

# 遮光处理对西葫芦幼苗形态特征及光合生理特性的影响\*

秦舒浩 李玲玲\*\*

(甘肃农业大学农学院, 兰州 730070)

**【摘要】** 研究了不同遮光处理对西葫芦幼苗形态及光合生理特性的影响. 结果表明, 在 60% 透光率条件下, 西葫芦幼苗具有较高的相对生长率、净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、单叶水分利用效率、饱和蒸汽压、表观量子效率和叶绿素含量, 而胞间  $\text{CO}_2$  浓度较低; 西葫芦幼苗具有较高的光饱和点 ( $1\ 125\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )、较低的光补偿点 ( $15.2\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). 弱光下西葫芦幼苗较耐低浓度  $\text{CO}_2$ , 而强光下的幼苗较耐高浓度  $\text{CO}_2$ . 60% 透光率下西葫芦幼苗叶片丙二醛和脯氨酸含量最低, 而过氧化物酶和过氧化氢酶活性则最高.

**关键词** 西葫芦幼苗 遮光 相对生长率 光合特性 蒸腾速率

**文章编号** 1001-9332(2006)04-0653-04 **中图分类号** S642.2, S642.6 **文献标识码** A

**Effects of shading on squash seedlings' morphological and photosynthetic physiological characteristics.** QIN Shuhao, LI Lingling (College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2006, 17(4): 653~656.

The study of squash seedlings' morphological and photosynthetic physiological characteristics under different shading showed that under 60% light transmittance, their relative growth rate, net photosynthetic rate ( $P_n$ ), stomatal conductance ( $G_s$ ), transpiration rate (EVAP), water use efficiency (WUE), saturation steam pressure (MBR), apparent quantum yield of photosynthesis (AQY), and chlorophyll contents were higher, while the intercellular  $\text{CO}_2$  concentration ( $C_i$ ) was lower, compared with those under 20% light transmittance and CK. The seedlings under 60% light transmittance had a higher light saturation point ( $1\ 125\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) but a lower light compensation point ( $15.2\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Squash seedlings under lower light intensity could endure lower concentration of  $\text{CO}_2$ , while those under higher light intensity could endure higher concentration of  $\text{CO}_2$ . Under 60% light transmittance, the malondialdehyde (MDA) and praline (Pro) contents were the lowest, while the peroxidase (POD) and catalase (CAT) activities were the highest.

**Key words** Squash seedling, Shading, Relative growth rate, Photosynthetic characteristics, Transpiration rate.

## 1 引言

西葫芦 (*Cucurbita pepo* L.) 是我国广为栽培的蔬菜种类之一, 其中秋西葫芦所占比例极大. 该茬西葫芦在夏季育苗期间, 由于炎夏强烈的光照及高温, 发生了诸多问题<sup>[14]</sup>. 近年来, 有关弱光对蔬菜生理生态的影响<sup>[1, 4, 7, 14, 15, 19]</sup>、低温胁迫对西葫芦光合特性<sup>[3]</sup>及品种间光合特性研究<sup>[13]</sup>较多, 而高温强光季节遮光处理对西葫芦幼苗的形态特征及光合生理特性的影响还未见报道. 据此, 本试验通过遮光处理, 研究了西葫芦苗期形态指标、光合生理特性、蒸腾特性、叶绿素含量和部分生理指标的影响, 以期在高温季节培育西葫芦壮苗、提高西葫芦产量和品质提供理论依据.

## 2 材料与方法

### 2.1 实验设计

试验于 2003 年夏季在甘肃农业大学农学院试验基地进行. 供试品种为阿兰一代和早青一代 (兰州飞天蔬菜种业公司产品). 试验设 3 个处理: I. 黑色遮阳网覆盖, 透光率为 60% 左右; II. 黑色高密度遮阳网覆盖, 透光率为 20% 左右; CK: 露地 100% 自然光. 3 次重复. 播种于 20 cm × 30 cm 的盆中, 每盆播 3 粒, 加风干培养土 1 100.5 g, 待幼苗破心时定苗, 第 1 片真叶展开即进行遮光处理, 每天 8:00 用称重法补充水分, 使各处理水分保持在田间持水量的 65% ~ 70%.

### 2.2 研究方法

光合特性采用 CIRAS-2 型便携式光合作用测定系统

\* 国家自然科学基金项目 (30170547) 和甘肃省自然科学基金暨中青年科技基金资助项目 (Ys-011-A21-007).

\*\* 通讯联系人. Tel: 0931-7631156; E-mail: lill@gsau.edu.cn  
2005-04-25 收稿, 2005-09-06 接受.

(英国 PP System 公司生产)测定;叶片叶绿素含量采用丙酮-乙醇混合液法测定;MDA 和 Pro 含量参照李合生<sup>[9]</sup>方法、POD 和 CAT 活性参照邹琦<sup>[21]</sup>方法测定;株高用直尺测定,茎粗用游标卡尺测定,叶面积用方格法测定,地上部干重采用烘干称重法;WUE =  $P_n$ /EVAP. 数据均用 EXCEL 和 DPS 软件进行统计分析.

### 3 结果与分析

#### 3.1 遮光对西葫芦幼苗形态指标的影响

由表 1 可以看出,遮光处理对西葫芦幼苗形态指标有明显影响.60%透光率条件下,各品种株高、茎粗、地上部干重和叶面积的相对生长率均大于其它两个处理,说明适度遮光有利于西葫芦幼苗的生长,能显著提高壮苗指数;20%透光率条件下各品种茎粗和地上部干重的相对生长率均低于对照,而株高大于对照,叶面积没有差异,表明过度遮荫使西葫芦植株节间增大,开展度变小,生长势减弱.

表 1 不同遮光处理对西葫芦幼苗形态指标的影响  
Table 1 Effects of different shading treatments on morphological indexes of squash seedlings

品种	处理	株高	茎粗	叶面积	地上部干重
Cultivars	Treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	Leaf area (cm <sup>2</sup> ·plant <sup>-1</sup> )	Dry matter of canopy (g·plant <sup>-1</sup> )
阿兰	CK	6.2	0.22	11.8	2.21
Alan	I	9.9(0.60)	0.39(0.77)	13.6(0.15)	3.00(0.36)
	II	8.2(0.33)	0.13(-0.42)	11.8(0.0)	2.12(-0.04)
早青	CK	5.9	0.24	10.6	2.32
Zaoqing	I	11.2(0.90)	0.29(0.21)	12.4(0.17)	3.29(0.42)
	II	6.6(0.12)	0.16(-0.33)	11.0(0.04)	2.06(-0.11)

I. 60%透光率 60% light intensity; II. 20%透光率 20% light intensity. 下同 The same below. 括号内数值 = (处理 - CK)/CK The relative value of bracket = (treatment - CK)/CK.

#### 3.2 遮光对西葫芦幼苗光合特性的影响

3.2.1 遮光对幼苗单叶光合特性的影响 由表 2 可以看出,二叶期,60%透光率的净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、蒸腾速率(EVAP)、单叶水分利用效率(WUE)、饱和蒸汽压(MBR)和表观量子效率(AQY)均显著高于对照和 20%透光率,而胞间  $CO_2$  浓度( $C_i$ )则低于其它两个处理;四叶期,各指标的变化与二叶期相似,但对照的各项指标已远不如

表 2 不同时期各处理幼苗光合特性(阿兰)\*

Table 2 Photosynthetic characteristics of squash seedlings at different treatments in two stages (Alan)

时期	处理	净光合速率	气孔导度	胞间 $CO_2$ 浓度	蒸腾速率	水分利用效率	饱和蒸汽压	表观量子效率
Stages	Treatment	$P_n$	$G_s$	$C_i$	EVAP	WUE	MBR	AQY
		( $CO_2 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ )	( $mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ )	( $\mu L \cdot L^{-1}$ )	( $mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ )	( $\mu mol \cdot mmol^{-1}$ )	(Pa)	
二叶期	CK	4.72B	1.135aA	282.0aA	20.0bA	0.236	1420a	0.0185
Two-leaf stage	I	6.54A	1.318aA	156.6bB	26.2aA	0.250	1540a	0.0203
	II	2.75C	0.656bA	294.8aA	12.4cB	0.221	1510a	0.0154
四叶期	CK	5.56C	1.372bB	198.2bB	14.8bA	0.376	1490bA	0.0290
Four-leaf stage	I	16.60A	3.302aA	137.8bB	22.0aA	0.755	1680aA	0.0312
	II	10.82B	1.825bB	288.8aA	20.3aA	0.533	1620aA	0.0237

\* 大小写字母分别表示 0.01 和 0.05 差异显著 The capital and lowercase letters represent significant difference at  $P \leq 0.01$  and  $P \leq 0.05$  between treatments. 下同 The same below.

20%透光率,表明强光下,随幼苗的生长其生理活性下降.遮荫条件下  $G_s$  的增大有利于  $CO_2$  的供应,  $C_i$  较低说明叶肉细胞对  $CO_2$  的吸收利用能力较强,同时叶片蒸腾速率也加强,植物体内水分运转加快,叶肉细胞具有较强的活力<sup>[5,8,12,15]</sup>;而过度遮荫反而会造成气孔部分关闭及生理功能减弱<sup>[17,18]</sup>.二叶期和四叶期各项指标都以 60%透光率最优,说明在西葫芦幼苗期,适当遮荫能提高叶片的光合能力和光合效率,幼苗生理活性较强.

3.2.2 光通量密度(PFD)对幼苗  $P_n$  的响应 研究表明,PFD- $P_n$  的响应曲线呈二次抛物线型.60%透光率的  $P_n$  值始终高于对照和 20%透光率;20%透光率初期  $P_n$  较高,但随后急剧下降,说明弱光下幼苗对光照的耐受力较弱.对照在较弱光下  $P_n$  值较低,随光强增大,  $P_n$  值逐渐超过 20%透光率,下降趋势较平缓.经模拟并计算,60%透光率下幼苗的光饱和点为  $1125 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 、光补偿点为  $15.2 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ;20%透光率分别为  $869 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$  和  $15.01 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ;对照分别为  $1013.7 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$  和  $20.03 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ .60%透光率的幼苗具有较高的光饱和点和较低的光补偿点,对光照变化的适应性较强.各处理 PFD- $P_n$  的响应曲线为:

$$CK: P_n = -0.00001PFD^2 + 0.0203PFD - 0.4463$$

$$(R^2 = 0.9762^{**})$$

$$60\% \text{ 透光率: } P_n = -0.00001PFD^2 + 0.0225PFD - 0.2984 \quad (R^2 = 0.9754^{**})$$

$$20\% \text{ 透光率: } P_n = -0.00001PFD^2 + 0.0174PFD - 0.2955 \quad (R^2 = 0.9328^{**})$$

3.2.3  $CO_2$  浓度对西葫芦幼苗  $P_n$  的影响  $CO_2$  浓度对植物光合速率影响很大<sup>[13,19]</sup>.  $CO_2$ - $P_n$  响应曲线也呈二次抛物线型.对照在低  $CO_2$  浓度(低于  $1000 \mu L \cdot L^{-1}$ )范围内,  $P_n$  较低,当超过该浓度时  $P_n$  急剧增加;在  $1400 \mu L \cdot L^{-1}$  内,60%透光率的  $P_n$  明显高于其他两个处理,超过  $1400 \mu L \cdot L^{-1}$ ,60%透

光率和 20% 透光率下降较快, 而对照则持续增长. 可见遮光后西葫芦幼苗较耐低浓度  $\text{CO}_2$ , 而强光下的幼苗较耐高浓度  $\text{CO}_2$ . 本试验条件下, 对照、60% 和 20% 透光率的  $\text{CO}_2$  饱和点和补偿点分别为 1 560 和  $81.4 \mu\text{l}\cdot\text{L}^{-1}$ 、1 215 和  $60.2 \mu\text{l}\cdot\text{L}^{-1}$ 、1 170 和  $58.3 \mu\text{l}\cdot\text{L}^{-1}$ .

### 3.3 遮光处理后西葫芦幼苗叶片生理指标的变化

**3.3.1 对西葫芦幼苗叶绿素及类胡萝卜素含量的影响** 由表 3 可以看出, 60% 透光率和 20% 透光率的西葫芦幼苗叶片叶绿素 a 含量较对照均有所增加, 品种间表现一致, 早青高于阿兰. 叶绿素 b 含量处理间和品种间均有差异, 阿兰 60% 透光率的叶绿素 b 含量最高, 20% 透光率最低, 对照居中; 早青 60% 透光率最高, 对照最低, 而 20% 透光率居中. 说明适宜遮荫能提高幼苗叶片叶绿素 b 的含量, 从而提高其吸收利用弱光及散射光的能力<sup>[2,6,19]</sup>. 遮光下类胡萝卜素含量降低, 两个品种都以对照最高, 与 60% 透光率和 20% 透光率间的差异均达显著水平. 叶绿素 a/b 值以 60% 透光率最低, 说明适度遮光下幼苗叶片叶绿素 b 含量的增幅较叶绿素 a 大.

表 3 不同处理幼苗叶绿素及类胡萝卜素含量

Table 3 Chlorophyll and carotenoid content of squash seedlings at different treatments

品种 Cultivars	处理 Treatment	叶绿素 a 含量 Chl a content ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	叶绿素 b 含量 Chl b content ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	类胡萝卜素含量 Carotenoid content ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	叶绿素 a/b Chl a/ Chl b
阿兰	CK	$0.469 \pm 0.014\text{a}$	$0.272 \pm 0.055\text{bB}$	$0.142 \pm 0.026\text{a}$	2.178
Alan	I	$0.498 \pm 0.034\text{a}$	$0.441 \pm 0.061\text{aA}$	$0.080 \pm 0.023\text{b}$	1.132
	II	$0.494 \pm 0.034\text{a}$	$0.219 \pm 0.097\text{cB}$	$0.054 \pm 0.067\text{b}$	2.261
早青	CK	$0.492 \pm 0.040\text{a}$	$0.343 \pm 0.021\text{bB}$	$0.119 \pm 0.056\text{a}$	1.457
Zaoqing	I	$0.504 \pm 0.016\text{a}$	$0.488 \pm 0.028\text{aA}$	$0.086 \pm 0.012\text{b}$	1.039
	II	$0.495 \pm 0.037\text{a}$	$0.448 \pm 0.029\text{aA}$	$0.069 \pm 0.041\text{b}$	1.105

**3.3.2 对西葫芦幼苗其它生理指标的影响** 由表 4 可以看出, 遮光后, 西葫芦幼苗叶片的 MDA 和 Pro 含量均显著降低, 20% 透光率高于 60% 透光率; 而 POD 和 CAT 活性在 60% 透光率下升高, 与 20% 透光率和 CK 间达极显著差异, 而后二者间差异不显著, 说明适当遮荫 (60% 透光率) 可以有效地防止西葫芦幼苗叶片发生膜脂过氧化作用. 在本试验条件下, 对照已达到了强光胁迫的程度, 而 20% 透光率处理正趋向于弱光胁迫.

表 4 遮光对部分生理指标的影响

Table 4 Effects of shading on partial physiological indexes

处理 Treatment	丙二醛含量 MDA content ( $\text{mmol}\cdot\text{g}^{-1}$ )	脯氨酸含量 Pro content (%)	过氧化物酶活性 POD activity ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	过氧化氢酶活性 CAT activity ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )
CK	0.0058aA	0.032aA	12.33cB	18.54bB
I	0.0032bB	0.013bB	28.52aA	32.46aA
II	0.0037bB	0.019bB	13.17bB	16.73cB

## 4 讨 论

60% 透光率条件下西葫芦幼苗在形态特征、光合特性等方面都不同程度地优于对照和 20% 透光率, 说明适度遮光有利于西葫芦幼苗的生长. 其形态特征优化 (壮苗指数提高) 的原因是遮荫改善了植株冠层和地表微环境, 降低了环境温度, 提高了空气相对湿度与  $\text{CO}_2$  浓度<sup>[4,11]</sup>, 使幼苗具有较高的相对生长率, 增强了植株的生理活性. 光合特性的全面优化与壮苗指数的提高相关, 遮荫降低了强光对幼苗的直接光伤害, 减轻了光合“午休”及对光合机构的损伤, 使光合能力和光合效率提高<sup>[10,13,14,16]</sup>. 遮荫增强了植株的蒸腾能力, 提高了幼苗体内水分的运转.

适度遮光提高了西葫芦叶片叶绿素含量和叶绿素 a/b 值. 叶绿素在光合作用中起着吸收光能的作用, 其含量的高低直接影响到植株光合作用的强弱, 叶绿素 a 以吸收长波光为主, 而叶绿素 b 则能有效地吸收短波光为主的漫射光与散射光<sup>[6,15]</sup>. 所以叶绿素含量和叶绿素 a/b 值的升高, 对光合速率的提高也有一定的贡献<sup>[10,13]</sup>.

遮光处理能降低西葫芦幼苗叶片 MAD 和 Pro 含量, 而提高 POD 和 CAT 活性. MAD 作为衡量膜脂过氧化程度的指标, 反应出植物对逆境条件的适应性, 而 Pro 对处于逆境的植物具有一定的保护作用, 能提高植物的抗性<sup>[2,20]</sup>. 本试验条件下, 60% 透光率的 MAD、Pro 含量和 POD、CAT 活性与对照间的差异均达极显著水平, 说明对照已经对西葫芦幼苗造成强光逆境胁迫, 而 60% 透光率下减轻了这一胁迫. 另外, 20% 透光率的条件正趋向于弱光胁迫.

## 参考文献

- 1 Ai X-Z (艾希珍), Ma X-Z (马兴庄), Yu L-M (于立明). 2004. Effect of long term sub-optimal temperature and short term low temperature under low light density on cucumber growth and its photosynthesis. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 15(11): 2091 ~ 2094 (in Chinese)
- 2 Bordman NK. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annu Rev Plant Physiol*, 28: 355 ~ 377
- 3 Chen G-L (陈桂林). 2000. Effect of low temperature stress on photosynthetic characteristics of grafted seedlings of squash. *Acta Agrica Shanghai* (上海农业学报), 16(1): 42 ~ 45 (in Chinese)
- 4 Chi W (迟伟), Wang R-F (王荣富), Zhang C-L (张成林). 2001. Changes of photosynthetic characteristics of strawberry leaf under shading. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 12(4): 566 ~ 568 (in Chinese)
- 5 Givinish TJ. 1988. Adaptation to sun and shade: A whole-plant perspective. *Aust J Plant Physiol*, 15: 63 ~ 92
- 6 He W-M (何维明), Dong M (董鸣). 2003. Growth and physiological features of *Salix matsudana* on the Mu Us sandland in response to shading. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 14(2): 175

- ~178(in Chinese)
- 7 Hou X-L(侯兴亮), Li J-F(李景富), Xu X-Y(许向阳). 1999. Advanced of tomato tolerance to low light. *Sin Veg(中国蔬菜)*, (4): 48~51(in Chinese)
  - 8 Huang C-L(黄成林), Wu Z-M(吴泽民), Yao Y-K(姚永康), et al. 2004. Photosynthetic characteristics of *Gynostemma pentaphyllum* under shade. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 15(11): 2099~2103(in Chinese)
  - 9 Li H-S(李合生). 2000. Experimental Principles and Technologies of Physiology and Bio-Chemistry. Beijing: High Education Press. 36~39(in Chinese)
  - 10 Liu X-Z(刘贤赵), Kang S-Z(康绍忠). 2002. Effects of shading on photosynthesis, dry matter partitioning and N, P, K concentration s in leaves of tomato plants at different growth stages. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, 12(22): 2264~2271(in Chinese)
  - 11 Liu X-Z(刘贤赵), Kang S-Z(康绍忠), Shao M-A(邵明安). 2000. Effects of soil moisture and shading levels on photosynthetic characteristics of cotton leaves. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 11(3): 377~381(in Chinese)
  - 12 Ma D-H(马德华), Pang J-A(庞金安), Huo Z-R(霍振荣), et al. 1997. Effects of weak light treatment on the photosynthesis and respiration of cucumber seedling. *Acta Hort Sin(园艺学报)*, 24(4): 397~398(in Chinese)
  - 13 Qin S-H(秦舒浩), Yu J-H(郁继华), Liu Q(刘 琴). 2003. Photosynthetic characteristics of different squash seedling cultivars. *J Lanzhou Univ(Nat Sci)(兰州大学学报·自然科学版)*, 39(2): 406~409(in Chinese)
  - 14 Rylski I, Spigelman M. 1986. Effect of shading on plant development yield and fruit of sweet pepper grown under conditions of high temperature and radiation. *Sci Hort*, 29: 31~35
  - 15 Sui X-L(眭晓蕾), Jiang J-Z(蒋健威), Wang Z-Y(王志源), et al. 1996. Effect of low light intensity on photosynthetic characteristics of different sweet pepper cultivars. *Acta Hort Sin(园艺学报)*, 26(5): 314~318(in Chinese)
  - 16 Sunyo J, Steffen KL, Hee JL. 1998. Comparative photoinhibition of a high and a low altitude ecotype of tomato (*Lycopersicon hirsutum*) to chilling stress under high and low light conditions. *Plant Sci*, 134: 69~77
  - 17 Titlyanov EA, Titlyanova TV, Yamazato K, et al. 2001. Photo-acclimation dynamics of the coral *Stylophora pistillata* to low and extremely low light. *J Exp Mar Biol Ecol*, 263: 211~225
  - 18 Van Esbroeck GA, Hussey MA, Sandson MA. 2004. Reversal of dormancy in swithgrass with low-light photoperiod extension. *Biol Tech*, 91: 141~144
  - 19 Xu K(徐 坤), Zou Q(邹 琦), Zhao Y(赵 燕). 2003. Effects of soil water stress and shading on growth characteristics of ginger. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 14(10): 1645~1648(in Chinese)
  - 20 Zhou Y-H(周艳虹), Yu J-Q(喻景权), Qian Q-Q(钱琼秋), et al. 2003. Effects of chilling and low light on cucumber seedlings growth and their antioxidative enzyme activities. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 14(6): 921~924(in Chinese)
  - 21 Zou Q(邹 琦). 2000. Experimental Guidance of Plant Physiology. Beijing: China Agricultural Press. 22~25(in Chinese)

---

作者简介 秦舒浩,男,1973年出生,讲师,博士生.主要从事蔬菜和作物生态生理方面的教学与研究,发表论文14篇. Tel: 0931-7632418; E-mail: qinsh@gsau.edu.cn.

责任编辑 肖 红

---