

不同树莓和黑莓品种的光合特性研究^{*}

彭少兵, 郭军战

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 以图拉名、秀美特、威廉姆特、俄国红 4 个树莓品种和黑巴提、百胜 2 个黑莓品种为试验材料, 在田间条件下对其光合特性进行了测定。结果表明, 在阴天, 6 个树莓和黑莓品种的光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)和叶片瞬时水分利用率(WUE)的日变化均为单峰曲线; 在晴天, 俄国红、秀美特、黑巴提和百胜 4 个品种的 P_n 、 T_r 、 G_s 和 WUE 的日变化呈单峰曲线, 在 14:00 出现峰值, 而此时胞间 CO_2 浓度(C_i)出现最低值, 图拉名和威廉姆特的 P_n 、 T_r 、 G_s 的日变化呈双峰曲线。造成图拉名和威廉姆特 2 个品种在晴天出现光合“午休”现象的原因主要是非气孔因素引起的; 2 个黑莓品种的 WUE 日均值较低, 表明黑莓品种较树莓品种耐旱性差。

[关键词] 树莓; 黑莓; 光合特性

[中图分类号] S663.201

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)03-0116-05

Comparative studies on photosynthesis characteristics between different varieties of raspberry and blackberry

PEN G Shao-bing, GUO Jun-zhan

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

Abstract: The paper studied the photosynthetic characteristic of four varieties of raspberry such as Tulameen, Summit, Willamette, Eguohong and two varieties of blackberry such as Blackbuttee, Boysen under natural conditions. The diurnal curves of net photosynthesis rate (P_n), transpiration (T_r), stomata conductance (G_s) and water use efficiency (WUE) of six varieties of raspberry and blackberry show single apex in cloudy days. In clear days, the indexes show the same change as they are in cloudy days for Eguohong, Summit, Blackbuttee, Boysen, and they arrive at the max at 14:00, while C_i is least at this time. However diurnal curves of Tulameen and Willamette show double-apex and noon break at about 14 o'clock, which is caused mainly by noncommittal factors. The low diurnal average of WUE in two blackberry species shows that raspberry is better than blackberry in drought resistance.

Key words: raspberry; blackberry; photosynthesis

树莓和黑莓为蔷薇科(Rosaceae)悬钩子属(*Rubus*)植物, 欧美国家园艺界根据果实成熟后是否与花托分离, 将该属分为树莓种群(Raspberry)和黑莓种群(Blackberry), 树莓果实成熟时易与花托分离, 黑莓果实则不分离。树莓和黑莓果实营养丰富, 是第三代新兴小果类果树的重要成员^[1-4]。国内目前对树莓和黑莓的研究多集中在引种试验、栽培性状等方面, 很少涉及到生理方面^[1-5]。光合作用是植物生长发育的基础, 是果树产量和品质构成的决定因

素, 同时光合作用还是一个对环境条件变化十分敏感的生理过程, 测定不同树莓和黑莓品种叶片的光合作用参数, 对引种栽培、提高产量和品质具有重要意义^[6-11]。目前对树莓和黑莓的光合作用方面的研究报道很少, 李六林等^[6]对美国红树莓光合特性的研究结果表明, 其叶片光合速率日变化呈双峰曲线, 有明显的“午休”现象, 光饱和点和补偿点分别为 750 和 21.4 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 因此认为其较耐阴。但上述研究尚未涉及不同树莓品种间光合特性的比

* [收稿日期] 2006-02-13

[基金项目] 西北农林科技大学青年基金项目(04ZM 022)

[作者简介] 彭少兵(1973-), 男, 重庆人, 讲师, 在读博士, 主要从事林木遗传育种研究。

较,也未见有关黑莓光合作用方面的报道。本试验以2000年引入杨凌栽培的秀美特、图拉名、威廉姆特、俄国红4个树莓品种和百胜、黑巴提2个黑莓品种为材料,对其结果初期的光合特性及环境适应性进行了研究,试图从生理生态角度,探讨树莓和黑莓在该阶段的光合作用规律及对环境的要求,为树莓和黑莓的推广栽培、果实产量与品质提高提供依据。

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苗圃。该地年平均气温 12.9°C ,绝对最低温度 -19.4°C ,无霜期约207 d,年平均降水量635 mm。试验园地势平坦,土壤为关中壤土,pH值为7~8。

1.2 试验材料

试验材料为2002年定植的图拉名(Tulameen)、秀美特(Summit)、威廉姆特(Williamette)、俄国红4个树莓品种和黑巴提(Blackbuttee)、百胜(Boysen)2个黑莓品种的3年生植株。为叙述方便,在文中的图表中分别以T(图拉名)、X(秀美特)、W(威廉姆特)、E(俄国红)、H(黑巴提)和B(百胜)表示。

1.3 测定方法

2004-05,每品种各选生长基本一致、无病虫害的植株3株,每株选冠层中部南向的3~5片成熟叶,用Li-6400光合仪测定叶片的净光合速率(P_n),

使用开放气路。具体方法:分别选3个晴天和阴天,从早上8:00开始,到傍晚18:00结束,每隔2 h测定1次。测定内容包括不同品种树莓和黑莓的光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、细胞间 CO_2 浓度(C_i)等,同时记录光合有效辐射(PAR)、空气温度(T_{air})、叶面温度(T_l)、空气 CO_2 浓度(C_a)、空气相对湿度(RH)等生理或生态因子指标。同一叶片记录5组数据,取其平均值,因3次测定结果变化趋势基本一致,本文晴天的数据采用2004-05-05的测定结果,阴天的数据采用2004-05-13的测定结果。叶片瞬时水分利用效率(WUE)为同时测定的净光合速率与蒸腾速率之比^[6-11]。2003年用抽样调查的方法,调查了各品种单位面积的产量。所有试验数据用Excel 2000处理并制作图表,用DPS处理系统进行多元回归和通径分析。

2 结果与分析

2.1 不同树莓和黑莓品种净光合速率(P_n)的日变化

由图1可以看出,在2种天气下,俄国红、秀美特、黑巴提和百胜的 P_n 日变化均为单峰曲线,无“午休”现象。图拉名和威廉姆特2个品种在2种天气条件下 P_n 日变化不同。在晴天,图拉名和威廉姆特的 P_n 日变化呈中午降低型双峰曲线,与李六林等^[6]对美国红树莓 P_n 日变化的研究报道一致;在阴天,图拉名和威廉姆特的 P_n 日变化为单峰曲线。

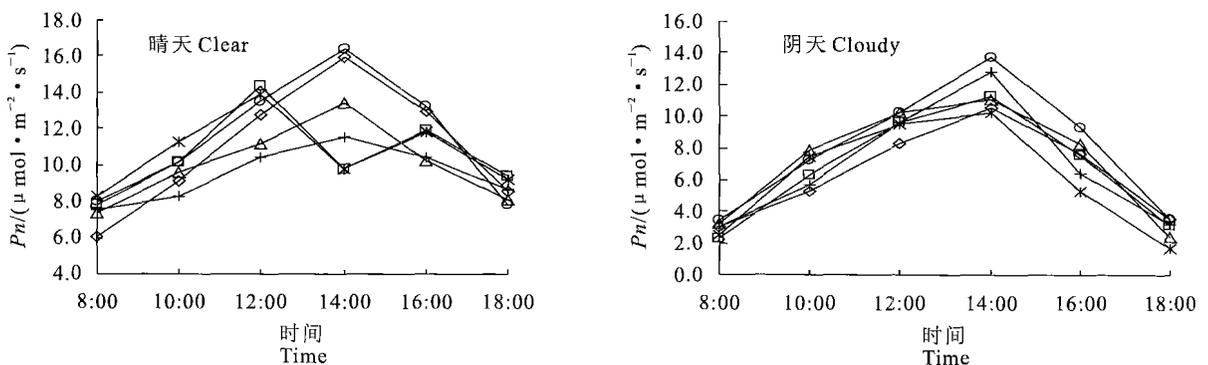


图1 不同树莓和黑莓品种净光合速率的日变化

—○— E; —△— X; —□— W; —×— T; —◇— B; —■— H

Fig. 1 Diurnal variations of P_n in different raspberry and blackberry species

—○— E; —△— X; —□— W; —×— T; —◇— B; —■— H

由图1还可以看出,不同品种在不同天气条件下的 P_n 日变化有差异。在晴天,俄国红、秀美特、黑巴提和百胜4个品种高峰值出现在14:00;图拉名、威廉姆特2个品种的 P_n 最高峰值出现在12:00,次峰值出现在16:00。6个品种的 P_n 日平均值排序

为:黑巴提>俄国红>图拉名>威廉姆特>百胜>秀美特。在阴天,6个品种的 P_n 最高值均出现在14:00, P_n 日平均值排序为:黑巴提>百胜>图拉名>威廉姆特>俄国红>秀美特。6个品种在晴天的 P_n 日平均值均比阴天的高。

2.2 不同树莓和黑莓品种叶片蒸腾速率(T_r)的日变化

由图 2 可知, 6 个树莓和黑莓品种在 2 种天气条件下的 T_r 也具有明显的日变化规律, 其变化规律与 P_n 的基本相同, T_r 与 P_n 密切相关(相关系数为 0.841)。在 2 种天气条件下, 俄国红、秀美特、黑巴提、百胜 4 个品种的 T_r 日变化均为单峰曲线, 峰值均出现在 14:00。在晴天, 图拉名和威廉姆特的 T_r

日变化呈双峰曲线, 第 1 峰值出现在 12:00, 分别为 3.3 和 3.74 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 第 2 峰值出现在 16:00, 分别为 3.25 和 3.21 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。晴天 6 个品种日均 T_r 大小排序为黑巴提 > 俄国红 > 百胜 > 威廉姆特 > 图拉名 > 秀美特。在阴天, 6 个树莓和黑莓品种的 T_r 日变化均为单峰曲线, 其日均 T_r 大小排序为黑巴提 > 百胜 > 俄国红 > 威廉姆特 > 图拉名 > 秀美特。

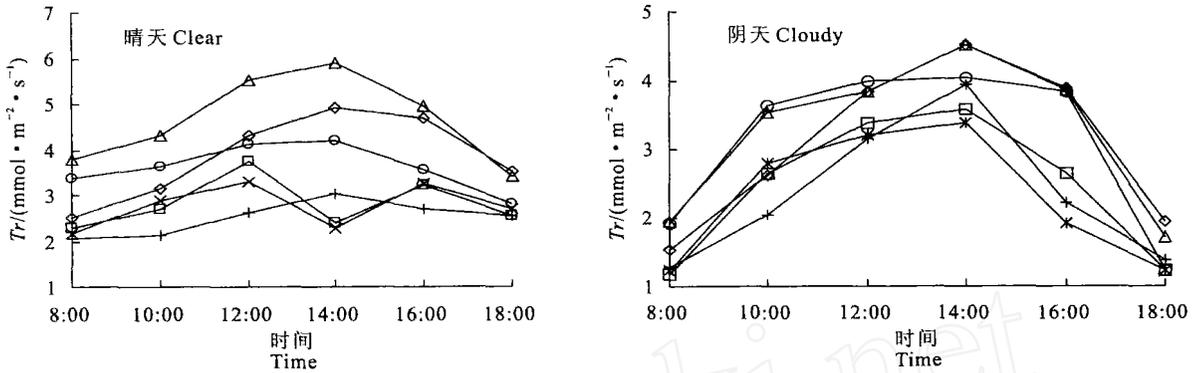


图 2 不同树莓和黑莓品种蒸腾速率的日变化

—○— E; —△— X; —□— W; —×— T; —◇— B; —▽— H

Fig. 2 Diurnal variations of T_r in different raspberry and blackberry species

—○— E; —△— X; —□— W; —×— T; —◇— B; —▽— H

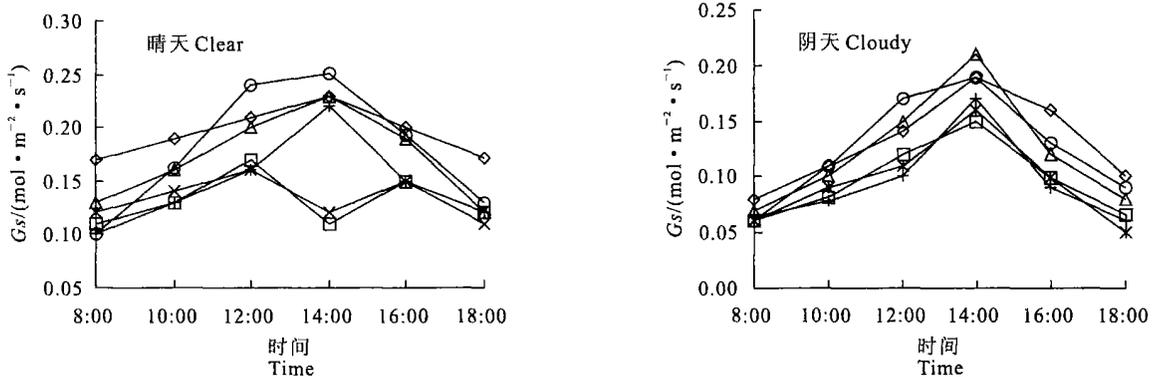


图 3 不同树莓和黑莓品种气孔导度的日变化

—○— E; —△— X; —□— W; —×— T; —◇— B; —▽— H

Fig. 3 Diurnal variations of G_s in different raspberry and blackberry species

—○— E; —△— X; —□— W; —×— T; —◇— B; —▽— H

2.3 不同树莓和黑莓品种叶片气孔导度(G_s)的日变化

6 个树莓和黑莓品种叶片的 G_s 日变化规律, 与 P_n 和 T_r 的日变化规律有一定的相似性, G_s 与 P_n 密切相关(晴天和阴天 G_s 与 P_n 的相关系数分别为 0.738 和 0.857)。由图 3 可以看出, 在 2 种天气条件下, 俄国红、秀美特、黑巴提、百胜 4 个品种的 G_s 日变化也均为单峰曲线, 图拉名、威廉姆特 2 个

品种在 2 种天气条件下的 G_s 日变化有差异, 在晴天, 图拉名和威廉姆特的 G_s 日变化呈双峰曲线, 而阴天时为单峰曲线。

2.4 不同树莓和黑莓品种胞间 CO_2 浓度(C_i)的日变化

从图 4 可以看出, 6 个树莓和黑莓品种 C_i 的日变化曲线与 T_r 和 P_n 的日变化曲线正好相反。结合图 3 可以看出, 6 个树莓和黑莓品种 C_i 的日变化曲

线与 G_s 的日变化曲线基本相反, 说明了气孔的开合

在一定程度上影响了 C_i 的变化。

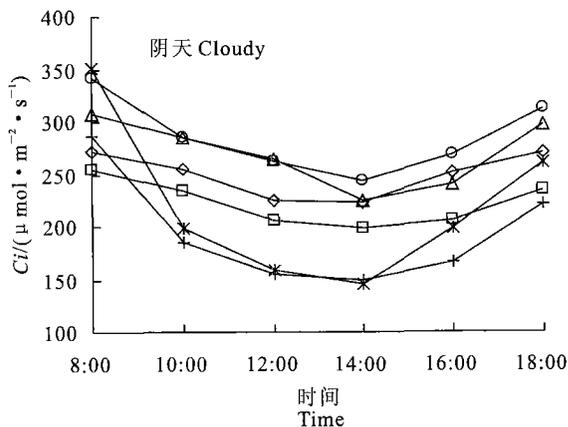
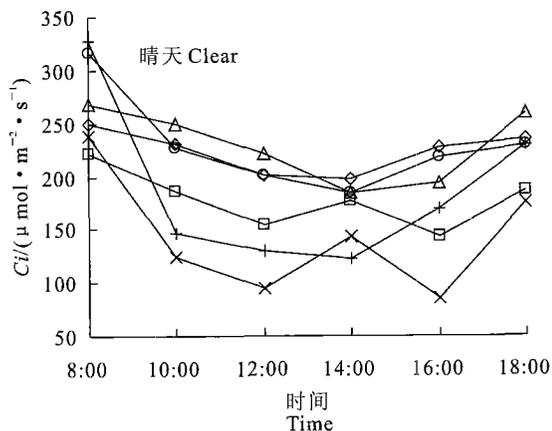


图4 不同树莓和黑莓品种细胞间 CO_2 浓度的日变化

—△— E; —+— X; —□— W; —x— T; —○— B; —◇— H

Fig. 4 Diurnal variations of C_i in different raspberry and blackberry species

—△— E; —+— X; —□— W; —x— T; —○— B; —◇— H

2.5 不同树莓和黑莓品种叶片瞬时水分利用率 (WUE) 的日变化

由图5可知, 在2种天气下, 6个树莓和黑莓品种WUE的日变化曲线基本相同, 均呈单峰变化, 在14:00出现最高值。6个树莓和黑莓品种WUE在晴天的差异较阴天大, 在晴天, 秀美特、图拉名、威廉姆

特3个品种的WUE明显比俄国红、黑巴提和百胜高, 而阴天相差不大。在晴天, 日均WUE排序为: 图拉名> 秀美特> 威廉姆特> 俄国红> 百胜> 黑巴提; 在阴天, 日均WUE排序为: 图拉名> 威廉姆特> 秀美特> 俄国红> 百胜> 黑巴提。6个树莓和黑莓品种在晴天的WUE均比阴天高。

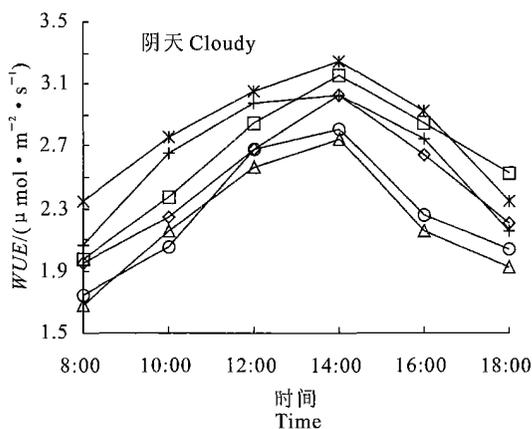
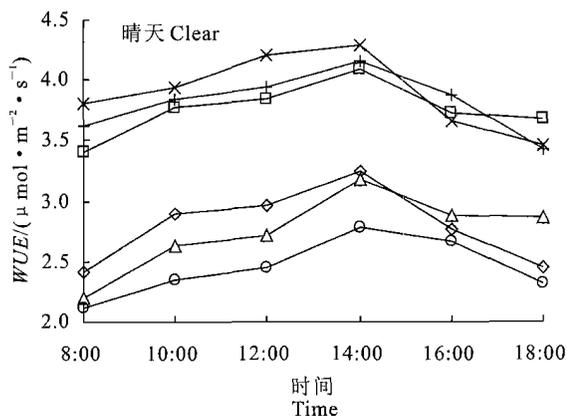


图5 不同树莓和黑莓品种叶片瞬时水分利用率的日变化

—△— E; —+— X; —□— W; —x— T; —○— B; —◇— H

Fig. 5 Diurnal variations of WUE in different raspberry and blackberry species

—△— E; —+— X; —□— W; —x— T; —○— B; —◇— H

2.6 不同树莓和黑莓品种光合速率日均值与其产量的关系

从表1可以看出, 6个树莓和黑莓品种的日均

光合速率与其产量极显著相关, 从中也说明了光合作用是果树产量和品质构成的决定因素。

表1 不同树莓和黑莓品种光合速率日均值与产量的相关性分析

Table 1 Relativity between yield and average P_n in one day in different raspberry and blackberry species

品种 Species	俄国红 E	秀美特 X	威廉姆特 W	图拉名 T	百胜 B	黑巴提 H	R
日均 P_n Average P_n	8.66	7.79	8.63	8.76	8.56	9.71	
产量/(t·hm ⁻²) Yield	9.3	8.8	13.9	9.3	8.7	24.3	0.832**

2.7 影响不同树莓和黑莓品种光合作用日变化的环境因子

采用多元回归的统计方法,分析环境因子(光合有效辐射(PAR)、叶面温度(T_1)、空气 CO_2 浓度(Ca)、空气相对湿度(RH))与树莓和黑莓光合作用的关系,结果表明光合有效辐射、叶面温度、空气 CO_2 浓度、空气相对湿度对光合速率均有影响,多元回归方程分别为:

$$\text{俄国红 } P_n = 255.54858 + 0.01621 PAR + 0.17896 RH - 0.57981 Ca - 1.27608 T_1 \\ (R^2 = 0.9985^{**});$$

$$\text{秀美特 } P_n = 16.63338 + 0.00951 PAR + 0.051843 RH - 0.034773 Ca - 0.13254 T_1 \\ (R^2 = 0.9862^{**});$$

$$\text{威廉姆特 } P_n = 70.80646 + 0.02454 PAR + 0.65576 RH - 0.22879 Ca - 0.57937 T_1 \\ (R^2 = 0.9942^{**});$$

$$\text{图拉名 } P_n = 250.75177 + 0.01303 PAR + 1.11262 RH - 0.74934 Ca - 0.02505 T_1 \\ (R^2 = 0.9897^{**});$$

$$\text{百胜 } P_n = 105.4172 + 0.00068 PAR - 0.54191 RH - 0.18858 Ca - 0.19288 T_1 \\ (R^2 = 0.96^{**});$$

$$\text{黑巴提 } P_n = 172.5029 + 0.02056 PAR - 0.10216 RH - 0.31804 Ca - 1.78053 T_1 \\ (R^2 = 0.9920^{**}).$$

从以上可以看出,环境因子对不同品种的影响不同。通径分析表明,不同树莓和黑莓品种的 P_n 与 PAR 、 RH 和 Ca 的通径系数分别为0.530,0.331和0.397,决定了 P_n 大小的57.8%,所以这3个因子是影响光合速率的重要因子。在生产中注意控制这些因子可以提高不同树莓和黑莓品种的光合速率。

3 结论与讨论

6个不同树莓和黑莓品种的日均光合速率与其产量显著相关,从中也说明了光合作用是果树产量和品质构成的决定因素,研究不同树莓、黑莓品种的光合作用具有重要意义。

在2种天气条件下,6个树莓和黑莓品种的 P_n 、 T_R 、 G_s 、 C_i 及 WUE 具有明显的日变化规律,不同品种间有差异。在阴天,6个树莓和黑莓品种的 P_n 、 T_R 、 G_s 、 C_i 及 WUE 日变化均为单峰曲线;在晴

天,俄国红、秀美特、黑巴提和百胜4个品种的 P_n 、 T_R 、 G_s 、 C_i 及 WUE 的日变化呈单峰曲线,而图拉名和威廉姆特的 P_n 、 T_R 、 G_s 、 C_i 日变化呈双峰曲线,这可能与不同品种的光饱和点有差异有关。环境因子中 PAR 、 RH 和 Ca 对 P_n 有重要影响,在生产中应注意控制这些因子以提高其光合速率。

一般认为, C_i 的变化是判断气孔限制与否的重要依据,当 C_s 和 P_n 同时下降时,若 C_i 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^[7-10]。本试验中,在晴天,图拉名和威廉姆特2个品种出现光合“午休”现象时,其 C_s 和 P_n 同时下降,而 C_i 增加;同时,图拉名和威廉姆特2个品种在阴天没有出现光合“午休”现象,表明这2个品种在晴天出现的“午休”现象主要是非气孔因素引起的,可能与晴天的强光抑制有关。

WUE 是评价植物对环境适应能力的综合指标。在同样的环境条件下, WUE 值越大,表明固定单位质量 CO_2 所需的水量越少,植物耐旱能力越高^[11]。本试验研究结果表明,2个黑莓品种的 WUE 日均值较低,说明黑莓耐旱性较弱一些,适宜在水肥条件较好的地方栽培。

【参考文献】

- [1] 彭少兵,郭军战,陈铁山,等.树莓和黑莓开花结实规律的初步观察[J].西北林学院学报,2002,17(2):45-46
- [2] 吴文龙,顾 姻.新经济植物黑莓的引种[J].植物资源与环境,1994,3(3):45-48
- [3] 黄庆文,洪建源,刘凤君.介绍几个树莓丰产品种[J].中国果树,1989(3):31-33
- [4] 王文芝.树莓果实营养成分初报[J].西北园艺,2001(2):13-14
- [5] 王友升,徐玉秀,王贵禧.树莓育种研究进展[J].林业科技通讯,2001(10):4-6
- [6] 李六林,杨佩芳,田彩芳,等.树莓光合特性的研究[J].园艺学报,2003,30(3):314-316
- [7] 李文华,张忠良,鲁周民,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
- [8] 汪良驹,姜卫兵,高光林,等.幼年梨树品种光合作用的研究[J].园艺学报,2005,32(4):571-577
- [9] 杨江山,常永义,种培芳.3个樱桃品种光合特性比较研究[J].园艺学报,2005,32(5):773-777
- [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] 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