

# 不同叶面肥对温室番茄生长和果实品质的影响

王超, 张宗翊, 赵宝龙, 孙军利, 托力哈纳依·努尔兰, 刘欣宇

(特色果蔬栽培生理与种质资源利用兵团重点实验室·石河子大学农学院 新疆石河子 832003)

**摘要:** 为筛选出适宜南疆设施番茄生长的叶面肥种类, 提高番茄产量及品质, 以瑞粉 518 作为供试品种, 采用随机区组试验, 以清水喷施作为对照(CK), 共设 4 个叶面肥处理, 分别为腐植酸水溶肥料(T1)、流体硼+磷酸二氢钾组合(T2)、氨基酸水溶肥料(T3)、微量元素水溶肥料(T4), 从幼苗期开始喷施, 连喷 4 次, 研究不同叶面肥处理对番茄生长指标、光合指标、产量及品质指标的影响。结果表明, 与 CK 相比, 4 种叶面肥在促进番茄生长、提高光合效率和产量, 以及改善果实品质等方面均有不同程度的积极作用, 其中微量元素水溶肥料(T4)与 CK 相比能显著促进植株生长, 叶绿素含量显著提高 8.74%, 光合作用显著增强, 商品果率显著提高 10.54 个百分点, 产量显著提高 10.45%, 同时显著提高番茄的单果质量及番茄红素、可溶性糖、维生素 C、总酚和类黄酮含量。主成分分析结果表明, T4 处理对提高番茄果实品质效果最佳。总体来说, 喷施叶面肥可以有效促进番茄生长, 提高光合能力, 增加产量, 改善品质, 其中以喷施微量元素水溶肥料(T4)效果最佳。

**关键词:** 番茄; 叶面肥; 生长; 果实品质

中图分类号: S641.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2024)12-126-07

## Effects of different foliar fertilizers on the growth and fruit quality of greenhouse tomato

WANG Chao, ZHANG Zongyi, ZHAO Baolong, SUN Junli, Tuolihanayi·Nuerlan, LIU Xinyu

(Xinjiang Production and Construction Corps Key Laboratory of Special Fruits and Vegetables Cultivation Physiology and Germplasm Resources Utilization/Agricultural College, Shihezi University, Shihezi 832003, Xinjiang, China)

**Abstract:** In order to screen suitable foliar fertilizers for the growth of facility tomato in southern Xinjiang, improve tomato yield and quality, Ruifen 518 was used as the test variety, and randomized block experiment was conducted with water spraying(CK) as the control. Four foliar fertilizer treatments were set up, including humic acid water-soluble fertilizer(T1), fluid boron+potassium dihydrogen phosphate combination(T2), amino acid water-soluble fertilizer(T3), and trace element water-soluble fertilizer(T4). The effects of different foliar fertilizer treatments on tomato growth indicators, photosynthetic indicators, yield, and quality indicators were studied by spraying four times from the seedling stage. The results showed that compared with CK, the four foliar fertilizers had varying degrees of positive effects on promoting tomato growth, improving photosynthetic characteristics and yield, and improving fruit quality. Among them, the trace element water-soluble fertilizer(T4) significantly promoted plant growth compared with CK, with significant increase of 8.74% in chlorophyll content, a significant enhancement of photosynthesis, significant increase of 10.54 percentage points in commercial fruit rate, significant increase of 10.45% in yield, and significantly increase in tomato single fruit mass, lycopene, soluble sugar, vitamin C, total phenols, and flavonoids content. In summary, water soluble fertilizer treatment of trace elements in southern Xinjiang can effectively promote growth, improve photosynthesis, increase yield and improve quality, and this treatment provides a theoretical basis for building a technical system to improve tomato yield and quality.

**Key words:** Tomato; Foliar fertilizer; Growth; Fruit quality

收稿日期: 2024-01-25; 修回日期: 2024-10-20

基金项目: 2022 年中央引导地方项目(ZYYD2022SHZU05)

作者简介: 王超, 男, 在读硕士研究生, 研究方向为蔬菜栽培生理。E-mail: 2692881238@qq.com

通信作者: 赵宝龙, 男, 研究员, 研究方向为园艺植物栽培与生理。E-mail: 1504201794@qq.com

番茄为茄科番茄属的一年生草本植物,为世界上价值最高的蔬菜、水果兼用作物之一<sup>[1-2]</sup>。叶面施肥相对土壤施肥来说用量少、易吸收、见效快、利用率高,可被植株茎叶直接吸收利用<sup>[3-4]</sup>。

在南疆地区喷施合适叶面肥可有效提高番茄产量和品质,对提高当地种植户经济效益具有重要意义。张一鸣等<sup>[5]</sup>研究表明,对茄子幼苗叶面喷施黄腐酸和磷酸二氢钾,可有效增加幼苗株高、茎粗及叶面积,对茄子生长发育有促进作用。肖雪梅等<sup>[6]</sup>对番茄叶面喷施含硒、硅元素液体肥,可显著提升番茄的风味品质。Jaya等<sup>[7]</sup>研究认为,在旱地反季节情况下,叶面肥在提高辣椒坐果率及增产方面具有积极作用。研究表明,喷施适量钾肥,可提高番茄总含糖量,增加糖酸比<sup>[8]</sup>。同时,喷施中微量元素(Mn、Zn、B)叶面肥,可显著提高番茄单果质量、番茄红素含量、糖酸比等,改善了番茄的口感<sup>[9]</sup>。

目前市场上叶面肥种类繁多,针对新疆设施番茄不同叶面肥鲜有报道。鉴于此,笔者以早春设施番茄为研究对象,研究4种叶面肥对番茄生长、光合特性、品质及产量的影响,分析不同叶面肥的使用效果,以期为叶面肥在设施番茄生产上的应用提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地点与材料

试验于2022年12月至2023年7月在新疆图木舒克市51团20连日光温室内进行。该地属于暖温带大陆性干旱气候,干旱少雨,四季分明,无霜期240d左右,年平均气温11.9℃,极端最低气温-21.5℃,极端最高气温42.6℃,光照充足,昼夜温差大。

供试番茄品种为瑞粉518,由寿光芳耕农业科技有限公司选育。选用的4种叶面肥分别为腐植酸水溶肥料[腐植酸含量(w,后同)≥30 g·L<sup>-1</sup>, (N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O)含量≥200 g·L<sup>-1</sup>,河南双惠农业科技发展有限公司生产]、流体硼肥+磷酸二氢钾肥(B含量≥150 g·L<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量≥52%, K<sub>2</sub>O含量≥34%,青岛果知育生物科技有限公司生产)、氨基酸水溶肥料[氨基酸含量≥100 g·L<sup>-1</sup>, (Mn+Zn+B)含量≥20 g·L<sup>-1</sup>,河南双惠农业科技发展有限公司生产]、微量元素水溶肥[(Mn+Zn+B)含量≥100 g·L<sup>-1</sup>,河南双惠农业科技发展有限公司生产]。

### 1.2 试验设计

试验于2022年12月20日进行点种,采用72

孔穴盘育苗。整地时每个日光温室(面积为667 m<sup>2</sup>)施腐熟农家肥5000 kg,磷酸二铵50 kg,2月15日4叶1心时采用一垄双行定植,垄间距120 cm,垄上行距50 cm,株距33 cm;单秆整枝,6穗果打顶,番茄定植后一次性浇水42 m<sup>3</sup>;缓苗后冲施平衡肥(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O:20-20-20)10 kg;第1穗果膨大时,随水冲施硫酸钾复合肥(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O:20-20-20-TE)10 kg;第1穗果采收后,随水冲施高钾肥(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O:5-5-40)7.5 kg两次,10 d后冲施第二次;盛果期冲施高钾肥(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O:5-5-40)15 kg。在上述施肥管理的基础上,采用随机区组设计,每个小区处理以垄为单位,长3.0 m,小区面积3.6 m<sup>2</sup>,处理20株,3次重复。

叶面肥处理:腐植酸水溶肥料500倍液喷施(T1),流体硼肥1000倍液+磷酸二氢钾肥600倍液喷施(T2),氨基酸水溶肥料600倍液喷施(T3),微量元素水溶肥500倍液喷施(T4),以常规不喷施叶面肥为对照(CK)。叶面肥喷施时期为幼苗期喷施1次、幼果期喷施1次、果实膨大期喷施2次(间隔14 d)。

### 1.3 测定指标及方法

1.3.1 番茄生长指标测定 每小区选取5株番茄进行生长指标测定,5月10日使用普通卷尺测量番茄的株高,使用DL91150游标卡尺测量距离地面1 cm处茎粗,使用刻度尺测量第3穗果与第4穗果之间的叶长、叶宽;采用一般统计学的方法调查单株果数和商品果率<sup>[10]</sup>,每个处理均3次重复。

1.3.2 番茄光合指标测定 在4月下旬,选择晴朗无云天气,选取长势相近的番茄第4穗果与第5穗果之间的叶片,使用LI-6800XT光合仪在12:00测定净光合速率(P<sub>n</sub>)、气孔导度(G<sub>s</sub>)、胞间CO<sub>2</sub>浓度(C<sub>i</sub>)和蒸腾速率(T<sub>r</sub>);5月4日选取第4穗果与第5穗果之间的叶片,带回实验室测定叶绿素指标<sup>[11]</sup>。

1.3.3 番茄产量指标测定 每小区从第1穗果成熟起,使用电子秤测定各处理番茄单株的产量,预估总产量。

1.3.4 番茄果实品质指标测定 统一选取第4穗番茄成熟果实测定品质,每个小区随机选取5个外观大小相近的番茄果实进行测定。使用电子天平测定番茄单果质量;使用DL91150游标卡尺测定番茄果实纵径、横径,计算果形指数=果实纵径/果实横径;使用GY-1型水果硬度计测定果实硬度;采用石油醚/丙酮分光光度法测定番茄红素含量<sup>[12]</sup>;采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量<sup>[13]</sup>;采用酸碱滴定法

测定可滴定酸含量<sup>[13]</sup>;采用考马斯亮蓝染色法测定可溶性蛋白含量<sup>[13]</sup>;采用钼蓝比色法测定维生素 C 含量<sup>[14]</sup>;参照路文静等<sup>[15]</sup>的方法测定总酚和类黄酮含量,以 1% HCl 的甲醇溶液避光提取,分别在 280 和 325 nm 分光光度下进行比色。每个处理均 3 次重复。

#### 1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2016 制表,使用 SPSS 26 软件对试验数据进行处理及差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同叶面肥对番茄生长和产量的影响

由表 1 可知,4 种处理的番茄株高均高于 CK,其中 T1 和 T4 处理分别为 161.64、158.36 cm,比 CK 显著增高 6.29%和 4.13%。4 种处理的番茄茎粗均大于 CK,但均与 CK 无显著差异,T4 最大,为 12.58 mm。在叶长、叶宽方面,4 种处理的番茄叶长、叶宽均大于 CK,但均与 CK 差异不显著,其中 T4 叶长、叶宽最大,分别为 22.05、11.45 cm。在单株果数方面,经过叶面肥处理的番茄单株果数均显著高于 CK,其中 T4 最大,比 CK 显著增加 13.71%。不同叶面肥处理的番茄商品果率差异不显著,但均显著高于 CK,其中 T4 最大,达到 94.83%,比 CK 显著提高 10.54 个百分点;从田间的

综合表现来看,T4>T1>T2>T3>CK。4 种叶面肥处理的番茄产量均高于 CK,其中 T1、T4 处理的番茄产量比 CK 分别显著提高 8.14%、10.45%。

### 2.2 不同叶面肥对番茄光合特性的影响

由表 2 可知,4 种处理的叶片叶绿素 a 含量均高于 CK,且 T1、T2 和 T4 处理分别比 CK 显著提高 5.88%、4.41%、9.56%。T1 和 T2 处理的叶绿素 b 含量显著高于 CK,T2 最高,为 0.52 mg·g<sup>-1</sup>。在叶绿素总量方面,T1、T2 和 T4 处理均显著高于 CK,T4 最高,为 1.99 mg·g<sup>-1</sup>,相比 CK 显著提高 8.74%。与 CK 相比,不同叶面肥处理均能显著提高番茄叶片的净光合速率,各处理的叶片净光合速率由高到低依次为 T4>T1>T2>T3>CK,其中 T4 处理的番茄叶片净光合速率最高,为 20.98 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,显著高于其他处理,较 CK 显著提高了 22.12%。4 种处理的番茄叶片蒸腾速率均显著高于 CK,其中 T1 和 T4 处理分别比 CK 显著提高 17.05%和 20.02%。4 种处理的胞间 CO<sub>2</sub> 浓度均低于 CK,但不存在显著差异,各处理的叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度由高到低依次为 CK>T2>T3>T1>T4。与 CK 相比,4 种叶面肥处理均能提高番茄叶片的气孔导度,且 T1、T2 和 T4 处理显著高于 CK,其中 T4 处理最大,较 CK 显著提高了 9.30%。以上结果表明,喷施叶面肥对番茄叶片光合特性具有积极作用。

表 1 不同叶面肥对番茄生长和产量的影响

Table 1 Effects of different foliar fertilizers on tomato growth and yield

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	茎粗 Stem diameter/mm	叶长 Leaf length/cm	叶宽 Leaf width/cm	单株果数 Number of fruits per plant	商品果率 Commodity rate/%	产量 Yield/(t·667 m <sup>2</sup> )
CK	152.08±8.12 c	12.22±0.45 a	21.49±0.90 a	11.21±1.01 a	17.00±1.04 b	84.29±6.48 b	8.23±0.37 c
T1	161.64±5.69 a	12.44±0.39 a	21.85±0.78 a	11.41±0.52 a	18.67±0.73 a	92.88±3.70 a	8.90±0.33 ab
T2	155.65±10.42 bc	12.36±0.75 a	21.76±1.43 a	11.39±1.23 a	18.67±1.23 a	92.88±6.14 a	8.72±1.18 abc
T3	154.03±5.39 bc	12.36±0.29 a	21.73±0.55 a	11.24±0.92 a	18.67±1.35 a	91.20±2.86 a	8.56±0.48 bc
T4	158.36±7.14 ab	12.58±0.53 a	22.05±1.13 a	11.45±0.61 a	19.33±0.94 a	94.83±3.93 a	9.09±0.47 a

注:不同小写字母表示不同叶面肥处理间差异显著(p<0.05)。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference among different foliar fertilizer treatments(p<0.05). The same below.

表 2 不同叶面肥对番茄叶片光合特性的影响

Table 2 Effects of different foliar fertilizers on the photosynthetic characteristics of tomato leaves

处理 Treatment	w(叶绿素 a) Chl a content/ (mg·g <sup>-1</sup> )	w(叶绿素 b) Chl b content/ (mg·g <sup>-1</sup> )	w(叶绿素 a+b) Chl(a+b)content/ (mg·g <sup>-1</sup> )	净光合速率 P <sub>n</sub> /(μmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	蒸腾速率 T <sub>r</sub> /(mmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	胞间 CO <sub>2</sub> 浓度 C <sub>i</sub> /(μmol·mol <sup>-1</sup> )	气孔导度 G <sub>s</sub> /(mol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )
CK	1.36±0.05 d	0.47±0.08 b	1.83±0.10 b	17.18±0.63 d	11.44±0.43 d	302.25±10.66 a	0.43±0.03 c
T1	1.44±0.06 b	0.51±0.02 a	1.95±0.07 a	20.36±0.66 b	13.39±0.42 a	294.25±8.63 a	0.45±0.02 ab
T2	1.42±0.11 bc	0.52±0.04 a	1.94±0.13 a	19.39±1.18 c	12.92±0.80 b	299.22±18.14 a	0.45±0.03 b
T3	1.38±0.06 cd	0.49±0.05 ab	1.87±0.04 b	19.12±0.44 c	12.02±0.28 c	298.51±6.81 a	0.44±0.01 bc
T4	1.49±0.06 a	0.50±0.02 ab	1.99±0.08 a	20.98±0.90 a	13.73±0.61 a	294.19±12.20 a	0.47±0.02 a

### 2.3 不同叶面肥对番茄果实品质的影响

2.3.1 不同叶面肥对番茄果实外观品质的影响  
 由表3可知,CK、T1、T2、T3、T4处理的单果质量分别为156.03、173.91、169.91、168.49、178.22 g,4种叶面肥处理的番茄单果质量均显著高于CK,其中T4处理的单果质量比CK显著提高14.22%。在果实纵径方面,T3和T4处理显著高于CK,其中T4纵径最大,为64.87 mm,显著高于其他处理。4种

叶面肥处理的番茄横径均高于CK,其中T4处理的横径最大,为74.85 mm,比CK显著提高5.29%。在果形指数方面,T4处理最大,为0.87,显著高于其他处理,比CK显著提高2.35%。在果实硬度方面,4种叶面肥处理均与CK无显著差异,各处理果实硬度分别为6.92、6.82、6.75、6.82、6.72 kg·cm<sup>-2</sup>,其中CK硬度最大,T4处理的果实硬度最小。

### 2.3.2 不同叶面肥对番茄果实内在品质的影响

表3 不同叶面肥对番茄果实外观品质的影响

Table 3 Effects of different foliar fertilizers on the appearance quality of tomato fruit

处理 Treatment	单果质量 Single fruit mass/g	纵径 Vertical diameter/mm	横径 Horizontal diameter/mm	果形指数 Fruit shape index	果实硬度 Fruit firmness/(kg·cm <sup>-2</sup> )
CK	156.03±7.62 c	60.66±2.23 c	71.09±2.68 b	0.85±0.03 b	6.92±0.27 a
T1	173.91±9.71 ab	62.11±1.91 bc	72.78±2.18 ab	0.85±0.02 b	6.82±0.21 a
T2	169.91±14.18 b	62.51±3.89 bc	73.24±4.48 ab	0.84±0.05 b	6.75±0.42 a
T3	168.49±9.59 b	62.82±1.54 b	73.02±1.57 ab	0.85±0.02 b	6.82±0.15 a
T4	178.22±11.25 a	64.87±2.78 a	74.85±3.31 a	0.87±0.04 a	6.72±0.29 a

由表4可知,在番茄红素含量方面,4种叶面肥处理均与CK呈显著差异,其中T4处理的番茄红素含量最高,为5.87 mg·100 g<sup>-1</sup>,比CK显著提高36.19%,且显著高于其他处理。在可溶性糖含量方面,4种叶面肥处理均显著高于CK,其中T4处理的可溶性糖含量最高,其次为T1,分别为2.94%和2.92%,相比CK分别显著增加0.64和0.62个百分点。在可滴定酸含量方面,4种叶面肥处理均低于CK,但差异不显著。在糖酸比方面,T1~T4均显著高于CK,其中T4处理的糖酸比最高,其次为T1,

分别为7.35和7.30,比CK分别显著提高24.37%和23.52%。在可溶性蛋白含量方面,T1和T4处理显著高于其他处理,比CK分别显著提高15.64%和21.23%。在维生素C含量方面,4种叶面肥处理均显著高于CK,其中T4处理的维生素C含量最高,为19.35 mg·100 g<sup>-1</sup>,且显著高于其他处理。4种叶面肥处理的番茄总酚和类黄酮含量均显著高于CK,其中T4处理的总酚和类黄酮含量均最高,分别为1.40、0.60 mg·g<sup>-1</sup>,且显著高于其他3种叶面肥处理。

表4 不同叶面肥对番茄果实内在品质的影响

Table 4 Effects of different foliar fertilizers on the internal quality of tomato fruit

处理 Treatment	w(番茄红素) Lycopene content/ (mg·100 g <sup>-1</sup> )	w(可溶性糖) Soluble sugar content/%	w(可滴定酸) Titratable acid content/%	糖酸比 Sugar-acid ratio	w(可溶性蛋白) Soluble protein content/(mg·g <sup>-1</sup> )	w(维生素C) Vitamin C content/ (mg·100 g <sup>-1</sup> )	w(总酚) Total phenolics content/(mg·g <sup>-1</sup> )	w(类黄酮) Flavonoids content/(mg·g <sup>-1</sup> )
CK	4.31±0.16 d	2.30±0.09 b	0.39±0.02 a	5.91±0.21 b	1.79±0.12 d	11.55±0.45 c	1.20±0.04 c	0.52±0.02 c
T1	5.65±0.18 b	2.92±0.09 a	0.40±0.01 a	7.30±0.22 a	2.07±0.07 b	15.30±0.45 b	1.34±0.04 b	0.56±0.02 b
T2	5.47±0.34 c	2.91±0.18 a	0.40±0.02 a	7.27±0.44 a	1.90±0.14 c	15.25±0.92 b	1.33±0.08 b	0.56±0.04 b
T3	5.35±0.15 c	2.86±0.07 a	0.40±0.01 a	7.22±0.16 a	1.86±0.06 cd	14.93±0.50 b	1.31±0.03 b	0.55±0.01 b
T4	5.87±0.26 a	2.94±0.12 a	0.40±0.02 a	7.35±0.30 a	2.17±0.10 a	19.35±0.81 a	1.40±0.06 a	0.60±0.03 a

### 2.4 不同叶面肥处理的番茄果实品质综合评价

对番茄果实品质各指标数据进行标准化处理,以消除各类型指标间不同纲量所带来的影响。然后对第4穗番茄果实标准化数据进行主成分分析,提取2个主成分Z<sub>1</sub>和Z<sub>2</sub>,累积贡献率为96.35%,特征值分别为9.146、1.453,表5为各主成分载荷值。根据载荷值,得到其对应主成分表

达式,如下:

$$Z_1=0.328X_1+0.157X_2-0.305X_3+0.326X_4+0.308X_5+0.297X_6+0.306X_7+0.285X_8+0.317X_9+0.331X_{10}+0.317X_{11};$$

$$Z_2=0.004X_1+0.707X_2+0.062X_3-0.111X_4-0.294X_5-0.345X_6-0.298X_7+0.322X_8+0.208X_9+0.011X_{10}+0.207X_{11}。$$

表5 主成分载荷矩阵  
Table 5 Principal component load matrix

指标 Index	第一主成分 PC1	第二主成分 PC2
单果质量 Single fruit mass( $X_1$ )	0.328	0.004
果形指数 Fruit shape index( $X_2$ )	0.157	0.707
果实硬度 Fruit firmness( $X_3$ )	-0.305	0.062
番茄红素含量 Lycopene content( $X_4$ )	0.326	-0.111
可溶性糖含量 Soluble sugar content( $X_5$ )	0.308	-0.294
可滴定酸含量 Titratable acid content( $X_6$ )	0.297	-0.345
糖酸比 Sugar-acid ratio( $X_7$ )	0.306	-0.298
可溶性蛋白含量 Soluble protein content( $X_8$ )	0.285	0.322
维生素C含量 Vitamin C content( $X_9$ )	0.317	0.208
总酚含量 Total phenolics content( $X_{10}$ )	0.331	0.011
类黄酮含量 Flavonoids content( $X_{11}$ )	0.317	0.207
特征值 Eigenvalue	9.146	1.453
贡献率 Contribution rate/%	83.14	13.21
累积贡献率 Cumulative contribution rate/%	83.14	96.35

以各主成分所对应贡献率为权重,构建番茄果实品质综合评价函数。 $F=(\lambda_1 Z_1 + \lambda_2 Z_2)/(\lambda_1 + \lambda_2)$ 。将各指标数据代入综合评价函数,得到综合得分(表6),番茄果实品质得分由高到低依次为 T4>T1>T2>T3>CK。

表6 不同叶面肥处理番茄果实品质综合得分  
Table 6 Comprehensive score of tomato fruit quality under different foliar fertilizer treatments

处理 Treatment	综合得分 Comprehensive score	排名 Ranking
CK	-4.07	5
T1	0.84	2
T2	0.27	3
T3	-0.20	4
T4	3.16	1

### 3 讨论与结论

#### 3.1 喷施叶面肥对番茄生长和产量的影响

作物的株高、茎粗是反映生长状况的重要指标<sup>[16]</sup>。本试验研究表明,与CK相比,通过喷施不同的4种叶面肥,番茄株高、茎粗、单株果数以及商品果率均得到不同程度的提高,其中T4处理效果最佳,这与韦祖康等<sup>[17]</sup>、王秀雪等<sup>[18]</sup>和颜培玉等<sup>[19]</sup>通过对番茄喷施微量元素,可有效促进番茄生长、提高坐果率和商品果率的研究结论一致。在本次试验所测叶片指标中,4个处理的叶长和叶宽相比于CK有增大效果,但差异不显著,这与刘国伟等<sup>[20]</sup>喷施不同类型叶面肥对白皮蒜生长发育的影响结果相似,

但与潘冬平等<sup>[21]</sup>的研究结果存在差异,这可能是喷施叶面肥种类及营养元素不同所导致的。在一定情况下,喷施叶面肥可以改善作物生长状况,为作物高产提供保障<sup>[5,22]</sup>。

作物产量是经济价值最直观的体现,喷施合适的叶面肥是作物获得高产的技术之一<sup>[23-24]</sup>。本试验研究表明,4种叶面肥处理的番茄产量相对于CK均有提升,其中T4处理对番茄产量的增加效果最佳,这与杨玉萍等<sup>[25]</sup>对番茄施加微量元素能有效提高番茄产量的结论一致。对作物喷施适当的叶面肥能满足作物对微量元素的需要,使作物生理机能协调,有利于光合产物的合成、运输,可达到提高肥料利用率、减轻土壤生态负担、节能增效的目的<sup>[26-29]</sup>。

#### 3.2 喷施叶面肥对番茄叶片光合特性的影响

叶绿素是植株进行光合作用的催化剂,是作物产量提高的物质基础<sup>[30]</sup>。本试验研究表明,与CK相比,在4种叶面肥处理中,T4处理对叶绿素含量的增加效果最佳,这与张铨锋<sup>[31]</sup>的研究结果一致。光合作用是植物合成有机物的基础<sup>[32]</sup>,大量研究表明,喷施叶面肥可促进作物代谢,提高光合效率及促进营养积累<sup>[33-35]</sup>。本试验研究表明,4种叶面肥均可不同程度地降低胞间CO<sub>2</sub>浓度并缓解番茄的午休现象,提高蒸腾速率、气孔导度和净光合速率,其中T4处理对光合作用的提升效果最佳,这与王永珍等<sup>[36]</sup>的研究结论一致。在一定范围内,作物产量与叶绿素含量呈正相关<sup>[37]</sup>,对番茄喷施叶面肥,可以提高叶绿素含量,增强叶片的光合能力,从而提高番茄产量<sup>[38]</sup>。

#### 3.3 喷施叶面肥对番茄果实品质的影响

果实的品质主要包括外观、口感风味、营养价值和芳香物质等<sup>[39]</sup>。番茄外观品质主要包括单果质量、果实纵径、果实横径、果形指数、果实硬度等<sup>[40]</sup>。本试验研究表明,4种叶面肥对番茄单果质量均有显著提升的效果,其中T4处理在果实纵径、横径和果形指数方面表现最佳,这与夏秀波等<sup>[41]</sup>对番茄喷施含Mn、Zn、B的微量元素叶面肥可以提高单果质量,改善果实外观形状的结论一致,但关于果实硬度方面,与夏秀波等<sup>[41]</sup>的研究结果不同,这可能是由于除遗传因素本身的影响外,光、温、水、气以及肥料供应共同影响植物生长和果实品质。

番茄红素、可溶性糖、可滴定酸、可溶性蛋白和维生素C含量及糖酸比等是番茄风味和营养品质的重要指标<sup>[42]</sup>。大量研究表明,缺少Mn、Zn、B等

微量元素会导致无法结实、果实发育不良、着色不均匀,Mn、Zn、B等作为生长发育所必需的微量元素,对番茄产量和果实品质的提升不可或缺<sup>[43-44]</sup>。本试验研究表明,4种叶面肥处理中,T4处理对番茄果实可溶性糖、可溶性蛋白和维生素C含量及糖酸比的提升效果最佳,这与宋梦圆等<sup>[45]</sup>的研究结论一致。李军等<sup>[46]</sup>、岳焕芳等<sup>[47]</sup>和马吉林等<sup>[48]</sup>的研究也一致认为,对番茄喷施Mn、Zn、B叶面肥,可有效促进番茄糖分、维生素C的累积,进而提高番茄果实品质。本试验研究表明,T4处理的总酚和类黄酮含量显著高于其他处理,与徐炜南等<sup>[49]</sup>的研究结论一致。

综上所述,与喷施清水(CK)相比,对番茄叶面喷施4种不同叶面肥,均可不同程度地促进番茄植株生长,提高番茄产量和品质,其中以微量元素水溶肥料(T4)处理下植株的生长、光合特性、番茄产量和果实品质最优,为番茄根外追肥的最佳方案。

### 参考文献

- [1] 邢英英,张富仓,张燕,等.滴灌施肥水肥耦合对温室番茄产量、品质和水氮利用的影响[J].中国农业科学,2015,48(4):713-726.
- [2] TIEMAN D, ZHU G T, RESENDE M F R, et al. Plant science a chemical genetic roadmap to improved tomato flavor[J]. Science, 2017, 355(6323):391-394.
- [3] 范传海,赵飞,王丽,等.浅析叶面肥的种类和特点[J].广东化工,2016,43(18):117.
- [4] 李小明,龙惊惊,周悦,等.叶面肥的应用及研究进展[J].安徽农业科学,2017,45(3):127-130.
- [5] 张一鸣,刘珂,张嘉欣,等.几种叶面肥对茄子幼苗生长的影响[J].中国瓜菜,2020,33(4):56-59.
- [6] 肖雪梅,高程斐,武玥,等.不同类型叶面肥对日光温室越冬番茄风味品质的影响[J].农业工程学报,2023,39(10):218-226.
- [7] JAYA I K D, UMAMI K, ARIFIN M Z, et al. Foliar fertilizers improved fruit set and yield of cayenne pepper (*Capsicum frutescens* L.) grown off-season[C]//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, 1114:012014.
- [8] 赵方华,姜波.钾肥对加工番茄产量和品质性状的影响[J].江苏农业科学,2015,43(9):188-190.
- [9] 彭亮,孙智明,卢成合,等.植物营养剂对番茄产量和品质的影响[J].湖北农业科学,2017,56(15):2902-2903.
- [10] 李锡香,杜永臣,沈镡.番茄种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [11] 邓卫平.分光光度法同时测定叶绿素a和b的含量[J].化学工程师,1994(3):15-16.
- [12] FISH W W, PERKINS-VEAZIE P, COLLINS J K. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2002, 15(3):309-317.
- [13] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [14] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [15] 路文静,李奕松.植物生理学实验教程[M].北京:中国林业出版社,2011.
- [16] 邢重金.施肥对温室番茄生长、产量、品质及土壤养分迁移的影响[D].陕西延安:延安大学,2019.
- [17] 韦祖康,徐广辉,高风云.微量元素水溶肥在番茄生产上的应用效果初探[J].上海农业科技,2022(5):115-116.
- [18] 王秀雪,张青.蘸花结合叶面喷施微量元素对番茄果实的影响[J].长江蔬菜,2013(16):58-60.
- [19] 颜培玉,刘守伟,潘凯,等.不同植物生长调节剂对温室冬春茬番茄坐果率、外观品质及产量的影响[J].北方园艺,2017(15):66-71.
- [20] 刘国伟,高园园,李思琦,等.不同类型叶面肥、生物调节剂对大蒜生长发育的影响[J].湖北农业科学,2023,62(7):80-83.
- [21] 潘冬平,邱晓花,黄成富,等.大量元素水溶肥在小白菜上的应用效果研究[J].现代农业科技,2017(1):52.
- [22] 张胜平,车寒梅,李如欣,等.三种叶面肥对设施番茄生长的影响[J].北方园艺,2015(21):21-24.
- [23] 姜莎莎.同一带状复合种植模式下不同大豆、玉米品种搭配对作物产量及经济价值的影响[J].基层农技推广,2023,11(7):8-11.
- [24] 宋远辉,明家琪,黄金香,等.喷施不同叶面肥对茄子品质和产量的影响[J].中国瓜菜,2024,37(6):154-158.
- [25] 杨玉萍,雷锦飞,赵怡红.微量元素水溶肥料在岐山县番茄上的应用效果研究[J].陕西农业科学,2020,66(6):34-35.
- [26] 黄忠阳,陈莉莉,李伟明,等.化肥减施条件下配施中微量元素肥及氨基酸叶面肥对甜瓜产量及品质的影响[J].长江蔬菜,2020(2):21-23.
- [27] 谢挺,彭思云,罗焱.不同中微量元素叶面肥对辣椒增产增收效果初探[J].耕作与栽培,2019(5):24-26.
- [28] 张仕林,龚俊岭,石晗,等.叶面喷施磷钾和硼肥对蚕豆农艺性状及产量的影响[J].北方农业学报,2021,49(5):69-76.
- [29] 彭佃亮,唐玉海,张敬敏,等.喷施不同类型叶面钾肥对日光温室番茄产量、品质和效益的影响[J].北方园艺,2018(15):75-79.
- [30] 张翠杰,李娟起,李欣欣,等.叶面喷施亚硫酸氢钠和海藻酸对小白菜生长及品质的影响[J].北方园艺,2023(6):34-39.
- [31] 张铨铨.钙锌配施对番茄生长及果实品质的影响[D].太原:山西农业大学,2021.
- [32] 韩吉梅,张旺锋,熊栋梁,等.植物光合作用叶肉导度及主要限制因素研究进展[J].植物生态学报,2017,41(8):914-924.
- [33] 杨雅兰,王诗赞,田旖,等.ALA和氨基酸肥料对桃光合特性及品质的影响[J].分子植物育种,2022,20(6):1930-1936.
- [34] 管庆林,朴晟源,秦艳青,等.中微量元素配施对雪茄烟叶中性致香成分及非挥发性有机酸含量的影响[J].山东农业科学,2023,55(2):110-118.
- [35] 祁雅馨.四种叶面肥对‘夏黑’葡萄光合特性及果实品质的影响[D].四川雅安:四川农业大学,2022.
- [36] 王永珍,张剑国,刘彩虹,等.锌肥对温室番茄产量和品质的影响[J].山西农业科学,2020,48(12):1955-1957.

- [37] 张翠杰,李娟起,李欣欣,等.叶面喷施亚硫酸氢钠和海藻酸对小白菜生长及品质的影响[J].北方园艺,2023(6):34-39.
- [38] 胡晨曦,张永吉,李子恒,等.不同叶面肥喷施时期对樱桃番茄生长和产量的影响[J].长江蔬菜,2020(10):66-69.
- [39] RIPOLL J, URBAN L, STAUDT M, et al. Water shortage and quality of fleshy fruits-making the most of the unavoidable[J]. *Journal of Experimental Botany*, 2014, 65(15):4097-4117.
- [40] 董鹏荣,梁祎,韩敬旭,等.氮钾化肥减施和有机肥增施对番茄果实品质及矿质元素含量的影响[J].中国土壤与肥料,2023(1):13-22.
- [41] 夏秀波,李涛,曹守军,等.不同类型叶面肥在设施番茄上的应用效果[J].长江蔬菜,2022(14):71-74.
- [42] 刘思恬,祝秀梅,张婧,等.不同类型番茄果实营养品质分析与综合评价[J].江西农业大学学报,2023,45(3):564-574.
- [43] 张小梅.番茄缺素症状识别与补救措施[J].蔬菜,2016(2):78-79.
- [44] 石如岳,王冲,杨俊雪,等.中微量元素对番茄产量和品质影响的整合分析[J].中国瓜菜,2021,34(3):66-71.
- [45] 宋梦圆,李佳璠,许盟盟,等.中微量元素叶面肥处理对樱桃番茄生长、产量和品质的影响[J].北方园艺,2022(6):24-31.
- [46] 李军,刘凤军,张国芹,等.叶面喷施锰肥对番茄果实品质的影响[J].江苏农业科学,2011,39(6):273-274.
- [47] 岳焕芳,程明,安顺伟,等.不同锌肥施用方式对番茄果实的影响[J].北方园艺,2016(22):47-49.
- [48] 马吉林,郝佳玉,姚旭东,等.喷施不同钙硼肥对口感型番茄裂果和品质的影响[J].北京农学院学报,2023,38(3):65-69.
- [49] 徐炜南,张鑫,张静,等.硼对“金棚1号”番茄果实挥发性成分的影响[J].食品科学,2016,37(16):149-155.