

不同温光对温室番茄生理指标的影响

赵玉萍, 徐占伟* (新疆阿克苏地区农业技术推广中心, 新疆阿克苏 843000)

摘要 [目的] 研究不同温度光照水平组合对番茄生理指标的影响, 为番茄栽培过程中合理的温光搭配提供理论依据。[方法] 在日光温室中, 通过人工加温和补光, 并设置不同的温光条件, 测定番茄的生理指标, 比较不同处理间差异, 并对测定指标进行分析。[结果] 随着温度的增加, 番茄叶片内 Chla 和 Chlb 含量增加, 叶绿素 a/b 值下降, 叶片游离脯氨酸(Pro)含量显著降低; 在同一温度环境下, 随着光照强度的增加, Chla 和 Chlb 含量降低, 而叶绿素 a/b 值、游离脯氨酸(Pro)含量、根系活力都呈增加趋势; 但是, 在自然温度处理环境, 植株叶片内游离 Pro 含量高于增温 3~4 和 6~7 °C 处理区, 根系活力前期变化不明显, 随着时间的延长根系活力后期增加很快。[结论] 随着光照强度的增加, 叶绿素含量降低, Pro 含量也增加; 随着温度的增加, 叶绿素含量增加, Pro 含量降低; 但是, 在温度相同条件下, 随着光照强度的增加, 根系活力增加。

关键词 温光; 番茄; 生理指标

中图分类号 S26⁺1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)13-03791-02

Effects of Different Temperature and Light on Tomato Photosynthesis in the Greenhouse

ZHAO Yu-ping, XU Zhan-wei (Agricultural Technology Promotion Center of Akesu Area, Akesu, Xinjiang 843000)

Abstract [Objective] The effects of temperature and illumination level combination on tomato physiological indexes were studied to provide the theoretical basis for reasonable TPS in tomato cultivation process. [Method] In sunlight greenhouse, by artificial heating and lighting, under different sowing conditions, the physiological indexes of tomato were measured, the differences between different processing were compared, and measurement indicators were analyzed. [Result] With the temperature increasing, the tomato leaf Chla and Chlb content increased, chlorophyll a/b value decreased, and leaf free proline content decreased significantly. At the same temperature conditions, with the increase of light intensity, Chla and Chlb content reduced, and chlorophyll a/b value, free proline content and root activity increased. But in the natural temperature processing environment, plant leaf free proline content was higher than that of warming within 3-4 and 6-7 °C treatment area. Root activity early change wasn't obvious. With the extension of time, root activity increased quickly in the late period. [Conclusion] With the increase of light intensity, chlorophyll content was lower, and Pro content increased. With the increase of the temperature, the chlorophyll content increased, and Pro content decreased. But in the same condition of temperature, with the increase of light intensity, root activity increased.

Key words Temperature and light; Tomato; Physiological indicators

番茄在我国西北地区日光温室冬春茬栽培中常遇到温度光照不足, 使得其光合作用受限, 产量降低, 商品性差, 给温室番茄生产提前上市造成严重损失。因此, 了解番茄的生理机制, 对西北地区保护地冬季栽培番茄、提高产量及品种选育是非常必要的。尽管有关番茄温光逆境生理的研究较多, 但多数是以低温或弱光作为单一因素进行研究的^[1]。而对于番茄的保护地栽培, 尤其是在日光温室生产过程中, 即使是加温与补光条件交互处理, 大多也都是集中在苗期, 而对番茄成株期的生长发育和生理机制综合影响的研究不多^[2]。笔者以金棚 1 号为材料, 在人工控制设施环境条件下, 研究番茄定植后至开花坐果期的生理特性, 以便为番茄设施高产栽培、品种选育和适当、适时增温补光调控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试番茄品种为金棚 1 号。番茄粉果果实外形美观, 色泽好, 高圆形, 似苹果无绿肩, 表面光滑、发亮, 大小均匀, 大的可达 350~500 g, 果型大且无畸形果, 口感好, 风味佳。

1.2 试验设计 设空气温度和光照强度 2 个因素。空气温度设 3 个水平, 即日光温室常规管理的自然温度 (15~20 °C)、比自然对照温度高 3~4 和 6~7 °C; 光照强度也设定 3

个水平即日光温室常规管理的自然光照强度 (100~600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)、补光 100 和 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。温光交互共 9 个处理, 重复 3 次。各处理设计见表 1。

1.3 试验方法 试验在阿克苏地区农业科技示范园日光温室进行, 分别于 2011 年 12 月冬春茬和 2012 年 8 月秋冬茬口营养钵基质育苗, 待 4~5 片真叶时定植于直径 33 cm 和高 22 cm 的塑料花盆中, 每盆 1 株, 共种植 270 株, 栽培基质 ($V_{\pm} : V_{\text{牛粪}} : V_{\text{草炭}}$) 为 5:3:2。在总长 60 m 的日光温室, 用 PC 板分成 3 间, 每个挡板只留出一个小心门, 作为 3 个温度梯度间, 保证温度梯度相隔 4 °C 左右, 每隔间 (即每个温度处理) 设 3 个光照小区, 各个小区间用 2 行保护行隔开, 共 9 个处理小区。温度处理方式: T1 常规管理的自然温度 (15~20 °C); T2 人工采用热风炉加温和控制通风相结合, 控制温度达到 25 °C 左右; T3 人工采用热风炉加温和通风相结合, 控制温度达到 30 °C 左右。光照处理方式: L1 自然光照 (100~600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$); L2 自然光照 + 2 盏补光灯 (补光灯均为飞利浦农用钠灯, 每盏灯能补光 40~60 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 补光面积约 15 m^2); L3 自然光照 + 4 盏补光灯。

1.4 测定指标与方法 叶绿素含量的测定采用丙酮溶液提取法; 脯氨酸(Pro)含量的测定采用酸性茚三酮提取法; 根系活力的测定采用氯化苯基四氮唑(TTC)法。

2 结果与分析

2.1 不同温光对温室番茄开花期叶绿素含量的影响 由表 2 可知, 不同热风炉加温和农业钠灯补光处理对叶绿素 a

基金项目 国家“十一五”科技支撑计划项目 (2007BAD79B04-01, 2007BAD7904-03)。

作者简介 赵玉萍 (1982-), 女, 新疆阿克苏人, 农艺师, 硕士, 从事设施园艺方面的工作。* 通讯作者, 高级农艺师, 从事设施园艺方面的工作。

收稿日期 2014-04-14

含量的影响不同。随着加温程度的增加,番茄开花期叶绿素 a 含量增加,补光强度越大,番茄叶绿素 a 含量越低。其中,补光处理 $200 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 叶绿素 a 含量在不同的温度下均为最低,温度 T1、T2、T3 补光处理中光强 $100 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 处理叶绿素 a 含量分别比 CK 降低了 1.7%、2.2%、2.0%,光强 $200 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 处理叶绿素 a 含量分别比 CK 降低了 6.2%、4.8%、5.3%。

表 1 试验设计及其代码

处理	代码	处理方式
①	T1L1	对照温度 + 自然光照 (CK)
②	T1L2	对照温度 + 补光 $100 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
③	T1L3	对照温度 + 补光 $200 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
④	T2L1	增温 +3~5 °C + 自然光照
⑤	T2L2	增温 +3~5 °C + 补光 $100 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
⑥	T2L3	增温 +3~5 °C + 补光 $200 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
⑦	T3L1	增温 +8~10 °C + 自然光照
⑧	T3L2	增温 +8~10 °C + 补光 $100 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
⑨	T3L3	增温 +8~10 °C + 补光 $200 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

不同热风炉加温和农业钠灯补光处理叶绿素 b 含量也不同。随着温度的升高,番茄开花期叶绿素 b 含量增加,补光强度越大,叶绿素 b 含量也越低。其中,补光处理 $100 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 叶绿素 b 含量在不同的温度下均为最低,在温度 T1、T2、T3 下,不同光照强度处理中光强 $100 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 处理叶绿素 b 含量分别比 CK 降低了 11.1%、6.5%、9.6%,光强 $200 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 处理叶绿素 b 含量分别比 CK 降低了 18.5%、13.7%、16.4%。

不同温光处理叶绿素 a/b 值不同。随着补光强度的增加,番茄开花期叶绿素 a/b 值增加,温度增加后叶绿素 a/b 值降低。补光处理 $200 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 叶绿素 a/b 值在不同的温度下均为最大。

表 2 不同温光对叶绿素含量的影响

处理	叶绿素 a 含量	叶绿素 b 含量	叶绿素 a/b 值
T1L1	1.151 bc	0.27 cd	4.26 e
T1L2	1.13 d	0.24 ef	4.72 b
T1L3	1.08 e	0.22 f	4.91 a
T2L1	1.16 ab	0.28 bc	4.16 f
T2L2	1.13 d	0.26 d	4.35 d
T2L3	1.10 d	0.24 f	4.58 c
T3L1	1.19 a	0.31 a	3.85 g
T3L2	1.17 a	0.28 b	4.18 f
T3L3	1.13 cd	0.26 de	4.36 d

注: 同列不同小写字母表示差异在 0.05 水平显著。

2.2 不同温光对温室番茄 Pro 含量的影响 由图 1 可知,在相同的农用钠灯补光强度下,随着热风炉加温程度的增加,番茄叶片内游离 Pro 含量降低。在 T1 不采用任何加热设备的相对低温下,随着光照强度的增大,番茄叶片内游离 Pro 含量增加。在温度不同情况下处理 10 d 后,L3 补光处理 Pro 含量可达 $90.11 \text{ mg}/\text{g}$,但随着处理时间的延长,Pro 含量逐渐降低,与 CK 差异达 0.01 显著水平。这可能是由于番茄

体内蛋白质合成速度减慢,减少了渗入蛋白质含量。

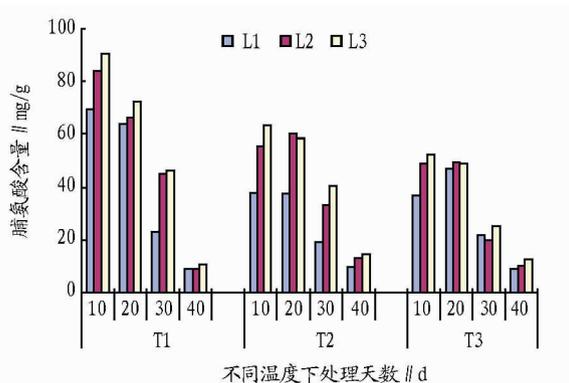


图 1 不同温度和光照强度对温室番茄 Pro 含量的影响

2.3 不同温光对温室番茄根系活力的影响 由图 2 可知,番茄在不同加温和农业钠灯补光强度处理下,根系活力呈现 0.05 水平显著性差异,尤其是 T1 在温度相对低的处理下根系活力明显高于增温 3~4 和 6~7 °C 处理,而加温 3~4 和 6~7 °C 处理下根系活力的变化趋势基本相同。在相同的光照条件下,T1 处理 10 d 后根系活力没什么变化,可能是由于温度较低,活力也较低;但是,处理 30 d 后,根系活力增加得很快,可能是由于外界温度的升高促进了根系对养分的吸收;但是,T2 和 T3 处理根系活力呈 S 曲线。在相同的温度条件下,补光 200 和 $100 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 处理的根系活力都比自然光条件高,说明光照强度对根系活力的影响很大。这可能是由于植株采用向上生长的策略以获取更多的光能,使得植物体内的光合产物、养分主要用于地上部的生长,不断地从土壤中吸收养分,从而增强根系活力。经方差分析,得知该试验不同加温和补光的番茄平均根系活力在 3 个温度处理间存在 0.05 水平显著性差异。

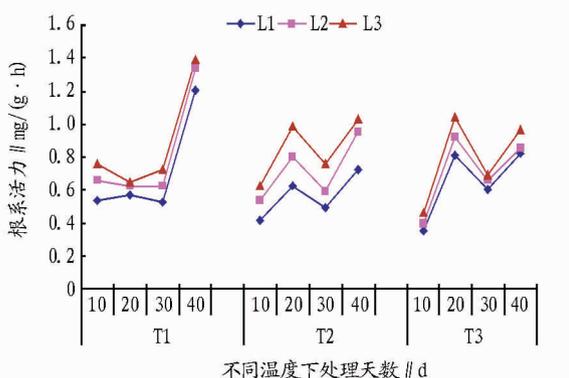


图 2 不同温度和光照强度对温室番茄根系活力的影响

3 讨论

研究表明,随着温度的增加,番茄开花期叶绿素含量增加,在同一温度条件下光照强度大,叶绿素含量降低,叶绿素 a/b 值升高^[3]。光照强度越弱,番茄植株叶片的叶绿素含量和叶绿素 a/b 值都有一定的上升趋势。这是植物对温室光照强度增加适应性的反映^[4]。研究表明,叶绿素含量的降低有利于植物将光能转换成营养物质或生殖物质;而随着温度

(下转第 3818 页)

ABA 的信号转导途径中起到了重要的调节作用^[13]。因此针对 VDAC 相互作用蛋白的研究对明确 VDAC 蛋白的功能是有非常重要的。同时,体外 pull-down 试验通常需要可溶性的 VDAC 蛋白,但在 VDAC 蛋白的研究中,外源表达 VDAC 蛋白时常会形成包涵体,因此需要通过复性操作以得到具有预期生物活性的蛋白质。而通常的包涵体复性过程中,复性条件难以控制,成本高,在复性过程中也很难保证包涵体蛋白形成正确的折叠结构。而如果能从上清较少的表达量中纯化出可溶性的 VDAC 蛋白,则会避免这个问题。

实验室前期采用 pET-30a(+) 原核表达载体,构建了带有组氨酸标签的 OsVDAC3 融合蛋白的原核表达载体^[14]。但是带有组氨酸标签的 OsVDAC3 融合蛋白几乎都以包涵体的形式存在,几乎不能纯化出可溶性的带有组氨酸标签的 OsVDAC3 融合蛋白。因此试验采用 pGEX-4T-1 原核表达载体,其在目标蛋白的 N 端加上一个约 26 kD 的 GST 标签蛋白,在原核表达时得到了较 pET-30a(+) 原核表达载体进行原核表达时更多的可溶型 VDAC3 蛋白,说明 GST 标签可能具有增进原核表达蛋白可溶型的作用;也为进一步去研究 OsVDAC3 蛋白在水稻中的相关功能奠定了基础。

参考文献

- [1] ABRECHT H, GOORMAGHTIGH E, RUYSSCHAERT J M, et al. Structure and orientation of two voltage-dependent anion-selective channel isoforms [J]. *Journal of Biological Chemistry*, 2000, 275(52): 40992-40999.
- [2] MLAYEH L, CHATKAEW S, LONETTI M, et al. Modulation of plant mito-

chondrial VDAC by phyto-sterols [J]. *Biophys Journal*, 2010, 99(7): 2097 - 2106.

- [3] ELKELES A, DEVOS K M, GRAUR D, et al. Multiple cDNAs of wheat voltage - dependent anion channels (VDAC): Isolation, differential expression, mapping and evolution [J]. *Plant Molecular Biology*, 1995, 29: 109 - 124.
- [4] ALBITAR F, ROOSENS N, SMEYERS M, et al. Sequence analysis, transcriptional and posttranscriptional regulation of the rice vdac family, *Biochim, Biophys [J]. Acta, Gene Struct Expression*, 2003, 1625: 43 - 51.
- [5] WANDREY M, TREYASKIS B, BREWIN N, et al. Molecular and cell biology of a family of voltage - dependent anion channel porins in *Lotus japonicus* [J]. *Plant Physiol*, 2004, 134: 182 - 193.
- [6] SMACK D P, COLOMBINI M. Voltage-dependent channels found in the membrane fraction of corn mitochondria [J]. *Plant Physiol*, 1985, 79: 1094 - 1097.
- [7] 罗凤燕. 水稻 vdac_{ant} 及 HL - sp1 基因的表达研究 [D]. 武汉: 中南民族大学, 2010.
- [8] 夏春皎. 水稻线粒体渗透性转换的鉴定及其相关基因家族的系统发育分析 [D]. 武汉: 中南民族大学, 2010.
- [9] 江晨, 程钢, 刘学群, 等. 水稻 osvdac 基因 RNAi 表达载体的构建及遗传转化 [J]. *安徽农业科学*, 2011(28): 17176 - 17178.
- [10] 包义凤, 应莲芳, 蒋琳. 包涵体蛋白复性技术研究进展 [J]. *微生物学免疫学进展*, 2012(2): 84 - 88.
- [11] 张婷婷, 叶波平. 包涵体蛋白质的复性研究进展 [J]. *药物生物技术*, 2007(4): 306 - 309.
- [12] 赵喜红, 何小维, 李文美, 等. 大肠杆菌表达包涵体蛋白体外复性研究进展 [J]. *食品工业科技*, 2010(6): 379 - 383.
- [13] TATEDA C, WATANABE K, KUSANO T, et al. Molecular and genetic characterization of the gene family encoding the voltage - dependent anion channel in *Arabidopsis* [J]. *Journal of Experimental Botany*, 2011, 62: 4773 - 4785.
- [14] 秦圣光. 两个 osvdac 基因的原核表达及其对水稻的遗传转化 [D]. 武汉: 中南民族大学, 2011.

(上接第 3792 页)

的增加,植株前期生长很快,但是会提前衰老,叶片变薄,光合作用减弱,即植物光能利用率低,因此叶绿素含量增加。

大量研究表明,Pro 含量在植物体中的高低不仅可以调节植物渗透性,而且可以防止植物细胞受到环境威胁时的脱水,当植物生长的环境温度过低时植物体内 Pro 含量会增加。试验中,不同热风炉加温或通风和农业钠灯补充光照强度处理使得番茄叶片内 Pro 含量比温度低的环境处理区有明显的降低,但是随着补光强度的增加,Pro 含量也增加,但是在相同的补光强度处理区,随着热风炉加温处理不同程度的增加,Pro 含量也降低。这可能是 Pro 在番茄体内对温度或相对高光的敏感反应^[5]。因此,在反季节种植蔬菜情况下,要注意调控保护地环境的温度和冬季光照不足,以免植物遭受冷害而影响产量、品质。

研究还表明,在增温温度同等的环境下,补光 200 和 100 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 处理的根系活力都比自然光照下高,说明光照强度对根系活力的影响很大。这可能是由于植株争取向上生长以获取更多的光能,不断地从土壤中吸收养分,从而增强了根系活力,因此补光处理区比自然光处理区地上部生长旺盛。

参考文献

- [1] 康恩祥. 低温弱光对西葫芦幼苗生长及生理生化特性的影响 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2006.
- [2] 任华中, 黄伟, 张福媛. 低温弱光对温室番茄生理特性的影响 [J]. *中国农业大学学报*, 2002, 7(1): 95 - 101.
- [3] 马德华, 庞金安, 霍振荣, 等. 弱光对黄瓜幼苗某些生理特性影响 [J]. *河南农业大学学报*, 1997, 31(3): 248 - 250.
- [4] 王萍. 低温弱光对日光温室辣椒生长发育和生理生化特性的影响 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2005.
- [5] 侯兴亮, 李景富, 许向阳. 弱光处理对番茄不同生育期形态和生理指标的影响 [J]. *园艺学报*, 2002, 29(2): 123 - 127.