

# 苏北丘陵山区生态修复效果的监测与评价

张文海<sup>1</sup>, 高之栋<sup>2</sup>

(1. 河海大学 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 南京 210098; 2. 江苏省赣榆县夹谷山水土保持试验站, 江苏 赣榆 222100)

**摘要:**生态修复是治理水土流失的有效途径,是水土保持建设的新思路。近年来,各地都非常注重水土保持生态修复工程建设,对生态修复效果的监测评价就显得十分必要。该文对苏北丘陵山区生态修复项目区 3 a 的监测成果进行了分析。结果显示:区内植物种群逐步增加,植被覆盖度逐年提高,从 43.5% 提高到 98.4%。植物群落呈现多样性、稳定性发展,植物群落趋向良性循环,人工幼林长势良好。土壤侵蚀量由 2 758 t/(km<sup>2</sup>·a) 减少到 1 369 t/(km<sup>2</sup>·a),减沙效益为 50.4%,水土流失得到有效的控制。

**关键词:**苏北丘陵山区;生态修复;植被覆盖度;植物群落;监测与评价

中图分类号:X171.1;X171.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)02-0245-04

## Monitoring and Assessment of Ecological Restoration Effect for the Hilly Region of Northern Jiangsu Province

ZHANG Wen-hai<sup>1</sup>, GAO Zhi-dong<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Mount Jiagu Test Station of Soil and Water Conservation in Ganyu County, Gangyu, Jiangsu 222100, China)

**Abstract:** Ecological restoration is an efficient way for treatment of soil and water loss and is a new idea for development of soil and water conservation. In recent years, a lot of attention has been paid to engineering construction for soil and water conservation and ecological restoration in various regions. It is thus necessary to have monitoring and assessment on the effect of ecological restoration. In this paper, analysis was performed on the monitoring results for the past three years of an ecological restoration project in the hilly region of northern Jiangsu province. The result shows that, inside the region, plants species groups increase gradually and vegetation coverage increases year by year (from 43.5% to 98.4%). Plant tribes show varied and stable growth in a good cycle. Plantation of saplings grows well too. Soil erosion amount reduces from 2 758 t/(km<sup>2</sup>·a) down to 1 369 t/(km<sup>2</sup>·a) and sand reduction efficiency is 50.4%. Soil and water loss has been controlled efficiently.

**Key words:** hilly region of northern Jiangsu province; ecological restoration; vegetation coverage; plant tribes; monitoring and assessment

水土保持生态修复是一项注重依靠大自然的自我修复能力,在加强预防保护和开展人工辅助治理的条件下,在较短的时间内实现大面积水土流失初步治理,使区域生态环境逐步恢复,最终实现人与自然和谐共处的水土保持措施<sup>[1]</sup>。生态修复是近年来水土保持生态建设的新思路,是治理水土流失的有

效途径。丰富了水土保持综合治理的内涵,体现了人与自然和谐共处的理念。生态修复治理水土流失,不但效果好,见效快,适应范围广,而且投资省<sup>[2]</sup>。近年来,各地专家学者对生态修复的相关问题进行了探讨与研究<sup>[1+5]</sup>,对指导各地水土保持生态建设具有十分重要的意义,但对水土保持生态修复

\* 收稿日期:2008-07-21

基金项目:2005年江苏省水利厅“生态修复水土保持效应监测与评价体系的建立”项目

作者简介:张文海(1967-),男,江苏赣榆县人,高级工程师,在职博士,研究方向为土壤侵蚀与水土保持。E-mail:shuili001@yahoo.com.cn。

效果的监测与评价研究较少。

苏北丘陵山区由于长期不合理采伐、开矿、陡坡种植、过度放牧等人为因素及各种自然因素的干扰,致使当地的生态系统遭到破坏,造成了严重的水土流失。为加快水土流失的治理步伐,推进水土保持工作的深入开展,2003年,江苏省水利厅在赣榆县西部丘陵山区实施了水土保持生态修复项目试点。为客观评价该区生态修复的效果,对项目区的植被多样性、植物群落变化、人工幼林生长、水土保持效果等进行了跟踪监测,并对阶段性监测成果进行了分析评价,为苏北丘陵山区的生态修复提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 项目区概况

项目区位于江苏省赣榆县西部丘陵山区,总面积 4.16 km<sup>2</sup>,其中封禁辅植幼林 256 hm<sup>2</sup>,发展杂果经济林 87 hm<sup>2</sup>,退耕还林补植造林 73 hm<sup>2</sup>。为补植造林提供水源,在封禁区内修建塘坝 2 座。该区属北温带湿润大陆海洋过渡区,年平均气温 13.1℃,最低气温 -15.4℃,最高气温 37.7℃;平均风速 2.9 m/s,最大风速 24.0 m/s;年平均降水量 904.7 mm,且时空分布不均,其中 6-9 月降雨量占全年的 70%以上;年平均日照时数 2 679 h;年平均蒸发量 1 550.4 mm;无霜期 233 d。区内沟谷较多,地形复杂,地块破碎,土壤为花岗片麻岩风化发育的沙壤土,土壤瘠薄,土层厚度一般 20~30 cm,水土流失严重。植被为北温带常绿针叶次生林和阔叶林,主要有松科的黑松(*P. thunbergu*)、赤松(*Pinns densiflora*)、壳斗科的麻栎(*Quercus cacutissima*)、板栗(*Castaned mollissima*)、蝶形花科的胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、楝科的苦楝(*Melia azedarach*)、漆树科黄连茶(*Pistaciuchinensis*)、蔷薇科豆梨(*Pynis calleryana*)、小檗科大叶小檗(*Berbercis amurensis*)、鼠李科酸枣(*Z. spinosus*)、苦木科臭椿(*Alanthus altissima*)等。乔木树种现存极少,且分散。草本以稀疏的青蒿、狗牙根、鬼针草为代表群落。区内自然条件优越,光、热、水、物种资源丰富,具备了植被繁衍和生态修复的有利条件。

### 1.2 监测内容与方法

根据生态修复区地貌及植被类型,布设固定监测样方,其中乔木样方 4 个,面积 20 m × 20 m;人工幼林样方 8 个,面积 10 m × 10 m;草本样方 8 个,面积 1 m × 1 m,并对应设置对比样方。用常规监测方法<sup>[67]</sup>记录植被类型、恢复时间、恢复方式、人工影响方式、

乔、灌木树种组成,人工幼林的成活率、保存率、树高、胸径、郁闭度、覆盖度,草本调查监测草的种类、高度、覆盖度、数量或多度、生物量等,同时记录样地坡度、坡向、坡位。用标桩法测定土壤侵蚀状况,在每个样方设置 15 根标桩,分 5 行、3 列布设,每年 12 月测量一次土壤流失厚度,计算土壤侵蚀模数。

## 2 监测成果与分析

### 2.1 植被多样性的变化

通过 3 a 的封禁修复,生态修复项目区内自然植被恢复效果已非常明显,植被覆盖度由封禁修复前 43.5%(对照区)提高到 96.1%,3 a 覆盖度分别提高到 65.3%,76.3%,96.1%,新补植湿地松(*Pinus ellioiui*)、合欢(*Albizzia julibrissin*)等郁闭度达 14.2%。项目区内已形成乔、灌、草立体结构,群落结构趋于合理,向良性演替。

通过监测资料分析,生态修复项目实施后,区内林草结构及生物量发生较大变化。封禁修复前,调查的 4 个样方内,乔木树种稀少,只有 5 科 7 种,共 44 株。平均树龄 17.3 a,平均树高 2.6 m,胸径 7.02 cm,冠幅 3.82 m<sup>2</sup>;灌木 4 科 4 种,平均高度 0.63 cm,密度 270 株/hm<sup>2</sup>;草本 7 科 8 种,以青蒿、鬼针草、羊肥草为优势种,平均草高 0.28 cm,覆盖度 43.5%。封禁修复 3 a 后,乔、灌、草有了较大的增加,乔木树种增加到 7 科 11 种,灌木增加到 8 科 11 种,草本增加到 10 科 18 种。植被覆盖度增加到 96.1%,见表 1。

分析表 1 可知:乔木、灌木群落在 3 a 的封禁修复中,变化不大,只是生物量的增长速度提高。灌木种数增幅最大,增长率达到 175%,其次是草本群落,增长率达 125%。从草的种数、平均高度、覆盖度都有较大幅度提高表明,在人工补植的幼林树种还不占优势时,植被以草本群落为优势种,植被演替的趋势是向物种多样性、稳定性演替。

### 2.2 人工补植幼林生长变化

项目区从 2003 年春封禁治理,由于春季干旱,于本年度 6 月下旬,人工补植 2 a 生营养袋培育的美国松(湿地松)幼苗 5 万株及部分合欢。当时雨后墒情好,幼苗成活率高,长势较好。3 a 来对湿地松幼林进行连续监测,监测结果见表 2。

分析表 2 可知,人工幼松林在该地夏季造林成活率高,平均达 98.5%以上。前两年平均保存率达 97.0%以上,2005 年因受部分火灾危害保存率下降到 82.8%。该树种在本地长势较好,补植第 3 年后,树高、地径生长量达 2 倍以上,最高达 5 倍多。

表 1 植被多样性的变化

年份	科种	乔木				种数	灌木		种数	草本	
		胸径/ cm	树高/ m	冠幅/ m <sup>2</sup>	密度/ (株·hm <sup>-2</sup> )		高度/ cm	密度/ (株·hm <sup>-2</sup> )		草高/ cm	覆盖度/ %
封禁前	5 科 7 种	7.02	2.60	3.82	60	4	0.63	270	9	0.28	43.5
2003	5 科 7 种	7.69	2.73	3.88	60	4	0.68	315	11	0.31	65.3
2004	6 科 9 种	8.67	3.84	4.60	54	8	0.83	345	14	0.53	76.3
2005	7 科 11 种	9.90	3.97	5.22	54	11	0.86	435	18	0.62	96.1
增长率/ %	40.0	41.0	52.7	36.6	- 10.0	175	36.5	61.1	125.0	121.4	120.9

注:表中的胸径、高度、冠幅、覆盖率均为平均值,乔木栏树种未计人工补植幼林。

表 2 人工补植幼林生长变化

年份	样方/个	株数/株	成活率/ %	保存率/ %	平均地径/cm	平均树高/cm	最高/cm	平均分蘖数/个
2003	8	163	98.7	97.8	0.48	26.0	45.0	-
2004	8	160	98.4	96.6	0.96	41.0	83.0	1.5
2005	8	135	98.6	82.8	1.87	83.0	130.0	6.6
增长率/ %		- 17.2			289.6	219.2	566.7	340.0

2.3 植物群落变化

生态修复初期,项目区内以 1 a 生杂草青蒿、鬼针草、羊肥草群落为主。随着时间的推移,一些传播能力较强的 1 a 生禾木科草种狗尾草、林草等侵入,并出现少量多年生藤本植物葛藤、铁线莲,但青蒿、鬼针草、羊肥草群落还是该时期的代表性群落,覆盖度由封禁前的 43.5 % 提高到 65.3 %。封禁修复 2 a 后,多年生草本逐渐出现,如山红草、茅草、兔儿伞、丹参、柴胡等,但不占优势。植被仍以青蒿、鬼针草、羊肥草群落为主,覆盖度提高到 76.3 %。封禁修复 3 a 后,一些地带性多年生植物种占据优势,如山红草、茅草、野山梅、拂子茅、小葛藤、山菊花等,原有

牛、羊啃食退化的小灌木也长出新枝条,并出现了黑松、臭椿、麻栎、毛桃、野李子等新的乔灌木树种,覆盖率达 96.1 %。在第 3 年秋季调查发现,青蒿、鬼针草等群落已基本退出该系统,只在山顶零星分布。地带性植物山红草、茅草、野山梅群落成为该区的优势群落,系统向正向演替,见表 3。

2.4 土壤侵蚀量变化

植被可以截留降水,削减降雨对地面表土的击溅和冲击强度,增加土壤入渗。植被对保持水土作用的大小,与植被覆盖度有密切的关系<sup>[8]</sup>。通过 3 a 的降雨、植被覆盖度的观测分析,得出植被覆盖度与径流、土壤侵蚀量的关系,见表 4。

表 3 不同时期植被群落变化

修复年限/a	群落建种	主要物种(按重要值排序)	覆盖率/ %	增幅/ %
1	青蒿、鬼针草、羊肥草	青蒿、鬼针草、狗牙根、狗尾草、小葛藤、兔儿伞、林草	65.3	21.8
2	鬼针草、青蒿	鬼针草、青蒿、狗牙根、狗尾草、林草、小葛藤、兔儿伞、山红草、茅草、山菊花、曲麦	76.3	11.0
3	山红草、茅草	山红草、茅草、野山梅、拂子茅、山菊花、曲麦、丹参、柴胡、铁线莲、金银花、白蒿、狗尾草、兔儿伞、贾莲子	96.1	19.8

表 4 植被覆盖度与土壤侵蚀量关系

年份	降雨量/ mm	覆盖度/ %	年径流量/ (m <sup>3</sup> ·km <sup>-2</sup> )	径流量削减 率/ %	径流系数/ %	土壤侵蚀量/ (t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	减少效益/ %
2003	805.3	65.3	36500	-	52.4	2758	-
2004	752.0	76.3	18968	48.0	42.5	1435	47.9
2005	778.6	96.1	13700	62.5	20.6	1369	50.4

分析表 4 可知,3 a 的降雨量变化不大,而径流量、土壤流失量则随覆盖度的增加而减少。植被覆盖度由 65.3% 增加到 96.1%;径流量则由 36 500 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> 减少到 13 700 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,径流量缩减率 62.5%;土壤流失量由 2 758 t/(km<sup>2</sup>·a) 减少到 1 369 t/(km<sup>2</sup>·a),减沙效益为 50.4%。由此可见,生态修复工程的实施后,植被覆盖度快速提高,土壤侵蚀量大大减少。

### 3 结论

(1) 经过 3 a 的封禁修复,项目区内植物种的自然萌发量、生长量、数量及种群逐步增加,群落向多样性、稳定性演替,植被覆盖度大幅提高,土壤侵蚀量明显下降,水土保持效果显著。

(2) 只要具备植被繁衍和生态修复条件的地区,通过采取科学合理的封禁治理方法和措施,依靠生态系统的自适应、自组织、自调控能力,按照生态系统自身演替规律,在人工干预和适当投入的条件下,可以使生态系统的结构、功能和生态学潜力逐步恢复到一定的乃至更高水平,最终实现人与自然的和谐共处。

(3) 对今后人工林成林后,该区的生物多样性变

化、群落的演替趋势、土壤结构变化、区域小气候等情况需要进一步监测,以期取得更全面、更完善的资料,更好地为区域的水土保持生态建设服务。

#### 参考文献:

[1] 陈奇伯,陈宝昆,董映成,等.水土流失区小流域生态修复理论与实践[J].水土保持研究,2004,11(1):168-170.

[2] 焦士兴.关于生态修复几个相关问题的探讨[J].水土保持研究,2006,13(4):127-129.

[3] 焦居仁.生态修复的要点与思考[J].中国水土保持,2003(2):1-2.

[4] 梁宗锁,左长清.简论生态修复与水土保持生态建设[J].中国水土保持,2003(4):12-13.

[5] 王治国.关于生态修复若干概念与问题的讨论[J].中国水土保持,2003(11):20-21.

[6] 中华人民共和国水利行业标准.水土保持监测技术规程(SL277-2002)[S].北京:中国水利水电出版社,2002.

[7] 董鸣.陆地生物群落调查观测与分析[M].北京:中国标准出版社,1996.

[8] 谢庭生,何英豪.湘中紫色土丘岗区水土流失规律及土壤侵蚀量的研究[J].水土保持研究,2005,12(1):87-90.

(上接第 244 页)

实上这些措施只能在一定程度上减缓冲突的发生,降低冲突的负面影响,我们唯一能做的就是权衡土地资源利用各种目标,使土地利用的总体效益达到最大。

#### 参考文献:

[1] Grimble R, Wellard K. Stakeholder methodologies in natural resource management: A review of principles, contexts, experience and opportunities[J]. Agricultural Systems, 1997, 55(2): 173-193.

[2] 张德.组织行为学[M].北京:高等教育出版社,1999.

[3] 于伯华,吕昌河.土地利用冲突分析:概念与方法[J]地

理科学进展,2006,5(3):106-115.

[4] David J. Campbell, Helen Gichohi, Albert Mwangi, et al. Land use conflict in Kajiado District, Kenya[J]. Land Use Policy, 2000, 17: 337-348.

[5] 于伯华,吕昌河.北京市顺义区土地资源竞争与土地利用变化分析[J].农业工程学报,2006,10(10):7-12.

[6] 王万英,李海林.森林利用的冲突与调解途径理论探[J].云南地理环境研究,1999,3(1):30-36.

[7] 郝仕龙,陈南祥,李壁成.黄土丘陵区土地利用的竞争模式[J].干旱地区农业研究,2007,25(1):26-29.

[8] 吴次芳,鲍海君.土地资源安全研究的理论与方法[M].北京:气象出版社,2004.