

# 基质含水量和光照水平对网纹甜瓜幼苗生长 和生理生化特性的影响\*

毛炜光 蒋芳玲 吴 震\*\*

(农业部南方蔬菜遗传改良重点开放实验室 南京 210095)

**摘 要** 以网纹甜瓜“西域一号”为试材,研究了基质含水量[基质最大持水量的 100%(W<sub>1</sub>)、80%(W<sub>2</sub>)、60%(W<sub>3</sub>)和 40%(W<sub>4</sub>)]和光照水平[温室内全光照的 100%(L<sub>1</sub>)、70%(L<sub>2</sub>)、40%(L<sub>3</sub>)]交互作用对网纹甜瓜幼苗生长和生理生化特性的影响。结果表明:不同基质含水量和光照强度对网纹甜瓜幼苗生长影响显著,以 80%基质含水量结合温室内 100%光照的幼苗生长最健壮。光照强度对植株可溶性糖含量影响显著,而基质含水量只有在全光照下才表现出显著影响。在 3 个光照强度下,可溶性蛋白及游离脯氨酸含量随基质含水量的减少显著增加;而在基质含水量相同的情况下,光照强度的影响较小。在所有处理中, W<sub>2</sub>L<sub>1</sub> 处理的 SOD 和 POD 活性最低, CAT 活性较低。MDA 含量以 W<sub>2</sub>L<sub>1</sub> 处理最低, W<sub>4</sub>L<sub>3</sub> 处理最高。

**关键词** 基质含水量 光照水平 网纹甜瓜 幼苗 生理生化

**中图分类号:** Q945; S652 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2010)01-0072-05

## Effect of substrate moisture and illumination on growth, physiological and biochemical property of netted muskmelon seedling

MAO Wei-Guang, JIANG Fang-Ling, WU Zhen

(Key Laboratory of Southern Vegetable Crop Genetic Improvement, Ministry of Agriculture, Nanjing 210095, China)

**Abstract** In an environment with different substrate moistures [100% (W<sub>1</sub>), 80% (W<sub>2</sub>), 60% (W<sub>3</sub>) and 40% (W<sub>4</sub>) of moisture capacity of substrate] and illumination levels [100% (L<sub>1</sub>), 70% (L<sub>2</sub>), 40% (L<sub>3</sub>) of natural light intensity] interaction, the growth, physiological and biochemical properties of muskmelon seedling were investigated using netted muskmelon “Xiyuyihao” as material. Results show that seedling growth is significantly influenced by substrate moisture and light intensity, with 80% substrate moisture and 100% light intensity presenting the strongest growth vigor in greenhouse. Light intensity has a significant effect on soluble sugar content. Only under 100% light intensity does substrate moisture significantly influence soluble sugar content. Under three different illumination levels, soluble protein and free proline contents obviously increase with reduced substrate moisture. When the substrate moisture is the same, the effect of light intensity is relatively less. In all the treatments, W<sub>2</sub>L<sub>1</sub> exhibits the lowest SOD and POD activity, and simultaneously showing a low CAT activity. While W<sub>2</sub>L<sub>1</sub> has the minimum, W<sub>4</sub>L<sub>3</sub> has the maximum MDA content.

**Key words** Substrate moisture, Illumination level, Netted muskmelon, Seedling, Physiological and biochemical property

(Received Jan. 17, 2009; accepted June 14, 2009)

网纹甜瓜(*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Naud.)为葫芦科甜瓜属甜瓜种的一年生草本植物,属喜光耐热类型<sup>[1]</sup>。网纹甜瓜品质好,外形美观,广受消费者欢迎。我国网纹甜瓜传统产区在西北地区,但近年出现东移趋势。借助保护设施,已成功在东部沿

海地区进行春提早和秋延迟栽培<sup>[2]</sup>。对于网纹甜瓜秋延迟栽培,在育苗阶段,一般采用遮荫覆盖以降低温度,使设施内的植株处于弱光高湿逆境,极易导致植株徒长。为控制徒长,在育苗实践中,常采用控水的方法,但控水不当又会造成干旱胁迫,形成

\* 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2004AA247010)和江苏省农业三项工程项目[XS(2002)079]资助

\*\* 通讯作者: 吴震(1962~), 男, 博士, 教授, 主要从事蔬菜生理和生物技术研究。E-mail: zpzx@njau.edu.cn

毛炜光(1979~), 男, 硕士研究生, 主要从事蔬菜生理生态研究。E-mail: weiguang-mao@168.com

收稿日期: 2009-01-17 接受日期: 2009-06-14

僵苗<sup>[3]</sup>。因此,在不同光照条件下,如何调整基质含水量,成为生产中急需解决的问题。

目前,国内外相关研究大多局限于弱光或水分等单因素对植株生长和生理生化特性的影响,关于水分含量和光照强度交互作用的影响尚少见报道。为此,本试验以网纹甜瓜品种“西域一号”为材料,研究不同基质含水量和不同光照水平下,网纹甜瓜幼苗生长和生理生化指标的变化,为网纹甜瓜育苗过程中合理进行水分和光照管理提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料和试验设计

试验于 2005 年 8~10 月在南京农业大学园艺学院玻璃温室进行。供试品种为网纹甜瓜“西域一号”,由新疆西域种子集团提供。于 8 月 25 日浸种催芽,种子经温水浸泡 6 h,再用 0.1%的高锰酸钾溶液消毒 15 min,然后于恒温箱中在 30℃下催芽。8 月 27 日,当胚根伸出长度约 0.5 cm 时,播种于 50 孔穴盘中。育苗基质为草炭、蛭石、珍珠岩按 2:1:1(体积比)混配而成的复合基质。出苗以后,用日本园试配方营养液浇施<sup>[4]</sup>。

试验设 4 个基质含水量和 3 个光照强度。基质含水量处理分别为:基质最大持水量的 100%(W<sub>1</sub>)、80%(W<sub>2</sub>)、60%(W<sub>3</sub>)和 40%(W<sub>4</sub>)。本试验所用基质的最大持水量为 112.9%,按中国科学院南京土壤研究所的方法测定<sup>[5]</sup>。

光照强度处理分别为:温室内全光照(L<sub>1</sub>)、温室内全光照的 70%(L<sub>2</sub>)和温室内全光照的 40%(L<sub>3</sub>)。温室内晴天中午光照强度为 1 000~1 200 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,用 ZDS-10 照度计测定。

基质含水量和光照强度两因素共 12 个处理组合,每处理组合 3 次重复,每重复 100 株幼苗。幼苗子叶展平后开始处理,每天早晨补充水分到各处理设定的基质含水量值,用称重法控制基质含水量;利用覆盖透光率不同的黑色或银灰色遮阳网控制光照强度。

### 1.2 测定内容和方法

在幼苗 2 叶 1 心期,测定秧苗株高、茎粗和全株干质量等形态指标。按张振贤等<sup>[6]</sup>的方法计算壮苗指数(壮苗指数=茎粗/株高×全株干重)。选取第 1 片真叶,用蒽酮比色法测定可溶性糖含量<sup>[7]</sup>,用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定可溶性蛋白质含量<sup>[8]</sup>,用酸性茚三酮法测定游离脯氨酸含量<sup>[9]</sup>,用氮蓝四唑(NBT)法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性<sup>[10]</sup>,用愈创木酚法测定过氧化物酶(POD)活性<sup>[11]</sup>,用 Dhindsa 等的方法测定过氧化氢酶(CAT)活性<sup>[12]</sup>,用硫代巴比妥酸法测定丙二醛(MDA)含量<sup>[13]</sup>。

各指标测定均为 3 次重复,每重复随机取样 5 株,结果取平均值。测定数据采用 Excel2003 和 SPSS13.0 统计软件进行计算和统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 基质含水量和光照水平对网纹甜瓜幼苗生长的影响

表 1 表明,在每一种基质含水量下,幼苗的茎粗、全株干重和壮苗指数均以全光照(L<sub>1</sub>)最高,显著高于其他两个遮荫处理,说明全光照条件下幼苗生长更健壮,而遮荫使幼苗茎粗变细。在各处理组合中,W<sub>2</sub>L<sub>1</sub>和 W<sub>1</sub>L<sub>1</sub>的茎粗分别为 0.334 0 cm 和 0.320 0 cm,显著高于其他处理组合;W<sub>4</sub>L<sub>2</sub>、W<sub>1</sub>L<sub>3</sub>、W<sub>3</sub>L<sub>3</sub>和

表 1 不同基质含水量和光照强度下网纹甜瓜幼苗生长状态

Tab. 1 Growth status of netted muskmelon seedling under different substrate moisture and light intensity treatments

处理 Treatment	株高 Height (cm)	茎粗 Diameter (cm)	全株干重 Total plant dry weight (g)	壮苗指数 Healthy index
W <sub>1</sub> L <sub>1</sub>	7.9b	0.320 0a	0.201 2c	0.008 3c
W <sub>2</sub> L <sub>1</sub>	7.6b	0.334 0a	0.253 2a	0.013 0a
W <sub>3</sub> L <sub>1</sub>	5.7e	0.308 7ab	0.198 9d	0.010 8b
W <sub>4</sub> L <sub>1</sub>	4.7f	0.263 3c	0.195 3e	0.011 0b
W <sub>1</sub> L <sub>2</sub>	8.0b	0.250 0cd	0.166 0f	0.005 3def
W <sub>2</sub> L <sub>2</sub>	9.3a	0.275 3bc	0.212 1b	0.006 3d
W <sub>3</sub> L <sub>2</sub>	6.2de	0.222 0de	0.147 2h	0.005 4de
W <sub>4</sub> L <sub>2</sub>	4.8f	0.203 3e	0.097 5k	0.004 0efg
W <sub>1</sub> L <sub>3</sub>	7.2b	0.195 3e	0.099 9j	0.002 7g
W <sub>2</sub> L <sub>3</sub>	7.0cd	0.247 3cd	0.107 7i	0.005 1def
W <sub>3</sub> L <sub>3</sub>	6.2de	0.203 3e	0.096 5l	0.003 3fg
W <sub>4</sub> L <sub>3</sub>	4.7f	0.206 7e	0.079 0m	0.003 5efg

表中不同字母表示 0.05 水平差异显著(P<0.05),下同。The differences between the treatments with different letters are significant at 0.05 level. The same below.

W<sub>4</sub>L<sub>3</sub>的茎粗为0.195 3~0.206 7 cm, 显著低于其他处理组合。在 3 种不同光照强度下, 基质含水量为 100%(W<sub>1</sub>)和 80%(W<sub>2</sub>)的幼苗株高显著高于基质含水量为 60%(W<sub>3</sub>)和 40%(W<sub>4</sub>)的处理; 除 40%光照外, 基质含水量为 100%(W<sub>1</sub>)、80%(W<sub>2</sub>)和 60%(W<sub>3</sub>)处理茎粗也显著高于基质含水量为 40%(W<sub>4</sub>)的处理。总之, 以基质含水量 80%、全光照(W<sub>2</sub>L<sub>1</sub>)条件下幼苗素质最好, 基质含水量 60%、全光照(W<sub>3</sub>L<sub>1</sub>)次之。

## 2.2 基质含水量和光照水平对网纹甜瓜幼苗叶片渗透调节物质含量的影响

由表 2 可以看出, 在 100%光照(L<sub>1</sub>)下, 可溶性糖含量随基质含水量的减少而显著增加。在 70%(L<sub>2</sub>)和 40%(L<sub>3</sub>)光照下, 不同水分处理间可溶性糖含量差异不显著。相同水分处理下, 随光照强度提高, 可溶性糖含量显著增加。相同光照水平下, 随着基质含水量减少, 可溶性蛋白和游离脯氨酸含量显著增加。基质含水量相同时, 不同光照处理之间可溶性蛋白和游离脯氨酸含量差异不显著。不同处理组合中, 可溶性糖和可溶性蛋白质含量以处理组合 W<sub>4</sub>L<sub>1</sub>为最高, 而游离脯氨酸含量则以 W<sub>4</sub>L<sub>3</sub>为最高。

## 2.3 基质含水量和光照水平对网纹甜瓜幼苗叶片保护酶活性和丙二醛含量的影响

由图 1 可知, 100%光照下, 幼苗叶片 SOD 活性

以 100%(W<sub>1</sub>)和 40%(W<sub>4</sub>)基质含水量显著高于 80%(W<sub>2</sub>)和 60%(W<sub>3</sub>)基质含水量, 在 70%光照下也得到相似结果, 在 40%光照下则相反, 叶片 SOD 活性以 W<sub>2</sub>和 W<sub>3</sub>显著高于 W<sub>1</sub>和 W<sub>4</sub>。在 80%和 60%基质含水量下, 随着光照强度的减弱, SOD 活性显著增加 ( $P<0.05$ ), 而在 100%和 40%基质含水量下, SOD 活性以 70%光照下最高。在 3 个光照强度下, 随着基质含水量减少, POD 活性均呈先下降后上升的趋势, 不同基质含水量间差异显著; 随着光照强度的减弱, POD 活性显著升高 ( $P<0.05$ )。在所有处理中, SOD 和 POD 活性均以 W<sub>2</sub>L<sub>1</sub>最低。在基质含水量 100%~60%范围内, 不同光照强度下 CAT 活性差异不显著。基质含水量 40%时, 随光照强度增强, CAT 活性显著上升, W<sub>4</sub>L<sub>1</sub>和 W<sub>4</sub>L<sub>2</sub>的 CAT 活性显著高于 W<sub>4</sub>L<sub>3</sub> ( $P<0.05$ )。

由图 2 可知, 在 100%光照下, 基质含水量对叶片丙二醛(MDA)含量影响不显著; 而在 70%和 40%光照下, W<sub>1</sub>和 W<sub>4</sub>的 MDA 含量均显著高于 W<sub>2</sub>和 W<sub>3</sub> ( $P<0.05$ )。在所有水分含量处理下, MDA 均随光照强度的减弱而增加, L<sub>3</sub>显著高于 L<sub>1</sub> ( $P<0.05$ )。在全部处理组合中, 叶片 MDA 含量以 W<sub>2</sub>L<sub>1</sub>最低, W<sub>4</sub>L<sub>3</sub>最高。说明过度遮荫并伴随基质水分含量过高或过低均可能造成膜质伤害, 导致 MDA 积累。

表 2 基质含水量和光照强度对网纹甜瓜幼苗叶片可溶性糖、可溶性蛋白质和游离脯氨酸含量的影响  
Tab. 2 Effects of substrate moisture and light intensity on soluble sugar, soluble protein and free proline contents in leaves of netted muskmelon seedling

处理 Treatment	可溶性糖 Soluble sugar [mg · g <sup>-1</sup> (FW)]	可溶性蛋白质 Soluble protein [mg · g <sup>-1</sup> (FW)]	游离脯氨酸 Free proline [μg · g <sup>-1</sup> (FW)]
W <sub>1</sub> L <sub>1</sub>	11.72±1.38c	283.9±8.57e	17.16±2.178f
W <sub>2</sub> L <sub>1</sub>	13.04±0.51bc	325.5±12.88bc	19.10±1.185ef
W <sub>3</sub> L <sub>1</sub>	13.77±0.79ab	336.6±7.17b	25.32±0.842bc
W <sub>4</sub> L <sub>1</sub>	15.15±1.69a	358.2±4.01a	35.20±3.893a
W <sub>1</sub> L <sub>2</sub>	9.25±0.43de	272.9±9.46e	17.48±1.158ef
W <sub>2</sub> L <sub>2</sub>	9.26±0.96de	323.4±21.75c	21.86±1.450cde
W <sub>3</sub> L <sub>2</sub>	9.45±1.06de	332.4±11.08bc	25.51±1.966bc
W <sub>4</sub> L <sub>2</sub>	9.93±0.78d	355.4±9.26a	35.97±1.943a
W <sub>1</sub> L <sub>3</sub>	7.92±1.02e	261.6±11.37f	20.40±2.396def
W <sub>2</sub> L <sub>3</sub>	8.02±0.87e	310.0±11.56d	23.06±0.612cd
W <sub>3</sub> L <sub>3</sub>	8.34±1.02de	330.2±7.19bc	28.83±1.928b
W <sub>4</sub> L <sub>3</sub>	8.87±2.30de	336.5±12.81b	36.37±1.801a

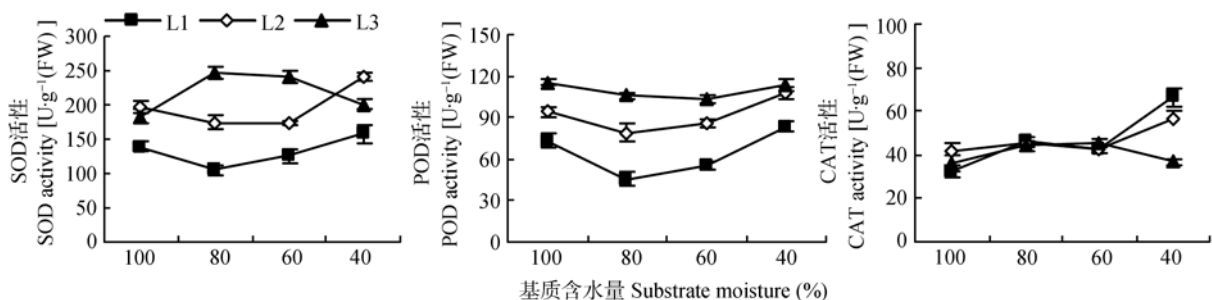


图 1 基质含水量和光照强度对网纹甜瓜幼苗叶片保护酶活性的影响

Fig. 1 Effects of substrate moisture and light intensity on protective enzymes activity of netted muskmelon seedling

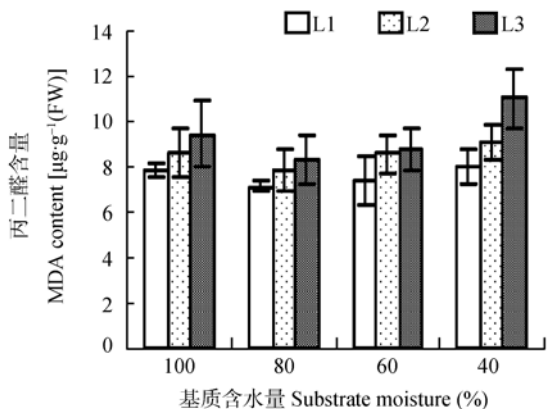


图 2 基质含水量和光照强度对网纹甜瓜幼苗叶片中丙二醛含量的影响

Fig. 2 Effects of substrate moisture and light intensity on MDA contents in leaves of netted muskmelon seedling

### 3 讨论

在本研究中,不同基质含水量下,幼苗均以全光照下生长最健壮,表现为茎粗最大、干物质积累最多,壮苗指数最高;与全光照相比,遮荫使幼苗茎粗变细、全株干重减少,这与杨兴有等<sup>[14]</sup>在烟草上的研究结果相似。而本研究中,遮荫处理并未显著增加甜瓜幼苗株高,其原因可能是弱光下同化产物合成和积累不足,在茎粗变细的同时不足以增加植株的高度。不论光照强度高低,基质含水量过高(达到基质最大持水量)都容易引起幼苗徒长;而严重缺水(基质最大持水量的 40%)则导致植株变矮,幼苗表现为老化。这与前人以黄瓜为材料在土壤栽培下的试验结果相似<sup>[15]</sup>。

作为渗透调节物质,植物叶片中的可溶性糖、可溶性蛋白质及游离脯氨酸可以保持细胞膨压不变,维持植株正常生长<sup>[16-18]</sup>。有研究表明,光照强度和水分供应的变化,都会导致上述物质发生变化<sup>[19-23]</sup>。本试验中,光照强度对植株可溶性糖含量影响显著,而基质含水量只有在全光照下才表现出显著影响。在 70%和 40%光照强度下,可溶性糖含量并未随基质含水量的变化而发生显著变化。说明在基质含水量和光照强度两个环境因子中,似乎后者对叶片可溶性糖含量的变化起主导作用,而基质含水量的影响只有在较强光照下(温室内全光照)才发生,表现为基质含水量减少,可溶性糖含量显著增加。而且随着光照强度减弱,光照对可溶性糖含量的影响有所下降。可溶性蛋白及游离脯氨酸含量的变化与可溶性糖的变化呈相反趋势,受基质含水量影响更大。在 3 个光照强度下,可溶性蛋白和游离脯氨酸含量均随基质含水量的减少而显著增加,且对游离脯氨酸含量的影响尤为显著。而在基质含

水量相同的情况下,光照强度的影响则相对较少。3 种渗透调节物质的变化特点表明:可溶性糖是植物光合产物,更容易受光照强度变化的影响;游离脯氨酸则更能反映植物对缺水胁迫的响应。

超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)是膜脂过氧化防御系统的重要保护酶。MDA 是膜脂氧化的最终产物,其含量高低可作为植物细胞所受伤害程度的指标<sup>[24-26]</sup>。本试验中,在 100%和 70%全光照下,基质含水量过高或过低,均导致 SOD 和 POD 活性升高。而 CAT 活性则随着基质含水量减少而增加。轻度遮荫并未使 MDA 显著增加,这可能与 SOD 和 POD 活性升高,清除活性氧能力增强有关。100%全光照下,基质含水量对叶片丙二醛含量影响不显著。而在 70%光照下,处理 W<sub>1</sub> 和 W<sub>4</sub> 的 MDA 含量显著高于 W<sub>2</sub> 和 W<sub>3</sub>。在 40%光照下,虽然 POD 活性显著增加,但 SOD 和 CAT 活性在基质含水量过低时均显著下降,MDA 则显著增加。可能是 SOD 和 CAT 活性下降,活性氧未及时得到清除,使细胞膜受到伤害。这说明光照强度适宜,能在一定程度上缓解水分过高或不足对植株生长的胁迫。因此生产中应尽量避免过度遮荫。在所有处理中, W<sub>2</sub>L<sub>1</sub> 的 SOD、POD 和 MDA 显著低于其他处理, CAT 也处于较低水平,说明夏秋季 80%基质含水量结合温室内 100%光照处理有利于保持甜瓜幼苗较好的抗氧化能力。

一些资料指出,南方地区春夏秋季节蔬菜育苗宜采用遮阳网覆盖,有利于减少强光伤害,并能在一定程度降低环境温度<sup>[27-28]</sup>,这与本研究结果不尽一致。本研究结果显示,在夏秋季节进行网纹甜瓜设施育苗,以温室内全光照、80%基质含水量为宜。表现为幼苗生长健壮,壮苗指数高,渗透调节物质含量适宜,过氧化保护酶活性及 MDA 含量较低。而遮荫条件下,甜瓜壮苗指数下降,过氧化保护酶活性及 MDA 含量升高,说明遮荫对甜瓜幼苗生长不利。其原因可能是甜瓜属喜光耐热植物,其生长发育的光饱和点为 1 300~1 600 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup><sup>[29-30]</sup>,适宜昼温为 25~30℃,夜温为 17~20℃<sup>[31]</sup>。在试验条件下,晴天中午光照强度为 1 000~1 200 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,接近其光饱和点,而采用 70%全光照,其光照强度仅为 700~800 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,约为光饱和点的 1/2,40%全光照的光照强度更低,不适宜幼苗生长。影响幼苗生长的另一因素是温度,南京地区 8 月下旬露地平均日温为 23℃左右,9 月上旬平均日温为 20℃左右<sup>[32]</sup>。设施内温度可比露地提高 1~20℃<sup>[33]</sup>,而在自然通风情况下,可使设施内最高温度降低 10℃<sup>[34]</sup>。因此本试验期间,通过通

风降温, 温室内的温度在甜瓜适宜生长范围内。采用遮阳网覆盖, 虽然可降低环境温度 2~5<sup>[33]</sup>, 但对幼苗生长影响不大。说明对于甜瓜育苗, 光照应是更主要的环境因子。何科佳等<sup>[35]</sup>也指出, 遮荫措施必须根据不同品种特性和所在地的实际气候条件合理适度的实施。因此南京地区夏秋季甜瓜育苗以温室内全光照、80%基质含水量为宜, 生产中常用的“遮荫降温”法并不适用于夏秋季甜瓜的育苗。

## 参考文献

- [1] 马克奇, 陈年来, 王鸣. 甜瓜优质栽培理论与实践[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 79-83
- [2] 吴明珠, 伊鸿平, 冯炯鑫. 哈密瓜南移东进生态育种与有机生态型无土栽培技术研究[J]. 中国工程科学, 2000, 2(8): 83-88
- [3] 冯嘉玥, 邹志荣. 土壤水分对温室春黄瓜苗期生长与生理特性的影响[J]. 西北植物学报, 2005, 25(6): 1242-1245
- [4] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 114
- [5] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京: 科学出版社, 1978: 107-122
- [6] 张振贤, 王培伦, 刘世琦. 蔬菜生理[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 1993: 38-39
- [7] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990: 134-137
- [8] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1998: 89-161
- [9] 侯福林. 植物生理学实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2004
- [10] Giannopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutase. II. Purification and quantitative relationship with water-soluble protein in seedlings[J]. Plant Physiol, 1977, 59: 315-316
- [11] Cakmak I, Marschner H. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of super oxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves[J]. Plant Physiol, 1992, 98: 1222-1227
- [12] Dhindsa R S, Plumb-Dhindsa P, Thorpe T A. Leaf senescence: Correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase[J]. Journal of Experimental Botany, 1981, 32: 93-101
- [13] Heath R L, Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. . Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation[J]. Arch Biochem Biophys, 1986, 125: 189-198
- [14] 杨兴有, 叶协锋, 刘国顺, 等. 光强对烟草幼苗形态和生理指标的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18(11): 2642-2645
- [15] 张晓萍, 陈金平, 王和洲, 等. 苗期不同土壤水分状况的秋黄瓜生理反应[J]. 灌溉排水, 2002, 21(3): 56-59
- [16] 崔秀敏, 王秀峰. 基质供水状况对番茄穴盘苗碳氮代谢及生长发育的影响[J]. 园艺学报, 2004, 31(4): 477-481
- [17] 宋凤斌, 徐世昌. 玉米抗旱性鉴定指标的研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(1): 127-129
- [18] Jones O R, Hauser V L, Popham T W. No-tillage effects on infiltration, runoff and water conservation on dryland[J]. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 1994, 37(2): 473-479
- [19] 李晓征, 彭峰, 徐迎春, 等. 不同光强下 6 种常绿阔叶树幼苗的生理特性[J]. 广西农业科学, 2005, 36(4): 312-315
- [20] 潘远智, 江明艳. 遮荫对盆栽一品红光合特性及生长的影响[J]. 园艺学报, 2006, 33(1): 95-100
- [21] 张智, 夏宜平, 徐伟伟. 两种观赏草的自然失水胁迫初步研究[J]. 园艺学报, 2007, 37(4): 1029-1032
- [22] 李源, 师尚礼, 王赞, 等. 干旱胁迫下鸭茅苗期抗旱性生理研究[J]. 中国草地学报, 2007, 29 (2): 35-40
- [23] 熊璇, 于晓英, 魏湘萍, 等. 遮荫对重瓣大花萱草光合色素含量及生理特性的影响[J]. 湖南农业科学, 2009(1): 29-32
- [24] 董合忠, 李维江, 唐薇, 等. 干旱和淹水对棉苗某些生理特性的影响[J]. 西北植物学报, 2003, 23(10): 1695-1699
- [25] 杨兴有, 崔树毅, 刘国顺, 等. 弱光环境对烟草生长、生理特性和品质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(3): 635-639
- [26] Türkan I, Bor M, Ozdemir F. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress[J]. Plant Science, 2005, 168: 223-231
- [27] 吕胜利. 遮荫育苗法[J]. 现代园艺, 2007(9): 23-24
- [28] 侯和菊. 夏秋蔬菜保护地育苗技术[J]. 山东蔬菜, 2007(2): 11
- [29] 柳涛, 何启伟, 邢禹贤, 等. 日光温室厚皮甜瓜光合特性研究[J]. 中国西瓜甜瓜, 2003(5): 8-10
- [30] 陈年来, 李浩霞. 甜瓜不同基因型子叶与真叶光合特性的比较[J]. 中国西瓜甜瓜, 2004(1): 1-4
- [31] 王坚. 中国西瓜甜瓜[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 6
- [32] 周青, 王友华, 许乃银, 等. 温度对棉铃对位叶生理特性及铃重形成的影响[J]. 西北植物学报, 2009, 29(3): 518-527
- [33] 李式军. 设施园艺学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 56-61
- [34] 郁家成, 石磊. 沿淮地区无汛期蔬菜大棚光热资源特征[J]. 安徽农业科学, 2003, 31(6): 969-971
- [35] 何科佳, 王中炎, 王仁才. 夏季遮荫对猕猴桃园生态因子和光合作用的影响[J]. 果树学报, 2007, 24(5): 616-619