

韩 霜. 弱光对菊花光合特性和氮代谢关键酶活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(19): 217–219.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.19.050

弱光对菊花光合特性和氮代谢关键酶活性的影响

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:对南农雪峰和南农宫粉 2 个菊花品种进行弱光处理, 研究这 2 个品种光合特性和氮代谢关键酶活性的变化。以菊花品种南农雪峰和南农宫粉为试验材料, 设置对照(自然光照)和处理(30% 自然光照)2 种光照度, 利用 LI-6400 型便携式光合仪测定不同光照度处理对 2 个菊花品种光响应曲线和光合参数净光合速率(P_n)的影响, 并利用分光光度计研究弱光对叶片硝酸还原酶(nitrate reductase, 简称 NR)、谷氨酰胺合成酶(glutamine synthetase, 简称 GS)活性的影响。结果表明, 弱光下菊花光饱和点(light saturation point, 简称 LSP)上升、光补偿点(light compensation point, 简称 LCP)、光饱和时光合速率、表观量子效率(apparent quantum efficiency, 简称 AQY)下降; 弱光条件下 NR 与 GS 活性均下降, 其中南农雪峰的 NR 和 GS 活性整体高于南农宫粉的相应酶活性。

关键词:弱光; 光合特性; 氮代谢; 硝酸还原酶; 谷氨酰胺合成酶

中图分类号: S682.1⁺10.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)19-0217-03

菊花(*Chrysanthemum morifolium*)是中国十大名花和世界四大切花之一, 具有较高的观赏价值和经济价值。菊花是短日照、喜阳植物, 它是中国主要的出口创汇花卉, 生产上主要采用集约化设施栽培, 然而设施栽培中普遍存在弱光问题, 严重影响菊花品质^[1]。设施弱光是制约菊花生产的主要因素之一, 弱光使光合速率下降, 同时影响氮素的吸收。研究弱光环境下菊花的光合特性和氮代谢关键酶活性的变化, 有助于加快耐弱光菊花育种进程和优化设施栽培技术^[2]。

光是植物进行光合作用的基础, 不仅可以调节植物的正常发育, 为植物的生长发育提供同化力, 促进气孔开放, 而且在植物关键酶活化方面也有重要作用。在弱光与植物光合特性关系的研究中, 目前人们已经在番茄、黄瓜、甜瓜、辣椒、草莓、油桃、葡萄等多种植物上进行了比较系统的研究^[3]。植物的生长发育是在遗传和环境 2 个因素相互作用条件下通过一系列复杂的生理、生化反应完成的。低、高等植物获得有机氮的主要途径是无机氮(主要是 NO_3^-)的还原、同化和有机氮化合物的合成及它们之间的相互转化^[4]。前人在弱光对蔬菜氮代谢关键酶活性的影响研究中发现, 弱光可降低氮代谢的还原能力和同化关键酶[硝酸还原酶(NR)、谷氨酰胺合成酶(GS)]的含量和活性以及含氮化合物的累积量, 这些变化导致蔬菜体内硝酸盐吸收与还原同化的不平衡, 从而造成 NO_3^- 的累积, 因此弱光是影响蔬菜硝酸盐积累的主要因素之一, 植物的正常生长发育和最基本的物质代谢都是通过氮代谢完成的^[5]。以往的研究多关于单个因素, 即弱光对单一品种的研究, 而弱光对不同菊花品种光合特性和氮代谢关键酶活性影响方面的研究较少。本试验主要关于弱光对不同菊花

品种生理和生化方面的影响与变化进行研究, 探讨不同菊花品种耐弱光能力的差异, 为培育耐弱光的菊花品种奠定基础, 从而提高菊花的产量和品质, 给人们带来更高的观赏价值和经济价值。

1 材料与方法

本试验于 2015 年 6—8 月在商丘师范学院进行。

1.1 试验材料和处理

供试材料为菊花品种南农雪峰和南农宫粉。选择生长一致的枝干插穗, 扦插生根后移植到花盆中, 花盆土壤中营养土、珍珠岩、蛭石体积比 = 2 : 1 : 1。缓苗后, 随机分组, 一组为正常光照, 另一组用遮光网遮盖。2015 年 7 月 1 日—7 月 28 日处理, 光照度分别设为正常光照(对照)和 30% 光照(弱光处理), 分为正常南农雪峰(ZXF)、弱光南农雪峰(RXF)、正常南农宫粉(ZGF)、弱光南农宫粉(RGF), 以 7 d 为 1 个周期, 共 5 个时间点, 测量光合特性及氮代谢关键酶活性。隔天浇水, 隔 5 d 浇营养液。调查期间每天 9:00—11:00 取样, 每隔 7 d 取样 1 次, 取样时用同一打孔器打出圆片, 先用锡箔纸包裹放入液氮中, 采集完再放入超低温冰箱中, 整个试验样品采集结束后, 统一进行 GS、NR 活性检测, 每个处理 3 次重复。最后 1 个时间点测量光合参数, 绘制 CO_2 响应曲线。

1.2 试验方法

1.2.1 光合特性的测定 选取同等叶位的功能叶片, 利用 LI-6400 光合仪(美国 LI-COR 公司)通过控制光照度进行光响应曲线测定, 每个品种每个处理设置 3 个重复, 最后测定结果取平均值。

1.2.1.1 光合参数和光响应曲线测定 在 CO_2 浓度为 $380 \mu\text{mol/mol}$, 温度为 $25 \sim 30^\circ\text{C}$, 叶室内光合有效辐射(简称 PAR)梯度设置为 1 500、1 200、1 000、800、600、400、200、150、100、50、20、0 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的条件下, 测定光合参数[净光合速率(P_n)等]。响应曲线以 x 轴为光合有效辐射, y 轴为净光合速率, 分别用 $y = a + bx$ 和 $y = ax^2 + bx + c$ 方程拟合。从

收稿日期: 2016-05-19

基金项目: 河南省科技厅科技攻关项目(编号: 142102110184、142102110185); 河南省教育厅项目(编号: 2016-JSJJYB-085)。

作者简介: 韩 霜(1982—), 女, 河南商丘人, 博士, 讲师, 主要从事植物光合作用方面的研究。E-mail: htshd_012@163.com。

而得出 P_n - PAR 光响应曲线,求出光饱和点(简称 LSP)、光补偿点(简称 LCP)和表观量子效率(简称 AQY)。

1.2.1.2 CO_2 响应曲线的绘制 安装 CO_2 钢瓶(“O”形圈),将苏打管调节旋钮拧到完全 Scrub 位置,干燥剂管调节旋钮拧到完全 Bypass 位置,设定 CO_2 梯度为 400、300、200、100、50、400、400、600、800、1 000、1 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 分别进行测量,每个处理 3 次重复。

1.2.2 氮代谢关键酶活性的测定 光响应曲线测定结束后选取同等叶位的 2 个功能叶片进行打孔,用锡箔纸包裹后迅速放入液氮中,进行氮代谢关键酶活性的测定。

1.2.2.1 NR 活性的测定 NR 活性测定参照王小纯等的方法^[6]进行。测定之前准备好需要用到的试管和离心管并标上对应标记,每个品种、每个处理分别进行 3 次重复,取平均值,用分光光度计在 540 nm 条件下比色。

1.2.2.2 GS 活性的测定 GS 活性的测定参照 Zhang 等的方法^[7]进行,用分光光度计在 540 nm 条件下比色。

1.3 统计分析

采用单因素方差分析同一品种不同处理对菊花光合特性和氮代谢关键酶的影响,并进行 Duncan's 多重比较,采用双因素方差分析光照和品种对各测定参数的影响。试验数据使用 Excel 2007 软件整理,统计分析用 SPSS V21.0 (美国)

软件。

2 结果与分析

2.1 弱光对不同菊花品种光合特性的影响

2.1.1 弱光对不同菊花品种光合参数的影响 由表 1 可知,2 个菊花品种在饱和点的光合速率均为对照 > 弱光,说明弱光处理能导致净光合速率下降。表观量子效率可以反映植株在一定弱光下的适应能力^[8]。最大表观量子效率随着处理时间的延长有所变化,且在正常光照下,南农雪峰的表观量子效率高于正常光照下的南农宫粉(表 1)。同一品种在不同处理条件下,正常处理表观量子效率大于弱光条件下的,说明光照度降低,表观量子效率也会随之降低,但南农宫粉弱光条件下的表观量子效率比南农雪峰低,可能是弱光下南农宫粉对光吸收能力受到限制,从而降低了净光合速率。

暗呼吸速率的降低是植物为适应弱光环境所表现出的,越是耐弱光的植物,其暗呼吸速率越低,分析对照和弱光下的 P_n - PAR 曲线,可以得到相似的结论。弱光条件下暗呼吸速率降低,有助于植物积累碳,南农雪峰弱光条件下暗呼吸速率低于南农宫粉的暗呼吸速率,由于暗呼吸速率是植物适应弱光的一种体现,这就说明南农雪峰较南农宫粉更能适应弱光。

表 1 弱光下菊花品种的光合参数

品种	处理	光补偿点 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	光饱和点 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	光饱和时光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	表观量子效率	暗呼吸速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]
南农雪峰	对照	29.8	1 000	23.27	0.119	1.92
	弱光	10.7	1 317	11.42	0.110	1.30
南农宫粉	对照	27.9	1 150	22.80	0.113	1.94
	弱光	9.8	1 525	9.01	0.108	1.52

注:测定时 CO_2 浓度为 $(390 \pm 10) \mu\text{mol}/\text{mol}$,温度为 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。

2.1.2 弱光对不同菊花品种光合响应曲线的影响 图 1 中 2 个菊花品种在弱光和正常光处理下的 P_n - PAR 响应曲线显示,当对照南农雪峰、对照南农宫粉和弱光南农雪峰、弱光南农宫粉 PAR 范围分别为 800 ~ 1 200、1 000 ~ 1 200、1 000 ~ 1 200、600 ~ 800 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时, P_n 随着 PAR 的增大几乎呈线性增加,而当 PAR 超过上述值则随 PAR 的增大, P_n 增加缓慢,甚至有所下降,表明 PAR 已接近或达到光饱和点。

说明 CO_2 浓度的升高有利于菊花 P_n 的提高。但是不同菊花品种对弱光的响应有差异,表现为南农雪峰在弱光条件下对 CO_2 利用与自然光照条件差异不明显,南农宫粉在弱光条件下在 CO_2 浓度 > 1 000 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 范围内对 CO_2 的利用效率明显下降,说明南农宫粉对弱光的适应性差。

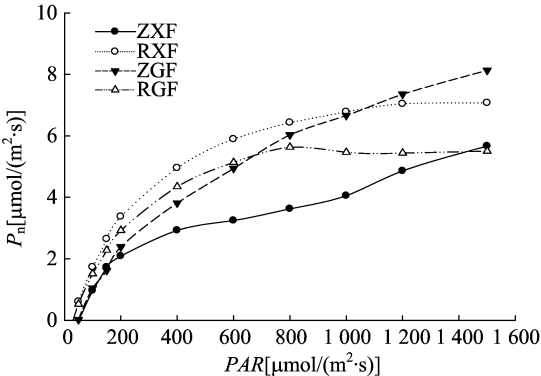


图1 不同光照下不同菊花品种 P_n 对 PAR 的响应

2.1.3 弱光对不同菊花品种 CO_2 响应曲线的影响 由图 2 可知,在不同光照条件下, P_n 对 CO_2 浓度变化的响应趋势相同,即随着 CO_2 浓度的升高, P_n 逐渐升高直至趋于稳定状态,

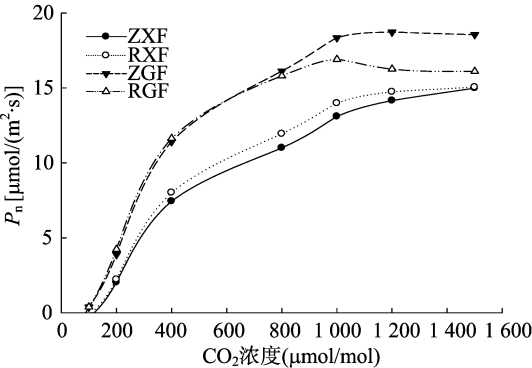


图2 不同光照下不同菊花品种 P_n 对 CO_2 的响应

2.2 弱光对菊花关键酶活性的影响

2.2.1 弱光对 NR 活性的影响 由图 3 可见,随着时间的延长,正常光照下南农雪峰的 NR 活性大于弱光下的南农雪峰 NR 活性,7 d 后 NR 活性迅速降低,但南农宫粉的 NR 活性在 0 ~ 14 d 呈现先升高后降低的趋势。结果表明,南农雪峰的

NR 活性平稳下降,而南农宫粉的 NR 活性变化不稳定。可见,光照度能影响不同菊花品种的 NR 活性,不同菊花品种对弱光的响应有差异,南农宫粉对弱光较南农雪峰敏感,说明南农雪峰更能适应弱光环境。

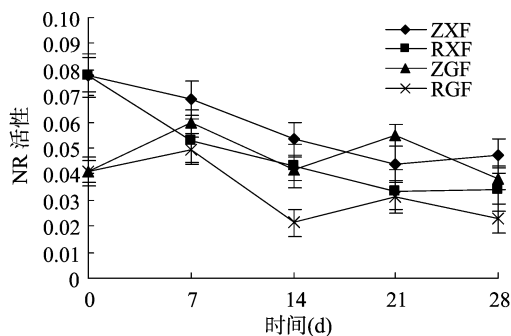


图3 不同光照度对 NR 活性的影响

2.2.2 弱光对 GS 活性的影响 由图 4 可知,正常光照下南农雪峰的 GS 活性明显高于南农宫粉的 GS 活性,而且上升速度较快,而弱光条件下 2 个品种均呈现不同的趋势,试验开始 7 d 时南农宫粉 GS 活性大于南农雪峰,之后弱光条件下南农雪峰 GS 活性整体上大于南农宫粉 GS 活性。根据差异显著分析,正常光照下 2 个品种差异不显著,而在弱光条件下 2 个品种差异显著,后期正常光照下 GS 保持较高活性,而弱光下 GS 活性较低。

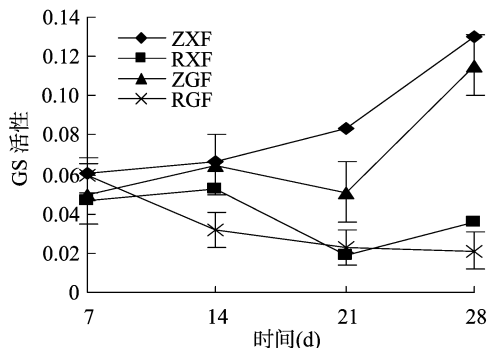


图4 不同光照度对 GS 活性的影响

3 结论与讨论

光照条件的变化能明显改变叶片的光合作用、叶绿素荧光参数、叶绿体超微结构、最终影响物质的积累^[8-10]。光合速率下降的主要原因是光能的供应,由于氮素是菊花生长发育过程中需要量最大的营养元素之一,在氮代谢的整个途径中,NR 作为植物体内的关键酶和限速酶,同时也是一种诱导酶,可提供光合作用所需要的能量;光照度对 NR 活性有重要影响,同时 NR 作为限制性关键酶调控整个氮素还原同化进程^[11-12]。弱光降低了菊花对 NO_3^- 的利用,从而降低了菊花对氮素的吸收,同时菊花的氮素还原力和同化能力也有所降低,不利于氮素的积累,导致碳、氮代谢受阻,光合速率下降。

从数据的分析中可以得出,南农雪峰更能适应弱光环境,在一定的弱光条件下,光合特性和氮代谢关键酶所受影响不是特别明显,而南农宫粉对弱光较敏感。

高等植物氮同化的主要途径是由 GS^[13] 和谷氨酸合酶 (GOGAT) 构成的循环反应,此循环反应是整个氮代谢的中心,在氮素的利用及高等植物的各个发育阶段的氮同化过程中起着十分重要的作用^[14]。本试验结果表明,NR 和 GS 活性易受光照的影响,遮光条件下对光合作用参数影响较大,弱光条件下 P_n 下降,同时也受到细胞内 NO_3^- 浓度的影响。因此可知,弱光对 2 个菊花品种的光合特性和氮代谢关键酶活性有明显影响,而南农雪峰比南农宫粉更易于适应弱光。

参考文献:

- [1] 韩 霜,陈素梅,蒋甲福,等. 弱光下菊花清露的激素水平及相关基因表达[J]. 中国农业科学,2015,48(2):324-325.
- [2] 翁忙忙,程慧林,姜卫兵. 弱光对园艺植物光合特性及生长发育影响研究进展[J]. 内蒙古农业大学学报,2007,28(3):279-280.
- [3] 吕 艳. 温室设施的使用与维护系列之弱光对作物的影响[J]. 温室园艺,2007(11):20-21.
- [4] 刘 丽,甘志军,王宪泽. 植物氮代谢硝酸还原酶水平调控机制的研究进展[J]. 西北植物学报,2004,24(7):1355-1361.
- [5] 李林妍,汪俊玲,王 梅,等. 遮光下外源水杨酸对韭菜硝酸盐还原同化效应的研究[J]. 中国农业科学,2012,45(20):4216-4223.
- [6] 王小纯,熊淑萍,马新明,等. 不同形态氮素对专用型小麦花后氮代谢关键酶活性及籽粒蛋白质含量的影响[J]. 生态学报,2005,25(4):803-805.
- [7] Zhang C F, Peng S B, Peng X X, et al. Response of glutamine synthetase isoforms to nitrogen sources in rice (*Oryza sativa* L.) roots [J]. Plant Science,1997,125(2):163-170.
- [8] 陆晓蕾,张宝玺,张振贤,等. 不同品种辣椒幼苗光合特性及弱光耐受性的差异[J]. 园艺学报,2005,32(2):222-227.
- [9] 李翊华,张芬琴,陈修斌,等. 温室水肥耦合对甜椒生长和果期叶片光合特性的影响[J]. 江苏农业学报,2015,31(2):415-421.
- [10] 许 楠,倪红伟,钟海秀,等. 不同供氮水平对饲料桑树幼苗生长以及光合特性的影响[J]. 江苏农业学报,2015,31(4):865-870.
- [11] 陈龙正,梁 亮,徐 海,等. 小白菜光合特性与硝酸还原酶活性关系的研究[J]. 西北植物学报,2009,29(11):2256-2260.
- [12] 王 强,钟旭华,黄农荣,等. 光、氮及其互作对作物碳氮代谢的影响研究进展[J]. 广东农业科学,2006(2):37-40.
- [13] 郭濛濛,邱宝平,符云鹏,等. 氮磷钾施肥比例对晒红烟碳氮代谢关键酶活性及化学成分的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(5):95-98.
- [14] 王建华,任士福,史宝胜,等. 遮荫对连翘光合特性和叶绿素荧光参数的影响[J]. 生态学报,2011,31(7):1811-1817.