

doi:10.11937/bfyy.20204391

## 设施条件下不同黄沙栽培模式对 番茄生长、产量和品质的影响

杨世梅<sup>1</sup>, 王世余<sup>2</sup>, 严宗山<sup>1</sup>, 王翠丽<sup>1</sup>, 陈亮<sup>1</sup>, 张想平<sup>1</sup>

(1. 甘肃省农业工程技术研究院, 甘肃 武威 733006; 2. 甘肃农垦药物碱厂有限公司, 甘肃 武威 733006)

**摘要:**以番茄品种“富勒”为试材, 设置 4 种不同的栽培模式, 测定了不同栽培模式下番茄的生长指标、产量、品质指标, 研究了设施黄沙栽培条件下不同栽培模式对番茄生长、产量、品质以及番茄根际温度的影响, 以期为沙漠地区沙质土壤栽培提供参考依据。结果表明: 无纺布种植袋栽培模式根部温度变化幅度最大, 土壤平作栽培最小; 黄沙垄作栽培模式下番茄根最长, 土壤栽培最短; 番茄株高、茎粗在土壤栽培下较黄沙栽培模式下大; 667 m<sup>2</sup> 产量、单果质量和株产量不同栽培模式下土壤平作最高, 其次是黄沙垄作栽培、黄沙平作栽培、无纺布基质袋栽培; 番茄果实可溶性糖、可溶性蛋白质、维生素 C、可溶性固形物含量均表现为无纺布基质袋栽培模式最高, 土壤栽培模式最低。

**关键词:**番茄; 黄沙; 栽培模式; 根际温度; 品质

**中图分类号:**S 641.2; S 626 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2021)13-0025-05

由于不同地理特征和生态特点等的差异, 作物栽培模式多种多样<sup>[1]</sup>。不同栽培模式对作

第一作者简介: 杨世梅(1985-), 女, 硕士, 助理研究员, 现主要从事设施蔬菜栽培等研究工作。E-mail: 460124339@qq.com.

责任作者: 张想平(1969-), 男, 本科, 研究员, 现主要从事设施栽培及大麦育种等研究工作。E-mail: 147817962@qq.com.

基金项目: 甘肃省科技计划资助中小企业创新基金资助项目(17CX2JA013); 甘肃省科技计划资助项目(18JR2TA008)。

收稿日期: 2020-10-21

物的生长、产量和品质均有不同程度的影响。有研究表明垄作能提升叶面积指数, 增加冠层内部的透光率<sup>[2]</sup>, 延长叶片功能期, 促进光合产物的积累和转运<sup>[3]</sup>, 有利于作物糖分积累<sup>[4]</sup>, 促进产量增加<sup>[5-7]</sup>。栽培模式还会对土壤含水量、温度、养分及作物肥料利用、水分吸收等产生一定影响<sup>[4,6,8-12]</sup>。

土壤质地状况决定土壤的耕性、导温保温性、透水透气性、供肥保肥性、保水状态<sup>[13-14]</sup>, 密切关系着作物的生长发育<sup>[15]</sup>, 影响作物根系的形态分布、养分的吸收与利用, 进而影响作物的产量与

plant aboveground biomass and nitrogen concentration ( $R^2 = 0.903$ ). Then the highest and lowest nitrogen concentration dilution curve model were derived, and the coefficients of determination were  $R^2 = 0.891$  and  $R^2 = 0.906$ , respectively. The nitrogen uptake, nitrogen deficiency and nitrogen nutrition index model of hydroponic lettuce had the same nitrogen nutrition diagnosis results, and the optimum applications of nitrogen in the early and later period were  $6.50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  and between  $3.25 - 6.50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ , respectively. This study provided a theoretical basis for the precise management of nitrogen in hydroponic lettuce.

**Keywords:** hydroponic lettuce; critical nitrogen concentration curve; nitrogen nutrition diagnosis

品质<sup>[16-17]</sup>。

现有研究明确了土壤栽培条件下栽培模式会对作物的生长以及产量、品质产生影响,但关于设施黄沙栽培条件下不同栽培模式对作物影响的研究尚少。因此该研究以番茄为试材,探索在黄沙栽培条件下不同栽培模式对番茄生长、产量、品质的影响,以及不同栽培模式下一天内根部温度的变化,以期沙漠地区沙质土壤栽培提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

选用当地种植较多的番茄品种“富勒”为试材,以武威沙漠边区较多的黄沙作为栽培基质,容重是  $1.54 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,田间持水量 9%,pH 7.87。

### 1.2 试验方法

于 2018 年 10 月至 2019 年 4 月在甘肃省武威市凉州区黄羊镇甘肃省农业工程技术研究院试验基地的温室内进行,设置 4 种不同的栽培模式,模式 1(T1):无纺布种植袋栽培,种植袋为高 45 cm,口径 50 cm 的圆柱状,种植袋装 40 cm 高的黄沙,每个种植袋栽 2 株苗子;模式 2(T2):黄沙垄作栽培,挖深 40 cm、宽 60 cm 栽培槽,侧面铺隔离材料后填入黄沙,起高 15 cm 的垄;模式 3(T3):黄沙平作栽培,挖深 40 cm、宽 60 cm 栽培槽,两侧和底面铺隔离材料后填入黄沙,平作栽培;对照(CK):土壤栽培,平作。每个处理为一个小区,设置 3 个重复,共 12 个小区,每个栽培小区面积  $4.2 \text{ m}^2$ ,株距 40 cm,行距 30 cm;水肥管理与本地设施栽培一致。

### 1.3 项目测定

#### 1.3.1 根际温度测定

分别在根部 10、20、30 cm 处埋入温湿度智能 SD 卡测试记录仪探头,每隔 1 h 自动记录一个数据,根据记录数据求取最冷时段 1 月 18—24 日内的平均数值。

#### 1.3.2 生物量测定

株高、茎粗、生物量、根长在番茄拉秧时随机选取 10 株测定,株高用卷尺测定,茎粗用游标卡尺测定,根长用直尺测定,生物量用电子称测量。

#### 1.3.3 产量测定

在第一批果实成熟时开始采收,统计单株产量,小区产量,单果质量,采收结束后计算  $667 \text{ m}^2$  产量。

#### 1.3.4 品质测定

番茄品质在第 3 穗果成熟时采摘第 3 穗成熟度一致的果实测定,可溶性糖含量采用蒽酮比色法<sup>[18]</sup>测定,还原型维生素 C 含量采用钼蓝比色法<sup>[19]</sup>测定,可溶性蛋白质含量采用李合生<sup>[18]</sup>的考马斯亮蓝 G-250 法测定,可滴定酸含量采用 NaOH 滴定法<sup>[20]</sup>测定。

### 1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2003、SPSS 17.0 软件进行显著性分析处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 黄沙不同栽培模式对根际温度的影响

#### 2.1.1 对 10 cm 深处根际温度的影响

从图 1 可以看出,00:00—23:00 各栽培模式 10 cm 处根际温度变化趋势一致,表现为先降后升,10:00—11:00 温度下降到最低,随后温度开始逐步升高,17:00 时达到最高后继续下降;不同栽培模式各时间段温度总体表现为  $T1 > T3 > T2 > CK$ ;T1、T2、T3、CK 处理 24 h 内平均温度分别为 12.92、11.82、12.58、11.08 °C,升降幅度分别为 1.86、1.52、1.85、1.34 °C,T1 处理日均温度最高且温度变化幅度最大,对照日均温度最低

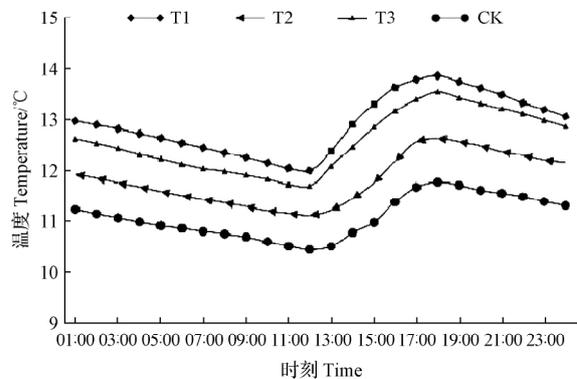


图 1 不同栽培模式下 10 cm 根际深处日均温度的变化

Fig 1 Changes of daily average soil temperature of different cultivation patterns in 10 cm depth

且温度变化幅度最小。

### 2.1.2 对 20 cm 深处根际温度的影响

由图 2 可知, T1、T2、T3、CK 处理 24 h 内温度变化幅度分别为 1.33、0.95、1.23、0.83 °C。不同栽培模式温度变化趋势一致先降后升, 12:00—13:00 温度下降到最低, 随后温度开始回升, 12:00—13:00 时达到最高后逐步降低, 日均温度表现为 T1>T3>T2>CK, T1 处理平均温度分别较 T2、T3、CK 平均温度高 0.99、0.38、1.62 °C。

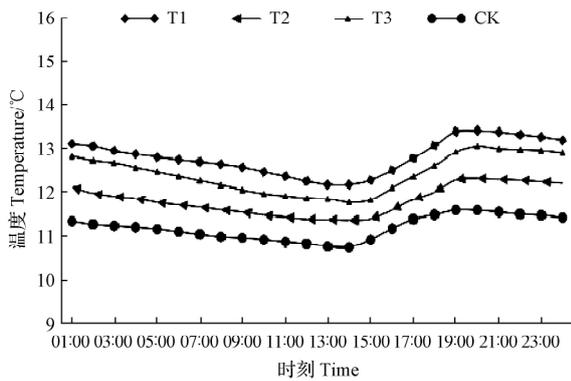


图 2 不同栽培模式下 20 cm 深处根际温度的变化  
Fig. 2 Changes of daily average soil temperature of different cultivation patterns in 20 cm depth

### 2.1.3 对 30 cm 深处根际温度的影响

从图 3 可以看出, 4 种栽培模式的温度变化趋势一致, 00:00—13:00 温度呈不断下降趋势, 13:00—19:00 温度逐步上升, 19:00—23:00 温度又开始不断下降。T1、T2、T3、CK 处理的 24 h 内温度变化幅度分别为 1.07、0.97、1.03、0.91 °C, T1 处理温度变化幅度最大, 且在同一时间段温度最高, CK 温度变化幅度最小, 同一时间段温度最低。

## 2.2 黄沙不同栽培模式对植株、根系的影响

由表 1 可知, 不同栽培模式株高大小依次为 CK>T2>T3>T1, 但不同栽培模式下株高差异不显著。茎粗与株高的变化趋势相似, T1 处理茎粗显著低于其它栽培模式, CK 茎粗最粗。CK 根长最短, 分别较黄沙栽培的 T1、T2、T3 处理短 2.36、2.76、2.52 cm。全株鲜质量变化与株高、茎粗基本一致, CK 鲜质量最大, 分别较 T1、T2、T3 高 294.48、9.42、17.84 g。

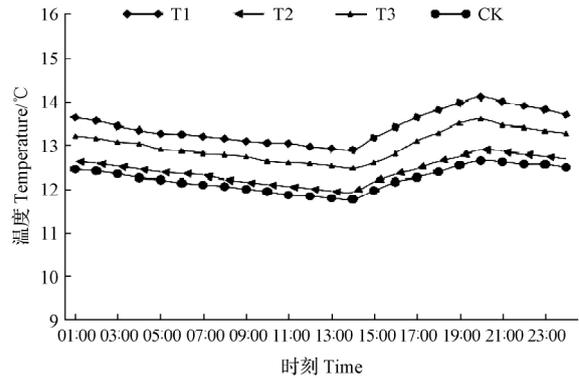


图 3 不同栽培模式下 30 cm 深处根际温度的变化  
Fig. 3 Changes of daily average soil temperature of different cultivation patterns in 30 cm depth

表 1 不同栽培模式对番茄植株、根系生长的影响  
Table 1 Effects of different treatments on plant height, root length and stem diameter of tomato

处理 Treatments	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /mm	根长 Root length /cm	鲜质量 Fresh weight/g
T1	189.29a	11.95b	25.58a	1226.80a
T2	195.98a	14.62a	25.98a	1511.86a
T3	192.42a	14.57a	25.74a	1503.44a
CK	196.96a	14.89a	23.22b	1521.28a

注: 同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

Note: Different lowercase letters after the same column of data indicate significant differences among treatments at 0.05 level. The same below.

## 2.3 黄沙不同栽培模式对番茄产量的影响

由表 2 可知, 667 m<sup>2</sup> 产量大小依次为 CK>T2>T3>T1, T1 处理显著低于其它栽培模式, 分别较 T2、T3、CK 低 419.62、93.66、440.36 kg。单果质量、株产的变化和 667 m<sup>2</sup> 产量变化相似, 均表现为 T1 显著低于其它栽培模式。

表 2 不同栽培模式对番茄产量的影响  
Table 2 Effects of different treatments on yield of tomato

处理 Treatment	单果质量 Single fruit weight/g	株产 Yield per plant /kg	667 m <sup>2</sup> 产量 Yield per 667 m <sup>2</sup> /kg
T1	118.18b	2.75b	7968.50b
T2	142.88a	3.12a	8388.12a
T3	139.51a	2.95a	8062.16a
CK	143.10a	3.13a	8408.86a

## 2.4 黄沙不同栽培模式对番茄营养品质的影响

由表3可知,T1处理番茄果实可溶性糖含量略高于其它栽培模式,但与其它栽培模式之间无显著差异。可溶性蛋白质、维生素C、可溶性固形

物含量均表现为T1处理最高,其次依次为T2、T3、CK,但不同栽培模式之间差异不显著。果实可滴定酸含量各栽培模式之间无显著差异。

表3 不同栽培模式对番茄果实营养品质的影响  
Table 3 Effects of different treatments on fruit quality of tomato

处理 Treatments	可溶性糖含量 Soluble sugar content/%	可溶性蛋白质含量 Soluble protein content /(mg·g <sup>-1</sup> )	维生素C含量 Vitamin C content /(mg·kg <sup>-1</sup> FW)	可滴定酸含量 Titratable acid content /%	可溶性固形物含量 Soluble solid content /%
T1	4.98a	2.38a	8.46a	0.42a	4.92a
T2	4.59a	2.37a	8.20a	0.43a	4.87a
T3	4.49a	2.36a	8.34a	0.43a	4.83a
CK	4.46a	2.32a	8.19a	0.42a	4.77a

## 3 讨论与结论

### 3.1 栽培模式对根际温度的影响

土壤温度影响作物的生长发育,而土壤接受、储存热量的能力由土壤质地、表面状况等共同决定<sup>[21-22]</sup>,砂土类质地的土壤温度变化快,粘土热容量大,土温变化缓慢<sup>[15]</sup>。有研究表明垄作有一定的增温效应<sup>[4]</sup>,作物垄作栽培相比平作栽培温度变化幅度大,可提高土壤温度<sup>[2,23]</sup>;该研究结果表明,在黄沙栽培条件下不同栽培模式10、20、30 cm处根际温度均表现为无纺布种植袋栽培的T1模式温度变化幅度最大,日平均温度最高,昼夜温差最大,垄作栽培的T2模式次之,而后依次为黄沙平作栽培的T3模式、土壤平作栽培的CK。说明黄沙较土壤温度变化快,昼夜温差大。

### 3.2 栽培模式对番茄植株生长的影响

栽培方式影响作物的生长发育<sup>[8-9]</sup>,不同的土壤质地也会影响植物生长<sup>[16]</sup>,植株根系在垄作模式下活力增强,利于作物生长<sup>[10]</sup>。该研究结果表明,黄沙栽培的T1、T2、T3处理番茄根长较土壤栽培的CK长,但土壤栽培的株高、茎粗较黄沙栽培大。说明黄沙有利于番茄根系的生长。无纺布袋栽培的T1模式的株高、茎粗均小于其它栽培,可能是无纺布袋置于地表受环境影响较大。

### 3.3 栽培模式对番茄产量、品质的影响

高传奇<sup>[16]</sup>与陈杰等<sup>[17]</sup>研究发现,不同质地土壤影响作物的产量与品质。栽培模式也会影响

作物产量和品质,白玉龙<sup>[6]</sup>研究发现西瓜垄作较平作产量更高;小麦垄作条件下产量较平作高。该研究结果显示土壤平作667 m<sup>2</sup>产量最大其次是黄沙垄作T2模式,无纺布栽培T1模式产量最低。单果质量、株产的变化和667 m<sup>2</sup>产量变化相似,均表现为CK>T2>T3>T1。土壤肥力影响作物的生长<sup>[15]</sup>,土壤栽培产量高这可能与土壤肥力高于黄沙有关。

郭仁卿等<sup>[4]</sup>研究表明,垄作能加大昼夜温差,有利于作物糖分积累,该研究结果显示,番茄果实可溶性糖、可溶性蛋白质、维生素C、可溶性固形物含量均表现为栽培T1模式最高,其次依次为T2、T3、CK,这可能与黄沙日温度变化幅度大有关,具体机理还有待进一步研究。

## 参考文献

- [1] 王强,张亚芝,魏淑红,等.黑龙江省芸豆生产现状与产业化发展[J].中国种业,2008(4):11-12.
- [2] 杨克军,李明,李振华.栽培方式与作物群体结构对寒地春玉米光合性能及产量的影响[J].玉米科学,2006,14(5):78-83.
- [3] 马丽,李潮海,付景.垄作栽培对高产田夏玉米光合特性及产量的影响[J].生态学报,2011,31(23):7141-7150.
- [4] 郭仁卿,刘汉中.垄作对土壤热状况的影响[J].土壤肥料,1991(3):23-25.
- [5] 盖志佳,韩德贤,刘婧琦,等.不同栽培方式对大豆产量及构成因子的影响[J].黑龙江农业科学,2014(2):21-22.
- [6] 白玉龙.栽培模式对旱地土壤水热效应和西瓜生长的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2013.
- [7] 马丽,李潮海,赵振杰,等.冬小麦、夏玉米一体化垄作的养分利用研究[J].植物营养与肥料学报,2011,17(2):500-505.
- [8] RANDALL C R. Extension programs and farmer experi-

- ences with ridge-furrow tillage[J]. Soil & Tillage Research, 1990 (18): 283-293.
- [9] SAYREK D, MORENOO H. Applications of raised bed-planting system to wheat[R]. CIMMYT, Wheat Special Report, 1997.
- [10] 周苏玫, 李潮海, 常思敏, 等. 起垄栽培对夏玉米生态环境及生长发育的影响[J]. 河南农业大学学报, 2000, 34(3): 206-209.
- [11] 郭文义. 规模经营农田养分空间变异与精准管理[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011.
- [12] 闫妍名. 不同栽培模式对玉米产量形成及水温和氮素利用的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2015.
- [13] 王茹, 张凤荣, 王军艳, 等. 潮土区不同质地土壤的养分动态变化研究[J]. 土壤通报, 2001, 32(6): 255-257.
- [14] 梁爱珍, 张晓平, 杨学明, 等. 土壤细颗粒对有机质的保护能力研究[J]. 土壤通报, 2005, 36(5): 748-752.
- [15] 荆丹. 不同理化性质土壤对籽瓜幼苗生长的影响及不同栽培密度和坐果节位对籽瓜果实与种子产量的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2017.
- [16] 高传奇. 土壤质地对烤烟生长和品质的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2013.
- [17] 陈杰, 何崇文, 李建伟, 等. 土壤质地对贵州烤烟品质的影响[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(1): 35-38.
- [18] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [19] 李玉红. 钼蓝比色法测定水果中还原型维生素 C[J]. 天津化工, 2002(1): 31-32.
- [20] 崔天舒. 甜樱桃果实风味品质及花色苷组分的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2014.
- [21] ARDELL D, HALVORSON, DAVID C. Nielsen and curtis a. reule. nitrogen fertilization and rotation effects on no-till dryland wheat production[J]. Agron J, 2004, 96: 1196-1201.
- [22] DAVID D, TARKALSON, GARY W, et al. Long-term effects of tillage on soil chemical properties and grain yields of a dryland winter wheat-sorghum/corn-fallow rotation in the great plains[J]. Agron J, 2006, 98: 26-33.
- [23] 杨洪宾, 徐成忠, 鹿长金, 等. 垄作栽培对小麦植株形态和产量性状的影响[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(4): 119-122.

## Effects of Different Cultivation Patterns of Yellow Sand on Growth, Yield and Quality of Tomato in Greenhouse

YANG Shimei<sup>1</sup>, WANG Shiyu<sup>2</sup>, YAN Zongshan<sup>1</sup>, WANG Cuili<sup>1</sup>, CHEN Liang<sup>1</sup>, ZHANG Xiangping<sup>1</sup>

(1. Gansu Institute of Agricultural Engineering Technology, Wuwei, Gansu 733006; 2. Gansu Agricultural Reclamation Medical Alkaloids Factory Co. Ltd., Wuwei, Gansu 733006)

**Abstract:** Taking ‘Fule’ tomato as test material, four kinds of different cultivation mode were set up. The root temperatures at 10, 20 cm and 30 cm were recorded and the growth index, yield and quality of tomato under different cultivation modes were determined. The effects of different cultivation patterns of yellow sand on growth, yield and quality of tomato in greenhouse were studied, in order to provide reference for sandy soil cultivation in desert area. The results showed that the temperature change range of non-woven bag cultivation mode was the biggest, soil cultivation was the smallest; the root length was the longest under ridge cultivation mode of yellow sand, the root length was the shortest under soil cultivation; plant height and stem diameter value were higher under soil cultivation than under sand cultivation; under different cultivation patterns the yield, single fruit weight and plant yield from more to less were soil cultivation, bed planting of yellow sand, flat cultivation of yellow sand, non-woven substrate bag cultivation; the content of soluble sugar, soluble protein, vitamin C, soluble solid were the highest in non-woven bag culture, the soil cultivation mode is the lowest.

**Keywords:** tomato; yellow sand; cultivation patterns; root temperature; quality