

弱光对菊花‘清露’光合特性的影响

韩 霜

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

摘 要:以弱光敏感的菊花品种‘清露’为试材,采用分析光合参数的方法,在自然光照(对照)和30%光照(弱光处理)2个条件下,研究了不同光强梯度(1 500、1 200、1 000、800、600、400、200、150、100、50、20、0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)下植株在0、5、10、15、20 d各时间点的光合特性变化,以探讨弱光对菊花光合特性影响规律,为苗期管理提供参考。结果表明:随着光合有效辐射(PAR)的提高,净光合速率呈上升趋势,在弱光条件下也是如此,对照净光合速率(P_n)最大值达到15.31 $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,而弱光下最大值仅达到7.94 $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;光饱和点(LSP)最大值分别为1 061.00、825.00 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;光补偿点(LCP)最大值分别为58.7、76.42 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;对气体交换参数进行分析,发现弱光下植株通过增大气孔导度(G_s),减少胞间二氧化碳浓度(C_i),来减缓因光照不足造成的光合速率下降;然而弱光下菊花虽然通过自身调节来适应环境变化,但低光照仍会造成其光合速率的下降,影响植株的正常生长。这种效应既与气孔限制有关,又受非气孔因素的影响。

关键词:弱光;光合特性;敏感;光响应曲线

中图分类号:S 682.1⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)06-0081-05

光能通过形态建成控制植株的生长发育^[1],弱光逆境通常是指在植株生长的环境中,光照虽然不低于限制其生长的最低光照强度,但与自然光照相比,仍会影响其正常生长。生长在弱光逆境条件下的植株会产生一系列的适应性反应,包括形态结构、生理功能的改变,基因调控的发生等^[2-4]。这些既是植株对弱光产生适应性的结果,也是影响产量和品质的重要原因。所以研究植株在弱光下的光合特性,对于改善植株性状有重要意义。

在光合作用中,光照是主导因素,在不同光照条件下、不同时间均可测定光合作用对光的响应曲线^[5]。对 P_n -PAR光合响应曲线进行拟合分析,可以得到植株的光饱和点(light saturation point, LSP)、光补偿点(light compensation point, LCP)、表观量子效率(AQY)和最大光合速率($P_{n\max}$)等光合参数,

所以光响应曲线对于了解光合作用效率具有重要意义^[6-7]。同时通过对光响应曲线的分析,可以得到叶片的一些气体交换参数,如净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间二氧化碳浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r),通过对气体交换参数的分析,可以得出光合效率受气孔限制还是非气孔限制^[8-9]。

菊花设施栽培迅速发展,集约化生产管理日渐普遍,但大批量育苗也常导致设施内的植物在不良气候条件下生长^[10]。设施生产中的主要障碍之一是群体密度大,到达单株植株的光照强度低,达不到植株的正常生长需求,造成经济产量下降。菊花是喜光植物,忌荫蔽,光照不足会引起菊花形态和品质的下降,造成严重的损失。菊花品种繁多,观赏性强,有必要对其光合特性加以研究,以提升其经济价值。菊花品种‘清露’是菊花切花生产中的重要品种,它属于弱光敏感型品种,适宜生长的光照强度范围较窄,过强或过弱都会造成幼苗品质下降。战吉宸等^[11]从生理学角度研究了弱光对植物生长发育的影响;梁芳等^[12]证明了菊花品种‘神马’在低温弱光下会导致其叶片的净光合速率下降;李永华等^[13]通过对10个秋菊品种的研究得出,早花品种对光照强度的适应范围较大,中花品种对强光的利用能力次之,

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:河南省科技厅科技攻关资助项目(162102110161);河南省教育厅资助项目(2016-JSJYYB-085);商丘师范学院青年骨干教师资助项目(2016GGJS11)。

收稿日期:2016-12-12

晚花品种具有一定的耐阴能力。该试验研究了弱光对菊花‘清露’光合特性的影响,探讨低光照下该品种生长规律,以期改善苗期管理措施,提高幼苗品质。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为对弱光敏感的菊花品种‘清露’。

1.2 试验方法

扦插长势良好且一致的菊花‘清露’插穗,生根后移植到花盆中,基质为营养土:珍珠岩:蛭石=2:1:1,经过3 d缓苗后随机分成2组,一组放置在自然光照下为对照(CK),另一组放置在大棚中,用遮光度为70%的黑色尼龙遮阳网覆盖,为弱光试验组(30%光照)。设置0、5、10、15、20 d 5个时间点,在各时间点设定光强梯度1 500、1 200、1 000、800、600、400、200、150、100、50、20、0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,测定光合响应曲线,每个时间点2组材料分别设置3次重复。

1.3 项目测定

1.3.1 光合特性的测定 选择长势一致的植株,选择从上至下的第4片完全展开叶的功能叶片,利用LI-6400光合仪(美国LI-COR公司生产)测定净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、胞间CO₂浓度(Ci)、蒸腾速率(Tr),每品种每处理3次重复,结果取平均值。

1.3.2 光合响应曲线的测定 选择缓苗后第3天(2015年7月2日)为第一个测定时间点,此时未分

组,随机选取长势良好一致的3株幼苗进行测定。试验在09:00—11:00进行,使用内置红蓝光源,将叶片在接近饱和光强1 000 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 下诱导20 min,使光合系统充分活化。依据1.2中在不同光强梯度下分别记录Pn,稳定时间为180 s,待测定值稳定后记录数据。之后导出数据绘制Pn-PAR光响应曲线。对该曲线进行非线性回归分析,求得最大净光合速率,再根据拟合方程求得光饱和点和光补偿点。以后的每一个时间点以同样的方法步骤测定,并记录相应数据。

1.4 数据分析

对所得响应曲线利用SPSS 21.0软件中的非线性回归分析处理,气体交换参数处理利用SPSS 21.0软件中的单因素方差分析。同时利用Excel 2003软件对数据进行处理和作图。

2 结果与分析

2.1 叶片净光合速率对光照强度的响应

由图1可知,无论是在弱光条件下还是自然光照下,净光合速率(Pn)均随着光合有效辐射(photosynthetically active radiation, PAR)的上升而增大,均包括快速增长和缓慢增长2个阶段,并且在同一时间点,弱光下的净光合速率低于自然光照。利用抛物线方程 $y=ax^2+bx+c$ 拟合,得到一系列光合参数。由表1可知,在弱光下LSP降低,LCP升高,Pnmax降低,说明植株适应弱光的能力不强;

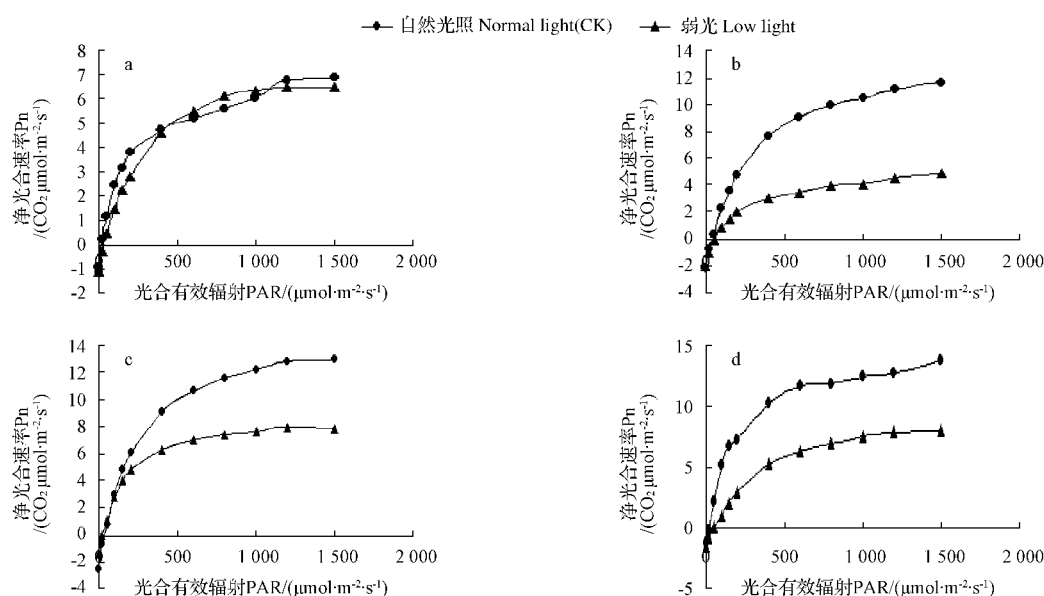


图1 在5(a)、10(b)、15(c)、20(d)d时菊花的光合响应曲线

Fig.1 Photosynthetic response curve in days of 5(a),10(b),15(c),20(d) days

表 1

弱光下菊花幼苗的需光特性

Table 1

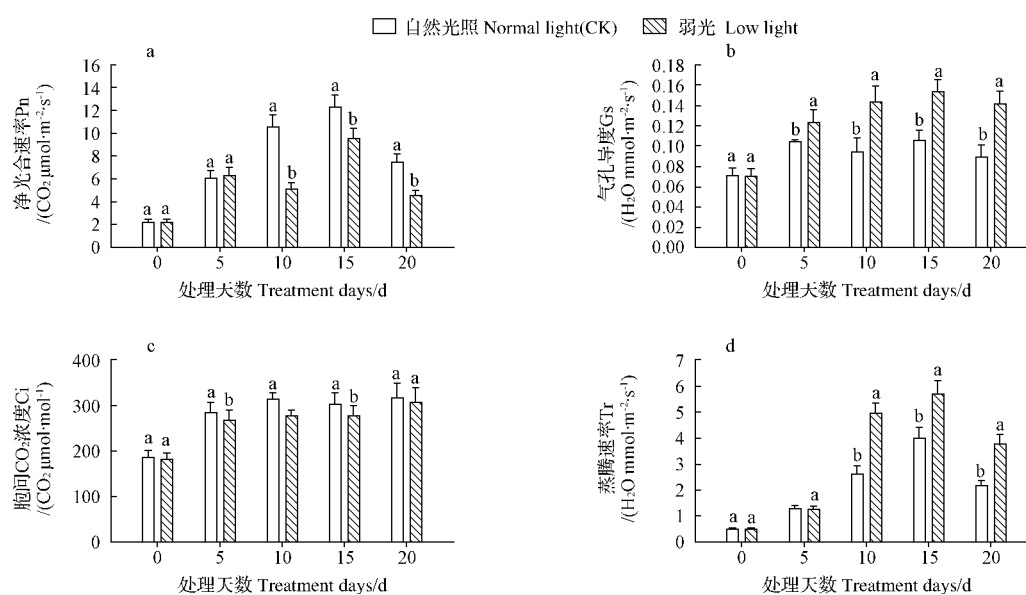
Light requirement characteristics of chrysanthemum under weak light

天数 Days/d	处理 Treatment	光饱和点 LSP $/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	光补偿点 LCP $/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	最大净光合速率 $\text{Pnmax}/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	表观量子效率 AQY	暗呼吸速率 $\text{Rd}/(\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$
0	CK	523.75	56.19	2.19	0.013 5	0.758 6
5	CK	937.50	14.54	7.58	0.022 6	0.328 5
	弱光	733.00	37.80	6.70	0.019 0	0.718 2
10	CK	1 061.00	47.40	12.07	0.033 5	1.587 8
	弱光	825.00	76.42	4.89	0.019 0	1.451 9
15	CK	857.50	52.41	15.31	0.045 8	0.110 3
	弱光	585.70	49.01	7.94	0.029 8	0.566 5
20	CK	540.00	58.70	12.06	0.021 7	1.273 8
	弱光	764.30	51.11	7.81	0.016 6	0.848 4

随着时间的延长,不管弱光还是正常光照,LSP 均先增大,后减小,在第 10 天达到最大,分别为 825.00、1 061.00 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;弱光条件下 LCP 最大值出现在第 10 天为 76.42 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;Pnmax 持续增加,在第 15 天达到最大,分别为 7.94、15.31 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。弱光处理使表观量子效率下降,到 20 d 时达到最低值 0.016 6。弱光使暗呼吸速率增加,到 10 d 时达到最大值 1.451 9 $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

2.2 不同时间点菊花气体交换参数的变化

由图 2a 可知,10 d 时遮光条件显著低于自然光照下净光合速率,最高净光合速率出现在第 15 天,第 20 天时反而下降,这可能与温度或湿度有关^[4];随着时间的延长,Gs 逐渐变大,在遮光条件下变化尤为明显,且弱光下 Gs 大于自然光照(图 2b);Ci 变化不大,最大值出现在第 20 天,此时 2 种光照处理下差异不明显(图 2c);自然光照下,Tr 随时间产生显著变化,并且低于弱光条件下,以此来减少水分散失,维持水分平衡(图 2d)。



注:数据代表平均值±标准误,不同字母代表差异显著,显著水平 $P < 0.05$ 。

Note: Bar represent the means \pm s. e. (n=3). Values marked by different letter indicate different significantly from one another ($P < 0.05$).

图 2 100%和 30%光照下 0、5、10、15、20 d 净光合速率 Pn(a)、气孔导度 Gs(b)、胞间二氧化碳浓度 Ci(c)和蒸腾速率 Tr(d)

Fig. 2 Under 100% light and 30% light two conditions, the changes of net photosynthetic rate Pn(a), stomatal conductance Gs(b), intercellular CO_2 concentration Ci(c) and transpiration rate Tr(d) at day of 5, 10, 15, 20

3 讨论与结论

3.1 菊花净光合速率对光合有效辐射响应的探讨

光合作用是影响生物产量的重要因子之一。植

物叶片的光饱和点、光补偿点反映了植株对强光和弱光的利用能力^[14]。从该试验可以看出,遮光条件下植株的光饱和点降低,同时净光合速率显著下降,

表明植株对弱光的适应能力弱。表观量子效率反映了光合作用利用光能的能力的高低^[12]。随着时间的延长,表观量子效率呈现增加趋势,而在所测的 5 个时间点,自然光照下表观量子效率均高于弱光条件,因此弱光下光能利用率低,这与梁芳等^[12]的研究结果一致;弱光下暗呼吸速率低于自然光照,从而减少自身物质消耗。在这里弱光既是限制光合速率升高的限制因子,又作为诱导因子,诱导菊花发挥自身调节功能,尽量通过减少自身物质的消耗,以减缓光照不足造成的光合速率下降的程度^[16],但是由于弱光净光合速率低于对照组,所以弱光不利于菊花的生长。

3.2 对菊花气体交换参数的探讨

植物主要通过气孔与外界环境进行水分和气体等物质交换,加上植物本身的自动调节能力,因此气孔开度会随着外界环境的不同而调整大小。植物通过气孔变化首先改变的是蒸腾速率,来达到植株内部水分的平衡;同时通过气孔导度的变化,调节了进入细胞间隙的二氧化碳和胞间二氧化碳浓度,进而控制光合速率的升降。该试验表明,随着时间的延长,弱光下气孔导度显著增加,胞间二氧化碳浓度降低,以此来缩小与自然光照下光合速率的差距;自然光照下植株的气孔导度和蒸腾速率均减小,表明植物为了减少水分蒸腾散失而关闭气孔。弱光下净光合速率低于自然光照,说明在 30%光照下,尽管叶片通过增加气孔开度来减缓外界条件对光合作用的抑制,但低光照还是不利于光合作用,影响菊花的生长。

FARQUHAR 等^[16]认为当 G_s 与 C_i 同时下降时, P_n 下降主要是由气孔限制引起的;若随着 P_n 和 G_s 的降低, C_i 反而增加,表明非气孔因素为主要限制性因子。该试验表明,弱光处理 20 d 时, P_n 降低的同时,伴随着 G_s 的增加,但是与自然光照下相比差异并不明显,说明此时弱光下 P_n 的下降是由非气孔因素限制的;随着时间的延长,到第 20 天时,弱光也引起部分气孔关闭,气孔限制可能会逐渐成为影响光合速率的重要因子之一。因此弱光下光合速率

的降低,既受到前期非气孔因素的影响,后期又受到气孔因素的限制,但非气孔因素占主导地位。

以上结果表明,菊花在过度遮光条件下尽管会进行自我调节来增加其光合效率,但仍会影响其正常生长。因此在栽培生产中应注意调节种植密度,以保证其正常生长。

参考文献

- [1] 叶飞英,陈子林,郑伟成,等. 不同光强下濒危植物伯乐树幼苗叶片光合生理参数比较[J]. 浙江农林大学学报,2015(5):716-721.
- [2] 梁文娟,王美玲,艾希珍,等. 黄瓜幼苗光合作用对亚适温弱光胁迫的适应性[J]. 农业工程学报,2008(8):240-244.
- [3] 李伟,袁学平,杨逸然,等. 弱光对两品种黄瓜光合特性和生长发育的影响[J]. 东北农业学报,2012(1):97-103.
- [4] 叶子飘,高峻. 光响应和 CO_2 响应新模型在丹参中的应用[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2009(1):129-134.
- [5] 张瑞朋,付连舜,佟斌,等. 大豆叶片光合作用与光强及二氧化碳的关系[J]. 吉林农业科学,2015(3):8-13.
- [6] 叶子飘. 光合作用对光和 CO_2 响应模型的研究进展[J]. 植物生态学报,2010(6):727-740.
- [7] 叶子飘,于强. 冬小麦旗叶光合速率对光强度和 CO_2 浓度的响应[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2008(3):33-37.
- [8] 蔡伟建,高捍东,白士杰. 杂交新美柳幼苗光合特性[J]. 浙江林学院学报,2010(3):340-346.
- [9] 王艳茹,郭巧生,靳淼. 光强对药用白菊花生长发育及光合特性的影响[J]. 中国中药杂志,2009(13):1632-1635.
- [10] 韩霜,陈发棣. 植物对弱光的响应研究进展[J]. 植物生理学报,2013(4):309-316.
- [11] 战吉成,黄卫东,王利军. 植物弱光逆境生理研究综述[J]. 植物学通报,2003(1):43-50.
- [12] 梁芳,郑成淑,孙宪芝,等. 低温弱光胁迫及恢复对切花菊光合作用和叶绿素荧光参数的影响[J]. 应用生态学报,2010(1):29-35.
- [13] 李永华,张开明,于红芳. 10 个秋菊品种的光合特性及净光合速率与部分生理生态因子的相关性分析[J]. 植物资源与环境学报,2012(1):70-76.
- [14] 方江保,殷秀敏,余树全,等. 光照强度对苦楝幼苗生长与光合作用的影响[J]. 浙江林学院学报,2010(4):538-544.
- [15] 叶子飘,赵则海. 遮光对三叶鬼针草光合作用和叶绿素含量的影响[J]. 生态学杂志,2009(1):19-22.
- [16] FARQUHAR G D, SHARKEY T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982, 33: 317-345.

Effects of Low Light on Photosynthetic Characteristics of *Chrysanthemum morifolium* Cultivar 'Puma sunny'

HAN Shuang

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

不同施肥配比对紫花苜蓿性状及产量的影响

冯玲霞

(银川能源学院 生物工程学院,宁夏 银川 750105)

摘要:以紫花苜蓿为试材,采用‘3414’部分实施方案,研究氮磷钾不同配比施肥对旱地紫花苜蓿性状及产量的影响。结果表明:不同氮磷钾配比施肥下,各茬次紫花苜蓿在整个生长过程中呈‘S’型生长曲线,符合限制密度下的种群 Logistic 增长模型;5 年生旱地紫花苜蓿获得最佳产量栽培的氮磷钾施肥量方案为 N2P4K3,即纯 N 为 $54 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, P_2O_5 为 $135 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, K_2O 为 $15 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,产量为 $466.2 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

关键词:施肥配比;性状;产量;旱地紫花苜蓿

中图分类号:S 551+.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)06-0085-06

苜蓿素 (*Medicago sativa* Linn.) 有“牧草之王”的美称,其蛋白质含量高达 20% 左右,是畜禽最好的牧草之一,而且苜蓿在开发新的蛋白质资源方面有巨大的潜力,是畜牧业首选的草种。目前我国苜蓿生产尚处在进口与国内生产量各占一半的局面。据

中国海关数据统计,2012 年苜蓿干草进口 44.2 万 t; 2013 年进口 79.84 万 t; 据英国海洋学数据中心 (BODC) 数据分析,2014 年我国苜蓿干草进口量达到 88.40 万 t。目前全国粗算商品牧草产量约 400 万 t,而商品苜蓿仅为 60 万 t,商品率较低^[1]。

近年来,苜蓿越来越受到重视,但苜蓿的种植还普遍停留在传统阶段。我国苜蓿种植以培肥地力兼顾饲草生产为目的,主要种植在没有灌溉条件的瘠

作者简介:冯玲霞(1984-),女,硕士,园艺师,现主要从事无土栽培技术等研究工作。E-mail:fenglingxia0504@163.com.

收稿日期:2016-09-26

Abstract: In order to study the effects of weak light on the chrysanthemum photosynthetic characteristic, in order to improve the seeding stage management. *Chrysanthemum morifolium* ‘Puma sunny’ was used for experiment materials, natural light (CK) and 30% light (low light) two conditions were set, LI-6400 portable photosynthetic apparatus were used to measure photosynthetic parameters in 0 days, 5 days, 10 days, 15 days, 20 days and the photosynthetic response curves were obtained under 1 500, 1 200, 1 000, 800, 600, 400, 200, 150, 100, 50, $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ of different light. The results showed that with the increasing of PAR, the net photosynthetic rate showed an upward trend, and the same was true in the light of the weak light conditions. Under the condition of weak light treatment, the photosynthetic rate was lower than that of natural light; net photosynthetic rate P_n , the control group reached maximum $15.31 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, while the low-light only reached the maximum $7.94 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; light saturation point (LSP) maximum were $1 061.00 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, $825.00 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; light compensation point (LCP) maximum respectively $58.7 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, $76.42 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. The gas exchange parameters were analyzed, and the plants were found to moderate the decline of the photosynthetic rate resulted from the lack of light, by increasing the stomatal opening and decreasing the intercellular carbon dioxide concentration; under the low light, although the chrysanthemum try to adapt to the environment changed by its own adjustment, the low light would still cause the decline of its photosynthetic rate, and affect the normal growth of the plant. This effect was not only related to the stomatal limitation, but also affected by the non-stomatal factors.

Keywords: low light; photosynthetic characteristics; sensitivity; response curve