不同枇杷品种光合作用特性研究

李文华,张忠良,鲁周民,吴万兴
(西北农林科技大学 林学院,陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 在田间自然条件下对 3 个从日本引进的枇杷良种(3 号、8 号和 9 号)和 1 个当地主栽良种(4 号)的光合特性进行了比较研究。结果表明,在晴天和阴天,4 个枇杷品种叶片的净光合速率(Pn)日变化均呈双峰曲线,具有典型的"午休"特征;阴天时 4 个枇杷品种的 Pn 均比晴天时高。阴天时除 9 号品种外,其他 3 个品种的蒸腾速率(Tr)日变化呈双峰曲线;晴天时除 3 号品种的 Tr 日变化呈双峰曲线外,其他 3 个品种均为单峰曲线。4 个枇杷品种细胞间 CO_2 浓度的升降并不完全受气孔导度的影响,造成晴天和阴天出现光合"午休"现象的内在原因主要是非气孔因素。晴天和阴天均以 9 号品种的日均水分利用率最高,表明 9 号枇杷品种最耐旱。

[关键词] 枇杷;净光合速率;蒸腾速率;水分利用率
[中图分类号] S667.301 [文献标识码] A [文章编号] 1671-9387(2005)11-0029-05

枇杷(*Eriobotrya japonica* Lindl.)为蔷薇科枇杷属植物,是我国亚热带珍稀特产小水果,主要分布于长江以南各省[1],陕西南部地区是其主产地之一,但栽培面积一直较小,且优良品种很少。近几年来,随着国家退耕还林还草工程和长江防护林建设工程的实施,该地区枇杷栽植面积迅速扩大,种植枇杷已逐渐成为当地农民脱贫致富的重要手段。但由于枇杷种植发展速度过快,在品种的选择上缺乏科学指导,致使枇杷品种鱼龙混杂、良莠不齐,因而严重影响了当地果农的经济收入和退耕还林的积极性。

光合作用是经济林木产量和品质构成的决定性因素,测定经济林木叶片的光合作用参数,对了解经济林产量和制订合理栽培技术措施具有十分重要的意义[2]。以往人们对枇杷的研究主要集中在建园技术和栽培管理技术等方面,而对枇杷的生态适应性、光合特性等生理生态特性方面的研究报道较少[2~8]。吕均良[2]在日本对几个日本枇杷品种叶片光合作用的年变化进行了研究;张放等[5]在近似大气的低 CO_2 浓度和高 CO_2 浓度条件下,研究分析了水分胁迫对 2 年生枇杷叶片光合作用、叶绿素荧光及抗氧化酶活性等生理变化的影响;阮勇凌等[7]用红外线 CO_2 气体分析法研究了枇杷冬季的一些光合特性,结果表明枇杷的光补偿点和饱和点(分别为 15 和 360 $\mu mol/(m^2 \cdot s)$)均较低,认为枇杷具有耐阴的特点;还有一些学者则分别研究了水分胁迫[4]和 $NaHSO_3$[8]对枇杷光合作用的影响。但上述研究均未涉及枇杷在生长季节内叶片光合作用的日变化规律。因此,本试验采用从日本引进的 10 个枇杷良种中表现较好的 3 个品种和 1 个当地主栽品种,对其在果实近熟期的光合特性及其环境适应性进行了研究,试图从生理生态的角度探讨枇杷在该阶段的光合作用规律及其对环境的要求,以期为枇杷的科学栽培管理及提高枇杷果实品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区自然概况

试验地设在西北农林科技大学林学院安康试验站。该站位于安康市汉滨区关庙镇,属北亚热带气候,土壤类型主要为黄棕壤。该地年均气温 15.5 ℃,1 月份气温 1~3 ℃,7 月份平均气温 25~28 ℃,极端最高气温 41.7 ℃,最低气温 -3.0 ℃,年降水量 800~1 200 mm,≥10 ℃活动积温 4 000~4 900 ℃,海拔 248 m,无霜期 253 d,水热资源丰富。

1.2 试验材料

参试枇杷品种 3 号(本 3)、8 号(森本)和 9 号(长崎早生),均为从日本引进的优良枇杷接穗,砧木为当地毛枇杷,嫁接方式为芽接;以当地主栽枇杷品种 4 号(解放钟)为对照。树龄均为 4 年,并已挂果。

[收稿日期] 2005-03-02
[基金项目] 国家林业局"948"国际引进项目(99-4-09)
[作者简介] 李文华(1968—),男,新疆库尔勒人,助理研究员,在读博士,主要从事经济林栽培与森林生态研究。
[通讯作者] 吴万兴(1956—),男,陕西旬阳人,高级工程师,主要从事经济林栽培与加工利用研究。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.3 测定方法

于2004-04枇杷近熟期,每品种选生长基本一致、无病虫害的枇杷树3株,每株树选冠层中部南向的3～5片成熟叶,分别于晴天和阴天用Licor-6400便携式光合测定仪,在8:00,10:00,12:00,14:00,16:00,18:00等时段,测定4个枇杷品种的净光合速率(*Pn*)、蒸腾速率(*Tr*)、气孔导度(*Gs*)、细胞间CO_2浓度(*Ci*)、光合有效辐射(*PAR*)、空气湿度(*RH*)、大气CO_2浓度(*Ca*)、气温(T_{air})等指标,同一叶片记录5组数据,取其平均值。

1.4 水分利用率(*WUE*)的计算

各枇杷品种叶片瞬时水分利用效率用下式[7～9]计算:*WUE*/(μmol·mmol^{-1})=植物叶片净光合速率/蒸腾速率。

2 结果与分析

2.1 枇杷净光合速率(*Pn*)的日变化

由表1可知,阴天时,在野外全自然光下,光合仪叶室内的*PAR*在16:00达到一天的峰值;T_{air}随*PAR*增加逐渐升高,也于16:00达到一天的最高值23.1 ℃;*Ca*在早上8:00最高,随后缓慢下降,在18:00降至最低;*RH*先升后降,于14:00降到最低,然后又逐渐升高。晴天时,光合仪叶室内的*PAR*于14:00达到一天的峰值;T_{air}随*PAR*增加逐渐升高,14:00达到一天的最高值30.9 ℃;*Ca*的日变化趋势与阴天时相似;*RH*在早上8:00最大,随后逐渐下降,于14:00降至最低,然后又缓慢上升。

表1 环境因素的日变化

Table 1 Diurnal variations of environmental factors

时间 Time	阴天 Cloudy				晴天 Clear			
	PAR/(μmol·m^{-2}·s^{-1})	*Ca*/(μmol·mol^{-1})	T_{air}/℃	*RH*/%	*PAR*/(μmol·m^{-2}·s^{-1})	*Ca*/(μmol·mol^{-1})	T_{air}/℃	*RH*/%
8:00	73.6	428.6	18.3	48.8	665.2	408.8	18.1	44.2
10:00	298.5	422.6	16.4	52.6	1 489.6	402.9	22.6	36.3
12:00	266.9	408.4	20.8	36.6	1 036.3	387.6	28.6	27.6
14:00	410.6	402.8	21.3	35.7	1 557.3	388.8	30.9	23.6
16:00	416.2	397.9	23.1	37.9	1 089.5	386.5	29.3	24.9
18:00	79.4	393.3	20.6	45.8	67.9	382.7	25.6	27.7

图1结果表明,在2种天气条件下,3号、4号、8号和9号枇杷品种的*Pn*日变化特征均表现为双峰曲线,具有典型的"午休"特征。但在不同的天气条件下,各品种出现峰值的时间不同。阴天时,最高峰值出现在12:00,次峰值出现在16:00,低谷值在14:00;4个品种的*Pn*日平均值排序为9号>4号>3号>8号。晴天时,最高峰值出现在10:00,次峰值出现在14:00,低谷值在12:00,均比阴天时提前2 h;日平均*Pn*排序为3号>4号>8号>9号。晴天时各品种的日平均*Pn*及其最高值均比阴天时小。

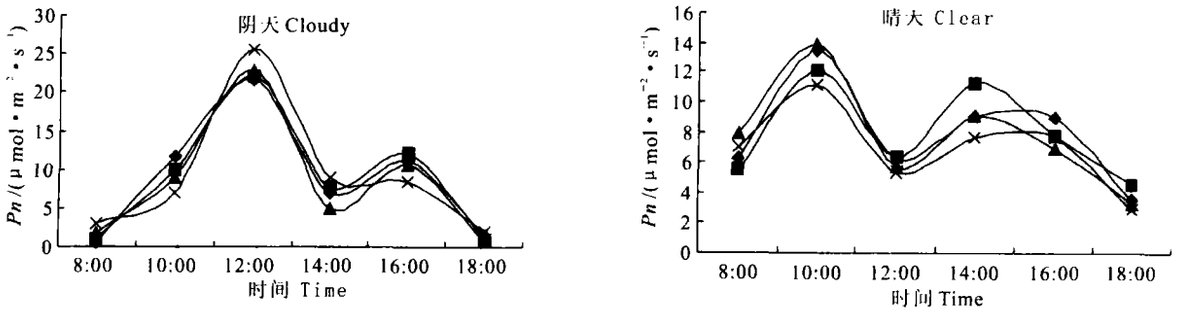

图1 各枇杷品种净光合速率的日变化

—◆—.3号;—■—.4号;—▲—.8号;—×—.9号

Fig. 1 Diurnal variations of *Pn* in different loqauts

—◆—. No. 3;—■—. No. 4;—▲—. No. 8;— · —. No. 9

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.2 蒸腾速率(*Tr*)的日变化

由图 2 可以看出,阴天时,除 9 号品种外,其他 3 个枇杷品种的 *Tr* 日变化特征与 *Pn* 的变化基本相同,为双峰曲线;第一峰值出现在 10:00,比 *Pn* 最高峰值出现时间提前 2 h,第二峰值和低谷值出现时间与 *Pn* 同步,分别在 16:00 和 14:00。9 号品种的 *Tr* 在 8:00～12:00 时的变化与其他 3 个品种的正好相反,在 12:00 以后各时段的变化又与 3 个品种相同,这可能是品种间的差异造成的,其具体原因尚有待进一步研究。阴天时 4 个品种日均 *Tr* 的大小排序为 9 号>4 号>8 号>3 号。晴天时,只有 3 号品种的 *Tr* 日变化特征与 *Pn* 的相同,为双峰曲线,而其他 3 个品种均为单峰曲线。3 号品种 *Tr* 的第一峰值出现在 10:00,为 3.299 mmol/(m² · s);第二峰值出现在 14:00,为 4.348 mmol/(m² · s)。4 号、8 号和 9 号品种的峰值出现在 14:00。晴天时各品种日均 *Tr* 大小顺序为 3 号>4 号>8 号>9 号。

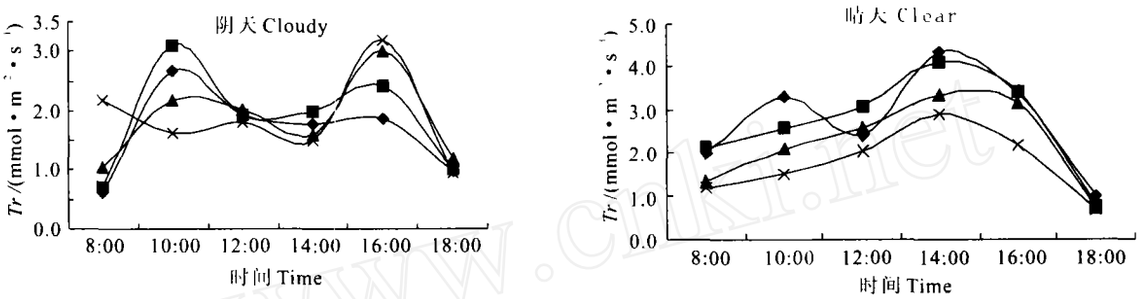

图 2　各枇杷品种蒸腾速率的日变化

—◆—. 3 号;—■—. 4 号;—▲—8 号;—×—. 9 号

Fig. 2　Diurnal variations of Trmmol in different loquats

—◆—. No. 3;—■—. No. 4;—▲—. No. 8;—×—. No. 9

2.3 气孔导度(*Gs*)的日变化

在 2 种天气条件下,各枇杷品种叶片 *Gs* 的日变化均呈双峰曲线(图 3),高峰值出现在 10:00,然后迅速下降,*Gs* 与 *Pn* 的变化趋势基本平行。阴天时,*Gs* 在 12:00～14:00 处于相对稳定期,午后峰值出现在 16:00;*Gs* 最大值的出现时间较 *Pn* 提早 2 h,但最低值的出现时间相同,表明光合速率的变化落后于气孔开张程度的变化。晴天时,午后各品种 *Gs* 峰值出现在 14:00 或 16:00。由图 3 和图 1 可知,无论是晴天还是阴天,*Gs* 与 *Pn* 均具有紧密的相关性。

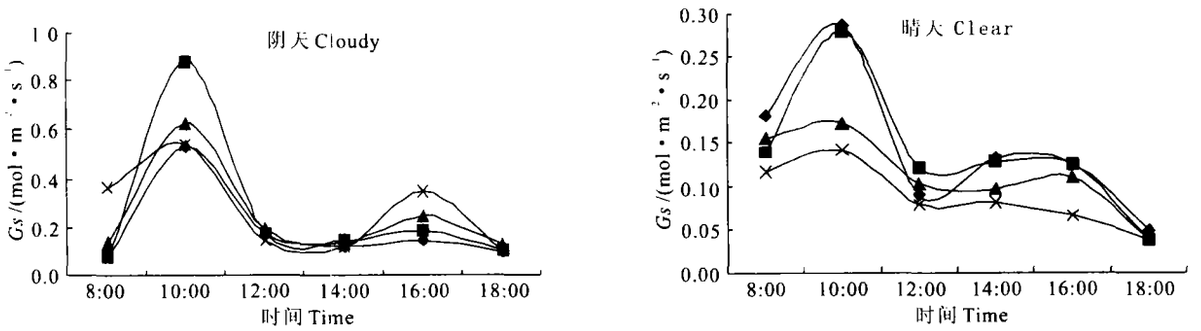

图 3　各枇杷品种气孔导度的日变化

—◆—. 3 号;—■—. 4 号;—▲—. 8 号;—·—. 9 号

Fig. 3　Diurnal variations of *Gs* in different loqauts

—◆—. No. 3;—■—. No. 4;—▲—. No. 8;—·—. No. 9

2.4 细胞间 CO_2 浓度(*Ci*)的日变化

由图 4 可以看出,阴天时,*Ci* 的日变化曲线与其 *Pn* 和 *Gs* 的日变化曲线正好相反,*Gs* 和 *Pn* 上升时,*Ci* 下降。晴天时,只有 9 号品种的 *Ci* 日变化趋势与其 *Pn* 和 *Gs* 的相反;4 号和 8 号品种的 *Ci* 日变化曲线与其 *Pn* 和 *Gs* 在 14:00 前正好相反,之后同步;而 3 号品种的 *Ci* 在 8:00～10:00 迅速下降,10:00以后基本保持平稳,变化很小,与其 *Pn* 和 *Gs*

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的日变化无线性关系。结合图3还可以看出,4个枇杷品种在晴天时的Ci日变化基本不受Gs的影响,这说明Ci的升降并不完全受气孔开合的影响。

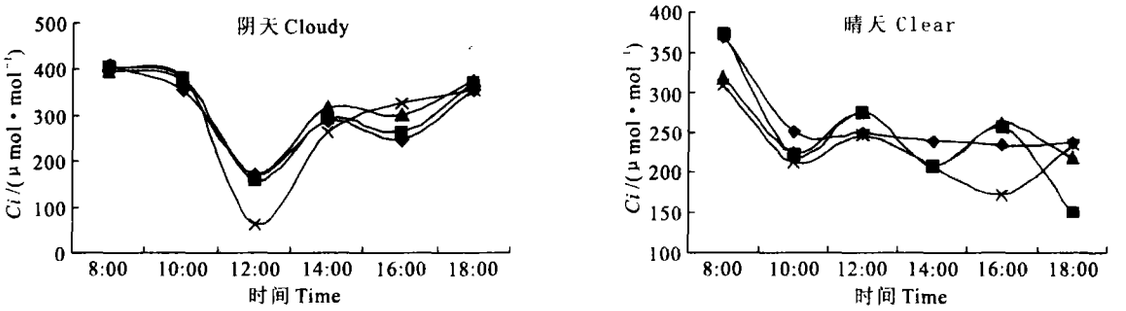

图1 各枇杷品种细胞间CO_2浓度的日变化

◆-.3号; ■-.1号; ▲-.8号; -.9号

Fig. 1 Diurnal variations of Ci in different loquats

◆-. No. 3; ■-. No. 1; ▲-. No. 8; -. No. 9

2.5 叶片瞬时水分利用率(WUE)的日变化

阴天时,4个枇杷品种的WUE除9号外,均呈现午间高峰的双峰曲线(图5),而9号品种为单峰曲线,午间峰值为14.087 μmol/mmol,明显高于其他3个品种。3号、1号、8号和9号品种的日均WUE分别为1.630、4.301、4.063和5.092 μmol/mmol

晴天时,4个枇杷品种的WUE随太阳辐射和气温的升高而提高(图5),10:00各品种的WUE达到最高值,然后迅速下降,12:00下降到最低值,经过一段时间的稳定后又逐步提高。8号和9号品种的最高WUE明显高于3号和1号的。日均WUE的排序为9号>8号>1号>3号。

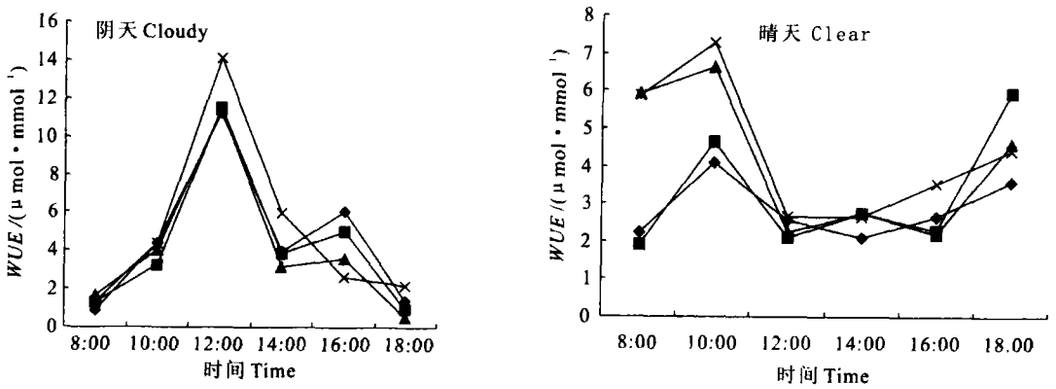

图5 各枇杷品种叶片瞬时水分利用率的日变化

-◆-.3号;-■-.1号;-▲-.8号;-.9号

Fig. 5 Diurnal variations of WUE in different loqauts

-◆-. No. 3;-■-. No. 1;-▲-. No. 8;-. No. 9

3 结论与讨论

对于植物净光合速率产生"午休"现象的内在原因,目前有3种解释,一是气孔因素,二是非气孔因素,三是气孔和非气孔因素的共同作用[10]。由于气孔是CO_2和水分进出叶片的重要通道,其开张程度或气孔阻力的大小,对植物的水分状况和CO_2同化有着重要影响。一般认为,细胞间CO_2浓度(Ci)的变化是判断气孔限制与否的重要依据[11],当气孔导度和光合速率同时下降时,若Ci增加,则表明该植物光合作用的限制因素主要是非气孔因素[10]。本试验中,4个枇杷品种叶片的净光合速率在晴天和阴天出现"午休"现象时,其光合速率和气孔导度均下降,而胞间CO_2浓度增加,表明枇杷的光合"午休"现象主要是由非气孔因素造成的。

本研究结果还表明,阴天时净光合速率日均值

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

和最高值均比晴天高，其原因可能为：①枇杷比较喜欢凉爽、湿润的气候条件，不适应在光照强的环境中生长。在实际生产中也发现，枇杷在水库或其他水体附近生长较好。同一地点，在影响叶片光合速率的诸多环境因素中，温度和湿度是主要因素[12,13]。而晴天由于气温高、相对湿度小，不利于叶片的光合作用；阴天则因气温适中、湿度大，对叶片的光合作用有利。②罗华建等[4]研究认为，枇杷叶片的光合作用随着水分胁迫程度的增加而下降，水分胁迫对枇杷的光合速率有抑制作用。本试验测定时期为春季，此时干旱少雨，土壤含水量较低，枇杷正遭受着一定程度的干旱胁迫。晴天时，因气温高，叶片蒸腾量大，叶片受到水分胁迫的程度大于阴天。因此，晴天的光合速率所受的抑制程度也就较阴天大。由此看来，在枇杷果实近熟期要注意及时灌水或喷水，制造一个空气相对湿度较高的小气候，以使枇杷具有较高的光合速率，满足其生长需求。

植物瞬时水分利用率（*WUE*）是评价植物对环境适应能力的综合生理生态指标。在同样的环境条件下，*WUE* 值越大，表明固定单位质量 CO_2 所需的水量越小，植物节水能力越强，耐旱能力越高[14]。本研究结果表明，4 个枇杷品种的水分利用率日变化，在阴天和晴天均基本为双峰曲线，其中 9 号和 8 号品种能够更有效地利用土壤水分，表现出比当地枇杷品种更强的耐旱性，而 3 号品种表现较差。

从光合速率和水分利用率 2 个指标综合来看，在陕西南部，9 号和 8 号品种在坡的上、中、下部均能栽植；3 号品种只能栽植在坡的下部或水分条件较好的地方。

[参考文献]

[1] 邱武陵，章恢志. 中国果树志·龙眼枇杷卷[M]. 北京：中国林业出版社，1996. 99－104.

[2] 吕均良. 枇杷的光合作用特性[J]. 果树科学，1992，9(1)：110－112.

[3] 曾光辉，郭延平，刘　辉，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.

[4] 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.

[5] 张　放，陈　丹，张士良，等. 高浓度 CO_2 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.

[6] 胡又厘，林顺权. 世界枇杷生产与研究[J]. 世界农业，2002，(1)：18－20.

[7] 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，1991，18(4)：309－312.

[8] 周慧芬，郭延平，林建勋，等. $NaHSO_3$ 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.

[9] 王会肖，刘昌明. 作物水分利用效率内涵及研究进展[J]. 水科学进展，2000，11(1)：99－104.

[10] 姜小文，易干军，霍合强，等. 毛叶枣光合特性研究[J]. 果树学报，2003，20(6)：479－482.

[11] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理通讯，1997，33(4)：241－244.

[12] 建　灿，张玉洁. 喜树光合速率日变化及其影响因子的研究[J]. 林业科学，2002，38(4)：34－39.

[13] 肖文发，韩景军，郭志华，等. 西藏林芝云杉针叶净光合速率对环境因子的响应[J]. 林业科学研究，2003，16(3)：299－305.

[14] 张岁歧，山　仑. 植物水分利用效率及其研究进展[J]. 干旱地区农业研究，2002，20(4)：1－5.

Comparative study on photosynthetic characteristics of different loquat varieties

LI Wen-hua, ZHANG Zhong-liang, LU Zhou-min, WU Wan-xing

(*College of Fortestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*)

Abstract: The photosynthetic characteristics of 3 different loquats introduced from Japan were studied in comparison with a local variety under natural condition. The curves of diurnal variation of net photosynthesis rate (*Pn*) showed two peaks under clear and cloudy day. There was a clear depression at noon; The *Pn* at cloudy day was higher than that at clear day. The curves of diurnal variation of transpiration (*Tr*) of 3 species showed two peaks under cloudy day except No. 9; but the curves of diurnal variation of transpiration (*Tr*) of 3 species showed one peak under clear day except No. 3. Depression of *Pn* was caused by non-committal factors. The No. 9 Loqaut was the highest in drought resistance.

Key words: loquat; photosynthetic rate; transpiration rate; *WUE*

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net