

# 秸秆还田和免耕对土壤养分及碳库管理指数的影响研究

陈尚洪<sup>1,2</sup>, 朱钟麟<sup>1\*</sup>, 刘定辉<sup>1</sup>, 舒 丽<sup>1,2</sup>, 王昌全<sup>2</sup>

(1 农业部长江上游农业资源与环境重点开放实验室 四川省农业科学院 四川成都 610066 ;  
2 四川农业大学资源环境学院 四川雅安 625014 )

**摘要 :**在四川盆地两种不同母质的土壤上 ,通过 4 年 7 季作物的田间试验研究了作物秸秆还田对稻田土壤 NPK、土壤活性碳(  $C_A$  )、微生物碳(  $C_{MB}$  )、矿化碳(  $C_M$  )和碳库管理指数( CPMI )的影响。结果表明 ,与对照相比 ,秸秆还田免耕和旋耕均可提高土壤全氮、全钾、碱解氮和速效钾 ,但各个处理间土壤磷素变化没有明显规律性。秸秆还田免耕、旋耕提高了土壤不同形态碳素含量和碳库管理指数 ;秸秆还田旋耕比秸秆还田免耕更能改善土壤有效碳库质量 ,  $C_A$ 、 $C_{MB}$ 、 $C_M$  和 CPMI 分别提高 4.33%~52.88%、8.69%~86.62%、20.64%~60.79% 和 18.41%~57.12%。相关性分析表明 ,运用土壤碳库管理指数表征土壤养分及碳素动态变化比土壤有机碳更具灵敏性。  
**关键词 :**秸秆还田 ;免耕 ;土壤养分 ;碳库管理指数  
**中图分类号 :** S153.6      **文献标识码 :** A      **文章编号 :** 1008-505X( 2008 )04-0806-04

## Influence of straw mulching with no-till on soil nutrients and carbon pool management index

CHEN Shang-hong<sup>1,2</sup>, ZHU Zhong-lin<sup>1\*</sup>, LIU Ding-hui<sup>1</sup>, SHU Li<sup>1,2</sup>, WANG Chang-quan<sup>2</sup>

( 1 The Key Laboratory of Agricultural Resources and Environment in the Upper Reaches of Yangtze River , MOA ,  
Sichuan Academy of Agricultural Sciences , Chengdu 610066 , China ;  
2 College of Resources and Environmental , Sichuan Agricultural University , Ya 'an 625014 , China )

**Abstract :** A field experiment , designed for seven crops in four years , was conducted to examine the effect of straw mulching with no-till on soil nitrogen ( N ) , phosphorus ( P ) , potassium ( K ) , active carbon (  $C_A$  ) , microbial carbon (  $C_{MB}$  ) , mineralized carbon (  $C_M$  ) and carbon pool management index ( CPMI ) on two soils developed from different parent materials in Sichuan Basin. Results showed that contents of soil organic matter , total N and K , available N and K were increased by straw mulching with no-till or with rotor till , but no clear patterns of change was observed for soil P among different treatments. Contents of all types of soil carbon and CPMI were improved when the straw was returned to the soil. Straw-mulching with rotor till was superior to straw mulching with no till in improving quality of soil carbon pool , resulting in an increase of soil  $C_A$ 、 $C_{MB}$ 、 $C_M$  and CPMI by 4.33%~52.88% , 8.69%~86.62% , 20.64%~60.79% and 18.41%~57.12% , respectively. Correlation analysis revealed that CPMI may be a better indicator than soil organic matter employed to reflect the dynamic changes of soil nutrients and soil carbon.  
**Key words :** straw-mulching ; no-till ; soil nutrient ; carbon pool management index

稻田作物秸秆还田少耕免耕有利于土壤碳固定 ,提高农田生态系统中土壤碳含量。土壤有机碳是矿化分解、合成的平衡结果 ,当土壤肥力达到一定水平或有机质含量超过一定数量后 ,两者之间不完

全成正相关,实际上存在有机碳的质量问题<sup>[1]</sup>。土壤微生物生物量碳/全碳作为土壤碳库质量的敏感指示因子可以推断碳素有效性;土壤矿化碳与全碳的比值可以指示土壤有机碳活性;土壤活性碳与全碳的比值可以度量土壤有机碳氧化稳定性<sup>[2,3]</sup>。Lefroy 等<sup>[4]</sup>首次提出了土壤碳库管理指数(CPMI)的概念。目前,我国国内已对不同施肥、不同地带典型土壤的有机碳活性组成和 CPMI 进行了报道。对不同施肥下土壤有机碳库变化研究较多,且主要集中在旱地,但针对稻田秸秆还田和少免耕的报道较少<sup>[5-8]</sup>。因此,随着农业循环经济的发展 and 农业生态环境保护意识的增强,进行秸秆还田和少免耕对土壤有机碳库及其养分变化研究,具有一定的新颖性和较强的实践价值。本试验分别在平原和丘陵的两种水稻土上,通过 4 年 7 季田间定位试验,研究稻田作物秸秆还田对土壤养分、不同形态有效碳及土壤碳库管理指数的影响,探讨土壤碳库管理指数对土壤碳库动态监测的有效性,进一步提高土壤肥力及土壤质量的监控和管理水平,为保持和提高南方两熟制稻区的土壤肥力寻求有效途径。

1 材料与方法

田间定位试验分别设在成都平原和川中丘陵农区。试验点均始于 2003 年 5 月,种植制度均为水稻—油菜/小麦一年两熟制。其中,成都平原农区的试验点(简称平原点)设在成都市农业科学研究院内,多年平均气温 16.3℃,年降雨量 1135 mm。土壤类

型为岷江灰色冲积土发育而成的水稻土,壤土,中性。而川中丘陵农区试验点(简称丘陵点)位于简阳市东溪镇万古村,多年平均气温 17.1℃,年降雨量为 883 mm。试验地土壤为第四纪更新统冰河沉积物发育而成的老冲积黄壤,土壤粘重,微酸性。

试验共设 3 个处理:1)免耕,当季作物秸秆全量还田(简称免耕,NT);2)旋耕,当季作物秸秆全量还田(简称旋耕,RT);3)翻耕,秸秆不还田(简称对照,CK)。每处理 3 次重复,小区随机区组排列。平原点的小区面积为 30 m<sup>2</sup>(5 m×6 m),丘陵点小区面积为 49 m<sup>2</sup>(7 m×7 m)。

2006 年 9 月水稻收获后采集 0—15 cm 土壤,一部分自然风干,一部分保存于 4℃冰箱用于微生物培养。土壤养分用常规方法分析。微生物碳、活性碳、矿化碳分析和碳库管理指数计算采用文献[7]所述方法。方差分析和相关性分析采用 Spss11.0。

2 结果与分析

2.1 秸秆还田对土壤养分的影响

表 1 看出,两试验点秸秆还田不论旋耕还是免耕,均提高了土壤全氮和碱解氮含量,秸秆还田旋耕比免耕更能提高土壤碱解氮含量;而各处理间全磷和有效磷变化不明显。作物秸秆富含钾素,秸秆还田后十分明显的提高了土壤全钾和速效钾含量,两试验点均表现为免耕>旋耕>对照。不同耕作方式间钾素含量存在差异,免耕大于旋耕和对照。

表 1 不同处理对土壤养分的影响

Table 1 The effect of different treatment on soil nutrient

试验点 Site	处理 Treatment	全氮 Total N	全磷 Total P	全钾 Total K	碱解氮 Available N	有效磷 Available P	速效钾 Available K
		(g/kg)			(mg/kg)		
温江 Wenjiang	NT	1.78 abA	0.92 bB	25.7 aA	169.5 abA	63.0 bB	45 aA
	RT	2.24 aA	1.00 aA	24.0 bAB	185.7 aA	81.5 aA	44 aA
	CK	1.73 bA	0.97 cC	23.2 bB	160.8 bA	61.8 bB	26 bB
简阳 Jianyang	NT	1.68 aA	0.66 aA	16.4 aA	100.1 abA	32.2 aA	114 aA
	RT	1.57 aA	0.64 aA	14.8 bB	122.2 aA	34.5 aA	110 abA
	CK	1.31 bA	0.60 bA	13.1 cC	85.5 bA	33.2 aA	97 bA

注( Note ): NT—免耕-秸秆还田 Straw mulching with no-till; RT—旋耕-秸秆还田 Straw mulching with rotor till; CK—翻耕-秸秆不还田 Ploughing without straw mulching. 同列数据后不同大、小写字母分别表示同一试验点处理间差异达 1% 和 5% 显著水平,下同. Ralues followed by different capital and lower case letters mean significant among treatments in a site at 1% and 5% levels, respectively. The same below.

2.2 秸秆还田土壤碳素形态和碳库管理指数的研究

表 2 表明,秸秆还田利于有机碳积累,表现为旋耕>免耕>对照。4 年 7 作秸秆还田后,有机碳年

增率免耕为 0.017%~0.034% ,旋耕为 0.087%~0.118%。秸秆还田能提高土壤活性碳、矿化碳和微生物碳含量 ,增长幅度有旋耕>免耕>对照的趋势。

土壤中活性碳库占总有机碳的百分比可以反映土壤有机碳质量。各处理活性碳有效率、矿化碳有

效率、微生物碳有效率与活性碳、矿化碳、微生物碳变化趋势一致 ,旋耕秸秆还田与免耕秸秆还田相比对提高碳素有效率有较好的效果(表 3)。秸秆还田免耕和旋耕均可提高土壤碳库管理指数 ,以旋耕最高 ,其次为免耕。

表 2 土壤不同形态碳素含量变化

Table 2 Changes in carbon content of different forms					
试验点 Site	处理 Treatment	有机碳 (g/kg) Organic carbon	活性碳 (g/kg) Active carbon	矿化碳 (mg/kg) Mineralized carbon	微生物碳 (mg/kg) Microbial carbon
温江 Wenjiang	NT	19.4 aAB	2.2 bB	943.4 bA	717.4 abA
	RT	22.4 aA	3.2 aA	1555.0 aA	828.1 aA
	CK	18.9 bB	2.1 bB	833.2 bA	515.0 bA
简阳 Jianyang	NT	13.9 b B	2.3 abA	782.4 bA	511.6 aA
	RT	15.5 aA	2.4 aA	1183.1 aA	621.9aA
	CK	12.9c B	1.6 bA	719.9 bA	424.1 aA

表 3 土壤碳素形态有效率及土壤碳库管理指数

Table 3 The ratio of soil available carbon content and soil carbon pool management index					
试验点 Trial Site	处理 Treatment	活性碳有效率( % ) A <sub>AC</sub>	矿化碳有效率( % ) A <sub>CC</sub>	微生物碳有效率( % ) A <sub>BC</sub>	碳库管理指数 CPMI
温江 Wenjiang	NT	11.2	4.9	3.7	112.12 bAB
	RT	14.2	6.9	3.7	132.94 aA
	CK	11.0	4.4	2.7	94.69 bB
简阳 Jianyang	NT	16.3	5.6	3.7	115.55 bAB
	RT	15.6	7.6	4.0	121.11 aA
	CK	12.4	5.6	3.0	77.08 bB

2.3 土壤碳素形态与土壤养分因子的相关性分析

相关性分析结果表明 ,有机碳仅与全氮、碱解氮和有效磷显著相关或极显著相关 ,这一结果与活性

碳、矿化碳、微生物碳相关性分析一致 ;而碳库管理指数与全氮、碱解氮、全磷、有效磷、速效钾均显著相关或者极显著相关(表 4)。

表 4 碳素形态、碳库管理指数与氮、磷、钾相关性分析

Table 4 Correlation analysis between different carbons forms , carbon pool management index and soil nutrient contents							
指 标 Indicator	全氮 TN	碱解氮 AN	全磷 TP	有效磷 AP	全钾 TK	速效钾 AK	有机碳 OC
有机碳 OC	0.899 * *	0.971 * *	0.207	0.898 * *	0.2918	0.5078	1.000
活性碳 C <sub>A</sub>	0.878 * *	0.959 * *	0.244	0.908 * *	0.305	0.479	0.999 * *
矿化碳 C <sub>M</sub>	0.893 * *	0.964 * *	0.245	0.921 * *	0.242	0.535	0.998 * *
微生物碳 C <sub>MB</sub>	0.770 *	0.799 * *	0.444	0.962 * *	0.229	0.757 *	0.852 * *
碳库管理指数 CPMI	0.628 *	0.691 *	0.628 *	0.974 * *	0.218	0.638 *	0.793 * *

注( Note ): \* , \* \* 分别表示显著和极显著相关 Mean significant correlation at the 5% and 1% levels , respectively.

### 3 小结

1 )通过 4 年 7 季的试验表明 ,秸秆还田提高了

土壤全氮、碱解氮、全钾和速效钾钾含量 ,其中土壤速效钾含量增加明显。不同耕作方式下 ,秸秆还田旋耕比免耕更能提高土壤全氮、碱解氮、全磷和有效

磷 ;但由于旋耕搅动土壤 ,增加钾素流动 ,与免耕相比两者速效钾差异不大。

2 )在一年两熟水旱轮作条件下 ,连续的秸秆还田提高了土壤有机碳含量。旋耕更能做到土肥交融 ,加快微生物对秸秆的分解 ,比免耕更能有利于有机碳含量的提高。

3 )秸秆还田能够增加土壤中的活性有机质组分 ,土壤活性碳、矿化碳、微生物碳、碳素有效率和碳库管理指数均表现为 :旋耕 > 免耕 > 对照。秸秆还田旋耕不仅能提高有机碳数量 ,同时明显改善了有机碳质量。因此 ,在南方稻区秸秆还田应采取少耕和间耕为宜。

4 )土壤碳素形态、碳库管理指数与土壤养分因子相关性分析表明 ,运用活性碳库变化评价土壤肥力是可行的 ,且运用碳库管理指数可以更好地反映土壤养分及碳素的动态变化。

参 考 文 献 :

[ 1 ] Blair G J , Lefroy R D B. Soil C fractions based on their degree of oxidation and the development of a C management index for agricultural systems[ J ]. Aust. J. Agric. Res. , 1995 , 46 : 1459-1466.

[ 2 ] Bradley R L , Fyles J W. A kinetic parameter describing soil available C and its relationship to rate increase in C mineralization[ J ]. Soil Boil. Biochem. , 1995 , 27( 2 ) : 167-172.

[ 3 ] Sparling G P , Ord B G , Vaughan D. Changes in microbial biomass

and activity in soils amended with phenolic acids[ J ]. Soil Biol. Biochem. , 1981 , 13 : 455-460.

[ 4 ] Lefroy R D B , Blair G , Strong W M. Changes in soil organic matter with cropping as measured by organic carbon fractions and <sup>13</sup>C natural isotope abundance[ J ]. Plant Soil , 1993 , 155-156 , 399-402.

[ 5 ] 沈宏 ,曹志洪 ,徐志红. 施肥对土壤不同碳形态及碳库管理指数的影响[ J ]. 土壤学报 , 2000 , 37( 2 ) : 166-173.

Shen H , Cao Z H , Xu Z H. Effect of fertilization on different carbon fractions and carbon pool management index in soil[ J ]. Acta Pedol. Sin. , 2000 , 37( 2 ) : 166-173.

[ 6 ] 徐明岗 ,于荣 ,王伯仁 ,等. 长期施肥对我国典型土壤活性有机质及碳库管理指数的影响[ J ]. 植物营养与肥料学报 , 2006 , 12( 4 ) : 459-465.

Xu M G , Yu R , Wang B R *et al.* Effects of long-term fertilization on labile organic matter and carbon management index( CMI ) of the typical soils of China[ J ]. Plant Nutr. Fert. Sci. , 2006 , 12( 4 ) : 459-465.

[ 7 ] 李琳 ,李素娟 ,张海林. 保护性耕作下土壤碳库管理指数的研究[ J ]. 水土保持学报 , 2006 , 20( 3 ) : 106-109.

Li L , Li S J , Zhang H L. Study on soil C pool management index of conservation tillage[ J ]. J. Soil Water Conserv. , 2006 , 20( 3 ) : 106-109.

[ 8 ] 倪进治 ,徐建民 ,谢正苗 ,等. 不同有机肥料对土壤生物活性有机质组分的动态影响[ J ]. 植物营养与肥料学报 , 2001 , 7( 4 ) : 374-378.

Ni J Z , Xu J M , Xie Z M *et al.* Effects of different organic manure on biologically active organic fractions of soil[ J ]. Plant Nutr. Fert. Sci. , 2001 , 7( 4 ) : 374-378.