

# 一种多功能化内生型巨大芽孢杆菌的菌肥对反季节鲜食玉米品质提升效果的研究

徐 征<sup>1</sup>, 邱世明<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>重庆市农业农村委, 重庆 401121; <sup>2</sup>重庆市铜梁区小林镇农业服务中心, 重庆 402586)

**摘要:**为了验证研制的一种多功能内生型巨大芽孢杆菌肥料的肥效,在红棕紫泥的旱坡地上,采用简单对比试验方法,将其施用在反季节鲜食玉米上。试验结果表明,在210 m<sup>2</sup>的土地上使用该菌肥2.94 kg后,相对于对照,同样面积上施用有机无机混合肥料76.048 kg(按当地农民常规施肥水平),显著提高了鲜食玉米的品质,水溶性氨基酸提高了40%、可溶性还原糖提高了198%、维生素C提高了30%,鲜玉米的粗纤维含量降低了0.15%,淀粉含量降低了10.68%。该菌肥对土壤培肥作用的研究具有一定的价值。

**关键词:**巨大芽孢杆菌(*Bacillus megaterium*); 内生菌; 菌肥; 鲜食玉米; 品质

中图分类号:S365

文献标志码:A

论文编号:casb19030099

## A Multifunctional Endophytic Bacillus Fertilizer Improves the Quality of Off-season Fresh Maize

Xu Zheng<sup>1</sup>, Qiu Shiming<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>ChongQing Agriculture Committee, Chongqing 401121;

<sup>2</sup>Agricultural Service Center of Xiaolin Town, Tongliang District, Chongqing, Chongqing 402586)

**Abstract:** An endogenous and multifunctional bacillus fertilizer has been developed, to study its fertilization efficiency, a simple comparative experiment was conducted with off-season fresh maize growing in the sloping land of red-brown-purple soil. Compared with the control of applying 76.048 kg organic and inorganic compound fertilizer in 210 m<sup>2</sup> soil (the normal fertilizer level), after applying 2.94 kg bacillus fertilizer in the 210 m<sup>2</sup> soil, the quality of fresh maize was improved obviously. The water-soluble amino acids, water-soluble reducing sugar and vitamin C increased by 40%, 198% and 30%, respectively. At the same time, the crude fiber and starch content decreased by 0.15% and 10.68%, respectively. This bacterial fertilizer is valuable for further research on soil fertility.

**Keywords:** *Bacillus megaterium*; endophytic; bacterial manure; fresh maize; quality

## 0 引言

当前农产品消费市场对高品质的农产品需求极大,而农业生产的状况,一是饱受土壤污染的困扰,二是能提供肥效而又兼顾提高农产品口感、营养价值并且可供选择的肥料范围较窄。

有研究表明,自然界中的某些巨大芽孢杆菌属,有的有自生固氮作用,有的又或具有解钾、溶磷作用等土壤肥效,在自然状态下,这些肥效并不高<sup>[1]</sup>。但当具有土壤肥力作用的微生物与植物形成固定共生关系,甚至成为植物根系的内生型微生物<sup>[2]</sup>,其肥效可以得到大幅提高,对有些植物而言,进而还演化成了一种必须

的共生关系。如果将这种共生模式在技术上突破,将任意具有高效肥力的益生菌,变成农作物的共生型内生菌,这样的菌肥极有可能成为替代化肥的一种新型供肥方式。

基于多功能的内生型巨大芽孢杆菌的菌肥研制,包括三个研究阶段:第一阶段,将选育自土壤中的巨大芽孢杆菌进行固氮、解钾、溶磷等多功能筛选培育;第二阶段,通过原位土壤消毒后与目标植物、筛选的优势菌株进行缺素无菌富集培养,在特殊的生理物质刺激下,经过别构调节作用,促使菌株变成植物的内生菌,在目标植物根际提取优势菌株,多次重复,直到培养出

**第一作者简介:**徐征,男,1972年出生,副调研员,博士,研究方向:土壤生态学。通信地址:401121 重庆市两江新区黄山大道186号 重庆市农业农村委, Tel: 023-89133170, E-mail: 383225021@qq.com。

**收稿日期:**2019-03-23, **修回日期:**2019-04-24。

稳定的内生型的多功能菌株；第三阶段，将培育成的菌种制成可以在田间简便施用的菌肥，此系列菌肥暂取名为“VA生物肥”，相关详细参见笔者硕士毕业论文<sup>[5]</sup>。

本文研究的出发点，正是基于上述问题而设计，并成功研制的一种多功能内生型巨大芽孢杆菌菌肥，本研究的目的就是验证这种菌肥对鲜食玉米品质提升的效果。

1 材料与方法

1.1 材料

多功能化巨大芽孢杆菌的菌肥，自制，有效活菌数 $>10^9$  CFU/g。

复合化肥，(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 含量为 15%、15%、15%) 购于当地农资公司；有机肥，N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 含量分别为 1.9%、2.4%和 1.6%，有机质含量 48.2%，购于当地农资

公司。

玉米，‘登海西星糯玉一号’，市售。

试验在重庆市渝北区方家沟村坡地进行，海拔 458 m，供试土壤为红棕紫泥，土壤基础理化性质：有机质 21.06 g/kg，全氮 213 mg/kg，速效氮 45.32 mg/kg，速效磷 62.5 mg/kg，速效钾 50.8 mg/kg，pH 6.8。

鲜食玉米为反季节玉米，播种时间为 2018 年 8 月 5 日，收获时间为 2018 年 10 月 1 日。生长周期 2 个月。

1.2 试验设计及处理

试验肥料施用量为因子，采用简单对比方差设计，设置 2 个施肥处理，小区面积 30 m<sup>2</sup>，随机区组排列，重复 7 个区组，每小区设置种植 28 株玉米，每个处理种植 14 株。

试验设计处理如表 1 所示。

表 1 试验设计处理表

试验因子	试验编号	试验施肥水平/hm <sup>2</sup>	每株施肥水平	
			底肥	追肥
1、复合农家肥处理 (当地农民施肥习惯)	Agro	复合化肥 1500 kg	28 g	10 g
		有机肥 15000 kg	250 g	100 g
2、生物肥处理	MX	生物肥 900 kg	15 g	0 g

1.3 检测指标

(1)鲜食玉米品质检测指标

鲜食玉米品质包括口感和营养价值相关指标，通常具有代表性的指标为：水分(g/100g)、粗纤维(g/100g)、可溶性还原糖(g/100g)、淀粉(g/100g)、水溶性氨基酸总量(mg/g)、维生素 C(mg/100g)，检测方法参照 GB 5009.3- 2016；GB/T 5009.10- 2003；GB/T 8314-2013；GB 5009.86-2016 等<sup>[8]</sup>。

(2)鲜食玉米品质感官评审指标

有研究表明，鲜食玉米口感相关指标，可以选用甜度口感、糯度口感、果皮口感、风味口感等 4 个指标<sup>[9]</sup>。

2 结果与分析

2.1 鲜食玉米品质感官评审对比

反季节鲜食玉米，经历重庆 8 月份伏旱高温，产量普遍降低，单株玉米棒子数 2 个处理没有显著差异，均集中在 1 个，少数收获有 2 个，其外观差异不显著。如图 1。

鲜食玉米商品性集中表现在“甜度、糯度、果皮化渣、风味”这 4 个主要的指标，甜度是食品入口的甜味感觉，通常在鲜食的食品中，甜度主要由水溶性还原糖含量多少决定；玉米的糯度，主要是食品入口的持续的

细腻丝滑的肤感，主要由玉米水溶性固形物、支链淀粉多少决定；果皮化渣的感觉，主要看玉米皮渣比例及粗纤维含量多少而定，一个好的化渣感觉可以用“入口即化”来形容；风味是看鲜食玉米中特殊的玉米香味浓厚的感觉，通常香味物质的多寡，可以从水溶性氨基酸及维生素 C 的多寡看出。

为保证专家打分的客观性，玉米由专人煮制，单独标记后送达每位专家工作台，专家打分后，再由专人复



图 1 收获玉米外观对比图

原两个处理的实际得分。

专家打分时,首先针对每项指标进行“好、中、差”的分级,然后再根据评级进一步细化打分,好等级为7~10分;中等级为4~6.9分,差为0.1~3.9分;所有分值最小量度为0.1分。

7位评委的评审打分结果详见下表2、表3。

将生物肥处理和复合农家肥处理感官审评的打分情况进行对比分析,可以看出:7位专家对2个处理的玉米的感官评审分值趋势评价完全一致,即生物肥处理在“甜度、糯度、果皮化渣、风味”这4个主要的指标上,明显优于农家肥处理。

同时,在感官审品时,对2个处理的玉米在口感上

表2 生物肥处理(MX)玉米评审结果表

打分指标	专家1	专家2	专家3	专家4	专家5	专家6	专家7
甜	5.4	9.5	5.5	8.5	6.2	9	9.5
糯	5.5	9.5	8	8	8	8	9.3
果皮化渣	6.3	8.8	7	7	8	9	9.3
风味	5.8	9.5	6	7	7	8.5	9.1
单列总分	23	37.3	26.5	30.5	29.2	34.5	37.2

表3 复合农家肥处理(Agro)玉米评审结果表

打分指标	专家1	专家2	专家3	专家4	专家5	专家6	专家7
甜	5.2	5.5	6	7.5	5	8.5	8.9
糯	4.5	5.2	5	8	6	9	9
果皮化渣	6.2	8.8	6	7	5	8	9
风味	6.1	8.9	6.5	7	5	9	5.9
单列总分	22	28.4	23.5	29.5	21	34.5	32.8

的特点,专家一致认为,生物肥处理的玉米,在感官综合特征上,具有入口化渣、风味突出、丝滑爽顺,甜而不腻的特点。而农家肥处理的玉米,相对于生物肥的处理,有明显的干涩、水感突出、风味不足的劣势。

2.2 鲜食玉米理化品质检测对比

通过对生物肥处理和农家肥处理收获的鲜食玉米进行水分(g/100g)、粗纤维(g/100g)、可溶性还原糖(g/100g)、淀粉(g/100g)、水溶性氨基酸总量(mg/g)、维

生素C(mg/100g)等6个指标的检测,结果见表4。

上述检测结果,与感官审评结论吻合,由此可以得出生物肥对鲜食玉米品质有显著的提高。

结果同时表明,生物肥处理不仅可以增加了鲜食玉米对人体健康的有益营养成分,也能降低玉米淀粉含量,减少玉米的高糖分对人体不利的影响。

3 结论与讨论

试验结果的数据分析表明,该生物肥为提高农产

表4 各处理品质理化指标检测结果表

样品名称	生物肥处理		农家肥处理	
	以湿基(鲜玉米)计	以干基(绝干玉米)计	以湿基(鲜玉米)计	以干基(绝干玉米)计
水分/(g/100g)	74.05	/	67.65	/
粗纤维/(g/100g)	0.70	2.69	0.85	2.59
可溶性还原糖/(g/100g)	1.55	5.96	0.52	1.56
淀粉/(g/100g)	13.25	50.98	23.93	72.52
水溶性氨基酸总量/(mg/g)	2.77	10.67	1.98	6.01
维生素C/(mg/100g)	4.26	16.40	3.27	9.90

品商品性和价值提供了一条便捷的方式,鲜食玉米的口感和营养价值的大幅提升,对农产品的商品性和价值有直接的提升作用,相对于传统意义上的鲜食玉米专用品种培育的方式,施用该生物肥,更为迅捷、简便。

试验也发现,采用该菌肥之后,复合化肥以及有机肥的施入量有极大的下调空间,但具体可以减少多少量的化肥及有机肥,还需要进一步研究。

同时对试验地土壤理化指标的对比分析,也发现该生物肥对土壤有显著的培肥作用,具体情况另外撰文展开论述。

试验过程中,对植株的叶绿素等指标的检测中,以及在相关的后续研究中,也发现该生物肥或许具有更长期的肥效,需要进一步的长期定位肥效试验验证。

试验结果表明,该生物肥能显著提高鲜食玉米的口感和营养价值,相对于当地农民习惯施肥,生物肥在水分(g/100g)、粗纤维(g/100g)、可溶性还原糖(g/100g)、淀粉(g/100g)、水溶性氨基酸总量(mg/g)、维生素C(mg/100g)等6个内在营养指标上大幅度提高,提高范围分别为:水溶性氨基酸40%、可溶性还原糖198%、维生素C30%。

### 参考文献

- [1] 陈凯,李纪顺,杨合同,等.巨大芽孢杆菌P1的解磷效果与发酵技术研究[J].中国土壤与肥料,2010(4):73-76.
- [2] Purahong W, Hyde K D. Effects of fungal endophytes on grass and non-grass litter decomposition rates[J]. Fungal Diversity, 2011, 47(1):1-7.
- [3] 赵媛,卢凤英. 作物内生菌研究进展[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(10):20-22.
- [4] 曹宝玲,吴细华,葛诚复合微生物肥料的生产及应用探讨[J]. 中国热带农业, 2008(2):38-40.
- [5] 徐征. 专性固氮菌(Azotobacteraceae)在“玉米(小麦)-紫色土”体系中的生态效应[D]. 重庆:西南农业大学, 1997.
- [6] García-Parisi P A, Omacini M. Arbuscular mycorrhizal fungi can shift plant-soil feedback of grass-endophyte symbiosis from negative to positive[J]. Plant Soil, 2017, 419:13-23.
- [7] Chen J, Zhang L, Jin Q, et al. Bioremediation of phenol in soil through using a mobile planteendophyte system[J]. Chemosphere, 2017, 182:194e202.
- [8] Kumkum Azad, Susan Kaminskyj. A fungal endophyte strategy for mitigating the effect of salt and drought stress on plant growth[J]. Symbiosis, 2016, 68:73-78.
- [9] 中华人民共和国农业部行业标准 .N Y/T523-2002- 甜玉米, N Y/T524-2002N Y/T-糯玉米, 2002.
- [10] 曾孟潜,等. 优质玉米食用品质及其评价标准[M]. 中国玉米品种科技论坛,中国农业科技出版社, 2001.
- [11] 曾三省. 鲜食糯玉米的品种及其品质评价[J]. 上海农业科技, 2002: 55-56.
- [12] 史振声. 鲜食型玉米育种目标和品种标准的探讨[J]. 玉米科学, 2002, 10(4):16-18.
- [13] 王书锦. 土壤微生物应用与发展的生物技术[C]. 第八次全国土壤微生物学术讨论会, 1996.
- [14] 陈廷伟. 非豆科作物固氮研究进展[M]. 北京:中国农业出版社, 1989.
- [15] 李卓棣. 微生物接种剂及其应用条件[C]. 第八次全国土壤微生物学术讨论会, 1996.
- [16] Michmel F A. The Ecology of Arbuscular Mycorrhizas[J]. Mycol. Res. 1996, 100(2):175-180.
- [17] Sharples J M. Organic Nitrogen Utilization by an Unidentified Microbiont Isolated from Microrrhizas of Pisonia Grandis[J]. Mycol. Res. 1997, 101(3):315-318.
- [18] William B. Sanders Fine Struatural Features of Rhizomorphs (Sensu Lato) Producted by four Species of Lichen Fung[J]. Mycol. Res., 1997, 101(3):319-328.
- [19] Bergersen F J. Methods for Evaluating Biological Nitrogen Fixation John Willy & Sons Inc. 1980.
- [20] Kazuko Ota. Effects of Different Nitrogen Sources on Glutamine Synthetase and Ferredoxin Dependent Glutamaee Synthase Activities and on Free Amino Acid Composition in Radish Plants [J]. Soil Sci. Plant Nutr., 1990, 36(4):645-652.
- [21] Toshiyuki Lsoi. Growth Nodulation and Nitrogen Fixation of Soybean Planes with Seeds Treated with Kasugamycin[J]. Soil Sci. Plant Nutr., 1990, 36(2):283-288.
- [22] 张磊,李春明,徐征,等. 根际联合固氮菌对小麦生产的效应研究[J]. 西南农业大学学报, 1999, 21(3):223-227.
- [23] 李金凤. 微生物肥料的应用与发展对策(中) [J]. 新农业, 2002(11): 37-38.
- [24] 唐欣昀,张明,赵海泉,等. 微生物肥料及其生产应用中的问题[J]. 生物学杂志, 2002, 19(1):28,32-33.
- [25] 杨绍斌,肖利萍,钟显亮. 微生物肥料若干基本问题的探讨[J]. 辽宁工程技术大学学报:自然科学版, 2002, 21(2):252-254.