

# 波尔多液营养保护剂对番茄缺铁锌症 矫治及生长效应研究

段路路, 张 民, 杨越超

(山东农业大学资源与环境学院, 山东 泰安 271018)

**摘 要:** 通过砂培试验的方法, 研究波尔多液营养保护剂 BNPP-Fe、BNPP-Zn、BNPP-Fe-Zn 和美国铜基杀菌剂 Kocide 矫治番茄缺铁黄化症和缺锌小叶症的效果, 以及对番茄植株生长的影响。结果表明, 与只喷清水的 CK 相比, 喷施 BNPP-Fe、BNPP-Zn、BNPP-Fe-Zn 后, 番茄叶绿素、活性铁、全铁及全锌含量都有显著提高, 均能够矫治番茄缺铁、锌症状。同时喷施波尔多液营养保护剂后, 番茄株高、茎粗明显优于 CK, 并且 BNPP-Fe、BNPP-Zn、BNPP-Fe-Zn 处理的产量比 CK 分别提高 63.8%、27.6%~33.7% 和 129%~140%。BNPP-Fe-Zn 处理与 Kocide 处理相比, 番茄叶片全铁、活性铁和全锌含量差异显著, 分别提高 78.7%~104%、65.1%~173% 和 109%~142%, 产量提高 15.2%~22.8%。3 种不同的波尔多液营养保护剂以 BNPP-Fe-Zn 效果最好, 且优于美国 Kocide 产品。

**关键词:** 波尔多液营养保护剂; 番茄; 缺铁锌症; 生长效应

**中图分类号:** S482.8      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-7601(2006)03-0089-06

番茄是我国北方地区主要蔬菜种类之一, 富含维生素和氨基酸等人体必需的营养物质, 其品质与施肥密切相关<sup>[1]</sup>。生产中往往偏重施氮肥、磷肥、钾肥, 忽视锌、铁等微肥, 这些微量元素的缺乏造成番茄缺素症的发生, 最终导致减产<sup>[2]</sup>。目前, 植物缺铁黄化和缺锌小叶病越来越受到国内外的重视, 有人用硫酸亚铁和硫酸锌溶液对缺铁、锌的果树叶面喷施, 但只能得到暂时的局部效应, 效果不稳定<sup>[3,4]</sup>。也有人用人工方法将 EDTA、CPTA 与铁制成螯合剂, 根施、叶面喷施效果均较显著, 但因价格昂贵未能在生产上普遍应用<sup>[5]</sup>。薛进军<sup>[6]</sup>、王衍安<sup>[7,8]</sup>等人的研究表明, 不同的施肥方式能有效改善植物铁、锌营养状况, 为植物缺铁、锌的防治提供了一定的依据, 但由于种种原因目前推广应用的面积还不大。因此, 解决作物缺铁、锌症状一直是亟待研究和解决的问题<sup>[9]</sup>。

根据植物发生缺素症状的原因以及提高铁、锌有效性的机理, 我们研究开发并生产出含有不同螯合态铁、锌和有机态铁、锌的波尔多液营养保护剂。该保护剂的有效成分与美国 GRIFFIN 公司生产的最有影响力的铜基杀菌剂产品 Kocide2000(中文译名: 可杀得 2000)的有效成分<sup>[10~12]</sup>基本相同。并且在传统波尔多液有效成分配比的基础上, 加入植株生长所需的有效态微量营养元素铁、锌、硼等, 并配以多种助剂(如分散剂、润展剂、粘着剂等), 加以浓缩和精制而成, 是一种可湿性粉剂。该制剂附着在

植株表面, 一方面能防治病菌, 起到保健作用; 另一方面还能给植株提供微量营养元素, 起到营养作用, 二者相辅相成、相互促进。该制剂生产成本低, 悬浮性强, 有效保健期长, 可减少一定的喷药次数, 可节省大量的人力物力, 带来巨大的经济效益。此外, 该产品比其它铁螯合剂性质稳定, 价格便宜, 还可工厂化规模生产, 大大减少了资源浪费, 具有显著的经济、社会和环境生态效益。为了探讨此产品对植物缺铁、锌症的防治作用, 我们对研制的波尔多液营养保护剂在番茄上进行了砂培试验。目的是研究单独加铁、锌以及同时加铁、锌的波尔多液营养保护剂矫治番茄缺铁黄化症和缺锌小叶症的作用效果, 同时探讨波尔多液营养保护剂对番茄的增产和生物效应。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

本试验供试石英砂为精制石英砂, 直径在 1~3 mm。经盐酸浸提测定, 不含铁、锌等金属元素。供试番茄品种为“春粉 100”。所喷保护剂为单独加铁、锌及同时加铁锌的波尔多液营养保护剂(BNPP-Fe、BNPP-Zn、BNPP-Fe-Zn, 山东农业大学肥料研究所生产), 以及美国 GRIFFIN 公司生产的铜基广谱杀菌剂(Kocide2000)。不同波尔多液营养保护剂营养元素含量的比较见表 1。本试验砂培营养液用纯

收稿日期: 2005-11-04

基金项目: 国家“948”项目(201054), 教育部“高等学校骨干教师资助计划”[教技司(2000)65 号]

作者简介: 段路路(1981—), 女, 山东泰安人, 在读硕士, 主要从事土壤环境化学与植物营养研究。

通讯作者: 张 民, mzhang@sdau.edu.cn

净水配制,所含铁、锌量不影响结果测定,营养液成分<sup>[13]</sup>列于表 2 中。

表 1 波尔多液营养保护剂产品的营养元素含量

| Table 1 Content of nutrition elements in different Bordeaux nutrition protective powders |                                    |                 |                 |                 |                                                 |                                                 |                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 样品名称<br>Sample                                                                           | 有效成分<br>Cu(OH) <sub>2</sub><br>(%) | 全铜<br>Cu<br>(%) | 全铁<br>Fe<br>(%) | 全锌<br>Zn<br>(%) | 水溶性铜 Cu<br>Soluble—Cu<br>(稀释 1000 倍液)<br>(mg/L) | 水溶性铁 Fe<br>Soluble—Fe<br>(稀释 1000 倍液)<br>(mg/L) | 水溶性锌 Zn<br>Soluble—Zn<br>(稀释 1000 倍液)<br>(mg/L) |
| BNPP-Fe                                                                                  | 50.44                              | 32.85           | 1.25            | 0.02            | 3.10                                            | 14.49                                           | Tr <sup>※</sup>                                 |
| BNPP-Zn                                                                                  | 50.07                              | 32.61           | Tr              | 1.20            | 2.32                                            | 0.21                                            | 7.43                                            |
| BNPP-Fe-Zn                                                                               | 50.46                              | 32.87           | 1.01            | 0.83            | 1.50                                            | 8.51                                            | 8.96                                            |
| Kocide                                                                                   | 50.68                              | 33.01           | Tr              | 0.03            | 2.68                                            | 0.05                                            | 0.45                                            |

※ Tr:痕量,未检出。

表 2 砂培番茄营养液配方

| Table 2 Nutrition liquid of sandy culture tomatoes                                     |                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 肥料<br>Fertilizers                                                                      | 浓度 (mg/L)<br>Concentration |
| 硝酸钙 Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>                                                  | N:105 Ca:115               |
| 硝酸钾 KNO <sub>3</sub>                                                                   | N:46 K:128                 |
| 磷酸二氢钾 KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                                                  | P:46 K:56                  |
| 硫酸镁 MgSO <sub>4</sub>                                                                  | Mg:25 S:64                 |
| 氯化钾 KCl                                                                                | K:84                       |
| 硫酸锰 MnSO <sub>4</sub>                                                                  | Mn:0.5                     |
| 硼酸 H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                                                      | B:0.5                      |
| 硫酸铜 CuSO <sub>4</sub>                                                                  | Cu:0.03                    |
| 钼酸铵 (NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> ·4H <sub>2</sub> O | Mo:0.05                    |

1.2 试验方法

本试验于 2004 年在山东农业大学南校区试验

基地进行。2 月 26 日选取经催芽后整齐一致的番茄种子均匀点播于基质育苗盘中,3 月 1 日发芽,4 月 26 日将长势相同的番茄幼苗移植到砂培盆中。番茄定植后用营养液浇灌,开始时每天浇 300~400 ml,随着植株长大,喷施量增加,但最多每株每天浇 3 L。

试验共设 9 个处理(表 3),每处理 3 次重复,共 27 盆,每盆装石英砂 7.5 kg。在番茄第 3 真叶完全展开时,叶面喷施单独加铁、锌及同时加铁锌的波尔多液营养保护剂(BNPP-Fe、BNPP-Zn、BNPP-Fe-Zn)和铜基广谱杀菌剂(Kocide 2000)。以后分别在幼苗期、开花期、结果期、成熟期进行喷施。喷施保护剂 5 天后测定新叶叶片的叶绿素,并在番茄各生长期分别测定各处理的株高和茎粗。番茄成熟后测定根、茎、叶的全铁、全锌含量,并测其生物量。

表 3 试验设计

| Table 3 Experiment design of sandy culture tomatoes |                                     |                           |                |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------|
| 处理<br>Treatments                                    | 喷施浓度(g/L)<br>Spraying concentration | 喷施量(L)<br>Spraying volume | 备注<br>Remark   |
| CK                                                  | 0.0                                 | 0~1                       |                |
| BNPP-Fe <sub>1</sub>                                | 1.0                                 | 0~1                       |                |
| BNPP-Fe <sub>2</sub>                                | 1.8                                 | 0~1                       |                |
| BNPP-Zn <sub>1</sub>                                | 1.0                                 | 0~1                       |                |
| BNPP-Zn <sub>2</sub>                                | 1.8                                 | 0~1                       | CK 只喷清水。       |
| BNPP-Fe-Zn <sub>1</sub>                             | 1.0                                 | 0~1                       | CK:Spray water |
| BNPP-Fe-Zn <sub>2</sub>                             | 1.8                                 | 0~1                       |                |
| Kocide <sub>1</sub>                                 | 1.0                                 | 0~1                       |                |
| Kocide <sub>2</sub>                                 | 1.8                                 | 0~1                       |                |

1.3 测定方法

- 1.3.1 全铜、全铁、全锌的测定:按 SN/T0759.1—1999 标准测定。
- 1.3.2 水溶性铜、水溶性铁、水溶性锌测定:按 GB/T17420—1998 标准测定。
- 1.3.3 番茄叶片叶绿素的测定:利用日本美能达公司生产的 SPAD-502 型手持叶绿素仪进行测定。

- 1.3.4 番茄成熟叶片中全铁、全锌的测定:称取番茄叶干样 1.0000 g,于高温电炉中 500℃灼烧至灰白色,加 2 ml1:1HCl,溶解灰分,定容至 100 ml,过滤后用原子吸收分光光度计测定。
- 1.3.5 番茄新叶活性铁的测定:称取 2.00 g 番茄新叶鲜样,按 1:1 的比例加入 1 mol/L 的 HCl,振荡 5 h,过滤,用原子吸收分光光度计测定。

- 1.3.6 番茄株高、茎粗的测定：株高为子叶到生长点的长度，茎粗为子叶上方平行子叶方向的粗度。
- 1.3.7 番茄茎叶鲜重、根鲜重的测定：在番茄成熟期，用百分之一天平分别称其茎叶与根重量。
- 1.3.8 番茄产量的测定：测定各处理的结果总数，番茄果实质量之和为总产量；选取同一批番茄果实测量其直径。

所有试验数据均采用美国 SAS 分析软件<sup>[14]</sup>进行处理。

2 结果与讨论

2.1 营养保护剂对番茄叶片叶绿素含量的影响

在番茄整个生育期，番茄叶片叶绿素含量总体规律是前期有明显升高，在中、后期逐渐达到平衡，符合作物生长规律。3 种波尔多液营养保护剂与 Kocide 处理番茄叶绿素含量都明显高于 CK(图 1)。低浓度处理中，BNPP-Fe-Zn<sub>1</sub> 处理叶绿素含量明显高于其它处理，其次为 BNPP-Fe<sub>1</sub> 处理，而 BNPP-

Zn<sub>1</sub> 与 Kocide<sub>1</sub> 处理无显著差异(图 1.a)；高浓度处理中，BNPP-Fe-Zn<sub>2</sub> 处理与 BNPP-Fe<sub>2</sub> 处理番茄叶绿素含量显著高于其它处理，但它们两者之间差异不显著；其次为 BNPP-Zn<sub>2</sub> 与 Kocide<sub>2</sub> 处理(图 1.b)。

铁、锌都是叶绿素合成所必不可少的营养元素，波尔多液营养保护剂与 Kocide 的喷施对番茄叶绿素含量影响较明显，但 Kocide 中由于不含铁、锌等营养元素，Kocide 处理番茄叶绿素含量要低于 BNPP-Fe-Zn 处理。向砂培番茄上喷施加入铁、锌的波尔多液营养保护剂后，番茄的叶绿素含量有明显的提高，这表明铁、锌的加入促进了番茄叶片叶绿素的合成，从而为叶片进行光合作用奠定了基础。同时，单独加铁的波尔多液营养保护剂比单独加锌的波尔多液营养保护剂更能促进番茄叶片叶绿素的合成，这表明，铁在促进番茄叶片叶绿素含量增加上效果要优于锌，而铁锌同时加入的效果最优，这与尹克林<sup>[15]</sup>在柑桔上的研究是一致的。

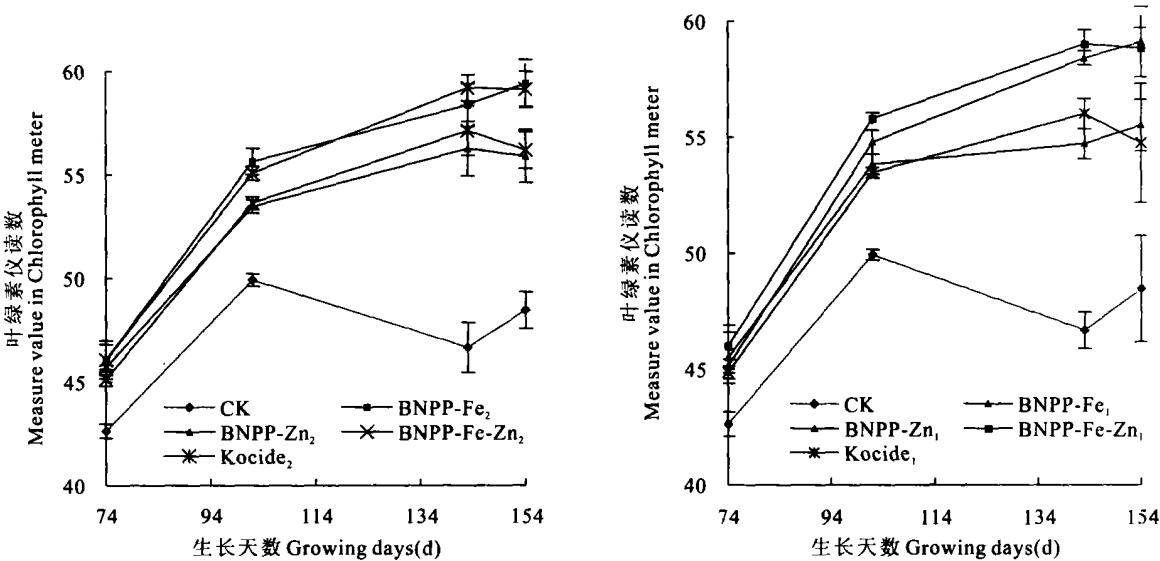


图 1 不同处理番茄叶绿素含量的变化

Fig. 1 Effects of different treatments on chlorophyll of tomatoes

2.2 波尔多液营养保护剂对番茄成熟叶片全铁、锌含量以及新叶活性铁含量的影响

BNPP-Fe、BNPP-Zn 和 BNPP-Fe-Zn 处理番茄叶片全铁含量分别高于 CK69.5%~123%、49.2%和 132%~150%，并且单独加铁、锌的波尔多液营养剂高浓度处理显著高于低浓度处理，增量分别为 31.3%和 42.1%，而 BNPP-Fe-Zn 高低浓度处理差异不显著。BNPP-Zn、Kocide 与 CK 之间全铁含量差异不显著。BNPP-Fe 以及 BNPP-Fe-Zn 处理在对

砂培番茄成熟叶片中活性铁含量的影响上显著高于CK，增量分别为 1.93~2.27 倍和 4.02 倍，BNPP-Zn 和 Kocide 处理与 CK 差异不显著。

在对砂培番茄成熟叶片中全锌含量的影响上，BNPP-Zn 和 BNPP-Fe-Zn 分别高于 CK 1.35~8.48 倍和 6.05~8.48 倍；BNPP-Fe 无论高低浓度与 CK 相比，差异均不显著，Kocide 处理低浓度与 CK 差异不显著，高浓度增量为 2.92 倍。

表 4 不同处理番茄叶片全铁、锌及活性铁含量  
Table 4 The total Fe、Zn content and active Fe in leaves of tomato

| 处理<br>Treatment         | 全铁 (mg/kg)<br>Total iron content | 活性铁 (mg/kg)<br>Active iron content | 全锌 (mg/kg)<br>Total zinc content |
|-------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| CK                      | 86.21 d                          | 11.87 d                            | 13.36 f                          |
| BNPP-Fe <sub>1</sub>    | 146.16 b                         | 34.76 bc                           | 29.98 ef                         |
| BNPP-Fe <sub>2</sub>    | 191.93 a                         | 38.86 b                            | 40.29 ef                         |
| BNPP-Zn <sub>1</sub>    | 90.51 d                          | 24.99 bcd                          | 193.26 b                         |
| BNPP-Zn <sub>2</sub>    | 128.60 bc                        | 25.41 bcd                          | 126.66 a                         |
| BNPP-Fe-Zn <sub>1</sub> | 215.78 a                         | 37.16 bc                           | 94.18 d                          |
| BNPP-Fe-Zn <sub>2</sub> | 200.37 a                         | 59.62 a                            | 126.66 c                         |
| Kocide <sub>1</sub>     | 120.72 bcd                       | 22.51 cd                           | 45.09 ef                         |
| Kocide <sub>2</sub>     | 98.11 cd                         | 21.83 bcd                          | 52.37 e                          |

Pierson 等人首先在 1984 年提出用 1 mol/L HCl 浸提组织中的铁来表征植物的铁营养状况,并明确地称其为活性铁<sup>[16]</sup>,这一概念在以后的研究中被作为反映植物铁营养状况的参考指标。从番茄叶片全铁和活性铁含量来看,BNPP-Zn 高低浓度两处理间,全铁含量差异显著,而活性铁却无显著差异,由于本研究采用的是砂培试验,试验过程中能避免

铁、锌等离子子的干扰,而基本不含铁元素的 BNPP-Zn 处理中全铁含量与 CK 差异显著,这表明全铁含量在一定程度上不能作为反映铁营养状况的指标。由表 3 还可看出,在活性铁含量上 BNPP-Fe、BNPP-Fe-Zn 处理显著高于 CK。BNPP-Zn 和 Kocide 处理与 CK 差异不显著,这与波尔多液营养保护剂含铁量的不同和 Kocide 不含铁是相一致的。

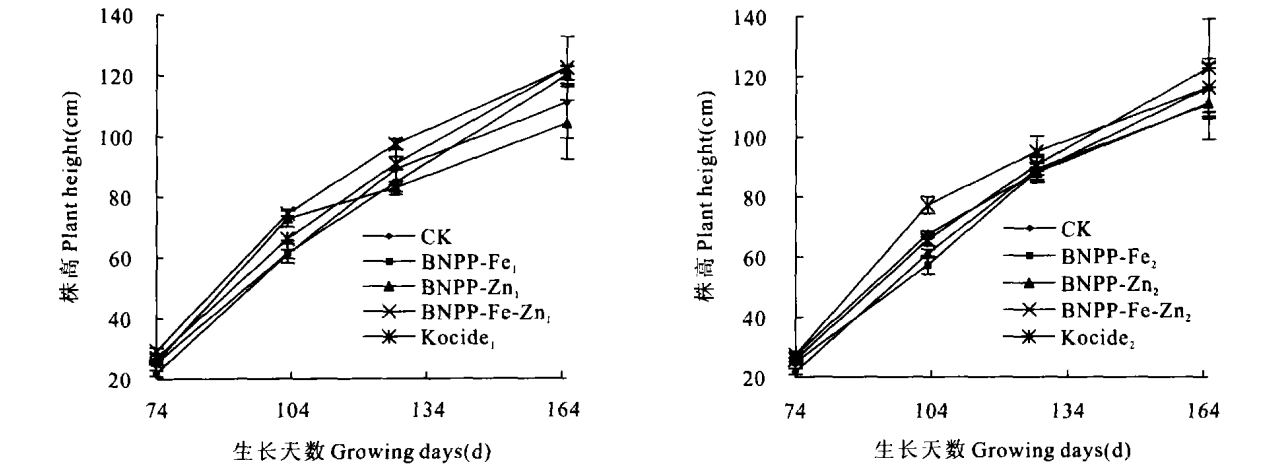


图 2 不同处理番茄株高的变化  
Fig. 2 Effects of different treatments on plant height of tomato

2.3 波尔多液营养保护剂对番茄株高、茎粗的影响  
由于波尔多液营养保护剂中含有铁、锌、硼等营养元素,解决了砂培番茄缺铁、锌的问题,有利于植株的营养生长。而 Kocide 有较好的杀菌作用,在一定程度上也促进了番茄的生长。由图 2 可以看出,3 种不同的波尔多液营养保护剂和 Kocide 对番茄株高的影响效果为:BNPP-Fe-Zn>Kocide>BNPP-Fe 和 BNPP-Zn。BNPP-Fe-Zn 和 Kocide 处理番茄株高显著高于 CK,BNPP-Fe 和 BNPP-Zn 处理由于缺铁或锌营养元素,与 CK 差异不显著。

在对番茄茎粗的影响上,喷施波尔多液营养保护剂和 Kocide 后,番茄茎粗有了显著提高,在生长后期逐渐达到平衡。由图 3a 可看出,BNPP-Fe-Zn<sub>1</sub> 要显著高于其它处理,Kocide 对番茄茎粗后期影响较大,而 BNPP-Fe<sub>1</sub> 和 BNPP-Zn<sub>1</sub> 处理与 CK 相比差异不显著。喷施高浓度的波尔多液营养保护剂和 Kocide 处理的茎粗明显高于 CK(图 3.b),并且以 BNPP-Fe-Zn<sub>2</sub> 效果最为明显,其次为 BNPP-Zn<sub>2</sub> 和 Kocide<sub>2</sub> 处理。由图 3.b 还可看出, BNPP-Zn<sub>2</sub> 处理的茎粗明显高于 BNPP-Fe<sub>2</sub> 处理,这表明 Zn 比 Fe 更能促进番茄茎粗的增长。

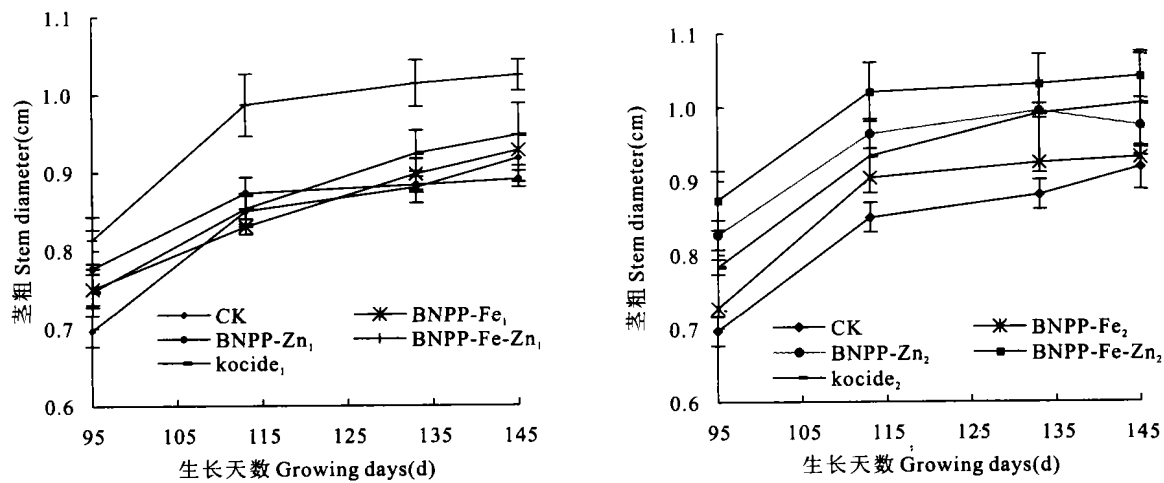


图 3 不同处理番茄茎粗的变化

Fig. 3 Effects of different treatments on the stem diameter of tomato

2.4 波尔多液营养保护剂对番茄生物量的影响

对不同处理的番茄生物量进行统计分析(表 4)看出,除 BNPP-Fe-Zn<sub>1</sub> 和 Kocide 处理外,其它处理茎叶鲜重与 CK 差异不显著;在根鲜重方面,BNPP-

Fe 高低浓度处理显著高于其它处理,并比 CK 提高 21.5%~67.0%。而 BNPP-Zn、BNPP-Fe-Zn<sub>2</sub>、Kocide 处理与 CK 无显著差异。这表明铁、锌对番茄茎叶鲜重无显著影响,在对根重影响上,铁的效果要优于锌。

表 5 不同处理番茄生物量

Table 5 Effects of treatments on the biomass of tomato

| 处理<br>Treatments        | 茎叶鲜重(g)<br>Shoot fresh weight | 根鲜重(g)<br>Root fresh weight | 总果重(g)<br>Total fruit weight | 单果重(g)<br>Single fruit weight | 果实直径(cm)<br>Fruit diameter |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| CK                      | 296.10 b                      | 47.03 cd                    | 349.26 e                     | 61.12 cde                     | 4.60 e                     |
| BNPP-Fe <sub>1</sub>    | 307.14 b                      | 78.56 a                     | 378.38 e                     | 56.42 de                      | 4.94 de                    |
| BNPP-Fe <sub>2</sub>    | 331.74 b                      | 57.15 b                     | 571.97 cd                    | 66.56 bcd                     | 5.32 bcd                   |
| BNPP-Zn <sub>1</sub>    | 251.33 b                      | 47.01 cd                    | 445.53 d                     | 57.42 de                      | 5.07 de                    |
| BNPP-Zn <sub>2</sub>    | 262.24 b                      | 52.99 bcd                   | 466.96 d                     | 47.94 e                       | 5.24 cd                    |
| BNPP-Fe-Zn <sub>1</sub> | 472.76 a                      | 58.17 b                     | 800.94 ab                    | 67.47 bcd                     | 5.75 ab                    |
| BNPP-Fe-Zn <sub>2</sub> | 340.54 b                      | 45.48 d                     | 837.66 a                     | 75.82 ab                      | 5.89 a                     |
| Kocide <sub>1</sub>     | 484.12 a                      | 46.02 d                     | 695.54 bc                    | 88.12 a                       | 5.78 ab                    |
| Kocide <sub>2</sub>     | 497.47 a                      | 54.70 bc                    | 682.30 bc                    | 71.67 bc                      | 5.69 abc                   |

同时,波尔多液营养保护剂与美国 Kocide 处理都能显著提高番茄总果重,增大果径,BNPP-Fe、BNPP-Zn、BNPP-Fe-Zn 和 Kocide 处理的总果重比 CK 分别提高 63.8%、27.6%~33.7%、129%~140%和 95.4%~99.1%,并以 BNPP-Fe-Zn 处理总果重为最高。与 CK 相比,BNPP-Fe-Zn 和 Kocide 处理的单果重分别增加 17.2%和 30.7%,番茄果实直径分别增加 26.5%~24.7%。BNPP-Fe 和 BNPP-Zn 这两种波尔多液营养保护剂处理的产量差异不显著。

3 结 论

加入铁、锌的波尔多液营养保护剂能显著提高番茄叶片叶绿素含量,及叶片的活性铁、全铁和全锌含量,有效地矫治了番茄缺铁、锌症状。在番茄生长效应上,波尔多液营养保护剂对番茄株高及茎粗的影响主要表现在后期,且以 BNPP-Fe-Zn 效果最为显著。喷施波尔多液营养保护剂能显著提高番茄产量,并以 BNPP-Fe-Zn 处理产量最高。波尔多液营养保护剂比 Kocide 产品的增产效果更为明显的现象也表明了铁、锌的营养作用和有效性。

## 参考文献:

- [1] 梅特利茨, 著, 刘慕春, 译. 水果和蔬菜的生物化学基础[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [2] 邹邦基. 植物营养诊断分析测定[M]. 北京: 农业出版社, 1984.
- [3] 王衍安, 范伟国, 李 玲, 等. 落叶前根外喷锌防治苹果小叶病研究. 果树学报, 2001, 18(4): 246—247.
- [4] 王衍安. 苹果树的锌营养与小叶病矫治研究综述. 落叶果树, 2002, (5): 11—14.
- [5] 许晓燕. 黄腐酸铁防治果树缺铁黄化病的研究[J]. 山西农业大学学报, 1994, 14(2): 198—200.
- [6] 薛进军, 王秀茹, 台社珍, 等. 铁肥品种和施肥方式对黄化苹果树复绿和铁含量的影响. 果树科学, 1999, 16(4): 246—249.
- [7] 王衍安, 范伟国, 张方爱, 等. 施肥方式对缺锌小叶病苹果树锌营养的影响. 中国农业科学, 2002, 35(10): 1249—1253.
- [8] 范伟国, 王衍安, 张方爱, 等. 苹果缺锌小叶病防治技术研究. 河北农业大学学报, 2002, 25(2): 42—45.
- [9] Papastulaiou I. Timing and rate of iron chelate application to correct chlorosis of peanut [J]. Journal of plant Nutrition, 1993, 19(7): 1193—1203.
- [10] Courtade etc. 1999 Bordeaux mixture, process for its manufacture and cupric fungicidal compositions containing it. US5958438.
- [11] Schroth etc. 1995 Methods for preventing precipitation of copper from copper based bactericidal compositions containing iron. US5385934.
- [12] Schroth etc. 1993 Zinc enhancement of copper based fungicidal and bactericidal compositions. US5202353.
- [13] 邢禹贤. 新编无土栽培原理与技术[M]. 北京: 农业出版社, 2002.
- [14] SAS Institute. SAS/STAT User's guide; Statistics. Version 8, 1st ed. Cary, NC, USA; SAS Inst., 1999.
- [15] 尹克林, 李银国. 石灰性土壤柑桔叶片 Mg、Fe、Zn 与叶绿素含量的关系分析[J]. 西南农业大学学报, 1998, 20(4): 283—287.
- [16] Pierson EE, Clark RB. Ferrous iron determination in plant tissue. [J]. Plant Nutrition, 1984, 7(1~5): 107—116.

## Effect of Bordeaux nutrition protective powder on iron and zinc deficiency and growth of tomatoes

DUAN Lu-lu, ZHANG Min, YANG Yue-chao

(College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

**Abstract:** The tomatoes which were sensitive to iron and zinc were utilized to investigate the different effects of Bordeaux nutrition protective powder (BNPP-Fe, BNPP-Zn, BNPP-Fe-Zn) and Kocide on iron and zinc deficiency and growth of tomatoes by sandy culture method. The research results indicated that because Bordeaux nutrition protective powders contained a number of soluble iron and zinc, chlorophyll content, active iron content, total iron content and total zinc content in leaves of tomatoes were increased differently by spraying BNPP-Fe, BNPP-Zn, BNPP-Fe-Zn, compared with CK, in order to rectify iron and zinc deficiency. Meanwhile, the plant height and the stem diameter of tomatoes were hastened by spraying the three different Bordeaux nutrition protective powders, and the yield of tomatoes with BNPP-Fe, BNPP-Zn, BNPP-Fe-Zn treatments increased by 63.8%, 27.6%~33.7% and 129%~140%, respectively. In addition, Compared with Kocide, active iron content, total iron content and zinc content in leaves of tomatoes by spraying BNPP-Fe-Zn was significantly increased by 65.1%~173%, 78.7%~104% and 109%~142%, respectively. Moreover, The yield of tomatoes with BNPP-Fe-Zn treatment was increased by 15.2%~22.8%, but the yields of BNPP-Fe and BNPP-Zn were less than that of Kocide treatment. As a result, the effect of BNPP-Fe-Zn was the best among the three different Bordeaux nutrition protective powders.

**Keywords:** Bordeaux nutrition protective powder; tomato; sandy culture method; active iron