

# Effects of Returned-Straw on Soil Microorganism Amount and Soil Enzyme Activity

Liang Dong<sup>1,2</sup>, Shenzhong Tian<sup>1,3</sup>, Yufeng Zhang<sup>1,3</sup>, Honghai Guo<sup>1,2\*</sup>, Zhaohui Liu<sup>2</sup>, Zheng Ma<sup>1,3</sup>, Wenfan Bian<sup>2,3</sup>, Ruiqin Li<sup>1</sup>, Jiafa Luo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Agricultural Resources and Environment, Shandong Academy of Agricultural Science, Jinan Shandong

<sup>2</sup>Key Laboratory of Agro-Environment in Huanghuaihai Plain Ministry of Agriculture Shandong Provincial, Jinan Shandong

<sup>3</sup>Scientific Observing and Experimental Station of Arable Land Conservation, Ministry of Agriculture, Jinan Shandong

Email: dl\_xm@163.com, \*honghaig@163.com

Received: Jun. 12<sup>th</sup>, 2017; accepted: Jun. 23<sup>rd</sup>, 2017; published: Jun. 29<sup>th</sup>, 2017

## Abstract

In order to inspect effects of returned-straw on soil microorganism amount and soil enzyme activity, we investigated these soil biological indexes by field long-term located experiment. The results showed that returned-straw could increase amount of soil bacteria, fungi and actinomycetes respectively by  $2.2 \times 10^8 - 3.1 \times 10^8/g$ ,  $0.5 \times 10^6 - 3.5 \times 10^6/g$ ,  $1.3 \times 10^7 - 1.9 \times 10^7/g$ . And it could increase the activity of soil dehydrogenase, soil urease, soil acid phosphatase respectively by 3.82% - 12.98%, 36.0% - 80.0%, 12.99% - 37.80%. But excessive returned-straw amount was not benefit for farmland productivity, and the best returned-straw amount was no more than 100%.

## Keywords

Returned-Straw, Soil Microorganism Amount, Soil Enzyme Activity

# 秸秆还田对土壤微生物数量及土壤酶活性的影响

董亮<sup>1,2</sup>, 田慎重<sup>1,3</sup>, 张玉凤<sup>1,3</sup>, 郭洪海<sup>1,2\*</sup>, 刘兆辉<sup>2</sup>, 马征<sup>1,3</sup>, 边文范<sup>2,3</sup>, 李瑞琴<sup>1</sup>, 罗加法<sup>2</sup>

<sup>1</sup>山东省农业科学院农业资源与环境研究所, 山东 济南

\*通讯作者。

文章引用: 董亮, 田慎重, 张玉凤, 郭洪海, 刘兆辉, 马征, 边文范, 李瑞琴, 罗加法. 秸秆还田对土壤微生物数量及土壤酶活性的影响[J]. 农业科学, 2017, 7(3): 267-272. <https://doi.org/10.12677/hjas.2017.73035>

<sup>2</sup>农业部黄淮海平原农业环境重点实验室, 山东 济南

<sup>3</sup>山东省植物营养与肥料重点实验室, 山东 济南

Email: dl\_xm@163.com, honghaig@163.com

收稿日期: 2017年6月12日; 录用日期: 2017年6月23日; 发布日期: 2017年6月29日

## 摘 要

为探明秸秆还田后小麦玉米轮作系统中土壤微生物量及土壤酶活性的变化情况, 利用田间长期定位试验, 研究了秸秆还田对小麦-玉米轮作体系中土壤微生物数量及土壤酶活性的影响。结果表明: 秸秆还田可以增加土壤中细菌、真菌及放线菌数量。50%秸秆还田、100%秸秆还田、150%秸秆还田处理的细菌、真菌、放线菌增幅分别为 $2.2 \times 10^8 \sim 3.1 \times 10^8$ 、 $0.5 \times 10^6 \sim 3.5 \times 10^6$ 、 $1.3 \times 10^7 \sim 1.9 \times 10^7$ 个/g。秸秆还田能增加土壤酶活性, 土壤脱氢酶、脲酶、酸性磷酸酶活性分别增加3.82%~12.98%、36.0%~80.0%、12.99%~37.80%。但过量秸秆还田不利于农田微生物, 以不超过100%全量还田为宜。

## 关键词

秸秆还田, 土壤微生物, 土壤酶活性

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

中国是农业生产大国, 也是秸秆资源最为丰富的国家之一。作物秸秆作为一种大量而普遍存在的有机农业废弃物资源, 其浪费问题日益严重, 目前秸秆循环利用率不高, 造成环境污染、土壤肥力下降、农田生态平衡遭受破坏等问题日益凸显, 如何有效的处理农作物秸秆已成为农业生产、环境保护面临的紧迫问题[1]。研究发现, 由于秸秆本身含有大量的有机质、氮磷钾等养分, 将秸秆直接或间接还田, 可以建立一个良好的土壤生态系统[2]。秸秆还田不仅可以增加作物产量, 还可以增加土壤有机质含量, 改变土壤结构, 提升农田土壤基础肥力, 提高化肥利用效率[3], 直接或间接减少温室气体排放[4]。而土壤微生物是评价土壤质量的重要生物活性指标, 其种群数量直接关系到土壤中有机质的分解和矿质元素的转化, 影响作物对营养元素的吸收和利用[5], 生物多样性越高的生态系统越稳定的 Elton 假说, 受到大多数学者的认同[6]。秸秆还田后对下茬作物根际土壤微生态环境包括细菌、真菌和放线菌的数量的影响至关重要。酶是土壤组分之一, 参与了土壤中绝大多数的生化过程, 在营养物质转化、能量代谢、污染物质的净化方面发挥着重要作用[7], 因而, Tabatabai 等称其为土壤生态系统的核心[8]。徐国伟等[9]、刘定辉等[10]对秸秆还田后土壤酶效应的研究发现, 玉米秸秆覆盖可使土壤蔗糖酶、碱性磷酸酶和脲酶活性分别增加 46.9%、9.0%和 39.0%。目前, 秸秆还田肥料化效果已达到共识。笔者在德州市平原县的一年两熟的小麦-玉米轮作制度下, 探讨了连续二年秸秆还田对土壤微生物数量及土壤酶活性的影响, 初步从土壤微生物学、土壤酶学的角度, 探索适宜当地生产和生态条件的秸秆还田量, 明确秸秆直接还田量的科学阈值, 以期完善黄淮海平原区小麦-玉米轮作体系中秸秆科学还田技术、提高土壤生产力以及保护生态环境提供科学的理论和实践依据。

## 2. 材料和方法

### 2.1. 试验点概况

平原县位于鲁西北黄河冲积平原,南北长 39 公里,东西宽 48 公里,总面积 1047 平方公里,南依泰山,北望京津,距德州市 30 公里。暖温带大陆性季风气候,土层深厚,地形平坦,从自然条件上能代表黄淮海平原区农业生产。该地区种植业发达,尤其是小麦、玉米、棉花、蔬菜大面积种植,小麦-玉米实现一年两作,从农业结构上符合循环农业的要求。但当地亦存在大量秸秆资源利用率低、环境污染的问题,所以提高秸秆资源的利用效率,实现资源的循环利用是当地农业生产迫切需要解决的问题。

当地供试土壤类型为潮土,其基本理化性质为:有机质含量 1.34%,容重  $1.42 \text{ g/cm}^3$ ,碱解氮  $65.1 \text{ mg/kg}$ ,有效磷  $23.4 \text{ mg/kg}$ ,速效钾  $156.0 \text{ mg/kg}$ ,全钾 1.78%,pH 8.47。

### 2.2. 试验设计及方法

试验共设 4 个处理(表 1),每个处理重复 3 次。

所有处理的施肥均按照当地农民习惯。玉米季施肥量为 N  $260 \text{ kg/hm}^2$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$   $120 \text{ kg/hm}^2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$   $105 \text{ kg/hm}^2$ ,磷钾肥作基肥一次施入,氮肥的基追比为 5:5。小麦季施肥量为 N  $240 \text{ kg/hm}^2$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$   $130 \text{ kg/hm}^2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$   $105 \text{ kg/hm}^2$ ,磷钾肥作基肥一次施入,氮肥的基追比为 6:4。小麦秸秆粉碎后地表覆盖还田,玉米秸秆粉碎后旋地耕翻还田。

试验点位于平原县张华镇,试验时间为 2014 年 6 月~2016 年 6 月。作物品种选用当地主推品种,玉米为“郑单 958”,小麦为“济麦 22 号”。日常管理按照当地农民习惯。2016 年小麦收获后取土测定土壤 0~20 cm 土层土壤微生物数量、土壤酶活性等指标。

### 2.3. 测试方法及数据处理分析

土壤微生物参照姚槐应的方法,采用平板计数法测定[11]:细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基,真菌采用马丁氏培养基,放线菌采用高氏 1 号培养基。土壤酶活性参照关松萌的方法[12],其中土壤脱氢酶活性氯化三苯基四氮唑(TTC)比色法,土壤脲酶活性采用靛酚比色法测定,以 24 h 后 1 g 土壤中  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  的毫克数表示;土壤酸性磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色法。

用 DPS 软件进行数据统计分析,用 Duncan 新复极差法进行多重比较。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 秸秆还田对耕层土壤微生物数量的影响

由表 2 可以看出,秸秆还田增加了土壤细菌、真菌、放线菌数量。其中,对于细菌来说,与秸秆不还田处理相比,50%秸秆还田、100%秸秆还田、150%秸秆还田处理的土壤细菌数量分别增加  $3.1 \times 10^8$  个/g、 $2.5 \times 10^8$  个/g、 $2.2 \times 10^8$  个/g,对于真菌来说,与秸秆不还田处理相比,50%秸秆还田、100%秸秆还田、150%秸秆还田处理的土壤真菌数量分别增加  $2.0 \times 10^6$  个/g、 $3.5 \times 10^6$  个/g、 $0.5 \times 10^6$  个/g,对于放线菌来说,与秸秆不还田处理相比,50%秸秆还田、100%秸秆还田、150%秸秆还田处理的土壤放线菌数量分别增加  $1.3 \times 10^7$  个/g、 $1.9 \times 10^7$  个/g、 $1.7 \times 10^7$  个/g。说明,土壤微生物数量受秸秆还田量因素的影响。原因是随着还田秸秆的逐渐腐解,向土壤中输送大量的碳源,为土壤微生物繁殖提供营养,使土壤微生物群落结构得到改善[13]。

本试验中 50%秸秆还田与 100%秸秆还田处理的土壤细菌、真菌、放线菌数量较多。但并非秸秆还田量越高,土壤微生物丰富度越高,150%秸秆还田处理的土壤微生物数量有下降趋势。原因可能是因为,

**Table 1.** Experiment design**表 1.** 试验设计

编号 number	试验处理 experiment design	秸秆还田量 returned-straw amount
CK	秸秆不还田	0 kg/hm <sup>2</sup> 秸秆还田
50%ST	50%小麦、玉米秸秆还田	3375 kg/hm <sup>2</sup> (干重)玉米秸秆, 4125 kg/hm <sup>2</sup> (干重)小麦秸秆
100%ST	100%小麦、玉米秸秆还田	6750 kg/hm <sup>2</sup> (干重)玉米秸秆, 8250 kg/hm <sup>2</sup> (干重)小麦秸秆
150%ST	100%小麦、玉米秸秆还田	10,125 kg/hm <sup>2</sup> (干重)玉米秸秆, 12,375 kg/hm <sup>2</sup> (干重)小麦秸秆

**Table 2.** Effect of amount of returned-straw on 0 - 20 cm soil microorganism amount**表 2.** 秸秆还田对耕层土壤微生物数量的影响

处理 experiment design	细菌/( $\times 10^8$ 个/g) bacteria	真菌/( $\times 10^6$ 个/g) fungi	放线菌/( $\times 10^7$ 个/g) actinomycetes
OST	9.5 $\pm$ 0.3 a	5.9 $\pm$ 0.5 a	10.4 $\pm$ 1.3 a
50%ST	12.6 $\pm$ 1.2 b	7.9 $\pm$ 1.0 ab	11.7 $\pm$ 2.0 b
100%ST	12.0 $\pm$ 0.5 b	9.4 $\pm$ 0.5 b	12.3 $\pm$ 1.6 b
150%ST	11.7 $\pm$ 0.9 b	6.4 $\pm$ 0.7 a	12.1 $\pm$ 0.8 b

注：表中不同小写字母表示差异达 5% 显著水平，下同。

秸秆中含有的养分大部分以有机形态存在，而以矿物质形态存在的相对较少，有机态分解速度慢，短期内向土壤中释放的养分效果不明显，这样会导致土壤 C/N 比失衡，因此在同一施肥水平下，秸秆还田量过多(150% 秸秆还田)会导致土壤 C/N 比升高，土壤中没有足够的氮素提供微生物活动，从而导致微生物数量出现下降的趋势。

### 3.2. 秸秆还田对耕层土壤酶活性的影响

土壤酶系统作为土壤中最活跃的部分，同土壤微生物共同推动土壤的代谢过程，土壤酶活性反映了土壤中各种生物化学过程的强度和方向[12]。

土壤脱氢酶活性与微生物代谢活动相关，可作为指示土壤微生物活性的指标。由表 3 可以看出，秸秆还田后，土壤脱氢酶活性增强，与秸秆不还田的对照相比，50% 秸秆还田、100% 秸秆还田、150% 秸秆还田处理的土壤脱氢酶活性分别增加 3.82%、12.98%、11.45%。秸秆还田能有效提高土壤脱氢酶活性，其原因可能是因为秸秆还田提高了土壤有机质，为微生物的生长和繁殖提供了碳源，增加了脱氢酶的来源，同时改善了土壤的微环境[14]。

脲酶与土壤供氮能力有着密切的关系，能够表示土壤氮素的供应程度[15]。由表 3 可以看出，秸秆还田增加了土壤脲酶活性，与秸秆不还田相比，50% 秸秆还田、100% 秸秆还田、150% 秸秆还田处理的土壤脲酶活性分别增加 0.09 mg NH<sub>3</sub>-N·g<sup>-1</sup>·(24 h)<sup>-1</sup>、0.20 mg NH<sub>3</sub>-N·g<sup>-1</sup>·(24 h)<sup>-1</sup>、0.18 mg NH<sub>3</sub>-N·g<sup>-1</sup>·(24 h)<sup>-1</sup>，秸秆还田量不同，土壤脲酶活性不同，其中，以 100% 秸秆还田处理的土壤脲酶活性最高。

酸性磷酸酶活性的高低直接影响土壤中有机磷的分解转化和生物有效性[16]。秸秆覆盖有利于提高土壤酸性磷酸酶活性，增加土壤磷素的有效性。与秸秆不还田相比，50% 秸秆还田、100% 秸秆还田、150% 秸秆还田处理的土壤磷酸酶活性分别增加 12.99%、36.22%、37.80%。

**Table 3.** Effect of amount of returned-straw on 0 - 20 cm soil enzyme activity  
**表 3.** 秸秆还田对耕层土壤酶活的影响

处理 experiment design	土壤脱氢酶 ug·(g·h) <sup>-1</sup> soil dehydrogenase	土壤脲酶 mg NH <sub>3</sub> -N·g <sup>-1</sup> ·(24h) <sup>-1</sup> soil urease	土壤酸性磷酸酶 mg·g <sup>-1</sup> (24h) <sup>-1</sup> soil acid phosphatase
0ST	1.31 ± 0.2 a	0.25 ± 0.05 a	2.54 ± 0.10 a
50%ST	1.36 ± 0.5 a	0.34 ± 0.02 b	2.89 ± 0.15 b
100%ST	1.48 ± 0.5 b	0.45 ± 0.04 c	3.46 ± 0.09 c
150%ST	1.46 ± 0.7 b	0.43 ± 0.06 c	3.50 ± 0.14 c

#### 4. 讨论与结论

土壤微生物和土壤酶均为土壤的组成成分，是土壤生物化学过程的积极参与者，也是物质生态循环和能量流动中表现活跃的物质，在土壤生态系统中具有重要作用。本试验研究了不同秸秆还田量对土壤微生物丰富度及土壤酶活性的影响，适量的秸秆还田对土壤微生物学及酶学性状起着积极的作用。

研究发现，土壤酶活性很大程度上受到作物品种、耕作制度和施肥管理方式的影响，常被用于指示土壤功能随生态压力和土地管理的变化情况[17]。在黄淮海平原的典型粮食主产区的德州平原县，作物品种与耕作制度几乎多年不变，唯有土壤施肥管理措施不同。本研究通过二年秸秆还田的定位试验，测定了不同秸秆还田量条件下，小麦-玉米轮作土壤的土壤酶活性情况。本研究发现，秸秆还田与不还田处理相比，可显著提高土壤脱氢酶、脲酶、酸性磷酸酶的活性。这是因为秸秆本身含有丰富的纤维素、木质素等富碳物质以及氮、磷、钾多种营养元素，腐解能使土壤综合生态因子得到改善，土壤中的微生物活性增加、活性更趋活跃，促进了酶活性的提高；而酶活性的提高又增强了土壤微生物活动，形成了良好的互动效应。

在本试验条件下：

1) 秸秆还田后增加了土壤微生物的丰富度，不同秸秆还田量对土壤细菌、真菌、放线菌数量影响不同。三类菌的数量分别增加  $2.2 \times 10^8$  个/g~ $3.1 \times 10^8$  个/g、 $0.5 \times 10^6$  个/g~ $3.5 \times 10^6$  个/g、 $1.3 \times 10^6$  个/g~ $1.9 \times 10^6$  个/g。但并非秸秆还田量越高，土壤微生物丰富度越高。

2) 秸秆还田提高耕层土壤酶活性。土壤脱氢酶、脲酶、酸性磷酸酶活性分别增加 3.82%~12.98%、36.0%~80.0%、12.99%~37.80%。

3) 秸秆还田虽然能改善土壤微生物学及酶学性状，但也存在还田量阈值问题。秸秆还田量过多，不仅增加劳动成本，而且对土壤微生物数量及酶活性并没有明显的促进作用。从本试验结果看，建议还田量不超过 100% 秸秆还田。

#### 基金项目

山东省农业科学院青年科研基金“秸秆还田提升土壤肥力的生化响应研究”(2014QNM51)；山东省重点研发计划(产业关键技术)“盐碱地快速改良水肥碳调控技术研究”(2016CYJS05A01-2)；山东省农业科学院重大科技成果培育计划“黄淮海平原区农田秸秆资源综合利用技术集成研究与示范”(2015CGPY05)；海外泰山学者建设工程专项经费。

#### 参考文献 (References)

- [1] 杨滨娟, 黄国勤, 钱海燕. 秸秆还田配施化肥对土壤温度、根际微生物及酶活性的影响[J]. 土壤学报, 2014, 51(1): 150-157.



- [2] 李秋梅, 陈新平, 张福锁, 等. 冬小麦-夏玉米轮作体系中磷钾平衡的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8: 152-156.
- [3] 赵鹏, 陈阜, 李莉. 秸秆还田对冬小麦农田土壤无机氮和土壤脲酶的影响[J]. 华北农学报, 2010, 25(3): 165-169.
- [4] Bakken, L.R. (1990) Microbial Growth and Immobilization/Mineralization of N in the Rhizosphere. *Symbiosis*, **9**, 37-41.
- [5] 李阜棣. 土壤微生物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.
- [6] 刘骁蓓, 涂仕华, 孙锡发, 等. 秸秆还田与施肥对稻田土壤微生物生物量及固氮菌群落结构的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(17): 5210-5218.
- [7] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [8] Tabatabai, M.A. and Dick, W.A. (2002) Research and Developments in Measuring Enzymes Activities. Marcel Dekker Inc., New York, 567-595.
- [9] 徐国伟, 段骅, 王志琴, 等. 麦秸还田对土壤理化性质及酶活性的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(3): 934-942.
- [10] 刘定辉, 舒丽, 陈强, 等. 秸秆还田少耕对冲积土微生物多样性及微生物碳氮的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2011, 17(2): 158-161.
- [11] 姚槐应, 黄昌勇. 土壤微生物生态学及其实验技术[J]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [12] 关松荫. 土壤酶及研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [13] 马瑞霞, 刘秀芬, 袁光林, 等. 小麦根区微生物分解小麦残体产生的化感物质及其生物活性的研究[J]. 生态学报, 1996, 16(6): 632-639.
- [14] 劳秀荣, 孙伟红, 王真, 等. 秸秆还田与化肥配合施用对土壤肥力的影响[J]. 土壤学报, 2003, 40(4): 618-623.
- [15] 夏强, 陈晶晶, 王雅楠, 等. 秸秆还田对土壤脲酶活性微生物量氮的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(10): 4345-4349.
- [16] 蔡丽君, 张敬涛, 盖志佳, 等. 免耕条件下秸秆还田量对土壤酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2015, 46(5): 1127-1132.
- [17] Yang, L.J., Li, T.L., Li, F.S., et al. (2008) Fertilization Regulates Soil Enzymatic Activity and Fertility Dynamics in a Cucumber Field. *Scientia Horticulture*, **116**, 21-26.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [hjas@hanspub.org](mailto:hjas@hanspub.org)