

黄土丘陵区人工林下草本层植物的结构特征

胡相明^{1,2}, 程积民¹, 万惠娥¹

(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 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 研究生院, 北京 100039)

摘要: 调查分析了黄土丘陵区 5 种人工乔灌林小叶杨(*Populus simonii*) 林, 山杏(*Prunus armeniaca*) 林, 山桃(*Prunus davidiana*) 林, 沙棘(*Hippophae rhamnoides*) 林, 柠条(*Caragana korshinskii*) 林下草本层植物的物种组成、结构特征及其差异。结果表明: 5 种人工乔灌林下共有 37 种草本植物, 各人工林林下物种组成数量在 17~25 之间变化, 其中以杏树林最多; 5 种人工林下草本层平均盖度、平均高度、平均生物量存在较大差异, 但多样性指数相差不显著。总体来说, 黄土丘陵区人工乔灌林下草本植物物种组成较少, 物种多样性指数较低, 结构参数较小, 说明该地区人工林林下环境条件较差, 严重影响草本植物个体的生长发育和群落结构。综合分析表明, 具有较低林分密度和林冠郁闭度的山杏林是恢复状况相对最好的人工林, 揭示了保持合理的林分密度, 同时采取疏伐、修枝等管理措施是促进人工林生长发育以及林下草本植物物种多样性和片层结构改善的关键。

关键词: 黄土丘陵区; 人工林; 草本植物; 生物多样性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)03-0041-05

中图分类号: S725.7

Structure Characteristics of Herbage Under Five Types of Artificial Forest Plantations in Loess Hilly Region

HU Xiang-ming, CHENG Ji-min, WAN Hui-e

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Northwestern University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100

Shaanxi Province, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: In order to understand the herbage biodiversity and synusia structure of artificial forest, we investigated herbage under five forest types of *Populus simonii* (PS), *Prunus armeniaca* (PA), *Prunus davidiana* (PD), *Hippophae rhamnoides* (HR) and *Caragana korshinskii* (CK). In the 37 herbaceous species identified, only 18, 25, 20, 25 and 17 species were present in the PS, PA, PD, HR and CK forests, respectively. For herbage, *Stipa bungeana*, *Arthraxon hispidus*, *Potentilla multifida* and *Thymus mongolicus* were common in the five plantations. The average coverage, height and biomass of herbage in five artificial forests were different obviously, but community biodiversity was similar. In conclusion, low biodiversity and limited structure development (coverage, height, biomass) under five artificial forests indicate that the environments under artificial plantations are very bad and affect herbage individual development and community structure. Results show that the best herbage community has developed under the *Prunus armeniaca* forest with a relatively open canopy and low tree density, which suggests that the measures of tree thinning and canopy pruning to keep reasonable density are crucial for promoting artificial forest development, and improving herbage biodiversity and community structure.

Keywords: loess hilly region; artificial forest; herbage; biodiversity

黄土丘陵区由于受地理环境和气候的影响, 植被稀疏, 水土流失严重, 再加上长期以来形成的掠夺式经营管理, 使原生森林草原植被破坏殆尽, 生态系统严重失调, 成为我国生态环境最脆弱的地区之一。

自 20 世纪 80 年代初, 为了改善该区的生态环境, 各级政府开始重视生态恢复与重建工作, 实施了一系列的生态恢复工程, 如采用乡土树种和外源速生树种大量营造人工林, 经过 20 多年的自然封育, 现已成为重

收稿日期: 2005-06-06

资助项目: “十五” 国家科技攻关计划项目(2004BA508B16); 中国科学院水土保持研究所知识创新领域前沿项目(SW04103); 国家高新技术研究发展计划(863 计划项目 2002A A2Z4301); 国家自然科学基金重点项目(30230290); 国家林业局荒漠化监测专项资助

作者简介: 胡相明(1981-), 男(汉族), 山东省泰安市人, 在读硕士生, 主要从事草地生态研究。E-mail: xiangming0727@163.com。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

要的林业资源,在该区水土保持中发挥了重要作用。虽然目前关于人工林的生物量、生产力、土壤水分特征等已有了大量的研究^[1-8],但很少涉及人工林林下草本层植物多样性的研究。

人工林的建设不仅直接改变了林下草层植物的物种组成和生物量,也通过环境变化影响了生物多样性的变化^[9-10]。人工林林下生物量的增加、生物多样性的恢复已经成为人工林经营管理广为接受的目标之一^[11],揭示人工林下物种组成与群落结构,不仅是评估人工林生态功能的一个重要途径,也是判断人工林生态功能恢复效果的一个必要手段,可以为人工林合理管理与林分结构优化调控、完善人工林恢复重建方法提供依据。

本文选取黄土丘陵区相似气候、土壤和立地条件下的 5 种人工乔灌林为研究对象,目的是通过调查林下草本层植物物种组成和结构,比较不同人工林下的草本植物的物种组成、结构特征及其差异,评价人工林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 研究地点和研究方法

1.1 研究区自然概况

试验区位于宁夏彭阳县中北部王洼乡,西与王洼镇相邻,属黄土丘陵沟壑区第二副区,位于东经 106°32′45″—106°33′15″,北纬 36°04′30″—36°09′36″。海拔高度 1 684 m~1 890 m,相对高差 206 m。处于中温带半干旱区,具有典型的半干旱气候特征,大陆性与季风性都很明显。年均气温 7.2℃,≥0℃积温 2 370℃~2 880℃,年日照时数为 2 500 h,多年平均蒸发量 1 400 mm,无霜期 140 d,多年平均降水量 450 mm,主要集中于 7—9 月份。该区土壤类型为湘黄土和黑垆土。

该试验区属典型草原植被区,由于长期破坏,水土流失相当严重,从 20 世纪 80 年代初开始,在该区进行了大规模的人工造林。主要的人工林有小叶杨林(*Populus simonii*),山杏林(*Prunus armeniaca*),山桃林(*Prunus davidiana*),沙棘林(*Hippophae rhamnoides*),柠条林(*Caragana korshinskii*),树龄一般在 20~30 a 之间。林下主要的草本植物有本氏针茅(*Stipa bungeana*)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)、天蓝苜蓿(*Medicago lupulina*)、大针茅(*Stipa grandis*)、直茎点地梅(*Androsace erecta*)、铁杆蒿(*Ajania sacrorum*)、茵陈蒿(*Ajania capillaries*)、冷蒿(*Ajania frigida*)等。

1.2 样地选择与调查

选取样地时,为了排除地形条件对研究结果的影响,选取地形条件(坡向、坡位、坡度、海拔)基本一致或相似的 5 种人工林类型(小叶杨林、山杏林、山桃林、沙棘林、柠条林)作为调查对象。各人工林林分的基本状况见表 1。

表 1 黄土丘陵沟壑区 5 种人工林分基本结构特征

林分	小叶杨林	山杏林	山桃林	沙棘林	柠条林
平均株高/m	6.39	4.16	2.94	1.94	1.61
平均地径/cm	17.01	13.31	6.55	4.16	1.73
分枝/个	8	5	3	2	9
冠幅/m	2.45	2.62	2.34	1.03	1.24
郁闭度/%	75	40	80	45	45
林分密度/ (株·hm ⁻²)	1 600	650	2 500	6 000	5 000

在每种人工林地,采用随机布点法进行样方调查。样方面积按照常规调查方法取 1 m²,每种人工林下取样方 20 个,共取样 100 个。记录样地中草本植物种类、盖度、平均高度、密度、地上生物量(鲜重),并计测周围的环境因子,如海拔、坡位、坡度、坡向等。用加权平均法计算样方内草本植物的平均高度,贴地面割下植物的地上部分,称其鲜重,需要指出的是地上生物量是指地上现存量,不包括枯枝落叶部分和立枯部分。

1.3 数据处理与分析

本文用 Simpson 指数计测生态优势度,用 Shannon Wiener 指数计测不同群落的物种多样性,用均匀度指数计测群落物种的均匀度,5 种人工林下草本植物组成及重要值指数见表 2。各公式的计算方法如下:

(1) 丰富度指数 S

$S =$ 群落中出现的物种数目

(2) Simpson 指数 D

$$D = \sum N_i(N_i - 1) / N(N - 1)$$

(3) Shannon Wiener 指数 I_{sw}

$$I_{sw} = - \sum (P_i \times \ln P_i)$$

(4) Pielou 均匀度指数 J

$$J = \left[- \sum (P_i \times \ln P_i) \right] / \ln S$$

式中: $i = 1, 2 \dots S$, S 为物种树目, $P_i = N_i / N$, N_i 表示样地中第 i 种物种的个体数,并且 $\sum N_i = N$

(5) 草本植物重要值的计算公式:

重要值 = (相对密度 + 相对盖度 + 相对频度) / 3

表 2 5 种人工林下草本植物组成及重要值指数

%

植物名称	小叶杨林	山杏林	山桃林	沙棘林	柠条林
本氏针茅(<i>Stipa bungeana</i>)	25.13	28.86	31.35	27.52	17.57
荻草(<i>Arthraxon hispidus</i>)	2.77	2.55	4.11	4.86	7.39
多裂萎陵菜(<i>Potentilla multifida</i>)	2.88	6.51	3.16	4.52	7.53
百里香(<i>Thymus mongolicus</i>)	0.46	7.48	1.11	0.01	0.89
厚穗冰草(<i>Aneurolepidium dasystachys</i>)	12.74	—	5.76	12.1	5.86
茵陈蒿(<i>Artemisia capillaries</i>)	2.4	—	9.13	5.42	10.88
天蓝苜蓿(<i>Medicago falcata</i>)	7.78	—	5.17	5.35	13.28
无茎萎陵菜	1.46	—	1.39	2.25	8.32
阿尔泰狗娃花(<i>Heteropappus altaicus</i>)	—	9.3	1.62	3.22	4.25
直茎点地梅(<i>Androsace erecta</i>)	—	16.4	6.82	1.06	1.12
二色棘豆(<i>Oxytropis bicolor</i>)	—	1.57	1.96	0.87	0.41
冷蒿(<i>Artemisia capil</i>)	2.3	2.03	—	1.8	7.19
苦苣菜(<i>Sonchus oleraceus</i>)	2.91	1	2.96	0.89	—
大花飞燕草(<i>Delphinium grandiflorum</i>)	3.17	1.49	0.53	0.57	—
紫花地丁(<i>Viola philippica</i>)	3.01	1.97	1.6	0.39	—
火绒草(<i>Leontopodium leontopodioides</i>)	5.79	3.63	6.72	3.64	—
马刺苋	2.69	—	2.39	3.04	—
刺根	1.98	0.23	—	0.65	—
鳞叶龙胆(<i>Gentiana squarrosa</i>)	—	—	0.87	5.71	9.57
星毛萎陵菜(<i>Potentilla acaulis</i>)	—	12.03	6.3	3.91	—
硬质早熟禾(<i>Poa sphondylodes</i>)	1.31	3.49	1.19	—	—
狼毒(<i>Euphorbia ischeriana</i>)	0.77	—	1.27	—	2.12
悬参(<i>Siphonostegia kansuensis</i>)	—	2.96	—	1.32	—
柴草	—	7.05	—	1.02	—
黄鼠草(<i>Mentha haplocalyx</i>)	—	—	—	0.29	—
平车前(<i>Plantago depressa</i>)	—	1.4	—	0.24	—
翻百草(<i>Potentilla discolor</i>)	—	—	—	0.24	—
黄花棘豆(<i>Oxytropis ochrocephala</i>)	—	1.76	—	—	—
草木犀状紫云英(<i>Astragalus melilotoides</i>)	5.95	—	—	—	—
太阳花	—	—	—	—	2.53
大叶秦艽(<i>Gentiana macrophylla</i>)	—	0.21	—	—	—
直径萎陵菜	—	0.43	—	—	—
野胡麻(<i>Dodartia orientalis</i>)	—	2.53	—	—	7.85
锥叶柴胡(<i>Bupleurum bicaule</i>)	—	1.31	—	—	—
瓣蕊唐松草(<i>Thalictrum petaloideum</i>)	—	1.28	—	—	—
马苋蒿	—	0.7	—	—	—
野薄荷(<i>Mentha haplocalyx</i>)	—	—	—	—	2.44

注: “—”代表没有出现。

2 结果分析

2.1 林下草本层物种组成及其差异

由表 2 可知, 5 种人工林下共出现了 37 种草本植物, 各人工林下草本植物物种组成数量在 17~25 之间变化, 小叶杨林、山杏林、山桃林、沙棘林和柠条林下草本植物的物种数分别为 18, 25, 20, 25 和 17 种, 其中以沙棘林和山杏林最多, 柠条林最少。从物

种组成来看, 本氏针茅、荻草、多裂萎陵菜和百里香为 5 种人工林下共有种, 是该地区人工林下的常见植物种。锥叶柴胡、瓣蕊唐松草、马苋蒿只在山杏林下出现, 太阳花、野薄荷只在柠条林中出现, 这几种植物为人工林下的偶见种。由人工林下草本植物的相对重要值(见表 2)可知, 不同人工林下草本植物优势种存在一定差异, 沙棘林和小叶杨林下优势草本植物为本氏针茅和厚穗冰草; 山桃林下优势植物为本氏针茅、

茵陈蒿和直径点地梅; 山杏林下优势种为本氏针茅、直径点地梅和星毛萎陵菜; 柠条林下优势种为本氏针茅、天蓝苜蓿和茵陈蒿。本氏针茅为 5 种人工林下的第一优势种, 其重要值远远高于林下其它草本植物, 为该地区生态位适宜度最广的草本植物。

2.2 林下草本层群落结构特征

由表 3 可知, 各人工林下草本层的生长状况明显不同。草本层平均盖度由大到小的顺序为: 杏树林 > 沙棘林 > 山桃林 > 小叶杨林 > 柠条林, 其中杏树林与柠条林之间的差异达到显著性水平 ($p < 0.05$); 草本植物平均生物量的大小顺序与平均盖度的顺序基本一致, 以杏树林最大, 山桃林最小, 且它们之间存在极显著性差异 ($p < 0.01$); 然而草本植物的平均高度以小叶杨林最大, 并非是具有最大盖度和生物量的杏树林, 这主要是由于小叶杨林的林分密度较大, 过高的

郁闭度使林下光照严重不足, 从而引起草本植物生长发育不良, 形成了又细又高的植株; 而山杏林密度较低, 郁闭度较小, 植物发育良好, 植株相对较低。不同人工林下物种丰富度也存在显著性差异, 山杏林最丰富, 平均为 14.80 ± 2.39 , 其次为沙棘林、山桃林和柠条林, 小叶杨林最低为 9.80 ± 2.59 。而草本植物的多样性指数差异不显著。

人工林下草本植物生长状况与人工林的林分密度有着密切的关系。一般情况下, 密度较小的林分, 水分、光照条件较充足, 植物发育较好, 盖度和生物量较大。密度较高的林分, 由于树木较强的蒸腾作用消耗了大量的水分, 使林下水分严重不足, 同时较高的郁闭度又使林下光照严重缺乏, 从而使草本植物的生长发育受到严重影响, 形成了盖度、生物量较低的草本层。

表 3 不同人工林下草本植物群落结构特点

类型	盖度 / %	地上生物量 / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	高度 / cm	物种丰富度	Shannon Wiener 指数	Pielou 均匀度指数	Simpson 指数
小叶杨林	52.00 ± 19.24 ab	0.19 ± 0.07 Bbc	22.38 ± 11.00 c	9.80 ± 2.59 b	1.88 ± 0.23 a	0.84 ± 0.06 a	0.20 ± 0.05 a
山杏林	67.00 ± 11.51 a	0.32 ± 0.11 Aa	13.82 ± 5.26 ab	14.80 ± 2.39 a	2.05 ± 0.31 a	0.76 ± 0.08 a	0.179 ± 0.06 a
山桃林	54.00 ± 18.17 ab	0.13 ± 0.03 Bc	16.63 ± 5.49 bc	10.60 ± 2.30 b	1.87 ± 0.26 a	0.80 ± 0.09 a	0.21 ± 0.07 a
沙棘林	65.00 ± 16.58 ab	0.31 ± 0.05 Aa	11.60 ± 3.34 ab	12.00 ± 2.35 ab	1.99 ± 0.23 a	0.81 ± 0.07 a	0.184 ± 0.05 a
柠条林	47.00 ± 2.74 b	0.2 ± 0.03 ABb	8.42 ± 1.84 a	10.20 ± 1.48 b	1.96 ± 0.19 a	0.85 ± 0.05 a	0.17 ± 0.04 a

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, b, B 表示中间值, c, C 表示最小值。

3 结 论

5 种人工乔灌林下共发现 37 种草本植物, 不同人工林下的物种数在 17~25 之间变化, 相互之间的结构特征(盖度、生物量和高度)也表现出显著性差异, 其中以杏树林最好, 但是人工林下草本植物的多样性指数差异不显著。不同人工林下草本层的物种组成和结构特征与人工林内的环境条件密切相关。一方面, 由于人工林的生长和经营管理影响着林分内的土壤水分、光照强度及温湿度等小环境条件, 随之限制了林下植被的生长发育, 直接影响林下草本层植物种类、盖度、生物量和多样性的大小。另一方面, 由于长期以来对该区人工林进行了自然封育, 林下草本层植物受人影响较小, 主要是经过自然竞争形成的格局, 可充分反映出不同人工林内环境条件的优劣。

本研究表明, 人工林下草本层出现机率较多的植物为本氏针茅、荩草、多裂萎陵菜和百里香等中旱生植物, 而且与自然林相比植物组成简单、盖度和生物量较小、生物多样性低。这主要是由于该区人工林树种组成单一, 且具有很高的林木密度和郁闭度, 导致林下环境恶化造成的。

草本植物是森林生态系统生物多样性的重要组成部分, 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, 必然大大提高森林生态系统的物种多样性以及生态服务功能的改善和系统稳定性的增强。虽然我们调查的 5 种人工林下草本

植物发育并不好,与相对稳定的天然林和半天然林有很大的差别^[18-20],但相对而言,山杏林在5种人工林中林下物种组成、结构指数较高,草本植物发育较好,林内环境相对稳定。这与该人工林相对较小的密度和相对较低的郁闭度有直接的关系,也表明在黄土丘陵沟壑区,定期进行疏伐、修枝等措施,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,从而促进森林生态系统功能的恢复。

[参 考 文 献]

- [1] 陈海滨,刘淑明,党坤良,等.黄土高原沟壑区林地土壤水分特征的研究——土壤水分有效性及其亏缺状况的分析[J].西北林学院学报,2004,19(1):5-8.
- [2] 程积民,万惠娥,王静.黄土丘陵区山桃灌木林地土壤水分过耗与调控恢复[J].土壤学报,40(5):691-696.
- [3] 李洪建,王孟本,柴宝峰.黄土高原北部河北杨林地土壤水分特征[J].山地学报,2002,20(5):606-610.
- [4] 王克勤,王斌瑞.集水造林防止人工林植被土壤干化的初步研究[J].林业科学,1998,34(4):14-21.
- [5] 王克勤,王斌瑞.黄土高原刺槐林间伐改造研究[J].应用生态学报,2002,13(1):11-15.
- [6] 王孟本.晋西北黄土区不同人工林生物生产力的研究[J].植物学报,1994,36(增刊):237-240.
- [7] 王孟本,柴宝峰,李建宏,等.黄土区人工林的土壤持水力与有效水状况[J].林业科学,1999,35(2):7-16.
- [8] 余新晓,张建军,陈丽华,等.晋西黄土区刺槐人工林水土保持作用分级标准[J].北京林业大学学报,1994,16(2):43-50.
- [9] Chapin III, F S, et al. Ecosystem consequences of changing biodiversity[J]. BioScience, 1998, 48: 45-52.
- [10] Thompson K. Predicating the fate of temperate species in response to human disturbance and global change[M]. In: Boyle, Boyle T J, et al. Boyle eds. Biodiversity, temperate ecosystems, and global change. Heidelberg: Springer Verlag. 1994. 61-76.
- [11] Spellerberg I F, Sawyer J W D. Standards for biodiversity: a proposal based on biodiversity standards for forest plantations. Biodiversity and Conservation, 1996(5): 447-459.
- [12] 刘晨峰,尹情,贺康宁.林下植被对半干旱区不同密度刺槐林地土壤水分环境的指示作用[J].中国水土保持科学,2004,2(2):62-67.
- [13] 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.
- [14] 阎海平,谭笑,孙向阳,等.北京西山人工林群落多样性的研究[J].北京林业大学学报,2001,23(2):16-19.
- [15] 杨维西.试论我国北方地区人工植被的土壤干化问题[J].林业科学,1996,32(1):78-85.
- [16] 孙长忠,黄宝龙,陈海滨,等.黄土高原人工植被与其水分环境相互作用关系研究[J].北京林业大学学报,1998,20(3):7-14.
- [17] Tilman D. Competition and biodiversity in spatially structured habitats[J]. Ecology, 1994, 75(1):2-16.
- [18] 林开敏,黄宝龙.杉木人工林林下植物物种 β 多样性的研究[J].生物多样性,2001,9(2):157-161.
- [19] 彭培好,彭俊生,王成善,等.川西高原森林生物多样性及其生态功能的研究[J].成都理工大学学报(自然科学版),2003,30(4):436-440.
- [20] 郑元润.大青沟森林植物群落物种多样性研究[J].生物多样性,1998,6(3):191-196.

欢迎订阅《水资源与水工程学报》

《水资源与水工程学报》(原刊名《西北水资源与水工程》)是面向国内外的有关水资源开发与水工程建设及相关领域的学术性刊物。主要刊登水文水资源、水环境、泥沙工程、江河治理、水工建筑、土工地基、材料与结构、农田水利、水利经济,以及水工程建设与运行管理中有关应用技术与基础研究的科技成果,新材料、新结构、新工艺、新设备、新技术的开发与应用,水资源区域性发展战略与对策,国内外水利科技动态与发展趋势等方面的专题论述。

本刊已被《中国科学引文数据库》、《中国期刊全文数据库》(CJFD)、《中文科技期刊数据库》(SWIC)、《万方数据库——数字化期刊群》等收录;是中国科技论文统计源期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊。本刊在《中国学术期刊综合引证报告》(2004版),自然科学类期刊影响因子分类排序中,“环境与生命\环境\江河水利”类排序名列第5名。《水资源与水工程学报》由教育部主管,西北农林科技大学主办,国内外公开发行,国内刊号为:CN61-1413/TV,国际刊号:ISSN 1672-643X。本刊为双月刊, A4开本,每期96页,定价10.00元,全年60.00元(含邮费),自办发行。请及时办理订阅手续。

邮局汇款地址:陕西杨凌渭惠路23号 单位:西北农林科技大学水利所校区 邮编:712100

联系电话:029-87082126

电子邮箱:szysgc@nwsuaf.edu.cn