

doi:10.11937/bfyy.20164964

## 生物菌肥对土壤生态环境改良效果

焦永刚<sup>1</sup>, 郭敬华<sup>1</sup>, 董灵迪<sup>1</sup>, 杨玉波<sup>1</sup>, 胡 栋<sup>2</sup>, 石琳琪<sup>1</sup>

(1. 河北省农林科学院 经济作物研究所, 河北 石家庄 050051; 2. 河北省农林科学院 遗传生理研究所, 河北 石家庄 050051)

**摘 要:**以黄瓜、甜椒和茄子为试材,通过高温闷棚与施用生物菌肥处理,研究土壤微生物种群数量变化,比较分析施用生物菌肥后不同作物产量及品质的变化,探讨土壤改良的效果成因及生物菌肥对作物的产量和品质影响。结果表明:土壤通过高温闷棚处理,有害微生物菌落数量降低,有助于减小因土壤带菌引起的土传病害发病机率。土壤施用生物菌肥后,有益菌在作物生长中后期对土壤微生物菌落结构进行了有效调整,明显提高了根际土壤细菌和放线菌数量,同时降低了真菌数量,有效防止土壤真菌的形成,缓解了土壤连作障碍,达到土壤生态改良目的,并提高了果实产量,改善了果实品质。与未施肥相比,施用生物菌肥后,黄瓜、甜椒和茄子的后期产量分别提高了7.68%、5.54%、0.59%。施用生物菌肥还提高了果实维生素C、可溶性糖、可溶性蛋白质含量以及果实糖酸比,降低了硝酸盐含量。

**关键词:**土壤改良;生物菌肥;产量;品质

**中图分类号:**S 144

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-0009(2017)13-0135-05

设施栽培中由于连续多年大量施用化学肥料,造成土壤板结,肥力下降,土壤次生盐渍化,导致生态失衡,土地生产能力下降<sup>[1]</sup>。实施有效的土壤改良技术能对土壤起到很好的修复作用。土壤改良技术主要有土壤结构改良、盐碱地改良、酸化土壤改良、土壤科学耕作和治理土壤污染。众多的土壤修复技术中,添加土壤修复剂是一种既有效又环保的方法。目前,生态农业和绿色食品日益受到大众消费者的青睐,微生物菌肥作为农业生产的一类重要肥源和土壤修复剂,更是受到了人们的重视,并且已经在番茄、草莓、玉米、香梨等多种作物上得到广泛应用<sup>[2-5]</sup>,同时,微生物菌

肥对设施蔬菜栽培的土壤盐渍化及连作障碍具有一定的修复功能<sup>[6-8]</sup>。

微生物菌肥是一种或数种有益微生物细菌经发酵而成的无毒害无污染生物性肥料<sup>[9-11]</sup>,肥料含有益微生物菌群、活性酶、有机质及多种微量元素,能明显改善设施栽培土壤的理化性状<sup>[12]</sup>,保护环境,促进植物生长,增加产量和提高品质<sup>[13-16]</sup>,是发展绿色生态农业的高科技新型肥料<sup>[17]</sup>。该试验在明确土壤障碍主要成因基础上,通过高温闷棚与施用生物菌肥处理,研究土壤微生物种群数量变化及生物菌肥对作物的产量和品质影响,旨在明确生物菌肥对土壤生态改良的效果及原理,达到解决设施蔬菜土壤连作障碍的目的,提高设施蔬菜的产量及品质。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

供试材料为短把密刺型黄瓜品种“满田7021”,圆茄品种“茄优一号”,方灯笼形青椒品种“冀研108”。黄瓜、茄子、辣椒均在经过高温闷

**第一作者简介:**焦永刚(1977-),男,河北石家庄人,硕士,副研究员,现主要从事设施蔬菜栽培等研究工作。E-mail:15831193233@163.com.

**责任作者:**石琳琪(1962-),女,河南嵩县人,本科,研究员,现主要从事设施蔬菜栽培等研究工作。E-mail:shilin-qil13@163.com.

**基金项目:**河北省科技攻关资助项目(15226904D);河北省现代农业产业技术体系资助项目(HBCT2013050203)。

**收稿日期:**2017-02-09

棚<sup>[18]</sup>处理后的塑料大棚内进行种植。

生物菌肥由河北省农林科学院遗传生理研究所提供,菌肥核心功能菌是链霉菌 TOR3209。前期基因组测序<sup>[19]</sup>和田间试验<sup>[20]</sup>表明 TOR3209 具有改善作物根系生态环境的作用。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 高温闷棚前后土壤微生物含量情况调查

2015年7月3日大棚蔬菜拉秧后高温闷棚处理,处理前对土壤多点取样。25 d后同样位置多点取样检测土壤微生物菌落数量。比较高温闷棚对土壤微生物种群数量的影响。高温闷棚方法(湿闷棚法):选择夏季雨水较少的7—8月农闲时间,对塑料大棚进行全封闭无死角覆盖处理,将棚室内的土壤进行充分灌水,利用水的导热能力高于土的特性闷棚<sup>[21]</sup>。充分利用太阳直射光,使棚内快速升温,地温达到40℃以上,空气温度达60℃左右,可达到高温灭菌目的。

### 1.2.2 应用生物菌肥对土壤生态环境改良效果试验

试验设3个区,每区定植1种蔬菜,每小区定植8行,去除两边保护行,以中间6行做处理试验。3行为处理1:不施用生物菌肥;另3行为处理2:施用生物菌肥。生物菌肥用量:每行以栽培茄子100 g·株<sup>-1</sup>为标准沟施,即每行为5 kg。黄瓜每行定植50株,株行距33 cm×80 cm,处理1和处理2各240株;甜椒每行定植50株,株行距33 cm×80 cm,处理1和处理2各240株;茄子每行定植30株,株行距50 cm×80 cm,处理1和处理2各150株。每行长27 m。整个大棚统一施用有机肥与化肥作为底肥,有机肥为“金太阳”牌有机肥(每袋40 kg,每个小区10袋);另外每小区

施用15:15:15的NPK三元复合肥15.5 kg。

## 1.3 项目测定

### 1.3.1 作物不同时期土壤菌落数量变化情况调查

作物定植后分别于苗期、中期、后期对土壤根际土土壤进行取样调查,3次取样时间平均间隔为30 d,用平板计数法(活菌计数法)统计各种微生物菌落数量,比较3个小区菌肥处理和未施菌肥处理的土壤菌落数量的变化情况。

### 1.3.2 统计产量

统计并比较高温闷棚处理后施用生物菌肥与不施用菌肥对蔬菜产量的影响。

## 1.4 数据分析

利用DPS软件,采用邓肯氏新复极差法进行数据的方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 高温闷棚前后土壤微生物菌落数量变化

由表1可以看出,高温闷棚处理后土壤菌类细菌、放线菌、真菌数量均降低,其中细菌和放线菌数量降低了2个数量级,分别为 $3.80 \times 10^4$ 、 $3.23 \times 10^3$  cfu·g<sup>-1</sup>。真菌也从 $9.32 \times 10^4$  cfu·g<sup>-1</sup>降低至 $3.80 \times 10^3$  cfu·g<sup>-1</sup>。土壤微生物菌落对于改良土壤有一定帮助,对于作物栽培则并不是必须的。土壤通过高温闷棚处理,使微生物菌落数量降低,杀死各种病原菌,对作物植株起到保护作用,降低因土壤带菌引起的土传病害发病率。后期蔬菜栽培可以通过施用有益微生物肥的方式活化土壤,促进根系发育和营养吸收,增强作物生长势提高产量。

表1 高温闷棚前后土壤微生物菌落变化

Table 1 Changes of soil microbial biomass before and after high-temperature sealing treatment cfu·g<sup>-1</sup>

处理 Treatment	细菌总数 Total number of bacteria	放线菌总数 Total number of actinomycetes	真菌总数 Total number of fungi
闷棚前 Before the stuffy shed	$2.30 \times 10^6$	$2.22 \times 10^5$	$9.32 \times 10^4$
闷棚后 After the stuffy shed	$3.80 \times 10^4$	$3.23 \times 10^3$	$3.80 \times 10^3$

### 2.2 应用生物菌肥对土壤菌落数量和菌落比例构成的影响

由表2可知,黄瓜和茄子在苗期施生物菌肥

处理的真菌总数大于未施肥处理的真菌数量,分别为 $8.00 \times 10^4$ 、 $9.97 \times 10^4$  cfu·g<sup>-1</sup>,明显高于未施用生物菌肥真菌数量,但中后期施肥处理的真

菌总数明显降低,均低于未施肥土壤的真菌总数,且施用生物菌肥的黄瓜和茄子,生长后期和苗期相比,黄瓜由  $8.00 \times 10^4 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$  降低为  $9.02 \times 10^3 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ ,茄子由  $9.97 \times 10^4 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$  降低为  $6.98 \times 10^3 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ ,真菌数量明显降低一个数量级,说明生物菌肥在作物生长中后期对于土壤微生物群落的结构调整起到了重要作用,明显降低了真菌数量,提高了土壤细菌和放线菌数量,有效防止了真菌土壤的形成。甜椒土壤真菌数量的变化表现不明显。

表 2 不同处理下作物不同时期土壤菌落数量变化

Table 2		Changes of soil microbial biomass in different period of crops under different treatments									cfu · g <sup>-1</sup>
作物种类	处理	细菌总数 Total number of bacteria			放线菌总数 Total number of actinomycetes			真菌总数 Total number of fungi			
Crop species	Treatment	苗期	中期	后期	苗期	中期	后期	苗期	中期	后期	
黄瓜	施肥	$5.30 \times 10^5$	$1.83 \times 10^6$	$1.20 \times 10^6$	$1.03 \times 10^4$	$1.74 \times 10^4$	$2.55 \times 10^4$	$8.00 \times 10^4$	$1.67 \times 10^3$	$9.02 \times 10^3$	
Cucumber	未施肥	$3.15 \times 10^5$	$8.88 \times 10^5$	$1.04 \times 10^6$	$1.53 \times 10^4$	$1.50 \times 10^4$	$1.54 \times 10^4$	$5.37 \times 10^3$	$4.12 \times 10^3$	$1.26 \times 10^4$	
茄子	施肥	$8.60 \times 10^4$	$5.51 \times 10^5$	$6.61 \times 10^5$	$1.34 \times 10^4$	$7.60 \times 10^3$	$1.93 \times 10^4$	$9.97 \times 10^4$	$5.39 \times 10^3$	$6.98 \times 10^3$	
Eggplant	未施肥	$4.67 \times 10^5$	$4.65 \times 10^5$	$8.47 \times 10^5$	$1.26 \times 10^4$	$1.44 \times 10^4$	$2.11 \times 10^4$	$5.53 \times 10^3$	$6.56 \times 10^3$	$9.52 \times 10^3$	
甜椒	施肥	$5.46 \times 10^5$	$4.81 \times 10^5$	$5.27 \times 10^5$	$1.44 \times 10^4$	$1.28 \times 10^4$	$1.88 \times 10^4$	$8.90 \times 10^3$	$5.80 \times 10^3$	$1.23 \times 10^4$	
Pepper	未施肥	$5.40 \times 10^5$	$5.27 \times 10^5$	$9.91 \times 10^5$	$1.39 \times 10^4$	$1.44 \times 10^4$	$6.52 \times 10^4$	$3.16 \times 10^4$	$4.99 \times 10^3$	$3.81 \times 10^4$	

由表 3 可知,施用生物菌肥较未施肥相比,在 3 种蔬菜生长中期和后期,根际细菌/真菌比例呈增大趋势,以黄瓜、茄子中后期变化最为明显。黄瓜中期和后期根际细菌/真菌比例为 1 095.808 4 和 133.037 7,茄子为 102.226 3 和 94.699 1,甜椒生长后期比例为 42.845 5,均明显高于未施肥。

蔬菜连作后土壤微生物结构会逐渐发生变化,呈现细菌减少真菌增多趋势,与连作障碍的严重程度呈正相关。上述结果说明,采用高温闷棚,结合施用功能菌肥可有效缓解土壤菌群不平衡现象,细菌增多,真菌减少。

表 3 不同处理下根际土壤细菌/真菌比例

Table 3		Ratio of bacteria and fungi in rhizosphere soil under different treatments		
作物品种	处理	苗期	中期	后期
Crop species	Treatment	Seedling stage	Medium-stage	Later stage
黄瓜	施肥	6.625 0	1 095.808 4	133.037 7
Cucumber	未施肥	58.659 2	215.534 0	82.539 7
茄子	施肥	0.862 6	102.226 3	94.699 1
Eggplant	未施肥	84.448 5	70.884 1	88.970 6
甜椒	施肥	61.348 3	82.931 0	42.845 5
Pepper	未施肥	17.088 6	105.611 2	26.010 5

2.3 应用生物菌肥后,不同蔬菜的产量及品质

由表 4 可知,3 种蔬菜施用菌肥处理的产量均比未施用菌肥处理有所增加。黄瓜、甜椒和茄子前期增长率分别为 1.37%、12.31%、3.24%,后期增长率分别为 7.68%、5.54%、0.59%。由此可看出,黄瓜最终产量增长率大于前期产量的增长率,甜椒和茄子前期产量增长率大于最后产量增长率,说明生物菌肥对黄瓜增产作用有延后效应,对甜椒和茄子来说,前期的增产效果明显。且最终增产效果最高的是黄瓜,其次是甜椒,对茄子的增产效果不大。说明这种生物菌肥比较适合

黄瓜和甜椒设施栽培。

茄果类蔬菜果实中的维生素 C、可溶性糖、可溶性固形物、可溶性蛋白质、硝酸盐含量及糖酸比是反映蔬菜品质的重要指标。由表 5 可知,施用生物菌肥可显著改善茄果类蔬菜果实的品质。与未施肥相比,施用生物菌肥后黄瓜、茄子、甜椒维生素 C 含量分别提高了 40.4%、18.7%、32.4%;可溶性糖含量分别提高了 1.4%、7.0%、7.9%;硝酸盐含量分别降低了 6.8%、18.0%、6.3%;可溶性蛋白质含量分别提高了 1.8%、16.8%、10.7%。糖酸比均有增加。

表 4 不同处理下不同作物前期和最终产量比较

Table 4 Comparison of different crops' early yield and final yield under different treatments  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 

处理 Treatment	前期产量 Pre-production			最终产量 Final-production		
	黄瓜 Cucumber	甜椒 Pepper	茄子 Eggplant	黄瓜 Cucumber	甜椒 Pepper	茄子 Eggplant
施肥 Fertilization	27 063	14 525	31 522	41 964	35 116	50 599
未施肥 No fertilization	26 698	12 933	30 532	38 970	33 272	50 302
相对增产率 Relative yield increase rate/%	1.37	12.31	3.24	7.68	5.54	0.59

表 5 不同处理下不同作物果实品质比较

Table 5 Comparison of different crops' fruit quality under different treatments

作物种类 Crop species	处理 Treatment	维生素 C Vitamin C $/(\text{mg} \cdot (100\text{g})^{-1})$	可滴定酸 Titratable acid /%	可溶性糖 Soluble sugar $/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	硝酸盐 Nitrate $/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	可溶性蛋白质 Soluble protein $/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	可溶性固形物 TSS /%	糖酸比 Sugar-acid ratio
黄瓜 Cucumber	施肥	11.13	0.15	32.84	246.48	0.58	3.51	23.40
	未施肥	7.93	0.16	32.38	264.44	0.57	3.33	20.81
茄子 Eggplant	施肥	7.29	0.19	406.86	380.23	1.11	4.31	22.72
	未施肥	6.14	0.18	380.30	463.44	0.95	4.09	22.68
甜椒 Pepper	施肥	26.91	0.36	271.64	495.05	0.31	4.63	12.86
	未施肥	20.33	0.34	251.78	528.25	0.28	4.21	12.38

### 3 结论与讨论

生物菌肥是在有机、无机复混肥的基础上接种有效微生物而生产的一种肥料,具有促进作物生长,预防病害的作用,在蔬菜生产中已得到广泛应用<sup>[22-23]</sup>。在自然环境中放线菌可通过产生植物激素和植物生长抑制剂,调整土壤的微生态环境,对提高植物抗性和抑制土传植物病菌具有重要作用<sup>[24]</sup>。

该试验中,高温闷棚作为土壤生态改良的辅助技术措施,对土壤的菌落构成起到了很好改善作用,高温闷棚处理后土壤的菌类细菌、放线菌、真菌数量均降低,降低因土壤带菌引起的土传病害发病机率,对作物植株起到保护作用。

该试验通过施用生物菌肥进一步改善土壤生态环境,效果较好。施用生物菌肥后,在不同作物的生长后期土壤细菌和放线菌数量较作物生长前期有不同程度的增多,真菌数量相对在后期减少。说明施用生物菌肥在作物生长中后期对于土壤微生物群落的结构调整起到了重要的作用,明显降低了真菌数量,提高了土壤放线菌数量,有效防止了土壤真菌的形成,有利于作物产量增加和品质改善。

施用生物菌肥后,黄瓜、甜椒和茄子的后期产量分别增长了 7.68%、5.54%、0.59%。增产效

果最高的是黄瓜,其次是甜椒,茄子增产效果不明显。说明这种生物菌肥比较适合黄瓜和甜椒设施栽培。同时,施用生物菌肥还提高了果实维生素 C、可溶性糖、可溶性蛋白质含量以及果实糖酸比,降低了硝酸盐含量。

### 参考文献

- [1] 辛雅芬. 球毛壳菌生物菌肥对草莓生长和品质的影响[J]. 南方农业学报, 2013, 44(7): 1145-1149.
- [2] 李玉华, 许前欣, 李明悦, 等. 微生物菌肥对库尔勒香梨产量、品质的影响[J]. 天津农业科学, 2006, 12(2): 48-50.
- [3] 李保会, 李青云, 李建军, 等. 复合微生物菌肥对连作草莓产量和品质的影响[J]. 河北农业科学, 2007, 11(1): 15-17.
- [4] 许前欣, 李玉华, 何宗均. 微生物肥料对新疆特色作物产量和品质的影响[J]. 天津农业科学, 2002, 8(1): 23-26.
- [5] 靖凯, 邓林军, 侯志研, 等. “富靠奇”微生物菌肥对玉米生长发育及产量的影响[J]. 农业科技与装备, 2011(2): 33-34.
- [6] 宋家清, 郑秀社, 张庆国, 等. 活性微生物菌肥对滨海盐碱土改良的影响[J]. 北方园艺, 2010(18): 53-55.
- [7] 李自刚, 王新民, 刘太宇, 等. 复合微生物菌肥对怀地黄连作障碍修复机制研究[J]. 湖南农业科学, 2008(5): 62-65.
- [8] 宋玉珍, 安志刚, 张玉红, 等. 活性微生物菌肥在大庆苏打盐碱地造林中的应用[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(7): 17-19.
- [9] 梁如玉, 傅淡如, 李登煜. 水稻施用几种菌肥的根际效应和增产效果[J]. 土壤肥料, 1994(3): 31-33.
- [10] 朱永光, 杨柳, 张火云, 等. 微生物菌剂的研究与开发现状[J]. 四川环境, 2004, 23(3): 5-8.
- [11] 吴建峰, 林先贵. 我国微生物肥料研究现状及发展趋势[J]. 土壤, 2002(2): 68-72.

- [12] 王立伟,王明友. 生物菌肥对番茄连作土壤质量及根结线虫病的影响[J]. 河南农业科学, 2014, 43(4): 51-55.
- [13] 赵贞,杨延杰,林多,等. 微生物菌肥对日光温室黄瓜生长发育及产量品质的影响[J]. 中国蔬菜, 2012(18): 149-153.
- [14] 吴建新,王幼珊,左强. 接种丛枝菌根真菌对草莓基质育苗生长及果实品质的影响[J]. 北方园艺, 2011(15): 49-50.
- [15] 蔡艳华,王连君,王雨娟,等. 不同配方酵素菌肥对草莓产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(26): 14300-14301.
- [16] 申光辉,申光辉,薛泉宏,等. 硅酸钾与密旋链霉菌 Act12 菌剂配施对连作草莓生长、果实产量及品质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(3): 315-321.
- [17] 靳莉君,王景华,黄国俊,等. 生物菌肥对红富士苹果生长、产量和品质的效应研究[J]. 山西农业科学, 2004, 32(1): 46-48.
- [18] 河北省质量技术监督局. 高温闷棚土壤消毒技术规程: DB 13/T 1418-2011[S]. 河北:河北标准出版社, 2011.
- [19] HU D, LI X Z, CHANG Y L, et al. Genome sequence of *Streptomyces* sp. TOR3209, a rhizosphere microecology regulator isolated from tomato rhizosphere[J]. Journal of Bacteriology, 2012, 194(6): 1627.
- [20] 胡栋,屈雅莉,张翠绵,等. 多功能链霉菌生物肥对老龄梨树长势和根际与内生可培养细菌的影响[J]. 生物技术进展, 2014, 4(1): 36-39.
- [21] 刘宝敬,周俊英,严德全. 鸡粪发酵在干法高温闷棚中的改良应用[J]. 长江蔬菜, 2011(3): 44-45.
- [22] 龙明华,于文进,唐小付,等. 复合微生物肥料在无公害蔬菜栽培上的效应初报[J]. 中国蔬菜, 2002(5): 4-6.
- [23] 李元芳. 微生物肥料及其在蔬菜上的应用[J]. 中国蔬菜, 2001(5): 1-3.
- [24] 贾雨,贾丽苑,黄建新. 放线菌对植物病害防治作用及应用[J]. 西安文理学院学报(自然科学版), 2012, 15(3): 6-10.

## Effect of Biological Fertilizer on Improving Soil Ecological Environment

JIAO Yonggang<sup>1</sup>, GUO Jinghua<sup>1</sup>, DONG Lingdi<sup>1</sup>, YANG Yubo<sup>1</sup>, HU Dong<sup>2</sup>, SHI Linqi<sup>1</sup>

(1. Institute of Cash Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang, Hebei 050051; 2. Institute of Genetics and Physiology, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang, Hebei 050051)

**Abstract:** Taking cucumber, eggplant and pepper as test materials, through high-temperature sealing treatment technology and application of biological fertilizer, the changes of microbial populations in soil was studied the changes of different crop yield and quality by adding biological fertilizer was compared and analyzed, the causes of the effect on soil improvement and effects of biological fertilizer on crop yield and quality were explored. The results showed that the number of harmful microorganisms decreased in the soil by high-temperature sealing treatment, which helped to reduce the incidence of soil borne disease caused by soil borne disease. Taking the initiative to add biological fertilizer in soil, which contain beneficial bacterium could effectively adjust the structure of colony in crop growth later period, the number of bacteria and actinomycetes in rhizosphere soil was significantly increased, and the number of fungi was decreased, it could effectively prevent the formation of fungal soil, alleviate the continuous cropping obstacles, reach the goal of soil ecological improvement, and improve the yield of the fruit, and improve the quality of the fruit. The final production of cucumber, pepper and eggplant increased by 7.68%, 5.54% and 0.59% respectively. At the same time, application of biological fertilizer also increased the contents of vitamin C, soluble sugar, soluble protein and sugar acid ratio of fruit, and reduced the content of nitrate.

**Keywords:** soil improvement; biological fertilizer; yield; quality