

# 不同生产模式对土壤微生物种群数量的影响

赵佳佳<sup>1</sup> 李 季<sup>2</sup> 杜相革<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100193; 2. 中国农业大学 资源与环境学院,北京 100193)

**摘要:** 本研究试验地位于中国农业大学曲周试验站,于2002年3月开始按照有机、绿色和常规3种不同生产模式进行温室蔬菜长期试验研究。本试验分别于2009年1月18日、4月5日、7月11日、10月11日4次,分别在0~20 cm和20~40 cm土层按S取样法取样,采用常规平板培养和菌落计数方法测定土壤微生物的数量,旨在揭示不同管理方式土壤微生物数量和动态变化,为有机农业生产中的土壤管理提供依据。研究结果表明:有机管理方式明显促进土壤细菌数量的增长。其中,在0~20 cm土层中4~10月细菌数量变化为有机处理>常规对照,且在4月份和10月份达到显著水平;在20~40 cm土层:细菌的数量表现为有机处理>绿色处理、有机处理>常规对照,4~10月份有机处理细菌数量与常规对照有显著差异。有机管理方式明显促进土壤放线菌数量的增长。在0~20 cm和20~40 cm土层中,4~10月份放线菌数量变化为有机处理>绿色处理>常规对照,在0~20 cm土层,有机处理和常规对照之间有显著性差异;20~40 cm土层,10月份有机处理和常规对照达到显著水平。有机管理方式明显减少土壤真菌的数量。在0~20 cm土层,真菌数量变化为有机处理<绿色处理<常规对照,10月份有机处理和常规对照达到显著性水平;20~40 cm土层真菌数量变化趋势与0~20 cm土层真菌的数量变化趋势相反。

**关键词:** 有机处理; 绿色处理; 常规对照; 土壤微生物; 数量

中图分类号: S154.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2011)增刊-0220-05

## Dynamics of Soil Microbial Community in the Experiment of Organic , Green and Conventional Vegetable Production Systems

ZHAO Jia-jia<sup>1</sup> , LI Ji<sup>2</sup> , DU Xiang-ge<sup>1</sup>

(1. College of Agriculture and Biotechnology ,China Agricultural University ,Beijing 100193 ,China; 2. College of Resources and Environmental Science ,China Agricultural University ,Beijing 100193 ,China)

**Abstract:** This study is a long-term trial of greenhouse vegetables production under three different treatments: organic ,green and conventional ,began in March 2002 in Quzhou Experimental Station of China Agricultural University. Soils were sampled in 0-20 cm and 20-40 cm layer four times in January ,April ,July and October 2009. To reveal the number and dynamic changes of soil microorganisms under different managements ,conventional plate culture and colony counting method were used to determine the number of soil microorganisms. The results showed that: Organic management significantly increased the number of soil bacteria. The number of bacteria in the organic treatment is more than that in conventional control ,and the number of bacteria reached a significant level in April and October in 0-20 cm soil layer. The number of bacteria in the organic management is more than that in green management and conventional control ,and the number of bacteria reached a significant level in April ,July and October in 20-40 cm soil layer. Organic management significantly increased the number of soil actinomycetes. Among three managements ,the number of actinomycetes is the most in the organic management and the least in the conventional control in the 0-20 cm and 20-40 cm soil layer. In the 0-20 cm soil layer ,the number of actinomycetes reached a significant level between the organic management and conventional control in April ,July and October. In the 20-40 cm soil layer ,the number of actinomycetes reached a significant level between the organic management and conventional control in October. Organic management significantly reduced the number of soil fungi. Among

收稿日期: 2011-03-16

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目资助(2006BAD05B09)

作者简介: 赵佳佳(1986-),女,河南洛阳人,在读硕士,主要从事有机农业技术研究。

通讯作者: 赵相革(1964-),男,北京人,教授,博士,主要从事有机农业技术研究。

three managements ,the number of fungi is the least in the organic management and the most in the conventional control in the 0 – 20 cm soil layer ,the number of fungi reached a significant level between the organic management and conventional control in October. Compared with the 0 – 20 cm soil layer ,the trend is opposite in the 20 – 40 cm soil layer.

**Key words:** Organic management; Green management; Conventional control; Soil microorganisms; Number

蔬菜是人们日常生活中不可缺少的植食性食品,长期以来人们在其生产过程中过分依赖化肥和农药,只重视其产量效应,忽视对环境的负面影响和食品安全,对农业生态环境和人类健康构成了潜在的威胁<sup>[1]</sup>。蔬菜生产迫切需要建立可持续的替代技术及生产模式<sup>[2]</sup>。有机蔬菜栽培是一种禁止使用化学合成的肥料、农药、生长调节剂等物质的环境友好型种植方式<sup>[3]</sup>,因此,有机、绿色蔬菜种植模式越来越受到人们的重视,并且作为一种促进蔬菜持续健康发展的有力手段。有机农业长期定位研究最早始于1978年瑞士Therwil进行的生物动力和生物有机肥与常规和不施肥比较的长期定位试验<sup>[4]</sup>,此后从20世纪90年代开始其他一些有机长期定位试验开始在欧洲和北美陆续建立起来<sup>[5]</sup>,我国在建立农业长期定位试验方面起步较晚。在以往的研究中,国内外学者一直强调以土壤的理化特性作为持续性指标,主要是用于研究农田尺度的水分和养分循环,并且把长期施肥对土壤肥力和作物产量的影响作为研究中的主要方向<sup>[6]</sup>,缺乏对农田多个生态过程的综合研究<sup>[7]</sup>。近些年来,由于认识到微生物在整个生态系统中的重要功能,已经有愈来愈多的注意力集中到用土壤微生物参数来估计土壤的健全性和质量<sup>[8-9]</sup>,土壤生物学指标能敏感地反映土壤质量的变化,是土壤质量评价指标体系的重要组成部分<sup>[10]</sup>,土壤中微生物结构、数量及分布是综合评价土壤生态环境质量的一项重要指标。本试验以中国蔬菜主要生产模式日光温室栽培生产为研究对象,

采用常规平板培养和菌落计数的方法,比较分析有机、绿色和常规3种不同生产管理方式对保护地土壤微生物群落的影响,为建立一套科学的土壤健康评价指标和进行有机农业生产提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

本试验为有机蔬菜生产试验,于2002年3月开始于中国农业大学曲周实验站<sup>[11]</sup>。试验在3个日光温室中进行,每个温室东西长52 m,南北宽7 m,占地面积约0.04 hm<sup>2</sup>。温室土壤为盐化潮褐土,试验前为多年菜田,试验前土壤基础养分状况、蔬菜种植和农事操作分别见表1~3。

1.2 试验设计

试验设3个处理,分别是:有机生产模式:不施用任何化学肥料、农药和激素类物质,采用有机肥(堆肥和鸡粪)及生物防治。绿色生产模式:遵照绿色蔬菜生产标准进行生产。常规生产模式:采用常规施肥、施药及栽培管理技术。

1.3 试验方法

本试验分别于2009年1月18日、4月5日、7月11日、10月11日4次,分别在0~20 cm和20~40 cm土层取样,取样方法为每个日光温室分为3个小区,每个小区按S取样,5个点作为一个混合土样,样品在运输过程中使用冰块降温,回到实验室后立即放入-80℃超低温冰箱保存<sup>[12,13]</sup>。

表1 试验前土壤基础养分状况

Tab. 1 Nutrients content before planting in Solar Greenhouse

处理 Treatments		有机质 /( g/kg) Organic matter	全氮 /( g/kg) Total N	全磷 /( g/kg) Total P	速效 K /( mg/kg) Available K	碱解 N /( mg/kg) Alkaline hydrolytic N	速效 P /( mg/kg) Available P
常规	0 ~ 20 cm	18.93	1.36	2.22	212.83	128.38	163.05
CON	20 ~ 40 cm	8.75	0.74	1.08	135.28	47.66	48.75
绿色	0 ~ 20 cm	15.25	1.19	1.24	364.28	95.35	81.68
LOW	20 ~ 40 cm	7.13	0.68	0.79	131.18	34.95	39.42
有机	0 ~ 20 cm	16.63	1.17	1.38	257.30	101.28	139.13
ORG	20 ~ 40 cm	9.60	0.77	1.04	129.30	40.43	33.03

表 2 温室种植作物茬口安排

Tab.2 Cropping patterns in the Solar Greenhouse

作物编号 Code of crop	作物 Crops	生长周期 Growing period	作物编号 Code of crop	作物 Crops	生长周期 Growing period
1	黄瓜	2002. 9. 1 – 2002. 12. 9	9	芹菜	2006. 11. 23 – 2007. 2. 12
2	番茄	2003. 3. 8 – 2003. 7. 8	10	番茄	2007. 3. 21 – 2007. 6. 30
3	芹菜	2003. 10. 15 – 2004. 1. 18	11	黄瓜	2007. 9. 21 – 2008. 1. 22
4	番茄	2004. 2. 5 – 2004. 6. 23	12	番茄	2008. 3. 14 – 2008. 6. 25
5	黄瓜	2004. 8. 25 – 2004. 12. 5	13	茴香	2008. 10. 21 – 2009. 1. 7
6	番茄	2005. 3. 1 – 2005. 6. 20	14	番茄	2009. 3. 14 – 2009. 7. 15
7	黄瓜	2005. 9. 5 – 2005. 12. 26	15	番茄	2009. 9. 25 – 2009. 12
8	番茄	2006. 3. 2 – 2006. 6. 20			

表 3 有机、绿色和常规生产模式下养分投入、农药施用及灌溉情况

Tab.3 Average input of nutrients pesticides and irrigations under the three different farming systems

处理 Treatments	N/ ( kg/hm <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / ( kg/hm <sup>2</sup> )	K <sub>2</sub> O/ ( kg/hm <sup>2</sup> )	每年喷药次数 Pesticides application times	施用量 /( kg/hm <sup>2</sup> )	每年灌溉 次数 Irrigation times	灌溉量/mm Irrigation amount
常规 CON	861.50	327.00	281.25	20	29.10	8	390
绿色 LOW	783.63	300.60	859.87	10	9.15	8	390
有机 ORG	889.75	387.19	1 282.24	0	0	8	390

称取 10 g 土壤样品 ,加入灭菌的装有 90 mL 去离子水的三角瓶中 ,迅速封口 ,在振荡器上震荡 20 min ,使土样与水充分混合 ,得到土壤母液;取悬浊液经一系列倍比稀释后 ,分别吸取 0.1 mL 悬液均匀涂布细菌计数培养基、马丁氏培养基和改良的高氏 I 号培养基对土壤中细菌、真菌和放线菌进行计数。每稀释度 3 次重复。将高氏 I 号培养基平板和马丁氏培养基平板倒置于 28℃ 恒温箱中培养 ,细菌计数培养基平板倒置于 37℃ 恒温箱中培养 ,接种 2d 后对细菌菌落计数 ,8 d 后对放线菌菌落计数 ,3 d 对真菌菌落计数<sup>[14,15]</sup>。

1.4 数据分析

数据经过 Excel 2003 和 SPSS v. 17.0 软件进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 三种生产模式对不同土层细菌数量的影响

生产模式对 0 ~ 20 cm 土层土壤细菌的数量有着显著的影响。从图 1-A 可见 4 次不同取样时间 3 种模式土壤细菌数量变化不一致 ,但在 4 ,7 ,10 月 3

个月份样品细菌数量有机处理 > 常规对照 ,4 月份和 10 月份样品具有显著性差异。有机处理、绿色处理和常规 0 ~ 20 cm 土层细菌数量表现为 ,1 月份样品: 常规对照 > 有机处理 > 绿色处理 ,处理之间没有显著性差异;4 月份样品: 绿色处理 > 有机处理 > 常规对照 ,有机处理和常规对照、绿色处理和常规对照之间有显著性差异 ,有机处理和绿色处理之间没有显著性差异;7 月份样品: 有机处理和绿色处理之间有显著性差异;10 月份样品: 有机处理 > 绿色处理 > 常规对照 ,两两之间有显著性差异。

由图 1-B 可见: 20 ~ 40 cm 土层细菌的数量表现为有机处理 > 绿色处理、有机处理 > 常规对照 ,除 1 月份样品之外 ,有机处理和常规对照之间有显著性差异。有机处理、绿色处理和常规对照 20 ~ 40 cm 土层细菌数量表现为 ,1 ,7 月份样品: 有机处理 > 常规对照 > 绿色处理;4 ,10 月份样品: 有机处理 > 绿色处理 > 常规对照。其中 4 月份样品和 10 月份样品细菌数量变化 0 ~ 20 cm 土层和 20 ~ 40 cm 土层变化一致。

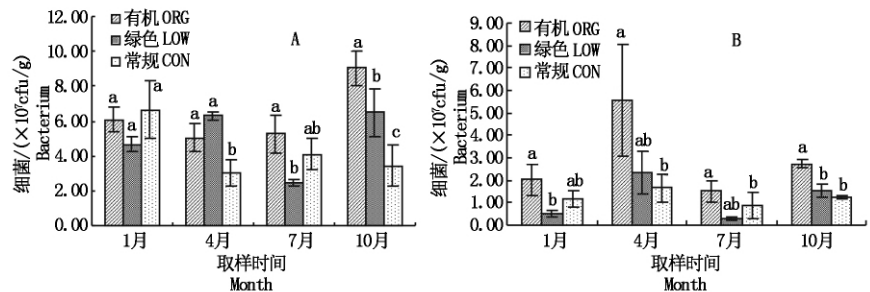


图 1 不同生产模式 0 ~ 20 cm (A) 和 20 ~ 40 cm (B) 土层细菌的数量变化

Fig.1 Dynamic of 0 - 20 cm and 20 - 40 cm soil bacterium under different treatment

## 2.2 三种生产模式对土壤放线菌数量的影响

由图 2-A 可见, 生产模式对 0~20 cm 土层土壤放线菌的数量有很大的影响。4 次不同取样时间下 3 种模式土壤放线菌数量变化除 1 月份样品外, 都表现为有机处理的放线菌数量最多, 其次是绿色处理, 常规对照最少, 有机处理和常规对照之间有显著性差异。0~20 cm 土层土壤放线菌数量表现为, 1 月份样品: 绿色处理 > 常规对照 > 有机处理, 它们之间没有显著性差异; 4 月份样品: 有机处理 > 绿色处理 > 常规对照, 有机处理和常规对照、绿色处理和常规对照之间有显著性差异; 7 月份样品: 有机处理 > 绿色处理 > 常规对照, 有机处理和常规对照之间有

显著性差异, 有机处理和绿色处理、绿色处理和常规对照之间没有显著性差异; 10 月份样品: 有机处理 > 绿色处理 > 常规对照, 两两之间有显著性差异。

由图 2-B 可见, 20~40 cm 土层放线菌数量变化与 0~20 cm 土层放线菌数量变化一致, 1 月份样品: 绿色处理 > 常规对照 > 有机处理, 有机处理和常规对照、有机处理和绿色处理之间有显著性差异; 4 月份、7 月份、10 月份样品都表现为有机处理 > 绿色处理 > 常规对照, 10 月份样品有机处理和常规对照、有机处理和绿色处理之间有显著性差异, 其余各个月份样品有机处理、绿色处理和常规对照之间没有显著性差异。

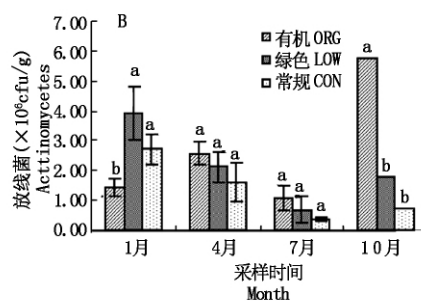
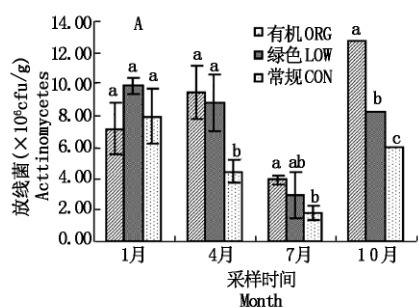


图 2 不同生产模式 0~20 cm (A) 和 20~40 cm (B) 土层放线菌的数量变化

Fig. 2 Dynamic of 0~20 cm and 20~40 cm soil actinomycetes under different treatment

## 2.3 三种生产模式对土壤真菌数量的影响

由图 3-A 可见, 0~20 cm 土层四次不同取样时间下三种模式土壤真菌数量变化一致, 都表现为有机处理的真菌数量最少, 其次是绿色处理, 常规对照最多。有机处理、绿色处理和常规对照 0~20 cm 土层土壤真菌数量表现为, 1 月、7 月份样品: 常规对照 > 绿色处理 > 有机处理, 它们之间没有显著性差异; 10 月份样品: 常规对照 > 绿色处理 > 有机处理, 有机处理和常规对照之间有显著性差异, 有机处理和绿色处理、绿色处理和常规对照之间没有显著性差异。

异。

由图 3-B 可见, 20~40 cm 土层土壤真菌数量变化与 0~20 cm 土层土壤真菌的数量变化相反, 表现为有机处理 > 绿色处理 > 常规对照。1 月份样品有机处理和常规对照、有机处理和绿色处理之间有显著性差异; 4 月份样品有机处理、绿色处理和常规对照三者之间都有显著性差异; 7 月份样品有机处理、绿色处理和常规对照之间没有显著性差异; 10 月份样品有机处理和常规对照、绿色处理和常规对照之间有显著性差异。

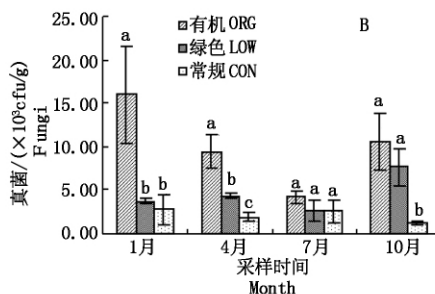
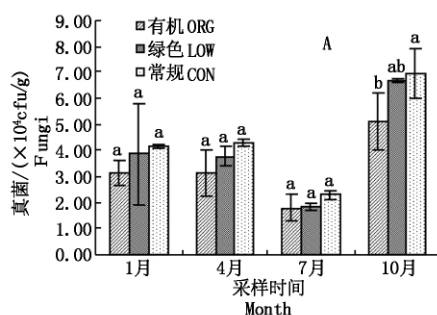


图 3 不同生产模式 0~20 cm (A) 和 20~40 cm (B) 土层真菌的数量变化

Fig. 3 Dynamic of 0~20 cm and 20~40 cm soil fungi under different treatment

## 3 讨论

通过施用有机肥维持了土壤表层和深层的肥力, 创造了有利于微生物生长的环境条件。一些研

究结果也表明施有机肥的各类土壤中微生物数量均远远超过单施化肥的土壤<sup>[16]</sup>。土壤施用有机肥比化肥有更高的微生物活性<sup>[17,18]</sup>。Witter 等<sup>[19]</sup>在长达 30 年的肥料试验田上的研究表明, 长期施用

有机肥或有机物料等,土壤中微生物量提高。Ebhin等<sup>[20]</sup>的研究结果也表明,长期施用有机肥或有机无机肥料配施可以提高土壤细菌、真菌和放线菌的数量。

本试验结果表明,有机农业生产方式促进了土壤细菌数量的增加,不仅可以促进表层土壤(0~20 cm)微生物的数量,而且对深层土壤(20~40 cm)微生物数量也有明显的促进作用,这对改善土壤肥力和土壤活性具有重要的意义。0~20 cm和20~40 cm土层放线菌数量变化趋势表现为有机处理的放线菌数量最多,其次是绿色处理,常规对照最少,这说明有机生产方式可以增加土壤耕作层的放线菌数量。而放线菌的一部分是土传病原菌的拮抗菌。姚圣梅等<sup>[21]</sup>的研究结果表明放线菌含量较高的蔬菜大棚,发病较轻,并推测可能的原因是放线菌大多能产生抗菌素,一方面能刺激植物生长,提高其抗病力,另一方面能拮抗病原微生物,使之活力下降、数量减少。因此,有机的生产方式可能促进土壤拮抗微生物数量的增加,进而对于保持土壤健康具有重要的意义。有机生产方式可以减少0~20 cm耕作层的真菌数量。真菌的数量与土传病害的发生密切相关,绝大多数的农业病害的病原都是真菌。因此有机农业生产方式可能减轻土壤病原真菌的数量。

在本试验中,1月份3种生产模式0~20 cm土壤中细菌数量没有显著性差异,这是因为土壤微生物数量变化与营养供应和温度变化有关,由于1月份地温较低,营养的转化效率也比较低,转化的营养首先要满足植物的生长。由于温度和营养条件的不利,细菌和放线菌不能进行大量的繁殖,而具体的原因有待进一步的研究。

综上所述,有机生产方式可以增加耕作层土壤细菌和放线菌的数量,减少表层土壤真菌的数量,从而有利于提高土壤的健康水平。

#### 参考文献:

- [1] 马文奇,毛达如,张福锁. 山东大棚蔬菜施肥中存在的问题及对策[M]. 北京:中国农业大学出版社,1999.
- [2] 席运官. 中国有机蔬菜,怎么样和怎么办?(下)[J]. 蔬菜,2006,2:1-3.
- [3] 杜相革,肖兴基,李显军,等. 有机农业在中国[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2006:2-55.
- [4] Mäder P,Flie ß bach A,Dubois D *et al.* Soil fertility and biodiversity in organic farming[J]. Science,2002,296:1694-1697.
- [5] 解永利. 有机、绿色与常规日光温室蔬菜生产定位试验比较研究[D]. 北京:中国农业大学,2008.
- [6] 孙波,朱兆良,牛栋. 农田长期生态过程的长期试验研究进展与展望[J]. 土壤,2007,39(6):849-854.
- [7] 梁丽娜. 有机、绿色和常规温室蔬菜生产土壤硝态氮累积和微生物学特性的季节变化[D]. 北京:中国农业大学,2008.
- [8] Warentin B P. The concept of soil quality[J]. Journal of Soil, Land and Water Conservation,1995,50:226-228.
- [9] Mersi W,Schinner F. An improved and accurate method for determining the dehydrogenase activity of soils with io-donitrotetrazolium chloride[J]. Biology and Fertility of Soils,1991,11:216-220.
- [10] 孙波,赵其国,张桃林,等. 土壤质量与持续环境. III. 土壤质量评价的生物学指标[J]. 土壤,1997,29(5):225-234.
- [11] 梁丽娜,李季,杨合法,等. 不同蔬菜生产模式对日光温室土壤质量的影响[J]. 农业工程学报,2009,25(8):186-191.
- [12] 姚槐应,黄昌勇. 土壤微生物生态学及其实验技术[M]. 北京:科学出版社,2006:110-150.
- [13] 鲍士旦等. 土壤农化分析[M]. 第3版. 北京:中国农业出版社,2008:1-24.
- [14] 周茂繁编著. 植物病原真菌属分类图索[M]. 上海:上海科技出版社,1989:3-89.
- [15] 沈萍,范秀容,李广武. 微生物学实验[M]. 第3版. 北京:高等教育出版社,2005:2-99.
- [16] Benhamou R,Chet I. Parasitism of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* by *Trichoderma harzianum*: ultrastructural and cytochemical aspects of the interaction[J]. Phytopathology,1996,86:405-416.
- [17] Kirckner M J,Wollum A G II,King L D. Soil microbial population and activities in reduced chemical input agro ecosystem[J]. Soil Sci Am Soc,1993,57,1289-1295.
- [18] Marinari S,Masciandaro G,Ceccanti B *et al.* Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties[J]. Bioresour Technol,2000,72:9-17.
- [19] Witter E,Martnsson A M,Garica F V. Size of the soil microbial biomass in a long term experiment as affected by different N-fertilizers and organic manures[J]. Soil Biology and Biochemistry,1993,25:659-669.
- [20] Ebhin Mastro R,Chhonkar P K,Dhyan Singh, *et al.* Changes in soil biological and biochemical characteristics in a long-term field trial on a sub-tropical inceptisol[J]. Soil Biology and Biochemistry,2006,38(7):1577-1582.
- [21] 姚圣梅,杨晓红,郑雪虹,等. 蔬菜大棚土壤微生物种类及数量的初步研究[J]. 华中农业大学学报,1997,16(4):347-350.