

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2016.03.025

# 土地整理对烟田土壤理化及生物学性状的影响<sup>①</sup>

许安定<sup>2</sup>, 周鑫斌<sup>1,2</sup>, 苏婷婷<sup>1</sup>, 张璐<sup>1</sup>,  
杨超<sup>2</sup>, 谢德体<sup>1,2</sup>, 石孝均<sup>1</sup>

1. 西南大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 资源环境学院, 重庆 400716;
2. 重庆烟草科学研究所, 重庆 400716

**摘要:** 以重庆市主要植烟区县新整理烟田为研究对象, 采用野外采样和室内分析相结合的方法, 研究了土地整理对烟田土壤理化及生物学性状的影响。结果表明, 土地整理使烟田理化及生物学性状变差, 土地整理使土壤有机质含量降低, 新整理烟田土壤 C/N 比偏低, 部分烟田碱解氮和速效钾较低, 伴随有微量营养元素镁、钼和硼缺乏的现象; 土地整理降低了烟田土壤水稳性大团聚体含量和土壤阳离子交换量, 造成了烟田保水保肥能力下降; 土地整理使土壤酶活性和微生物数量显著降低。总之, 新整理烟田需开展快速培肥及土壤微生态恢复工作, 实现优质烟叶生产。

**关键词:** 土地整理; 烟田; 养分含量; 生物学性状

**中图分类号:** S572.06

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9868(2016)03-0156-09

重庆是我国烟叶的重要产区之一, 烟叶是三峡库区和武陵山区农民的主要经济收入来源, 烟区属典型的山地农业生态区。烟田地势起伏, 耕地分散, 部分地区石漠化严重, 不利于机械化作业, 制约着烟叶产业的健康持续发展, 是山区推进现代烟草农业建设的瓶颈。近年来我市围绕国家烟草专卖局“以烟为主、连片建设、合理利用、用养结合”的基本烟田建设要求, 结合山区特点和实际, 以促进机械化作业为重点, 坚持建设高标准基本烟田, 进行基本烟田土地整理项目。在烟田整理前各烟草公司制定了具体的整理措施, 如做好熟化程度较高的表层土壤的剥离、回填工作, 避免打乱耕作层与生土层。但是在实际工作中, 由于大型机械作业进场、烟田零散田地石块较多、移走石块后烟田回填量较大, 坡度较大的种种原因, 在整理回填的过程中, 不可避免地出现了土层扰乱现象, 造成部分土壤心土上移、表土下翻等现象, 从而影响整理后烟田土壤综合质量和耕地综合生产力。有学者进行了整理前后烟田土壤养分变化<sup>[1]</sup>、黄土区土地整理压实对土壤物理性状<sup>[2]</sup>、新增耕地土壤养分现状<sup>[3]</sup>、土地整理年限对紫色丘陵区土壤质量的影响<sup>[4]</sup>及不同整理方式对农地整理区土壤养分状况的影响等研究<sup>[5]</sup>。但总的来说, 研究偏重于土壤养分状况分析, 而关于新整理烟田土壤理化及生物学性状综合研究还鲜见报道。新整理烟田土壤性状影响着烟叶产量和内在品质, 本文以重庆市烟田土地整理为例, 探讨丘陵山区土地整理对烟田土壤理化及生物学性状的影响, 以期为新

<sup>①</sup> 收稿日期: 2014-03-05

基金项目: 中国烟草总公司项目(110201502015); 中国烟草总公司重庆市公司科技项目(NY20130501070004); 国家自然科学基金(31101610; 31372141); 西南大学基本科研业务专项(2362015XK06)资助。

作者简介: 许安定(1974-), 男, 河南商城人, 硕士, 高级农艺师, 主要从事烟草栽培生理研究。

通信作者: 周鑫斌, 博士, 副教授。

整理烟田的可持续利用提供技术支撑。

## 1 土壤样品采集与测定方法

### 1.1 土壤样品的采集和调查

取样区县主要在重庆市巫山县、奉节县、武隆县、酉阳县、黔江县和彭水县 6 区县进行, 6 区县烟田均在 2011—2013 年间进行烟田土地整治, 选择拟进行土地整理的烟田进行取样, 作为整理前烟田土样, 整理好的烟田土样作为土地整理后土样, 部分区县如巫山县、武隆县等则把已整理的地块附近与整理地块相同土质, 并未进行土地整理的烟田作为整理前土样进行调查, 并与整理后烟田土壤做对比分析。

采样方法如下, 按照  $667\text{ m}^2$  拟整理烟田采集一个土壤样品, 按照多点混合的原则, 取样深度 25 cm 左右, 每地块一般取 10 个左右小样点土壤, 制成一个混合样, 通称一个“农化样”, 根据具体取样地块的形状和大小, 确定 10 个点的布局, 长方形地块用“之”字形, 而近似矩形田块则用对角线形或棋盘形等取样法, 用 GPS(Garmin 72)记录采样点中心位置。每个小样点的取土部位、深度、数量应力求一致, 避开沟渠、林带、田埂、路边、旧房基、施肥点、粪堆底以及微地形高低不平等无代表性地段。在采集土壤样品的同时, 按统一调查表格对采样点的地形地貌、耕层厚度、土壤类型、土壤质地和生态环境条件等信息进行采集、填报。待各区县土地整理结束后, 在烟田未施肥前, 用 GPS 定位的方法, 在烟田整理前相对应的 GPS 样点上采样, 采样方法同上, 作为相对应的烟田整理后土样。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 筛供土壤理化性质测试, 另一份鲜样过 10 目筛保存在  $0\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$  冰箱中供生物学性状测试。

### 1.2 土壤样品测定

土壤初始样品经过风干, 挑除植物根茎残体及入侵体、石块等杂物后研磨、过筛, 用于土壤理化性状分析。土壤 pH、有机质含量、碱解氮、有效磷、速效钾等农化指标采用《土壤农化分析》所述经典方法。土壤阳离子交换量采用 EDTA-铵盐快速法测定; 土壤脲酶采用奈氏比色法测定; 磷酸酶采用磷酸苯二钠法测定; 过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法测定<sup>[6]</sup>。用稀释平板计数法测定土壤细菌、放线菌、真菌的数量。其中细菌用牛肉膏蛋白胨培养基培养; 放线菌用高氏 1 号培养基培养。湿筛分离法测定土壤各级团聚体数量, 将土壤样品分级成  $>2$ ,  $2\sim 0.25$ ,  $0.25\sim 0.052$  和  $<0.053\text{ mm}$  4 个级别的团聚体<sup>[7]</sup>。

### 1.3 数据处理

采用 Excel 2003 软件进行统计分析。

## 2 结果分析

### 2.1 烟田整理前后土壤 pH 变化特征

烤烟生长最适宜的土壤 pH 范围为 5.50~6.50, pH 值大于 8.0 和小于 4.5 均不适宜烤烟生长。重庆市 6 个区县整理前烟田 pH 范围在 4.89~7.50 之间, 平均值为 5.81。通过土地平整、深耕深松及机械碾压的烟田土壤理化性状发生了一些变化。经整理后 6 个区县的烟田 pH 范围在 5.35~6.99, 平均值为 5.85 较为适宜烤烟生长, 这可能与烟田在整理过程中有针对性地进行石灰改良有关。

### 2.2 烟田整理前后土壤有机质和土壤氮素变化特征

土壤有机质含量高低影响土壤的物理、化学性质和肥力水平, 进而影响烟草的生长发育以及产量和品质。烟区适宜的土壤有机质含量以 1.5%~3.0% 为宜。烟田土壤养分的分级标准参照陈江华等人提出的指标<sup>[8]</sup>。烟田整理前土壤有机质平均为 24.10 g/kg, 整理后烟田土壤有机质平均为 22.07 g/kg, 基本上处于 30 g/kg 以下, 有机质属于低的范畴, 需要进行有机质培肥研究。氮是决定烟草产量及品质最重要的营养元素, 对烟叶香气组成、吸味及刺激性均有重要影响。一般认为, 土壤全氮含量小于 1.5 g/kg

的土壤适宜优质烟叶的种植. 土壤全氮适宜值为 1~2 g/kg, 新整理烟田土壤全氮属于适宜偏低. 从我市植烟新整理土壤碳氮比来看, 土壤碳氮比值(C/N)范围在 9.96~15.08(表 1). 河南农业大学刘国顺课题组认为, 土壤 C/N 在 24~28 之间烟叶品质最好, 使烟叶酶活性增加的幅度最大, 植烟土壤的有效性最佳, 有利于给植株提供有利的生长环境, 烟叶的化学成分协调, 香气物质多, 品质最佳<sup>[9]</sup>.

表 1 新整理烟田土壤有机质特征

| 植烟区县   | 植烟新垦土壤 | 样本数/<br>个 | 有机质/<br>(g · kg <sup>-1</sup> ) | 全氮/<br>(g · kg <sup>-1</sup> ) | 土壤 C/N 比 |
|--------|--------|-----------|---------------------------------|--------------------------------|----------|
| 酉阳县苍岭镇 | 土地整理前  | 17        | 26.44 c                         | 0.77 cd                        | 19.92 a  |
|        | 土地整理后  | 17        | 22.36 e                         | 0.86 c                         | 15.08 bc |
| 黔江县水市乡 | 土地整理前  | 7         | 22.34 e                         | 1.26 a                         | 10.28 d  |
|        | 土地整理后  | 7         | 19.75 fg                        | 1.15 a                         | 9.96 e   |
| 彭水县润溪乡 | 土地整理前  | 19        | 19.32 fg                        | 0.87 cd                        | 12.88 c  |
|        | 土地整理后  | 19        | 18.45 h                         | 1.03 b                         | 10.39 d  |
| 奉节县太和乡 | 土地整理前  | 12        | 29.76 a                         | 1.04 b                         | 16.76 b  |
|        | 土地整理后  | 12        | 28.32 b                         | 0.96 bc                        | 17.11 b  |
| 武隆县和顺镇 | 土地整理前  | 15        | 24.33 d                         | 1.20 a                         | 11.76 c  |
|        | 土地整理后  | 15        | 22.12 e                         | 1.12 a                         | 11.46 c  |
| 巫山县骡坪乡 | 土地整理前  | 8         | 22.45 e                         | 0.91 bc                        | 14.31 bc |
|        | 土地整理后  | 8         | 21.43 ef                        | 1.02 b                         | 12.19 c  |

注: 同一列不同小写字母表示差异达 0.05 水平, 下同.

表 2 新整理烟田土壤大量元素含量特征

| 植烟区县   | 植烟新垦土壤 | 样本数/<br>个 | 碱解氮/<br>(mg · kg <sup>-1</sup> ) | 速效磷/<br>(mg · kg <sup>-1</sup> ) | 速效钾/<br>(mg · kg <sup>-1</sup> ) |
|--------|--------|-----------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 酉阳县苍岭镇 | 土地整理前  | 17        | 112.4 d                          | 25.43 bc                         | 192.54 c                         |
|        | 土地整理后  | 17        | 94.7 e                           | 16.34 d                          | 148.52 d                         |
| 黔江县水市乡 | 土地整理前  | 7         | 121.6 c                          | 23.41 c                          | 153.5 cd                         |
|        | 土地整理后  | 7         | 88.3 f                           | 18.22 cd                         | 137.4 de                         |
| 彭水县润溪乡 | 土地整理前  | 19        | 99.5 e                           | 22.72 c                          | 180.2 c                          |
|        | 土地整理后  | 19        | 89.1 ef                          | 11.82 e                          | 166.32 cd                        |
| 奉节县太和乡 | 土地整理前  | 12        | 107.6 d                          | 33.22 a                          | 153.1 cd                         |
|        | 土地整理后  | 12        | 108.5 d                          | 19.03 cd                         | 126.63 e                         |
| 武隆县和顺镇 | 土地整理前  | 15        | 132.2 b                          | 23.27 c                          | 278.71 a                         |
|        | 土地整理后  | 15        | 120.3 c                          | 19.01 cd                         | 234.53 b                         |
| 巫山县骡坪乡 | 土地整理前  | 8         | 156.4 a                          | 28.68 b                          | 187.5 c                          |
|        | 土地整理后  | 8         | 98.4 e                           | 10.95 e                          | 110.4 f                          |

2.3 新整理烟田大量元素养分状况

氮、磷和钾是烟草三大必需的营养元素, 对烟草的新陈代谢及品质形成起着重要的作用, 改善烤烟色泽, 增加香吃味. 从表 2 可以看出, 整理后土壤速效氮、磷和钾均有降低的趋势. 大部分新整理烟田土壤碱解氮含量处于中等偏低水平, 最低的为黔江县水市乡为 88.3 mg/kg, 土壤速效磷在 10~15 mg/kg

为低量, 15~30 mg/kg 为适宜含量, 30~40 mg/kg 为高量含量. 新整理烟田土壤速效磷处于适宜水平. 烟草是喜钾作物, 土壤钾素与烟叶质量的关系极为重要, 土壤钾素形态及含量不仅影响烟叶的正常生长发育, 也直接影响烟叶的品质. 研究表明, 土壤全钾含量大于 2.0 为丰富和很丰富, 1.5~2.0 为中等, 小于 1.5 为缺乏. 土壤速效钾 80~150 mg/kg 为低含量, 150~220 mg/kg 为适宜含量. 烟田整理前土壤速效钾含量平均为 190.9 mg/kg, 整理后土壤速效钾平均含量为 153.9 mg/kg, 整理后部分烟田需要补充钾肥.

### 2.4 新整理烟田中量元素养分状况

钙是烤烟吸收数量仅次于钾的矿质元素, 也是构成灰分的主要成分之一, 含钙量高的烟叶表现过厚、粗糙、僵硬, 使用价值低. 各新整理烟田土壤交换性钙分布在 5.54~10.65 之间, 均值为 7.39 cmol/kg, 处于较为适宜的含钙量区域 6~10 cmol/kg 之间, 部分小于 6 cmol/kg 的可以根据实际情况增施含钙肥料. 小于 3 cmol/kg 的为极缺, 3~6 cmol/kg 偏低, 6~10 cmol/kg 的为适宜, 10~18 cmol/kg 高量, 大于 18 cmol/kg 的为过量. 新整理烟田土壤交换性钙处于适宜水平.

镁是叶绿素的重要成分, 在蛋白质代谢中起重要作用, 缺镁会导致分解加速, 降低植物的同化能力, 适量的镁可促进烤烟的生长发育, 有利于烟叶内在品质的提高. 土壤交换性镁小于 0.8 cmol/kg 为低, 0.8~1.6 cmol/kg 的为适宜(中)1.6~3.2 cmol/kg 的为高, 大于 3.2 cmol/kg 的为极高, 交换性镁平均含量在 1.37 cmol/kg, 小于 1cmol/kg 交换性镁较低, 主要分布在酉阳、奉节、彭水、巫山的新整理烟田土壤交换性镁含量较低, 需要增施镁肥, 在土壤改良时需要加强.

有效硫小于 10 mg/kg 为极低, 10~16 mg/kg 为低, 16~30 mg/kg 为适宜, 30~50 mg/kg 高, 大于 50 mg/kg 为极高, 从测定结果看, 土壤有效硫均处于适宜的区域, 巫山有 2/3 的石灰性土壤, 土壤有效硫含量较低, 但是近年来一直重视含硫肥料的施用, 如硫酸钾型复合肥施用量大, 导致土壤不缺硫, 见表 3.

表 3 新整理烟田土壤中量元素特征

| 植烟区县   | 植烟新垦土壤 | 样本数/<br>个 | 交换性钙/<br>(cmol · kg <sup>-1</sup> ) | 交换镁/<br>(cmol · kg <sup>-1</sup> ) | 有效硫/<br>(mg · kg <sup>-1</sup> ) |
|--------|--------|-----------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 酉阳县苍岭镇 | 土地整理前  | 17        | 7.65 c                              | 1.19 a                             | 33.4 c                           |
|        | 土地整理后  | 17        | 7.23 c                              | 0.89 b                             | 32.1 c                           |
| 黔江县水市乡 | 土地整理前  | 7         | 6.54 d                              | 1.14 a                             | 35.4 b                           |
|        | 土地整理后  | 7         | 5.54 d                              | 1.14 a                             | 33.1 c                           |
| 彭水县润溪乡 | 土地整理前  | 19        | 5.67 d                              | 0.87 b                             | 40.3 a                           |
|        | 土地整理后  | 19        | 8.67 b                              | 0.67 c                             | 34.3 c                           |
| 奉节县太和乡 | 土地整理前  | 12        | 7.65 c                              | 0.88 b                             | 32.1 c                           |
|        | 土地整理后  | 12        | 8.76 b                              | 0.98 b                             | 33.6 c                           |
| 武隆县和顺镇 | 土地整理前  | 15        | 6.54 d                              | 0.90 b                             | 35.4 b                           |
|        | 土地整理后  | 15        | 8.22 bc                             | 1.24 a                             | 43.3 a                           |
| 巫山县骡坪乡 | 土地整理前  | 8         | 7.45 c                              | 1.15 a                             | 36.5 b                           |
|        | 土地整理后  | 8         | 10.65 a                             | 0.78 b                             | 34.3 c                           |

### 2.5 新整理烟田微量营养元素状况

硼是影响烤烟正常生长发育并最终影响产量、品质的必需微量元素之一. 当土壤有效硼含量≥1.0 mg/kg 时, 烤烟则出现毒害现象. 有效硼适宜 0.3~0.6 mg/kg, 低量为 0.15~0.3 mg/kg, 高量为 0.6~1 mg/kg(表 4).

表 4 新整理烟田土壤微量元素特征

| 区县  | 新整理烟田 | 土壤微量元素特征                       |                                 |                                |                                |                                |                                |                                |
|-----|-------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|     |       | 有效铜/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | 水溶性氯/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | 有效锰/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | 有效硼/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | 有效锌/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | 有效钼/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | 有效铁/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) |
| 酉阳县 | 土地整理前 | 2.12 bc                        | 15.43 c                         | 67.5 bc                        | 0.28 a                         | 2.2 a                          | 0.15 a                         | 28.7 d                         |
|     | 土地整理后 | 2.45 b                         | 16.45 c                         | 70.5 b                         | 0.26 a                         | 1.3 b                          | 0.09 a                         | 32.1 c                         |
| 黔江县 | 土地整理前 | 2.45 b                         | 8.05 e                          | 70.4 b                         | 0.24 b                         | 1.3 b                          | 0.12 a                         | 54.3 b                         |
|     | 土地整理后 | 2.01 bc                        | 10.64 d                         | 71.1 b                         | 0.33 a                         | 1.3 b                          | 0.11 a                         | 43.8 b                         |
| 彭水县 | 土地整理前 | 1.87 c                         | 17.46 b                         | 97.8 a                         | 0.21 b                         | 2.3 a                          | 0.07 a                         | 69.6 a                         |
|     | 土地整理后 | 2.65 b                         | 18.35 b                         | 76.9 b                         | 0.27 a                         | 1.2 b                          | 0.11 a                         | 29.1 e                         |
| 奉节县 | 土地整理前 | 3.01 a                         | 16.93 b                         | 34.9 e                         | 0.26 a                         | 1.5 b                          | 0.08 a                         | 38.9 c                         |
|     | 土地整理后 | 1.85 c                         | 12.45 c                         | 38.6 e                         | 0.21 b                         | 2.7 a                          | 0.14 a                         | 15.2 f                         |
| 武隆县 | 土地整理前 | 2.02 bc                        | 23.33 a                         | 57.4 c                         | 0.23 a                         | 1.2 b                          | 0.23 a                         | 46.3 b                         |
|     | 土地整理后 | 1.67 c                         | 19.78 b                         | 44.5 d                         | 0.14 c                         | 1.3 b                          | 0.13 a                         | 18.2 f                         |
| 巫山县 | 土地整理前 | 2.32 b                         | 18.78 b                         | 54.4 c                         | 0.22 b                         | 1.5 b                          | 0.15 a                         | 43.2 a                         |
|     | 土地整理后 | 1.78 c                         | 22.3 a                          | 66.7 bc                        | 0.23 a                         | 1.2 b                          | 0.10 a                         | 32.3 c                         |

从表 4 可以看出, 烟田土壤整理前后土壤有效硼均在低量的范围, 重庆市烟田土壤需要推荐施用硼肥, 土地整理后武隆县烟田土壤有效硼最低. 土壤有效锰不缺乏, 均值为 62.34 mg/kg. 土壤有效锌小于 0.5 mg/kg 极低, 土壤 0.5~1.0 mg/kg 低, 土壤 1.0~2.0 mg/kg 为适宜, 土壤, 2.0~4.0 mg/kg 为高, 土壤有效锌大于 4.0 mg/kg 极高, 新整理烟田土壤有效锌基本为适宜水平. 铜是烟草生长发育的必需微量营养元素, 是多种酶的组成成分, 植烟土壤有效铜不缺乏. 植烟土壤水溶性氯适宜值为 10~30 mg/kg, 我市新整理烟田土壤水溶性氯平均含量为 16.18 mg/kg, 说明绝大多数土壤能满足烟草生产的要求. 有效钼含量平均为 0.12 mg/kg, 土壤适宜值为 0.15~0.2 mg/kg, 含量偏低(小于 0.15 mg/kg)的土壤占 81.76%, 说明重庆新整理烟田土壤钼含量较低, 建议增施钼肥. 土壤有效铁含量为 38.61 mg/kg, 土壤有效铁适宜范围为 4.5~10 mg/kg, 10~60 mg/kg 为高量范围, 可见新整理烟田土壤有效铁含量处于较高范围, 不出现缺铁的症状, 在生产上不需要施用铁肥.

2.6 土地整理对烟田土壤水稳性团聚体的分布特征的影响

土壤学中一般把大于 0.25 mm 粒级的团聚体称为水稳性大团聚体, 而<0.25 mm 粒级的团聚体为水稳性微团聚体. 表 5 说明, 老植烟土壤大团聚体比例均大于新整理烟田, 老植烟土壤微团聚体含量均小于新整理烟田.

2.7 土地整理对烟田土壤阳离子交换量(CEC)的影响

阳离子交换量可作为评价土壤保肥能力的指标, 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. 其所能吸收的阳离子包括 K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, H<sup>+</sup> 等. 土壤交换性能对植物营养和施肥有重大意义, 它能调节土壤溶液的浓度, 保证了土壤溶液成分的多样性, 因而保持了土壤溶液的“生理平衡”, 同时可以保持各种养分免于被雨水淋湿. 土壤 CEC 是恒量土壤肥力的主要指标, 能直接反映土壤保肥、供肥性能和缓冲能力, 是土壤改良和合理施肥的重要依据. 除黔江水市乡土壤外, 整理后烟田土壤阳离子交换量显著低于整理前土壤, 见表 6.

2.8 土地整理对烟田土壤酶活性的影响

土壤酶活性作为表征土壤质量变化的生物学指标与土壤肥力和作物生长密切相关, 检测土壤酶活性能够了解复杂有机物质的分解强度和简单物质的再合成强度, 为研究土壤肥力的变化趋势和定向培育高肥力



土壤提供一定的理论依据. 从表 7 可以看出, 新整理烟田三大酶活性均低于老植烟土, 这说明在烟田整理过程中, 部分底土上翻, 表土下翻, 造成表土的生物活性降低.

表 5 土地整理对烟田土壤水稳性团聚体的分布百分比

| 植烟区县   | 分类  | 大团聚体    |           |        | 微团聚体/mm    |           |        |
|--------|-----|---------|-----------|--------|------------|-----------|--------|
|        |     | >2 mm   | 0.25~2 mm | 总      | 0.053~0.25 | <0.053 mm | 总      |
| 酉阳县苍岭镇 | 整理前 | 25.3 a  | 32.0 a    | 57.3 a | 33.8 d     | 8.9 d     | 42.7 d |
|        | 整理后 | 13.0 c  | 28.0 ab   | 41.0 b | 48.0 b     | 11.0 c    | 59.0 a |
| 黔江县水市乡 | 整理前 | 24.7 a  | 30.4 a    | 55.1 a | 32.8 d     | 12.1 c    | 44.9 b |
|        | 整理后 | 11.0 c  | 24.5 c    | 35.5 b | 49.3 b     | 15.2 c    | 64.5a  |
| 彭水县润溪乡 | 整理前 | 26.7 a  | 25.4 c    | 52.1 a | 30.4 d     | 17.5 b    | 47.9 c |
|        | 整理后 | 15.0 c  | 25.0 c    | 40.0 b | 55.0 a     | 5.0 d     | 60.0 a |
| 奉节县太和乡 | 整理前 | 24.0 ab | 33.7 a    | 57.7 a | 28.2 d     | 14.1 c    | 42.3 d |
|        | 整理后 | 12.3 c  | 28.6 ab   | 40.9 b | 43.4 c     | 15.7 b    | 59.1 a |
| 武隆县和顺镇 | 整理前 | 22.3 b  | 27.9 b    | 50.2 a | 28.6 d     | 21.2 a    | 49.8 a |
|        | 整理后 | 14.5 c  | 22.4 d    | 36.9 c | 46.5 b     | 16.6 b    | 63.1 a |
| 巫山县骡坪乡 | 整理前 | 20.1 b  | 26.4 b    | 46.5 b | 28.6 d     | 24.9 a    | 53.5 a |
|        | 整理后 | 10.0 c  | 25.0 c    | 35.0 c | 49.0 b     | 16.0 b    | 65.0 a |

表 6 土壤阳离子交换量

| 项目    | 酉阳苍岭镇  | 奉节太和乡  | 巫山骡坪乡  | 黔江县水市乡 | 彭水县润溪乡 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 整理后土壤 | 14.9 b | 16.4 b | 15.5 b | 16.8 a | 15.9 b |
| 整理前土壤 | 16.4 a | 17.6 a | 16.8 a | 17.4 a | 17.0 a |

表 7 土地整理对烟田土壤脲酶活性(NH<sub>4</sub>-N mg·g<sup>-1</sup>)磷酸酶(mg·g<sup>-1</sup>)和蔗糖酶(葡萄糖 mg·g<sup>-1</sup>)的影响

| 植烟区县   | 植烟新垦土壤 | 样本数/个 | 蔗糖酶活性   | 脲酶活性   | 磷酸酶活性   |
|--------|--------|-------|---------|--------|---------|
| 酉阳县苍岭镇 | 土地整理前  | 17    | 4.56 c  | 5.54 b | 23.45 c |
|        | 土地整理后  | 17    | 4.65 c  | 4.47 c | 22.34 c |
| 黔江县水市乡 | 土地整理前  | 7     | 5.46 b  | 6.34 a | 28.87 b |
|        | 土地整理后  | 7     | 4.47 c  | 6.22 a | 20.54 d |
| 彭水县润溪乡 | 土地整理前  | 19    | 5.89 a  | 5.67 b | 32.56 a |
|        | 土地整理后  | 19    | 3.21 d  | 4.65 c | 23.65 c |
| 奉节县太和乡 | 土地整理前  | 12    | 5.67 a  | 5.56 b | 28.65 b |
|        | 土地整理后  | 12    | 3.87    | 5.65 b | 24.55 c |
| 武隆县和顺镇 | 土地整理前  | 15    | 4.89 bc | 6.57 a | 24.33 c |
|        | 土地整理后  | 15    | 5.01 b  | 6.98 a | 25.87 c |
| 巫山县骡坪乡 | 土地整理前  | 8     | 6.43 a  | 6.34 a | 28.94 b |
|        | 土地整理后  | 8     | 5.98 a  | 5.21 b | 24.54 c |

注：土壤脲酶活性、磷酸酶和蔗糖酶均为 24 h.

2.9 土地整理对烟田土壤微生物区系的影响

土壤微生物参与土壤中有機质和各种养分的分解和转化, 与土壤质量和肥力水平的高低密切相关. 从表 8 中可以看出, 各植烟区区县新整理烟田土壤细菌、真菌和放线菌数量均小于老植烟土, 特别是细菌数量, 如黔江和巫山烟田土壤整理前后细菌数量相差一个数量级, 武隆县整理前后土壤真菌数量相差一个等级.

表 8 土地整理对烟田土壤微生物区系的影响

| 植烟区县   | 植烟新垦土壤 | 样本数/<br>个 | 细菌/<br>( $\times 10^7$ cfu $\cdot$ g $^{-1}$ ) | 真菌/<br>( $\times 10^4$ cfu $\cdot$ g $^{-1}$ ) | 放线菌/<br>( $\times 10^5$ cfu $\cdot$ g $^{-1}$ ) |
|--------|--------|-----------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 西阳县苍岭镇 | 土地整理前  | 17        | 3.55 c                                         | 3.80 a                                         | 2.17 b                                          |
|        | 土地整理后  | 17        | 1.23 d                                         | 3.23 a                                         | 2.56 ab                                         |
| 黔江县水市乡 | 土地整理前  | 7         | 3.72 c                                         | 1.49 c                                         | 2.28 b                                          |
|        | 土地整理后  | 7         | 0.28 e                                         | 1.02 cd                                        | 1.05 d                                          |
| 彭水县润溪乡 | 土地整理前  | 19        | 4.54 b                                         | 3.56 a                                         | 2.80 b                                          |
|        | 土地整理后  | 19        | 1.35 d                                         | 2.34 b                                         | 1.03 d                                          |
| 奉节县太和乡 | 土地整理前  | 12        | 6.97 a                                         | 1.32 c                                         | 2.56 ab                                         |
|        | 土地整理后  | 12        | 3.12 cd                                        | 1.76 c                                         | 1.12 d                                          |
| 武隆县和顺镇 | 土地整理前  | 15        | 4.32 b                                         | 2.23 b                                         | 2.63 ab                                         |
|        | 土地整理后  | 15        | 1.21 d                                         | 0.46 d                                         | 2.03 c                                          |
| 巫山县骡坪乡 | 土地整理前  | 8         | 3.67 c                                         | 2.56 b                                         | 3.21 a                                          |
|        | 土地整理后  | 8         | 0.56 e                                         | 1.43 cd                                        | 1.12 d                                          |

3 讨 论

丘陵山区烟田土地整理是推进现代烟草农业的重要步骤, 整理后的烟田更利于规模化、机械化和集约化经营, 可显著提高烟叶生产效率, 节约劳动成本. 但是土地整理后烟田理化及生物学性状会发生一些变化, 从而影响整理后烟田土壤综合质量和耕地综合生产力. 整理后烟田土壤有机质含量降低, 特别是土壤 C/N 比显著降低, 从我市植烟新整理土壤碳氮比来看, 有机碳与全氮的比值(C/N)8.7~20.3, 河南农业大学刘国顺课题组认为, 土壤 C/N 在 24~28 之间烟叶品质最好, 提高土壤 C/N 可以明显提高土壤脲酶和蔗糖酶的活性, 有利于生育前期烟株的营养生长. 研究认为, 通过添加腐熟小麦秸秆提高土壤碳氮比值有利于促进烟株的碳氮代谢平衡, 改善烟叶的品质, 特别是土壤碳氮比值在 24~28 之间时, 烟叶酶活性增加的幅度最大, 植烟土壤的有效性最佳, 有利于给植株提供有利的生长环境, 烟叶的化学成分协调, 香气物质多, 品质最佳<sup>[9]</sup>. 土壤有机质是一种疏松多孔的有机胶体, 带有大量的负电荷, 能吸附大量的阳离子, 从而提高土壤阳离子交换量, 因而可以提高土壤的保水、保肥能力, 还可以促进土壤团粒结构的形成. 由于新整理烟田土壤有机质下降, 相比较老植烟土壤出现了一系列问题, 如土壤阳离子交换量显著降低、水稳性团聚体含量下降和微生物数量降低. 施用含有 C/N 比值较高的有机物料, 有机物料富含纤维素、木质素等富碳物质, 它是形成土壤有机质的主要来源, 如种植绿肥、蚕豆等作物可提高土壤有机质含量 0.08%~0.1%<sup>[9]</sup>, 长期定位(5 年)绿肥翻压可提高土壤有机质 11.8%~19.0%<sup>[11]</sup>, 同时可结合施用生物炭改善土壤的理化性质<sup>[12]</sup>. 土壤腐殖质含有大量的一COOH、一OH 和酚羟基等功能团, 当它解离出 H<sup>+</sup>时, 使胶体带大量负电荷, 而且腐殖质分散度大, 具有很大的吸收表面, 其阳离子交换量较高, 一般为 150~500 cmol(+) kg<sup>-1</sup>. 因此, 对于整理后烟田阳离子交换量下降的现实, 可以施用有机肥料或腐殖质, 提高土壤阳离子交换量, 增强土壤保肥力.

土地整理使烟田土壤有益微生物比重下降,部分中微量元素缺乏,土地整理后,土壤微生物群落平衡被打破,微生物总量明显下降,土壤微生物有益性指标显著下降,部分区域有效镁、有效硼和有效锌等中微量元素缺乏,再加上机械翻动,提高了土壤病害的概率,且土壤供水供肥能力下降,水热气不协调,微生物不协调,中微量元素缺乏,造成烟株养分缺乏,抗逆性能下降,易感病.新整理部分烟田后期出现缺钾的典型症状,对这部分烟田,进入旺长期后应及时补钾,增施钾肥.周冀衡等报道,施钾能提高感花叶病毒烟叶中内源保护酶活性,增强烟草细胞膜的稳定性,减轻感病程度<sup>[13]</sup>.在生产中若发现叶尖、叶缘有褪色缺钾症状,应及时用 2% 磷酸二氢钾进行叶面喷雾或 667 m<sup>2</sup> 追施硫酸钾 5~7.5 kg 可缓解烤烟缺钾.新整理烟田土壤生物活性下降,如何快速恢复新整理烟田生物活性关系到烟田土壤生态系统健康和烟叶品质.很多研究表明,施用有机肥对提高土壤中的微生物数量具有显著作用<sup>[14]</sup>,有机肥在烤烟上施用,特别要注意施用量的掌握,需建立在科学试验基础上进行有机肥的推荐施用量.

土地整理后烟田土壤结构和肥力状况出现不均一现象,需进行分区采样化验,精确地预测土壤养分和有机质的空间分布<sup>[16]</sup>,在此基础上,制定分区变量配方施肥方案和增施有机肥,对于重度整理的地块需要用根际陪嫁土等精准栽培技术方案,保证每一株烟株生长的小环境相对平衡一致,确保整个烟田烟叶长势整齐<sup>[1]</sup>.这种有针对性的措施,对于新整理土壤修复非常重要.当然,从长期来看,还要通过种植绿肥(或蚕豆)、施用腐殖质、秸秆复合改良材料改善土壤结构和田间持水能力和科学合理轮作等措施<sup>[15, 17, 18]</sup>,从根本上修复土壤、恢复生态.该调查研究结果,可为新整理烟田后续改良提供数据支撑.

## 4 结 论

1) 新整理烟田土壤有机质平均为 21.26 g/kg,土壤有机质大多处于 15~20 g/kg 偏低范畴,对于新整理烟田需要进行有机培肥.整理后烟田土壤碳氮比变异较大,其值在 8.70~20.26 之间,需要提高土壤 C/N 比,促进土壤碳氮循环,改善土壤理化性状.整理烟田碱解氮、速效钾含量中等偏低,有效性镁、钼和硼含量较低,部分烟田需要增施氮肥和钾肥,同时结合镁、硼、锌等微量元素施用.

2) 新整理后烟田土壤阳离子交换量和水稳性大团聚体含量显著降低,造成烟田保水保肥能力下降.

3) 新整理后烟田土壤酶活性和微生物数量较整理前显著降低,需进行烟田微生态恢复与改良.

## 参考文献:

- [1] 蒲元瀛,张光辉,全景川,等.恩施州基本烟田土地整理建设模式研究与实践[J].中国烟草科学,2012,33(6):1—6.
- [2] 孟会生,王 静,郭建奎,等.黄土区土地整理压实土壤物理性状的初步研究[J].中国农学通报,2009,25(4):549—552.
- [3] 马超群,刘铁铭,杨梅焕.高陵县土地整理中新增耕地土壤养分现状研究[J].西北农林大学学报(自然科学版),2010,38(5):175—180.
- [4] 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.
- [5] 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):267—271.
- [6] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.
- [7] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.中国农业出版社,2005.
- [8] 陈江华,刘建利,李志宏,等.中国植烟土壤及烟草养分综合管理[M].北京:科学出版社,2008.
- [9] 李雪利.添加腐熟秸秆调节土壤碳氮比对烤烟碳氮代谢及品质影响的研究[D].郑州:河南农业大学,2011.
- [10] 刘国顺,罗贞宝,王 岩,等.绿肥翻压对烟田土壤理化性状及土壤微生物量的影响[J].水土保持学报,2006,32(1):95—98.
- [11] 包兴国,邱进怀.绿肥与氮肥配合施用对培肥地力和供肥性能的研究[J].土壤肥料,1994,2:27—29.



[12] 张千丰, 王光华. 生物炭理化性质及对土壤改良效果的研究进展 [J]. 土壤与作物, 2012, 1(4): 219—224.

[13] 周冀衡, 李卫芳, 王丹丹, 等. 钾对病毒侵染后烟草叶片内源保护酶活性的影响 [J]. 中国农业科学, 2000, 33(6): 98—100.

[14] 樊 军, 郝明德. 长期轮作与是非对土壤主要微生物类群的影响 [J]. 水土保持研究, 2003, 10(1): 88—89.

[15] 申源源, 韦武思, 孙荣国, 等. 秸秆-膨润土-PAM 改良材料对沙质土壤田间持水量的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2013, 35(1): 43—48.

[16] 黄兴成, 颜家均, 刘洪斌, 等. 低山丘陵区农田土壤有机质预测性制图 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2013, 38(5): 142—149.

[17] 何 熙, 张玉涛, 李佳佳. 秸秆-膨润土-PAM 改良材料对不同类型土壤田间持水能力的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2013, 34(11): 76—80.

[18] 张继娟, 李绍才, 魏世强, 等. 喷射条件下 PAM 特性参数对土壤物性的影响 [J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2006, 28(3): 381—385.

## Effects of Land Consolidation on Soil Physical, Chemical and Biological Properties on Hilly Land

XU An-ding<sup>2</sup>, ZHOU Xin-bin<sup>1,2</sup>, SU Ting-ting<sup>1</sup>,  
ZHANG Lu<sup>1</sup>, YANG Chao<sup>2</sup>, XIE De-ti<sup>1</sup>, SHI Xiao-jun<sup>1</sup>

1. Key Laboratory of the Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment (Ministry of Education),  
School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China;  
2. Chongqing Tobacco Science Institute, Chongqing 400716, China

**Abstract:** In a study reported in this paper, we investigated the effects of land consolidation on hilly land on the physical, chemical and biological properties of newly consolidated tobacco soil in the main tobacco-planting counties in Chongqing, adopting the methods of field sampling and laboratory analysis. Land consolidation caused deterioration of the physical, chemical and biological properties of tobacco soil, decreasing its organic matter content and C/N ratio. Some newly consolidated tobacco soil was low in nitrogen and potassium, accompanied by a deficiency in magnesium, molybdenum and boron. Tobacco land consolidation reduced the content of water-stable aggregates and soil cation exchange capacity of the soil, resulting in a decrease in its water-and nutrient-retaining ability. Land consolidation significantly reduced enzyme activity and the number of microorganisms in the soil. In conclusion, in order to produce good-quality tobacco leaves, it is essential to rapidly improve soil fertility and speed up micro-ecological restoration in the newly consolidated tobacco fields.

**Key words:** land consolidation; tobacco field; nutrient content; biological property

责任编辑 陈绍兰

