

文章编号: 1003-8701(2015)04-0034-05

溶磷微生物肥料配方筛选及其效果验证

范作伟¹, 孙甜田², 吴海燕^{1*}

(1. 吉林省农业科学院农业资源与环境中心, 长春 130033; 2. 吉林农业大学资源与环境学院, 长春 130118)

摘要: 利用筛选获得的高效溶磷微生物菌株, 选择不同的载体和保活材料研制成不同配方的溶磷微生物肥料, 并通过盆栽试验验证其效果。结果表明, 不同配方的溶磷微生物肥料均可以活化土壤难溶态磷, 同时可以协同增加玉米植株的氮、磷、钾累积量, 对玉米生长及产量也有积极的促进作用。从玉米单穗粒重分析, 以 F 为载体适宜配方的增产效果为配方 3>配方 2>配方 1>配方 4>基质对照, 增产幅度分别为 25.33%、14.47%、11.05%、9.55%、5.81%; 以 Y 为载体的适宜配方增产顺序为配方 3>配方 4>基质对照>配方 2>配方 1, 增产幅度分别为 25.03%、24.85%、22.55%、12.87%、1.05%。从植株养分积累情况分析, Y2 和 Y3 处理的玉米植株氮、磷和钾含量与单施化肥的处理相比, 增幅分别达到 75.09% 和 62.65%; 35.08% 和 32.89%; 40.21% 和 46.47%。综合玉米长势、土壤速效磷含量、植株氮、磷和钾累积量以及收获后产量等指标, 以 Y 为载体配方 3(Y3) 处理的效果最好。

关键词: 溶磷菌株; 溶磷微生物肥料; 配方; 溶磷效果

中图分类号: S144.9

文献标识码: A

Screening of Phosphate Solubilizing Microorganism Fertilizer Formula and Verification of It's Effect

FAN Zuo-wei¹, SUN Tian-tian², WU Hai-yan^{1*}(1. *Institute of Agricultural Environment and Resources Research, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033*; 2. *College of Resources and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China*)

Abstract: Using the selected high efficient phosphate solubilizing strains, and mixed it with different carriers and vitality keeping materials, different formulations of phosphate solubilizing microbial fertilizers were developed, and their effect was verified by the pot experiment. The results showed that all kinds of phosphate solubilizing microbial fertilizers could activate insoluble phosphorus in the soil, also could synergistically increase maize total phosphorus, total nitrogen and total potassium accumulation, which has a positive influence on the growth and yield of maize. Using single ear yield as index, analysis showed that for the vector F, yield increased according to such orders: formulations 3>formulations 2>formulations 1>formulations 4>matrix. Compared with the control, yield increased by 25.33%, 14.47%, 11.05%, 9.55%, 5.81%, respectively. For the vector Y, yield increased according to such orders: formulations 3>formulations 4>matrix >formulations 2>formulations 1. Compared with the control, yield increased by 25.03%, 24.85%, 22.55%, 12.87%, 1.05%, respectively. For the plant nutrient absorption, compared with fertilizer treatment, the plant nitrogen, phosphorus and potassium content of Y2, increased 75.09%, 35.08% and 40.21%, which of and Y3 treatment was 62.65%, 32.89% and 46.47%. Comprehensive analysis of corn growing, available phosphorus content in soil, total nitrogen, total phosphorus, total potassium accumulation in plants, crop production and other indicators, Y3 treatment was the best.

Key words: Phosphate solubilizing bacteria strains; Phosphate solubilizing microbial fertilizer; Formula; Phosphate solubilizing effect

收稿日期: 2015-02-26

基金项目: 吉林省科技支撑计划重点项目(20130303034NY)

作者简介: 范作伟(1981-), 男, 助理研究员, 主要从事土壤微生物与生物肥料研究。

通讯作者: 吴海燕, 女, 博士, 研究员, E-mail:wuhaiyan1968@163.com

磷是植物生长必需的三大营养元素之一,作物缺磷会严重影响作物的正常生长发育^[1-3]。虽然世界上绝大部分农业土壤全磷含量很高^[4],但是大多数农田土壤中95%以上的磷素与土壤中的 Fe^{3+} 、 Ca^{2+} 和 Al^{3+} 等结合而降低其有效性^[5-6],所以可供作物吸收利用的有效磷含量很低^[7]。磷肥当季利用率一般只有5%~10%,加上作物的后效,也不超过25%。所以如何挖掘土壤潜在的磷库资源,减少化肥过量施用造成的环境污染,发展绿色农业,成为当前农业研究的一个热点问题。

近年来国内外大量研究证明,土壤中的溶磷微生物(Phosphate Solubilizing Microorganisms, PSM)能够将土壤中难以被植物直接吸收利用的磷转化为植物可吸收利用的形态,从而提高作物产量^[8-12]。同时溶磷微生物肥料,具有生产成本低、应用效果好、不污染环境等优点,施用后不仅能使农作物增产,而且可改善土壤结构,提高土壤有机质含量,提高土壤中磷的利用效率,节肥增产,并对改良盐碱地以及对培育和充分发挥土壤生态肥力具有重要意义^[13]。

因此本研究利用筛选获得的高效溶磷菌株,选择不同的吸附载体和保活材料,研制成不同配方的溶磷微生物肥料,通过盆栽试验验证其效果,综合玉米植株长势、磷细菌数量、收获后产量、土壤有效磷含量和植株养分含量等指标,筛选出适宜的溶磷微生物肥料配方组合,为溶磷微生物肥料的产业化与微生物肥料的高效发挥提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

玉米品种为先玉335。试验用盆直径为27 cm,高度为33 cm,每盆装土15 kg。供试土壤为黑土。

发酵液及菌剂的制备:取斜面保存的固体菌种接于50 mL灭菌的LB培养基中,28℃、180 r/min培养3 d,然后接入无机磷发酵培养液中培养3 d后以4种不同基质配方吸附,培养3 d后接入土壤进行盆栽试验。

1.2 试验设计

盆栽试验设置12个处理,8次重复。具体处理如下:(1)F1(配方1+F);(2)F2(配方2+F);(3)F3(配方3+F);(4)F4(配方4+F);(5)F(基质对照);(6)Y1(配方1+Y);(7)Y2(配方2+Y);(8)Y3(配方3+Y);(9)Y4(配方4+Y);(10)Y(基质对照);

(11)CK(化肥对照)(12)CK0(空白对照)。F、Y为不同载体代号。

各个处理施用化肥水平一致,选用单质肥料尿素(N 46%)、磷酸二铵(N 18%、 P_2O_5 46%)和氯化钾(K_2O 60%)。按2 250 000 kg土/hm²计算施肥量(N- P_2O_5 - K_2O)×2倍;溶磷微生物肥盆栽菌剂施用量按1 g/200 g土(0.5%)×2倍施入。

1.3 测定指标及方法

在播种前、拔节期、灌浆期和收获后,采用平板计数法测定盆栽试验土壤的溶磷菌数;在拔节期和灌浆期测定玉米的株高、茎粗和干物重;在播种前、拔节期和收获后采用0.5 mol/L NaHCO_3 浸提-钼锑抗比色法测定土壤中速效磷含量;收获后分别采用碱化后蒸馏定氮法、钒钼黄吸光光度法和火焰光度法测定植物中氮、磷、钾含量。

2 结果与分析

2.1 不同配方溶磷微生物肥料对玉米株高、茎粗和玉米干物重的影响

2.1.1 不同配方溶磷微生物肥料对玉米株高的影响

从图1可以看出,在拔节期不同配方溶磷微生物肥料对玉米株高的影响较小,各处理玉米株高与CK和CK0相比差异甚微。但灌浆期不同配方溶磷微生物肥料对玉米株高的影响较大,以F为载体的各个配方,玉米株高均明显高于CK0和CK,其中F4株高最大;以Y为载体的不同配方效果不如F载体配方,Y、Y1、Y2和Y4处理的株高均低于单施化肥处理,Y2处理甚至低于CK0。试验结果表明,F载体对玉米株高的影响好于Y载体,生殖生长阶段效果好于营养生长阶段。

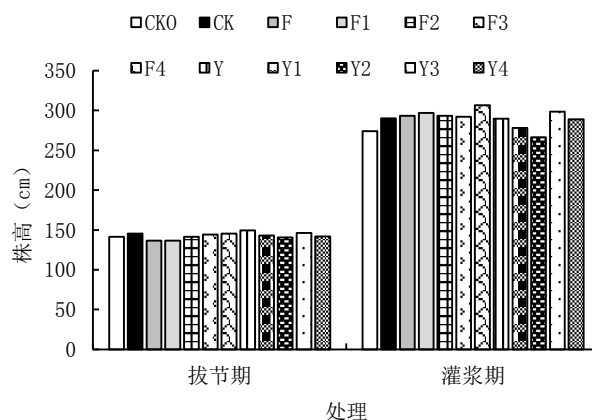


图1 不同配方对玉米株高的影响(拔节期、灌浆期)

2.1.2 不同配方溶磷微生物肥料对玉米茎粗的影响

不同配方溶磷微生物肥料对茎粗的影响与株高表现出相同的趋势(图2)。即在营养生长阶段,各处理茎粗值与CK和CK0相比差异不明显。生殖生长阶段(灌浆期)处理间茎粗值差异较明显。在灌浆期以F为吸附载体的配方之间茎粗值高低依次为F>F2>F1>F4>F3;以Y为吸附载体的配方间茎粗值高低依次为Y3>Y4>Y1>Y>Y2。载体F和Y与不同保活材料配合对玉米茎粗都表现出了促进作用。

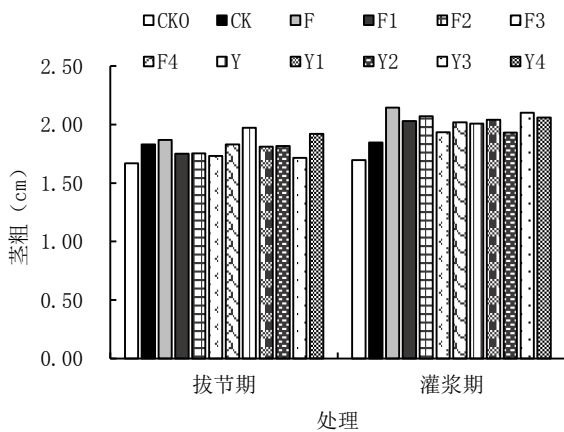


图2 不同配方对玉米茎粗的影响(拔节期、灌浆期)

2.1.3 不同配方溶磷微生物肥料对玉米干物重的影响

分别在玉米拔节期和灌浆期测定了植株干物重(图3),结果表明,在玉米营养生长阶段(拔节期),单施化肥处理的干物重最大,可能是有机载体的施入给玉米苗期生长带来了不利影响。而到了生殖生长阶段(灌浆期)不同吸附载体和保活材料对植株干物重表现出了促进作用。以Y为载体处理的植株干物重明显高于空白与化肥处理, Y3处理的干物重最大;基质对照的干物重明显高于空白和单施化肥处理。以F为吸附载体的不同配方之间F4处理的干物重最大, F2次之,明显高

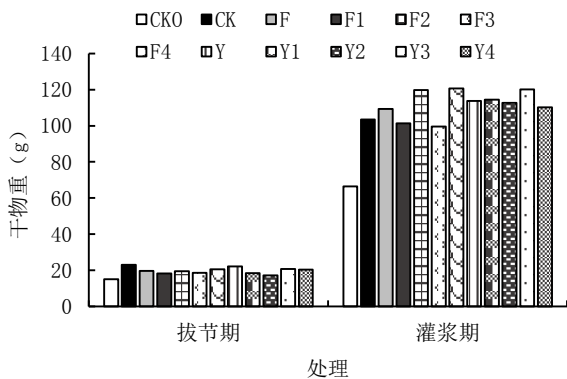


图3 不同配方对玉米干物重的影响(拔节期、灌浆期)

于空白和单施化肥处理, F1和F3处理的干物质积累略低于化肥处理。以对植株干物重的影响为指标, F4和Y3处理的干物重最大。

通过对拔节期和灌浆期玉米植株的株高、茎粗和干物重的综合分析, 配方3与载体Y组合(Y3)处理的玉米植株长势最好。

2.2 不同配方溶磷微生物肥料对玉米产量构成的影响

在玉米收获期测量了玉米穗干重、单穗粒重和植株干重等产量构成因素(图4), 结果表明:以F为载体的不同配方各项指标与CK相比均表现出了增加的趋势, 其高低依次为F3>F2>F1>F4>F。单穗粒重与化肥对照相比增加率分别为25.33%、14.47%、11.05%、9.55%、5.81%。以Y为载体不同配方的产量构成因素与化肥CK相比也有所增加, 配方高低依次为Y3>Y4>Y>Y2>Y1, 单穗粒重与化肥对照相比增加率分别为25.03%、24.85%、22.55%、12.87%、1.05%。试验结果说明了以F或者Y为载体添加不同配方的保活材料研制而成溶磷微生物肥料对玉米产量构成产生了明显的促进作用, 不同载体作用效果有差异。以F为载体时配方3(F3)、配方2(F2)较好, 以Y为载体配方3(Y3)和配方4(Y4)较好, 初步说明载体与保活材料之间可能存在选择性。

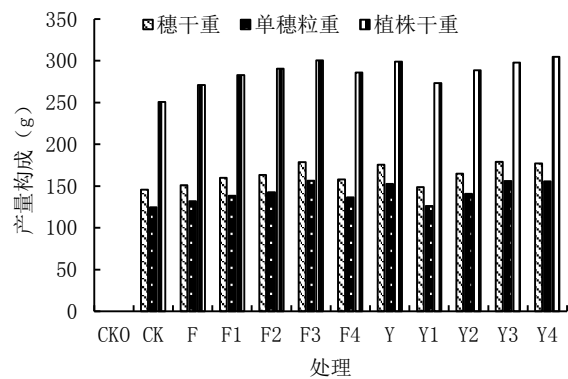


图4 不同配方对玉米产量构成的影响(收获期)

2.3 不同配方溶磷微生物肥料对土壤溶磷菌数量的影响

对播种前、拔节期、灌浆期和收获后的盆栽土壤进行了溶磷菌数检测(图5a、图5b), 结果表明不同配方处理溶磷菌数有差异。以F为载体的配方在玉米拔节期和灌浆期溶磷菌数量较高, 收获期也有一定的含量。在拔节期不同配方之间溶磷菌数依次为F4>F1>F3>F>F2, 灌浆期F2>F3>F1>F>F4。以Y为载体的不同配方只在拔节期检测到

溶磷菌含量,灌浆期和收获后溶磷菌数量急剧减少,而单施化肥的处理还有一定的含量。

在拔节期两种吸附载体都检测到了一定数量的溶磷菌,但收获期溶磷菌数量下降幅度均比较

大,是否说明溶磷菌在玉米生长过程中因溶磷作用发生了自融现象而释放了微生物磷,有待于结合土壤与植株的磷素状况进行分析。

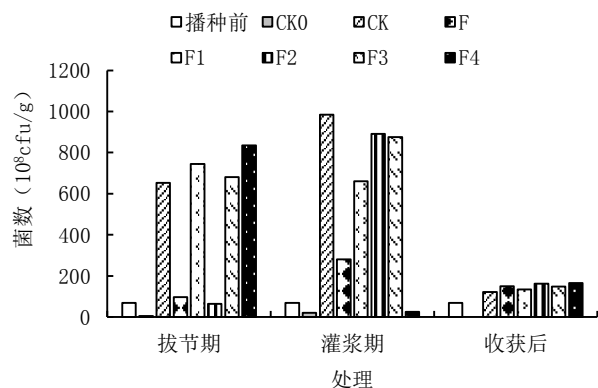


图5(a)以F为载体的不同配方

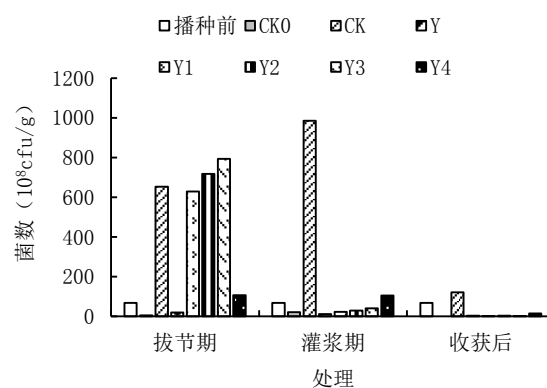


图5(b)以Y为载体的不同配方

图5 不同配方对土壤中溶磷菌的影响(拔节期、灌浆期、收获期)

2.4 不同配方溶磷微生物肥料对土壤及植物磷素效率的影响

2.4.1 不同配方溶磷微生物肥料对土壤速效磷含量的影响

不同配方溶磷微生物肥料对土壤速效磷含量的影响(图6)结果表明不同配方都明显提高了土壤有效磷含量,说明溶磷菌在筛选的配方中能够存活并将土壤中难溶态磷活化为能被植物直接吸收利用的速效态磷。与播种前相比较,拔节期Y3处理的土壤中速效磷含量增加了58.72%,Y2和F3处理的土壤中速效磷含量也分别增加了43.69%和36.01%,空白对照在拔节期速效磷含量与播种前相比下降了16.57%。收获后土壤中速效磷含量都明显下降,说明溶磷微生物不仅将土壤中的难溶态磷活化,而且促进了植株对土壤中磷的吸收^[15]。

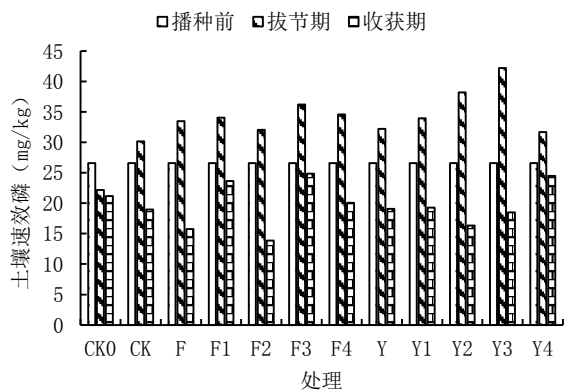


图6 不同配方对土壤中速效磷含量的影响

2.4.2 不同配方溶磷微生物肥料对植株磷、钾和氮含量的影响

由图7可知,Y2处理和Y3处理的玉米植株氮、磷和钾含量都居于前两位,都明显高于空白对照。Y2和Y3处理与CK处理相比,氮、磷和钾含量增加幅度分别是75.09%和62.65%、35.08%和32.89%、40.21%和46.47%。植株吸收养分情况与土壤有效磷含量表现出较好的一致性,说明在本试验条件下,不同配方溶磷微生物肥料对改善土壤磷素状况、促进植物养分吸收表现出了积极的促进作用,而且植株的磷素养分与氮、钾也表现出协同吸收效应。

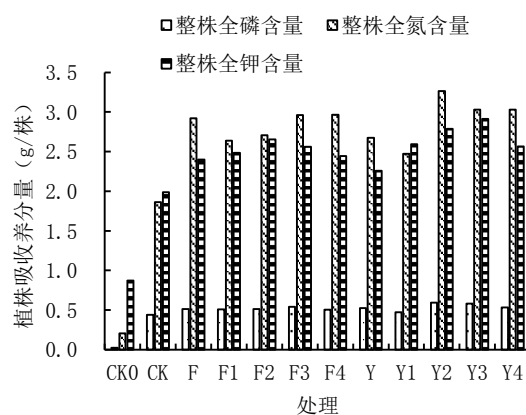


图7 不同配方对植株养分含量的影响

3 结果与讨论

综合分析玉米的生物学性状及产量结果,说明载体F和载体Y与保活材料组合,对玉米的生长及产量均表现有促进作用,而且对于生殖生长的促进作用比营养生长阶段更为明显。这可能是由于施入的溶磷菌活化了土壤中的钙磷而促进玉

米生长^[14],也有人研究发现有些溶磷菌能够产生铁载体和IAA类植物激素及抑制一些植物病害的发生等。在一定程度上对作物起直接或间接的促进作用^[15-16]。

不同载体与保活材料之间有一定的选择性,配方3无论以F或者Y为载体生物学性状及产量结果均为最好,可以指导在生产中以配方3为保活材料,以F或者Y为载体进行溶磷微生物肥料的研制。

通过对不同时期对土壤中溶磷菌数、土壤中速效磷含量以及植株氮磷钾的累积量分析,说明不同载体与不同配方组合可以活化土壤难溶性磷,改善土壤磷素状况,同时可以促进植物氮、磷、钾养分的协同吸收^[17]。

参考文献:

- [1] 陆景陵. 植物营养学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2004: 200-202.
- [2] 鲁如坤. 土壤-植物营养学原理和施肥[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998: 456-459.
- [3] 于海秋, 彭新湘, 曹敏建. 缺磷对不同磷效率基因型大豆光合日变化的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2005, 36(5): 519-522.
- [4] 赵小蓉, 林启美. 微生物解磷的研究进展[J]. 土壤肥料, 2001(3): 7-11.
- [5] Wang G H, Zhou K Q, Jin J I Effect of different C sources on the solubilization of rock phosphate by three phosphate solubilizing fungi(PSF)[J]. Chinese J. Ecology, 2004, 23(2): 32-36.
- [6] 张宝贵, 李贵桐. 土壤生物在土壤磷有效化中的作用[J]. 土壤学报, 1998, 35(1): 104-111.
- [7] Xie Y X. Manufacture principle and industrialized production of biofertilizer[J]. Beijing Agricultural Sciences, 1994, (supplement): 9-15.
- [8] Gai S, Gaur A C. Thermo tolerant phosphate Solubilization-micro organism and their interaction with mung bean[J]. Plant and Soil, 1991(133): 141-149.
- [9] Chabot R, Antoun H, Cescas M P. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing Rhizobium legumi-nosarum biovar phaseoli[J]. Plant and Soil, 1996(184): 311-321.
- [10] Abd-Alla M H. Phosphatases and the utilization of organic phosphorus by Rhizobium leguminosarum biovar viceae [J]. Lett. Appl. Microbiol, 1994(18): 294-296.
- [11] Yadav K S, Dadarwal K R. Phosphate solubilization and mobilization through microorganisms. In: Dadarwal, K.R. ed. Biotechnological Approaches in soil Microorganisms for Sustainable Crop Production[M]. Jodhpur: Scientific Publishers, 1997: 293-308.
- [12] Jone D L, Darrah P R. Role of root derived organic acids in the mobilization of nutrients from the rhizosphere[J]. Plant Soil, 1994(166): 247-257.
- [13] 李剑峰, 师尚礼, 张淑卿. 解磷微生物肥料研究进展[J]. 仲恺农业工程学院学报, 2010(23): 62-67.
- [14] Kumar V, Behl R K, Narula N. Establishment of Phosphate-solubilizing strains of Azotobacter chroococcum in the rhizosphere and their effect on wheat cultivars under greenhouse conditions [J]. Microbiological Research, 2001(156): 87-93.
- [15] Hariprasad P and Niranjana S R. Isolation and characterization of Phosphate solubilizing rhizobacteria to improve plant health of tomato[J]. Plant and soil, 2009(316): 13-24.
- [16] Hariprasad P, Navya H M, Chandra nayaka S, et al. Advantage of using PSIRB over PSRB and IRB to improve Plant health of tomato[J]. Biological Control, 2009(50): 307-316.
- [17] 吴海燕. 黑土磷素有效性的微生物调控技术及其机理研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2012: 105-107.

(责任编辑:王 昱)