

# 土地整理年限对紫色丘陵区土壤质量的影响

徐畅<sup>1</sup>, 高明<sup>1\*</sup>, 谢德体<sup>1</sup>, 姜涛<sup>1</sup>, 李莎<sup>2</sup>, 魏朝富<sup>1</sup>

(1. 西南大学资源环境学院, 重庆 400715; 2. 重庆市璧山县农业技术推广中心, 重庆 402773)

**摘要:** 为研究土地整理对紫色丘陵区土壤质量所产生的累积效应, 采用野外采样与室内分析相结合的方法, 从土壤理化性状及生物学性状的角度出发, 分别对土地整理后 1、3 和 5 a 间各坡位的土壤质量变化规律进行了探讨。结果表明, 在整理年限为 1~5 a 的范围内, 2°~6°、>6°~15°、>15°~25° 3 个坡位土壤有机质及速效氮质量分数随整理年限增加呈现先减后增的趋势; 土壤速效磷及速效钾质量分数在整理后 1a 的时间内均降低, 但随整理年限的推移速效磷质量分数有回升的趋势, 速效钾质量分数却未见回升; 土壤阳离子交换量均大于未整理土壤, 增幅为 19.44%~24.04%。土地整理后的 5 a 间, 土壤生物学性状在各坡位的变化规律增减不一, 仅土壤酸性磷酸酶活性在 3 个坡位处表现出逐渐增加的规律性变化, 且具有显著性差异。土壤质量各指标的变化在整理后 1 a 表现最为不均, 整理后 3 a 和 5 a 则有一定程度的提高。因此, 紫色丘陵区土地整理的实施能促进土壤理化性状和生物学性状的改善, 提高土壤综合质量, 并且随着整理年限的增加, 这种改善土壤质量的效果表现越为明显。

**关键词:** 土地利用, 土壤, 酶活性, 紫色丘陵区, 理化性状, 生物学性状

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.08.044

中图分类号: F311, S158

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-8-0242-07

徐畅, 高明, 谢德体, 等. 土地整理年限对紫色丘陵区土壤质量的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 242—248.  
Xu Chang, Gao Ming, Xie Deti, et al. Effect of land consolidation history on soil quality of purple hilly region[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(8): 242—248. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

土地整理(land consolidation)是一项以增加有效耕地面积并提高耕地质量为中心, 通过对未利用地、废弃地、中低产田和闲置地等实行田、水、路、林、村的综合整治开发, 以改善农业生产条件、居住环境和生态环境的人为性活动<sup>[1]</sup>。土地整理可以对破碎斑块进行重新配置, 确保农村发展、提高土地利用有效性, 同时还起到控制农村水土流失、保护自然环境等作用<sup>[2-3]</sup>。

土壤作为土地整理活动的实施载体, 在土地整理过程中必然会产生一系列的变化。从生态学的角度来看, 土地整理活动打破了原有的生态环境系统, 并对原有系统进行重新构建<sup>[4]</sup>。在此过程中对土地整理区域及其背景区域的水资源、土壤、植被、大气、生物等环境要素及其生态过程产生诸多直接或间接、有利或有害的影响<sup>[5]</sup>。其中, 对土壤质量的改变尤为显著。张雯雯<sup>[6]</sup>等人的研究结果表明, 土地整理年限较长的地块在养分分布上虽表现出不均一的状况, 但土壤质量较未整理及整理年限短的地块有明显提高。也有研究发现, 不适当的土地整理方式、方法和技术措施, 会导致农田生态系统稳定性下

降, 对农地生产力及土壤质量构成潜在的不良影响而引发土地退化<sup>[7]</sup>。张野<sup>[8]</sup>和张正锋<sup>[9]</sup>在研究中指出, 土地整理会造成土壤裸露、改变土壤养分循环效益, 引起表土层土壤微生物数量以及土壤酶活性的改变等等。因此, 土地整理作为一种重要的人类活动, 对土壤养分乃至土壤质量的影响越来越受到土壤学家的关注。紫色丘陵区土地整事业自 1998 年全面展开以来, 经历了从新增耕地数量的单一目标到重视耕地质量、生态环境建设、产业化发展、社会主义新农村建设与城乡统筹发展的多重目标, 从简单的单项土地整理(田坎、坑塘改造、农村道路治理等)到内容丰富的综合土地整理(农田基础设施建设、农村居民点改造、田水路林村的综合整治与农业产业化布局等方向相结合)的过程。到目前为止, 关于紫色丘陵区土地整理的研究主要集中在工程技术<sup>[10]</sup>、方案优化<sup>[11]</sup>以及生态效益评估<sup>[12]</sup>等方面, 而就其对土壤载体本身质量的影响研究较少, 尤其是不同整理年限对土壤质量产生的累积效应方面报道甚少。

本文以重庆市紫色丘陵区为研究对象, 运用 GPS 技术对研究区不同整理年限下 3 个坡位的土壤进行样品采集, 分别从土壤理化性状和生物学性状的角度对土壤质量进行综合分析, 其目的在于揭示不同土地整理年限下, 紫色丘陵区土壤质量变化的潜在规律及累积效应, 为整理区域以及周边区域的土壤培肥、土壤资源合理规范管理以及国土整治的实施提供科学依据, 以促进研究区农业的稳定、协调、可持续发展。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

收稿日期: 2009-04-23 修订日期: 2009-07-06

基金项目: 国家科技支撑计划(2007BAD87B10; 2008BABA7B09; 2008BAB38B02)

作者简介: 徐畅(1982—), 女, 重庆垫江人, 博士研究生, 主要从事土壤肥力、土壤质量与环境等研究工作。重庆 西南大学资源环境学院, 400715。Email: elyn0914@hotmail.com, xuchang0914@126.com

\*通讯作者: 高明(1965—), 男, 重庆合川人, 研究员, 主要研究方向土壤质量与环境。重庆 西南大学资源环境学院, 400715。

Email: gaoming@swu.edu.cn

研究区位于重庆市紫色丘陵区的合川区高龙镇, 东经  $106^{\circ}21'01''\sim 106^{\circ}23'46''$ , 北纬  $30^{\circ}07'54''\sim 30^{\circ}09'20''$ , 属亚热带湿润季风气候, 四季分明, 云雾多日照少, 年平均日照时数 1 316.2 h, 全年无霜期 317 d; 气候温和, 年平均气温  $18.1^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温  $5\,593.3^{\circ}\text{C}$ ; 降水充沛, 年平均降水量 1 145 mm。研究区属于中、浅丘地貌, 海拔 258~351 m; 凸起外露部分为抗蚀性较强的紫色砂岩, 其余部分为谷地。分布的岩层主要为侏罗系中统上沙溪庙组 ( $J_{2s}$ ) 的泥岩和砂岩, 土壤则以灰棕紫泥为主, 大部分呈微酸性, 土层浅薄, 水土流失严重, 土壤氮、磷营养缺乏, 有机质含量较低。研究区作为合川区的主要粮食生产基地之一, 农业植被取代了自然植被, 耕地主要种植水稻、玉米、红薯等粮食作物以及油菜、马铃薯、西红柿等经济作物。

## 1.2 土地整理方式

根据研究区地形、地貌及存在的主要问题, 为实现可持续的土地整理, 把该研究区的工程措施设计为土地平整工程、农田水利工程、田间道路工程以及其他工程相结合的土地整理模式。其中, 重点为土地平整工程和农田水利工程。土地平整工程着力于对自然坡度或台面坡度较大 (该研究区具体为  $>10^{\circ}\sim 25^{\circ}$ ) 的旱坡地进行降坡处理, 设计为坡式梯土, 并按比例修筑土坎和石坎 (该研究区的土石坎比例为 1:1); 其次, 进行田块归并, 将小田块整理为大田块, 设计成水平梯田, 以便于机械化种植、提高有效耕地面积。农田水利工程布置的着眼点则在于调剂分配该区现有水资源, 通过修筑排灌沟渠, 达到水资源时空分布均衡, 改善水土流失状况。

## 1.3 样品采集与分析

根据土壤类型、土地利用方式, 并兼顾地形差异, 分别在整理区和未整理区选择有代表性的土壤进行取样。取样时, 选择 1 a ( $Z_{1a}$ )、3 a ( $Z_{3a}$ )、5 a ( $Z_{5a}$ ) 的 3 个土地整理年限地块以及未整理区 ( $Z_0$ ) 地块作为主采样区, 在各主采样区确定  $>15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 、 $>6^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 、 $2^{\circ}\sim 6^{\circ}$  3 个坡位进行采样点的布设, 部分不规则地点适当加密采样点, 均选择表层土壤 (0~20 cm) 进行取样 (见图 1)。为保证土壤样品的代表性, 每个采样点以取土点为中心, 在 10 m 半径内按 “S” 形随机布设 7~10 个样点制成一个混合土样, 同时用 GPS (Garmin72) 记录中心点的位置, 混合土样采用四分法分成两份, 一份自然风干后分别过 1.00 mm 和 0.25 mm 筛供理化性质测试, 另一份鲜样过 10 目筛保存在  $0\sim 4^{\circ}\text{C}$  冰箱中供生物性质——酶活性测试。采样的同时详细记录每个采样点的具体情况。

理化性质分析: 土壤有机质用  $\text{K}_2\text{CrO}_7\text{-H}_2\text{SO}_4$  氧化法测定, 速效氮用德国产的连续流动化学分析仪 (型号 QuAAtro, KCl 提取) 测定, 速效磷用分光光度计测定 ( $\text{NaHCO}_3$  提取), 速效钾用火焰光度计测定 ( $\text{NH}_4\text{OAc}$  提取) [13]。生物酶活性分析: 土壤脲酶用奈氏比色法测定 ( $\text{NH}_3\text{-N}$  mg/g,  $37^{\circ}\text{C}$ 、24 h); 酸性磷酸酶用磷酸苯二钠法测定 (酚 mg/g,  $37^{\circ}\text{C}$ 、24 h); 过氧化氢酶用高锰酸钾滴定法测定 ( $0.1\text{ mol/L KMnO}_4$  mL/g,  $25^{\circ}\text{C}$ 、20 min) [14]。



图 1 样点分布示意图

Fig.1 Distribution of soil samples

## 1.4 数据处理

常规数据整理采用 Excel2003 完成, 方差分析、相关性分析采用 DPSv3.01 和 SPSS13.0 完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 土地整理年限对土壤理化性状的影响

土壤质量是由土壤理化性状和生物学性状共同决定的 [15], 而土壤养分的质量分数状况能从一个非常重要的层面体现出土壤理化性质的优劣。因此, 本文选择土壤养分状况作为土壤质量研究的一个重要着眼点。

#### 2.1.1 土壤有机质质量分数对土地整理年限的响应

土壤有机质是土壤养分的源与库, 能改善土壤的理化性状, 促进土壤生物活性, 是指示土壤质量的重要指标 [16]。不同整理年限土壤有机质质量分数在各坡位的分布特征见表 1。在所选取的 3 个坡位上, 除  $Z_{1a}$  土壤中的有机质质量分数平均值低于  $Z_0$  外,  $Z_{3a}$  和  $Z_{5a}$  土壤中的有机质质量分数平均值均高于  $Z_0$ , 较  $Z_0$  分别增加 12.42% 和 13.84%, 平均增幅为 13.13%, 3 个坡位的土壤有机质质量分数状况整体呈现出随整理年限增加而先减后增的趋势。经过土地整理后的土壤, 在相对较短的一段时间 (1 a) 里其腐殖质和动物残体的分解加速, 有机质的质量分数出现明显降低; 之后, 土壤生态系统经过两年的调整, 作物自然腐烂还田, 以及外来有机物料的摄入, 加深了土壤的腐殖质层, 使剖面有机质质量分数增加, 因此, 在土地整理 3 a 后土壤有机质质量分数开始回升, 且高于未整理土壤; 当整理年限增至 5 a 时, 土壤系统进一步趋于稳定, 除外来有机物料的不断腐烂以增加表层有机质质量分数外, 植物的生长和根系下扎也提高了下层土壤有机质的来源, 促进了土壤有机质的形成, 其质

表 1 不同整理年限土壤有机质质量分数在各坡位的分布

Table 1 Distribution of soil organic matter (OM) in every slope position different in consolidation history  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$

项目	$2^{\circ}\sim 6^{\circ}$	$>6^{\circ}\sim 15^{\circ}$	$>15^{\circ}\sim 25^{\circ}$	平均值
$Z_0$	10.56 c	10.21 b	10.88 b	10.55
$Z_{1a}$	10.30 c	10.48 b	10.17 b	10.32
$Z_{3a}$	11.82 b	11.95 a	11.81 ab	11.86
$Z_{5a}$	12.54 a	11.22 a	12.27 a	12.01

注: 同列数值间不同小写字母表示经统计检验差异达 5% 显著水平, 下同。

量分数则进一步升高。屠帆<sup>[17]</sup>等人曾在研究中指出, 土地整理后有机质的质量分数会较整理之前有所增加, 且空间变异较小。这与本文的研究结果相一致。

### 2.1.2 土壤速效养分质量分数对土地整理年限的响应

土壤中的速效氮磷钾是能够被作物直接吸收和利用的高效养分, 速效养分质量分数的高低体现了土壤对作物所需营养供给能力的大小。从图 2 可以看出, 各个坡位上土壤速效氮的质量分数均表现为  $Z_{5a} > Z_{3a} > Z_0 >$

$Z_{1a}$ ,  $Z_{1a}$  土壤中速效氮质量分数较未整理土壤有较大幅度的降低, 而  $Z_{3a}$  和  $Z_{5a}$  的土壤速效氮均高于未整理土壤, 且呈现随整理年限增加而逐渐递增的趋势。这说明, 在整理后 1 a 的时间里, 土地整理对土壤结构造成的机械破坏使得土壤孔隙变大, 氮素则以氨氮挥发或随径流流失的形式损耗, 而经过长时间 (3 a 或 5 a) 的修复后, 土体结构趋于稳定, 有利于土壤速效氮的积累, 速效氮质量分数逐渐增加。

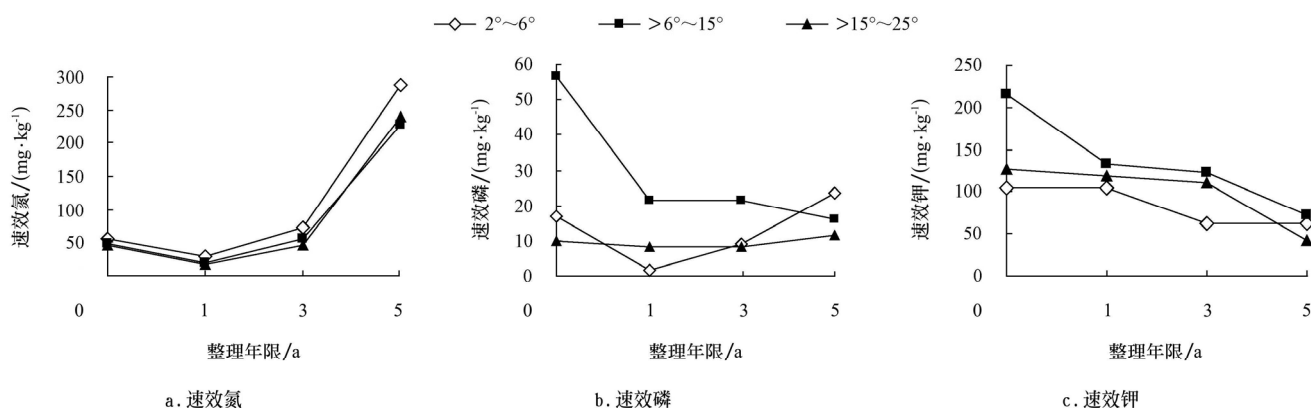


图 2 不同整理年限土壤速效养分质量分数在各坡位的分布

Fig.2 Distribution of soil available nutrient content in every slope position different in consolidation history

经土地整理后, 土壤中速效磷质量分数在 3 个坡位的表现有所不同。 $2^{\circ} \sim 6^{\circ}$  坡位处, 整理后土壤中的速效磷质量分数呈现先降低而后升高的明显趋势, 且  $Z_{5a}$  土壤中的速效磷质量分数已高于  $Z_0$ , 土地整理工程措施对  $2^{\circ} \sim 6^{\circ}$  坡位土壤的机械干扰较小, 从一定程度上有利于该坡位的土壤养分回升。 $>6^{\circ} \sim 15^{\circ}$  坡位处, 整理后土壤中的速效磷质量分数则表现出逐年降低的趋势, 虽然在  $Z_{1a}$  和  $Z_{3a}$  间未表现出明显的变化差异, 但随着整理年限增加, 在  $Z_{5a}$  处再次出现较大幅度的降低, 其主要原因可能是土地整理破坏了土壤生态系统, 导致土壤空隙变大, 溶解态磷的其中一部分不断从土壤中流失, 而另一部分则转变成沉淀闭蓄态所致。而在  $>15^{\circ} \sim 25^{\circ}$  坡位处, 整理后土壤中速效磷质量分数的变化趋势却不太明显, 较整理前而言变化甚微。总体而言, 各坡位平均质量分数大致表现为:  $Z_0 > Z_{5a} > Z_{3a} > Z_{1a}$ 。

土地整理年限对速效钾的影响与氮、磷不同。从各坡位上土壤速效钾质量分数的平均值可看出, 整理后土壤中的速效钾质量分数均低于未整理土壤, 其质量分数高低依次为:  $Z_0 > Z_{1a} > Z_{3a} > Z_{5a}$ 。并且, 随着整理年限的增加, 土壤速效钾质量分数在  $>6^{\circ} \sim 15^{\circ}$  和  $>15^{\circ} \sim 25^{\circ}$  坡位处均出现逐渐降低的趋势, 并未见回升。叶艳妹<sup>[7]</sup>等在中也发现, 降坡处理和机械化平整增强了雨水对土壤的直接淋洗, 不利于土体结构的保持, 产生养分的流失和失衡, 从而导致整理后土壤的速效磷、速效钾质量分数大幅度降低。这与本文的研究结果基本一致。

### 2.1.3 土壤阳离子交换量对土地整理年限的响应

土壤阳离子交换量 (CEC) 从一定程度上反映了土壤的保肥、供肥性能以及土壤的缓冲能力。一般认为,

$CEC \geq 20$  cmol/kg 的土壤保肥性强;  $10$  cmol/kg  $\leq CEC < 20$  cmol/kg 为保肥性中等的土壤;  $CEC < 10$  cmol/kg 的土壤其保肥性较弱。

整理年限对土壤阳离子交换量 (CEC) 的影响见表 2。从不同整理年限下各坡位土壤 CEC 的平均值可以看出, 整理后各年间土壤 CEC 均大于未整理土壤, 增幅范围为  $14.49\% \sim 25.59\%$ , 土壤 CEC 平均值大小由高到低顺序表现为:  $Z_{1a} > Z_{3a} > Z_{5a} > Z_0$ , 总体呈现出随整理年限增加土壤 CEC 先增后减的趋势。对不同的坡位而言, 土壤 CEC 随着坡度的降低而逐渐增多, 且  $>6^{\circ} \sim 15^{\circ}$  和  $2^{\circ} \sim 6^{\circ}$  两个坡位的土壤 CEC 较  $>15^{\circ} \sim 25^{\circ}$  坡位均有非常显著的增加, 说明较平缓的地形利于阳离子的交换行为。

表 2 不同整理年限对土壤阳离子交换量的影响

Table 2 Effect of different consolidation history on cation exchange capacity (CEC) of soil

项目	cmol $\cdot$ kg <sup>-1</sup>			
	$>15^{\circ} \sim 25^{\circ}$	$>6^{\circ} \sim 15^{\circ}$	$2^{\circ} \sim 6^{\circ}$	平均值
$Z_0$	$7.79 \pm 0.09$ a	$13.40 \pm 0.20$ b	$19.26 \pm 0.20$ d	13.48
$Z_{1a}$	$7.26 \pm 0.08$ a	$17.30 \pm 1.30$ ab	$26.23 \pm 0.01$ a	16.93
$Z_{3a}$	$6.63 \pm 0.05$ a	$16.72 \pm 0.12$ ab	$25.51 \pm 0.27$ b	16.29
$Z_{5a}$	$6.40 \pm 0.78$ a	$17.65 \pm 1.7$ a	$22.25 \pm 0.21$ c	15.43

方差分析结果显示,  $>15^{\circ} \sim 25^{\circ}$  坡位处整理年限对土壤 CEC 的影响并不明显, 整理与未整理以及各整理年限间的土壤 CEC 未表现出差异的显著性;  $>6^{\circ} \sim 15^{\circ}$  坡位处整理年限对土壤 CEC 的影响则不同, 未整理土壤的 CEC 明显低于整理后的土壤, 并表现出差异的显著性, 但整理后各年间的土壤 CEC 未表现出显著性差异;  $2^{\circ} \sim$

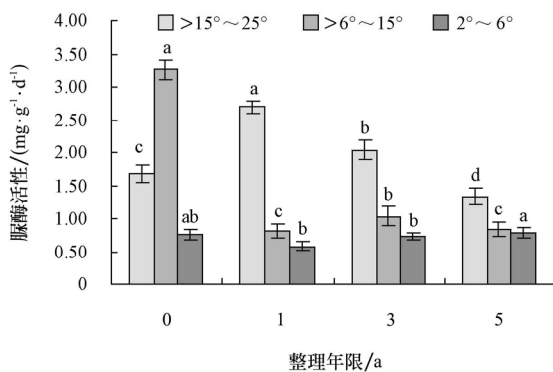
6°坡位处整理年限对土壤 CEC 的影响则更为明显, 整理与未整理以及各整理年限间的土壤 CEC 均表现出显著性差异。

## 2.2 土地整理年限对生物学性状的影响

土壤生物学性状是衡量土壤质量的一个重要指标, 它对农作措施以及外界环境条件变化所产生的反应比一般理化性状表现得更快更灵敏<sup>[18]</sup>。而土壤酶活性作为土壤生物学性状指标之一, 已成为判断土壤质量变化的一个敏感性指标<sup>[19]</sup>, 土壤酶活性是了解土壤生物学过程的一个关键点, 它的细微改变都可能会影响到土壤质量的高低以及整个生态系统功能的发挥<sup>[20]</sup>。

### 2.2.1 土壤有机质质量分数对土地整理年限的响应

土地整理年限对土壤脲酶活性的影响如图 3 所示。通过将未整理土壤与整理后土壤相比较可以发现, 除 >15°~25°坡位外, >6°~15°和 2°~6°坡位整理后土壤中脲酶的活性均有所降低, 以>6°~15°坡位土壤中脲酶活性的降幅最大,  $Z_{1a}$ 、 $Z_{3a}$ 、 $Z_{5a}$  土壤中的脲酶活性分别较  $Z_0$  土壤降低了 75.15%、68.10%和 74.23%。方差分析的结果也表明, 经过整理后脲酶活性明显降低, 与未整理土壤脲酶活性达显著差异。就整理后的土壤而言, 3 个不同坡位的土壤中脲酶活性随整理年限而变化的顺序由高到低大体呈现为  $Z_{1a} > Z_{3a} > Z_{5a}$ , 其平均值分别为 1.36、1.27、0.98 mg/(g·d)。此递减规律在>15°~25°坡位处表现尤为显著, 而在>6°~15°和 2°~6°坡位处整理后 1、3 和 5 a 间脲酶活性的变化并不明显, 只有略微的升高或降低。汪远品<sup>[21]</sup>在他的研究中指出, 脲酶活性与土壤中速效钾质量分数呈显著正相关。而本文中整理后脲酶活性的变化规律与速效钾相似, 因此推测, 土地整理可能通过影响土壤中脲酶的活性来影响速效养分的质量分数。



注: 不同坡位间不同字母者表示差异达显著水平 ( $p < 0.05$ ), 下同

图 3 整理年限对土壤脲酶活性的影响

Fig.3 Effect of consolidation history on enzyme activity in soil

### 2.2.2 过氧化氢酶对土地整理年限的响应

过氧化氢酶广泛存在于生物体和土壤中, 它能促使过氧化氢分解为水和氧, 从而解除过氧化氢的毒害作用, 其活性大小反映了土壤中有机的氧化进程<sup>[22]</sup>。

从不同的坡位来分析整理年限对土壤过氧化氢酶活性的影响可见图 4。就>15°~25°坡位而言我们可以看到, 整理后土壤中过氧化氢酶活性均高于未整理土壤, 分别

为未整理土壤的 1.66、1.45 和 2.26 倍, 且整理后土壤中过氧化氢酶活性由高到低表现为:  $Z_{5a} > Z_{1a} > Z_{3a}$ 。方差分析结果显示, 整理后 1、3、5 a 各年间土壤中过氧化氢酶的活性变化表现出显著性差异。而>6°~15°和 2°~6°两个坡位处整理后土壤中的过氧化氢酶活性则均低于未整理土壤, 其减幅范围为 10.74%~48.76%, 且整理后土壤中过氧化氢酶活性高低随整理年限的变化同样表现为:  $Z_{5a} > Z_{1a} > Z_{3a}$ , 但该变化趋势只在>6°~15°坡位处表现出显著性差异, 在 2°~6°坡位处则未表现出显著性差异。

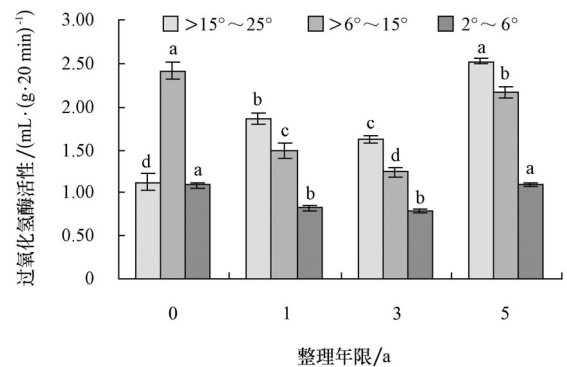


图 4 整理年限对土壤过氧化氢酶活性的影响

Fig.4 Effect of consolidation history on enzyme activity in soil

### 2.2.3 酸性磷酸酶对土地整理年限的响应

从图 5 我们可以看到土壤酸性磷酸酶活性随土地整理年限变化的明显规律。就整理年限而言, 3 个坡位土壤中酸性磷酸酶的活性均呈现出随整理年限增加而逐渐递增的规律性变化, 酸性磷酸酶活性高低顺序依次为:  $Z_{5a} > Z_{3a} > Z_{1a}$ 。而就坡位而言,  $Z_{1a}$ 、 $Z_{3a}$ 、 $Z_{5a}$  的土壤酸性磷酸酶活性均表现为: (>15°~25°) 坡位 > (>6°~15°) 坡位 > 2°~6° 坡位, 有随坡度的降低而逐渐降低的趋势。

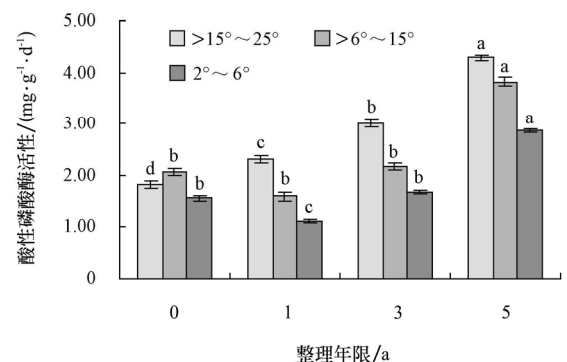


图 5 整理年限对土壤酸性磷酸酶活性的影响

Fig.5 Effect of consolidation history on acid phosphatase activity in soil

另外, 在土地整理后较短的时间内 (1 a 或 3 a), >6°~15°和 2°~6°坡位处土壤酸性磷酸酶活性均出现较未整理土壤略微降低的趋势, 表明土地整理在相当的一段时间内使酸性磷酸酶活性降低, 而经过更长的修复时间后 ( $\geq 3$  a), 酸性磷酸酶活性开始增强, 且逐渐高于未整理土壤。酸性磷酸酶活性与土壤肥力有显著的正相关关系, 随着整理年限增加, 土壤生态系统的全面调整和

恢复使得土壤肥力从一定程度上得到提升,这对土壤酸性磷酸酶活性的增强具有促进作用。和文祥<sup>[23]</sup>在其研究中曾指出,在同一生态条件下,土壤磷酸酶活性会随肥力水平的升高而逐渐增大,这与本文的研究结果相吻合。

### 2.3 土壤理化性状与生物学性状的相关分析

作为土壤生物学性状之一的酶活性主要来自土壤微生物和植物根系,而微生物和植物生长状况均与土壤养分含量及土壤质量状况密切相关<sup>[24]</sup>。由表 3 可知,不同整理年限下土壤养分含量在不同程度上受土壤酶活性的影响,并与土壤酶活性表现出一定的相关性。尤其是脲酶和酸性磷酸酶,脲酶活性分别与速效钾质量分数和土壤 CEC 呈显著线形相关( $r_{0.05}=0.595$ ,  $r_{0.05}=-0.688$ ),酸性磷酸酶活性则分别与速效氮和有机质质量分数呈显著或极显著线形正相关( $r_{0.01}=0.765$ ,  $r_{0.05}=0.556$ ),而过氧化氢酶活性只与土壤 CEC 表现出显著线形负相关( $r_{0.05}=-0.594$ )。

表 3 不同整理年限土壤理化性状与生物学性状的相关矩阵

Table 3 Correlation matrix between physical-chemical and biological properties of soil

项目	速效氮	速效磷	速效钾	有机质	CEC
脲酶	-0.302	0.487	0.595*	-0.379	-0.688*
过氧化氢酶	0.297	0.436	0.150	0.014	-0.594*
酸性磷酸酶	0.765**	-0.010	-0.407	0.556*	-0.419

注: \*:  $p<0.05$ ; \*\*:  $p<0.01$ 。

综上所述,经土地整理后的部分变量之间有着较强的直接相关性,它们存在信息上的重叠<sup>[25]</sup>,这也从一定程度上说明土壤生物学性状作为一个过程因素与土壤理化性状存在着密切的联系,且共同成为制约土壤质量的重要因素。

## 3 结 论

1) 就土壤理化性状而言,在整理年限为 1~5 a 的范围内,土壤有机质及速效氮的质量分数随整理年限增加均呈现先减后增的趋势;土壤速效磷及速效钾质量分数在整理后 1 a 的时间内均降低,但随整理年限的推移速效磷质量分数有回升的趋势,而速效钾质量分数却未见回升;土壤 CEC 则均大于未整理土壤,增幅为 19.44%~24.04%。

2) 就土壤生物学性状而言,各坡位的土壤脲酶及过氧化氢酶活性随整理年限的增加其变化规律增减不一,仅土壤酸性磷酸酶活性在 3 个坡位处都表现出逐渐增加的规律性变化,分别为未整理土壤的 0.86~1.37 倍,具有显著性差异。

3) 就土壤质量而言,整理后 1 a 土壤质量各指标的变化最为不均,整理后 3 a 和 5 a 的土壤质量各指标均有一定程度的提高。因此,重庆紫色丘陵区土地整理的实施能促进土壤理化性状和生物学性状的改善,提高土壤综合质量,并且随着整理年限的增加,这种改善土壤质量的效果表现越为明显。

## [参 考 文 献]

- [1] 赵桂慎,贾文涛,柳晓蕾,等. 土地整理过程中农田景观生态工程建设[J]. 农业工程学报, 2007, 23(11): 114—119. Zhao Guishen, Jia Wentao, Liu Xiaolei, et al. Construction of ecological engineerings of farmland landscape for land consolidation[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(11): 114—119. (in Chinese with English abstract)
- [2] Mihara M. Effects of agricultural land consolidation on erosion processes in semi-mountainous paddy fields of Japan[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1996, 64: 237—247.
- [3] Sklenicka P. Applying evaluation criteria for the land consolidation effect to three contrasting study areas in the Czech Republic[J]. Land Use Policy, 2006, 23: 502—510.
- [4] 魏秀菊,胡振琪,何蔓,等. 土地整理可能引发的生态环境问题及宏观管理对策[J]. 农业工程学报, 2005, 21(增刊): 127—130. Wei Xiuju, Hu Zhenqi, He Man, et al. Potential problems of ecological environment resulted from land rehabilitation and their macroscopic management countermeasures[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(supp): 127—130. (in Chinese with English abstract)
- [5] 罗明,张惠远. 土地整理及其生态环境影响综述[J]. 资源科学, 2002, 24(2): 60—63. Luo Ming, Zhang Huiyuang. Land consolidation and its ecological and environmental impacts[J]. Resources Science, 2002, 24(2): 60—63. (in Chinese with English abstract)
- [6] 张雯雯,李新举,陈丽丽,等. 泰安市平原土地整理项目区土壤质量评价[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 106—109. Zhang Wenwen, Li Xinju, Chen Lili, et al. Soil quality evaluation of plain land consolidation projects in Tai'an[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(7): 106—109. (in Chinese with English abstract)
- [7] 叶艳妹,吴次芳. 土地整理对土壤性状的影响及其重建技术和工艺研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2002, 28(3): 257—271. Ye Yanmei, Wu Cifang. Influence of land consolidation on soil characteristics and the technology of soil reconstruction[J]. Journal of Zhejiang University(Agric & Life Sci), 2002, 28(3): 257—271. (in Chinese with English abstract)
- [8] 张野,苏芳莉. 土地整理过程中的水土流失与防治对策[J]. 水土保持应用技术, 2008, (5): 31—32.
- [9] 张正峰,赵伟. 土地整理的生态环境效应分析[J]. 农业工程学报, 2007, 23(8): 281—285. Zhang Zhengfeng, Zhao Wei. Effects of land consolidation on ecological environment[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(8): 281—285. (in Chinese with English abstract)
- [10] 王博祺,郝晋珉,孟德彪,等. 中国黑钙土地区土地整理方法探讨[J]. 农业工程学报, 2008, 24(9): 44—48. Wang Boqi, Hao Jinmin, Meng Debiao, et al. Methods of land consolidation in chernozems region of China[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(9): 44—48. (in Chinese with English abstract)

- [11] 张贞, 魏朝富, 李萍, 等. 西南丘陵山区土地整理方案比选研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(10): 98—105.  
Zhang Zhen, Wei Chaofu, Li Ping, et al. Comparisons of land consolidation projects in the hilly and mountainous, southwestern China[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(10): 98—105. (in Chinese with English abstract)
- [12] 胡廷兰, 杨志峰. 农用地整理的生态效益评价方法[J]. 农业工程学报, 2004, 20(5): 275—280.  
Hu Tinglan, Yang Zhifen. Method for ecological benefit assessment of rural land consolidation[J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(5): 275—280. (in Chinese with English abstract)
- [13] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [14] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [15] Acosta M V, Reicher Z, Bischoff M, et al. The role of tree leaf mulch and nitrogen fertilizer on turfgrass soil quality[J]. Biology and Fertility of Soils, 1999, 29: 55—61.
- [16] 岳庆玲, 常庆瑞, 刘京, 等. 黄土高原不同土地利用方式对土壤养分与酶活性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(12): 103—108.  
Yue Qingling, Chang Qingrui, Liu Jing, et al. Effect of different land utilization on soil nutrient and soil enzyme in Loess Plateau[J]. Journal of Northwest A & F University, 2007, 35(12): 103—108. (in Chinese with English abstract)
- [17] 屠帆, 华丽萍, 刘杏梅, 等. 土地整理后海宁市农田土壤养分空间分布格局研究[J]. 科技通报, 2008, 24(5): 645—648.  
Tu Fan, Hua Liping, Liu Xingmei, et al. Spatial pattern of soil nutrients induced by land consolidation in Haining county[J]. Bulletin of Science and Technology, 2008, 24(5): 645—648. (in Chinese with English abstract)
- [18] Johansson M, Stenberg B, Torstensson L, et al. Microbiological and chemical changes in two arable soils after long-term sludge amendments[J]. Biology and Fertility of Soils, 1999, 30: 160—167.
- [19] Brookes P C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals[J]. Biology and Fertility of Soils, 1995, 19: 269—279.
- [20] Kennedy A C, Papendick R I. Microbial characteristics of soil quality[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1995, 50: 243—248.
- [21] 汪远品, 何腾兵. 贵州主要耕作土壤的脲酶活性研究[J]. 热带亚热带土壤科学, 1994, 3(4): 226—232.  
Wang Yuanpin, He Tengbing. Study on urease activity of main cultivated soil in Guizhou[J]. Tropical and Subtropical Soil Science, 1994, 3(4): 226—232. (in Chinese with English abstract)
- [22] 关松荫. 土壤酶与土壤肥力的关系[J]. 土壤肥料, 1980, (2): 19—21.
- [23] 和文祥, 蒋新, 余贵芬, 等. 生态环境条件对土壤磷酸酶的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003, 31(2): 81—83, 88.  
He Wenxiang, Jiang Xin, Yu Guifen, et al. Effect of ecological condition on soil phosphatase[J]. Journal of Northwest Sci-Tech University, 2003, 31(2): 81—83, 88. (in Chinese with English abstract)
- [24] 薛冬, 姚槐应, 何振立, 等. 红壤酶活性与肥力的关系[J]. 应用生态学报, 2005, 16(8): 1455—1458.  
Xue Dong, Yao Huaiying, He Zhenli, et al. Relationships between red soil enzyme activity and fertilizer[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(8): 1455—1458. (in Chinese with English abstract)
- [25] 张文霖. 主成分分析在 SPSS 中的操作应用[J]. 市场研究, 2005, (12): 31—34.  
Zhang Wenlin. Manipulation application of principal component analysis in SPSS[J]. Marketing Research, 2005, (12): 31—34. (in Chinese with English abstract)

## Effect of land consolidation history on soil quality of purple hilly region

Xu Chang<sup>1</sup>, Gao Ming<sup>1\*</sup>, Xie Deti<sup>1</sup>, Jiang Tao<sup>1</sup>, Li Sha<sup>2</sup>, Wei Chaofu<sup>1</sup>

(1. College of Resources and Environment Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Agriculture Technology and Popularization Center, Chongqing 402773, China)

**Abstract:** In order to study the cumulative effect of land consolidation on soil quality of purple hilly region, field sampling and laboratory analysis were combined to explore the variation rule of soil quality on different slope positions with different land consolidation history (1, 3 and 5 a), based on the basic evaluation factors of soil physical-chemical and biological properties. The results showed that a trend of reducing first and increasing afterwards with increasing consolidation history could be found in the content of soil organic matter and available N on three types of slope position ( $2^{\circ}$ — $6^{\circ}$ ,  $>6^{\circ}$ — $15^{\circ}$ ,  $>15^{\circ}$ — $25^{\circ}$ ) within five years. The content of available P and K both decreased appreciably after the accomplishment of land consolidation for one year, and then, the former showed the trend of returning rapidly, while the

latter showed no increase-back. Soil cation exchange capacity(CEC) increased after land consolidation, and the increase amplitude was between 19.44% and 24.04%. There was no notable regular change existing in biological properties of soil on different types of slope position within five years after land consolidation, only the activity of acid phosphatase was enhanced with increasing consolidation history, and the difference was significant ( $P>0.05$ ). One year after the accomplishment of land consolidation, the change of soil quality which was characterized by the physical-chemical and biological properties was the most uneven, but it was improved after the accomplishment of land consolidation for three and five years to a certain extent. Consequently, the situation of soil physical-chemical and biological properties can be promoted by the implementation of land consolidation in purple hilly region, and also the comprehensive quality of soil. This positive role to soil quality will be more and more obvious with the increasing land consolidation history.

**Key words:** land use, soils, enzyme activity, purple hilly area, physical-chemical properties, biological properties