

DOI:10.11937/bfyy.201510011

三个草莓品种光合特性的研究

杨 文, 于泽源, 李兴国

(东北农业大学 园艺学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要:以‘四季’、‘甜查理’、‘红颜’3个草莓品种幼苗为试材,对其光合特性进行了研究,旨在了解其光合生理特性,为提高其产量、改善品质提供依据。结果表明:3个草莓品种单叶净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)日变化曲线均呈双峰型,且同步增减,有明显的光合“午休”现象,品种间光合“午休”出现时间、最大净光合速率和蒸腾速率均有明显差异,‘四季’净光合速率2个峰值均高于其它2个品种,‘红颜’光合“午休”持续时间最短、整体蒸腾速率较低;胞间CO₂浓度(Ci)日变化规律与Pn负相关,表明气孔因素不是草莓光合“午休”的主要限制因子;不同品种、不同种类光合色素含量差异显著,光合色素含量与净光合速率有关,但不呈一定的比例关系。

关键词:草莓;光合特性;光合色素

中图分类号:S 668.4 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2015)10-0050-04

光合产物构成果树90%~95%的干物质,是果树产量形成的基础,因此对果树光合特性的探讨有重大意义^[1]。国内外众多学者对苹果、李、梨等^[2-4]果树的光合特性作了较为详尽的研究,但对于草莓的研究还很有限,主要集中在栽培技术、生长发育、矿质营养和品种特性等^[5-7]方面,对其光合特性的研究鲜见报道。该研究

以‘四季’、‘红颜’、‘甜查理’3个草莓品种幼苗为试材,测定不同品种单叶片的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率等光合参数以及各光合色素含量,旨在了解它们的光合生理特性,丰富生理生态方面的内容,为进一步引种、合理制定栽培管理措施、提高光合效率,进而为提高产量、改善品质提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为‘四季’、‘红颜’和‘甜查理’草莓品种。

1.2 试验方法

试验在东北农业大学园艺站进行,2014年5月15日定植,每个品种30株,株距30 cm,行距40 cm,常规田间管理,30 d后,定植幼苗经过缓苗期,生长健壮。每个

第一作者简介:杨文(1989-),女,硕士,研究方向为果树生理生态。E-mail:yangwency77@163.com.

责任作者:于泽源(1961-),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为果树生理生态。E-mail:zyz@neau.edu.cn.

基金项目:黑龙江省研究生创新科研资金资助项目(YJSCX2012-038HLJ)。

收稿日期:2015-01-23

Abstract: The present work focus on the reasons of water shield (*Brasenia schreberi*) reduced production and improving methods based on field investigation and formerly literatures in Wuling mountain area. The mainly reasons are deterioration ecological environment around the water shield field, simple composed of species, and weakly resisted disturbance. Lower genetic diversity of water shield can't withstand of diseases and insect pests attack. Slime hairs haven't cuticle protection and the membrane can't tolerant ions stress in water. Water shield is a minor crop but still didn't found high-yield cultivation model. It's suggested that emphasize the ecological environment protection about the fields of water shield. Establish global germplasm resources and breeding base of water shield, and study rejuvenating techniques. Create properly cultivation model according to rational number of population, and water and fertilizer management measures, and water shield-dry crops rotation system or fallow.

Keywords: *Brasenia schreberi*; reduced production; ecological environment; genetic diversity; cultivation model; improving methods

品种选取长势一致、无病虫害的 3 株供试,进行各项指标的测定,每个指标重复 3 次,取均值。

1.3 项目测定

1.3.1 光合参数日变化的测定 利用美国 LI-COR 公司制造的 LI-6400 型便携式光合测定系统于 2 个晴天(7 月 14、15 日),从 8:00—18:00 每隔 1 h 测定各个品种单叶片的光合速率、气孔导度等,同时得到胞间 CO_2 浓度、蒸腾速率、气温、空气相对湿度等参数,测定过程中采用标准叶室($2 \times 3 \text{ cm}^2$),开放式气路。每株测定相同叶位的 3 片功能叶(从心叶向外 3~5 片叶),10:00—11:00 加测新叶(从心叶向外 1~2 片叶)和老叶(从心叶向外 5 片叶以上)的净光合速率。

1.3.2 光合色素含量的测定 采用 95%乙醇浸提法测定^[8]。用直径 1 cm 的金属打孔器打孔,将打下的叶圆片混匀,称取约 0.2 g,随即浸入盛有 95%乙醇的 25 mL 具塞试管中,黑暗处静置 24 h(叶圆片发白)后,于 T6 新世纪型紫外分光光度计在 665、649、470 nm 下测定吸光度值(ABS),计算叶绿素 a(Chl a)、叶绿素 b(Chl b)以及类胡萝卜素(Car)的浓度。 $\text{Chl a} = 13.95A_{665} - 6.88A_{649}$, $\text{Chl b} = 24.95A_{649} - 7.32A_{665}$, $\text{Car} = 1000A_{470} - 2.05\text{Chl a} - 114.8\text{Chl b}$ 。

1.4 数据分析

试验数据采用 Microsoft Excel 2003、SPSS 17.0 进行处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 净光合速率日变化

3 个草莓品种功能叶的净光合速率(Pn)日变化规律基本相同,均呈双峰曲线型,存在明显的光合“午休”现象,但品种间峰值大小以及光合“午休”持续时间长短存在差异(图 1)。 Pn 上、下午 2 个峰值都比其它品种高,10:00 达到第一个峰值($10.87 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),随后 Pn 逐渐降低,12:00 下降到 $4.44 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,即出现光合“午休”,以后 Pn 又逐渐增高,15:00 达到第二个峰值($7.34 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),比第一个峰值小 $3.53 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;‘甜查理’2 个峰出现时间与‘四季’相同,但峰值分别低 1.34 、 $1.07 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;‘红颜’2 个峰值明显低于‘四季’,分别低 1.25 、 $1.72 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,第一个峰出现时间比‘四季’推迟 1 h,第二个峰出现的时间与‘四季’相同,表明‘红颜’光合“午休”持续时间较短。

2.2 气孔导度、胞间 CO_2 浓度日变化

气孔是叶片与外界进行气体交换的门户,其开度变化对植物水分状况及 CO_2 同化有着重要影响^[9]。根据 Farquhar 等^[10]的观点,如果气孔导度减小而叶肉细胞仍在活跃地进行光合作用,胞间 CO_2 浓度明显下降,气孔

限制值升高,这是典型的气孔限制因素,如果叶肉细胞本身光合能力显著下降,使其利用 CO_2 的能力降低,从而使胞间 CO_2 浓度升高,气孔限制值下降,为典型的非气孔限制因素。如图 1、2 所示,3 个品种气孔导度(Gs)日变化规律与 Pn 基本相同,即当 Pn 达到高峰和低谷时, Gs 也达到高峰和低谷,且 3 个品种都有一个明显的 Gs 高峰与 Pn 高峰同步。清晨气孔导度较小,随着光强和气温的升高,气孔导度升高,到 10:00 左右出现第一个峰值,此后空气湿度明显降低,叶片含水量降低,使气孔导度降低。3 个品种胞间 CO_2 浓度(Ci)日变化规律与 Pn 负相关(图 3),表明气孔因素不是草莓光合“午休”的主要限制因子。

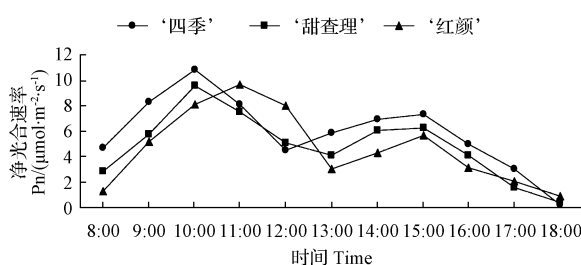


图 1 3 个草莓品种净光合速率日变化

Fig. 1 Diurnal variation of photosynthetic rate of three strawberry cultivars

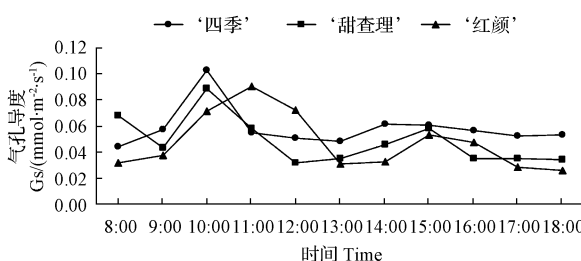


图 2 3 个草莓品种气孔导度日变化

Fig. 2 Diurnal variation of stomatic conductance of three strawberry cultivars

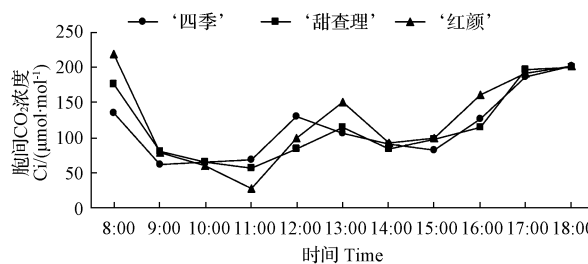


图 3 3 个草莓品种胞间 CO_2 浓度日变化

Fig. 3 Diurnal variation of intercellular CO_2 concentration of three strawberry cultivars

2.3 蒸腾速率日变化

3个草莓品种蒸腾速率日变化(Tr)曲线基本呈双峰型,且峰值出现的时间与Pn峰值出现的时间相同(图4)。⁴‘四季’2个峰值最高(6.51、4.04 mmol·m⁻²·s⁻¹),

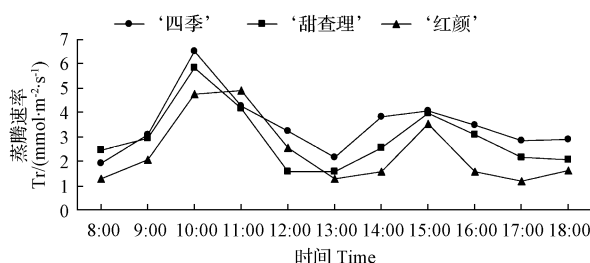


图4 3个草莓品种蒸腾速率日变化

Fig.4 Diurnal variation of transpiration rate of three strawberry cultivars

表1

3个草莓品种光合色素含量与净光合速率的关系

Table 1 The relationship between photosynthetic pigment content and photosynthetic rate of three strawberry cultivars

品种 Variety	净光合速率			叶绿素 a			叶绿素 b			类胡萝卜素		
	Net photosynthetic rate/($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)				Chlorophyll a/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$)				Chlorophyll b/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$)	Carotenoid/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$)		
	新叶	功能叶	老叶	新叶	功能叶	老叶	新叶	功能叶	老叶	新叶	功能叶	老叶
‘四季’‘Siji’	2.10d	10.87a	4.10c	1.25d	1.53b	1.63a	0.47d	0.64a	0.64a	0.45c	0.53b	0.57a
‘甜查理’‘Tianchali’	1.37e	9.54b	2.01d	1.08e	1.31d	1.45c	0.43e	0.52c	0.60b	0.40d	0.46c	0.52b
‘红颜’‘Hongyan’	1.30e	9.62b	2.23d	1.01e	1.29d	1.44c	0.40f	0.51c	0.59b	0.38e	0.46c	0.53b

注:不同小写字母之间表示5%水平上差异显著。

Note: Different letters indicate significant difference at 5% level.

3 结论与讨论

3.1 3个草莓品种净光合速率日变化存在明显的光合“午休”现象,气孔因素不是主要限制因子

3个草莓品种叶片的净光合速率日变化均为双峰曲线,且第一个峰值比第二个峰值高,第二个峰值较低,一方面是由于此时间段内气孔导度降低,限制了胞间CO₂的利用,另一方面,光照强度降低也是其净光合速率下降的原因。品种间2个峰值出现的时间以及峰值大小存在差异,‘四季’总体光合能力较强,2个峰值均高于其它2个品种,这是由不同草莓的品种特性引起的,燕丽萍等^[12]的研究也证明了这一点。

3个草莓品种均存在明显的光合“午休”现象,其中‘四季’、‘甜查理’光合“午休”持续时间较长,‘红颜’“午休”持续时间较短(图1)。苏培玺等^[13]认为,中午空气湿度迅速下降到最低点,叶片与空气之间的水蒸气压达到最大值是‘鬼怒甘’草莓进行光合“午休”的原因。此外,光合“午休”也与品种特性和叶片生理机构有关,试验结果显示,出现光合“午休”时,气孔导度下降,但胞间CO₂浓度升高,3个草莓品种都表现出与胞间CO₂浓度亏缺因素影响不大,表明气孔因素并不是草莓光合“午休”的主要限制因子,这一结果与许大全等^[14]研究气孔因素导致小麦光合“午休”的结果不相符,可能与试验材料有

最低(4.90、3.50 mmol·m⁻²·s⁻¹),分别比‘四季’低1.61、0.54 mmol·m⁻²·s⁻¹,且‘红颜’在11:00—12:00略高于‘四季’和‘甜查理’,其它时间始终明显低于另2个品种,说明在相同的环境条件下,它具有较好的节水性和耐旱性,更能适应水分缺乏或气候干旱的地区。

2.4 光合色素与净光合速率的关系

光合色素含量的高低是反映植物光合能力的重要指标之一^[11]。由表1可知,3个草莓品种光合色素的含量均是老叶>功能叶>新叶,且同一品种Chl a、Chl b以及Car含量差异显著;3个草莓品种单叶净光合速率均是功能叶>老叶>新叶,且差异显著;同一色素种类、同一叶片类型,‘四季’含量总是明显高于其它2个品种。以上分析得出,光合色素含量与净光合速率有关,但不呈一定的比例关系。

关。避免或减轻“午休”现象将明显增加草莓的光合生产能力,为草莓高产创造基础。

3.2 3个草莓品种蒸腾速率日变化曲线基本呈双峰型,‘四季’整体蒸腾速率较高

3个草莓品种中,‘四季’整体光合能力最强,但其蒸腾速率也较高,表明它的输导组织发达,生理活动代谢比较旺盛,需水量大,从生产实践的角度讲,它将消耗更多的土壤水分,在干旱季节或高温缺水地区,需要及时灌溉以补充蒸腾消耗的水分,确保生命活动的正常进行^[15]。3个草莓品种均是13:00左右蒸腾速率较低(图4),中午前后叶片蒸腾速率低的原因可能是高温低湿引起气孔关闭,叶片出现严重的水分亏缺,使在最有利于蒸腾的时刻,蒸腾速率不但没有增加反而降低。因此,在生产栽培中,根据草莓的品种特性,将蒸腾速率较高的品种栽培在保水性较好的土壤中,及时灌溉防止水分亏缺影响其光合作用的进行。

3.3 3个草莓品种光合色素含量差异显著,光合色素含量与净光合速率有关,但不呈一定的比例关系

同一品种光合色素含量均是Chl a>Chl b>Car(表1),且差异显著,表明Chl a是参与光合作用的主要色素,Chl b和Car是辅助色素,但辅助色素的作用不可忽视,有研究表明,较高的Chl b含量及较多的Chl a/Chl b

捕光复合蛋白体有利于光能的吸收利用^[16],且捕光色素b的增加,有助于弱光下有限光能的吸收、传递,以及光化学反应的进行,即PSII能够将吸收的光能较多地分配给光合电子传递用于叶片的光合作用,同时PSI与PSII间激发能分配的不平衡性减小,叶片对2个光系统间激发能再分配的调控能力增强,电子传递速率和光化学效率增加^[17]。

3个草莓品种单叶片的净光合速率均是功能叶>老叶>新叶,这一结果与冯立娟等^[18]的研究一致,同一品种、同一光合色素类型均是老叶>功能叶>新叶,可能是老叶利用光合色素的能力较低,表明光合色素含量与净光合速率有关,但并不呈一定的比例关系,这与燕丽萍等^[12]对4种草莓光合特性研究得出的结论一致。新长出的嫩叶,叶组织结构发育不健全、叶绿体较小、片层结构不发达、光合色素含量低、捕光能力弱,并且光合酶,尤其是Rubisco酶含量与活性低,因此净光合速率低。随着嫩叶的生长,组织发育健全,捕光能力增强,净光合速率逐渐升高,至功能叶时达到最大值,以后随着叶片衰老,光合色素含量与Rubisco酶活性的降低,以及叶绿体内部结构的解体,光合速率逐渐下降。因此,不同叶龄草莓叶片的光合能力可作为生产上摘叶的依据之一。栽培管理中应尽可能保证叶片的生长需要,维持叶片旺盛的生理功能,使叶片的光合能力较长时间维持在较高水平上,以最大限度地制造光合产物,提高产量。

参考文献

- [1] 温商霖,刘英军. 葡萄田间光合作用的研究[J]. 园艺学报,1989,16(3):168-171.
- [2] 曹慧,许雪峰,韩振海,等. 水分胁迫下抗旱性不同的两种苹果属植物光合特性的变化[J]. 园艺学报,2004,31(3):285-290.
- [2] 于泽源,许姣卉,霍俊伟. 李光合特性的研究[J]. 东北农业大学学报,2004,35(3):315-317.
- [4] 柴仲平,王雪梅,陈波浪,等. 香梨不同生长期光合特性日变化研究[J]. 北方园艺,2013(6):1-5.
- [5] Yamasaki A, Yoneyama T, Tanaka K. Carbon and nitrogen status of flower-induced strawberry as revealed by C13-and N15-tracer studies[J]. Acta Horticulturae,2000,514:301-310.
- [6] 刘明池,小岛孝之,田中宗浩,等. 亏缺灌溉对草莓生长和果实品质的影响[J]. 园艺学报,2001,28(4):307-311.
- [7] Raluca-Petronela Caulet, Gica G, Dorina I, et al. Influence of furostanol glycosides treatments on strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) growth and photosynthetic characteristics under drought condition[J]. Scientia Horticulturae,2014,169:179-188.
- [8] 张其德. 测定叶绿素的几种方法[J]. 植物学通报,1985,3(5):60-64.
- [9] 关以新,戴俊英,林艳. 水分胁迫下植物叶片光合的气孔和非气孔限制[J]. 植物生理学通讯,1995,31(4):293-297.
- [10] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology,1982,33:317-345.
- [11] Oh S A, Park J H, Lee G I, et al. Identification of three genetic loci controlling leaf senescence in *Arabidopsis thaliana* [J]. Plant,1997,12(3):527-533.
- [12] 燕丽萍,金芳,郑平生. 四种草莓光合特性的研究[J]. 甘肃农业大学学报,2004,39(6):620-624.
- [13] 苏培玺,杜明武,张立新,等. 日光温室草莓光合特性及对CO₂浓度升高的响应[J]. 园艺学报,2002,29(5):423-426.
- [14] 许大全,李德耀,梁国安,等. 田间小麦叶片光合作用“午睡”现象的研究[J]. 植物生理学报,1984,10(3):269-276.
- [15] 赵珍珍,朱首军. 三种树莓光合特性的研究[J]. 西北林学院学报,2006,21(4):39-42.
- [16] 谭新星,许大全. 叶绿素缺乏的大麦突变体的光合作用和叶绿素荧光[J]. 植物生理学报,1996,22(1):51-57.
- [17] 肖文静,孙建磊,王绍辉,等. 适度水分胁迫提高黄瓜幼苗光合作用弱光适应性[J]. 园艺学报,2010,37(9):1439-1448.
- [18] 冯立娟,侯广军,蔚成祥,等. 四季草莓品种“赛娃”和“美德莱特”光合特性的比较[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2009,40(2):179-182.

Study on the Photosynthetic Characteristics of Three Strawberry Cultivars

YANG Wen, YU Ze-yuan, LI Xing-guo

(College of Horticulture, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030)

Abstract: Photosynthetic characteristics were carried out with three strawberry cultivars ('Siji', 'Tianchali', 'Hongyan'). In order to understand photosynthetic physiological characteristic, to provide reference for improving its yield and quality. The results showed that the individual leave net photosynthetic rate, stomatic conductance and transpiration rate had two peaks during a day, and synchronous increased or decreased. An obvious midday depression was observed. There was a significant difference in midday depression, maximum net photosynthetic rate and transpiration rate among the three cultivars. Two peaks of Pn of 'Siji' were higher than other two cultivars, the photosynthetic midday depression of 'Hongyan' lasted for a short period and the overall lower transpiration rate. Diurnal variation of intercellular CO₂ concentration was negatively significantly correlated with Pn, showed that stoma was not a major regulation factor of midday depression. There was also a significant difference in different cultivars, different types of photosynthetic pigment, photosynthetic pigment content was related with photosynthetic rate, but not in a certain proportional relationship.

Keywords: strawberry; photosynthetic characteristics; photosynthetic pigment