

黄土区高速公路植被恢复模式与群落结构分析

郭文¹, 王天伟¹, 高照良^{1,2}

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:选择铜延高速公路上常见的 3 种护坡模式, 穴状植草、挂网喷播和骨架植草护坡为研究对象, 根据植被的出现频率和相对密度, 用聚类分析法分别对植被恢复成效以及各个护坡模式的物种进行了分类。结果表明: 在恢复成效方面, 挂网喷播的效果最好, 穴状护坡次之, 骨架护坡较差; 人工植被苜蓿、柠条、小冠花和黑麦草均处于优势种位置; 其中在穴状护坡中自然植被和人工植被的种间竞争较激烈; 挂网喷播模式中以人工植被苜蓿占主要部分, 其相对密度要远高于黑麦草; 骨架植草模式中人工植被柠条、小冠花和苜蓿为主要优势种, 自然植被如地丁、胡枝子、飞廉等均是伴生种。

关键词:高速公路 植被恢复模式 结构分析

中图分类号: S157.2; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)04-0176-04

Vegetative Restoration Pattern and Analysis of Community Structure along the Sides of Expressway on the Loess Plateau

GUO Wen¹, WANG Tian-wei¹, GAO Zhao-liang^{1,2}

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

2. Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Three slope protection models such as hole shape soil prepared seedling (HSSPS), net-suspended spray seeding (NESS), framework seeding (FS) were selected as study objects in this paper. According to the vegetation of the frequency and the relative density, each of the effectiveness and the vegetation back with a species of different slope protection models were classified by the clustering analysis. The results indicated NESS model is the best one, the next is the HSSPS model, and the poorer one is the FS model with regard to protection effectiveness. Artificial vegetation such as *Medicago sativa* L., *Caragana korshinskii* Kom., *Coronilla varia* L. and *Lolium perenne* L. are dominant species. Competition of different species between the natural vegetation and artificial vegetation is fierce in HSSPS model. Artificial planted *Medicago sativa* L. is the main species in NESS model, its relative density is far higher than *Lolium perenne* L., Artificial vegetation *Caragana korshinskii* Kom., *Coronilla varia* L. and *Medicago sativa* L. are the dominant species, natural vegetation such as *Corydalis bungeana*, *Lespedeza bicolor* Turcz., *Carduus crispus* L. are all concomitant species in FS model.

Key words: expressway; vegetative restoration pattern; structural analysis

随着高速公路的快速发展, 各种扰动土地大量增加, 扰动土地的植被恢复成为高速公路建设中一个不可忽视的问题^[1-3]。边坡防护是高速公路扰动土地植被恢复的重要内容, 并受到人们的关注。在高速公路常见的护坡模式有挂网喷播、骨架植草、穴状植草护坡等。不同的护坡模式, 由于土层厚度、土壤肥力

和施工方式等不同, 植被恢复的效果也有很大差异。不同的护坡模式, 自然植被入侵的频率和相对密度, 是否有很大差异。不同的护坡模式的植被恢复有什么差异, 他们的建群种, 伴生种是否一致。本文以铜川至黄陵至延安高速公路(简称铜延高速)为例, 分析不同护坡模式间植被的生长密度, 人工植被与自然植

收稿日期: 2010-05-28

资助项目: 陕西省水土保持局“线状工程建设水土流失防治技术示范推广研究项目”

作者简介: 郭文(1986—), 陕西蒲城人, 硕士生, 主要从事工程开发与高速公路边坡防护研究。E-mail: xiaowenzi0307@163.com

通信作者: 高照良(1969—), 河南灵宝人, 博士, 副研究员, 主要从事土壤侵蚀与荒漠化研究。E-mail: gzl@ms.iswc.ac.cn

被的出现频率以及它们之间的相关性。

1 研究区概况

铜延高速公路是西部大通道“包(头)茂(名)线”在陕西境内的重要路段,也是陕西省“2637 高速公路网”的组成部分,北接延安至安塞高速公路,南与西铜一级公路在黄堡主线收费站处相连,途经铜川市、宜君县、黄陵县、洛川县、富县、甘泉县和延安市宝塔区,是连接陕北与关中乃至全国各个城市的重要交通干线,对沿线的经济发展和交通便利起着非常重要的作用,全线于 2006 年 9 月建成通车。公路全线位于黄土高原丘陵沟壑区,属于暖温带大陆性半干旱气候。春暖干燥,降水较少,气温回升快且不稳定,多风沙天气;夏季炎热多雨,间有伏旱;秋季凉爽较湿,气温下降快;冬季寒冷干燥,雨雪稀少。年均气温 9.4℃,极端最低气温 -25.4℃,极端最高气温 39.9℃,年均降水量 550~650 mm。公路沿线是黄绵土,土壤 pH 8.2~8.9,植被属于森林草原地带。草本以白羊草(*Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng.)、铁杆蒿(*Artemisia sacrorum* Ledeb.)、黄背草(*Themeda triandra* var. *japonica*)、长芒草(*Stipa bungeana*)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)等为主,主要树种有侧柏(*Platycladus orientalis* (L.) Franch.)、山杨(*Populus davidiana* Dode.)、油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)、酸枣(*Ziziphus jujuba* Mill. var. *spinosa* (Bge.) Hu.)、荆条(*Vitex negundo* var. *heterophylla*)、狼牙刺(*Sophora viciifolia*)、白桦(*Betula platyphylla*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、小叶杨(*Populus simonii*)、旱柳(*Salix matsudana*)等。

2 研究方法

2.1 植被调查

研究选择铜延高速公路上应用得最多的穴状整地植草、挂网喷播植草和骨架植草 3 种典型的生态护坡模式为研究对象,植被调查时间为 2008 年 7 月,采用 GPS 定位,分别设置固定样地,进行定位监测。每种模式选取 6 个具有代表性的土质边坡作为研究样地,样地沿公路走向方向长 10 m,等距离设置 1 m×1 m 的样方,调查并记录样地边坡植被的盖度,样地总株树,以及各物种数等指标。

2.2 分析方法

首先通过对不同样地覆盖度、多样性指数等植被恢复因子成效进行分析,根据恢复成效的不同将 18 块样地进行了分类,并比较了这些差异产生的原因,根据不同植物的出现频率和相对密度,对每种护坡模

式的植物种进行了聚类分析,区分了建群种与主要入侵种、伴生种。聚类分析采用 SPSS 16.0 软件,首先对数据进行标准化处理,并根据欧氏距离法计算对象间的距离^[4]。论文应用到的公式如下:

出现频率=植被在样地中出现的次数

相对密度 P_i = 某一种的个体数目/全部种的个体数

Shannon—Weaner 指数:

$$H = - \sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i)$$

式中: H ——Shannon—Weaner 指数; S ——物种数。

Pielou 指数: $J = H / \ln S$

式中: J ——Pielou 指数; H ——Shannon—Weaner 指数; S ——物种数。

欧式距离:

$$d_y = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ik} - y_{ik})^2}$$

式中: m ——每个样本有 m 个变量; d_y ——欧氏距离; x_{ik}, y_{ik} ——物种或样地的属性值。

3 结果分析

3.1 不同护坡模式的植被恢复效果分析

覆盖度直接关系着植被护坡的水土保持效果^[5],而 Shannon—Weaner 指数、Pielou 指数反映了植物群落间的物种多样性^[6],是反映植物群落稳定性与演替过程的重要指标,根据上述指标对不同样地的植被恢复效果进行了聚类分析,详见图 1。

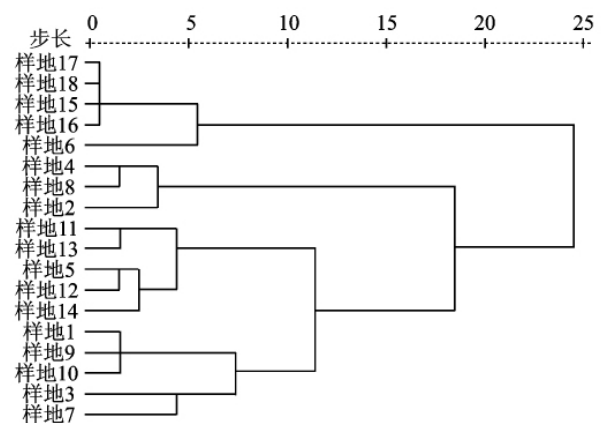


图 1 植被恢复效果的聚类分析

从图 1 可以看出,若类间距 $\lambda=9$ 时,可将 18 块样地的植被恢复成效分成 4 种类型。其中第 1 类型包括 5 块样地,其中挂网模式居多(样地 7、样地 9、样地 10),生境以阳坡为主(样地 3、样地 9、样地 10),这一类型中平均植被覆盖度 66.85%,Shannon—Weaner 指数、Pielou 指数的平均值分别为 0.83 和 0.69。第 2 类型也包括 5 块样地,挂网模式(样地 11、样地 12)与骨架模式(样地 13、样地 14)各有 2

块,生境以阴坡为主(仅样地 14 为阳坡),这一类型中平均植被覆盖度为 80.8%,Shannon—weaner 指数、Pielou 指数的平均值分别为 0.72 和 0.66。第 3 类型仅有 3 块样地,其中穴状植草占其中的 2/3(样地 2、样地 4),生境均为阳坡,这一类型中平均植被覆盖度为 52.33%,Shannon—Weaner 指数、Pielou 指数的平均值分别为 0.91 和 0.76。第 4 类型的 5 块样地均为骨架植草(样地 6、样地 15、样地 16、样地 17、样地 18),生境以阴坡占多数(样地 6、样地 15、样地 16),这一类型中平均植被覆盖度为 98.6%,Shannon—Weaner 指数、Pielou 指数的平均值分别为 0.64 和 0.43。

3.2 不同护坡模式下群落结构分析

在每种护坡模式下,根据不同植物种出现频率和相对密度对植物群落的物种结构进行聚类分析,确定在植被恢复中分别发挥不同作用的建群种、主要入侵种、伴生种,并对不同护坡模式植被恢复的差异进行了分析。

3.2.1 穴状植草护坡模式的植被种类分析 穴状植草护坡模式中 6 块不同的样地人工种植的植物分别是苜蓿+柠条(样地 2 至样地 5)以及单纯苜蓿(样地 1),随着植被恢复年限的延长,新的植物物种不断从周边生境中迁入到高速公路路域并定居,使高速公路边坡群落的物种结构进一步复杂化,在穴状植草护坡的 6 块样地,共发现有植物 14 种,其中除苜蓿和柠条外,其余 12 种均为迁入的野生种。根据出现频率与相对密度对这 14 中植物进行聚类分析,详见图 2。

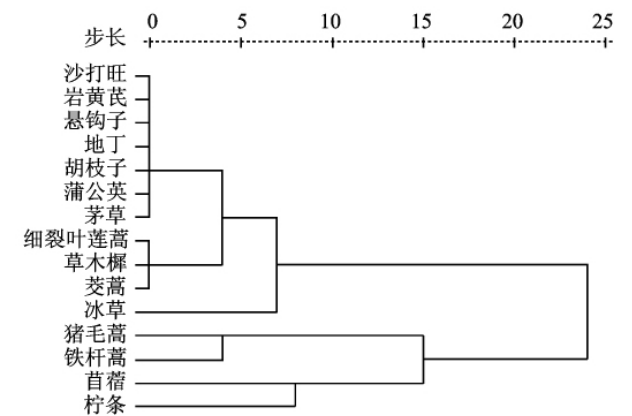


图 2 穴状植草护坡植物种类聚类分析

可以看出,如若取 $\lambda=9$ 的类间距,6 个样地的 14 种植物可分为 3 大类,其中苜蓿和柠条两种人工植被为第一类,出现频率和相对密度都远高于其它物种,在群落中处于优势地位,属于建群种。猪毛蒿和铁杆蒿处于第 2 类,是自然入侵物种,仅次于苜蓿和柠条。其中,穴状植草模式中苜蓿、柠条、猪毛蒿、铁杆蒿 4 种主要植物种的出现频率与相对密度如表 1 所示。

从表 1 可看出,猪毛蒿和铁杆蒿属于当地的野生

物种,在该区域中处于优势地位,由于处在植被恢复初期,人工植被仍占主要位置,但是野生物种对于人为干扰区域内的植被恢复有着关键作用,在该高速公路植被恢复的未来几年内,当地野生物种如猪毛蒿和铁杆蒿之类物种的侵入在逐年增长,种间竞争将非常激烈,是植被群落结构形成的关键阶段。

表 1 穴状植草模式主要植物种的出现频率与相对密度

物种名	出现频率	相对密度
苜蓿	10	0.47
柠条	8	0.10
猪毛蒿	6	0.06
铁杆蒿	5	0.14

3.2.2 挂网喷播护坡模式的植被种类分析 根据调查资料,挂网喷播的边坡植被种类比较单一,几乎没有自然植被入侵,人工植被仍然是苜蓿和黑麦草,两种植物的出现频率均为 10,苜蓿的相对密度为 0.76,而黑麦草的仅 0.24,由此可看出二者之间的差异较大,样地中苜蓿占主要位置,种间竞争中苜蓿远高于黑麦草。

基于这两种物种的不同特性,苜蓿属于豆科草本植物,具有固氮的作用,因此在其生长期间,氮元素的含量较禾本科植物黑麦草要丰富很多,养分相对处于优势地位,整体水平高于黑麦草,在挂网喷播中起主导作用。

3.2.3 骨架植草护坡的植被分析 骨架护坡 6 个样地中,人工种植的植物主要有苜蓿、小冠花+柠条、小冠花+黑麦草 3 种不同的类型。聚类分析的结果(如图 3)显示人工植被在边坡植物群落中仍占主要部分,无论出现频率还是相对密度,小冠花和柠条均处于优势种的地位。其中,它们的出现频率分别为 8 和 6,相对密度则为 0.51 和 0.45。在自然植被中,草木樨优势相对较强,其出现频率和相对密度为 3 和 0.01。草木樨属于 1—2 年生的豆科草本植被,基于本身的固氮作用,生长环境相对处于优势地位,在该群落中处于伴生种位置。地丁、胡枝子、飞廉、猪毛蒿、黑麦草、苜蓿、刺槐、凤毛菊、细裂叶莲蒿、蓼草、冰草、苦蒿,均属于偶见种。

4 讨论

(1)从以上分析可以看出,综合比较 3 种护坡模式,人工植被均属于优势种,从另一方面讲,铜延高速的边坡恢复初期比较成功,并未出现大量当地物种入侵的现象,从而保证了边坡植被恢复的景观效果。

在苜蓿、柠条、小冠花、黑麦草 4 种人工栽植的植物中,苜蓿、柠条、小冠花均可能成为优势种,而黑麦草为伴生种,不论是与苜蓿混种还是与小冠花混种,其相

对密度都要低于对方,柠条与苜蓿+柠条的相对密度要低于苜蓿,柠条与小冠花混种二者的密度差不多。

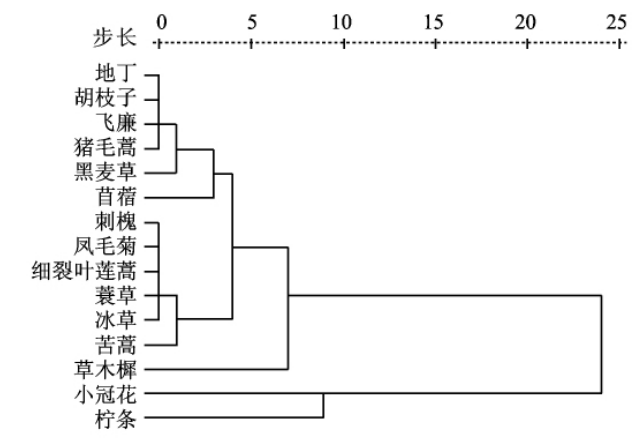


图 3 骨架植草护坡植物种类聚类分析

(2)在 3 种护坡模式中,挂网模式中的植被较单一,主要为苜蓿和黑麦草,且苜蓿的相对密度明显高于黑麦草,表明该群落的物种较单一,植被恢复的稳定性差,不利于边坡植被恢复的长久发展^[7]。

(3)在穴状和挂网模式中,苜蓿都占主要地位,穴状模式的自然入侵较挂网要显著,外来物种猪毛蒿和铁杆蒿已经开始入侵,优势度仅次于人工植被苜蓿和柠条。在穴状和骨架植草模式中,人工植被柠条属于优势种,但在骨架模式中,外来物种的入侵不显著,均属于伴生种。

总之,在高速公路的边坡防护中,自然入侵物种对

人工栽植的物种有很重要的影响,自然物种的侵入在一定程度上决定着边坡植被群落演替的方向,边坡植被恢复的成败。人工植被的衰退,会造成边坡的重新裸露。近年来,关于高速公路裸露边坡恢复机理的研究还较少^[8],对于不同地带的不同类型的边坡到底适合何种植被的生长,今后还需要进行更多的深入分析。

参考文献:

[1] 王震洪,段昌群,侯永平,等. 植物多样性与生态系统土壤保持功能关系及其生态学[J]. 植物生态学报, 2006, 30(3):392-403.

[2] 樊鸿章,刘宏,董建辉. 勉县至宁强县高速公路生态恢复评价研究[J]. 水土保持通报, 2007, 27(4):144-147.

[3] 马海霞,王柳英. 不同草种混播组合在公路边坡的建植效果研究[J]. 草原与草坪, 2007(3):33-37.

[4] 宋志刚,谢蕾蕾,何旭洪. SPSS 16.0 使用教程[M]. 北京:人民邮电出版社, 2008.

[5] 郑敬刚,董东平,赵登海,等. 贺兰山西坡植被群落特征及其与环境因子的关系[J]. 生态学报, 2008, 28(9):4559-4567.

[6] 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.

[7] 谢云,刁逢光. 一年生先锋植物在边坡喷播绿化中的应用试验[J]. 地下空间与工程学报, 2006, 2(3):384-392.

[8] 廖乾旭,李阿根,徐礼根,等. 高速公路边坡生态恢复的问题与对策[J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(增刊):100-102.

(上接第 175 页)

参考文献:

[1] 张文辉,刘国彬. 黄土高原植被生态恢复评价、问题与对策[J]. 林业科学, 2007, 43(1):102-106.

[2] 白文娟,焦菊英,马祥华,等. 黄土丘陵沟壑区退耕地自然恢复植物群落的分类与排序[J]. 西北植物学报, 2005, 25(7):1317-1322.

[3] 韩恩贤,韩刚. 黄土高原沟壑区沙棘人工混交林改土效应研究[J]. 自然资源学报, 2005, 20(6):879-884.

[4] 巩杰,陈利顶,傅博杰,等. 黄土丘陵区小流域土地利用和植被恢复对土壤质量的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(12):2292-2296.

[5] 张婷,张文辉,郭连金,等. 黄土高原丘陵区不同生境小叶杨人工林物种多样性及其群落稳定性分析[J]. 西北植物学报, 2007, 27(2):340-347.

[6] 卜耀军,温仲明,焦峰,等. 黄土丘陵区人工与自然植物群落物种多样性研究:以安塞县为例[J]. 水土保持研究, 2005, 12(1):4-6.

[7] 焦峰,温仲明,李锐. 黄土高原退耕还林(草)环境效应分析[J]. 水土保持研究, 2005, 12(1):26-29.

[8] 郭建侠,杜继稳,郑有飞. 陕北地区不同植被改善方案对环境影响的数值模拟[J]. 生态学报, 2004, 24(7):1365-1372.

[9] 姜艳,徐丽萍,杨改河,等. 不同退耕模式林草夏季小气候效应[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(2):162-166.

[10] 王连喜,闵庆文,李凤霞,等. 宁夏南部山区不同下垫面的小气候特征分析[J]. 资源科学, 2005, 27(4):18-21.

[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] 莫兴国,李宏轩,刘苏峡,等. 用土壤温度估算表层土壤导温率与热通量的研究[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(1):62-64.

[13] 李岚岚,赵东,赵勇,等. 黄河小浪底库区不同恢复阶段群落小气候特征研究[J]. 河南农业大学学报, 2007, 41(1):42-46.

[14] 李宗峰,陶建平,王微,等. 岷江上游退化植被不同恢复阶段群落小气候特征研究[J]. 生态学杂志, 2005, 24(4):364-367.

[15] 付为国,李萍萍,吴沿友,等. 镇江内江湿地不同演替阶段植物群落小气候日动态[J]. 应用生态学报, 2006, 17(9):1699-1704.