

# 攀西地区枇杷果实发育阶段光合作用特性的研究\*

张旭东 杨再强

(西昌学院 园艺系,四川 西昌 615013)

**【摘要】**在攀西地区田间自然条件下,通过对从四川成都引进的两个优良枇杷 (*Erioborya japonia Lindl*) 品种(大五星和龙泉 1 号)的果实不同发育阶段的光合特性研究,结果表明:在果实不同发育阶段,两个品种叶片的净光合速率( $P_n$ )的日变化曲线均为双峰型,具有明显的“午休”特性。在果实迅速生长期的净光合速率( $P_n$ )、蒸腾速率( $T_r$ )和气孔导度( $C_s$ )明显高于结果初期和果实缓慢生长期。通过相关性分析表明,在结果初期,影响枇杷叶片净光合速率的主要因子是大气温度,而在果实迅速生长期则是光合有效辐射。

**【关键词】**枇杷;净光合速率;蒸腾速率;水分利用率

**【中图分类号】**S662.1 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2007)03-0015-05

枇杷 (*Erioborya japonia Lindl*)原产我国亚热带地区,迄今已分布到全世界的 30 多个国家<sup>[1]</sup>,其果肉富含维生素,是优质鲜食果品。枇杷的果实成熟期自晚春到初夏成熟,上市晚于樱桃和草莓,先于桃、李,颇受消费者欢迎。枇杷作为经济林树种既可提供经济效益,又可保持水土,提供生态效益。据谢红江等<sup>[2]</sup>研究报道,大五星和龙泉 1 号在攀西地区适应性和抗逆性强,品质优良,适合规模发展。光合作用是果树干物质生产和积累的重要生理活动,它直接关系到枇杷的产量和品质。

在国内关于枇杷光合特性的研究鲜有报道,李文华等<sup>[3]</sup>研究了我国北方的 4 个枇杷品种在近熟期的光合作用特性,结果表明枇杷的净光合速率的日变化均成双峰型,具有典型的“午休”特性。阮勇凌等<sup>[4]</sup>研究认为枇杷的光补偿点和饱和点较低,具耐荫性。曾光辉等<sup>[5]</sup>研究表明冬季枇杷光合作用的最适温度低于春季,光合作用的最适叶温高于环境温度,冬季枇杷的叶绿素含量、净光合速率( $P_n$ )及电子传递速率较低,光合碳代谢和光化学反应受到低温的限制是冬季光合作用较低的重要原因。姜卫兵等<sup>[6]</sup>也得出了同样的结论,认为冬季枇杷叶片的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率等光合、生理参数都比春季低。周慧芬等<sup>[7]</sup>研究了  $\text{NaHSO}_3$  对枇杷叶片光合速率具有促进作用。吕均良等<sup>[8]</sup>对日本枇杷的光合作用特性年变化规律进行了研究。罗华建等<sup>[9]</sup>

研究表明在水分胁迫条件下,解放钟和长红 3 号的叶片的光合作用受到抑制,同时水分胁迫提高了枇杷叶片的光补偿点,降低了光饱和点。此外,高  $\text{CO}_2$  浓度对不同水分状态下的枇杷叶片光合速率( $P_n$ )均有明显的促进作用<sup>[10]</sup>。上述研究阐明了枇杷不同生长阶段的光合特性的变化规律及水分和  $\text{CO}_2$  浓度对枇杷光合特性的影响,主要品种针对日本引进品种和亚热带一些优良品种,但在攀西干旱河谷生态环境条件下,对大五星和龙泉 1 号两优良品种的光合特性的研究尚未见报道。本研究对两个枇杷优良品种大五星和龙泉 1 号的果实发育阶段的光合特性进行研究,探索两个品种在攀西地区特殊气候条件下的光合生理生态变化规律,为该区域枇杷果实发育阶段的生产管理提供科学依据。

## 1 试验区自然概况

试验地位于四川省西昌市樟木乡,该区属于攀西地区干旱河谷,海拔为 1600m,气候类型为典型干湿季分明的北亚热带季风气候。6~10 月为雨季,降雨量占全年总降雨量的 90%,空气相对湿度为 75% 以上,11 月至翌年 5 月为旱季,空气相对湿度为 61%,多年平均降雨量为 1013.1mm,年平均温度为 17.2℃,极端温度为 -3.8~36.5℃,无霜期长达

收稿日期 2007-06-10

\*基金项目:四川省科技重点项目(2002NY029-073)。

作者简介:张旭东(1963- )男,副教授,主要从事果树生态与栽培等领域的教学与研究。

273d,境内年均日照时数为 2431.4 h,光照充足。

## 2 试验材料与方法

### 2.1 试验材料及果实发育阶段的划分

试验材料为大五星和龙泉 1 号。两个品种于 2001 年从四川成都市龙泉驿区引进,2001 年 6 月定植,本砧,株行距为 2.5m × 3m,树龄为 6 年生,果树已经进入结果盛期。果园面积 10.5 hm<sup>2</sup>,土壤为红壤土。管理水平中等。在本试验区,枇杷的结果初期为 12 月下旬至 1 月中旬,果实缓慢生长期为 1 月下旬至 3 月上旬,果实迅速生长期为 3 月中旬至 4 月下旬。

### 2.2 测定时间和方法

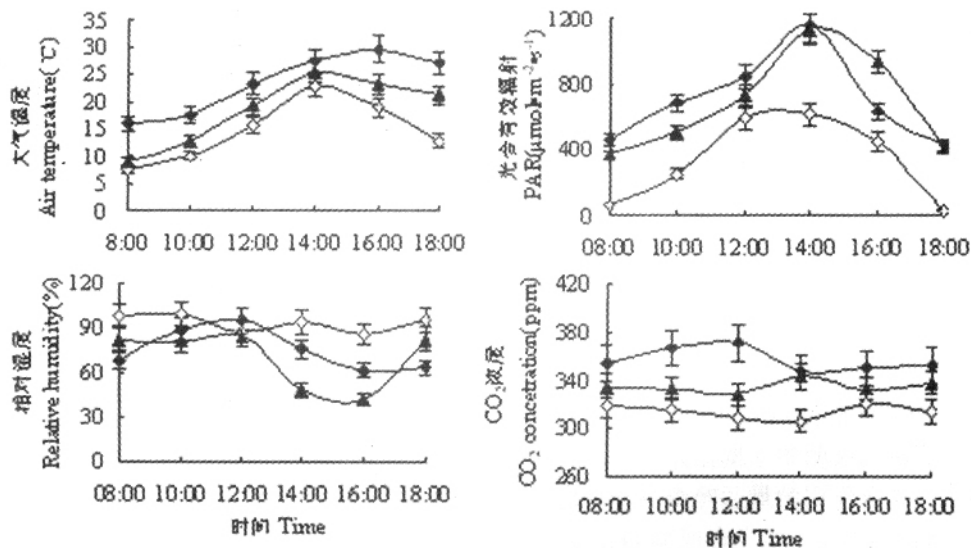
光合作用特性测定于 2006 年 12 月 ~ 2007 年 4 月进行,分别在 2006 年 12 月 29 ~ 30 日(枇杷的结果初期)、2007 年 1 月 22 日和 2 月 29 日(果实缓慢生长期)和 2007 年 4 月 23 日(果实迅速生长期)选取树冠外围长势中等的秋梢叶片,用 CI-310 光合测定系统(美国 CID 公司)从早上 8:00 至下午 18:

00 每 2 小时测定一次,主要测定两个品种叶片的净光合速率(P<sub>n</sub>)、蒸腾速率(T<sub>r</sub>)、气孔导度(G<sub>s</sub>)、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(C<sub>i</sub>)、有效辐射(PAR)、空气湿度(RH)、大气 CO<sub>2</sub> 浓度(C<sub>a</sub>)和大气温度(T<sub>a</sub>)。水分利用率(WUE) = 净光合速率(P<sub>n</sub>) / 蒸腾速率(T<sub>r</sub>)。每次测定 5 次重复,各指标取其平均值。

## 3 结果与分析

### 3.1 果实不同发育阶段的主要气候因子日变化

枇杷果实不同发育阶段的气候因子的日变化见图 1,从图可知,试验区在果实发育阶段白天的大气温度(T<sub>a</sub>)和光合有效辐射(PAR)为单峰形,结果初期和果实缓慢生长期的峰值出现在 14:00,果实迅速生长期的峰值出现在 16:00。大气相对湿度在果实缓慢生长期和果实迅速生长期较小,日变化曲线在 14:00 ~ 16:00 最低。大气 CO<sub>2</sub> 浓度变化比较平稳,果实迅速生长期的 CO<sub>2</sub> 浓度 > 果实缓慢生长期 > 结果初期。



◇ 结果初期 Fructon initial stage; ▲ 果实缓慢生长期 Fruit slow growth stage; ▼ 果实迅速生长期 Fruit fast growth stage; 下同, The same below.

图 1 攀西地区枇杷果实发育期间主要气候因子日动态变化

Fig. 1 Diurnal course of main climate factor during fruit development period in Panxi area.

### 3.2 果实不同发育阶段不同品种的 P<sub>n</sub>、T<sub>r</sub>、C<sub>s</sub>、C<sub>i</sub> 的日变化

大五星和龙泉 1 号的果实不同发育阶段的光合特性见图 2。由图 2 可知,在果实迅速生长期两个品种的净光合速率(P<sub>n</sub>)最高,明显大于果实缓慢生长期和结果初期,两个品种在果实发育各阶段的 P<sub>n</sub> 日变化曲线均成双峰型,有明显的“午

休”特性。两个品种的 P<sub>n</sub> 日变化曲线高峰在果实迅速生长期出现在 10:00,其它时期均出现在 12:00。同时龙泉 1 号各时期的 P<sub>n</sub> 明显高于大五星。两个品种的蒸腾速率(T<sub>r</sub>)的日变化曲线在果实发育阶段均为单峰型,蒸腾高峰出现在 12:00,在结果初期的 T<sub>r</sub> 明显低于其它时期。两个品种气孔导度(C<sub>s</sub>)的日变化曲线在果实缓慢生长期和果实迅

速生长期为单峰型，大五星在果实缓慢生长期成双峰型。两品种在果实迅速生长期的  $C_s$  明显高于其它两个时期，气孔导度主要受温度和光合有效辐射影响，该时期温度和光合有效辐射高于其它两个时期；两个品种的胞间  $CO_2$  浓度 ( $C_i$ ) 在果

实缓慢生长期均高于其它时期。大五星的  $C_i$  日变化曲线在果实缓慢生长期和迅速生长期表现为单谷型，最低点出现在 12:00 ~ 14:00 之间。而龙泉 1 号的  $C_i$  日变化曲线在果实缓慢生长期则出现单峰型。

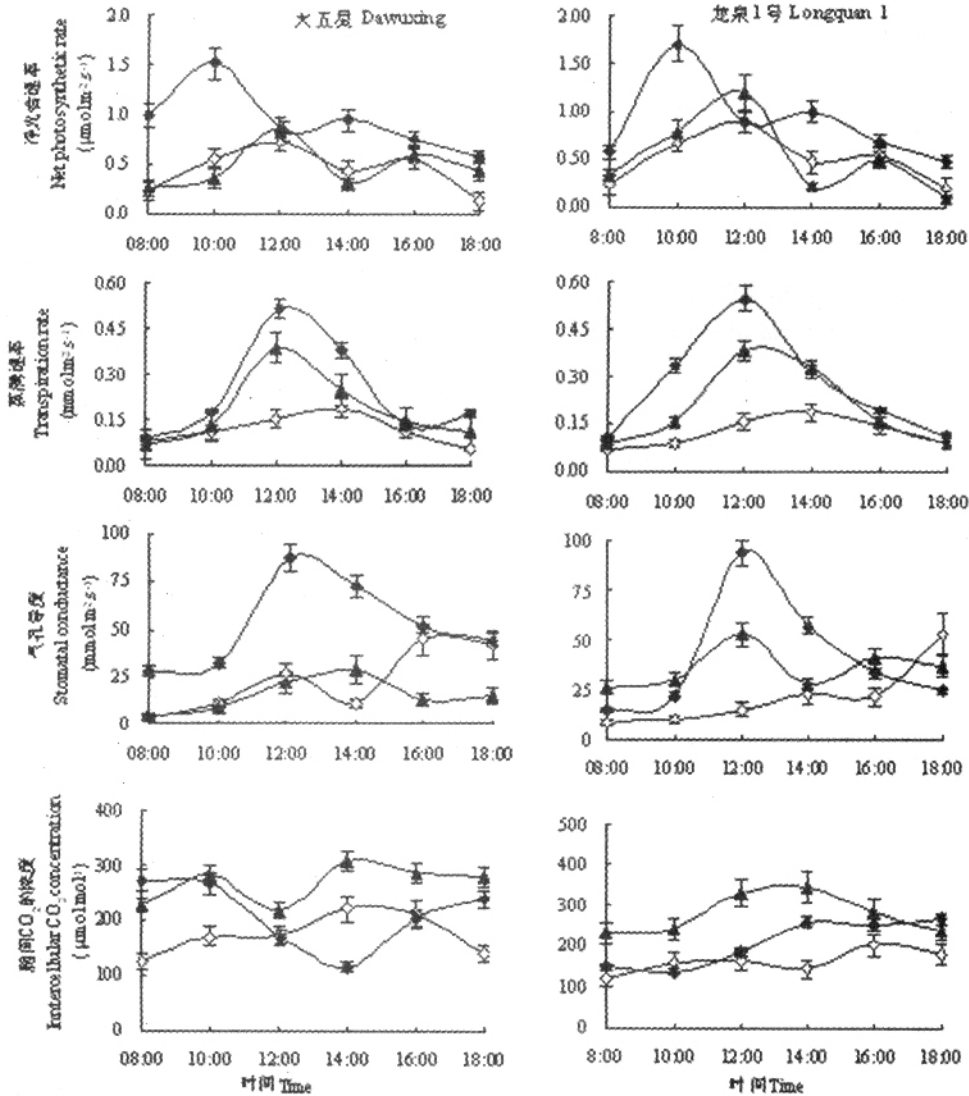


图 2 攀西地区枇杷果实发育期间净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间  $CO_2$  日动态变化

Fig. 2 Diurnal course of the net photosynthetic rate during deferent fruit development stages in the Panxi area.

### 3.3 不同果实发育阶段水分利用率 (WUE) 的日变化规律

两品种在果实不同发育时期的水分利用率 (WUE) 的日变化曲线为双峰型 (图 3), WUE 在 10:00 ~ 12:00 最高, 16:00 出现第 2 个高峰, 在 12:00 ~ 14:00 间出现低谷, 这是因为在枇杷果实发育阶段正是攀西地区旱季, 中午的蒸腾速率最大, 光合速率低。在果实不同发育阶段大五星的 WUE 高于龙泉 1 号, 说明大五星比龙泉 1 号较耐干旱。

### 3.4 不同果实发育阶段叶片的净光合速率 ( $P_n$ ) 与主要气候因子的相关性分析

枇杷果实不同发育阶段的叶片净光合速率 ( $P_n$ ) 与主要气候因子的相关系数见表 1, 从表 1 可以知道, 在结果初期和果实缓慢生长期, 两品种的  $P_n$  率主要受大气温度影响, 其次是太阳光合有效辐射, 主要因为该时期气温低, 低温产生光抑制。而在果实迅速生长期, 叶片的  $P_n$  与光合有效辐射 (PAR) 的相关系数高于其它气候因素。主要是因为

该时期正处于干旱季节,空气相对湿度低,土壤水分含量低,气温回升,光合作用主要受太阳光合有效辐射的影响。

在枇杷果实发育不同阶段, Pn 与 Ci 均为负相关。

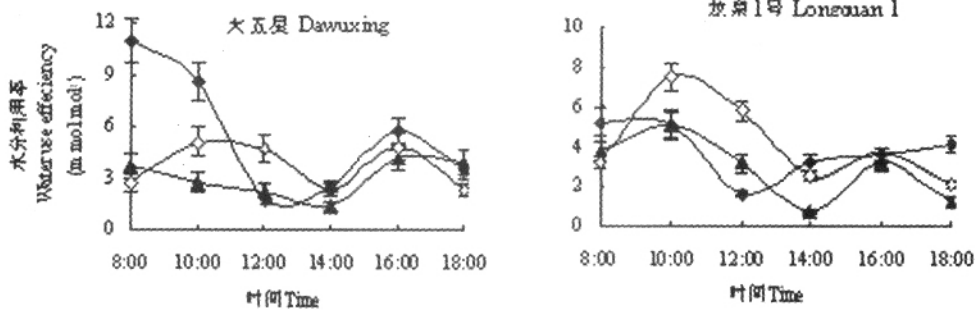


图 3 攀西地区枇杷果实发育期间的水分利用率日动态变化

Fig. 3 Diurnal course of the water use efficiency during deferent fruit development stages in the Panxi area.

表 1 枇杷果实不同发育阶段叶片净光合速率与主要气候因子的相关系数

Table 1 the correlation coefficient between the Pn in leaves of two cultivars and microclimate in fruit different stages

品种 Cultivars	果实发育阶段 Fruit development stages	相关系数 correlation coefficient						
		PAR	Ta	Ci	Gs	Tr	RH	Ca
大五星 Dawuxing	结果初期 Fruition initial stage	0.366	0.872*	-0.600	0.016	0.665	-0.196	0.445
	果实缓慢生长期 Fruit Slow growth stage	0.690	0.474	-0.429	0.343	0.748	-0.024	-0.338
	果实迅速生长期 Fruit fast growth stage	0.843*	0.629	-0.305	0.341	-0.077	0.401	0.702
龙泉 1 号 Longquan 1	结果初期 Fruition initial stage	0.675	0.844*	-0.249	0.471	0.393	-0.165	-0.308
	果实缓慢生长期 Fruit Slow growth stage	0.783	-0.364	-0.807*	0.672	0.549	0.311	-0.269
	果实迅速生长期 Fruit fast growth stage	0.816*	0.490	-0.504	0.435	0.513	0.490	0.187

注: \* 表示相关性在 a = 0.05 水平下相关显著。 \* Correlation is significant at 0.05 levels.

#### 4 讨论与结论

通过对攀西干旱河谷大五星和龙泉 1 号两品种果实不同发育阶段的光合特性研究表明,两品种叶片的净光合速率(Pn)日变化曲线成典型的双峰型,具有明显的“午休”现象,这与前人的研究结果一致<sup>[2,3]</sup>,但在果实迅速生长期, Pn 的日变化曲线高峰出现在 10:00 和 14:00。在果实不同发育时期,叶片的 Pn 与胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)为负相关,与气孔导度(Cs)成正相关,根据邹琦<sup>[11]</sup>提出的光合作用气体交换模型,由此可以看出, Pn 的降低主要是由气孔因素造成的。龙泉 1 号的叶片的 Pn 在果实发育不同阶段均高于大五星,这主要是由于 Cs 和 Ci 的差异造成的(图

2 所示)。

不同时期,影响叶片 Pn 的主要因素不同,在结果初期,正是 12 月下旬和 1 月上旬,低温是产生光抑制的主要因素。在果实迅速生长期,光合有效辐射(PAR)是影响光合作用的主要因素,其相关达到显著水平。关于低温对光合作用产生抑制的主要原因,曾光辉等<sup>[4]</sup>研究认为是由于 RuBPCase(核酮糖 1,5-二磷酸羧化酶)的活性和 RuBP 再生速率受到限制形成的;另一原因是由于枇杷叶片的 PSII 反应中心失活或破坏造成光化学反应下降及 NADPH 和 ATP 形成减少造成<sup>[12]</sup>。低温如何影响光合机构的性能和活性及光合电子传递可通过叶绿素荧光特性进行解释,这也是今后进一步研究的内容。



在攀西干旱河谷,枇杷的果实发育阶段(12月至翌年5月)正盛行西南季风,空气相对湿度较小,土壤水分低。据罗华建等<sup>[9]</sup>研究认为水分胁迫会使光合作用受到抑制,因此,加强果实发育阶段的田间

水分管理,提高土壤含水量可提高叶片光合速率,利于枇杷的干物质生产与积累及品质的建成。关于土壤水分对枇杷干物质生产与分配及对果实品质的影响是下一步深入研究的重要内容。

#### 参考文献:

- [1]胡又厘,林顺权.世界枇杷生产与研究[J].世界农业,2002(1):18-20.
- [2]谢红江,陈栋,吴汉珠,等.攀西地区枇杷引种研究[J].西南农业学报,2006,19(3):486-489.
- [3]李文华,张中良,鲁周明,等.不同枇杷品种光合作用特性研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,33(11):29-33.
- [4]阮勇凌,吴立敏.枇杷和杨梅冬季光合特性的研究[J].园艺学报,1991,28(4):309-312.
- [5]曾光辉,郭延平,刘平,等.冬春田间枇杷叶片光合机构的运转[J].果树学报,2004,21(3):233-236.
- [6]姜卫兵,聂贺,高光林,等.冬春季节枇杷不同品种的光合特性[J].江苏农业学报,2005,21(3):197-201.
- [7]周惠芬,郭延平,林建勋,等.NaHSO<sub>3</sub>对枇杷和毛叶枣叶片光合速率的促进作用[J].果树学报,2003,20(3):239-241.
- [8]吕均良.枇杷的光合作用特性[J].果树科学,1992,9(1):110-112.
- [9]罗华建,刘星辉.水分胁迫对枇杷光合特性的影响[J].果树科学,1999,16(2):126-130.
- [10]吴荣兰,张士良,陈丹,等.高浓度CO<sub>2</sub>对不同水分条件下枇杷生理的影响[J].园艺学报,2003,30(6):647-652.
- [11]邹琦.作物水分逆境下的光合作用[J].作物学报,1994(5):1-4.
- [12]Krall JP, Edwrad GE. Relationship between photo-system II activity and CO<sub>2</sub> fixation in leaves. Physiologia Plantarum, 1992, 86: 180-187.

## Photosynthetic Characteristics of Loquat in Different Fruit Development Stages in Panxi Area

ZHANG Xu-dong, YANG Zai-qiang

(Department of Horticulture, Xichang College, Xichang, Sichuan 615013)

**Abstract:** Under natural condition, the photosynthetic characteristics of Dawuxing and Longquan 1 which was introduced from Chendu area, Sichuan province were studied during different fruit development period in Panxi area. The result shows that the diurnal changes curve of net photosynthesis rate (Pn) of two varieties in different fruit development stages were two peaks, and it was a clear depression at noon. The Pn, transpiration rate (Tr) and stomata conductance (Cs) of two cultivars in fruit intumescence stage were higher than that in fruition initial stage and fruit slow growth stage. Correlation analysis showed that the main factors affecting the Pn in fruition initial stage and in fruit intumescence stage were air temperature and the PAR respectively.

**Key words:** Loquat; Net photosynthesis rate; Transpiration rate; Water use efficiency

(责任编辑:张荣萍)