

# 水土保持措施对土壤化学特性的影响

康玲玲<sup>1</sup>, 王云璋<sup>1</sup>, 刘雪<sup>2</sup>, 常玮<sup>3</sup>, 王晓星<sup>3</sup>, 贾西安<sup>3</sup>, 黄治江<sup>3</sup>

(1. 黄委会黄河水利科学研究院, 河南 郑州 450003; 2. 郑州市中原区沟赵乡人民政府, 河南 郑州 450066;

3. 黄土高原水土保持世界银行贷款项目办公室, 陕西 西安 710043)

**摘要:** 通过对黄土高原水土保持世行贷款项目实施后土壤养分、pH 和阳离子代换量变化的分析, 研究了水土保持措施对土壤化学特性的影响。结果表明, 坡耕地和荒坡地的土壤养分含量基本不随时间变化, 而有措施地块的土壤养分含量随时间推移而递增; 有措施较无措施地块的土壤养分含量增加, pH 向中性变化; 阳离子代换量增加。

**关键词:** 土壤养分含量; pH; 阳离子代换量; 水土保持; 世行贷款项目; 黄土高原

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(2003)01-0046-03 中图分类号: S157.2 S151.9 3

## Effect of Soil and Water Conservation Measures on Soil Chemical Properties

KANG Ling-ling<sup>1</sup>, WANG Yun-zhang<sup>1</sup>, LIU Xu<sup>2</sup>, CHANG Wei<sup>3</sup>,

WANG Xiao-xing<sup>3</sup>, JIA Xi-an<sup>3</sup>, HUANG Zhi-jiang<sup>3</sup>

(1. The Institute of Hydraulic Research, the Yellow River Conservancy Commission, Zhengzhou 450003, China;

2. The People's Government of Gouzhuo Town at Zhongyuan District in Zhengzhou City, Zhengzhou, 450066, China;

3. The World Bank's Loan Project Office of Soil and Water Conservation on the Loess Plateau, Xi'an 710043, China)

**Abstract** By analyzing the changes of soil nutrients, pH and cation exchange capacity (CEC) on the loess plateau after implement of the World Bank's Loan Project on soil and water conservation, the effect of soil and water conservation measures on soil chemical properties is studied. The results show that soil nutrients didn't change with time on cultivated sloping lands and wild grass lands, but soil nutrients on lands with measures of soil and water conservation increased with time, the contents of soil nutrients are higher, pH changed to neutrality and CEC increased.

**Keywords** soil nutrient; pH value; cation exchange capacity; soil and water conservation; the World Bank's loan project; the loess plateau

### 1 项目区基本概况

黄土高原水土保持世界银行贷款项目, 是目前我国政府利用外资进行水土保持综合治理的一个大型项目。项目第 1 期总投资 2.16 × 10<sup>9</sup> 元人民币, 其中向世界银行贷款 1.50 × 10<sup>8</sup> 美元, 国内匹配 8.60 × 10<sup>8</sup> 元人民币。项目区包括黄河中游水土流失严重的山西省蔚汾河、昕水河与河曲县、保德县、偏关县(简称河保偏片), 内蒙古自治区的罕台川、哈拉拉川与呼斯太河, 陕西省的延河、佳芦河和甘肃省的马莲河等 9 条支流(片), 涉及 7 个地(盟)、21 个县(旗), 其总面积约为 16 068 km<sup>2</sup>。

该区大部分属于半干旱气候<sup>[1]</sup>, 不仅降水量少, 蒸发大, 而且降雨集中, 强度大, 再加上起伏不平的地貌和疏松易蚀的黄土, 以及随着人口、社会经济发展,

越来越剧烈的人类活动影响, 加速了水土流失, 加剧了土地沙化、草原退化, 使得生态环境日益恶化, 土地日趋瘠薄, 农业生产低而不稳, 群众生活比较贫困。

项目从 1994 年开始实施, 截至 2001 年底累计完成各项治理面积 4.22 × 10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>, 其中水平梯田 6.10 × 10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>、坝地和水地 1.30 × 10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>、水保林 2.02 × 10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>、经济林 5.50 × 10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>、人工种草 9.10 × 10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>, 建成治沟骨干坝 123 座、淤地坝 1 023 座。项目的实施, 使该区水土流失基本得到控制, 林草植被覆盖度由原来的 11.4% 增加到 27.3%, 治理度由原来的 21.3% 提高到 51.5%<sup>[2]</sup>。这些治理措施的实施不仅使径流泥沙的分布发生变化, 并且改善了土壤的理化性状, 使土壤肥力增加, 提高了土地生产力。下面就水土保持措施对土壤的养分含量、pH 和阳离子代换量的影响作简要分析与说明。

收稿日期: 2002-08-26

资助项目: 黄土高原水土保持世界银行贷款资助项目(A3)

作者简介: 康玲玲(1966-), 女(汉族), 河南省巩义人, 硕士, 高级工程师, 农业资源与环境专业, 主要从事水土保持、土壤、生态环境效益评价等方面的分析研究工作, 发表论文 30 余篇。电话 (0371) 6024577, E-mail: kangll1234@sohu.com

## 2 水土保持对土壤养分含量的影响

土壤养分是土壤肥力的重要物质基础,对于土壤肥力的评价,主要在于分析土壤养分的供应状况与变化。有关研究<sup>[3-5]</sup>表明,人类生产活动及其对土壤肥力正负两方面的影响,是土壤养分的一个赋存条件。历史上的滥砍滥伐和广种薄收,加剧了水土流失、干旱化和沙漠化程度,使土壤肥力减退,养分降低。近年来的实践和研究<sup>[6-8]</sup>表明,基本农田建设、植树造林和退耕还林(草)措施都可以使土壤肥力得到恢复和提高,养分含量有所增加

### 2.1 养分含量的逐年变化

陕西省延安市宝塔区万花乡向阳沟流域为延河流域项目区的土壤监测点。该流域主沟长 2.9 km,沟壑密度 2.48 km/km<sup>2</sup>,海拔高程 1052~1302 m,相对高差 250 m,地貌类型为梁峁状丘陵沟壑区,属延河 3 级支沟。年降水量 550 mm,暴雨较频繁,强度大,降水多集中在 6~8 月,项目实施前的水土流失严重,侵蚀模数在 10000~15000 t/(km<sup>2</sup>·a) 之间。

该区土壤以黄绵土为主,土质疏松,肥力一般,有机质含量 0.402%~0.680%,全氮含量 0.046%~0.052%,全磷 0.122%~0.128%,全钾 2.70%~2.87%,pH 8.49~9.21<sup>[9]</sup>。

延安市水土保持研究所对陕西省延安市宝塔区万花乡向阳沟流域 1996~2000 年项目实施期间 6 种措施的土壤进行了全氮、全磷、全钾和有机质监测,监测成果如图 1~4 所示。由图并结合资料分析不难看出,坡耕地和荒坡地土壤养分含量基本上不随时间而变化;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着时间而递增,尤其是整修梯田后,由于改变了微地形,控制了水土流失,拦蓄了地表径流及泥沙,从而使土壤水分含量增加,保持了土壤肥力,改善了土壤团粒结构和微生物的生存环境,有利于土壤有机质和全氮的形成和积累,以致使得梯田的全氮含量递增较为明显,2000 年较 1996 年增加近 1 倍,其它措施 2000 年的全氮含量较 1996 年提高 40%~80%。

梯田、水地、经济林、乔木林、灌木林和人工种草 6 种水土保持措施所对应的其它要素含量 2000 年与 1996 年的对比结果如下:有机质含量分别增加 89.0%, 56.6%, 19.1%, 16.1%, 75.0%, 28.6%;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%。由此可见,水土保持措施的实施,确实有效地提高了土壤肥力。

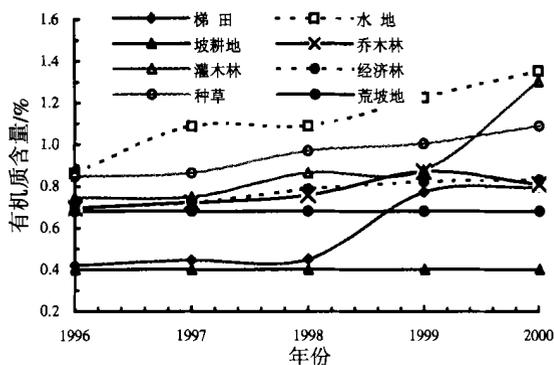


图 1 延河项目区土壤有机质含量曲线

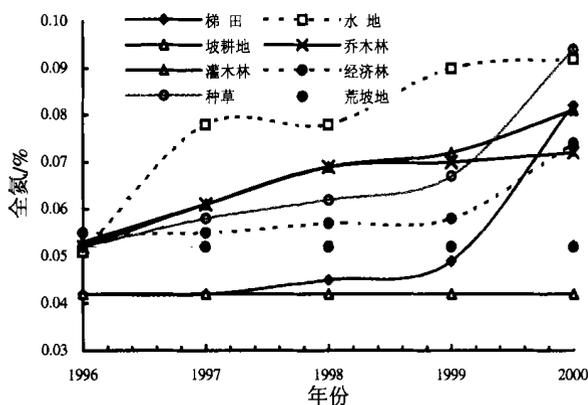


图 2 延河项目区土壤全氮含量曲线

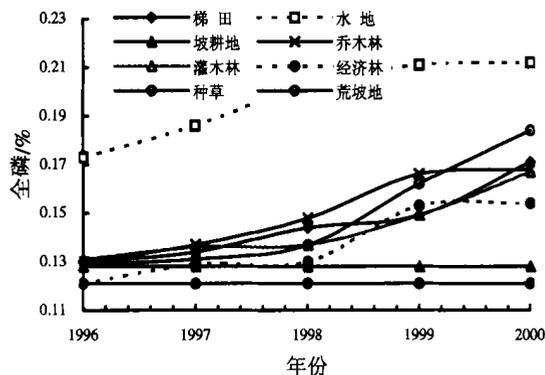


图 3 延河项目区土壤全磷含量曲线

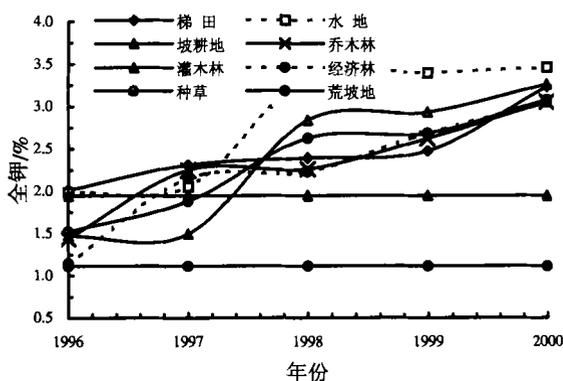


图 4 延河项目区土壤全钾含量曲线

## 2.2 不同水保措施对土壤养分含量的影响

为了量化水土保持措施对土壤养分含量的影响,引进“对比值”,即指受水保措施影响的土壤养分含量较坡耕地或荒坡地差异的相对百分率。表 1 列出了内蒙古伊克昭盟风沙区 1999 年沟坝地、梯田与坡耕地,乔、灌、草与荒坡地比较的结果。结合资料分析,主要有以下几个特点

(1) 水保措施的实施对土壤全氮含量的影响率最大,其次是有机质。这主要是由于各项水保措施的实施,拦蓄了径流,减少了表土流失,增加了枯枝落叶数量,这些都有利于土壤全氮和有机质含量的提高。

(2) 梯田、坝地与坡耕地相比,坝地的有机质和全氮含量均增大 1 倍多,速效磷和速效钾分别增加 86.4% 和 64.9%;梯田的养分含量增加幅度不及坝地,为 43.9%~94.7%。无疑是因为梯田能够截留雨水,保持肥沃的表土,而坡耕地则由于长期耕作,加上管理粗放,水土流失较严重,致使较肥沃的土壤流失,土壤肥力偏低的缘故。

(3) 乔、灌、草与荒坡地相比,同样也是全氮的对比值较大,其中以豆科的沙棘、柠条最显著,增加 90%~95%;而松树只增大 55%。应该说,这主要由于林冠的截留,削减了雨滴动能,减轻雨滴溅蚀地表土壤,减少林下径流量及径流速度,减轻土壤侵蚀,减少了团粒破坏和水土流失,避免了土壤养分流失;同时,还有枯枝落叶层的存在,进而提高了土壤肥力。

(4) 就 4 项肥力要素而言,以水保措施对速效钾的影响最不明显,特别是耗钾的豆科灌木和人工种草变化最小,其增加幅度仅为 9.1%~18.2%。

表 1 伊克昭盟风沙区不同措施与参照地块土壤养分含量对比值统计 %

措施及作物	有机质	全氮	速效磷	速效钾
沟坝地玉米	115.0	115.8	86.4	64.9
梯田荞麦	80.0	94.7	59.0	43.9
乔木林松树	54.5	55.0	52.1	22.4
灌木林柠条	63.6	90.0	60.3	18.2
灌木林沙棘	72.7	95.0	68.2	11.2
人工种草沙打旺	68.2	70.0	57.6	9.1

## 3 对土壤酸碱度 (pH) 的影响

土壤酸碱度是土壤重要的基本性质之一,是土壤形成过程和熟化培肥过程的一个指标。它对土壤中养分存在的形态和有效性,对土壤的理化性质、有机质的合成与分解、氮磷等营养元素的转化与释放,以及植物的生长发育都有很大影响。

土壤酸碱性的一个重要特点是,易变性较大,极易受人因素为影响。因此,随着高标准基本农田的建

设,林草面积的不断扩大,以及治理度和植被覆盖度的增加,土壤的 pH 也发生了一定的变化。马莲河项目区 1995 年、1998 年土壤 pH 的监测成果列于表 2。由表可以看出,从 1995 年至 1998 年,梯田、造林、种草的 pH 降低,趋于中性;有措施与无措施地块对比的结果是,梯田 pH 较坡耕地减少 3.9%;乔木林、灌木林、人工种草和果园较荒坡地降低 1.9%~4.1%。这主要是由于水土保持各项措施的实施,改变了土壤的耕作方式,养分含量和盐基状况的缘故。

为了分析水土保持措施的影响,分别统计计算了 1998 年较 1995 年土壤 pH 的递减率(表 2)。若将无措施的坡耕地和荒坡地的递减率视为天然变化量,则有措施地块土壤 pH 的递减率与其之差即表示水土保持措施的影响量。显见,各项水土保持措施中以果园的影响最大,其次是人工种草,乔木林最小,其水保措施的影响量分别为 -2.1%、-1.1% 和 -0.4%。这就充分说明水土保持措施的实施可以改善土壤的 pH 状况,使之向中性变化。

表 2 马莲河项目区土壤 pH 监测结果

地类	措施	1995	1998	递减率 %	措施影响量 %
农耕地	坡耕地	8.58	8.57	0.1	
	梯田	8.28	8.20	1.0	-0.9
林草地	荒坡地	8.50	8.48	0.2	
	乔木林	8.25	8.20	0.6	-0.4
	灌木林	8.18	8.10	1.0	-0.8
	人工种草	8.30	8.19	1.3	-1.1
	果园	8.42	8.23	2.3	-2.1

## 4 对土壤阳离子交换量的影响

土壤阳离子交换量 (CEC) 是评价土壤保肥供肥能力的一个重要指标,是土壤缓冲性能的主要来源,是改良土壤和合理施肥的重要依据。一般来说,土壤阳离子交换量越大,土壤的保肥供肥能力越强,土壤肥力越高,反之亦然。

内蒙古伊克昭盟项目区通过 1998-2000 年连续 3 a 的观测,得到该项目区 CEC 的变化结果。3 a 间,坝地、梯田、乔木林、灌木林和人工种草等各项措施的 CEC 均随着时间推移逐渐增加;其中以梯田和乔木林的 CEC 变化最迅速,2000 年较 1998 年分别增加 55.9% 和 46.8%;坝地、灌木林和人工种草变化较快,分别增加 21.6%、15.4% 和 28.6%。

若将各项措施 2000 年的 CEC 与项目实施前的 1994 年(以 CEC 基本不变的坡耕地和荒坡地代表)相比,则梯田和坝地分别增大 88.8% 和 131.2%;乔、灌、草分别增加 85.5%、29.4% 和 35.2%。

(下转第 55 页)

中或地边的树木、电线杆、岩石、墓碑等根部地面多年下降情况加以量算。也可以设立标桩或钢钎,根据地面表层在标桩或钢钎上的刻度变化加以测算。(2)根据地面的坡度、坡长、土质、植被等情况,引用同一类型区水土保持站的观测资料。(3)根据侵蚀沟的形状、尺寸计算土壤流失体积,然后利用土壤容重换算土壤流失量。局部地段细沟与浅沟侵蚀可采用样地横断面体积量测法。侵蚀沟的断面积可根据实际断面以梯形、三角形等断面形式计算。(4)利用拦沙墙拦流量或不发生泥沙出流的取土场低洼坑的淤积量等计算流失量;也可以利用其它具有沉沙池作用的排水渠的水堰泥沙淤积量测试土壤流失量。

3.2.6 径流冲刷泥沙量 结合水土保持技术设计设置沉沙池,定点观测径流冲刷泥沙量,该泥沙量包括悬移质和推移质的全量。观测多次,分 2 个时期进行:第 1 时期根据水土保持工程的施工阶段安排多次,第 2 时期在水土保持工程完工投入使用后的第 1 个雨季结束时进行。

3.2.7 拦渣护坡及土地整治工程效果 (1) 拦渣工程效果。这里的拦渣工程指象 1<sup>9</sup> 土料场侧面的拦渣墙。监测指标包括拦渣墙的个数、规格、拦渣量和保护与维修情况等。(2) 护坡工程效果。该工程的护坡工

程主要指对开挖面、取料场坡地开展的防护工程。监测指标包括护坡工程的个数(处)、主要措施及规格、减少土壤流失量和保护与维修情况等。(3) 土地整治工程效果。该工程的土地整治对象主要是取土(石)场。监测指标包括整地对象、面积、整治后的地面状况、复土厚度、整治后的土地利用方式等。

该项监测内容总共观测 2 次,对于现存的和将要修建的拦渣墙监测时间也不同。对现存的拦渣墙,分别在水土流失现状和水土保持工程完工投入使用后的第 1 个雨季以后进行;对将要修建的拦渣墙,分别在修建初期和水土保持工程完工投入使用以后的第 1 个雨季结束后进行。

## 4 结 语

目前,飞来峡水利枢纽水土保持工程正在实施之中,第 1 阶段的监测任务,即水土保持工程实施前水土流失与水土保持措施现状调查已经完成;第 2 阶段的监测任务,即水土保持工程实施期间的水土流失状况动态监测正在进行之中。经过 2 个阶段的实地监测和具体操作,证明上述监测原则适合水土保持工程监测目标的要求,监测内容可以反映水土保持工程的各个方面,监测方法具有较强的适应性和操作性。

(上接第 48 页)

## 5 结 语

(1) 水土保持措施的实施,不仅使径流泥沙分布发生变化,且对原有较为恶劣的局地小气候条件也有所改善,同时由于植被覆盖度提高,降雨强度减弱,减少了水土流失,使水土资源得到充分利用,改善了土壤理化性质,增强了土壤肥力,提高了土地生产力。

(2) 由于受资料和作者水平的限制,本文仅就水土保持措施对典型流域、典型地块的土壤养分含量、pH 和 CEC 的影响进行了初步分析。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 黄河水利委员会黄河志总编辑室. 黄河流域综述《黄河志》卷二 [Z]. 郑州: 河南人民出版社, 1998.
- [2] 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植被覆盖度变化 [J]. 水土保持学

报, 2002, 16(5): 76-78.

- [3] 刘洪岭, 梁一民, 等. 不同牧草对黄土丘陵区土壤培肥效果的研究 [J]. 水土保持通报, 1997, 17(4): 12-15.
- [4] 刘明义, 张德元, 等. 林地带状混作沙打旺对土壤理化性质的影响 [J]. 水土保持学报, 1990, 4(2): 89-92.
- [5] 王进鑫, 余清珠, 等. 人工刺槐改造更新林地土壤理化性质的变化及肥力评价 [J]. 西北林学院学报, 1995(10): 47-52.
- [6] 李瑞雪, 薛泉宏, 等. 黄土高原沙棘、刺槐人工林对土壤的培肥效应及其模型 [J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(1): 14-21.
- [7] 沈慧, 姜凤岐, 等. 水土保持林土壤肥力及其评价指标 [J]. 水土保持学报, 2000, 14(2): 60-65.
- [8] 刘方, 黄昌勇, 等. 黄壤旱坡地梯化对土壤磷素流失的影响 [J]. 水土保持学报, 2001, 15(4): 75-78.
- [9] 黄土高原水土保持世界银行贷款项目办公室. 黄土高原水土保持世界银行贷款项目可行性研究 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1997. 10.