

# 光照强度对黑暗贮藏后西瓜种苗质量的影响

姜 武, 段青青, 黄丹枫, 倪懿繁, 丁 明

(上海交通大学 农业与生物学院, 上海 200240)

**摘 要:** 研究了不同光照强度对黑暗贮藏后的西瓜种苗质量及生理指标的影响。结果表明: 从处理时间来看, 短期黑暗(2 d)的西瓜幼苗在随后6 d的光照恢复中生长较好, 而黑暗6 d的种苗在光照恢复过程中地上部干重和可溶性蛋白含量虽缓慢增加, 但始终显著低于对照水平。从恢复时间看, 短期光照恢复(2 d)降低了叶片电解质渗透率, 其中  $80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  的弱光恢复效果优于  $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  的正常光照; 之后随着恢复时间延长(6 d),  $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  的处理显著降低了幼苗叶片的电解质渗透率, 促进地上部物质迅速积累, 种苗质量及生理活性都得到了明显的改善。由此可知, 略高于光饱和点的弱光对由黑暗转入光下的西瓜幼苗具有明显的光保护和缓苗作用, 但实际生产操作中应注意调控适宜的弱光恢复时间, 及时转入正常光照下以保证种苗的恢复效率。

**关键词:** 光照强度; 西瓜种苗; 贮藏; 恢复

**中图分类号:** S 651 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)15-0160-05

工厂化育苗技术已成为育苗生产的一种标准化生产模式。在进入专业化、规模化和系统化育苗的现代农业生产中, 对育好的穴盘苗进行中短期贮运是必不可少的步骤之一。我国蔬菜育苗产业化起步时间不长, 限于设备不够完善, 穴盘苗多在黑暗条件下贮运。贮运过程中的黑暗、干旱等环境会引起植株质量不同程度的下降, 从而影响到定植后的生长质量<sup>[1-3]</sup>, 因此探索黑暗条件下植物叶片的衰老及后期恢复情况对优化种苗贮运条件具有重要意义。

目前对蔬菜作物的贮运研究, 多集中于黑暗期间幼苗的生理特性及衰老方面<sup>[3,9]</sup>, 而由黑暗环境转入光下恢复以及不同光照条件影响植株恢复的报道不多<sup>[7-8]</sup>。实际上, 外界环境的控制以及贮藏后种苗对环境的适应与恢复直接影响到定植后的生长质量与产量。该试验以西瓜品种“早佳 8424”(Citrullus vulgaris Schrad., cv. Fairfax)幼苗为材料, 以不同光照强度分别对不同黑暗时间的幼苗进行恢复, 探究幼苗可恢复的最长贮藏时间, 适宜的光照恢复条件及恢复时间等, 以期完善工厂化生产中的贮运条件及环境控制提供借鉴, 对其它作

物的贮运流程管理及优化提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验在上海交通大学农业与生物学院人工气候室中进行。材料选用西瓜品种“早佳 8424”(Citrullus vulgaris Schrad., cv. Fairfax)的 72 孔穴盘苗(由上海源怡种苗公司提供)。基质为蛭石:珍珠岩:草炭=2:2:1。将幼苗置于人工气候室中生长, PPFD= $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 光周期为 12 h/12h, 温度为  $25^\circ\text{C}/18^\circ\text{C}$ (昼/夜), 湿度控制在 80%左右。每天浇灌 1 次 1/2 浓度的 Hoagland 营养液。

当幼苗生长至苗龄 30 d, 即 2 片真叶完全展开时进行贮藏。取正常光照( $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )的叶片为对照。将其余植株分为 3 份, 分别置于黑暗的气候室中 2、4、6 d 后取出, 每次取出的幼苗再分为 2 份, 分别置于  $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  下进行光照恢复 2、4、6 d。于不同黑暗时间及不同恢复时间进行取样。

### 1.2 试验方法

地上部干重: 幼苗取样后, 洗净、吸干表面水分, 放入烘箱  $80^\circ\text{C}$  24 h 至恒重, 测量干重。3 次重复, 每次重复取 4 株。叶面积: 取具有代表性的幼苗第 1 片和第 2 片真叶各 5 片, 利用扫描仪(Epson Perfection V700 Photo)进行图像扫描, 获得总叶面积。可溶性蛋白含量: 参照李合生<sup>[9]</sup>的方法, 取 0.15 g 西瓜幼苗第 1 片真叶, 加 1 mL 超纯水, 匀浆, 以 10 000 r/min 离心 10 min, 取上清液, 加 5 mL 的 0.01% 考马斯亮蓝溶液, 及 0.9 mL 蒸馏水, 对照为 1 mL 蒸馏水加等量考马斯亮蓝溶液, 反应

第一作者简介: 姜武(1981-), 女, 博士, 研究方向为设施园艺。

E-mail: jw\_sjtu@live.cn.

通讯作者: 黄丹枫(1956-), 女, 博士, 教授, 研究方向为有机农业与

设施园艺。E-mail: hdf@sjtu.edu.cn.

基金项目: 国家“863”计划重大资助项目(2006AA10A311); 上海市农业成果转化资助项目(093919N0600); 上海市教育委员会重点学科建设资助项目(B209)。

收稿日期: 2010-07-10

2 min 后 595 nm 比色, 按标准曲线计算可溶性蛋白含量。3 次重复。叶绿素含量: 随机选取 10 株苗的第 1 片真叶, 每片真叶用直径 10 mm 的打孔器取 3 片叶圆片, 混匀, 5 次重复。依据 Lichtenthaler<sup>[10]</sup> 的方法, 用丙酮: 无水乙醇=1:1 的混合液 10 mL 于暗处浸提 24 h, 分别在 663、646、470 nm 波长下测定 OD 值, 并计算叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量以及叶绿素 a/b 比值。电解质渗透率: 参照赵世杰等<sup>[11]</sup> 的方法进行测定, 并按下式计算。电解质渗透率(%)=(初电导率-空白电导率)/(终电导率-空白电导率)×100%。3 次重复。用 SPSS 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 软件统计数据, 方差分析用 Duncan's 多重比较法。

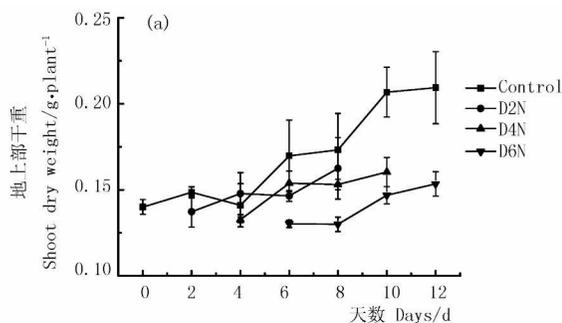
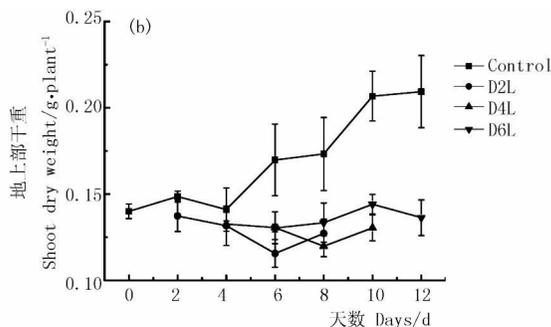
(a) 正常光照恢复 Norm illumination restored/  $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (b) 弱光恢复 Weak light restored/  $80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 

图 1 不同光照恢复期间暗处理后西瓜幼苗地上部干重的变化

Fig. 1 Changes of shoot dry weight in different light recovered and control watemelon seedlings after darkness

注: D; dark treatment; N;  $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  recovery; L;  $80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  recovery.

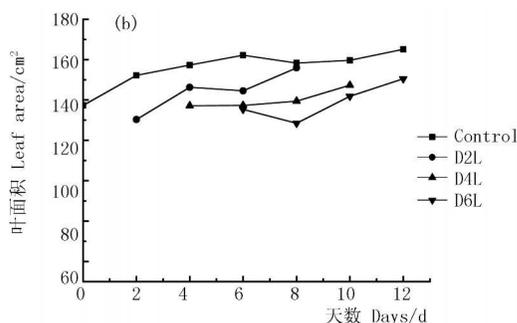
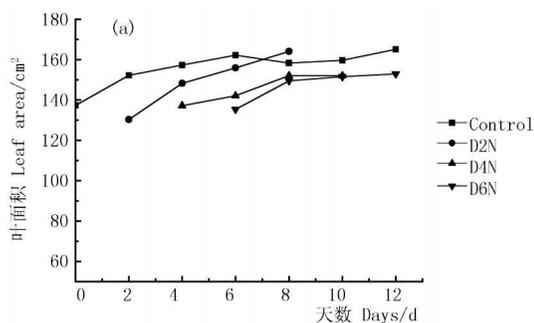


图 2 不同光照强度对黑暗贮藏后西瓜幼苗叶面积的影响

Fig. 2 Changes of leaf area in different light recovered and control watemelon seedlings after darkness

面积均有所增加, 6 d 时达到对照水平。黑暗 4 d 与 6 d 的幼苗叶面积在恢复中增幅相应减弱。在 2 种光照强度下, 正常光照的幼苗叶面积恢复略优于弱光处理, 且二者差异随黑暗时间的延长逐渐加大。

## 2.2 不同光照强度对黑暗贮藏后西瓜幼苗叶绿素含量的影响

在光照恢复过程中, 西瓜幼苗叶片的叶绿素总量、Chl a 和 Chl b 的含量总体呈现出先降后升的趋势(表 1 与表 2)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同光照强度对黑暗贮藏后西瓜幼苗地上部干重及叶面积的影响

植株生物量的变化可在一定程度上反映出幼苗的物质积累和消耗情况。如图 1 所示, 正常光照下生长的幼苗地上部干重积累始终优于弱光恢复。随着恢复时间的延长, 正常光照恢复下的幼苗地上部干重持续增加, 其中黑暗 2 d 的幼苗恢复后的地上部干重与对照无显著差异, 而随着黑暗时间的延长, 恢复与对照的差距逐渐加大。弱光恢复期间, 幼苗地上部干重没有明显增加, 基本维持在恢复前的水平。

由图 2 可看出, 黑暗 2 d 的幼苗在 2 种光照条件下叶

其中正常光照恢复下的幼苗叶片叶绿素含量增幅较大, 尤其是黑暗 2 d 与 4 d, 恢复后的含量均高于恢复前; 而弱光恢复的幼苗叶绿素含量虽有所增加, 但始终低于恢复前的含量。对于不同黑暗时间而言, 随着暗处理时间的延长, 恢复期间叶绿素的积累逐渐减少。

此外, 在 2 种光照恢复期间, Chl a/b 值的变化趋势与叶绿素总量相反, 表现为先升后降。这与叶绿素 a 为叶绿素 b 合成前体的结论一致<sup>[12]</sup>。

表1 正常光照恢复期间暗处理后西瓜幼苗叶绿素含量的变化

Table 1 Changes of chlorophyll content in  $300\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  recovered watermelon seedlings after darkness

恢复时间 Time		叶绿素含量 Chlorophyll Content/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$			Chl a/b
		Chl a	Chl b	Chl(a+b)	
Recovery after 2 day darkness	0 d	2.626 b	0.980 b	3.556 ab	2.824 bc
	2 d	2.341 d	0.821 cdef	3.167 cde	2.851 b
	4 d	2.527 bc	0.882 bc	3.408 bc	2.865 b
	6 d	2.794 a	1.006 a	3.800 a	2.777 cd
Recovery after 4 day darkness	0 d	2.176 e	0.829 cde	3.004 def	2.625 e
	2 d	2.141 e	0.780 def	2.904 def	2.745 d
	4 d	2.345 d	0.843 cd	3.189 cd	2.782 cd
	6 d	2.368 cd	0.863 bc	3.129 cde	2.744 d
Recovery after 6 day darkness	0 d	2.136 e	0.875 bc	3.011 def	2.441 f
	2 d	2.139 e	0.757 efg	2.936 def	2.826 bc
	4 d	2.127 e	0.751 fg	2.879 ef	2.832 bc
	6 d	2.108 e	0.693 g	2.801 f	3.042 a

表2 弱光恢复期间暗处理后西瓜幼苗叶绿素含量的变化

Table 2 Changes of chlorophyll content in  $80\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  recovered watermelon seedlings after darkness

恢复时间 Time		叶绿素含量 Chlorophyll Content/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$			Chl a/b
		Chl a	Chl b	Chl(a+b)	
Recovery after 2 day darkness	0 d	2.626 a	0.930 a	3.556 a	2.824 b
	2 d	2.369 bcd	0.838 cd	3.207 b	2.827 b
	4 d	2.563 ab	0.905 ab	3.469 a	2.832 b
	6 d	2.186 def	0.809 d	2.995 cd	2.702 cd
Recovery after 4 day darkness	0 d	2.176 def	0.829 cd	3.004 cd	2.625 e
	2 d	2.303 cde	0.843 cd	3.146 bc	2.732 cd
	4 d	2.139 ef	0.800 d	2.939 d	2.674 de
	6 d	1.977 fg	0.712 e	2.689 e	2.777 bc
Recovery after 6 day darkness	0 d	2.136 ef	0.875 bc	3.011 cd	2.441 f
	2 d	1.776 abc	0.688 ef	2.458 f	2.600 e
	4 d	1.839 g	0.667 ef	2.471 f	2.757 bc
	6 d	1.976 fg	0.639 f	2.615 ef	3.042 a

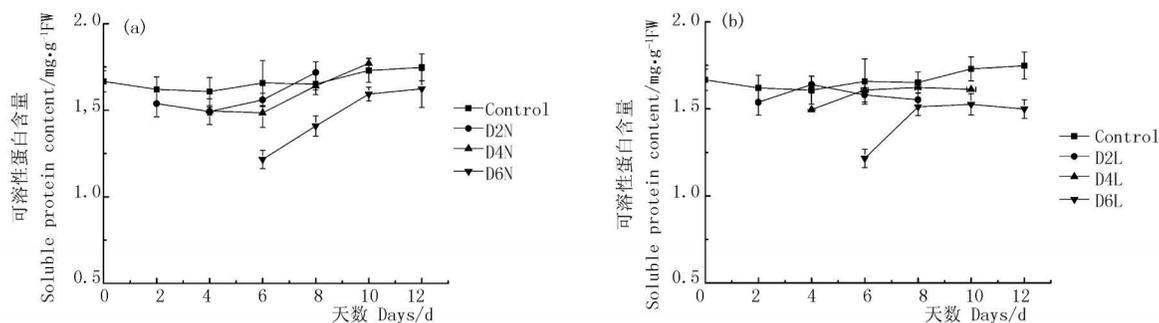


图3 不同光照强度对黑暗贮藏后西瓜幼苗叶片可溶性蛋白含量的影响

Fig. 3 Changes of soluble protein content in different light recovered and control watermelon seedlings after darkness

### 2.3 不同光照强度对黑暗贮藏后西瓜幼苗可溶性蛋白含量的影响

蛋白质是生命的物质基础,植物在逆境条件下通过可溶性蛋白质含量的变化,直接参与其适应逆境的过程。用正常光照和弱光恢复暗处理后的西瓜幼苗,可溶性蛋白含量的变化情况如图3所示。在恢复2 d时,3种黑暗贮藏时间的幼苗在弱光恢复期间可溶性蛋白含量显著增加,之后保持在一个平稳水平。而正常光下的幼苗虽在恢复2 d时

可溶性蛋白含量增幅不及弱光处理,但在恢复4 d与6 d后可溶性蛋白含量迅速上升,且黑暗2 d与4 d的幼苗在正常光照恢复后可溶性蛋白含量高于对照水平。

### 2.4 不同光照强度对黑暗贮藏后西瓜幼苗电解质渗透率的影响

由图4可看出,在正常光照恢复期间,幼苗叶片的电解质渗透率持续下降,表明细胞膜透性得到明显恢复,其中黑暗2 d和4 d的幼苗在恢复后可以达到对照水平。与此不

同的是,弱光恢复的幼苗叶片电解质渗透率呈现先降后升的趋势。从不同恢复时间来看,弱光恢复 2 d 时,3 种不同黑暗时间的幼苗电解质渗透率比正常光照恢复下的幼苗下降更为明显,即弱光在较短天数内对幼苗叶片的细胞膜透

性恢复作用更好;但随着恢复天数的延长,正常光照恢复的优势逐渐显现,表明幼苗受到的逆境胁迫在正常光下得到了较好的缓和。

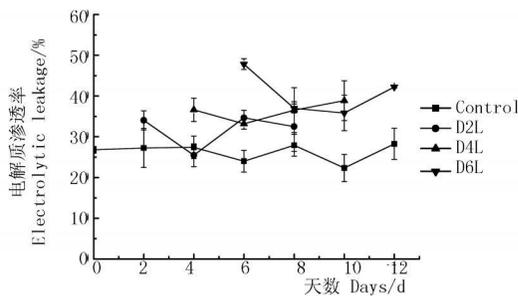
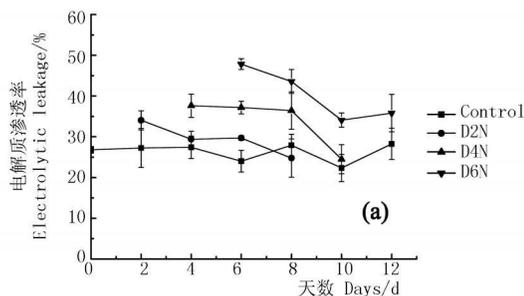


图 4 不同光照强度对黑暗贮藏后西瓜幼苗叶片电解质渗透率的影响

Fig. 4 Changes of electrolytic leakage in different light recovered and control watermelon seedlings after darkness

### 3 讨论

在较弱的贮藏时间内,由于逆境的存在,植物正常生理反应受到抑制而出现“胁迫性生理衰变”<sup>[13]</sup>。这种变化主要是由于外因即贮藏过程中秧苗正常生长发育的环境条件的急剧改变而引起的。虽然生理上受到一定程度的伤害,但与自然衰老相比,只要后期采取措施得当,植株可以得到较好的恢复。由该研究结果可看出,幼苗在短期的黑暗条件下(2 d)即表现出地上部干重、可溶性蛋白与叶绿素含量的下降,以及电解质渗透率对上升。这些症状在随后的光照环境中得到不同程度的恢复。 $80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光照在短时间内能够迅速缓解幼苗受胁迫的症状,但光合碳同化的物质仅能维持自身消耗,无法进行充分的物质积累,而  $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  的光照可使幼苗质量及生理活性恢复至对照水平。随着暗处理时间的延长(4 d 与 6 d),2 种光照恢复作用均相应减弱,幼苗的形态和生理指标在恢复 6 d 后仍明显不及对照,电解质渗透率的急剧上升进一步反映出西瓜幼苗在一定程度上发生了不可逆的衰老。有研究表明,在长期黑暗条件下,植物叶片中的可溶性光合蛋白及叶绿体蛋白复合体被蛋白水解酶和“衰老小液”大量分解,从而导致植物叶片光合系统的瓦解,以及营养元素与结构组分的流失<sup>[14,15]</sup>。因此,常温环境中的西瓜穴盘苗贮藏时间应尽量控制在 4 d 以内,以避免长期黑暗导致的不可逆伤害。暗处理的西瓜幼苗在短期光照恢复(2 d)后, $80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  的弱光恢复效果明显优于  $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  的光照恢复,这一现象在电解质渗透率等抗逆指标的变化过程中显得尤为突出,可见弱光在短时间内能够恢复由黑暗转入光下的西瓜幼苗的生理代谢能力,对幼苗具有较好的保护和缓苗作用。通过在弱光环境中的一段适应过程,PPFD 和水汽压亏缺等因子的逐渐提高也可以避免因黑暗贮藏环境和高光生长环境的较大差异而对幼苗产生

胁迫<sup>[5,16]</sup>。即便如此,由于弱光条件下植株进行物质合成与积累的速度较慢,在实际操作中还应注意调控适宜的弱光强度和恢复时间,并及时转入正常光照下以保证种苗的光合物质积累与营养生长。

### 参考文献

- [1] Ananieva K, Malbeck J, Kaminek M, et al. Changes in endogenous cytokinin levels in cotyledons of *Cucurbita pepo* (zucchini) during natural and dark-induced senescence [J]. *Physiologia Plantarum*, 2004, 122(1): 133-142.
- [2] Rui Q, Xu L L. Characterization of endopeptidases in wheat leaves during dark-induced senescence [J]. *Acta Botanica Sinica*, 2003, 45(9): 1049-1054.
- [3] 宁伟, 鲍桐, 葛晓光, 等. 番茄秧苗贮藏中质量变化的生理因素分析 [J]. *沈阳农业大学学报*, 2006, 37(2): 151-154.
- [4] Sato F, Yoshioka H, Fujiwara T, et al. Physiological responses of cabbage plug seedlings to water stress during low-temperature storage in darkness [J]. *Scientia Horticulturae*, 2004, 101(4): 349-357.
- [5] Kubota C, Seiyama S, Kozai T. Manipulation of photoperiod and light intensity in low-temperature storage of eggplant plug seedlings [J]. *Scientia Horticulturae*, 2002, 94(1-2): 13-20.
- [6] Kaczperski M P, Amitage A M. Short-term storage of plug-grown bedding plant seedlings [J]. *HortScience*, 1992(27): 798-800.
- [7] Garstka M, Drozak A, Rosiak M, et al. Light-dependent reversal of dark-chilling induced changes in chloroplast structure and arrangement of chlorophyll protein complexes in bean thylakoid membranes [J]. *Biochimica Et Biophysica Acta-Bioenergetics*, 2005, 1710(1): 13-23.
- [8] 丁明, 黄丹枫, 别蓓蓓, 等. 贮藏对嫁接西瓜种苗质量及定植后生长的影响 [J]. *长江蔬菜*, 2009(2b): 29-31.
- [9] 李合生. 植物生理生化试验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [10] Lichtenthaler H K. Chlorophylls and carotenoids pigments of photosynthetic biomembranes [J]. *Methods Enzymol*, 1987, 148: 350-382.
- [11] 赵世杰, 史国安, 董新纯. 植物实验生理指导 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002.
- [12] 王平荣, 张帆涛, 高家旭, 等. 高等植物叶绿素生物合成的研究进展 [J]. *西北植物学报*, 2009, 29(3): 629-636.
- [13] 沈成国. 植物衰老生理与分子生物学 [M]. 北京: 中国农业出版

社, 2001.

[14] Martinez D E, Costa M L, Gomez F M, et al. Senescence associated vacuoles are involved in the degradation of chloroplast proteins in tobacco leaves [J]. Plant Journal, 2008, 56(2): 196-206.

[15] Otegui M S, Noh Y S, Martinez D E, et al. Senescence-associated vacuoles with intense proteolytic activity develop in leaves of Arabidopsis and soy-

bean [J]. Plant Journal, 2005, 41(6): 831-844.

[16] Kubota C, Rajapakse N C, Young R E. Carbohydrate status and transplant quality of micropropagated broccoli plantlets stored under different light environments [J]. Postharvest Biology and Technology, 1997, 12(2): 165-173.

## Effect of Light Intensity on Physiological Characteristics of Watermelon Plug Seedlings after Storage in Darkness

JIANG Wu, DUAN Qing-qing, HUANG Dan-feng, NI Yi-fan, DING Ming

(College of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240)

**Abstract:** In order to facilitate the manipulation for stored seedlings, the effect of light intensity on physiological characteristics of watermelon after storage was investigated. The results showed that the growth and quality of watermelon seedlings with short-term darkness could be recovered close to control plants after 6 days' illumination. In contrast, plants with long-term darkness (stored for 6 days) showed significant differences from the control level, though their shoot dry weight and soluble protein increased slowly. During the course of short-term illumination (recovered for 2 days), the electrolyte diosmosis declined, and the recovery was better at  $80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  PPFD than at  $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  PPFD. After 6 days of illumination, soluble protein at  $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  PPFD accumulated and electrolyte leakage rate decreased rapidly, the ability and quality of physiological indexes gradually exceeds those in  $80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  PPFD. These results showed that a low light illumination which approximate to the light compensate point of plants was benefit for the recovery of stored seedlings in very first days, but it's essential to definite a proper time range to ensure the matter accumulation and plant growth of plus seedlings after storage in darkness.

**Key words:** light intensity; watermelon seedlings; storage; recovery

## 兰州规模最大的观光农业园在青城开建

总投资 3 000 余万元, 占地 73  $\text{hm}^2$ , 兰州市规模最大、档次最高观光农业园落户青城。目前, 该工程正在青城镇魏家大坪紧锣密鼓地建设。

据悉, 观光园主要由 200 座日光温室构成, 种植辣椒、西瓜、茄子等蔬果, 供游客观赏采摘。建成后将集观光采摘、休闲垂钓、旅游度假为一体, 成为一个可以四季接待游客的田园旅游基地。

### 200 座观光采摘园成了都市农业新亮点

青城镇镇长王希文介绍, 观光农业园的建设, 是利用当地荒地, 对整个土地进行翻修整理, 工程分两期建设, 一期完成 80 座日光温室的建设, 已建成 50 座; 沙化道路已完成, 外部河道正在进一步的处理。工程完工后日光温室可达 200 座。目前, 工程已完成投资 1 100 万元。

据了解, 青城镇农业设施起步早, 规模大、发展快, 当地农民收入 70% 来自设施农业。2010 年, 每 677  $\text{m}^2$  收益最少 3 万元, 中等收入可达到 5 万元, 最好的要达到 8 万元。

### 发挥千年名镇效应精心打造旅游胜地

王希文表示, 随着青城古镇的进一步建设, 旅游业必将成该镇发展的第二大产业。数据显示, 2009 年青城镇旅游直接收入 70 万元, 间接收入 200 万元以上, 旅游业的发展解决了 340 人的就业问题, 同时带动了农特产的销量。为进一步提高青城镇的知名度, 开辟更多的旅游景点, 除目前正在建设中的兰州市规模最大、档次最高观光农业园外, 狄青广场、古梨园项目、民俗博物馆、二龙山景区、航运码头项目也被确定 2010 年该镇重点建设项目。此外, 宽 12 m、长 447 m、总投资 80 万元的红岷沟大桥建设项目目前已接近尾声, 该条道路的实施将彻底改变从东滩水乡到古镇的交通瓶颈问题; 青城黄河大桥已完成总投资的 50%, 预计该桥将于 10 月底完工。届时, 从白银到古镇也仅有 23 000 km 的路程, 5 万人的出行难问题将得到根本性解决。

(摘自: <http://www.chinagreenhouse.com> 2010-6-7 甘肃新闻网)