

## 土地整理对农田土壤碳含量的影响

谭梦<sup>1</sup>, 黄贤金<sup>1,2\*</sup>, 钟太洋<sup>1,2</sup>, 赵荣钦<sup>1</sup>, 顾留其<sup>1</sup>, 徐泽基<sup>1</sup>, 蒋超俊<sup>1</sup>, 黄金碧<sup>1</sup>

(1. 南京大学地理与海洋科学学院; 南京 210093; 2. 江苏省土地开发整理技术工程中心, 南京 210093)

**摘要:** 土地整理对土壤的强扰动会影响土壤的碳循环平衡, 为了研究土地整理对农田土壤碳含量的影响, 通过间接采样和随机采样方法, 采集了江苏 3 个土地整理区土地整理前后土样进行有机质测定, 初步分析了不同土地整理区土地整理后的土壤碳含量变化及其变化差异原因。主要结论有: 1) 通过土地整理, 3 个土地整理区土壤碳含量都有得到提高。其中, 苏南丹阳土地整理区碳质量分数提高了 26.05%, 碳密度提高 23.87%, 提高幅度最大, 碳密度变化方向与碳含量变化具有一致性, 但提高幅度低于碳含量。这与各整理区原有土质、土地整理工程施工方式、施工时间等因素密切相关。2) 水田碳质量分数显著高于旱地碳质量分数, 但是经过土地整理旱地碳含量提高幅度大于水田, 水田在整理前后碳含量变化幅度不大。3) 在土地整理项目实施前应制定适宜的土地整理规划, 实施有利于土壤固碳的土地整理工程。

**关键词:** 土壤, 碳, 土地利用, 土地整理, 碳含量, 碳密度, 碳固定

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.08.057

中图分类号: F301.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-08-0324-06

谭梦, 黄贤金, 钟太洋, 等. 土地整理对农田土壤碳含量的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(8): 324—329.

Tan Meng, Huang Xianjin, Zhong Taiyang, et al. Impacts of land consolidation on soil organic carbon content [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(8): 324—329. (in Chinese with English abstract)

### 0 引言

全球的土壤中存留着大量以有机质形式存在的碳, 平均而言, 约为植被碳储量 ( $5.5 \times 10^{17} \text{g}$ ) 的 3 倍, 大气碳储量 ( $7.5 \times 10^{17} \text{g}$ ) 的 2 倍<sup>[1]</sup>, 因此, 土壤是个不能忽视的巨大的碳库。而据估计, 美国土壤有机碳的历史损失量为  $5 \times 10^{15} \text{g}$ <sup>[2]</sup>, 但是通过保护性措施后使农田土壤有机碳年增加量约  $1.4 \times 10^{14} \text{g}$ <sup>[3]</sup>, 因此, 土壤碳库是具有较强固碳能力的。但是, 随着人为活动对土壤碳库日渐加强的影响和干扰, 有机碳加快排放到空气中可能会加剧全球气候变化。随着土地整理在中国大范围的开展, 这种对土壤碳库的强扰动必然会打破原有生态系统碳平衡, 加剧人类活动对土壤碳库的影响。

土地整理是对土地资源及其利用方式的再组织和再优化, 改善土地利用条件的同时, 也要注意其带来的生态环境效应。当前从土地整理角度探究整理过程中陆地生态系统的碳储量动态变化研究尚不多见, 大多侧重于分析土地利用方式对碳储量影响。而从理论上来看, 土地整理既可能破坏土壤物化结构导致形成碳源, 也可能通过整理改善土壤质量形成固碳。因此, 研究土地整理对农田土壤的碳储量的影响是具有重要的意义。特别是对于正处于经济腾

飞阶段的中国来讲, 要在 2005 年基期的基础上到 2020 年单位 GDP 减少 40%~45% 碳减排的目标, 需要寻找替代手段来减少或者抵消碳排放, 因而, 研究土地整理对农田表层土壤碳固定的影响具有重要的现实意义。

### 1 土地整理对土壤碳储量影响机制分析

由于土地整理是一个综合、复杂的系统工程, 在整个工程实施期间任何一项措施都可能会对土壤有机碳含量产生影响。这种影响既可能是正面的也可能是负面的或两者兼有的影响<sup>[4]</sup>, 因此, 有必要对土地整理工程对土壤有机碳可能产生的正负效应影响机制进行细致的分析。

土地整理包涵了土地平整工程, 农田水利工程, 道路工程, 农田防护林设计等多项工程的综合, 在土地整理方案的实施过程中, 通过对土壤各种理化性质及相关生态过程的直接影响, 从而间接地对土壤有机碳含量带来各种正向或负向的效应

1) 对土壤结构和质地影响的效应。荒地开垦会改变原有薄土层结构, 增加农作物耕层厚度, 防止水土流失和土地沙漠化, 改善局地气候, 增加土壤生物量积累, 提高有机碳含量; 也可能破坏土壤结构和质地, 开垦扰动地表表面, 导致地表土层疏松和粒度变化, 破坏土地结构, 引起或加剧水土流失和沙漠化<sup>[5]</sup>, 造成局地气候恶化, 不利于土壤有机碳的积累。

2) 对土壤肥力影响的效应。适宜的耕作制度和恰当的土地利用方式会有效提高土壤肥力, 使土壤起到固碳作用; 不适宜的耕地垦殖力度和不顾土地适宜性要求调整土地利用方式会造成土壤肥力下降, 加剧有机质流失, 不利于有机碳的固定。

3) 对土壤生物特性影响的效应。土地整理后施用一

收稿日期: 2010-12-21 修订日期: 2011-07-23

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项经费项目 (200811033); 江苏省高校人文社会科学重大项目 (2010ZDXM008)

作者简介: 谭梦 (1987—), 女, 四川宜宾人, 南京大学地理与海洋科学学院, 主要研究方向为资源环境与土地政策。南京 南京大学地理与海洋科学学院, 210093。Email: tanmeng1021@foxmail.com

※通信作者: 黄贤金 (1968—), 教授、博士生导师, 主要研究方向为土地经济与政策, 资源环境经济与可持续发展。南京 南京大学地理与海洋科学学院, 江苏省土地开发整理技术工程中心, 210093。Email: hxj369@nju.edu.cn

定量的肥料会加快土壤熟化，增加土壤有机碳积累；但是化肥过量的施用会造成土壤污染，杀害土壤中丰富的微生物，同时土地平整对表土层的扰动也会使真菌数量下降，不利于土壤有机碳储量的积累，不适当的灌溉和排水也会导致土壤次生盐渍化从而增加碳排放。

## 2 研究区概况和研究方法

### 2.1 研究区域概况

本文在江苏苏南丹阳市，苏中兴化市，苏北泗阳县

各选取 1 个土地整理区，分别是丹阳市延陵镇行宫片土地整理项目、兴化市永丰镇双营北圩土地整理项目、江苏省泗阳县高渡镇土地整理项目（图 1）。3 个整理区都隶属于江苏，在地理位置、气候上差异性较小，均温在 14~15℃，降水量都在 900~1 000 mm，地势平坦，植被都以水稻小麦为主，同属于东部整理区中的江淮沿海耕地质量提高型整理区。但在具体的土壤类型，整理工期上有所区别，具体区别见表 1。

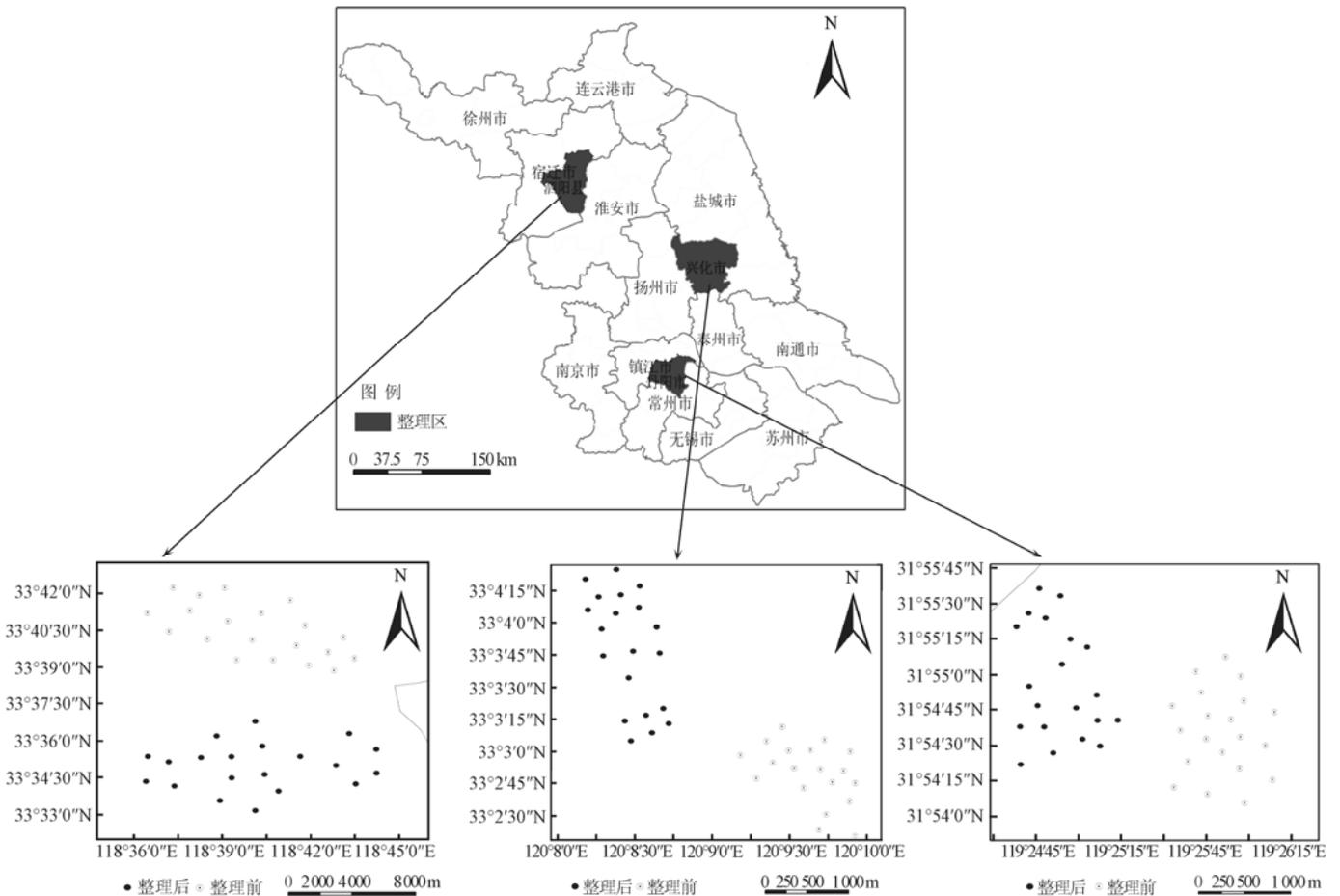


图 1 丹阳、兴化、泗阳整理区位置及采样点分布示意图

Fig1 Location of land consolidation areas and Distribution of soil sampling sites in Danyang, Xinghua, Siyang

表 1 丹阳、兴化、泗阳整理区概况

Table 1 Description of land consolidation areas in Danyang, Xinghua, Siyang

整理区	土壤质地	整理期/年	整理工程类型区
丹阳市 (苏南)	潴育型水稻土土种 黄泥土重壤	2007	沿江平原工程类型区
兴化市 (苏中)	脱潜型水稻土土种 黏土轻壤	2008	里下河平原工程类型区
泗阳县 (苏北)	黄褐土重壤	2005	徐淮平原工程类型区

### 2.2 研究方法

通过选择不同土地整理区，比较土地整理前后的农田土壤碳含量变化，反映土地整理对农地土壤碳含量的影响，同时比较不同土地整理模式对土壤碳含量变化的

影响。

1) 野外采样方法。由于土地整理对土壤有机碳的影响是一个长期过程，因此直接测定方法是在不同时间（即土地整理前后）在同一区域内重复采样分析，这种方法需要较长的时间和严格的控制条件，本研究鉴于操作方便采用间接方法，即通过同一时间采样地形环境相似、土壤类型相同的土地整理前后土样进行比较研究。土壤样品采集时间为 2009 年 8 月。采集方式为“X”法随机采样，即先确定中心点，再向四周辐射约 10 m 选 4 个点，呈“X”状，取 5 个点 0~15 cm 的表层土壤均匀混合作为混合样品，每个样品取土约 1000 g。采样原则为每 2 个中心点间距离不小于 50 m，同时考虑周围地形、植被覆盖、土地利用方式等因素，并结合 GPS 对每个中心样

点进行定位,对每个样点经纬度、土地利用方式、植被覆盖等进行详细记录。在整理区采集整理后土样 20 个,同时在该整理项目区外,相邻的地方,考虑相似土质、区位利用条件等情况下按照同样的原则和方法采集表层 0~15 cm 耕作层土壤样品 20 个作为对照样品,并做详细记录。采样点分布图见图 1。

2) 室内试验及计算。采集的土样在干净、阴凉、通风的实验室经风干后,去除动植物残体和非土壤形成物质,同时避免阳光直晒以及酸、碱气体和灰尘等的污染,取风干土样用玛瑙研钵磨碎过 1 mm 和 60 目尼龙筛,称过 60 目筛孔的土壤样品 0.2 g 放入 150 mL 三角瓶中,加重铬酸钾-硫酸溶液 10 mL(重铬酸钾、硫酸溶液各 5 mL),摇匀,将试管加入 180~200℃ 的电沙浴上加热,使三角瓶中溶液微沸,消煮 5 min 后加 3~5 滴邻啡罗林指示剂,用硫酸亚铁滴定剩余的重铬酸钾,溶液颜色由橙黄-绿-棕红为止,即为终点。通过用硫酸亚铁标准溶液滴定剩余的  $\text{Cr}^{2+}$  与空白氧化剂滴定量之差计算土壤有机碳含量。而碳密度含量可由公式 (1) 计算。

$$\text{SOC D}=\text{SOC}\times H\times r\times(1-K)/10 \quad (1)$$

式中, SOC 为试验测得土壤有机碳质量分数, g/kg;  $H$  是取土层厚度, cm; 由于采集的土壤样品来自表土耕作层 0~15 cm 深度,所以  $H=15$  cm;  $r$  是土壤体积质量,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ; 由于缺乏土壤体积质量数据,利用 Song 等通过中国第二次土壤普查数据得出的土壤体积质量与有机碳含量回归关系( $r=1.3770\times e^{-0.0048\times \text{SOC}}$ )计算得到<sup>[6]</sup>;  $K$  为土壤中 >2mm 的粗颗粒的体积百分含量,由于所取土样的表土耕作层较松软,层次发育较好,没有障碍层次,所以  $K$  可忽略不计。SOC D 有机碳密度单位为,  $\text{t}/\text{hm}^2$ 。

数据的处理和分析采用的 EXCEL2007 和 spss16.0 软件,进行了平均值、标准差、极值、变异系数等描述性统计,并进行了均值  $t$  检验。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 不同整理区表土碳储量变化的对比分析

通过对江苏 3 个典型土地整理区土地整理前后的土壤有机碳含量、土壤有机碳密度变化进行比较,分析土地整理对 3 个土地整理区表土碳储量带来的不同影响。

##### 3.1.1 碳含量比较分析

从表 2 试验结果来看,丹阳(2.44%)、泗阳(2.06%)、兴化(3.57%)土地整理区的土壤有机质含量均值与第二次土壤调查(1983 年)的有机质含量相比(丹阳为 2.16%,泗阳为  $(1.01\pm 0.34)\%$ ,兴化 2.5%),经过 30 a 左右耕作都有所增加,但总体上有机质含量的排序都未变,说明这些数据作为研究该整理区土壤碳含量的合理性。从整体结果看,兴化土地整理区不管是整理前还是整理后碳含量都是最高的,而泗阳整理区在整理前后碳含量都最低,3 个地方的碳含量排序在土地整理前后都没有改变。这可以大体看出土地整理对整理区土壤碳含量没有带来根本性影响,这与各地土壤类型、气候条件、长期形成的耕作制度等多方面综合因素有关系,这些因素在足够长的时间内形成了一个稳定的生态系统,从根本上

决定了土壤碳含量。

表 2 丹阳、泗阳、兴化整理区整理前后碳含量总体情况  
Tab.2 Overall results of organic carbon content caused by land consolidation in Danyang, Siyang, Xinghua

地域分类	土样分类	有机碳质量					有机质含量 均值
		分数均值/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	样本数	标准差	极差	变异系数	
丹阳	整理后	17.91	16	4.03	14.44	0.23	2.44%
	整理前	14.20	19	6.22	20.99	0.44	
泗阳	整理后	12.55	19	5.23	20.40	0.42	2.06%
	整理前	11.96	20	6.68	24.54	0.56	
兴化	整理后	21.73	19	3.91	15.65	0.18	3.57%
	整理前	20.71	20	4.16	18.76	0.20	

从图 2 可以看出,土地整理尽管都在一定程度上促进了整理区土地碳含量的固定,丹阳提高 26.05% ( $3.70 \text{ g}/\text{kg}$ ),泗阳提高 4.93% ( $0.59 \text{ g}/\text{kg}$ ),兴化提高 4.92% ( $1.02 \text{ g}/\text{kg}$ ),但是效果的显著性各不相同。土地整理对丹阳土地整理区土壤固碳能力的增强效果最显著,而泗阳、兴化土地整理区土壤固碳能力对土地整理的响应都不积极,而以泗阳土地整理区的效果最不显著。

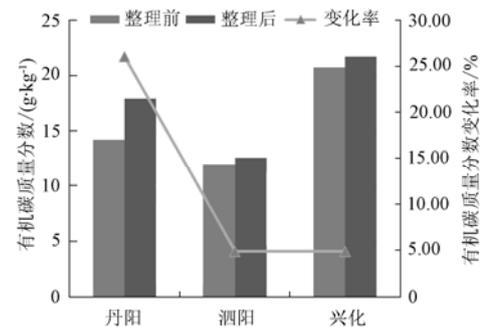


图 2 丹阳、泗阳、兴化整理区土地整理前后碳含量变化

Fig.2 Changes of organic carbon content caused by land consolidation in Danyang, Siyang, Xinghua

##### 3.1.2 碳密度比较分析

由于排除了面积因素和影响而以土体体积为基础来计算,土壤碳密度已成为评价和衡量土壤有机碳储量的一个极其重要的指标<sup>[7]</sup>。本文同时用有机碳密度作为衡量不同土地整理区土地整理前后碳储量变化的一个重要因子。

如表 3 所示,丹阳整理区土地整理后碳密度提高 23.87% ( $6.54 \text{ t}/\text{hm}^2$ );泗阳整理区提高 3.04% ( $0.72 \text{ t}/\text{hm}^2$ );兴化整理区提高 4.41% ( $1.71 \text{ t}/\text{hm}^2$ )。从结果可以看出,各土地整理区在土地整理后土壤碳密度都有增加,变化方向与碳含量变化方向一致,变化幅度与碳含量的变化幅度也相差不大,但碳密度的变化幅度都不同程度地小于碳含量的变化幅度,这是由于土壤碳含量的变化引起了土壤体积质量的变化。一般认为,土壤碳含量降低,土壤体积质量可能增加,尤其是耕作土壤<sup>[8]</sup>。由于各整理区在土地整理前后的土壤类型相同,因此尽管土壤体积质量有微小变化,但变化幅度波动有限,所以土地整理对土壤碳密度和碳含量的影响趋势基本一致。

表 3 整理区土地整理前后碳含量、碳密度变化比较

Table 3 changes of organic carbon content organic carbon density caused by land consolidation

整理区	有机碳质量分数变化		有机碳密度变化量		土壤类型
	量				
	绝对/(g·kg <sup>-1</sup> )	相对/%	绝对/(t·hm <sup>-2</sup> )	相对/%	
丹阳	3.7	26.05	6.54	23.87	水稻土(潴育型黄泥土)
泗阳	0.59	4.93	0.72	3.04	黄褐土
兴化	1.02	4.92	1.71	4.41	水稻土(脱潜型黏土)

然而, 3 个整理区由于土地体积质量各不相同, 整理区土壤碳密度的变化不同于碳含量的变化。兴化整理区在土地整理后尽管碳含量变化幅度(4.92%)不如泗阳整理区(4.93%), 但由于土壤体积质量差异, 在碳密度变化幅度(4.41%)上是大于泗阳整理区(3.04%)的。

### 3.2 不同耕作方式下土壤碳含量比较分析

本文还将采集的土壤样品按其土地利用方式分为水田和旱地, 对不同土地利用方式下土壤有机碳含量对土地整理的影响进行分析。

如表 4 所示, 水田样品与旱地的有机碳质量分数均值差异达 2.42 g/kg。由于采集土样中水田、旱地样本数相差较大, 我们对其分布频率进行比较(图 3)。74%的水田有机碳质量分数在 10~25 g/kg 之间, 还有 12%的样本有机碳质量分数高于 25 g/kg, 仅有 14%的样本低于 10 g/kg; 而对于旱地而言, 尽管也有 74%的样本有机碳质量分数在 10~25 g/kg 区间, 但是高达 26%的样本有机碳质量分数低于 10 g/kg, 没有样本高于 25 g/kg。这也与相关研究相符, 研究普遍认为水田水耕土壤的表层有机碳库含量都高于相应的旱地土壤, 根据《全国第二次土壤普查数据》, 中国水耕地土壤的有机碳含量平均是旱耕地的 137%<sup>[9]</sup>。

表 4 不同耕作方式下土壤碳含量比较

Table 4 Contents of soil organic carbon in different land use

土地利用方式	有机碳含量整理前后比较				有机碳含量总体特征	
	整理前		整理后		质量分数均值/(g·kg <sup>-1</sup> )	样本数
	质量分数/(g·kg <sup>-1</sup> )	样本数	质量分数/(g·kg <sup>-1</sup> )	样本数		
水田	17.21	37	17.19	42	17.2	79
旱地	13.03	22	17.99	12	14.78	34

从土地整理角度来看, 土地整理前水田(N=37)碳含量与整理后碳含量几乎无差别; 而对于旱地而言, 土地整理后碳含量大幅度增加(表 4)。尽管一般来讲, 水田长期淹水创造了厌氧环境, 降低了矿化率, 有利于碳含量的积累和储存<sup>[10]</sup>, 但也有研究认为如果旱地和水田的土壤条件均适宜于微生物的活动, 水田土壤的有机碳的分解速率和分解量比旱地土壤的高<sup>[11]</sup>。由于采样收集的旱地数据多数有机碳基础含量较低, 经过土地整理后合适的灌溉等措施, 使得碳含量易于升高, 而水田在土地整理前后水利条件改变不大, 因而波动不大。

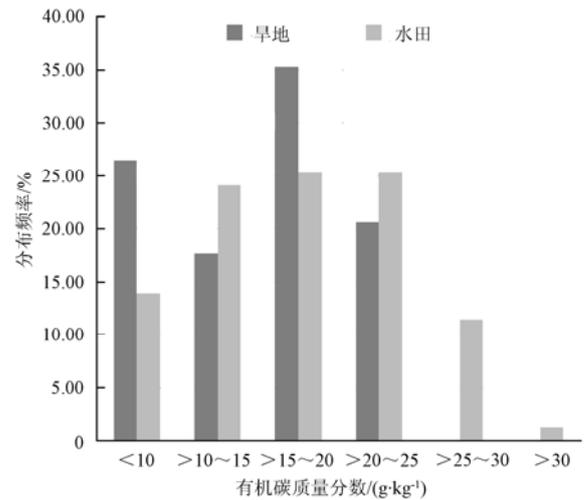


图 3 不同耕作方式下碳含量分布频率

Fig.3 Frequency of organic carbon content in different land use

### 3.3 不同土地整理区农田土壤碳含量变化的原因分析

1) 区域位置差异。整理区都属于东部整理区中的江淮沿海耕地提高型。丹阳整理区位于江苏南部丘陵区, 属于沿江平原工程类型区; 兴化位于里下河腹地, 属于水网圩田平原工程类型区; 泗阳位于徐淮地区, 属于黄泛平原工程类型区。据文献可知, 在 1988—1998 年之间, 里下河地区有机碳略有下降, 徐淮地区波动稳定, 苏南丘陵区土壤有机碳均表现为持续升高<sup>[12]</sup>。这在一方面印证了试验结果的可信度, 一方面又是影响 3 个不同区位土地整理区土壤碳储量不同变化的重要原因。

2) 土壤质地差异。丹阳、兴化整理区均为水稻土, 但在具体土属上存在不同。丹阳为重壤质地的潴育型水稻土亚类, 层次发育较好, 属中等土壤, 供肥保肥能力强, 宜于作物生长, 在经过一定的人为措施比如土地整理后有较大的固碳潜力; 而兴化为轻壤脱潜型水稻土, 多为人工改造的高产土壤, 本身有机碳含量就比较高, 提升空间小; 而泗阳为质地黏重的黄褐土<sup>[13]</sup>, 属黄棕壤土类, 土壤属于下等土, 固碳水平低, 潜力也小。这些都从根本上决定了各地土壤有机碳的基础含量。这也是土地整理后 3 个土地整理区土壤有机碳含量尽管都有不同程度的增长, 但并未改变 3 个整理区有机碳含量基本位置的原因。

3) 整理工期差异。泗阳、丹阳、兴化整理区整理时间分别为 2005、2007、2008 年, 工期都为 1 整年。由于取土时间为 2009 年 8 月, 据此计算, 泗阳整理区完成近 4 a, 丹阳近 2 a, 兴化不到 1 a。由于土地平整、农田水利等工程会挖填土方, 对土壤造成最直接的破坏, 尽管在土地整理后会通过深耕、灌水、增施有机肥等措施促进土壤熟化, 但是土壤的熟化需要一个过程。丹阳整理区完成近 2 a, 土壤熟化已基本完成; 兴化工程完成仅 8 月, 不足以使土壤完全熟化; 而泗阳整理区已完成工程近 4 a, 但由于土质差等根本原因, 随着田间小气候形成的生态系统的稳定, 土壤有机碳含量也趋于稳定, 改变不大。整理工期长短并未从根本上影响到 3 个整理区的

土壤碳含量变化,但是起到了一定的限制性作用。

4) 施工方式差异。首先整理区在平整工程的施工上有不同。丹阳和兴化整理区在土地平整中都是表土分离,即在整理过程中先移走表层熟土,完成挖填深度后,再把熟土层归还地面,这样会加快表土的熟化过程,减轻破坏。而泗阳土地整理区则采取直接局部平整的方式,这也在一定程度上影响有机碳的固定。另外,在其他工程施工上也有差别。例如3个整理区都采用泵站提水、排涝站排水,但是丹阳与泗阳整理区是斗、农两级混凝土防渗渠道输水,而兴化整理区采用的是混凝土斗渠、土质农渠,由于混凝土防渗渠道比土渠输水快、供水及时,可以缩短轮灌周期,及时有效满足作物生长期的需水需求,利于有机碳的积累。因此,水利条件不能得到有效改善也在一定程度上限制了兴化土地整理区土壤碳储量的提升。土地整理施工方式作为最直接的原因影响着农田碳含量的固定。

### 3.4 土地整理中的固碳措施与建议

1) 土地整理工程措施。土地整理工程是土地平整工程,农田水利工程,道路工程,农田防护林设计等多项工程的综合。在土地平整工程中,不管是局部平整还是整体平整,都是最直接最主要破坏土体结构,影响土壤有机碳含量的工程。为了尽量减小对土壤有机碳含量的影响,需要特别注意表土的分离和填取土方量的计算,尽量做到挖填平衡。整理时要先移走表层熟土,完成设计的挖、填深度以后,再把熟土层归还地面,并适当增施有机肥。同时,土地平整工程应与农田水利、防护林工程等结合起来,通过灌溉渠道、排水沟道的设计施工,在土地平整完成后及时灌溉,保土保肥,保证土壤的灌溉条件。同时通过道路林网建设使林网覆盖率和水土保持能力提高,改善项目区内的田间小气候,抵御风沙灾害,有效治理水土流失,防止河道淤塞,从而改善农田的生态环境,有效提高土壤有机碳含量。

2) 土地整理结构调整措施。从分析结果可知,水田和旱地不同的土地利用方式对土壤有机碳的积累有不同的效果。水田的有机碳含量显著大于旱地,但是经过土地整理后,旱地的有机碳含量提高幅度更明显,说明旱地有机碳基础含量低,但具有更高的固碳潜力。据文献统计,江苏省的表层土壤有机碳库的44%储存于水稻土。无论是全国还是江苏省,水耕土壤的表层有机碳库含量都高于相应的旱地土壤<sup>[14]</sup>。因此,在土地整理过程中,要注意土地利用结构的调整,尽可能多的将旱地转化为水田,同时也要注意土地利用的适宜性,选取适宜的农作物和适宜的耕作制度进行耕作,以期通过土地整理提高土壤有机碳的积累。

## 4 结论

1) 经过土地整理,丹阳土地整理区有机碳质量分数提高了26.05%,碳密度提高23.87%;泗阳土地整理区有机碳质量分数提高4.93%,碳密度提高3.04%;兴化土地整理区有机碳质量分数提高4.92%,碳密度提高4.41%。3个土地整理区土壤有机碳含量和碳密度都有不同程度

的提高,但显著性不同,丹阳整理区提高最显著,原因可能与整理区土壤质地、工程措施等有关。

2) 从土地利用方式看,水田有机碳质量分数(17.20 g/kg)显著高于旱地有机碳质量分数(14.78 g/kg),但是经过土地整理后旱地有机碳含量提高幅度大于水田,水田在整理前后含碳量几乎无差别,这说明旱地在适宜条件下也会有很高的固碳潜力,但是固碳能力和水田还是有差别的。

3) 土地整理作为一个综合性复杂性的工程,必然对土壤碳库平衡带来影响。在土地整理项目实施前应制定适宜的土地整理规划,从工程措施和结构调整措施两方面入手,注意表土分离、水利条件改善和旱地向水田的结构调整,实施有利于土壤固碳的土地整理工程。

致谢: 采样过程中江苏省国土资源厅陈晓峰、朱凤武以及南京大学陈逸、张兴榆、赵成胜、马文君、吕晓、李丽、彭佳雯、赵云泰等给予帮助与支持。

### [参 考 文 献]

- [1] 杨学明, 张晓平, 方华军. 农业土壤固碳对缓解全球变暖的意义[J]. 地理科学, 2003, 23(1): 101-106  
Yang Xueming, Zhang Xiaoping, Fang Huajun. Importance of agricultural soil sequestering carbon to offsetting global warming[J]. Scientia Geographica Sinica, 2003, 23(1): 101-106. (in Chinese with English abstract)
- [2] Lal R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO<sub>2</sub>-enrichment[J]. Soil Till Res, 1997, 43(1/2): 81-107.
- [3] Houghton R A. The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850-1990[J]. Tellus, 1999, 51(2): 299-313.
- [4] 杨晓艳, 张秋惠, 张海峰. 土地整理中的生态问题与对策[J]. 资源与产业, 2008, 10(5): 130-133.  
Yang Xiaoyan, Zhang Qiuhui, Zhang Haifeng. Eco-environmental issues and approaches in land consolidation[J]. Resources and Industries, 2008, 10(5): 130-133. (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 Huiyuan. Land consolidation and its ecological and environmental impacts[J]. Resources Science, 2002, 24(2): 60-63. (in Chinese with English abstract)
- [6] 于严严, 郭正堂, 吴海斌. 1980-2000年中国耕作土壤有机碳的动态变化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2006, 26(6): 123-130.  
Yu Yanyan, Guo Zhengtang, Wu Haibin. Changes in organic carbon of cultivated soils in China from 1980 to 2000[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2006, 26(6): 123-130. (in Chinese with English abstract)
- [7] 马明东, 李强, 罗承德, 等. 卧龙亚高山主要森林植被类型土壤碳汇研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(2): 127-131.  
Ma Mingdong, Li Qiang, Luo Chengde. Study on soil labile

- organic carbon under some main forest types in Wolong nature reserve, China[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2009, 23(2): 127—131. (in Chinese with English abstract)
- [8] 吴建国, 张小全, 徐德应. 土地利用变化对土壤有机碳贮量的影响[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(4): 593—599. Wu Jianguo, Zhang Xiaoquan, Xu Deying. Impact of land use change on soil carbon storage[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(4): 593—599. (in Chinese with English abstract)
- [9] 潘根兴, 李恋卿, 张旭辉. 土壤有机碳库与全球变化研究的若干前沿问题[J]. *南京农业大学学报*, 2002, 25(3): 100—109. Pan Genxing, Li Lianqing, Zhang Xuhui. Perspectives on issues of soil carbon pools and global change[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2002, 25(3): 100—109. (in Chinese with English abstract)
- [10] 林而达, 李玉娥, 郭李萍, 等. 中国农业土壤固碳潜力与气候变化[M]. 北京: 科学出版社, 2005. Lin Erda, Li Yu'e, Guo Liping, et al. Potential for Chinese agricultural soil carbon sequestration and climate change[M]. Beijing: Science Press, 2005. (in Chinese with English abstract)
- [11] 黄东迈, 朱培立, 王志明, 等. 旱地和水田有机碳分解速率的探讨和质疑[J]. *土壤学报*, 1998, 35(4): 482—490. Huang Dongmai, Zhu Peili, Wang Zhiming, et al. A study and question on the decomposition rate of organic carbon under upland and submerged soil conditions[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 1998, 35(4): 482—490. (in Chinese with English abstract)
- [12] 潘根兴, 李恋卿, 张旭辉, 等. 中国土壤有机碳库量与农业土壤碳固定动态的若干问题[J]. *地球科学进展*, 2003, 18(4): 609—618. Pan Genxing, Li Lianqing, Zhang Xuhui. Soil organic carbon storage of China and the sequestration dynamics in agricultural lands[J]. *Advances in Earth Science*, 2003, 18(4): 609—618. (in Chinese with English abstract)
- [13] 江苏省土壤普查办公室. 江苏土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. The Office of Jiangsu Province for Soil Investigates. *Jiangsu's Soil*. Beijing: Agricultural Press, 1995. (in Chinese with English abstract)
- [14] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998. The Office of China for Soil Investigates. *China's Soil*. Beijing: Agricultural Press, 1994. (in Chinese with English abstract)

## Impacts of land consolidation on soil organic carbon content

Tan Meng<sup>1</sup>, Huang Xianjin<sup>1,2</sup>, Zhong Taiyang<sup>1,2</sup>, Zhao Rongqin<sup>1</sup>, Gu Liuqi<sup>1</sup>, Xu Zeji<sup>1</sup>,  
Jiang Chaojun<sup>1</sup>, Huang jinbi<sup>1</sup>

(1. School of Geographic and Oceanographic Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

2. Technology and Engineering Center of Land Development and Consolidation in Jiangsu Province, Nanjing 210093, China)

**Abstract:** Disturbance on the soil caused by land consolidation will affect the balance of soil carbon cycle. In order to study influences of land consolidation on farmland soil carbon storage, soil samples before and after land consolidation were collected and organic matter was measured based on indirect sampling and random sampling in three land consolidation areas of Jiangsu Province. The changes and reasons for the differences of soil carbon storage in different and consolidation areas were analyzed. The results showed that soil carbon storage was increased in all the three land consolidation areas. Organic carbon storage in Dan Yang land consolidation area increased by 26.05%, organic carbon density increased by 23.87% which increased most; Carbon density change shared the same direction with organic carbon storage change, with lower increase than carbon storage. It was closely related to the original soil condition, land consolidation engineering method and construction time of different land consolidation areas; Before land consolidation, organic carbon storage in paddy fields was significantly higher than that in dry fields. After land consolidation, organic carbon storage of dry fields increased a lot more than that of paddy fields, while organic carbon storage in paddy fields remained the same. (3) Reasonable land consolidation planning is required before the implementation of land consolidation project, and land consolidation project which was beneficial to carbon fixation in soil was recommended.

**Key words:** soils, carbon, land use, land consolidation, organic carbon content, organic carbon density, carbon sequestration