

温度与水分变化对西藏设施番茄苗期生长的影响

张浩宇, 李 静

(西藏农牧大学植物科学学院, 西藏 林芝 860000)

摘要:为探究西藏设施环境下温度与水分变化对番茄幼苗生长的影响,以“强丰”番茄为试材,采用盆栽法,对28℃和15℃下土壤田间持水量75%~90%和55%~70%时,番茄幼苗根系和叶片生长的变化进行了试验。结果表明:土壤田间持水量55%~70%时,低温促进番茄根鲜质量的增加;持水量75%~90%时,低温促进番茄根的伸长。低温显著抑制叶片叶绿素相对含量和氮含量的合成,叶面积主要受水分制约。温度对番茄根系和叶片生长起着主导作用,低温下合理调控水分可减弱轻度水胁迫对番茄苗的抑制作用。

关键词:温度;水分;设施栽培;番茄;西藏

中图分类号:S641.2

文献标识码:A

Effects of Temperature and Moisture Changes on Seedling Growth of Tomato in Xizang Facilities

ZHANG Haoyu, LI Jing

(College of Plant Science, Xizang Agricultural and Animal Husbandry University, Nyingchi Xizang 860000, China)

Abstract: This study investigates the impact of temperature and moisture changes on the growth of tomato seedlings in facility environments of Xizang, aiming to provide insights for optimizing tomato seedling management in local facilities. Using the tomato cultivar “Qiangfeng” and pot culture methods, we examined changes in root and leaf growth of tomato seedlings under two temperature conditions (28 °C and 15 °C) and two soil moisture levels (75%–90% and 55%–70% of soil field water holding capacity). Results showed that low temperature (15 °C) stimulated an increase in fresh root weight at 55%–70% of soil field water holding capacity, while it enhanced root elongation at 75%–90% of soil field water holding capacity. Additionally, low temperature significantly suppressed the synthesis of relative chlorophyll content and the accumulation of nitrogen content in leaves, and leaf area was primarily constrained by soil moisture. In conclusion, temperature plays a dominant role in regulating root and leaf development of tomato seedlings, and appropriate water management under low temperature can alleviate the inhibitory effect of mild water stress on tomato seedlings.

Key words: temperature; moisture; facility cultivation; *Solanum lycopersicum* L.; Xizang

番茄(*Solanum lycopersicum* L.)作为一种典型的喜温性园艺作物,在全球范围内被广泛种植与食用。它既可作为新鲜水果生食,也可烹饪加工成各类菜肴,是兼具高营养价值和多种食用方式的重要蔬菜。番茄果实中富含维生素A、维生素C、B族维生素等多种维生素,以及类胡萝卜素中的番茄红素,钾、钙、磷等矿物质含量也较为

丰富。其中,番茄红素作为一种强抗氧化剂,被认为在预防心血管疾病和部分癌症方面具有积极功效。因此,番茄已成为人类日常膳食中获取微量营养素的重要来源之一,对改善居民膳食结构、提升公共健康水平具有重要意义^[1]。

由于番茄对土壤环境具有较强的适应能力,加之近年来设施农业技术及现代化栽培管理手

收稿日期:2024-12-09

作者简介:张浩宇(2000—),男,本科,主要从事茄果类蔬菜研究,E-mail:2108329659@qq.com。

通信作者:李静(1989—),女,硕士,实验师,主要从事园艺作物育种与栽培研究,E-mail:383286141@qq.com。

段的不断成熟,其在全球范围内的种植面积稳步增长。据统计,目前全世界番茄种植总面积已达约 500 万 hm^2 ,成为世界上种植最广泛的蔬菜作物之一^[2]。中国作为世界农业大国,在番茄产业中表现尤为突出,不仅拥有全球最大的番茄种植面积^[2],同时也是番茄产量与消费量最高的国家^[3]。在西藏地区,随着“菜篮子”工程的推进与设施农业的发展,番茄也逐渐成为当地蔬菜产业中广泛选择的栽培种类之一,但西藏地处青藏高原,平均海拔较高,气候条件具有显著特殊性,主要表现为年均气温低、无霜期短、太阳辐射强、昼夜温差大等特征,这些自然条件限制了番茄等喜温作物的露地生产,因此设施栽培成为该地区番茄种植的主要方式。通过大棚、温室的应用,可以在一定程度上改善作物生长的微气候环境,缓解低温对番茄生长发育的不利影响^[4]。

然而,在西藏设施番茄的实际生产过程中,仍存在一系列环境限制因子,其中低温与水管理不当是制约番茄优质高产的关键问题。苗期是番茄生命周期中对环境变化最为敏感的阶段,低温不仅会抑制植株的光合作用、养分吸收及转运效率,还可能影响花芽正常分化,进而对后期果实形成与产量造成潜在影响。与此同时,水分作为植物体内物质运输与代谢反应的介质,其供应状况直接影响根系的发育与植株的水分利用效率。在低温背景下,不当的灌溉往往进一步加剧幼苗的生理障碍,如根系缺氧、养分吸收不平衡等,最终影响幼苗的健壮程度及抗逆能力。

目前,关于温度与水分两个环境因子之间的交互作用如何影响西藏地区设施番茄幼苗生长的研究仍较为缺乏,尤其是在高原特有的强辐射与昼夜温差大的环境背景下,温、水耦合调控对番茄幼苗形态建成、生理代谢及养分积累的机制尚不明确,缺乏系统性的定量研究。因此,深入研究温度与水分对西藏设施番茄幼苗生长的协同影响,探索适应高原设施环境的温、水优化管理模式,对提升番茄幼苗质量,实现早熟高产与品质提升具有重要实践意义。

基于上述背景,本研究从西藏地区设施番茄栽培的实际环境特点出发,系统探讨不同温度与水分条件对番茄幼苗生长的影响,分析温、水互作对植株形态、生理特性及生物量积累的调控效应,进而提出适用于高原设施番茄育苗的温、水

优化管理策略,旨在为提高番茄幼苗质量、促进番茄产业在西藏地区的高效与可持续发展提供理论依据与技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为“强丰”番茄,属于早熟品种,具有适应性广泛、抗病、高产、不易裂果等特性。

1.2 试验设计

试验于 2024 年 3—12 月在西藏农牧大学实习农场进行。首先对番茄种子进行浸种催芽和播种育苗,待幼苗长至 3~4 片真叶时,移栽至装有烘干土壤的营养钵中(每个营养钵中土重 800 g),每钵移栽 1 株番茄幼苗,以温度 28 $^{\circ}\text{C}$ 和土壤田间持水量 75%~90% 为对照,分别在温度 15 $^{\circ}\text{C}$ 和水分 55%~70% 的影响下测定番茄幼苗的各项指标。每个处理 12 次重复。具体试验设计见表 1。

表 1 试验设计

处理	温度/ $^{\circ}\text{C}$	土壤田间持水量/%
CK	28	75~90
T1	28	55~70
T2	15	75~90
T3	15	55~70

注:正常浇水(土壤田间持水量为 75%~90%),轻度水分胁迫(土壤田间持水量为 55%~70%)^[5],其中水份控制采用称重法进行测定与控制^[5]。

1.3 指标测定

1.3.1 根长、根重测定

用游标卡尺测量主根长度,同时使用电子天平对清洗干净的植株完整的根部进行称重,即为番茄幼苗根鲜质量,后采用烘干法^[7]测定根干质量。

1.3.2 叶面积测定

利用游标卡尺测定植株从子叶向上第五片真叶最大复叶的叶长、叶宽,并按公式 $S = K \times L \times B$ ^[8] 计算叶面积。式中: S 代表叶面积, mm^2 ; K 为系数 0.85; L 为叶片最大长度, mm ; B 为叶片最大宽度, mm 。

1.3.3 叶绿素相对含量和氮含量测定

待叶面积测定结束后,用植物营养测定仪(TYS-4N)测定对应叶片的叶绿素相对含量和氮含量^[9]。

1.4 数据统计和分析

采用 SPSS 27.0 对数据进行统计整理,并进行单因素方差分析和相关性分析;利用 Graph-Pad Prism 9.5.0 进行图表绘制;数据均为 3 次重复试验的平均值。

2 结果与分析

2.1 温度与水分对番茄苗各指标的影响

方差分析表明,温度对番茄苗的根长、叶片的叶绿素相对含量和氮含量有极显著的影响,对

根鲜质量具有显著影响,对根干质量和叶面积的影响不显著。水分对番茄幼苗的根长、根鲜质量和根干质量有极显著的影响,对叶片的叶绿素相对含量和叶面积有显著影响,对叶面积等生长指标无显著影响。温度与水分的交互作用对番茄苗的根长和根干质量有极显著影响,对根鲜质量、叶绿素相对含量叶片氮含量和叶面积等生长指标无显著影响,表明温度与水分对番茄幼苗生长相关指标的影响具有明显差异(表 2)。

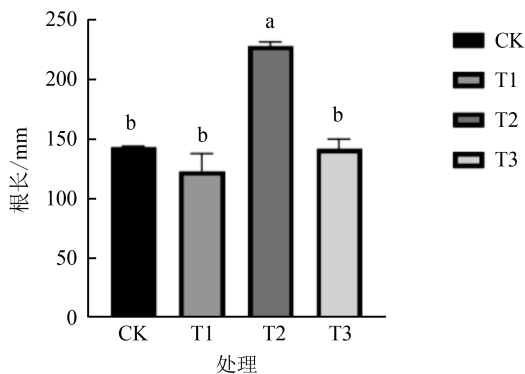
表 2 双因素方差分析

差异源	p					
	根长	根鲜质量	根干质量	叶绿素相对含量	叶片氮含量	叶面积
温度	0.001**	0.046*	0.061	0.001**	0.001**	0.181
水分	0.001**	0.001**	0.001**	0.045*	0.452	0.006*
温度×水分	0.005**	0.09	0.001**	0.137	0.746	0.053

注:* $p < 0.05$, ** $p < 0.001$ 。

2.2 温度与水分对番茄苗根长的影响

由图 1 可知,3 个处理组与对照相比均存在显著差异($p < 0.05$);根长总体变化由长到短为 $T2 > CK > T3 > T1$,T2 处理下番茄根长最长,为 228.84 mm,表明温度对番茄幼苗根长的影响比水分明显,且土壤田间含水量 75%~90%时,低温对番茄根长具有促进作用。



注:小写字母表示 0.05 水平上差异。下同。

图 1 根长的变化

2.3 温度与水分对番茄苗根质量的影响

根干鲜质量也是判断根生长情况的一个重要指标。由图 2、图 3 可知,番茄苗根鲜质量和根干质量的结果中处理组与对照间均存在显著差异($p < 0.05$)。与对照相比,T3 处理下根鲜质量最重,为 8.57 g,T2 处理下根干质量最重,为 0.84 g,表明温度 15℃ 和土壤田间持水量为 55%~70% 时对番茄苗的根鲜质量具有促进作用,温度 28℃ 和土壤田间持水量为 55%~70%

时,更有利于番茄苗干质量的累积。

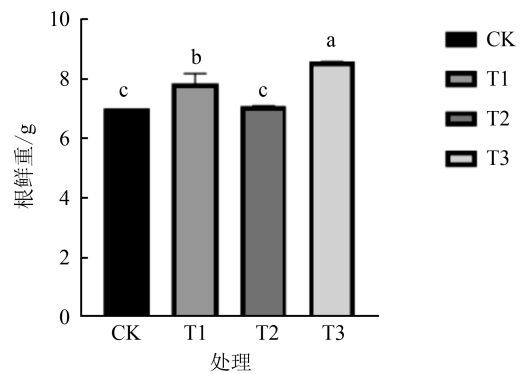


图 2 根鲜质量的变化

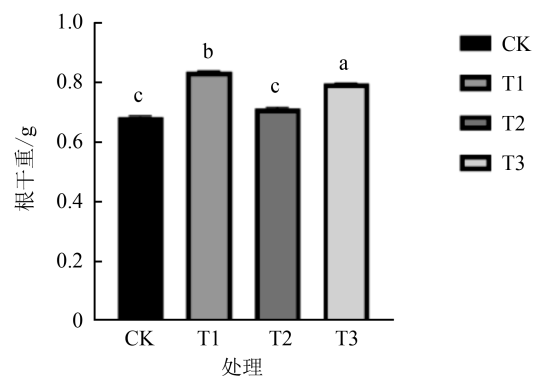


图 3 根干质量的变化

2.4 温度与水分对番茄苗叶片的影响

2.4.1 叶绿素相对含量的变化

植株叶绿素相对含量间接指示着植株的生长情况。由图 4 可知,不同处理组的番茄苗叶片的叶绿素相对含量均与对照组相比,存在明显不同(除 T1 处理与对照组叶绿素相对含量大小基

本一致外)。在温度为 15℃,土壤田间持水量为 55%~70%时,番茄苗叶片的叶绿素相关含量与对照相比显著下降($p < 0.05$),表明温度为 28℃时,土壤田间持水量的变化对番茄叶绿素相对含量的变化不大,当温度下降至 15℃时,番茄苗叶片叶绿素相对含量明显降低。

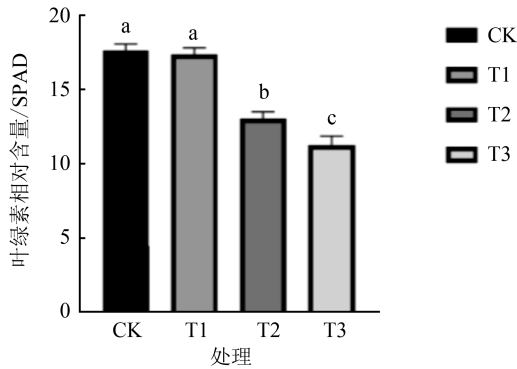


图 4 叶片叶绿素相对含量的变化

2.4.2 氮含量的变化

由图 5 可知,不同处理下番茄苗叶片氮含量的变化与叶片叶绿素相对含量的变化基本一致。同一温度下,土壤田间持水量的变化对番茄苗叶片氮含量影响不大,但温度 15℃处理下番茄苗叶片氮含量显著低于 28℃($p < 0.05$),表明低温对番茄苗叶面氮含量变化影响更显著。

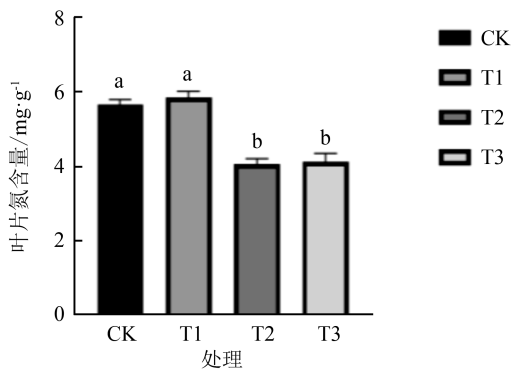


图 5 叶片氮含量的变化

2.4.3 叶面积的变化

由图 6 可知,与对照相比,温度和水分任一变化均抑制番茄苗叶面积的增长。其中温度为 28℃,土壤田间持水量为 75%~90%时,番茄苗叶面积最大为 1 101.14 mm²,当土壤田间持水量下降至 55%~70%时,番茄苗叶面积显著下降($p < 0.05$),而温度下降至 15℃对番茄苗叶面积的影响低于土壤田间持水量,表明番茄苗叶面积的变化主要受到土壤田间持水量的影响,低温会增强土壤田间持水量对其生长的制约。

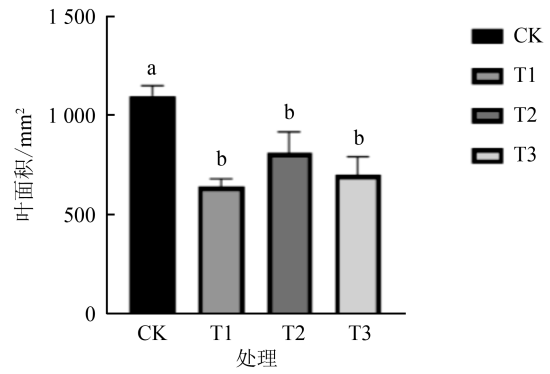


图 6 叶面积的变化

3 讨论与结论

3.1 讨论

适宜温度下,番茄幼苗根部生长旺盛,根系发达^[10],根系能够正常进行细胞分裂和伸长,不断拓展生长空间,从而更好地吸收土壤中的水分和养分,促进叶片的正常生长和发育^[11-12];对于植物而言,其叶片颜色鲜绿,质地厚实,叶片中的叶绿素含量相对较高,能够充分吸收光能,将二氧化碳和水转化为有机物,光合效率高,为幼苗生长提供能量^[13-14]。但在低温环境下,植物细胞分裂和代谢活动减弱,根系活力下降,这使得幼苗难以从土壤中获取足够的营养物质,根部生长缓慢甚至停滞,进而降低植物的抗逆性,抑制叶片酶活性,影响光合作用和呼吸作用^[15-16]。水分对植物生长发育也有直接影响,水分不足时,根部细胞失水,光合作用减弱,根系生长受阻,根毛减少,吸收面积减小,难以从土壤中获取足够的水分和养分^[17],出现萎蔫、生长缓慢等现象,甚至导致幼苗死亡。

本研究结果表明,番茄幼苗叶片的叶绿素相对含量与氮含量同叶面积、根长、根鲜干质量等生长指标相比均呈现显著负相关关系,这与文献^[18-19]的结果一致,且温度对番茄苗根部和叶片影响较大,其中当土壤田间持水量在 55%~70%时,即使温度降低对番茄苗根质量的影响也不大,反而低温条件下,能促进根鲜质量的增加;土壤田间含水量 75%~90%时,低温对番茄根长也具有促进作用;但低温对番茄苗叶片的叶绿素相对含量和氮含量的合成具有明显的抑制作用,叶面积主要受到土壤田间持水量的制约,低温同样也限制着叶面积的增加。这种结果主要是因为当温度成为限制植物正常生长的条件时,根就

会相应的产生形态和生理方面的变化来维持其功能的行为^[20],由于须根的缓慢分生甚至不分生,导致番茄幼苗无法通过根在土壤中获取足够的养分供给叶片叶绿素和氮的合成。在温度28℃情况下,轻度水胁迫能刺激根部伸张,根质量增加,叶绿素相对含量和氮含量变化不明显,叶面积明显受到抑制;当温度降至15℃时,番茄苗的根、叶片生长等基本受到抑制,表现出主导作用。

3.2 结论

本试验研究了温度和水分变化对番茄苗根、叶片的影响,得出以下结论:

1)与对照组相比,低温刺激了番茄苗根伸长,对根质量影响不明显,抑制幼苗叶片叶绿素相对含量和叶面氮的合成,叶面积减小。

2)轻度水分胁迫下,在一定程度上刺激了番茄苗根质量的增加,对叶片叶绿素相对含量变化和叶面氮含量的影响相对较小,显著抑制了幼苗叶面积的增长。

3)温度与水分交互效应下,温度对番茄苗根部和叶片的生长起着主导作用,合理调控土壤田间持水量,可以减弱轻度水胁迫对番茄苗的抑制作用。

结合温度和水分对番茄苗的根和叶片生长至关重要的这一特性,本研究为西藏高原低温环境条件下设施番茄灌水的优化管理技术的开展在理论上提供了可行性,但实际番茄栽培的环境可能无法保证精准的温度和水分控制,情况或许更为复杂,后期将结合番茄幼苗生长对温度和水分需求的具体机理进行研究,以期能够解决生产中的这一难题。

参考文献:

[1] SANGWANANGKUL P, BAE Y S, LEE J S, et al. Short-term pretreatment with high CO₂ alters organic acids and improves cherry tomato quality during storage[J]. Horticulture, environment and biotechnology, 2017, 58(2):127-135.

[2] TIEMAN D, ZHU G, RESENDE, et al. A chemical genetic roadmap to improved tomato flavor[J]. Science, 2017, 355(6323):391-394.

[3] 李君明, 项朝阳, 王孝宣, 等. “十三五”我国番茄产业

现状及展望[J]. 中国蔬菜, 2021(2):13-20.

[4] 格桑玉珍. 西藏地区设施番茄栽培技术[J]. 新农业, 2019(3):35.

[5] 孙三杰, 李建明, 宗建伟, 等. 亚低温与干旱胁迫对番茄幼苗根系形态及叶片结构的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(11):3027-3032.

[6] 孙三杰. 亚低温与水分对番茄幼苗生理特性、根系形态及叶片解剖结构的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.

[7] 陈寿松, 占杨, 郑功宇, 等. 茶叶含水率常用测定方法及比较分析[J]. 中国茶叶加工, 2013(3):33-36.

[8] 董建舒, 申孝军, 衣若晨, 等. 花生叶面积指数精准快速监测方法研究[J]. 节水灌溉, 2024(2):88-94, 104.

[9] 冯欢欢, 高思齐, 高晋丽, 等. 氮添加对大兴安岭泥炭地典型植物叶片叶绿素和养分含量的影响[J]. 生态学杂志, 2025, 44(5):1456-1464.

[10] 李文超, 董会, 王秀峰. 根结线虫对日光温室黄瓜生长、果实品质及产量的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2006, 37(1):35-38.

[11] 罗利艳, 江志阳, 孙翠焕, 等. 贝莱斯芽孢杆菌 TMQ-KSL-1 分离鉴定及其发酵液对番茄根结线虫的生防作用[J]. 微生物学杂志, 2024, 44(2):62-70.

[12] 尹杨. 薄皮甜瓜幼苗根形态及氮吸收对根际高 CO₂ 胁迫的响应[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2019.

[13] 董丽娟, 孙阳阳, 孙海伟, 等. 间伐+回缩修剪对“石丰”板栗枝条生长及光合作用的影响[J]. 林业科技, 2024, 49(2):29-33.

[14] 王馨雨, 王伟, 多立安, 等. 氧化石墨烯对白三叶根系生长、生理和解剖结构的影响[J]. 天津师范大学学报(自然科学版), 2024, 44(4):26-31, 61.

[15] 张芙蓉. 不同浓度微咸水与分根区交替灌溉上下限对设施番茄生长与品质的影响[D]. 银川: 宁夏大学, 2023.

[16] 周帅, 杨依康, 李国营, 等. 西藏5种沙棘属植物根形态和解剖结构比较研究[J]. 高原农业, 2023, 7(2):178-186.

[17] 黄晓璐. 治理秸秆焚烧环境污染面临的困局与出路[J]. 环境科技, 2009, 22(S2):123-124, 128.

[18] 吴春蕾, 马友华, 于红梅, 等. 不同施肥处理对巢湖流域番茄产量和蔬菜地硝态氮含量的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(23):208-213.

[19] 庞世龙, 欧芷阳, 申文辉, 等. 桂西南喀斯特地区优势木本经济植物叶功能性状变异及其适应策略[J]. 广西植物, 2021, 41(5):707-714.

[20] 刘锦春, 钟章成. 水份胁迫和复水对石灰岩地区柏木幼苗根生长的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(12):6439-6445.