

# 不同坡改梯方式的生态环境效应研究

陈述文, 邓焯, 邱金根 (1. 重庆市土地勘测规划院, 重庆 400020; 2. 西南大学地理科学学院, 重庆 400715)

**摘要** 坡改梯是实施土地整理的主要工程之一, 对提高耕地的经济效益和环境生态效益的作用尤为明显。通过分析不同坡改梯方式下的耕地生态环境影响量化指标, 比较不同坡改梯方式下的耕地生态环境效应差异, 为今后土地整理规划编制中的土地平整方案的确定提供一定的参考。

**关键词** 坡改梯; 土地整理; 生态环境效应

中图分类号 F323.22 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)19-08251-04

## Study on Environmental Effects under Different Terracing Ways

CHEN Shu-wen et al (Chongqing Institute of Surveying and Mapping for Land, Chongqing 400020)

**Abstract** Terracing was one of major engineering ways for implementing land arrangement project, which had obviously effect on improving the land economic and ecological benefits. By analyzing quantitative index of environmental and ecological impact under different terracing models, the difference of land environmental and ecological effect was compared, which provided references for making rational project during land leveling project.

**Key words** Terracing; Land consolidation; Ecological effects

土地整理的工程手段包括土地平整工程、农田水利工程、田间道路工程和其他工程<sup>[1]</sup>。其中土地平整工程就是使平整后的土地更适合种植或者其他用途的需要而根据一定的条件、按照一定的标准所进行的土方填挖和调配的过程<sup>[2]</sup>。土地平整工程是土地整理工程的基础工程, 是实施其他工程的先决条件。

丘陵山区, 土地平整工程设计方案根据地形、地面坡度和土层厚度的不同有3种处理方式: 修筑水平梯田(土)、隔坡梯田(土)和坡式梯田(土)<sup>[3]</sup>。3种方式的共同点是将原有耕作台面进行降坡处理, 但3种方式的降坡程度不一样。水平梯田(土)是通过工程措施把原有耕作台面处理成水平的耕作台面; 隔坡梯田是有间隔地修筑水平梯田(土), 平整后水平耕作台面和未平整的耕作坡面相间排列; 坡式梯田(土)是通过工程措施对原耕作坡面进行降坡, 使原有台面坡度变缓, 并未达到水平, 平整后的台面仍然有一定的坡度。

目前, 土地整理在我国各个地区全面开展, 其中重庆地区的坡改梯方式基本也是上述的3种方式。笔者从实验分析的角度比较3种坡改梯方式平整后的地表径流量、侵蚀泥沙量、土壤物理性状、肥力指标的异同, 在此基础上, 综合评价3种坡改梯方式的生态环境效应, 为今后坡改梯方案的确定提供参考。

## 1 研究区概况

研究区设在重庆市合川区高龙镇农业综合开发和土地整理区内, 地理位置为E 106°29'27"~106°31'54", N30°7'32"~30°8'21", 位于渠江水系的左岸。该地区成土母质为侏罗系沙溪庙组泥岩和砂岩发育的灰棕紫色土壤, 土壤呈微酸性、质地适中、耕性良好、宜种性广。地貌类型为低丘岗地, 海拔高度在210~300 m, 相对高差在20~50 m, 坡度多在5~25°, 是重庆地区灰棕紫泥土的中心区域, 具有典型代表意义。实验区地处亚热带湿润季风气候区, 有明显的季节性差异, 气候温暖, 雨量充沛。多年平均降雨量在1 124 mm以上, 降雨量在季节分配上很不均匀, 雨量主要集中在5~10月份, 而且多以大雨形式出现, 常形成洪涝, 强大的降雨侵蚀力, 导致土

壤侵蚀严重。实验区的土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主, 属南方紫色土丘陵侵蚀区, 土壤侵蚀方式以面蚀和沟蚀为主。实验区选择在山坡的中下部, 坡面土层厚度在40~80 cm。

## 2 研究方法

根据研究区原有耕作面的坡度, 将实验区划分3类: 6°以下的为Ⅰ类, 6~15°为Ⅱ类, >15~25°为Ⅲ类, 并选择研究区周边相同或相似土壤条件的同类土壤作为参照类; 再根据3种不同坡改梯方式将研究区每类土分为3组, 参照Ⅰ类(G1)、参照Ⅱ类(G2)和参照Ⅲ类(G3), 一类为一组, 实验区共有12个土组, 每个土组为5 m×20 m的土区。在每类土区布设径流小区, 分不同组别进行实验观测, 观测内容包括降雨时间、降雨历时、降雨量、小区地表径流量、侵蚀泥沙量、土壤理化性状等。通过野外观测, 采集各实验组区的土壤进行各项环境和生态指标测定, 并进行处理和分析。各小组实验区基本情况见表1。

## 3 结果与分析

**3.1 地表径流量比较分析** 由于实验区的坡改梯工程已进行5年, 根据合川区农业综合开发办公室2003年1月至2006年12月的实验小区实测资料分析, 结果表明, 在其他耕作措施相同的情况下, 坡度相同, 不同坡改梯的小区地表径流量存在很大差异, 同时均比自然坡耕地(参照组)小区的地表径流量小, 坡耕地改梯田后蓄水效益明显提高。Ⅰ、Ⅱ类和参照类的12个土组的地表径流量数据见表2。

由表2可看出, 经过坡改梯工程处理后的耕地平均径流量比自然坡耕地径流量小, 原耕作台面6°以下, 自然坡耕地的径流量是3种坡改梯耕地的3.26、2.66和2.84倍; 原耕作台面6~15°, 自然坡耕地的径流量是3种坡改梯耕地的4.07、3.08和2.93倍; 原耕作台面>15~25°, 自然坡耕地的径流量是3种坡改梯耕地的4.45、3.06和2.65倍。

相同坡度条件下, 水平梯地的蓄水效益最佳, 原耕作台面6°以下, 水平梯地、隔坡梯地和坡式梯地的蓄水效益分别为69.33%、62.44%和64.73%; 原耕作台面6~15°, 水平梯地、隔坡梯地和坡式梯地的蓄水效益分别为75.46%、67.55%和65.94%; 原耕作台面>15~25°, 水平梯地、隔坡梯地和坡式梯地的蓄水效益分别为77.54%、67.32%和62.30%。由分析数据可知, 原耕作台面坡度在6°以下, 坡式梯地的蓄水效

益高于隔坡梯地,当原耕作台面坡度在 $6^\circ$ 以上时,隔坡梯地的蓄水效益高于坡式梯地。

表1 各小组实验区概况

Table 1 General situations of each group in experimental area

地点 Site	实验区 Experimental area	组号 Group	坡改梯类型 Types of transforming slope into terrace	坡改梯后土区基本情况 Basic situation of soil area after transforming slope into terrace
坡改梯土区 Soil area of transforming slope into terrace	6°以下研究区( ) Study area with the gradient of below $6^\circ$	-1	水平梯土	水平耕作台面,全部为条石坎,田面宽度为15.27 m,石坎高度为0.80 m,石坎设计有透水孔,主要种植玉米、油菜
		-2	隔坡梯土	水平耕作台面和坡面相间,比例为1:1,全部为条石坎,水平部分田面宽度为15.27 m,石坎高度为0.80 m,石坎设计有透水孔,主要种植玉米、油菜
		-3	坡式梯土	坡式耕作台面,全部为条石坎,田面宽度为8.60 m,石坎高度为0.80 m,石坎设计有透水孔,主要种植玉米、油菜
	6~15°研究区( ) Study area with the gradient of 6-15°	-1	水平梯土	水平耕作台面,全部为条石坎,田面宽度为7.94 m,石坎高度为1.40 m,石坎设计有透水孔,主要种植玉米、油菜
		-2	隔坡梯土	水平耕作台面和坡面相间,比例为1:1,全部为条石坎,水平部分田面宽度为7.94 m,石坎高度为1.40 m,石坎设计有透水孔,主要种植玉米、油菜
		-3	坡式梯土	坡式耕作台面,全部为条石坎,田面宽度为6.72 m,石坎高度为1.40 m,石坎设计有透水孔,主要种植玉米、油菜
	>15~25°研究区( ) Study area with the gradient of 15-25°	-1	水平梯土	水平耕作台面,全部为条石坎,田面宽度为4.95 m,石坎高度为1.80 m,石坎设计有透水孔,主要种植玉米、油菜
		-2	隔坡梯土	水平耕作台面和坡面相间,比例为1:1,全部为条石坎,水平部分田面宽度为4.95 m,石坎高度为1.80 m,石坎设计有透水孔,主要种植玉米、油菜
		-3	坡式梯土	坡式耕作台面,全部为条石坎,田面宽度为4.05 m,石坎高度为1.80 m,石坎设计有透水孔,主要种植玉米、油菜
坡改梯周边土区 Peripheral soil area of transforming slope into terrace	6°以下对比研究区 Contrast study area with the gradient of below $6^\circ$	G1	自然坡地	坡式耕作台面,全部为条石坎,田面平均宽度为9.50 m,石坎高度为0.80 m,石坎设计有透水孔,主要种植玉米、油菜
	6~15°研究区 Study area with the gradient of 6-15°	G2	自然坡地	坡式耕作台面,全部为条石坎,田面平均宽度为5.50 m,石坎高度为1.40 m,石坎设计有透水孔,主要种植玉米、油菜
	>15~25°研究区 Study area with the gradient of 15-25°	G3	自然坡地	坡式耕作台面,全部为条石坎,田面平均宽度为3.50 m,石坎高度为1.80 m,石坎设计有透水孔,主要种植玉米、油菜

表2 各小组实验区2003~2006年地表径流量

Table 2 Surface runoff of each group in experimental area during 2003-2006

实验区 Experimental area	土组号 No. of soil type	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
6°以下研究区( ) Study area with the gradient of below $6^\circ$	水平梯田 (-1)	12.36	13.43	13.78	9.21
	隔坡梯田 (-2)	15.35	17.09	17.13	10.14
	坡式梯田 (-3)	14.73	16.36	15.48	9.53
6~15°研究区( ) Study area with the gradient of 6-15°	水平梯田 (-1)	13.76	13.56	14.13	9.39
	隔坡梯田 (-2)	17.64	20.01	19.12	10.47
	坡式梯田 (-3)	18.76	21.26	20.55	10.01
>15~25°研究区( ) Study area with the gradient of 15-25°	水平梯田 (-1)	15.16	14.33	15.32	9.56
	隔坡梯田 (-2)	20.58	23.21	24.43	10.88
	坡式梯田 (-3)	26.66	26.87	25.98	11.74
6~25°对比研究区(C) Contrast study area with the gradient of 6-25°	6°以下未进行坡改梯处理(G1)	41.26	43.19	44.31	30.31
	6~15°未进行坡改梯处理(G2)	53.33	59.72	61.92	32.26
	>15~25°未进行坡改梯处理(G3)	68.18	69.87	69.63	34.37

m<sup>3</sup>

**3.2 侵蚀泥沙量比较分析** 根据合川区农业综合开发办公室和合川区土肥站的实测数据分析,结果表明(表3),在其他耕作措施相同的情况下,坡度相同,梯土小组观测期内的侵蚀泥沙量均比坡耕地小组的侵蚀泥沙量小得多<sup>[4]</sup>。原耕作台面 $6^\circ$ 以下,自然坡耕地的侵蚀泥沙量是3种坡改梯耕地的6.14、4.61和4.31倍;原耕作台面 $6\sim 15^\circ$ ,自然坡耕地的侵蚀泥沙量是3种坡改梯耕地的7.30、5.57和5.26倍;原耕作台面 $>15\sim 25^\circ$ ,自然坡耕地的侵蚀泥沙量是3种坡改梯耕地的8.01、5.71和5.78倍。相同坡度条件下,水平梯地的保土效果最佳,原耕作台

面 $6^\circ$ 以下,水平梯地、隔坡梯地和坡式梯地的保土效益分别为83.71%、78.33%和76.77%;原耕作台面 $6\sim 15^\circ$ ,水平梯地、隔坡梯地和坡式梯地的保土效益分别为86.30%、82.04%和80.98%;原耕作台面 $>15\sim 25^\circ$ ,水平梯地、隔坡梯地和坡式梯地的保土效益分别为87.51%、82.48%和82.70%。

由分析数据可知,原耕作台面坡度在 $15^\circ$ 以下,隔坡梯地的保土效益高于坡式梯地;当原耕作台面坡度在 $15^\circ$ 以上时,坡式梯地的保土效益高于隔坡梯地。

可见,坡耕地经坡改梯工程处理后,改变了其原有地面

坡度,缩短了坡长,减少了地表径流的冲刷影响,能显著地控制土壤侵蚀的发生和发展。

表3 各小组实验区2003~2006年侵蚀泥沙量

Table 3 Eroded silt amount of each group in experimental area during 2003-2006

实验区 Experimental area	土组号 No. of soil type	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	合计
6°以下研究区( ) Study area with the gradient of below 6°	水平梯田 (-1)	43.76	48.43	45.83	31.23	169.25
	隔坡梯田 (-2)	62.96	64.56	65.21	32.42	225.15
	坡式梯田 (-3)	68.28	69.77	68.31	34.99	241.35
6~15°研究区( ) Study area with the gradient of 6-15°	水平梯田 (-1)	46.87	50.32	47.44	31.47	176.10
	隔坡梯田 (-2)	64.34	65.85	67.09	33.55	230.83
	坡式梯田 (-3)	69.46	70.06	69.39	35.62	244.53
>15~25°研究区( ) Study area with the gradient of 15-25°	水平梯田 (-1)	47.48	50.78	48.53	31.87	178.66
	隔坡梯田 (-2)	71.34	71.85	72.09	35.24	250.52
	坡式梯田 (-3)	70.67	70.44	70.56	35.82	247.49
6~25°对比研究区(C) Contrast study area with the gradient of 6-25°	6°以下未进行坡改梯处理(G1)	256.74	308.86	286.54	186.88	1039.02
	6~15°未进行坡改梯处理(G2)	342.21	372.33	362.24	208.71	1285.49
	>15~25°未进行坡改梯处理(G3)	375.43	417.97	405.65	231.14	1430.19

**3.3 土壤物理性状及蓄水效果分析** 土壤物理性状是研究土壤保水能力的基础。土壤的孔隙度及土层含水量反映了土壤持水量和供水能力,其值越大,土壤涵养水源和保持水分的能力越强<sup>[5]</sup>。对实验区12个土组的0~20 cm深度土壤样品物理性状的测定结果表明(表4),原耕作台面6°以下的耕地G1组分别与-1、-2和-3组相比,水平梯地的土壤容重小0.12 g/cm<sup>3</sup>,但土壤总孔隙度大5.04个百分点,毛管孔隙度大2.83个百分点,非毛管孔隙度大1.70个百分点,土壤含水量高1.02个百分点;隔坡梯地的土壤容重小0.11 g/cm<sup>3</sup>,但土壤总孔隙度大4.87个百分点,毛管孔隙度大2.43个百分点,非毛管孔隙度大1.58个百分点,土壤含水量高0.89个百分点;坡式梯地的土壤容重小0.09 g/cm<sup>3</sup>,但土壤总孔隙度大4.85个百分点,毛管孔隙度大2.49个百分点,非毛管孔隙度大1.61个百分点,土壤含水

量高0.81个百分点。原耕作台面6~15°的耕地G2组分别与-1、-2和-3组相比,水平梯地的土壤容重小0.16 g/cm<sup>3</sup>,但土壤总孔隙度大5.32个百分点,毛管孔隙度大3.13个百分点,非毛管孔隙度大1.98个百分点,土壤含水量高1.05个百分点;隔坡梯地的土壤容重小0.15 g/cm<sup>3</sup>,但土壤总孔隙度大5.26个百分点,毛管孔隙度大3.03个百分点,非毛管孔隙度大1.93个百分点,土壤含水量高0.92个百分点;坡式梯地的土壤容重小0.13 g/cm<sup>3</sup>,但土壤总孔隙度大5.20个百分点,毛管孔隙度大3.02个百分点,非毛管孔隙度大1.85个百分点,土壤含水量高0.86个百分点。原耕作台面>15~25°的耕地G3组分别与-1、-2和-3组相比,水平梯地的土壤容重小0.17 g/cm<sup>3</sup>,但土壤总孔隙度大5.42个百分点,毛管孔隙度大3.50个百分点,非毛管孔隙度大2.09个百分点,土壤含水量高1.06个百分点;隔坡梯地的土壤容

表4 各小组实验区土壤的物理性状对比

Table 4 Physical properties comparison of soil in each group of experimental area

实验区 Experimental area	土组号 No. of soil type	土壤容重 g/cm <sup>3</sup> Soil bulk density	土壤含水量 % Soil water content	总孔隙度 % Total porosity	毛管孔隙度 % Capillary porosity	非毛管孔隙度 % Non-capillary porosity
6°以下研究区( ) Study area with the gradient of below 6°	水平梯田 (-1)	1.18	23.77	56.58	44.97	11.92
	隔坡梯田 (-2)	1.19	23.64	56.41	44.57	11.80
	坡式梯田 (-3)	1.21	23.56	56.39	44.63	11.83
6~15°研究区( ) Study area with the gradient of 6-15°	水平梯田 (-1)	1.20	23.74	56.44	44.76	11.82
	隔坡梯田 (-2)	1.21	23.61	56.38	44.66	11.77
	坡式梯田 (-3)	1.23	23.55	56.32	44.65	11.69
>15~25°研究区( ) Study area with the gradient of 15-25°	水平梯田 (-1)	1.22	23.69	56.24	44.58	11.74
	隔坡梯田 (-2)	1.23	23.58	56.19	44.53	11.70
	坡式梯田 (-3)	1.25	23.50	56.14	44.42	11.62
6~25°对比研究区(C) Contrast study area with the gradient of 6-25°	6°以下未进行坡改梯处理(G1)	1.30	22.75	51.54	42.14	10.22
	6~15°未进行坡改梯处理(G2)	1.36	22.69	51.12	41.63	9.84
	>15~25°未进行坡改梯处理(G3)	1.39	22.63	50.82	41.08	9.65

注:采样时间为2006年3月3日。下表同。

Nte: The sampling time is March 3, 2006. The same as below.

重小0.16 g/cm<sup>3</sup>,但土壤总孔隙度大5.37个百分点,毛管孔隙度大3.45个百分点,非毛管孔隙度大2.05个百分点,土壤含水量高0.95个百分点;坡式梯地的土壤容重小0.14 g/cm<sup>3</sup>,但土壤总孔隙度大5.32个百分点,毛管孔隙度大3.34个百分点,非毛管孔隙度大1.97个百分点,土壤含水量高0.87个百分点。这说明坡耕地改梯田后,能够保护和改善土壤的物理性状,增加土壤孔

隙度,增强土壤的持水能力,蓄水效果比坡耕地显著提高。其中,同一坡度条件下,水平梯地改善土壤物理性状,增加土壤孔隙度,增强土壤持水能力的效果最佳;相同坡改梯措施条件下,坡度越大,改善土壤物理性状,增加土壤孔隙度,增强土壤持水能力的效果越好。

**3.4 土壤肥力指标比较分析** 坡改梯工程减少了农耕地水

土流失,保护了水土资源,增厚了土层,提高了土壤肥力<sup>[6]</sup>。对实验区12个土组的0~20 cm深度土壤样品的肥力指标的测定结果表明(表5),原耕作台面6°以下的耕地G1组分别与-1、-2和-3组相比,水平梯地的土壤厚度增加8 cm,有机质含量提高2.72 g/kg,全氮、全磷和全钾含量分别上升0.19、0.15和1.46 g/kg;隔坡梯地的土壤厚度增加4 cm,有机质含量提高2.33 g/kg,全氮、全磷和全钾含量分别上升0.15、0.10和0.90 g/kg;坡式梯地的土壤厚度增加2 cm,有机质含量提高1.81 g/kg,全氮、全磷和全钾含量分别上升0.11、0.07和0.52 g/kg。原耕作台面6~15°的耕地G2组分别与-1、-2和-3组相比,水平梯地的土壤厚度增加11 cm,有机质含量提高2.93 g/kg,全氮、全磷和全钾含量分别上升0.29、0.26和1.81 g/kg;隔坡梯地的土壤厚度增加7 cm,有机质含量提高2.59 g/kg,全氮、全磷和全钾含量分别上升0.22、0.19和1.43 g/kg;

坡式梯地的土壤厚度增加7 cm,有机质含量提高2.59 g/kg,全氮、全磷和全钾含量分别上升0.22、0.19和1.43 g/kg。原耕作台面>15~25°的耕地G3组分别与-1、-2和-3组相比,水平梯地的土壤厚度增加16 cm,有机质含量提高3.01 g/kg,全氮、全磷和全钾含量分别上升0.29、0.25和1.77 g/kg;隔坡梯地的土壤厚度增加9 cm,有机质含量提高2.11 g/kg,全氮、全磷和全钾含量分别上升0.23、0.20和1.52 g/kg;坡式梯地的土壤厚度增加11 cm,有机质含量提高2.32 g/kg,全氮、全磷和全钾含量分别上升0.26、0.23和1.65 g/kg。这说明坡耕地改梯田后,能够显著提高土壤质量。其中,同一坡度条件下,水平梯地是提高土壤质量的最佳选择;而原耕作台面坡度在15°以下时,隔坡梯地提高土壤质量的能力要高于坡式梯地;当原耕作台面坡度在15°以上时,则坡式梯地提高土壤质量的能力要高于隔坡梯地。同种降坡方式下,坡度越大,

表5 各小组实验区土壤的肥力指标对比

Table 5 Comparison of soil fertility index in each group of experimental area

实验区 Experimental area	土组号 No. of soil type	土层厚度 cm Thickness of soil layer	有机质 g/kg Organic matter	全氮 g/kg Total N	全磷 g/kg Total P	全钾 g/kg Total K
6°以下研究区( ) Study area with the gradient of below 6°	水平梯田(-1)	78	10.76	0.84	0.87	24.23
	隔坡梯田(-2)	74	10.37	0.80	0.82	23.67
	坡式梯田(-3)	72	9.85	0.76	0.79	23.29
6~15°研究区( ) Study area with the gradient of 6-15°	水平梯田(-1)	68	9.38	0.78	0.83	22.27
	隔坡梯田(-2)	64	9.04	0.74	0.76	21.89
	坡式梯田(-3)	60	9.17	0.71	0.74	19.22
>15~25°研究区( ) Study area with the gradient of 15-25°	水平梯田(-1)	62	9.18	0.72	0.77	21.99
	隔坡梯田(-2)	55	8.28	0.66	0.72	21.74
	坡式梯田(-3)	57	8.49	0.69	0.75	21.87
6~25°对比研究区(C) Contrast study area with the gradient of 6-25°	6°以下未进行坡改梯处理(G1)	70	8.04	0.65	0.72	22.77
	6~15°未进行坡改梯处理(G2)	57	6.45	0.52	0.57	20.46
	>15~25°未进行坡改梯处理(G3)	46	6.17	0.43	0.52	20.22

土壤质量提高幅度就越大。

#### 4 结论

(1) 生态环境效应与坡改梯实施区的地形密切相关。在同样生态环境效应的要求下,原有耕作台面的坡度,直接影响着最优坡改梯方式的确定。

(2) 在相同的地形条件下,单纯从生态环境效应出发,水平梯田(土)始终是最优的坡改梯方式。

(3) 在不同的地形条件下,原耕作台面坡度小的,坡改梯工程的重心应放在经济效益上;原耕作台面坡度大的,坡改梯工程的重心应放在环境生态效益上,而在资金充足的情况下,水平梯田始终是最优选择。

(4) 在考虑经济效益的同时,在不同的地形条件下,最优坡改梯方式的确定方案有所差异。一般地,当原耕作台面坡度在15°以下时,水平梯田是最优的坡改梯方式;当原耕作台

面坡度在15°以上时,坡式梯田是最优的坡改梯方式。

不同坡改梯方式的生态环境效应研究很有意义,特别在我国全面实施土地整理和农业综合开发的时期,确定合理的坡改梯方式,并使其设计更合理、更科学,建立科学的坡改梯效益的评价体系都迫切需要加强不同坡改梯方式相关效应研究。

#### 参考文献

- [1] 国土资源部土地整理中心. 土地开发整理项目可行性研究与评估[M]. 北京: 中国人事出版社, 2005.
- [2] 严金明, 钟金发, 池国仁. 土地整理[M]. 北京: 经济管理出版社, 1998.
- [3] 中华人民共和国水利部. GB/T16453.1-1996 水土保持综合治理技术规范 坡耕地治理技术[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [4] 胡建民. 红壤坡地坡改梯水土保持效应分析[J]. 水土保持研究, 2005, 8(4): 271-273.
- [5] 朱祖祥. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1992.
- [6] 左长清, 李小强. 红壤丘陵区坡改梯的水土保持效果研究[J]. 水土保持通报, 2004, 6(24): 79-81.

practices for non-point source pollution control: Selection and assessment [M]// RITTER WF, SHMOHANAD A. Agricultural Non-point Source Pollution. London: LEWIS Publishers, 2000: 257-304.

- [14] 张宏艳. 发达国家应对农业面源污染的经济管理措施[J]. 世界农业, 2006(5): 38-40.
- [15] 李远, 王晓霞. 我国农业面源污染的环境管理: 背景及演变[J]. 环境保护, 2005, 33(4): 23-27.
- [16] 向平安, 周燕, 黄璜, 郑华. 氮肥面源控制的绿税激励措施探讨——以洞庭湖区为例[J]. 中国农业科学, 2007, 40(2): 330-337.

(上接第8250页)

水土保持学报, 2004(3): 126-129.

- [10] 苏杨. 农业现代化进程中的环境污染问题[J]. 宏观经济管理, 2006(2): 50-52.
- [11] 何浩然, 张林秀, 李强. 农民施肥行为及农业面源污染研究[J]. 农业技术经济, 2006(6): 2-10.
- [12] MAGETTE WL. Maintaining M// RITTER WF, SHMOHANAD A. Agricultural non-point source pollution. London: LEWIS Publishers, 2000: 205-328.
- [13] MOSTAGHIM S, BRENNAN K M, DILHAHA T A, et al. Best management