

陕北半干旱风沙区人工林下植物群落数量特征研究

刘增文,冯顺煜,段而军,刘卓玛姐

(西北农林科技大学 资源环境学院,陕西 杨凌 712100)

【摘要】【目的】研究林下植物群落数量特征,为指导森林经营管理实践提供理论依据。【方法】采用标准地十样方法对陕北半干旱风沙区(陕西靖边)人工林下的植物群落进行了调查,统计并计算了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)林下植物一般以隐芽植物和一年生植物种占绝对优势,所占比例为 34%~88%。(2)林下植物的总盖度大小顺序为:旱柳林(26.18%)>小叶杨×油松林、刺槐林(8.76%~11.77%)>小叶杨林、小叶杨×柠条林(2.77%~3.16%)>油松林、沙棘林、油松×柠条林、柠条林、天然草地(对照)(1.06%~1.57%)>小叶杨×沙棘林、紫穗槐林(0.72%~0.77%)。除小叶杨×油松林和小叶杨×柠条林地外,其他林地的草本层总盖度都大于灌木层。(3)林下优势植物种类差异不大,且以沙蒿(*Artemisia desertorum*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、狗尾草(*Pennisetum alopecuroides*)、羊胡子草(*Carex rigescens*)、沙蓬(*Agriophyllum squarrosum*)和冰草(*Agropyron cristatum*)为主。(4)林下植物的物种多样性指数和大小顺序为:旱柳林、刺槐林和小叶杨林(6.00~7.18)>小叶杨×柠条林、小叶杨×油松林、油松林(4.87~5.38)>沙棘林、油松×柠条林、柠条林、小叶杨×沙棘林(4.06~4.49)>紫穗槐林、天然草地(2.15~2.76),且草本层物种多样性指数和均大于灌木层。【结论】陕北半干旱风沙区人工林下植物群落盖度及其物种多样性普遍较低,且阔叶树种林下植物群落一般比针叶树种和灌木林丰富,在针叶林中积极引进阔叶树种形成混交林,是增加林下植物多样性、维持人工林生态系统稳定性及可持续发展的有效途径。

【关键词】 陕北半干旱风沙区;人工林;植物群落;植物多样性

【中图分类号】 Q948.15⁺7;S714

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2008)12-0129-06

Quantity characteristics of plant community under tree-layers of planted forests in semi-arid windy area of north Shaanxi Province

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

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

Abstract: 【Objective】As plant community under tree-layer of forest is visual display of soil dynamics and affects the stability, sustainable development and functions of the ecosystem, study on the quantity characteristics of plant community under tree-layer of forest has great significance for the management practice of forests. 【Methods】Method of Standard plot×Sample plot is taken to investigate the plants community and its diversity under tree-layers of planted forests in semi-arid windy area of north Shaanxi province (Jingbian county). 【Result】(1) Geophytes and therophytes are the major types (34%—88% of total species) in the life form spectrum of plants under tree-layers in planted forests. (2) The order of total plants coverage under tree-layers in planted forests is *Salix matsudana* (26.18%)>*Populus simonii*×*Pinus tabulaeformis*, *Robinia pseudoacacia* (8.76%—11.77%)>*Populus simonii* and *Populus simonii*×*Caragana microphylla* (2.77%—3.16%)>*Pinus tabulaeformis*, *Hippophae rhamnoides*, *Pinus tabulaeformis*.

* [收稿日期] 2007-12-29

[基金项目] 国家自然科学基金项目(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,博士,副教授,主要从事森林生态研究。E-mail: zengwenliu2003@yahoo.com.cn

mis × *Caragana microphylla*, *Caragana microphylla* and natural grassland (CK) (1.06%–1.57%) > *Populus simonii* × *Hippophae rhamnoides* and *Amorpha fruticosa* (0.72%–0.77%)。 (3) The dominant species under tree-layers are similar to planted forest types, in which, shrubs dominate with *Artemisia desertorum* and *Hippophae rhamnoides* while herbs dominate with *Pennisetum alopecuroides*, *Carex rigescens*, *Agriophyllum squarrosum* and *Agropyron cristatum*。 (4) The order of indexes sum of plant diversity under tree-layers of forests is *Salix matsudana*, *Robinia pseudoacacia*, *Populus simonii* (6.00–7.18) > *Populus simonii* × *Caragana microphylla*, *Populus simonii* × *Pinus tabulaeformis* and *Pinus tabulaeformis* (4.87–5.38) > *Hippophae rhamnoides*, *Pinus tabulaeformis* × *Caragana microphylla*, *Caragana microphylla* and *Populus simonii* × *Hippophae rhamnoides* (4.06–4.49) > *Amorpha fruticosa* and natural grassland (CK) (2.15–2.76)。 The species diversities of herbal layers in all planted forests are more than that of shrubs layers。 【Conclusion】 Coverage and species diversities of plant communities under tree-layer of planted forests in semi-arid windy area of North Shaanxi Province are generally lower and richer in broad-leaved forests than in needle-leaved forests and shrubs。 So, introducing broad-leaved trees into needle-leaved forest and forming mixture is an available way to increase plant diversity under tree-layer and maintain ecosystem stability and sustainable development of planted forest。

Key words: semi-arid windy area of North Shaanxi Province; planted forest; plant community; plant diversity

陕北半干旱风沙区位于黄土高原北部,属暖温带典型草原生物气候带。由于气候干旱,土质沙化,土壤贫瘠,植被主要以大面积稀疏灌草为主,乔木森林植被面积较小,且多呈小片状或带状分布。这些乔木林以人工落叶阔叶林为主,伴有少量常绿针叶林,发挥着重要的防风固沙和农田防护生态功能。但由于生境条件较差,现有的人工林生长状况不良,部分林地出现土壤退化现象,严重影响着森林的稳定和可持续发展^[1]。为此,关于当地森林土壤性质的动态监测和影响因素研究,引起了广大学者的高度重视^[2-4]。但是,根据生态学原理,森林植物群落的物种组成和结构,既是土壤性质变化的内在原因,又是土壤性质变化的外在直观表现,其不但影响森林生态系统的稳定和可持续发展,也影响着森林生态系统服务功能的发挥。所以,研究现有人工林地林下植物群落特征及其多样性具有重要意义^[5-6],而目前尚未见到对当地人工林此方面的研究报道。本研究通过对地处陕北半干旱风沙区靖边县最具典型代表性人工林地的广泛调查,统计和计算了各种反映植物群落特征的指标,旨在深入了解和充分认识该区域不同人工林地林下植物群落的现状,为指导当地人工森林植被的建设和管理提供理论依据。

1 研究区自然概况

本试验选择地处陕北半干旱风沙区靖边县城郊万亩林区为研究对象,其位于黄土高原北部毛乌素

沙地南缘风沙区,属暖温带干旱半干旱气候。年降水量 316~450 mm,主要集中在 7~9 月,约占全年降水量的 60%~70%,且多阵雨和暴雨;年蒸发量为 1 127~1 546 mm;年均气温 7.8~9.1 °C,≥10 °C 的积温 2 600~3 370 °C,无霜期 134~172 d,年日照时数 2 700~3 100 h,每年 3~5 月西北风盛行,常达 6~8 级。土壤以黄绵沙土为主。植被属典型干草原地带。区内成林树种主要有油松(*Pinus tabulaeformis*)、小叶杨(*Populus simonii*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、旱柳(*Salix matsudana*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、柠条(*Caragana microphylla*)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)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的调查

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 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 林下植物生活型谱的统计

根据 Raunkiaer 的植物生活型划分标准,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)和一年生植物(Th5) 5类进行调查,统计植物的种数(S)及其所占比例(X),即得每种森林类型的林下植物生活型谱。

2.3 林下植物优势度的统计

分别将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^[7],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(由于考虑到生物量在反映群落种不同植物种优势度的重要性,所以计算中增加了相对生物量指标)。

2.4 林下植物物种多样性的统计^[8]

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: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 $E = H/\ln S$ 。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 ϵ $\epsilon = (d_G + d_M)/2 + (D + H)/2 + E$ 。

3 结果与分析

3.1 不同树种人工林下植物群落生活型谱的比较

生活型是植物对环境条件长期适应而形成的外部形态表现,一个特定区域或群落内所有植物种的生活型类型及其比例构成的生活型谱,可反映当地主要影响植物生长和分布的气候特征。从表1可以看出,在地处陕北风沙区腹地的靖边地区不同树种人工林中,林下植物一般以隐芽植物和一年生植物种占绝对优势,这2类植物共计2~10种,占有植物种数的34%~88%;高位芽植物一般不超过2种,所占比例为0%~33%;地上芽植物和地面芽植物均不超过1种。这种生活型谱充分反映出当地气候条件干旱和寒冷的特点。此外调查中还发现,由于林内环境条件的不同,不同树种人工林下植物群落生活型谱也表现出一定的差异性,但不明显,说明气候环境对林下植物群落生活型谱的影响大于森林环境。

表1 陕北半干旱风沙区不同树种人工林下植物群落的生活型谱

Table 1 Plant life form spectrums under trees-layer of different forests in semi-arid windy area of North Shaanxi

森林类型 Forest	高位芽植物 Ph1		地上芽植物 Ch2		地面芽植物 H3		隐芽植物 G4		一年生植物 Th5	
	S	X/%	S	X/%	S	X/%	S	X/%	S	X/%
小叶杨 <i>P. simonii</i>	2	25.0	1	12.5	0	0.0	3	37.5	2	25.0
小叶杨×油松 <i>P. simonii</i> × <i>P. tabulaeformis</i>	2	33.3	1	16.7	1	16.7	1	16.7	1	16.7
小叶杨×沙棘 <i>P. simonii</i> × <i>H. rhamnoides</i>	1	14.3	1	14.3	1	14.3	3	42.9	1	14.3
小叶杨×柠条 <i>P. simonii</i> × <i>C. microphylla</i>	1	12.5	1	12.5	0	0.0	4	50.0	2	25.0
刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	2	25.0	0	0.0	1	12.5	2	25.0	3	37.5
早柳 <i>S. matsudana</i>	2	15.4	1	7.7	0	0.0	5	38.5	5	38.5
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	2	22.2	1	11.1	1	11.1	3	33.3	2	22.2
油松×柠条 <i>P. tabulaeformis</i> × <i>C. microphylla</i>	0	0.0	1	14.3	0	0.0	1	14.3	5	71.4
柠条 <i>C. microphylla</i>	0	0.0	1	12.5	0	0.0	3	37.5	4	50.0
沙棘 <i>H. rhamnoides</i>	1	14.3	0	0.0	0	0.0	3	42.9	3	42.9
紫穗槐 <i>A. fruticosa</i>	2	33.3	0	0.0	0	0.0	3	50.0	1	16.7
天然草地(对照) Natural grassland (CK)	1	20.0	0	0.0	0	0.0	3	60.0	1	20.0

3.2 不同树种人工林下植物群落盖度和物种优势度的比较

盖度是植物群落的重要数量特征之一,其反映一个群落中植物对地面的覆盖程度。优势度则是用来反应各种植物在群落中地位与作用的优势程度,

一般应用 Curtis 等(1951)提出的重要值(importance value)来表示^[7]。在具体应用过程中,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 陕北半干旱风沙区不同树种人工林下植物群落的盖度及物种优势度

Table 2 Plant coverage and species dominances under tree-layers of different forests in semi-arid windy area of North Shaanxi

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	1.28	沙蒿 <i>A. desertorum</i> (23.28), 沙棘 <i>H. rhamnoides</i> (18.41), 柠条 <i>C. microphylla</i> (16.14)
	草本层 Herbs	1.49	狗尾草 <i>P. alopecuroides</i> (19.85), 冰草 <i>A. cristatum</i> (19.32), 羊胡子草 <i>C. rigescens</i> (15.97)
	∑	2.77	
小叶杨×油松 <i>P. simonii</i> × <i>P. tabulae formis</i>	灌木层 Shrubs	11.19	沙棘 <i>H. rhamnoides</i> (56.06), 柠条 <i>C. microphylla</i> (43.94)
	草本层 Herbs	0.58	羊胡子草 <i>C. rigescens</i> (37.71), 冰草 <i>A. cristatum</i> (35.45), 胡枝子 <i>L. Formosa</i> (13.64)
	∑	11.77	
小叶杨×沙棘 <i>P. simonii</i> × <i>H. rhamnoides</i>	灌木层 Shrubs	0.22	沙蒿 <i>A. desertorum</i> (100.00)
	草本层 Herbs	0.55	狗尾草 <i>P. alopecuroides</i> (24.27), 胡枝子 <i>L. Formosa</i> (18.18), 草木樨黄耆 <i>A. melilotoides</i> (16.90)
	∑	0.77	
小叶杨×柠条 <i>P. simonii</i> × <i>C. microphylla</i>	灌木层 Shrubs	1.77	沙棘 <i>H. rhamnoides</i> (100.00)
	草本层 Herbs	1.39	狗尾草 <i>P. alopecuroides</i> (41.24), 胡枝子 <i>L. Formosa</i> (14.85), 草木樨黄耆 <i>A. melilotoides</i> (11.70)
	∑	3.16	
刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	灌木层 Shrubs	0.70	沙蒿 <i>A. desertorum</i> (74.22), 枸杞 <i>F. lycii</i> (25.78)
	草本层 Herbs	8.06	狗尾草 <i>P. alopecuroides</i> (68.20), 冰草 <i>A. cristatum</i> (11.48), 羊胡子草 <i>C. rigescens</i> (8.85)
	∑	8.76	
旱柳 <i>S. matsudana</i>	灌木层 Shrubs	0.86	沙蒿 <i>A. desertorum</i> (86.02), 杠柳 <i>P. sepium</i> (14.99)
	草本层 Herbs	25.32	狗尾草 <i>P. alopecuroides</i> (43.85), 冰草 <i>A. cristatum</i> (37.54), 茵陈蒿 <i>A. capillaries</i> (7.42)
	∑	26.18	
油松 <i>P. tabulae formis</i>	灌木层 Shrubs	0.34	沙蒿 <i>A. desertorum</i> (50.00), 柠条 <i>C. microphylla</i> (43.23), 杠柳 <i>P. sepium</i> (6.78)
	草本层 Herbs	1.23	羊胡子草 <i>C. rigescens</i> (46.47), 胡枝子 <i>L. Formosa</i> (32.71), 狗尾草 <i>P. alopecuroides</i> (20.83)
	∑	1.57	
油松×柠条 <i>P. tabulae formis</i> × <i>C. microphylla</i>	草本层 Herbs	1.15	沙蓬 <i>A. squarrosus</i> (28.30), 茵陈蒿 <i>A. capillaris</i> (15.62), 冰草 <i>A. cristatum</i> (13.87)
柠条 <i>C. microphylla</i>	草本层 Herbs	1.09	沙蓬 <i>A. squarrosus</i> (23.05), 冰草 <i>A. cristatum</i> (21.98), 胡枝子 <i>L. Formosa</i> (21.30)
沙棘 <i>H. rhamnoides</i>	草本层 Herbs	1.40	冰草 <i>A. cristatum</i> (54.75), 狗尾草 <i>P. alopecuroides</i> (16.33), 草木樨黄耆 <i>A. melilotoides</i> (10.09)
紫穗槐 <i>A. fruticosa</i>	草本层 Herbs	0.72	冰草 <i>A. cristatum</i> (60.08), 茵陈蒿 <i>A. capillaris</i> (27.08), 草木樨黄耆 <i>A. melilotoides</i> (9.58)
天然草地(对照) Natural grassland(CK)	草本层 Herbs	1.06	冰草 <i>A. cristatum</i> (58.66), 紫菀 <i>A. sediifolius</i> (22.33), 草木樨黄耆 <i>A. melilotoides</i> (11.91)

由表 2 可见,不同森林类型林下灌木和草本的盖度存在较大差异。各种乔木林地林下灌木层总盖度的大小顺序为:小叶杨×油松林(11.19%)>小叶杨林、小叶杨×柠条林(1.28%~1.77%)>旱柳林、刺槐林(0.70%~0.86%)>油松林、小叶杨×沙棘(0.22%~0.34%);各种林地林下草本层总盖度的大小顺序为:旱柳林(25.32%)>刺槐林(8.06%)>小叶杨林、沙棘林、小叶杨×柠条林(1.39%~1.49%)>油松林、油松×柠条林、柠条林和天然草地对照(1.06%~1.23%)>紫穗槐林、小叶杨×油松林、小叶杨×沙棘林(0.55%~0.72%)。各林地林下植物(灌木层+草本层)的总盖度大小顺序为:

旱柳林(26.18%)>小叶杨×油松林、刺槐林(8.76%~11.77%)>小叶杨林、小叶杨×柠条林(2.77%~3.16%)>油松林、沙棘林、油松×柠条林、柠条林、天然草地(1.06%~1.57%)>小叶杨×沙棘林、紫穗槐林(0.72%~0.77%)。此外,除了小叶杨×油松林、小叶杨×柠条林地外,其他林地的草本层总盖度都大于灌木层。

分析以上结果表明,陕北风沙区的人工林下植物群落盖度普遍较低,而且不同森林类型的林下环境条件和土壤性质的差异,导致了林下植物群落盖度也存在较大差异。由于阔叶树种的林下环境条件和土壤性质一般优于针叶树种,所以阔叶树种的林

下植物总盖度一般要大于针叶树种。同理,乔木林的林下植物总盖度一般要大于灌木林。

由表 2 还可知,各种人工林下灌木层和草本层的优势植物种类差异不大,其中灌木层第一优势植物种类以沙蒿(*Artemisia desertorum*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)为主,其次有柠条(*Caragana microphylla*)、枸杞(*Fructus lycii*)和杠柳(*Periploca sepium*)。草本层第一优势植物种类以狗尾草(*Pennisetum alopecuroides*)、羊胡子草(*Carex rigescens*)、沙蓬(*Agriophyllum squarrosum*)、冰草(*Agropyron cristatum*)为主,其次有胡枝子(*Lespedeza formosa*)、茵陈蒿(*Artemisia capillaris*)、草木樨黄耆(*Astragalus melilotoides*)等(由于胡枝子都呈草状小灌木,所以统计到林下草本层中)。这

种不同森林类型林下优势植物种类相对趋同的现象充分表明,森林外部环境条件对林下植物物种分布的影响大于内部环境性质。

3.3 不同树种人工林下植物群落物种多样性的比较

不同树种人工林下植物群落在物种组成上具有较大的差异,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,其中各指数从不同角度反映了物种多样性的变化,而各指数之和则可以反映物种多样性的总体变化。

陕北半干旱风沙区不同人工林下植物群落物种的多样性见表 3。

表 3 陕北半干旱风沙区不同人工林下植物群落物种的多样性

Table 3 Species diversities of plant communities under tree-layers of different forests in semi-arid windy area of North Shaanxi

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 Sum of indexes
		d_G	d_M	D	H		
小叶杨 <i>P. simonii</i>	灌木层 Shrubs	1.01	0.62	0.37	0.61	0.55	1.86
	草本层 Herbs	3.75	1.12	0.62	1.27	0.76	4.14
	Σ	4.76	1.74	0.99	1.88	1.31	6.00
小叶杨×油松 <i>P. simonii</i> × <i>P. tabulaeformis</i>	灌木层 Shrubs	0.72	0.56	0.44	0.64	0.92	2.10
	草本层 Herbs	1.44	0.72	0.66	1.20	0.87	2.88
	Σ	2.16	1.28	1.10	1.84	1.79	4.98
小叶杨×沙棘 <i>P. simonii</i> × <i>H. rhamnoides</i>	灌木层 Shrubs	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
	草本层 Herbs	2.16	1.19	0.81	1.70	0.95	3.88
	Σ	2.52	1.19	0.81	1.70	0.95	4.06
小叶杨×柠条 <i>P. simonii</i> × <i>C. microphylla</i>	灌木层 Shrubs	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36
	草本层 Herbs	5.05	1.40	0.65	1.45	0.74	5.02
	Σ	5.77	1.40	0.65	1.45	0.74	5.38
刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	灌木层 Shrubs	1.44	0.62	0.32	0.50	0.72	2.16
	草本层 Herbs	4.33	0.94	0.59	1.22	0.68	4.22
	Σ	5.77	1.56	0.91	1.72	1.40	6.38
旱柳 <i>S. matsudana</i>	灌木层 Shrubs	1.08	0.36	0.25	0.35	0.50	1.52
	草本层 Herbs	7.21	1.48	0.50	1.14	0.49	5.66
	Σ	8.29	1.84	0.75	1.49	0.99	7.18
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	灌木层 Shrubs	0.54	0.28	0.22	0.32	0.46	1.14
	草本层 Herbs	2.52	1.22	0.70	1.46	0.78	3.73
	Σ	3.06	1.50	0.92	1.78	1.24	4.87
油松×柠条 <i>P. tabulaeformis</i> × <i>C. microphylla</i>	草本层 Herbs	2.52	1.70	0.83	1.84	0.95	4.40
柠条 <i>C. microphylla</i>	草本层 Herbs	2.89	1.50	0.81	1.82	0.87	4.38
沙棘 <i>H. rhamnoides</i>	草本层 Herbs	4.33	1.25	0.64	1.30	0.73	4.49
紫穗槐 <i>A. fruticosa</i>	草本层 Herbs	2.89	0.77	0.33	0.63	0.45	2.76
天然草地(对照) Natural grassland(CK)	草本层 Herbs	1.44	0.59	0.41	0.76	0.55	2.15

表 3 表明,林下灌木层植物物种多样性指数和由大到小顺序为:刺槐林、小叶杨×油松林(2.10~2.16) > 小叶杨林、旱柳林、油松林(1.14~1.86) > 小叶杨×柠条林、小叶杨×沙棘林(0.18~0.36);林

下草本层植物物种多样性指数和大小顺序为:旱柳林、小叶杨×柠条林(5.02~5.66) > 沙棘林、油松×柠条林、柠条林、刺槐林、小叶杨林(4.14~4.49) > 小叶杨×沙棘林、油松林(3.73~3.88) > 小叶杨×

油松林、紫穗槐林、天然草地(2.15~2.88);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:旱柳林、刺槐林、小叶杨林(6.00~7.18)>小叶杨×柠条林、小叶杨×油松林、油松林(4.87~5.38)>沙棘林、油松×柠条林、柠条林、小叶杨×沙棘林(4.06~4.49)>紫穗槐林、天然草地(2.15~2.76)。此外,各树种人工林林下草本层植物物种多样性指数和均大于灌木层。

以上结果表明,陕北风沙区的人工林下植物群落物种多样性普遍较低,而且由于阔叶树种的林下环境条件和土壤性质一般优于针叶树种,所以阔叶树种的林下植物群落物种多样性一般大于针叶树种。同理,乔木林的林下植物群落物种多样性一般大于灌木层。

4 结 论

(1)陕北半干旱风沙区人工林下植物,一般以隐芽植物和一年生植物种占绝对优势,充分反映了当地气候条件干旱和寒冷的特点。不同树种人工林下植物群落生活型谱的差异不明显,说明气候环境对林下植物群落生活型谱的影响大于森林环境。

(2)不同人工林下植物群落的总盖度大小顺序为:旱柳林>小叶杨×油松林、刺槐林>小叶杨林、小叶杨×柠条林>油松林、沙棘林、油松×柠条林、柠条林、天然草地>小叶杨×沙棘林、紫穗槐林。除小叶杨×油松林、小叶杨×柠条外,其他林地的林下草本层总盖度都大于灌木层。

(3)不同人工林下优势植物种类差异不大,灌木层优势植物种类以沙蒿(*Artemisia desertorum*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides.*)为主,草本层优势植物种类以狗尾草(*Pennisetum alopecuroides*)、羊胡子草(*Carex rigescens*)、沙蓬(*Agriophyllum squarrosus*)、冰草(*Agropyron cristatum*)为主。

(4)不同人工林下植物群落的物种多样性指数和大小顺序为:旱柳林、刺槐林、小叶杨林>小叶杨×柠条林、小叶杨×油松林、油松林>沙棘林、油松×柠条林、柠条林、小叶杨×沙棘林>紫穗槐林、天然草地,且林下草本层物种多样性指数和大于灌木层。

(5)综合分析表明,陕北半干旱风沙区人工林下植物群落盖度及其物种多样性普遍较低,且以草本层植物为其主要组成类型;阔叶树种人工林下植物群落一般比针叶树种人工林和灌木林丰富,所以在针叶树种人工林中积极引进阔叶树种形成混交林,

是增加林下植物多样性、维持人工林生态系统稳定性及可持续发展的有效途径。

[参考文献]

- [1] 吴祥云,姜凤岐,李晓丹,等. 樟子松人工固沙林衰退的规律和原因 [J]. 应用生态学报,2004,15(12):2225-2228.
Wu X Y, Jiang F Q, Li X D, et al. Decline regularity and causes of *Pinus sylvestris var. mongolica* plantation on sandy land [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(12): 2225-2228. (in Chinese)
- [2] 曹成有,蒋德明,阿拉木萨,等. 小叶锦鸡儿人工固沙区植被恢复生态过程的研究 [J]. 应用生态学报,2000,11(3):349-354.
Cao C Y, Jiang D M, Alamsa, et al. Ecological process of vegetation restoration in *Caragana microphylla* sand-fixing area [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(3): 349-354. (in Chinese)
- [3] 张鼎华,翟明普,贾黎明,等. 沙地土壤种植杨树刺槐混交林后持水特性变化的研究 [J]. 应用生态学报,2002,13(8):971-974.
Zhang D H, Zhai M P, Jia L M, et al. Change of moisture retention in sandy soil after planting mixed forest of *Populus spp.* and *Robinia pseudoacacia* [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(8): 971-974. (in Chinese)
- [4] 温仲明,焦峰,刘宝元,等. 黄土高原森林草原区退耕地植被自然恢复与土壤养分变化 [J]. 应用生态学报,2005,16(11):2025-2029.
Wen Z M, Jiao F, Liu B Y, et al. Natural vegetation restoration and soil nutrient dynamics of abandoned farmlands in forest-steppe zone on Loess Plateau [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(11): 2025-2029. (in Chinese)
- [5] 于立忠,朱教君,史建伟,等. 辽东山区人工阔叶红松林植物多样性与生产力研究 [J]. 应用生态学报,2005,16(12):2225-2230.
Yu L Z, Zhu J J, Shi J W, et al. Productivity and species diversity of artificial broad-leaved Korean pine forests in eastern Liaoning mountainous areas [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(12): 2225-2230. (in Chinese)
- [6] 温远光,刘世荣,陈放. 连栽对桉树人工林下物种多样性的影响 [J]. 应用生态学报,2005,16(9):1667-1671.
Wen Y G, Liu S R, Chen F. Effects of continuous cropping on understorey species diversity in Eucalypt plantations [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(9): 1667-1671. (in Chinese)
- [7] 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)
- [8] 张金屯. 数量生态学 [M]. 北京:科学出版社,2004.
Zhang J T. Quantitative ecology [M]. Beijing: Science and Technology Press, 2004. (in Chinese)