

## EM 堆肥对土壤生物影响的研究\*

阳文锐<sup>1</sup> 李维炯<sup>2\*\*</sup> 陈展<sup>1</sup>

(1.中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室 北京 100085;  
2.中国农业大学资源与环境学院 北京 100094)

**摘要** 长期定点施用 EM 堆肥试验结果表明:EM 有机堆肥能提高土壤细菌、真菌、放线菌数量;相同有机物料投入水平下,EM 堆肥处理的微生物总量最高;随着有机物料投入水平的降低,土壤微生物数量下降;施用 EM 能提高土壤微生物活性,增加微生物的分布密度。施用 EM 堆肥土壤蚯蚓数量均显著高于其他施肥处理。EM 堆肥各处理平均土壤螨虫数量高,但在相同的有机物料投入水平下,差异不显著。在大部分作物生长期,施 EM 15t/hm<sup>2</sup> 处理与化肥处理和对照处理土壤生物总量差异显著。

**关键词** EM 堆肥 土壤微生物 土壤动物 蚯蚓 螨虫

**Effect of EM compost on soil organisms.** YANG Wen-Rui<sup>1</sup>, LI Wei-Jiong<sup>2</sup>, CHEN Zhan<sup>1</sup> (1. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2. College of Natural Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094, China), *CJEA*, 2007, 15(6): 88~91

**Abstracts** An experiment on winter wheat and summer maize with different fertilizer treatments was conducted to study the effect of Effective Microorganism(EM)compost on soil organisms. The results show that EM compost increases soil bacteria, fungi, and actinomycete counts. Total number of microbe of EM compost is highest among all the treatments with the same organic matter application. Meanwhile, EM compost enhances microbial activity and density. In EM compost plots, soil earthworm counts are significantly higher than in all other plots. Equally, the average soil mite counts in EM compost plots are higher than those in all other plots, but the count difference gets insignificant with the same levels of organic matter input. In most of the growth periods, an obvious difference of soil organism amount exists between EM compost treatment(15t/hm<sup>2</sup>) and chemical fertilizer treatment or CK treatment. EM compost improves soil productivity.

**Key words** EM compost, Soil microorganism, Soil animal, Earthworm, Soil mite

(Received March 22, 2006; revised July, 7, 2006)

土壤动物对植物凋落物的分解起着积极作用。土壤动物的取食活动及排泄物为微生物创造条件,促进了微生物的扩散和繁殖,促进有机物的分解。同时,可将速效养分以新的有机物形式存储起来,显著地影响土壤理化性质<sup>[1]</sup>。土壤微生物是土壤生态系统中的主要组成部分,是生态系统的分解者,也是物质循环和能量交换的承担者,因而是衡量土壤肥力的重要指标<sup>[2]</sup>。微生物群体不断进行新老更替,分解外界物质和有机体,吸收无机养分,合成自身物质,并向外界释放代谢产物,赋予土壤肥力和生产力<sup>[3]</sup>。

EM(Effective Microorganisms)即有效微生物群,是以光合细菌、乳酸菌、酵母菌和放线菌为主的 10 个属几十种微生物复合培养而成的新型微生物活菌制剂。自 20 世纪 80 年代初成功研制 EM 以来,EM 已在日本、美国、巴西、中国等 60 多个国家和地区成功推广和应用<sup>[4,12]</sup>。EM 技术主要包括叶面喷施 EM 液、土壤施用 EM 堆肥和土壤施用固体 EM<sup>[5]</sup>等技术。目前有关 EM 堆肥的研究主要集中在土壤养分和作物产量方面,对其在作物生长过程中对土壤生物影响的研究较少。故本研究在长期定位试验基础上,探讨了 EM 堆肥对冬小麦和夏玉米生长发育期土壤生物特性的影响,以期 EM 肥技术应用推广提供理论依据。

### 1 试验材料和方法

试验于 2004 年在位于河北省曲周县的中国农业大学曲周试验站进行,供试土壤为改良后的盐化潮土,

\* 国家“十五”科技攻关课题(96220910D)资助

\*\* 通讯作者

收稿日期:2006-03-22 改回日期:2006-07-07

土壤基础肥力基本相同。试验用EM堆肥原料为麦秸秆、玉米秸秆、畜禽粪、棉仁饼、糠麸、红糖及EM原液,传统堆肥原料除不加红糖及EM原液,其余原料与EM堆肥相同。将经过筛选的原料充分混匀后,分别按传统堆肥方法和EM微生物工程技术进行堆制发酵制成堆肥。

试验为自1993年开始的连续10年的EM堆肥定位试验。试验设EM堆肥 $15\text{t}/\text{hm}^2$ (I)、传统堆肥 $15\text{t}/\text{hm}^2$ (II)、EM堆肥 $7.5\text{t}/\text{hm}^2$ (III)、传统堆肥 $7.5\text{t}/\text{hm}^2$ (IV)、化肥(V,尿素 $0.6\text{t}/\text{hm}^2$ 、碳铵 $1.125\text{t}/\text{hm}^2$ 、过磷酸钙 $1.125\text{t}/\text{hm}^2$ )、未施肥(CK,仅用EM稀释液浸种),共7个处理,随机区组排列,重复3次,小区面积 $10.5\text{m}\times 3\text{m}$ ,按当地水平统一管理。冬小麦播种前分别按上述施肥处理施入肥料。

在冬小麦和夏玉米各生长发育期用土钻取土测定表层 $0\sim 20\text{cm}$ 的土壤微生物数量,测定方法为平板计数法<sup>[6]</sup>,其中细菌用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基培养,真菌用马丁氏培养基培养,放线菌用淀粉铵盐培养基培养。在测定土壤微生物量的同时,取土测定螨虫数量,用土钻取 $0\sim 20\text{cm}$ 耕层土壤 $250\text{g}$ ,混合后的样品分别用Tullgren漏斗收集土壤螨虫,每样收集48h,将收集到的土壤螨虫放在75%的酒精中保存,计数。每个季节测定一次土壤蚯蚓数量,取土样方为 $0.5\text{m}\times 0.5\text{m}$ ,深度为 $0\sim 20\text{cm}$ ,用徒手分离直接计数。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理对土壤微生物数量的影响

从表1可以看出,EM堆肥处理I的细菌数量比传统堆肥处理II的平均细菌数量高11.9%,处理III比传统堆肥处理IV平均细菌数量高21.6%。在小麦生长后期(5月8日)EM处理和传统堆肥处理差异显著。处理I比化肥处理V和CK平均细菌数量分别高出96.4%和114.9%,差异极显著。土壤中养分的转化主要靠细菌完成,细菌比例增大加速了土壤中养分的转化,提高了养分的有效性<sup>[7]</sup>。

表1 不同施肥处理对土壤细菌数量的影响\*

Tab.1 Effects of different treatments on the abundance of soil bacteria

日期(月-日)	细菌数量/ $10^7$ 个 $\cdot\text{g}^{-1}$ Bacteria abundance					
Date	I	II	III	IV	V	CK
(month-day)						
05-08	9.17Bb	10.97Aa	8.20BCbc	7.20Cc	3.47Ee	5.17Dd
06-15	13.03ABa	13.20Aa	13.83Aa	11.23Bb	8.87Cc	6.23Dd
07-21	11.80Aa	10.13ABb	9.30BCb	7.50CDc	7.13Dc	4.80Ed
08-06	9.63Aa	8.07ABb	7.23Bb	5.30Cc	4.00CDd	3.57Dd
08-16	8.07Aa	7.13ABa	5.80Be	3.70Cd	3.63Cd	3.43Cd
09-16	6.20Aa	5.73Aab	5.13Aab	4.33ABbc	3.07Bed	2.80Bd
09-27	9.10Aa	7.13Bb	5.37Cc	4.43CDd	4.20CDd	3.60Dd
12-24	11.20Aa	7.57CDc	8.67Bb	8.50BCb	5.47Ed	6.80Dc
平均值	9.78	8.74	7.94	6.53	4.98	4.55

\* 大写字母为 $P<0.01$ ,小写字母为 $P<0.05$ ;字母相同表示差异不显著,字母不同表示差异显著,下同。

表2 不同施肥处理对土壤真菌数量的影响

Tab.2 Effects of different treatments on the abundance of soil fungi

日期(月-日)	真菌数量/ $10^5$ 个 $\cdot\text{g}^{-1}$ Fungi abundance					
Date	I	II	III	IV	V	CK
(month-day)						
05-08	1.57Aab	1.60Aa	1.37Ab	0.67Bc	0.37Cd	0.77Bc
06-15	11.40ABab	12.60Aa	9.63Bb	4.37Cc	1.50Dd	4.97Cc
07-21	37.33Bbc	66.00Aa	36.67Bbc	44.33Bb	26.67BCcd	13.67Cd
08-06	6.03ABa	4.30BCb	6.50Aa	6.30Aa	5.73ABa	3.53Cb
08-16	26.67Aa	27.33Aa	16.33Bb	10.33Bb	12.33Bb	15.67Bb
09-16	11.80Aa	10.57ABa	10.50ABab	7.67BCbc	5.27Cc	6.00Cc
09-27	10.40Aa	8.83Aa	9.80Aa	8.83Aa	4.13Bb	3.83Bb
12-24	6.80Aa	8.40Aa	3.00Bb	7.13Aa	0.83Bbc	1.50Bc
平均值	14.00	17.45	11.73	11.20	7.10	6.24

从表2可以看出,处理I的真菌数量与处理II差异不显著,处理I比处理II平均真菌数量少20%;但在有机物料和EM减量的情况下,处理III和传统堆肥处理IV在小麦苗期(12月24日)和灌浆期(5月8日)真菌数量差异极显著。处理I比处理V以及CK真菌数量高出97.2%和124.4%,达到极显著水平。

从表3可以看出,处理I比处理II放线菌平均数量高15.6%,但无显著性差异;处理III比处理IV放线菌平均数量高22.6%,在小麦生长期(12月

24日到6月17日)以及玉米生长初期(6月17日至8月16日)达显著水平;处理I比处理V和CK放线菌平均数量分别高51.8%和88.9%,达极显著水平。

比较总微生物数量,处理I比处理II高11.61%,处理III比处理IV高21.4%,处理I比处理V和CK分别高91.9%和127.0%。不同处理微生物总量表现为处理I>处理II>处理III>处理IV>处理V>CK。

表 3 不同施肥处理对土壤放线菌数量的影响  
Tab.3 Effects of different treatments on the abundance of soil actinomycete

日期(月-日) Date (month-day)	放线菌数量/ $10^6$ 个 $\cdot$ g $^{-1}$ Actinomycete abundance					CK
	I	II	III	IV	V	
05-08	11.87Aa	11.63Aa	11.33ABa	8.73BCb	7.43Cb	5.27Dc
06-15	9.20Aa	7.67ABabc	8.97Aab	6.63ABbed	5.60Bed	4.63Bd
07-21	8.80Aa	6.10Cbc	8.47ABa	6.43BCb	6.00Cbc	4.83Cc
08-06	4.00ABabc	4.30ABab	4.80Aa	3.73ABbed	3.17Bed	3.03Bd
08-16	6.70Aa	6.13ABa	5.93ABCa	4.07Cdb	4.40BCDb	3.60Db
09-16	7.97Aa	7.30ABa	7.93Aa	6.70ABCab	4.97BCbc	4.23Cc
09-27	9.00Aa	7.73Aab	8.67Aa	8.43Aab	6.77Ab	4.50Bc
12-24	11.80Aa	9.17ABCbc	9.87ABab	9.13ABCbc	7.33BCed	6.63Cd
平均值	8.67	7.50	8.25	6.73	5.71	4.59

平均数量分别高出 227% 和 580%，达极显著水平。总体表现为处理 I > 处理 III > 处理 II > 处理 IV > 处理 V > CK。土壤蚯蚓的季节变化与曹志平等 1997 年在文献[5]中报道的结果相似<sup>[5]</sup>。

研究结果表明(表 5), EM 堆肥处理 I 土壤螨虫数量比传统堆肥处理 II 高 4.7%，处理 III 比处理 IV 高 48.9%，处理 I 比处理 V 和 CK 土壤螨虫平均数量分别高 188.8% 和 90.2%。方差分析结果显示, 处理 I、II、III、IV 之间差异不显著, 但处理 I 与处理 V 和 CK 在作物大部分生长期存在显著性差异。土壤螨虫高峰期出现在 5 月、8 月和 12 月, 变化趋势和郑长英等 2002 年在该地块调查结果基本相同<sup>[8,9]</sup>。春季和秋季土壤螨虫发生高峰恰为作物生长旺盛季节, 此时作物生长需要大量营养物质, 土壤螨虫大量发生有利于土壤物质间的转换, 并起到一定的土壤疏松和培肥作用; 12 月土壤螨虫数量增加与追施肥料有关。在作物生长期土壤螨虫数量随着土壤有机物料和 EM 生物肥料增加而增加。由于 EM 能改善土壤稳定性, 利于土壤可持续供肥能力的提高, 而传统堆肥有利于土壤培肥, 因此有机肥处理比化肥处理的土壤螨虫数量高。单纯投入化肥导致土壤板结, 有机质含量下降, 土壤透水和通气能力降低, 导致土壤螨虫数量下降<sup>[8]</sup>。

表 4 不同施肥处理对土壤蚯蚓数量的影响

Tab.4 Effects of different treatments on the abundance of soil earthworm

季节 Season	蚯蚓数量/条 $\cdot$ m $^{-2}$ Earthworm abundance					CK
	I	II	III	IV	V	
春	448Aa	364ABab	408ABbc	204BCc	264Cd	96Cd
夏	440Aa	202Bab	208Abc	220De	110Cd	36Ed
秋	1082Aa	630Bb	662Bb	432Bb	294Ce	142Cd
冬	384Aa	310BCb	268Bb	182CDe	52DEc	72Ed
平均值	588.5	376.5	386.5	259.5	180	86.5

表 5 不同施肥处理对土壤螨虫的影响

Tab.5 Effects of different treatments on the abundance of soil mites

日期(月-日) Date (month-day)	土壤螨虫数量/条 $\cdot$ (100g) $^{-1}$ Soil mite abundance					CK
	I	II	III	IV	V	
05-08	27.0ABab	19.7ABbc	22.0Aa	12.0ABbc	7.0Bc	6.0Bbc
07-04	8.0Ab	8.0Ab	7.0Aab	6.7Aa	4.0Ab	5.3Aab
07-21	14.0ABa	13.3ABCa	12.0Aa	4.0BCb	2.0Cb	10.0ABCab
08-06	14.7ABab	22.7Aa	16.0ABab	9.3ABab	6.7Bb	17.3ABab
08-16	12.0ABab	8.0ABbc	17.3Aa	8.0ABbc	1.3Bc	4.0Bbc
09-16	6.7Ab	6.7Ab	6.0Ab	14.7Aa	8.0Aab	9.3Aab
09-27	20.0Aa	12.5ABab	13.3ABab	5.3ABb	3.3Bb	4.0ABb
12-24	22.7Aa	28.0Aab	18.7Aabc	14.7Aabc	11.0Abc	9.3Ac
平均值	15.6	14.9	14.0	9.4	5.4	8.2

由此可见施用 EM 堆肥, 增加了土壤微生物数量。由于土壤微生物与土壤肥力水平关系密切, 微生物活动把土壤中的自然物质不断地转化为植物可吸收的物质, 增加了土壤中可溶性氮磷钾的含量, 使作物及时得到生长所需养分<sup>[13]</sup>。

## 2.2 不同施肥处理对土壤动物数量的影响

对土壤蚯蚓数量研究结果显示(表 4), 处理 I 比处理 II 蚯蚓平均数量高 57.7%, 夏秋冬 3 季达极显著水平。处理 III 比处理 IV 蚯蚓平均数量高 49%, 春秋两季差异不显著, 夏冬差异极显著。处理 I 比处理 V 和 CK 蚯蚓

### 3 结 论

EM有机堆肥能提高土壤细菌、真菌和放线菌的数量,在相同有机物料投入水平下,比传统堆肥更有效,且对细菌作用明显,其次为放线菌和真菌。微生物总量以EM堆肥处理I最高,其次为传统堆肥处理II。随土壤有机物料的减少,土壤微生物数量逐渐下降。说明施用EM有机堆肥可提高土壤微生物活性,增加微生物分布密度。EM有机堆肥能提高土壤动物数量。土壤中蚯蚓平均数量以EM堆肥处理I和处理III最高,随土壤中有机物料投入水平的降低,蚯蚓数量逐渐下降;且呈季节性变化,各处理秋季土壤蚯蚓数量最高,其次为春季。土壤螨虫数量变化分析表明,土壤螨虫对EM有机堆肥在某种程度上不十分敏感,其数量随有机物料投入水平减少而降低,并且处理V土壤螨虫数量最低,说明化肥投入减少了土壤中螨虫数量。

EM处理的土壤生物总量最高。同小娟等<sup>[10]</sup>分析本研究试验地块土壤养分结果显示,EM能明显提高土壤有机质、全N和碱解氮含量,说明由于土壤生物的综合作用,促进了土壤中养分释放,提高了土壤肥力。土壤动物是相对稳定的、综合的环境指示因子<sup>[11]</sup>,经过EM处理土壤综合生态环境相对其他处理更优越。因此EM堆肥对改善土壤环境,提高土壤的生产能力具有很好的促进作用。

### 参 考 文 献

- 1 江丕文,昌恩梓.土壤动物研究发展概况.辽宁林业科技,1999(3):36~37
- 2 黄韶华,王正荣,朱永琦.土壤微生物与土壤肥力的关系研究初报.新疆农垦科技,1995(3):6~7
- 3 何振立.土壤微生物量及其在养分循环和环境质量评价中的意义.土壤,1997,29(2):61~69
- 4 刘江,岳寿松,戴俊英.有效微生物(EM)在我国农业持续发展中的作用.沈阳农业大学学报,1997,28(专刊):175~177
- 5 李维炯,倪永珍.EM技术应用研究.北京:中国农业大学出版社,1998.7~8
- 6 许光辉,郑元洪.土壤微生物分析手册.北京:中国农业出版社,1986
- 7 张辉,李维炯,倪永珍.生物有机无机复合肥对土壤微生物活性的影响.农村生态环境,2004,20(1):37~40
- 8 郑长英,胡敦孝,李维炯.施用EM堆肥对土壤螨群落结构的影响.生态学报,2002,22(7):1116~1121
- 9 郑长英,胡敦孝,张爱霞.以土壤螨为指标检测EM堆肥生态效应研究.莱阳农学院学报,2000,17(1):47~53
- 10 同小娟,李维炯,李俊,等.有效微生物堆肥对冬小麦生长发育的影响.农业现代化研究,2003,24(6):456~458
- 11 张雪萍.土壤动物与环境质量关系探讨.哈尔滨师范大学自然科学学报,1995,11(4):95~99
- 12 Schulz D.G. Effective Microorganisms for organic agriculture: A case study from Sri Lanka. Organic Agriculture. A Key to a Sound Development and a Sustainable Environment. San Paulo, Brazil, 1992. 152~159
- 13 Martyn R.D. Differential cross protection of watermelon Fusarium wilt by related formae specialis. Phytopathology, 1985, 75: 1304