

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

宋尚成¹ 朱凤霞² 刘润进¹ 李敏^{1*}

(1. 青岛农业大学菌根生物技术研究所 山东 青岛 266109)
(2. 山东省即墨市刘家庄镇农技站 山东 即墨 266223)

摘要: 于西瓜大棚内分别对连作 2、4、8 年的土壤铺设玉米秸秆生物反应堆, 同时设立各自相应的对照, 定期测定各处理土壤养分含量、pH 值、土壤微生物数量和土壤酶活性等, 以评价秸秆生物反应堆修复连作土壤、改善土壤健康状况的效应。结果表明, 使用秸秆生物反应堆 1 年或 2 年之后, 连作土壤有机质含量、土壤微生物数量、土壤多酚氧化酶、蔗糖酶活性等显著提高。连作 8 年的土壤连续 2 年使用秸秆生物反应堆后, 土壤有机质含量达到了 2.41%; 土壤细菌数量为 1.65×10^8 CFU/g、放线菌为 3.12×10^6 CFU/g、真菌为 0.5×10^5 CFU/g, 土壤中丛枝菌根(AM)真菌孢子密度达到 57 个/50 mL, 分别是对照的 2.2、5、1.44、1.36 和 3.2 倍; 多酚氧化酶和蔗糖酶活性则分别是对照的 1.25 和 2.13 倍。表明秸秆生物反应堆处理对修复连作土壤、改善土壤健康具有一定作用。

关键词: 秸秆生物反应堆, 微生物, 土壤酶, 西瓜, 连作土壤

Effects of Straw Bio-reactor on Microorganism Population and Soil Enzyme Activity in the Watermelon Replant Soil

SONG Shang-Cheng¹ ZHU Feng-Xia² LIU Run-Jin¹ LI Min^{1*}

(1. Institute of Mycorrhizal Biotechnology, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109, China)
(2. Agro-technical Station of Liujiashuang, Jimo, Shandong 266223, China)

Abstract: Corn straw bio-reactors were constructed in 2-, 4-, and 8-year replant soils grown with watermelon, while the 2-, 4-, and 8-year replant soils (without bio-reactors) were used as controls, respectively. The soil nutrient contents, pH, microorganism quantities, and soil enzyme activities were determined to evaluate the effectiveness of corn straw reactor's improvement on soil health. Results showed that the soil organic matter content, microorganism quantities, and soil enzyme activities were increased significantly after 1- or 2- year corn straw bio-reactor treatments. In the 8-year replant soil treated with

2-year corn straw bio-reactors, the organic matter content reached 2.41%, the number of bacteria was 1.65×10^8 CFU/g, the actinomycetes was 3.12×10^6 CFU/g, the fungi was 0.5×10^5 CFU/g, and the arbuscular mycorrhizal fungal spore density was 57/50 mL soil, which were 2.2, 5, 1.44, 1.36, and 3.2 times of their respective controls; while the polyphenol oxidase and sucrose invertase activities were 1.25 and 2.13 times of their controls, respectively. It was suggested that the corn straw bio-reactor be beneficial to rehabilitate replant soil.

Keywords: Straw bio-reactor, Microflora, Soil enzymes, Watermelon, Replant soil

保护地栽培是一种通过人为改变环境条件,使作物生产不受季节性限制,保证农产品周年供应的生产方式。一般保护地生产相对于露地生产来说具有高投入、高产、高回报、连作障碍发生严重等特点^[1-2],连作障碍则是当前保护地可持续稳定生产的主要限制因子。业已表明,土传病害是造成连作障碍的主导因素^[3]。因此,探索减轻作物土传病害的途径,对于控制连作障碍是十分必要的。有证据表明,施加绿肥、堆肥等能增加土壤有机质含量、减少部分病原微生物数量^[4-5]。大量试验结果表明,应用秸秆生物反应堆技术不仅能有效提高地温,增加 CO₂ 浓度,还可以增加土壤有机质含量,提高作物产量和品质^[6-7]。然而,秸秆生物反应堆技术修复连作土壤与减轻保护地连作障碍方面的微生物效应缺乏了解。秸秆生物反应堆技术是环境友好农业技术措施之一,在循环农业、生态农业、可持续安全生产等方面具有重要的现实意义^[8-10]。本试验旨在通过评价秸秆生物反应堆技术增加土壤有机质和其他矿质养分含量、土壤微生物数量以及土壤酶活性的效应,初步探索该技术修复连作土壤的效应。

1 材料与方 法

样地为山东省即墨市刘家庄镇大棚西瓜种植基地,已推广秸秆生物反应堆技术 60 hm²。于 2006 年 1 月和 2007 年 1 月,采用内置式铺设玉米秸秆,在小行位置顺南北方向挖一条略宽于小行宽度,宽 60 cm-80 cm、深 20 cm-25 cm 的沟,把完整玉米秸秆填入沟内,铺匀、踏实(填放秸秆高度为 30 cm,南北两端让部分秸秆露出地面,以利于往沟里通氧气),然后把用麦麸拌好的秸秆生物发酵菌种(山东省秸秆生物工程技术研究中心研制生产)均匀地撒在秸秆上,每公顷菌种用量为 120 kg。轻轻拍打秸秆,让部分菌种撒入下层,覆土 15 cm-20 cm。2007 年 1 月中旬定植西瓜,在定植前 10-15 d,在大行内

浇水湿透秸秆,水面高度达到垄高的 2/3 即可,以免垄土板结。

该茬西瓜 6 月下旬收获后,深翻土壤,使腐烂的秸秆基本均匀分布,于 9 月 5 日定植秋冬茬西瓜。于 2008 年 1 月西瓜拉秧后采集土样。分别选择连作年限为 2、4、8 年和 2007 年使用秸秆生物反应堆的连作 2、4、8 年以及 2006、2007 年连续 2 年使用秸秆生物反应堆的连作 8 年的西瓜大棚各 3 栋,采用 5 点取样法,采集西瓜根围 0-20 cm 耕层土壤,将采集土样混匀后,一部分用于测定微生物种类与数量,一部分风干保存用于测定土壤酶活性。

土壤 pH 值采用 pH 计(PHSJ-3F)测定;土壤有机质的测定用重铬酸钾容量法;土壤速效氮的测定采用碱解扩散法;土壤速效磷的测定采用钼锑抗比色法;土壤速效钾的测定用醋酸铵-火焰光度计法^[11]。土壤微生物数量的测定采用平板稀释计数法。牛肉膏蛋白胨培养基用于细菌分离培养;PDA(马铃薯蔗糖)培养基(每 10 mL 培养基中加 0.03%链霉素 1 mL,以抑制细菌和放线菌的生长)用于真菌分离培养;高氏 1 号合成培养基(每 300 mL 培养基中加入 3%重铬酸钾 1 mL,以抑制细菌和霉菌生长)则用于放线菌^[12]。湿筛-蔗糖离心法分离丛枝菌根(AM)真菌孢子并测定其孢子数量^[13]。

土壤蛋白酶活性用茚三酮比色法、多酚氧化酶用重铬酸钾比色法、蔗糖酶活性用 3,5-二硝基水杨酸比色法、过氧化氢酶用高锰酸钾滴定法测定^[14]。

2 结果与分析

2.1 秸秆生物反应堆对土壤养分及 pH 值的影响

随着连作年限增加,土壤有机质含量降低,使用秸秆生物反应堆后,土壤有机质含量显著高于各自连作年限的对照,在使用秸秆生物反应堆的处理中,以 2006、2007 年连续 2 年使用秸秆生物反应堆

的 8 年连作处理, 土壤有机质含量最高。土壤速效氮、磷、钾含量随种植年限增加出现逐渐积累的现象, 而 2006、2007 年连续 2 年使用秸秆生物反应堆的 8 年连作土壤速效氮、磷含量低于 8 年连作土壤对照; 随连作年限的增加, 土壤 pH 值呈现逐渐降低趋势, 使用秸秆生物反应堆之后, pH 值升高(表 1)。

表 1 秸秆生物反应堆对西瓜连作土壤养分含量和 pH 的影响

Table 1 Effects of straw bio-reactor on nutrient contents and pH in watermelon replant soil

处理 Treatments	pH	速效氮 Available N ($\mu\text{g/g}$)	速效磷 Olsen-P ($\mu\text{g/g}$)	速效钾 Available K ($\mu\text{g/g}$)	有机质 Organic matter (%)
T1	7.1 c	108.57 e	113.48 g	169.83 f	1.33 e
T2	7.3 a	107.62 e	116.74 f	165.72 g	1.87 b
T3	7.0 d	124.02 d	129.76 d	186.50 e	1.19 f
T4	7.2 b	124.68 d	147.77 a	188.50 d	1.69 c
T5	6.7 f	166.07 b	142.76 b	293.60 c	1.09 g
T6	6.8 e	186.02 a	139.52 c	333.40 a	1.63 d
T7	7.0 d	145.40 c	123.25 e	295.40 b	2.41 a

注: 同列数据后不同小写字母表示 $P < 0.05$ 水平差异显著。T1: 连作 2 年土壤; T2: 连作 2 年 + 1 年秸秆生物反应堆; T3: 连作 4 年土壤; T4: 连作 4 年 + 1 年秸秆生物反应堆; T5: 连作 8 年土壤; T6: 连作 8 年 + 1 年秸秆生物反应堆; T7: 连作 8 年 + 2 年秸秆生物反应堆。下同。

Note: Different little letters mean significant different at the $P < 0.05$ level. T1: Two-year replant soil; T2: Two-year replant soil + one-year straw bio-reactor; T3: Four-year replant soil; T4: Four-year replant soil + one-year straw bio-reactor; T5: Two-year replant soil; T6: Eight-year replant soil + one-year straw bio-reactor; T7: Eight-year replant soil + 2-year straw bio-reactor. The same as below.

2.2 秸秆生物反应堆对西瓜连作土壤微生物数量的影响

随着连作年限增加, 细菌数量逐渐减少, 土壤放线菌数量增加, 土壤中 AM 真菌的孢子密度迅速降低, 其他土壤真菌数量先减少后增加。使用秸秆生物反应堆后, 土壤真菌、细菌、放线菌数量均显著增加。与对照相比, 使用秸秆生物反应堆处理土壤细菌数量成倍增加。其中, 连作 8 年 2006、2007 年连续 2 年使用秸秆生物反应堆的处理, 土壤细菌数量为连作 8 年对照的 5 倍(图 1); 8 年连作土壤中 AM 真菌孢子密度仅为 2 年连作土壤中的 1/3。使用秸秆生物反应堆后, 土壤中 AM 真菌孢子密度明显提高; 连作 8 年 2007 年使用秸秆生物反应堆的处理 AM 真菌孢子密度为连作 8 年对照的 2.5 倍(图 2)。

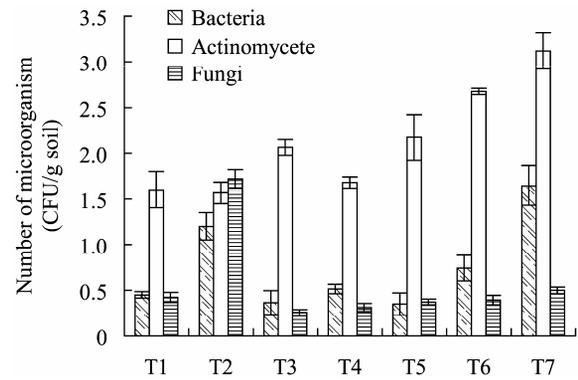


图 1 秸秆生物反应堆对西瓜连作土壤微生物数量的影响

Fig. 1 Effects of straw bio-reactor on microorganism populations in watermelon replant soil

Note: Number of bacteria: $\times 10^8$; Number of actinomycete: $\times 10^6$; Number of fungi: $\times 10^5$.

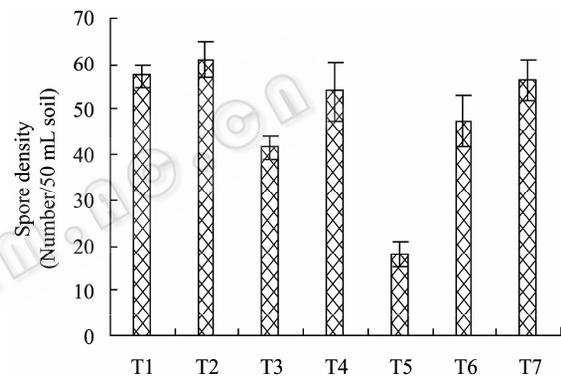


图 2 秸秆生物反应堆对 AM 真菌孢子密度的影响

Fig. 2 Effects of straw bio-reactor on AM fungal spore density

表 2 秸秆生物反应堆对西瓜连作土壤酶活性的影响
Table 2 Effects of straw bio-reactor on enzyme activities in watermelon replant soils

处理 Treatments	过氧化氢酶 CAT (mL/g)	蔗糖酶 Saccharase (mg/g)	多酚氧化酶 PPO (mg/g)
T1	1.62 c	18.63 e	0.865 d
T2	1.89 a	24.60 c	1.054 a
T3	1.59 c	16.15 f	0.754 e
T4	1.62 c	19.15 d	0.875 cd
T5	1.54 c	14.60 g	0.745 e
T6	1.14 d	33.60 a	0.895 c
T7	1.72 b	31.05 b	0.933 b

2.3 秸秆生物反应堆对土壤酶活性的影响

如表 2 所示, 随连作年限增加, 土壤多酚氧化酶、蔗糖酶活性均显著降低。使用秸秆生物反应堆后, 土壤多酚氧化酶、蔗糖酶活性显著提高, 2006、2007 年连续 2 年使用秸秆生物反应堆的 8 年连作处

理土壤多酚氧化酶、过氧化氢酶和蔗糖酶活性, 分别是 8 年连作对照的 1.25、1.12 和 2.13 倍。

3 讨论

保护地连作会导致土壤养分失衡、有机质含量降低、微生物多样性变减差、酶活性降低、土壤酸化^[8,15]。本试验同样观察到这一变化趋势, 但在使用玉米秸秆生物反应堆 1-2 年后, 这一状况得到明显改善。秸秆含有大量营养物质, 其分解过程中会缓慢向土壤释放有机质和矿物质^[16], 土壤养分增加, pH 升高, 土壤质量明显得到改善。另一方面, 秸秆生物反应堆由于增加了土壤有机质含量, 提高了土壤温度、水分等, 为土壤微生物的发生发展创造了有利条件; 同时, 秸秆发酵菌肥自身含有大量的有益土壤微生物, 有利于改善土壤微生物结构, 增加土壤微生物数量。而土壤微生物是土壤酶重要来源之一, 土壤微生物的增加, 有利于提高土壤酶的活性^[8]。研究表明土壤酶直接参与土壤中物质的转化及养分的释放和固定过程, 与土壤肥力状况密切相关^[17]。使用秸秆生物反应堆之后土壤蔗糖酶和多酚氧化酶活性提高, 这对有效提高土壤养分转化和利用效率, 减少土壤中一些毒素的积累具有积极作用。连作 8 年 2007 年使用秸秆生物反应堆 1 年土壤过氧化氢酶活性降低。这可能与使用秸秆生物反应堆之后, 增加了土壤有机质及速效氮的含量, 反而抑制了它的活性有关^[18]; 8 年连作 2006、2007 年连续 2 年使用秸秆生物反应堆的土壤速效氮含量低于连作 8 年 2007 年使用秸秆生物反应堆的处理, 这与连续使用秸秆生物反应堆之后改善了土壤理化性状增加了作物养分吸收有关^[8]。

为了单一追求高产量, 农民向土壤施入过量化学肥料, 导致土壤速效氮、磷、钾含量随种植年限增加出现逐渐积累的现象, 本研究支持了前人的研究结果^[19]。因此, 在合理使用秸秆生物反应堆技术的同时, 辅助测土配方施肥等农业措施也是十分必要的。

据报道, 土壤中施加堆肥能刺激微生物活性, 增强其对养分的竞争, 而尖镰孢菌对养分竞争敏感^[20], 有可能抑制由尖镰孢菌引起的病害^[21]。使用秸秆生物反应堆之后, 土壤微生物活性提高, 可能

会增强其与土壤病原菌之间在空间及养分上的竞争, 减轻病害的发生。关于秸秆生物反应堆对西瓜尖镰孢菌的抑制作用有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 贺丽娜, 梁银丽, 高静, 等. 连作对设施黄瓜产量和品质及土壤酶活性的影响. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2008, **36**(5): 155-159.
- [2] Hao ZP, Wang Q, Christie P, *et al.* Autotoxicity potential of soils cropped continuously with watermelon. *Allelopathy*, 2006, **18**(2): 111-120.
- [3] 王汉荣, 王连平, 茹水江, 等. 浙江省设施蔬菜连作障碍成因初探. 浙江农业科学, 2008(1): 82-84.
- [4] Manici LM, Caputo F, Babini V. Effect of green manure on *Pythium* spp. population and microbial communities in intensive cropping systems. *Plant and Soil*, 2004(263): 133-142.
- [5] Cotxarrera L, Trillas-Gay MI, Steinberg C, *et al.* Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress *Fusarium wilt* of tomato. *Soil Biology and Biochemistry*, 2002(34): 467-476.
- [6] 李建忠. 秸秆生物反应堆技术对温室黄瓜质量的影响. 安徽农学通报, 2008, **14**(2): 31-32.
- [7] 张同兴, 韩丽娟, 祝军岐. 内置式秸秆生物反应堆技术在大棚西瓜上的应用试验初报. 陕西农业科学, 2008(1): 48-49.
- [8] 赵萌, 李敏, 王森焱, 等. 西瓜连作对土壤主要微生物类群和土壤酶活性的影响. 微生物学通报, 2008, **35**(8): 1251-1254.
- [9] 俞景权, 杜尧舜. 蔬菜设施栽培可持续发展中的连作障碍问题. 沈阳农业大学学报, 2000, **31**(1): 124-126.
- [10] Timothy CP, Richard RB. Biological control in greenhouse systems. *Annual Review of Phytopathology*, 2001(39): 103-133.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 农业出版社, 2000: 268-282.
- [12] 赵斌, 何绍江. 微生物学试验. 北京: 科学出版社, 2002: 23-54.
- [13] 刘润进, 陈应龙. 菌根学. 北京: 科学出版社, 2007: 388.
- [14] 关松荫, 张德生. 土壤酶及其研究法. 北京: 农业出版社, 1986: 45-60, 294-323.
- [15] 吴凤芝, 王学征. 设施黄瓜连作和轮作中土壤微生物群落多样性的变化及其与产量品质的关系. 中国农业科学, 2007, **40**(10): 2274-2280.

- [16] 沙涛, 程立忠, 王国华, 等. 秸秆还田对植烟土壤中微生物结构和数量的影响. 中国烟草科学, 2000(3): 40-42.
- [17] 张宪武. 中国土壤微生物学今后的发展. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1993: 13-24.
- [18] 马云华, 魏珉, 王秀峰. 日光温室连作黄瓜根区微生物区系及酶活性的变化. 应用生态学报, 2004, 15(6): 1005-1008.
- [19] 赵风艳, 吴凤芝, 刘德. 大棚菜地土壤理化特性的研究. 土壤肥料, 2000(2): 11-13.
- [20] Alabouvette C. *Fusarium wilt* suppressive soils from the Châteaurenard region: review of a 10-year study. *Agronomie*, 1986, 6(33): 273-284.
- [21] Serra-Wittling C, Houot S, Alabouvette C. Increased soil suppressiveness to *Fusarium wilt* of flax after addition of municipal solid waste compost. *Soil Biology & Biochemistry*, 1996, 9(28): 1207-1214.

征订启事

2010年部分生物、农林类学术期刊联合征订表

刊物名称	邮发代号	刊期	年价(元)	网址	E-mail
大豆科学	14-95	双月刊	60	http://ddkx.periodicals.net.cn/gyjs.asp?ID=4606693	dadoukx@sina.com
动物学研究	64-20	双月刊	150	www.zoores.ac.cn	zoores@mail.kiz.ac.cn
动物学杂志	2-422	双月刊	210	http://dwxzz.ioz.ac.cn	journal@ioz.ac.cn
激光生物学报	42-194	双月刊	120	www.jgswxb.net	jgswxb@hunnu.edu.cn
菌物学报	2-499	双月刊	480	http://journals.im.ac.cn/jwxtcn	jwxt@im.ac.cn
昆虫学报	2-153	月刊	420	www.insect.org.cn	kcxb@ioz.ac.cn
昆虫知识	2-151	双月刊	150	www.ent-bull.com.cn	entom@ioz.ac.cn
林业科学	82-6	月刊	300	www.linyekexue.net	linykx@forestry.ac.cn
人类学学报	2-384	季刊	100	www.ivpp.ac.cn	acta@ivpp.ac.cn
山地农业生物学报	66-66	双月	100	http://web.gzu.edu.cn/jou/jou	Sd.xb@163.com
生命科学	4-628	月刊	360	www.lifescience.net.cn	cbis@sibs.ac.cn
生物工程学报	82-13	月刊	780	http://journals.im.ac.cn/cjbcn	cjb@im.ac.cn
生物技术通报	18-92	月刊	300	http://swjstb.periodicals.net.cn/gyjs.asp?ID=4615630	biotech@mail.caas.net.cn
生物技术通讯	82-196	双月	150	http://swtx.chinajournal.net.cn	swtx@263.net
生物信息学	14-14	季刊	48	http://xxsw.chinajournal.net.cn	cjbioinformatics@yahoo.cn
微生物学报	2-504	月刊	660	http://journals.im.ac.cn/actamicrocn	actamicro@im.ac.cn
微生物学通报	2-817	月刊	576	http://journals.im.ac.cn/wsxtbcn	tongbao@im.ac.cn
武汉植物学研究	38-103	双月刊	180	http://whzwxjy.cn	editor@rose.whioib.ac.cn
畜牧兽医学报	82-453	月刊	240	www.xmsyxb.com	xmsyxb@263.net
遗传	2-810	月刊	600	www.chinagene.cn	yczz@genetics.ac.cn
遗传学报	2-819	月刊	600	www.jgenetgenomics.org	jgg@genetics.ac.cn
营养学报	6-22	双月刊	108	http://yyxx.chinajournal.net.cn	yyxx@chinajournal.net.cn
云南植物研究	64-11	双月刊	150	http://journal.kib.ac.cn	bianji@mail.kib.ac.cn
植物遗传资源学报	82-643	双月刊	120	www.zwyczy.cn	Zwyczyxb2003@sina.com Zwyczyxb2003@163.com
中国农业科学 (中文版)	2-138	半月刊	1188	www.ChinaAgriSci.com	zgnykx@mail.caas.net.cn
中国农业科学 (英文版)	2-851	月刊	432	www.ChinaAgriSci.com	zgnykx@mail.caas.net.cn
中国实验动物学报	2-748	双月刊	120	www.calas.org.cn	A67761337@126.com
中国生态农业学报	82-973	双月刊	210	www.ecoagri.ac.cn	editor@sjziam.ac.cn
中国生物工程杂志	82-673	月刊	960	www.biotech.ac.cn	biotech@mail.las.ac.cn
中国水产科学	18-250	双月刊	180	www.fishseichina.com	zgsekx@cafs.ac.cn
中国水稻科学	32-94	双月刊	90	www.ricesci.cn	cjrs@263.net
作物学报	82-336	月刊	600	www.chinacrops.org/zwxzb	xbzw@chinajournal.net.cn