

黄土高原水土保持生态环境建设 生态效益监测方法探讨

康玲玲¹, 吴卿¹, 罗中伟², 王云璋¹, 陈发中¹

(1. 黄河水利科学研究院, 河南 郑州 450003; 2 驻马店市农业科学研究所, 河南 驻马店 463000)

摘要: 根据黄土高原水土保持生态环境建设项目实施后可能引起变化的生态要素, 确定了土壤理化性质、水质、植被度和小气候各要素的监测站网布设和监测内容, 并提出了监测方法和相关指标的计算方法。监测结果表明, 水土保持措施实施后, 土壤养分含量增加, 林草植被覆盖度提高, 改善了局地小气候。

关键词: 水土保持; 地表径流量; 土壤理化性质; 水质; 植被度; 小气候; 监测方法

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X (2004) 03—0040—05

中图分类号: S157

Ecological Benefits Monitoring Method of Soil and Water Conservation on the Loess Plateau

KANG Ling-ling¹, WU Qing¹, LUO Zhong-wei², WANG Yun-zhang¹, CHEN Fa-zhong¹

(1. Yellow River Institute of Hydraulic Research, Zhengzhou 450003, Henan Province, China;

2 Agricultural Science Research Institute in Zhumadian City, Zhumadian 463000, Henan Province, China)

Abstract: According to the ecological factors which resulted from the ecological environment construction project of soil and water conservation in the loess plateau region, the monitoring stations scheme and monitoring content of every factor on the soil physical and chemical character, water quality, forest and grass coverage and local climate were defined, and the monitoring method and correlation index were raised. The monitoring results showed that the contents of soil nutrients raised and the forest and grass coverage increased, and the local climate was improved.

Keywords: soil and water conservation; surface runoff; soil physical and chemical character; water quality; forest and grass coverage; local climate; monitoring method

黄土高原水土保持蓄水保土和社会、经济效益的监测工作, 经过多年来国内外有关学者的研究, 已取得了一些有价值的成果。然而对于水土保持生态效益监测工作, 由于受客观条件限制, 有关这方面系统、全面的研究成果尚不多见。水土保持治理措施的实施, 不仅由于下垫面条件的改变而使径流泥沙的时空分布发生变化, 有效地拦蓄地表径流, 提高水资源利用率, 减少入黄泥沙, 促进当地经济发展, 而且可以改善土壤的理化性质, 增加土壤肥力, 提高土地生产力; 同时, 随着造林、种草面积的扩大和植被覆盖度的提高, 以及高标准水平梯田、坝地等滞蓄和拦截径流工程的增多, 所引起项目区局地下垫面性质和粗糙度的改变, 使得区域小气候也发生变化, 进而改善了当地的生态环境。为了客观地分析和评价水土保持项目实施后给生态环境带来的正负两方面的效应, 本文就影响生态环境的主要因子——土壤理化性质、水质、植被

度和小气候 4 要素逐一进行调查, 探讨其监测点的布设和监测方法。水土保持生态效益包括水圈、土圈、气圈和生物圈的生态效益, 主要计算改善地表的径流状况、土壤的理化性质、贴地层的小气候和地面的植物被覆程度, 并描述野生动物的增加情况^[1]。

1 地表径流监测

1.1 监测布设

1.1.1 径流小区监测布设 (1) 有措施与无措施对比: 梯田与坡耕地对比, 造林、种草、果园与荒地或退耕地对比。(2) 各组对比小区的坡度、坡向、长度、宽度、土质等, 应基本一致, 设在同一坡面、同一等高线上, 位置相近。(3) 小区间设一雨量筒, 有条件的可增设一自记雨量计。(4) 小区下的水池, 应有容纳一次最大暴雨径流的泥沙, 否则应增设分水设备。池内的水尺标志应鲜明, 做好水位—容量关系曲线。

1.1.2 对比沟监测布设 (1) 当一条小毛沟(面积 $< 1.0 \text{ km}^2$)内全部实施某一单项措施时(一般主要是造林或梯田)可采用对比沟方法监测其蓄水效益。(2) 在有措施小毛沟出口处及在其邻近选定的自然条件相似、未治理的小毛沟出口处,分别布设监测。

1.2 监测方法

1.2.1 径流小区监测 (1) 每次暴雨后,及时查看雨量、降雨历时和水池内水位,查明相应的水量,及时作好记载。(2) 将池中泥水搅匀,用标准取样器(容量固定)取出浑水水样,经过滤求得水量。

1.2.2 对比沟监测 (1) 每次暴雨后,及时监测有措施与无措施2条小流域的水量,以及相应的雨量和雨强,作好记载。(2) 不同的监测设备,采用不同的监测方法。量水堰(槽)和渠道断面监测。每次暴雨后,及时察看渠道断面、量水堰(槽)旁和上下游水位,作好记载,根据水位—流量关系,算得其出流量。无排水设施的坝库监测。每次暴雨后,及时察看坝前水尺上的水位,作好记载,根据水位—库容关系,扣除本次暴雨前库中原有水量,算得本次暴雨的流域产水量。有排水设施的坝库监测。每年汛后或每次特大暴雨后,在上述监测工作基础上,再察看卧管上的水位和进水孔排水情况(进水口开放数量)作好记载,根据已制定的计算图、表,算得排水数量,与库内测得的来水量相加,即为本次暴雨流域内的产流量。

2 水质监测

2.1 监测布设

2.1.1 布设原则

(1) 结合径流小区监测,取水样分析,有措施小区与无措施小区对比;(2) 结合小流域监测,取水样分析,综合治理小流域与未治理小流域对比;(3) 项目区内黄河支流水文站结合水文监测,在适当位置取水样分析。

2.1.2 监测点布设

(1) 监测站网布设。根据水系特征和项目区分布特点进行布设。有项目实施的各河流均应设站。鉴于项目区较分散,还应在项目区所在小流域出口设立代表性测站。站网布设应尽量与水文站、流量站或水沙监测站相结合。

(2) 采样断面布设。对照断面:在河流进入项目区上游,不受污染影响的地方设立一个对照断面;或在项目区外选择与项目区内条件基本一致的河流设立对照断面。控制断面:在项目区下游,能反映该项目区污染的地方,一般设在距项目区 $500 \sim 1000 \text{ m}$ 处。一个河段上控制断面的数目应根据项目区分布和流域实情而定。削减断面:在控制断面下游,水质得到稀释的河段设立削减断面,一般设在距项目区 1500 m 以外。每个采样断面均应设立固定、明显的标志,以便每次采集的样本均取自同一位置上。

(3) 采样点位置的确定。在一个采样断面上,水面宽 $> 100 \text{ m}$ 时,设左、中、右3条垂线; $50 \sim 100 \text{ m}$ 时,除中泓线外再设1条垂线; $< 50 \text{ m}$ 时,只设中泓1条垂线。在一条垂线上,水深 $> 5 \text{ m}$ 时,设2个点,即水面下 $0.3 \sim 0.5 \text{ m}$ 处和河底上约 1 m 处各设一点;水深 $< 5 \text{ m}$ 时,只在水面下 $0.3 \sim 0.5 \text{ m}$ 处设一点。

2.2 监测内容

根据河流水体的特点和项目区实际情况,选择 pH 值, BOD_5 , COD, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, 有机磷农药等作为主要监测项目;总硬度, CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , 砷, 氰化物等作次要监测项目。同时进行流量观测。

2.3 水样采集方法

(1) 采集量与保存方法。水样采集量应满足一定的要求,并在规定保存时间内进行分析化验。常用水质监测项目的水样用量和保存方法见表1。水质各项内容的测定方法参照 GB 3838—2002^[2]进行。

表1 水样用量和保存方法

监测项目	水样用量/ ml	水样容器		保存温度/ ℃	保存剂	保存时间
		塑料瓶	玻璃瓶			
pH	50	可用	可用	4	—	6 h
温度	1 000	可用	可用	—	—	—
BOD_5	1 000	可用	可用	4	—	6 h
COD	50	可用	可用	—	加 H_2SO_4 至 $\text{pH} < 2$	7 d
氰化物	500	可用	可用	4	加 H_2SO_4 至 $\text{pH} < 3$	24 h
氨氮	400	可用	可用	4	加 H_2SO_4 至 $\text{pH} < 2$	24 h
亚硝酸盐	50	可用	可用	4	加 H_2SO_4 至 $\text{pH} < 2$	24 h
有机磷农药	2 000	—	可用	—	—	7 d

(2) 采样频次。主要监测项目 1—2 月采集 1 次, 每年采样不应少于 6~8 次, 可在丰水期(汛期)、枯水期(汛前)、平水期(汛后)各采样 2 次或双月采样; 次要监测项目每年采样不应少于 3 次, 可在丰、枯、平水期各采样 1 次。

(3) 采样方法。 船只采样: 一般河流采样可用小船, 最好有专用的监测船或采样船。为了安全可靠, 应考虑水情和气候条件选用适当吨位的船只。必须待船只停稳后才能采样。 桥梁采样: 确定采样断面时应考虑交通方便, 并尽量利用现有的桥梁采样。 涉水采样: 较浅的小河和靠近岸边水浅的采样点可涉水采样。但要避免搅动水底沉淀物而使水样受污染。涉水采样时, 采样者应面向上游方向采集水样。

3 土壤理化性质监测

3.1 监测布设

3.1.1 布设原则 (1) 以县(支流)为单元控制, 分不同土类, 不同措施, 不同地块类型(梯田、坡耕地、林地、果园、草地、荒坡地), 不同位置(上、中、下)布设监测点; (2) 不同层次的监测点都应以有项目和无项目横向对比(土壤类型应相同), 与项目执行前和执行期间不同时期纵向对比; (3) 从项目实施起, 长期固定监测, 并按不同时段(至少为一个生长季节)连续记录观测, 提交每年逐点监测登记表和监测成果表。

3.1.2 监测点布设 (1) 在无项目区内, 选择与有项目区邻近的、且自然条件、土壤类型基本相同的地区作为对照点; (2) 以县(支流)为单元, 各县(支流)按土壤类型、土地利用现状, 并结合该县(流域)实际情况设置有代表性的监测点。

3.2 监测内容

3.2.1 项目区基本情况监测 (1) 施用农药、化肥的种类、数量、配合比例、施用方法、增产效益; (2) 施用有机肥的种类、来源、施用量、施用方法、与化肥的配合比例、增产效果; (3) 植被措施实施后, 增加地面枯落物的厚度。

3.2.2 土壤基础条件监测 (1) 土壤类型: 土种、成土母质、基础肥力状况、熟化程度; (2) 土壤属性: 土体构型、有效土层厚度、土壤质地。

3.2.3 土壤物理性质 (1) 颗粒组成; (2) 容重、比重、孔隙度; (3) 含水量。

3.2.4 土壤化学性质 (1) 全氮、全磷、全钾、速效磷、速效钾; (2) 酸碱度(pH); (3) 阳离子交换量(CEC)。

3.3 样品采集方法

(1) 土壤物理性质的样品采集。选定代表性位

置, 挖坑分层采集原状土或用特定(如环刀)的工具取样, 注意保持土块不受挤压、变形; (2) 土壤混合样品的采集。根据试验目的、试验区面积大小, 确定采样深度(一般为 20 cm)和样点的多少。在已确定的监测地块中, 根据面积大小, 分别选用不同的采样点(5~20 个), 分层采集混合样品约 1 kg。若样品超过 1 kg, 要采用四分法缩取; (3) 样品采集的方法。面积较小的用对角线采样法, 面积适中的用棋盘式采样法(上、中、下、左、中、右), 面积较大的用蛇型(S 形)采样法。但为了避免系统误差, 通常都按 S 形的路线取样。

土壤理化性质各项的测定方法参照中国土壤学会编的《土壤农业化学分析方法》^[3]进行。

4 植被监测

4.1 监测布设与监测内容

结合小流域水土保持综合治理, 在不同类型区内选择具有典型代表性的小流域设立植被度监测点。

植被度主要监测乔木林地郁闭度、草地与灌木林地盖度和乔、灌、草混合体系覆盖度。

4.2 监测方法

(1) 监测样方。在监测站点与对比监测站点林地草地内设置监测样方, 监测样方面积要求如下: 乔木林 20 m × 20 m, 灌木林 5 m × 5 m, 草地 2 m × 2 m, 乔、灌、草体系样方为能完整覆盖一个乔灌草配置单元宽度的正方形。

(2) 林地郁闭度监测。郁闭度指林冠垂直投影面积占林地面积的比值。常用的监测方法主要是树冠投影法, 即实测立木投影与林地面积之比。通过实测样方内立木投影, 再勾绘到图上, 求算面积, 公式为:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{F_e} \quad (1)$$

式中: D —— 林地郁闭度; F_i —— 样方内实测立木投影面积 (m^2), $i = 1, 2, \dots, n$; F_e —— 样方面积 (m^2)。

(3) 草地盖度监测。盖度指草(灌木)的茎(枝)叶所覆盖的土地面积。常用的方法有: 针刺法。在监测样方内选取 $1 m^2$ 的小样方, 借助钢卷尺和样方绳上每隔 10 cm 的标记, 用粗约 2 mm 的细针, 顺序在小样方内上下左右间隔 10 cm 的点上(共 100 点), 从草的上方垂直插下, 针与草相接触即算 1 次“有”; 如不接触则算“无”, 在表上登记, 最后计算登记的次数, 用下式算出盖度(%):

$$R_1 = \frac{N-n}{N} \times 100\% \quad (2)$$

式中: R_1 —— 草或灌木的盖度(%); N —— 插针的总次数(次); n —— “不接触”的次数(次)。

方格法。利用预先制成的面积为 1m^2 的正方形木架, 内用绳线分为 100 个 0.01m^2 的小方格, 将方格木架放置在样方内的草地上, 数出草的茎叶所占方格数, 即得草地盖度(%)。

(4) 灌木盖度监测。常用的主要是线段法, 即用测绳在所选样方的灌木上方水平拉过, 垂直观测株丛在测绳垂直投影的长度, 并用尺测量、计算灌木总投影长度, 与测绳总长度之比即得灌木盖度(%), 采用此法应在不同方向上取 3 条线段求其平均值, 其计算公式如下:

$$R_2 = l/L \times 100 \quad (3)$$

式中: R_2 ——灌木盖度(%); L ——测绳长度(cm); l ——投影长度(cm)。

(5) 乔、灌、草混合体系的覆盖度监测。用上述测定乔木郁闭度、草灌盖度的方法, 分别测定样方内乔、灌、草的郁闭度和盖度, 三者之和再减去乔灌草相互间重叠的部分, 即得覆盖度(%)。

5 小气候变化监测

5.1 监测布设

5.1.1 监测点分类 项目区小气候监测不同于一般气象站的观测, 在选取观测点时, 必须考虑测点的代表性和观测资料的可比性。因此, 通常把所选测点分为基本测点和对照测点 2 种。

(1) 基本测点。在项目区具有代表性地段设立的一种固定测点。(2) 对照点。设在项目区之外, 既不受项目区气候影响, 又较为接近项目区, 且与项目区同属一气候类型区的测点。

5.1.2 选点原则 (1) 测点的密度。布设密度一般控制在每 400km^2 设 1 个测点; 若项目区比较大, 且治理措施单一, 则其布设密度可放宽到每 600km^2 1 个测点。任何一个项目区至少要布设 2 个基本点和 2 个对照点。(2) 测点的代表性。基本测点一般设在项目区中部盛行风向的下风区, 若因条件限制, 或委托当地气象站为基本点, 则其位置也应处于项目区内。(3) 测点的比较性。选定基本测点后, 同时应在通过基本测点与项目区盛行风向垂直的连线上选取对照点, 以便与基本点进行平行观测。对照点与项目区的距离以控制在 $1\sim 50\text{km}$ 之内较好。(4) 测点的相似性。作为对照点所在的区域除了需要比较的因子(如植被覆盖度等)以外, 其它方面都应与基本点所处的自然环境保持一致或基本一致。

5.1.3 监测点选定 (1) 委托气象站(园)。为减少投资, 保证资料质量, 应尽量委托符合上述测点条件的现有气象站(园)作为监测点。(2) 新建测点。若项

目区内没有条件委托气象站, 或委托气象站后, 还达不到布设的密度, 则应增设新的监测点。

5.2 监测项目

(1) 气温——定时气温和日最高、最低气温。(2) 降水——时段降水量和日降水量。(3) 湿度——绝对湿度和相对湿度以及日最小相对湿度。(4) 风——风速和风向。(5) 天气现象——雾、霜、沙尘暴、扬沙和大风。

5.3 观测时间与仪器

(1) 每天于 2 时, 8 时, 14 时, 20 时进行 4 次定时观测。(2) 基本测点与对照测点应同步观测。(3) 温度计、湿度计、自记雨量计和电接风向风速仪作 24 h 的连续观测记录。

5.4 监测方法

5.4.1 温度、湿度监测方法 (1) 定时观测的程序与精度。定时观测的程序: 干球、湿球温度表, 最低温度表酒精柱, 最高温度表, 最低温度表游标, 调整最高、最低温度表, 温度计和湿度计读数并作时间记号。

观测精度: 各种温度表读数要准确到 0.1 , 温度在 0 以下时, 应加“-”。读数记入观测簿相应栏内, 并按所附检定证进行器差订正。(2) 最高、最低温度表观测与调整。最高、最低温度表每天 20 时观测 1 次, 测后须调整温度表。调整最高温度表方法: 用手握住表身, 感应部分向下, 臂向外伸出约 30° , 用大臂将表前后甩动, 毛细管内水银即可下落到感应部分, 使所指示温度接近于当时干球温度。调整最低温度表方法: 抬高温度表的感应部分, 表身倾斜, 使游标回到酒精柱的顶端。(3) 水汽压、相对湿度的查取。用经仪器订正后的干、湿球温度, 从《气象常用表》中查取水汽压和相对湿度值。(4) 极值的挑选与确定。日极端最高、最低气温和日最小相对湿度的挑选与确定应结合温度计和湿度计的自记记录进行。

5.4.2 降水监测的方法 (1) 降水量(mm)取 1 位小数。配有自记雨量计的, 作连续记录并进行整理。(2) 每天 8 时、20 时观测前 12 h 的降水量。(3) 对于固态降水的观测, 可以待其融化后用量杯量取, 也可用台称称量。(4) 无降水时, 降水量栏空白不填。

5.4.3 风的监测方法 (1) 风向风速用 EL 型电接风向风速仪进行测定。(2) 观测与记录。打开指示器的风向、风速开关, 观测 2 min 风速指针摆动的平均位置, 读取风速(m/s)。风速小的时候, 把风速开关拨在“20”档, 读 $0\sim 20\text{m/s}$ 标尺刻度; 风速大时, 应把风速开关拨在“40”档, 读 $0\sim 40\text{m/s}$ 标尺刻度。观测风向指示灯, 读取 2 min 的最多风向, 用 16 方位的缩写记载。静风时, 风速记“0”, 风向记“C”。

5.4.4 天气现象的监测方法 (1) 观测和记录视区内出现的上列各种天气现象。(2) 随时观测和记录值班时间内所出现的各种天气现象, 夜间不守班的测点, 对夜间出现的天气现象应尽量通过判断记载。(3) 雾、沙尘暴和大风应记录开始与终止时间(时、分)。(4) 轻雾、霜、扬沙不计起止时间。(5) 天气现象按出现顺序记录, 并以 20 时为日界。(6) 夜间不守班的测点, 观测簿中的天气现象栏分“夜间(20~ 8 时)”和“白天(8~ 20 时)”两栏, 一律不记起止时间。(7) 记起止时间的现象, 当其出现时间不足 15 min 即已终止, 则只记开始时间, 不记终止时间。(8) 大风的起止时间, 凡两段出现的时间间隔在 15 min 以内时, 应作为 1 次记载; 否则另记起止时间。

6 监测结果

本文应用生态效益各要素的监测方法对黄土高原水土保持第一期世行贷款项目^[4]的生态效益进行了监测, 监测结果如下。

6.1 土壤理化性质变化

水保措施的实施, 使土壤的物理性黏粒逐渐增加 28.8%~45.5%, 物理性沙粒相应减少 2.6%~4.1%, 容重降低 2.8%~9.2%, 孔隙度增大, 改善了土壤结构; 消除降水影响后, 水保措施对土壤含水量的影响量达 2.35%^[5]。从土壤养分含量看, 坡耕地和荒坡地基本不随时间变化, 而梯田、水地、经济林、乔木林、灌木林和人工种草等措施的土壤养分含量则随时间而递增, 尤其是梯田的全氮含量递增最明显, 增加近 1 倍, 其它措施提高 40%~80%; 各项措施的有机质含量分别增加 89.0%, 56.6%, 19.1%, 16.1%, 75.0%, 2.6%; 全磷分别提高 31.5%, 22.5%, 27.3%, 29.2%, 27.5%, 42.6%; 全钾分别增加 60.5%, 74.2%, 43.8%, 52.8%, 53.4%, 64.9%^[4]。

6.2 植被变化

项目实施期间不同措施各种林(草)龄的郁闭度以人工种草最高, 达 50.7%, 经济林最小(20.3%), 乔、灌居中, 分别为 28.0%和 42.1%; 项目区平均新增植被度 15.9%, 植被度由实施前的 11.4% 提高到 27.3%^[6], 目前植被状况等级属于较好。

另外, 由于植被覆盖度增加, 当地小气候乃至整个区域生态环境得到较明显改善, 进而对物种和遗传的多样性产生重要影响, 其中 5a 以上的林草地已栖息相当多的野鸽子、野兔和山鸡, 甚至多年绝迹的狼、野猪等也开始在某些小流域出现。

6.3 小气候变化^[7]

6.3.1 气温变化 冬半年升温 0.5, 夏半年降温 0.3, 年较差减小; 极端最高气温降低 0.5, 极端最低气温升高 1~2。

6.3.2 天气状况变化 (1) 空气湿度提高, 尤其是盛夏林草生长旺季增加较为明显, 平均提高 4%~9%; (2) 年冰雹日数大多较水土保持措施实施前有较为明显的减少。

7 结 语

(1) 生态效益监测评价涉及土壤、水资源、植被、小气候等多方面专业技术与知识, 因此开展这项工作, 必须有相对稳定的监测人员, 并定期或不定期地进行专业人员培训和专题研究讨论, 使他们更好地掌握各要素监测基本要求和相关操作方法, 以保证监测成果的质量。

(2) 今后开展水土保持生态工程建设的生态效益监测工作应与项目的可行性论证、实施同时进行, 站网布设和监测资料的积累应从项目开始实施起进行, 甚至应超前, 以便为进行纵向对比分析积累资料, 为评价的科学性和客观性创造条件。

(3) 文中所列效益是在项目实施的一定时间内所产生的, 具有一定的阶段性, 无疑将随着沟道工程的运行、梯田的巩固扩展和林草生长、郁闭度提高而引起相应变化。

[参 考 文 献]

- [1] 国家技术监督局发布 水土保持综合治理效益计算[Z], 19951208
- [2] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局发布 地表水环境质量标准[S], 20020601
- [3] 鲁如坤 土壤农业化学分析方法[M] 中国土壤学会编 中国农业科技出版社, 2000 4
- [4] 康玲玲, 王云璋, 刘雪, 等 水土保持措施对土壤化学特性的影响[J] 水土保持通报, 2003, 23(1): 46—48
- [5] 魏义长, 康玲玲, 王云璋, 等 水土保持措施对土壤物理性状的影响[J] 水土保持学报, 2003, 17(5): 114—116
- [6] 康玲玲, 王云璋, 魏义长, 等 黄土高原水土保持世行贷款项目实施后的林草覆盖度变化[J] 水土保持学报, 2002, 16(5): 76—78
- [7] Kang Lingling, Wei Yichang, Wang Yunzhang, et al Preliminary Opinions on Ecological Benefits of Soil and Water Conservation in Environment Construction on the Loess Plateau [J]. ZHengzhou: The Yellow River Conservancy Publishing House, 2003(4): 56—65