

旱泉沟流域次生植被不同恢复阶段的多样性特征

姚强, 赵成章*, 郝青, 董小刚

西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070

摘要: 采用 TWINSpan 和 DCA 对旱泉沟流域次生植物群落进行了数量分类和排序, 将植物群系划分为不同的群落类型, 显示出植被群落的分布格局。在此基础上, 应用物种丰富度、Simpson 优势度指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数分别研究不同植被群落类型物种多样性。通过各种指数对比, 得出以下结论: ①植被被划分为 7 个群落类型, 代表了植被恢复的不同阶段; ②对于特定的研究区域茶树沟, 制约植被群落类型、植物种分布格局的主要因素是水分和热量; ③从阶段 I 到阶段 VII, Simpson 优势度指数, 乔木、灌木、草本基本持平, Shannon-Wiener 多样性指数为乔木 < 灌木 < 草本, Pielou 均匀度指数, 乔木 > 草本 > 灌木, 物种丰富度逐渐升高。群落的物种组成和空间结构逐渐复杂化, 并趋于稳定。

关键词: 旱泉沟流域; 次生植被; 物种多样性; TWINSpan 分类; DCA

中图分类号: Q945; Q948

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2010) 04-0849-05

作为地球陆地上物种丰富、结构复杂的森林生态系统, 在保护生物多样性、维持全球碳氧平衡、养分循环和调节气候变化等方面具有重要作用^[1-2]。但是随着人类活动范围急速扩大及干扰强度的加剧, 全球大多数森林都遭到了不同程度的破坏, 相应的, 次生林在提供资源以及生态系统服务功能方面的作用不断提高。如何恢复那些被人类破坏的森林退化生态系统以及如何保护现有天然林和次生林具有重要的科学价值和现实意义^[3], 因而以林次生演替为主的恢复生态学已经成为当今生态研究的热点^[4-5]。许多研究表明, 生物多样性的恢复是区域生态健康^[6-7]和实现可持续发展的重要指征^[8], 并且关系到生态系统的稳定性^[9-10]。因此研究清楚种群个体在水平空间的配置状况及分布样式, 用物种多样性来定量地, 直接和间接地体现群落和生态系统的结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度等, 对生态脆弱区的植被恢复是十分必要的。

旱泉沟流域地处东祁连山乌鞘岭脚下, 由于各种因子的干扰, 植被群落结构渐趋简单、生态功能已经衰退, 要恢复当地正常的生态秩序就必须对生态系统进行重建。自 20 世纪 80 年代末祁连山自然保护区建立, 就对乔木林区施行了封育禁伐。经过近 20 年的休养生息, 天然林保护区形成了较为复杂的次生植被格局。近年来, 该地区次生植被的分布格局等方面已被广泛研究, 但对于植被不同恢复阶段多样性特征研究较少。本文定量分析了旱泉沟流域植被恢复过程中群落的种

类组成、结构特征及不同植物种群多样性变化规律。以期通过对植被恢复过程的研究, 掌握近 10 多年封山育林后植被恢复的总体情况, 对植被恢复的方向及规律有一定的了解。这对于该地区植被合理的加速恢复, 使在最短的时间内取得最好的效果, 具有重要且现实意义。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

旱泉沟流域位于甘肃省天祝藏族自治县中部, 属石羊河流域古浪河的源头, 是国家“天保工程”科技支撑项目“水源涵养林流域经营与综合培育技术综合示范”区, 位于 102°58'04"~103°01'04"E, 37°14'40"~37°20'13"N, 总面积 22.32 km²。整个地势呈南北走向, 南高北低, 地域狭长, 以中山地貌为主, 兼有黄土丘陵地貌, 海拔 2 420~3 306 m。气候属大陆性干旱、半湿润气候类型, 年均温 1.2 °C, 生长季 120~150 d, 生长季积温 733~2 000 °C, 年均降水量 488.6 mm, 蒸发量 1 234.2 mm^[11]。该区物种丰富, 天然植被以草地、灌木林地和乔木林为主, 是研究地理过度区植被恢复过程的一个理想场所。

1.2 样地设置及调查方法

2008 年 8 月以乌鞘岭林场茶树沟护林站的封育林地作为研究对象, 在向当地居民和林业局工作人员充分了解的基础上, 结合历史资料, 对研究地区进行全面踏查。在海拔 2 459~2 761 m 的范围内, 从代表着植被群落恢复不同阶段过程的样地上, 随机取了 28 个样方, 其中乔木样方 (10 m×10 m) 14 个, 灌木样方 (4 m×4 m) 8 个, 草本样方

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目 (2007BAD46B07); 西北师范大学知识与科技创新工程项目 (NWNNU-KJCXGC-03-20; NWNNU-KJCXGC-03-46)

作者简介: 姚强 (1983 年生), 男, 硕士, 研究方向为恢复生态学与生态经济。E-mail: yaoq001@163.com

***通讯作者:** 赵成章; E-mail: zhaocz@nwnnu.edu.cn

收稿日期: 2010-01-12

(1 m×1 m) 6 个, 并分别在每个乔木样方内取灌木样方 4 个 (4 m×4 m), 在每个灌木样方内取 1 个草本样方 (1 m×1 m)。对每个样方中植被种类组成, 种的盖度、多度、高度, 乔木的胸径、冠幅等数量指标进行了调查。同时记录每个样方的海拔高度、坡度、坡向等环境特征。28 个样方共记录 107 个植物种, 把频度<5%、盖度<5%的偶见种剔除后剩余的 96 种, 得 28×96 的原始数据矩阵, 进行分类和排序。

数量分类采用双向指示种分析法 (Two-way Indicator Species Analysis, TWINSpan), 排序用除趋势对应分析法 (Detrended Correspondence Analysis, DCA), 前者采用 PCORD4 软件包中 Hill (1979) 设计的 TWINSpan 进行群落分类, 后者用 CANOCO 分析软件完成。

1.3 数据分析

对每个样方分别计算乔木、灌木和草本植物的重要值:

乔木重要值= (相对盖度+相对频度+相对优势度) /300

灌木重要值= (相对频度+相对优势度) /200
草本重要值= (相对频度+相对优势度) /200
多样性指标采用:
物种丰富度 S=样地中所有物种的种数

Shannon-Wiener 多样性指数 $H = -\sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i)$

Simpson 优势度指数 $D = 1 - \sum_{i=1}^S (n_i / N)^2$

Pielou 均匀度指数 $E = H / \ln S$

式中, $P_i = n_i / N$, 为第 i 个物种的相对密度, N 为所有植物的个体数, n_i 为第 i 个物种的个体数。

为减小因面积变化对多样性指数的影响, 除物种丰富度外, 其余多样性指数均采用小样方多样性指数的平均值。

2 结果与分析

2.1 TWINSpan 分类

对旱泉沟流域的 28 样方进行 TWINSpan 等级分类, 划分为 9 个组, 但结合实际生态意义, 最终归并为 7 个组 (表 1), 代表 7 个群落类型。

表 1 旱泉沟流域植物群落的 TWINSpan 分类结果
Table 1 Classification of communities using TWINSpan in Hanquangou valley of Tianzhu county

组	样方编号	植被类型	盖度/%	海拔/m
I	1、6	银露梅+金露梅-早熟禾+艾蒿群丛 (Asso. <i>P. glabra</i> + <i>P. fruticosa</i> - <i>P. annua</i> + <i>A. princeps</i>)	66	2 468~2 625
II	10	老灌草-马先蒿群丛 (Asso. <i>G. wilfordii</i> - <i>P. artselaeri</i>)	100	2 530
III	7、8、9	山杨树-小檗+忍冬-赖草+乳白香青群丛 (Asso. <i>P. davidiana</i> - <i>B. brachypoda</i> + <i>L. kansuensis</i> - <i>L. secalinus</i> + <i>A. lactea</i>)	98	2 459~2 556
IV	2、3、4、5	山杨树+桦树-金露梅+小叶蔷薇-珠芽蓼+苔草群丛 (Asso. <i>P. davidiana</i> + <i>B. platyphylla</i> - <i>P. fruticosa</i> + <i>R. willmottiae</i> - <i>P. viviparum</i> + <i>Carex</i> SP.)	72	2 489~2 599
V	11、12、13、14、15、17、18	桦树-金露梅+小叶蔷薇-珠芽蓼+早熟禾群丛 (Asso. <i>B. platyphylla</i> - <i>P. fruticosa</i> + <i>R. willmottiae</i> - <i>P. viviparum</i> + <i>P. annua</i>)	100	2 550~2 687
VI	19、23、24、26	青海云杉+桦树-红果北极果+小叶蔷薇-珠芽蓼+菟丝子群丛 (Asso. <i>P. crassifolia</i> + <i>B. platyphylla</i> - <i>A. ruber</i> + <i>R. willmottiae</i> - <i>P. viviparum</i> + <i>C. chinensis</i>)	99	2 614~2 701
VII	16、20、21、22、25、27、28	青海云杉-金露梅+忍冬-赖草+珠芽蓼+苔草群丛 (Asso. <i>P. crassifolia</i> - <i>P. fruticosa</i> + <i>L. kansuensis</i> - <i>L. secalinus</i> + <i>P. viviparum</i> + <i>Carex</i> SP.)	100	2 692~2 761

该分类结果较为客观地对旱泉沟流域植被群落进行划分, 比较准确地揭示出植物群落类型与环境梯度之间的关系, 同时所划分群落的指示种也较为充分地反映了群落生境的特征。

2.2 DCA 排序

采用 DCA 对旱泉沟流域 28 个植被样方进行分析, 以前两个排序轴为坐标轴作群落排序值的散点图 (图 1), 28 个样方的 DCA 二维排序, 其结果较好地反映了植物群落之间以及群落与环境之间的生态关系。从排序轴来看, 第一轴基本上反映各植物群落所在的湿度梯度, 从左到右湿度逐渐增大。第二轴基本上反映各植物群落所在环境的温度变化, 至下而上气温逐渐降低, DCA 排序图的对角线基本上反映海拔梯度的变化, 即从左下到右上海拔逐渐升高。从群落类型来看, 各群落类型在

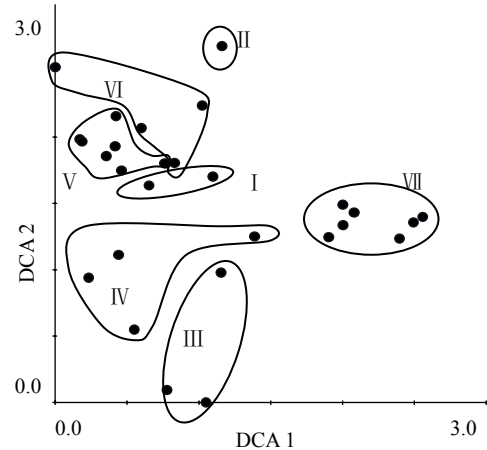


图 1 28 个样方的 DCA 二维排序图
Fig.1 Two-dimensional DCA ordination diagram of 28 quadrats in Hanquangou valley of Tianzhu county

排序图上有规律地分布。适宜于寒冷、湿润的高海拔生境的第Ⅵ、Ⅶ类森林群落位于排序图右上部；耐旱喜阳的第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类草本、草本小乔木群落位于排序图的最左端，同时它们的海拔也最低，受到人类影响最大，这表现在它的总盖度明显较海拔高的群落低；而对于Ⅴ类群落来说，生境范围较广，而位于排序图较为中心的位置。在排序图中，TWINSpan 分类结果得到很好的体现，二者结果的正确性得以相互印证。

2.3 不同植被群落多样性指数比较

物种多样性反映了群落的组织化水平，并通过结构与功能的关系间接地反映群落功能特征^[12]，是度量植被发育进程和稳定性的重要指标^[13]。以所分群丛代表植被恢复的不同阶段。计算各恢复阶段的物种多样性，其结果见表 2。

表 2 显示物种多样性、丰富度、优势度和均匀度指数在植被恢复不同阶段的差异。可以看出从阶段Ⅰ到Ⅶ，各层片的物种丰富度先明显升高，而后又逐渐降低，这种现象在草本植物表现的尤为明显，这说明随着植被的恢复，生境向着有利的方向改变，各植物种相继出现。当植被恢复到一定阶段，某一物种占优势，则抑制其他物种生长，如阶段Ⅶ，以青海云杉为优势建群种，在该样地中，郁闭度变大，这不利于喜阳的植物生长，再加上在竞争中其他物种完全处于下风，因此物种丰富度较前几个阶段开始下降。Shannon-Wiener 多样性指数的变化与物种多样性变化基本保持一致，而 Pielou 均匀度指数以灌木的最小，草本变化不是很大，但个层片之间的差别较大，达到了 0.89。Simpson 优势度指数变化趋势符合双峰模型。由于在此调查区域内，乔木种只有 3 种，且恢复程度相差较大，杨树桦树恢复年限一般为十多年，而青海云杉恢复年限大多为几十年，有的已达百年，因此，乔木种的各种指数变化较大。

3 结论

对次生植物群落恢复过程的预测，必须结合影响群落稳定性的各种因素加以综合评估，才能得出较客观的结论^[14]。植被恢复虽是在弃耕地上的裸地开始的，但不能完全排除群落原有植被及在恢复过程中受群落立地条件和群落周边环境的影响，如坡向、坡度、土壤理化性质、土壤水分、养分^[15]等的差异，会造成植被恢复速度和方向的不同。

本文用 TWINSpan 等级分类将乌鞘岭茶树沟的次生植被分为 7 个群落类型，分别代表了次生植被不同的恢复阶段。该分类较为准确地揭

表 2 不同恢复阶段生物多样性指数对比
Table 2 The comparison of biodiversity index in different restoration stages

群丛	分层	物种丰富度	Shannon-Wiener 指数	Simpson 指数	Pielou 指数
Ⅰ	乔木	0	0	0	--
	灌木	3	0.146	0.988	0.133
	草本	31	2.802	0.944	0.816
Ⅱ	乔木	0	0	0	--
	灌木	0	0	0	--
	草本	18	2.744	0.927	0.949
Ⅲ	乔木	1	0.109	0.746	1
	灌木	7	0.278	0.998	0.143
	草本	34	2.567	0.943	0.728
Ⅳ	乔木	2	0.235	0.991	0.339
	灌木	9	0.625	0.989	0.284
	草本	26	1.934	0.950	0.594
Ⅴ	乔木	1	0.081	0.993	1
	灌木	8	0.230	0.998	0.110
	草本	43	2.787	0.946	0.741
Ⅵ	乔木	2	0.306	0.996	0.441
	灌木	5	0.334	0.996	0.208
	草本	31	2.596	0.955	0.756
Ⅶ	乔木	1	0.270	0.861	1
	灌木	8	0.391	0.978	0.188
	草本	23	2.211	0.950	0.705

示了植物与植物之间及植物与其生境之间的关系，再结合 DCA 排序，更加客观的反映了植物群落的生态规律。

DCA 排序图明显反映出排序轴的生态意义，第一轴基本上突出反映了湿度变化，沿第一轴从左到右，湿度逐渐增大；第二轴主要表现了温度梯度，沿第二轴从下到上，温度逐渐降低。研究表明，在特定的研究区旱泉沟流域，制约植被群落类型、植物种分布格局的主要因素是海拔梯度，即水、热两个环境因子。

多样性是受群落本身及其所处环境条件等多种因素共同决定的。位于不同恢复阶段群落的物种多样性不同，一般随恢复过程的进展，群落的物种多样性和均匀度逐渐升高，优势度趋于下降，使群落的物种结构和空间组成趋向多元化、复杂化，逐渐趋于稳定^[16]。通过对不同样地的比较，各试验地群落、种群特征有所差异。从阶段Ⅰ到阶段Ⅶ，群落物种数量逐渐增加，物种丰富度逐渐提高，群落优势度指数、多样性指数也略有提高。各样地的覆盖度也逐渐增加，各个群落中物种数量也不断增加，群落多样性指数逐渐增大。Simpson 优势度指数反映群落中各种群优势状况，乔木、灌木、草本基本持平。Shannon-Wiener 多样性指数反映群落中物种的数目和个体之间的差异，其顺序为乔木<灌木<草本。Pielou 均匀度指数反映群落中个体的分配状况：乔木>草本>灌木。群落总体多样性指数的这种动态特征符合植物群落恢复过程中的多样性变化规律。

退化生态系统植被的恢复与重建,最有效和最省力的是顺从生态系统的恢复发展规律来进行,生态系统演替理论是指导退化生态系统恢复和重建的重要的理论基础^[17]。因此,在退耕还林还草工程建设中,应根据当地的土壤水分及气候特点、地形与立地条件,结合林草的生长特性,在遵循恢复生态学的普遍原理的基础上,把握一定的科学规律,通过人工科学干预,因地制宜进行恢复建设,加速植被的演替速度,在短时间内改变该地区脆弱的生态环境,获得较大的生态、经济和社会效益。但需要注意的是,发展适宜物种时,尽可能选取是本地原生物种,在引进外来物种时一定要经过严谨的论证和试验,确保恢复后的生态系统尽可能达到原生状态,避免发生新的生态灾难。

参考文献:

- [1] RICHARDS P W. The Tropical Rain Forest: An Ecological Study[M]. 2 ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- [2] WHITMORE T C. An Introduction to Tropical Rain Forests[M]. 2 ed. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- [3] 臧润国,丁易. 热带森林植被生态恢复研究进展[J]. 生态学报, 2008, 28(12): 6292-6304.
ZANG Runguo, DING Yi. Ecological restoration of tropical forest vegetation[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(12): 6292-6304.
- [4] CHAZDON R L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances[J]. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 2003, 6: 51-71.
- [5] GUARIGUATA M R, OSTERTAG R. Neo-tropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics[J]. Forest Ecology and Management, 2001, 148: 185-206.
- [6] ODUM E P. Ecology and Our Endangered Life-support Systems[M]. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1989.
- [7] KIM K C. Biodiversity, conservation and inventory: why insects matter[J]. Biodiversity and Conservation, 1993, 2: 191-214.
- [8] 李新荣,肖洪浪,刘立超,等. 腾格里沙漠沙坡头地区固沙植被对生物多样性恢复的长期影响[J]. 中国沙漠, 2005, 25(2): 173-181.
LI Xinrong, XIAO Honglang, LIU Lichao, et al. Long-term Effects of Sand-binding Vegetation on the Restoration of Biodiversity in Shapotou Region of Tengger Desert, Northern China[J]. Journal of Desert Research, 2005, 25(2): 173-181.
- [9] GRIME J P. Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects[J]. Ecology, 1998, 86: 902-910.
- [10] PETERSON G, ALLEN G R, HOLLING C S. Ecological resilience, biodiversity, and scale[J]. Ecosystems, 1998, 1: 6-18.
- [11] 马金宝,张培栋,李新荣. 旱泉流域天然灌丛退化成因及保育对策[J]. 草业科学, 2007, 24(4): 23-26.
MA Jinbao, ZHANG Peidong, LI Xinrong. The cause and protection strategy to natural shrub degradation in HanQuangou Valley[J]. Pratacultural Science, 2007, 24(4): 23-26.
- [12] 董鸣主编. 陆地生物群落调查观测与分析[M]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
DONG Ming. Survey, Observation and Analysis of Terrestrial Bio-communities[M]. Beijing: Standards Press of China, 1996.
- [13] 赵哈林,赵学勇,张铜会,等. 北方农牧交错区沙漠化的生物过程研究[J]. 中国沙漠, 2002, 22(4): 309-315.
ZHAO Halin, ZHAO Xueyong, ZHANG Tonghui, et al. Study on bio-processes in desertification in northern agro-pasture inter-zone[J]. Journal of Desert Research, 2002, 22(4): 309-315.
- [14] 阳小成,李旭光,叶志义. 四川绵阳官河河流域防护林的演替预测[J]. 山地学报, 1995, 13(4): 226-232.
YANG Xiaocheng, LI Xuguang, YE Zhiyi. Successive Tendency of The Protective Forest in Guanshi River Valley, MianYang, Si-Chuan[J]. Mountain Research, 1995, 13(4): 226-232.
- [15] 刘胤汉,杨东朗,刘彦随,等. 陕西秦巴山区垂直自然带的土地演替[J]. 山地学报, 1996, 14(1): 9-15.
LIU Yin-han, YANG Donglang, LIU Yansui, et al. Land succession on the vertical natural zones of qinling-bashan mountainous area in Shanxi Province[J]. Mountain Research, 1996, 14(1): 9-15.
- [16] GRIME J P. Biodiversity and ecosystem function: the debate deepens[J]. Science, 1997, 277: 1260-1261.
- [17] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001.
SONG Yongchang. Vegetation Ecology[M]. Shanghai: East China Normal University Press, 2001.

The diversity characteristics on secondary vegetation of different restoration stages in Hanquangou valley of Tianzhu county

YAO Qiang, ZHAO Chengzhang, HAO Qing, DONG Xiaogang

College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China

Abstract: The two-way indicator species analysis and the detrended correspondence analysis are adopted to classify and rank the quadrats of the secondary plant in the Hanquangou valley in Gansu province. The flora can be divided into different community types, and demonstrate the distributed pattern of the vegetation community in this region. Based on this result, the species richness index, the Simpson dominance index, the Shannon-Wiener diversity index and the Pielou evenness index are used to study the species diversity of different vegetation community types. The results shows that there are 7 community types, which represents the different restoration stages. The primary limiting factors are water and heat in specific region, Chashugou valley. From restoration stage I to VII, as for the Simpson dominance index, tree layer, shrub layer and herb layer are approximately equal, the Shannon-Wiener diversity index manifests as tree layer < shrub layer < herb layer, the Pielou evenness index manifests as tree layer > herb layer > shrub layer, and the species richness increase gradually. The species composition and the spatial structure of the community become complication gradually, and tend to be stable.

Key words: Hanquangou valley; the secondary vegetation; species diversity; TWINSpan classification; DCA