

固态微生物菌剂对番茄生长及产量的影响

方雪丹^{1,2}, 耿丽平^{1,2}, 谢建治^{1,2}, 马理³, 刘文菊^{1,2}, 李博文^{1,2}

(1. 河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071001; 2. 河北省农田生态环境重点实验室, 河北 保定 071001;

3. 永清县蔬菜管理局, 河北 廊坊 065600)

摘要:以番茄“美罗迪”为试材,研究了固态微生物菌剂对温室番茄的株高、单果质量、单株果数、商品率、番茄产量的影响。结果表明:在温室大棚的土壤里穴施微生物菌剂,能够促进番茄“美罗迪”的生长,增加番茄的商品率、单株果数、单果质量,提高了番茄的产量,并高于常规施肥和添加等量基质。番茄株高在 A1(常规施肥)、A2(常规施肥+液体微生物菌剂)、A3(常规施肥+等量基质)处理下与 CK(不施肥的空白对照)差异显著($P<0.05$),且分别比 CK 增加了 1.69%、3.60%和 1.91%。A2 处理番茄的商品率表现最为突出,平均商品率达到 92.60%,比 A1、A3 处理分别增加了 1.19%和 0.88%,A2 与 A1、A3 处理差异显著($P<0.05$)。番茄产量 A1、A2、A3 处理与 CK 相比存在极显著差异($P<0.01$),每 667 m² 分别比 CK 增产 1 209.83、1 454.34、1 253.07 kg,分别增加了 34.05%、40.94%、35.27%,A2 处理番茄产量表现最为突出,每 667 m² 平均产量达 5 006.95 kg,比 A1、A3 处理分别增加了 5.13%、4.19%。A2 与 A1、A3 处理差异极显著($P<0.01$)。

关键词:番茄;微生物菌剂;商品率;产量

中图分类号:S 641.206⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)08-0179-04

河北省蔬菜种植主要以番茄、黄瓜、辣椒、甜椒、甘蓝、菜花、芹菜等为主,蔬菜生产总量在全国居第二位,仅次于山东,主要供应北京、上海、天津等城市^[1]。冀蔬菜产业稳定发展主要在于河北省各地把发展蔬菜生产体系作为调整农业生产结构、增加农民收入的重要着眼点,2014 年河北省全年蔬菜播种面积为 123.7 万 hm²,总产量首次突破 8 000 万 t,达到 8 125.7 万 t,比上年增长 2.8%^[2]。2007 年番茄种植面积已达 11.1 万 hm²,占河北省蔬菜播种面积的 8%^[3]。为了提高番茄的产量及经济效益,农民过

度施用化肥和农药,不但降低了产品的质量,造成土壤污染,也严重破坏了生态环境。过度施肥使土壤酸化和板结,使土壤肥力下降;化肥中超标的重金属镉、锑、氟、镭、钍等元素,会给土壤带来二次污染;氮肥硝化及反硝化释放 N₂O 会产生温室效应,CO₂、CH₄ 等气体在大气中的含量增加,能引起臭氧层的破坏;农药颗粒及蒸汽散发至空气中,会使整个生物圈受到污染;农药残留,严重影响番茄的质量和品质,且严重污染地下水等^[4-7]。微生物菌剂具有能够改变土壤环境,平衡化肥的施用量,分解农药残留,促进植物生长,降低植物土传病害,提高作物产量等作用。逢焕成等^[8]研究表明,施用微生物菌剂后盐碱土壤中钾细菌和枯草芽孢杆菌数量、土壤有机质含量、速效 N、P、K 含量均明显高于没有添加菌剂的空白对照。祁红英等^[9]试验表明微生物菌剂能够有效防止辣椒疫病、枯萎病等土传病害。朱金英等^[10]试验表明,微生物菌剂应用在黄瓜和番茄上,能够促进植物生长,提高产量。为此,该试验以“美罗迪”番茄为试材,研究微生物菌剂对温室番茄株高、单果质量、单株果树、商品率、以及番茄产量的影响。

第一作者简介:方雪丹(1982-),女,硕士研究生,研究方向为农业资源利用与推广。E-mail:thefirstmonkey99@sina.com.

责任作者:李博文(1963-),男,博士,教授,博士生导师,现主要从事土壤污染与防治等研究工作。E-mail: kqli@hebau.edu.cn.

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2015BAD23B01);河北省蔬菜产业技术体系资助项目;河北省高等学校创新团队领军人才培养计划资助项目(LJRC016);河北省教育厅资助项目(ZH2012034,ZD20131013)。

收稿日期:2016-12-12

1 材料与方法

1.1 研究区概况

该试验地土壤类型为潮土,质地为壤土,土壤基本理化性状为有机质含量 $14.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、碱解氮含量 $102.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、有效磷含量 $79.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾含量 $196.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,土壤 pH 7.9。

1.2 试验材料

供试番茄品种为“美罗迪”。供试菌剂为生物磷钾肥,颗粒剂,有效活菌数为 $\geq 1.0 \text{ 亿} \cdot \text{g}^{-1}$,由河北润沃生物技术有限公司提供。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 试验于 2014 年 3—7 月在河北省沧州市青县马厂镇陆官屯村的日光温室内进行。采用完全随机区组设计,设 A1(常规施肥)、A2(常规施肥+固态微生物菌剂)、A3(常规施肥+等量基质)处理和 CK(不施肥的空白对照)。其中,固态微生物菌剂在作物移栽后和作物膨果期进行处理,在作物根系旁(离茎约 10 cm)挖 10 cm 深穴,每 667 m^2 施 30 kg 生物磷钾肥,浇水后覆土,每处理 4 次重复。常规施肥的肥料用量,每 667 m^2 施有机肥 2 000 kg、尿素 30 kg、磷酸二铵 30 kg、硫酸钾 20 kg。其中,尿素全部追施,硫酸钾 20 kg 追施,其它肥料全部基施。小区面积 30.0 m^2 。

1.3.2 生育期番茄的水、肥、药等管理情况调查

番茄在 2013 年 12 月 26 日播种育苗,3 月 11 日定植,定植后浇定植水,每 667 m^2 留苗 2 600 株,3 月 23 日开始用 $20 \sim 25 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 防落素蘸花,3 月 28 日开始植株调整,4 月 2 日 A2 处理在作物根系旁(离茎约 10 cm)挖 10 cm 深穴,每 667 m^2 施 30 kg 生物磷钾肥,A3 处理施等量基质,A1 处理、CK 不施当日浇小水,4 月 4 日对 A2、A3 处理进行覆土。4 月 6 日,用 25% 多菌灵可湿性粉剂 400 倍液预防灰霉病,4 月 12 日第 2 穗果开始蘸花,陆续开始整枝打杈,4 月 26 日 A2 处理在作物根系旁(离茎约 10 cm)挖 10 cm 深穴,每 667 m^2 施 30 kg 生物磷钾肥,A3 处理施等量基质,A1 处理、CK 不施当日浇小水,4 月 28 日对 A2、A3 处理进行覆土。4 月 30 日,喷施 75% 百菌清可湿性粉剂 500 倍液防治灰霉病,5 月 9 日第 3 穗果开始蘸花,5 月 18 日浇水,每 667 m^2 施硫酸钾 20 kg,5 月 20 日开始采收,6 月 5 日浇水,6 月 15 日采收完毕,拉秧。

1.4 项目测定

每处理随机选取 20 株番茄,测量并统计番茄株高、商品率、单果质量、单株果数及产量。

1.5 数据分析

采用 Excel 2007 软件对数据进行整理,采用 PLSD、SPSS 和 Excel 软件进行统计和方差分析。

2 结果与分析

2.1 固态微生物菌剂对番茄株高的影响

从表 1 可以看出,在不同处理中,番茄株高存在显著差异($P < 0.05$)。A1、A2、A3 处理的株高均高于 CK,分别比 CK 增加了 1.69%、3.60%、1.91%。其中 A2 处理的平均株高达 91.9 cm,与 A1、A3 处理相比,分别增加了 1.88%、1.66%,A2 与 A1、A3 处理差异极显著($P < 0.05$);A1 和 A3 处理平均株高分别为 90.2、90.4 cm,差异不显著($P > 0.05$)。由此可见,添加固态微生物菌剂可以提高番茄的株高,且高于常规施肥和添加等量基质。

表 1 固态微生物菌剂对番茄株高的影响

Table 1 Effects of solid microbial agents on plant height of tomato

| 处理 Treatment | CK | A1 | A2 | A3 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| 株高 Plant height/cm | 88.7c | 90.2b | 91.9a | 90.4b |

注:不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。下同。

Note: The different lowercase letters mean difference at 0.05 significant level. The same below.

2.2 固态微生物菌剂对番茄商品率、单株果数和单果质量的影响

由表 2 可以看出,不同处理对番茄商品率、单株果数和单果质量的影响均存在显著性差异,A1、A2、A3 处理均显著高于 CK。对番茄商品率而言,A1、A2、A3 处理比 CK 分别增加了 2.45%、3.70%、2.79%,A1、A2、A3 处理与 CK 差异显著($P < 0.05$);其中 A2 处理平均商品率达到 92.60%,比 A1、A3 处理分别增加了 1.19%、0.88%,A2 与 A1、A3 处理差异显著($P < 0.05$);A1 和 A3 处理番茄平均商品率分别为 91.51%、91.79%,二者差异不显著($P > 0.05$)。

对番茄单株果数而言,A1、A2、A3 处理比 CK 分别增加了 3.12%、6.56%、4.30%,A1、A2、A3 处理与 CK 差异显著($P < 0.05$);其中 A2 处理平均单株果数达到 9.91 个,比 A1、A3 处理分别增加了 3.34%、2.16%,A2 与 A1、A3 处理差异显著($P < 0.05$);A1 和 A3 处理番茄单株果数平均为分别为 9.59、9.70 个,二者差异不显著($P > 0.05$)。

对单果质量而言,A1、A2、A3 处理比 CK 分别增加了 23.60%、27.08%、24.68%,A1、A2、A3 处理与 CK 差异显著($P < 0.05$);其中 A2 处理平均单果质量达到 201.30 g,比 A1、A3 处理分别增加了 2.81%、

1.92%, A2 与 A1、A3 处理差异显著 ($P<0.05$); A1 和 A3 处理番茄平均单果质量分别为 195.79、197.51 g, 二者差异不显著 ($P>0.05$)。

表 2 固态微生物菌剂对番茄商品率、单株果数和单果质量的影响

Table 2 Effects of solid microbial agents on quality rate, number and weight of tomato

| 处理 Treatment | 商品率 Quality rate/% | 单株果数 Number of fruit per plant/个 | 单果质量 Weight of fruit per plant/g |
|-----------------|-----------------------|--|--|
| CK | 89.30c | 9.30c | 158.41c |
| A1 | 91.51b | 9.59b | 195.79b |
| A2 | 92.60a | 9.91a | 201.30a |
| A3 | 91.79b | 9.70b | 197.51b |

表 3 固态微生物菌剂对番茄产量的影响

Table 3 Effects of solid microbial agents on the yield of tomato

| 处理 Treatment | 重复 Repetition | | | | 平均产量 Average yield/kg | 667 m ² 产量 Each 667 m ² yield/kg | 比 CK 增加 Increased than CK/% |
|-----------------|---------------|--------|--------|--------|--------------------------|---|--------------------------------|
| | I | II | III | IV | | | |
| CK | 166.55 | 151.83 | 159.22 | 161.55 | 159.79 | 3 552.61c | — |
| A1 | 213.80 | 214.66 | 218.24 | 210.11 | 214.20 | 4 762.44b | 34.05 |
| A2 | 229.52 | 223.68 | 221.28 | 226.32 | 225.20 | 5 006.95a | 40.94 |
| A3 | 218.21 | 216.09 | 214.77 | 215.52 | 216.15 | 4 805.68b | 35.27 |

表 4 随机区组设计的方差分析

Table 4 Analysis of variance in the design of random block group

| 变量 Variable | 自由度 df | 平方和 Sum of squares | 方差 Variance | F 值 F value | F _{0.05} | F _{0.01} |
|-------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 处理间 Among treatments | 3 | 8 299.45 | 2 766.48 | 241.15** | 3.86 | 6.99 |
| 重复间 Repetition interval | 3 | 18.42 | 6.14 | 0.54 | 3.86 | 6.99 |
| 误差 Error | 9 | 103.25 | 11.47 | | | |
| 总变异 Total variance | 15 | 8 421.12 | | | | |

注: ** 表示差异极显著。

Note: ** means significant difference.

表 5 多重比较结果

Table 5 Multiple comparison results

| 处理 Treatment | 平均产量 Average yield/kg | $\alpha=0.05$ | $\alpha=0.01$ |
|-----------------|--------------------------|---------------|---------------|
| A3 | 216.15 | a | A |
| A2 | 225.20 | b | B |
| A1 | 214.20 | b | B |
| CK | 159.79 | c | C |

注: 不同大写字母表示处理间差异达 0.01 显著水平。PLSD_{0.05} = 6.27, PLSD_{0.01} = 7.78。

Note: The capital letters indicate the difference between different treatments at 0.01 significant level. PLSD_{0.05} = 6.27, PLSD_{0.01} = 7.78.

3 讨论与结论

试验结果表明, 在温室大棚番茄中施用固态微生物菌剂, 能促进番茄植株的生长, 同时番茄的商品率、单果质量、单株果数以及番茄的产量与常规施肥

2.3 固态微生物菌剂对番茄产量的影响

由表 3 可见, 不同处理对番茄产量存在极显著差异 ($P<0.01$)。A1、A2、A3 处理每 667 m² 分别比 CK 增产 1 209.83、1 454.34、1 253.07 kg, 分别比 CK 增加了 34.05%、40.94%、35.27%, A1、A2、A3 处理与 CK 差异极显著 ($P<0.01$); 其中 A2 处理每 667 m² 平均产量达到 5 006.95 kg, 比 A1、A3 处理分别增加了 5.13%、4.19%。因此添加微生物菌剂可以增加番茄的产量, 且高于常规施肥和添加等量基质。

由表 4 可知, $F=241.15 \geq F_{0.01}=6.99$ ($F_{0.05}=3.86$), 说明处理间产量差异极显著。进一步用 PLSD 法进行多重比较, A2 与 A1、A3 处理差异极显著, A1、A2、A3 处理与 CK 差异极显著, A1 与 A3 处理差异不显著。

和添加等量基质相比都有明显增加。番茄株高 A1、A2、A3 处理均高于 CK, 与 CK 相比分别增加了 1.69%、3.60%、1.91%。其中 A2 处理的平均株高达到 91.9 cm。番茄的商品率 A1、A2、A3 处理比 CK 分别增加了 2.45%、3.70%、2.79%, A1、A2、A3 处理与 CK 差异显著 ($P<0.05$)。番茄单株果数, A1、A2、A3 处理比 CK 分别增加了 3.12%、6.56%、4.30%。番茄单果质量, A1、A2、A3 处理比 CK 分别增加了 23.60%、27.08%、24.68%。番茄产量 A1、A2、A3 处理每 667 m² 分别比 CK 增产 1 209.83、1 454.34、1 253.07 kg, 分别比 CK 增加了 34.05%、40.94%、35.27%, 存在极显著差异 ($P<0.01$)。

微生物肥料应用于农业生产中, 能获得特定的肥料效应, 在此效用中, 微生物菌剂起到了关键性作用^[11]。微生物的代谢活动可产生赤霉素、细胞分裂

素、酶类化合物及一些衍生物可作为作物的生长激素,促进植物幼苗的生长发育,作物成熟期还可提高作物的品质和产量^[12-14]。同时微生物在保护生态环境、提高养肥利用率、改善蔬菜品质等方面也有明显优势^[15]。微生物菌剂在番茄的生长发育中,孔跃^[16]试验表明,微生物肥料不但能通过自身所带磷的循环再利用改善磷素营养,还能提高原有土壤磷的有效性,促进土壤磷的活化,提高土壤的供磷能力,改善番茄品质,减轻病害发生,培肥土壤,可作为较为科学经济的施肥方式。

参考文献

- [1] 河北蔬菜种植基地分布情况(一)[EB/OL]. (2015-11-03)[2016-03-01]. <http://www.hebchina.com/bencandy.php?fid=297-id=24096-page=1.htm>.
- [2] 2014年河北省蔬菜生产形势分析[EB/OL]. (2015-4-29)[2016-03-01]. <http://www.hetj.gov.cn/hetj/tjfx/101430190249479.html>.
- [3] 聂承华,宋建新.河北省主要蔬菜种植现状[J].中国蔬菜,2008(4):10-11.
- [4] CHROEDER H A, BALASSA J J. Cadmium: Uptake by vegetables from superphosphate in soil[J]. Science, 1963, 140(3568): 819-20.
- [5] 沈景文. 化肥农药和污灌对地下水的污染[J]. 农业环境科学学

报, 1992(3): 137-139.

- [6] 郭晖. 化肥农药对环境污染与防治[J]. 农民致富之友, 2011(14): 54-54.
- [7] 黄国勤, 王兴祥, 钱海燕, 等. 施用化肥对农业生态环境的负面影响及对策[J]. 生态环境, 2004, 13(4): 656-660.
- [8] 逢焕成, 李玉义, 严慧峻, 等. 微生物菌剂对盐碱土壤理化和生物性状影响的研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(5): 951-955.
- [9] 祁红英, 李师默, 王其传, 等. 几种微生物菌剂对辣椒混合性土传病害的田间防效试验[J]. 长江蔬菜, 2013(20): 66-69.
- [10] 朱金英. 微生物菌剂在设施黄瓜和番茄上的应用效果研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2014.
- [11] 葛诚, 吴薇. 我国微生物肥料的生产、应用及问题[J]. 中国农学通报, 1994(3): 24-28.
- [12] 于彩虹, 许前欣. 生物菌肥对蔬菜品质的影响[J]. 天津农业科学, 2000, 6(2): 20-22.
- [13] 占新华, 蒋延惠. 微生物制剂促进植物生长机理的研究进展[J]. 植物营养与肥料学报, 1999(2): 97-105.
- [14] 王素英, 陶光灿, 谢光辉, 等. 我国微生物肥料的应用研究进展[J]. 中国农业大学学报, 2003, 8(1): 14-18.
- [15] 李博文. 蔬菜安全高效施肥[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014.
- [16] 孔跃. 生物有机肥对番茄及小白菜生长与品质影响效应的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.

Effects of Solid Microbial Agents on Growth and Yield of Tomato

FANG Xuedan^{1,2}, GENG Liping^{1,2}, XIE Jianzhi^{1,2}, MA Li³, LIU Wenju^{1,2}, LI Bowen^{1,2}

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001; 2. Key Laboratory for Farmland Eco-environment, Baoding, Hebei 071001; 3. Yongqing Vegetable Administration, Langfang, Hebei 065600)

Abstract: Tomato ‘Meiluodi’ was used as experimental material, the tomato plant height, single fruit weight, fruit number per plant, commodity rate and the yield of the tomato of microbial inoculants in greenhouse were studied. The results showed that adding solid microbial inoculants could promote tomato growth, increase tomato commodity rate, fruit number per plant and the single fruit weight, raise commodity rate and output of tomato, in the greenhouse those were more higher than conventional fertilization and added the same amount of matrix. The tomato height of A1 (conventional fertilization), A2 (conventional fertilization plus solid microbial agents) and A3 (conventional fertilization plus equal amount matrix) compared with CK (no fertilizer control) were increased by 1.69%, 3.60% and 1.91%. The average commodity rate A2 reached 92.60%, increased by 1.19% and 0.88%, compared with A1 and A3 were significant difference ($P < 0.05$). Compared with CK, the yield of A1, A2 and A3 increased 1 209.83 kg, 1 454.34 kg and 1 253.07 kg each 667 m² and increased by 34.05%, 40.94% and 35.27%, respectively. The difference were extremely significant ($P < 0.01$). The yield of A2 was the most prominent, the average yield in each 667 m² reached 5 006.95 kg, for A1 and A3 increased by 5.13% and 4.19% and the difference were extremely significant ($P < 0.01$).

Keywords: tomato; microbial inoculants; commodity rate; tomato yield