

生物复混肥施用量对土壤微生物的影响

赵兰凤, 李华兴, 刘远金, 张丽娟, 缙武龙

(华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642)

摘要:采用平板计数法和氯仿熏蒸法,以等养分量的有机无机肥做对照,研究了生物复混肥不同施用量对玉米和油菜盆栽土壤中微生物数量及土壤微生物生物量的影响。结果表明,在作物生长的前中期,施肥量为 0.1 和 $0.2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的生物复混肥处理较等养分量的有机无机肥处理能显著增加土壤中细菌、放线菌和真菌的数量及生物量碳和生物量氮含量,在作物生长中后期可显著提高油菜盆栽土壤中生物量磷含量。

关键词:生物复混肥; 有机无机肥; 土壤微生物; 生物量

中图分类号:S144

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2008)03-0006-05

Effect of Different Dose of Compound Biofertilizer on Soil Microbes

ZHAO Lan-feng, LI Hua-xing, LIU Yuan-jin, ZHANG Li-juan, GOU Wu-long

(College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The effect of different dose of compound biofertilizer on soil microbe population and biomass was studied by plating count method and CHCl_3 fumigation-extraction method under pot cultured maize and lettuce. The results showed that the application of compound biofertilizer with 0.1 and $0.2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ could obviously increase the population of soil bacteria, actinomycetes, fungi and the soil microbial biomass C and N content in the early and middle growth stage of crops, comparing with the application of organic-inorganic fertilizer which has the same amount of nutrients. The compound biofertilizer significantly enhanced the content of soil microbial biomass P during the middle and latter growth period of the lettuce.

Key words: compound biofertilizer; organic-inorganic fertilizer; soil microbe; biomass

我国有关生物复混肥肥效方面的研究较多,其结果一致表明,生物复混肥具有增加产量、培肥土壤、提高作物品质、增强作物抗病性的作用^[1-2]。倪治华等^[3]的研究表明,施用生物复混肥可明显改善根际土壤微生物区系,显著提高土壤酶活性;张辉等^[4]的试验结果也表明,生物有机无机复混肥可显著提高土壤微生物活性,与不施肥处理比较,土壤细菌增加了165.38%,真菌增加了189.47%,放线菌增加了48.72%,总量增加了104.07%,其增加量高于化肥、有机肥、生物堆肥、有机无机复混肥处理。王艳霞等^[5]的研究结果表明,生物复混肥中的化肥用量,

尤其是氮肥用量的增加,将会抑制肥料中有益微生物的活性。本研究拟通过盆栽试验来研究生物复混肥不同施用量对土壤微生物生态的影响,为我国生物复混肥的应用和推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试土壤 采自华南农业大学资源环境学院农场的赤红壤性旱地土壤(母岩为花岗岩),其主要理化性质为:砂壤土;有机质 $19.00\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$; pH 7.66; 全 N、P、K 分别为 1.26、0.51 和 23.88

收稿日期:2007-10-33

作者简介:赵兰凤(1978—),女,助理实验师,硕士; 通讯作者:李华兴(1949—)男,教授,E-mail:huaxli@scau.edu.cn

基金项目:广东省科技计划项目(2002C2050201,2003A038,2006B20301050);广东省农业厅科技项目(粤农土肥(2004)28号);华南农业大学资源环境学院院长科学基金

$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$; 碱解 N、有效 P 和速效 K 分别为 24.7、42.7 和 91.4 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. 测定方法参照文献[6].

1.1.2 供试肥料 生物复混肥和有机无机肥. 生物复混肥是在有机无机肥的基础上添加了吸附有效微生物的蛭石, 在有机无机肥中添加等量灭菌的蛭石, 其他养分含量均不变, 有效微生物数量为 $0.26 \times 10^8 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$. 生物复混肥和有机无机肥的基本性质: 全 N、 P_2O_5 、 K_2O 的质量分数分别为 4.11%、6.28% 和 7.69%; 有机质质量分数为 18.85%; pH 7.71; 有效 P 51.1 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

1.1.3 供试作物 农大一号饲料玉米 *Zea mays* L. 和油麦菜 *Lactuca sativa* L. var. *longifolia* Lam.

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验采用盆栽的方式于 2007 年在玻璃网室中进行. 共设 7 个处理, 分别为不施肥、有机无机肥和生物复混肥, 有机无机肥和生物复混肥各设 3 个水平 N 添加量: 0.1、0.2 和 0.3 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 每个处理设 3 次重复. 试验分玉米和油麦菜 2 组进行, 每组 21 盆, 共 42 盆. 每盆装风干土(过 3 mm 筛)5 kg, 肥料作基肥 1 次施入.

1.2.2 试验管理与取样 玉米催芽后直接播种, 出齐苗后进行间苗, 每盆保留 3 棵; 油麦菜在育苗 15 d 后移入盆中, 每盆植 3 棵. 移苗 10、25、40 和 65 d 时采集土壤样本, 用于分析其基本的化学性质和微生物特性等.

1.2.3 土壤细菌、真菌、放线菌总数的测定 土壤微生物计数采用稀释平板法^[7]. 细菌培养基为: 牛肉膏蛋白胨培养基; 真菌培养基为链霉素-马丁氏孟加拉红培养基; 放线菌培养基为高氏一号培养基. 每个样本 3 次重复.

1.2.4 土壤微生物量碳、氮、磷的测定 微生物碳的测定参考中国土壤学会^[8]的方法; 微生物氮的测定参考 Cabrera 等^[9]的方法; 微生物磷的测定参考林启美^[10]的方法.

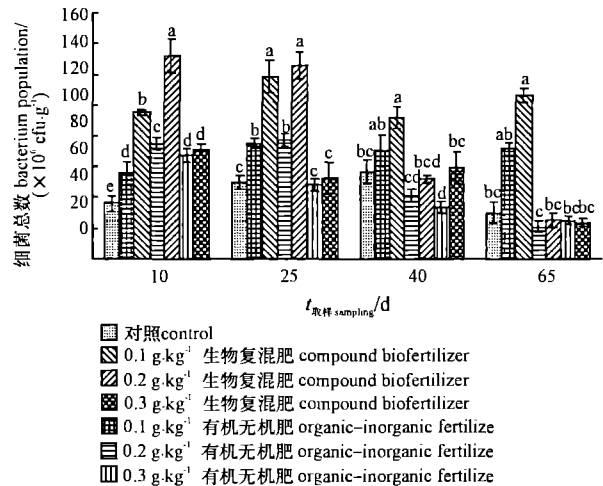
1.2.5 数据处理 用 Excel2003 和 SAS8.1 统计软件进行分析.

2 结果与分析

2.1 生物复混肥对土壤微生物数量的影响

2.1.1 对土壤细菌数量的影响 从图 1 不同取样时期细菌总数变化可以看出, 在移苗后 10 d 时, 各施肥处理的细菌总数均显著高于不施肥处理, 施 0.2 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的生物复混肥处理土壤细菌含量最高, 0.1 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 生物复混肥处理次之, 均显著高于其他处理. 第 25 d 时, 0.1 和 0.2 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的生物复混肥处理之间土壤细菌总数无显著差异, 但都仍显著高于其他处理. 第 40 和 65 d 时, 0.1 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的生物复

混肥处理的土壤细菌总数显著高于其他处理. 0.2 和 0.3 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的生物复混肥处理中土壤细菌总数下降的原因可能是无机肥用量的加大对土壤中细菌有毒害作用. 以上结果表明, 生物复混肥, 尤其是施低量生物复混肥可显著提高土壤的细菌总数.



同一取样时间小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$, Duncan's s 法)

The different small letter indicate significant differences between treatments at the same sampling time ($P < 0.05$, Duncan's method)

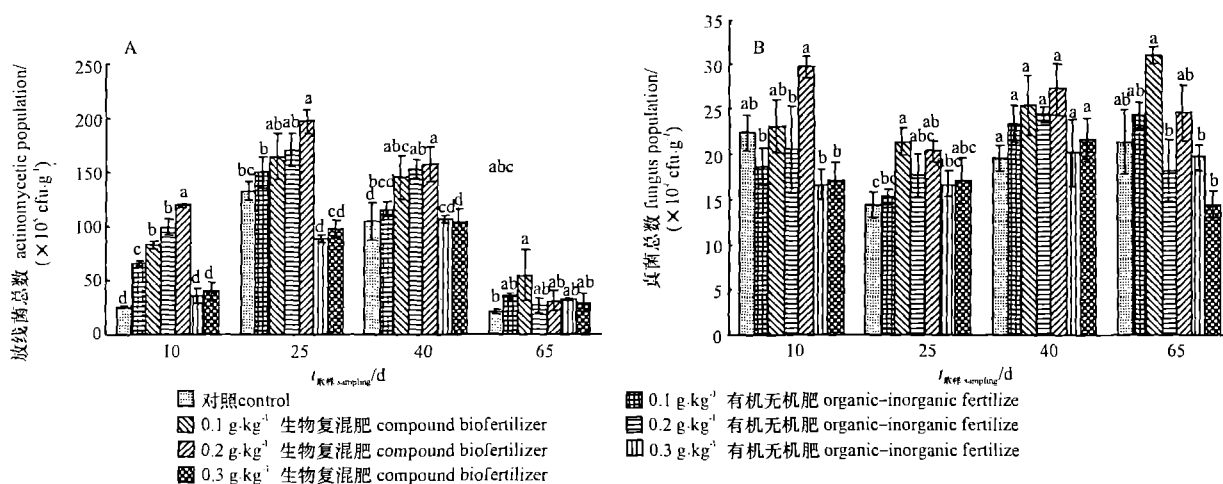
图 1 不同采样时间各处理油麦菜土壤中细菌数量比较

Fig. 1 The bacteria population in different treatments and sampled time in lettuce soil

2.1.2 对土壤放线菌数量的影响 从图 2A 可看出, 各处理的土壤放线菌在 25 和 40 d 时均明显增加, 25 d 时达最大值. 在第 10 d 时, 0.1 和 0.2 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 生物复混肥处理放线菌总数显著高于其他处理; 0.3 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 生物复混肥处理放线菌总数与 0.3 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 有机无机肥处理间无显著差异. 在第 25 和 40 d 时, 0.2 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 生物复混肥处理的放线菌总数显著高于不施肥处理; 0.1 和 0.2 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 生物复混肥处理之间的放线菌总数无显著差异, 但均显著高于 0.3 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 生物复混肥处理; 生物复混肥处理的放线菌总数与等 N 量的有机无机肥相比无显著差异. 在 65 d 时, 各处理放线菌总数都显著下降, 除 0.1 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 生物复混肥处理的土壤放线菌总数仍然显著高于不施肥处理外, 其他处理的放线菌总数均与不施肥处理无显著差异.

以上结果说明, 在前期 (第 10 d), 与不施肥处理相比, 施肥处理都可以显著增加土壤放线菌总数, 尤其以 0.2 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 生物复混肥处理的增加更明显. 随着种植时间的延长, 不同处理的放线菌总数随之显著下降, 其变化趋势与土壤细菌总数一样. 施低量生物复混肥也是维持土壤放线菌总量的有效措施之一.

2.1.3 对土壤真菌数量的影响 图 2B 表明, 各个处理随着种植时间的延长真菌总数的变化均比较平缓, 因真菌对外界胁迫的忍耐能力较强^[11]. 在第



同一取样时间小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$, Duncan's 法)

The different small letter indicate significant differences between treatments at the same sampling time ($P < 0.05$, Duncan's method)

图2 不同采样时间各处理油麦菜土壤中放线菌和真菌数量比较

Fig. 2 The population of soil actinomycetes and fungi in different treatments and sampled time in lettuce soil

10 d时,除 $0.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 生物复混肥处理的真菌总数比有机无机肥处理显著增高外,其他处理间真菌总数差异都不显著。在 25 d 时,除 $0.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 生物复混肥处理的土壤真菌总数显著高于等 N 量的有机无机肥处理外,其他施肥处理之间及其与不施肥处理都无显著差异。第 40 d 以后各处理土壤真菌总数明显比 25 d 有所上升,但各处理间均无显著差异。以上结果说明,施肥处理对真菌总数的影响比较小,但仍然可以看出, 0.1 和 $0.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 生物复混肥的施用对土壤中真菌的总数有所提高,尤其是 $0.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 生物复混肥作用更明显。

2.2 生物复混肥对土壤微生物量碳、氮和磷的影响

2.2.1 对土壤微生物量碳的影响 土壤微生物量碳是土壤有机质中活性较高的部分,它是土壤养分

重要的源。从表 1 可看出,无论是种植玉米还是油麦菜,各处理的土壤微生物量碳均随种植时间延长而显著下降;土壤生物量碳随着施肥量的增加而显著下降;施用中、低量生物复混肥 (0.1 和 $0.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 处理的生物量碳显著高于有机无机肥处理,表明适量的生物复混肥的施入可显著提高土壤微生物量碳,但并非施肥越多效果越好。生物复混肥能提高土壤微生物量碳的主要原因可能是生物复混肥的施入带入了活的微生物和有机物,从而促进了微生物的大量繁殖,使土壤微生物量碳含量增加。而土壤微生物量碳随着施肥量的增加而下降的原因可能是由于无机氮肥的大量投入抑制了微生物的活性,不利于微生物的生存而使其微生物碳降低。

表1 不同取样时间各处理土壤微生物量碳含量比较

Tab. 1 The microbial biomass C content in different treatment soil

$n = 3, \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

作物 crop	处理 treatment	肥料 fertilizer / ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	10 d	25 d	40 d	65 d
玉米 maize	对照 control	0	178.86 $\pm$ 1.92c(a)	150.49 $\pm$ 2.36c(b)	137.29 $\pm$ 3.46c(b)	135.67 $\pm$ 8.84bcd(b)
		0.1	183.00 $\pm$ 7.08bc(a)	167.22 $\pm$ 2.5b(b)	148.06 $\pm$ 1.14b(c)	140.46 $\pm$ 5.37abc(c)
		0.2	195.58 $\pm$ 1.63b(a)	160.91 $\pm$ 2.63b(b)	138.12 $\pm$ 1.46c(c)	133.95 $\pm$ 2.91bcd(c)
	有机无机肥 organic-inorganic fertilizer	0.3	149.43 $\pm$ 4.29d(a)	136.69 $\pm$ 2.44d(ab)	119.61 $\pm$ 3.69d(c)	125.17 $\pm$ 5.95cd(bc)
		0.1	212.58 $\pm$ 5.93a(a)	193.16 $\pm$ 1.74a(b)	167.62 $\pm$ 4.21a(c)	153.62 $\pm$ 1.48a(d)
		0.2	223.10 $\pm$ 3.28a(a)	187.58 $\pm$ 3.44a(b)	149.83 $\pm$ 3.66b(c)	144.88 $\pm$ 5.44ab(c)
		0.3	151.57 $\pm$ 6.71d(a)	137.78 $\pm$ 4.03d(b)	118.58 $\pm$ 1.75d(c)	124.30 $\pm$ 0.81d(c)
	生物复混肥 compound biofertilizer	0.1	212.58 $\pm$ 5.93a(a)	193.16 $\pm$ 1.74a(b)	167.62 $\pm$ 4.21a(c)	153.62 $\pm$ 1.48a(d)
		0.2	223.10 $\pm$ 3.28a(a)	187.58 $\pm$ 3.44a(b)	149.83 $\pm$ 3.66b(c)	144.88 $\pm$ 5.44ab(c)
油麦菜 lettuce	对照 control	0	172.14 $\pm$ 3.43de(a)	156.12 $\pm$ 1.70cd(b)	125.73 $\pm$ 6.36bc(c)	122.48 $\pm$ 5.82b(c)
		0.1	179.62 $\pm$ 2.23cd(a)	169.21 $\pm$ 2.86bc(a)	134.11 $\pm$ 8.77b(b)	125.42 $\pm$ 7.71ab(b)
		0.2	190.51 $\pm$ 2.95bc(a)	151.83 $\pm$ 3.39de(b)	123.97 $\pm$ 3.24bcd(c)	121.67 $\pm$ 3.50b(c)
	有机无机肥 organic-inorganic fertilizer	0.3	164.26 $\pm$ 1.83e(a)	139.58 $\pm$ 4.29e(b)	106.05 $\pm$ 6.67d(c)	120.13 $\pm$ 4.54b(c)
		0.1	199.41 $\pm$ 6.52b(a)	190.01 $\pm$ 7.07a(a)	155.91 $\pm$ 4.23a(b)	137.24 $\pm$ 2.90a(c)
		0.2	217.40 $\pm$ 8.65a(a)	179.56 $\pm$ 5.83ab(b)	131.89 $\pm$ 8.62b(c)	129.83 $\pm$ 3.46ab(c)
		0.3	170.78 $\pm$ 5.29de(a)	141.92 $\pm$ 4.46e(ab)	108.88 $\pm$ 1.53cd(c)	121.48 $\pm$ 3.63b(c)
	生物复混肥 compound biofertilizer	0.1	199.41 $\pm$ 6.52b(a)	190.01 $\pm$ 7.07a(a)	155.91 $\pm$ 4.23a(b)	137.24 $\pm$ 2.90a(c)
		0.2	217.40 $\pm$ 8.65a(a)	179.56 $\pm$ 5.83ab(b)	131.89 $\pm$ 8.62b(c)	129.83 $\pm$ 3.46ab(c)
		0.3	170.78 $\pm$ 5.29de(a)	141.92 $\pm$ 4.46e(ab)	108.88 $\pm$ 1.53cd(c)	121.48 $\pm$ 3.63b(c)

1)表中数值为平均值 $\pm$ 标准误,同种作物同列数据后字母相同或同行数据括号中字母相同表示 0.05 水平差异不显著 (Duncan's 法)

2.2.2 对土壤微生物氮的影响 微生物生物量氮是土壤氮素的一个重要储备库^[12]。从表2可看出,无论是种植玉米还是油麦菜,各处理的土壤微生物量氮均随着种植时间延长而显著下降,各处理对土壤微生物量氮的影响与对土壤微生物量碳影响的结果相似,在作物生长前期迅速增加,达到最大值,随后下降。土壤微生物量氮也与土壤微生物量碳一样,随着施肥量的增加而显著下降,0.3 g·kg⁻¹的有机无机肥和生物复混肥处理的微生物量氮均显著低于不施肥处理和低施肥量处理,其原因可能是因为生

物复混肥和有机无机肥用量增加后,无机氮的比例也加大,大量无机氮肥抑制了微生物的繁殖,故使土壤中微生物量氮显著下降。

2.2.3 对土壤微生物磷的影响 土壤微生物磷周转速率快,并且能释放为活性态磷而被视为植物有效磷供应的重要来源^[13]。由表3可知,在玉米和油麦菜的生长期,各处理的土壤微生物量磷随着种植时间延长而缓慢升高之后又随之逐渐降低,但差异不显著。可能是因土壤微生物在加入有机物料后的快速生长繁殖过程中需要吸收更多的磷,并以微

表2 不同取样时间各处理土壤微生物量氮含量比较

Tab.2 The microbial biomass N content in different treatment soil

n=3, mg·kg⁻¹

作物 crop	处理 treatment	肥料 fertilizer / (g·kg ⁻¹)	10 d	25 d	40 d	65 d
玉米 maize	对照 control	0	33.77 ± 0.84cd(a)	30.48 ± 1.17ab(ab)	27.23 ± 2.48ab(b)	26.48 ± 1.60a(b)
		0.1	38.27 ± 1.37ab(a)	32.53 ± 0.57ab(b)	28.22 ± 1.09a(c)	24.41 ± 1.29a(d)
		0.2	37.33 ± 0.33bc(a)	27.38 ± 1.25b(b)	22.82 ± 0.53c(c)	18.95 ± 1.63b(d)
	有机无机肥 organic-inorganic fertilizer	0.3	29.67 ± 1.45d(a)	18.22 ± 1.56c(b)	13.85 ± 0.77d(bc)	14.68 ± 0.88c(b)
		0.1	42.67 ± 2.41a(a)	33.68 ± 2.67a(b)	30.65 ± 0.7a(b)	27.28 ± 1.96a(b)
		0.2	40.33 ± 1.86ab(a)	29.84 ± 2.83ab(b)	24.72 ± 0.50bc(bc)	19.21 ± 0.37b(c)
	生物复混肥 compound biofertilizer	0.3	30.83 ± 0.93d(a)	17.37 ± 0.99c(b)	14.26 ± 0.39d(c)	14.52 ± 0.37c(c)
		0	33.78 ± 0.72bc(a)	29.39 ± 2.00ab(b)	26.05 ± 0.34b(bc)	24.8 ± 0.54ab(c)
		0.1	37.88 ± 0.51ab(a)	30.64 ± 1.48ab(b)	26.07 ± 0.49b(c)	23.77 ± 1.03ab(c)
油麦菜 lettuce	有机无机肥 organic-inorganic fertilizer	0.2	35.69 ± 1.83ab(a)	25.7 ± 1.16bc(b)	23.54 ± 2.51b(b)	22.84 ± 1.52b(b)
		0.3	27.48 ± 3.92cd(a)	18.28 ± 1.02d(b)	10.61 ± 1.43c(c)	14.94 ± 0.81c(bc)
		0.1	41.97 ± 1.87a(a)	34.49 ± 2.38a(ab)	32.83 ± 4.96a(ab)	26.6 ± 1.14a(b)
	生物复混肥 compound biofertilizer	0.2	38.35 ± 2.88ab(a)	25.32 ± 0.86bc(b)	22.07 ± 0.30b(b)	23.69 ± 0.97ab(b)
		0.3	26.62 ± 1.60d(a)	20.28 ± 3.46cd(a)	11.06 ± 1.03c(b)	11.41 ± 1.29d(b)

1)表中数值为平均值±标准误,同种作物同列数据后字母相同或同行数据括号中字母相同表示0.05水平差异不显著(Duncan's法)

表3 不同取样时间各处理土壤微生物量磷含量比较¹⁾

Tab.3 The microbial biomass P content in different treatment soil

n=3, mg·kg⁻¹

作物 crop	处理 treatment	肥料 fertilizer / (g·kg ⁻¹)	10 d	25 d	40 d	65 d
玉米 maize	对照 control	0	24.64 ± 3.63b(a)	26.41 ± 0.18c(a)	25.34 ± 0.08a(a)	23.35 ± 1.99c(a)
		0.1	27.85 ± 1.05ab(a)	31.74 ± 2.02b(a)	28.12 ± 1.31a(a)	27.26 ± 2.16bc(a)
		0.2	28.16 ± 3.51ab(a)	31.56 ± 1.93b(a)	26.91 ± 1.39a(a)	26.56 ± 1.32bc(a)
	有机无机肥 organic-inorganic fertilizer	0.3	14.21 ± 1.75c(a)	16.19 ± 1.38d(a)	14.18 ± 1.40b(a)	15.51 ± 1.50d(a)
		0.1	29.51 ± 4.27ab(a)	35.3 ± 0.13ab(a)	32.33 ± 2.65a(a)	33.54 ± 2.26a(a)
		0.2	34.04 ± 1.97a(a)	36.85 ± 1.24a(a)	32.49 ± 2.73a(a)	31 ± 1.35ab(a)
	生物复混肥 compound biofertilizer	0.3	13.51 ± 1.87c(a)	17.67 ± 0.15d(a)	14.82 ± 6.79b(a)	17.36 ± 1.89d(a)
		0	25.67 ± 1.53c(a)	27.6 ± 1.09b(a)	26.09 ± 1.50c(a)	25.09 ± 0.70b(a)
		0.1	28.60 ± 0.52b(a)	29.83 ± 1.78ab(a)	26.66 ± 1.94c(a)	27.4 ± 1.49b(a)
油麦菜 lettuce	有机无机肥 organic-inorganic fertilizer	0.2	29.47 ± 1.4ab(a)	30.03 ± 1.95ab(a)	28.02 ± 1.42bc(a)	26.1 ± 2.52b(a)
		0.3	14.97 ± 1.06d(ab)	16.98 ± 0.05c(a)	13.37 ± 1.86d(b)	16.76 ± 0.78c(ab)
		0.1	30.03 ± 1.95ab(a)	32.87 ± 0.95a(a)	31.38 ± 1.26ab(a)	31.72 ± 1.63a(a)
	生物复混肥 compound biofertilizer	0.2	31.44 ± 0.49a(a)	34.54 ± 3.08a(a)	33.44 ± 0.23a(a)	32.46 ± 0.23a(a)
		0.3	15.83 ± 1.26d(ab)	17.14 ± 0.06c(a)	14.18 ± 1.47d(b)	17.49 ± 0.10c(a)

1)表中数值为平均值±标准误,同种作物同列数据后字母相同或同行数据括号中字母相同表示0.05水平差异不显著(Duncan's法)

生物生物量磷的形式暂时固定到细胞内^[14]。微生物对生物量磷的固定比生物量碳、氮缓慢,而且生物量碳、氮有显著下降的过程,生物量磷变化比较稳定,表明对作物的利用潜力比较大,此结果与黄敏等^[15]研究结果相似。

无论是种植玉米还是油麦菜,适量施肥处理均有提高土壤生物量磷含量的趋势,但差异不显著,而随着肥料施用量的增加,则显著降低土壤微生物量磷的含量。与有机无机肥相比,等养分量的生物复混肥在作物整个生育期内均有提高土壤生物磷含量的趋势,但未达到显著水平; $0.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 生物复混肥和有机无机肥处理的土壤微生物磷显著低于少量肥料处理和不施肥处理,同样说明无机氮养分施用过多不利于土壤微生物磷的积累。

3 结论

适量生物复混肥和有机无机肥的施用可以显著提高土壤中可培养的细菌、真菌和放线菌数量。除施高量氮肥水平($0.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)外,与有机无机肥相比,等养分量生物复混肥处理在初期可以显著提高土壤中细菌、真菌和放线菌数量,随着种植时间的延长,这种差异不显著,其原因有待于进一步研究。而过量生物复混肥和有机无机肥的施用则抑制土壤微生物的繁殖,过量肥料对土壤微生物不利可能是单位土壤中氮肥用量加大造成土壤中铵离子浓度过高中毒所致^[5,16]。因此,在生产中施用生物复混肥也应注意适量施用。

与等养分量的有机无机肥处理相比,施低量的生物复混肥处理在作物生长前中期可显著提高土壤中生物量碳和生物量氮;在作物生长中后期显著提高油麦菜盆栽土壤中生物量磷含量。生物复混肥的过量施用不利于土壤微生物生物量的积累,主要是生物复混肥中化肥用量的增加所致,与王继红^[17]等人的研究结果相似,过量化肥的施用降低了土壤微生物数量和土壤微生物生物量。

参考文献

- [1] 邓卓相,王为辉. 水稻施用福茂牌微生物复合肥料肥效[J]. 华南热带农业大学学报,2001,7(2):11-17.
- [2] 倪治华. 有机无机生物活性肥料施用技术对蔬菜作物

生长及产量的影响[J]. 土壤通报,2003,34(6):548-550.

- [3] 倪治华,马国瑞. 有机无机生物活性肥料对蔬菜作物生长及土壤生物活性的影响[J]. 土壤通报,2002,33(3):212-215.
- [4] 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[J]. 农村生态环境,2004,20(1):37-40.
- [5] 王艳霞,冯宏,李华兴,等. 无机肥对生物复混肥活菌数的影响研究[J]. 华南农业大学学报,2007,28(1):31-35.
- [6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业出版社,2000:12-284,421-429.
- [7] 李阜棣,喻子牛,何绍红. 农业微生物学实验技术[M]. 北京:中国农业出版社,1996:69-74.
- [8] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业出版社,2000:12-288.
- [9] CABRERA M L, BEARE M H. Alkaline persulfate oxidation for determination of total nitrogen in microbial biomass extracts[J]. Soil Sci Soc Am J,1993,57:1007-1012.
- [10] 林启美. 土壤可溶性无机磷对微生物生物量磷测定的干扰[J]. 生态学报,2001,21(6):993-996.
- [11] HIROKI M. Effects of heavy metal contamination on soil microbial population[J]. Soil Sci Plant Nutr,1992,38:141-147.
- [12] PURI G, ASHMAN M R. Relationship between soil microbial biomass and gross N mineralization[J]. Soil Biol Biochem,1992,30:251-256.
- [13] 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[J]. 土壤,1997,21(2):61-69.
- [14] 陈国潮,何振立,黄昌勇. 红壤微生物生物量C周转及其研究[J]. 土壤学报,2002,39(2):152-160.
- [15] 黄敏,肖和艾,黄巧云,等. 有机物料对水旱轮作红壤磷素微生物转化的影响[J]. 土壤学报,2004,41(4):584-589.
- [16] 黎宁. 菜园土壤的微生物生态特征及施肥对微生物生态影响的研究[D]. 广州:华南农业大学资源环境学院,2006.
- [17] 王继红,刘景双,于君宝,等. 氮磷肥对黑土玉米农田生态系统土壤微生物量碳、氮的影响[J]. 水土保持学,2004,18(1):35-38.

【责任编辑 周志红】