

DOI:10.11937/bfyy.201622011

# 不同锌肥施用方式对番茄果实的影响

岳焕芳, 程明, 安顺伟, 徐厚成, 孟范玉

(北京市农业技术推广站, 北京 100029)

**摘 要:**以番茄为试材,设置底施、随水冲施、叶面喷施锌肥为处理,以不施锌肥为对照,研究了锌肥不同施用方式对番茄生长指标和生理指标的影响。结果表明:叶面喷施锌肥处理番茄果实直径平均值比不施锌肥的CK高6.15 mm;同时可以提高番茄果实内 IAA、ZR、DHZR、GA<sub>3</sub> 含量,降低 ABA 含量;增加果实中 SOD、POD 活性,提高植株的抗逆性,延缓衰老。同时改善番茄果实品质,叶面喷施处理与对照相比,果实糖酸比提高 9.5%,维生素 C 含量提高了近 1 倍,可溶性固形物含量提高 23.4%。施用锌肥处理各项指标优于不施锌肥的处理,其中以叶面喷施效果最佳。

**关键词:**锌;番茄;施用方式;生长;生理

**中图分类号:**S 641.206<sup>+</sup>.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)22-0047-03

番茄作为设施农业生产的主要果菜类品种之一,具有经济效益高、采收期长等优点。锌是植物生长所必需的微量元素,RAULIN<sup>[1]</sup>首先发现了锌的生理作用,SOMMER 等<sup>[2]</sup>确定了锌是植物生长的必需元素。CHAUDHURY<sup>[3]</sup>证明锌是许多酶的组成成分,SKOOG<sup>[4]</sup>、TSUI<sup>[5]</sup>均曾指出锌影响植物生长素代谢过程。

目前,全世界缺锌耕地占到 1/3<sup>[6]</sup>,我国北方地区尤为严重,因此选择最佳的施用方式补充锌具有重要意义。国内外学者针对不同施用方式对番茄的影响进行了研究,韩瑾等<sup>[7]</sup>证明适宜的锌肥浓度能够提高番茄幼苗的叶绿素含量,刘建新<sup>[8]</sup>在日光温室秋冬茬番茄试验表明基施锌肥可以改善番茄果实品质。

但是,目前锌肥在番茄上的最佳施用方式尚没有定论,且锌肥对于番茄果实生长和生理性状影响缺乏针对

性的系统研究。该试验针对锌肥不同施用方式对番茄果实生长发育和生理性状指标影响进行研究,以期秋延后茬口番茄栽培确定最佳的锌肥施用方式提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地设在北京市顺义区木林镇王泮庄村绿富农基地。地处东经 116°65',北纬 40°13'。供试地块土壤为中壤土,地势平坦整齐,土壤肥力均匀一致,未施用过含锌肥料。试验前,于 2015 年 8 月 12 日依据‘S’法取土样,测定土壤养分含量,结果见表 1,根据土壤有效态微量元素含量分级指标,有效锌含量属于三级。番茄采用东西行向大小行种植模式,80 cm×50 cm×30 cm(大行距×小行距×株距)。采用随机区组设计,每小区设置 6 个栽培畦(东西长 8 m,南北宽 4 m);每畦双行种植,每行铺设一条滴灌带。

表 1 试验地土壤肥力状况

Table 1

Soil fertility in test

土壤名称	pH	有机质 /(g·kg <sup>-1</sup> )	全氮 /(g·kg <sup>-1</sup> )	水解性氮 /(mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷 /(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾 /(mg·kg <sup>-1</sup> )	有效锌 /(mg·kg <sup>-1</sup> )	电导率 /(μS·cm <sup>-1</sup> )
中壤	7.0	9.67	0.83	60.9	5.11	44.5	0.87	76.2

**第一作者简介:**岳焕芳(1991-),女,硕士,农艺师,现主要从事节水研究推广等工作。E-mail:yuehuanfang@163.com.

**责任作者:**程明(1982-),男,硕士,农艺师,现主要从事节水研究推广等工作。E-mail:393402667@qq.com.

**基金项目:**北京市农业局团队建设专项资助项目(BAIC01);2016 年北京市喷滴灌水肥一体化技术集成和示范资助项目。

**收稿日期:**2016-07-25

### 1.2 试验材料

供试番茄品种为“迪安娜”。供试肥料为硫酸锌,667 m<sup>2</sup> 施用量为 2 kg。

### 1.3 试验方法

2015 年 8 月 31 日定植,2016 年 2 月 5 日拉秧。采取随机区组设计,设置 4 个小区处理:处理 1(底施);处理 2(随水冲施,10 月 1 日、10 月 19 日共分 2 次施用);处理 3(叶面喷施,10 月 1 日、10 月 19 日共分 2 次施用);以

不施锌肥为空白对照(CK),除锌肥外其它按常规施肥。每处理 3 次重复,每重复 6 条栽培畦。

#### 1.4 项目测定

在番茄果实成熟期取样,每个小区选择 5 个果实,测定生长内源激素和酶活性。超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑(NBT)光化还原法<sup>[9]</sup>测定。过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法<sup>[10]</sup>测定。丙二醛(MDA)含量采用 TBA 比色法<sup>[11]</sup>测定。可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝<sup>[12]</sup>测定。植物内源激素含量采用酶联免疫检测法(ELISA)<sup>[13]</sup>测定。土壤养分状况、维生素 C、总糖、总酸、可溶性固形物含量等数据,由谱尼测试集团提供。

#### 1.5 数据分析

采用 SPSS 13.0 软件进行单因素方差分析, $P < 0.05$ 。采用 Excel 2010 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 锌肥不同施用方式对番茄果实直径的影响

由图 1 可知,定植后 50 d 番茄进入结果期,随着生育期推进,果实直径逐渐增大,到定植后 84 d 随水冲施处理番茄果实直径可达 66.00 mm,施用锌肥的处理果实直径均大于 CK。其中随水冲施的番茄果实直径结果期平均值比 CK 高 6.43 mm,叶面喷施处理果实直径平均值比 CK 高 6.15 mm。

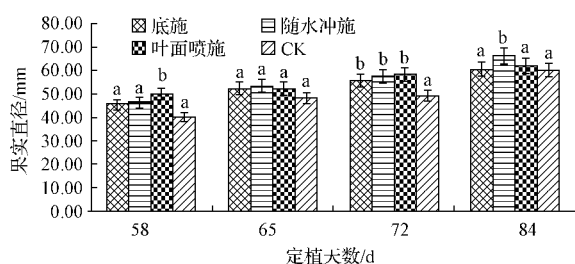


图 1 锌肥不同施用方式对番茄最大果直径的影响

Fig. 1 Effect of zinc fertilizer with different method on fruit diameter

### 2.2 锌肥不同施用方式对番茄果实内源激素含量的影响

从表 2 可以看出,施用锌肥提高了果实内的 IAA 含量,其中随水冲施处理的生长素含量最高,达到 1 415.96  $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 。赤霉素可以促进植物的生长发育,其中  $\text{GA}_3$  是应用最广泛的生长调节剂,底施和叶面喷施处理均提高了果实  $\text{GA}_3$  含量。ZR、DHZR 都属于细胞分裂素,施用锌肥处理的番茄果实含量都高于 CK,其中叶面喷施处理最高,为 78.13、151.83  $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 。ABA 属于生长抑制性激素,叶面喷施处理的果实中 ABA 含量最低,比 CK 低 15.98%。结果表明,增施锌肥可以影响果实内源激素的含量,叶面喷施效果最佳,提高了

表 2 锌肥不同施用方式对番茄果实内源激素含量的影响

Table 2 Effect of zinc fertilizer with different method on

处理	fruit endogenous hormone levels				
	IAA	$\text{GA}_3$	ZR	DHZR	ABA
底施	1 278.51a	6.48b	59.56a	72.62a	1 542.63b
随水冲施	1 415.96b	2.81a	66.91a	84.81a	1 447.53b
叶面喷施	1 366.23a	4.10a	78.13a	151.83b	956.12a
CK	1 092.50a	4.06a	60.01a	23.57a	1 137.91a

IAA、 $\text{GA}_3$ 、ZR、DHZR 含量,降低了 ABA 含量。

### 2.3 锌肥不同施用方式对番茄果实酶活性的影响

由表 3 可知,锌肥不同施用方式对番茄酶活性有一定的影响。MDA 是植物细胞膜不饱和脂肪酸发生过氧化的产物,是反映脂膜过氧化程度的重要指标,底施的番茄果实中 MDA 含量比 CK 高 68.75%。POD 与自由基代谢相关,是逆境条件下酶促防御系统关键酶,叶面喷施的番茄果实中 POD 活性最高,为 771.44  $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。SOD 是植物体内清除自由基的关键酶之一,而 Zn 作为 Cu-Zn-SOD 的组成成分,直接影响 SOD 活性,施用锌肥提高了番茄果实内的 SOD 活性,叶面喷施锌肥处理比 CK 高 32.10%。

表 3 锌肥不同施用方式对番茄果实酶活性的影响

Table 3 Effect of zinc fertilizer with different method on

处理	fruit enzyme activity		
	MDA /( $\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1}$ )	POD /( $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )	SOD /( $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ )
底施	0.27a	745.43a	90.49a
随水冲施	0.25a	658.32a	92.39a
叶面喷施	0.16a	771.44ab	118.31b
CK	0.16a	405.87a	89.56a

### 2.4 锌肥不同施用方式对番茄果实品质影响

由表 4 可知,各施用锌肥的处理均能不同程度的改善果实品质,提高了可溶性固形物和维生素 C 含量,降低了酸度。叶面喷施与对照相比糖酸比提高了 9.5%,维生素 C 含量提高了近 1 倍,可溶性固形物含量提高 23.4%,效果最佳。CK 植株的可溶性蛋白质含量低于其它处理,施用锌肥可以提高番茄的蛋白质含量,促进各项生理活动,随水冲施和叶面喷施的效果更显著。

表 4 锌肥不同施用方式对番茄果实品质影响

Table 4 Effect of zinc fertilizer with different method on fruit quality

处理	可溶性固形物含量 /%	维生素 C 含量 /( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	糖酸比	可溶性蛋白质含量 /( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )
底施	3.70a	62.7b	11.23b	1.71a
随水冲施	3.77a	52.3a	10.50a	2.35b
叶面喷施	4.53b	90.9b	13.50b	1.73a
CK	3.67a	45.7a	12.33b	1.42a

## 3 结论与讨论

施用锌肥可以促进番茄果实的生长<sup>[14]</sup>,王廷芹

等<sup>[15]</sup>研究表明,叶面喷施锌肥可以提高苋菜的株高、茎粗、叶面积等生长指标。该试验通过定期测量番茄最大果实直径,得出锌肥不同施用方式对番茄生长的影响,结果表明叶面喷施锌肥的番茄果实直径平均值比CK高6.15 mm。

锌肥的施用可以影响植株内源激素含量,施木田等<sup>[16]</sup>研究表明,锌肥可以提高苦瓜叶片内 IAA 含量,降低 ABA 含量。段继春<sup>[17]</sup>在茶树上的试验结果表明,适宜锌浓度可以提高茶树新梢中的 GA<sub>3</sub>、ZR 含量。该试验结果表明,叶面喷施处理提高了番茄果实内 IAA、GA<sub>3</sub>、ZR、DHZR 的含量,降低了 ABA 含量。

锌肥可以提高酶活性,提升可溶性蛋白质含量,从而提升植株的抗逆性,并延缓衰老,促进代谢。孙天国等<sup>[18]</sup>在甜瓜上的试验结果表明,补充施用恰当浓度的锌肥,可以提高甜瓜幼苗内的 POD 和 SOD 活性,这与该试验在番茄上得出的结论一致,但是 MDA 含量变化趋势相反。

施用锌肥的处理可以不同程度的改善果实品质,段晓琴<sup>[19]</sup>的试验结果表明,钼锌配施可以显著提高大白菜内的维生素 C 和可溶性糖等含量;在王志平等<sup>[20]</sup>草莓试验结果中也得到了验证。该试验结果表明,施用锌肥番茄的可溶性固形物和维生素 C 含量提升,总酸含量降低,蛋白质含量增加,叶面喷施处理的糖酸比最高,达到 13.50。

综上所述,锌肥可以促进番茄内源激素内 IAA、GA<sub>3</sub>、ZR、DHZR 的产生,从而延长番茄果实成熟期,增加果实直径。同时,番茄内 SOD、POD 活性增多,提高植株抗逆性,有效改善果实品质。锌是一种微量元素,叶面喷施锌肥可加快植株吸收转运速度,提高吸收效率,效果最佳。

### 参考文献

- [1] RAULIN J. Chemical studies on vegetation[J]. Ann Sci Nat, 1869(11): 93-99.
- [2] SOMMER A L, LIPMAN C B. Evidence on the indispensable nature of zinc and boron for higher green plants[J]. Plant Physiology, 1926, 1(3): 231.

- [3] CHAUDHURY S M. Formative effect of trace element zinc on the growth of tea plant[J]. Tea Journal of Pakistan, 1968(6): 1.
- [4] SKOOG F. Relationships between zinc and auxin in the growth of higher plants[J]. American Journal of Botany, 1940, 20(10): 939-951.
- [5] TSUI C. The role of zinc in auxin synthesis in the tomato plant[J]. Amer J Bo, 1948(25): 172-179.
- [6] 蒋惠名. 硼、锌、钼及其配合施用对蔬菜养分利用及菜地土壤肥力及酶活性的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [7] 韩瑾, 徐温馨, 张园园, 等. 不同锌水平对番茄幼苗生长的影响[J]. 现代农业, 2009(1): 32-33.
- [8] 刘建新. 日光温室秋冬茬番茄锌肥施用技术研究[J]. 陕西农业科学, 2005(1): 38-40.
- [9] 王爱国, 罗广华, 邵从本, 等. 大豆种子超氧化物歧化酶的研究[J]. 植物生理学报, 1983, 9(1): 77-83.
- [10] 郝再彬. 植物生理实验[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004: 113-116.
- [11] 赵世杰, 许长成, 邹琦, 等. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(3): 207-210.
- [12] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 1990: 39-160.
- [13] 何钟佩. 植物激素 (IAA、ABA、CTKs) 的间接酶联免疫吸附测定 [M]// 农作物化学控制实验指导. 北京: 北京农业大学出版社, 1993: 60-68.
- [14] 田伟, 贾松涛, 高静, 等. 底施锌肥对春大棚番茄生长及产量的影响[J]. 北京农业, 2014(9): 107.
- [15] 王廷芹, 刘剑兰, 李钟明. 叶面施锌对苋菜生长的影响[J]. 中国蔬菜, 2010(6): 67-69.
- [16] 施木田, 陈如凯. 锌硼营养对苦瓜产量品质与叶片多胺、激素及衰老的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(1): 77-80.
- [17] 段继春. 锌对茶树生长发育的影响及其与茶叶品质关系的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2006.
- [18] 孙天国, 沙伟, 接晶. 锌胁迫对甜瓜幼苗生理活性的影响[J]. 北方园艺, 2010(16): 51-53.
- [19] 段晓琴. 钼锌与不同肥料配施对大白菜硝酸盐积累及品质的影响[J]. 北方园艺, 2010(22): 53-55.
- [20] 王志平, 王克武, 程明, 等. 锌肥对草莓产量、品质和水分利用的影响[J]. 中国园艺文摘, 2013, 29(9): 7-9.

## Effects of Zinc Fertilizer Application Methods on Tomato Fruit

YUE Huanfang, CHENG Ming, AN Shunwei, XU Houcheng, MENG Fanyu  
(Beijing Agriculture Technology Extension Station, Beijing 100029)

**Abstract:** Tomato was used as test material, three treatments were set, based dressing (T<sub>1</sub>), fertilization under drip (T<sub>2</sub>), foliage spraying (T<sub>3</sub>), without Zn fertilizer (CK), the effect of different application methods of Zn fertilizer on tomato growth and physiological indexes was studied. The results showed that the fruit diameter of T<sub>3</sub> increased 6.15 mm. At the same time, it could also improve the content of IAA, ZR, DHZR, GA<sub>3</sub>, while decreased ABA levels. The activities of SOD and POD increased, and the plant resistance was enhanced. Comparing with the control, T<sub>3</sub> obviously increased sugar acid ratio by 9.5%, significantly improved vitamin C content near double, and advanced soluble solid content by 23.4% in fruit. In summary, applying Zn fertilizer might enhance tomato growth. Foliage spraying would be optimized to improve growth and development.

**Keywords:** zinc; tomato; fertilizer method; growth; physiology