

# 红富士苹果秋季叶片光合特性研究初报

郑文君, 范崇辉\*, 韩明玉

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨陵 712100)

**摘 要:** 选用英国 pp-system 公司生产的 CIRAS-1 型便携式光合测定仪, 测定红富士苹果的秋季光合特性。研究得出, 礼泉短富在 8 月份的叶片光合速率日变化为单峰曲线, 光合速率日平均值分别比长富二号和皇家嘎拉高 50.11% 和 72.69%, 树冠中层叶片光合强度最高, 上层次之, 下层最低; 不同枝条类型中健壮生长枝、长枝和中枝光合速率较高, 短枝光合速率较低, 健壮生长枝中部的叶片光合速率高。

**关键词:** 红富士; 日变化; 光合特性

**中图分类号:** S718.43

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-7461(2006)05-0040-03

## Photosynthetic Properties of Fuji Apple Trees

ZHENG Wen-jun, FAN Chong-hui\*, HAN Ming-yu

(College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shannxi 712100, China)

**Abstract:** Photosynthesis properties of Fuji apple tree in the autumn were studied. The results indicated that diurnal variation of photosynthesis rate was an one peak curve pattern. The average photosynthesis rates were 50.11% and 72.69% higher than those of Changfu and Royal Gala respectively; the intensity of photosynthesis was the highest in the middle layer of the crown, than in the top layer, and lowest in the bottom layer. Among different types of branches, higher photosynthesis rates were in vigorous growing branches and long ones, lower in short branches. The photosynthesis rate was higher in the middle part within the vigorous growing branches.

**Key words:** Red Fuji; diurnal photosynthesis variation; photosynthetic property

光合作用是果树生长和结果的基础, 研究各种果树的光合特性为选择优良品种, 改善栽培措施等提供理论依据, 对科学栽培管理、提高产量和品质具有重要意义。目前对苹果光合特性已进行了多方面的研究, 如苹果品种<sup>[1]</sup>、水分<sup>[2]</sup>、砧木<sup>[3]</sup>、营养状况<sup>[4,5]</sup>等, 但是研究的品种主要是金冠<sup>[1]</sup>、新红星<sup>[1,5,6]</sup>等, 对红富士的研究较少。而红富士苹果是国内目前的主栽品种, 由于其品质优良, 耐贮藏等优点深得果农的喜爱, 因此研究红富士的光合特性对指导生产具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验园概况

试验于 2005 年 8 月在凤翔县范家寨乡大沙凹

村的绿宝果业有限公司苹果园进行。该园海拔 850 m, 年平均气温 12.0~12.5℃, 年降雨量 601 mm, 无霜期 209 d, 昼夜温差大, 土层深厚, 有灌溉条件。

### 1.2 试验材料

试验树均为 8 年生矮化中间砧果树, 株行距 2.5 m×4 m, 细长纺锤形, 管理水平较高。其中皇家嘎拉作为对照树。皇家嘎拉为嘎拉系苹果, 是新西兰从嘎拉中选出的浓红系芽变, 果实圆锥形或近圆形。礼泉短富是陕西省礼泉县 1996 年选出的富士短枝型, 果实近圆形, 易着色。长富二号是富士的优良着色系枝变, 片红。

### 1.3 光合速率的测定

试验仪器选用英国 pp-system 公司生产的

收稿日期: 2006-01-09 修回日期: 2006-03-15

基金项目: 农业部 948 项目“优质出口苹果生产与加工技术引进与示范”

作者简介: 郑文君(1982-), 女, 山西榆次人, 硕士, 研究方向: 果树生理。

\* 通讯作者: 范崇辉。

CIRAS-1 型便携式光合测定仪,采用标准叶室,开放式气路。除光合速率日变化外,其他测定品种均为礼泉短富,测定时间在晴天 10:00 时前后。不同品种光合速率日变化测定以礼泉短富、长富二号为试验材料,并以嘎拉系苹果皇家嘎拉作对照。选择树冠南部枝条中部叶片,从 8:00~18:00 时每隔 2 h 测定 1 次,取重复 5 次平均值;不同冠层叶片光合速率测定是将礼泉短富树分为下、中、上 3 层,测定不同冠层部位(下层 1.0~1.2 m 处,中层 1.8~2.2 m 处,上层 2.7~3.0 m)枝条叶片光合速率。每层东、西、南、北 4 方位各测 2 个点,取平均值;不同枝条叶片光合速率的测定将枝条分为健壮生长枝(30~60 cm),长枝(15~30 cm),中枝(5~15 cm)和短枝(<5 cm)4 类。选树冠南部不同类型新梢中部叶片,取重复 5 次平均值;不同节位叶光合速率测定,选长势相同的健壮生长枝,且叶片完整,叶数量 20 个左右,从枝条顶部到基部,测定不同节位叶光合速率,取重复 3 次平均值。

1.4 叶绿素含量和叶重的测定

在光合速率测定部位采叶样,叶绿素含量测定采用 Arnon 法。叶片重量用天平称重。

2 结果与分析

2.1 不同品种光合速率的日变化

由图 1 可以看出,礼泉短富,长富二号和皇家嘎拉 3 个品种的光合速率日变化基本相同,均为单峰曲线,8:00~10:00 时光合速率迅速升高,10:00~12:00 时以后缓慢下降。这是因为影响光合强度日

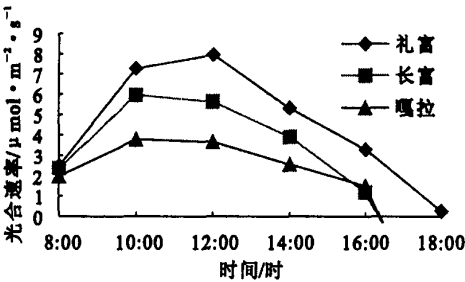


图 1 不同品种光合速率的日变化

Fig. 1 Diurnal changes of photosynthetic rate of different cultivars

变化的主要因素是温度,其次才是光照<sup>[9]</sup>,试验园早晚温差大,早上温度只有 13℃左右,到 10:00 时左右温度急剧上升到 20℃以上。3 个品种光合速率的日平均值分别为 4.43,2.21 和 1.21  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,礼泉短富分别比长富二号和皇家嘎拉高 50.11%和 72.69%,而且长富二号和皇家嘎拉在 16:00 时以后光合速率急剧下降,几乎为零。杨建民<sup>[5]</sup>等认为短枝型品种叶片厚,叶片栅栏组织发达,叶绿素含量高,在低光照条件下具有较高的光合速率,因而短枝苹果能够充分利用光能,积累较多的光合产物。从表 1 中看出,礼泉短富的叶绿素含量高于长富二号,叶绿素 b 含量差异达显著水平。叶绿素在光合作用中起接受和转换能量的作用,较高的叶绿素 b 有利于植物对光的吸收和利用<sup>[10]</sup>。因此礼泉短富比长富二号的光合强度高。

皇家嘎拉在 8 月份已处于果实成熟期,树体生理活动逐渐衰弱,叶片质量也明显下降。由表 1 看出其叶绿素含量显著低于长富二号和礼泉短富,相对含水量也最低。因此,在 8 月份皇家嘎拉光合强度的日变化曲线最低。

表 1 不同品种叶片质量  
Table 1 Quality of leaves from different variety

品种	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素 a+b	叶片鲜 重/g	叶片干 重/g	相对含 水量/%
	/mg · L <sup>-1</sup>	/mg · L <sup>-1</sup>	/mg · L <sup>-1</sup>			
礼泉短富	20.27b	6.29 b	27.38b	1.089	0.444	59.23
长富二号	18.32ab	5.58a	25.05ab	0.804	0.327	59.58
皇家嘎拉	17.24a	5.78ab	24.06 a	1.339	0.578	56.83

注:经邓肯式新复极差法显著性测定,大写字母差异达 0.1 极显著,小写字母为差异达 0.5 显著水平(同下表)。

2.2 不同冠层叶片质量和光合速率

由表 2 可以看出,中层叶片光合强度最高,下层最低,上层居中。这是因为中层叶片质量最好,叶片干重、鲜重最高,叶绿素 b 及总叶绿素含量比下层和上层均高,相对含水量高达 61.85%,鲍书鼎<sup>[8]</sup>指出叶片含水量也是限制叶光合提高的重要因素,因此较高的叶片含水量也可提高植物的光合能力。

表 2 不同冠层叶片质量和光合速率  
Table 2 Pn and quality of leaves from different layer

树冠	光合速率 /μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>	叶绿素 a /mg · L <sup>-1</sup>	叶绿素 b /mg · L <sup>-1</sup>	总叶绿素 /mg · L <sup>-1</sup>	叶片鲜重 /g	叶片干重 /g	相对含水量 /%
上层	6.52	17.16	5.22Aa	23.45ab	0.715	0.302	57.76
中层	7.95	17.73	5.89Bb	24.81b	1.093	0.417	61.85
下层	4.37	16.78	4.98Aa	22.81a	0.895	0.377	57.88

上层叶片虽然处于树冠顶部,光照条件好,但是短枝型品种<sup>[9]</sup>在生长后期,新梢大多封顶,随着顶芽形成,叶龄增加,合生长素的能力降低,光合器官叶绿素钝化,生长抑制物质增加,使叶片活性降低。上层叶片叶绿素 b 含量显著低于中层叶片,总叶绿素含量也较低,相对含水量只有57.76%,叶干重、鲜重低于中层,因此光合能力也较低。

2.3 不同枝条叶片的光合速率

表 3 不同枝条叶片光合速率

Table 3 Photosynthetic rate of leaves from different kinds branches				
/μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>				
	健壮生长枝	长枝	中枝	短枝
测量值	6.0	9.6	5.6	0.3
	5.6	3.7	4.7	0.8
	6.6	1.4	6.3	5.1
	6.3	2.6	3.4	2.3
	5.4	3.8	5.2	1.2
平均值	5.98	4.22	5.04	1.94
显著性	Bb	ABb	ABb	Aa

由表 3 看出,健壮生长枝光合速率最高,短枝光

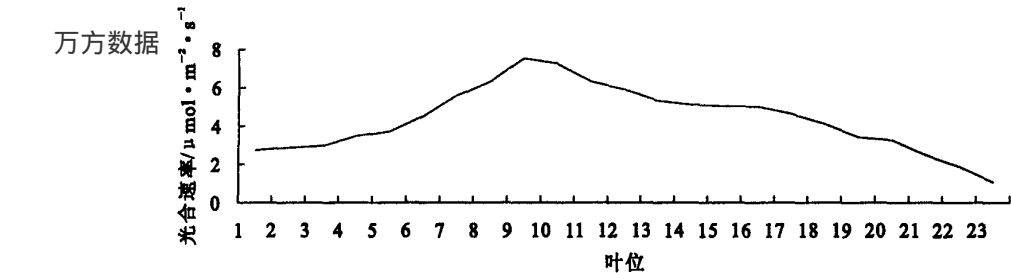


图 2 不同叶位的光合速率

Fig. 2 Photosynthetic rate of leaves from different leaf positions

3 结论与讨论

在渭北凤翔果区 8 月份礼泉短富、长富二号和皇家嘎拉叶片光合速率日变化均为单峰曲线。光合速率日平均值礼泉短富分别比长富二号和皇家嘎拉高 50.11%和 72.69%,证明短枝品种的光合能力优于普通品种,8 月份中早熟品种皇家嘎拉的净光合速率显著低于其他 2 个品种。植物光合作用“午休”现象主要是由高温引起,高光照一般会导致叶温升高,水份代谢失调,气孔关闭,进而导致叶片羧化效率的降低。lange<sup>[12]</sup>报道春天葡萄叶片净光合速率的日变化多呈单峰曲线。本试验中苹果光合作用日变化也是单峰曲线,原因是在凤翔地区 8 月份恰好处于阴雨季节,湿度高,光强最高只有 1 000 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>左右,因此未出现“午休”现象。

秋季礼泉短富树冠中部叶片光合强度最高,这是因为中部叶片质量最好,光照也优于下部。虽然上

合速率最低,长枝和中枝的光合速率较为接近,短枝光合速率与健壮生长枝相比达极显著水平,与长枝和中枝相比达显著水平。其余枝条光合速率没有显著差异。一般认为<sup>[9]</sup>中长枝多在树冠外围,光照条件较好,叶片质量也较高,而短枝条多在树冠内部,光照和营养条件较差,光合速率低。

2.4 不同叶位的光合速率

同一枝条上叶片叶龄不同,越接近枝条基部的叶片叶龄越大。试验发现新梢基部叶片的光合强度较低,中部叶片光合强度高(7.52 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>),顶部最低,只有最高值的 14.1%。(图 2)。在 8 月份,基部叶片随着叶龄的增加而老化,叶绿素含量降低,蛋白质,核酸减少,RUBP 羧化酶活性降低,因而光合强度低。随着叶位的升高,栅栏组织细胞变长,栅栏层紧凑,轮廓分明,气孔频率也增加<sup>[11]</sup>,叶片质量好,因此光合速率也高。而顶部叶片构造中海绵组织尚未分化完成,CO<sub>2</sub> 扩散阻力大,向叶绿体供给 CO<sub>2</sub> 水平低,因此光合能力最差。

部光照条件好,但短枝型品种封顶早,上部叶片质量差,不能很好的利用光能。

秋季礼泉短富健壮生长枝、长枝、中枝叶片光合速率明显优于短枝,健壮生长枝中部叶片光合速率最高。但解思敏<sup>[6]</sup>等报道,新红星苹果在生长前期,短枝条具有较高的叶绿素含量,光合速率较高,有利于花芽的孕育和分化。

参考文献:

[1] 王继和,张昞明,王春荣,等.金冠、毛里斯、新红星苹果光合特性的研究[J].西北植物学报.2000,20(5):802-811.  
[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.  
[3] 张建光,刘玉芳,施瑞德.不同砧木上苹果品种光合特性的比较研究[J].河北农业大学学报,2004,27(5):31-33.  
[4] 曹冬梅,康黎芳,王云山,等.根外施钾对苹果幼树气孔特性及光合速率的影响[J].山西农业大学学报,2002,30(1):57-60.

大气 CO<sub>2</sub> 浓度升高条件下微生物生物量 C 库的降低进一步将会引起植物生长的滞缓现象,这和早期的 CO<sub>2</sub> 刺激光合作用、促进生长等结果相反,即出现了光合适应性<sup>[16,17]</sup>或生长适应的现象,最终将可能产生森林土壤 C 库趋于稳定和平衡的结果。

由结果可以看出 500 μmol/mol CO<sub>2</sub> 条件下红松和长白赤松幼苗土壤微生物生物量 C 变化不太稳定,这可能与开顶箱本身的温室效应、供试土壤的理化性质等外界环境条件有关,此外也可能是高浓度 CO<sub>2</sub> 对土壤微生物生物量 C 的影响可能存在于一个临界浓度值,在本研究中 CO<sub>2</sub> 浓度的临界值可能在 700 μmol/mol 和 500 μmol/mol CO<sub>2</sub> 之间,这也可能是 500 μmol/mol CO<sub>2</sub> 对土壤微生物生物量 C 影响不稳定的一个原因。

#### 4 结论

700 μmol/mol CO<sub>2</sub> 处理对红松幼苗土壤微生物生物量 C 起着极显著( $p < 0.01$ )的抑制效应,其作用大于 500 μmol/mol CO<sub>2</sub> 处理。

对受高浓度 CO<sub>2</sub> 处理的长白赤松幼苗土壤微生物生物量 C 来说,表现出了与红松幼苗土壤微生物生物量 C 相似的变化规律。

500 μmol/mol CO<sub>2</sub> 条件对红松和长白赤松土壤微生物生物量 C 的影响存在着不稳定性。

#### 参考文献:

- [1] 陈国潮,何振立,黄常勇. 红壤微生物生物量 C 周转及其研究[J]. 土壤学报,2002,39 (2):152-160.
- [2] 李 杨,黄国宏,史奕. 大气 CO<sub>2</sub> 浓度升高对农田土壤微生物及其相关因素的影响[J]. 应用生态学报,2003,14 (12):2321-2325.
- [3] 李香真,曲秋皓. 蒙古高原草原土壤微生物量碳氮特征[J]. 土壤学报,2002,39 (1):97-104.
- [4] Williams M A, Rice C W, Owensby C E. Carbon dynamics and

- microbial activity in tallgrass prairie exposed to elevated CO<sub>2</sub> for 8 years [J]. Plant and Soil,2000,227:127-137.
- [5] 汪杏芬,李世仪. CO<sub>2</sub> 倍增对植物生长和土壤微生物生物量碳、氮的影响[J]. 植物学报,1998,40 (12):1169-1172.
- [6] Inubushi K, Hoque M M, Miura S, et al. Effects of free-air CO<sub>2</sub> enrichment (FACE) on microbial biomass in paddy field soil [J]. Soil Science Plant Nutrien,2001,47 (4):737-745.
- [7] Sowerby A, Blum H, Gray T R G, et al. The decomposition of *Lolium perenne* in soils exposed to elevated CO<sub>2</sub>: Comparisons of mass loss of litter with soil respiration and soil microbial biomass [J]. Soil Biology & Biochemistry,2000,32:1359-1366.
- [8] Zak D R, Pregitzer K S, Curtis P S, et al. Elevated atmospheric CO<sub>2</sub> and feedback between carbon and nitrogen cycles [J]. Plant and Soil,1993,151:105-117.
- [9] 周玉梅. CO<sub>2</sub> 浓度升高对红松和长白松幼苗界面过程影响的研究 [D]. 中国科学院沈阳应用生态研究,2003.
- [10] 林启美,吴玉光. 熏蒸法测定土壤微生物生物量碳的改进[J]. 生态学杂志,1999,18 (2):63-66.
- [11] Rice C W, Garcia F O, Hampton C O, et al. Soil microbial response in tall grass prairie to elevated CO<sub>2</sub> [J]. Plant and Soil, 1994,165:67-74.
- [12] Hungate B A, Dijkstra P, Hymus G, et al. Elevated CO<sub>2</sub> increases nitrogen fixation and decreases soil nitrogen mineralization in Florida scrub oak [J]. Global Change Biology,1999, 5:797-806.
- [13] 杨万勤,王开运. 森林土壤酶的研究进展[J]. 林业研究,2004, 40 (2):152-159.
- [14] 曾长立,王晓明,张福锁,等. 浅析 C<sub>3</sub> 植物和 C<sub>4</sub> 植物对大气中 CO<sub>2</sub> 浓度升高条件下的反应[J]. 江汉大学学报,2001,18 (3): 6-14.
- [15] 贾 夏,韩世杰,周玉梅. 不同二氧化碳浓度条件下红松和长白赤松土壤生化特性研究[J]. 应用生态学报,2004,15 (10): 1842-1846.
- [16] 周玉梅,韩士杰,张军辉,等. CO<sub>2</sub> 浓度升高对长白山三种树木幼苗叶碳水化合物和氮含量的影响[J]. 应用生态学报, 2002,13 (6):663-666.
- [17] 杨金艳,杨万勤,王开运. CO<sub>2</sub> 和温度增加的相互作用对植物生长的影响[J]. 应用与环境生物学报,2002,8 (3):319-324.

(上接第 42 页)

- [5] 杨建民,王中英. 新红星与红星苹果幼树光合特性的研究[J]. 果树科学,1993,10(1):1-5.
- [6] 解思敏,董晓玲,杜根盛. 新红星苹果叶片解剖构造与光合特性的研究[J]. 山西农业大学学报,1992,13(1):9-12.
- [7] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安:世界图书出版公司,2000.
- [8] 鲍书鼎,胡维军. 新红星成龄苹果树不同冠层叶光合特性研究初报[J]. 落叶果树,1990,(1):18-21.
- [9] 张绍玲,杨庆山,马春莲,等. 苹果短枝型品种光合特性研究

- [J]. 果树科学,1991,8(3):129-134.
- [10] 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.
- [11] 束怀瑞. 果树栽培生理学[M]. 北京:农业出版社,1999.
- [12] Lange Q L, Meyer A. Mittag licher stomatas chlub bei Aprikose (*Pimus armeniaca*) una Wein (*Vitis viniifera*) im Freidland trot gutter boden wasser-verorgung[J]. Flora, Bd., 1979,168:511-528.