

DOI: 10.16861/j.cnki.zggc.2024.0661

河西走廊日光温室番茄东西向大垄 双行宜机化栽培模式研究

陈婷¹, 任成梁¹, 张国龙¹, 李泽山¹, 院海英¹, 常涛², 康恩祥², 张玉鑫²

(1. 武威市农业科学研究院 甘肃武威 733000; 2. 甘肃省农业科学院蔬菜研究所 兰州 730070)

摘要:为探究河西走廊日光温室番茄东西垄向宜机化栽培模式最佳株、行距配置,在番茄群体密度相同的前提下,以本地南北向常规栽培模式为对照(CK, 大行距 80 cm),设东西向 T1(大行距 120 cm)、T2(大行距 140 cm)和 T3(大行距 160 cm)3 个试验处理,研究东西向和南北向不同栽培模式对番茄生长特性、光合参数及产量和品质的影响。结果表明,在保持番茄群体密度不变的情况下,与 CK 相比,东西向栽培模式随着行距的增大,番茄光环境明显提升,番茄品质得到显著改善;但行距过大,会造成番茄植株明显徒长(T3 株高较 CK 显著增加 9.26%,茎粗较 CK 显著减少 22.14%);T1 和 T2 处理的产量较 CK 分别增加 9.59%和 12.32%,而 T3 处理的产量较 CK 显著降低 20.57%。此外,东西向栽培模式提高了果实可溶性糖含量,降低了总酸含量。其中 T2 处理的可溶性糖含量较 CK 显著提高 1.05 百分点,总酸含量降低 0.06 百分点,其产量达到最高 7 857.98 kg·667 m⁻²。由此得出,番茄植株大行距 140 cm、小行距 40 cm、株距 30 cm 为河西走廊日光温室番茄东西向宜机化栽培模式的最佳配置。

关键词:日光温室;番茄;东西垄向;生长;品质

中图分类号:S641.2

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2025)04-160-06

Research on mechanized cultivation mode of east-west double rows of large ridges for tomato in solar greenhouse of Hexi Corridor

CHEN Ting¹, REN Chengliang¹, ZHANG Guolong¹, LI Zeshan¹, YUAN Haiying¹, CHANG Tao², KANG Enxiang², ZHANG Yuxin²

(1. Wuwei Academy of Agricultural Sciences, Wuwei 733000, Gansu, China; 2. Vegetable Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Science, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: A greenhouse study was conducted to explore the optimal plant and row spacing configuration of the east-west ridge mechanized cultivation mode of tomato in solar greenhouses in the Hexi Corridor. In this study, under the premise of the same tomato population density, three experimental treatments were set up in the east-west direction T1 (with a large row spacing of 120 cm), T2 (with a large row spacing of 140 cm), and T3 (with a large row spacing of 160 cm), the local north-south conventional cultivation mode was used as the control (with a large row spacing of 80 cm), to investigate the effects of different cultivation modes in the east-west and north-south directions on tomato growth characteristics, illumination, photosynthesis, yield, and quality. The results showed that the east-west cultivation mode significantly improved the tomato light environment and tomato quality with increasing row spacing compared with CK, while maintaining the same population density of tomato. However, the row spacing was too large, leading to significant overgrowth of tomato plants (T3 plant height significantly increased by 9.26% compared to CK, stem thickness significantly decreased by 22.14% compared to CK). The yield of T1 and T2 increased by 9.59% and 12.32%, respectively, compared to CK, while the yield of T3 significantly decreased by as much as 20.57% compared to CK. In addition, the east-west cultivation pattern increased the soluble sugar content and decreased the total acid content. The T2 treatment significantly increased soluble sugar content by 1.05 percent points and decreased total acid content by 0.06 percent points compared with CK, and its yield reached a maximum of 7 857.98 kg·667 m⁻². These findings suggested that the tomato plants with large row

收稿日期:2024-10-25;修回日期:2025-02-10

基金项目:武威市重点研发计划(WW23A01YFN012);甘肃省科技计划乡村振兴专项(25CXNH013);甘肃省现代农业科技体系区域创新重点项目(2023GAAS08);甘肃省第二批陇原英才(WWS2023001)

作者简介:陈婷,女,高级农艺师,主要从事设施蔬菜栽培及病虫害综合防治工作。E-mail:466460536@qq.com

通信作者:张国龙,男,高级农艺师,主要从事设施农业新技术的研究与示范推广工作。E-mail:wws_zgl@163.com

spacing of 140 cm, small row spacing of 40 cm, and plant spacing of 30 cm were the optimal configurations for the east-west mechanization of tomato cultivation mode in the solar greenhouse in the west corridor of the Hexi Corridor.

Key words: Solar greenhouse; Tomato; East-west ridge; Growth; Quality

据调查,近10年我国蔬菜生产成本年均涨幅在10%以上,其中人工成本占蔬菜生产总成本的59%,而设施蔬菜机械化整体水平仅为30%左右,很多作业环节需要依赖人工完成^[1-3]。因此,人力成本的持续升高成为了制约当前蔬菜产业发展的关键因素,严重影响了蔬菜产业的可持续发展^[4]。为解决上述问题,在设施蔬菜产业发展的进程中须不断提高机械化作业水平,以机械逐渐替代人工,以此来降低劳动成本,提高生产效率,促进“机器换人”战略稳步推进^[5-6]。

目前,日光温室蔬菜种植仍然以南北向栽培为主,而南北向栽培垄距短、垄间过道狭窄,农机具作业往往需要频繁转垄掉头,导致生产作业质量和效率不高^[6-7]。研究表明,种植垄方向对番茄在漫射光下的生长和产量影响不显著,但相同行距下东西向冠层中的光强度随着高度的增加而逐渐升高,而行距增大对冠层叶面积、光截获和光合能力的影响主要体现在冠层中部和下部^[8-9];陈真真等^[10]也同样证实了在相同株行距下,与南北垄向相比,东西垄向番茄株高、茎粗、根系活力、叶绿素含量、净光合速率、果实成熟时间、品质指标等差异不显著,但东西垄向相邻双行之间植株生长和产量存在一定差异;梁子玉^[11]研究表明,东西方向,随着行距增大作物群体内通透性较好,中下部见光好,作物长势和产量明显得到提升。由此可见,与南北向种植相比,东西向种植对作物生长和产量并没有明显的不利影响,但东西向不同株行距受作物群体光照条件的影响,进而对作物光合作用及产量和品质产生一定的影响^[12]。因此,合理的株、行距配置有利于冠层光能截获和群体气体交换,提高光能利用效率,促进地上、地下部协调生长及光合产物合理分配,提高作物产量^[13]。笔者为探寻河西走廊日光温室番茄东西

垄宜机化栽培模式,选择以传统南北向为对照,研究东西向不同株行距配置对番茄生长、群体光环境特征及产量和品质的影响,探索出河西走廊地区日光温室东西向番茄宜机化栽培最佳株行距,以期为提升河西走廊日光温室番茄机械化应用水平提供理论基础和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2023年8月至2024年2月在甘肃省武威市凉州区清水镇高宇农业专业合作社日光温室基地进行,该区域属温带大陆性干旱气候,海拔1130 m,全年光照时数2873 h,年平均气温7.7℃,年平均降水量100 mm,年平均蒸发量2020 mm,平均无霜期150 d。试验供试日光温室跨度12 m、长度100.9 m;种植宽度10.5 m、长度92 m,后墙为夯实土墙,采光面为钢架结构。

1.2 材料

供试番茄品种为沈阳谷雨种业有限公司生产的粉禧六号。

1.3 试验设计

试验于2023年8月24日定植,在同一座日光温室中,以当地传统南北向定植为对照(CK),设置东西向栽培3个不同株行距处理,大行距依次为:120(T1)、140(T2)和160 cm(T3),小行距均为40 cm,3个处理的垄底宽、垄面宽和垄高分别为80、60和20 cm,密度为2470株·667 m⁻²,试验设计参数如表1所示。将日光温室由东到西平均分成4个区域,各处理(CK、T1、T2、T3)依次排列,每个区域长21 m,设置3个重复,每个重复63 m²。每个垄面定植2行,并配套2行滴灌带,采用文丘里施肥器追肥,所有处理水肥管理保持一致,番茄留6穗

表1 不同试验处理参数设计

Table 1 Parameter design of different experimental treatments

处理 Treatment	方向 Direction	植株行距 Row spacing/cm		计算密度 Calculated density/ (Plant·667 m ⁻²)	计算株距 Calculated plant spacing/cm	实际株距 Actual plant spacing/cm	实际密度 Actual density (Plant·667 m ⁻²)
		小行距 Small row spacing	大行距 Large row spacing				
CK	南北 South north	40	80	2470	45.00	45	2470
T1	东西 East west	40	120	2470	33.76	34	2452
T2	东西 East west	40	140	2470	30.00	30	2470
T3	东西 East west	40	160	2470	27.00	27	2470

果,于2024年2月20日拉秧。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 生长指标 每个处理随机选取温室北、中、南3个位置且长势一致的9株番茄进行挂牌标记,4个处理共计标记36株。留6穗花打顶后统一于2023年12月3日一次性测定生长指标。使用塔尺测量番茄基部到生长点顶端的高度,即为株高;使用游标卡尺测量番茄植株基部、中部、顶部3个位置的茎粗;使用LI-3000叶面积仪测定第三穗果处的叶面积。

1.4.2 群体光合指标 采用托普云TPJ-22-G便携式照度仪,于晴天12:00—13:00时在不同试验处理的植株大行距中心处,分别测定50、100和150 cm 3个高度的光照度;采用托普云TP-3051D型便携式光合仪,在番茄盛果期,光强 $800 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的晴天上午,依次测定1.4.1中已标记植株的上层(150 cm)、中层(100 cm)和下层(50 cm)健康功能叶的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、气孔导度(G_s)等参数;同时使用托普云TYS-B便携式叶绿素仪测量各处理番茄的叶绿素含量。

1.4.3 产量和品质指标 通过定点采样,在番茄成熟期分批记录每次采收的单株果数、单果质量和单株产量,并依据单株产量和对应种植密度计算出折合产量;选取第二穗果中成熟度基本一致的果实测

定品质,采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量,采用考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白含量,采用2,6-二氯酚法测定维生素C含量,采用茚三酮溶液显色法测定游离氨基酸含量,采用石油醚比色法测定番茄红素含量,采用滴定法测定总酸含量^[4]。

1.5 数据处理

采用软件Microsoft EXCEL 2013进行数据整理,采用软件SPSS 27.0进行数据统计分析,并用Duncan法进行差异显著性检验($p<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同栽培模式对河西走廊日光温室番茄生长特性和叶绿素含量的影响

从表2可以看出,东西向T1、T2和T3的株高较CK均增大,茎粗较CK均减小,其中T2、T3的株高较CK分别显著增大9.00%和9.26%,T2、T3的茎粗较CK分别显著减少19.63%和22.14%;而T1、T2处理对番茄叶面积的影响不大,但T3处理的叶面积较CK、T1和T2处理分别显著减小36.10%、31.94%、33.55%;东西向不同处理对番茄叶绿素含量影响不显著。由此可见,东西向T3处理下番茄株高较CK显著增大,茎粗和叶面积较CK显著减小,究其原因因为T3处理下番茄行间距最大,为保持群体种植密度不变,株距过小导致了番茄植株徒长。

表2 不同垄向栽培模式对番茄生长指标及叶绿素含量的影响

Table 2 Effects of different ridge cultivation patterns on growth indexes and chlorophyll content of tomato

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	茎粗 Stem diameter/mm	叶面积 Leaf area/cm ²	w(叶绿素) Chlorophyll content/SPAD
CK	133.33±2.73 b	14.77±0.43 a	528.02±18.52 a	46.97±0.82 a
T1	137.00±4.36 ab	11.87±1.11 ab	495.84±24.00 a	49.73±2.09 a
T2	145.33±0.88 a	11.50±0.75 b	507.87±30.12 a	49.40±0.44 a
T3	145.67±3.84 a	9.09±1.29 b	337.46±26.97 b	46.60±0.32 a

注:不同小写字母表示处理间差异显著($p<0.05$)。下同。

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

2.2 不同栽培模式对河西走廊日光温室番茄群体光环境的影响

2.2.1 番茄群体光照度的变化情况 从表3可以看出,在50 cm高度,T1、T2和T3处理的光照度较CK均显著下降,但T1、T2和T3各处理相互之间光照度差异不显著;在100 cm高度,T1、T2和T3处理的光照度较CK均显著提高,并且表现出T3>T2>T1>CK的规律;在150 cm高度,T1、T2和T3处理较CK的光照度均显著提高,也呈现出T3>

T2>T1>CK的规律,并且T1、T2和T3各处理之间呈显著差异。以上结果表明,随着测量高度的增加,东西向栽培模式较南北向(CK)的光照度呈增大趋势;同时,东西向栽培模式下,光照度随着行间距的增加而不断增大。

2.2.2 番茄光合指标的变化情况 光作为作物生长发育的必要条件,不同的光照度对作物叶片净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度均有显著影响。从表4可以看出,在番茄植株群体50 cm

表3 不同垄向栽培模式对番茄群体光照度的影响

Table 3 Effects of different ridge cultivation patterns on the illumination of tomato population lx

处理 Treatment	50 cm 光照度 Illumination of 50 cm	100 cm 光照度 Illumination of 100 cm	150 cm 光照度 Illumination of 150 cm
CK	3 937.67±255.48 a	5 520.00±48.40 c	8 785.67±31.95 d
T1	3 157.67±123.26 b	7 545.00±240.18 b	11 690.67±67.26 c
T2	3 248.00±234.98 b	8 528.00±599.87 ab	13 306.67±44.17 b
T3	3 231.67±127.71 b	10 053.00±881.04 a	14 027.67±409.63 a

表4 不同垄向栽培模式对番茄植株群体光合指标的影响

Table 4 Effects of different ridge cultivation patterns on photosynthetic indexes of tomato plant population

高度 Height/cm	处理 Treatment	净光合速率 Net photosynthetic rate/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	蒸腾速率 Transpiration rate/ ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	气孔导度 Stomatal conductance/ ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	胞间 CO ₂ 浓度 Intercellular CO ₂ concentration/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)
50	CK	21.73±2.08 b	36.33±0.61 ab	1.50±0.23 a	375.32±20.18 a
	T1	16.70±0.05 c	27.29±0.54 c	1.19±0.12 a	351.19±22.92 a
	T2	14.65±0.63 c	33.22±1.73 bc	1.65±0.21 a	401.26±59.48 a
	T3	25.71±1.01 a	42.72±4.07 a	1.34±0.20 a	407.29±14.46 a
100	CK	21.98±1.81 b	36.40±0.55 b	3.19±0.27 ab	452.00±11.55 ab
	T1	17.01±0.49 c	27.68±0.49 c	2.38±0.18 c	436.40±7.69 b
	T2	21.86±1.00 b	34.63±0.87 b	2.49±0.20 bc	446.33±4.76 ab
	T3	26.03±0.17 a	42.88±0.74 a	3.42±0.20 a	466.66±6.99 a
150	CK	20.45±0.38 c	36.81±0.43 b	3.79±0.37 a	233.92±57.98 a
	T1	21.87±0.31 c	29.02±0.39 c	3.82±0.12 a	256.61±50.81 a
	T2	27.16±2.27 b	36.22±0.30 b	4.43±0.13 a	272.63±11.96 a
	T3	35.78±1.99 a	44.59±0.64 a	4.01±0.16 a	233.89±11.31 a

高度处,东西向栽培模式下 T1、T2 处理的净光合速率和蒸腾速率较 CK 均有所下降;而 T3 处理的净光合速率较 T1、T2 和 CK 均显著增大,T3 处理的蒸腾速率较 CK 增加不明显,较 T1 和 T2 显著增大;各处理间叶片气孔导度和胞间 CO₂ 浓度差异不显著。

在植株群体 100 cm 高度处,净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间 CO₂ 浓度均呈现出 T3>CK>T2>T1 的规律,其中 T1 处理的净光合速率、蒸腾速率和气孔导度均显著低于 CK,而 T3 处理的净光合速率和蒸腾速率较 CK 分别显著提高 18.43%和 17.80%;东西向各处理的胞间 CO₂ 浓度与 CK 无显著差异。

在植株群体 150 cm 高度处,T1、T2、T3 处理的

净光合速率、蒸腾速率和气孔导度较 100 cm 和 50 cm 高度均呈增加趋势;净光合速率呈 T3>T2>T1>CK 的规律,其中 T2、T3 处理的净光合速率较 CK 显著提高;蒸腾速率呈 T3>T2>T1 的规律,其中 T3 处理较 CK 显著提高 21.14%;而叶片气孔导度和胞间 CO₂ 浓度在东西向各处理和南北向(CK)之间差异不显著,且 T3 处理的气孔导度和胞间 CO₂ 浓度较 T2 略有下降。

2.3 不同栽培模式对河西走廊日光温室番茄产量的影响

从表 5 可以看出,东西向栽培模式 T1、T2 和 T3 与南北向栽培模式 CK 相比,单株结果数无显著差异,但 T3 处理的单果质量较 T2 显著下降;且 T3

表5 不同垄向栽培模式对番茄产量的影响

Table 5 Effects of different ridge cultivation patterns on tomato yield

处理 Treatment	单株结果数 Number of single plant fruit	单果质量 Single fruit mass/g	单株产量 Single plant yield/kg	折合产量 Equivalent yield/(kg·667 m ²)
CK	11.33±1.20 a	218.06±14.82 ab	2.83±0.07 a	6 996.28±0.17 a
T1	14.00±1.15 a	210.32±28.25 ab	3.13±0.10 a	7 667.08±0.24 a
T2	12.00±0.58 a	265.21±1.34 a	3.18±0.14 a	7 857.98±0.35 a
T3	12.67±2.19 a	177.47±10.28 b	2.25±0.12 b	5 556.92±0.29 b

处理的单株产量和折合产量较 T1、T2 和 CK 均显著下降,并且表现出 T2>T1>CK>T3 的规律,其中 T3 处理的折合产量较 CK 显著降低 20.57%。究其原因, T3 处理下番茄行间距最大,为保持群体种植密度不变, T3 处理实际种植株距过小导致了番茄植株徒长,抗性降低,最终呈现出产量显著下降的现象。

2.4 不同栽培模式对河西走廊日光温室番茄品质的影响

从表 6 可以看出, T1、T2、T3 和 CK 各处理之间的果实可溶性蛋白、维生素 C 和番茄红素含量差异不显著;可溶性糖和游离氨基酸含量均为 T3>

T2>T1>CK,其中 T1、T2、T3 处理的可溶性糖含量较 CK 均显著提高,而 T2、T3 处理的游离氨基酸含量较 CK 均显著提高;东西向 T1 和 T3 处理的总酸含量较 CK 显著降低, T2 处理的总酸含量比 CK 略有下降,但差异不显著。由此可见,与南北向栽培方式相比,东西向栽培方式对番茄可溶性蛋白、维生素 C 和番茄红素含量无显著影响,但是提高了可溶性糖和游离氨基酸含量,降低了总酸含量。可溶性糖和游离氨基酸含量随行距的增大而不断升高,总酸含量随行距的增大呈先升高后降低的趋势。

表 6 不同垄向栽培模式对番茄品质的影响

Table 6 Effects of different ridge cultivation patterns on tomato quality

处理 Treatment	w(可溶性蛋白) Soluble protein content/ (mg·g ⁻¹)	w(可溶性糖) Soluble sugar content/ %	w(维生素 C) Vitamin C content/ (mg·100 g ⁻¹)	w(游离氨基酸) Free amino acid content/ (mg·100 g ⁻¹)	w(番茄红素) Lycopene content/ (mg·100 g ⁻¹)	w(总酸) Total acid content/ %
CK	0.33±0.03 a	2.07±0.00 c	10.59±0.29 a	14.95±2.44 b	15.44±0.29 a	0.38±0.03 a
T1	0.34±0.06 a	2.78±0.04 b	13.58±0.60 a	20.21±4.04 b	14.79±3.32 a	0.28±0.01 b
T2	0.35±0.09 a	3.12±0.10 a	12.72±1.74 a	31.82±5.02 a	16.58±1.82 a	0.32±0.02 ab
T3	0.35±0.06 a	3.26±0.17 a	12.66±1.41 a	35.34±0.29 a	16.20±0.97 a	0.29±0.01 b

3 讨论与结论

科学合理的株行距是保证植株生长茁壮和获得高产的关键因素,如果株距过小,将会使植株徒长^[15]。本研究表明,番茄生长指标和叶绿素含量的变化受栽培垄方向的影响不大,但番茄株高随着行间距的增大而不断增大,茎粗随着行间距的增大而不断减小;当番茄株距为 27 cm(T3)时,与 CK 相比,其株高显著增大 9.26%,茎粗显著减少 22.14%,叶面积显著降低 36.10%。这一结果与多数研究者的结论一致,在番茄群体总密度不变的前提下,行间距不断增大,番茄株距不断减小,株距过密导致植株徒长加重^[16-17]。

光照是作物进行光合作用的必要条件,而光照度作为衡量光照强弱和作物叶面积的照明程度,其大小直接决定着作物光合作用的强弱,从而对作物生长及产量产生影响^[18]。本研究表明,东西向和南北向栽培方式因受光和遮阴效果不一致,在番茄底部,东西向光照度较南北向栽培模式显著降低;随着行距和测量高度的增加,东西向栽培模式较南北向(CK)的光照度呈不断增大趋势;在番茄植株 150 cm 高度处, T3(行距 160 cm)的光照度较 CK 显著提高 59.67%。因此,在东西向栽培模式下,随着行距的增大,番茄植株群体截获的光照增多,光

合作用增强,从而对番茄生长具有明显的促进作用,与李仪曼^[18]的研究结果一致。

番茄作为高秆作物,垄之间和行之间光照环境互有遮挡,株行距的合理配置对植株光能截获利用和群体气体交换具有直接影响^[19]。本研究表明,在番茄植株底部,东西向 T1、T2 较南北向(CK)的番茄光合作用有所减弱,但 T3 净光合速率较 T1、T2 和 CK 均显著增大;在植株群体 150 cm 高度处, T3 的净光合速率和蒸腾速率较 CK 分别显著提高 74.96%和 21.14%。由此可见,随着行距和测量高度的不断增加,番茄光合作用也随之增强,尤其对提升番茄下部叶片的光合作用效率具有更大影响^[20]。

大量研究表明,垄向和株行距对作物采光和单果质量有直接影响,间接导致了对作物产量和品质的影响^[21-22]。本研究发现,东西向和南北向不同栽培方式对番茄单株结果数的影响不显著,总体来看, T1、T2 处理的产量较 CK 均略有提高,而 T3 处理较 CK 显著下降 20.57%。由此可见,光照是决定作物生产力的重要因素,但种植密度又是影响植株间遮阴、作物光辐射捕获率和光能利用率的重要因素^[23-24]。虽然 T3 处理下番茄行距最大,中午测量垄南侧行番茄的光合速率最高,但番茄群体密度不变的情况下株距过小,植株徒长导致了营养消耗过多,最终出现产量下降的现象^[25]。同时,东西向和南

北向不同栽培方式对可溶性蛋白、维生素C和番茄红素含量的影响不显著,而不同处理的番茄可溶性糖和游离氨基酸含量较CK均有不同程度的提高,其中T3处理的可溶性糖、游离氨基酸含量较CK分别显著提高57.49%和136.39%,总酸含量较CK显著降低23.68%。由此可见,东西向栽培模式下随着垄距的增加,植株光环境得到了显著改善,从而促进番茄果实品质得到提升,这一结果与刘燕^[26]的研究结论相似。

综上所述,东西垄栽培方式与南北向传统栽培方式相比,在保持番茄群体总密度不变的情况下,东西垄行距越大,株距越小,番茄植株易出现徒长现象。此外,东西垄植株群体受光和通风情况的改变导致了番茄整体产量和品质发生变化,随着行距的增大,番茄光环境明显改善,番茄品质得到明显提升。综合考虑,T3处理的番茄株距太小,导致产量较CK显著降低20.57%;而T2处理下番茄产量达到最高7 857.98 kg·667 m²,品质得到明显改善,且宜于机械化作业。因此大行距140 cm、小行距40 cm、株距30 cm为河西走廊日光温室番茄东西向宜机化栽培模式的最佳株行距配置。

参考文献

- [1] 余旭东,蒋明敏,宋英,等.设施菜薯周年栽培模式比较试验[J].江苏农业科学,2021,49(1):97-102.
- [2] 陈清,云建,陈永生,等.国内外蔬菜移栽机械发展现状[J].蔬菜,2016(8):76-79.
- [3] 宋卫堂,李明.以“农艺-农机-设施”深度融合推动设施园艺高效发展[J].农业工程技术,2020,40(1):44-47.
- [4] 朱月浩,杨茹莎,何青海,等.山东省设施种植机械化现状与对策研究[J].中国农机化学报,2024,45(10):327-331.
- [5] 陈永生,刘先才.2019中国蔬菜机械化发展报告[J].中国农机化学报,2020,41(3):46-53.
- [6] 宋卫堂.日光温室蔬菜生产全程机械化的一种解决方案[J].中国农机化学报,2018,39(9):26-29.
- [7] 杨冬艳,桑婷,冯海萍,等.种植密度对日光温室东西垄向栽培番茄产量构成及光环境的影响[J].河南农业科学,2021,50(5):99-106.
- [8] SONG W T, LI C X, SUN X G, et al. Effects of ridge direction on growth and yield of tomato in solar greenhouse with diffuse film[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(24):242-248.
- [9] 常佳悦,马小龙,吴艳莉,等.行距和灌水量对番茄冠层光截获和光合能力、物质积累及果实品质的影响[J].中国农业科学,2023,56(11):2141-2157.
- [10] 陈真真,李仪曼,栾恒,等.垄向和株行距配置对日光温室番茄生育及产量的影响[J].山东农业科学,2022,54(3):63-67.
- [11] 梁子玉.日光温室东西垄向栽培越冬番茄应用效果研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2018.
- [12] 杨冬艳,王丹,桑婷,等.垄距对日光温室番茄东西垄向栽培光环境的影响[J].北方园艺,2022(23):54-60.
- [13] 李治国,闫子双,杨立国,等.农机农艺融合的日光温室番茄栽培模式试验研究[J].中国农机化学报,2021,42(6):55-59.
- [14] 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,2000.
- [15] 张泽锦,梁颖,王玉琪,等.四川盆地设施番茄宜机化栽培模式试验研究[J].中国农机化学报,2024,45(5):64-68.
- [16] 陈真真.栽培垄向和株行距对日光温室番茄生长及产量的影响[D].山东泰安:山东农业大学,2019.
- [17] 刘旭.夏季日光温室番茄种植适宜密度及群体小气候特性的研究[D].郑州:河南农业大学,2014.
- [18] 李仪曼.日光温室不同栽培模式番茄群体发育及光能利用研究[D].山东泰安:山东农业大学,2024.
- [19] 唐佳宁,陈启峰,余朝阁,等.东西垄丛栽方式对日光温室秋冬茬番茄生长及其温光环境的影响[J].中国农学通报,2022,38(30):65-71.
- [20] 常佳悦,马小龙,吴艳莉,等.行距和灌水量对番茄冠层光截获和光合能力、物质积累及果实品质的影响[J].中国农业科学,2023,56(11):2141-2157.
- [21] 王子聪.日光温室东西垄向栽培对辣椒生长及群体光温环境的影响[D].沈阳:沈阳农业大学,2023.
- [22] 陈启峰,李星,富宏丹,等.日光温室秋冬茬番茄东西垄宜机化栽培适宜垄距参数研究[J].中国蔬菜,2024(9):104-111.
- [23] 王洋,齐晓宁,柏会子.生态环境对作物光合作用和光能利用影响的研究进展[J].土壤与作物,2012,1(3):129-134.
- [24] 刘胜群,刘铁东,宋凤斌,等.行向和种植方式对玉米穗下节间与茎倒伏相关性状的影响[J].土壤与作物,2016,5(3):159-165.
- [25] 陈一鑫,陈志远,宋丽娜,等.不同密度与行距对番茄生长及产量的影响[J].北方园艺,2020(16):8-16.
- [26] 刘燕.宽垄大行栽培对温室番茄产质量形成及其生理生态的影响研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2019.