

# 负水头供营养液绿藻抑制方法研究

毛思帅<sup>1,2</sup>, 胡跃高<sup>2</sup>, 薛绪掌<sup>1</sup>, 陈菲<sup>1</sup>

(1. 国家农业智能装备工程技术研究中心, 北京 100097; 2. 中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100193)

**摘 要:**以番茄为试材, 通过在营养液中添加不同浓度的双氧水  $H_2O_2$  (对照、遮光、0.1%  $H_2O_2$ 、0.3%  $H_2O_2$ 、0.5%  $H_2O_2$ 、0.7%  $H_2O_2$ ), 研究其对营养液绿藻生成和番茄产量及品质的影响, 寻求抑制负水头灌溉装置中营养液绿藻发生的新方法, 以期保障负水头供营养液方式下番茄的顺利生产。结果表明: 营养液绿藻的产生会给番茄的生长、产量和品质带来一定的负作用; 物理遮光和  $H_2O_2$  可以抑制绿藻生成, 进而避免绿藻带来的番茄生长减缓、产量降低等危害。0.3%  $H_2O_2$  处理对番茄产量无影响, 0.5%、0.7%  $H_2O_2$  处理影响番茄的产量; 低浓度(0.1%、0.3%)的  $H_2O_2$  处理对番茄的品质产生一定的负作用但对番茄的生长无影响, 0.5%、0.7%  $H_2O_2$  处理影响番茄的长势。

**关键词:**绿藻; 遮光;  $H_2O_2$ ; 番茄; 产量; 品质

**中图分类号:**S 604<sup>+</sup>.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)02-0001-04

营养液中极易滋生绿藻, 绿藻大量繁殖, 不仅吸收营养、浪费配方肥料, 而且给水培蔬菜的生长发育造成了严重影响, 如叶菜类叶片变黄, 生长减慢; 瓜果类坐果不良, 产量和品质降低等<sup>[1]</sup>; 对于生产花卉则影响其观赏效果<sup>[2]</sup>。针对水培花卉中营养液滋生绿藻的难题, 研究表明, 一定浓度的  $CuSO_4$  处理、活性碳处理可以抑制绿藻的产生<sup>[3]</sup>, 但  $CuSO_4$  溶液易产生药害故不能应用于水培蔬菜生产用水中<sup>[1]</sup>。有关绿藻问题有效安全的解决方法尚鲜见报道。

双氧水( $H_2O_2$ )是一种强氧化剂, 具有洗净、漂白、杀菌等作用, 它作为种子发芽促进剂在一些瓜类种子播种前处理中已得到初步应用<sup>[4]</sup>, 李源<sup>[5]</sup>研究发现, 较低浓度的  $H_2O_2$  能一定程度地缓解 100 mmol/L NaCl 胁迫对板蓝根幼苗所造成的生长抑制, 而高浓度具有相反的作用, 加重了幼苗的伤害程度, 该研究尝试用  $H_2O_2$  解决营养液中的绿藻问题。

负水头灌溉装置中的控压管和进水管中的营养液见光易产生绿藻, 影响装置的正常运行, 进而影响作物的生长及其产量。该试验在营养液中加入不同浓度的  $H_2O_2$  并采取遮光处理, 探索其对营养液绿藻、番茄生产

的影响, 尝试寻求抑制营养液绿藻生成的新方法, 以保障负水头供给番茄生产的营养液。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验采用负水头供水控水盆栽装置供营养液, 其装置示意图及原理参见邹朝望等<sup>[6]</sup>和李邵等<sup>[7]</sup>的研究, 供水吸力统一设置为 5 kPa, 营养液配方见表 1。番茄供试品种为“莎丽”, 采用基质栽培, 基质配方为草炭: 硅藻土: 蛭石=2: 2: 1, 试验盆钵高 26 cm, 内径 30 cm, 每盆装基质 7 kg。基质配方理化性质: 容重 0.219 g/cm<sup>3</sup>, 总孔隙度 80.5%, pH 6.98, EC 0.98 mS/cm, 有机质含量 22.535%, 全 N 含量 0.598%, 有效磷含量 4.32 mg/kg, 有效钾含量 330 mg/kg。

表 1 试验用番茄营养液配方

Table 1 Nutrient solution composition for tomato mg/L									
$Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$	$KNO_3$	$KH_2PO_4$	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	N	P	K	Ca	Mg	S
590	404	340	246	126	60	253.5	100	24	64

### 1.2 试验方法

试验于 2010 年 9~12 月在北京市农林科学院日光温室内进行。该研究尝试在营养液中加入一定量的  $H_2O_2$  来解决绿藻问题, 试验设 6 个处理, 对照、遮光(负水头供水控水装置控压管和进水管, 见图 1、2)、0.1%  $H_2O_2$ 、0.3%  $H_2O_2$ 、0.5%  $H_2O_2$ 、0.7%  $H_2O_2$ , 3 次重复, 随机排列。番茄于 9 月 2 日定植, 选取长势一致的植株, 每盆定植 1 株。定植后即设定 5 kPa 的供水吸力开始供营养液, 定期进行整枝打杈, 12 月 17 日拉秧。为方便管理与数据分析, 将番茄生育期分为苗期(9 月 2 日至 10

**第一作者简介:**毛思帅(1988-), 男, 山东人, 硕士, 研究方向为作物栽培及节水。E-mail: msshhappy@163.com.

**责任作者:**薛绪掌(1967-), 男, 博士, 研究员, 研究方向为农业节水技术。E-mail: xuexz@nercita.org.cn.

**基金项目:**国家“863”计划资助项目(2012AA101903)。

**收稿日期:**2012-09-26

月2日)、开花坐果期(10月3日至11月12日)、结果期(11月13日至12月17日)。

### 1.3 项目测定

1.3.1 绿藻肉眼观察 试验期间,用相机拍摄不同处理间控压管内营养液颜色对比的照片。

1.3.2 株高 从番茄定植后定期记录番茄植株株高,打顶后停止记录。番茄株高用直尺测定从地面到生长点的高度。

1.3.3 相对叶绿素含量 相对叶绿素含量的测定在9月21日至10月20日之间,每隔10 d测定1次。相对叶绿素含量采用SPAD-502叶绿素仪,选取番茄植株的倒6叶,直接测定叶片的相对叶绿素含量,每个叶片测5次,5次的平均值为该叶片的相对叶绿素含量。

1.3.4 果实产量和各部分生物量 番茄产量采用累积称重法;各部分生物量采用烘干称重测定;水洗法获取番茄根系,烘干后称取干重。

1.3.5 植株消耗营养液量 每隔几天从试验装置储水管的标尺上直接读取水位高度,根据储水管内径换算蒸散量,累积法计算番茄不同生育期及全生育期耗水(营养液)量。

1.3.6 果实品质 硝酸盐含量参照Hawkins等<sup>[8]</sup>的方法进行;可溶性固形物利用日本ATAG 0公司的数字折射仪测定;有机酸含量采用NaOH滴定法测定<sup>[9]</sup>。

### 1.4 数据分析

采用SAS 8.0软件进行方差分析,其它分析在Excel中进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对挤压管内营养液颜色的影响

由番茄生育期内(图1)、收获后(图2)各处理之间观察对比可发现,图1中间为对照(CK),控压管呈现绿色,营养液内有大量绿藻富集;图1右为物理遮光的处理;图1左为 $H_2O_2$ 处理,控压管内的营养液仍保持原色。说明 $H_2O_2$ 处理可以抑制绿藻的生成。



图1 番茄生育期内各处理挤压管内营养液颜色比较

Fig. 1 Variation among different treatments during the growth period of tomato

### 2.2 不同处理对番茄果实产量与干物质含量的影响

由图3-A可知,与对照相比,物理遮光处理番茄果实产量略微增加,为1.1%;0.3% $H_2O_2$ 处理后番茄果实



图2 番茄收获后各处理挤压管营养液颜色比较

Fig. 2 Variation among different treatments during harvested period of tomato

产量增加35.1%;其余浓度 $H_2O_2$ 处理果实产量均降低;0.7% $H_2O_2$ 处理后果实产量降低最多,下降了68.9%。

由图3-B可知,在番茄收获时期,物理遮光和0.1% $H_2O_2$ 处理的番茄茎、叶的干物质积累要比对照处理的高,随着 $H_2O_2$ 浓度的增加,番茄根、茎、叶的干物质积累降低,0.7% $H_2O_2$ 处理的番茄茎、叶的干物质积累最低。低浓度(0.1%、0.3%)的 $H_2O_2$ 处理对番茄干物质积累无影响。

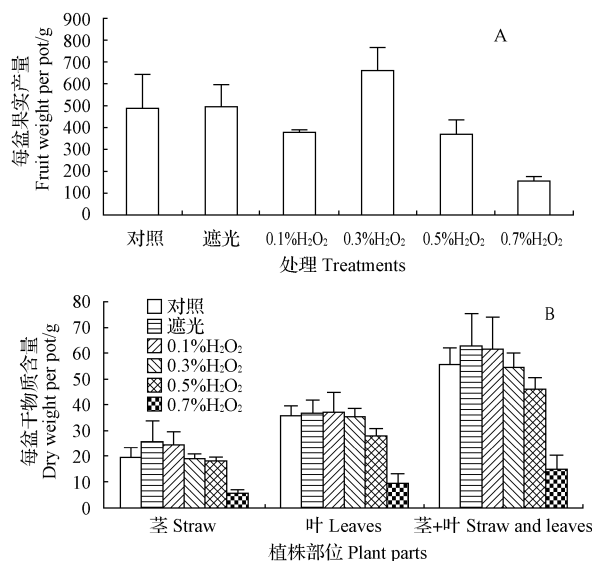


图3 不同处理对番茄果实产量和干物质含量的影响

Fig. 3 Effects of different treatments on fruit yield and dry weight of tomato

### 2.3 不同处理对番茄果实品质的影响

由表2可知,不同处理之间的可滴定酸含量和糖酸比存在显著性差异。与对照相比,遮光处理使番茄果实的可溶性固形物含量增加32.6%,可滴定酸含量显著降低12.0%,糖酸比显著增加48.4%,同样也意味着对照中营养液产生的绿藻影响到了番茄果实的品质。与对照相比, $H_2O_2$ 处理使番茄果实的可溶性固形物减少,且随着浓度的增加,可溶性固形物含量逐渐减少,0.7% $H_2O_2$ 处理时最低;0.5%、0.7% $H_2O_2$ 处理在一定程度上增加了番茄果实可滴定酸含量; $H_2O_2$ 处理使番茄果

实的糖酸比减少,且随着浓度的增加,糖酸比进一步减少,0.7%  $H_2O_2$  处理时最低。

表 2 不同处理对番茄果实品质的影响

Table 2 Effects of different treatments on fruit quality of tomato

处理 Treatments	可溶性固形物含量 Content of total soluble solids/ %	可滴定酸含量 Content of titratable acidity/ %	糖酸比 S/A
对照	4.6	0.50 b	9.3 b
遮光	6.1	0.44 d	13.8 a
0.1% $H_2O_2$	3.4	0.47 c	7.3 c
0.3% $H_2O_2$	2.6	0.48 bc	5.4 d
0.5% $H_2O_2$	2.4	0.52 a	4.7 d
0.7% $H_2O_2$	1.8	0.50 ab	3.5 e

注:同列不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Means with different letters in the same row are significantly different at the 0.05 level of probability.

## 2.4 不同处理对番茄株高的影响

由图 4 可知,在番茄不同的生育时期,经 0.3%  $H_2O_2$  处理的番茄株高最高;其次是 0.1%  $H_2O_2$  处理、物理遮光、对照处理,三者相差不大;0.5%  $H_2O_2$  处理番茄株高较低,0.7%  $H_2O_2$  处理最低。说明低浓度(0.1%、0.3%)的  $H_2O_2$  处理不会影响番茄的株高,高浓度的  $H_2O_2$  (0.7%  $H_2O_2$ ) 会抑制番茄的长势。

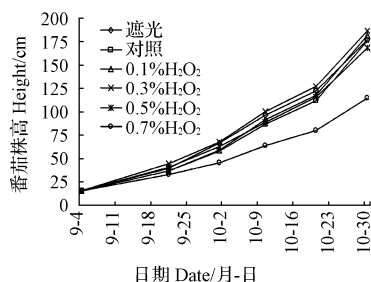


图 4 不同处理对番茄株高的影响

Fig. 4 Effects of different treatment on plant height of tomato

## 2.5 不同处理对番茄叶片相对叶绿素含量的影响

由图 5 可知,在番茄不同生长时期,物理遮光处理番茄叶片相对叶绿素含量比对照高,经 0.3%  $H_2O_2$  处理的番茄叶片相对叶绿素含量最高,0.7%  $H_2O_2$  处理的番茄叶片相对叶绿素含量较低,说明 0.7%  $H_2O_2$  处理对番茄叶片相对叶绿素含量会产生负作用。

## 2.6 不同处理对番茄营养液消耗量的影响

随着生育期的进行,营养液消耗不断增加(图 6)。整个生育期内,物理遮光处理的营养液累积消耗量最高;0.3%  $H_2O_2$  处理和对照 2 个处理的营养液消耗量次之;在番茄开花坐果期之前,0.5%  $H_2O_2$  处理营养液累积消耗量与 0.3%  $H_2O_2$  处理和对照 2 个处理的类似,之后降低;0.7%  $H_2O_2$  处理番茄营养液累积消耗量最低。

由图 7 可知,番茄苗期时,各处理营养液消耗量差距不大;开花坐果期时,0.7%  $H_2O_2$  处理番茄营养液累

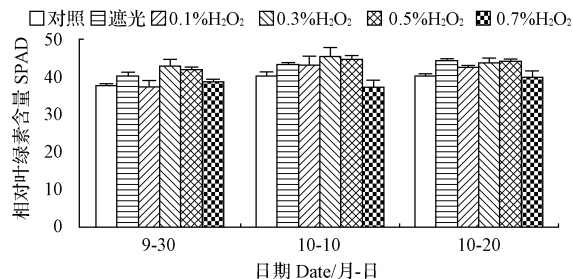


图 5 不同处理对番茄叶片相对叶绿素含量的影响

Fig. 5 Effects of different treatments on SPAD in tomato leaf

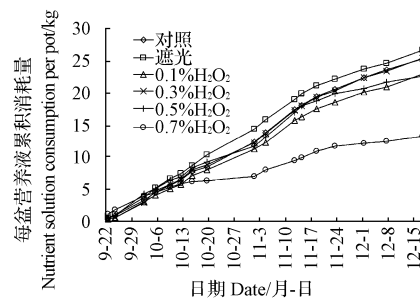


图 6 不同处理对番茄累积营养液消耗量的影响

Fig. 6 Effects of different treatments on nutrient solution consumption of tomato

积消耗量最低;盛果期时,0.5%和 0.7%  $H_2O_2$  处理番茄营养液累积消耗量较低。

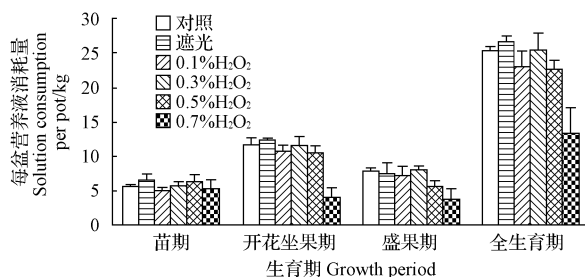


图 7 不同处理对番茄不同生育期内营养液消耗量的影响

Fig. 7 Effects of different treatments on nutrient solution consumption of tomato in different growth periods

## 3 讨论与结论

该研究中,与对照相比,物理遮光处理后番茄的果实产量、根茎叶的干物质略微增加,果实品质有所改善,其中,番茄果实可溶性固形物含量增加 32.6%,可滴定酸含量显著降低 12.0%,糖酸比显著增加 48.4%,这与其长势和生理活性密切相关。物理遮光后番茄的株高、叶片相对叶绿素含量均高于对照。同时,该试验也可以反映出营养液绿藻的产生会给番茄的生长、产量和品质带来一定的负作用。因此,负水头灌溉装置的控压管、进水管遮光可以有效防止绿藻生成。

该试验中, $H_2O_2$  处理可以抑制绿藻的生成。具体表现在与对照相比,0.3%  $H_2O_2$  处理后番茄果实产量增加;其余浓度  $H_2O_2$  处理果实产量均降低;0.7%  $H_2O_2$



处理后果实产量降低最多;低浓度(0.1%、0.3%)的  $H_2O_2$  处理对番茄干物质积累无影响,随着  $H_2O_2$  浓度的增加,番茄根、茎、叶的干物质积累降低,0.7%  $H_2O_2$  处理的番茄根、茎、叶的干物质积累最低。

与对照相比, $H_2O_2$  处理使番茄果实的可溶性固形物含量减少,且随着浓度的增加,可溶性固形物含量减少,0.7%  $H_2O_2$  处理时最低;0.5%、0.7%  $H_2O_2$  处理在一定程度上增加了番茄果实可滴定酸含量; $H_2O_2$  处理使番茄果实的糖酸比减少,且随着浓度的增加,糖酸比降低,0.7%  $H_2O_2$  处理时最低。该试验中, $H_2O_2$  浓度对番茄果实的品质影响较大。

低浓度(0.1%、0.3%)的  $H_2O_2$  处理不会影响番茄的株高,0.5%、0.7%  $H_2O_2$  处理会影响番茄的生长;经 0.3%  $H_2O_2$  处理的番茄叶片相对叶绿素含量高于对照处理,0.7%  $H_2O_2$  处理的番茄叶片相对叶绿素含量较低。

综上,营养液绿藻的产生会给番茄的生长、产量和品质带来一定的负作用;物理遮光和  $H_2O_2$  处理可以抑制绿藻生成,进而避免绿藻带来的番茄生长减缓、产量降低等危害。从果实产量性状来看,0.3%  $H_2O_2$  处理不会影响番茄的产量,0.5%、0.7%  $H_2O_2$  处理对番茄产量有一定影响;从果实的品质指标来看,低浓度(0.1%、0.3%)的  $H_2O_2$  处理也会对番茄的品质产生一定的负作用;从植株的形态、生理指标来看,低浓度(0.1%、0.3%)

的  $H_2O_2$  处理对番茄生长无影响,0.5%、0.7%  $H_2O_2$  处理则影响番茄的生长。同时,由于该试验为一茬试验,因此, $H_2O_2$  处理抑制营养液绿藻的方法有待于进一步进行验证,建议设置 0.05%、0.1%、0.15%、0.2%、0.25%、0.3% 6 个  $H_2O_2$  浓度,以便找到合理的  $H_2O_2$  浓度。

### 参考文献

- [1] 熊自立,王法格,张淑东,等. 硫酸铜防治绿藻试验[J]. 长江蔬菜, 2002(1):42-43.
- [2] 吕海燕,张杰,罗伟,等. 无土栽培吊兰中抑制绿藻生长的初步研究[C]//2008 年园艺学进展(第八辑)-中国园艺学第八届青年学术讨论会暨现代园艺论坛文集,2008:703-704.
- [3] 赵兰枝,张霏霏,马杰,等. 水培中抑制绿藻生长的方法研究[J]. 南方园艺,2011,22(6):3-5.
- [4] 陆美莲,郑慧明,吕志林. 双氧水对黑皮冬瓜种子萌发的影响[J]. 种子科技,2003,21(4):224-225.
- [5] 李源. 外源 NO 与  $H_2O_2$  对盐胁迫下板蓝根幼苗生长及其氧化应激反应的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2009.
- [6] 邹朝望,薛绪掌,张仁铎,等. 负水头灌溉原理与装置[J]. 农业工程学报,2007,23(11):17-21.
- [7] 李邵,薛绪掌,郭文善,等. 负水头供水控水盆栽装置及灌溉系统的研究与应用[J]. 上海交通大学学报(农业科学版),2008,26(5):478-482.
- [8] Hawkins H J, Lewis O A M. Effect of NaCl salinity, nitrogen form, calcium and potassium concentration on nitrogen uptake and kinetics in *Triticum aestivum* L. cv. Gamtoos[J]. New Phytologist, 1993, 124:171-177.
- [9] 赵世杰,刘华山,董新纯,等. 植物生理学实验指导[M]. 北京:农业科技出版社,1998:5-40.

## Study on Ways to Inhibit Green Algae in the Nutrient Solution Supplied from Negative Pressure Device

MAO Si-shuai<sup>1,2</sup>, HU Yue-gao<sup>2</sup>, XUE Xu-zhang<sup>1</sup>, CHEN Fei<sup>1</sup>

(1. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097; 2. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193)

**Abstract:** With tomato as materials, the method to inhibit the green algae in the nutrient solution in the negative pressure device were studied, different concentrations of  $H_2O_2$  were added in the nutrient solution (control, shading, 0.1%  $H_2O_2$ , 0.3%  $H_2O_2$ , 0.5%  $H_2O_2$  and 0.7%  $H_2O_2$ ) to investigate the impact of treatments on green algae in the nutrient solution and tomato production. The aim was to find new way to inhibit green algae in the nutrient solution, and ensure tomato production smoothly using negative pressure device supplying nutrient solution. The results showed that existence of green algae would bring negative effects on the growth, yield and quality of tomato. Shading and  $H_2O_2$  treatment could inhibit green algae, thereby avoiding negative effect brought by green algae to reduce growth and yield of tomato. 0.3%  $H_2O_2$  treatment did not affect tomato yield; 0.5% and 0.7%  $H_2O_2$  treatments lead to reduction of tomato yield; low concentration (0.1%, 0.3%) treated with  $H_2O_2$  will generate some negative effects on the quality of tomato. However, low concentration (0.1%, 0.3%) treatment would not affect the growth of tomato. 0.5% and 0.7%  $H_2O_2$  treatments would affect tomato growth.

**Key words:** green algae; shading;  $H_2O_2$ ; tomato; yield; quality