

# Effects of Straw Biological Reactor with Maize Straw on the Growth Environment, Yield and Quality of Watermelon in Shed Planting

Guoyu Wang<sup>1</sup>, Xuanhua Zhang<sup>1</sup>, Jiakuan Xu<sup>2</sup>, Jianguo Liu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>School of Environmental & Safety Engineering, Changzhou University, Changzhou Jiangsu

<sup>2</sup>Changzhou Agricultural Committee, Changzhou Jiangsu

Email: <sup>1</sup>liujianguo@cczu.edu.cn

Received: Jun. 21<sup>st</sup>, 2017; accepted: Jul. 5<sup>th</sup>, 2017; published: Jul. 10<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

Along with the rapid development in agriculture, huge amount of different kinds of crop straw is produced in China every year. Crop straw is a kind of useful biomaterial. How to use the valuable bio-resource, other than to treat it as a waste is very important for China and the world. Straw biological reactor is a kind of technology to return crop straws into agricultural fields to improve crop production. In this experiment, effects of built-in straw biological reactor (BISBR) with maize straw on the growth environment, yield and quality of watermelon were studied in the sheds covered with plastic film. The results showed that the BISBR with maize straw increased organic matter contents of the soil by 3.88% - 23.65%, and reduced bulk density and salinity of the soil by 11.07% and 17.65% respectively. The BISBR with maize straw elevated the soil temperatures by 1.4°C - 6.0°C, with an average of 3.7°C. It raised CO<sub>2</sub> concentrations of the shed atmosphere by 52.19% - 233.96%, with an average of 137.30%. The yield of the watermelon was raised by 61.65%, and the sugar content of the watermelon was increased by 25.10% by the BISBR with maize straw. The results indicated that the BISBR with maize straw can improve the growth environment of watermelon, and raise the yield and quality of watermelon effectively. Maize straw was the suitable material for the BISBR used in watermelon production.

## Keywords

Biological Reactor, Maize Straw, Watermelon, Yield, Quality

---

\*通讯作者。

# 玉米秸秆生物反应堆对大棚西瓜生长环境、产量及品质的影响

王国宇<sup>1</sup>, 张烜华<sup>1</sup>, 徐加宽<sup>2</sup>, 刘建国<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>常州大学环境与安全工程学院, 江苏 常州

<sup>2</sup>常州市农业委员会, 江苏 常州

Email: liujianguo@cczu.edu.cn

收稿日期: 2017年6月21日; 录用日期: 2017年7月5日; 发布日期: 2017年7月10日

## 摘要

随着我国农业的发展, 每年会产出大量农作物秸秆。作物秸秆是有用的生物资源, 如何利用好这类宝贵的生物资源, 而不是简单作为废弃物处理, 是我国乃至世界面临的重要课题。秸秆生物反应堆是一种将秸秆有效还田以促进作物生长的新技术。本文以玉米秸秆为材料, 研究了内置式秸秆生物反应堆对大棚西瓜生长环境、西瓜产量及品质的影响。结果表明, 玉米秸秆生物反应堆使土壤有机质含量提高了3.88%~23.65%, 土壤容重和含盐量分别下降了11.07%和17.65%。秸秆反应堆使土壤温度提高了1.4℃~6.0℃, 平均提高3.7℃。大棚空气CO<sub>2</sub>浓度上升了52.19%~233.96%, 平均上升137.30%。西瓜产量提高了61.65%, 含糖量提高了25.10%。这些研究结果说明, 内置式玉米秸秆生物反应堆可以显著改善西瓜的生长环境, 提高西瓜的产量和品质。在西瓜田推广的秸秆反应堆技术中, 玉米秸秆是适宜应用的材料。

## 关键词

生物反应堆, 玉米秸秆, 西瓜, 产量, 品质

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

作为一种生物资源, 农作物秸秆以其数量巨大、种类繁多及分布广泛而受到关注。据估计, 全球每年农作物秸秆产量高达 29 亿吨。中国是一个农业大国, 年产各类作物秸秆 7 亿吨以上, 约占世界秸秆总量的四分之一, 其中 80% 以上为粮食作物秸秆。因此, 如何科学利用农作物秸秆这一生物资源, 而不是简单作为废弃物进行处理, 对我国以及全世界来说都是一个重要课题[1] [2]。

据调查, 我国在作物秸秆利用方面还很粗放, 大约只有 15% 用于还田, 约 15% 作为饲料, 只有 2% 作为工业原料。而有 20% 左右作物生活燃料, 高达 40% 左右的秸秆被直接废弃或露天燃烧。这种废弃或燃烧的处理方式, 不仅浪费生物资源, 而且会污染环境、影响人类健康并会引起社会问题, 如秸秆露天集中燃烧会影响公路、铁路交通及飞机的起降安全。据报道, 我国每年约有 1000 架次航班延误及约 5000

起交通事故与秸秆燃烧有关。在每年秸秆集中燃烧时段,人体呼吸系统发病率会显著增加[3] [4] [5] [6]。

作物秸秆是一种可再生、有广泛应用前景的生物资源, 枯含有大量作物生长必需的有机质及矿质营养元素。因此, 从物质循环利用及能量转化方面而言, 秸秆还田是作物秸秆利用的一种合理方式, 而将作物秸秆转化为有机肥是秸秆还田的主要途径, 而目前这种转化技术还有待完善[7] [8]。

秸秆生物反应堆技术是一项针对秸秆还田而研发出来的新技术, 目前在我国受到广泛关注。在这项技术中, 将经过筛选纯化的微生物菌种、催化剂及净化剂拌入作物秸秆, 然后将处理后的作物秸秆埋入已种植农作物农田土壤中或堆放在农田土表, 在好氧条件下, 作物秸秆被分解, 释放出水分、二氧化碳、热量、有机质及各种矿质营养元素, 被正在生长的农作物吸收利用。根据研究, 该技术能促进农作物的生长、发育, 并能提高农作物对病虫害的抵抗能力。通过加速作物秸秆的分解释放, 推动了农作物秸秆的循环利用, 减少了生物资源的浪费及对环境的污染。还可以减少化肥、农药的使用量[8] [9]。

据前人研究, 秸秆生物反应堆技术在蔬菜地上的应用, 能够改善土壤性质, 提高地温, 提高蔬菜的产量和品质[10] [11] [12] [13]。在我国, 粮食作物秸秆占秸秆总量的 80%以上, 而在粮食作物秸秆中, 玉米秸秆占比最高, 达到 36.7%, 所以我国每年生产的玉米秸秆量非常巨大[14]。本课题以玉米秸秆和大棚西瓜为研究对象, 研究玉米生物反应堆技术对大棚西瓜生长环境及产量和品质的影响。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验地点及材料

试验地点为江苏省常州市金坛农业园区, 种植植物为西瓜, 作物秸秆选择玉米秸秆, 微生物菌种、催化剂及净化剂购于山东省秸秆生物工程技术研究中心。

### 2.2. 试验设计

试验在 6 个条件完全相同的拱形大棚里进行, 每个大棚面积为  $600 \text{ m}^2$  ( $6 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ ), 用透明塑料薄膜覆盖。设置 3 个玉米秸秆反应堆大棚, 反应堆设置为内置式, 秸秆埋深约 15 cm, 每个大棚埋入玉米秸秆 2700 kg。反应堆具体设置见孙婧等研究报道[12]。3 个未设置秸秆反应堆的大棚为对照。其它生产管理按当地常规。大棚气温控制在  $20^\circ\text{C} \sim 38^\circ\text{C}$ , 温度低时覆膜保温, 温度高时揭膜通风降温。光照和空气湿度随自然条件, 不进行人工调节。

### 2.3. 测定项目及方法

土壤容重采样环刀法测定[15]; 土壤有机质含量采用重铬酸钾容量法测定; 土壤含盐量通过水浸提法测定[16]; 土壤温度用温度计测定 15 cm 深度处温度; 大棚空气  $\text{CO}_2$  浓度用  $\text{CO}_2$  红外分析仪(QGS-10, 北京分析仪器厂)测定[17]; 西瓜含糖量采用手持式数字折光糖度计(ATAGO PR-101, 日本)测定[18]。

### 2.4. 统计分析

数据分析用 SPSS 19.0 进行, 均值间差异显著水平采用 0.05 和 0.01。

## 3. 结果与讨论

### 3.1. 玉米秸秆生物反应堆对土壤性质的影响

玉米秸秆生物反应堆对土壤容重、有机质含量及含盐量的影响见表 1。可以看出, 玉米秸秆生物反应堆可以降低土壤容重, 但不同土层的降低幅度不同。0~10 cm 土层降低幅度小, 未达到显著水平( $P > 0.05$ ); 10~20 cm 土层降低幅度较大, 达到显著水平( $P < 0.05$ ); 20~30 cm 土层降低幅度最大, 达到极显著水平( $P < 0.01$ )。另外, 玉米秸秆生物反应堆显著提高土壤有机质含量( $P < 0.05$ ), 极显著降低土壤含盐量

**Table 1.** Effects of maize straw biological reactor on soil properties

**表 1.** 玉米秸秆生物反应堆对土壤性质的影响

	土壤容重 (g/cm <sup>3</sup> )			有机质含量 (g/kg)	含盐量 (g/kg)
	0~10 cm 土层	10~20 cm 土层	20~30 cm 土层		
对照	1.29	1.32	1.48	17.61	1.02
秸秆反应堆	1.24	1.21	1.13	19.56	0.84
±%	-3.88	-8.33*	-23.65**	11.07*	-17.65**

注: \*表示差异显著(P < 0.05), \*\*表示差异极显著(P < 0.01)。

(P < 0.01)。因此, 玉米秸秆生物反应堆技术的应用可以明显改善土壤性质, 这对农作物的生长发育是有利的。

### 3.2. 玉米秸秆生物反应堆对大棚土壤温度及空气 CO<sub>2</sub> 浓度的影响

玉米秸秆生物反应堆对土壤温度的影响见图 1。

总体来说, 与对照相比, 玉米秸秆反应堆显著提高土壤温度, 土壤平均温度比对照(23.2℃)提高 3.7℃, 达到 26.9℃。但土温提高幅度随秸秆反应堆处理时间的不同而有很大差异, 提高幅度最大为处理后 35 d, 土温比对照提高 6.0℃, 最低为处理后 105 d, 仅比对照提高 1.4℃。在秸秆反应堆处理的前 35 d, 土壤温度提高幅度随处理时间的增加而上升; 而 35 d 后, 土壤温度提高幅度随处理时间的增加而下降。

玉米秸秆生物反应堆对大棚空气 CO<sub>2</sub> 浓度的影响见图 2。可以看出, 玉米秸秆生物反应堆处理大幅度提高大棚空气中 CO<sub>2</sub> 浓度, 各处理时期空气 CO<sub>2</sub> 浓度增加幅度为 52.19%~233.96%; CO<sub>2</sub> 平均浓度从对照的 370 μmol/mol 增加到 878 μmol/mol, 增加 137.30%。CO<sub>2</sub> 浓度增加幅度最大的时期是处理后 50 d, 增加幅度最小的时期是处理后 5 d。在秸秆反应堆处理的前 50 d, CO<sub>2</sub> 浓度增加幅度随处理时间的增加而提高; 但 50 d 后, 增加幅度随处理时间的增加下降。

### 3.3. 玉米秸秆生物反应堆对西瓜产量及含糖量的影响

玉米秸秆生物反应堆对西瓜产量及含糖量的影响见图 3。

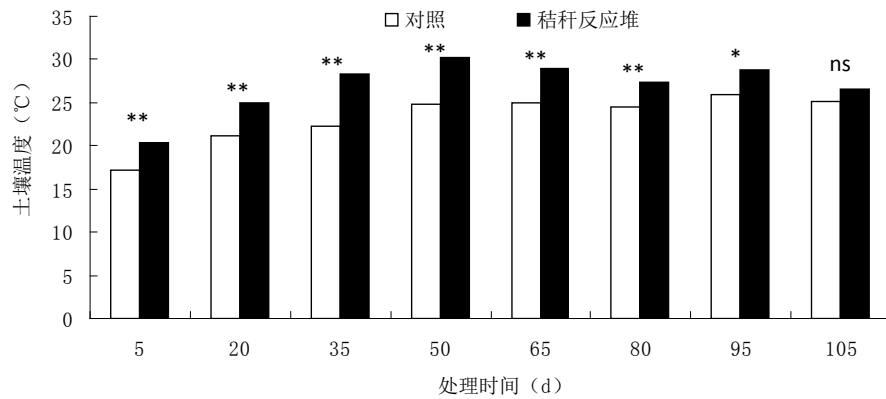
可以看出, 与对照比较, 秸秆反应堆处理大幅度提高西瓜的产量和含糖量。含糖量由对照的 103.2 g/kg 提高到 129.1 g/kg, 提高幅度为 25.10%; 产量由 29.36 t/hm<sup>2</sup> 提高到 47.46 t/hm<sup>2</sup>, 提高幅度高达 61.65%。根据玉米秸秆生物反应堆对西瓜生长环境的影响, 西瓜产量及含糖量的大幅度提高与土壤性质的显著改善、土壤温度及大棚空气 CO<sub>2</sub> 浓度的大幅度增加有关。

## 4. 结论

1) 玉米秸秆生物反应堆可显著改善土壤性质。0~30 cm 土层土壤容重降低了 3.88%~23.65%, 降低幅度随土层深度的增加而提高。土壤有机质含量增加了 11.07%, 含盐量降低了 17.65%。这些土壤性质的改善对农作物的生长发育有利。

2) 玉米秸秆生物反应堆较大幅度提高了土壤温度。不同处理时期土壤温度提高 1.4℃~6.0℃, 平均提高 3.7℃。在秸秆反应堆处理的前 35 d, 土壤温度提高幅度随处理时间的增加而上升; 35 d 后, 提高幅度随处理时间的增加而下降。

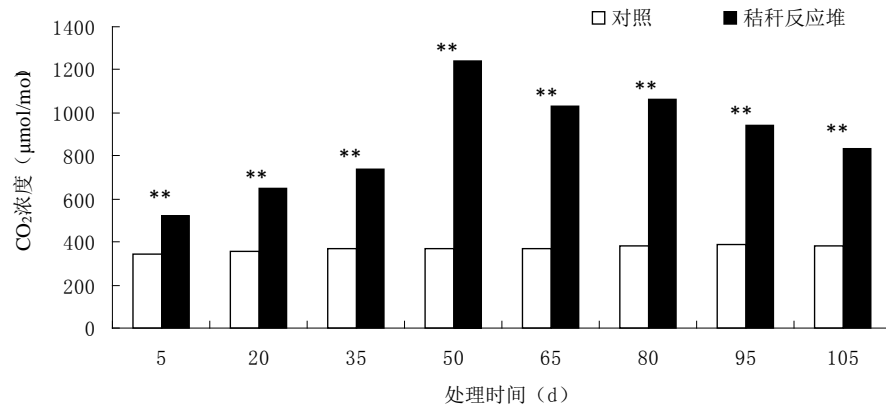
3) 玉米秸秆生物反应堆大幅度提高了大棚空气 CO<sub>2</sub> 浓度。不同处理时期空气 CO<sub>2</sub> 浓度增加幅度为 52.19%~233.96%, 平均增加 137.30%。在秸秆反应堆处理的前 50 d, CO<sub>2</sub> 浓度增加幅度随处理时间的增加而提高; 50 d 后, 增加幅度随处理时间的增加而下降。



注: \*表示差异显著( $P < 0.05$ ), \*\*表示差异极显著( $P < 0.01$ ), ns 表示差异不显著( $P > 0.05$ )。

**Figure 1.** Effects of maize straw biological reactor on soil temperature

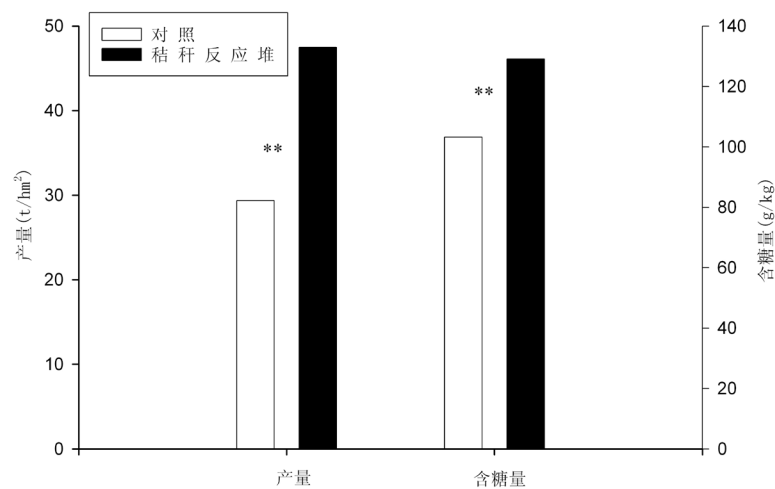
**图 1.** 玉米秸秆生物反应堆对土壤温度的影响



注: \*\*表示差异极显著( $P < 0.01$ )。

**Figure 2.** Effects of maize straw biological reactor on CO<sub>2</sub> concentrations of shed atmosphere

**图 2.** 玉米秸秆生物反应堆对大棚空气 CO<sub>2</sub> 的影响



注: \*\*表示差异极显著( $P < 0.01$ )。

**Figure 3.** Effects of maize straw biological reactor on the yield and sugar content of watermelon

**图 3.** 玉米秸秆生物反应堆对西瓜产量及含糖量的影响

4) 玉米秸秆生物反应堆处理使西瓜的含糖量提高 25.10%，产量提高 61.65%。产量和含糖量的提高与西瓜生长环境的显著改善有关。

## 基金项目

国家自然科学基金项目(31071350)。

## 参考文献 (References)

- [1] Liu, H., Jiang, G.M., Zhuang, H.Y. and Wang, K.J. (2008) Distribution, Utilization Structure and Potential of Biomass Resources in Rural China: With Special References of Crop Residues. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **12**, 1402-1418.
- [2] Ding, W.G., Niu, H.W., Chen, J.S., Du, J. and Wu, Y. (2012) Influence of Household Biogas Digester Use on Household Energy Consumption in a Semi-Arid Rural Region of Northwest China. *Applied Energy*, **97**, 16-23.
- [3] 高海, 李国东, 刘伟, 张永峰. 农作物秸秆综合利用现状及技术[J]. 现代农业科技, 2011, 18: 290-291.
- [4] Wang, Z.W., Lei, T.Z., Yan, X.Y., Li, Y.L., He, X.F. and Zhu, J.L. (2012) Assessment and Utilization of Agricultural Residue Resources in Henan Province, China. *Bioresources*, **7**, 3847-3861.
- [5] Zhang, H.F., Ye, X.N., Cheng, T.T., Chen, J.M., Yang, X., Wang, L. and Zhang, R.Y. (2008) A Laboratory Study of Agricultural Crop Residue Combustion in China: Emission Factors and Emission Inventory. *Atmospheric Environment*, **42**, 8432-8441.
- [6] Cao, G.L., Zhang, X.Y., Wang, Y.Q. and Zheng, F.C. (2008) Estimation of Emissions from Field Burning of Crop Straw in China. *Chinese Science Bulletin*, **53**, 784-790. <https://doi.org/10.1007/s11434-008-0145-4>
- [7] 温荣夫, 张爱民. 温室大棚中应用秸秆生物腐熟技术的效果与方法[J]. 农业环境与发展, 2013, 2: 51-52.
- [8] Bryana, B.A., Warda, J. and Hobbs, T. (2008) An Assessment of the Economic and Environmental Potential of Biomass Production in an Agricultural Region. *Land Use Policy*, **25**, 533-549.
- [9] 刘德龙, 朱博, 孙绍宽, 郑向群, 刘书田. 设施温室秸秆还田生物反应堆技术的应用[J]. 农业环境与发展, 2012, 3: 33-36.
- [10] 宋尚成, 朱凤霞, 刘润进, 李敏. 秸秆生物反应堆对西瓜连作土壤微生物数量和土壤酶活性的影响[J]. 微生物学通报, 2010, 37(5): 696-700.
- [11] Heinze, S., Oltmanns, M., Joergensen, R.G. and Raupp, J. (2011) Changes in Microbial Biomass Indices after 10 Years of Farmyard Manure and Vegetal Fertilizer Application to a Sandy Soil under Organic Management. *Plant and Soil*, **343**, 221-234. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0712-8>
- [12] 孙婧, 田永强, 高丽红, 彭杏敏, 佟二建. 秸秆生物反应堆与菌肥对温室番茄土壤微环境的影响[J]. 农业工程学报, 2014, 30(6): 153-164.
- [13] 朱建春, 李荣华, 张增强, 孟妙志, 樊志民. 陕西作物秸秆的时空分布、综合利用现状与机制[J]. 农业工程学报, 2013, 29(1): 1-9.
- [14] 刘瑞伟. 我国农作物秸秆利用现状及对策[J]. 农业与技术, 2009, 29(1): 7-8.
- [15] 周雪青, 李洪文, 何进, 王庆杰, 张喜瑞. 土壤容重测定用分段式原状取土器的设计[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8): 127-130.
- [16] 郑姚闽, 崔国发, 雷霆, 李飞, 邱观华, 吴三雄, 孙志成, 袁海峰. 甘肃敦煌西湖湿地植物群落平均盖度与土壤含盐量耦合关系[J]. 生态学报, 2009, 29(9): 4665-4672.
- [17] 周正朝, 上官周平. 红豆草与土壤氮含量对大气二氧化碳浓度升高的响应[J]. 应用生态学报, 2006, 17(11): 2175-2178.
- [18] 危艳君, 饶秀勤, 漆兵. 基于声学特性的西瓜糖度检测系统[J]. 农业工程学报, 2012, 28(3): 283-287.

**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：[ije@hanspub.org](mailto:ije@hanspub.org)