

# 蒲公英光合特性的研究

赵 磊, 杨延杰, 林 多

(青岛农业大学 园艺学院, 山东 青岛 266109)

**摘 要:** 应用 CIRAS—2 型便携式光合作用测定系统研究了蒲公英叶片的净光合速率日变化及光合作用对光强和 CO<sub>2</sub> 的响应。结果表明: 蒲公英的净光合速率日变化呈双峰变化趋势, 有“光合午休”现象, 且光合最大值出现在上午 11:00; 气孔导度(Gs)和细胞间隙 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)是蒲公英光合作用日变化中最重要的影响因子。蒲公英的表观量子效率(AQY)为 0.0267, 光补偿点(LCP)和饱和光强(SL)分别为 91.78  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  和 1438  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 羧化效率(CE)为 0.0522, CO<sub>2</sub> 补偿点(CCP)和饱和 CO<sub>2</sub> (SC)分别为 38.23  $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$  和 1190  $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

**关键词:** 蒲公英; 光合特性; 影响因子

中图分类号: S 647 文献标识码: A 文章编号: 1001—0009(2008)04—0030—03

蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)为菊科蒲公英属植物, 抗逆性强。近年来以其绿色无污染、高营养和医疗保健作用而倍受人们喜爱, 市场开发潜力巨大<sup>[1]</sup>。植物光合特性的研究是探索其光合生产能力的基础, 对探讨光合作用的影响因子, 分析光合作用适宜的生态条件, 揭示其产量品质形成的光合生理基础均具有重要意义。而目前对蒲公英的研究主要集中在植物学特性、营养成分、医疗保健、生态保护和分类等方面<sup>[2,5]</sup>, 对蒲公英

光合特性方面的研究尚未见报道。该试验研究了蒲公英光合日变化及光合作用对光强和 CO<sub>2</sub> 的响应, 以期丰富蒲公英光合生理方面的研究内容, 为蒲公英的优质高产栽培技术体系建立和优良品种选育提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于 2006 年春在青岛农业大学园艺学院实验基地进行, 供试蒲公英品种为‘加州四倍体’, 生长良好, 符合其品种特性, 其叶片的叶绿素含量为 2.22  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 可溶性蛋白含量为 66.40  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 、可溶性糖含量为 21.33  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 、Vc 含量为 405.25  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、绿原酸含量为 0.99  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  DM。

### 1.2 研究方法

以蒲公英的第 4~6 片叶为样品, 采用 CIRAS—2

**第一作者简介:** 赵磊(1982-), 男, 在读硕士, 主要从事蔬菜栽培和品质生理方面的研究。E-mail: goodmorni@sina.com。

**通讯作者:** 林多。E-mail: linduo@qau.edu.cn。

**基金项目:** 青岛农业大学校级重点课题(610614)

**收稿日期:** 2007—12—21

## Primary Report on Effect of Related Factor on Germination of Wild Apricot Seed

DIAO Yong-qiang<sup>1</sup>, LIAO Kang<sup>1</sup>, XU Zheng<sup>2</sup>, WANG Qing<sup>1</sup>, YANG Lei<sup>1</sup>, GENG Wen-juan<sup>1</sup>, CHEN Yun-hua<sup>2</sup>

(1. College of Horticulture Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China; 2. Popularization Center of Horticulture Technique in Ili, Xinjiang 835000, China)

**Abstract:** The effects of some related factors on dormancy and germination of wild apricot seed were studied. Those factors includes stratification at low temperature, machine shelling, endocarp peeling and GA<sub>3</sub> treatment. The results showed that the rate of germination increased gradually as the stratification time extends; the seeds began germination after stratification 40 days and the rate of germination reached at 90% after 100 days. The endocarp and seed-coat inhibit the germination to some extent, both removing the endocarp and seed coat could break the dormancy and increase the rate of germination. The fitting concentration of GA<sub>3</sub> for number 6 with endocarp and without endocarp was 100 mg/L compare with number 7 (300 mg/L) and the percentage of germination was 86.7%, 100% and 70%. GA<sub>3</sub> with different concentration could promote seed germination.

**Key words:** Wild apricot; Seed; Germination; GA<sub>3</sub>

型便携式光合作用测定系统(PP System 公司, 英国)在晴朗天气的上午进行叶片光合特性参数的测定。

蒲公英叶片净光合速率日变化的测定, 采用便携式光合作用测定系统的开放气路在晴朗天气进行测定。光合作用对光强响应的测定条件为: 温度 25℃, 相对湿度 75%, CO<sub>2</sub> 浓度 380 μmol · mol<sup>-1</sup>, 光强设定为 10、50、100、150、200、250、300、350、400、600、800、1 000、1 200、1 400、1 600 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup> 共 15 个梯度进行测定。用光强小于 400 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup> 与 *P<sub>n</sub>* 的直线回归求得的初始斜率为表观量子效率(*AQY*)。光合作用对 CO<sub>2</sub> 响应的测定条件为: 温度 25℃, 相对湿度 75%, 光强 1 000 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>, CO<sub>2</sub> 浓度设定 10、50、100、150、200、250、300、350、400、600、800、1 000、1 200、1 400 μL · L<sup>-1</sup> 共 14 个梯度进行测定, 用细胞间隙 CO<sub>2</sub> 浓度小于 76 μL · L<sup>-1</sup> 与 *P<sub>n</sub>* 的直线回归求得的初始斜率为羧化效率(*CE*)。

数据处理采用 DPS 软件, 绘图应用 Excel 软件。

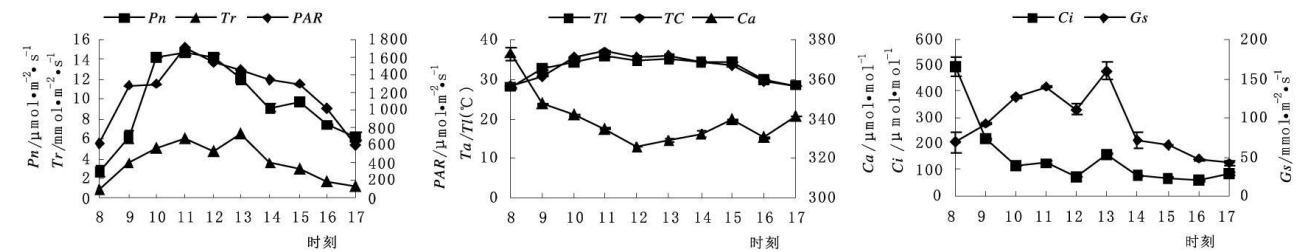


图 1 蒲公英叶片的 *P<sub>n</sub>*、*PAR*、*T<sub>a</sub>*、*T<sub>l</sub>*、*Ca*、*C<sub>i</sub>*、*Tr*、*G<sub>s</sub>* 日变化

通过以上对光合作用与生态因子及生理因子的相关性分析可得 *Ca*、*PAR*、*G<sub>s</sub>* 和 *C<sub>i</sub>* 4 个因子对蒲公英的光合作用日变化影响比较大。为此对以上因子作通径分析, 结果表明: *Ca*、*PAR*、*G<sub>s</sub>*、*C<sub>i</sub>* 与 *P<sub>n</sub>* 的通径系数分别为 0.2725、0.2599、1.1038、-0.8729。由此可知, 气孔导度对净光合速率的影响最大, 其次为细胞间隙 CO<sub>2</sub> 浓度。

2.2 光合作用对光强和 CO<sub>2</sub> 的响应

表 1 光合作用对光强响应的光合参数			
表观量子效率	光补偿点(LCP)	饱和光强(SL)	最大 <i>P<sub>n</sub></i>
( <i>AQY</i> )	/μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>	/μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>	(μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> )
0.0267	91.78	1 438	18.77

表 2 光合作用对 CO <sub>2</sub> 响应的光合参数			
羧化效率	CO <sub>2</sub> 补偿点(CCP)	饱和 CO <sub>2</sub> (SC)	最大 <i>P<sub>n</sub></i>
( <i>CE</i> )	/μmol · mol <sup>-1</sup>	/μmol · mol <sup>-1</sup>	/μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>
0.0522	38.23	1 190	27.18

表 1、2 为通过光合作用对光强和 CO<sub>2</sub> 的响应分别求得的蒲公英的光合参数, 蒲公英的表观量子效率为 0.0267, 光补偿点为 91.78 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>, 饱和光强为

2 结果与分析

2.1 光合作用与环境因子及生理因子的相关性分析

对蒲公英叶片进行净光合速率(*P<sub>n</sub>*)、光合有效辐射(*PAR*)、环境 CO<sub>2</sub> 浓度(*Ca*)和大气温度(*T<sub>a</sub>*)、叶温(*T<sub>l</sub>*)、细胞间隙 CO<sub>2</sub> 浓度(*C<sub>i</sub>*)、气孔导度(*G<sub>s</sub>*)和蒸腾速率(*Tr*)的日变化测定结果表明(图 1), 蒲公英叶片的 *P<sub>n</sub>* 日变化呈双峰曲线, 两次峰值分别出现在上午 11:00 和下午 15:00, 且光合最大值出现在上午 11:00, 最大净光合速率为 14.63 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>, 两次峰值之间在下午 14:00 出现明显低谷, 即出现“光合午休”现象。

通过多元回归分析中的逐步回归得到 *P<sub>n</sub>* 与各环境因子及 *Tr*、*G<sub>s</sub>*、*C<sub>i</sub>* 的回归方程为: *P<sub>n</sub>* = -40.0992 + 0.1324 × *Ca* + 0.0028 × *PAR* + 0.0911 × *G<sub>s</sub>* - 0.0576 × *C<sub>i</sub>*, 其中 *P<sub>n</sub>* 与 *Ca*、*PAR*、*G<sub>s</sub>* 的偏相关系数分别为 0.7076、0.6466、0.9478, 分别达到了极显著水平, 与 *C<sub>i</sub>* 间的相关系数为 -0.9413, 达到了极显著负相关水平。

1 438 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>。蒲公英的羧化效率为 0.0522, CO<sub>2</sub> 补偿点为 38.23 μmol · mol<sup>-1</sup>, 饱和 CO<sub>2</sub> 为 1 190 μmol · mol<sup>-1</sup>。

3 讨论

该试验所得蒲公英的光补偿点为 91.78 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>, 高于一般蔬菜作物; 饱和光强为 1 438 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>, 低于叶菜类蔬菜菜薹, 接近于多数 C<sub>3</sub> 植物饱和光强的上限<sup>[6-8]</sup>。CO<sub>2</sub> 补偿点为 38.23 μmol · mol<sup>-1</sup>, 饱和 CO<sub>2</sub> 为 1 190 μmol · mol<sup>-1</sup>, 与菜薹均较为接近<sup>[9]</sup>。

试验结果表明, 蒲公英的净光合速率日变化呈双峰变化趋势, 有“光合午休”现象。引起植物叶片光合速率降低的植物自身因素主要有两类, 一是受气孔导度影响的气孔限制, 二是受叶肉细胞光合活性的下降影响的非气孔限制。当这两个因素同时存在时, *C<sub>i</sub>* 变化的方向取决于占优势的那个因素<sup>[10]</sup>。气孔导度(*G<sub>s</sub>*)的大小与植物的光合速率密切相关。在大多数情况下, 气孔导度的

下降会造成  $\text{CO}_2$  供应受阻进而造成光合速率的下降。Farquhar 等<sup>[1]</sup>认为,在  $G_s$  下降时,  $C_i$  同时下降才表明光合的气孔限制。只有  $C_i$  降低可以证明光合速率的降低是气孔导度降低的结果。相反,  $C_i$  增高说明光合速率的降低是气孔导度降低的原因<sup>[12]</sup>。试验中,蒲公英在上午 11:00 时达到净光合速率最大值,随后净光合速率下降,在下午 14:00 达到波谷,即出现“光合午休”现象。经统计分析表明,气孔导度和细胞间隙  $\text{CO}_2$  浓度是光合作用变化的主要影响因子。此段时间内光合速率下降,而同时  $G_s$  和  $C_i$  均下降,因此可以认为蒲公英在此时间段出现的光合速率下降是由于气孔导度下降引起的气孔限制。下午 15:00 以后,随着光合速率的下降,  $G_s$  下降而  $C_i$  上升,说明此时叶肉细胞的光合活性下降使光合速率降低,而光合速率的降低又导致气孔导度的下降。

中午的气孔导度下降应该是对强光、高温和低湿环境的一种响应,由此引起光合速率下降,造成“光合午休”现象。这应该是植物本身对生长环境的一种适应性,但是它却以牺牲植物的光合生产力和光能利用率为代价的。据估计,它可以使作物的生产力降低 30%~50%,甚至更多。采取措施以减轻或消除“光合午休”是非常必要的。Milford G F J 认为中午喷雾可以提高甜菜叶片的气孔导度和光合速率<sup>[13]</sup>,许大全认为在小麦籽粒灌浆期进行雾灌,能使谷粒产量增加约 18%<sup>[14]</sup>。因此中午强光和高温条件下可以进行遮荫、灌溉或喷雾来降低或消除强光、高温和低湿对气孔导度的影响,从而降低“光合午休”所造成的损失。

## 参考文献

- [1] 赵磊,杨延杰,林多.蒲公英的经济价值[J].辽宁农业科学,2006(6):33-35.
- [2] 肖玫,杨进,草玉华.蒲公英的营养价值及其开发利用[J].中国食物与营养,2005(4):47-48.
- [3] 陈丹,李志洪,何泓.蒲公英各器官的营养成分分析[J].营养学报,2000,22(4):360-362.
- [4] Evseeva T L. The Use of Natural *Taraxacum officinale* Wigg. Populations for Assessing the State of Technogenically Disturbed Areas[J]. Russian Journal of Ecology, 2002, 33(5): 370-373.
- [5] 葛学军,林有润,翟大彤.中国蒲公英属植物的初步整理[J].植物研究,1998,18(4):377-397.
- [6] 宋世威,刘厚诚,陈日远.节瓜光合作用对光和  $\text{CO}_2$  的响应[J].中国蔬菜,2006(5):16-18.
- [7] 黄俊,郭世荣,吴震,等.弱光对不结球白菜光合特性与叶绿体超微结构的影响[J].应用生态学报,2007,18(2):352-358.
- [8] 杜慧玲,冯两蕊,牛志峰,等.硒对生菜抗氧化酶活性及光合作用的影响[J].植物生理科学,2007,23(5):226-229.
- [9] 刘厚诚,陈细明,陈日远,等.缺镁对菜薹光合作用特性的影响[J].园艺学报,2006,33(2):311-316.
- [10] 许大全.光合作用气孔限制分析中的一些问题[J].植物生理学通讯,1997,33(4):241-244.
- [11] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and Photosynthesis[J]. Annu Review of Plant Physiology, 1982, 33:317-345.
- [12] 许大全.光合作用测定及研究中一些值得注意的问题[J].植物生理学通讯,2006,42(6):1163-1167.
- [13] Milford G F J. Effect of mist irrigation on the physiology of sugar beet[J]. Ann Appl Biol, 1975, 80:247-250.
- [14] 许大全,李德耀,沈允钢,等.田间小麦叶片光合作用“午睡”现象的研究Ⅱ.喷雾对小麦光合作用与籽粒产量的影响[J].作物学报,1987,13:111-115.

## Studies on the Photosynthetic Characteristics of *Taraxacum Mongolicum*

ZHAO Lei, YANG Yan-jie, LIN Duo

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

**Abstract:** The diurnal change of net photosynthetic rate and photosynthetic response to light and  $\text{CO}_2$  of *Taraxacum mongolicum* were studied, which were used CIRAS-2 portable photosynthesis system. The results showed that the diurnal change of net photosynthetic rate was two-peak curve, and maximum net photosynthetic rate appeared at 11 o'clock;  $G_s$  and  $C_i$  were the most important factors of the net photosynthetic rate diurnal change. The apparent quantum yield of photosynthesis of *Taraxacum mongolicum* was 0.0267, light compensation points ( $LCP$ ) and saturation light ( $SL$ ) were  $91.78 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  and  $1438 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Carboxylation efficiency of *Taraxacum mongolicum* was 0.0626, the  $\text{CO}_2$  compensation points ( $CCP$ ) and saturation  $\text{CO}_2$  ( $SC$ ) were  $38.23 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$  and  $1190 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

**Key words:** *Taraxacum mongolicum*; Photosynthetic characteristics; Influence factor