

无机肥对生物复混肥活菌数的影响

王艳霞¹, 冯 宏¹, 李华兴¹, 梁友强², 张育灿², 林日强²

(1 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642; 2 广东省土壤肥料总站, 广东 广州 510500)

摘要:采用平板计数法,研究不同氮、磷、钾无机肥类型、不同无机肥用量及无机肥不同配比对生物复混肥活菌数的影响.结果表明,硫酸铵、磷酸二氢铵和硫酸钾较适合作为生物复混肥的无机肥源;单加硫酸铵可显著降低肥料中的活菌数,添加 $w=2\%$ 的纯氮时对活菌数的影响相对较小;单加磷酸二氢铵对活菌数的影响较复杂,以添加 w 分别 2%、4% 的 P_2O_5 为宜;单加硫酸钾可显著增加肥料中的活菌数,以添加 $w=6\%$ 的 K_2O 为宜;同时添加无机氮、磷、钾肥可显著降低生物复混肥中的活菌数,无机氮、磷、钾较适宜的添加配比(w)为 4% N + 4% P_2O_5 + 4% K_2O .

关键词:无机肥;生物复混肥;活菌数

中图分类号:S144

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2007)01-0031-05

Effects of Inorganic Fertilizer on the Living Microbial Numbers in Microbial-Organic-Inorganic Compound Fertilizers

WANG Yan-xia¹, FENG Hong¹, LI Hua-xing¹, LIANG You-qiang², ZHANG Yu-can², LIN Ri-qiang²

(1 College of Resources and Environment, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;

2 Guangdong General Agency for Soil and Fertilizer, Guangzhou 510500, China)

Abstract: The effects of inorganic fertilizer on the living microbial numbers in microbial-organic-inorganic compound fertilizers were studied by indoor simulated experiment with plating count. The results showed that ammonium sulfate ($(NH_4)_2SO_4$), ammonium dihydrogen phosphate ($NH_4H_2PO_4$) and potassium sulfate (K_2SO_4) were suitable inorganic fertilizers as N, P and K sources respectively for making up microbial-organic-inorganic compound fertilizer. The numbers of living microbe in microbial-organic-inorganic compound fertilizer were decreased significantly by adding $(NH_4)_2SO_4$, but there was less influence in the fertilizer receiving a low dose N (2%). Adding 2% to 4% P_2O_5 in form of $NH_4H_2PO_4$ was relatively appropriate as living microbial population in the fertilizer was larger. The addition of K_2SO_4 increased the amount of living microbes in the fertilizer, and 6% K_2O in form of K_2SO_4 was optimal. The numbers of living microbes were remarkably reduced by adding N, P, K inorganic fertilizer simultaneously, and the suitable proportion of inorganic N, P, K fertilizer was 4% N, 4% P_2O_5 and 4% K_2O .

Key words: inorganic fertilizer; microbial-organic-inorganic compound fertilizer; living microbial numbers

生物复混肥是近年来发展起来的一种新型肥料,它集微生物的独特生理调节功能、化肥的速效性和有机肥的长效性于一体.不仅含有丰富的有机质和多种有益微生物,还含有一定量的速效养分^[1],具有广阔的市场潜力.生物复混肥的研发包括:微生物

菌种的筛选、无机肥料的添加以及生产工艺的改进等方面.其中无机肥料的添加是目前生物复混肥研发的重点问题之一,主要包括无机肥料的类型、用量和配比方式的确定等.但是,由于肥料中活的菌体受无机肥盐分等因素的影响,将有机肥、无机肥和微生

收稿日期:2006-04-27

作者简介:王艳霞(1979—),女,硕士,现在西南林学院工作;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);广东省农业厅科技项目(粤农土肥(2004)28号)

物菌剂三者混合后往往对微生物生存造成不利而影响其活菌数。肥料中的无机化肥成分对其中微生物的影响程度,关系到产品的质量高低和作用效果,对其有效活菌数进行长期跟踪测定以了解肥料性质的变化和确定有效使用期是非常必要的^[2]。对此,国内学者作了一些相关研究^[2-4],但缺乏较为系统的研究。本研究以添加无机肥引起生物复混肥中的活菌数的变化为依据,对无机肥料的种类、用量、组合方式进行了较为系统的研究,选用常用的氮、磷、钾无机肥各2种类型,确定适合作为生物复混肥的单一的无机肥源,并将其设定不同的添加水平,确定适宜用量,最终通过优化组合,确定无机氮、磷、钾较适宜的添加配比,为工厂化生产生物复混肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

尿素与硫酸铵(无机氮肥)、磷酸氢二铵与磷酸二氢铵(无机磷肥)、硫酸钾与氯化钾(无机钾肥);有机肥由麦糠、米糠、菇渣、豆饼、骨粉等堆制而成。供试菌剂是由根霉菌 *Rhizopus*、枯草杆菌 *Bacillus subtilis*、酵母菌 *Saccharomycetes*、青霉菌 *Penicillium*、曲霉菌 *Aspergillus*、子囊菌 *Ascomycetes* 等发酵而成的复合菌剂。

发酵工艺:将原料麦麸 0.05 kg、蜜糖 0.1 kg、牛奶 0.033 kg、鸡蛋 1 个加入到 1 000 mL 的热水(60 ℃)中搅拌均匀,当混合液冷却至 40 ℃ 时,加入 10 g 原有复合菌剂,再加入温水 1 000 mL 搅拌均匀,然后对混合液进行通气发酵 24 h,发酵过程中的温度控制在 25 ~ 28 ℃,pH 控制在 6.5 ~ 7.5。发酵后复合菌剂中各菌种的浓度为:细菌 8.0×10^7 cfu/g、放线菌 8.2×10^4 cfu/g、真菌 2.1×10^4 cfu/g。

1.2 试验设计

1.2.1 无机肥类型对生物复混肥活菌数的影响

无机氮、磷、钾肥各设2种肥料类型,共设7个处理:1)不加无机肥(CK);2)尿素;3)硫酸铵;4)磷酸氢二铵;5)磷酸二氢铵;6)硫酸钾;7)氯化钾。每个处理设3次重复。

1.2.2 不同无机肥用量对生物复混肥活菌数的影响 无机氮(N)、磷(P_2O_5)、钾肥(K_2O)各设4个水平的添加量(w):2%、4%、6%、8%,其中无机氮、磷、钾肥均选用1.2.1筛选出的对生物复混肥活菌数影响较小的一类。共设13个处理(w):1)0(CK);2)2% N;3)4% N;4)6% N;5)8% N;6)2% P_2O_5 ;7)4%

P_2O_5 ;8)6% P_2O_5 ;9)8% P_2O_5 ;10)2% K_2O ;11)4% K_2O ;12)6% K_2O ;13)8% K_2O 。每个处理设3次重复。

1.2.3 无机肥不同配比对生物复混肥活菌数的影响

配比中无机肥的类型和添加量均根据1.2.1和1.2.2的研究结果。共设9个处理(w):1)0(CK);2)2% N + 2% P_2O_5 + 4% K_2O ;3)2% N + 2% P_2O_5 + 6% K_2O ;4)2% N + 4% P_2O_5 + 4% K_2O ;5)2% N + 4% P_2O_5 + 6% K_2O ;6)4% N + 2% P_2O_5 + 4% K_2O ;7)4% N + 2% P_2O_5 + 6% K_2O ;8)4% N + 4% P_2O_5 + 4% K_2O ;9)4% N + 4% P_2O_5 + 6% K_2O 。每个处理设3次重复。

1.3 肥料中的活菌数测定

先将腐熟的有机肥与微生物菌剂混合均匀(菌剂接入量为: 4.5×10^9 cfu/g),然后再与无机肥混匀,共500 g,调节水分含量(w)至25%,装入塑料袋中扎紧袋口,放入恒温箱,28 ℃下发酵2周,然后再置于室温下,放置0、10、20、30、60和180 d后取样,采用平板计数法^[5]检测肥料中的活菌数(指细菌、真菌、放线菌总量)。试验过程中每3 d进行一次水分调节。

2 结果与分析

2.1 无机肥类型对肥料中活菌数的影响

无机肥的添加会直接影响生物复混肥中有益微生物的总数。由表1可知,不同类型无机肥对肥料中活菌数的影响不同。在整个测定期内,2种类型的无机氮肥(尿素、硫酸铵)处理与不加无机肥的对照相比,其活菌数均显著降低;尿素与硫酸铵相比,在30 d前,两者的活菌数基本无差异,但从第60 d开始,硫酸铵处理的活菌数显著高于尿素处理,故硫酸铵比尿素更适宜作生物复混肥的无机氮源。磷酸氢二铵处理与不加无机肥的对照相比,肥料中的活菌数显著降低;磷酸二氢铵处理与对照相比,在30 d之前肥料中的活菌数显著低于对照,从第60 d开始显著高于对照;2种无机磷肥处理相比,磷酸二氢铵的活菌数始终高于磷酸氢二铵的,其差异性达显著水平,故磷酸二氢铵比磷酸氢二铵更适宜作生物复混肥的无机磷源。硫酸钾和氯化钾处理与对照相比,肥料中的活菌数均在前期显著低于对照,中后期则显著高于对照,硫酸钾从30 d开始显著高于对照,氯化钾从60 d开始显著高于对照;硫酸钾与氯化钾相比,其活菌数始终高于氯化钾,且差异性达显著水平,故硫酸钾比氯化钾更适宜作生物复混肥的无机钾源。

表 1 不同时期不同类型无机肥对肥料活菌数的影响¹⁾

Tab. 1 Effects of different inorganic fertilizer on living microbial numbers at different time							cfu · g ⁻¹
处理 treatment	0 d	10 d	20 d	30 d	60 d	180 d	
CK	9.12×10^{10} a(d)	9.76×10^{11} a(a)	7.96×10^{11} a(b)	4.97×10^{11} b(c)	6.00×10^9 d(e)	6.01×10^9 d(e)	
(NH ₂) ₂ CO	2.19×10^8 f(d)	1.90×10^9 de(a)	1.80×10^9 e(b)	1.50×10^9 e(c)	1.03×10^7 f(e)	6.06×10^6 f(e)	
(NH ₄) ₂ SO ₄	1.77×10^9 e(d)	3.00×10^9 de(a)	2.45×10^9 e(b)	2.00×10^9 e(c)	3.69×10^8 e(e)	1.87×10^8 e(f)	
(NH ₄) ₂ HPO ₄	2.45×10^9 de(d)	3.05×10^9 de(c)	3.45×10^9 e(a)	3.20×10^9 e(b)	1.78×10^8 ef(e)	1.55×10^8 e(e)	
NH ₄ H ₂ PO ₄	5.92×10^{10} c(e)	6.03×10^{11} b(a)	1.33×10^{11} c(c)	6.90×10^{10} c(d)	2.17×10^{11} b(b)	1.35×10^{11} a(c)	
K ₂ SO ₄	8.88×10^{10} b(f)	5.12×10^{11} c(b)	3.87×10^{11} b(d)	7.46×10^{11} a(a)	4.25×10^{11} a(c)	9.55×10^{10} b(e)	
KCl	2.96×10^9 d(f)	5.62×10^9 d(e)	1.83×10^{10} d(b)	2.33×10^{10} d(a)	1.18×10^{10} c(d)	1.55×10^{10} c(c)	

1) 同列数据后字母相同示处理间无显著差异;同行数据后括号中字母相同示同一处理不同时期间无显著差异(DMRT法, $P=0.05$)

2.2 无机氮肥添加量对肥料中活菌数的影响

无机肥料的添加可直接影响生物复混肥中有益微生物的总数,其添加的浓度是影响活菌数的一个重要原因.从表 2 可以看出,氮肥(硫酸铵)的添加可显著降低肥料中的活菌数, $w(N)$ 分别为 4%、6%、8% 的处理活菌数又显著低于 $w(N)$ 为 2% 的处理;且前三者之间基本无差异.以上结果说明氮肥按 2% 的质量分数添加时对活菌数的影响相对较小,按 4%、6%、8% 的质量分数添加时对活菌数的影响较大.氮肥的添加显著降低活菌数的主要原因可能是硫酸铵在水分含量较高的环境中容易吸水分解,同时释放出 NH_4^+ ,而 NH_4^+ 具有很强的杀菌作用,从而降低了活菌总数^[2,3].

2.3 无机磷肥添加量对肥料中活菌数的影响

由表 3 可知,磷肥的添加对活菌数的影响比较复杂,主要是因为所用磷酸二氢铵不仅含有无机磷,还含有无机氮,它对活菌数的影响是氮、磷两因素共同作用的结果.比较整个测定期内 4 种磷肥水平处理的活菌数可知,60 d 之前,除第 30 d 时 $w(P_2O_5)$ 为 6% 的处理活菌数高于 2% 和 4% 处理的外,其余时间 2% 和 4% 处理的活菌数均显著高于 6% 和 8% 处理,第 180 d 时,4% 处理仍高于 6% 和 8% 处理,但 2% 已与 6% 和 8% 无差异.从总体来看,在整个测定期内,2% 和 4% 处理的活菌数高于 6% 和 8% 处理的.以上结果表明,磷酸二氢铵以 $w(P_2O_5)$ 为 2% 和 4% 的添加较适宜.

表 2 不同时期不同氮用量对肥料活菌数的影响¹⁾

Tab. 2 Effects of different dose of nitrogen on living microbial numbers at different time							cfu · g ⁻¹
$w(N)/\%$	0 d	10 d	20 d	30 d	60 d	180 d	
0(CK)	2.09×10^9 a(e)	9.36×10^{10} a(b)	1.15×10^{10} a(d)	9.76×10^{10} a(a)	2.55×10^{10} a(c)	1.37×10^{10} a(d)	
2	2.33×10^7 b(e)	2.07×10^9 b(a)	1.26×10^8 b(d)	2.35×10^8 b(c)	1.35×10^9 b(b)	2.78×10^8 b(c)	
4	1.32×10^7 c(e)	9.12×10^7 c(a)	2.12×10^7 c(b)	1.54×10^7 c(cd)	1.41×10^7 c(de)	1.68×10^7 c(c)	
6	1.19×10^7 c(bc)	4.31×10^7 d(a)	1.49×10^7 c(b)	1.02×10^7 c(e)	1.03×10^7 c(e)	1.55×10^7 c(b)	
8	1.16×10^7 c(bc)	3.97×10^7 d(a)	1.02×10^7 c(cd)	9.24×10^6 c(d)	1.22×10^7 c(b)	1.15×10^7 c(bc)	

1) 同列数据后字母相同示处理间无显著差异;同行数据后括号中字母相同示同一处理不同时期间无显著差异(DMRT法, $P=0.05$)

表 3 不同时期不同磷用量对肥料活菌数的影响¹⁾

Tab. 3 Effects of different dose of phosphate on living microbial numbers at different time							cfu · g ⁻¹
$w(P_2O_5)/\%$	0 d	10 d	20 d	30 d	60 d	180 d	
0(CK)	2.09×10^9 e(e)	9.36×10^{10} b(b)	1.15×10^{10} b(d)	9.76×10^{10} d(a)	2.55×10^{10} c(c)	1.37×10^{10} b(d)	
2	6.03×10^{10} a(d)	4.14×10^{11} a(a)	3.79×10^{11} a(b)	2.19×10^{11} c(c)	7.37×10^{10} a(d)	7.30×10^8 c(e)	
4	3.10×10^{10} b(e)	4.60×10^{10} c(d)	3.80×10^{11} a(a)	3.40×10^{11} b(b)	4.30×10^{10} b(d)	9.10×10^{10} a(c)	
6	9.53×10^9 c(d)	1.55×10^{10} d(c)	1.06×10^{10} bc(d)	5.16×10^{11} a(a)	3.35×10^{10} c(b)	8.30×10^8 c(e)	
8	4.87×10^9 d(c)	1.52×10^{10} d(a)	3.97×10^9 c(d)	6.67×10^9 e(b)	4.10×10^8 d(e)	7.2×10^8 c(e)	

1) 同列数据后字母相同示处理间无显著差异;同行数据后括号中字母相同示同一处理不同时期间无显著差异(DMRT法, $P=0.05$)

2.4 无机钾肥添加量对肥料中活菌数的影响

表4表明,除第60 d时, $w(\text{K}_2\text{O})$ 为2%的处理与对照无差异外,其余时间各钾肥处理的活菌数均显著高于不加钾肥的对照(CK),说明适量的添加钾肥(硫酸钾)可显著增加肥料中的活菌数.比较整个测定期内4种钾肥水平处理的活菌数可知,除0 d和30 d外,其余各时期4种钾肥水平处理的活菌数大小顺序均为:6%的>8%的>4%的>2%的.以上结果表明,硫酸钾以 K_2O 的质量分数为6%添加最适宜.

2.5 无机肥配比对肥料中活菌数的影响

单加无机氮肥、磷肥或钾肥会影响生物复混肥中的活菌数,同时添加无机氮、磷、钾肥也会影响肥料中的活菌数,且氮、磷、钾肥的不同的比例对活菌数的影响不同(表5).在整个测定期内,各种无机肥配比处理的活菌数均显著低于不加无机肥的对照.

比较8种不同的无机肥配比处理可知,在20 d前,4% N + 4% P_2O_5 + 6% K_2O 处理的活菌数显著高于其他各配比处理(除第20 d,4% N + 4% P_2O_5 + 6% K_2O 与2% N + 2% P_2O_5 + 6% K_2O 处理无差异外),从第30 d开始,4% N + 4% P_2O_5 + 4% K_2O 处理显著高于其他各配比处理.以上结果表明,同时添加无机氮、磷、钾肥显著降低了肥料中的活菌数,在8个不同的无机肥配比处理中,以4% N + 4% P_2O_5 + 4% K_2O 处理(w)的配比最适宜.

比较同一处理的活菌数在不同时期的变化可知,在保存的180 d中,各处理的活菌总数并不是一成不变的,而是在一定范围内波动,这是微生物种群自我调节的结果^[2].总的来说,各处理的活菌数在不同时期的变化比较复杂,其规律并不完全一致,但各处理的活菌数基本上均在30 d之前达最大值[除4% N + 2% P_2O_5 + 6% K_2O 处理(w)外].

表4 不同时期不同钾用量对肥料活菌数的影响¹⁾

Tab. 4 Effects of different dose of potassium on the living microbial numbers at different time $\text{cfu} \cdot \text{g}^{-1}$

$w(\text{K}_2\text{O})/\%$	0 d	10 d	20 d	30 d	60 d	180 d
0(CK)	2.09×10^9 e(e)	9.36×10^{10} e(b)	1.15×10^{10} e(d)	9.76×10^{10} c(a)	2.55×10^{10} d(c)	1.37×10^{10} e(d)
2	9.44×10^{10} b(e)	3.30×10^{12} d(a)	2.36×10^{12} d(c)	2.87×10^{12} b(b)	5.92×10^{10} d(e)	7.40×10^{11} d(d)
4	3.11×10^{10} d(f)	4.96×10^{12} c(c)	4.33×10^{12} c(d)	1.27×10^{13} a(b)	1.69×10^{13} c(a)	1.37×10^{12} c(e)
6	6.00×10^{11} a(d)	5.61×10^{12} a(c)	1.28×10^{13} a(b)	3.22×10^{12} b(cd)	3.41×10^{13} a(a)	5.52×10^{12} a(c)
8	6.93×10^{10} c(e)	5.31×10^{12} b(c)	8.95×10^{12} b(b)	3.27×10^{12} b(d)	2.45×10^{13} b(a)	2.27×10^{12} b(d)

1) 同列数据后字母相同示处理间无显著差异;同行数据后括号中字母相同示同一处理不同时期间无显著差异(DMRT法, $P=0.05$)

表5 不同时期不同无机肥配比对肥料活菌数的影响¹⁾

Tab. 5 Effects of different proportion of inorganic fertilizer on living microbial numbers at different time $\text{cfu} \cdot \text{g}^{-1}$

处理 treatment ²⁾	0 d	10 d	20 d	30 d	60 d	180 d
0(CK)	2.02×10^{11} a(b)	1.57×10^{12} a(a)	1.38×10^{11} a(c)	1.00×10^{11} a(c)	1.06×10^{11} a(c)	2.90×10^9 a(d)
2+2+4	3.24×10^7 ef(a)	4.66×10^6 d(d)	5.81×10^6 c(cd)	6.96×10^6 d(bc)	7.54×10^6 fg(b)	5.31×10^6 ef(d)
2+2+6	6.41×10^6 f(cd)	3.67×10^6 d(d)	7.02×10^7 c(a)	7.27×10^6 d(cd)	1.83×10^7 d(b)	8.50×10^6 e(c)
2+4+4	2.15×10^8 d(c)	2.07×10^8 c(c)	3.60×10^8 b(a)	2.80×10^8 b(b)	1.28×10^7 e(d)	4.28×10^7 d(d)
2+4+6	6.10×10^6 f(b)	1.92×10^6 d(c)	3.61×10^7 c(a)	4.28×10^6 d(bc)	5.35×10^6 gh(b)	1.96×10^6 f(c)
4+2+4	6.91×10^7 e(a)	2.63×10^6 d(d)	4.58×10^6 c(c)	5.81×10^6 d(c)	9.88×10^6 ef(b)	5.84×10^6 ef(c)
4+2+6	2.28×10^6 f(c)	2.67×10^6 d(c)	3.53×10^6 c(b)	4.25×10^6 d(b)	2.10×10^6 h(c)	5.77×10^6 ef(a)
4+4+4	3.15×10^8 c(a)	2.00×10^8 c(b)	5.01×10^7 c(e)	3.00×10^8 b(a)	1.02×10^8 b(c)	7.11×10^7 b(d)
4+4+6	4.75×10^8 b(a)	2.87×10^8 b(c)	3.80×10^8 b(b)	1.05×10^8 c(d)	5.77×10^7 c(d)	5.46×10^7 c(d)

1) 同列数据后字母相同示处理间无显著差异;同行数据后括号中字母相同示同一处理不同时期间无显著差异(DMRT法, $P=0.05$); 2) 处理($w/\%$)为 N + P_2O_5 + K_2O

上述无机肥配比试验是采用三因素两水平的完全方案,因此,对试验结果进行分析,可知各处理在不同时期的差异来源.由表6可知,不同时期引起处理间差异的因素有所不同.0 d时,除磷钾交互作用引起的差异不显著外,其余因素引起的差异均

达极显著水平,说明此时各配比处理间产生的差异是由氮、磷、钾水平以及氮磷、氮钾、氮磷钾交互作用引起的;20 d时,只有磷水平、氮钾交互作用和氮磷钾交互作用引起的差异达极显著水平,其余因素引起的差异均不显著,说明此时各配比处理间产生

的差异是由磷水平、氮钾交互作用和氮磷钾交互作用引起的;180 d时,除钾水平引起的差异不显著外,其余因素引起的差异均达极显著水平,说明此时各配比处理间产生的差异是由氮、磷水平以及各

因素间的交互作用引起的;10、30和60 d时,各种因素引起的差异均达极显著水平,说明此时各配比处理间产生的差异是由氮、磷、钾水平以及各因素间的交互作用共同引起的。

表6 不同时期不同无机肥配比影响肥料活菌数的三因素方差分析结果¹⁾

Tab. 6 Three-way ANOVA of the effects of different proportion of inorganic fertilizer on living microbial numbers at different time

变异来源	0 d		10 d		20 d		30 d		60 d		180 d	
various source	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
N	882.5	<0.000 1	917.2	<0.000 1	0.3	0.630 2	381.4	<0.000 1	78.7	<0.000 1	38.0	0.000 3
P	1 980.9	<0.000 1	5 630.0	<0.000 1	120.4	<0.000 1	12 394.1	<0.000 1	887.7	<0.000 1	97.1	<0.000 1
K	49.0	0.000 1	171.7	<0.000 1	1.1	0.335 6	6 239.2	<0.000 1	26.5	0.000 9	1.6	0.243 9
N×P	701.7	<0.000 1	958.0	<0.000 1	2.3	0.170 6	438.0	<0.000 1	2 041.7	<0.000 1	161.3	<0.000 1
N×K	262.7	<0.000 1	1 036.1	<0.000 1	75.7	<0.000 1	174.5	<0.000 1	2 782.1	<0.000 1	15.0	0.004 7
P×K	4.7	0.062 6	166.2	<0.000 1	0.7	0.421 7	6 173.0	<0.000 1	40.9	0.000 2	112.2	<0.000 1
N×P×K	409.7	<0.000 1	1 021.5	<0.000 1	113.1	<0.000 1	191.4	<0.000 1	386.8	<0.000 1	34.4	0.000 4

1) $P > 0.05$, 差异不显著; $0.05 > P > 0.01$, 差异显著; $P < 0.01$, 差异极显著

3 结论

硫酸铵比尿素更适合作无机氮源,磷酸二氢铵比磷酸氢二铵更适宜作无机磷源,硫酸钾比氯化钾更适宜作无机钾源,此结果与江丽华等^[4]的研究结果相同.单加硫酸铵可显著降低肥料中的活菌数,主要原因可能是硫酸铵吸水分解后释放出 NH_4^+ , 而 NH_4^+ 具有很强的杀菌作用,从而降低了活菌总数^[2-3],氮肥按 $w(\text{N})$ 为 2% 添加时对活菌数的影响相对较小,按 $w(\text{N})$ 为 4%、6%、8% 添加时对活菌数的影响较大.单加磷酸二氢铵对活菌数的影响比较复杂,主要是因为所用磷酸二氢铵不仅含有无机磷,还含有无机氮,肥料中活菌数的多少是氮、磷两因素共同作用的结果,磷酸二氢铵最适宜的添加量是 P_2O_5 质量分数为 2% 和 4%.单加硫酸钾可显著增加肥料中的活菌数,但活菌数没有随添加量的增加而增加的趋势,其最适宜的添加量为 K_2O 质量分数为 6%.同时添加氮、磷、钾肥可降低肥料中的活

菌数,不同氮、磷、钾的配比对有效活菌数的影响程度不同,其综合作用的机理有待进一步研究.生物复混肥较适宜的无机肥配比(w)为 4% N + 4% P_2O_5 + 4% K_2O .

参考文献:

- [1] 张辉,李维炯,倪永珍,等.生物有机无机复合肥效应的初步研究[J].农业环境保护,2002,21(4):352-356.
- [2] 张辉,李维炯,倪永珍.不同处理对生物有机无机复合肥活菌数和酶活性的影响[J].农业环境科学学报,2004,23(1):132-135.
- [3] 于瑞英,原野,律宝春,等.氮素化肥对微生物肥料活菌数量的影响[J].中国农学通报,1999,15(2):57-58.
- [4] 江丽华,刘兆辉,张文君,等.解磷菌在有机无机生物复合肥中活性的研究[J].山东农业科学,2002(6):35-37.
- [5] 李元芳.有效活菌数的测定方法、允许差与判定[J].土壤肥料,1997(4):43-44.

【责任编辑 周志红】