

黄土丘陵沟壑区退耕地主要自然恢复植物群落的多样性分析

白文娟^{1,3}, 焦菊英^{1,2}

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100;

2. 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:分别采用物种丰富度指数、多样性指数、Pielou 均匀度指数 J 、Sorenson 指数 (C_s) 和 Bray - Curtis 指数 (C_N) 对黄土丘陵沟壑区退耕地自然恢复群落的多样性进行了初步研究。结果表明: (1) 除丰富度指数变化不明显外, 其它 3 个多样性指数都反映出基本一致的变化趋势, 即随着退耕年限的增加, 多样性指数和均匀度指数的总趋势都是增加的, 但变化比较平缓; (2) 相似性系数 Sorenson 指数 (C_s) 的测度表明, 每一群落类型总是与退耕年限最邻近的群落具有最高的相似度。随着退耕年限的增加, 植物群落进一步发育, 群落物种组成差异不断增加, 群落之间的生态距离逐渐变远。而 Bray - Curtis 指数 (C_N) 的测度结果与 C_s 不同。这种差异在一定程度上是对生境破碎化的一种反映。

关键词:多样性; 退耕地; 黄土高原

中图分类号: X171.1; X176

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)03-0140-03

Analyses on Diversity of Primary Natural Restoration Vegetation Communities in Abandoned Croplands in the Hilly-gullied Region of the Loess Plateau

BAI Wenjuan^{1,3}, JIAO Ju-ying^{1,2}

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Science and Technology

University of Agriculture and Forestry, Yangling Shaanxi 712100, China;

3. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: The richness index (Margalef index), diversity indices (Simpson index and Shannon-Wiener index), Pielou evenness index, Sorenson index, Bray-Curtis index were used respectively to analyze the diversity of natural restoration vegetation communities in abandoned croplands in the hilly-gullied region of the Loess Plateau. The results showed that: (1) these diversity indices expect the richness index revealed a similar pattern. Diversity indices and evenness index increased gradually with the increase of abandoned time, but the change was not so fast; (2) Sorenson's similarity index (C_s) indicated that the similarity between every community and its nearest abandoned time was the highest. As abandoned time increased, plant communities developed continuously and the species composition changed while Bray-Curtis index showed the inverse trend. The fluctuation of diversity indices indicates that, to a certain extent, the studied area was fragmented.

Key words: diversity; abandoned cropland; Loess Plateau

物种多样性是群落的重要特征, 为生态系统功能的运行和维持提供种源基础和支撑条件^[1]。通过对群落物种多样性的研究, 可以很好地认识群落的组成、变化和发展^[2], 而且对于退化生态系统功能的恢复和生物多样性保护具有重要的理论和实践意义。目前, 我国在物种多样性方面已进行了大量的研究^[1-10], 但在水土流失最为严重的黄土丘陵沟壑区则较为薄弱。为此, 本文以黄土丘陵沟壑区具有典型代表性的安塞为研究区域, 对该区退耕地自然恢复植物群落进行了取样调查, 以了解其物种多样性特征, 为该区域退耕地植被恢复提供决策依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区为处于典型梁峁状丘陵沟壑区的安塞, 位于 105°

51 44 ~ 109 26 18 E, 36 22 40 ~ 36 32 16 N, 海拔高度变化在 997 ~ 1 731 m。安塞属暖温带半干旱气候区, 年平均降水量 500 mm 左右, 年平均蒸发量 1 000 mm, 无霜期 160 ~ 180 d, 年日照时数 2 352 ~ 2 573 h, 10 积温 2 866, 年均气温 8.9^[11]。安塞处于暖温带森林草原区, 天然森林已全遭破坏, 人工林以刺槐 (*Robinia pseudoacacia*)、小叶杨 (*Populus simonii*)、柠条 (*Caragana intermedia*)、沙棘 (*Hippophae rhamnoides*) 为主; 荒坡主要为铁杆蒿 (*Artemisia gmelinii*)、芨蒿 (*Artemisia giraldii*)、长芒草 (*Stipa bungeana*)、白羊草 (*Bothriochloa ischaemum*) 等组成的处于不同演替阶段的草本植物群落, 多数荒坡因过度放牧成为退化草地^[12]。土壤类型主要为黄绵土, 其中粉粒占 64% ~ 73%, 黏粒占 17% ~ 20%, 土质疏松, 抗蚀抗冲性差, 水土流失严重^[13]。

收稿日期: 2005-11-01

基金项目: 国家自然科学基金“黄土丘陵沟壑区退耕地植被恢复与土壤环境的互动效应”(40271074); 西北农林科技大学“青年学术骨干支持计划”项目(01140301)

作者简介: 白文娟(1979 -), 女, 山西榆次人, 硕士研究生, 主要从事水土保持环境效应评价研究。

1.2 野外调查

2003 年 7 月对不同退耕年限自然恢复的植物群落及其立地条件进行了调查,共调查样地 34 个。样地调查包括退耕年限、坡度、坡向、坡位、植物群落、盖度、经纬度、海拔高度等;植被样方调查包括植物的种类、盖度、数量、高度、地上生物量和频度等,样方大小为 2 m × 2 m。

1.3 群落分类

利用 VESPAN FOR WINDOWS NT/95 软件(由英国帝国理工学院农业科学系提供),采用 TWINSpan (Two Way Indicator Species Analysis)分类,以物种的盖度信息对退耕地主要植物群落进行分类。

1.4 物种多样性的测度

本文应用最常用的物种丰富度指数(Margalef 指数 M_a),多样性指数(Simpson 指数 D 与 Shannon - Wiener 指数 H)和 Pielou 均匀度指数(J)作为多样性的测度^[14],其中:

$$M_a = (S - 1) / \ln N$$

$$D = 1 / \sum p_i^2$$

$$H = - \sum p_i \ln p_i$$

$$J = (\sum p_i \ln p_i) / \ln S$$

式中: N ——所有物种个体总数, S ——种 i 所在样方的物种总数, p_i ——种 i 的相对重要值(相对高度 + 相对盖度 + 相对频度)

多样性是群落环境异质性的表征,是群落多样性的重要内容,它可以定义为沿着环境梯度的变化物种替代的程度^[15],也有人称为物种周转速率(species turnover rate)、物种替代速率(species replacement rate)和生物变化速率(rate of biotic change)^[16]。多样性指示生境被物种分割的程度,用来比较不同地段的生境多样性,与多样性一起构成了总体多样性(overall diversity)或一定地段的生物异质性(biotic heterogeneity)。多样性的测度方法可以分为二元属性数据测度法和数量数据测度法^[7]。本文采用应用最广、效果最好的二元属性数据测度 Sorenson 指数(C_s)和数量数据测度指数 Bray - Curtis 指数(C_N)来分析群落的多样性,其中:

$$\text{Sorenson 指数 } C_s = 2j / (a + b)$$

式中: j ——两个群落或样地共有种数; a 、 b ——样地 A 和样地 B 的物种数。

$$\text{Bray - Curtis 指数 } C_N = 2jN / (aN + bN)$$

式中: aN ——样地 A 的个体数之和, bN ——样地 B 的个体数之和; jN ——样地 A (jNa) 和 B (jNb) 共有种中个体数目较小者之和。计算过程中用种的重要值代替个体数,因为每一物种在群落中的个体数多少不能反映群落结构和功能的真实信息。草地群落重要值(IV) = 相对高度 + 相对盖度 + 相对频度^[17]

2 结果与分析

2.1 退耕地植物群落分类

采用 TWINSpan (Two Way Indicator Species Analysis)分类,以物种盖度作为样地的物种信息,分为 6 级: 0.1% ~ 4.0%, 4.1% ~ 10%, 10.1% ~ 25%, 25.1% ~ 33%, 33.1% ~ 50%, 50.1% ~ 100%^[18], 即分割水平为 0.1%, 4.1%, 10.1%, 25.1%, 33.1% 和 50.1%。在 5 级分类水平上,划分出了 8 个群落类型(图 1): 群落 I ——猪毛蒿(*Artemisia scoparia*) + 苦苣菜(*Ixeris denticulata*) + 小薊(*Cirsium segetum* Bunge) 群落(平均年龄为 3.4 年); 群落 II ——赖草(*Leymus scalinus*) + 猪毛蒿 + 达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica*) 群落(平均年龄为 6.2 年); 群落 III ——长芒草

+ 达乌里胡枝子 + 糙隐子草(*Cleistogenes uarrosa*) 群落(平均年龄为 15.2 年); 群落 IV ——铁杆蒿 + 长芒草 + 达乌里胡枝子群落(平均年龄为 17.7 年); 群落 V ——达乌里胡枝子 + 长芒草 + 白羊草群落(平均年龄为 24.0 年); 群落 VI ——白羊草 + 达乌里胡枝子 + 铁杆蒿群落(平均年龄为 26.0 年); 群落 VII ——大针茅 + 铁杆蒿群落(平均年龄为 40.0 年); 群落 VIII ——草木樨状黄耆 + 大针茅 + 达乌里胡枝子群落(平均年龄为 50 年)。

2.2 群落的多样性变化

图 2、图 3 和图 4 分别显示了研究区退耕地 8 个植物群落的丰富度指数、均匀度指数和多样性指数的变化情况。从中可以看出除丰富度指数变化不明显外($M_a = 1.09 \sim 2.27$),其它 3 个指数都反映出基本一致的变化趋势,即随着退耕年限的增加,多样性指数和均匀度指数的总趋势都是增加的,但它们与退耕年限的关系并非简单的线性相关,而且变化也比较平缓($D = 0.54 \sim 0.76$, $H = 1.11 \sim 1.86$, $J = 0.17 \sim 0.35$)。这主要是因为退耕地物种组成差异不是非常的明显,只是盖度或多或少而已;再加上多样性指数是丰富性和均匀性的综合反映,而且受均匀性的影响较大。因此,在丰富性变化不明显而均匀性增加的情况下,多样性必然有逐渐增高的趋势。该结果也与他人的研究结果相符^{[8][19]},即随着退耕年限的增加,多样性有逐渐增高的趋势。

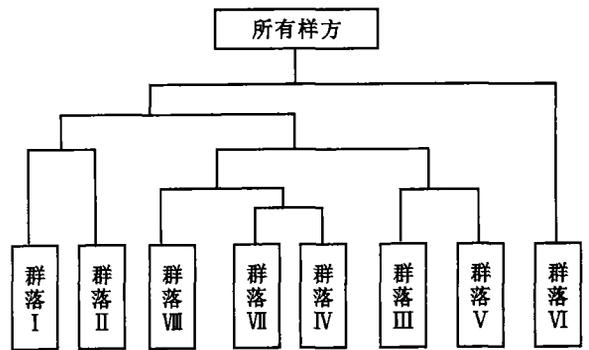


图 1 样方的 TWINSpan 分类树状图

2.3 群落的多样性变化

多样性包括不同群落间物种组成的差异。不同群落或环境梯度上不同点之间的共有种越少,群落相似性越小,多样性就越大^[7]。从表 1 群落相似性系数 Sorenson 指数(C_s)可以看出,每一群落类型总是与退耕年限最邻近的群落具有最高的相似性,其组成和结构较为相似。随着退耕年限的增加,植物群落进一步发育,群落物种组成差异性不断增加,群落之间的生态距离逐渐变远,这也从一定程度上说明了植被演替过程中物种组成结构的延续性和递进性。同时,也可以发现群落的特殊性,如,群落 I 的退耕年限最长,但是它与退耕年限相距较远的群落相似性相对比较大,这可能是由于该群落所处的局部小环境所造成的。因为多样性的变化除了主要决定于退耕年限外,还与局部小环境有关。另外,利用数量数据的测度公式 Bray - Curtis 指数(C_N)得出的结果(表 2)与属性数据的测度公式 Sorenson 指数(C_s)缺乏相似的变化趋势。这可能是由于二元属性数据仅对物种的存在与否进行测度,而对反映群落变化尤其是由人类活动干扰所引起的变化是不敏感的。而数量属性数据不仅对物种的存在与否,而且还对物种水平的有关数量特征进行测度,所以对环境特别是由于人类活动所引起的群落变化相当敏感^[9]。另外,不同属性数据的多样性变化趋势的差异在一定程度上是对生境破碎化的一种反映,这与高贤明在北京

东灵山地区得到的结论一致^[9]。

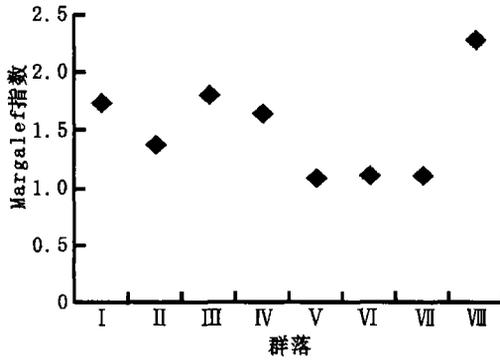


图 2 自然恢复群落的丰富度变化

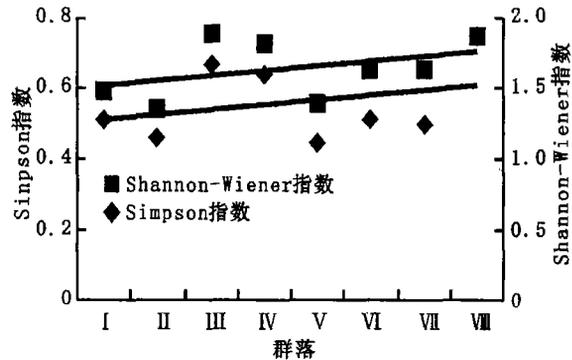


图 4 自然恢复群落的多样性变化

表 1 Sorenson 指数 (Cs)

群落	群落	群落	群落	群落	群落	群落	群落	
群落	1.000							
群落	0.588	1.000						
群落	0.533	0.510	1.000					
群落	0.531	0.550	0.653	1.000				
群落	0.511	0.474	0.511	0.556	1.000			
群落	0.455	0.343	0.409	0.667	0.516	1.000		
群落	0.167	0.148	0.278	0.320	0.348	0.400	1.000	
群落	0.419	0.412	0.372	0.500	0.533	0.593	0.316	1.000

表 2 Bray - Curtis 指数 (CN)

群落	群落	群落	群落	群落	群落	群落	群落
群落	—						
群落	0.416	—					
群落	0.497	0.315	—				
群落	0.352	0.260	0.642	—			
群落	0.425	0.201	0.613	0.475	—		
群落	0.360	0.184	0.562	0.435	0.511	—	
群落	0.077	0.022	0.215	0.087	0.201	0.634	—
群落	0.186	0.081	0.169	0.146	0.197	0.417	0.580

3 结论与讨论

采用 TWINSpan 分类对黄土高原丘陵沟壑区的典型

参考文献:

[1] 张继义,赵哈林,张铜会,等. 科尔沁沙地植被恢复系列上群落演替与物种多样性的恢复动态[J]. 植物生态学报, 2004, 28 (1): 86 - 92.

[2] 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.

[3] Li Xin - rong. Study on shrub community diversity of Ordos Plateau, Inner Mongolia, Northern China[J]. Journal of Arid Environments, 2001, 47: 271 - 279.

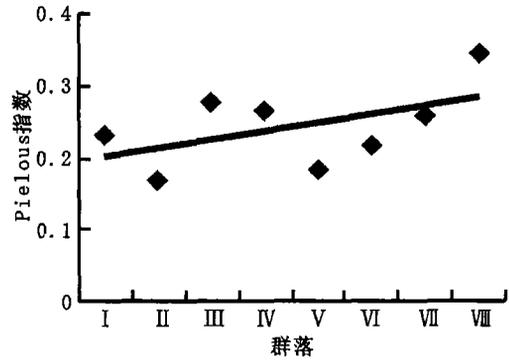


图 3 自然恢复群落的均匀度变化

代表安塞的退耕地主要自然恢复植被样方进行了分类, 得出该区在 50 年的时间中, 退耕地的主要植物群落依次有猪毛蒿为优势种的群落、赖草为优势种的群落、长芒草为优势种的群落、铁杆蒿为优势种的群落、达乌里胡枝子为优势种的群落、白羊草为优势种的群落、大针茅为优势种的群落、草木樨状黄耆为优势种的群落, 而群落的物种组成表现出较强的延续性和递进性。

在群落的发展过程中, 群落物种多样性总趋势是增加的。这与张金屯在晋西吕梁山^[8]、李永强在锡林郭勒典型草原区^[9]、杨小波在海南琼北地区^[20]的研究结果相近。但由于黄土丘陵沟壑区地形地貌复杂、气候环境干旱少雨、再加上长期放牧等人类活动等多种因素的干扰, 群落物种多样性增加的趋势不是非常明显, 这在一定程度上说明了黄土丘陵沟壑区退耕地的自然恢复还是一个比较缓慢的生态过程。如果从土壤结构、土壤养分等方面综合考虑, 该区退耕地的自然恢复时间可能将会更长^[19]。因此, 有必要充分利用退耕地植被演替规律, 引入演替后期阶段的物种进行及时补播, 缩短演替时间, 来加速退耕地植被恢复进程, 促进黄土丘陵沟壑区水土流失的防治。

同时, 植物多样性是退化生态系统恢复与重建的重要内容与标志^[21]。加速退化生态系统的恢复与重建无论对于改善区域生态环境还是对于生态系统生产力的提高都具有非常重大的意义。因此, 现在退化生态系统的恢复和生物多样性保护已得到了世界各国的关注和普遍重视。黄土丘陵沟壑区由于强烈的水土流失造成其生态系统已处于极度退化的状态, 是黄土高原乃至我国生态环境最为脆弱的地区, 该区植物群落多样性由于受多种因素的干扰其研究还比较复杂, 仍需做进一步的深入探究, 以为该区的生态系统恢复与重建提供理论依据。

致谢: 承蒙中国科学院安塞水土保持生态试验站提供野外工作条件, 温仲明、焦峰、徐朗然、张桂英、马祥华、卜耀军、赫晓惠和史婉丽等同志参与了野外调查工作, 伦敦帝国理工大学的 Jonathan Mitchley and Joseph Tzanopoulos 为本文的分析提供了帮助, 在此特表感谢。

脆弱;(2)地下水位降幅在 0~5 m 之间,天然植被覆盖变化不大,但新垦耕地与其争夺表现较为激烈;天然植被覆盖变化敏感区间为 5~8 m;严重衰败现象出现于超过 10 m 的降幅范围内;(3)地下水位降幅为 10~18 m 时,由于天然植被衰退面积超过原有覆盖面积 2/3,导致迪坎儿乡西北方向的半固定沙丘面积增加超过 1 500 hm²,已出现与鄯善库姆塔格沙漠相连的趋势,这种变化将会使该区域成为新的沙尘策源地。



图3 典型研究区地下水位降幅等值线与天然植被变化图谱的空间叠置图层
(1990年、2004年天然植被分别以深色、浅色显示)

3 结论

(1)研究区西北方向缺乏地下水观测井布控,故在此区域通过 GIS 空间分析获取的插值误差会大些。

(2)运用地理统计学的方法研究不同尺度的区域会得到不同的结果,本文为中尺度的研究区,因此还需要进行大尺度的套合研究。

(3)研究区每年新增机井迅猛,其中以吐峪沟乡、鲁克沁乡最为突出,近 8 年来平均超过 40 眼。因此,最深降幅位于此地,超过 30 m,大部分绿洲居于 20~30 m 之间,并由北向南呈环状递减。

(4)地下水位降幅位于 5~8 m 之间为天然植被覆盖变化敏感区间;降幅超过 10 m 天然植被将会出现严重衰败。

(5)天然植被大面积向绿洲东北方向退缩,半固定沙丘面积增大,将成为新的沙尘策源地,绿洲生态环境更为脆弱。

(6)科学、合理利用地下水资源,其降幅应尽量控制在天然植被严重衰退的区间内,从而遏制绿洲生态环境继续恶化,以维持干旱区域可持续发展。

致谢:本文源于中日政府合作项目“新疆吐鲁番盆地地下水可持续利用研究”(70361001),SPOT 影像为日方 JICA 株式会社提供,在此表示感谢。同时,非常感谢新疆维吾尔自治区水利厅、水文水资源局、档案局、吐鲁番地区水利局及鄯善县水利局给予的大力协助。

参考文献:

- [1] 吐鲁番市统计局.吐鲁番统计年鉴[Z].北京:中国统计出版社,1949-2004.
- [2] 王政权.地质统计学及其在生态学中的应用[M].北京:科学出版社,1999.1-149.
- [3] 林辉,赵双泉,赵煜鹏.遥感数字图像的无缝镶嵌[J].中南林学院学报,2004,24(1):83-86.
- [4] 衣伟宏,杨柳,张正祥.基于 ETM+ 影像的扎龙湿地遥感分类研究[J].湿地科学,2004,2(3):208-212.
- [5] Louisa J M Jansen, Antonio Di Gregorio. Parametric land cover and land-use classifications as tools for environmental change detection[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2002,91:89-100.

(上接第 142 页)

- [4] 高贤明,黄建辉,万师强,等.秦岭太白山弃耕地植物群落演替的生态学研究:演替系列的群落多样性特征[J].生态学报,1997,17(6):619-625.
- [5] 刘建军,崔宏安,王得祥,等.延安市张梁试区退耕地植被自然恢复与多样性变化[J].西北林学院学报,2002,17(3):8-11.
- [6] 李新荣,张景光,刘立超,等.我国干旱沙漠地区人工植被与环境演变过程中植物多样性的研究[J].植物生态学报,2000,24(3):257-261.
- [7] 马克平,刘灿然,刘玉明.生物群落多样性的测度方法:多样性的测度方法[J].生物多样性,1995,3(1):38-43.
- [8] 张金屯,柴宝峰,邱扬,等.晋西吕梁山严村流域撂荒地植物群落演替中的物种多样性变化[J].生物多样性,2000,8(4):378-384.
- [9] 高贤明,马克平,黄建辉,等.北京东灵山地区植物群落多样性的研究:XI.山地草甸多样性[J].生态学报,1998,18(1):24-32.
- [10] 张林静,岳明,张远东,等.新疆阜康绿洲荒漠过渡带植物群落物种多样性特征[J].地理科学,2003,23(3):329-334.
- [11] 高旺盛,董孝斌.黄土高原丘陵沟壑区脆弱农业生态系统服务评价—以安塞县为例[J].自然资源学报,2003,18(2):182-188.
- [12] 李代琼,姜峻,梁一民,等.安塞黄土丘陵区人工草地水分有效利用研究[J].水土保持研究,1996,3(2):66-74.
- [13] 王军,傅伯杰,邱扬,等.黄土高原小流域土壤养分的空间异质性[J].生态学报,2002,22(8):1173-1178.
- [14] 马克平,刘玉明.生物群落多样性的测度方法:多样性的测度方法[J].生物多样性,1994,2(4):231-239.
- [15] Whittaker R H. Evolution and measurement of species diversity[J]. Taxon, 1972,21:213-251.
- [16] Pielou E C. Ecological Diversity[M]. New York:John Wiley & Sons Inc.,1975.
- [17] 董鸣.陆地生物群落调查与观测分析[M].北京:中国标准出版社,1997.3-23.
- [18] Rodwell J S Ed. British Plant Communities, Volume 1[M]. Cambridge University Press, 1991.13.
- [19] 李永强,许志信.典型草原区撂荒地植物群落演替过程中物种多样性变化[J].内蒙古农业大学学报,2002,23(4):26-31.
- [20] 杨小波,张桃林,吴庆书.海南琼北地区不同植被类型物种多样性与土壤肥力的关系[J].生态学报,2002,22(2):190-196.
- [21] 李裕元,邵明安.子午岭指标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.