

# 不同保水剂对戈壁日光温室基质栽培番茄 生长和产量及品质的影响

闫文涛, 米兴旺, 李波, 贾琪, 何萌, 李娟, 钱宝玲  
(酒泉市农业科学研究院, 甘肃 酒泉 735000)

**摘要:** 为了给戈壁日光温室番茄基质生产中保水剂的合理添加提供技术依据, 以酒番6号为试材, 设置正常灌溉水平下不添加保水剂、添加90 kg/hm<sup>2</sup>凹凸棒、添加90 kg/hm<sup>2</sup>高分子树脂3个处理; 定植后7 d减量灌水15%水平下不添加保水剂、添加90 kg/hm<sup>2</sup>凹凸棒、添加90 kg/hm<sup>2</sup>高分子树脂3个处理, 研究了添加不同保水剂对戈壁日光温室基质栽培番茄生长、品质和产量的影响。结果表明, 在正常灌溉水平下, 与对照不添加保水剂相比较, 添加90 kg/hm<sup>2</sup>凹凸棒和90 kg/hm<sup>2</sup>高分子树脂处理的番茄产量提高5.67%~5.85%, 可溶性糖、可溶性蛋白、维生素C、可溶性固形物含量及水分利用效率分别提高10.83%~12.50%、11.88%~38.61%、1.98%~2.20%、7.74%~13.47%、5.70%~5.89%。减量灌水15%水平下, 添加90 kg/hm<sup>2</sup>凹凸棒和90 kg/hm<sup>2</sup>高分子树脂处理的番茄产量提高8.65%~15.48%, 可溶性糖、可溶性蛋白、维生素C含量及水分利用效率分别提高30.50%~37.24%、70.14%~84.86%、15.83%~18.38%、8.64%~15.50%, 可溶性固形物含量降低3.36%~17.75%。表明添加保水剂可显著提高番茄植株生长, 提高产量, 改善果实品质。主成分分析表明, 正常灌溉水平(4 500 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)下, 以添加90 kg/hm<sup>2</sup>高分子树脂效果最佳。

**关键词:** 番茄; 保水剂; 戈壁日光温室; 基质栽培; 产量; 品质; 水分利用效率

**中图分类号:** S641.2; S626.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2024)04-0342-07

**doi:** 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.04.008

## Effects of Different Water-holding Agents on the Growth, Yield and Quality of Tomatoes using Substrate Culture in Gobi Solar Greenhouse

YAN Wentao, MI Xingwang, LI Bo, JIA Qi, HE Meng, LI Juan, QIAN Baoling  
(Jiuquan Academy of Agricultural Sciences, Jiuquan Gansu 735000, China)

**Abstract:** To study the effects of adding different water-retaining agents on tomato growth, quality and yield, and to provide technical basis for reasonable addition of water-retaining agents in tomato substrate production in Gobi solar greenhouse, Jiuquan 6 was used as the test material and 3 treatments were set, i.e., no water retaining agent, 90 kg/ha attapulgite and 90 kg/ha polymer resin, under normal irrigation level. One week after colonization, there were 3 treatments i.e., no water retaining agent, 90 kg/ha attapulgite and 90 kg/ha polymer resin at the reduced irrigation level of 15%, and a total of 6 treatments were performed to explore the effects of different water-retaining agents on the growth, quality, and yield of tomatoes. Results showed that under normal irrigation level, yields of tomatoes treated with 90 kg/ha attapulgite and 90 kg/ha polymer resin were increased by 5.67% to 5.85%. Contents of soluble sugar, soluble protein, vitamin C, soluble solid and water use efficiency were increased by 10.83% to 12.50%, 11.88% to 38.61%, 1.98% to 2.20%, 7.74% to 13.47% and 5.70% to 5.89%, respectively. The yield of tomatoes treated with 90 kg/ha attapulgite and 90 kg/ha polymer resin increased by 8.65% to 15.48% at the reduced irrigation level of 15%. Contents of soluble sugar, soluble protein, vitamin C and water use efficiency were increased by 30.50% to 37.24%, 70.14% to 84.86%, 15.83% to 18.38% and 8.64% to 15.50%, respectively, while soluble solid content was decreased by 3.36% to 17.75%. Adding water-retaining agent can significantly promote tomato plant growth, increase yield and improve fruit quality. Principal component analysis showed that under normal irrigation level (4 500 m<sup>3</sup>/ha), adding 90 kg/ha polymer resin had the best effect.

**Key words:** Tomato; Water retaining agent; Gobi solar greenhouse; Substrate culture; Yield; Quality; Water use efficiency

保水剂(SAP)是一种含有羟基、羧基等强亲水性基团, 吸水能力极强的高分子物质统称<sup>[1]</sup>, 又名土壤保水剂、高分子吸水剂、持水剂, 具有较

强的吸水性。已有研究表明, 保水剂能够短时间内吸收高于自身重百倍的水分<sup>[2-3]</sup>, 通过吸水形成特殊的分散体系, 能有效地限制水分自由程度,

收稿日期: 2023-10-09

作者简介: 闫文涛(1997—), 男, 甘肃酒泉人, 研究实习员, 硕士, 研究方向为园艺学。Email: 531829105@qq.com。

通信作者: 米兴旺(1978—), 男, 甘肃宁县人, 副研究员, 研究方向为园艺学。Email: 645829150@qq.com。

从而长期维持水分<sup>[4]</sup>, 不断地吸收和缓慢释放, 为作物提供必要的水分<sup>[5]</sup>。白岗栓等<sup>[6]</sup>、李扬等<sup>[7]</sup>研究表明, 保水剂能有效提高土壤水分, 降低水分蒸发, 促进土壤颗粒团聚体形成, 改善土壤理化性质。高奇等<sup>[8]</sup>研究表明, 添加保水剂能有效提高旱作谷子成熟期生物量积累和产量, 其中谷子地上部生物量和籽粒产量较对照分别提高 28.47%、19.92%和 20.54%、20.42%。Li 等<sup>[9]</sup>研究表明, 添加保水剂 60~90 kg/hm<sup>2</sup> 可显著降低 0~40 cm 土壤容重 6.2%~8.2%, 总孔隙度显著提高 8.5%~11.2%, 施加保水剂 60~90 kg/hm<sup>2</sup> 显著促进作物生长和玉米产量。Xu 等<sup>[10]</sup>研究表明, 通过在盐碱地添加保水剂 30 kg/hm<sup>2</sup> 处理的部分细菌类群的相对丰度均有不同程度提高。

番茄(*Solanum lycopersicum* L.)属茄科植物番茄属, 其因含丰富的营养物质和酸甜的口感成为广受大众喜爱的蔬菜和调味品<sup>[11]</sup>。2020 年全球番茄种植面积达 505.20 万 hm<sup>2</sup>, 产量高达 1.87 亿 t; 我国番茄种植面积达到了 111.15 万 hm<sup>2</sup>, 占世界总面积约 22%, 已成为全球最大的番茄生产、消费和出口国<sup>[12]</sup>。随着市场需求的不断增加, 酒泉市戈壁日光温室番茄基质栽培面积逐渐扩大。但前人的研究多集中在抗旱增产、轻简栽培、缓解连作障碍等方面, 关于基质添加保水剂对番茄生长和品质影响的研究较少。本研究以酒泉市农科院自育品种酒番 6 号为指示品种, 研究了添加不同保水剂对戈壁日光温室基质栽培番茄生长、产量及果实品质的影响, 旨在为戈壁日光温室番茄生产中保水剂的合理添加提供技术依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验地位于甘肃酒泉市肃州区戈壁生态循环

经济产业园。当地属于大陆性气候, 年均降水量 176 mm, 年均蒸发量 2 810.6 mm, 全年无霜期 140 d,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的年活动积温为 2 220~3 490  $^{\circ}\text{C}$ , 4—9 月光照时数达 1 600~1 800 h。该区降水少, 蒸发量大, 热量充沛, 光照充足, 戈壁面积大, 地势平坦, 现已成为全国最大的戈壁生态农业示范基地。

供试戈壁日光温室为全钢架装配型结构, 东西走向, 脊高 5.9 m、长 80 m、跨度 10 m, 可以满足番茄越冬生产对温光环境的需求。

### 1.2 试验材料

指示番茄品种为酒番 6 号, 为酒泉市农业科学院自育品种。供试保水剂分别为凹凸棒保水剂(由临泽丰化凹凸棒产业有限公司提供, 吸水率为 150%, pH 为 8.5, 外观为黄色粉末)和高分子树脂保水剂(由任丘市金誉化工有限公司提供, 吸水率为 180%, pH 为 7.0, 外观为白色晶体)。供试基质容重为 0.53 g/cm<sup>3</sup>, 总孔隙度为 72.36%, pH 为 7.49。

### 1.3 试验设计

试验共设 6 个处理, 具体见表 1。采用间比法排列, 重复 3 次, 小区面积 15.12 m<sup>2</sup>, 走道宽 75 cm。试验采用营养钵栽培, 各处理均采用酒泉市农业科学院自主研发全营养液配方肥(N:P:K=1:0.5:1.5) 随水追肥, 每次随水追施 120 kg/hm<sup>2</sup>, 番茄全生育期(150 d)共追肥 15 次, 每隔 10 d 追肥 1 次。追肥时进行水肥一体化管理, 苗期施肥 2 次; 开花坐果期施肥 2 次, 盛果期施肥 11 次, 其余田间管理与当地基质栽培番茄管理一致。

定植前(2023 年 3 月 13 日)按试验设计用量将保水剂一次性翻入栽培基质中。采用营养钵(直径

表 1 试验处理

处理	保水剂种类	保水剂添加量 (kg/hm <sup>2</sup> )	灌水量 (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )
TK	不添加	0	4 500(正常灌水)
T1	凹凸棒保水剂	90	4 500(正常灌水)
T2	高分子树脂保水剂	90	4 500(正常灌水)
CK	不添加	0	3 825(定植后 7 d 减量灌水 15%)
C1	凹凸棒保水剂	90	3 825(定植后 7 d 减量灌水 15%)
C2	高分子树脂保水剂	90	3 825(定植后 7 d 减量灌水 15%)

22 cm、高 22 cm)栽培,钵内填充 15 cm 栽培基质。2023 年 3 月 26 日按株距 20 cm、行距 19 cm 定植,每行定植 44 株。每小区选取 9 株长势一致的植株挂牌,于盛果期开始测定相关指标。

#### 1.4 测定项目及方法

1.4.1 番茄生长指标及果实外观品质 采用卷尺测定株高,采用电子游标卡尺测定茎粗和果实横纵径。于开花期采用 SPAD 502 叶绿素计测量叶绿素相对含量(SPAD值)。

1.4.2 果实营养品质指标 于盛果期(5月10日)选取成熟度一致的果实测定营养品质指标。采用考马斯亮蓝 G-250 法测定可溶性蛋白含量,采用蒽酮-硫酸比色法测定可溶性糖含量<sup>[13]</sup>,采用二氯喹啉(DPI)氧化还原滴定法测定维生素 C 含量。参照 NY/T2637—2014 测定方法<sup>[14]</sup>,使用 PAL-1 手持式折光仪测定可溶性固形物含量。

1.4.3 产量及单果质量 番茄每次采收时测定小区产量,计总产后折算折合产量,同时测定单果质量。

1.4.4 水分利用效率 水分利用效率 WUE 采用公式:  $WUE=Ya/ET$  计算。

式中,  $Ya$  为产量,  $ET$  为灌水量<sup>[15]</sup>。

#### 1.5 数据处理

采用 IBM SPSS Statistics 26.0 进行统计学分析及主成分分析,利用 Excel 2021 进行制表和数据统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同保水剂对番茄生长和 SPAD 值的影响

由表 2 可看出,添加凹凸棒保水剂和高分子树脂保水剂对番茄株高、茎粗和 SPAD 值均有促进作用,减量灌溉各处理(CK、C1、C2)株高、茎粗和 SPAD 值均低于正常灌溉处理(TK、T1、T2)。在正常灌溉水平下, T1 处理和 T2 处理番茄株高较 TK 分别提高 11.41%和 12.36%, 差异均达显著水

表 2 不同保水剂对番茄生长和 SPAD 值的影响

处理	株高 /cm	茎粗 /mm	SPAD 值
TK	156.20±3.56 b	14.39±0.86 b	38.93±0.35 ab
T1	174.02±5.56 a	14.42±0.79 b	41.70±0.75 a
T2	175.50±5.47 a	16.78±0.90 a	41.77±1.57 a
CK	127.68±3.15 c	10.81±0.76 c	34.40±1.01 d
C1	146.08±4.98 b	12.89±0.76 bc	35.60±0.90 cd
C2	158.07±2.80 b	12.39±0.48 bc	37.70±0.15 bc

①同列数据后不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著,下同。

平。在减量灌溉 15%的水平下, C1 处理和 C2 处理的番茄株高、茎粗均高于 CK, 但茎粗在各处理间无显著性差异。在正常灌溉水平下, T1 处理和 T2 处理 SPAD 值均高于 TK, 但无显著性差异; 在减量灌溉水平下 C2 处理 SPAD 值最高, 较 CK 增长 9.59%, 且显著高于 CK。

### 2.2 不同保水剂对番茄果实外观品质的影响

由表 3 所示, 添加凹凸棒保水剂和高分子树脂保水剂对番茄外观品质均有不同程度的影响。在正常灌溉水平下, 番茄果实横径、纵径和果形指数均以 T2 处理最高, 显著高于 TK 与 T1, 且较 TK 分别增加了 6.45%、10.05%、3.53%。在减量灌溉 15%的水平下, C2 处理番茄果实横径显著高于 CK 和 C1 处理, 较 CK、C1 处理分别增加了 3.86%、1.42%。在正常灌溉和减量灌溉 15%水平下, 高分子树脂保水剂处理(T2、C2)番茄单果质量均高于同水平下其他处理, T2 处理较 TK 显著增加 6.71%, C2 处理较 CK 显著增加 9.78%。

### 2.3 不同保水剂对番茄果实营养品质的影响

由图 1 可以看出, 添加保水剂各处理(T1、T2、C1、C2)均可改善番茄果实营养品质。在正常灌溉水平下, T1、T2 处理的可溶性糖、可溶性蛋白、维生素 C、可溶性固形物含量较 TK 分别提高 10.83%~12.50%、11.88%~38.61%、1.98%~2.20%、7.74%~13.47%; 减量灌水 15%水平下, C1、C2 处

表 3 不同保水剂对番茄果实外观品质的影响

处理	横径 /mm	纵径 /mm	单果质量 /g	果形指数
TK	70.38±0.19 c	59.80±0.24 b	168.62±0.84 b	0.85±0.01 b
T1	72.73±0.29 b	61.25±0.04 b	175.37±1.72 a	0.84±0.00 b
T2	74.92±0.52 a	65.81±0.55 a	179.94±2.34 a	0.88±0.01 a
CK	67.07±0.29 d	54.11±0.48 d	149.87±1.44 d	0.81±0.01 c
C1	68.02±0.43 d	57.57±1.29 c	156.05±1.39 c	0.85±0.01 b
C2	69.66±0.31 c	59.28±0.05 bc	164.52±1.53 b	0.85±0.00 b

理的可溶性糖、可溶性蛋白、维生素 C 含量较 CK 分别提高 30.50% ~ 37.24%、70.14% ~ 84.86%、15.83% ~ 18.38%，可溶性固形物含量较 CK 降低 3.36% ~ 17.75%。减量灌溉 15% 水平下保水剂处理番茄的可溶性糖、可溶性蛋白、维生素 C 含量均高于正常灌溉水平下各处理，其中 C2 处理可溶性糖、可溶性蛋白、维生素 C 含量均最高，较 CK 分别提高了 37.38%、84.89%、18.38%。减量灌溉 15% 水平下各处理(CK、C1、C2)番茄果实可溶性固形物均高于正常灌溉处理，其中 CK 可溶性固形

物含量最高，显著高于 TK，较 TK 提高了 40.40%。

#### 2.4 不同保水剂对番茄产量、产值及水分利用效率的影响

从表 4 可以看出，不同灌溉水平下添加凹凸棒保水剂和高分子树脂保水剂均能够提高番茄产量和水平利用效率。在正常灌溉水平下，T1、T2 处理的番茄产量较 TK 分别提高 5.67%、5.85%，水分利用效率较 TK 提高 5.70%、5.89%。减量灌水 15% 水平下，T1、T2 处理的番茄产量较 CK 分

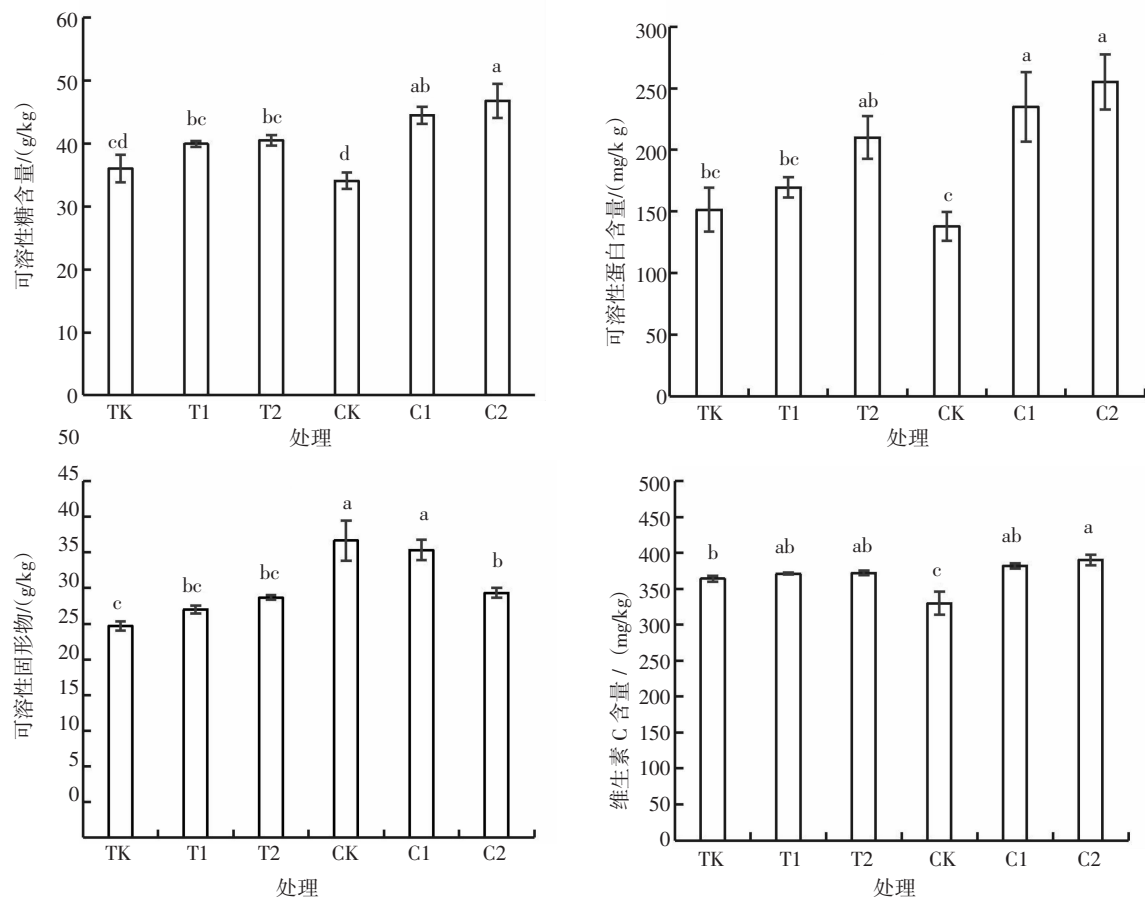


图 1 不同保水剂对番茄果实营养品质的影响

表 4 不同保水剂对番茄产量、产值及水分利用效率的影响

处理	产量 /(kg/hm <sup>2</sup> )	产值 <sup>①</sup> /(元/hm <sup>2</sup> )	水分利用效率 /(kg/m <sup>3</sup> )
TK	114 452.07±750.06 b	343 356.20±2 250.19 b	21.39±0.14 c
T1	120 938.35±2 112.95 a	362 815.04±6 338.84 a	22.61±0.39 b
T2	121 151.08±1 633.97 a	363 453.24±4 901.90 a	22.65±0.31 b
CK	96 951.21±2 695.45 d	290 853.63±8 086.35 d	20.84±0.58 c
C1	105 334.26±1 104.18 c	316 002.78±3 312.53 c	22.64±0.24 b
C2	111 960.48±1 625.33 b	335 881.45±4 876.00 b	24.07±0.35 a

①番茄价格按照 3.00 元/kg 计。

别提高 8.65%、15.48%，水分利用效率较 CK 分别提高 8.64%、15.50%。且正常灌溉水平下各处理番茄产量均高于减量灌溉 15% 水平下各处理。水分利用效率由大到小依次为 C2、T2、C1、T1、TK、CK，C2 处理显著高于其他处理，达 24.07 kg/m<sup>3</sup>，即适度的减量灌溉并添加保水剂可有效提高水分利用效率。各处理总产值均显著高于 CK，提高了 8.65%~24.96%。

### 2.5 不同保水剂对番茄生长、品质及产量等的综合评价

采用主成分分析法得到主成分特征向量、特征值、方差贡献率和累计方差贡献率如表 5 所示。选取了 2 个主成分，累计方差贡献率达 93.01%，可代表所检测的指标成分。

表 5 番茄果实生长、品质及产量等指标主成分分析

指标	特征值	贡献率 /%	累计方差贡献率 /%
第一主成分(F <sub>1</sub> )	9.68	69.12	69.12
第二主成分(F <sub>2</sub> )	3.35	23.89	93.01

通过各指标的载荷值(表 6)除以相对应主成分特征值的开平方根，得到 2 个主成分的函数表达式：

$$F_1=0.3170X_1+0.2890X_2+0.3003X_3+0.2977X_4+0.3089X_5+0.2897X_6+0.3102X_7+0.1218X_8+0.1132X_9-0.2475X_{10}+0.2090X_{11}+0.3141X_{12}+0.3141X_{13}+0.1787X_{14}$$

$$F_2=-0.0317X_1-0.1520X_2-0.1711X_3-0.1569X_4-0.0612X_5+0.1121X_6-0.1378X_7+0.5036X_8+0.5030X_9+0.1700X_{10}+0.3888X_{11}-0.0853X_{12}-0.0853X_{13}+$$

表 6 番茄各指标的主成分载荷矩阵

指标	第一主成分(F <sub>1</sub> )	第二主成分(F <sub>2</sub> )
株高	0.986	-0.058
茎粗	0.899	-0.278
叶片SPAD值	0.934	-0.313
果实横径	0.926	-0.287
果实纵径	0.961	-0.112
果形指数	0.901	0.205
单果质量	0.965	-0.252
可溶性糖含量	0.379	0.921
可溶性蛋白含量	0.352	0.92
可溶性固形物含量	-0.77	0.311
维生素C含量	0.65	0.711
产量	0.977	-0.156
产值	0.977	-0.156
水分利用效率	0.556	0.787

$$0.4303X_{14}$$

根据各主成分的方差贡献率，得到番茄生长、品质及产量等综合评价函数(综合得分  $F=0.6912F_1+0.2389F_2$ )，依此计算出各处理对番茄生长、品质及产量的综合得分排序(表 7)，各处理得分由大到小次为 T2、T1、C2、TK、C1、CK。说明在正常灌溉水平下，添加 90 kg/hm<sup>2</sup> 高分子树脂保水剂处理(T2)的日光温室基质栽培番茄生长、品质及产量最佳，添加 90 kg/hm<sup>2</sup> 凹凸棒保水剂处理(T1)效果较好。

表 7 番茄主成分得分及排序

处理	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	综合得分	综合排序
T2	3.70	-0.66	2.40	1
T1	2.12	-0.98	1.23	2
C2	0.60	2.58	1.03	3
TK	0.36	-1.70	-0.16	4
C1	-1.54	2.04	-0.57	5
CK	-5.23	-1.28	-3.92	6

### 3 讨论与结论

水分在作物的生长过程中起着决定性的作用<sup>[16]</sup>。大量研究表明，保水剂可以通过自身吸水-释水过程改善土壤结构<sup>[17-18]</sup>，可显著促进作物生长及土壤持水能力<sup>[19-20]</sup>。李欣燕等<sup>[21]</sup>研究表明，添加 SAP 保水剂、沃特保水剂和自制保水剂均能增加烟叶中叶绿素含量。邓超超等<sup>[22]</sup>研究表明，施用生态保水剂显著提高了玉米生育期叶片的叶绿素含量、净光合速率、蒸腾速率、气孔导度，其中添加 75 kg/hm<sup>2</sup> 保水剂效果最好。魏秀华等<sup>[23]</sup>研究表明，施用保水剂 45、75 kg/hm<sup>2</sup> 能有效增加潍坊寒亭、柘山两地小麦的冬前次生根条数和分蘖数，增加千粒重和穗粒数，最终显著增产 24.6%~36.9%。刘丽珠等<sup>[24]</sup>在番茄上进行基质添加保水剂处理，发现等量浇水情况下，垫料基质添加 0.8% SAP1、SAP2 和 SAP3 的番茄总产量提高了 10.0%~26.5%，以添加 0.8% SAP3 的增产效果最佳；添加 3 种 SAP 均有利于提高番茄叶片光合速率和蒸腾速率。本研究中，添加 2 种保水剂的处理均能够使番茄株高、茎粗和相对叶绿素含量增加，证明保水剂能有效促进番茄生长，这与张蕊等<sup>[25]</sup>的研究一致。

随着经济水平的发展，消费者对蔬菜品质的要求也日益提高，品质已成为衡量蔬菜商品价值的重要因素<sup>[26]</sup>。刘世亮等<sup>[27]</sup>通过大田试验发现，添加

15 kg/hm<sup>2</sup> 保水剂提高了烟叶中还原糖、钾的含量, 并显著降低淀粉、烟碱和氯离子含量, 有利于烟叶品质的改善; 其中, 添加 15 kg/hm<sup>2</sup> 和 30 kg/hm<sup>2</sup> 能够明显提高烟叶经济性状, 增加烟叶生产经济效益。程云霞等<sup>[28]</sup>研究表明, 在栽培基质中适量施加保水剂( $\leq 0.300$  g/L)有利于促进辣椒维生素 C、可溶性糖、可溶性蛋白含量。Lavado 等<sup>[29]</sup>研究表明, 减量灌溉能显著提高葡萄可滴定酸、苹果酸、总多酚、总花色苷含量, 但同时导致了较高的产量损失。刘晓奇等<sup>[30]</sup>在日光温室基质番茄上进行了水分亏缺处理, 研究发现轻度水分亏缺(正常灌溉 80%)和中度水分亏缺(正常灌溉 60%)处理均能够提高番茄的风味品质, 其中轻度水分亏缺下番茄果实可溶性糖、有机酸含量分别比对照正常灌溉提高 12.81% 和 10.34%, 而中度水分亏缺处理可溶性糖含量提高 20.60%。本研究发现, 在正常灌溉水平下, 添加 90 kg/hm<sup>2</sup> 凹凸棒和 90 kg/hm<sup>2</sup> 高分子树脂处理的可溶性糖、可溶性蛋白、维生素 C、可溶性固形物含量较对照不添加保水剂分别提高 10.83%~12.50%、11.88%~38.61%、1.98%~2.20%、7.74%~13.47%; 减量灌水 15% 水平下, 添加 90 kg/hm<sup>2</sup> 凹凸棒和 90 kg/hm<sup>2</sup> 高分子树脂处理的可溶性糖、可溶性蛋白、维生素 C 含量较对照不添加保水剂分别提高 30.50%~37.24%、70.14%~84.86%、15.83%~18.38%, 可溶性固形物含量较对照不添加保水剂降低 3.36%~17.75%。减量灌溉并添加保水剂的处理可提高番茄果实的可溶性蛋白、可溶性糖、维生素 C 含量, 并且高于常规灌溉添加保水剂处理, 这与 Patane 等<sup>[31]</sup>研究结果一致。

添加保水剂不仅能促进植株生长, 还提高了作物的产量。邹超煜等<sup>[32]</sup>研究发现, 施用保水剂处理的西瓜、马铃薯和玉米较对照不施保水剂分别增产 29.08%、54.78%、11.47%, 春小麦、向日葵、玉米、番茄较对照不施保水剂分别增产 22.6%、26.8%、30.64%、11.01%; 西瓜、马铃薯、玉米的水分利用效率较对照不施保水剂分别增加了 34.76%、46.52%、27.73%, 春小麦、向日葵、玉米和番茄的水分利用效率较对照不施保水剂分别增加了 19.54%、49.29%、18.97%、85.09%。史中兴等<sup>[33]</sup>的研究表明, 保水剂的添加提高了菠菜的产量及水分利用效率, 当保水剂施用量为 285.6

kg/hm<sup>2</sup>、拌施深度 5~10 cm、滴灌灌水定额 150 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 时菠菜产量和水分利用效率均达到较大值。卫琦等<sup>[34]</sup>在对辣椒研究中发现, 添加占土壤干重 0.2% 保水剂并浅埋于土壤 10 cm 处理可促进日光温室辣椒生长和干物质累积, 有助于作物增产增收, 并且显著提升水分利用效率。本研究发现, 在正常灌溉水平下, 添加 90 kg/hm<sup>2</sup> 凹凸棒和 90 kg/hm<sup>2</sup> 高分子树脂处理的番茄产量较不添加保水剂分别提高 5.67%、5.85%, 水分利用效率较不添加保水剂分别提高 5.70%、5.89%。减量灌水 15% 水平下, 添加 90 kg/hm<sup>2</sup> 凹凸棒和 90 kg/hm<sup>2</sup> 高分子树脂处理的番茄产量较不添加保水剂分别提高 8.65%、15.48%, 水分利用效率较不添加保水剂分别提高 8.64%、15.50%。添加保水剂处理下的番茄单果质量和产量均较对照不添加保水剂处理有不同程度提高, 并且适当程度的减量灌溉条件下添加保水剂可有效提高水分利用效率, 这与朱梦真<sup>[35]</sup>的研究一致。

综上所述, 添加凹凸棒保水剂及高分子树脂保水剂对戈壁日光温室基质栽培番茄的生长、品质、产量等均有不同程度的提升效果。通过主成分分析可以看出, 在正常灌溉水平(4 500 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>) 下, 添加 90 kg/hm<sup>2</sup> 高分子树脂处理最佳, 可明显促进番茄生长, 提高番茄产量及水分利用效率, 改善番茄品质。

#### 参考文献:

- [1] 关雅贤. 适合中国国情的高科技抗旱产品——保水剂[J]. 防汛与抗旱, 1999(2): 22-26.
- [2] 刘瑞凤, 杨红善, 李安, 等. PAA-atta 复合保水剂对土壤物理性质的影响[J]. 土壤通报, 2006(2): 2231-2235.
- [3] 陈茂铨, 岳春雷, 朱荫湄. 保水剂及其在水土保持和造林绿化中的应用[J]. 林业科技开发, 2002(4): 12-14.
- [4] 寇燕燕, 李华, 刘斌, 等. 保水剂在农业生产应用上的研究进展[J]. 南方农机, 2023, 54(18): 37-40.
- [5] 李云开, 杨培岭, 刘洪禄. 保水剂农业应用及其效应研究进展[J]. 农业工程学报, 2002(2): 182-187.
- [6] 白岗栓, 何登峰, 耿伟, 等. 不同保水剂对土壤特性及烤烟生长的影响[J]. 中国农业大学学报, 2020, 25(10): 31-43.
- [7] 李杨, 王百田. 高吸水性树脂对沙质土壤物理性质

- 和玉米生长的影响[J]. 农业机械学报, 2012, 43(1): 76-82.
- [8] 高 齐, 盛阳阳, 赵志伟, 等. 不同类型保水剂对旱作谷子水分利用的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2023, 37(9): 154-163.
- [9] RONG LI, XIANQING HOU, PEIFU LI, et al. Multifunctional Superabsorbent Polymer under Residue Incorporation Increased Maize Productivity through Improving Sandy Soil Properties[J]. *Advances in Polymer Technology*, 2022, 12: 6554918.
- [10] YUNSHUO XU, YU GAO, WUBO LI, et al. Effects of compound water retention agent on soil nutrients and soil microbial diversity of winter wheat in saline-alkali land[J]. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2023, 10(2): 1-15.
- [11] FIBIANI M, PAOLO D, LETEO F, et al. Influence of year, genotype and cultivation system on nutritional values and bioactive compounds in tomato (*Solanum lycopersicum* L.)[J]. *Food Chemistry*, 2022, 389: 133090.
- [12] 孙永珍, 贺 靖, 魏 芳, 等. “十三五”我国番茄产业发展及其国际竞争力评价[J]. 中国瓜菜, 2023, 36(1): 112-116.
- [13] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [14] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国农业行业标准 水果和蔬菜可溶性固形物含量的测定 折射仪法: NY/T2637—2014 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
- [15] 刘晓奇. 水分亏缺对设施基质培番茄果实品质和糖代谢的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2021.
- [16] 侯学煜. 生态因素的基本观点在大农业生产上的指导意义[J]. 江西省科学院院刊, 1984(2): 1-11.
- [17] 马 征, 董晓霞, 张柏松. 不同保水剂对土壤团聚体组成及微生物量碳、氮的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2018(5): 122-128.
- [18] 杜社妮, 耿桂俊, 于 健, 等. 保水剂施用方式对河套灌区土壤水热条件及玉米生长的影响[J]. 水土保持通报, 2012, 32(5): 270-276.
- [19] 康永亮, 武继承, 郑惠玲, 等. 长期施用保水剂对小麦生长和水分利用的影响[J]. 水土保持通报, 2020, 40(4): 83-90.
- [20] 杨永辉, 吴普特, 武继承, 等. 保水剂对冬小麦不同生育阶段土壤水分及利用的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(12): 19-26.
- [21] 李欣燕, 邵志晖, 王方玲, 等. 保水剂对干旱胁迫下雪茄烟叶次生代谢物质及化学成分含量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2023(5): 215-224.
- [22] 邓超超, 宿翠翠, 周 琦, 等. 新型生态保水剂对青贮玉米光合特性及产量的影响[J]. 节水灌溉, 2023(5): 96-102.
- [23] 魏秀华, 张志伟, 李升东, 等. 保水剂对旱地冬小麦生长发育和产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2023, 51(1): 33-35.
- [24] 刘丽珠, 卢 信, 范如芹, 等. 保水剂垫料栽培基质对番茄生理指标及产量的影响[J]. 南方农业学报, 2017, 48(7): 1242-1248.
- [25] 张 蕊, 耿桂俊, 白岗栓. 保水剂施用量对土壤水分和番茄生长的影响[J]. 中国水土保持科学, 2013, 11(2): 108-113.
- [26] 梁志国, 王泽鹏, 贾宋楠, 等. 不同土壤水分对设施茄子生长、产量、品质及水分利用效率的影响[J]. 新疆农业科学, 2023, 60(7): 1713-1721.
- [27] 刘世亮, 刘 芳, 化党领, 等. 抗旱保水剂对烤烟生长及品质的影响研究[J]. 干旱地区农业研究, 2007(4): 109-113.
- [28] 程云霞, 吴 慧, 刘迁杰, 等. 不同剂量保水剂对袋式复合沙培辣椒生长发育及品质的影响[J]. 中国农业科技导报, 2021, 23(8): 55-62.
- [29] NIEVES L, HENAR M P, A. L M, et al. Combined effect of crop forcing and reduced irrigation as techniques to delay the ripening and improve the quality of cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) berries in semi-arid climate conditions[J]. *Agricultural Water Management*, 2023, 288: 108469.
- [30] 刘晓奇, 肖雪梅, 王俊文, 等. 水分亏缺对日光温室基质栽培番茄果实营养和风味品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2021, 37(2): 443-453.
- [31] PATANÈ C, TRINGALI S, SORTINO O. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions[J]. *Scientia Horticulturae*, 2011, 129(4): 590-596.
- [32] 邹超煜, 白岗栓, 于 健, 等. 保水剂对不同作物水分利用效率及产值的影响[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(5): 66-73.
- [33] 史中兴, 刘 腾, 陈 琳, 等. 保水剂对冬菠菜耗水特性及产量的影响研究[J]. 中国农村水利水电, 2019(5): 123-126; 130.
- [34] 卫 琦, 李昕彤, 卢江海, 等. 保水剂对辣椒生长、产量及水分利用效率的影响[J]. 节水灌溉, 2022(5): 71-76.
- [35] 朱梦真. 保水剂对荒漠土壤持水贮水性能和植物生长、光合生理的影响[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2022.