

## 多黏类芽孢杆菌菌剂在玉米上的应用效果

李铭东<sup>1</sup>, 吴成生<sup>2</sup>, 沈彤<sup>3</sup>, 李昭煜<sup>3</sup>, 李国利<sup>3</sup> (1. 新疆农业科学院粮食作物研究所, 新疆乌鲁木齐 830000; 2. 塔城地区农业科学研究所, 新疆塔城 834700; 3. 兰州交通大学研究院, 甘肃兰州 730070)

**摘要** 为研究多黏类芽孢杆菌菌剂对玉米产量和病害的影响, 采用随机区组试验方法, 进行多黏类芽孢杆菌菌剂对玉米影响的田间试验。结果表明, 15、30 kg/hm<sup>2</sup> 多黏类芽孢杆菌菌剂与化肥共同施用比单独施用化肥的出苗率高 4.1%、5.3%, 玉米幼苗叶绿素含量分别高 7.90、14.48 mg/g, 过氧化氢酶活性分别高 11.1、18.8 μmol/(g·min), 过氧化物酶活性分别高 7.47、15.73 U/(g·min), 对玉米根腐病防效分别为 74.27%、80.50%, 对玉米的增产率分别为 9.68%、17.68%。因此, 多黏类芽孢杆菌菌剂可和化学肥料在玉米种植时一起作为基肥使用, 可以减轻根腐病的发生, 提高玉米产量, 能够起到很好的减肥减药作用。

**关键词** 玉米; 多黏类芽孢杆菌; 防效; 产量

中图分类号 S513 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)03-0141-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.03.038



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Application Effect of *Paenibacillus polymyxa* Bacterial Agent on Corn

LI Ming-dong<sup>1</sup>, WU Cheng-sheng<sup>2</sup>, SHEN Tong<sup>3</sup> et al (1. Institute of Food Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumchi, Xinjiang 830000; 2. Tacheng Prefecture Agricultural Science Research Institute, Tacheng, Xinjiang 834700; 3. Research Institute of Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou, Gansu 730070)

**Abstract** In order to study the effect of *Paenibacillus polymyxa* inoculum on corn yield and disease, a randomized block test method was used to conduct a field experiment of the effect of *Paenibacillus polymyxa* inoculum on corn. The results showed that 15, 30 kg/hm<sup>2</sup> of *Paenibacillus polymyxa* inoculum and chemical fertilizers had a 4.1% and 5.3% higher emergence rate than chemical fertilizer alone, and the chlorophyll content of maize seedlings was higher by 7.9 and 14.48 mg/g, respectively. Catalase activity was 11.1, 18.8 μmol/(g·min) higher, and peroxidase was 7.47, 15.73 U/(g·min) higher, respectively. The control effects on corn root rot were respectively 74.27%, 80.50%, the increase rate of corn yield was 9.68%, 17.68%. Therefore, *Paenibacillus polymyxa* could be used as a base fertilizer together with chemical fertilizers when planting corn, which could reduce the occurrence of root rot, increase corn yield, and had a good weight loss and drug reduction effect.

**Key words** Corn; *Paenibacillus polymyxa*; Control; Yield

玉米是世界上广泛种植的三大粮食作物之一, 同时也是畜牧业生产中不可或缺的青贮饲料来源之一, 其种植面积仅次于小麦和水稻<sup>[1]</sup>。我国是一个农业大国, 随着人口不断增加, 对玉米的需求量也在持续增加, 玉米的重要性不断凸显<sup>[2-3]</sup>。但在玉米生产过程中, 由于化学肥料的长期超量使用, 造成土壤板结, 土壤微生物菌群发生改变, 土壤的保水保肥能力减退, 土传病害高发, 进而导致玉米产量和品质降低<sup>[4]</sup>。多黏类芽孢杆菌(*Paenibacillus polymyxa*)是一种对植物根际具有促生和防病作用的细菌, 大量存在于土壤和植物的根系中, 能够起到促进植物生长、增加作物抗逆性和防治土传病害的作用<sup>[5]</sup>, 且对植物和动物无致病性<sup>[6]</sup>, 还能产生如细胞分裂素、生长素、挥发性气体等物质, 可促进植物的生长, 诱导植物产生系统抗性, 对根腐病有较好的防效<sup>[7]</sup>。目前, 关于生防菌防治作物病害的研究越来越多, 已在烟草、水稻、小麦<sup>[8]</sup>、玉米、大豆、水果、蔬菜等农作物的病害防治中取得显著的效果<sup>[9]</sup>, 多黏类芽孢杆菌菌剂在玉米上的应用未见报道。因此, 笔者以自研多黏类芽孢杆菌菌剂作为研究对象, 应用到玉米田, 研究其对玉米生长的影响及对玉米根腐病的防治效果, 为多黏类芽孢杆菌菌剂的开发和在玉米上的使用奠定基础。

## 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 试验地位于甘肃省武威市清源镇周府庄村, 井水灌溉, 平均海拔 1 530 m, 年均降水量 160 mm。土壤肥力均匀、地势平坦、整齐, 前茬作物玉米, 属温带大陆性气候。

**1.2 试验材料** 供试作物为玉米(先玉 335)。供试肥料为 10 CFU 亿/g 多黏类芽孢杆菌(兰州交通大学微生物实验室提供)。

**1.3 试验设计** 共设 3 个处理。处理①为正常化学肥料施肥; 处理②为正常化学肥料和 15 kg/hm<sup>2</sup> 多黏类芽孢杆菌菌剂共同施肥; 处理③为正常化学肥料和 30 kg/hm<sup>2</sup> 多黏类芽孢杆菌菌剂共同施肥, 每个处理重复 3 次, 其他田间管理均一致。

采用随机区组试验方法。在出苗 20 d 时测定玉米出苗率、苗高、叶绿素、抗性相关酶活性。成熟期测定产量并调查对玉米根腐病的防效。

**1.4 测定项目与方法** 玉米苗高采用标准直尺测量<sup>[10]</sup>。叶绿素含量使用 SPAD-502 叶绿素计(美能达, 日本)测定叶片叶绿素含量(SPAD 值)<sup>[11]</sup>, 重复 3 次, 取平均值。过氧化物酶(POD)活性用愈创木酚法测定<sup>[12]</sup>, 过氧化氢酶(CAT)活性采用文献[13]的方法。

出苗率调查: 出苗 20 d, 每个小区随机量取 5 m 长, 统计出苗率。

于玉米成熟期每小区采取 5 点取样, 每个样点 1.5 m<sup>2</sup>,

**基金项目** 甘肃省植物源生物农药工程技术研究中心创新能力建设(2018ZX-11)。

**作者简介** 李铭东(1966—), 男, 山西平陆人, 副研究员, 从事作物栽培育种研究。

**收稿日期** 2020-09-27

记录总株数、各级病株数,测定产量,计算病情指数、玉米根腐病防效、产量。

$$\text{发病率} = \frac{\text{发病株数}}{\text{调查总株数}} \times 100\%$$

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{各级病株数为} \times \text{相应级数值})}{\text{调查总株数} \times \text{最高级级数}} \times 100$$

分级标准:0级,即植株茎基部和主、须根均无病斑;1级,茎基部和主根上有少量病斑;3级,茎基部和主根上病斑较多,病斑面积占茎部和根总面积的1/4~1/2;5级,茎基部和主根上病斑多且较大,病斑面积占茎基部和根总面积的1/2~3/4;7级,茎基部和主根上病斑连片,形成绕茎现象,但根系并未死亡;9级,根系坏死,植株地上部萎蔫或死亡。

**1.5 数据处理** 采用 Excel 2016 进行数据处理和图表绘制,并采用 SPSS 19.0 软件进行方差分析, Duncan 新复极差法进行处理间差异显著性检验。

## 2 结果与分析

**2.1 玉米出苗率、苗高和根长** 出苗 20 d, 对出苗率、苗高进行统计, 结果表明, 处理②、处理③出苗率、苗高均高于处理①, 处理②出苗率比处理①高 4.1%, 处理③比处理①高 5.3%, 差异均显著; 处理②、处理③的苗高比处理①分别高 1.5、3.7 cm, 说明施底肥时加入多黏类芽孢杆菌菌剂能够提高玉米的出苗率, 同时对玉米具有促生作用, 且加入量越多效果越明显(表 1)。

表 1 不同处理对玉米出苗率和苗高的影响

Table 1 Effects of different treatments on the emergence rate and height of corn

处理 Treatment	出苗率 Seedling emergence/%	苗高 Seedling height//cm
①	93.4 a	28.9
②	97.5 b	30.4
③	98.7 c	32.6

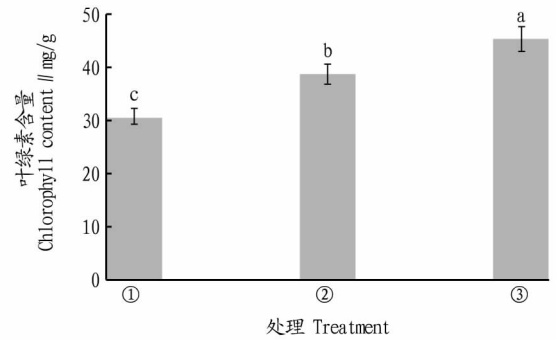
注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

**2.2 玉米叶绿素含量** 出苗 20 d 采集叶片测定叶绿素, 结果表明, 处理②、处理③玉米叶片叶绿素含量均高于处理①, 处理②的叶绿素含量比处理①高 7.9 mg/g, 处理③的含量比处理①高 14.48 mg/g, 差异均显著。说明施底肥时加入多黏类芽孢杆菌菌剂提高了玉米叶片的叶绿素含量(图 1)。

**2.3 玉米过氧化氢酶 (CAT) 活性** 出苗 20 d 采集叶片测定过氧化氢酶活性, 结果表明, 玉米幼苗 CAT 活性处理②、处理③均高于处理①, 处理②的酶活性比处理①高 11.1  $\mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{min})$ ; 处理③的酶活性比处理①高 18.8  $\mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{min})$ , 均差异显著, 说明施用多黏类芽孢杆菌菌剂提高了玉米过氧化氢酶活性, 提高了玉米的抗逆性(图 2)。

**2.4 玉米过氧化物酶 (POD) 活性** 出苗 20 d 采集叶片测定过氧化氢酶活性, 结果表明, 玉米幼苗 POD 活性处理②、处理③均高于处理①, 处理②的酶活性比处理①高 7.47  $\text{U}/(\text{g} \cdot \text{min})$ ; 处理③的酶活性比处理①高

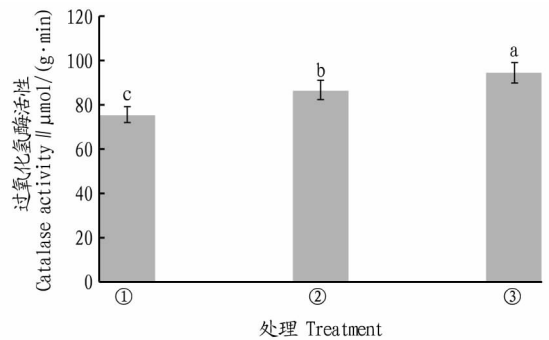


注: 不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

图 1 不同处理叶绿素含量的变化

Fig. 1 Changes of chlorophyll content in different treatments



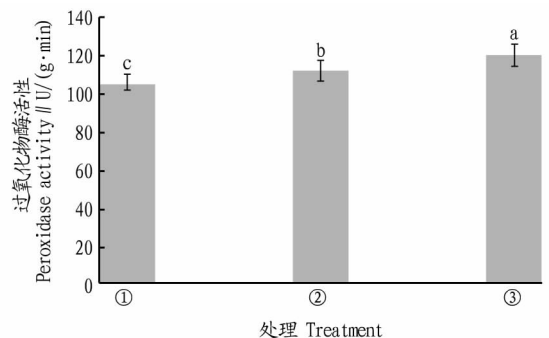
注: 不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

图 2 不同处理对过氧化氢酶活性的影响

Fig. 2 The effect of different treatments on catalase activity

15.73  $\text{U}/(\text{g} \cdot \text{min})$ , 均差异显著, 说明施用多黏类芽孢杆菌菌剂提高了玉米过氧化物酶活性, 提高了玉米的抗逆性(图 3)。



注: 不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

图 3 不同处理对过氧化物酶活性的影响

Fig. 3 The effect of different treatments on peroxidase activity

**2.5 不同处理对玉米根腐病防效及产量的影响** 采收时, 对玉米根腐病发生情况及产量进行统计, 结果表明, 处理②根腐病发病率比对照处理①低 2.48 个百分点, 对玉米根腐病防效 74.27%, 处理③比对照处理①低 3.2 百分点, 对玉米根

腐病防效 80.50%;玉米产量处理②比对照处理①增产 9.68%,处理③比对照处理①增产 17.68%。说明多黏类芽孢杆菌菌剂不仅对玉米根腐病有良好的防效,而且具有良好的增产作用(表 2)。

表 2 不同处理对玉米根腐病防效及产量的影响

Table 2 Effects of different treatments on corn root rot control and yield

处理 Treatment	发病率 Incidence rate/%	平均病 情指数 Mean disease index	防效 Control effect/%	产量 Yield kg/hm <sup>2</sup>	增产率 Increase production rate/%
①	5.66	2.41	—	11 326.65	—
②	3.18	0.62	74.27	12 422.55	9.68
③	2.46	0.47	80.50	13 329.30	17.68

### 3 结论与讨论

通过大田试验,多黏类芽孢杆菌菌剂 15 kg/gm<sup>2</sup>,玉米出苗率提高 4.1%,20 d 时,玉米苗平均较对照增高 1.5 cm,玉米叶片叶绿素含量增高 7.9 mg/g,过氧化氢酶和过氧化物酶活性分别增强 11.1 μmol/(g·min)、7.47 U/(g·min),对玉米根腐病的防效达 74.27%,玉米增产 9.68%;多黏类芽孢杆菌菌剂 30 kg/hm<sup>2</sup>,玉米出苗率提高 5.3%,20 d 时,玉米苗平均增高 3.7 cm,玉米叶片叶绿素含量增高 14.48 mg/g,过氧化氢酶和过氧化物酶活性分别增加 18.8 μmol/(g·min)、15.73 U/(g·min),对玉米根腐病的防效达 80.50%,玉米增产 17.68%。该试验结果表明,多黏类芽孢杆菌菌剂对玉米具有良好的促生作用,与陈敏洁等<sup>[13]</sup>研究的多黏类芽孢杆菌对生菜表现的促生作用相一致;多黏类芽孢杆菌的使用使玉米苗期叶绿素含量升高,玉米光合作用增强,物质积累增加,从而达到增产的目的,与孙建伟<sup>[14]</sup>、宋桂云等<sup>[15]</sup>的研究结果一致;过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)是植物抗氧化酶系统的重要成员,在植物体内活性氧代谢中起到非常重要的作用,它们活性的升高能够增强植物的抗逆性,从而减轻病害的发生;多黏类芽孢杆菌是一种对植物根际具有促生作用的细菌,具有生物防治的作用,能有效防治玉米根腐病的发生,与田宇曦等<sup>[16]</sup>、卢美欢等<sup>[17]</sup>的研究结果相一致;多黏类芽孢杆菌能够抑制玉米根腐病菌的繁殖,促进根系生长发育,有利于加快积累后期的干物质,从而增加产量,与魏峰等<sup>[18]</sup>、陈爱梅等<sup>[19]</sup>、孙伟振等<sup>[20]</sup>研究结果相一致。

(上接第 133 页)

同叶色、不同花色的油菜打造从苗期到花期可观赏创意油菜景观如“熊猫戏竹”“鱼乐板桥”和“五彩花色三阶魔方”就是这方面的尝试。

### 参考文献

[1] 李梁平. 花海旅游地农户景观油菜种植行为研究[D]. 南昌:江西农业大学,2016.  
 [2] 荣松柏,王淑芬,凌国宏,等. 油菜在皖南国际文化旅游示范区建设中的作用[J]. 农学学报,2017,7(9):91-94.  
 [3] 朱强,周媛,田丹青,等. 浙江省花海建设的现状、问题和对策[J]. 浙江农业科学,2019,60(9):1617-1619.  
 [4] 杨大蓉. 长江三角洲创意农业发展的国际借鉴及发展对策研究[J]. 世

界农业,2014(3):176-180.  
 [5] 程艳红. 基于国际经验的创意农业发展研究[J]. 世界农业,2014(10):42-44,48.  
 [6] 张冬青,张尧锋,余华胜,等. 彩色油菜品种及其应用[J]. 浙江农业科学,2015,56(9):1442-1443.  
 [7] 王华. 农村土地的致富商机[J]. 农家参谋,2016(1):63.  
 [8] 芜湖记忆. 中国“四大米市”:其中两个自称“四大米市”之首! [EB/OL]. [2020-03-12]. <http://blog.sina.com>.  
 [9] 陈宝才,龙志华. 休宁县油菜种出“新花样”[N]. 黄山日报,2018-05-20(头版).  
 [10] 皖修. 油旅“联姻”休宁油菜种出“新花样”[N]. 粮油市场报,2019-05-11.  
 [11] 朱宗河,程勇,马世杰,等. 油菜新种质 12R1402 主花序有效果果数的遗传[J]. 中国油料作物学报,2016,38(3):287-291.

### 参考文献

[1] 李海云,姚石,师尚礼,等. 复合菌剂对玉米根际土壤酶活性和微生物数量的影响[J]. 草原与草坪,2018,38(6):19-26.  
 [2] 吴发安,蔡道宏,倪鹤,等. 玉米种植现状与新技术应用的效率研究[J]. 种子科技,2019,37(17):152,154.  
 [3] 宋银山,刘婧,王玉忠. 武威市凉州区玉米新品种对比试验初报[J]. 农业科技与信息,2016(20):53-54.  
 [4] 宋梦琪,杨克军,张翼飞,等. 木霉菌对玉米灌浆期土壤酶活性和土壤养分及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学,2020(7):34-39.  
 [5] 苍桂璐,张付云,杨阳,等. 多黏类芽孢杆菌的研究进展[J]. 安徽农业科学,2013,41(2):487-489.  
 [6] 王刘庆,王秋影,廖美德. 多黏类芽孢杆菌生物特性及其机理研究进展[J]. 中国农学通报,2013,29(11):158-163.  
 [7] 易文实,宋宝安,胡德禹. 多黏类芽孢杆菌活性代谢产物及抑菌机理研究进展[C]//中国化工学会农药专业委员会. 中国化工学会农药专业委员会第十八届年会论文集. 北京:中国化工学会,2018:45-50.  
 [8] 孙光忠,刘元明,彭超美,等. 多黏类芽孢杆菌对小麦赤霉病田间防治效果研究[J]. 农药科学与管理,2016,37(7):45-47.  
 [9] 周芳如,罗志威,徐滔明,等. 生物有机肥中生防菌种的研究进展[J]. 安徽农业科学,2015,43(34):193-195.  
 [10] 赵光毅,侯梁宇. 不同种衣剂对玉米种子活力及苗期生理活性的影响[J]. 甘肃农业科技,2015(12):34-37.  
 [11] 王广明,冯乃杰,刘忠福,等. 生长调节剂与密度对玉米光合性能及产量的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2017,29(1):1-5,21.  
 [12] 杨岭,郭敏. PEG 渗透胁迫下玉米幼苗叶片保护酶活性昼夜变化[J]. 安徽农业科学,2011,39(12):6959-6962.  
 [13] 陈敏洁,姜晓茹,李亚飞,等. 多黏类芽孢杆菌与化肥不同配施处理对生菜生长和品质的影响[J]. 河南师范大学学报(自然科学版),2019,47(3):92-98.  
 [14] 孙建伟. 淹水对玉米细胞抗氧化酶系统的影响[J]. 安徽农业科学,2020,48(1):44-45,48.  
 [15] 宋桂云,苏雅乐,苑秀莲,等. 水分胁迫对春播粮饲玉米苗期生理特性的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2020,35(1):75-79.  
 [16] 田宇曦,闵勇,杨自文,等. 多黏类芽孢杆菌研究进展[J]. 湖北农业科学,2017,56(18):3401-3404,3409.  
 [17] 卢美欢,李利军,马英辉,等. 埃吉类芽孢杆菌 SWL-W8 的鉴定及其对白菜软腐病的生物防治效果[J]. 农药学报,2020,22(5):791-800.  
 [18] 魏峰,侯祥保,魏琳娜. 几种微生物肥料在小麦上的施用效果[J]. 安徽农业科学,2002,30(1):90-112.  
 [19] 陈爱梅,李世民,阎兴泉,等. 几种微生物肥料在玉米上应用效果对比试验[J]. 现代化农业,2005(5):22.  
 [20] 孙伟振,王朔. 生物菌肥料对糯玉米农艺性状和品质的影响[J]. 大麦与谷类科学,2010(4):41-43.