

# 陕北黄土高原森林群落物种多样性分析

岳明, 崔延棠, 王双峰

(西北大学 秦岭生物多样性研究中心, 陕西 西安 710069)

**摘要:** 用物种多样性指数 (Shannon - wiener 指数、Margalef's 指数、Simpson's Diversity (1/Dominance) 指数) 和均匀度指数 (Evenness 均匀度) 和物种丰富度, 对陕北黄土高原 5 种主要天然森林群落 (油松林、山杨林、辽东栎林、白桦林、侧柏林) 物种多样性进行了分析。结果表明, 陕北黄土高原 5 种森林群落中山杨林物种多样性最高。植物生长型与物种多样性的关系表现为草本层的物种丰富度、多样性程度大于灌木层, 灌木层大于乔木层; 草本层均匀度与灌木层相差不明显, 但二者显著大于乔木层。

**关键词:** 黄土高原; 物种多样性; 植被; 森林

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2003)01-0039-03

中图分类号: S718.54; Q-9

## Analysis of Species Diversity on Forest Community in the Loess Plateau of North Shaanxi Province

YUE Ming, CUI Yan-tang, WANG Shuang-feng

(Qinling Biodiversity Research Center, Northwest University, Xi'an 710069, China)

**Abstract:** The species diversity of five forest communities of the loess plateau in the north of Shaanxi province is measured with species diversity index (Shannon - Wiener index, Margalef' index, Simpson's diversity index), evenness index and species richness. The result shows that the species diversity of *Populus davidiana* forests is the highest in five forest communities. The species diversity index and richness index for different strata is in the following order: herb stratum > shrub stratum > tree stratum. As for the evenness index, the order is tree stratum < herb stratum, tree stratum < shrub stratum while species diversity of herb stratum has no significant difference with shrub stratum.

**Keywords:** loess plateau; species diversity; vegetation; forest

物种多样性是一个群落结构和功能复杂性的度量, 对其的研究可以更好地认识群落的组成、变化和发展, 同时也可以反映群落及其环境的保护状况<sup>[1,2]</sup>, 特别是生物多样性及生态系统稳定性研究成为全球关注的焦点之一<sup>[3,4]</sup>。

陕北黄土高原由于自然环境自身的变化及历史时期人为活动的严重破坏, 水土流失严重, 生态环境恶劣, 人民生活水平长期得不到提高。陕北黄土高原的综合治理一直是我国和陕西省的一项重要任务, 并受到联合国粮农组织及其它各界的广泛重视。

植被是重要的自然资源之一, 植被的性质和特点能较好地反映该地区的自然状况, 也是改造植被生态环境、利用植被资源发展农牧业生产、促进生态良性循环的天然样板。因此, 对该区植被规律的研究是综合治理的一个重要依据。目前该区残存的天然森林群落中占优势的主要有辽东栎 (*Quercus liaotungenses*)

林、油松 (*Pinus tabulaeformis*) 林、侧柏 (*Platycladus orientalis*) 林、白桦 (*Betula platyphylla*) 林和山杨 (*Populus davidiana*) 林。另外陕北南部还有很少量的槲栎 (*Q. aliena*) 林, 最南端水热条件较优地段, 也出现极少量麻栎 (*Q. acutissima*) 林和栓皮栎 (*Q. variabilis*) 林等。对该区森林群落的类型和动态演替已有不少的研究<sup>[5-14]</sup>, 但是有关森林群落物种多样性的研究还只有零星报道<sup>[15]</sup>。本文主要分析 5 种优势森林群落的物种多样性特征, 以期对该区域的森林植被有更深入的认识, 同时也为森林植被资源的可持续利用提供一定的参考依据。

## 1 研究区概况及研究方法

### 1.1 研究区概况

陕北黄土高原森林地带, 北限系在延安略偏北<sup>[6]</sup>, 该区为黄土塬梁丘陵沟壑地貌, 年平均气温

收稿日期: 2002-04-27

资助项目: 西北大学科研基金资助 (99NW 51)

作者简介: 岳明 (1967—), 男 (汉族), 新疆喀什人, 副教授。1998 年毕业于兰州大学获博士学位, 现在日本北海道大学从事博士后研究。主要研究方向为植被生态学和全球变化生态学。电话 (029) 8302050, E-mail: webmaster@ecospace.51.net。

8 ~ 9 , 年降雨量 550 ~ 650 mm。降雨多集中在 7—8 月。该区土壤多为灰褐土和褐土, 以灰褐土为主。地带性植被为辽东栎林、油松林<sup>[8, 10, 16]</sup>, 因为长期人类活动的影响, 还有一些次生的山杨林、白桦林、侧柏林和次生的灌丛草甸。总之, 陕北黄土高原森林带植被具有很强的次生性。

## 1.2 研究方法

对陕北黄土高原 5 种主要森林类型辽东栎林、油

松林、侧柏林、白桦林和山杨林, 采用典型取样法进行常规群落学调查, 样方大小为 100 m<sup>2</sup>, 样方数共计 35 个。计算各物种的重要值, 并且以此为测度依据来计算多样性指数<sup>[2, 15]</sup>。多样性的测度选用丰富度指数、均匀度指数和物种多样性指数 3 类, 5 个指标(见表 1), 计算公式见文献[17]。计算处理对象包括样地内所有种子植物。在 Microsoft Excel97 的插件 Biotoools 下进行数据处理。

表 1 5 种森林群落的物种多样性

多样性指数	Shannon- wiener	Margalef's	Evenness	Simpson's Diversity (1/Dominance)	Richness
油松林	3.50±0.27	5.85±1.32	0.97±0.010	30.51±7.63	38.17±9.85
山杨林	3.91±0.20	7.89±1.47	0.98±0.004	46.36±8.74	55.33±11.89
辽东栎林	3.71±0.30	6.83±1.57	0.97±0.007	38.89±10.89	47.17±12.73
白桦林	3.14±0.41	4.28±1.47	0.96±0.010	22.21±10.49	28.02±11.75
侧柏林	3.11±0.30	3.97±1.12	0.98±0.005	21.69±7.24	25.15±8.54

## 2 结果与分析

### 2.1 不同类型群落的物种多样性分析

参与分析的 5 类群落的物种丰富度、多样性指数和均匀度指数见表 1。由于物种多样性是一综合量度, 进行多样性分析时应将各多样性测度指标进行全面考虑。由表 1 可见, 5 个指数大致反映了相同的趋势。山杨林的物种丰富度、多样性指数和均匀度都较大, 其多样性程度最高。辽东栎林与油松林次之, 白桦林、侧柏林各项指数均较低, 其多样性程度最低。山杨、白桦、侧柏均为阳性先锋树种, 当此地区的原始森林植物群落被破坏后, 一般经草本、灌木阶段后, 首先占据这些地段的为山杨、白桦、侧柏<sup>[6-11]</sup>。侧柏在水热条件相对较好的地段, 无法竞争过其它优势树种。在此区域内的天然侧柏林除在极端恶劣的生境条件如岩石裸露的丘脊梁顶、土壤贫瘠的石质坡面及黄土立崖陡坡等上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极群落辽东栎林所取代<sup>[9, 12, 14]</sup>, 正是生境的恶劣导致侧柏林的多样性很低。白桦林的情况与侧柏林类似。

该地带自然森林群落以辽东栎林为标志, 油松林在这里也具有一定的稳定性, 是该地区顶极群落<sup>[6-11]</sup>。但由于人为破坏严重, 此地区天然林都属次生林, 而山杨林仍是此地区最典型的次生林代表<sup>[11]</sup>。山杨林林内开阔、光照充分, 特别是群落内的草本种类、数量在该地区森林群落中最为丰富, 而草本植物丰富度对群落物种丰富度贡献很大, 这可能是导致群落的物种多样性较高的原因。

该区水热配合状况较好的地段是辽东栎林, 辽东栎林是暖温带落叶阔叶林区的代表类型。但其群落物种多样性却并不是 5 类森林中最高的。其原因可能有 2 个方面: (1) 辽东栎林分布地段地形坡度较小, 而且林分趋于老化, 使得环境异质性降低, 这导致了多样性的降低; (2) 因为该区发育时间较长的森林群落内草本植物种类单调, 优势种多为大披针苔草 (*Carex lanceolata*), 而且大披针苔草的重要值与其它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较低。

### 2.2 植物生长型与物种多样性的关系

植物生长型(growth form)是表征群落外貌特征和垂直结构的重要指标<sup>[2]</sup>。基于研究区群落的结构特征, 主要讨论乔木层、灌木层和草本层的物种多样性。3 个主要层次的物种多样性如表 2。表 2 乔木层中辽东栎林的 Shannon- Wiener 指数、Margalef's 指数和丰富度最高, 山杨林的 Evenness 均匀度和 Simpson's Diversity(1/Dominance) 指数最高; 灌木层中辽东栎林的 Shannon- Wiener 指数最高, 山杨林的丰富度最高; 草本层中山杨林的 Shannon- Wiener 指数、Margalef's 指数和丰富度最高。因此, 将各多样性测度指标进行全面考虑, 3 个主要层次的物种多样性: 辽东栎林中乔木和灌木多样性较高; 山杨林草本多样性较高。对表 2 中数据进行 *t*- 检验, 得表 3。

表 2 及表 3 表明, 各群落物种丰富度(Richness)表现出草本层> 灌木层> 乔木层的特点。从物种多样性指数 Shannon- wiener, Margalef's, Simpson's Diversity(1/Dominance) 来看, 物种多样性草本层> 灌木层> 乔木层。从均匀度(evenness)来看, 乔木层

显著小于灌木层, 乔木层显著小于草本层, 而草本层与灌木层无明显差异。群落的均匀度是指群落中各个种的多度或重要值的均匀程度, 它所表征的是群落观察多样性与群落种数以及总个体数相同时的可能最高多样性之间的比率<sup>[15]</sup>。

因此从总体上说, 该区森林群落中乔木、灌木和草本 3 层多样性顺序是草本 > 灌木 > 乔木。这反映出群落的结构与组织化水平, 即乔木层和灌木层间重要值差异较大, 优势种表现明显; 而草本层则相反,

优势成分不明显, 也就是说草本层中十分富集和十分稀少的种都较少, 常见种与稀少种的差距较小。灌木层与草本层的物种丰富度差异很大, 但均匀度无明显差别, 说明这 2 层的多度分布较接近。各群落间 3 个层次的物种多样性与群落物种多样性稍有不同。比如山杨林乔木层、灌木层的多样性程度都比辽东栎林的低, 但其群落物种多样性大于辽东栎林。这表明山杨林下草本的多样性程度最高。许多研究都表明处在较早的演替阶段的群落其草本多样性较高<sup>[18]</sup>。

表 2 3 个层次的物种多样性

植物群落	Shannon-wiener	Margalef's	Evenness	Simpson's Diversity (1/Dominance)	Richness	
乔木层	油松林	1.48 ± 0.69	1.28 ± 0.75	0.90 ± 0.18	3.98 ± 1.16	5.67 ± 1.50
	山杨林	1.48 ± 0.79	1.30 ± 0.79	0.93 ± 0.04	4.64 ± 2.41	6.17 ± 3.43
	辽东栎林	1.63 ± 0.36	1.42 ± 0.46	0.90 ± 0.04	4.53 ± 1.38	6.50 ± 2.07
	白桦林	1.22 ± 0.82	0.75 ± 0.51	0.98 ± 0.02	3.91 ± 2.01	4.25 ± 2.22
	侧柏林	0.75 ± 0.54	0.45 ± 0.33	0.92 ± 0.06	2.24 ± 1.11	2.62 ± 1.33
灌木层	油松林	2.29 ± 0.32	2.35 ± 0.57	0.95 ± 0.03	9.38 ± 3.06	11.33 ± 2.94
	山杨林	2.50 ± 0.45	2.71 ± 0.82	0.97 ± 0.01	12.06 ± 4.51	14.17 ± 5.08
	辽东栎林	2.51 ± 0.24	2.58 ± 0.54	0.97 ± 0.02	11.73 ± 2.86	13.83 ± 3.43
	白桦林	1.59 ± 0.67	1.31 ± 0.86	0.98 ± 0.03	5.67 ± 4.51	6.25 ± 5.19
	侧柏林	1.97 ± 0.40	1.52 ± 0.50	0.98 ± 0.01	7.44 ± 2.95	7.92 ± 3.07
草本层	油松林	2.92 ± 0.30	3.60 ± 0.96	0.97 ± 0.01	17.69 ± 4.89	21.17 ± 6.68
	山杨林	3.46 ± 0.18	5.44 ± 0.92	0.98 ± 0.01	30.11 ± 4.90	35.02 ± 6.48
	辽东栎林	3.14 ± 0.42	4.33 ± 1.33	0.97 ± 0.01	22.92 ± 8.31	26.83 ± 9.56
	白桦林	2.70 ± 0.27	3.05 ± 0.71	0.95 ± 0.01	13.68 ± 4.21	17.50 ± 5.07
	侧柏林	2.58 ± 0.29	2.68 ± 0.77	0.98 ± 0.01	13.05 ± 4.26	14.62 ± 5.03

表 3 3 层物种多样性的 t-检验

多样性指数	乔木—灌木	乔木—草本	灌木—草本
Shannon-Wiener	- 11.920 <sup>++</sup>	- 18.843 <sup>++</sup>	- 10.751 <sup>++</sup>
Margalef's	- 12.205 <sup>++</sup>	- 15.947 <sup>++</sup>	- 9.415 <sup>++</sup>
Evenness	- 6.027 <sup>++</sup>	- 5.600 <sup>++</sup>	- 0.443
Simpson's Diversity	- 11.039 <sup>++</sup>	- 12.393 <sup>++</sup>	- 8.601 <sup>++</sup>
Richness	- 10.379 <sup>++</sup>	- 12.568 <sup>++</sup>	- 8.889 <sup>++</sup>

### 3 结 论

(1) 陕北黄土高原 5 种森林群落的物种多样性无论是用物种多样性 (Shannon-Wiener 指数、Margalef's 指数、Simpson's 指数 (1/Dominance)) 还是用均匀度指数 (Evenness) 和物种丰富度 (Richness) 来测度, 其结果均一致。5 类中山杨林多样性程度最高; 辽东栎林和油松林次之; 白桦林和侧柏林多样性程度较低。

(2) 物种多样性在植物群落垂直结构上的分布特点是: 草本层的物种丰富度、多样性程度大于灌木层, 灌木层大于乔木层; 草本层均匀度与灌木层相差不明显, 但二者显著大于乔木层。

### [ 参 考 文 献 ]

[ 1 ] 谢晋阳, 陈灵芝. 暖温带落叶阔叶林的物种多样性特征 [J]. 生态学报, 1994, 14(4): 337—344.

[ 2 ] 马克平, 黄建辉, 陈灵芝. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 [J]. 生态学报, 1995, 15(3): 268—277.

[ 3 ] Naem S, Li S. Biodiversity enhances ecosystem reliability [J]. Nature, 1997, 390: 507—509.

[ 4 ] Tilman D. The ecological consequences of changes in biodiversity: a research for general principles [J]. Ecology, 1999, 80: 1455—1474.

[ 5 ] 陈昌笃. 陕甘边境子午岭稍林区的植被及水土保持上的作用 [J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1958(2): 152—223.

[ 6 ] 朱志诚. 陕北黄土高原辽东栎林的类型和演替 [J]. 西北大学学报, 1991, 21(1): 57—70.

[ 7 ] 朱志诚. 陕北黄土高原白桦林初步研究 [J]. 西北大学学报, 1994, 24(5): 455—459.

[ 8 ] 朱志诚. 秦岭北坡及陕北黄土高原区油松林初步研究 [J]. 西北植物学报, 1987, 7(2): 73—82.

为土壤改良剂改良土壤效果的确显著, 而且随着浓度的增加, 这种作用的效果呈现明显增加趋势, 并且浓度达到某一值时, 作用效果趋于稳定。因此, 通过以上实验研究, 可以确定各聚合物的最适浓度及适宜用量(如表 5)。从表 5 可以看出: 聚合物改良土壤在最适宜范围内每  $1 \text{ m}^2$  只需 1.50 元左右, 用在水土保持领域当中, 易操作, 价格低廉, 经济可行, 效果明显, 因此具有很大应用前景。

表 5 聚合物的最适浓度及适宜用量

化合物	适宜浓度 / %	适宜用量	价格
聚丙烯酸	4.8 ~ 6.0	116 ~ 145 ml/m <sup>2</sup>	10 元/kg, 1.56 元/m <sup>2</sup>
聚乙烯醇	1.6	38.8 g/m <sup>2</sup>	5 元/kg, 0.65 元/m <sup>2</sup>
脲醛树脂	10.0	242.0 ml/m <sup>2</sup>	15 元/kg, 1.64 元/m <sup>2</sup>

### 3 结 语

通过高分子聚合物对土壤物理性质影响的试验研究, 可以得出以下结论:

(1) 施用 3 种高分子聚合物后不同程度地改善了土壤结构, 增强了土壤孔隙度、持水性和透水性, 提高了土壤肥力。实验结果表明: 它们平均水稳性团粒含量较对照增加 17.27%, 渗透速率提高 41.81%, 容重减少 11.18%, 土壤持水能力较对照提高 2.8 倍, 是很好的土壤结构改良剂。

(2) 3 种化合物作用效果相比而言, 聚丙烯酸改

良土壤效果尤为明显, 尤其在浓度 4.0% ~ 6.0% 即 116 ~ 145 ml/m<sup>2</sup> 时, 水稳性团粒含量较对照增加 31.20%, 土壤入渗速率最大, 较对照提高 62.50%, 容重减少了 15.62%, 保水能力较对照提高 3.1 倍。其次为脲醛树脂, 适宜浓度 10.0%。聚乙烯醇最差, 适宜浓度 1.6% 左右。

(3) 在今后还需进一步解决以下几个问题: 研究用聚合物创建人工团粒的机理; 高分子聚合物改良剂的结构和改良效果之间的关系; 延长改良剂应用持续期, 降低施用量; 研制出高效低廉多功能、对环境无污染的改良剂。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 吴增芳. 土壤结构改良剂[M]. 北京: 科学出版社, 1976. 36—41.
- [2] 张宏伟, 龙明杰. 腐植酸接枝共聚物对赤红壤改良的研究[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 115—118.
- [3] 中国科学院南京土壤植物研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质的测定[M]. 北京: 科学出版社, 1979. 37—40.
- [4] 刘义新, 江玉平, 等. 聚乙烯醇对香料烟产量、质量及土壤结构的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(3): 294—298.
- [5] 夏海江, 等. 聚丙烯酰胺对土壤物理性质的影响[J]. 水土保持研究, 1997, 4(4): 81—88.
- [6] 龙明杰, 张宏伟, 等. 聚合物在水土保持中的应用[J]. 水土保持通报, 2000, 20(3): 5—9.

(上接第 41 页)

- [9] 朱志诚. 关于秦岭及陕北黄土高原区侧柏林初步研究[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1982, 6(2): 95—104.
- [10] 朱志诚. 秦岭北坡及陕北黄土高原区辽东栎林初步研究[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1984, 8(4): 279—293.
- [11] 朱志诚, 黄可. 秦岭北坡及陕北黄土高原区山杨林初步研究[J]. 西北植物学报, 1991, 11(1): 71—85.
- [12] 岳明. 陕西南部侧柏林演替时期的划分及其特征[J]. 植物生态学报, 1998, 22(4): 327—335.
- [13] 相辉, 岳明. 陕北黄土高原森林植被数量分类及环境解释[J]. 西北植物学报, 2001, 21(4): 726—731.

- [14] 岳明. 陕北黄土区森林地带侧柏种群结构及动态初探[J]. 武汉植物学研究, 1995, 13(3): 231—239.
- [15] 岳明. 秦岭及黄土区辽东栎林的物种多样性特征[J]. 西北植物学报, 1998, 18(1): 124—131.
- [16] 朱志诚. 陕北黄土高原森林及草原的范围[J]. 植物生态学与地植物学报, 1983, 7(2): 122—131.
- [17] 中国科学院生物多样性委员会. 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. 142—157.
- [18] 贺金生, 陈伟烈. 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征[J]. 生态学报, 1997, 17(1): 91—99.