

# 遮阳网覆盖对菜心产量及抗氧化特性的影响

闫秋艳<sup>1,2</sup>, 陈日远<sup>1</sup>, 董飞<sup>2</sup>, 刘厚诚<sup>1</sup>, 宋世威<sup>1</sup>, 孙光闻<sup>1</sup>

(1 华南农业大学园艺学院, 广东 广州 510642; 2 中国科学院土壤研究所, 江苏 南京 210008)

**摘要:**以不覆盖为对照,研究了不同颜色遮阳网覆盖对菜心采收期产量及抗氧化特性的影响.结果表明:覆盖遮阳网均使菜心产量降低,其中对照>红网>银灰网>蓝网>黑网;覆盖处理菜心叶片及茎内丙二醛(MDA)、可溶性糖(SS)、过氧化氢(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)含量、超氧阴离子(O<sub>2</sub><sup>-</sup>·)生成速率及抗氧化酶活性均低于对照.红色网覆盖在各项指标上均与对照相近,说明在相同遮光率条件下,红网对菜心生长造成的遮阴逆境程度低,黑网遮阴强度大,菜心生长量最低,银灰网和蓝网覆盖差异不大.

**关键词:**遮阳网;菜心;抗氧化特性

中图分类号:S634.5

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2011)04-0006-04

## Effects of Shading-Nets on Yield and Antioxidative Characteristics of Flowering Chinese Cabbage

YAN Qiu-yan<sup>1,2</sup>, CHEN Ri-yuan<sup>1</sup>, DONG Fei<sup>2</sup>, LIU Hou-cheng<sup>1</sup>, SONG Shi-wei<sup>1</sup>, SUN Guang-wen<sup>1</sup>

(1 College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

**Abstract:** The effects of different color shading-nets on yield and antioxidative characteristics of flowering Chinese cabbage were conducted, with no shading as the control. The results showed that the yield of flowering Chinese cabbage were decreased under all shading conditions, with an order of the control (no shading) > red-net > grey-net > blue-net > black-net; the contents of malondialdehyde (MDA), soluble sugars (SS), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>2</sub><sup>-</sup>· generation rate and antioxidant enzymes activities under shading conditions were lower than that of the control. The treatment of red-net shading had similar effects to the control, which indicated that red net had weaker light stress than other shading nets under the same shading rate. The yield was the lowest under black-net due to its heavy shading rate. There were insignificant differences between grey- and blue-net.

**Key words:** shading-nets; flowering Chinese cabbage; antioxidative characteristics

光环境的变化对蔬菜生长、光合特性、品质及组织结构均产生一定影响<sup>[1-4]</sup>. 菜心 *Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee 为广东特产蔬菜,是栽培面积最大、全年生产供应的重要蔬菜之一,以幼嫩的菜薹为食用部分,风味独特. 菜心叶片生长的适宜温度为 20~25℃,菜薹形成期以 15~20℃最适宜<sup>[5]</sup>. 南方夏季强光照、高温高湿天气对菜心生长造成一定逆境胁迫. 夏季覆盖遮阳网能够减弱内环境光照度和温、湿度,从而调节蔬菜生长的环境

条件,但不适宜的遮光度会造成弱光逆境,特别是普通黑色遮阳网覆盖后的阴暗环境,内环境光照度弱,抑制蔬菜生长. 光是自由基产生的重要诱因,而自由基的迅速累积会造成质膜受损,抗氧化酶体系能清除自由基,保护膜系统,所以抗氧化酶体系和植物抗逆性关系密切. 遮阴对假俭草<sup>[6]</sup>、半夏<sup>[7]</sup>以及高羊茅和沿阶草<sup>[8]</sup>抗氧化酶特性的影响已有研究报道. 近年来,不同光质对作物抗氧化特性的影响有所报道,如杜洪涛等<sup>[9]</sup>对彩色甜椒、蒲高斌等<sup>[10]</sup>对番茄幼苗

收稿日期:2010-03-11

作者简介:闫秋艳(1983—),女,硕士研究生;通信作者:陈日远(1963—),男,教授,E-mail:rychen@scau.edu.cn

基金项目:国家科技支撑计划项目(2008BADA6B07);国家科技部星火计划项目(2008GA781001);广东高校科技成果转化重大项目(cgzhd0809)

抗氧化酶活性研究表明,不同光质可改变作物抗氧化能力。

彩色生物遮阳网是一种新型遮光材料,由以色列列国家农业研究中心与 Polysack 公司研制的新型多功能、不同光学特性的遮阳网,可以提高作物对光辐射的利用,提供多种多样的由天然的、未经处理的光和按光谱调整过的散射光混合而成的光,改变可见光和非可见光谱与(或)提高光的扩散能力,从而调节作物的生长<sup>[11]</sup>,目前主要在国外应用<sup>[12]</sup>,在国内报道较少。本文以广东特产蔬菜——菜心为试验材料,研究彩色生物遮阳网对采收期菜心叶片及茎内抗氧化能力的影响,为菜心高效栽培以及彩色遮阳网应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

红色、蓝色和银灰色生物遮阳网,由以色列 Polysack 公司出品,黑色遮阳网由市场购买。晴天多点实测,各颜色遮阳网的平均遮光率为红网 53.96%、蓝网 55.78%、银灰网 55.18%、黑网 59.72%。供试菜心品种为“油青 12 号早菜心”。

### 1.2 方法

试验在华南农业大学蔬菜塑料大棚内进行,采用盆栽方式。2009 年 7 月 6 日育苗,幼苗“三叶一心”时定植。每盆栽 4 kg 水稻土,定植 3 株,定植后覆盖不同颜色遮阳网。试验设 5 个处理:覆盖红网、蓝网、银灰网和黑网,以不覆盖为对照。遮阳处理为长、宽、高分别为 5、1 和 1 m 的箱体加以覆盖,每处理间隔 1.2 m 以避免相互遮阴。每 8 盆菜心放在一起作为一个重复,每处理重复 3 次,共计 24 盆。菜心的栽培管理按常规方法进行。待“齐口花”<sup>[13]</sup>采收测定叶片及茎内各项抗氧化指标。

### 1.3 指标测定

丙二醛(MDA)含量、可溶性糖(SS)含量参照李合生<sup>[14]</sup>硫代巴比妥酸(TBA)比色法、蒽酮乙酸乙酯法测定。活性氧、超氧阴离子( $O_2^{\cdot-}$ )生成速率及过氧化氢( $H_2O_2$ )含量参照宋松泉<sup>[15]</sup>的方法测定。氮蓝四唑(NBT)还原法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性,以抑制光化还原 50% 为 1 个酶活性单位(U);愈创木酚法测定过氧化物酶(POD)活性,以  $D_{470\text{ nm}}$  每分钟增加 1 为一个酶活力单位(U);过氧化氢酶(CAT)活性参照李合生<sup>[14]</sup>的方法测定,以  $D_{240\text{ nm}}$  每分钟减少 0.1 为一个酶活力单位(U);抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性参照沈文彪等<sup>[16]</sup>方法测定,以  $D_{290\text{ nm}}$  每分钟减少 0.1 为一个酶活力单位(U);抗坏血酸(ASA)含量采用 2,6-二氯酚靛酚比色法<sup>[14]</sup>测定。

### 1.4 数据分析

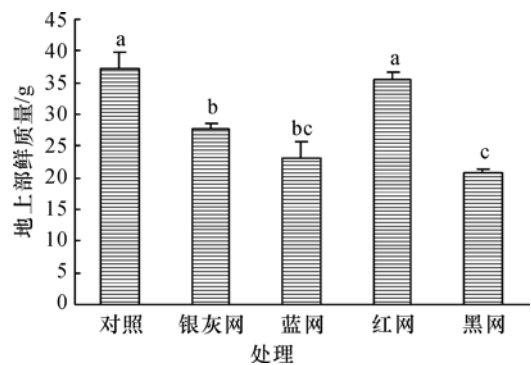
用 EXCEL 处理数据及作图分析,SPSS 软件对数

据进行单因素方差分析,并用 Duncan's 法对显著性差异进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同颜色遮阳网对菜心产量的影响

不同颜色遮阳网覆盖均使菜心地上部鲜质量降低,红网、银灰网、蓝网、黑网分别降低 4.82%、25.64%、38.03%、44.62%。其中,覆盖红网使地上部鲜质量减小最少,与对照差异不显著,黑网覆盖菜心地上部鲜质量显著低于银灰网和红网处理(图 1)。



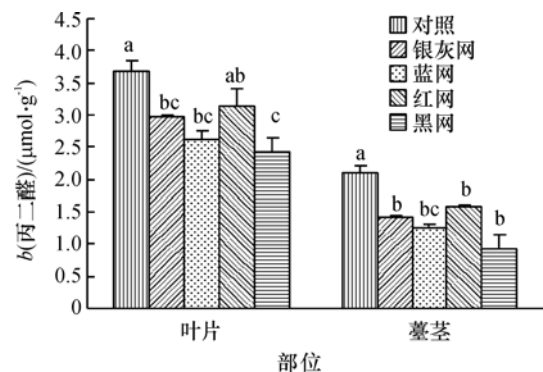
图中凡具有一个相同小写字母的,表示处理间差异不显著( $P=0.05$ , Duncan's 法)。

图 1 不同颜色遮阳网覆盖对菜心地上部鲜质量的影响

Fig. 1 Effects of different shading-nets on fresh mass of flowering Chinese cabbage

### 2.2 不同颜色遮阳网对菜心丙二醛含量的影响

丙二醛(MDA)含量的高低可反映出细胞质膜脂过氧化水平和质膜受伤害的程度。遮阳网覆盖使菜心叶片及茎内 MDA 含量降低(图 2),而对照叶片及茎内 MDA 含量显著高于其他处理,遮阳网覆盖处理的叶片及茎内 MDA 含量则红网 > 银灰网 > 蓝网 > 黑网,黑网的叶片 MDA 含量显著低于红网;菜心叶片内 MDA 含量明显比茎高。



图中相同部位凡具有一个相同小写字母的,表示处理间差异不显著( $P=0.05$ , Duncan's 法)。

图 2 不同颜色遮阳网对菜心丙二醛含量的影响

Fig. 2 Effects of different shading-nets on MDA content of flowering Chinese cabbage

### 2.3 不同颜色遮阳网对菜心活性氧产物的影响

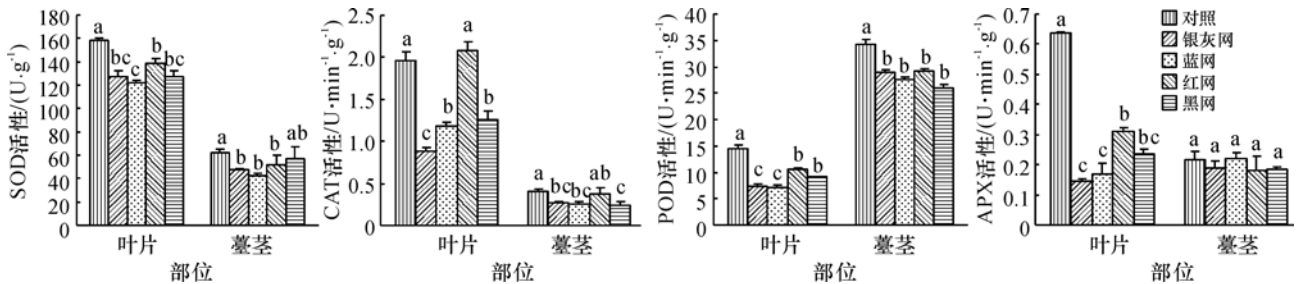
不同颜色遮阳网覆盖处理菜心叶片及薹茎内超氧阴离子( $O_2^{\cdot-}$ )生成速率及过氧化氢( $H_2O_2$ )含量差异显著( $P < 0.05$ ) (表1). 对照叶片内 $O_2^{\cdot-}$ 生成速率显著高于遮阳网覆盖,覆盖处理中红网和黑网显著高于蓝网和银灰网,薹茎 $O_2^{\cdot-}$ 生成速率对照显著高于银灰网和蓝网覆盖,但遮阳网覆盖处理间差

表1 不同颜色遮阳网对菜心 $O_2^{\cdot-}$ 生成速率及 $H_2O_2$ 含量的影响

Tab.1 Effects of different shading-nets on  $O_2^{\cdot-}$  generation and  $H_2O_2$  contents of flowering Chinese cabbage

处理	$O_2^{\cdot-}$ 生成速率/ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ )		$b(H_2O_2)$ / ( $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ )	
	部位		部位	
	叶片	薹茎	叶片	薹茎
对照	29.54 ± 0.92a	25.66 ± 2.05a	36.65 ± 0.58a	19.23 ± 1.02a
银灰网	24.11 ± 0.24c	20.96 ± 0.01b	18.73 ± 1.19bc	9.85 ± 0.56b
蓝网	25.56 ± 0.28c	19.86 ± 1.07b	17.91 ± 1.83c	8.54 ± 2.07c
红网	27.89 ± 0.99b	24.95 ± 0.28ab	22.04 ± 2.13b	10.56 ± 1.89b
黑网	27.77 ± 3.78b	24.08 ± 1.95ab	19.69 ± 0.13b	10.03 ± 0.78b

1)表中数据为平均值±标准误;同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著( $P = 0.05$ , Duncan's法).



各图中相同部位凡具有一个相同小写字母的,表示处理间差异不显著( $P = 0.05$ , Duncan's法).

图3 不同颜色遮阳网对菜心SOD、CAT、POD、APX活性的影响

Fig.3 Effects of different shading-nets on SOD, CAT, POD, APX activities of flowering Chinese cabbage

### 2.5 不同颜色遮阳网对菜心可溶性糖及抗坏血酸含量的影响

可溶性糖(SS)含量在植物遭受逆境胁迫时通常会增加. 遮阳网覆盖不同程度地降低了菜心叶片及薹茎内可溶性糖含量(图4), 叶片可溶性糖含量对照显著高于遮阳网覆盖,蓝网覆盖的显著低于其他网覆盖,薹茎为对照>红网>黑网>银灰网>蓝网;叶片内可溶性糖含量明显低于薹茎.

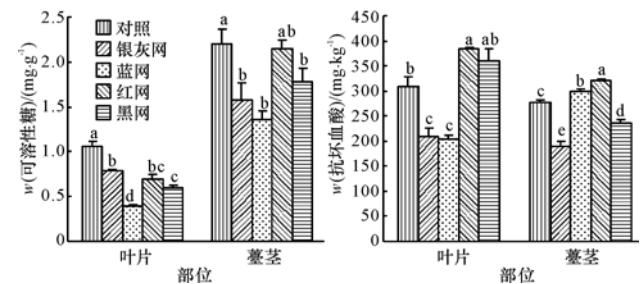
抗坏血酸(ASA)可以作为抗氧化剂直接清除活性氧,是植物非酶促清除系统的主要成员之一. 红网和黑网覆盖的菜心叶片内ASA含量显著高于对照(图4),银灰网与蓝网则显著低于对照;薹茎内ASA含量各处理间差异显著,红网和蓝网覆盖较对

异不明显;菜心叶片 $O_2^{\cdot-}$ 生成速率大于薹茎. 对照的叶片及薹茎内 $H_2O_2$ 含量都显著高于遮阳网覆盖,蓝网处理显著低于其他遮阳网覆盖;叶片 $H_2O_2$ 含量明显高于薹茎.

### 2.4 不同颜色遮阳网对菜心抗氧化酶活性的影响

不同遮阳网覆盖处理明显影响了菜心抗氧化酶活性(图3). 对照叶片内SOD活性显著高于遮阳网覆盖处理,叶片SOD活性各遮阳网处理间差异不显著,对照薹茎SOD活性显著高于遮阳网覆盖处理(黑网与对照差异不显著);叶片SOD活性明显高于薹茎. 叶片CAT活性各处理差异显著,红网覆盖与对照无显著差异,但显著高于其他处理,薹茎CAT活性差异相对较小,对照最高,黑网最低;叶片CAT活性显著高于薹茎. 对照叶片POD活性显著高于遮阳网覆盖处理,覆盖处理中红网和黑网显著高于银灰网和蓝网,对照薹茎POD活性显著高于遮阳网覆盖处理,遮阳网覆盖处理间差异不显著;叶片POD活性显著低于薹茎. 对照叶片APX活性显著高于遮阳网覆盖,红网覆盖显著高于蓝网和银灰网,薹茎APX活性各处理间差异不显著;除对照外各处理叶片内APX活性差异不明显.

照增加,黑网和银灰网则降低.



各图中相同部位凡具有一个相同小写字母的,表示处理间差异不显著( $P = 0.05$ , Duncan's法).

图4 不同颜色遮阳网对菜心SS和ASA含量的影响

Fig.4 Effects of different shading-nets on SS and ASA contents of flowering Chinese cabbage

### 3 讨论与结论

当植物处于逆境条件时,会导致活性氧在体内过量积累,从而对植物造成伤害.而植物体为保护自身免受活性氧的伤害,形成了内源保护系统,包括酶保护系统和非酶抗氧化剂<sup>[17]</sup>.SOD的主要功能是催化 $O_2^-$ ·自由基发生歧化反应,生成 $H_2O_2$ 和 $O_2$ ,使植物免受由于 $O_2^-$ ·含量过高而引起的氧化伤害,体内 $O_2^-$ ·水平提高,SOD的活性也增加,从而对植物进行保护反应,再由CAT、POD、APX等分解清除 $H_2O_2$ ,从而降低体内活性氧水平<sup>[18-20]</sup>.

遮阴处理后,假俭草叶片的POD、SOD、APX等保护酶活性、苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性以及MDA含量随遮阴程度的加大逐渐下降<sup>[6]</sup>.遮阴处理后半夏叶片SOD、POD活性和MDA含量均低于全光照处理,CAT活性则表现为先高于后低于全光照处理<sup>[7]</sup>.78%遮阴处理对高羊茅和沿阶草都会造成胁迫,高羊茅受害明显,生活力显著下降,酶系统活力降低,质膜受损<sup>[8]</sup>.可见遮阴对植物生长造成的胁迫,特别是对抗氧化酶体系的影响存在普遍性.

本试验结果显示,对照不覆盖处理菜心叶片及茎秆内 $O_2^-$ ·生成速率及MDA、SS、 $H_2O_2$ 含量均高于遮阳网覆盖处理,说明夏季强光下菜心叶片膜脂过氧化严重;同时酶保护系统响应被激活,抗氧化酶SOD、CAT、POD及APX活性均显著升高;红网覆盖处理的菜心各项指标上稍低于对照,说明其遮光效果不明显;黑网MDA含量最低,但活性氧产物与红网差异不大,并显著低于对照,高于蓝网和银灰网,这可能是在弱光下叶片Rubisco含量降低,光合中间产物减少,限制了对 $CO_2$ 的吸收和传递电子能力及 $NADP^+$ 再生能力,使较多电子流向 $O_2$ ,提高了 $O_2^-$ ·的生成速率<sup>[21]</sup>.银灰网和蓝网在各项抗氧化指标上表现一致,伤害程度较小.非酶抗氧化剂ASA在清除活性氧上以红网最大,其他处理差异不明显.

综上所述可以看出,夏季高温强光照导致菜心抗氧化酶活性升高,但并不能完全清除高的活性氧产物,导致菜心组织内MDA含量显著升高,膜系统损伤.所以夏季设施大棚内覆盖遮阳网可以起到减少MDA的累积,降低膜脂过氧化作用,尤以银灰网和蓝网减弱效果较明显.

#### 参考文献:

- [1] 刘厚诚,黄琴,陈日远.遮光对芥蓝生长和菜薹产量及品质的影响[J].华中农业大学学报,2004,35:215-218.
- [2] LIU Hou-cheng, HUANG Qin, CHEN Ri-yuan. Effects of shade on photosynthetic characteristics in Chieh-qua [J]. Acta Horticulture, 2004, 659: 799-804.
- [3] WU Xue-xia, ZHA Ding-shi. Effects of shading on growth and photosynthetic characteristics of eggplant seedling [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2010, 25 (3):102-107.
- [4] 陈国菊,吴筱颖,陈日远,等.遮阴与露地栽培对小乌花生生长及细胞组织结构的影响[J].华南农业大学学报,2000,21(1):90-94.
- [5] 浙江农业大学.蔬菜栽培学各论:南方本[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [6] 周兴元,曹福亮.遮阴对假俭草抗氧化酶系统及光合作用的影响[J].南京林业大学学报:自然科学版,2006,30(3):32-36.
- [7] 孟祥海,张跃进,皮莉.遮阴对半夏叶片光合色素与保护酶活性的影响[J].西北植物学报,2007,27(6):1167-1171.
- [8] 马鲁沂,孙小玲,郝俊,等.遮阴对高羊茅和沿阶草生活力及抗氧化酶体系的影响[J].草地学报,2009,17(2):186-192.
- [9] 杜洪涛,刘世琦,张珍.光质对彩色甜椒幼苗生长及酶活性影响[J].华北农学报,2005,20(2):45-48.
- [10] 蒲高斌,刘世琦,张珍,等.光质对番茄幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J].中国蔬菜,2005(9):21-23.
- [11] SHAHAK Y, GUSSAKOVSKY E E, GAL E, et al. Colormets: Crop protection and light-quality manipulation in one technology [J]. Acta Horticulture, 2004, 659: 143-151.
- [12] ELAD Y, MESSIKA Y, BRAND M, et al. Effect of colored shade nets on pepper powdery mildew [J]. Phytoparasitica, 2007, 35(3):285-299.
- [13] 关佩聪,刘厚诚,陈日远,等.菜薹(菜心)生长动态与花茎形成[J].中国蔬菜,2005(2):12-14.
- [14] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:195-197.
- [15] 宋松泉.种子生物学研究指南[M].北京:科学出版社,2005.
- [16] 沈文彪,徐朗莱,叶茂炳,等.抗坏血酸过氧化物酶活性测定的探讨[J].植物生理学通讯,1996,32(3):203-205.
- [17] 李合生.现代植物生理学[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [18] 张家旺,冯辉,朱延姝,等.遮光及恢复过程中番茄叶片抗氧化酶活性变化研究[J].安徽农业科学,2007,35(4):980-981.
- [19] SOFO A, DICHIO B, XILOYANNIS C, et al. Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree [J]. Plant Science, 2004, 166(2):293-302.
- [20] 杨淑慎.活性氧、自由基与植物的衰老[J].西北植物学报,2001,21(2):215-220.
- [21] 刘文海,高东升,赵海亮,等.不同光强对设施桃树活性氧代谢的影响[J].果树学报,2006,23(2):186-190.