

不同光照强度对菊花形态和抗氧化系统的影响

韩 霜

(商丘师范学院 生命科学院, 植物与微生物互作重点实验室, 河南 商丘 476000)

摘 要:以菊花品种‘南农宫粉’为试材,研究了不同光照条件对植物形态和抗氧化酶的影响。结果表明:生长在自然光照的植株叶片呈微黄色,生长在 15%光照的植株叶片变大变薄,且叶色变绿。自然光下,超氧化物歧化酶(SOD)、单脱氢抗坏血酸还原酶(MDAR)、谷胱甘肽还原酶(GR)、抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性,超氧阴离子产生速率($O_2^{\cdot-}$)和丙二醛(MDA)含量在第 4 天时均比遮阴的高,18 d 时 MDA 含量降到较低水平,抗氧化酶有增有降,活性氧还较高。以上结果表明,抗氧化酶为植物提供了有效的保护,防止过氧化物的发生, $O_2^{\cdot-}$ 一直保持较高水平是过剩光能引起的。

关键词:菊花;形态;活性氧;超氧化物酶

中图分类号:S 682.1⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)22-0076-04

植物对弱光一般有服从或逃避 2 种反应,一方面是通过提高叶面积降低叶绿素 a/b(Chl a/b)比率来适应弱光,另一方面是通过改变叶片与水平面的角度以便捕获更多光子来适应弱光^[1]。弱光条件下光合速率受抑制,从而影响植物生长和产量^[2],同时还会引起叶面积增大,叶绿素含量增加^[3]。过剩光能还会引起大量活性氧产生(ROS),如单线态氧(1O_2),超氧阴离子($O_2^{\cdot-}$),过氧化氢(H_2O_2)和羟基自由基($\cdot OH$)。抗氧化酶在清除活性氧方面起着重要作用^[4]。小麦从低光强向高光强转移过程中 SOD、APX、GR、CAT 活性上升。先锋树在强光下,伴随 SOD 活性增加,APX 变化不明显^[5]。重度遮荫条件下樱桃叶片 SOD 活性和 MDA 含量比自然光照条件下高^[6]。

菊花品种‘南农宫粉’观赏价值高,但它对低光强敏感,适宜光照强度范围较窄,过强或过弱都会引起幼苗质量差。因此,调查低光照对该品种影响规律和定量光照强度对提高苗期管理有一定的帮助。有关不同光质与菊花生长发育关系的研究较普遍^[7]。但有关菊花最适光照强度的研究尚鲜见报道。该研究旨在通过设置不同遮荫条件对菊花生长、光合特性和抗氧化酶的变化综合分析,确定最佳光照条件。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试菊花为‘南农宫粉’,由南京农业大学“中国菊花种质资料保存中心”提供。

1.2 试验方法

选择生长一致的插穗扦插,生根后移植到口径 14 cm 的花盆中,所用基质配方为营养土:珍珠岩:蛭石=1:1:1,不施营养液。缓苗后,随机分组转移至 4 个大棚里面。大棚用不同厚度的遮阳网构建,设 55%自然光照(最适)、25%自然光照(弱光)和 15%自然光照(重度弱光)3 个光照强度处理,以自然光照(全光照)为对照(CK)。每个处理 60 盆。试验期间,温度 28℃/15℃,光周期 13 h/11h,大气湿度 70%。同时间测定 3 个遮荫棚内和自然光照条件下温度差异小于 1℃,由温度造成不同处理之间的差异可以忽略。所有植株接受自然降水,需要水分时灌溉,自然光照条件 2 d 1 次,遮荫条件下 3~4 d 灌溉 1 次。在 0、4(未出现底荫症状)、18 d(底荫症状明显)用打孔器取圆片(面积 0.76 cm²)液氮速冻转至 -80℃超低温冰箱待用。

1.3 项目测定

1.3.1 根系、根冠比和比叶重测定 每个处理 5 株,分成根、茎、叶 3 部分,从上往下数第 4 片完全展开叶片平展放到信封中,LI-3100C 叶面积仪(LI-COR, Lincoln, NE, USA)测定叶面积,之后把 3 部分分开放到 80℃烘箱中,烘干称重。比叶重(SLW, g/m² DW)=干重/叶面积。

1.3.2 超氧阴离子产生速率测定 $O_2^{\cdot-}$ 产生速率用氮蓝四唑降低量表达^[8]。一个叶片上取出 4 个新鲜圆片

作者简介:韩霜(1982-),女,博士,讲师,现主要从事植物光合作用等研究工作。E-mail:htshd_012@163.com.

基金项目:河南省科技厅基础与前沿资助项目(142300410321);商丘市科技局资助项目(20121043)。

收稿日期:2014-08-26

放入 4 mL 缓冲液中,缓冲液包括:10 mM $\text{Na}_2\text{HPO}_4 - \text{KH}_2\text{PO}_4$ (pH 7.8),0.05% (w/v) NBT,10 mM NaN_3 ,放置 1 h。然后 85℃ 水浴锅水浴 15 min,温度降至室温后,580 nm 下测定吸光值, $\text{O}_2^{\cdot -}$ 产生速率用 $\text{OD}_{580} \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 表示。每处理 3 次重复,每重复的 4 个圆片来自同一叶片。

1.3.3 膜质过氧化测定 膜质过氧化用 MDA 含量表示^[9]。每处理 3 次重复。

1.4 数据分析

试验结果用平均值±标准误表示。SPSS v17.0 统计分析,处理之间差异显著水平用单因素邓肯检验,

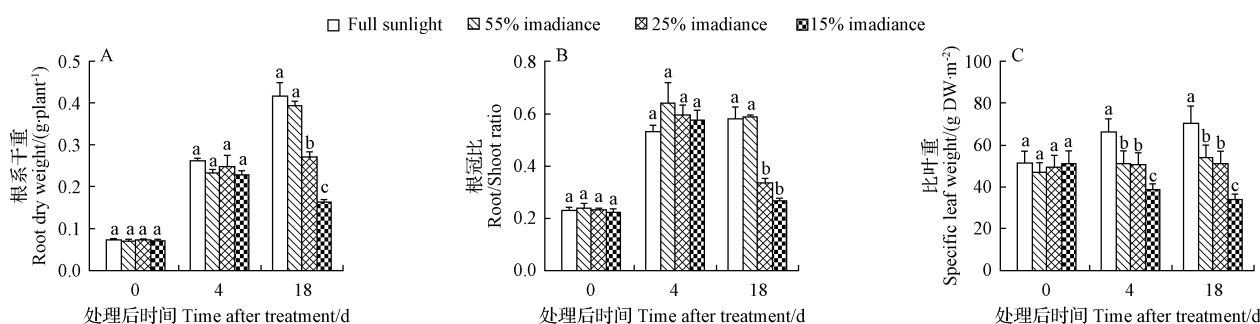
表 1 菊花在自然光照、55%、25%和 15%光照条件下处理 0、4、18 d 的茎长、节间长、叶柄长和叶面积

Table 1 The length of the stem,internode and petiole,and the leaf area of chrysanthemum plants exposed to full sunlight,55%,25% and 15% irradiance for 0,4 and 18 days

处理 Treatment	茎长 Stem length/cm	节间长 Internode length/mm	叶柄长 Petiole length/mm	叶面积 Leaf area/cm ²
0 d	全光照 Full sunlight	10.1±1.20a	8.0±0.53a	5.7±0.71a
	55%光照 55% irradiance	9.8±1.20a	8.4±0.55a	5.5±0.66a
	25%光照 25% irradiance	10.3±1.40a	8.3±0.35a	6.1±0.59a
	15%光照 15% irradiance	9.5±0.80a	8.6±0.43a	5.9±0.44a
4 d	全光照 Full sunlight	14.2±0.93a	10.2±0.87a	6.0±0.55a
	55%光照 55% irradiance	14.1±0.38a	10.8±0.62a	5.6±0.68a
	25%光照 25% irradiance	14.1±0.66a	10.6±1.60a	6.4±0.91a
	15%光照 15% irradiance	13.4±0.33a	11.2±1.94a	7.0±0.85a
18 d	全光照 Full sunlight	15.0±0.87b	11.3±0.66b	6.1±0.78b
	55%光照 55% irradiance	16.5±1.42b	11.6±0.91b	6.3±0.87b
	25%光照 25% irradiance	16.4±0.74b	13.5±1.00b	6.7±0.69b
	15%光照 15% irradiance	20.4±1.43a	17.6±1.78a	7.9±0.94a

注:数值代表平均值±标准误(n=5),表中不同字母代表同一个时间的不同处理之间差异显著($P<0.05$)。

Note:Data are given as mean±SE (n=5). Within a column,values marked by different letters show significant different from one another ($P<0.05$).



注:不同字母代表处理之间差异显著($P<0.05$)。下同。数据代表平均值±标准误(5次重复)。

Note:Values marked by different letters show that full sunlight and the shading treatments significant difference from one another ($P<0.05$),the same below. Bars represent the mean ±SE (n=5).

图 1 菊花在自然光照、55%、25%和 15%光照条件下 0、4、18 d 根系重量、根冠比和比叶重

Fig. 1 Root dry weight,root/shoot ratio and the specific leaf weight of chrysanthemum plants exposed to full sunlight, 55%,25% and 15% irradiance for 0,4 and 18 days

2.2 不同光照强度对菊花超氧阴离子和 MDA 含量的影响

由图 2 可知,4 d 时自然光照条件下超氧阴离子产生速率和 MDA 含量显著高于其它 3 种光照条件的超氧阴离子产生速率和 MDA 含量;18 d 时自然光照条件下的超氧阴离子产生速率显著高于遮荫条件下超氧阴离

$P<0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 植物生长发育和形态

从表 1 可以看出,光照强度影响植物生长和叶片形态,18 d 时,弱光条件特别是在 15%光照强度下,出现节间变长、叶柄变长、叶片变薄变大等庇荫症状。从图 1 可以看出,遮荫条件下叶片呈深绿色,自然光照下叶片呈微黄色。比叶重随着光照强度的增加而增加,根重和根冠比随着光照强度从 55%下降到 15%而降低。

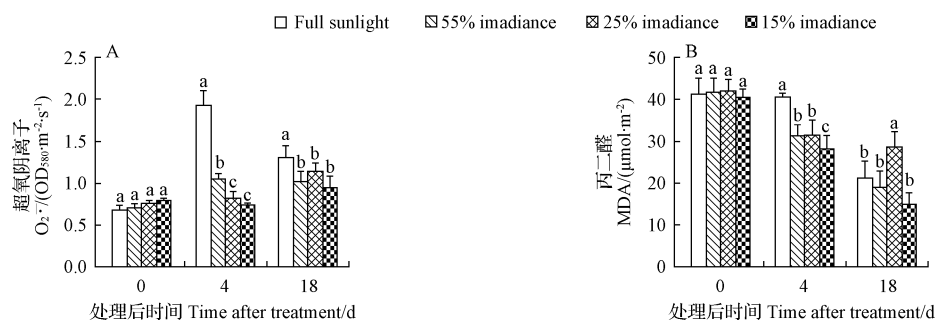
子产生速率,25%光照条件下的 MDA 含量显著高于其它 3 种光照条件下 MDA 含量。

2.3 不同光照强度对菊花抗氧化活性的影响

从图 3 可以看出,抗氧化酶活性随着处理时间和光照强度的变化而变化显著。处理 4 d 时,自然光照下 SOD、MDAR、GR、APX 活性最高,CAT 例外。18 d 时,

MDAR、GR 和 APX 降到较低水平,而 SOD 活性一直增加。15%光照下 CAT 活性在 4 d 时,与其它光照条件相

比最高,到 18 d 也降到最低水平;SOD、MDAR 活性最高值出现在 25%光照条件下,GR 出现在 15%光照。



注:数据代表平均值±标准误(3次重复)。下同。

Note: Bars represent mean \pm SE ($n=3$), the same below.

图 2 菊花在自然光照、55%、25%和 15%光照条件下 0,4,18 d 超氧阴离子及 MDA 含量

Fig. 2 Superoxide anion generation rate and malondialdehyde content in the leaves of chrysanthemum plants exposed to full sunlight, 55%, 25% and 15% irradiance for zero, four and 18 days

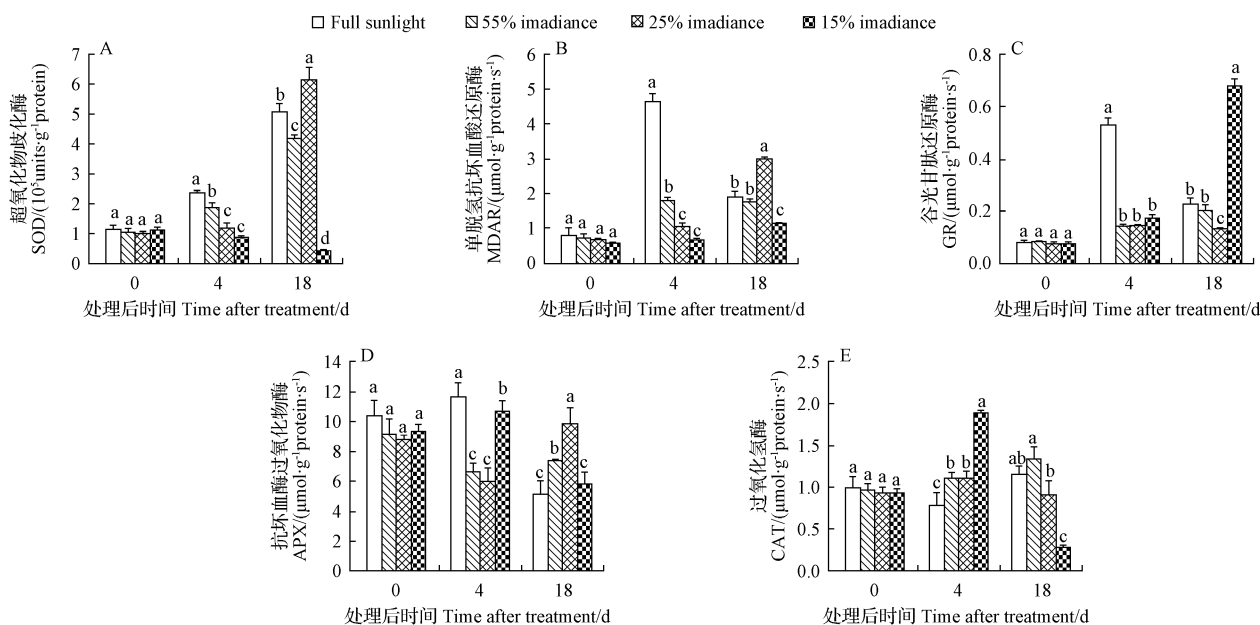


图 3 菊花在自然光照、55%、25%和 15%光照条件下 0,4,18 d 超氧化物歧化酶($O_2^{\cdot-}$)、单脱氢抗坏血酸还原酶(MDAR)、谷胱甘肽还原酶(GR)、抗坏血酸过氧化物酶(APX)、过氧化氢酶(CAT)活性

Fig. 3 Activities of superoxide dismutase (SOD), monodehydroascorbate reductase (MDAR), glutathione reductase (GR), ascorbate peroxidase (APX) and catalase (CAT) in the leaves of chrysanthemum plants exposed to full sunlight, 55%, 25% and 15% irradiance for 0, 4 and 18 days

3 讨论

遮荫使植物形态、株高、节间长、叶片大小和颜色发生一系列变化^[10]。但菊花对底荫的响应到目前尚鲜见报道。该试验结果表明,25%和 15%光照下叶片变大变薄,以前的研究认为,遮荫适应型花叶万年青通过扩大叶面积来调整光合适应性^[11]。所以菊花对弱光的响应倾向于服从,低光条件能促使干物质运输分配用于扩大叶面积^[12]。该试验得出了相同的结论,因为遮荫条件下比叶重比自然光照下低,但叶面积比自然光照下大。

25%和 15%光照条件下根系比地上部分受到的影响更大,因为 Root/Shoot 下降,与有关意大利鼠李的研究结论一致,7%光照显著降低 Root/Shoot^[13]。以上研究结果说明,由于遮荫引起的水分利用效率下降,可能影响根系生长。叶片颜色方面,自然光照条件下微黄,与山毛榉^[14]和先锋树^[6]的研究结论一致。

研究表明,自然光照条件下,SOD、MDAR、APX 和 GR 活性上升,与清除活性氧需求上升对应,与大麦的研究结论一致^[4]。抗氧化酶保持较高水平,但是 $O_2^{\cdot-}$ 产生

速率不减,可能是由 Chl 和光合酶的降低引起的暗反应受抑制,而使光合系统的过多缩减所致。18 d 时,MDA 含量降到较低水平,这说明抗氧化酶有效防止了强光引起的膜质过氧化物的发生。没有预料到的是:25%光照条件下 SOD、MDAR、APX 和 MDA 含量水平一致,都是 25%光照条件下出现最高点。有研究发现,适当遮荫条件下 SOD 活性和 MDA 含量处于最高水平^[15]。因此可推断,抗氧化酶和膜质过氧化代表着某些相似的机制。而 CAT 和 APX 最高点分别出现在 4 d 和 18 d。因此这些酶活性不仅与光照强度有关而且与处理时间有关。

参考文献

- [1] Zavala J, Ravetta D. Allocation of photoassimilates to biomass, resin and carbohydrates in *Grindelia chilensis* as affected by light intensity[J]. Field Crops Research, 2001, 69(2): 143-149.
- [2] Gregoriou K, Pontikis K, Vemmos S. Effects of reduced irradiance on leaf morphology, photosynthetic capacity, and fruit yield in olive (*Olea europaea* L.) [J]. Photosynthetica, 2007, 45(2): 172-181.
- [3] Wei N, Deng X W. The role of the COP/DET/FUS genes in light control of Arabidopsis seedling development[J]. Plant Physiology, 1996, 112(3): 871-878.
- [4] Chen X, Li W, Lu Q, et al. The xanthophyll cycle and antioxidative defense system are enhanced in the wheat hybrid subjected to high light stress [J]. Journal of Plant Physiology, 2011, 15: 1828-1836.
- [5] Li H W, Li B, Zheng Q, et al. Variation in photosynthetic traits and antioxidant enzyme activities in wheat seedlings transferred from low to high light growth condition[J]. Acta Agronomica Sinica, 2010, 36(3): 449-456.
- [6] Favaretto V F, Martinez C A, Soriani H H, et al. Differential responses of antioxidant enzymes in pioneer and late-successional tropical tree species grown under sun and shade conditions[J]. Environmental and Experimental Botany, 2011, 70(1): 20-28.
- [7] Zhiyu M, Shimizu H, Moriizumi S, et al. Effect of light intensity, quality and photoperiod on stem elongation of Chrysanthemum cv. Reagan[J]. Environment Control in Biology, 2007, 45(1): 19-25.
- [8] Doke N. Involvement of superoxide anion generation in the hypersensitive response of potato tuber tissues to infection with an incompatible race of *Phytophthora infestans* and to the hyphal wall components[J]. Physiological Plant Pathology, 1983, 23(3): 345-357.
- [9] Hodges D M, de Long J M, Forney C F, et al. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds[J]. Planta, 1999, 207(4): 604-611.
- [10] Deng Y, Li C, Shao Q, et al. Differential responses of double petal and multi petal jasmine to shading: I. Photosynthetic characteristics and chloroplast ultrastructure[J]. Plant Physiol Biochem, 2012, 55: 93-102.
- [11] Skillman J B, Garcia M, Virgo A, et al. Growth irradiance effects on photosynthesis and growth in two co-occurring shade-tolerant neotropical perennials of contrasting photosynthetic pathways[J]. American Journal of Botany, 2005, 92(11): 1811-1819.
- [12] Cavagnaro J, Trione S. Physiological, morphological and biochemical responses to shade of *Trichloris crinita*, a forage grass from the arid zone of Argentina[J]. Journal of Arid Environments, 2007(3): 337-347.
- [13] Miralles J, Martinez-Sánchez J, Franco J, et al. *Rhamnus alaternus* growth under four simulated shade environments: Morphological, anatomical and physiological responses[J]. Scientia Horticulturae, 2011, 127(4): 562-570.
- [14] Naramoto M, Katahata S, Mukai Y, et al. Photosynthetic acclimation and photoinhibition on exposure to high light in shade-developed leaves of *Fagus crenata* seedlings[J]. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 2006, 201(2): 120-126.
- [15] Huang W, Wu L, Zhan J. Growth and photosynthesis adaptation of dwarf-type Chinese cherry (*Prunus pseudocerasus* L. cv. Laiyang) leaves to weak light stress[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37(12): 1981-1985.

Effect of Morphology and Antioxidants of Chrysanthemum Under Different Light Regimes

HAN Shuang

(Key Laboratory of Plant-Microbe Interactions, Department of Life Science, Shangqiu Normal University, Shangqiu, Henan 476000)

Abstract: Using chrysanthemum ‘Nannong Gongfen’ as experiment material, the influence of different light conditions on plant morphology and antioxidant were researched. The results showed that leaf color under full sunlight was yellowish-green, and that leaf area in 15% irradiance became bigger. The activities of superoxide dismutase (SOD, EC 1. 15. 1. 1), monodehydroascorbate reductase (MDAR, EC 1. 6. 5. 4), glutathione reductase (GR, EC 1. 6. 4. 2), ascorbate peroxidase (APX, EC 1. 11. 1. 11), superoxide anion ($O_2^{\cdot-}$) generation rate and malondialdehyde (MDA) content increased at the fourth day. By 18 days, MDA content decreased to the lower level. The results showed that antioxidant enzymes provided effective protection from oxidative damage. The maintained high level $O_2^{\cdot-}$ was caused by excess light energy.

Keywords: chrysanthemum; morphology; active oxygen; superoxide dismutase