

## 小流域水土保持治理前后生物多样性的变化监测方法与案例\*

刘则荣<sup>1</sup>, 武俊德<sup>2</sup>, 杨冰<sup>2</sup>, 冯续宁<sup>2</sup>, 侯庆春<sup>3</sup>

(1. 黄河上中游管理局, 西安 710021; 2. 庆阳市水土保持研究所, 甘肃 庆阳 745000; 3. 中科院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 721000)

**摘要:**生物多样性是评价水土保持生态效益的重要指标。为了全面总结和评价世行水土保持贷款一、二期项目实施后的生态效益, 提高小流域治理水平, 以典型小流域为监测对象, 探讨水土保持项目实施后, 生物多样性监测指标和方法, 并对小流域项目实施后的生态环境变化做出评价。

**关键词:**生物多样性; 小流域监测; 水土保持; 世行贷款项目

中图分类号: S157; X176

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)05-0200-04

## Monitoring Methods for Biodiversity Change in Watershed Water and Soil Conservation Treatment and a Case Study

LIU Zerong<sup>1</sup>, HOU Qingchun<sup>2</sup>

(1. Upper-Middle Reaches Bureau, Xi'an 710021, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation of Qingyang City Qingyang, Gansu 745000, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation, CAS and MWR, Yangling, Shaanxi 721000, China)

**Abstract:** Biodiversity is an important indicator to evaluate the ecological effect of soil and water conservation. To summarize and evaluate the ecological effects of the Loess Plateau Rehabilitation Project Phase I and Phase II and improve the watershed management, the paper explores the indicators and methods for biodiversity monitoring and evaluation of effects of the environmental changes after the completion of the project.

**Key words:** biodiversity; watershed monitoring; soil and water conservation; Loess Plateau Rehabilitation Project

生物多样性是近年来比较受到关注的一个课题。它既是生态环境变化的反映标志, 也是生态环境的组成部分, 生物多样性的变化越来越受到人们的注意。自 20 世纪 90 年代后半期, 利用世界银行提供的贷款, 实施了“黄土高原水土保持世行贷款一、二期项目”, 经过十余年的努力, 完成了项目规定的各项任务, 达到了预期目的。为了全面总结和完善的黄土高原世行贷款项目实施后的生态效应评价, 提高小流域治理水平, 英国国际发展部于 2003 年与水利部达成协议, 提供赠款在甘肃省黄土高原水土保持世行贷款项目区实施小流域监测评价项目, 其中小流域治理前后生物多样性的监测和评价是重要内容之一。

该项目的主要任务是以项目区小流域为对象, 依据生物多样性监测和评价的经验, 初步提出小流域生物多样性监测指标、监测方法, 实施小流域生物多样性监测和评价, 以验证这些指标的适用性, 经过进一步修改和完善, 最后提出比较适合于水土保持小流域综合治理的生物多样性监测和评价指标。

### 1 监测指标和评价指标的选择

#### 1.1 监测指标选择的原则

(1) 科学性原则。生物的生长和分布与环境条件密切

相关, 选择的监测指标和方法必须符合生物的自然规律, 其得到的数据才能客观地反映生态环境的变化, 客观地评价水土保持的生态效应。

(2) 实用性原则。水土保持项目实施后, 小流域的各项生态因素会发生变化, 这些变化有些具有较好的规律性, 能够反映小流域生境的变化, 也有一些变化具有较大的偶然性, 所以, 在确定监测指标时应选择那些能够明显反映小流域生境变化的指标。

(3) 可操作性原则。生物多样性监测是野外获取观测数据并用于评价, 这些数据必须是很容易获得, 而且具有一定的可靠性。

#### 1.2 监测指标

根据项目要求和目的, 选择以下监测指标: 有效植被覆盖率、植被盖度(草本群落和灌木群落)和郁闭度(森林群落)、群落构成、群落生物量、常见哺乳动物、鸟类和昆虫类动物的种群结构、分布及数量特征、典型地类昆虫功能团构成等。

#### 1.3 评价指标

(1) 多样性指数。关于物种多样性的测度方法很多, 但是, 在实际工作中常用的是  $\alpha$  多样性指数, 本次评价也采用  $\alpha$  多样性方法。  $\alpha$  多样性包括: 物种丰富度指数、物种相对多

\* 收稿日期: 2008-06-24

基金项目: 英国赠款小流域治理管理项目“生物多样性监测与评价”

作者简介: 刘则荣(1962-), 男, 高级工程师, 主要从事水土保持外资管理项目。E-mail: zrlu@163.com

度、物种多样性指数、物种均匀度指数、动物种间相遇几率、相似性系数测度等。

(2) 其他指标。主要有植物群落类型的生物量、小流域林草覆盖率、植被盖度和郁闭度、昆虫功能团分析等。

## 2 调查方法

本次监测时间短, 只有一年时间, 因此, 没有设立固定的观测点, 全部采取实地调查方法。

### 2.1 植物多样性调查方法

植物多样性采用样方(样带)调查, 样方大小分为草本群落 1 m × 1 m 或 2 m × 2 m, 灌木群落为 4 m × 4 m 或 5 m × 5 m, 乔木群落(森林群落)为 20 m × 20 m 或采取样带调查, 样带的面积一般保持在 300 m<sup>2</sup>。调查内容包括样方生态环境(坡度、坡向、部位、海拔等)、地形地貌、地理位置、行政区划)、物种组成、株数、高度、灌木和乔木的胸径(地径)、盖度(郁闭度)、物种分盖度、生物量和物种分生物量等。

### 2.2 动物多样性调查方法

动物多样性调查采取的调查方法有样地法和路线调查方法等。取样方法按不同种类采取不同的方法取样, 如昆虫取采用常规的网扑、灯诱等。地面活动的无脊椎动物采用巴氏诱罐法等。样方面积根据不同动物种类、活动范围确定。

### 2.3 社区参与式调查

主要是通过问卷式调查。向当地群众发放调查问卷, 了解当地生物多样性的变化和群众的认识, 加以汇总, 得出评价结果。

## 3 典型案例

为了进一步检验上述指标的实用性, 以中英项目监测的重点小流域为调查区域, 开展生物多样性调查。这 4 个小流域分别是崆峒区甲积峪小流域、静宁县北岔小流域、华池县樊庄小流域和环县高沟小流域。

### 3.1 植物生物多样性调查结果

(1) 植被覆盖率。以示范小流域中的华池县樊庄小流域为例加以说明。樊庄小流域在项目实施前有各种林地 820.6 hm<sup>2</sup>, 其中水土保持林为 513.8 hm<sup>2</sup>, 经济林 306.8 hm<sup>2</sup>, 森林覆被率为 16.1%。人工草地 138.03 hm<sup>2</sup>, 林草覆被率约 18.7%。项目在实施过程中营造各种人工植被 819 hm<sup>2</sup>, 全部建成并成林后, 林草覆被率将提高一倍。但是, 由于增加的人工林草地是 2007 年项目实施后营造的, 尚属于幼年阶段, 不能进入森林覆被率和林草覆被率计算, 森林覆被率和林草覆

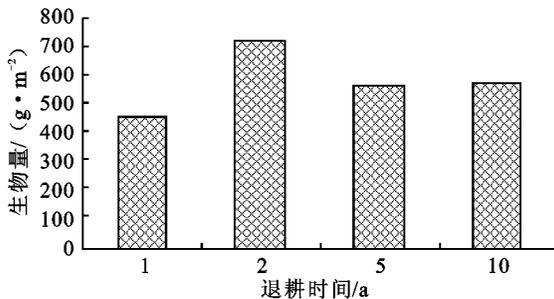


图 1 退耕地生物量随退耕时间变化

(4) 重要值。重点小流域的物种组成直接反映了植被的现状。以华池县樊庄流域(降水量为 520 mm)和环县高沟流域(降水量为 420 mm)植被组成的主要物种的重要值为例说明。樊庄流域自然植被前 5 位的植物种是白羊草 > 达乌

被率暂时没有监测结果。在野外调查中对幼林的成活率和保存率进行了调查, 调查结果表明, 2007 年营造的人工林的成活率为 92%, 保存率为 90%, 人工草地保存率为 95%, 单位面积的密度为 8~15 株/m<sup>2</sup>, 生长正常, 可以预计能够实现提高小流域的森林覆盖率和林草覆盖率的的目的。

(2) 植被盖度。在调查中把植被盖度分为 4 级, 差 ≤40%、一般 40%~70%、良 70%~90%、优 >90%。

通过封禁等措施, 调查小流域自然植被盖度与项目实施前比较有明显提高。具有较强水土保持功能的植被盖度为优和良的样地占到总样地数的 49%。盖度为一般的样地占到总样地数的 36%, 盖度为差的植被仅仅占到 15%。这与项目实施前相比(小于 40%的面积占到 1/2 以上), 有了较大增加, 水土保持效益也有提高。

人工植被盖度明显高于自然植被盖度。项目区的人工草地主要为紫花苜蓿。在三年生时, 其盖度可达到 80% 以上。5~6 a 后, 由于苜蓿草地形成了土壤低含水层, 降水又不能充分满足需要, 植被盖度有所下降, 但也高于 60%。沙棘是主要人工灌木树种, 5~7 a 生沙棘灌丛可以达到 60% 以上; 10 a 生沙棘盖度达到了 80%。如果考虑地表草被的盖度, 那么, 沙棘灌丛 3 a 生总盖度能够达到 50%~70%。10 a 生的沙棘灌丛几乎盖满了林地, 总盖度达 90% 以上。人工乔木林所占比重不是很大, 主要树种有油松和刺槐, 其盖度状况见表 1。

表 1 人工乔木林的郁闭度一览表

类型	密度/ m × m	造林 时间	乔木层/ %	灌木层/ %	草本层/ %	总盖度/ %
沙棘油松	1 × 2	2007	≤10	≤10	50	60
刺槐	1 × 3	1998	70		50	90
刺槐油松	1 × 2	2000	20		50	60
油松		1975	60		30	80
沙棘刺槐	1 × 3	1997	60	20	30	80

(3) 生物量。退耕地的生物量变化随着退耕时间前期增加, 后期略有下降并维持在一个相对的稳定水平(见图 1)。人工苜蓿草地在 4~5 a 生时达到最高峰, 随后略有下降(图 1)。人工草地苜蓿的生物量变化过程与此相似。图 2 是乔木树种油松的生长过程, 在栽植初期, 生长缓慢, 到 7~8 年生后高生长逐步加快。生物量变化过程和油松生长过程基本上符合自然规律。

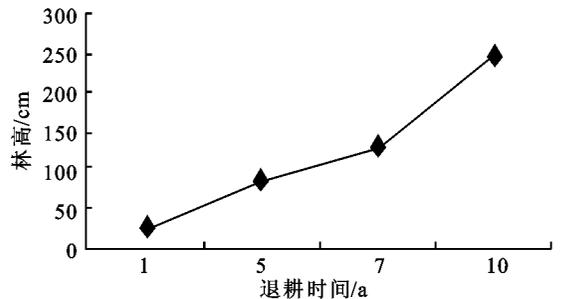


图 2 油松高生长过程

里胡枝子 > 芨芨 > 铁杆蒿 > 长芒草, 而高沟流域自然植被的前 5 位是长芒草 > 铁杆蒿 > 芨芨 > 达乌里胡枝子 > 白羊草。其次, 人工林林下植被也发生了变化, 根据对世行一、二期项目的调查, 华池的樊庄流域中, 位于前 5 位的植物种是铁杆

蒿> 黄花蒿> 茭蒿> 杠柳> 长芒草,而环县高沟小流域人工林下的草本群落物种中占据前 5 位的是达乌里胡枝子> 茭蒿> 铁杆蒿> 长芒草> 茵陈蒿。这说明人工营造森林植被对于改善林下的草本植被层有一定的作用。

(5) 植物多样性。植物多样性保护和恢复是全球关注的重大问题之一,所以,历来都是评价生态环境质量的一个重要标准。根据调查资料,计算各个群落物种丰富度、Simp

表 2 调查小流域的主要群落类型的生物多样性指数

类 型	物种丰富度		Shannoir Wiener	Simpson	Pielou 均匀度
	Dgl	Dma	指数	指数	指数
退耕地	11.833	2.065	1.7171	0.7746	0.1431
冷蒿群落	8.656	1.603	0.8935	0.4838	0.1787
华池 县樊 庄流 域	4.970	1.077	0.8867	0.4210	0.1108
长芒草群落	12.98	1.617	1.5368	0.7299	0.1708
铁杆蒿群落	1.218	1.696	1.7187	0.7723	0.1910
茭蒿群落			1.0294	0.5771	0.1716
油松人工林	15.474	2.900	1.8196	0.7719	0.1070
刺槐人工林	10.013	1.867	1.2816	0.7412	0.1165
沙棘人工灌丛	14.426	1.052	1.0201	0.5704	0.2040
退耕地	21.640	3.067	1.2623	0.5981	0.0842
环县 高沟 流域	18.755	2.454	2.1479	0.8427	0.1652
白羊草群落	23.083	2.647	1.8716	0.7726	0.1170
长芒草群落	18.205	3.438	2.0482	0.8057	0.1024
铁杆蒿群落	18.205	3.153	1.9182	0.7884	0.0959
茭蒿群落	24.526	3.101	2.0402	0.7951	0.1200
油松人工林	15.869	1.916	1.6455	0.7047	0.1496
刺槐人工林	15.870	1.674	1.6766	0.7650	0.1677
沙棘人工灌丛					

3.2 动物多样性调查价结果

由于动物具有很强的移动特点,所以仅用小流域的资料很难说明问题。在实际工作中,扩大了工作区域。其次,为了进行对比,背景资料利用历史资料。

(1) 昆虫种类及其丰富度组成的变化。项目区治理以前,鉴定出学名的昆虫纲 671 种,隶属 14 目 162 科;项目区治理以后,鉴定出学名的昆虫纲 1 023 种,隶属 17 目 175 科;治理后昆虫种类增加了 34.41%。比较项目区治理前后昆虫目、科和种的组成可知,治理前后均以鞘翅目和鳞翅目昆虫为优势类群,直翅目、蜻蜓目、同翅目和半翅目的昆虫为常见类群。但是,项目区治理后昆虫的科、种优势度指数显著低于治理前,而均匀度指数和多样性指数则显著地高于治理前,这说明治理后提高了昆虫群落的多样性和稳定性。

(2) 项目实施前后不同食性昆虫功能群的变化。根据 1994 年项目区治理以前昆虫种类和 2003 年项目区治理以后昆虫种类的数量,依据昆虫种类的食性、取食方式和危害部位等,将其划分为植食性昆虫、天敌昆虫、腐食性昆虫、授粉昆虫和杂食性昆虫等 5 个功能类群。以山杏林为例说明昆虫种群功能团的变化,在 2006 年系统调查了山杏林昆虫(包括蜘蛛和叶螨)种群,共计 73 种,分属 13 目、47 科。其中植食性种类占总种数的 42.5%,比治理前有明显降低,天敌种类占总种数的 50.7%;其余腐食或杂食占总种数的 6.9%。天敌物种数大于害虫物种数,天敌中绝大多数是捕食性天敌,其次为寄生性天敌(见图 3)。

山杏林的昆虫群落多样性指数变化进行了测定,结果见

son 植物多样性指数、Shannoir Wiener 植物多样性指数、Pielou 均匀度指数(见表 2)。由表中可见,樊庄小流域人工植被的物种丰富度指数大于自然植被类型。这表明人工植被在生长过程中,逐步在改善环境,能够使更多的物种生存。但是环县的高沟小流域则相反,除了油松人工林外,人工林的物种丰富度均小于自然植被,这种差别的出现可能与两地降水量有关。

表 2,其变化曲线如图 4。由图 4 看出,群落均匀度(J)的变化趋势与多样性指数(H')的变化是一致的,H' 值越大,J 值越高,反之亦然,且 J 值明显低于 H' 值。这是因为均匀度 J 是物种丰富度 S 和群落多样性指数 H' 的函数,群落多样性指数 H' 值越高,其物种数量分别越均匀;反之,某些物种的优势度越大。从 2004 年全年情况来看,均匀度 J 值虽然在大部分时间相对较低,但物种多样性指数较高,反映出群落中物种的个体数量分布较均匀。从全年情况来看,生态优势度(C)有 4 个峰值:3 月下旬(0.942 1)、5 月下旬(0.839 9)、6 月下旬(0.757 8)和 8 月上旬(0.691 3),说明在此时期,山杏林植食性亚群落中优势种比较突出,但是天敌亚群落中优势种有明显的跟随效应,能够有效地控制害虫的发生。

(3) 鸟类种类及其丰富度组成的变化。鸟类是项目区陆生脊椎动物种类最多的一个类群,项目区在治理前鸟类共 81 种,隶属 12 目 28 科,鸟类总数占甘肃省鸟类(285 种)的 28.1%;项目区通过 10 余年的治理,调查发现鸟类共有 133 种,隶属 16 目 36 科,鸟类总种数增加了 39.1%,项目区鸟类总种数占甘肃省鸟类(285 种)的 46.7%。另外,在项目区治理后调查发现的鸟类中被列入国家重点保护野生动物名录的种类有 23 种,其中 I 级保护动物 5 种,II 级保护动物 18 种;列入 CITES 附录规定的鸟类有 21 种;中日候鸟保护协定规定的鸟类有 68 种,占项目区鸟类总种数的 51.1%。

(4) 哺乳类种类及其丰富度组成的变化。项目区在治理前哺乳类共 19 种,隶属 6 目 12 科,哺乳类占甘肃省哺乳类(83 种)的 22.9%。项目区在治理后哺乳类共 30 种,隶属 6

目 14 科, 以啮齿目为主, 19 种, 占 52.4%; 其次是食肉目 7 种, 占 18.9%; 其余 4 目各有 1 种。项目区治理后哺乳类种类增加了 40%, 哺乳类占甘肃省哺乳类(83 种)的数量 36.2%。

### 3.3 参与式调查结果

黄土高原世界银行贷款一、二期水土保持项目的实施主

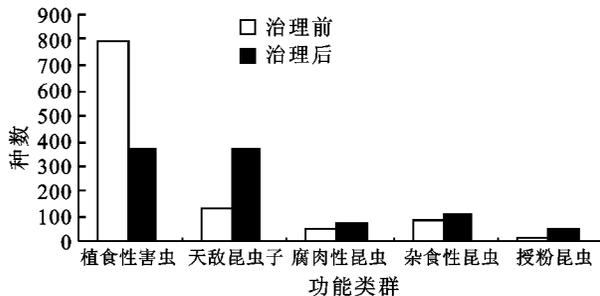


图 3 治理前后昆虫功能类群的变化动态

在项目区内共调查 217 户, 其中认为目前水土流失很严重的占 24 户, 达 11.1%, 一般严重的占 80 户, 达 36.9%, 不严重的占 101 户, 达 46.5%。认为当地目前土壤肥力好的占 143 户, 达 65.9%, 认为当地目前土壤肥力差了的占 54 户, 达 25.2%。认为当地自己生活周围的自然环境变漂亮的占 167 户, 达 76.96%, 认为当地自己生活周围的自然环境和原来差不多的占 47 户, 达 21.66%。植被建设是水土保持生态环境建设的主要强劲措施, 在调查的 217 户当中, 认为由于封禁及人工种草使草地面积增大的占 115 户, 达 53.0%, 认为人工种草面积增加的占 177 户, 达 81.6%, 认为人工造林面积变大的占 210 户, 达 96.8%, 认为人工造林使品种增加的占 146 户, 达 67.3%。随着林草地迅速扩展, 区域性的动物种类及数量有所增加, 动物多样性明显改善, 在项目区内 115 户表示不容易看到鸟类占 53.0%, 而在项目区外 60 户对照户当中, 有 44 户表示不容易看到鸟类占 73.3%, 在项目区内有 74 户表示看到了以前当地曾未见过的鸟, 其中 32 户认为新鸟数量较大, 在静宁县北岔流域被访问的 90 户当中有 66 户表示很容易看到鸟类占 73.3%, 现在很容易见到以前当地曾未见过的野鸡, 和以前相比麻雀数量节节攀升。在项目区老百姓发现了以前原来没有见过的小型野生动物, 在调查的 217 户当中有 14 户人发现过以前原来没有的小型野生动物占 6.5%, 有 2 户认为他看到的新品种数量比较多, 但也有对前景并不乐观的, 有 62 户认为有消失的小型动物占 28.6%, 在项目区外调查的 60 户中有 8 户认为有消失的小型动物占 13.3%。生物灾害令人头痛, 有 171 人认为存在虫害, 其中 132 人认为农田虫害变大; 有 110 人认为存在鼠害, 其中 26 人认为虫害变大; 有 154 人认为存在兔害, 其中 96 人认为兔害变大。群众的这种反映与野外技术调查的结果相似。

大部分被调查人员对水保项目的认识空前提高, 他们认为水土保持项目是脱贫致富、改善环境、造福子孙的千秋大业, 恳切要求多上水土保持项目。

### 3.4 示范小流域的生物多样性综合评价结果

根据上述监测和调查资料, 经过分析, 可以得出监测小流域治理后生物多样性的变化结果和依据生物多样性变化

要是通过兴修梯田、造林种草、保护、改良与合理利用水土资源, 维护和提高土地生产力, 充分发挥水土资源的经济效益和生态效益, 加快防治水土流失的步伐、提升改善生态环境的速度, 有力地增强了项目区群众的水土保持意识, 大幅度地提高了项目区群众水土保持的积极性。

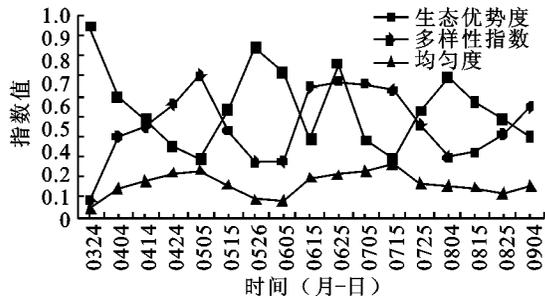


图 4 杏树园昆虫群落多样性指数变化动态

得出的小流域生态环境的变化结果。

(1) 经过世行一期、二期实施后, 示范小流域物种多样性发生了一定变化, 根据调查样方资料, 草本群落中侵入的先锋灌木树种有杠柳、扁核木、白刺花等, 其中杠柳占有重要地位。这些灌木树种侵入草本群落表明通过治理后, 生态环境有所改善, 生物多样性和植被的演变均朝着良性方向发展。

(2) 动物多样性调查结果中可以看出, 随着生态环境治理和恢复, 物种多样性有所增加, 鸟类和兽类的物种数量均有增加。昆虫类不仅物种种类增加, 而且功能团发生了变化, 杏园的植食性昆虫减少, 天敌性昆虫增加, 种群建立了新的平衡, 杏园发生病虫害的几率减少。

(3) 鼠类和兔类等啮齿类动物有所增加, 其危害程度也有所加强。其原因是由于植被恢复, 啮齿类动物食物增加, 生存成本下降, 繁殖加快, 数量急剧增加, 而天敌动物滞后, 尚不足以抑制啮齿类动物的繁衍, 这种情况在生态恢复初期必然出现的一种现象。

由以上不难看出, 这些小流域的生态环境得以恢复, 生物多样性有了一定改善。但是, 环境恢复仍处于初期阶段, 还没有建立起良好的生态平衡, 今后仍有相当长的路。

## 4 建议

(1) 本次生物多样性监测项目从指定监测方案开始, 经过野外实践, 可以认为, 这些传统的生物多样性调查方法仍然能够圆满完成任务, 制定的调查方案基本上符合实际情况。但是, 有些调查项目仍存在着不足之处。

(2) 生物多样性的变化随着环境而变化, 反之, 生物多样性也在不断地影响环境, 这个过程是一个漫长的过程, 仅仅经过一、二次调查, 很难得到说服力很强的资料, 只能采取“以空间代时间”的方法, 这样即使得到的资料, 其说服力也要受到影响。因此, 应该从项目一上马, 就应该设立各种各样的监测样地, 长期进行观测, 不仅能够得到效益评价的数据, 也为进一步提高治理水平提供各种依据和技术支撑。

(3) 生物物种的变化是多因素的, 不仅是群落本身的内在变化, 它也受到环境的影响, 生物多样性的监测内容应包括土壤、气候等的变化, 因此在监测项目确定时, 不应忽略土壤的变化。