

光照强度对蒲公英光合特性及品质的影响

赵 磊, 杨延杰, 林 多*

(青岛农业大学园艺学院, 山东青岛 266109)

摘 要: 以蒲公英为材料, 研究了光照强度对其叶片叶绿素含量、净光合速率及品质的影响。结果表明: 随着光照强度的降低, 光合午休现象不明显, 叶片中叶绿素和硝酸盐含量增加, 粗纤维和绿原酸含量降低。与其他处理相比, 75% 平均自然光强 ($910 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 下叶片具有最高的净光合速率、可溶性蛋白、可溶性糖、维生素 C、绿原酸的含量也相对较高, 硝酸盐和粗纤维含量较低。生产上, 在 $910 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强下进行蒲公英栽培, 可提高光合效率和产品品质。

关键词: 蒲公英; 光照强度; 光合特性; 品质

中图分类号: S 63; S 647 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2007) 06-1555-04

Effects of Light Intensity on Photosynthetic Characteristics and Quality of *Taraxacum mongolicum*

ZHAO Lei, YANG Yan-jie, and LIN Duo*

(Horticultural College, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109, China)

Abstract: Under different light intensity, chlorophyll content, net photosynthetic rate, and quality of *Taraxacum mongolicum* were studied. The results indicated that with the decrease of light intensity, photosynthetic midday-depress was weakened, contents of crude-fibre and chlorogenic acid were reduced, while contents of chlorophyll and nitrate were increased. Under the 75% natural light intensity ($910 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), the Pn, contents of soluble protein, soluble sugar and vitamin C were the highest among the four treatments; The chlorogenic acid content was higher, contents of nitrate and crude-fibre were lower than the others. When the light intensity for cultivating *Taraxacum mongolicum* was $910 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, its photosynthetic efficiency and quality could be improved.

Key words: *Taraxacum mongolicum*; Light intensity; Photosynthetic characteristics; Quality

蒲公英 (*Taraxacum mongolicum*) 以其高营养和医疗保健作用而受到人们关注 (赵磊 等, 2006)。目前对蒲公英的研究主要集中在营养成分 (肖玫 等, 2005)、医疗保健 (陈丹 等, 2000)、生态保护 (Evseeva, 2002) 和分类 (葛学军 等, 1998) 等方面。虽然辽宁和河北等多个省区已有蒲公英的人工栽培并且形成商品出售, 但有关如何通过优化栽培环境实现无公害的人工栽培方面的研究较少。作者试图探讨光强与蒲公英的光合特性和品质的关系, 为建立优质、安全、高产的蒲公英人工栽培技术体系提供理论依据。

1 材料与方法

试验在山东省青岛市青岛农业大学园艺学院蔬菜实验基地进行。供试材料为 2005 年秋播种的‘加州四倍体’蒲公英 (沈阳农业大学园艺学院提供)。2006 年选取健壮且生长势基本一致的蒲公英

收稿日期: 2007-04-12; 修回日期: 2007-06-16

基金项目: 莱阳农学院校级重点课题 (610614)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: linduo@qau.edu.cn)

小区,用透光率不同的遮光材料进行光照处理,光照强度分别为自然光强的 100% (即不遮光)、75%、50% 和 25%。每小区 4 m², 80 株, 3 次重复。试验期间,晴朗天气 12 时的平均自然光照为 1 210 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 75%、50% 和 25% 光照处理分别为 910、580 和 290 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

以蒲公英的第 4~6 片叶为样品,处理 21 d 后进行测定(其中可溶性蛋白和粗纤维含量分别于处理后的 7、14、21、28 d 测定)。单叶净光合速率于晴天上午 10:30~11:00,采用 CIRAS-2 型便携式光合作用测定系统(PP System 公司,英国)测定。硝酸盐含量采用 HI 93728 型硝酸盐浓度测定仪(HANNA 公司,意大利),叶片叶绿素含量采用 Arnon (1949) 的方法,可溶性蛋白和可溶性糖含量采用考马斯亮蓝 G-250 法和蒽酮法,绿原酸含量采用紫外分光光度法,维生素 C 含量采用钼蓝比色法,粗纤维含量采用酸碱消化法(中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所编,1991)测定。分光光度计为 FWJ 2000 型(尤尼柯公司,上海)。

数据处理采用 DPS 软件的 LSD 法进行多重比较显著性测定。

2 结果与分析

2.1 不同光照强度下叶片的叶绿素含量和净光合速率

从表 1 看出,随着光强的降低,叶绿素 a 和叶绿素 a+b 的含量有不同程度地增加,25% 光强下叶绿素 b 含量显著高于其它 3 个处理;叶绿素 a/b 在处理间无明显差异。在弱光环境下,叶片中叶绿素 a+b 含量的增加,尤其是叶绿素 b 的升高,使蒲公英充分吸收散射光,保持较强的光合能力。光强对净光合速率(Pn)影响较大,75% 光强条件下 Pn 最大(8.243 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),比 25% 光强条件下的高 55.24%。

表 1 不同光照强度下蒲公英叶片中的叶绿素含量和净光合速率

Table 1 Chlorophyll contents and Pn in leaves of *Taraxacum mongolicum* under different light intensity

光照处理 Natural light intensity (%)	叶绿素 Chlorophyll				Pn ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
	a (mg · g ⁻¹ FM)	b (mg · g ⁻¹ FM)	a + b (mg · g ⁻¹ FM)	a/b	
100	1.520 ± 0.028bA	0.535 ± 0.007bA	2.220 ± 0.190bB	3.155 ± 0.431aA	7.703 ± 0.317bB
75	1.590 ± 0.071bA	0.490 ± 0.000bA	2.080 ± 0.071bB	3.267 ± 0.140aA	8.243 ± 0.152aA
50	2.435 ± 0.389aA	0.540 ± 0.170bA	2.940 ± 0.170aA	3.255 ± 0.064aA	5.253 ± 0.276cC
25	2.365 ± 0.035aA	0.767 ± 0.060aA	3.165 ± 0.021aA	3.150 ± 0.014aA	4.710 ± 0.170dD

注:数据为 3 次重复的平均值。同列不同小写和大写字母分别表示差异达显著 ($P < 0.05$) 和极显著 ($P < 0.01$) 水平。下表同。
Note: Values are the means of three times. The same small and capital letters indicate the significant differences at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively. The same below.

2.2 不同光照强度下叶片净光合速率的日变化

图 1 是不同光照强度下蒲公英叶片的净光合速率日变化曲线。

4 个处理的净光合速率日变化均为双峰曲线,两次波峰的最大值均出现在 75% 光强下,上午的波峰值比下午的大,100% 自然光强最早出现波峰。

3 个遮光处理的两次波峰之间间隔短,峰值差异小,即光合午休现象不如自然光照下明显。这表明低光强有助于缓解中午时的强光、高温对蒲公英产生的光抑制。

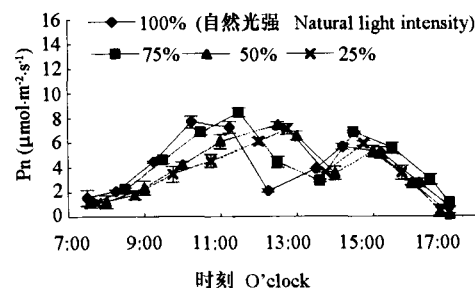


图 1 不同光照强度下蒲公英的净光合速率日变化

Fig. 1 Diurnal change of net photosynthetic rate in leaves of *Taraxacum mongolicum* under different light intensity

2.3 不同光照强度下蒲公英的品质

2.3.1 叶片中可溶性蛋白和粗纤维的含量 随着处理天数的增加,蒲公英叶片中可溶性蛋白含量呈递增趋势,处理后期,75%光强条件下可溶性蛋白的含量明显高于其它处理,不同光强下处理 28 d 后的可溶性蛋白含量的次序为:75% 光强 > 50% 光强 > 100% 自然光强 > 25% 光强。叶片中粗纤维的含量随处理天数和光照强度的增加而增加,这也说明了低光照强度可以延缓蒲公英叶片的衰老。

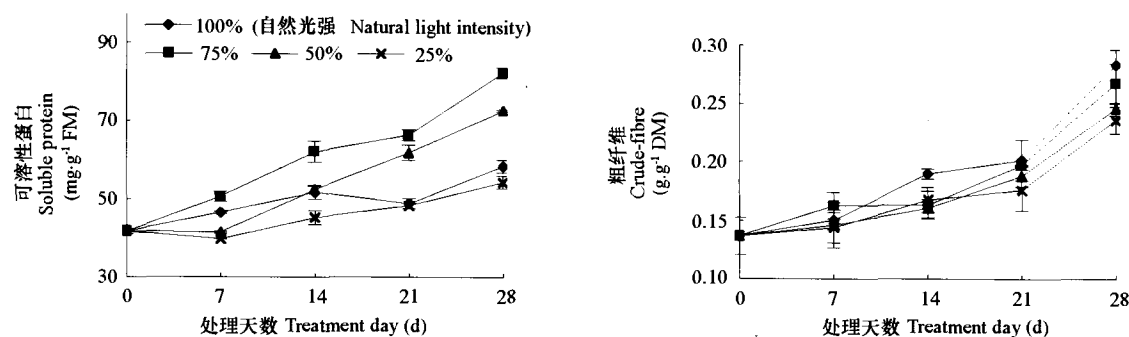


图2 不同光照强度下蒲公英叶片中可溶性蛋白和粗纤维的含量

Fig. 2 Contents of soluble protein and crude-fibre in leaves of *Taraxacum mongolicum* under different light intensity

2.3.2 叶片中硝酸盐、绿原酸、可溶性糖和维生素 C 含量 由表 2 可见,在氮素供应水平相同的情况下,随着光照强度的降低,硝酸盐含量明显升高,25% 光强下显著高于其它 3 个处理。这表明低光强下蒲公英对硝态氮的同化力下降,更易使硝酸盐在植株体内发生累积。绿原酸含量随着光强的减弱而降低,表明强光照可促进绿原酸的积累。75% 光强下可溶性糖含量高于其它处理。75% 光强下的维生素 C 含量最高,比 50% 光强下高 18.5%,与其它处理间不存在显著差异。

表2 不同光照强度下蒲公英叶片中硝酸盐、绿原酸、可溶性糖和维生素 C 的含量

Table 2 Contents of nitrate, chlorogenic acid, soluble sugar, and vitamin C in leaves under different light intensity

光照处理 Natural light intensity (%)	硝酸盐 Nitrate (mg · kg ⁻¹ FM)	绿原酸 Chlorogenic acid (mg · kg ⁻¹ DM)	可溶性糖 Soluble sugar (mg · kg ⁻¹ FM)	维生素 C Vitamin C (mg · kg ⁻¹ FM)
100	0.473 ± 0.092bB	1.790 ± 0.184aA	12.520 ± 2.016bB	368.17 ± 2.189abA
75	0.526 ± 0.089bB	0.990 ± 0.134bB	21.330 ± 3.025aA	405.25 ± 2.422aA
50	0.704 ± 0.119bAB	0.555 ± 0.035cC	7.733 ± 0.331cBC	342.10 ± 1.087bA
25	1.109 ± 0.271aA	—	7.283 ± 1.087cC	372.64 ± 1.758abA

3 讨论

叶绿素含量的提高可以增加用于吸收光能的集光色素蛋白的相对含量,从而提高光能利用率(刘文海等,2006)。本试验中,随着光强的降低,叶绿素含量增加,尤其是叶绿素 b 含量的增加有助于增强蒲公英对弱光环境的适应能力。

本试验中,4 个处理的净光合速率日变化均呈双峰曲线,但低光强下光合午休现象表现不明显。因此,在生产上可通过遮光降低光照强度,增加局部环境的空气湿度,减缓蒸腾作用,降低光合午休对植株生长的影响。本试验表明,低光照强度可使叶片中可溶性蛋白和糖的含量增加,但在 50% 光强以下,其含量会急剧减少,可能因为弱光造成光合作用下降,而使光合产物的合成能力下降,可溶性蛋白和糖的含量相应减少。两者的变化均与净光合速率日变化中的峰值的变化趋势相一致。

强光下植株的硝酸还原酶含量较高, 有较高的氮素同化能力 (王强 等, 2006)。本试验中, 随着光照强度的降低, 硝酸还原酶的活性降低, 造成硝酸盐在叶片中的累积。一般认为, 蒲公英喜低温耐阴, 但为了避免过多的硝酸盐积累, 生产上要求光强不能过低。绿原酸是蒲公英含有的重要生理活性物质, 在医药和功能性食品开发上有广泛应用 (沈奇 等, 2006)。蒲公英叶片中的绿原酸含量随着光照强度的升高而升高, 与李强等 (1994) 在金银花中研究结果一致。

综上所述, 在 75% 光强 ($910 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 条件下, 蒲公英具有较高的净光合速率和可溶性蛋白、可溶性糖、维生素 C 含量, 绿原酸含量相对较高, 粗纤维和硝酸盐含量较低。因此, 在光照强度比较高的地区和季节的生产过程中可适当遮光, 优化栽培环境, 使得蒲公英的光合速率较高, 并具有优良品质。

References

- Arnon D I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast, polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24: 1–15.
- Chen Dan, Li Zhi-hong, He Hong. 2000. Analysis of nutritional components of *Traxacum organ*. *Acta Nutrimenta Sinica*, 22 (4): 360–362. (in Chinese)
- 陈 丹, 李志洪, 何 泓. 2000. 蒲公英各器官的营养成分分析. *营养学报*, 22 (4): 360–362.
- China Preventive Physic Academy of Sciences Nutrition and Food Sanitation Graduate School. 1991. Determination of food nutritional components. Beijing: People's Medical Publishing House. (in Chinese)
- 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 1991. 食物营养成分测定法. 北京: 人民卫生出版社.
- Evseeva T I. 2002. The use of natural *Taraxacum officinale* wigg. populations for assessing the state of technogenically disturbed areas. *Russian Journal of Ecology*, 33 (5): 370–373.
- Ge Xue-jun, Lin You-run, Zhai Da-tong. 1998. A synopsis of *Taraxacum* F. H. Wigg. (Compositae) from China. *Bulletin of Botanical Research*, 18, (4): 377–397. (in Chinese)
- 葛学军, 林有润, 翟大彤. 1998. 中国蒲公英属植物的初步整理. *植物研究*, 18 (4): 377–397.
- Li Qiang, Ren Qian, Zhang Yong-liang. 1994. Effects of ecological environment, collecting stages and storage time on chlorogenic acid content of *Lonicera ferdinandii* Franch. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 19 (10): 594–595. (in Chinese)
- 李 强, 任 茜, 张永良. 1994. 生境、采收期、贮藏时间等因素对秦岭金银花绿原酸含量的影响. *中国中药杂志*, 19 (10): 594–595.
- Liu Wen-hai, Gao Dong-sheng, Shu Huai-rui. 2006. Effects of different photon flux density on the characteristics of photosynthesis and chlorophyll fluorescence of peach trees in protected culture. *Scientia Agricultura Sinica*, 39 (10): 2069–2075. (in Chinese)
- 刘文海, 高东升, 束怀瑞. 2006. 不同光强处理对设施桃树光合及荧光特性的影响. *中国农业科学*, 39 (10): 2069–2075.
- Qin Shu-hao, Li Ling-ling. 2006. Effects of shading on squash seedlings' morphological and photosynthetic physiological characteristic. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 17 (4): 653–656. (in Chinese)
- 秦舒浩, 李玲玲. 2006. 遮光处理对西葫芦幼苗形态特征及光合生理特性的影响. *应用生态学报*, 17 (4): 653–656.
- Shen Qi, Zhao Hou-min, Zhang Wei-ming, Lu Chang-mei, Wu Guo-rong. 2006. Study on extraction and separation technology of chlorogenic acid in dandelion. *Food Science*, 7 (27): 140–144. (in Chinese)
- 沈 奇, 赵厚民, 张卫明, 陆长梅, 吴国荣. 2006. 蒲公英绿原酸提取分离工艺的研究. *食品科学*, 7 (27): 140–144.
- Wang Qiang, Zhong Xu-hua, Huang Nong-rong, Zheng Hai-bo. 2006. Interactions of nitrogen with light in the photosynthetic traits and metabolism of carbon and nitrogen of crop. *Guangdong Agricultural Sciences*, (2): 37–40. (in Chinese)
- 王 强, 钟旭华, 黄农荣, 郑海波. 2006. 光、氮及其互作对作物碳氮代谢的影响研究进展. *广东农业科学*, (2): 37–40.
- Xiao Mei, Yang Jin, Cao Yu-hua. 2005. Nutrition values and utilization of *Taraxacum*. *Food and Nutrition in China*, (4): 47–48. (in Chinese)
- 肖 玫, 杨 进, 曹玉华. 2005. 蒲公英的营养价值及其开发利用. *中国食物与营养*, (4): 47–48.
- Zhao Lei, Yang Yan-jie, Lin Duo. 2006. The economic values review of dandelion. *Liaoning Agricultural Sciences*, (6): 33–35. (in Chinese)
- 赵 磊, 杨延杰, 林 多. 2006. 蒲公英的经济价值. *辽宁农业科学*, (6): 33–35.