

# 不同根温处理对番茄叶片显微结构的影响

韩亚平<sup>1</sup>, 李亚灵<sup>2</sup>, 雷振宏<sup>1</sup>, 赵丹<sup>1</sup>, 贾学思<sup>1</sup>

(1. 山西振东道地药材开发有限公司, 山西 长治 047100; 2. 山西农业大学 园艺学院, 山西 太谷 030801)

**摘 要:**继研究了夏季高温下不同根温处理对番茄植株生长和对叶片气孔的影响后,再深入研究不同根温处理对番茄叶片显微结构的影响。以番茄为试验材料,采用营养液循环栽培法,分别对根系进行  $(23\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 、 $(28\pm 1)^{\circ}\text{C}$  和  $(33\pm 1)^{\circ}\text{C}$  3 个不同的根温处理,采用石蜡切片法对植株叶片的显微结构进行观察与测量。结果表明:随着根温的升高,处理植株的叶片厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度均在减小;表皮厚度、栅栏组织/海绵组织的厚度比增大。因此,根温升高对植株构成了干旱胁迫,植株为了适应高温干旱的环境而改变了自身的结构特征。

**关键词:**夏季高温;温室番茄;根温;叶片;显微结构

**中图分类号:**S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)03-0017-04

番茄经济价值高,栽培面积广,在我国的蔬菜生产和供应中占有重要的地位<sup>[1]</sup>。高温是温室番茄长季节栽培稳产、高产的主要限制因子<sup>[2]</sup>。高根温往往伴随着高温而产生。植物的生长发育可能对根温更为敏感,根温变化  $1^{\circ}\text{C}$  就能引起植物生长的明显变化<sup>[3]</sup>。根温升高或降低番茄生长减慢,高根温对其危害最大<sup>[4]</sup>。在众多生态因子中,叶片对水分、温度和光照的影响最为显著<sup>[5]</sup>,主要表现在叶形的变化、叶片厚度及解剖结构的差异<sup>[6]</sup>,叶片的解剖结构特征也与抗逆性有着密切的联系<sup>[7]</sup>。为了更好的了解根温对番茄植株生长的影响机理,试验采用营养液循环栽培法对植株分别进行不同的根温处理,主要从番茄植株叶片显微结构的变化来研究根温对番茄叶片的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料为番茄“新星 101”<sup>[8]</sup>。

### 1.2 试验方法

试验在山西太谷(北纬  $37^{\circ}25'$ , 东经  $112^{\circ}25'$ )山西农业大学设施农业工程中心的非对称三连栋温室内进行。穴盘育苗,待植株现蕾后,移栽于水培槽内进行营养液循环栽培,缓苗 1 周后于每天 8:00—18:00 进行不同的根温处理, T1:  $(23\pm 1)^{\circ}\text{C}$  (番茄生长比较适宜的根温,通

过向营养液中放冰桶来控温); T2:  $(28\pm 1)^{\circ}\text{C}$  (根际自然温度状态,不进行处理或稍加控制); T3:  $(33\pm 1)^{\circ}\text{C}$  (设施栽培中由高温可能产生的高根温状态,通过电热线加热来控温)。

### 1.3 项目测定

分别在处理 10、20、30、40 d 后,选择生长健壮植株的成熟叶,以叶脉为中线,在叶片中部切取  $0.2\text{ cm}\times 0.5\text{ cm}$  长的小段,迅速浸于 FAA 固定液中,真空抽气后固定 48 h 以上。采用石蜡切片法对固定好的材料进行酒精梯度脱水、二甲苯梯度透明、透蜡、包埋后切片,切片厚度  $10\text{ }\mu\text{m}$ ,对切片再进行脱蜡、番红-固绿对染法染色、二甲苯透明后用中性树胶封片<sup>[9]</sup>,干片后在 Olympus 显微镜下进行观察、拍照记录<sup>[10]</sup>,并用台式测微尺测定 3 个温度处理下的叶片厚度、表皮厚度、栅栏组织和海绵组织厚度各 10 次,并进行差异显著性分析。

### 1.4 数据分析

所有数据均以 10 个观察值的平均值来表示,使用 Excel 软件和 SAS 软件(SAS 9.1)进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 叶片厚度

植物叶片的厚薄是由于叶片本身的生长以及植物体内的水分含量引起<sup>[11]</sup>。处理 40 d 时, T1、T2、T3 处理的叶片厚度分别为 30、15、13  $\mu\text{m}$ (表 1),与 T2 处理相比, T1 处理的叶片厚度增加了 100%, T3 处理的叶片厚度减小了 13.33%,即  $T3 < T2 < T1$ ,且处理间效果显著。植物叶片越厚,储水能力越强,因此叶片厚度常作为衡量植物抗旱性的一个指标<sup>[12]</sup>。植物缺水时,叶片就会变薄,反之增厚<sup>[13]</sup>。由此说明,根温升高导致植株处于缺水状态。

**第一作者简介:**韩亚平(1985-),女,河南洛阳人,硕士,研究方向为蔬菜栽培生理。E-mail:liyapinglyp01@sina.com。

**责任作者:**李亚灵(1962-),女,博士,教授,研究方向为温室环境调控与作物生长。

**基金项目:**高等学校博士点科研基金资助项目(20091403110002)。

**收稿日期:**2015-10-29

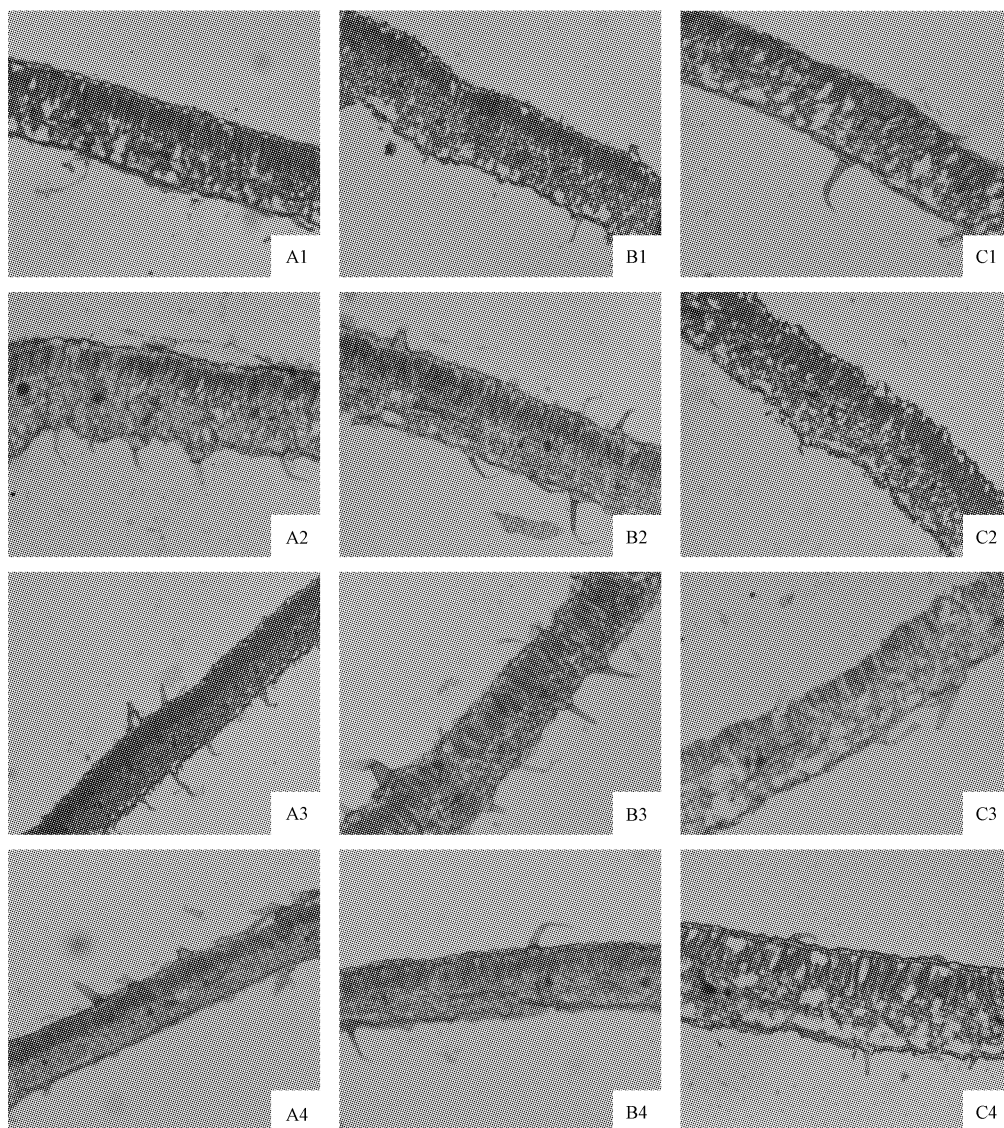
## 2.2 表皮厚度

表皮细胞的性状主要反映植物对空气湿度的适应性,表皮细胞具有贮水作用,所以表皮细胞的厚度对于水分的调节能力具有一定的意义<sup>[14]</sup>。处理 40 d 时(表 1),T1、T2、T3 处理下的叶片上表皮厚度分别为 0.8、1.0、1.0  $\mu\text{m}$ ,T1 处理的上表皮厚度小于 T2、T3 处理 20%,差异显著;下表皮厚度分别为 0.6、0.8、0.8  $\mu\text{m}$ ,T1 处理的下表皮厚度小于 T2、T3 处理 40%,差异显著。由此说明,随着根温的升高,叶片表皮厚度在逐渐增加,原因可能是为了增强贮水能力,减少蒸腾过程中水分的

亏损,这也是植物适应干旱的一种途径。

## 2.3 栅栏组织/海绵组织

叶肉栅栏组织与海绵组织的分化程度可反映环境中的水分状态<sup>[15]</sup>。处理 40 d 时,T1、T2、T3 处理的番茄叶片栅栏组织厚度分别为 8、6、5  $\mu\text{m}$ ,海绵组织厚度分别为 20、8、7  $\mu\text{m}$ (表 1),栅栏组织和海绵组织的厚度 T1 比 T2 处理分别大 33.3%、150%,T3 比 T2 处理分别小 16.67%、12.5%,即  $T3 < T2 < T1$ ,处理间效果显著。由此说明,植株的干旱胁迫程度随着根温的升高而增强<sup>[16]</sup>。



注:图中 A<sub>1</sub>、B<sub>1</sub>、C<sub>1</sub> 分别为 T1、T2、T3 处理 10 d 的叶片结构横切图;A<sub>2</sub>、B<sub>2</sub>、C<sub>2</sub> 分别为 T1、T2、T3 处理 20 d 的叶片结构横切图;A<sub>3</sub>、B<sub>3</sub>、C<sub>3</sub> 分别为 T1、T2、T3 处理 30 d 的叶片结构横切图;A<sub>4</sub>、B<sub>4</sub>、C<sub>4</sub> 分别为 T1、T2、T3 处理 40 d 的叶片结构横切图。

Note: A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub> were the leaf structure transverse chart of T1, T2, T3 treatment 10 days after treatment respectively; A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub> were the leaf structure transverse chart of T1, T2, T3 treatment 20 days after treatment respectively; A<sub>3</sub>, B<sub>3</sub>, C<sub>3</sub> were the leaf structure transverse chart of T1, T2, T3 treatment 30 days after treatment respectively; A<sub>4</sub>, B<sub>4</sub>, C<sub>4</sub> were the leaf structure transverse chart of T1, T2, T3 treatment 40 days after treatment respectively.

图 1 不同根温处理的叶片显微结构图(40×)

Fig. 1 Different root temperature treatment on leaf microscopic structure (40×)



表 1

不同根温处理对番茄植株叶片结构的影响

Table 1

The influence of different root temperature treatment on the structure of tomato plant leaves

处理天数 Treatment days/d	处理 Treatment	叶片厚度 Leaf thickness / $\mu\text{m}$	上表皮厚度 Upper the skin thickness/ $\mu\text{m}$	栅栏组织厚度 Palisade tissue thickness/ $\mu\text{m}$	海绵组织厚度 Sponge tissue thickness/ $\mu\text{m}$	下表皮厚度 Undre the skin thickness/ $\mu\text{m}$	叶脉厚度 Veins thickness / $\mu\text{m}$	栅栏海绵组织厚度比 Thickness ratio of palisade and spongy tissue	叶片/叶脉厚度比 Thickness ratio of leaf/veins
10	T1	23Aa	1.0Aa	7Aa	15.00Aa	1.0Aa	170Aa	0.47Bb	0.15Aa
	T2	18Bb	1.0Aa	7Aa	9.33Bb	1.0Aa	120Bb	0.76Aba	0.14Bb
	T3	15Bc	1.0Aa	6Aa	7.33Bc	1.0Aa	110Bb	0.82Aa	0.14Bb
20	T1	40Aa	1.0Bb	16Aa	22.00Aa	1.0Aa	205Aa	0.73Cc	0.21Aa
	T2	34Bb	2.0Aa	14Ab	17.00Bb	1.0Aa	160Bb	0.82Bb	0.19Aab
	T3	25Cc	2.0Aa	11Bb	11.00Cc	1.0Aa	160Bb	1.00Aa	0.16Ab
30	T1	32Aa	1.0Aa	12Aa	18.00Aa	1.0Aa	215Aa	0.47Bb	0.18Aa
	T2	30Ab	1.0Aa	11Aa	17.00Aa	1.0Aa	170Bb	0.65Aa	0.18Aa
	T3	25Bc	1.0Aa	7Bb	15.00Aa	1.0Aa	140Bc	0.67Aa	0.15Ab
40	T1	30Aa	0.8Bb	8Aa	20.00Aa	0.6Bb	170Aa	0.40Bb	0.19Aa
	T2	15Bb	1.0Aa	6Ab	8.00Bb	0.8Aa	120Bb	0.71Aa	0.18Aa
	T3	13Bc	1.0Aa	5Ab	7.00Bb	0.8Aa	70Cc	0.75Aa	0.13Bb

注:表中的观察值为 10 个数据的平均值。数据右侧不同大写字母表示差异达极显著水平( $P=0.01$ ),不同小写字母表示差异达显著水平( $P=0.05$ )。

Note: The table of observation for 10 strains of the averages. Data on different capital letters show extremely significant difference at 0.01 level, the different lowercase letters show significant difference at 0.05 level.

处理 40 d 时, T1、T2、T3 处理的栅栏/海绵的比值分别为 0.40、0.71、0.75(表 1), 即  $T3 > T2 > T1$ , T2 处理与 T3 处理间差异不显著, 但与 T1 处理差异极显著。由此说明, 随着根温的升高, 番茄叶片的栅栏组织与海绵组织的厚度比增大, 说明植株受到的干旱胁迫增强, 植株为了适应干旱环境而对自身结构做出改变<sup>[17]</sup>。

#### 2.4 叶脉厚度

叶脉厚度主要反映了植物对环境水分和营养条件的适应。处理 40 d 时, T1、T2、T3 处理的叶脉厚度分别为 170、120、70  $\mu\text{m}$ (表 1), T1 处理的叶片厚度比 T2 处理大 41.67%, T3 处理比 T2 处理小 41.67%, 即  $T3 < T2 < T1$ , 且处理间效果显著。随着根际温度的升高, 叶脉厚度呈下降趋势, 这与叶片厚度变化相一致。说明根温升高导致植株处于热胁迫状态。

### 3 讨论与结论

植物器官的形态结构是与其生理功能和生长环境密切相适应的, 在长期外界生态因素的影响下, 叶片在形态结构上的变异和可塑性最大, 即对生态条件的反应最为明显<sup>[18]</sup>。番茄叶片厚度的变化与周围环境湿度的变化存在一致性, 即外界湿度大, 番茄叶片厚度大; 外界湿度小时, 番茄叶片厚度小。也就是说温湿度是迫使叶片组织排列发生变化的主要因素<sup>[13]</sup>。栅栏组织与海绵组织的分化程度反映了环境的水分状态。根温升高叶肉栅栏组织发达, 海绵组织相对减少, 是植物水分短缺响应, 该特征有助于  $\text{CO}_2$  等气体从气孔向光合作用场所的传导, 又可抵消因气孔关闭和叶肉结构的变化所引起的  $\text{CO}_2$  传导率的降低, 从而提高植物对水分的利用率, 表现出植物的抗旱适应性<sup>[19]</sup>。生长在高温条件下的植物, 叶片厚度、栅栏组织和海绵组织细胞的层数及厚度减少<sup>[20]</sup>。植物对高温环境反应与其耐热能力有关, 耐热种类表现为表皮气孔密度大、体积小且孔径小, 此组织

结构能较好地吸收和保持水分, 提高水分的传输速率, 使植物能够适应高温干旱环境<sup>[21]</sup>。

该试验结果显示, 根温升高后, 叶片厚度、栅栏组织、海绵组织厚度都减小, 这些特征都说明根温升高使植株处于干旱胁迫, 植株为了适应高温干旱环境而改变其结构特征。这与韩亚平等<sup>[22]</sup>之前的研究结果一致。

#### 参考文献

- [1] 山东农业大学. 蔬菜栽培学各论(北方本)[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [2] 王冬梅, 康立功, 许向阳, 等. 热胁迫对番茄叶片主要生理生化指标的影响[J]. 园艺学进展, 2006(7): 898-901.
- [3] WALKER J M. One degree increment in soil temperature affects maize seeding behavior[J]. Pro Soc Soil Sci Am, 1969, 33: 729-736.
- [4] 冯玉龙, 刘恩举, 孟庆超. 根系温度对植物的影响(I)-根温对植物代谢的影响[J]. 东北林业大学学报, 1995, 23(4): 94-99.
- [5] 王勋陵, 王静. 植物形态结构与环境[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1989.
- [6] 迟丽华, 宋凤斌. 松嫩平原西部盐碱地区 10 种植物叶片结构特征及其生态适应性[J]. 生态环境, 2006, 15(6): 1269-1273.
- [7] 胡伟娟, 张启翔, 潘会堂, 等. 报春叶片解剖结构与耐热性的关系[J]. 华中农业大学学报, 2010, 29(3): 363-368.
- [8] 宋敏丽, 温祥珍, 李亚灵, 等. 6 个番茄品种的耐热性鉴定[J]. 北方园艺, 2012(21): 5-7.
- [9] 李正理. 植物制片技术[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [10] 王俊. 生物学技术[M]. 银川: 宁夏人民出版社, 1998.
- [11] 李国臣, 马成林, 于海业, 等. 温室设施的国内外节水现状与节水技术分析[J]. 农机化研究, 2002(4): 8-11.
- [12] 曹娟云, 欧阳永日. 干旱胁迫下枣树叶解剖学结构变化研究[J]. 江苏农业科学, 2008(3): 161-162.
- [13] 宋军兰, 李东升. 番茄叶片厚度变化规律的比较解剖分析[J]. 浙江农业学报, 2009, 21(6): 590-592.
- [14] 周桂玲, 达利夏提, 安争夕, 等. 新疆滨藜属植物叶表皮微形态学及叶的比较解剖学研究[J]. 干旱区研究, 1995, 12(3): 34-37.
- [15] 冯宝春, 陈学森, 何天明, 等. 枣树抗旱性研究初报[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2004, 22(5): 397-400.
- [16] 崔大练, 马玉心, 王俊. 干旱胁迫下紫穗槐叶片解剖特征的变化[J].

广西植物,2011,31(3):332-337.

[17] 李晓储,黄利斌,张永兵,等. 四种含笑叶解剖性状与抗旱性的研究[J]. 林业科学研究,2006,19(2):177-181.

[18] 王怡. 三种抗旱植物叶片解剖结构的对比观察[J]. 四川林业科技,2003,24(3):64-67.

[19] CHARTZOULAKIS K,PATSKAS A,KOFIDIS G,et al. Water stress affects leaf anatomy,gas exchange,water relations and growth of two avocado cultivars[J]. Scientia Horticulturae,2002,95:39-50.

[20] 费松林,方精云,樊拥军,等. 贵州梵净山亮叶水青冈叶片和木材的解剖学特征及其与生态因子的关系[J]. 植物学报,1999,41(9):1002-1009.

[21] 李芳兰,包维楷,刘俊华. 岷江上游干旱河谷海拔梯度上四川黄栌叶片特征及其与环境因子的关系[J]. 西北植物学报,2005,25(11):2277-2284.

[22] 韩亚平,李亚灵,李安平,等. 不同根际温度处理对番茄植株生长的影响[J]. 山西农业科学,2015,43(6):677-678,722.

## Influence of Different Root Temperature Treatment on Tomato Leaves Microstructure

HAN Yaping<sup>1</sup>, LI Yaling<sup>2</sup>, LEI Zhenhong<sup>1</sup>, ZHAO Dan<sup>1</sup>, JIA Xuesi<sup>1</sup>

(1. Shanxi Zhendong Chinese Geo-authentic Crude Drugs Development Co. Ltd., Changzhi, Shanxi 047100; 2. College of Horticulture, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801)

**Abstract:** Following the summer heat is studied under different root temperature processing of tomato plants growth and the impact on the stomata, to delve into the different root temperature treatment on the influence of tomato leaf microstructure. Taking tomato as material, using the nutrient cycle cultivation, three treatments of  $(23 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ ,  $(28 \pm 1)^{\circ}\text{C}$  and  $(33 \pm 1)^{\circ}\text{C}$  were done, the microstructure of leaf was observed and measured by the method of paraffin section. The results showed that with the increase of root temperature, plant leaf thickness, palisade tissue thickness, sponge tissue thickness were decreased; epidermis thickness, the thickness of palisade tissue/spongy tissue increased. So the root of high temperature on plants constituted the drought stress, plants changed the structure characteristic of itself in order to meet the environment of high temperature and drought.

**Keywords:** summer heat; greenhouse tomatoes; root temperature; leaves; microstructure

## 番茄栽培技术

### 知识窗

**温度要求** 番茄喜温,白天适宜的温度为  $25 \sim 28^{\circ}\text{C}$ ,夜间  $16 \sim 18^{\circ}\text{C}$ 。低于  $15^{\circ}\text{C}$ ,番茄种子发芽、授粉受精及番茄转红受到影响;低于  $10^{\circ}\text{C}$ ,生长缓慢,生殖发育受到抑制,  $5^{\circ}\text{C}$ 时茎叶停止生长,  $2^{\circ}\text{C}$ 则受到冷害,  $0^{\circ}\text{C}$ 即被冻死。高于  $35^{\circ}\text{C}$ 生殖发育受到影响,高于  $40^{\circ}\text{C}$ 生理紊乱而热死。充足的光照、适宜的温差利于养分的积累和转熟,促进植株健康发育,防止徒长,增强番茄的抗病、抗逆能力,提高产量。

**湿度要求** 基本原则是除发芽、出苗以及分苗定植后的缓苗期,要求较高温度和湿度外,其它时期都不需要高湿度。对水分要求除定植前和开花期以及转熟期要适当控水外,其它各期都应保证充足的水分供应。

**施肥原则** 番茄需肥量较大,各时期都应保证充足的营养,但各个生育时期对肥量需求又有一定差异,前期侧重氮肥,后期侧重钾肥,磷肥的需求贯彻生育期始终。但整个生育期间要保证钾肥的需求量。在保证番茄正常生长发育的条件下,对番茄进行低温锻炼,以促进正常的生殖生理过程和受伤后的尽快愈合恢复生长;而在分苗及定植前则要通过充足的锻炼,以保证安全渡过受伤后的艰难时期,而在正常生长阶段,温度可适当稍低。

番茄栽培的关键是培育壮苗,壮苗指标为  $6 \sim 9$  片叶,苗龄  $55 \sim 70$  d,  $20 \sim 25$  cm 高,  $100\%$  显花蕾。在番茄生产中,应对番茄进行配方施肥。生产  $100$  kg 番茄需要氮  $0.4$  kg、磷  $0.45$  kg、钾  $0.44$  kg。按  $667$  m<sup>2</sup> 产量  $5\ 000$  kg 计算,应分期及时追施“盛果肥”,这时需肥量大,施肥量应适当增加,每次每  $667$  m<sup>2</sup> 追施硫酸铵  $29$  kg、过磷酸钙  $18$  kg、硫酸钾  $20$  kg。

在种植过程中应遵循以下几个原则:一是依据土壤肥力条件,综合考虑环境养分供应,适当减少氮磷化肥的用量。二是老菜棚注意多施含秸秆多的堆肥,少施鸡粪、鸭粪等禽类粪肥,这样可以恢复地力,补充棚内二氧化碳,对除盐、减轻连作障碍等也有好处。三是早春温度低,土壤养分供应慢,前期追肥要跟上,5月份以后减少氮肥追肥,增加钾肥的使用;初秋温度高,土壤有机养分供应能力强,以控为主,不要追肥。四是推荐施肥应与合理灌溉紧密结合,建议采用膜下沟灌、滴灌等,每次每  $667$  m<sup>2</sup> 灌溉不超过  $30$  m<sup>3</sup>,沙土不超过  $22$  m<sup>3</sup>。五是对于越冬长茬的番茄,利用夏季休闲可以种植甜玉米,做到合理轮作,克服连作障碍。

(摘自:百度百科)