

水稻秸秆还田下氮肥对土壤有机碳及碳库管理指数的影响

曾宪楠¹, 王 麒¹, 孙 羽¹, 宋秋来¹, 冯延江¹, 袁 媛²

(1. 黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为完善黑龙江省水稻秸秆还田下施肥技术体系, 采用随机区组设计, 分析了不同处理下土壤不同层次有机碳及碳库管理指数。结果表明: 同一施氮量下, 与无秸秆还田比较, 秸秆还田有利于提高表层土壤活性有机碳及碳库管理指数。秸秆还田条件下, 0~10 cm 土层总有机碳、活性有机碳含量大于 10~20 cm 土层含量, 且各土层总有机碳、活性碳含量和碳库管理指数随着氮肥施入量的增加出现先增加后降低的趋势。处理 V (水稻秸秆还田配施氮肥用量为 133 kg·hm⁻²) 的总有机碳、活性有机碳和碳库管理指数最高。

关键词:水稻; 秸秆还田; 土壤有机碳; 碳库管理指数

中图分类号: S511.062 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-2767(2016)05-0041-04 DOI: 10.11942/j.issn1002-2767.2016.05.0041

随着黑龙江省水稻种植面积逐年增加及单产水平逐渐提高, 水稻秸秆量也随之增加。水稻秸秆的不合理利用, 既造成资源的浪费, 又对环境造成严重污染, 甚至威胁到人类健康。秸秆直接还田是充分利用秸秆资源的一种有效方式, 对补充、平衡土壤养分, 改良土壤, 提高作物产量有促进作用^[1-2]。氮素是作物生长必要营养元素之一, 为提高作物产量做出了贡献, 但随着氮肥过量施用, 氮损失风险加重, 造成资源浪费, 导致一系列环境问题^[3-4]。目前, 关于水稻秸秆还田的研究主要为甲烷排放、土壤理化性状、秸秆腐解特征等方面^[5-7]。虽有研究表明玉米秸秆还田配施氮肥对土壤碳积累具有促进作用^[8], 但由于水稻秸秆特性和土壤类型有区别, 因此本试验设置不同的施氮量, 专门针对黑龙江省水稻秸秆还田配施不同施氮量对农田土壤有机碳及碳库管理指数的影响进行了研究, 以期完善黑龙江省水稻秸秆还田下施肥技术体系, 为水稻秸秆还田对土壤有机碳的影响提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区于 2015 年设在黑龙江省农业科学院

民主试验区, 位于黑龙江省哈尔滨市民主乡。地处黑龙江省第一积温带, 属亚热带湿润气候区, 冬无严寒, 夏无酷暑, 雨量充沛, 气候温和, 适宜农作物生长。供试土壤类型为黑土, 0~20 cm 土壤基础肥力为: 全氮含量 1.25 g·kg⁻¹, 碱解氮 208.45 mg·kg⁻¹, 速效磷 79.55 mg·kg⁻¹, 速效钾 138.55 mg·kg⁻¹, 有机质 35.0 g·kg⁻¹。

1.2 材料

供试水稻品种为龙稻 21。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验采用随机区组设计, 共设置 7 个处理, 每个处理 3 次重复。插秧规格为 30 cm(行距)×13 cm(株距), 每穴 3 株。试验处理分别为: I(CK) 秸秆不还田(纯氮 133 kg·hm⁻², 纯磷 46 kg·hm⁻², 纯钾 75 kg·hm⁻²), II 秸秆还田不施氮, III 秸秆还田+纯氮 73 kg·hm⁻², IV 秸秆还田+纯氮 103 kg·hm⁻², V 秸秆还田+纯氮 133 kg·hm⁻², VI 秸秆还田+纯氮 163 kg·hm⁻², VII 秸秆还田+纯氮 193 kg·hm⁻², II~VII 处理施入磷钾肥均为纯磷 46 kg·hm⁻², 纯钾 75 kg·hm⁻²。其中氮肥施入按照基肥 50%、返青肥 30%、分蘖肥 20% 的比例施入; 磷肥作为基肥一次性施入。

1.3.2 测定项目与方法 在水稻生育期结束后, 分别于 10 月 10 日采集 0~10 cm、10~20 cm 耕层土壤, 每个处理选 5 个点且同一层土样进行混合, 约 1 kg 左右带回。将土壤样品摊成 2~3 cm 的薄层, 压碎、翻动, 剔除石子、植物残体等, 放在室内风干后, 磨细过 1 mm 筛的土样用于测定土

收稿日期: 2016-03-30

基金项目: 哈尔滨市科技局创新人才研究专项资金资助项目(2014RFQYJ092)

第一作者简介: 曾宪楠(1985-), 女, 黑龙江省绥化市人, 硕士, 助理研究员, 从事土壤改良与土壤肥力修复研究。E-mail: zengxiannanzxn@163.com。

壤碱解氮、速效磷、速效钾;过 0.25 mm 筛的土样用于测定土壤有机质。土壤有机质测定采用重铬酸钾容量法—外加热法;土壤碱解氮测定采用碱解—扩散法;土壤速效磷的测定采用碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法;土壤速效钾的测定采用醋酸氨浸提火焰光度法,土壤活性有机碳的测定采用高锰酸钾氧化法^[9-10]。

碳库指数(CPI)=样品总有机质含量(g·kg⁻¹) / 参考土壤总有机质含量(g·kg⁻¹)

碳库活度(L)=样本活性有机碳(LOC)/样本非活性有机碳(NLOC)

碳库活度指数(LI)= 样本碳库活度(L) /对照碳库活度(L₀)

碳库管理指数(CPMI) = CPI×LI×100

水稻成熟前,每个小区选 4 点,每点连续选 10 穴,将水稻进行风干、考种。

1.3.3 数据处理与分析 原始数据经 Excel 整理后,采用 SPSS17.0 软件进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 秸秆还田配施氮肥对各层土壤总有机碳的影响

由表 1 可知,在氮水平一致的条件下,0~10 cm 土层和 10~20 cm 土层的土壤总有机碳含量均为处理 V > 处理 I (CK) 且呈显著性差异($P<0.05$),即秸秆还田更有助于土壤中有有机碳含量的增加。秸秆还田量相同条件下,配施不同梯度氮肥,0~10 cm 土层和 10~20 cm 土层的土壤总有机碳均表现为先升高后降低的趋势,在

表 1 秸秆还田配施氮肥对各层土壤总有机碳的影响

Table 1 Effect of straw incorporation and N fertilizer application on soil total organic carbon		
处理 Treatments	总有机碳含量/(g·kg ⁻¹) Content of total organic carbon	
	0~10 cm	10~20 cm
I (CK)	16.34 b	16.26 b
II	17.54 ab	16.52 b
III	17.31 ab	16.97 ab
IV	17.51 ab	17.49 a
V	17.96 a	17.69 a
VI	17.81 a	17.41 a
VII	16.71 b	16.37 b

同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。
Different lowercases indicate significant at 0.05 level. The same below.

处理 V 达到最大值 17.96 和 17.69 g·kg⁻¹。土壤有机碳含量随着土层增加而降低。

2.2 秸秆还田配施氮肥对各层土壤活性有机碳的影响

由表 2 可知,在同一氮肥管理模式下,秸秆还田后 0~10 cm 土层和 10~20 cm 土层的土壤活性有机碳含量均有所增加,处理Ⅲ、处理 V 与秸秆未还田处理 I (CK)达到显著性差异($P<0.05$)。秸秆还田量相同的条件下,配施不同梯度氮肥,0~10 cm 土层和 10~20 cm 土层的土壤活性有机碳含量表现为先升高后降低的趋势,均在处理 V 达到最大值。

表 2 秸秆还田配施氮肥对各层土壤活性有机碳的影响

Table 2 Effect of straw incorporation and N fertilizer application on soil active organic carbon		
处理 Treatments	活性有机碳含量/(g·kg ⁻¹) Content of active organic carbon	
	0~10 cm	10~20 cm
I (CK)	3.13 b	2.88 c
II	3.37 ab	3.15 b
III	3.41 a	3.38 a
IV	3.49 ab	3.40 ab
V	3.61 a	3.54 a
VI	3.27 b	3.27 b
VII	3.25 b	3.07 bc

2.3 秸秆还田配施氮肥对各层土壤碳库管理指数的影响

由表 3 可知,0~10 cm 土层,秸秆还田条件下随着施氮量的增加,碳库活度、活度指数及碳库管理指数呈现出先升高后降低的趋势,在 10~20 cm 土层碳库管理指数也有不同程度的提高,其中处理 V 的碳库管理指数最高,说明适量的水稻秸秆还田有助于提高碳库管理指数。

2.4 秸秆还田配施氮肥对水稻产量及产量构成因素的影响

从表 4 中可知,各处理对总空瘪率、千粒重影响不大,且各处理间总空瘪率、千粒重差异不显著。秸秆还田条件下随着施氮量的增加,水稻产量呈现出先升高后降低的趋势,处理 VI 的产量最高,与秸秆未还田处理 I (CK),处理 V 的产量差异不显著,说明秸秆还田与适宜的无机肥配施,可以获得较高产量。

表 3 秸秆还田配施氮肥对各层土壤碳库管理指数的影响

Table 3 Effect of staw incorporation and N fertilizer application on soil carbon pool management index

层次 Layer	处理 Treatments	碳库活度 L	活度指数 LI	碳库指数 CPI	碳库管理指数 CPMI
0~10 cm	I (CK)	0.24	1.00	1.00	100.00 b
	II	0.24	1.07	1.07	114.49 ab
	III	0.26	1.13	1.06	119.78 ab
	IV	0.24	1.08	1.07	115.56 b
	V	0.25	1.15	1.10	126.5 a
	VI	0.22	1.04	1.09	113.36 bc
	VII	0.24	1.04	1.02	106.08 c
10~20 cm	I (CK)	0.22	1.00	1.00	100.00 c
	II	0.24	1.09	1.02	111.18 b
	III	0.27	1.25	1.04	130.00 a
	IV	0.24	1.17	1.08	126.36 ab
	V	0.25	1.23	1.09	134.07 a
	VI	0.23	1.14	1.07	121.98 b
	VII	0.23	1.07	1.01	108.07b

表 4 秸秆还田配施氮肥对水稻产量及产量构成因子的影响

Table 4 Effect of staw incorporation and N fertilizer application on yield and its components

处理 Treatments	穗长/cm Panicle length	株有效穗数/个 Effective panicles per plant	穗实粒数/个 Filled grains per panicle	总空瘪率/% Shrunken grain rate	穗数/(个·m ²) Panicle number	千粒重/g 1 000-grain weight	产量/ (kg·hm ⁻²) Yield
I (CK)	19.18 ab	14.71 a	88.31 b	0.09 a	377.93 b	25.32 a	8450.54 ab
II	16.90 c	13.02 b	61.82 d	0.10 a	353.04 d	25.28 a	5517.33 e
III	18.16 bc	13.17 b	74.13 cd	0.08 a	369.96 c	25.10 a	6883.65 d
IV	18.71b c	14.74 a	78.22 c	0.10 a	398.19 a	25.31 a	7883.24 c
V	19.79 ab	14.69 a	85.10 bc	0.11 a	389.92 ab	25.17 a	8351.93 ab
VI	20.78 a	14.01 a	94.02 a	0.08 a	363.91 c	25.38 a	8683.76 a
VII	21.20 a	13.39 b	90.21 ab	0.09 a	355.83 d	25.39 a	8150.16 b

3 结论与讨论

本试验结果表明同一施氮量下,秸秆还田与不还田比较,水稻秸秆还田有利于提高表层土壤活性有机碳及碳库管理指数。秸秆还田条件下,0~10 cm 土层总有机碳、活性碳含量大于 10~20 cm土层含量。处理 V 秸秆还田配施氮肥用量为 133 kg·hm⁻²时,总有机碳、活性有机碳和碳库管理指数最高,获得较高产量。

作物秸秆是一种含碳丰富的能源物质,秸秆还田能保持、提升土壤肥力^[9]。土壤活性有机碳是土壤有机碳组分中易分解、矿化碳,对土壤耕作管理、有机物料还田等农业生产措施所引起的土

壤碳库变化较为敏感、准确。尽管所占碳素比例较小,却与养分供给、作物生长密切相关^[10]。而碳库管理指数结合了人为作用下土壤碳库、碳库活度的内容,能系统、动态地监测外界条件引起土壤有机质的变化,其数值上升表示农田管理措施使土壤发展良好,反之为土壤肥力下降,农田管理不合理^[11]。许多学者对作物秸秆还田做了相应的研究。曾研华等研究表明^[12]早晚稻两季稻草还田提高了土壤总有机碳、活性有机碳和矿化碳含量及其碳素有效率。李琳等研究表明^[13]土壤总有机碳和活性碳均随土层的增加而减少,0~10 cm和 10~20 cm 土壤总有机碳分层受耕作方

式影响大,而活性碳分层受秸秆还田影响大。本试验研究结果与前人研究结论总体相一致,在秸秆还田下,各个土层的总有机碳、活性有机碳和碳库管理指随着氮肥施入量的增加出现先增加后降低的趋势,但变换规律还不显著,还有待于进一步深入试验,以期为黑龙江省水稻秸秆还田下施肥技术体系积累更多数据。

参考文献:

- [1] 张鹏,李涵,贾志宽,等. 秸秆还田对宁南旱区土壤有机碳含量及土壤碳矿化的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(12):2518-2525.
- [2] 张晓文,赵改宾,杨仁全,等. 农作物秸秆在循环经济中的综合利用[J]. 农业工程学报, 2006, 22(增1):107-109.
- [3] 徐国伟,吴长付,刘辉,等. 秸秆还田与氮肥管理对水稻养分吸收的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(7):191-195.
- [4] 张亦涛,王洪媛,刘申,等. 氮肥农学效应与环境效应国际研究发展态势[J]. 生态学报, 2016, 36(15):1-15.
- [5] 胡宏祥,汪玉芳,何方,等. 水稻秸秆的腐解特征及其培肥增产作用研究[J]. 中国水土保持, 2012(7):51-53.
- [6] 张少波,聂磊,林玉萍,等. 秸秆还田对水田土壤养分影响的

研究[J]. 黑龙江农业科学, 2015(12):41-43.

- [7] 龚振平,颜双双,闫超,等. 寒地水稻秸秆还田和温度对稻田甲烷排放的影响[J]. 东北农业大学学报, 2015, 46(12):8-15.
- [8] 李玮,乔玉强,陈欢,等. 秸秆还田配施氮肥对砂姜黑土有机质组分与碳库管理指数的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2014, 30(4):475-480.
- [9] 王振忠,董百舒,吴敬民. 太湖稻麦地区秸秆还田增产及培肥效果[J]. 安徽农业科学, 2002, 30(2):269-271.
- [10] 邵月红,潘剑军,孙波. 不同森林植被下土壤有机碳的分解特征及碳库研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3):24-28.
- [11] 徐明岗,于荣,孙小凤,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.
- [12] 曾研华,吴建富,潘晓华,等. 不同稻草还田方式下土壤碳库管理指数的研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(30):77-81.
- [13] 李琳,伍芬琳,张海林,等. 双季稻区保护性耕作下土壤有机碳及碳库管理指数的研究[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(1):248-253.

Effect of N Fertilizer Application on Soil Organic Carbon and Carbon Pool Management Index Under Rice Staw Returning

ZENG Xian-nan¹, WANG Qi¹, SUN Yu¹, SONG Qiu-lai¹, FENG Yan-jiang¹, YUAN Yuan²

(1. Crop Tillage and Cultivation Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Heilongjiang Academy of Agricultural sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: In order to study the effect of N fertilizer application on soil organic carbon and carbon pool management index under rice staw returning, randomized block design with three replications was used, soil organic carbon and carbon pool management of different soil layers were analyzed under different treatments. The results indicated that compared with no-staw returning treatment, staw returning treatment could enhance the active organic carbon and carbon pool management index of soil surface layer under same N fertilizer application; the total organic carbon and active organic carbon contents of 0~10 cm soil layer were higher than those of 10~20 cm soil layer under staw returning, the total organic carbon, active organic carbon contents and carbon pool management index of different soil layers increased at first, but gradually decreased later with N fertilizer application increasing. The total organic carbon, active organic carbon contents and carbon pool management index were the highest under treatment V (rice staw returning with N 133 kg·hm⁻²).

Keywords: rice; straw returning; soil organic carbon; carbon pool management index

欢 迎 投 稿