黄土高原半湿润丘陵区林下植物 群落数量特征研究

刘增文,刘卓玛姐,段而军,冯顺煜

(西北农林科技大学 资源环境学院,陕西 杨凌 712100)

【摘要】【目的】了解黄土高原半湿润丘陵区不同森林类型林下植物群落的现状,为该区森林植被建设和管理提供科学依据。【方法】采用“标准地+样方”法,对黄土高原中部半湿润黄土丘陵区(延安)的林下植物群落进行调查,统计并计算林下植物群落的生活型谱、盖度、优势度及物种多样性。【结果】(1)小叶杨、白桦、油松、油松+小叶杨、油松+白桦林地林下植物生活型谱均以高位芽植物种占绝对优势,白榆、刺槐、沙棘、茶条槭和侧柏林地则以非高位芽植物为主。(2)林下植物(灌木层+草本层)的总盖度大小顺序为小叶杨林、刺槐林(22.22%~22.65%)>油松+小叶杨林、白桦林、白榆林(9.78%~14.11%)>侧柏林、沙棘林、茶条槭林、油松+白桦林(3.72%~5.20%)>油松林(2.38%)。(3)林下灌木层优势植物种类因地而异,并以苦糖果(*Lonicera standishii*)、牛奶子(*Elaeagnus umbellate*)、杠柳(*Periploca sepium*)和白刺花(*Sophora davidii*)最为常见;林下草本层优势植物种类以羊胡子草(*Carex rigescens*)占绝对优势,其次有冰草(*Agropyron cristatum*)、胡枝子(*Lespedeza formosa*)、野棉花(*Urena lobata*)和蒿类植物(*Aremisia*)。(4)林下植物(灌木层+草本层)总的物种多样性指数和大小顺序为小叶杨林(7.29)>刺槐林、白桦林、油松林(6.03~6.61)>侧柏林、油松+小叶杨林(5.72~5.90)>茶条槭林、天然草地、油松+白桦林(4.44~4.85)>白榆林、沙棘林(3.49~3.50)。【结论】该区林下植物群落盖度及其物种多样性普遍不高,多数阔叶乔木树种林下植物群落要比针叶树种和灌木林丰富,所以在针叶林中积极引进阔叶树种形成混交林,是增加林下植物盖度及其多样性、维持森林生态系统稳定性和可持续发展的有效途径。

【关键词】 黄土高原;半湿润丘陵区;林下植物群落;物种多样性

【中图分类号】 Q948.15⁺7

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2008)10-0074-07

Quantity characteristics of plants community under tree-layers of forests in semi-humid gullied rolling region of Loess Plateau

LIU Zeng-wen¹, LIU Zhuomajie DUAN Er-jun, FENG Shun-yu

(College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The study on the quantities characteristics of plant community under tree-layer of forest can give scientific basis for the construction and management of forests. 【Method】 Standard plot+ Sample plot was taken to investigate the plants community under tree-layers of forests in semi-humid gullied rolling region of loess plateau (Yan'an). 【Result】 (1) Life form spectrum of plants under tree-layers in forests of *Populus simonii*, *Betula platyphylla*, *Pinus tabulaeformis*, *Pinus tabulaeformis* + *Populus simonii*, *Pinus tabulaeformis* + *Betula platyphylla* take phanerophytes as major type, while forests of *Ulmus pumila*, *Robinia pseudoacacia*, *Hippophae rhamnoides*, *Acer ginnala* and *Platycladus orientalis* take therophytes instead. (2) The order of total plants coverage under tree-layers in forests is *Populus simonii*, *Robin-*

* [收稿日期] 2007-10-05

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(30471376);西北农林科技大学人才计划项目(2005)

[作者简介] 刘增文(1965-),男,陕西横山人,副教授,博士,主要从事森林生态学研究。E-mail: zengwenliu2003@yahoo.com.cn

ia pseudoacacia (22.22%—22.65%) > *Pinus tabulaeformis* + *Populus simonii*, *Betula platyphylla*, *Ulmus pumila* (9.78%—14.11%) > *Platycladus orientalis*, *Hippophae rhamnoides*, *Acer ginnala*, *Pinus tabulaeformis* + *Betula platyphylla* (3.72%—5.20%) > *Pinus tabulaeformis* (2.38%)。 (3) The dominant shrub species under tree-layers alter with forest types and popular with *Lonicera standishii*, *Elaeagnus umbellata*, *Periploca sepium* and *Sophora davidii*. Meanwhile, herb species under tree-layers dominate absolutely with *Carex rigescens* and accompanied with *Agropyron cristatum*, *Lespedeza formosa*, *Urena lobata* and *Aremisia*. (4) The order of indexes sum of plant diversity under tree-layers of forests is *Populus simonii* (7.29) > *Robinia pseudoacacia*, *Betula platyphylla*, *Pinus tabulaeformis* (6.03—6.61) > *Platycladus orientalis*, *Pinus tabulaeformis* + *Populus simonii* (5.72—5.90) > *Acer ginnala*, *Pinus tabulaeformis* + *Betula platyphylla* (4.44—4.85) > *Ulmus pumila*, *Hippophae rhamnoides* (3.49—3.50)。 【Conclusion】 Coverage and species diversities of plant communities under tree-layer of planted forests in this region are generally not high and they are relatively richer in most broad-leaved forests than those in needle-leaved forests and shrubs. So, introducing broad-leaved trees into needle-leaved forest and forming mixture is an effective way to increase plant diversity under tree-layer and maintain ecosystem stability and sustainable development of forest.

Key words: Loess Plateau; semi-humid gullied rolling region; plant community under tree-layer; plant diversity

黄土高原中部的半湿润丘陵区属暖温带森林草原生物气候交错带, 该区森林植被中天然次生林和人工林并存, 且以落叶阔叶林为主, 伴有少量常绿针叶林, 发挥着重要的生态功能。由于该区域属于森林与灌草植被建设的交错地带, 所以关于森林植被建设存在许多争议, 引起林学和生态学者的广泛重视并对此进行了大量研究^[1-3]。此外, 由于当地水土流失严重, 生态环境比较脆弱, 所以森林植被建设应以防止水土流失、改善生态环境为主要目标, 为此, 保护森林的稳定和可持续发展是目前林业的首要任务。而维持森林的稳定和可持续发展, 防止林地土壤极化和退化, 丰富的林下植物群落及其多样性是重要保证^[4-6]。

为了深入了解并充分认识黄土高原半湿润丘陵区不同森林类型的林下植物群落现状, 本研究通过野外调查, 统计和计算了各种反映林下植物群落特征和多样性的指标, 以期为该区森林植被建设和管理提供科学的理论依据。

1 研究区自然概况

本研究选择延安市宝塔区南泥湾林场的主要人工及天然林进行调查, 这里地处黄土高原中部暖温带半湿润丘陵区, 海拔 900~1 400 m, 年均气温 8.5~9.5 °C, 无霜期 165~190 d, 多年平均降水量约 520~550 mm。土壤类型为黄绵土。当地森林

树种主要有小叶杨(*Populus simonii*)、白桦(*Betula platyphylla*)、白榆(*Ulmus pumila*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、茶条槭(*Acer ginnala*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)等。本次调查的林地均为当地具有典型代表性的成熟林分。

2 研究方法

2.1 标准地样方设置及林下植物调查

在研究区内, 针对每个成林树种选择最具有典型代表性的地段, 建立 20 m×20 m 的标准地 2~3 块, 在每个标准地内, 均匀设置 4 块 4 m×4 m 的林下灌木小样方和 4 块 2 m×2 m 的林下草本植物小样方, 按照常规方法调查每个样方内林下灌木或林下草本植物的生活型、密度、盖度(测定植物单株平均投影面积后累计计算)、频度(小方格法)和地上部分生物量(收获法)等指标。同时, 以林地附近立地条件基本相同的天然草地为对照进行同样调查。

2.2 林下植物生活型谱统计

根据 Raunkiaer 的植物生活型划分标准^[7], 将每个林地林下植物(包括灌木和草本植物)划分为高位芽植物(Ph1)、地上芽植物(Ch2)、地面芽植物(H3)、隐芽植物(G4)和 1 年生植物(Th5)5 类, 调查统计植物种数及其所占比例, 即得每种森林类型的林下植物生活型谱。

2.3 林下植物优势度统计

分林下灌木层和草本层,根据每个标准地 4 块小样方调查每个植物种的密度、盖度、频度和生物量平均值,计算每种植物的相对密度、相对盖度、相对频度和相对生物量,据此计算出每种植物的重要值作为优势度^[8-9],计算方法为:重要值/%=(相对密度+相对盖度+相对频度+相对生物量)/4(考虑到生物量在反映群落中不同植物种优势度方面的重要性,所以计算中增加了相对生物量指标)。

2.4 林下植物多样性统计^[10-12]

2.4.1 物种丰富度指数 物种丰富度指数包括绝对丰富度指数(d_G)和相对丰富度指数(d_M)。绝对丰富度指数 $d_G = S/\ln A$;相对丰富度指数 $d_M = (S-1)/\ln N$ 。式中: d 为物种丰富度指标, S 为物种数量, A 为样方面积, N 为所有物种个体总数。

2.4.2 物种多样性指数 物种多样性指数包括辛普森指数(D)和香农-威纳指数(H)。辛普森(Simpson)指数 $D = 1 - \sum P_i^2$;香农-威纳(Shannon-Wiener)指数 $H = -\sum (P_i \ln P_i)$; $P_i = N_i/N$ 。式中: N_i 为种 i 的个体数, N 为所有物种的个体数之和。

2.4.3 物种均匀度指数 $E = H/\ln S$ 。式中: E 为物种均匀度指数, H 和 S 的意义同前。

2.4.4 物种多样性指数和 $\epsilon = (d_G + d_M)/2 + (D + H)/2 + E$ 。

3 结果与分析

3.1 延安地区不同森林类型林下植物生活型谱的比较

生活型谱指一个特定区域内所有植物种的生活型构成,反映了当地对植物有重要作用的气候特征,据此可以了解植物与环境的关系。不同森林类型由于林内环境条件的不同,林下植物生活型谱也会表现出一定差异。

由表 1 可知,延安地区不同森林类型中,小叶杨、白桦、油松、油松+小叶杨、油松+白桦林地林下植物均以高位芽植物占绝对优势(所占比例为 54%~67%),而白榆、刺槐、沙棘、茶条槭和侧柏林地则以非高位芽植物(包括 1 年生植物种、隐芽植物、地面芽植物和地上芽植物)为主。当然,由于处于林内乔木层下的弱势环境,小叶杨、白桦、油松、油松+小叶杨、油松+白桦林等林下植物虽然以高位芽植物的种类最多,但植物个体数量还是以非高位芽植物为最多。此外,侧柏、茶条槭和刺槐林地的林下植物生活型谱分布较其他林地更加广泛,而白榆、油松+白桦林地的林下植物生活型谱分布相对较窄,反映了侧柏、茶条槭和刺槐林地较其他森林类型具有更加复杂多样的林下环境特征,从而适宜于更多生活型的植物种类生长。

表 1 延安地区不同森林类型林下植物的生活型谱

Table 1 Plant life form spectrums under trees-layer of different forests in Yan'an region

森林类型 Forest	Ph1		Ch2		H3		G4		Th5	
	S	比例/% Percentage	S	比例/% Percentage	S	比例/% Percentage	S	比例/% Percentage	S	比例/% Percentage
小叶杨 <i>P. simonii</i>	6	54.5	0	0.0	2	18.2	2	18.2	1	9.1
白桦 <i>B. platyphylla</i>	6	60.0	0	0.0	1	10.0	1	10.0	2	20.0
白榆 <i>U. pumila</i>	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	50.0	3	50.0
刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	3	25.0	1	8.3	1	8.3	3	25.0	4	33.3
沙棘 <i>H. rhamnoides</i>	0	0.0	1	20.0	1	20.0	1	20.0	2	40.0
茶条槭 <i>A. ginnala</i>	1	10.0	1	10.0	3	30.0	2	20.0	3	30.0
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	5	62.5	1	12.5	1	12.5	0	0.0	1	12.5
油松+小叶杨 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>P. simonii</i>	6	60.0	0	0.0	2	20.0	1	10.0	1	10.0
油松+白桦 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>B. platyphylla</i>	4	66.7	0	0.0	1	16.7	0	0.0	1	16.7
侧柏 <i>P. orientalis</i>	2	22.2	1	11.1	2	22.2	3	33.3	1	11.1

3.2 延安地区不同森林类型林下植物盖度和物种优势度的比较

盖度是反映一个群落中植物覆盖程度的指标,也是群落的重要数量特征之一。优势度是指某种植物在群落中地位与作用的优势程度,一般应用 Curtis 等 1951 年提出的重要值(importance value)表示

一个物种的优势度^[7]。但在应用过程中,不同学者计算重要值的具体方法稍有不同^[8-12]。本研究采用能全面反映物种作用和地位的相对密度、相对盖度、相对频度和相对生物量,计算不同林地林下灌木层和草本层的植物种重要值,结果见表 2。

表 2 延安地区不同森林类型林下植物群落盖度和物种优势度

Table 2 Plant coverage and species dominances under tree-layers of different forests in Yan'an region

森林类型 Forest	层次 layer	总盖度/% Coverage	优势种及其重要值/% Dominant species and its importance value
小叶杨 <i>P. simonii</i>	灌木层 Shrubs	19.95	苦糖果 <i>L. standishii</i> (45.22), 茶条槭 <i>A. ginnala</i> (10.68), 虎榛子 <i>O. davidiana</i> (8.16)
	草本层 Herbs	2.70	羊胡子草 <i>C. rigescens</i> (56.03), 冰草 <i>A. cristatum</i> (16.95), 悬钩子 <i>R. saxatilis</i> (14.37)
	∑	22.65	
白桦 <i>B. platyphylla</i>	灌木层 Shrubs	6.61	牛奶子 <i>E. umbellate</i> (24.45), 山荆子 <i>M. baccata</i> (20.30), 苦糖果 <i>L. standishii</i> (19.91)
	草本层 Herbs	5.34	野棉花 <i>U. lobata</i> (45.48), 羊胡子草 <i>C. rigescens</i> (40.69), 沙棘 <i>H. rhamnoides</i> (12.09)
	∑	11.95	
白榆 <i>U. pumila</i>	灌木层 Shrubs	0	
	草本层 Herbs	9.78	冰草 <i>A. cristatum</i> (38.04), 叶底珠 <i>S. suffruticosa</i> (25.44), 艾蒿 <i>A. vulgaris</i> (21.28)
	∑	9.78	
刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	灌木层 Shrubs	1.96	杠柳 <i>P. sepium</i> (60.67), 刚毛忍冬 <i>L. hispida</i> (21.74), 白刺花 <i>S. davidii</i> (17.62)
	草本层 Herbs	20.26	冰草 <i>A. cristatum</i> (51.76), 羊胡子草 <i>C. rigescens</i> (21.13), 艾蒿 <i>A. vulgaris</i> (5.21)
	∑	22.22	
沙棘 <i>H. rhamnoides</i>	灌木层 Shrubs	0	
	草本层 Herbs	3.98	冰草 <i>A. cristatum</i> (49.78), 胡枝子 <i>L. formosa</i> (22.83), 悬钩子 <i>Rubus saxatilis</i> (22.26)
	∑	3.98	
茶条槭 <i>A. ginnala</i>	灌木层	0.04	黄蔷薇 <i>R. hugonis</i> (100)
	草本层	3.70	羊胡子草 <i>C. rigescens</i> (45.22), 甘草 <i>R. glycyrrhizae</i> (18.77), 艾蒿 <i>A. vulgaris</i> (7.26)
	∑	3.74	
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	灌木层 Shrubs	1.89	苦糖果 <i>L. standishii</i> (26.67), 虎榛子 <i>O. davidiana</i> (26.33), 辽东栎 <i>Q. liaotungensis</i> (21.31)
	草本层 Herbs	0.49	羊胡子草 <i>C. rigescens</i> (73.59), 黄蒿 <i>A. annua L.</i> (17.84), 胡枝子 <i>L. formosa</i> (8.56)
	∑	2.38	
油松 + 小叶杨 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>P. simonii</i>	灌木层 Shrubs	12.93	苦糖果 <i>L. standishii</i> (53.65), 野樱桃 <i>C. pumila</i> (15.43), 卫矛 <i>E. alatus</i> (14.70)
	草本层 Herbs	1.18	羊胡子草 <i>C. rigescens</i> (64.56), 冰草 <i>A. cristatum</i> (20.2), 悬钩子 <i>Rubus saxatilis</i> (10.19)
	∑	14.11	
油松 + 白桦 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>B. platyphylla</i>	灌木层 Shrubs	2.47	牛奶子 <i>E. umbellate</i> (32.64), 苦糖果 <i>L. standishii</i> (32.35), 虎榛子 <i>O. davidiana</i> (25.81)
	草本层 Herbs	1.25	羊胡子草 <i>C. rigescens</i> (95.57), 茜草 <i>Radii rubiae</i> (4.43)
	∑	3.72	
侧柏 <i>P. orientalis</i>	灌木层 Shrubs	0.33	白刺花 <i>S. davidii</i> (70.03), 山桃 <i>P. davidiana</i> (29.97)
	草本层 Herbs	4.87	羊胡子草 <i>C. rigescens</i> (43.27), 黄蒿 <i>A. annua L.</i> (24.52), 冰草 <i>A. cristatum</i> (17.01)
	∑	5.20	
天然草地(对照) Natural grassland(CK)	草本层 Herbs	20.21	黄蒿 <i>A. annua L.</i> (49.86), 甘草 <i>R. glycyrrhizae</i> (17.14), 冰草 <i>A. cristatum</i> (8.28)

注:由于胡枝子和悬钩子都呈草状小灌木,所以被统计到林下草本层中。

Note: Plants of *L. Formosa* and *R. saxatilis* are added up to herbs according to their shapes.

表 2 表明,延安地区各种森林类型的林下灌木和草本的盖度存在较大差异。其中,各林地林下灌木层总盖度的大小顺序为小叶杨林地(19.95%)>油松 + 小叶杨林地(12.93%)>白桦林地(6.61%)>油松 + 白桦林地、刺槐林地、油松林地(1.89%~2.47%)>侧柏林地、茶条槭林地、白桦林地和沙棘林地(<0.33%);各林地林下草本层总盖

度的大小顺序为刺槐林地、天然草地(20.21%~20.26%)>白桦林地(9.78%)>白桦林地、侧柏林地(4.87%~5.34%)>沙棘林地、茶条槭林地、小叶杨林地(2.70%~3.98%)>油松 + 白桦林地、油松 + 小叶杨林地、油松林地(0.49%~1.25%);各林地林下植物(灌木层 + 草本层)的总盖度大小顺序为小叶杨林地、刺槐林地和天然草地(20.21%~

22.65%)>油松+小叶杨林地、白桦林地、白榆林地(9.78%~14.11%)>侧柏林地、沙棘林地、茶条槭林地、油松+白桦林地(3.72%~5.20%)>油松林地(2.38%),说明小叶杨林地、刺槐林地的林下植物群落盖度明显高于白桦林地、白榆林地、侧柏林地、沙棘林地、茶条槭林地和油松林地。

此外,在各林地中,小叶杨林地、白桦林地、油松林地、油松+小叶杨林地、油松+白桦林地的草本层总盖度小于灌木层,而白榆林地、刺槐林地、沙棘林地、茶条槭林地和侧柏林地的草本层总盖度都大于灌木层,说明小叶杨林地、白桦林地、油松林地较白榆林地、刺槐林地、沙棘林地、茶条槭林地和侧柏林地的林下环境更适宜于灌木生长。

各种森林类型的林下灌木层和草本层的优势植物种类也存在一定差异。其中,灌木层第一优势植物种类因地而异,苦糖果(*Lonicera standishii*)、牛奶子(*Elaeagnus umbellate*)、杠柳(*Periploca sepium*)和白刺花(*Sophora davidii*)是各种林地中比较常见的种类,其次为虎榛子(*Ostryopsis davidiana*)、茶条槭(*Acer ginnala*)和野樱桃(*Cerasus pumila*)。草本层第一优势植物种类变化较少,且以羊胡子草(*Carex rigescens*)占绝对优势。此外,冰草(*Agropyron cristatum*)、胡枝子(*Lespedeza formosa*)、野棉花(*Urena lobata*)和蒿类植物(*Aremisia*)也是各种林地中比较常见的植物种类,其次为悬钩子(*Rubus saxatilis*)、甘草(*Radix glycyrrhizae*)和茜草(*Radix rubiae*)等(由于胡枝子和悬钩子都呈草状小灌木,所以统计到林下草本层中)。

3.3 延安地区不同森林类型林下植物物种多样性的比较

不同森林类型的林下植物群落在物种组成上具

有较大差异,这种差异可以通过林下植物多样性指标来反映。植物多样性的测度指标一般包括物种丰富度指数、多样性指数和均匀度指数等,其中不同指数从不同的角度反映了物种多样性的变化,而各种指数之和则可以反映物种多样性的总体变化。

表 3 表明,林下灌木层植物物种多样性指数和大小顺序为:小叶杨林地、白桦林地(4.22~4.23)>油松林地、油松+小叶杨林地、油松+白桦林地(3.35~3.98)>刺槐林地、侧柏林地(2.27~2.38)>茶条槭林地、沙棘林地和白榆林地(0~0.18);林下草本层物种多样性指数和大小顺序为:茶条槭林地、天然草地、刺槐林地(4.23~4.67)>侧柏林地、白榆林地、沙棘林地和小叶杨林地(3.06~3.62)>白桦林地、油松林地(2.34~2.39)>油松+小叶杨林地、油松+白桦林地(1.09~1.74);林下植物(灌木层+草本层)总的物种多样性指数和大小顺序为:小叶杨林地(7.29)>刺槐林地、白桦林地、油松林地(6.03~6.61)>侧柏林地、油松+小叶杨林地(5.72~5.90)>茶条槭林地、天然草地、油松+白桦林地(4.44~4.85)>白榆林地、沙棘林地(3.49~3.50)。总体而言,小叶杨林地、刺槐林地、白桦林地的林下植物群落物种多样性要优于油松林地、侧柏林地、茶条槭林地、白榆林地和沙棘林地。

此外,各林地中,小叶杨林地、白桦林地、油松林地、油松+小叶杨林地、油松+白桦林地的灌木层多样性指数和大于草本层,而白榆林地、刺槐林地、沙棘林地、茶条槭林地和侧柏林地的林下草本层物种多样性总体上要大于灌木层,再次说明小叶杨林地、白桦林地、油松林地的林下环境较白榆林地、刺槐林地、沙棘林地、茶条槭林地和侧柏林地更适宜于灌木生长。

表 3 延安地区不同森林类型林下植物群落的物种多样性

Table 3 Species diversities of plant communities under tree-layers of different forests in Yan'an region

森林类型 Forest	层次 Layer	丰富度指数 Richness		多样性指数 diversity		均匀度指数 Evenness	多样性指数和 Indexes Sum
		d_G	d_M	D	H	E	ϵ
小叶杨 <i>P. simonii</i>	灌木层 Shrubs	2.31	1.80	0.80	1.70	0.93	4.23
	草本层 Herbs	1.73	0.98	0.61	1.16	0.82	3.06
	Σ	4.04	2.78	1.41	2.86	1.75	7.29
白桦 <i>B. platyphylla</i>	灌木层 Shrubs	2.16	1.76	0.82	1.74	0.97	4.22
	草本层 Herbs	1.44	0.72	0.48	0.88	0.63	2.39
	Σ	3.60	2.48	1.30	2.62	1.60	6.61
白榆 <i>U. pumila</i>	灌木层 Shrubs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	草本层 Herbs	2.16	1.06	0.71	1.45	0.81	3.50
	Σ	2.16	1.06	0.71	1.45	0.81	3.50
刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	灌木层 Shrubs	1.08	0.68	0.52	0.88	0.80	2.38
	草本层 Herbs	3.25	1.60	0.67	1.54	0.70	4.23
	Σ	4.33	2.28	1.19	2.42	1.50	6.61

续表3 Continued table 3

森林类型 Forest	层次 Layer	丰富度指数 Richness		多样性指数 diversity		均匀度指数 Evenness	多样性指数和 Indexes Sum
		d_G	d_M	D	H	E	ϵ
沙棘 <i>H. rhamnoides</i>	灌木层 Shrubs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	草本层 Herbs	3.61	0.95	0.77	0.73	0.46	3.49
	Σ	3.61	0.95	0.77	0.73	0.46	3.49
茶条槭 <i>A. ginnala</i>	灌木层 Shrubs	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
	草本层 Herbs	3.25	1.71	0.80	1.88	0.85	4.67
	Σ	3.61	1.71	0.80	1.88	0.85	4.85
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	灌木层 Shrubs	1.80	1.41	0.76	1.52	0.94	3.69
	草本层 Herbs	1.08	0.58	0.52	0.88	0.80	2.34
	Σ	2.88	1.99	1.28	2.40	1.74	6.03
油松+小叶杨 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>P. simonii</i>	灌木层 Shrubs	1.98	1.60	0.80	1.65	0.97	3.98
	草本层 Herbs	0.90	0.40	0.36	0.62	0.60	1.74
	Σ	2.88	2.00	1.16	2.27	1.57	5.72
油松+白桦 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>B. platyphylla</i>	灌木层 Shrubs	1.44	1.25	0.73	1.34	0.97	3.35
	草本层 Herbs	0.7	0.30	0.14	0.26	0.38	1.09
	Σ	2.16	1.55	0.87	1.60	1.35	4.44
侧柏 <i>P. orientalis</i>	灌木层 Shrubs	0.72	0.91	0.44	0.64	0.92	2.27
	草本层 Herbs	2.52	1.19	0.66	1.41	0.73	3.62
	Σ	3.24	2.10	1.10	2.05	1.65	5.89
天然草地对照 Natural grassland(CK)	草本层 Herbs	2.89	1.48	0.85	2.00	1.03	4.64

4 结 论

(1)黄土高原半湿润丘陵区林下植物的生活型谱,小叶杨、白桦、油松、油松+小叶杨、油松+白桦林地林下植物均以高位芽植物种占绝对优势,白榆、刺槐、沙棘、茶条槭和侧柏林地则以非高位芽植物为主。此外,比较而言,侧柏、茶条槭和刺槐林地的林下植物生活型谱分布相对较宽,而白榆、油松+白桦林地的林下植物生活型谱分布相对较窄。

(2)黄土高原半湿润丘陵区各种森林类型的林下植物群落(灌木层+草本层)的总盖度大小顺序为:小叶杨林地、刺槐林地和天然草地>油松+小叶杨林地、白桦林地、白榆林地>侧柏林地、沙棘林地、茶条槭林地、油松+白桦林地>油松林地;总的物种多样性指数和大小顺序为小叶杨林地>刺槐林地、白桦林地、油松林地>侧柏林地、油松+小叶杨林地>茶条槭林地、天然草地、油松+白桦林地>白榆林地、沙棘林地。此外,小叶杨林地、白桦林地、油松林地的林下环境较白榆林地、刺槐林地、沙棘林地、茶条槭林地和侧柏林地更适宜于灌木的生长。

(3)黄土高原半湿润丘陵区各种森林类型的林下灌木层第一优势种类因地而异,苦糖果(*L. standishii*)、牛奶子(*E. umbellata*)、杠柳(*P. sepium*)和白刺花(*S. davidii*)是各种林地中比较常见的种类。草本层第一优势植物种类变化较少,且以羊胡子草(*C. rigescens*)占绝对优势。此外,冰草(*A.*

cristatum)、胡枝子(*L. formosa*)、野棉花(*U. lobata*)和蒿类植物(*Aremisia*)也是各种林地中比较常见的植物种类。

(4)综合分析表明,黄土高原半湿润丘陵区林下植物群落盖度及其物种多样性普遍不高,多数阔叶乔木树种林下植物群落要比针叶树种和灌木林丰富。所以,在针叶林中积极引进阔叶树种形成混交林,是增加林下植物盖度及其多样性、维持森林生态系统稳定性和可持续发展的有效途径。

[参考文献]

- [1] 秦 娟,王凯博,上官周平. 子午岭林区山杨林、辽东栎林及其混交林植物多样性的变化[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(5):131-140.
Qin J, Wang K B, Shangguan Z P. Change of plant diversity of *Populus davidiana*, *Quercus liaotungensis* and their mixed forest in Ziwuling area of Loess Plateau [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2007, 35(5): 131-140. (in Chinese)
- [2] 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.
Li Y Y, Zheng J Y, Shao M A. Comparison of the attributes of natural forests and plantations in Ziwuling mountain [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinic, 2005, 25(12): 2447-2456. (in Chinese)
- [3] 李裕元,邵明安. 子午岭植被自然恢复过程中植物多样性的变化[J]. 生态学报,2004,24(2):252-260.
Li Y Y, Shao M A. The change of plant diversity during natural recovery process of vegetation in Ziwuling area [J]. Acta Eco-

- logica Sinica, 2004, 24(2): 252-260. (in Chinese)
- [4] 张 桥, 蔡婵凤. 森林土壤退化及其防治研究综述 [J]. 生态环境, 2004, 13(4): 677-680.
Zhang Q, Cai C F. Forest soil degradation research and preventive strategy: a review [J]. Ecology and Environment, 2004, 13(4): 677-680. (in Chinese)
- [5] 陈代喜, 莫泽莲. 人工林地力衰退研究进展 [J]. 广西林业科学, 2000, 29(3): 115-118.
Chen D X, Mo Z L. Advances in the study on land degeneration of artificial forest [J]. Guangxi Forestry Science, 2000, 29(3): 115-118. (in Chinese)
- [6] 刘增文, 段而军, 付 刚, 等. 一个新概念: 人工纯林土壤性质的极化 [J]. 土壤学报, 2007, 44(6): 1119-1126.
Liu Z W, Duan E J, Fu G, et al. A new concept: Soil polarization in planted pure forest [J]. Acta Pedologica Sinica, 2007, 44(6): 1119-1126. (in Chinese)
- [7] 李俊清. 森林生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
Li J Q. Forest ecology [M]. Beijing: High Education Press, 2006. (in Chinese)
- [8] 王贵霞, 李传荣, 许景伟. 温带森林群落多样性的测度方法比较评述 [J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(4): 486-491.
Wang G X, Li C R, Xu J W. Review of methods of measuring community biodiversity in temperate forests [J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2004, 21(4): 486-491. (in Chinese)
- [9] 钱迎倩, 马克平. 生物多样性研究的原理与方法 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994.
Qian Y Q, Ma K P. Principle and methods of biodiversity [M]. Beijing: China Sci-Tech Press, 1994. (in Chinese)
- [10] 张金屯. 数量生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
Zhang J D. Quantitative Ecology [M]. Beijing: Science and Technology Press, 2004. (in Chinese)
- [11] 马克平, 黄建辉, 于顺利. 北京东灵山地区植物群落多样性研究 [J]. 生态学报, 1995, 15(3): 268-277.
Ma K P, Huang J H, Yu S L. Plant community diversity in Dongling mountain, Beijing, China [J]. Acta Ecologica Sinica, 1995, 15(3): 268-277. (in Chinese)
- [12] 于立忠, 朱教君, 孔祥文, 等. 人为干扰(间伐)对红松人工林林下植物多样性的影响 [J]. 生态学报, 2006, 26(11): 3757-3764.
Yu L Z, Zhu J J, Kong X W, et al. The effects of anthropogenic disturbances (thinning) on plant species diversity of *Pinus koreansis* plantations [J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(11): 3757-3764. (in Chinese)

(上接第 73 页)

- [13] Viola S, Viola U, Mokady U. Partial and complete replacement of fish meal by soybean meal in feeds for intensive culture of carp [J]. Aquaculture, 1982, 26: 223-236.
- [14] Webster C D, Yancey D H, James H T. Effect of partially or totally replacing fish meal with soybean meal on growth of blue catfish (*Ictalurus furcatus*) [J]. 1992, 103: 141-152.
- [15] LUO Zhi, LIU Yong-jian, MAI Kang-sen, et al. Partial replacement of fish meal by soybean protein in diets for grouper *Epinephelus coioides* juveniles [J]. Journal of Fishery, 2004, 28(2): 175-181.
- [16] 叶继丹, 吴文化, 孙大江. 豆粕部分替换鱼粉对西伯利亚幼鲟生长的影响 [J]. 水利渔业, 2002, 22(4): 52-54.
Ye J D, Wu W H, Sun D J. Effect of replacing fish meal by soybean meal on growth of juvenile sturgeon of Siberia [J]. Reservoir Fisheries, 2002, 22(4): 52-54. (in Chinese)
- [17] Chou R L, Her B Y, Su M S, et al. Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum* [J]. Aquaculture, 2004, 229: 325-333.
- [18] 林利民, 王秋荣, 王志勇, 等. 不同家系大黄鱼肌肉营养成分的比较 [J]. 中国水产科学, 2006, 13(2): 286-291.
Lin L M, Wang Q R, Wang Z Y, et al. Comparison of biochemical compositions of muscle among three stocks and wild-caught large yellowcroaker *Pseudosciaena crocea* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(2): 286-291. (in Chinese)
- [19] Shimeno M, Kumon H. The growth performance and body composition of young yellowtail fed with diets containing defatted soybean for a long period [J]. J Nippon Suisan Gakkai-sh, 1993, 59: 821-822.
- [20] 宋 超, 庄 平, 章龙珍, 等. 野生及人工养殖中华鲟幼鱼肌肉营养成分的比较 [J]. 动物学报, 2007, 53(3): 502-510.
Song C, Zhuang P, Zhang L Z, et al. Comparison of nutritive components in muscles between wild and farmed juveniles of Chinese sturgeon *Acipenser sinensis* [J]. Acta Zoologica Sinica, 2007, 53(3): 502-510. (in Chinese)