

黄土沟壑区植被自我修复与物种多样性变化 ——以吴旗县为例

温仲明^{1,2}, 焦 峰¹, 卜耀军¹, 焦菊英¹

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100;

2. 北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875)

摘 要: 以黄土高原典型沟壑区——吴旗县为例, 通过对退耕或封禁后植被自然恢复过程及其物种多样性的调查分析, 结果表明, 在不同的空间立地条件下, 植被的演替变化规律不同: 阳坡与塄顶的植被演替趋向形成以长芒草为主的群落类型, 而阴坡则形成以铁杆蒿和芨芨为主的群落类型。综合整个植被演替过程, 形成这些群落类型需要 20 年左右的时间。随植被恢复演替, 物种多样性大体经历了由高到低而后逐步恢复稳定的变化过程, 与其它地带性植被(含森林)恢复过程中物种多样性的变化趋势基本相似。这些初步的研究结果表明生态自我修复在实践上是可行的, 但要对规划和布局等提供更多依据, 仍需进一步的深入研究。

关键词: 黄土沟壑区; 生态自然恢复; 物种多样性

中图分类号: X171.1; X196

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)01-0001-03

Natural Restoration of Vegetation and Dynamic Changes of Species Diversity in Gully Regions on Loess Plateau —Case Study in Wuqi County

WEN Zhongming^{1,2}, JIAO Feng¹, BU Yaojun¹, JIAO Juying¹

(1. Institute of Soil and Water Conservation, CAS and MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Geography and Remote Sensing Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Natural restoration of vegetation is an important approach to ecological restoration. The detailed investigation showed that the succession trend was quite different under different site conditions. *Stipa bungeana* Trin. dominated on south facing slopes and mountain tops while *Artemisia vestita* Wall and *A. giraldii* Pamp. dominated on the north facing slopes. The formation of these communities may take 20 years. The species biodiversity changed from high to low and then increased to stable state. This result is similar to other researches in other places. However the results prove that the self-restoration of vegetation can be successful in practice yet more efforts is needed in order to make a sound plan.

Key words: loess gully regions; self-restoration of vegetation; species diversity

在黄土高原地区, 植被恢复重建是水土保持的主要措施之一。但由于黄土高原地处我国由东南向西北的生态及气候过渡带, 人工恢复植被面临的立地条件非常复杂多变, 具有相当的困难。在过去的 50 多年中, 该区植被建设虽取得了一定的成效, 如植被覆盖有所增加, 部分局部地区的水土保持得到一定程度的控制, 以小流域治理为单元的治理模式逐渐得到推广等^[1], 但目前仍然存在“成活率低、保存率低、生态效益低”的问题^[2], 物种选择不当所形成的利用性土壤干层^[3-5], 更是对植被的持续性构成了严重威胁, 使其难以发挥应有的生态效益。鉴于人工恢复植被的困难, 自然生态系统所具有的良好结构和功能, 使人们试图模仿自然系统来恢

复重建退化的生态系统(王占孟, 1995; 梁一民, 1999; Bryan Finegan, 2000)。我国有关部门则在全国 100 个县开展生态修复试点工程(水利部, 2002), 试图借助自然力的作用来恢复重建植被系统, 并通过试点工作为大范围内的生态修复工程的实施提供范例或依据。本文既是针对这一问题, 以吴旗县黄土高原丘陵沟壑区为研究区域, 对该县在 1998 年开始退耕还林(草)及全面封禁后形成的植物群落以及该县一些封禁多年的植物群落进行研究, 以了解和弄清该县植被自然恢复的基本过程及其物种多样性变化, 为预测和评估生态自我修复提供依据。

收稿日期: 2004-10-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(40301029); 中国科学院“西部之光”人才培养计划项目(B22012900); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-421)

作者简介: 温仲明(1969-), 男, 博士, 助理, 从事土地利用变化与环境及生态恢复重建等方向的研究工作。

1 研究区概况

吴旗县位于延安市西北部,属黄土高原丘陵沟壑区。地跨东经 107°38'57"~108°32'49",北纬 36°33'33"~37°24'27"。南北 93.4 km,东西宽 79.89 km,总面积 3 791.5 km²。受典型的大陆性季风气候影响,降雨少,年均降雨量为 478.3 mm,且时空布不均,7~9 三个月的降雨量可占到平均降雨量的 62.4%;年均气温 1.8℃。境内山大沟深,地形复杂,土地破碎,植被稀疏,干旱多灾,生态环境和生产条件十分恶劣。从该县的植被分布看,植被间于森林草原和蒙古草原之间,为典型草原。其南部的志丹南属白羊草草原。该草原为暖温带草原,从区系上具有热带草原亲缘。而北部是比较典型的温带草原,是欧亚草原的延伸,具有温带草原的亲缘关系。

该县 1998 年实行“封山退耕,植树造林,舍饲养羊,林牧主导,强农富民”的开发战略,大力开展退耕还林(草)。除人工造林外,很大一部分退耕地和荒山荒坡被封禁,植被处于自然恢复状态,加上此前林业建设中封禁治理形成的植被演替群落,形成了较完整的植被演替系列,为研究黄土丘陵区植被自然恢复提供较为理想的条件。

2 研究方法

采用空间序列代替时间序列的方法进行研究。选择不同恢复年限的植被群落作为调查研究对象(该区为属典型草原区,以草被群落为主),在不同恢复年限的群落中设立样方(1 m²),对群落进行全面调查,记录每个群落的名称、盖度、物种组成及其名称、数量或丛数、高度等。并利用下列公式对群落的物种多样性的有关指数进行计算:

- (1) 物种丰富度指数:
- M argalef 指数 $R_1 = (S - 1) / \ln(n)$
- 式中: S ——群落中的物种数, n ——个体总数。
- (2) 多样性指数:
- Simpson 指数= $1 - \sum P_i^2$ $i = 1, \dots, s$
- 式中: P_i ——第 i 种比例多度
- Shannon- Wiener 指数 $H = - \sum (P_i \ln P_i)$
- 式中: H ——1 个具有已知比例多度为 P_1, P_2, \dots, P_s 的 S 种组成的无限群落中的平均不确定性。
- (3) 物种均匀度指数
- Pielou 指数 $E_1 = H / \ln(s) = \ln(M) / \ln(N_0)$
- 式中参数含义同上。

3 研究结果

3.1 植被自我修复过程物种空间分布变化

在自然条件下,退化生态系统的恢复取决于特定的环境条件,包括气候、土壤(土壤种子库)、种源等,并与退化生态系统的退化程度(如所处的演替阶段、不同阶段的发育程度、演替的方向等)密切相关。该区沟壑纵横,立地条件多变,加之土地利用的空间变化,不同的地理空间,植被恢复过程明显不同。本文主要对主要阳坡、峁顶和阴坡三个主要立地类型的植被自我修复过程进行分析。

阳坡退耕地的植被恢复过程如表 1 所示,在植被恢复的初期,首先形成以田间杂草为主的一年生植被群落,如猪毛蒿、狗尾草、旋花。同时一些传播能力较强的一年生草本植物也迅速侵入并定居,如绵蓬等,形成了以一年生草本植物为

优势种的群落类型,猪毛蒿群落为该阶段的代表性群落,群落盖度不足 50%,物种较少。在退耕后的 3~4 年,多年生草本植物逐渐侵入,如赖草、达乌里胡枝子等,并出现长芒草、铁杆蒿、隐子草等,但不占优势。形成的植被群落主要有赖草+猪毛蒿群落等。该阶段群落盖度有所提高,达到了 60%左右。之后,随着演替时间的延长,一些地带性植物种逐渐进入并占据优势,如长芒草、百里香、冷蒿、芨蒿、铁杆蒿等,形成了以达乌里胡枝子、长芒草等主要群落类型,盖度提高到 75%至 80%。物种相应呈增加趋势。

表 1 阳坡植被自然恢复及其物种组成变化

恢复类型	坡位	恢复年限/a	盖度/%	建群种	物种数	主要种(据物种重要值排序)
退耕地	阳坡	2	40	猪毛蒿	6	狗尾草、赖草、旋花、绵蓬
退耕地	阳坡	4	50	猪毛蒿	13	长芒草、赖草、糙叶黄耆、阿尔泰狗娃花、达乌里胡枝子
退耕地	阳坡	6	65	赖草	12	阿尔泰狗娃花、长芒草、猪毛蒿、达乌里胡枝子、白羊草
退耕地	阳坡	15	80	达乌里胡枝子	14	长芒草、猪毛蒿、丛生隐子草、阿尔泰狗娃花、糙隐子草
退耕地	阳坡	20	75	长芒草	20	西巴德、阿尔泰狗娃花、达乌里胡枝子、铁杆蒿

在黄土沟壑区,峁顶部主要以封禁的退化草地的恢复为主,但也有部分退耕地。为比较物种变化过程,我们以退耕地为演替的起始阶段。据表 2,峁顶的植被恢复过程,最初也形成猪毛蒿、赖草等群落类型。从退化草地的恢复过程来看,在禁牧 5 年左右,达乌里胡枝子等优良牧草在群落中的优势度明显增加,长芒草等地带性物种在群落中的重要性增加。在经过 20 年的时间,地带性群落长芒草群落成为该立地类型的优势群落(表 2)。

表 2 黄土沟壑区峁顶部植被恢复过程物种变化

恢复类型	坡位	恢复年限/a	盖度/%	群落建群种	主要种(据物种重要值排序)
退耕地	峁顶	4	65	赖草、猪毛蒿	赖草、猪毛蒿、达乌里胡枝子、苦菜、二色黄芪、芨蒿
退化草地	峁顶	5	40	达乌里胡枝子	达乌里胡枝子、长芒草、猪毛蒿、二裂委陵菜、沙珍棘豆、隐子草、沙生冰草、青蒿
退化草地	峁顶	5	20	沙生冰草	沙生冰草、达乌里胡枝子、沙珍棘豆、蒿苗、隐子草
退化草地	峁顶	20	55	长芒草	长芒草、草木樨状黄耆、猪毛蒿、沙棘、二裂委陵菜、隐子草、狗娃花
退化草地	峁顶	多年	60	长芒草、地椒	长芒草、隐子草、地椒、猪毛蒿、翠雀、达乌里胡枝子、委陵菜

阴坡的植被恢复过程在演替初期与阳坡和峁顶的植被变化过程一样,以猪毛蒿群落为主要代表群落,在演替初期的末期,达乌里胡枝子、长芒草等物种开始侵入。但从最终的演替趋势看,阴坡的植被组成与阳坡和峁顶具有明显的区别,阳坡与峁顶主要以长芒草群落为主,而阴坡则以铁杆蒿、芨蒿为主要的群落类型,并在一些海拔较高的地方出现冷蒿等物种。植被恢复群落类型的这种空间分布差异,显示了不同地理空间立地条件的变化,也是植被恢复过程中物种对环境的适应和选择过程。综合整个植被变化过程,可以看出经过 20 年左右的时间,地带性群落类型可基本形成,具有较好的稳定性。

3.2 植被自我修复过程物种多样性变化

物种多样性作为植被群落的重要特征,在不同的演替阶

段, 会发生相应变化, 标示群落系统内部及其与周围环境关系的变化。它不仅受物种数量的影响, 也受物种空间分布的均匀性的影响。因此, 物种多样性不仅标示植被群落的物种组成状况, 也可以衡量群落的物种空间分布结构。为揭示植被自我修复过程中的物种多样性变化规律, 我们以阴坡植被过程为例其进行分析(表 4)。

表 3 黄土沟壑区阴坡植被恢复过程物种变化

坡 位	需时/a	覆盖度/%	群落种	群落种组成
下部	2	30	猪毛蒿	猪毛蒿、达乌里胡枝子、狗尾草、狗娃花、赖草、甘草、草木樨状黄芪
下部	3	50	猪毛蒿	长芒草、达乌里胡枝子、苦菜、委陵菜、甘肃蒿、盐生旋复花、狗尾草、乳白花黄芪
上部	4	60	长芒草	长芒草、猪毛蒿、达乌里胡枝子、狗娃花、垫状委陵菜、赖草、翻白草、草木樨状黄芪
下部	> 8 年	100	芨蒿、铁杆蒿	早熟禾、达乌里胡枝子、沙参、红花锦鸡儿、鹅冠草、苔藓、柴胡、翠雀、火绒草、大针茅、龙胆、恰草、桔草、猪毛蒿、委陵菜
中部	多年	70	铁杆蒿、芨蒿	达乌里胡枝子、早熟禾、柴胡、野豌豆、甘草、风毛菊、恰草、苔藓、委陵菜、翠雀、亚麻、菊
中上部	多年	35	铁杆蒿	长芒草、达乌里胡枝子、委陵菜、冷蒿、火绒草、早熟禾、马山莉、猪毛蒿、隐子草、苔藓
中部	多年	85	长芒草+ 冷蒿	长芒草、冷蒿、猪毛蒿、委陵菜、达乌里胡枝子、隐子草、亚麻、冰草
上部	多年	45	芨蒿、铁杆蒿	芨蒿、铁杆蒿、达乌里胡枝子、大针茅、冷蒿、垫状委陵菜、草木樨状黄芪、二色黄芪

表 4 不同恢复阶段的植被群落及其物种多样性特征

恢复年限/a	群落名称	丰富度 Margalef 指数	Simpson 指数	Shannon- Weiner 指数	均匀度 piebu 指数
2	猪毛蒿	0.938	0.737	2.085	1.164
3	猪毛蒿	1.674	0.317	1.162	0.529
4	猪毛蒿+ 长芒草	1.700	0.443	1.476	0.641
4	猪毛蒿+ 赖草	1.446	0.522	1.483	0.675
5	达乌里胡枝子+ 长芒草	0.942	0.597	1.607	0.999
5	糙隐子草+ 达乌里胡枝子	1.177	0.670	2.001	1.028
> 8	长芒草群落	1.317	0.633	1.904	0.915
> 8	长芒草+ 冷蒿	1.232	0.697	2.087	1.000
> 8	芨蒿+ 铁杆蒿	1.465	0.574	1.762	0.847

根据表 4, 随植被恢复过程, 不同恢复阶段物种多样性变化过程为: 初期具有较高的物种多样性指数。其原因是刚退耕地土壤水分养分条件较好, 并且农田内残留有大量的农田杂草种子, 同时少量其它传播能力较强的一年生草种也易侵入并定居, 在没有人干扰的条件下, 这些一年生草种迅速而均匀地占据整个生长空间, 因此, 虽然物种的数量不是很多, 但由于其分布均匀即均匀度较高, 因此物种多样性指数较高。之后随着环境条件的变化, 一些多年生根茎类草种逐渐侵入, 并占据优势, 而一年生的植物则从演替过程中退出。在交替期, 植被群落由一年生草种和多年生草种共同组成, 物种丰富度略有升高。但由于多年生物种的侵入主要由环境条件决定, 限于生境的不均匀性, 侵入初期的分布均匀性较差。因此, 虽然此时物种的较多, 但物种的多样性指数却略有下降。此后, 随着一年生草种的退出, 物种数量有所下降, 但多年生草种占据了一年生草种留下的空间, 分布的均匀性提高, 物种多样性受均匀度的影响, 也有所增加。这一变化趋势与其它研究多揭示的物种变化规律基本一致(温远

参考文献:

[1] 黄河水利委员会 黄河水土保持志[M] 郑州: 河南人民出版社, 1992

[2] 侯庆春, 韩蕊连 黄土高原植被建设中的有关问题[J] 水土保持通报, 2000, 20(2): 53- 56

[3] 侯庆春, 韩蕊莲, 韩仕锋 黄土高原人工林草地“土壤干层”问题初探[J] 中国水土保持, 1999, (5): 11- 14

[4] 穆兴民, 陈霁伟 黄土高原水土保持措施对土壤水分的影响[J] 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(4): 39- 44

[5] 李玉山 黄土高原森林植被对陆地水循环影响的研究[J] 自然资源学报, 2001, 16(5): 427- 432

[6] 王占孟 模拟天然植被演替规律建设黄土高原生态系统的研究[J] 甘肃林业科技, 1995, (1): 41- 55

[7] 梁一民 从植物群落学原理谈黄土高原植被建设的几个问题[J] 西北植物学报, 1999, 19(5): 026- 031.

[8] Bryan Finegan, Diego Delgado. Structural and floristic heterogeneity in a 30-year-old costa rican rain forest restored on pasture through natural Secondary succession. Restoration Ecology, 2000, 8(4): 380- 386

[9] 温远光, 等 大明山中山植被恢复过程植物物种多样性的变化[J] 植物生态学报, 1998, 22(1): 33- 40

光, 1998)。

4 讨论与结论

植被自我修复是植被恢复与重建的重要途径之一。虽然从我国建国以来的植被建设历程看, 人工恢复途径一直是植被恢复与重建的主体, 但在黄土高原地区, 人工植被长期以来存在着成活率低、种类单一、模式简单、生态效益差等问题。根据侯庆春等人(2000)的研究^[2], 黄土高原造林保存率只有 25% ~ 30%。其中, 还有相当数量的低产林和低效林。树种主要为杨树、刺槐、柠条等, 不仅生长不良(多为小老树), 而且易于受到病虫害的侵袭, 导致大面积的人工林衰败。而与人工植被相比, 自然修复具有较大的优势: (1) 植被遵循植被演替规律, 物种对环境具有较好的适应性, 生长稳定, 具有持续性; (2) 群落由不同的草种组成, 结构合理, 具有较强的抗逆性和抗灾性; (3) 由于物种丰富、结构合理, 因此自然修复形成的植被群落覆盖度高, 一般具有较好的生态效益。其在生态恢复中的作用近年来得到比较多的重视, 并开展较多的试点工程。各省市很明确地将生态自然恢复列为生态环境恢复重建的重要组成部分。根据我们上述的初步分析研究, 可以看出, 植被自然修复是在较短的时间内形成地带性群落的, 并且与不同的空间立地条件类型相适宜的。但植被自然恢复不等同于简单的封禁, 需要认识和掌握植被自然恢复的时间和空间变化规律与过程, 依据植被自然恢复能力的差异制定合理的植被自然恢复空间布局, 并需要根据植被系统所处的状态进行适度的人为调控, 以加快植被自然恢复进程。本研究只是初步揭示了黄土高原典型草原区植被自然恢复的一些规律, 但要对黄土高原的植被自然恢复提供更为有价值的依据, 尚需开展更为深入的研究工作。