

阜新矿区孙家湾矸石山阳坡物种多样性研究

许 丽^{1,2}, 樊金栓¹, 汪 季², 周心澄¹, 杨传兴³

(1. 北京林业大学水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083;

2. 内蒙古农业大学生态环境学院, 呼和浩特 010019; 3. 阜新矿务局林业处, 辽宁 阜新 123000)

摘 要: 采用野外调查和统计分析相结合的方法, 对孙家湾矸石山阳坡不同排矸年限地段物种多样性进行研究。结果表明: 在不同排矸年限地段, 物种组成变化较大, 由排矸初期的 4 科 4 种发展为后期的 6 科 19 种, 并由草本群落逐渐演变为榆树疏林。物种综合多样性指数、物种丰富度指数与排矸年限呈显著的正相关关系, *Alatalo* 均匀度指数与排矸年限呈显著的负相关关系。

关键词: 矸石山; 物种多样性; 阜新

中图分类号: X176

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)04-0246-04

Study on Species Diversity of Gangue Piles in Sunjiawan, Fuxin City

XU Li^{1,2}, FAN Jin-shuan¹, WANG Ji², ZHOU Xin-cheng¹, YANG Chuan-xing³

(1. Key Lab. of Soil and Water Conservation and Desertification Combating,
Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agriculture University, Huhhot 010019, China;

3. Fuxin Forestry Department of Mineral Bureau, Fuxin 123000, China)

Abstract: The species diversity of different gangue piles at sunny slope in Sunjiawan was studied with field investigation and statistical analysis. The results show that obvious changes in species components of different gangue piles took place, from 4 species of 4 families at the initial stage of dumping gangue to 19 species of 6 families at the back stage, and from herb community to sparse elm tree community. There was prominent positive correlation between diversity index, species richness index and dumping years. However, there was prominent negative correlation between *Alatalo* evenness index and dumping years.

Key words: gangue piles; species diversity; Fuxin

阜新煤田开发于 1897 年, 至今已有百余年的采煤历史, 是我国重要的煤炭生产基地, 建国 50 多年来已生产煤炭 5.2 亿 t。与此同时, 由煤炭开采形成的煤矸石堆积于矿区, 形成了大大小小的矸石山。据阜新市地质环境监测总站统计^[1], 矿区内堆积量在 0.01 亿 m³ 以上的矸石山有 12 座, 矸石山占地总面积 32.135 km²。阜新矿区的孙家湾矸石山就是由井下采煤排出的废弃岩石堆积而成, 最早的矸石堆积体距今已有 40 多年。在此期间, 随着煤炭生产的进行, 新鲜矸石从井口不断排出, 形成了具有不同堆积年限的、巨大的矸石山。矸石山不仅占压土地, 破坏景观, 污染土壤和水体, 而且其自然会释放大量的 SO₂、CO₂、CO、H₂S 气体以及一定量的氮氢化合物、苯并芘等有毒有害物质, 对大气造成严重污染。因此, 整治矸石山、进行植被重建对矿区生产和生活具有重要的现实意义。矸石山干旱瘠薄, 立地条件差, 一般物种难以生存, 尤其在阳坡, 条件更为苛刻。本文以孙家湾矸石山阳坡不同排矸年限的地段为研究对象, 调查分析其在植被自然恢复过程中物种多样性变化规律, 目的是为该地区矸石山生态重建提供依据。

1 研究区概况

阜新市地处辽宁省西北部, 北临科尔沁沙地, 东接辽河平原, 西靠热河山地, 为辽河与大凌河流域上中游浅山丘陵地区。孙家湾矸石山位于该市的东南部, 地理坐标为东经 121°40′, 北纬 41°58′, 海拔 192~293 m。本区属温带半干旱大陆性季风气候, 多年平均降水量 480 mm, 降水集中于 7~9 三个月, 占全年降水量的 70%。年平均蒸发量 1800 mm, 是降水量的 3.7 倍。年平均气温 7.3℃, 历年日最高气温 40.6℃, 最低气温 -28.4℃, 相对湿度 59%, 无霜期 156 d, ≥10℃的积温 3341.4℃, 全年日照时数为 2621.7 h。年平均风速 2.8 m/s, 最大风速 21 m/s。地带性土壤是在各种岩石风化物残积母质上以黄土、红土母质发育的淋溶褐土、褐土性土, 土层较薄。当地煤矸石的组成主要是粉砂岩、砾岩、煤页岩和泥岩等岩石成分。植被属华北、蒙古和长白山三大植物区系的交汇地带, 分布着中旱生的草本和灌木, 如荆条 (*Vitex chinensis* var. *heterophylla*)、虎榛子 (*Ostryopsis davidiana*)、酸枣 (*Zizyphus jujuba* var. *spinosa*)、白茅 (*Impe-*

* 收稿日期: 2005-08-26

基金项目:“十五”国家科技攻关项目(2001BA510B01);“辽宁省阜新市退耕还林建设工程综合试验示范”项目联合资助

作者简介:许 丽(1965-),女,副教授,博士生,主要研究方向为水土保持与荒漠化防治。

rata cylindrica)、黄背草 (*Themeda japonica*)、野古草 (*Arundinella hirta*) 等, 盖度在 30% ~ 50%, 旱生植物如兴安胡枝子 (*Lespedeza davurica*)、多叶隐子草 (*Cleistogenes polyphylla*)、百里香 (*Thymus mongolicus*)、大针茅 (*Stipa grandis*) 等, 盖度在 10% ~ 50%。耐旱植物紫菀 (*Aster tataricus*)、羊草 (*Leymus chinensis*) 等盖度较小^[2]。

2 研究方法

2.1 样地选择和调查

2004 年夏季, 在孙家湾矸石山阳坡不同排矸年限 (8 年以下、8~ 15 年、15~ 25 年、25~ 40 年) 的地段选设标准地, 每一标准地面积为 20 m × 30 m, 调查测定标准地内乔木的种类、盖度、密度、高度和冠幅; 同时在每一标准地内机械设置 9 个 1 m × 1 m 的草本调查样方, 调查草本的种类、盖度、密度和高度等指标; 并用样圆 (直径 35.6 cm) 法测定每种植物的频度, 30 次重复。

2.2 分析计算

2.2.1 群落重要值

根据所调查群落的特征数据, 计算其重要值, 以重要值确定群落主要成分, 并以优势植物来区分群落, 分析其动态变化。计算公式如下^[3,4]:

$$\text{重要值}(\text{SDR}_4) = \frac{\text{相对密度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度} + \text{相对高度}}{4} \%$$

式中: 相对密度 = 某一植物种的个体数 / 全部植物种的个体数 × 100; 相对盖度 = 某一植物种的盖度 / 群落中所有种盖度之和 × 100; 相对频度 = 某一植物种的频度 / 全部种的频度之和 × 100; 相对高度 = 某一植物种的高度 / 全部种的高度之和 × 100。

2.2.2 α 多样性指数

根据马克平等^[5-8]评述的植物群落多样性测度方法, 选择以下 6 种指标进行测度:

(1) Shannon-Wiener 多样性指数 (H')

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

(2) Simpson 多样性指数 (D) $D = 1 / \sum (P_i)^2$

(3) Pielou 均匀度指数 (J_p) $J_p = - (\sum P_i \ln P_i) / \ln S$

(4) Alatalo 均匀度指数 (E_a)

$$E_a = [(\sum P_i^2)^{-1} - 1] / [\exp(-\sum P_i \ln P_i) - 1]$$

(5) Margalef 丰富度指数 (Ma) $Ma = (S - 1) / \ln N$

(6) Patrick 丰富度指数 (Pa) $Pa = S$

式中: S —— 物种数目, N —— 所有物种个体总数, P_i —— 在本研究中用综合特征量的重要值与样地总的重要值的比值代替。

3 结果分析

3.1 不同排矸年限地段植物群落组成变化

3.1.1 群落组成的科属特征

在不同排矸年限的地段, 植物群落组成的科属特征不同 (见表 1)。对于 8 年以下地段, 物种组成很简单, 共 4 科 4 种, 即菊科、藜科、蒺藜科和萝藦科物种各 1 种。对于 8~ 15 年的地段, 物种明显增加, 为 5 科 12 种。菊科和禾本科物种居多, 两科 9 种占物种数的 75%, 特别是菊科增加了 6 种。同时新增了禾本科和榆科物种, 蒺藜科物种退化消失。而 15~ 25 年的矸石山, 物种进一步丰富, 为 6 科 17 种。仍然集中于菊科和禾本科, 两科 12 种占物种数的 71%。新增豆科 2 种, 禾本科 3 种。随着排矸年限增至 40 年, 物种数在平

稳中略有增加, 为 6 科 19 种, 主要表现在禾本科物种的增加。菊科和禾本科两科 13 种占 68%。

表 1 不同排矸年限地段植物群落种类组成的科属特征

序号	植物科名	排矸年限/a			
		< 8	8~ 15	15~ 25	25~ 40
1	榆科		1	1	1
2	菊科	1	7	7	6
3	禾本科		2	5	7
4	藜科	1	1	1	1
5	蒺藜科	1			
6	萝藦科	1	1	1	2
7	豆科			2	2
	植物科数合计	4	5	6	6
	物种数合计	4	12	17	19

3.1.2 群落组成的物种特征

表 2 不同排矸年限地段植物群落物种组成及其重要值 %

植物名称	排矸年限/a			
	< 8	8~ 15	15~ 25	25~ 40
乔木层				
榆树				
灌木层				
杠柳				
草本层				
鹅绒藤	47.46	6.09	3.06	2.44
猪毛菜	35.38	5.79	2.55	2.54
苍耳	10.96	3.19		
蒺藜	6.20			
大籽蒿		23.35	5.21	4.42
狗尾草		19.94	21.13	16.33
阿尔泰狗娃花		12.11	9.09	5.13
野艾蒿		9.51	9.62	3.48
抱茎苦苣菜		5.99	1.88	1.48
茵陈蒿		5.58	12.63	8.88
三芒草		4.41	5.28	17.05
小花鬼针草		4.06	2.64	1.69
多叶隐子草			10.74	12.90
中华隐子草			7.42	7.80
草木樨			2.83	5.60
野稷			2.78	1.79
兴安胡枝子			2.26	1.90
风毛菊			0.90	
拂子茅				3.35
鹅观草				3.26

(1) 排矸 8 年以下地段。为鹅绒藤+ 猪毛菜群落, 处于矸石山植被演替的初级阶段。该阶段物种简单, 均为一年生

耐旱草本, 两种优势植物的重要值占群落总重要值的 82.84% (见表 2), 它们是排土场植被演替的先锋植物。在排矸时间短而极端高温干旱的矸石堆上, 最早且最常见到的是鹅绒藤, 其次为猪毛菜, 苍耳、蒺藜等随后侵入。此时植被盖度低, 约为 15%, 而且草本植株低矮, 平均仅有 0.10 m。

(2) 排矸 8~15 年地段。为大籽蒿+ 狗尾草+ 阿尔泰狗娃花群落, 三种优势植物的重要值贡献率为 55.40%。但物种组成变化较大, 不仅一年生物种数增加, 而且出现了多年生的野艾蒿、茵陈蒿、阿尔泰狗娃花、抱茎苦苣菜等。蒿类的总体优势较明显, 多年生植物占总物种数的 45%。早期的先锋植物生长衰退, 取而代之的是大籽蒿、狗尾草等。该阶段草本盖度增至 50%, 草群高 0.25 m。群落中还出现了零星生长的榆树幼苗, 高度约 0.15 m。

(3) 排矸 15~25 年地段。为狗尾草+ 茵陈蒿+ 多叶隐子草群落, 三种优势植物重要值的贡献率为 44.50%, 林下草本盖度达 75%, 高度为 0.38 m。最明显的变化是出现了多年生禾本科草类, 如多叶隐子草、中华隐子草等, 而且多叶隐子草又发展为群落的优势种之一。群落物种的总体优势由蒿类转变为禾本科草类。与此同时, 多年生的草木樨、兴安胡枝子、风毛菊等逐渐侵入, 多年生草本的物种数占到 62%。在该地段的标准地中, 树高超过草本层的榆树只有 3 株, 平均高为 1.07 m, 加上低矮的榆树幼苗, 总盖度也仅为 1%。因此, 乔木对群落的影响很小。由此可见, 在该地段, 随着矸石的风化, 生境条件虽然有所改善, 但仍不适宜乔木树种生长, 在此阶段进行人工植被恢复时, 应选择耐旱草本。

(4) 排矸 25~40 年地段。随着排矸年限增加, 榆树的平均高增至 1.22 m, 但盖度只有 3%, 密度也仅为 2.8 株/100 m², 成为榆树疏林。群落中还出现了一片密集的杠柳林, 平均高为 0.83 m, 盖度约 5%。草本层种类略增至 17 种, 盖度增至 85%, 草群高度为 0.45 m。优势草本植物是三芒草、狗

尾草和多叶隐子草, 三者重要值贡献率为 46.28%。群落中出现了多年生禾草拂子茅和鹅冠草, 多年生草种数占草本数的 65%。在该地段, 虽然群落中存在乔灌木树种, 但其总盖度较低, 生长势弱, 在群落中的作用较小。从调查结果看, 由于阳坡极端干旱瘠薄, 即使矸石风化多年, 仍然不具备乔木树种生长的条件。因此, 在该地段矸石山阳坡进行人工植被重建时, 应以耐旱草本为主, 适当搭配耐旱灌木树种, 灌木的比例宜小。

3.2 不同排矸年限地段 α 多样性变化

表 3 不同排矸年限地段 α 多样性指数

排矸年限/a	多样性指数	多样性指数	均匀度指数	均匀度指数	丰富度指数	丰富度指数
< 8	1.1360	0.6337	0.8195	0.8183	0.8580	4
8~15	2.1833	0.8636	0.9105	0.8042	2.0236	11
15~25	2.4743	0.8945	0.8924	0.7801	2.8824	16
25~40	2.5321	0.9001	0.8937	0.7781	3.0343	17

由表 3 和图 1~图 3 可知, 随着排矸年限的增加, Shannon-Wiener 和 Simpson 两个综合多样性指数逐渐增加, 由排矸初期的 1.1360 和 0.6337 增至 2.5321 和 0.9001, 综合多样性指数与排矸年限存在较为显著的正相关关系。丰富度指数也随排矸年限的增加而增加, 两者呈显著的正相关。从均匀度来看, Alatalo 均匀度指数与排矸年限呈显著的负相关, 而 Pielou 均匀度指数与排矸年限相关性较差, 趋势变化不明显。

从多样性指数的计算结果看, 排矸初期的地段间综合多样性指数和丰富度指数变化明显。但随着排矸年限增加, 排矸 15~25 年与排矸 25~40 年地段间, 多样性指数的变化趋于平缓, 物种数增减较少, 此时群落已处于植被演替的平稳阶段, 群落的稳定性增加。

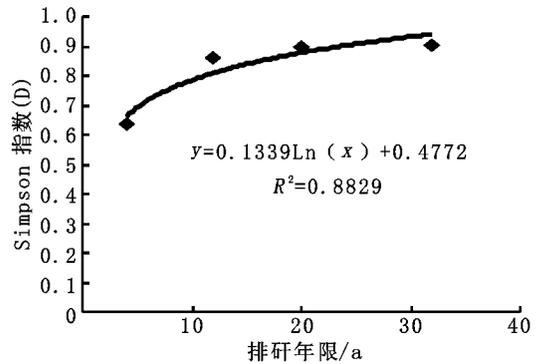
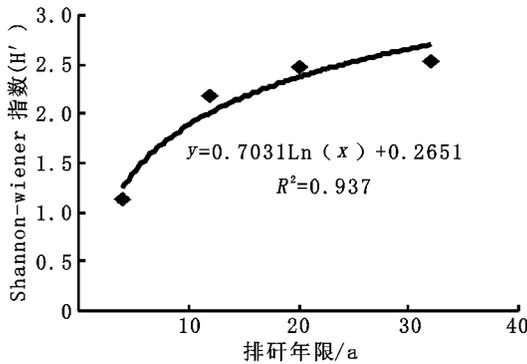


图 1 不同排矸年限地段物种综合多样性的变化

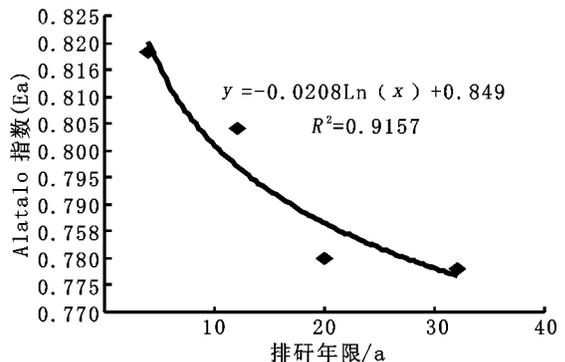
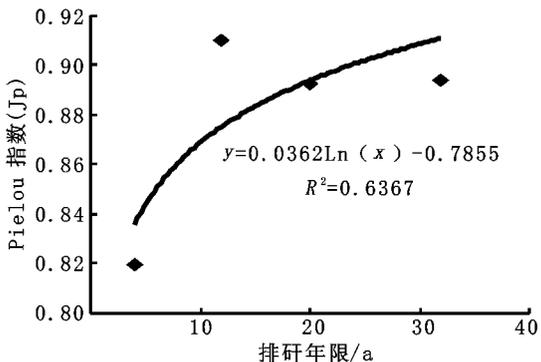


图 2 不同排矸年限地段物种均匀性的变化

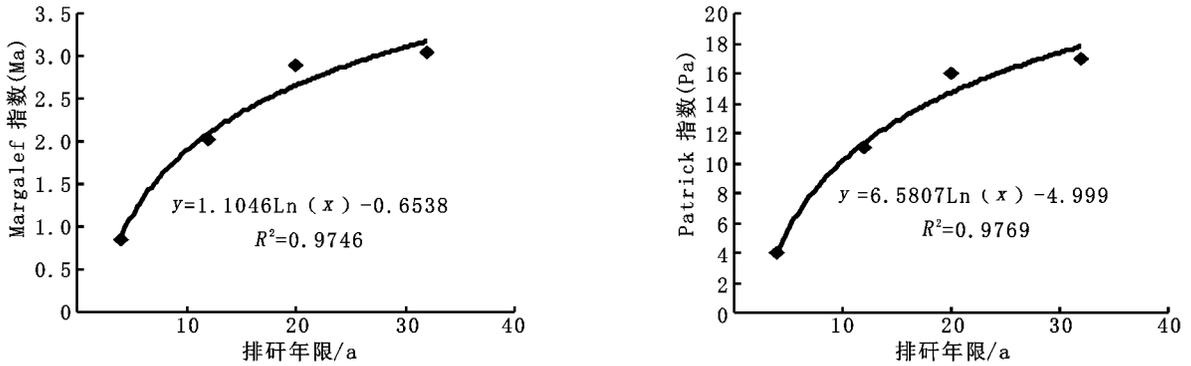


图3 不同排研年限地段物种丰富度的变化

4 小结

(1) 在孙家湾矸石山阳坡, 随着排研年限的增加, 物种数由初期的4科4种增至后期的6科19种, 均为耐旱性极强的物种。其中, 菊科与禾本科物种居多, 占总物种数的68%。群落演替序列为: 鹅绒藤+ 猪毛菜群落 大籽蒿+ 狗尾草+ 阿尔泰狗娃花群落 狗尾草+ 茵陈蒿+ 多叶隐子草群落 榆树疏林。

(2) 随着矸石的长期风化和立地条件的改善, 草本的种类、盖度和高度相应增加。但对木本而言, 由于阳坡高温低湿, 水分条件极差, 自然生长的榆树只能零星分布, 而且盖度低、长势差, 成为“小老树”。因此, 即使是排研25~40年的地段, 也并不适合乔木树种的生长。建议在本地矸石山阳坡植被重建时, 以耐旱草本为主, 少量配置耐旱灌木。

(下转第252页)

(上接第245页)

多年平均和不同降水年型的土壤水分动态变化规律, 得出以下结论:

(1) 各站点土壤水分季节性变化受该地区降雨的强烈影响, 与当地气候的季节性变化, 尤其是降雨的季节性变化基本是一致的。土壤水分的季节变化大致可分为春夏快速失墒期、夏秋增墒期和冬春相对稳墒期三个阶段。即从3月上旬起土壤水分均开始下降, 至6~7月都出现一个水分低值区, 之后土壤水分开始回升。各站由于降水、蒸散等的差异, 其土壤水分变化又有各自的特点。

幅度均较深层50~100 cm处的变化幅度大。几个站点相比较而言, 环县自始至终变化较为平稳, 定西50~100 cm变化较稳定, 固原无论是0~50 cm还是50~100 cm, 都是变化较为剧烈的。固原县和定西县土壤水分垂直变化较活跃, 活跃层可达50 cm, 而环县的活跃层较浅, 0~10 cm土层为速变层, 次活跃层仅涉及到20 cm深, 20 cm以下为相对稳定层。

(3) 就不同降水年型而言, 固原实验站典型丰水年和典型枯水年土壤含水量的变化趋势表现出对称性。但典型丰水年土壤含水量的变幅仍较典型枯水年的土壤含水量变幅大。

(2) 各站点土壤水分垂直变化在浅层0~50 cm处的变化

参考文献:

- [1] 邵晓梅, 严昌荣, 徐振剑. 土壤水分监测与模拟研究进展[J]. 地理科学进展, 2004, 23(3): 58-66.
- [2] 张超, 王会肖. 土壤水分研究进展及简要评述[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(4): 117-125.
- [3] 李海滨, 林忠辉, 刘苏峡. Kriging方法在区域土壤水分估值中的应用[J]. 地理研究, 2001, 20(4): 446-452.
- [4] A Henderson-Sellers. Soil moisture: A critical focus for global change studies[J]. Global and Planetary Change, 1996, 13: 3-9.
- [5] 何福红, 黄明斌, 党廷辉. 黄土高原沟壑区小流域土壤水分空间分布特征[J]. 水土保持通报, 2002, 22(4): 6-9.
- [6] 胡恒觉, 等. 黄土高原旱地农业-理论、技术、潜力[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [7] 李洪建, 王孟本, 柴宝峰. 黄土高原土壤水分变化的时空特征分析[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4): 515-519.
- [8] 黄奕龙, 陈利顶, 傅伯杰, 等. 黄土丘陵小流域地形和土地利用对土壤水分时空格局的影响[J]. 第四纪研究, 2003, 23(3): 334-342.
- [9] 陈洪松, 郝明德, 宋孝玉. 黄土高原沟壑区农田土壤水分动态变化分析[J]. 水土保持研究, 2003, 10(1): 92-94.
- [10] 白世彪, 陈晔, 王建. 等值线图软件SURFER 7.0中九种插值法介绍[J]. 物探化探计算技术, 2002, 24(2): 157-162.
- [11] 熊文兵. 用Surfer 7.0绘制气象等值线图[J]. 广西气象, 2003, 24(3): 43-45.
- [12] 李新宁, 王家林, 吴健生, 等. 借鉴GIS基本思想在Surfer中实现复杂地质图件的绘制[J]. 物探化探计算技术, 2001, 23(1): 62-67.
- [13] 邵明辉, 李银芳. 应用SURFER软件绘制土壤湿度时间等值线图的方法[J]. 干旱区研究, 1996, 13(2): 63-68.
- [14] 文雅, 郭治兴. 应用Win-Surfer软件绘制降水等值线图[J]. 土壤与环境, 2002, 11(4): 360-362.
- [15] 杨兴国, 柯晓新, 张旭东, 等. 甘肃河东雨养农业区水分变化规律的研究[J]. 应用气象学报, 2000, 11(2): 205-213.
- [16] 韩湘玲. 农业气候学[M]. 太原: 山西科学技术出版社, 1999.
- [17] 刘新平, 张铜会, 赵哈林, 等. 干旱半干旱区沙漠化土地水分动态研究进展[J]. 水土保持研究, 2005, 12(1): 63-68.

3.1 地貌对水土流失的影响

嘉陵江流域中上游地处秦岭山区,这一带断裂发育,如临潭-山阳深断裂、玛沁-略阳深断裂等,这种地质构造影响斜坡物质的稳定性。同时,流域内的紫色岩、千枚岩、砂板岩等抗风化能力差,成土速度快,风化产物松散,易随水流失,加之70%以上的丘陵地貌,使地形起伏明显,岭谷高差悬殊。从嘉陵江上游部分,辗转于海拔1000~3000m的秦岭、摩天岭、米仓山等崇山峻岭之中,山川起伏可达400~1000m,平均比降3.8%,不少地段河谷为V形,谷坡陡达40°以上。由于河谷深切形成峡谷,底坡又大,水流湍急,暴雨一到,水土极易流失,其相关性见下表4。从嘉陵江流域各水文站收集到的输沙模数(见下图4)可以看到地貌引起的水力侵蚀相当严重。

表4 地貌与水土流失关系 %

Table with 7 columns: 侵蚀分区, 轻度水力侵蚀, 中度水力侵蚀, 强度水力侵蚀, 极强度水力侵蚀, 极强度水力侵蚀, 小计. Rows include 龙门山中山侵蚀区, 盆北低山侵蚀区, 盆北-盆中丘陵侵蚀区, 合川-重庆低山丘陵侵蚀区.

3.2 气候对水土流失的影响

气候条件也是影响水土流失的主要原因之一。嘉陵江中下游地区气候温暖潮湿,利于基岩风化,甚至发生滑坡侵蚀。特别是区域内雨水丰富,主要集中在夏季,其降雨量占全年雨量70%~90%,雨水集中,强度大,冲刷作用明显[5]。

3.3 植被对水土流失的影响

植被因素可以说与人类活动密切相关。嘉陵江流域人口密集,最大密度可达800人/km²左右,大部分地区都在300~500人/km²之间。密集的人口,必然带来对土地资源需求量大

参考文献:

[1] 王莲芬,许树柏.层次分析法引论[M].北京:中国人民大学出版社,1990.45-72.
[2] 倪绍祥.土地类型与土地评价概论[M].高等教育出版社(第2版),1999.282-283.
[3] 吴晓燕.嘉陵江流域生态经济建设的对策探讨[J].科学·经济·社会,2005,23(1):29-35.
[4] 隋鹏飞,胡碧玉.论嘉陵江流域旅游开发[J].重庆邮电学院学报(社会科学版),2004,64(6):12-13.
[5] 王德伟,姚锦其.嘉陵江中下游水土流失规律及影响因素研究[J].矿产与地质,2005,109(3):276-280.
[6] 段浩,杨军,苏智先.南充市水土流失成因分析及防治对策[J].灾害学,2004,19(3):34-38.
[7] 张明波,黄燕,郭海晋,等.嘉陵江西汉水流域水保措施减水减沙作用分析[J].泥沙研究,2003,(1):71-74.

(上接第249页)

(3) 调查结果表明,在不同排矸年限地段,植物群落α多样性指数随着排矸时间梯度的增加而增加,物种综合多样性指数、丰富度指数与排矸年限呈显著的正相关关系,Alatalo

参考文献:

[1] 赵明鹏,张震斌.阜新矿区矸石山灾害与防治[J].辽宁工程技术大学学报,2003,22(5):711-713.
[2] 刘青柏,刘明国,刘兴双,等.阜新地区矸石山植被恢复的调查与分析[J].沈阳农业大学学报,2003,34(6):434-437.
[3] 内蒙古大学生物系.植物生态学实验[M].北京:高等教育出版社,1986.69-70.
[4] 姜恕等.草地生态研究方法[M].北京:农业出版社,1988.15-21.
[5] 马克平.生物群落多样性的测度方法.α多样性的测度方法(上)[J].生物多样性,1994,2(3):162-168.
[6] 马克平,刘玉明.生物群落多样性的测度方法.α多样性的测度方法(下)[J].生物多样性,1994,2(4):231-239.
[7] 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.
[8] 张金屯.数量生态学[M].北京:科学出版社,2004.86-94.

的极大压力,为了生存,人们不得不毁林开荒,种植的坡度已达25°以上,致使该流域植被的覆盖率很低,只在10%左右,再加之植被种类单一,大大减低了植被的蓄水保土能力。

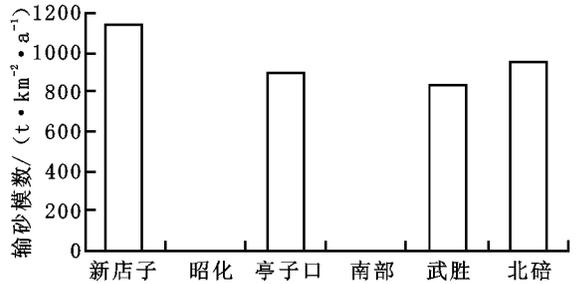


图4 嘉陵江流域各水文站年平均输沙模数变化

3.4 土壤性质对水土流失的影响

在大面积紫色土上发育的土壤,成土速度快、时间短、土层薄,土体的结构差,土粒分散;加之由泥页岩风化物构成母质的土壤,其质地黏重,透水缓慢天晴易板结,下雨成泥,很容易造成水力侵蚀。

4 结语

嘉陵江流域水土流失的21个影响因子中,坡面比降、地表切割、降雨季节变化、土壤结构和森林覆盖以及人类破坏所起的作用最大,这与前人的研究结果相一致[5-7],但AHP分析,是在因素与因素的相互关系中得到的结果,克服了单独研究某几个因素的影响,因而具有宏观性与全局性,这对目前嘉陵江综合开发具有指导意义。因此在进行流域开发中,我们一定要加强对这些因子与因子间的研究与控制。目前所进行的嘉陵江流域水电的梯级开发是降低坡面比降、地表切割较好的措施,同时还可以调节水量分配;要防止人类的破坏,必须发展流域经济,尤其是要解决好“三农”问题;加大流域中上游的植被覆盖率种植工作,鼓励生态农业的开发、建设。