子午岭森林群落中草本植物的结构特征研究

范文娟[1]，程积民[2,3]，张继敏[1,6]，杨晓梅[2]，孟 蕾[4]，韩娟娟[4]，胡秀娟[5]

（1. 西北农林科技大学 生命科学学院，陕西 杨凌 712100；2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所，陕西 杨凌 712100；
3. 西北农林科技大学水土保持研究所，陕西 杨凌 712100；4. 西北农林科技大学 动物科技学院，陕西 杨凌 712100；
5. 西北农林科技大学资源与环境学院，陕西 杨凌 712100；6. Departmentof Plant Sciences, University of California Davis, CA95616 USA）

摘 要：通过随机采样法，将子午岭 3 种类型森林林下草本植物的物种组成、结构特征及变化差异与北山阳坡作对照分析，研究了子午岭不同林型下草本植物生长分布状况。研究结果表明，3 种林下及北山阳坡物种数量在 21～34 种之间，与北山阳坡草本植物物种数较接近的是油松林；3 种林下草本植物的高度、盖度与北山阳坡差异极显著，各森林类型间无明显差异；北山阳坡草本植物多样性指数与林下存在明显差异；对草本植物间相关性进行分析后发现，各林下及北山阳坡物种间呈显著正相关的物种对数由多到少的顺序为：辽东栎林＞北山阳坡＞油松林＞柴松林。总体来说，林下草本植物分布较少，物种多样性指数较低，这是由林下郁闭的环境造成的，相对而言，合理种植，抚育的人工油松林和演替顶级的辽东栎林下草本植物种类和数量都有所改善。

关键词：森林群落；草本植物；相似性；物种多样性

文献标识码：A 文章编号：1000-288X(2010)02-0108-06 中图分类号：S753，Q948

Structural Characteristics of Herbages Under Forest Plantations in Ziwuling Mountains

FAN Wen-juan[1], CHENG Ji-min[2,3], ZHANG Ji-min[1,6],
YANG Xiao-mei[2], MENG Lei[4], HAN Juan-juan[4], HU Xiu-juan[5]

(1. *College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*;
2. *Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*; 3. *Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*; 4. *College of Animal Science and Technology, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*; 5. *College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*; 6. *Department of Plant Sciences, University of California, Davis, CA* 95616, *USA*)

Abstract: In order to understand the growth and distribution conditions of the herbage in different forest types of Ziwuling Mountains, we conducted an investigation on the species composition, structural characteristics, and differences under three forest types of *Quercus liaotungensis*, *Pinus tabulaeformis*, and *Pinus shenkanensis* and compared those items with those on south-faced slope. Our results show that the total number of species presenting under the three forest types and on south-faced slope ranges from 21 to 34. The species diversity of herbaceous plants under *P. tabulaeformis* forest is close to that on south-faced slope. The height, degree of coverage, and herbaceous biodiversity of herbaceous plants in the three forest types are significantly different to those on south-faced slope, but no difference is found among the three forest types. The order of species, by the correlation of herbaceous under the three forest types and on south-faced slope, is *Q. liaotungensis*＞species on south-faced slope＞*P. tabulaeformis*＞*P. shenkanensis*. Generally speaking, closing environmental closure leads to lower density and less biodiversity of herbaceous in forest. However, density and species biodiversity of herbaceous under well conserved *Q. liaotungensis* and artificial *P.*

收稿日期：2009-09-23 修回日期：2009-11-24
资助项目：中国科学院重要方向项目(KZCX2-YW-441；KZCX2-YW-149)；国家重点基础研究发展计划(973)项目(2007CB106803)；国家自然科学基金重点项目(40730631)；农业部现代农业产业技术体系建设专项
作者简介：范文娟(1985—)，女(汉族)，青海省民和县人，硕士研究生，主要从事恢复生态学研究。E-mail：qiu-tian@126.com。
通信作者：程积民(1955—)，男(汉族)，陕西省蒲城县人，教授，博士生导师，从事牧草种质资源与生理生态方面的研究。E-mail：gyzcjm@ms.iswc.ac.cn。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

tabulaeformis are improved little bit.

Keywords: forest community; herbage; comparability; biodiversity

草本植物是森林生态系统中最重要的层次与组分之一, 对草本植物及草层在森林生态系统中的生态功能已有大量的研究, 并已充分证明它在森林生态系统中具有明显地增加生物多样性、防止水土流失[1-2]、改良土壤结构、保持和提高土壤肥力、促进林木生长、改善林地小气候等多方面的功效。子午岭林区是黄土高原现存比较完整的天然次生林区。由于农业垦殖的强烈干扰以及焚烧、乱砍滥伐, 对森林造成了重创, 使其发育机制出现紊乱。当前植被恢复是生态环境建设的关键措施, 但在黄土高原林、草植被建设中, 一直存在重乔轻灌草的问题。特别是在森林草原地带和草原地带营造大面积乔木林, 违背了植被地带性分布规律, 导致大面积人工林成为小老树林[3]。大量的研究和实践表明, 在不同的生态条件下, 只有建造最适宜的植被类型, 才能达到高效益保持水土的目的。劣质的人工林, 没有优良的灌草效益显著。我国水土流失较为严重的地区, 多为人类活动较多的农业区和瘠薄的荒山荒地, 在这些地区封山育草、育灌或人工种草、种灌, 要比植树造林投入少、见效快、效果好。

目前, 对子午岭林区不同森林群落的草本植物的研究, 以及林下草本植物和林缘草本植物的比较研究报道较少, 本研究以黄土丘陵区相似气候、土壤和立地条件下的 3 种乔木林及林缘草坡为研究对象, 目的是通过调查林下草本层植物物种组成和结构, 比较不同林下的草本植物的物种组成、结构特征及其差异, 并与林缘草坡上草本植物生长状况作比较, 进而评价林下草本植物的发育状况, 为人工林生态功能恢复评价和植被建设提供理论依据。

1　研究区概况

子午岭林区位于黄土高原中部半湿润半干旱过渡带(107°30′—109°40′E, 33°50′—36°50′N), 是黄土高原上保存较为完整的天然次生林区[4-6]。本试验野外调查所在区域为甘肃省合水县连家砭林场和大麦秸沟, 其中连家砭林场(108°31′—108°32′E, 36°03′—36°05′N)属典型的黄土高原丘陵沟壑区, 海拔为 1 211 ~ 1 453 m, 为中温带大陆性季风气候区。全年降雨量 560 ~ 590 mm, 主要集中在 7—9 月份, 年均温 7.4 ℃, 大于 10 ℃积温 2 671 ℃。土壤为原生或次生黄土, 一般为 50 ~ 100 m 厚, 其下为 80 ~ 100 m 的红黏土。主要森林群落有油松林(*Pinus tabulaeformis*)、辽东栎林(*Quercus liaotungensis*)、山杨林(*Populus davidiana*)、白桦林(*Betula platyphylla*)。主要灌丛有白刺花(*Sophora viciifolia*)、沙棘(*Hippophae reamnoides*)、虎榛子(*Ostryopsis davidiana*)等。主要草本植物有白羊草(*Bothriochloa ischemum*)、茭蒿(*Artemisia giraldii*)、铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)、本氏针茅(*Stipa bungeana*)等。大麦秸沟柴松林(*Pinus shenkanensis*)分布在海拔 1 300 ~ 1 500 m 的阴坡半阴坡山地。腐殖质层厚 10 ~ 15 cm。土壤为森林灰褐土和黑垆土。林下草本植物主要有大披针苔草(*Carex lanceolata*)、大油芒(*Spodiopogon sibiricus*)、铁杆蒿等。

2　研究方法

2.1　样地选择

在对子午岭林区植被类型全面考察的基础上, 采用典型样方法, 对黄土高原子午岭演替过程中 3 种主要的森林群落类型: 柴松群落、人工油松群落、辽东栎群落进行常规群落学调查[7-10]。

在每种森林群落样地, 采用随机布点法对草本植物进行样方调查。样方面积按照常规调查方法取 1 m×1 m, 每种森林群落下取样方 18 个, 共取 54 个草本样方。记录样方内的草本植物的物种组成、盖度、平均高度。

采用随机样方法对林缘北山阳坡的草本植物群落进行调查, 设样方 18 个, 记录和计算草本植物的物种组成, 盖度, 高度和重要值(表 1—2)。

表 **1**　子午岭 **3** 种不同林分基本结构特征

基本指标	柴松林	辽东栎林	人工油松林
平均树高/ m	11.02	8.05	7.49
平均胸径/ cm	15.14	14.72	10.93
平均冠幅/ m	3.47	2.76	2.73
枯落物厚度/ cm	6.5	4.5	5.0
郁闭度	0.75	0.50	0.65

2.2　指标计算

采用 Menhinnick 指数、Margalef 指数计测物种丰富度, 用 Simpson 指数计测生态优势度, 用 Shannon—Wienner 指数计测不同群落的物种多样性, 用 Pielou 均匀度指数计测群落物种的均匀度[11-12]。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 子午岭 3 种不同林下及北山阳坡草本植物组成与重要值

植物名称	柴松林	辽东栎林	人工油松林	北山阳坡
阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)	—	—	—	2.069
野艾蒿(*Artemisia lavandulaefolia*)	—	0.479	1.202	4.366
白草(*Pennisetum centrasiaticum*)	—	1.447	0.993	1.563
白刺花(*Amorpha viciifolia*)	—	—	—	7.563
白茅(*Imperata cylindrical*)	—	1.768	0.826	—
白羊草(*Bothriochloa ischemum*)	—	—	—	4.390
冰草(*Agropyron Cristatum*)	—	—	1.680	0.527
锥叶柴胡(*Bupleurum bicaule*)	—	—	1.048	0.867
本氏针茅(*Stipa bungeana*)	—	—	—	7.591
大油芒草(*Spodiopogon sibiricus*)	8.435	1.212	3.647	—
紫花地丁(*Viola philippica*)	4.516	3.719	4.570	0.285
地黄(*Rehmannia glutinosa*)	—	—	0.937	—
多裂委陵菜(*Potentilla multifida*)	—	—	—	0.361
二色棘豆(*Oxtropis bicolor*)	—	0.402	—	2.055
飞廉(*Carduus nutans*)	—	—	2.598	1.304
大花飞燕草(*Delphinium grandiflorum*)	6.697	—	2.737	—
风毛菊(*Saussurea japonica*)	—	3.743	1.146	4.784
黄花蒿(*Artemisia annua*)	—	—	2.431	—
黄背草(*Themeda japonica*)	5.493	—	2.515	3.579
尖叶铁扫帚(*Lespedeza juncea*)	—	0.461	0.478	—
茭蒿(*Artemisia giraldii*)	1.595	7.623	2.223	14.210
锦葵(*Malva sinensis*)	4.372	5.399	6.524	—
荩草(*Arthraxon hispidus*)	—	—	0.826	—
景天(*Sedum kamtschaticum*)	0.535	—	—	—
苦苣菜(*Sonchus oleraceus*)	—	0.698	0.576	0.537
鳞叶龙胆(*Gentiana squarrosa*)	2.476	—	—	—
驴耳朵(*Saussurea glomerata*)	0.595	—	—	—
马齿苋(*Portulaca oleracea*)	—	—	—	0.537
细叶马兰(*Iris tenuifolia*)	—	—	—	0.574
紫花苜蓿(*Medicago sativa*)	0.535	0.638	—	—
牛尾蒿(*Artemisia dubia*)	1.216	0.775	1.243	—
大披针苔草(*Carex lanceolata*)	49.066	33.826	34.245	6.482
并头草(*Scutellaria linarioides*)	—	—	—	0.719
茜草(*Rubia cordifolia*)	1.535	4.341	3.289	2.556
中华小苦荬(*Ixeris chinensis*)	2.883	2.209	1.833	2.662
瓣蕊唐松草(*Thalictrum petaliodeum*)	—	—	—	1.766
铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)	2.592	8.501	3.341	13.294
短尾铁线莲(*Potentilla brevicaudata*)	—	—	—	1.137
星毛委陵菜(*Comarum acaulis*)	0.975	3.341	—	—
野西瓜苗(*Hibiscus trionum*)	—	3.046	—	—
香芒草(*Cymbopogon distans*)	—	—	—	0.912
香青(*Anaphalis sinica*)	—	1.036	—	—
香薷(*Elsholtzia ciliate*)	—	—	0.478	—
野菊花(*Dendranthema indicum*)	1.638	5.045	10.585	3.151
野棉花(*Anemone vitifolia*)	—	—	2.724	—
野草莓(*Fragaria vesca*)	—	—	—	0.316
野芍药(*Paeonia Lactiflora*)	—	2.643	2.752	—
野豌豆(*Vicia sepium*)	0.535	2.770	—	0.255
异叶败酱(*Patrinia heterophylla*)	1.003	3.695	—	2.353
异叶青兰(*Dracocephalum heterophyllum*)	1.720	0.480	0.478	—
蚓果芥(*Torularia humilis*)	—	—	1.035	—
玉竹(*Polygonatum odoratum*)	—	—	0.562	—
细叶远志(*Polygala tenuifolia*)	1.600	0.698	—	1.853
中华三叶委陵菜(*Potentiua fregniana. sinica*)	—	—	0.478	5.383
委陵菜(*Potentiua chinensis*)				

注:“—”代表没有出现。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3　结果分析

3.1　不同林下及北山阳坡草本植物的物种组成及重要值

植物的种类组成是植物群落最基本、最重要的特征之一, 也是群落形成的基础。对调查数据进行统计分析得出, 柴松林下出现草本植物 21 种, 辽东栎林下出现 24 种, 油松林下 31 种, 北山阳坡 32 种。4 个样地共出现草本植物 54 种, 而 4 个样地共有种只有 7 种, 分别为紫花地丁, 茭蒿, 大披针苔草, 茜草, 山苦卖, 铁杆蒿, 野菊花。仅在一个样地出现过的偶见种有 25 种, 其中景天, 鳞叶龙胆, 驴耳朵只在柴松林出现过; 香青, 野西瓜苗只在辽东栎林出现过; 蚓果荠、玉竹、香薷、黄花蒿、地黄等在油松林出现过; 短尾铁线莲, 并头草, 细叶马兰, 马齿苋, 阿尔泰狗娃花等在北山阳坡出现。从重要值(表 2)可以看出柴松林中大披针苔草, 大油芒草, 大花飞燕草为优势种; 辽东栎林中大披针苔草, 铁杆蒿, 茭蒿为优势种; 油松林中大披针苔草, 野菊花, 锦葵为优势种; 北山阳坡则以铁杆蒿, 茭蒿, 长芒草为优势种。在 3 种林下共有的优势植物种为大披针苔草, 因大披针苔草是莎草科一种喜阴湿环境的植物, 林下郁闭的条件适合其生长, 而北山阳坡光照相对充足不适宜其生长。

3.2　3 种林下及北山阳坡植物群落相互间的相似性

计算得到相似系数见表 3, 通过分析发现, 辽东栎林与柴松林下草本植物群落相似程度最高为0.71, 与油松林次之为 0.65, 与北山阳坡物种相似程度最低为 0.43。北山阳坡与各林下物种相似程度都比较低, 在 0.40 左右。这一结果说明周围的环境条件, 如光照、温度、水分等对草本植物生长影响很大。各林间虽相似程度有差别, 但差别不大, 主要是各林下环境条件比较相似, 都有光照较弱、较阴湿等特点, 适宜喜阴植物生长。而北山阳坡由于无乔木覆盖光照较强, 适宜喜阳、耐旱植物生长。因此林下与草坡草本植物群落相似程度差别较大。

表 3　子午岭 3 种不同林下及北山阳坡草本群落相似系数

林 型	北山阳坡	人工油松林	辽东栎林
柴松林	0.38	0.50	0.71
辽东栎林	0.43	0.65	—
油松林	0.48	—	—

3.3　不同林下及北山阳坡草本植物物种多样性指数

群落的物种多样性直接或间接体现了群落的结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度、生境差异等[13]。经过数据统计分析(表 4), 草本层平均盖度由大到小的顺序为: 北山阳坡 柴松林 辽东栎林 油松林, 其中北山阳坡与各林下差异达到极显著水平($P<0.01$), 而各林下之间差异不明显; 草本植物的高度最高为北山阳坡, 最低为辽东栎林, 并且北山阳坡与其它各林下存在极显著差异($P<0.01$), 各林之间无显著差异; 各林与北山阳坡在高度和盖度上的差异, 说明比起无乔木覆盖, 光照充足的北山阳坡, 林下郁闭光照不足引起了草本植物生长不良。对各林下及北山阳坡草本植物多样性指数的计算, 可以看出在不同林下和北山阳坡物种丰富度 Menhinnick 指数和 Margalef 指数有显著差异, 北山阳坡物种最丰富, 柴松林物种最少, 并且北山阳坡与柴松林, 辽东栎林存在极显著差异($P<0.01$); 计测物种多样性的 Shannon—Wienner 指数也是北山阳坡最大, 与其它各林存在极显著差异($P<0.01$), 不同林之间无明显差异; 计测生态优势度的 Simpson 指数则是柴松林最高, 北山阳坡最低, 且柴松林与北山阳坡, 油松林的差异达到极显著水平($P<0.01$); Pielou 均匀度指数北山阳坡最高, 柴松林最低, 其间有显著差异($P<0.05$)。

表 4　子午岭 3 种不同林下及林缘草本植物群落结构特征

类型	高度/ cm	盖度/ %	Menhinnick 指数	Margalef 指数	Simpson 指数	Shannon—Wiener 指数	Pielou 均匀度指数
柴松林	24.33 ± 7.08^{bB}	15.39 ± 13.48^{bB}	0.47 ± 0.12^{bC}	1.12 ± 0.45^{cB}	0.43 ± 0.18^{aA}	0.76 ± 0.26^{bB}	0.52 ± 0.11^{bA}
辽东栎林	17.78 ± 5.64^{cB}	9.83 ± 8.08^{bB}	0.50 ± 0.13^{bBC}	1.53 ± 0.81^{bcB}	0.34 ± 0.17^{abAB}	0.97 ± 0.35^{bB}	0.57 ± 0.08^{abA}
油松林	23.82 ± 8.63^{bcB}	9.50 ± 8.53^{bB}	0.60 ± 0.08^{aAB}	1.73 ± 0.60^{bB}	$0.26\pm0.11bc^{BC}$	0.93 ± 0.31^{bB}	0.52 ± 0.09^{abA}
北山阳坡	38.17 ± 6.22^{aA}	70.56 ± 15.43^{aA}	0.62 ± 0.06^{aA}	2.55 ± 0.50^{aA}	0.14 ± 0.05^{cC}	1.41 ± 0.21^{aA}	0.60 ± 0.07^{aA}

注: 小写字母表示在 0.05 水平上显著, 大写字母表示在0.01 水平上显著。a, b, c 或 A, B, C 表示不同处理间的多重比较。其中 a, A 表示最大值; b, B 表示中间值; c, C 表示最小值。

3.4　各林下及北山阳坡草本植物间的相关性分析

森林群落中植物的种间关系是群落重要的数量和结构特征之一, 是群落结构形成和演化的重要基础[14], 而林下草本植物作为群落的重要组成部分, 它的生物多样性、种间关系等一系列生物生态学过程直接影响着群落稳定性的维持, 因此, 分析林下草本层

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

植物的种间联结性是研究人工林的恢复程度及天然林稳定性的重要方法之一[15]。

对各林下及林缘草坡调查所得的草本植物进行相关性分析,分析时剔除记录中只出现于一个样方的偶见种。分别对柴松林下 14 个物种,辽东栎林下 17 个物种,油松林下 22 个物种,北山阳坡 25 个物种进行分析(表 5)。在柴松林下有显著正相关的有 3 对;辽东栎林下显著正相关的有 20 对,显著负相关的有 7 对;油松林下显著正相关的有 8 对,显著负相关的有 2 对;北山阳坡显著正相关的有 11 对,显著负相关的有 10 对。柴松林下显著正相关的物种为:茭蒿和黄背草,细叶远志与锦葵、山苦卖。辽东栎林下显著正相关的物种比较多,比如:异叶败酱、紫花地丁、铁杆蒿、凤毛菊、野芍药、星毛委陵菜;其中相关性最大的是凤毛菊和铁杆蒿。油松林下显著正相关的物种为铁杆蒿和艾蒿、野芍药与地黄、凤毛菊与飞廉。北山阳坡:细叶远志和艾蒿、苦苣菜和二色棘豆、大披针苔草和茭蒿等之间呈显著正相关。

表 5 子午岭 3 种林分下及北山阳坡草本植物物种间相关性

类型	正相关		负相关		无相关
	$P<0.01$	$P<0.05$	$P<0.01$	$P<0.05$	
柴松林	1 对	2 对	0 对	0 对	2 对
辽东栎林	11 对	9 对	0 对	7 对	2 对
油松林	4 对	4 对	1 对	1 对	3 对
北山阳坡	4 对	7 对	1 对	9 对	11 对

4 结论

3 种林下及北山阳坡共出现草本植物 54 种。北山阳坡草本植物种类最多,其次是油松林,辽东栎林,最少的为柴松林。北山阳坡与各林下草本植物物种数的差别,主要是环境不同造成的,林下郁闭且有较厚枯落物的覆盖不适宜草本植物生长。虽然林下草本植物盖度较小,但与北山阳坡草本植物种类相差不大,说明进行合理疏伐可使林下草本植物得到更好地生长。

草本植物是森林生态系统生物多样性的重要组成成分,草本植物的结构和物种多样性直接体现了森林生态系统结构状况,以及林下环境的“自然”性,因此,草本植物的生长状况对森林生态系统健康具有指示作用,草本植物的物种组成和结构可以作为森林环境自然恢复状况以及森林健康状况的重要指标。促进林下草本植物的良好发育,必然能极大增加森林生态系统的物种多样性、改善生态服务功能和增强系统的稳定性[9]。通过比较 3 种林下及北山阳坡物种多样性指数发现,油松林的物种多样性指数仅次于北山阳坡而高于柴松林和辽东栎林,这说明油松林林分生长状况良好,进一步说明油松林是黄土高原地区造林的首选优良树种,同时也证明了在黄土高原水土保持、生态环境工程中建设人工林应遵循适地适树的重要性[16]。

一般来说,随着群落演替的进展,群落结构及其种类组成将逐渐趋于稳定,种间的正负相关性也将趋向于正相关,达到物种间的稳定共存。演替时间越长或越接近成熟,正相关的种对数越多[17]。在本试验中分析得出各林下及北山阳坡物种间存在显著正相关的种对数:辽东栎林> 北山阳坡> 油松林> 柴松林。从所得结果分析来看,辽东栎林群落稳定性略高于油松林,这与子午岭群落演替过程一致,即辽东栎是一种具有耐寒耐旱力的中生树种,寿命长,实生苗更新良好,幼苗幼树耐荫性较强,以辽东栎为建群种的森林群落稳定性高,是该区气候演替顶极;而油松是旱中生速生阳性树种,实生苗更新良好,幼苗具有一定耐荫力,特别是耐火烧(火烧抑制阔叶树种),所以油松林能在该区到达顶极之前可保持很长时间的相对稳定,是该区的亚演替顶极[18]。同时也可看出柴松林下物种间稳定性相对而言比较低,这可能是由柴松林的现状造成的,即柴松是油松在黄土高原上的变异类型,柴松林几乎全部为纯林,林相较密,林下更新的幼苗很少,且多数为阔叶树幼苗,说明柴松林处于衰退阶段[19]。北山阳坡物种间稳定性仅次于辽东栎林,说明在无乔木覆盖,光照条件较好的情况下草本植物自然恢复的比较好。从此处来看林下草本植物的生长状况在一定程度上可以反映林分的生长发育状况。

总体而言,北山阳坡草本植物生长状况较各林下好,3 种林型中虽然油松林草本植物丰富度要好于其它两林型,辽东栎林下草本植物具有较高的多样性、均匀度,物种间比较稳定,但是由于林下地表覆盖物的存在,致使种子成芽不成苗,这也是造成林下草本植物种类数量总体较少的原因之一[20]。因此对人工林定期采取疏伐、抚育等措施,保持适当的林分密度,能促进人工林地草本植物多样性恢复和结构的改善,从而可促进森林生态系统功能的恢复。

[参 考 文 献]

[1] 程积民, 李香兰. 子午岭植被类型特征与枯枝落叶层保水作用的研究[J]. 武汉植物研究, 1992, 10(1): 55-64.

[2] 赵艳云, 程积民, 万惠娥, 等. 林地枯落物层水文特征研究进展[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(2): 130-134.

[3] 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.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[4] 王凯博, 陈美玲, 秦娟, 等. 子午岭植被自然演替中植物多样性变化及其与土壤理化性质的关系[J]. 西北植物学报, 2007, 27(10): 2089-2096.
[5] 范玮熠, 王孝安, 郭华. 黄土高原子午岭植物群落演替系列分析[J]. 生态学报, 2006, 26(3): 706-714.
[6] 周印东, 吴金水, 赵世伟, 等. 子午岭植被演替过程中土壤坡面有机质与持水性能变化[J]. 西北植物学报, 2003, 23(6): 895-900.
[7] 李国庆, 王孝安, 郭华, 等. 陕西子午岭生态因素对植物群落的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2463-2471.
[8] 胡理乐, 闫伯前, 刘淇璟, 等. 南方丘陵人工林林下植物中间关系分析[J]. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2019-2024.
[9] 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): 41-46.
[10] D 米勒·唐布依斯, H 埃伦伯格. 植被生态学的目的和方法[M]. 北京: 科学出版社, 1986.
[11] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
[12] 马克平. 生物群落多样性的测度方法α 多样性的测度方法(上)[J]. 生物多样性, 1994, 2(3): 162-168.
[13] 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.
[14] 朱利君, 苏智先, 胡进耀. 珙桐群落种间关系的研究[J]. 广西植物, 2006, 26(1): 32-37.
[15] 张桂娟, 张金龙, 李淑贤, 等. 承德县人工油松林林下草本植物种间关系研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(7): 109-113.
[16] 邓娟, 上官周平. 黄土丘陵区人工和天然油松林物种多样性比较[J]. 西北农业学报, 2008, 17(2): 126-131, 136.
[17] 杜宁, 郭卫华, 吴大千. 昆嵛山典型林下灌草层植物种间关系研究[J]. 山东大学学报, 2007, 42(3): 71-77.
[18] 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.
[19] 刘政鸿. 黄土高原天然柴松林群落学特性的初步研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(9): 1486-1490.
[20] 程积民, 赵凌平, 程杰. 子午岭 60 年辽东栎林种子质量与森林更新[J]. 北京林业大学学报, 2009, 31(2): 10-16.

(上接第 107 页)

[参 考 文 献]

[1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域: 土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553-557.
[2] 李秀彬. 土地利用变化的解释[J]. 地理科学进展, 2002, 21(3): 195-203.
[3] 于兴修, 杨桂山. 中国土地利用/覆被变化研究[J]. 地理科学进展, 2002, 21(1): 51-57.
[4] 李平, 李秀彬, 刘学军. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析[J]. 地理研究, 2001, 20(4): 129-138.
[5] 张丽萍, 张锐波. 城市化过程中土地利用结构变化的时空动态研究: 以杭州市为例[J]. 经济地理, 2004, 24(6): 794-799.
[6] 管相荣, 秦耀辰. 开封市城市土地利用时空演化分析[J]. 许昌学院学报, 2005, 24(2): 134-137.
[7] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81-87.
[8] 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报, 2003, 58(3): 643-650.
[9] 刘盛和, 何书金. 土地利用动态变化的空间分析测算模型[J]. 自然资源学报, 2002, 17(5): 533-540.
[10] 陈彦光, 刘继生. 城市土地利用结构和形态的定量描述: 从信息熵到分数维[J]. 地理研究, 2001, 20(2): 146-152.
[11] 陈志. 武汉市土地利用结构信息熵演变及动力分析[J]. 湖北大学学报: 自然科学版, 2006, 28(3): 317-320.
[12] 王发曾. 开封市生态城市建设中的开放空间系统优化[J]. 地理研究, 2004, 23(3): 281-291.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net