

王雪科,吴春燕,韩潇怡,等. 水肥耦合对日光温室番茄产量和品质的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(20):167-172.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.20.024

# 水肥耦合对日光温室番茄产量和品质的影响

王雪科<sup>1</sup>, 吴春燕<sup>1</sup>, 韩潇怡<sup>1</sup>, 靳慧慧<sup>1</sup>, 宋春羽<sup>1</sup>, 吴俊英<sup>2</sup>

(1. 吉林农业大学园艺学院, 吉林长春 130118; 2. 巴林左旗农牧技术推广中心, 内蒙古赤峰 025450)

**摘要:**为探讨水肥耦合对番茄产量和品质的影响,以设施番茄为研究对象,采用水肥一体化技术盆栽栽培,设置 3 种单株灌水量水平(W1,60% $\theta$ F;W2,70% $\theta$ F;W3,80% $\theta$ F)与 3 个肥料浓度(F1:1/4 常规用肥;F2:1/2 常规用肥;F3:3/4 常规用肥),以常规灌水施肥处理作为对照,测定相关形态指标、品质指标及产量。结果表明,水肥耦合对日光温室番茄产量和品质具有显著影响,番茄产量随肥料用量的增加表现出先增加再减少的趋势;水分利用效率随施肥量的增加呈下降趋势,合理施肥有利于提高水分利用效率;W2F2 和 W3F3 条件下番茄综合品质较高;适当降低灌水量有利于番茄品质的提高,过多的水分或肥料均会造成番茄品质下降。综合考虑品质、产量、水分利用效率等因素,长春地区日光温室番茄选择 W2(70% $\theta$ F)F2(1/2 常规用肥)作为最优水肥组合。

**关键词:**设施番茄;水肥一体化;生理指标;产量;品质

**中图分类号:**S641.206 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)20-0167-05

番茄是全球种植最多的蔬菜之一,据统计,2020 年全球番茄产量为 18 205 万 t 左右,同比增长 0.7%,中国番茄种植面积约为 505.5 万  $\text{hm}^2$ ,是我国主要设施蔬菜栽培种类之一<sup>[1]</sup>。设施番茄如何获得更高的产量和更好的品质,是种植户和消费者关心的问题,也是相关学者研究的热点。但生产上,设施番茄生产中过量灌溉施肥现象相当普遍<sup>[2]</sup>,这导致了番茄产量和品质的下降。此外,生产实践中很少考虑水肥之间的螯合效应,加上我国水资源贫乏及用水不合理,更加剧了化肥浪费<sup>[3]</sup>。在这样的背景下,水肥一体化技术被引入我国。水肥一体化是利用管道灌溉系统,将肥料溶解在水中,同时进行灌溉与施肥,适时、适量地满足农作物对水分和养分的需求,实现水肥同步管理和高效利用的节水农业技术<sup>[4]</sup>。我国目前番茄平均单产仅 7  $\text{kg}/\text{m}^2$ ,而荷兰水肥一体化温室番茄单产高达 75  $\text{kg}/\text{m}^2$ <sup>[5]</sup>,可以看出我国与世界先进水平还有相当差距。

自 2008 年吉林省政府启动“百万亩棚膜蔬菜建设工程”以来,截至 2020 年年末,吉林全省蔬菜

类种植规模已达到 22 万  $\text{hm}^2$ ,产量 1 250 万 t,设施园艺棚室面积达到 4.61 万  $\text{hm}^2$ ,其中标准温室 0.63 万  $\text{hm}^2$ 、标准大棚 2.57 万  $\text{hm}^2$ 、简易棚室 1.42 万  $\text{hm}^2$ ,累计建设规模园区 660 个<sup>[6]</sup>。虽然水肥一体化技术已在吉林省设施栽培中有所推广,但大多数种植户仍凭经验管理,缺乏理论指导和技术支持。本研究以吉林省栽培面积较大的设施番茄为研究对象,探讨水肥一体化模式下水肥耦合对温室番茄产量和品质的影响,旨在为区域设施番茄水肥一体化提供合理的水肥方案。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点与材料

试验于 2020 年 4—9 月在吉林农业大学园艺学院蔬菜基地的五连拱内进行。采用盆栽试验,试验使用盆体积为 10.6 L(顶边直径 27.5 cm,底部直径 20 cm,深 24 cm)。盆栽所用土壤为园土,每盆装土 12.8 kg。盆的底部开有小孔,可以自由排水,在试验处理期间,没有水从盆中浸出。在番茄幼苗长至 5 叶期时将其移植到盆中,每盆 1 株。土壤含水量通过土壤张力计测定。盆土最大持水量为 34.6% (体积含水量),永久萎蔫点为 11.0%。其土壤理化性状为:有机质含量 10.64 g/kg,碱解氮含量 219.48 mg/kg,速效磷含量 104.21 mg/kg,速效钾含量 116.62 mg/kg,土壤 pH 值为 7.18。

供试番茄品种为吉粉 6 号,由吉林省蔬菜花卉

收稿日期:2022-12-15

基金项目:吉林省科技发展计划(编号:20210202123NC)。

作者简介:王雪科(1996—),男,重庆人,硕士研究生,主要从事蔬菜生理及设施园艺研究。E-mail:1006707043@qq.com。

通信作者:吴春燕,博士,副教授,硕士生导师,主要从事设施蔬菜栽培与育种研究。E-mail:wuchunyan@jlau.edu.cn。

科学研究院提供。试验所用肥料为尿素(总 N ≥ 46.4%)、磷酸二氢钾(K<sub>2</sub>O ≥ 34%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ≥ 52%)和硫酸钾(K<sub>2</sub>O ≥ 57.0%)。试验采用水肥一体化系统灌溉施肥,水肥一体化系统主要包括水源、储水罐、水泵、主管道、毛管、箭式滴头。

1.2 试验设计

试验设置 3 种单株灌水量水平,灌水下限设 W1(60% θ<sub>F</sub>)、W2(70% θ<sub>F</sub>)、W3(80% θ<sub>F</sub>) 3 个水平,灌水上限统一设定为田间持水量 θ<sub>F</sub>,当土壤含水率降到灌水下限时进行灌水。设置 3 个肥料浓度,分别为 F1(1/4 常规用肥)、F2(1/2 常规用肥)、F3(3/4 常规用肥)。采用水肥一体化盆栽试验,以常规灌水施肥处理作为对照,共 10 个处理,3 次重复,随机区组排列,试验处理见表 1。除水肥外,其他栽培管理措施均一致。

表 1 试验处理

处理	灌溉下限 (%)	施肥量 (kg/hm <sup>2</sup> )
CK	50	312 : 80 : 488
W1F1	60	78 : 20 : 122
W1F2	60	156 : 40 : 244
W1F3	60	234 : 60 : 366
W2F1	70	78 : 20 : 122
W2F2	70	156 : 40 : 244
W2F3	70	234 : 60 : 366
W3F1	80	78 : 20 : 122
W3F2	80	156 : 40 : 244
W3F3	80	234 : 60 : 366

注:灌溉下限表示占田间持水量的百分比,表中施肥量中的 3 个数值分别代表各处理每公顷施用 N、KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>、K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的质量。

1.3 测定项目与方法

株高采用卷尺测定植株从地面第 1 张子叶到顶部生长点的高度;茎粗采用游标卡尺测定由下往上第 3 个节位上方 1 cm 处的直径。叶面积采用游标卡尺测量所标记叶片的长度和宽度,并根据回归模型计算得到番茄的叶面积<sup>[7]</sup>。叶面积  $S = L \times D \times 0.5468$ ,式中: $L$  指叶片长; $D$  指叶片宽。

果实成熟后每隔 7 d 采收 1 次成熟度一致的番茄,记录每次番茄单株产量,统计各盆单株灌溉水量,并最终对各盆产量进行统计汇总。水分利用效率  $WUE = Y/I$ ,式中: $Y$  代表番茄产量; $I$  代表全生育期的植株灌溉量。

采用手持糖度计法测定可溶性固形物含量;采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量<sup>[8]</sup>;采用 pH - 25

型酸度计测定有效酸度;采用钼蓝比色法测定维生素 C 含量<sup>[8]</sup>;采用滴定法测定可滴定酸含量<sup>[8]</sup>;采用紫外分光光度法测定硝酸盐的含量<sup>[8]</sup>;采用水杨酸比色法测定硝态氮含量<sup>[8]</sup>;采用丙酮/石油醚提取和紫外分光光度法测定番茄红素含量<sup>[9]</sup>。

1.4 数据处理

试验数据采用 Microsoft Excel 2016 进行整理,采用 SPSS 27 统计软件进行方差分析与主成分分析。

2 结果与分析

2.1 水肥耦合对番茄植株形态指标的影响

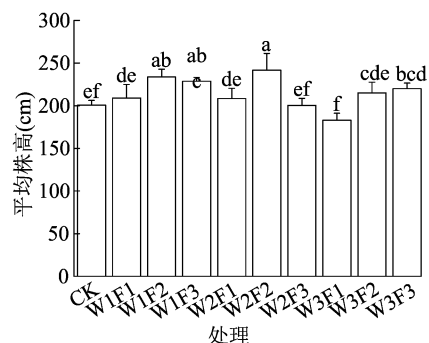
2.1.1 水肥耦合对番茄株高的影响 由图 1 可知,水肥耦合对番茄株高的影响显著。当灌溉量一定时,植株随施肥量不同产生不同变化趋势。当灌溉量为 W1、W2 时,株高随施肥量的增加而先升后降,当灌溉量为 W3 时,株高随施肥量的增加逐步增加。当施肥量一定时,植株随灌溉量不同而产生不同变化趋势。当施肥量为 F1、F2 时,株高随灌溉量的增加而先升后降;当施肥量 F3 时,植株株高随灌溉量的增加而先降后升,表明适宜的肥料浓度更利于植株株高增长。W2F2 处理株高最高,且与 W3F2、W3F3 差异显著,表明过高的水分或肥料浓度均不利于植株株高增长。

2.1.2 水肥耦合对番茄茎粗的影响 由图 2 可知,水肥耦合对番茄茎粗的影响显著。当灌溉量一定时,植株随施肥量不同产生不同变化趋势。当灌溉量为 W1 时,茎粗随施肥量的增加而先升后降,当灌溉量为 W2 及 W3 时,茎粗随施肥量的增加逐步增加。当施肥量一定时,植株随灌溉量不同产生不同变化趋势。当施肥量为 F1 时,茎粗在 W2 时最高, W3 次之, W1 最低;当施肥量为 F2 和 F3 时,植株茎粗随水分的增加而先升后降,表明 W2F3、W2F2 更利于植株茎粗的增长。而 W1F1 处理茎粗最短且与其他处理均有显著差异,表明过低的水分和肥料浓度不利于番茄茎粗的增加。

2.1.3 水肥耦合对番茄叶面积的影响 由图 3 可知,番茄叶面积受水肥耦合影响显著。当灌溉量为 W1、W2 时,叶面积随施肥量的增加而先增加再降低,当灌溉量为 W3 时,叶面积随施肥量的增加逐步增加;而当施肥量一定时,叶面积均表现为随灌溉量的上升而先增加再降低;W2F2 处理叶面积最高, W2F3 处理次之,两者无显著差异且与其他处理差异显著,表明适宜灌水量更有利叶面积增加,过低

或过高灌水量均不利于叶面积增加;W1F1 处理与 W2F1 处理差异显著且与 W3F1 处理无显著差异,

表明适宜施肥量更有利于叶面积增加,过高或过低灌水量均不利于叶面积增加。



柱上不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ ), 下图同  
图1 水肥耦合对番茄株高的影响

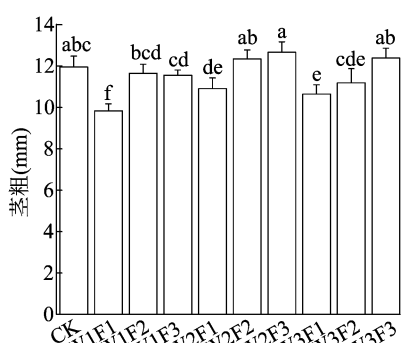


图2 水肥耦合对番茄茎粗的影响

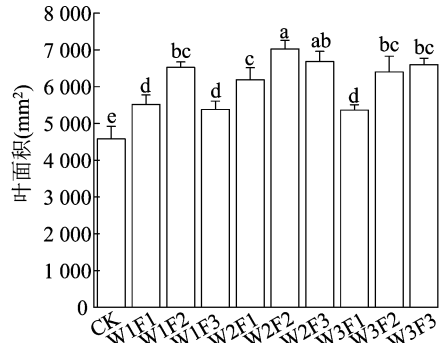


图3 水肥耦合对番茄叶面积的影响

## 2.2 水肥耦合对单株产量与水分利用效率的影响

2.2.1 水肥耦合对单株产量的影响 单株产量受水肥耦合影响显著。从表 2 可知,对照组产量最低,水肥耦合的番茄单株产量均显著高于对照组。W3F2 处理单株产量最高,为 2.72 kg,高于对照组 42.4%,高于 W1F1 16.7%,与 W2F3、W3F1、W2F2 处理无显著性差异。表明当灌水量一定时,番茄产量在一定范围内随施肥量的增加而增加,但当施肥

量增加到一定程度时,番茄产量反而有所下降;处理组中 W1F1 的单株产量最低,低于 W2F1 4.2%,高于对照组 22.0%,与 W1F2、W1F3、W2F1、W3F1 差异不显著。表明当施肥量一定时,番茄产量在一定范围内随着灌溉量的增加而增加,但当灌溉量增加到一定程度后,产量增加效益不明显;W2F1、W1F1 处理的产量相较其他处理组较低且两者差异不显著,表明施肥下限对番茄产量的影响大于灌溉下限。

表 2 水肥耦合对番茄产量及水分利用效率的影响

处理	单果质量 (g)	单株产量 (kg/株)	折合产量 (kg/667 m <sup>2</sup> )	水分利用效率 (kg/m <sup>3</sup> )
CK	122.3 ± 6.110f	1.91 ± 0.16d	7 272.9 ± 591.1d	49.73 ± 3.27e
W1F1	140.0 ± 3.606e	2.33 ± 0.12c	8 872.5 ± 474.1c	71.87 ± 3.01ab
W1F2	144.6 ± 4.163de	2.52 ± 0.16abc	9 581.1 ± 600.5abc	70.80 ± 4.55bc
W1F3	148.6 ± 5.033cd	2.51 ± 0.14abc	9 539.6 ± 550.8abc	69.56 ± 3.90bcd
W2F1	145.6 ± 2.082de	2.43 ± 0.16bc	9 236.3 ± 590.6bc	73.89 ± 3.18ab
W2F2	154.3 ± 3.512bc	2.66 ± 0.09a	10 123.4 ± 344.5a	69.48 ± 3.81bcd
W2F3	156.6 ± 4.041ab	2.60 ± 0.12ab	9 870.5 ± 447.4ab	65.12 ± 4.00cd
W3F1	145.6 ± 3.055de	2.54 ± 0.16abc	9 664.1 ± 613.2abc	76.91 ± 4.01a
W3F2	153.6 ± 3.512bc	2.72 ± 0.16a	10 338.3 ± 596.6a	68.85 ± 2.73bcd
W3F3	162.6 ± 3.512a	2.71 ± 0.07a	10 310.4 ± 279.6a	64.17 ± 2.69d

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ ),下表同。

2.2.2 水肥耦合对水分利用效率的影响 作物生理学上一般认为水分利用效率即是单位耗水量的作物产量,可以直观反映植物生产过程的能量转化效率。如表 2 所示,水肥耦合对番茄水分利用效率的影响存在显著差异。总体而言,采用水肥一体化处理的水分利用效率均显著高于对照组,其中处理组中 W3F1 水分利用率最高,达到 76.91 kg/m<sup>3</sup>,比 CK 高了 54.6%,W3F3 水分利用效率最低,为 64.17 kg/m<sup>3</sup>,比 CK 高了 29%。在 F1 条件下,番茄

水分利用效率随灌溉量的增加而增加,而在 F2、F3 条件下,番茄水分利用效率随灌溉量的增加而降低,说明在一定范围内增加灌溉量有利于水分利用率的提高,水分过高反而会使水分利用率降低。而当灌溉量一定时,番茄水分利用效率随施肥量的增加而降低,表明在一定范围内肥料的增施能提高作物对水分的吸收利用。

## 2.3 水肥耦合对果实品质的影响

2.3.1 对单一品质指标的影响 不同处理下番茄

果实品质的各项指标如表 3 所示。水肥耦合对番茄各指标的影响差异较大。W3F3 和 W2F2 处理可溶性糖含量较其他处理有显著差异,表明合适的水肥比例有利于提高番茄可溶性糖含量;W1F3、W2F3 可溶性酸含量无显著差异,与 W3F3 差异显著,而 W1F3 可溶性酸含量最高,W3F1 最低,说明施肥量一定时,番茄可溶性酸含量随灌溉量的增加而增加;W3F1 糖酸比最高,W1F3 糖酸比最低,说明灌溉量一定时,施肥量越低时糖酸比反而越高;维生素 C 含量表现为 CK、W1F1 处理较低,W3F2、W2F2 处理

较高,说明传统大水漫灌过量施肥与低水低肥均不利于维生素 C 的形成,合适的水肥比例更有利于提高番茄维生素 C 含量;水肥耦合对番茄红素的形成具有显著影响,灌溉量一定时,W1、W2 处理番茄红素含量随施肥量增加而先增后降,W3 处理番茄红素含量随施肥量的增加而增加,施肥量一定时,F1、F2 处理番茄红素含量随灌溉量的增加而先增后降,F3 处理则先降后增;而番茄果实硝酸盐含量均随水分的增加而降低,随施肥量的升高而升高。

表 3 水肥耦合对果实品质的影响

处理	可溶性糖含量 (%)	可滴定酸含量 (%)	糖酸比	维生素 C 含量 (mg/100 g)	硝酸盐含量 (mg/kg)	番茄红素含量 (mg/kg)
CK	2.76 ± 0.08f	0.46 ± 0.03a	6.12 ± 0.55ef	24.85 ± 0.84d	138.87 ± 8.48a	9.46 ± 0.05e
W1F1	3.05 ± 0.07de	0.33 ± 0.03cd	9.30 ± 0.99bc	26.50 ± 2.39cd	105.12 ± 7.39cd	13.18 ± 2.09d
W1F2	3.05 ± 0.22de	0.35 ± 0.04bc	8.57 ± 0.27cd	31.48 ± 2.60b	110.22 ± 2.74bcd	17.38 ± 2.17ab
W1F3	2.89 ± 0.14ef	0.48 ± 0.01a	5.98 ± 0.43f	29.22 ± 1.20bc	125.86 ± 10.96ab	13.22 ± 0.99d
W2F1	3.28 ± 0.04bc	0.32 ± 0.05cd	10.40 ± 1.53ab	31.04 ± 2.09b	99.53 ± 3.43cd	15.91 ± 1.49bc
W2F2	3.41 ± 0.04ab	0.33 ± 0.03cd	10.20 ± 0.77ab	34.80 ± 1.49a	101.40 ± 4.56cd	19.55 ± 2.52a
W2F3	3.36 ± 0.08b	0.44 ± 0.01a	7.59 ± 0.42de	31.82 ± 0.72b	113.33 ± 12.48bc	10.20 ± 1.15e
W3F1	3.19 ± 0.08cd	0.30 ± 0.03d	10.94 ± 0.99a	30.90 ± 2.54b	76.18 ± 16.32e	10.09 ± 1.28e
W3F2	3.37 ± 0.08b	0.31 ± 0.03cd	10.83 ± 1.11a	35.44 ± 0.87a	95.22 ± 12.53d	14.73 ± 1.81cd
W3F3	3.55 ± 0.09a	0.38 ± 0.05b	9.29 ± 1.27bc	27.71 ± 1.85cd	105.45 ± 9.88cd	17.78 ± 0.50ab

2.3.2 对综合品质的影响 只对单一指标分析很难判断水肥耦合对番茄品质的影响。为了更全面地反映不同处理对番茄品质的影响,需要结合各品质指标,对不同处理进行综合评价,从而得出各品质指标对番茄综合品质形成的贡献度,更好地判断哪种水肥处理更有利于番茄优良品质的形成。本试验采用主成分分析法,对可溶性糖含量、可滴定酸含量、糖酸比、维生素 C 含量、番茄红素含量、硝酸盐含量、可溶性固形物含量、有效酸度等 8 项品质相关指标进行综合分析,评价出相对较优的水肥处理。

首先对数据降维得到标准化数据,再对标准化数据进行分析,得出相关矩阵的特征值、特征向量和累计贡献率(表 4),选取特征值 > 1 的作为主成分。

通过计算,各品质指标与前 2 个主成分的关系如下:

第 1 主成分:

$$F_1 = 0.421\ 1X_1 - 0.397\ 1X_2 - 0.388\ 8X_3 + 0.359\ 3X_4 + 0.351\ 0X_5 + 0.348\ 4X_6 + 0.300\ 5X_7 + 0.223\ 0X_8;$$

(1)

表 4 主成分的贡献率和累积贡献率

成分	特征值	贡献率 (%)	累积 (%)	主成分		
				特征值	贡献率 (%)	累积贡献 率(%)
1	5.272	65.896	65.896	5.272	65.896	65.896
2	1.454	18.180	84.076	1.454	18.180	84.076
3	0.623	7.785	91.861			
4	0.521	6.516	98.378			
5	0.080	1.003	99.380			
6	0.027	0.339	99.719			
7	0.016	0.203	99.922			
8	0.006	0.078	100.000			

第 2 主成分:

$$F_2 = -0.176\ 8X_1 + 0.265\ 6X_2 + 0.286\ 5X_3 - 0.458\ 0X_4 + 0.404\ 7X_5 + 0.379\ 4X_6 + 0.239\ 6X_7 + 0.491\ 4X_8。$$

(2)

式中: $F_1$ 、 $F_2$  分别对应第 1、2 主成分的得分, $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$  分别为数据消除变量之间量纲关系后的可溶性糖含量、可滴定酸含量、糖酸比、维生素 C 含量、番茄红素含量、硝酸盐含量、可溶性固形物含量、有效酸度。

综合评价函数是以各个主成分对应的方差贡献率作为权重,即综合得分:

$$F = 0.786\ 50F_1 + 0.172\ 15F_2。 \quad (3)$$

将对应的标准化值带入式(1)和式(2),再将式(1)和式(2)的计算所得带入式(3),最后得到水肥供应条件下番茄品质指标的综合评价(表5)。综合评价表明,W3F3处理的排名为第1,其次为W2F2。W2F2与W3F3的得分接近,无显著差异。

表5 水肥耦合的番茄品质综合评判结果

处理	$F_1$	$F_2$	$F$	排序
W3F3	1.52	0.24	1.05	1
W2F2	1.13	1.49	1.02	2
W2F1	0.92	0.85	0.76	3
W3F2	0.62	1.45	0.67	4
W1F1	0.47	-0.04	0.30	5
W3F1	-0.01	1.29	0.23	6
W1F2	-0.14	0.05	-0.09	7
W2F3	-0.75	-0.82	-0.64	8
W1F3	-1.97	-1.63	-1.60	9
CK	-1.79	-2.87	-1.70	10

### 3 讨论与结论

水肥耦合对番茄植株形态指标影响显著,适宜的水肥有利于植物茎叶生长,促进作物健壮,而灌水量过高或施肥量过高均会抑制作物形态生长,这与王虎兵等的研究结果<sup>[10]</sup>相似。本试验中,当施肥水平由F1变为F2时,番茄株高、茎粗、叶面积均呈上升趋势,而在F3水平时,番茄株高、叶面积总体呈降低趋势,茎粗则继续上升。表明在合适的灌溉量范围内,番茄株高、叶面积有随施肥量的升高呈先升高后降低的趋势,茎粗有随施肥量的升高而升高的趋势。

前人研究表明,水肥耦合显著影响温室番茄单株产量与水分利用效率<sup>[11-13]</sup>。本试验中,水肥耦合的番茄单株产量与水分利用效率均显著高于对照组,处理组中水分利用效率最低的W3F3也比CK高了29%。充分体现了水肥一体化相较传统大水大肥的优良节水能力。番茄单株产量随施肥量的升高而增加,其中W3F2处理产量较W3F1处理增加了7.09%,但W3F3处理单株产量相比W3F2略有下降。表明过高的施肥量对增产帮助有限。邢金金等研究也表明,施肥过量不利用温室番茄与西瓜增产,而适量施肥不仅可以获得较高的产量,还能显著降低氮肥的气态损失,提高水肥利用率<sup>[14-15]</sup>。

在番茄品质指标中,糖酸比、硝酸盐、番茄红素含量一直是人们研究的热点<sup>[16-18]</sup>。本试验研究表明,灌溉量一定时,糖酸比随施肥量的增加而降低,硝酸盐含量随施肥量的增加而增加,施肥量一定时,糖酸比随灌溉量的增加而增加,硝酸盐含量随灌溉量的增加而降低;而番茄红素含量主要表现为在灌溉量一定时,W1、W2处理番茄红素随施肥量的增加而先增后降,W3处理番茄红素随施肥量的增加而增加,施肥量一定时,F1、F2处理番茄红素随灌溉量的增加而先增后降,F3处理番茄红素随施肥量的增加而先降后增;本试验条件下,W2F2处理的果实番茄红素含量显著高于W1F3、W2F3处理,且可溶性糖、番茄红素含量以及糖酸比等指标均较高,说明W2F2处理具有相对较优的番茄品质。对番茄品质进行主成分分析的结果也表明,W3F3、W2F2品质最优。

水肥一体化条件下,番茄株高有随施肥量的升高呈先升高后降低的趋势,茎粗有随施肥量的升高而升高的趋势,叶面积有随灌溉量的上升而先增加再降低的趋势,合理水肥处理有利于番茄形态学建成;番茄产量随水肥用量的增加而提高,超过一定范围后,这种提高效应不显著,甚至表现为一定程度的下降;水分利用效率随施肥量的增加呈下降趋势,合理施肥有利于提高水分利用效率;W2F2和W3F3条件下番茄综合品质较高,适当降低灌水量有利于番茄品质的提高,过多的水分或肥料均会造成番茄品质下降。

综合考虑品质、产量、水分利用效率、可持续生产以及环境友好等因素,在不显著降低番茄品质及产量的情况下,长春地区日光温室番茄选择W2(70%0F)F2(1/2常规用肥)作为最优水肥组合。

### 参考文献:

- [1]王晓晶. LED绿光对蔬菜生长及品质的影响[D]. 太谷:山西农业大学,2019:1-7.
- [2]郝忠凤. 大棚种植番茄栽培技术[J]. 吉林农业(学术版),2012(12):77.
- [3]朱保侠,王鲁豫. 水肥一体化管理对设施番茄产量和经济效益的影响[J]. 现代农业科技,2020(14):58-59,62.
- [4]王凯. 我国水肥一体化技术研究进展[J]. 作物研究,2018,32(3):260-264.
- [5]Aslani L, Gholami M, Mobli M. The relationship between tomato fruit growth, incidence of blossom-end rot and phytohormone content as affected by sink/source ratio[J]. Annals of Applied Biology, 2020, 177(2):211-222.

高萌萌,宋梦圆,李佳璠,等. 氨基酸替代和氮钾配比对樱桃番茄产量、品质和土壤养分残留的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(20):172-178.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.20.025

# 氨基酸替代和氮钾比对樱桃番茄产量、品质和土壤养分残留的影响

高萌萌,宋梦圆,李佳璠,许盟盟,高丽红,谢 越

(中国农业大学园艺学院,北京 100193)

**摘要:**以樱桃番茄品种吉甜一号为试材,采用随机区组试验,研究氨基酸替代和氮钾比对樱桃番茄产量、品质、土壤养分残留的影响,并计算番茄果实品质综合评价指数 TQI。结果表明,在樱桃番茄坐果期—转色期、转色期—采收前期、采收前期—采收后期进行氨基酸替代和调整氮钾配比,不会影响樱桃番茄植株的正常生长和产量形成。T2 处理,即  $N:P_2O_5:K_2O$  为 1:1:1(坐果期—转色期)、1:(0.3~0.4):2.2(转色期—采收前期)、1:(0.3~0.4):3.5(采收前期—采收后期),可以提高樱桃番茄可溶性固形物含量;T3 处理,即  $N:P_2O_5:K_2O$  为 1:1:1(坐果期—转色期)、1:(0.3~0.4):2.5(转色期—采收前期)、1:(0.3~0.4):4.0(采收前期—采收后期),显著提高樱桃番茄的糖酸比。综合来看,T3 处理提高了多项品质指标,且最大程度提高了 TQI,为最佳施肥方案,可以实现樱桃番茄果实品质的综合提升。

**关键词:**樱桃番茄;氮钾配比;氨基酸;产量;果实品质

**中图分类号:**S641.206 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)20-0172-07

樱 桃 番 茄 (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) 别称圣女果、微型番茄、迷你番茄,属于

收稿日期:2022-10-16

基金项目:国家重点研发计划(编号:2019YFD1001904-05);北京市现代农业产业技术体系果类蔬菜创新团队项目(编号:BAIC01-2021);北京市乡村振兴科技项目(编号:20221230-01)。

作者简介:高萌萌(1996—),女,河北衡水人,硕士研究生,主要从事设施蔬菜栽培生理与环境调控研究。E-mail:15032393279@163.com。

通信作者:谢 越,博士,讲师,主要从事设施蔬菜栽培生理与环境调控研究。E-mail:yue.xie@cau.edu.cn。

茄科番茄属作物,是番茄属的一个变种。樱桃番茄的果实颜色和形态多样化<sup>[1-2]</sup>,食用价值和商品价值较高,富含维生素、番茄红素、矿物质盐等活性物质,营养丰富,风味独特,深受消费者喜爱<sup>[3-4]</sup>。随着对营养价值认识的不断加深,消费者对樱桃番茄品质的要求也越来越高,从数量向质量方面不断转变<sup>[5]</sup>。而风味好、糖酸比适中、外表美观、耐贮存的优异樱桃番茄品种仍比较缺乏<sup>[2]</sup>。目前生产上,樱桃番茄的产量、品质首先受品种特性影响<sup>[6]</sup>,同时也在很大程度上受环境、农艺措施因素影响,如温

[6]李艳军,王 娜,王 鹏,等. 吉林省设施蔬菜产业发展瓶颈与对策[J]. 农业科技管理,2022,41(5):77-79,92.

[7]刘 浩,孙景生,段爱旺,等. 基于 AutoCAD 软件确定番茄与青椒叶面积的简易方法[J]. 中国农学通报,2009,25(5):287-293.

[8]张治安. 植物生理学试验技术[M]. 长春:吉林大学出版社,2015:58-130.

[9]王 超,张 昭. 番茄红素的提取与稳定性研究[J]. 江苏科技大学学报(自然科学版),2010,24(2):188-192.

[10]王虎兵,曹红霞,郝舒雪,等. 温室番茄植株养分和光合对水肥耦合的响应及其与产量关系[J]. 中国农业科学,2019,52(10):1761-1771.

[11]马红军,张玲丽,李文甲. 不同水肥处理下温室番茄干物质积累动态模型[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):254-257.

[12]郝 鹏,江宏伟. 不同施肥量对碱地番茄产量及品质的影响

[J]. 现代农业科技,2020(6):77,83.

[13]Lyu H F, Lin S, Wang Y F, et al. Drip fertigation significantly reduces nitrogen leaching in solar greenhouse vegetable production system[J]. Environmental Pollution,2019,245:694-701.

[14]邢金金,邢英英,王秀康,等. 不同施肥量对陕北日光温室番茄生长、产量和土壤硝态氮的影响[J]. 灌溉排水学报,2018,37(6):29-35.

[15]李建明,于雪梅,王雪威,等. 基于产量品质和水肥利用效率西瓜滴灌水肥制度优化[J]. 农业工程学报,2020,36(9):75-83.

[16]叶正春. 24 个番茄品种综合性状对比试验及品质初探[D]. 郑州:河南农业大学,2022:12-13.

[17]梁元林. 番茄 ASA-GSH 循环关键酶参与 NO 缓解硝酸盐胁迫的机理分析[D]. 昆明:昆明理工大学,2018:31-35.

[18]朱 原,张永英,朱海波,等. 番茄红素生物学功能研究进展[J]. 食品研究与开发,2020,41(18):202-207.