

李桂祥,王长君,刘伟,等.燕红桃及其芽变岱妃桃的叶片参数与光合特性的比较[J].江苏农业科学,2016,44(6):241-244.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.06.067

燕红桃及其芽变岱妃桃的叶片参数与光合特性的比较

李桂祥,王长君,刘伟,张毅,张安宁

(山东省果树研究所,山东泰安 271000)

摘要:以燕红桃及其芽变品种岱妃桃为材料,对叶片形状、叶绿素含量、光合日变化、光响应曲线等指标进行测定,并对叶片参数和光合特性进行比较。结果表明:岱妃桃的叶面积、叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、类胡萝卜素含量显著低于燕红桃,叶长、叶宽、叶形指数均低于对照,但无显著差异;岱妃桃的净光合速率 P_n 日变化值、表观光能利用率 LUE 日变化、表观 CO_2 利用率 CUE 日变化、光补偿点均小于燕红桃,表观量子效率大于燕红桃。经综合分析各项指标可知,岱妃桃是燕红桃的弱化芽变,其耐弱光的能力优于燕红桃。

关键词:桃;芽变;叶片参数;光合色素;光合特性

中图分类号: S662.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)06-0241-04

桃[*Prunus persica* (L.) Batch]起源于我国,属于蔷薇科(Rasaceae)李属(*Prunus*)桃亚属(*Amygdalus*)植物,早在 4 000 年前桃就被人类认识、利用、选择、驯化,栽培发展历史悠久。桃果肉细腻多汁、风味芳香、营养丰富,广为人们所喜爱,是我国主要的水果之一^[1]。

芽变是体细胞突变的一种,此种突变发生在芽的分生组织细胞中,当芽萌发生成枝条,在性状上与原类型不同。这些变异的性状经过相应的观察和鉴定程序,最后确认选出某些性状比原品种更为优异的品系作为新品种加以推广应用。芽变是果树新品种的重要来源,苹果^[2]、葡萄^[3-5]、桃^[6-9]、梨^[10-12]、李^[9]、柑橘^[13-15]等树种都存在大量芽变品种。随着科学技术的发展,相继有形态与解剖学观察、孢粉学观察、同工酶分析、染色体数量与结构变异检测、DNA 分子标记等方法应用于果树芽变鉴定^[2];但对芽变和原品种之间叶形、光合色素、光合特性的研究较少。本研究以桃品种燕红(原名绿化 9 号)及其芽变品种岱妃为试材,对 2 个品种之间的叶形、光合色素、光合特性进行比较,以期对芽变品种有更深入

的了解,为探明桃的芽变提供生理学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2012 年在山东省果树研究所天平湖试验基地进行,供试桃品种燕红及其芽变品种岱妃均为主干形栽培,行株距为 4 m×2 m,树势中庸。

1.2 试验方法

(1)叶面积的测定。2013 年 8 月用 YMT-A 叶面积仪测定 10 张成熟叶片的叶面积,计算平均叶面积。

(2)叶绿素含量的测定。2013 年 8 月,随机取植株外侧从下往上数的第 5 张功能叶 10 张,剪碎拌匀后称出 1 g,用研钵磨碎,95% 乙醇浸提 1 d,过滤,滤液采用分光光度法测定^[16]。

(3)光合作用日变化的测定。2013 年 6 月,选择无病虫害且生长旺盛的从上往下第 5 张功能叶,用 CIRAS-2 便携式光合系统从 07:00—17:00 测定叶片的气体交换参数净光合速率(P_n)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、气孔导度(G_s)、蒸腾速率(T_r)等。气孔限制值(L_s)^[17]计算公式 $L_s = 1 - C_i/C_a$ (C_a 为空气中 CO_2 浓度);水分利用效率(WUE)^[17]计算公式 $WUE = P_n/T_r$,其中 P_n 、 T_r 分别为同一叶片的净光合速率和蒸腾速率的平均值;表观光能利用率(LUE)= $P_n/PAR \times 1\,000$,单位为 $\mu\text{mol}/\text{mmol}^{[18]}$;表观 CO_2 利用率(CUE)= $P_n/C_i^{[19]}$ 。

(4)光响应曲线的测定。2013 年 8 月,在 10:00—12:00 用 CIRAS-2 便携式光合作用测定系统测定植株从上往下第

收稿日期:2015-04-20

基金项目:国家现代桃产业技术体系建设专项(编号:CARS-31);“十二五”农村领域国家科技计划(编号:2013BAD02B03)。

作者简介:李桂祥(1987—),男,山东安丘人,硕士,研究实习员,从事果树栽培生理研究。Tel:(0538)8237532;E-mail:liguixiang-2010@163.com。

通信作者:张安宁,副研究员,从事水果育种和果树设施栽培与推广工作。E-mail:zan_hope@163.com。

444—2001)执行,果实卫生要求符合标准《无公害食品 草莓》(NY 5103—2002)的要求。

8 生产记录

生产过程应进行记录,生产记录保存不少于 2 年。

参考文献:

[1]陈加宽.草莓定植与田间管理[J].农家致富,2008(15):35.

[2]须海丽.不同的温度管理对草莓果实单果重及糖度的影响[J].北方园艺,2006(6):30-31.

[3]蒋桂华,谢鸣,方丽,等.硼、钙和农药对草莓花粉萌发和花粉管生长的影响[J].果树学报,2007,24(2):234-236.

[4]陈俊伟,张上隆,张良诚,等.柑橘果实遮光处理对发育中的果实光合产物分配、糖代谢与积累的影响[J].植物生理学报,2001,27(6):499-504.

[5]李莉,杨雷,杨莉,等.草莓果实生长发育及主要营养成分变化规律研究[J].江西农业学报,2006,18(2):67-70.

5 张功能叶的光响应曲线。开放式气路,设定温度为 $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$, CO_2 浓度为 $(400 \pm 6)\mu\text{mol/mol}$,湿度为大气湿度的 90%。在光合有效辐射梯度 2 000、1 800、1 500、1 200、1 000、800、600、500、400、300、200、150、100、50、0 $\mu\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s})$ 条件下测定 P_n 。

直角双曲线修正模型的拟合^[20]:
模型表达式为 $P_n = \alpha I \cdot (1 - \beta I) / (1 + \gamma I) - R_d$ 。 (1)
式中: P_n 为光合有效辐射 I [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] 下的净光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]; α 、 β 、 γ 为系数, α 为曲线的初始斜率,即在 $I=0$ 时曲线的斜率(内禀量子效率, $\mu\text{mol}/\mu\text{mol}$); β 为修正系数, $\gamma = \alpha/P_{\max}$, P_{\max} 为最大净光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]; R_d 为暗呼吸速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]。

由于当 $I=I_c$ 时,有 $P_n(I_c)=0$,所以,式(1)可变换为
 $P_n = \alpha(I - I_c) \cdot (1 - \beta I) / (1 + \gamma I)$ 。 (2)
式中: I_c 为光补偿点 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$],即净光合速率为 0 时所对应的光合有效辐射,其他参数同式(1)。光饱和点 [I_s , $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] 和最大净光合速率 (P_{\max}) 为

$$I_s = \frac{\sqrt{(\beta + \gamma)/\gamma} - 1}{\gamma}; \tag{3}$$

$$P_{\max} = \alpha \frac{\sqrt{(\beta + \gamma)} - \sqrt{\beta}}{\gamma} - R_d. \tag{4}$$

1.3 数据处理

采用 Excel 软件进行数据统计和方差分析,采用 SPSS 软件进行光合曲线拟合;采用 Origin 软件进行作图。

2 结果与分析

2.1 燕红桃及其芽变岱妃桃叶形参数对比

燕红桃及其芽变岱妃桃的叶形参数如表 1 所示,岱妃的叶形参数均小于燕红。岱妃的叶宽和叶长分别为燕红的

89.32% 和 87.63%,岱妃的叶形指数也小于燕红,但 2 个品种之间叶宽、叶长和叶形指数之间没有显著差异 ($P>0.05$);岱妃的叶面积比燕红小 19.02%,差异显著 ($P<0.05$)。

表 1 燕红及其芽变叶形参数对比

品种	叶宽 (cm)	叶长 (cm)	叶形指数	叶面积 (cm^2)
燕红	4.12 ± 0.18a	16.98 ± 0.36a	4.13 ± 0.20a	44.75 ± 1.75a
岱妃	3.68 ± 0.39a	14.88 ± 1.05a	4.07 ± 0.41a	36.24 ± 4.63b

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

2.2 燕红桃及其芽变岱妃桃叶片色素含量对比

岱妃桃叶片的叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素的含量均显著小于燕红桃,分别少 24.30%、27.47%、17.65%;但其叶绿素 a/b 值却大于燕红桃,差异不显著(表 2)。

表 2 燕红及其芽变叶片色素含量

品种	色素含量(mg/g)			
	叶绿素 a	叶绿素 b	类胡萝卜素	叶绿素 a/b
燕红	2.51 ± 0.17a	0.91 ± 0.11a	0.51 ± 0.021a	2.76 ± 0.14a
岱妃	1.90 ± 0.13b	0.66 ± 0.036b	0.42 ± 0.049b	2.88 ± 0.30a

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

2.3 燕红桃及其芽变岱妃桃叶片净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度日变化对比

燕红及其芽变岱妃桃叶片净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度日变化如图 1 所示。全天中,岱妃的净光合速率 P_n 一直低于燕红,在 07:00 时差距最大,仅为燕红的 74.11%,其后差距减小。岱妃的气孔导度在 07:00 时高于燕红,其后均低于燕红。蒸腾作用是反映植物水分代谢的重要生理指标,岱妃的蒸腾速率在 07:00 和 17:00 时均高于燕红,在 09:00—15:00 均低于燕红。岱妃的胞间 CO_2 浓度在 07:00 和 17:00 时均高于燕红,在 09:00—15:00 均低于燕红。

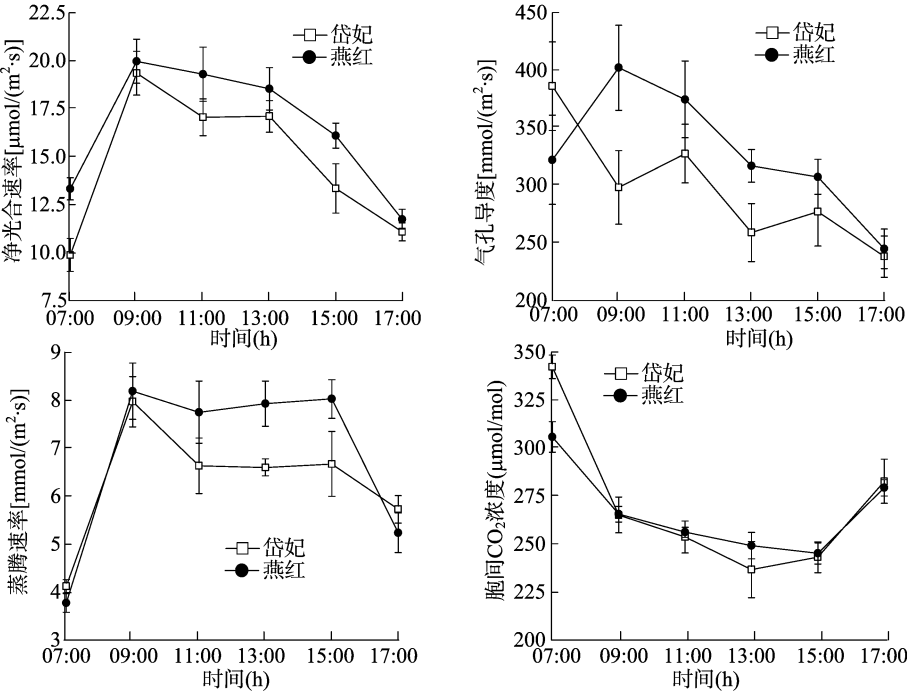


图1 燕红及其芽变叶片的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度日变化

2.4 燕红桃及其芽变岱妃桃叶片气孔限制值、水分利用效率、表观光能利用率、表观 CO_2 利用率对比

燕红及其芽变岱妃桃叶片气孔限制值 L_s 、水分利用效率、表观光能利用率、表观 CO_2 利用率的日变化如图 2 所示。岱妃的气孔限制值分别在 07:00 和 17:00 时均低于燕红,在

09:00—15:00 均高于燕红。岱妃的水分利用效率分别在 07:00、09:00、15:00、17:00 时低于燕红,在 11:00、13:00 高于燕红。岱妃的表观光能利用率和表观 CO_2 利用率在 07:00—17:00 均低于燕红。

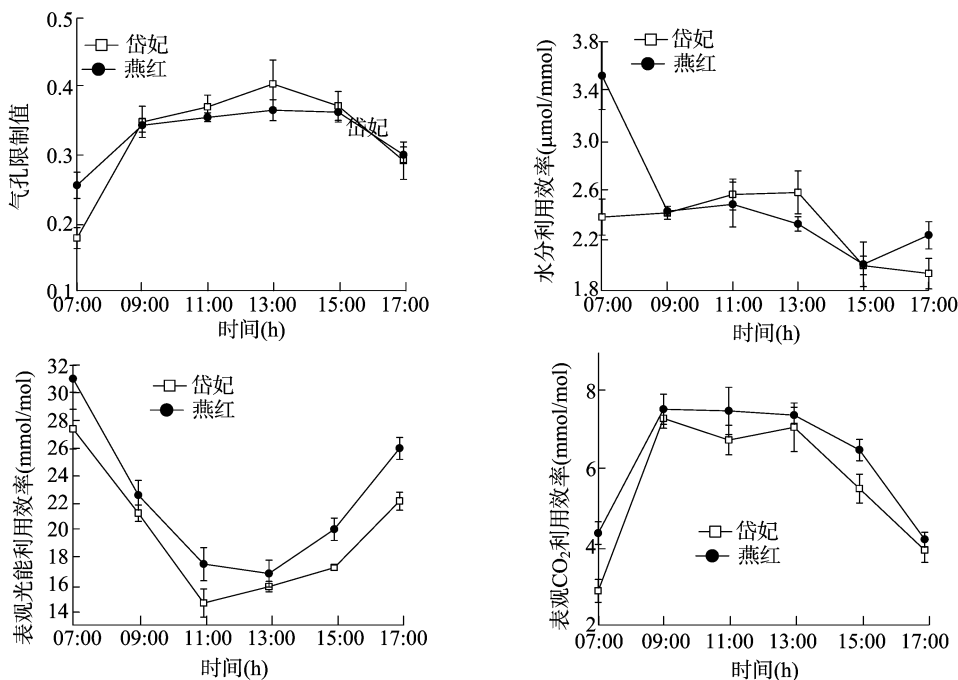


图2 燕红及其芽变叶片气孔限制值、水分利用效率、表观光能利用率、表观 CO_2 利用率的日变化

2.5 燕红桃及其芽变岱妃桃叶片光响应曲线的拟合及相关参数对比

根据直角双曲线修正模型拟合的曲线与实测值对比结果如图 3 所示,拟合曲线的特征参数见表 3。结果表明,直角双曲线修正模型能较好地拟合燕红及其芽变岱妃的光响应过程,决定系数分别为 0.997 和 0.992。

表观量子效率是反映植物对光能利用率的重要指标,岱妃的表观量子效率比燕红高 18.03%。光饱和点和光补偿点是反映植物需光特性的 2 个主要指标,岱妃的光饱和点为 $1\,608.251\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,比燕红低 $194.684\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;岱妃的光补偿点为 $55.098\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,比燕红低 $6.045\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。岱妃的最大光合速率和暗呼吸速率分别比燕红高 1.44% 和 27.87% (表 3)。

3 结论与讨论

叶片是植物进行光合作用的场所,其生理特性与光合速率密切相关。孟军等研究发现,在光强条件下,叶绿素含量在一定范围内与剑叶净光合速率呈正相关,在总叶绿素含量水平较低时,低叶绿素 a/b 并不利于提高剑叶净光合速率,而高比值的促进作用似乎更明显,在叶绿素含量升高到一定程度以后,叶绿素 a 含量下降,而叶绿素 b 含量仍稍有上升,低叶绿素 a/b 比值对光合作用的促进作用就越来越明显^[21]。本研究对 2 个品种光响应曲线的测定结果表明,燕红的叶绿素含量高于岱妃,岱妃的叶绿素 a/b 值和同光强水平的光合

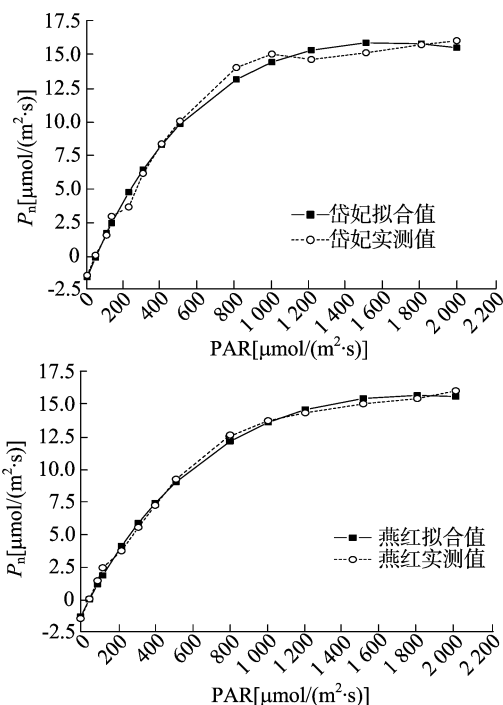


图3 燕红及其芽变光响应曲线的实测值与拟合值

速率高于对照,但是在对其日变化进行测定时,燕红的光合速率高于岱妃,即在渐变的光照条件下,燕红桃的光合速率高于

表 3 直角双曲线修正模型拟合的光合参数

品种	表观量子效率 (Φ)	光饱和点 LSP [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	光补偿点 LCP [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	最大净光合速率 P_{max} [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	暗呼吸速率 R_d [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	确定系数 R^2
岱妃	0.034 7	1 608.251	55.098	15.88	1.739	0.992
燕红	0.029 4	1 802.935	61.143	15.655	1.36	0.997

岱妃,而在短时间内阶梯变化的光照度下,岱妃的光合速率高于对照,其可能原因是岱妃对突然变化的光环境适应快,而燕红对渐变的光环境适应性好。

P_n 的日变化动态是植物自身和环境因子协同作用的结果。燕红光合日变化为单峰型,峰值出现在 09:00,岱妃的光合日变化为双峰型,峰值出现在 09:00 和 13:00,在 11:00 出现光合午休现象。岱妃桃叶片在 11:00 的蒸腾速率与 13:00 的相近,11:00 气孔导度值大于 09:00 和 13:00 的气孔导度值,说明光合午休现象是由非气孔限制因素导致的,这与王蛟等的研究结果^[22-23]一致。2 个品种的蒸腾速率日变化均为双峰型,峰值出现在 09:00 和 15:00,燕红的蒸腾速率在 09:00—15:00 的值均大于岱妃。

表观量子效率是光响应曲线初始部分的斜率,表观量子效率大说明植物在弱光下具有更强的捕获光量子用于光合作用的能力^[24]。植物对弱光利用率的提高主要表现在日平均净光合速率和表观量子效率的增大及光补偿点的降低,这 3 个指标是植物光合作用能力的重要指标,可以反映植物的耐阴性^[25-27]。岱妃的表观量子效率大于对照燕红,其光补偿点小于对照燕红,但其日均净光合速率低于对照燕红,一定程度上说明岱妃比燕红的耐弱光能力强。

岱妃桃的 4 项叶形参数均小于燕红,其中叶面积达到了显著差异水平;岱妃桃叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素的含量均显著低于燕红;岱妃桃的净光合速率日变化值、表观光能利用率日变化、表观 CO_2 利用率日变化、光补偿点均小于燕红,表观量子效率大于燕红。综合叶片特性和光合指标可知,岱妃是燕红叶片弱化的芽突变,耐弱光的能力优于燕红。岱妃的光响应曲线参数优于燕红,但是在自然环境下却表现出较低的光合速率,说明其对环境的适应性弱于燕红。

参考文献:

[1]汪祖华,庄恩及. 中国果树志——桃卷[M]. 北京:中国林业出版社,2001:1.

[2]伊 凯,闫忠业,刘 志,等. 苹果芽变选种鉴定及应用研究[J]. 果树学报,2006,23(5):745-749.

[3]卢 诚. 浅谈葡萄的芽变选优[J]. 河北林业科技,2009(4):92-93.

[4]念红忠,银立新,张晓霞,等. 华夫人葡萄芽变新品种——华变[J]. 中国南方果树,2002,31(3):73-73.

[5]王西平,王跃进,张剑侠,等. 葡萄早熟芽变品种“早生高墨”的 RAPD 分析[J]. 西北植物学报,2003,23(3):473-476.

[6]樊庆忠. 桃芽变中早熟新品种凤红的选育[J]. 中国果树,2010(6):3-5,后插二.

[7]冉辛拓,冯志红,于丽辰,等. 利用 RAPD 方法确认“重阳红”桃及其芽变[J]. 园艺学报,2005,32(4):593.

[8]王谋强,朱文超,班小重. 艳红桃芽变品系彩虹的 RAPD 分析[J]. 贵州农业科学,2011,39(10):17-18.

[9]冯守千,陈学森,张春雨,等. 砂梨品种“满天红”及其芽变品系“奥运”花青苷合成与相关酶活性研究[J]. 中国农业科学,2008,41(10):3184-3190.

[10]李晓芳,李茂福,韩振海,等. “鸭梨”芽变“闫庄梨”自交亲和性分子机制初步研究[J]. 园艺学报,2008,35(1):13-18.

[11]李俊才,隋洪涛,王家珍,等. 梨芽变新品种——尖把王梨的选育[J]. 果树学报,2006,23(6):912-913,封2.

[12]吴振林. 核果类芽变品种调查及存在的问题[J]. 北方园艺,2012(15):194-198.

[13]张 敏,邓秀新. 柑橘芽变选种以及芽变性状形成机理研究进展[J]. 果树学报,2006,23(6):871-876.

[14]罗 静,周心智,张云贵. RAPD 标记对 25 份柑桔资源及其芽变系的鉴定和多样性分析[J]. 中国农学通报,2008,24(8):99-104.

[15]罗安才,李纯凡,黄仁湖,等. 奉节脐橙芽变株系的 AFLP 分析[J]. 中国农学通报,2003,19(6):20-24.

[16]李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:134-138.

[17]Bassman J H,Zwier J C. Gas exchange characteristics of *Populus trichocarpa*,*Populus deltoides* and *Populus trichocarpa* × *P. deltoides* clones[J]. Tree Physiology,1991,8(2):145-159.

[18]Penuelas J,Filella I,LLusia J,et al. Comparative field study of spring and summer leaf gas exchange and photobiology of the Mediterranean trees *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*[J]. Journal of Experimental Botany,1998,49(319):229-238.

[19]何维明,马风云. 水分梯度对沙地柏幼苗荧光特征和气体交换的影响[J]. 植物生态学报,2000,24(5):630.

[20]Ye Z P. A new model for relationship between irradiance and the rate of photosynthesis in *Oryza sativa*[J]. Photosynthetica,2007,45(4):637-640.

[21]孟 军,陈温福,徐正进,等. 水稻剑叶净光合速率与叶绿素含量的研究初报[J]. 沈阳农业大学学报,2001,32(4):247-249.

[22]王 蛟,王力荣,曹 珂,等. 金蜜狭叶桃光合及生物学特性的研究[J]. 果树学报,2013,30(4):608-614.

[23]Shirke P A,Pathre U V. Influence of leaf-to-air vapour pressure deficit (VPD) on the biochemistry and physiology of photosynthesis in *Prosopis juliflora*[J]. Journal of Experimental Botany,2004,55(45):2111-2120.

[24]许大全. 光合作用效率[M]. 上海:上海科学技术出版社,2002:192.

[25]李军营,徐超华,崔明昆,等. 不同光质对烟草叶片生长及叶绿素荧光参数的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):140-145.

[26]郎 鹏,袁龙义,李世平. 不同光照条件对马来眼子菜和菹齿眼子菜光合作用的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(6):323-325.

[27]王 瑞,丁爱萍,杜林峰,等. 遮荫对 12 种阴生园林植物光合特性的影响[J]. 华中农业大学学报,2010,29(3):369-374.