种多样性指数反映群落的组成结构、演替发育阶段、稳定性程度和生境特征,是森林

经营管理的重要依据^[1-3],是近年来植物群落学研究的热点。森林群落内灌木层和草本层多样性研究对

收稿日期:2007-01-09 修回日期:2007-01-20

基金项目:中国林科院主持的“天然林保护工程重点技术研究及试验示范”项目

作者简介:张晓辉(1981-),男,陕西高陵人,硕士,从事景观生态学和生物多样性研究。

* 通讯作者:张文辉(1955-),男,陕西岐山人,博士,教授,主要从事植物生态学、生物多样性、植物保护生物学教学和科研工作。

群落基本属性认识、群落稳定性判断具有重要意义。

黄龙山林区位于黄土高原的最南部,森林茂密,是黄土高原的屏障,被美誉为黄土高原的“一叶肺”^[4]。林区森林面积 14.42 万 hm²,森林蓄积 597.3 万 m³。经过长期的人为破坏和自然演替,形成以松、栎混交林为主的天然次生林^[5]。对该区主要森林群落性质、基本属性和演替规律的认识,有助于合理经营管理保护这片具有特殊作用的森林,对其研究具有重要的科学意义实践价值。以前对黄龙山的研究主要集中在森林群落特性、类型划分、群落动态、某些优势种群更新等方面^[6,9]。对不同森林群落类型林下草灌组成、多样性等方面的研究尚未见报道。林下植被作为森林生态系统的一个重要组成部分,他们在维持森林的多样性、生态功能稳定性、养分循环、立地指标和持续生产力方面具有独特的功能和作用^[10]。本文通过对黄龙山主要森林群落类型(辽东栎林、油松林、白桦林、栎桦林、松栎林和松桦林)进行样地调查,系统分析了其林下草灌层物种多样性及生境关系,目的是研究不同森林群落类型林下灌木、草本层物种多样性特征,探讨不同森林群落类型对生境适应性,为阐明黄土高原南部森林的本质属性提供依据,为合理经营管理保护当地森林、人工促进天然林恢复提供参考。

1 研究地区与研究方法

1.1 自然概况

黄龙山林区位于陕西北部延安市黄土高原东南部,东临黄河,南北长 60 km,东西宽 50 km,总面积 1941.74 km²,属于暖温带半湿润与半干旱气候的过渡区,海拔 1 000~1 300 m,年均气温 8.6℃,年降水量 611.8 mm,土壤主要是褐土,地带性植被为暖温带落叶阔叶林带,主要成林树种是油松、辽东栎、白桦、山杨、沙棘、山桃等,以这些树种为主形成的纯林或者混交林呈镶嵌性分布,形成当地主要森林植被。其中辽东栎林、油松林、白桦林、栎桦林、松栎林和松桦林占当地森林面积 87%^[4]。

1.2 研究方法

1.2.1 样地调查 研究区处于黄龙山林业局。经过充分踏查,采集标本,了解当地森林群落植物区系组成和分布规律基础上,以辽东栎林、油松林、白桦林、栎桦林、松栎林和松桦林 6 个森林群落类型为重点调查对象,分别在阳坡、阴坡选择有代表性的典型地段布设样地。每个森林类型设置 8 个样地,其中 4 个阴坡(包括东北和西北向),4 个阳坡(包括东南和西南向)。样地的大小为 20 m×20 m,每块样地内设 5 m×5 m 的灌木样方 5 个,1 m×1 m 草本样

方 5 个。共调查 48 块样地,记录灌木样方 240 个,草本 240 个。调查内容:(1)生境:包括地形地貌、人为干扰强度、土壤、气象、坡向、坡位。(2)群落特征:包括群落组成、高度、盖度等;灌木和草本调查包括分别按物种,计测平高度、基径、盖度、多度、频度和生长势。

1.2.2 物种多样性指数的计算 根据样地资料,分样地计算每个物种的盖度、多度、频度;再计算每一个样地不同物种的重要值(IV)(重要值计算方法见文献^[2]);统计出不同生境(四个坡向)各物种重要值平均值。以物种的重要值为基础,分层(灌、草)计算各物种 α 多样性指数,物种丰富度指数(S)、多样性指数(Simpson 指数 D ; Shannon-wiener 指数 H')和均匀度指数(Pielou 指数: JsW ; Alatalo 指数: Ea)。具体计算方法见文献^[2,11-12]。

2 结果与分析

2.1 群落种类组成的多样性

根据样地数据资料统计,在群落中共有维管束植物 42 科 77 属 109 种。其中裸子植物 2 科 2 属 2 种,被子植物 40 科 75 属 107 种。属种数量占优势的为蔷薇科(Rosaceae, 12 属 16 种)、菊科(7 属 10 种)、豆科(Leguminosae, 4 属 5 种)、蝶形花科(Papilionaceae, 4 属 6 种)、忍冬科(Caprofoliaceae 3 属 8 种)、胡颓子科(Elaeagnaceae 3 属 3 种)、卫矛科(Celastraceae 3 属 4 种)和禾本科(Gramineae 3 属 3 种)。区系组成仅含 1~2 种的有 29 科,占总科属数 69.05%;仅含 1 种的属有 59 属,占总属数的 76.62%。说明了黄龙山森林群落组成复杂,科属分布较为分散。

对黄龙山森林群落植物区系的地理成分分析可知(表 1),在 77 属中,世界分布的有悬钩子属(*Rubus*)、苔草属(*Carex*)、鼠李属(*Rhamnus*)和堇菜属(*Viola*)等 8 属,占 10.39%;泛热带分布的有木兰属(*Magnolia*)、卫矛属(*Euonymus*)、朴属(*Celtis*)和野棉属(*Gossypium*)等 6 属,占 7.79%;各种热带成分共 9 属,占植物总属数 11.69%。北温带分布的有蔷薇属(*Rosa*)、李属(*Prunus*)、盐肤木属(*Rhus*)和绣线菊属(*Spiraea*)等 40 属,占 51.95%;旧世界温带分布的有丁香属(*Syringa*)、沙棘属(*Hippophae*)、连翘属(*Forsythia*)和天名精属(*Carpesium*),占 12.99%;各温带成分共 57 属,占植物总属数 74.26%,温带类型明显多于热带类型。从种的分布看,各热带分布共 25 种,占总种数 22.94%,各温带分布共 74 种,占总种数 67.89%,占明显的优势。从属种的地理成分表明该山地森林群落的北温带特征较为明

显,有少量的热带和亚热带成分,这与该山地处于北温带的地理特点相一致^[13-14]。

表 1 黄龙山主要森林群落植物分布区类型

Table 1 The distribution type of main forest communities in the Huanglong Mountain

分布区类型	属数	占总属数/%	种数	占总种数/%
1. 世界分布	8	10.39	11	10.09
2. 泛热带分布	6	7.79	8	7.34
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布	1	1.3	1	
4. 旧世界分布	1	1.3	1	
5. 热带亚洲至大洋洲分布				
6. 热带亚洲至热带非洲分布	3	3.9	4	3.67
7. 热带亚洲分布				
8. 北温带分布	40	51.95	58	55.04
9. 东亚和北美间断分布	2	2.6	4	3.67
10. 旧世界温带分布	10	12.99	11	10.09
11. 温带亚洲分布				
12. 地中海、中亚至西亚分布	2	2.6	2	
13. 中亚分布				
14. 东亚分布	3	3.9	5	4.59
15. 中国特有分布	2	2.6	2	
合 计	77	100	109	100

2.2 不同森林群落草灌层物种组成分析

优势种组成差异在一定程度上反映着群落的结
力为数据

表 2 不同森林群落草灌层主要物种及重要值

Table 2 The main shrub species and their important values of different forest communities

物种名	森林群落类型					
	I	II	III	IV	V	VI
苔草 <i>Carex lanceolata</i> Boott	0.674	0.708	0.590	0.689	0.699	0.691
羊茅 <i>Festuca ovina</i> L.	0.146	0.132	0.230	0.146	0.179	0.132
心叶缬草 <i>Arthrazon hispidus</i> Makino				0.028		
茅叶茺草 <i>Valeriana officinalis</i> L.				0.043		
香青 <i>Anaphalis sinica</i>	0.026				0.021	0.033
火绒草 <i>Leontopodium leontopodioides</i>	0.023					
紫菀 <i>Aster tataricus</i> L. f	0.023					
山棉花 <i>Urena lobata</i> L.	0.020					0.095
铁杆蒿 <i>Artemisia gmelinii</i>			0.029	0.027		
萎陵菜 <i>Potentilla discolor</i> Bunge			0.022			
野韭菜 <i>Allium ramosum</i> L.			0.025			
华北绣线菊 <i>Spiraea frischiana</i> Schneid.	0.126	0.143	0.097	0.051		0.315
连翘 <i>Forsythia sypensa</i> (Thunb.) Vahl		0.033		0.026		
金银忍冬 <i>Lonicera macckii</i> (Rupr.) Maxim.		0.032				0.021
陕西英迷 <i>Viburnum schensianum</i> Maxim.		0.090	0.040	0.021		0.049
杜梨 <i>Pyrus betulaefolia</i> Bunge.		0.031				
南蛇藤 <i>Celastrus orbiculatus</i> Thunb. fl		0.092	0.025		0.052	
茶条槭 <i>Acer ginnala</i>	0.181	0.114	0.087	0.042	0.105	0.102
悬钩子 <i>Rubus corchorifolius</i> Linn. f	0.039	0.054	0.024		0.035	
毛樱桃 <i>Prunus tomenosa</i> Thunb.		0.049	0.022		0.023	
葱皮忍冬 <i>Lonicera ferdinandii</i>	0.025	0.067	0.048	0.088	0.082	
红棘杨 <i>Phus punjabensis</i>		0.021				
狼牙刺 <i>Sophora japonica</i>		0.042				
虎榛子 <i>Ostryopsis davidiana</i>	0.121		0.056	0.158		0.051
灰荀子 <i>Cotoneaster acutifolius</i> Turcz.				0.063		0.031
杜梨 <i>Pyrus betulaefolia</i> Bunge.				0.024		
华北丁香 <i>Syringa oblata</i>				0.053		

构多样性特征^[15]。对于不同森林群落类型而言,草灌层组成差异在一定程度上反映森林群落林下植被的发育状况和群落本质属性。黄龙山主要 6 种不同森林群落林下物种组成(表 2)。从各种物种重要值可看出,在不同森林群落草本层中以苔草和羊茅占优势,其苔草重要值在各个群落中都 >0.5,羊茅重要值在各个群落中都 <0.1。

灌木层物种比较丰富,不同森林群落类型中优势种不同,白桦林以华北绣线菊、茶条槭和榛子占优势,其重要值分别为 0.126、0.181、0.121;油松林中以华北绣线菊和茶条槭占优势,其重要值分别为 0.143 和 0.144;辽东栎林以白丁香和华北绣线菊占优势,其重要值分别为 0.121 和 0.097;松栎林以虎榛子占优势,重要值为 0.158;松桦林以茶条槭、栓翅卫矛、胡颓子占优势,其重要值分别为 0.105、0.166、0.133;栎桦林以华北绣线菊和茶条槭占优势,其重要值分别为 0.315 和 0.102。不同森林类型群落内的优势种不仅不同,而且伴生种也不相同,这主要是由于不同森林群落所处的生境不同,森林类型所处的演替阶段不同所致,依次可为今后经营改造森林和判断森林类型所处的演替阶段而应用。

(续表2)

物种名	森林群落类型					
	I	II	III	IV	V	VI
栓翅卫矛 <i>Euonymus phellomanes</i> Loes.	0.069			0.052	0.116	0.056
冻绿 <i>Rhamnus utilis</i> Decne.	0.029				0.063	
黄蔷薇 <i>Rosa hugonis</i>	0.029			0.086		
红瑞木 <i>Cornus alba</i> L.			0.073			0.050
胡颓子 <i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.	0.037			0.021	0.133	0.099
胡枝子 <i>Lespedeza dahurica</i>			0.031	0.025		
白丁香 <i>Syringa oblata</i> var. <i>affinis</i> Lingelsh.	0.050		0.121	0.026	0.089	
野山楂 <i>Crataegus cuneata</i> Sieb. et Zucc.				0.053		
刺五加 <i>Acanthopanax senticosus</i> Harms.	0.032		0.020		0.035	
鼠李 <i>Rhamnus davurica</i> Pall.		0.049	0.094			
沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i> L.			0.049			

注: I: 白桦林 *B. platyphylla* forest II: 油松林 *P. stabulaeformis* forest III: 辽东栎林 *Q. liaotungensis* forest; IV: 松栎林 *P. stabulae-Q. liaotungensis* mixed forest V: 松桦林 *P. stabulae - B. platyphylla* mixed forest; VI: 栎桦林 *Q. liaotungensis-B. platyphylla* mixed forest

2.3 不同森林类型下灌木层和草本层物种多样性

对同一群落内灌木层和草本层的多样性、均匀度、丰富度进行比较。研究表明(表3),在黄龙山区,几种主要的森林群落下灌木层多样性指数、均匀度指数、丰富度指数均高于草本层,表明黄龙山区主要森林群落中乔木层和灌木层的郁闭度较大,郁闭度越大,郁闭作用越强,林分内获取光照资源的机会越少,只有耐荫草本适宜生长,从而使林下草本层一般较稀疏,植物种类比较少,多样性低。

表3 不同森林群落多样性指数

Table 3 Species diversity index of different forest communities

群落类型	层次	多样性指数				
		S	D	H	J	E
I	灌木层	20	0.8959	2.4784	0.8140	0.7182
	草本层	15	0.5267	1.3219	0.4342	0.3961
	综合	35	0.8383	2.5522	0.6828	0.4238
II	灌木层	28	0.9388	2.9236	0.8774	0.7477
	草本层	16	0.4183	0.9910	0.3574	0.4169
	综合	44	0.8478	2.6802	0.7083	0.3965
III	灌木层	27	0.9467	2.9527	0.9063	0.8180
	草本层	19	0.6013	1.3905	0.5015	0.4875
	综合	46	0.8851	2.8535	0.7634	0.4511
IV	灌木层	20	0.9192	2.6471	0.8836	0.7688
	草本层	17	0.5045	1.1823	0.4366	0.4411
	综合	37	0.8523	2.5744	0.7241	0.4601
V	灌木层	25	0.9233	2.6743	0.8652	0.7878
	草本层	20	0.4863	1.1197	0.3874	0.4498
	综合	45	0.8508	2.5715	0.6971	0.4563
VI	灌木层	24	0.9162	2.7506	0.8346	0.6641
	草本层	16	0.5002	1.1288	0.3905	0.4689
	综合	40	0.8527	2.6246	0.6895	0.4373

注: S: 物种丰富度指数; D: Simpson 指数; H: Shannon-Wiener 指数; J: Pielou 均匀度指数; E: Alatalo 均匀度指数, 以下表中出现的相同字母所代表的与此相同。

2.4 不同森林类型林下综合多样性

参与分析的主要森林群落下草灌丛的物种多样性指数、均匀度指数、丰富度指数见表3、图1。由于物种多样是一综合量度,进行多样性分析时应将各多样性测度指标进行全面考虑。由于群落在物种组成,结构,功能等方面存在着一定的差异,从而决定

了它们在物种多样性特征上表现出一定的差别。在物种多样性上,辽东栎林和白桦林,油松林和白桦林差异显著;其它群落之间物种多样性特差异不显著。由图1、表3分析可见,5个指数大致反映了相同的趋势,即:辽东栎林的物种多样性指数、均匀度指数、丰富度指数都最高,栎桦林、油松林、松栎林次之,松桦林和白桦林各项指数都低,其多样性程度最低。辽东栎为该地带自然群落的标志,是该地区的顶级群落^[6]。但由于人为破坏严重,此区天然林都属于次生林。辽东栎林分布于该区水热配合状况较好的地段,林内开阔、光照充足,特别是群落内的灌木种类、数量在几种森林群落中最丰富,对群落物种多样性的贡献很大,这可能是导致辽东栎林下灌草丛的物种多样性较高的原因。

油松林在该区也具有一定的稳定性,是该区的顶级群落^[4,18]。但其群落下层的物种多样性并不是6种群落中最高的。其原因可能是由于该区油松林的郁闭度太大,导致了森林群落内灌木,尤其是草本的种类单调,优势种多为苔草,而苔草的重要值与其伴生种的重要值差异很大,这种情况下计算得出的多样性指数低。松栎林、栎桦林的情况与油松类似。

白桦为阳性的先锋树种,当此区的原始森林植物群落被破坏后,一般经草本、灌木阶段后,首先占据这些地段^[16]。此区的白桦林除在河道、沟谷的底部能形成较为稳定的群落外,一般情况下是作为阔叶林被破坏后次生恢复演替的先锋乔木群落之一,随着演替的进行将被该区的顶级群落辽东栎林取代,正是由于这样的原因导致了白桦林下的物种多样性很低。松桦林的情况与白桦林的情况类似。

2.5 物种多样性在不同坡向的变化规律

山体内部在同一海拔高度范围内,由于坡向的不同,水热组合则不同,这样由于小生境条件的差异,表现在同一群落内多样性、均匀度、丰富度的不同^[18]。草本层的阳坡丰富度与阴坡丰富度,阳坡多

样性与阴坡多样性,灌木层的阳坡丰富度与阴坡丰富度存在着显著差异,其余阴坡与阳坡的多样性指

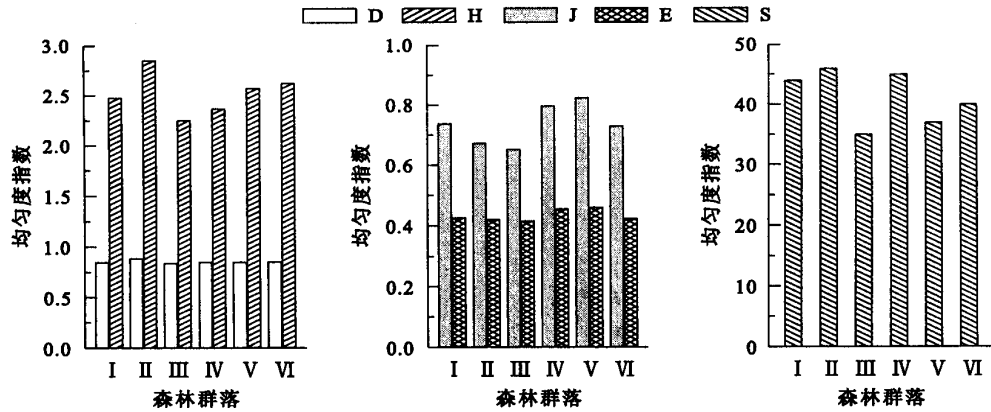


图1 不同森林群落草灌层多样性比较

Fig.1 Species diversity of herb and shrub layers in the different forest communities

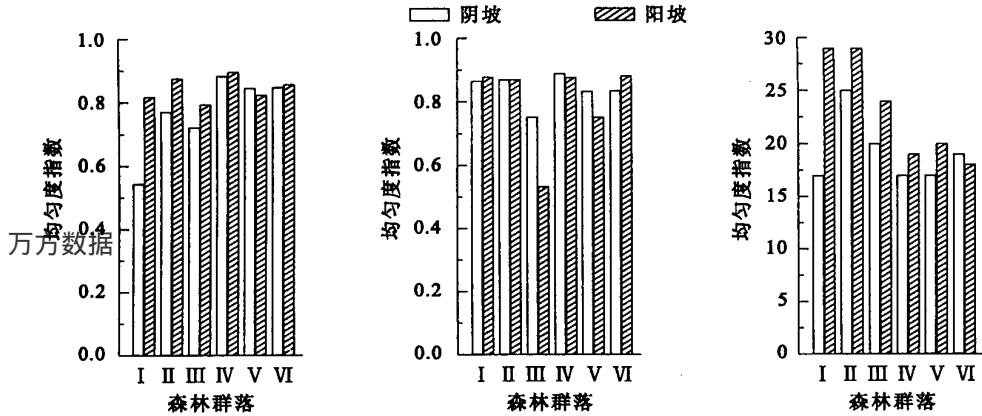


图2 不同森林群落草本层多样性、均匀度和丰富度在不同坡向的变化

Fig.2 Change tendency of the species diversity, evenness and richness indices in herb layer in different forest communities

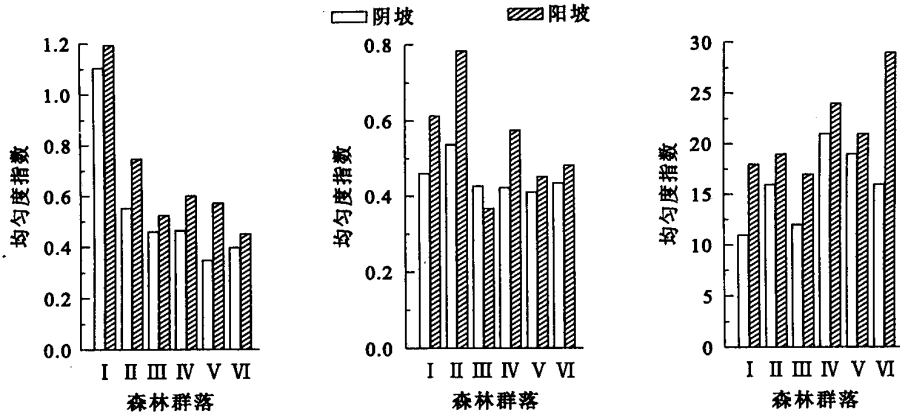


图3 不同森林群落灌木层多样性、均匀度和丰富度在不同坡向的变化

Fig.2 Change tendency of the species diversity, evenness and richness index in shrub layer in different forest communities

数差异不显著。从表2,图2~3可以看出,不同森林群落草灌丛物种多样性指数、均匀度指数和丰富度指数在不同的坡向变化趋势基本相同,表现为阳坡大于阴坡。如在辽东栎林群落林下,阳坡草本多样性指数为0.622,明显大于阴坡的多样性指数0.512;阳坡灌木多样性指数为0.818大于阴坡的多样

性指数0.544;其它的指数也表现出阳坡大于阴坡。在油松林群落、白桦林群落、松栎林群落、松桦林群落和栎桦林群落中的草灌层的情况与辽东栎林群落的情况类似。这主要是由于黄龙山区海拔变化幅度不大的情况下,坡向促使了热量在微环境内的重新分配,成为限制植物生长的主要因素。阳坡比阴坡

温度高,光照时数长,水热组合好^[19]。

3 结论与讨论

在植物区系成分上,各温带分布共 74 种,占总种数 67.89%,黄龙山林区属于暖温带落叶阔叶林区域,具有典型的植被水平地带性特征,本文研究 6 种群落是当地地带性植被的主要组成成分,由于当地山体不高,森林垂直分布不明显。不同群落中旱生性植物种类较多,说明群落具有过渡性痕迹。

辽东栎林是该区的地带性植被,白桦为先锋树种,森林经过破坏后,首先进入白桦林阶段,但辽东栎林和白桦林在该区处于分布的边缘区。这样导致了森林群落乔木层林分质量的下降,草灌层旱生物种的增加,如狼牙刺、沙棘等,从而使其草灌层的物种丰富度,多样性也随之增加。

黄龙山位于黄土高原的最南端,是庇护陕北黄土高原南部与渭北高原和关中平原的主要屏障,森林植被的经营管理应建立在水土保持、水源涵养林保护的基础上,尽快通过人工造林的途径恢复森林植被。在造林时应选择油松、辽东栎、椴树、茶条槭、狼牙刺、连翘等乡土树种,营造针阔混交林,达到改良土壤,提高蓄水能力,减少水土流失的目的。对于不同类型的森林群落,由于其组成和所处的演替阶段不同,可实施不同的经营措施,以提高群落的多样性和稳定性。

参考文献:

- [1] RAWLEY M J. Plant Ecology [M]. London: Blackwell Scientific Publications, 1986. 97-185.
- [2] 陈灵芝. 生物多样性保护现状及对策 [A]. 见: 钱迎倩、马可平主编, 生物多样性研究的原理与方法 [C], 北京: 中国科学技术出版社, 1995. 13-36.
- [3] Hurlbert S H. The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters [J]. Ecology, 1971, 52: 577-586.
- [4] 陕西森林编辑委员会. 陕西森林 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 中国林业出版社, 1989. 66-67.
- [5] LIU M-L (柳明来), DANG T-H (党太合), 黄龙山次生林在陕西生态环境建设中的作用 [J] (Shaanxi Forest Science and Technology). 陕西林业科技, 2001 (3): 32-34.
- [6] HOU L (侯林), LEI R D (雷瑞德), LIU J J (刘建军), WANG D X (王德祥), et al. Dynamic characteristics of hillsides closed afforested *Pinus tabulaeformis* population in Honglongshan forest zone [J]. Acta bot. Borel-Occident. Sin. (西北植物学报), 2005, 24 (11): 1263-1266.
- [7] XIANG H (相辉), YUE M (岳明). Quantitative classification and environmental interpretation on forest communities in Loess Plateau of the north of Shaanxi Province [J]. 西北植物学报, 2001, 21 (4): 726-731.
- [8] ZHU ZH CH (朱志诚). The type and succession of the *Quercus liaotungensis* forests on woodland of Loess Plateau in North Shaanxi Province [J]. 西北大学学报, 1994, 24 (5): 455-459.
- [9] YANG X M (杨晓民). Correlation of DBH with height of *Pinus tabulaeformis* Carr. plantation in Hasishan Forest Area [J]. Forestry science & technology (林业科技), 2003, 28 (5): 15-18 (in Chinese).
- [10] HE Y L (何艺玲). 人工林林下植被的研究现状 [J]. 林业科学研究, 2002 15 (6): 727-733.
- [11] MA K P (马克平), LIU C R (刘灿然), YU SH L (于顺利), et al. Lant community diversity in Dongling mountain. Beijing. China III Species abundance relations of several types of forest communities [J]. 生态学报, 1997, 17 (6): 573-583.
- [12] MA K P (马克平), HUANG J H (黄建辉), CHEN L ZH (陈灵芝). PLANT COMMUNITY DIVERSITY IN DONGLING MOUNTAIN, BEIJING, CHINA [J]. 生态学报, 1995, 15 (3): 268-277.
- [13] Wu, Z-Y. Vegetation of china [M]. Beijing: Science Press 1995. 306-356.
- [14] Wu, Z-Y. The a real-types of Chinese genera of seed plants [J]. Acta Botanica Yunnanica 1991. (Supp IV): 1-139 [吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型 [J]. 云南植物研究. 1991, (增IV): 1-139.
- [15] 孙濡泳, 李博, 诸葛阳, 等. 普通生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1993. 136-137.
- [16] ZHU ZH CH (朱志诚). Preliminary studies on the populus davidiana forests in Qinling Mountains and loess plateau of northern Shaanxi Province [J]. 西北植物学报, 1987, 7 (2): 73-82.
- [17] ZHU ZH CH (朱志诚). Preliminary studies on the *Betula platyphylla* forests in Loess Plateau of northern Shaanxi Pro [J]. 西北大学学报, 1994, 24 (5): 455-459.
- [18] GUO ZH G (郭正刚), LIU H X (刘慧霞), et al. Characteristics of species diversity of plant communities in the upper reaches of ballong river [J]. 植物生态学报, 2003, 27 (3): 388-395.
- [19] 冯自诚. Relativity analysis of forest growth and site conditions in the mid-upper reaches of Bailong River [J]. Journal of Gansu Agricultural University (甘肃农业大学学报), 1993, 28 (S): 2-20. (in Chinese with English abstract).
- [20] RU Wenming (茹文明); ZHANG Jintun (张金屯); BI Runcheng (毕润成); ZHANG Feng (张峰); ZHANG Guiping (张桂萍); Species diversity of undergrowths in Huoshan Mountains of Shanxi Province [J]. Chinese Journal of Ecology (生态杂志), 2005, 24 (10): 1139-1142.
- [21] LIU M-L (柳明来), DANG T H (党太合), 黄龙山次生林在陕西生态环境建设中的作用 [J]. Shaanxi Forest Science and Technology (陕西林业科技), 2001 (3): 32-34.