

宝牛高速公路路域植被恢复效果调查分析

李晶¹, 高照良^{1,2}, 张小娟¹, 田红卫¹

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要:为探讨高速公路路域植被恢复效果,以宝牛高速公路路域植被为研究对象,对比分析了路基、路堑、路肩平台、渣场和取弃土场 5 种不同位置的植被群落特征、多样性及草本植物地上生物量等恢复情况。结果表明:(1)宝牛高速公路路域的植物种类较为丰富,而且极大部分植物种是自然入侵的乡土植物,各位置的植物种生活型都以草本植物为主,该路域植被恢复还处于初期阶段。(2)不同路域位置的丰富度表现为自然>路肩平台>渣场=取弃土场>路基>路堑,从 Shannon-Weiner 指数、Simpson 指数和 Pielou 均匀度指数来看,路域植被之间以及和自然植被之间的变化都不显著。(3)在路基护坡中,拱形骨架护坡模式的植被恢复效果较好;路堑护坡中,效果最好的是土工格室护坡。(4)对于渣场而言,建议人工种植苜蓿提高土壤肥力,并且在恢复植被前尽量覆土,从而为植被生长提供较好的物质基础。

关键词:高速公路; 植被恢复; 多样性指数; 地上生物量

中图分类号:Q143

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)06-0100-05

Investigation and Assessment on Vegetation Restoration along the Baoni Highway

LI Jing¹, GAO Zhao-liang^{1,2}, ZHANG Xiao-juan¹, TIAN Hong-wei¹

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

2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to assess the effect of vegetation restoration along the highway, a case study was conducted on the revegetated land along the Baoni highway by investigating the characteristics of vegetation communities, species diversity and aboveground biomass on the embankment, cutting, residue field, shoulders, dug field. The results showed that: (1) Species diversity of Baoni highway was abundant, and most of which were native grass species, indicating that it was still at the initial stage of vegetation restoration. (2) Plant species richness in five sites ranked as: natural>shoulders>residue field=dug field>embankment>cutting. No significant difference was found between road area vegetation and natural vegetation on indices of Shannon-Weiner, Simpson, and Pielou. (3) The framework seeding was the best model for embankment restoration while the geocel seeding is best for the cutting. (4) For the residue field, alfalfa should be planted to improve soil fertility, and to provide the sufficient nutrients for plants, covering with soil was necessary before planting.

Key words: highway; vegetation restoration; species diversity; aboveground biomass

公路建设不可避免地要对周边生态环境产生影响,主要表现为改变地形地貌、扰乱土壤结构、破坏植物群落、降低生物多样性、影响局地气候、增加水土流失危险性等^[1-2]。

如果对公路周边的受损生态环境进行保护和恢复,必将有利于公路设施的保障和行车安全^[3]。因此,受损生态环境的恢复与重建是实现路域生态环境可持续的重要保障^[4]。近年来,路域植被生态系统的

恢复与重建成为恢复生态学研究的重要领域。虽然国内在高速公路植被生态恢复方面取得了一些成绩,但是在植被恢复过程中,往往忽视了生态适宜性、生物多样性、植物群落自然演替等生态学原理,引入的植物很难适应公路边坡的恶劣条件^[5-6]。宝鸡至牛背高速公路,是连霍国道主干线的重要组成部分,也是陕西省“米”字型公路主骨架中“一横”的重要组成部分。因此,开展宝牛路域植被生态系统恢复重建的研

收稿日期:2012-04-30

修回日期:2012-05-25

资助项目:“十二五”农村领域国家科技计划课题“农田水土保持关键技术与示范”(2011BAD31B01)

作者简介:李晶(1987—),女,内蒙古包头人,硕士,主要从事工程开发建设与高速公路边坡防护研究。E-mail:lj72hours@126.com

通信作者:高照良(1969—),男,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

究,将有利于维护周边稳定、保障行车安全、优化人居环境、促进经济发展,服务于我国西北与西南两大经济区域的交通运输。本研究通过对宝牛高速公路路域植被恢复后,不同位置、不同恢复模式下的植被组成、物种多样性和生物量进行全面的调查,探讨不同位置的植被恢复效果,丰富公路路域生态恢复和重建的理论基础。

1 实验材料与方法

1.1 研究区概况

宝牛高速公路为东西走向,全长 40.604 km,由东向西跨越了渭河河谷阶地区和秦岭中低山区两个地貌单元。研究区地势为东低西高,沿渭河朔流而上不断升高,东部起点海拔 590 m,西部终点海拔 750 m。研究区气候属暖温带半湿润大陆季风性气候区,四季分明。多年平均气温 13℃。区内年平均降雨量 701 mm,降雨多集中在 7—9 月份,土壤主要以山地黄善土和褐土为主,山地土壤属于中壤土,土层薄,含

沙、石量较大。主要植物种有油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)、辽东栎(*Quercus wutaishanica* Blume)、白桦(*Betula platyphylla* Suk.)、山杨(*Populus davidiana* Dode)等组成的森林植被,人工栽培种有刺槐(*Robinia pseudoacacia* Linn.)、泡桐(*Paulownia fortunei* (seem.) Hemsl.)、楸树(*Catalpa bungei* C. A. Mey)等。

1.2 研究方法

本次调查涵盖人工植物种和路域自然入侵物种(如渣场出现的物种都是自然入侵物种)。样方面积草本植物群落为 1 m×1 m,灌木群落为 4 m×4 m。但实际操作中,边坡主要以拱形骨架护坡为主,拱形骨架的宽度大都小于 2 m,因此进行灌木时调查就以每个拱形骨架为单元。调查的内容主要有植物种类和多度,以及生物量等指标。本次植被生物量的测定只针对草本植物,采用完全收获的方法,将地上部分的所有生物量全部收获,带回实验室烘干并称重。样地基本情况见表 1。

表 1 样地基本情况

路域位置	样地编号	桩号	经度	经度	扰动方式	海拔/m	坡向	坡度/(°)	坡长/m	护坡模式
路基边坡	1	K1227+800	107°06'50"	34°21'46"	填方	590	阳	12	4.6	路基植草
	2	K1243+450	106°57'23.6"	34°23'19.2"	填方	692	阴	15	5	路基植草
	3	K1242+700	106°57'41.9"	34°23'03.3"	填方	710	阳	24	6.8	拱形骨架
	4	K1256+100	106°50'11.8"	34°22'30.9"	填方	696	阳	35	13	拱形骨架
路堑边坡	5	K1233+990	107°03'04"	34°22'14.4"	挖方	620	阳	59	12	路堑植草
	6	K1243+50	106°57'32.7"	34°23'10.2"	挖方	695	阴	56	10	路堑植草
	7	K1254+100	106°51.413"	34°22.856"	挖方	718	阴	45	8	路堑拱形
	8	K1245	106°56'33"	34°23'44"	挖方	696	阴	52	7	路堑拱形
	9	K1234+50	107°03'02"	34°22'14"	挖方	621	阳	55	12	土工格室
	10	K1234	107°02'59.0"	34°22'14.2"	挖方	626	阴	53	6.5	土工格室
路肩	11	K1241+900	106°58.182"	34°22.97"	填方	698	—	—	—	路肩平台
	12	K1243+50	106°57'32.7"	34°23'10.2"	填方	695	—	—	—	路肩平台
渣场	13	K1240	106°59'24"	34°22'42"	填方	739	—	—	—	渣场
	14	K1257	106°49.313"	34°22.236"	填方	757	—	—	—	渣场
取弃土场	15	K1244	106°57'04.3"	34°23'32.0"	填方	689	阳	—	—	弃土场
	16	K1244	106°57'02.7"	34°23'31.2"	挖方	701	阳	—	—	取土场
自然	17	K1244	106°57'02.4"	34°23'30.3"	自然	704	—	—	—	自然
	18	K1266+500	106°43'51.2"	34°21'47.7"	自然	745	阳	50	—	自然

(1) 多样性指数:

① Simpson 指数。Simpson 指数又称为优势度指数,其计算公式为 $D = \sum P_i^2$,是对多样性的反面即集中性的度量,其指数大,表明物种集中性高,也就意味着多样性低,但是这是集中性的测度而非多样性的测度,为了克服由此带来的不便,采用公式: $D_1 = 1 - \sum P_i^2$ 进行计算。

② Shannon-Weiner 指数。Shannon-Weiner 指数是多样性的信息度量,是信息不确定性测度公式。

如果从群落中随机抽取一个个体,它将属于哪个种是不确定的,而且,物种数目越多,其不定性也越大。因此有理由将多样性等同于不定性,并且两者用同一度量。Shannon-Weiner 指数:

$$H = - \sum P_i \ln P_i$$

$$D_2 = - \sum P_i \ln P_i$$

(2) Pielou 均匀度指数:

$$J = \frac{- \sum_{i=1}^S (P_i \cdot \ln P_i)}{\ln S}$$

式中: $i=1,2,3,\dots,S$ 物种序号; S ——群落内物种总数; P_i ——第 i 个物种的重要值比值。

2 结果与分析

2.1 不同位置的植被群落特征

本次调查共记录植物 115 种, 隶属 38 科 93 属。其中种数最多的前 3 个科为: 菊科(27 种), 豆科(10 种), 禾本(11 种)。植物生活型有草本、灌木、乔木和藤本 4 种, 各生活型的种数分别为 86 种、7 种、11 种和 4 种。

路基边坡的人工种植物种主要有小冠花、苜蓿、草木犀, 自然入侵物种有 33 种, 隶属 12 科, 27 属。路堑边坡的人工种植物种主要有紫穗槐、草木犀、苜蓿、波斯菊 4 种, 其中数量最多的为紫穗槐, 自然入侵的物种 37 种, 19 科, 34 属。路肩的人工物种有 12 种, 分别是雪松、白三叶、紫叶李、云杉、栎树、木槿、蜀葵、金鸡菊、月季、红花酢浆草和波斯菊, 自然入侵物种 24 种, 17 科, 14 属。渣场、取土场以及弃土场出现的物种均是自然入侵。

表 2 路域不同位置的物种组成和生活型

路域位置	物种组成			生活型/%			
	科	属	种	草本	灌木	乔木	藤本
路基	12	30	36	88.9	8.3	2.8	
路堑	20	38	41	92.7	2.4	2.4	2.4
路肩平台	17	44	36	80.5	5.6	13.9	
取弃土场	10	18	21	85.7		4.8	9.5
渣场	22	47	55	94.5		5.5	
自然	17	32	36	86.1	5.6	8.3	

由表 2 可见, 由于宝牛高速公路还处于植被恢复的初期, 路域各个位置的植被均以草本为主, 特别是人工恢复植被的路基和路堑边坡; 路肩平台兼顾美化环境和植被恢复的功能, 人工物种最为丰富, 人工栽植乔木、灌木的比例高; 取弃土场和渣场在自然恢复模式下开始有少量散生乔木树种出现。

2.2 不同位置的植被多样性

表 2 中不同路域位置的丰富度变化中, 以路肩和自然边坡的丰富度较高, 其原因是路肩的位置处在公路的旁边, 高速公路绿化的一个重要体现便是对路肩的绿化, 路肩的物种相对边坡要丰富很多。路基和路堑的丰富度指数均低于渣场和取弃土场, 根据恢复方式来看, 路基和路堑都是人工恢复, 而渣场和取弃土场都是自然恢复, 可见自然恢复可在短时间内出现较多的物种。

从多样性指数(表 3)来看, 路基、路堑、路肩平台的 Simpson 指数均高于自然土壤, 渣场均高于取土场。各个扰动土壤的 Shannon-Weiner 指数变化同 Simpson 指数基本一致。路域各位置之间的物种多

样性及其与自然植被相比, 变化都不是很大, 因此在种的多样性方面的差异不大。路域植被的均匀度分析, Pielou 均匀度指数排序: 路基 > 路堑 > 渣场 > 路肩 > 自然 > 取弃土场, 变化范围都在 0.5~0.7, 可以看出路域植被之间以及和自然植被之间的均匀度变化都不显著, 差异较小。

表 3 路域各位置的多样性指数

路域位置	丰富度	Simpson 多样性指数	Shannon-Weiner 多样性指数	Pielou 均匀度指数
路基	10.8	0.7322	1.6943	0.7518
路堑	10.3	0.6766	1.4973	0.6728
路肩平台	18	0.6865	1.5538	0.5427
渣场	13	0.6010	1.2845	0.5762
取弃土场	13	0.5423	1.1569	0.4571
自然边坡	19	0.6246	1.4067	0.5351

2.2.1 路基和路堑边坡的植被多样性 本次调查涉及 4 个路基边坡和 6 个路堑边坡, 各样地的多样性指数见表 4。从物种数来看, 路基边坡中 3 号(15 种) > 2 号(13 种) > 4 号(11 种) > 1 号(4 种), 这与 Simpson 指数, Shannon-Weiner 指数的变化一致, 总体来看, 路基拱形骨架护坡的丰富度指数和多样性指数都高于植草护坡。Pielou 均匀度指数为 1 号 > 2 号 > 3 号 > 2 号, 说明路基植草护坡的植被均匀度比拱形护坡好。

路堑边坡丰富度最高的是 6 号植草护坡, Simpson 指数、Shannon-Weiner 指数和 Pielou 均匀度指数均以 5 号植草护坡为最高。但是以路堑 3 种模式各个指数的平均值来看, 丰富度由高到低依次为植草 > 土工格室 > 拱形骨架, Simpson 指数、Shannon-Weiner 指数均为: 土工格室 > 植草 > 拱形骨架, 可见在路堑护坡中, 土工格室护坡更有利于植被群落的丰富度和多样性。

2.2.2 渣场和取弃土场的植被多样性 13 号渣场有人工恢复和自然恢复两种模式, 由图 1 可知自然恢复模式下的丰富度、Simpson 指数、Shannon-Weiner 指数和 Pielou 均匀度指数都高于人工恢复, 说明渣场自然恢复的植被多样性较好。14 号渣场的恢复有 3 种模式, 部分覆土、完全覆土和未覆土, 部分覆土和完全覆土的丰富度较高, 即物种数要比未覆土的物种数多。从 Pielou 均匀度指数来看, 未覆土的由于种类少使得物种的分配均匀, 而部分覆土的渣场由于土壤的养分等条件的不一致使得在物种均匀度较低。综合 4 个指标, 建议在渣场的恢复中最好覆土, 表层土可以为植被恢复提供一定的种源, 也能给渣场提供一些植被生长所需的养分, 使恢复初期植被的生长环境得到有效的改善。

表 4 路基和路堑边坡的植被多样性

路域位置	样地编号	护坡模式	丰富度	Simpson 指数	Shannon-Weiner 指数	Pielou 指数
路基	1	植草	4	0.5780	1.0835	0.7816
	2	植草	13	0.8015	1.9558	0.7625
	3	拱形骨架	15	0.8317	2.0067	0.7410
	4	拱形骨架	11	0.7174	1.7312	0.7220
	5	植草	8	0.8489	1.9545	0.9399
	6	植草	16	0.4729	1.1628	0.4194
路堑	7	拱形骨架	10	0.5490	1.2570	0.5459
	8	拱形骨架	6	0.7380	1.4688	0.8197
	9	土工格室	13	0.7977	1.8028	0.7029
	10	土工格室	9	0.6532	1.3381	0.6090

比较 15 号弃土场和 16 号取土场样地的各项指标,15 号弃土场丰富度为 12 种小于 16 号取土场(14 种),Simpson 指数、Shannon-Weiner 指数和 Pielou 均匀度指数均表现为 15 号弃土场优于 16 号取土场,可见挖方土壤由于大量机械的挖掘导致深层土壤裸露,带走了表层土壤丰富的种源,不利于恢复。

量方面拱形骨架护坡优于植草护坡。

路堑边坡都种植着灌木紫穗槐,而地上生物量的采集只是针对草本植物,因此数值上和路基边坡的地上生物量会有很大差异。在路堑边坡 5 号、7 号、9 号、10 号样地的优势种分别是飞蓬、野菊、鹅肠菜、苜蓿,只有苜蓿是人工种植。优势种均为草本,6 号样地的地上生物量很小,只有 13.98 g/cm²,说明该地块的草本植被生长不良。总之,路堑边坡的草本生物量均偏低,与灌木紫穗槐有很大关系,所以针对路堑样地紫穗槐的生长情况也做了调查。结合表 5 可以看出,拱形骨架和土工格室的紫穗槐生长情况较好,而且土工格室在草本植物地上生物量上(81.19 g/cm²)明显优于拱形骨架(42.27 g/cm²)和植草(32.15 g/cm²)。

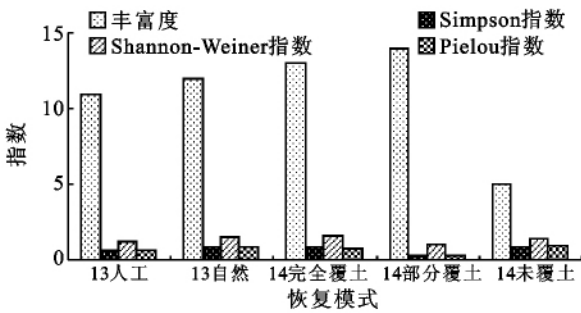


图 1 渣场不同恢复模式的植被多样性

2.3 不同位置的草本植物地上生物量

生物量是指在一定时间内单位面积内实存生活的有机物质(干重)的总量,在植物群落中,可直接反映植被的生长状况以及当地自然环境的变化,有助于植被建设和植被恢复的进一步研究和总结[7]。本研究测定的是草本植物地上生物量(干重)。

2.3.1 路基和路堑边坡的草本植物地上生物量 1 号样地和 2 号样地的草本植物地上总生物量分别是 237.34 g/cm² 和 122.33 g/cm²,苜蓿的地上生物量分别是 211.02 g/cm² 和 86.03 g/cm²。苜蓿是人工种植的,从地上生物量上可以看出苜蓿在这两个样地的是占有绝对优势的,在一定时期内处于优势地位。另外,3 号样地和 4 号样地的优势种在总生物量的比例不是很大,4 号样地的主要物种是猪毛蒿和小冠花,小冠花是人工种植,从地上生物量上来看猪毛蒿 85.99 g/cm²,小冠花 85.11 g/cm²,人工种植的小冠花落落后于本地物种猪毛蒿。路基两种护坡模式,植草护坡和拱形骨架护坡的平均地上生物量分别为 179.83 g/cm²和 187.94 g/cm²,可见在植被地上生物

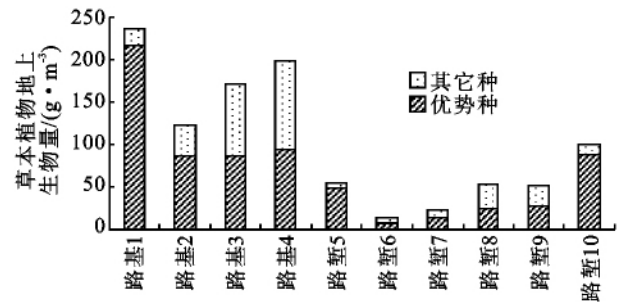


图 2 路基和路堑各样地的草本植物地上生物量

表 5 路堑样地紫穗槐生长情况

样地编号	护坡模式	密度/(株·m ⁻²)	平均高度/cm	最大高度/cm
5	植草	3.5	130	150
6	植草	4.25	120	150
7	拱形骨架	6.15	200	260
8	拱形骨架	13.5	180	240
9	土工格室	8.75	180	290
10	土工格室	9.38	190	230

2.3.2 渣场和取弃土场的草本植物地上生物量 图 3 说明,13 号渣场自然恢复的草本植物地上生物量明显高于人工恢复,人工恢复的渣场主要是苜蓿,也有部分自然物种小蓬草、狗尾草以及少量的苦菜、千里

光。因此,初步判断,人工物种苜蓿的生长竞争不过自然物种飞蓬,自然物种小蓬草、狗尾草等更适合在渣场生长。但是渣场土壤由于杂质等的侵入,使得土壤的肥力偏低,小蓬草虽然能很快生长但是不利于改良土壤,苜蓿属于豆科植物有固氮作用,从长远角度考虑,种植苜蓿能提高土壤肥力,为周边自然物种的侵入提供良好的土壤环境,逐步演变到与周围景观协调的自然植被,有利于形成稳定群落。

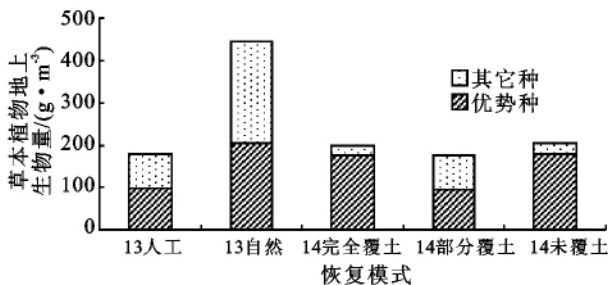


图 3 渣场样地的草本植物地上生物量

对于不同覆土情况的 14 号渣场,完全覆土的地地上生物量都高于未覆土和部分覆土,因此,从生物量的角度上来说,渣场的植被恢复应尽量覆土,从而为植被恢复提供较好的客观基础。15 号弃土场的生物量为 165.41 g/cm²,16 号取土场为 81.51 g/cm²。这是因为 16 号样地机械大挖方,土壤的颜色发红,应属于十几米以下土层的土壤,几乎没有什么养分和种源,因此恢复效果较差。

3 结论

(1) 宝牛高速公路路域的植物种类较为丰富,而且绝大部分植物种是自然入侵的本土植物。这是因为公路所处的位置在秦岭山区的西北,除了飞虫的传播之外,公路行驶的汽车也加速了物种的传播,从而增加了路域物种的丰富度。各位置的植物种生活型都以草本植物为主,说明该路域植被恢复还处于初期阶段,随着植被恢复演替的进行,将逐步朝与原有植被系统相近的植物群落发展^[8]。

(2) 不同路域位置的丰富度表现为自然>路肩平台>渣场=取弃土场>路基>路堑,从 Shannon-

Weiner 指数、Simpson 指数和 Pielou 均匀度指数来看,路域植被之间以及和自然植被之间的均匀度变化都不显著。

(3) 在路基护坡中,拱形骨架护坡的丰富度指数和多样性指数,以及草本植物地上生物量都优于植草护坡,可见路基拱形骨架护坡模式的植被恢复效果较好。路堑护坡中,土工格室护坡更有利于植被群落的丰富度和多样性,在草本植物地上生物量上(81.19 g/cm²)也明显优于拱形骨架(42.27 g/cm²)和植草(32.15 g/cm²),所以路堑适合用土工格室护坡。

(4) 对于渣场而言,虽然自然恢复的各项指标都高于人工恢复,但是从长远角度考虑,人工种植苜蓿能提高土壤肥力,为周边自然物种的侵入提供良好的土壤环境,有利于乡土物种的侵入,逐步演变到与周围景观协调的自然植被,有利于形成稳定群落。此外,建议渣场在恢复植被前覆土,从而为植被生长提供较好的客观基础。

参考文献:

- [1] 陈辉,李双成,郑度. 青藏公路铁路沿线生态系统特征及道路修建对其影响. 山地学报[J],2003,21(5):559-567.
- [2] 黄锦辉,李群,刘晓丽. 河南周口至省界段高速公路建设对生态环境的影响. 生态学杂志[J],2002,21(1):74-79.
- [3] Forman R T T, Sperl D, Bissonette J A, et al. Road Ecology: Science and Solutions[M]. Washington DC: Inland Press,2002.
- [4] 董世魁,崔保山,丁宗凯,等. 大保高速公路老营段路域植被生态恢复[J]. 生态学报,2008,28(4):1483-1489.
- [5] 李洪远,鞠美庭. 生态恢复的原理与实践[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [6] 孙书存,包维楷. 恢复生态学[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [7] 王建国,樊军,王全九. 黄土高原水蚀风蚀交错区植被地上生物量及其影响因素[J]. 应用生态学报,2011,22(3):556-564.
- [8] Martin L M, Wilsey B J. Assessing grassland restoration success: relative roles of seed additions and native ungulate activities [J]. Journal of Applied Ecology, 2006,43(6):1029-1043.