

DOI:10.11937/bfyy.201701013

# 水分胁迫对设施番茄结果期叶片衰老特性和根系活力的影响

侯梦媛, 杨再强, 张曼义

(南京信息工程大学 气象灾害预报预警与评估协同创新中心, 江苏 南京 210044)

**摘 要:**以番茄“寿信 98”为试材, 设置 4 个土壤水分处理, 土壤水分分别为田间持水量的 70%~80% 为正常灌溉 (CK)、60%~70% 为轻度胁迫、50%~60% 为中度胁迫、40%~50% 为重度胁迫, 系统测定水分胁迫对设施番茄结果期植株叶片衰老特性和根系活力的影响。结果表明: 番茄叶片细胞色素含量随胁迫程度的加重先升高后降低, 轻度胁迫下细胞色素含量显著高于其它处理; 随水分胁迫时间延长番茄叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量均呈下降趋势。叶片组织的超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化物酶 (POD) 活性随水分胁迫时间延长均呈先增加后减少的趋势, 不同土壤水分处理下, 番茄叶片 SOD 和 POD 活性均表现为重度胁迫 > 中度胁迫 > 轻度胁迫 > CK, 且 2 种抗氧化酶活性均在果实膨大期达到最大值。在果实膨大期, 轻度胁迫、中度胁迫、重度胁迫下 SOD 活性分别是 CK 的 1.00、1.82、1.68 倍, 而 POD 活性分别是 CK 的 1.81、2.37、2.91 倍。轻度胁迫显著增加番茄根系活力, 而其它水分处理下番茄根系活力较 CK 均有不同程度的降低, 成熟期轻度胁迫、中度胁迫、重度胁迫下番茄根系活力分别是 CK 处理的 102.08%、90.62%、80.56%。因此, 轻度水分胁迫有利于细胞色素合成和根系活力的提高, 增加了设施番茄对水分逆境的耐受力, 减缓植株的衰老进程。

**关键词:**水分胁迫; 叶片衰老特性; 保护酶; 根系活力; 结果期

**中图分类号:**S 641.226 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)01-0052-06

番茄 (*Lycopersicon esculentum* L.) 是我国重要设施作物之一, 2012 年设施番茄种植面积达

**第一作者简介:**侯梦媛(1992-), 女, 硕士研究生, 研究方向为设施农业气象。E-mail: c470256059@qq.com.

**责任作者:**杨再强(1967-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为设施作物环境调控机理。E-mail: yzq@nuist.edu.cn.

**基金项目:**公益性行业(气象)科研重大专项资助项目 (GY-HY201506001-6)。

**收稿日期:**2016-09-26

45.33 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>, 番茄植株生长和果实形成对水分需求量较大, 水分是设施环境调控中的重要因子, 水分过多造成设施内空气湿度大而导致病虫害严重, 水分不足则影响番茄植株生长发育和产量。因此, 如何合理控制土壤水分成为设施番茄生产中最关注的科学问题。

关于土壤水分对作物的生理特性、生长发育影响有一定的报道。普遍研究认为作物在遭受干旱胁迫后, 体内活性氧自由基增加, 细胞失水, 叶片逐渐变黄,

charantia rotation. The number of bacteria and actinomycetes in welsh onion and momordica charantia rhizosphere soil increased; the number of fungi and *Fusarium oxysporum* decreased. In the wane period, invertase activities in rhizosphere soil of welsh onion and momordica charantia were 95.96% and 44.44% higher than that of continuous cropping; ureases activities were 52.94% and 29.41% higher than that, Catalases were 182.69% and 100.00% higher than that of continuous cropping; polyphenol oxidases were 151.11% and 75.56% higher than that. Welsh onion and momordica charantia rotation crop were relief cucumber continuous cropping obstacle and prevented the soil fertility decline. The effect of welsh onion rotation was more significant.

**Keywords:** cucumber; welsh onion; momordica charantia; rotation; rhizosphere soil microecology

组织器官功能衰退,植物衰老甚至死亡<sup>[2-3]</sup>。MOHAMMADKHANI等<sup>[4]</sup>研究认为,持续水分胁迫会使玉米叶片的叶绿素a、叶绿素b及叶绿素总量显著减少,但类胡萝卜素含量却有所增加,这在山毛豆<sup>[5]</sup>、牛心朴子<sup>[2]</sup>等植物中也表现出相似的规律;MOSTAFA等<sup>[6]</sup>认为随水分胁迫程度加重会增加罗勒叶片叶绿素含量。牛云慧等<sup>[7]</sup>研究表明,果实膨大期番茄根系活力对水分胁迫较敏感,水分胁迫会使番茄根系活力降低。国内学者在土壤水分对植物酶类抗氧化系统的影响方面研究较多,包括花生<sup>[8]</sup>、番茄<sup>[9]</sup>、小麦<sup>[10]</sup>等。前人研究集中在水分胁迫逆境对单一发育阶段作物生理特性的影响,但对设施番茄坐果后叶片衰老特性及根系活力对水分胁迫处理作用的响应尚鲜见报道。该试验通过对番茄全生育期控水,研究设施番茄叶片衰老特性和结果期根系活力对水分胁迫的响应,以期对设施番茄节水灌溉提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试番茄品种“寿信98”(‘Shouxin98’)在某农资店购买。试验用花盆深19.0 cm,直径25.4 cm,每盆装土约5 kg。供试温室跨度为9.0 m,顶高为4.5 m,檐高为3.5 m。

### 1.2 试验方法

试验于2015年10月1日至12月24日在南京信息工程大学Venlo温室内进行。在温室采用基质盘育苗,待番茄植株长至5叶1心时,选取生长健壮、长势一致的植株移入塑料花盆中。定植缓苗7 d后进行水分胁迫试验。试验设置4个水分处理<sup>[11]</sup>,田间持水量的70%~80%为正常灌溉(CK);田间持水量的60%~70%为轻度胁迫;田间持水量的50%~60%为中度胁迫;田间持水量的40%~50%为重度胁迫。供试土壤田间持水量标准为32.45%(体积含水量)。将试验盆栽放置于温室中部,每个处理24盆,盆间距30 cm,每盆种一株,共24株。分别于番茄坐果期(11月25日)、果实膨大期(12月5日)、成熟期(12月20日)取样,进行番茄叶片细胞色素含量、酶活性参数及根系活力的测定<sup>[9,12]</sup>。

### 1.3 项目测定

1.3.1 试验期间温室环境 采用自动数据采集器(Watch Dog 2000, USA)采集温室内气象数据,温室内1.5 m高处相对湿度、空气温度、冠层上方1.5 m的太阳总辐射值,采集频率为10 s。待各处理番茄土壤水分达到试验所设标准时(2015年11月5日),

采用EM50(Decagon Device, USA)采集土壤水分与土壤温度数据,采集频率为30 min。

1.3.2 叶片细胞色素含量的测定 每处理选取长势一致的健壮植株,于08:30—09:30采样,取自上而下数第3~4叶位功能叶片,称取0.2 g样品置体积分数95%的乙醇中浸提48 h,待叶片中的细胞色素析出后,将提取液在紫外分光光度计(UV-1850, 日本岛津)波长665、649、470 nm下比色<sup>[13]</sup>。

1.3.3 酶活性参数的测定 选择与测定光合色素相同部位的叶片,于08:30—09:30采样并置于液氮中冷冻5 min,取出后将样品剪碎,称取0.5 g放入研钵中冰浴研磨,匀浆移入离心管,10 000 r·min<sup>-1</sup>冰冻离心20 min,将上清液倒入试管并于0~4℃条件下保存。参照李合生<sup>[13]</sup>的方法测定超氧化物歧化酶(SOD)及过氧化物酶(POD)活性。

1.3.4 根系活力的测定 称取0.5 g根样品浸入10 mL反应液(0.4% TTC溶液和磷酸缓冲液的等量混合液),置于37℃暗处保温1 h,加入1 mol·L<sup>-1</sup>硫酸2 mL停止反应,将根取出,采用TTC法<sup>[13]</sup>测定根系活力。

### 1.4 数据分析

试验数据采用Excel 2010软件绘图,DPS v7.05及SPSS 16.0软件进行相关统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 试验期间温室环境

所测各处理土壤含水量、土壤温度、相对湿度、日平均温度以及光合有效辐射变化情况见图1,试验期间土壤温度、日平均温度及光合有效辐射均呈曲线下降趋势,其中日平均温度变化幅度为7.05~25.60℃,土壤温度变化幅度为6.33~21.80℃,光合有效辐射变化幅度较小,为4.00~6.83 MJ·m<sup>-2</sup>;而空气相对湿度则曲线上升,变化幅度为75.43%~90.13%。

### 2.2 土壤水分胁迫对叶片衰老特性的影响

2.2.1 对番茄叶片叶绿素含量的影响 叶绿素是植物进行光合作用的重要细胞色素,能够反应植物光同化的能力。番茄叶片叶绿素a、叶绿素b及总叶绿素含量分别见图2a~c。不同土壤水分处理下,叶绿素a、叶绿素b及总叶绿素含量均随胁迫程度加重先升高后降低,随胁迫时间延长不断下降。整体来看,轻度胁迫下的细胞色素含量显著高于CK。坐果期,番茄叶片叶绿素a、叶绿素b及总叶绿素含量在轻度胁迫下达到最大值,分别比CK高10.01%、19.93%、12.42%。成熟期时番茄叶片总叶绿素含量在轻度胁迫、中度胁迫、重度胁迫处理下比坐果期分

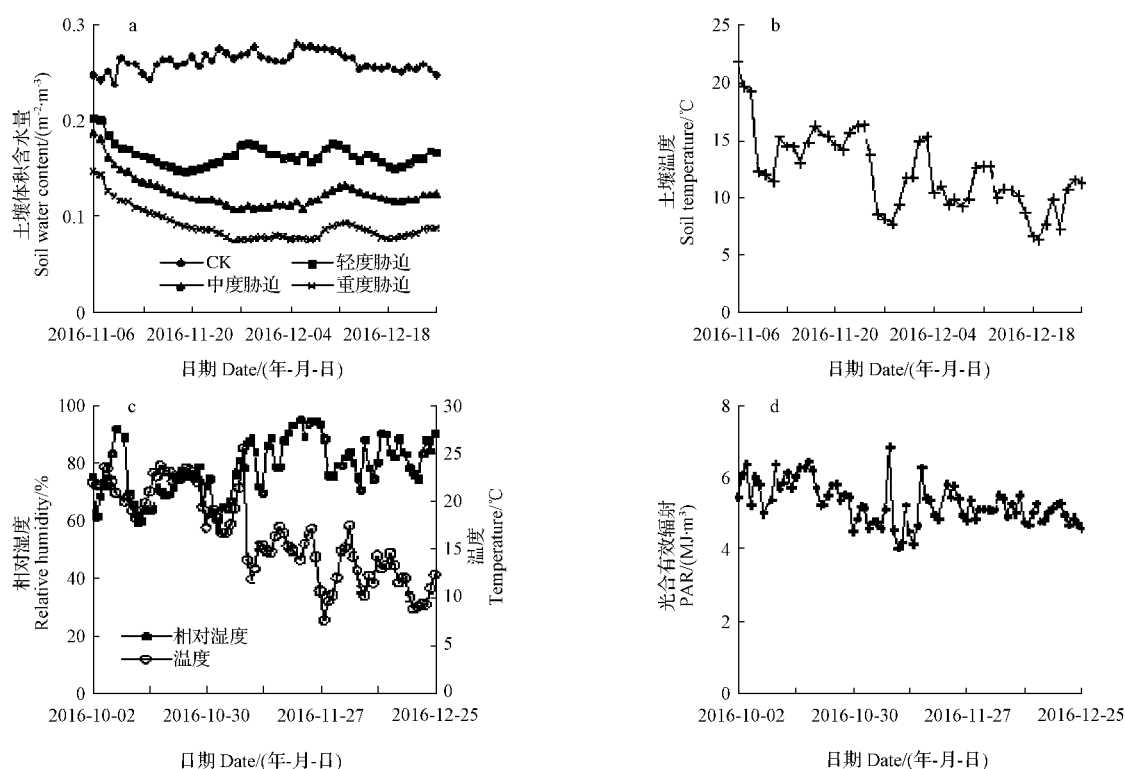


图1 2015年试验期间温室环境变化

Fig. 1 Changes of greenhouse environment during the experiment period in 2015

别降低了23.86%、30.64%、37.65%。轻度胁迫下的叶绿素含量高于其它处理且变化较小,说明适度的干旱能够提高番茄的光合潜力,减缓其衰老进程。

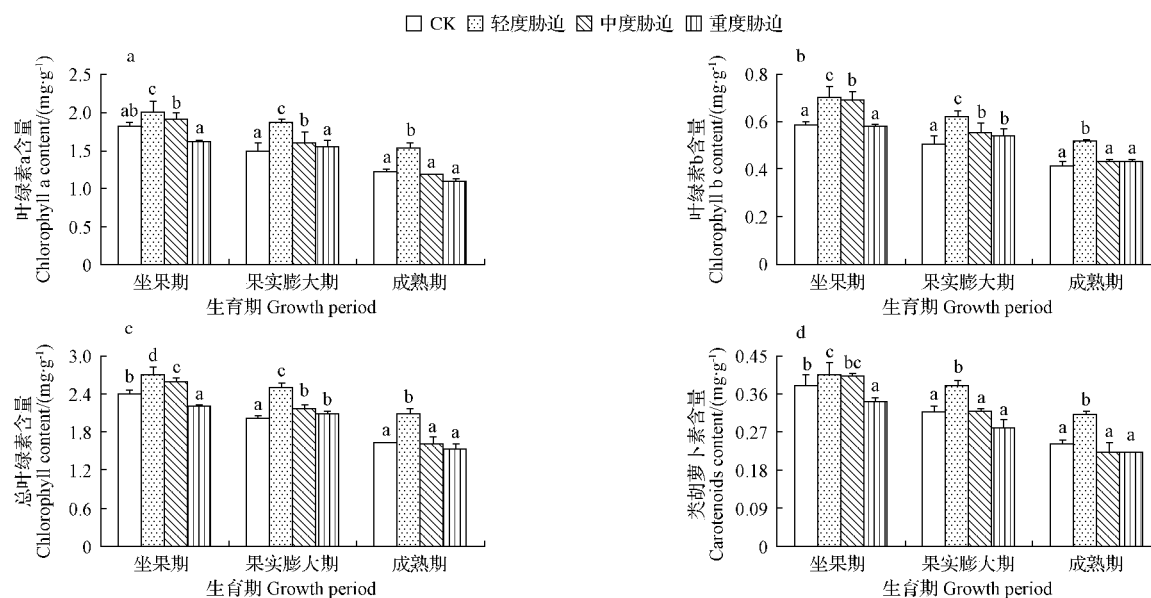
**2.2.2 对番茄叶片类胡萝卜素含量的影响** 类胡萝卜素能够保护叶绿素不受强光伤害,清除自由基,抑制过氧化反应,并且能够向叶绿素传递光能,对植物的光合过程及逆境下生长具有重要作用。类胡萝卜素含量变化与叶绿素含量变化基本一致(图2d),随胁迫程度的加重呈先升高后降低的趋势,轻度胁迫下类胡萝卜素含量显著高于其它处理。轻度胁迫处理类胡萝卜素含量在坐果期、果实膨大期、成熟期分别比CK高6.56%、19.74%、26.23%。随着水分胁迫的加剧,类胡萝卜素含量降低。由此表明,适度水分胁迫处理能够提高番茄类胡萝卜素含量,有助于番茄清除活性氧自由基,减少氧累积,而高程度水分胁迫下类胡萝卜素则降解加快或合成受阻,由此加速了番茄的衰老进程。

**2.2.3 对番茄叶片保护酶活性的影响** 超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)是植物体内重要的抗氧化剂,能够有效降低逆境条件下活性氧对植物的伤害。由图3可知,在不同土壤水分处理下,番茄叶片SOD和POD活性变化均呈现出比较明显且

相似的规律性,随胁迫时间的延长酶活性先升高后降低。不同土壤水分处理下番茄叶片SOD和POD活性均为重度胁迫>中度胁迫>轻度胁迫>CK。在坐果期,轻度胁迫下SOD活性比CK高 $19.40 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,且差异显著,而POD活性与CK相比无显著差异,说明轻度水分胁迫下,SOD能够清除大部分的活性氧,从而减轻干旱逆境造成的损伤。随着胁迫持续,不同处理间的差异逐渐增大,至果实膨大期,轻度、中度和重度胁迫处理下SOD活性分别是CK的1.00、1.82、1.68倍,POD活性分别是CK的1.81、2.37、2.91倍,各处理间番茄SOD和POD活性均达到显著差异( $P < 0.05$ )。果实膨大期至成熟期各水分处理下番茄叶片SOD和POD活性均不断下降,其中重度胁迫处理下降最快,SOD、POD活性的降幅分别是CK的1.64、1.90倍。成熟期,中度和重度胁迫处理下SOD和POD活性仍与CK差异显著,这说明长期水分胁迫会破坏番茄叶片的抗氧化能力,番茄能够对轻度的干旱逆境做出适应性的调节,而长期重度干旱则会破坏叶片抗氧化能力,叶片衰老严重。

### 2.3 土壤水分胁迫对番茄结果期根系活力的影响

由表1可知,不同土壤水分处理下番茄根系活力均为轻度胁迫>CK>中度胁迫>重度胁迫。坐



注:字母表示 5% 水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters represent significant differences ( $P < 0.05$ ). The same as below.

图 2 水分胁迫对结果期番茄叶片细胞色素的影响

Fig. 2 Effect of water stress on leaf photosynthetic pigment in fruiting period of greenhouse tomato

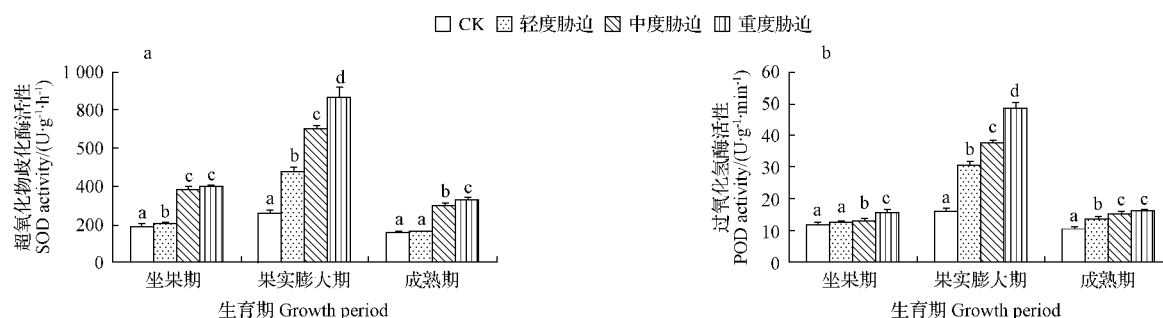


图 3 水分胁迫对结果期番茄保护酶活性的影响

Fig. 3 Effect of water stress on protective enzyme activity in fruiting period of greenhouse tomato

表 1 水分胁迫对结果期番茄根系活力的影响

处理 Treatment	坐果期 Rewarding stage	果实膨大期 Fruit enlargement stage	成熟期 Mature stage
正常灌溉 CK	200.23±6.69a	174.54±4.89a	111.59±5.04a
轻度胁迫 Light stress	233.93±2.91b	198.43±4.55b	113.91±9.87b
中度胁迫 Moderate stress	185.71±5.28c	152.97±2.36c	101.12±4.11c
重度胁迫 Severe stress	115.12±3.62d	101.99±8.44d	89.90±4.04c

果期,轻度胁迫下番茄根系活力最大,比 CK 处理高 16.83%;果实膨大期各处理番茄根系活力均有所降低,但轻度胁迫下根系活力仍最大,达 198.43  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ;至成熟期各处理根系活力达到最低,轻度胁迫、中度胁迫、重度胁迫下番茄根系活力分别是 CK 处理的 102.08%、90.62%、80.56%。试验期间各处理根系活力均与 CK 处理差异显著 ( $P < 0.05$ )。说明长期干旱胁迫会对番茄的根系活

力造成显著影响,且水分适度亏缺有利于锻炼番茄根系遭受逆境胁迫的能力,使根系活力增强。不同水分处理下,番茄根系活力随胁迫时间的延长均不断减少,除重度水分胁迫外,其它水分处理的番茄根系活力均出现较大幅度的下降,并在果实膨大期至成熟期间降幅最大。

### 3 结论与讨论

关于植物在水分胁迫条件下的光合色素含量变

化,有学者认为植物在水分逆境条件下,叶绿体会逐渐解体,叶片发黄并逐渐脱落<sup>[8]</sup>。GHOTBI-RAVANDI等<sup>[14]</sup>研究认为结果期番茄叶绿素含量随水分胁迫程度的增强而不断减少,一些学者在小麦<sup>[15]</sup>和黄瓜<sup>[16]</sup>等的研究中也得出了相似结论。但齐曼·尤努斯等<sup>[17]</sup>研究发现,水分胁迫下,尖果沙枣幼苗的叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量随着胁迫程度的加重呈先升高后降低的趋势。该研究中,番茄叶片细胞色素含量随胁迫程度的加重先升高后降低,整体来看,轻度水分胁迫下的细胞色素含量显著高于其它水分处理,这是因为甜椒在轻度水分胁迫下,根系通气状况适宜,对轻度干旱逆境适应良好,更有利于叶片细胞色素的合成。该研究还发现,各处理番茄叶片叶绿素 a、叶绿素 b 与类胡萝卜素含量均随胁迫持续而不断降低。这是因为随着胁迫的不断持续,番茄生长状况变差,叶片失水,参与碳固定的酶活性下降<sup>[18]</sup>,细胞内氧自由基含量升高,细胞膜结构遭到破坏,因而造成叶绿素的加速降解与植株衰老。

酶类抗氧化系统广泛存在于植物细胞中,普遍研究认为植株会在水分逆境下增加 SOD 及 POD 来清除氧自由基,加速分解  $H_2O_2$ ,防止活性氧伤害细胞膜<sup>[19]</sup>,有效保护植物组织,其含量及活性能够反应植物对抗逆境胁迫的能力<sup>[20]</sup>。但不同品种以及胁迫持续时间不同,SOD、POD 活性变化趋势有一定差异<sup>[21]</sup>。该试验中,从坐果期至果实膨大期,各处理番茄叶片 SOD 及 POD 活性大幅增加,表明番茄自身能够对水分胁迫做出适应性调节,通过增加 SOD 及 POD 活性来清除逆境条件下产生的活性氧自由基,减少叶片细胞膜脂的过氧化反应,降低植物在土壤水分亏缺情况下的损伤程度。果实膨大期之后,各处理 SOD 和 POD 活性均不断下降,且降幅与胁迫程度一致,表明番茄在长期水分胁迫下,代谢紊乱,活性氧自由基过剩,膜脂过氧化进程加重,细胞膜遭到损害,而水分胁迫程度的加重则会进一步恶化番茄生长环境,加速叶片损伤及植株衰老。POD 活性对水分胁迫的响应与 SOD 基本一致,表明 POD 与 SOD 能够协同清除番茄在水分亏缺条件下产生的活性氧,这与杨再强等<sup>[9]</sup>的研究一致。该研究还发现,SOD 及 POD 都以果实膨大期为活性变化的转折期,说明水分胁迫至果实膨大期时,SOD、POD 活性受到抑制,植物进入快速衰老状态,且干旱程度越重,衰老越快。

根系是植物吸水的主要器官,水分胁迫会影响根系<sup>[22]</sup>及植株地上部分的生长<sup>[23]</sup>。该研究表明,轻度水分胁迫能够增加番茄根系活力,而重度水分胁迫

严重抑制番茄根系生长。充分灌溉时,土壤水分饱和,透气性降低,根系出现渍水与缺氧,因此根系活力受到抑制,这与前人研究结果一致<sup>[24]</sup>。但植物根系对水分胁迫的适应能力有限<sup>[25]</sup>,超过番茄植株能够适应的干旱范围,植物不能适时协调自身生长,其根系活力降低,代谢下降,更易衰老,这与杨再强等<sup>[9]</sup>研究一致。持续水分亏缺会增加根系线粒体超氧阴离子,在胁迫后期根系的保护机制被破坏,根系活力会迅速下降<sup>[26]</sup>。该研究表明,随着水分胁迫时间的延长,根系活力不断下降,这在玉米<sup>[27]</sup>、棉花<sup>[28]</sup>、红砂<sup>[29]</sup>等的研究中也得到了相似的结论。

水分胁迫对番茄结果期衰老特性的负效应较为显著,较多学者认为土壤水分含量为以田间持水量的 68% 为下限更有利于对番茄的生长发育<sup>[30-31]</sup>,该研究证实在轻度水分胁迫条件下,番茄根系活力及光合色素含量高于中度和重度胁迫及正常灌溉,适度水分胁迫能提高坐果期设施番茄抗衰老能力及促进根系吸收水分和养分,利于番茄干物质积累和果实生长。

## 参考文献

- [1] 杨再强,邱译萱,刘朝霞,等.土壤水分胁迫对设施番茄根系及地上部生长的影响[J].生态学报,2016,36(3):748-757.
- [2] 何军,许兴,李树华,等.水分胁迫对牛心朴子叶片光合色素及叶绿素荧光的影响[J].西北植物学报,2004,24(9):1594-1598.
- [3] HUI H X, XU X, LI Q R. Exogenous betaine improves the photosynthesis of *Lycium barbarum* under salt stress[J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 2003, 23(12): 2137-2422.
- [4] MOHAMMADKHANI N, HEIDARI R. Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in two maize cultivars[J]. Pak J Biol Sci, 2007, 10(22): 4022-4028.
- [5] 李冬琴,曾鹏程,陈桂葵,等.干旱胁迫对3种豆科灌木生物量分配和生理特性的影响[J].中南林业科技大学学报,2016,36(1):33-39.
- [6] MOSTAFA H, AMIR G. Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria(PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil(*Ocimum basilicum* L.)[J]. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2012, 11(1): 57-61.
- [7] 牛云慧,曹红霞,石小虎,等.水分亏缺对温室番茄生长发育及生理特性的影响[J].灌溉排水报,2013,32(4):67-70.
- [8] 张智猛,戴良香,宋文武,等.干旱处理对花生品种叶片保护酶活性和渗透物质含量的影响[J].作物学报,2013,39(1):133-141.
- [9] 杨再强,刘朝霞,韩秀君,等.水分胁迫对番茄保护酶活性及果实产量的影响[J].东北农业大学学报,2014,45(3):40-45.
- [10] 高阳,黄玲,李新强,等.开花后水分胁迫对冬小麦旗叶光合作用和保护酶活性的影响[J].水土保持学报,2013,27(4):201-206.
- [11] 刘明,吕爱锋,武建军,等.干旱对农业生态系统影响研究进展[J].中国农学通报,2014,30(32):165-171.
- [12] 曹通力,刘灿玉,徐坤.硅对干旱胁迫下番茄根系细胞超微结构及线粒体活性氧代谢的影响[J].园艺学报,2014,41(12):2419-2426.
- [13] 李合生.植物生理生化试验原理和技术[M].3版.北京:高等教育出版社,2000.

育出版社,2000.

- [14] GHOTBI-RAVANDI A A, SHAHBAZI M, SHARIATI M, et al. Effects of mild and severe drought stress on photosynthetic efficiency in tolerant and susceptible barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes[J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 2014, 200(6): 403-415.
- [15] 马富举, 李丹丹, 蔡剑, 等. 干旱胁迫对小麦幼苗根系生长和叶片光合作用的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(3): 724-730.
- [16] 吴顺, 张雪芹, 蔡燕. 干旱胁迫对黄瓜幼苗叶绿素含量和光合特性的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(1): 133-137.
- [17] 齐曼·尤努斯, 木合塔尔·扎热, 塔衣尔·艾合买提. 干旱胁迫下尖果沙枣幼苗的根系活力和光合特性[J]. 应用生态学报, 2011, 22(7): 1789-1795.
- [18] 杨玉珍, 张云霞, 彭方仁. 干旱胁迫对不同种源香椿苗木光合特性的影响[J]. 北京林业大学学报, 2011, 33(1): 44-48.
- [19] 邵怡若, 许建新, 薛立, 等. 5 种绿化树种幼苗对干旱胁迫和复水的生理响应[J]. 生态科学, 2013, 32(4): 420-428.
- [20] KHOLOVÁ J, HASH C T, KOČOVÁ M, et al. Does a terminal drought tolerance QTL contribute to differences in ROS scavenging enzymes and photosynthetic pigments in pearl millet exposed to drought[J]. Environmental and Experimental Botany, 2011, 71(1): 99-106.
- [21] 张俊霞, 刘晓鹏, 向极钎. 植物抗氧化系统对逆境胁迫的动态响应[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 2015, 33(4): 435-439.
- [22] 张旭东, 王智威, 韩清芳, 等. 玉米早期根系构型及其生理特性

对土壤水分的响应[J]. 生态学报, 2016, 36(10): 2969-2977.

- [23] 丁红, 张智猛, 戴良香, 等. 干旱胁迫对花生生长发育和生理特性的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(6): 1586-1592.
- [24] 赵海超, 抗艳红, 龚学臣, 等. 干旱胁迫对不同马铃薯品种苗期生理生化指标的影响[J]. 作物杂志, 2013, 6(19): 63-69.
- [25] 李文烧, 张岁岐, 丁圣彦, 等. 干旱胁迫下紫花苜蓿根系形态变化及与水分利用的关系[J]. 生态学报, 2010, 30(19): 5140-5150.
- [26] 曹逼力, 刘灿玉, 徐坤. 硅对干旱胁迫下番茄根系细胞超微结构及线粒体活性氧代谢的影响[J]. 园艺学报, 2014, 41(12): 2419-2426.
- [27] 王智威, 牟思维, 闫丽丽, 等. 水分胁迫对春播玉米苗期生长及其生理生化特性的影响[J]. 西北植物学报, 2013, 33(2): 343-351.
- [28] 罗洪海, 张宏芝, 张亚黎, 等. 干旱区膜下滴灌条件下土壤深层水对棉花根系生长、分布及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(2): 395-402.
- [29] 种培芳, 李航逸, 李毅. 荒漠植物红砂根系对干旱胁迫的生理响应[J]. 草业学报, 2015, 24(1): 72-80.
- [30] 吕剑, 颜建明, 郁继华, 等. 灌水下限对基质栽培番茄生长、水分利用效率及果实品质的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2013, 48(1): 37-41, 48.
- [31] COOLONG T, SURENDRAN S, WARNER R. Evaluation of irrigation threshold and duration for tomato grown in a silt loam soil[J]. Hort Technology, 2011, 21(4): 466-473.

## Effect of Water Stress on Leaf Senescence and Root Activity in Fruiting Period of Greenhouse Tomato

HOU Mengyuan, YANG Zaiqiang, ZHANG Manyi

(Collaborative Innovation Center of Meteorological Disaster Prediction and Early Warning and Evaluation, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing, Jiangsu 210044)

**Abstract:** ‘Shouxin 98’ was chosen as the plant material and EM50 was applied to control water content. The effects of water stress on leaf senescence and root activity in fruiting period of greenhouse tomato were studied. Four models of water supply were conducted, which included normal water supply (CK, field water holding capacity of 70%—80%), light stress (field water holding capacity of 60%—70%), moderate stress (field water holding capacity of 50%—60%) and severe stress (field water holding capacity of 40%—50%). The results showed that photosynthetic pigment increased first and then decreased with the reduction of soil moisture. The photosynthetic pigment with the light stress was significantly higher than other treatments. The activity of superoxide dismutase (SOD) was the same as peroxidase (POD), showed a trend of increasing first and then decreasing among different water treatments. SOD and POD activity of tomato plants decreased with the reduction of soil moisture, showed severe stress treatment > moderate > light > CK. SOD and POD activity were the highest in fruit enlargement stage. The light stress, moderate stress, severe stress of SOD activity were 1.00, 1.82, 1.68 times than CK in fruit enlargement stage respectively, and those of POD activity were 1.81, 2.37, 2.91 times than CK. The root activity of tomato could be increased significantly under light stress, but it decreased to different degree under other water treatments. The light stress, moderate stress, severe stress of root activity were 102.08%, 90.62% and 80.56% of CK in mature stage respectively. Therefore, light water treatment could promote the synthesis of photosynthetic pigment, increase the root activity and slow down the aging pace by improving greenhouse tomato tolerance to water stress.

**Keywords:** water stress; leaf senescence; protective enzyme; root activity; fruiting period