

不同遮阴强度对猕猴桃“桂海4号”光合特性及果实品质的影响*

Responses of Photosynthetic Characterization of Kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch cv. *Guihaia* 4) Submitted to Shading

韦兰英,莫凌,袁维圆,曾丹娟,焦继飞,尤业明

WEI Lan-ying, MO Ling, YUAN Wei-yuan, ZENG Dan-juan, JIAO Ji-fei, YOU Ye-ming

(1. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西桂林 541006; 2. 广西师范大学, 广西桂林 541004)

(1. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi, 541006, China; 2. Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要:以中华猕猴桃“桂海4号”(*Actinidia chinensis* Planch cv. *Guihaia* 4)为研究对象,采用LI-6400便携式光合测定系统测定不同程度(0, 40%和60%)遮阴对其光合、荧光特性和果实品质的影响。结果表明,与全光照相比,40%和60%的遮阴强度显著降低了猕猴桃的光饱和和速率(A_{max})、表观量子效率(AQY)、光饱和点(LSP)、光补偿点(LCP)和暗呼吸速率(R_d)($P < 0.05$),对其水分利用效率(WUE)和叶绿素含量(Chl content)均无显著影响($P > 0.05$),但是潜在水分利用效率(WUE_i)随着遮阴强度的增加而增加。猕猴桃的初始荧光(F_o)、可变荧光(F_v)、最大荧光(F_m)和PS II最大光能转换效率(F_v/F_m)在全光照和不同遮阴处理间无显著差异($P > 0.05$),表明一定程度的遮阴对其 F_o 、 F_v 、 F_m 、 F_v/F_m 无明显影响,但是与全光照相比,40%的遮阴强度显著降低了PS II光能捕获效率(F'_v/F'_m)、PS II电子传递量子效率($PhiPS2$)和光化学猝灭系数(qP),而60%遮阴强度其 F'_v/F'_m 、 $PhiPS2$ 和 qP 与全光照下的无显著差异($P > 0.05$)。全光照和遮阴条件下猕猴桃光合和荧光参数相关关系存在明显差异,表明猕猴桃“桂海4号”随着环境条件中光照的改变其光合器官进行了一定的调整,使其适应了变化的环境条件。遮阴对猕猴桃“桂海4号”的果实外观无显著影响,但是却显著影响了其果实品质,40%遮阴强度显著降低其维C含量、总糖、可溶性固体物和酸含量。

关键词:遮阴 光合作用 荧光 品质 猕猴桃

中图分类号:Q945.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2009)03-0326-05

Abstract: Shading is good or not for the plant performance under field environmental conditions, especially for some economic crops and fruit that distribute a large area in the world. To characterize the role of shading on the modulate of the physiology of plant, three levels of shading (full sunlight (0, 40%, 60% of solar radiation interception) on the photosynthesis and Chl a fluorescence were studied in Kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch cv. *Guihaia* 4). The results showed full sunlight treatment resulted in higher A_{max} , AQY, LSP, LCP and R_d than that of the 40% and 60% shading, while there was no difference between the latter two shading treatments. WUE and Chl content were not affected by the light regime. Pronounced changes for Chl a fluorescence parameters were only found in F'_v/F'_m , $PhiPS2$ and qP , under full sunlight and 40% shading, and F_o , F_v , F_m , F_v/F_m did not differ significantly among all the light regimes. Full sunlight resulted in higher qP than 40% shading, while there was no significant difference compared with 60% shading. In conclusion, Kiwifruit under shading did not affect the maximum intrinsic efficiency of photo-system 2 (PS2) (F_v/F_m) in these species, suggesting shading had no effect on photosynthesis by inactivation of PS2 reaction centers. A_{max} , ϕ , LSP, LCP, and R_d were reduced

收稿日期:2008-12-21

修回日期:2009-01-08

作者简介:韦兰英(1980),女,助理研究员,主要从事植物生理生态研究

* 广西科学基金项目(0610137);国家科技支撑计划项目(2006BAC01A10)和中国科学院西部之光项目(2005)资助。

when submitted to shading, while there was no difference between the two shading levels, indicating that the Kiwifruit photosynthetic apparatus was prepared to cope with increasing shading levels. Shading did not have large influence on the fruit external appearance, while dramatically affect the fruit quality, as the fruit weight and size were nearly the same ($P > 0.05$), but the content of Vitamin C, total sugar content (Reducing sugar and sucrose), soluble solids and the content of acid differed significantly between full sunlight and different shading levels.

Key words: shading, photosynthesis, *Chl a* fluorescence, quality, Kiwifruit

遮阴作为一种农艺措施,对大田作物是否具有有益的影响目前仍存在争议,因为它在改善植物抗逆生理的同时,对植物生长、光合、果实产量和品质也产生了相应的影响^[1~4]。遮阴对植物产生正面或负面影响与物种和环境条件关系密切,如 Amauri 等^[5]研究4个不同光照水平对巴豆(*Croton urucurana* Baill)生长、叶绿素含量和光合作用的影响,发现70%遮阴的植物具有较高的叶和根干重,高度和叶面积也较高,但是,幼苗根系的干重生物量在全光照下较高,随着遮阴强度的增加,叶绿素含量增加,但是光合作用下降。Gregoriou 等^[6]研究发现,30%,60%和90%遮阴强度使光合作用分别降低21%、35%、67%,随着遮阴强度的增加,其气孔导度降低。Yang 等^[7]研究发现低光照(85%遮阴强度)降低植物的光化学猝灭系数(qP)和 qN 。因此研究不同遮阴强度对植物的影响进而为植物筛选其适宜的遮阴强度的研究具有十分重要的意义。

猕猴桃是目前世界上珍稀的被子植物之一,其果实具有很高的维生素C含量,还含有维生素P以及人体必需的氨基酸和矿物质等,具有很高的营养价值^[8]。猕猴桃是一种不耐高温的果树,叶片和果实极易发生灼烧而遭受高温伤害,虽然其耐阴性较强,但是果实生长又需要阳光,尤其是成年植株对光照的要求更高,而且猕猴桃不同生理过程对遮阴的敏感性不同^[9]。中华猕猴桃“桂海4号”(Actinidia chinensis Planch cv. Guihaia 4)具有结实早,品质好,适应性广等特点,具有较高的经济价值,但是在桂北地区,却容易受到高温干旱环境胁迫。因此我们研究其在桂北地区环境条件下不同遮阴水平对其光合生理和果实品质等方面的影响,进而有助于通过适宜的遮阴水平调控其光合生理提高其生产力、果实产量和品质,而且还有助于我们进一步了解如何通过大田措施来增强植物适应性、从而提高光合生产力、以及改善植物抗逆生理,为实现猕猴桃丰产、优质和高效栽培目标提供一定的理论依据的同时,又可以丰富植物抗逆生理的研究内容。

1 材料与方法

1.1 研究区自然概况

试验地设置在广西植物研究所猕猴桃园内。该区

地理位置为110°12' E 和25°11' N,海拔170m,年平均温度19.2℃,最热月(7月)平均温度28.3℃,最冷月(1月)平均温度8.4℃,极端最高温38℃,极端最低温-6℃。年降雨量1655.6mm,降雨集中在4月、5月和6月,冬季雨量较少,干湿交替明显,年平均相对湿度78%。土壤为酸性粘壤土,土壤pH值为4.85,容重为1.13 g cm⁻³,田间持水量为32.78%,土壤有机质42.6 g·kg⁻¹、土壤全氮为1.82g·kg⁻¹、水解氮为111.1mg·kg⁻¹,全磷为2.25g·kg⁻¹、全钾为11.04 g·kg⁻¹。

1.2 田间实验设计

试验地猕猴桃树龄为22a,株行距3m×3m,棚架栽培。本试验于2007年8月1日在管理水平基本一致的猕猴桃园内,选取大小一致,生长中庸、无病虫害的猕猴桃9株进行遮阴处理:处理1为一层黑色遮阳网,遮阴强度为40%;处理2为两层黑色遮阳网,遮阴强度为60%,以自然光照为对照(CK,遮阴强度为0)。实验期间施肥、管理技术同大田生产。

1.3 叶片气体交换参数测定

于2007年9月中旬,选择典型晴天,在各处理的每株树上统一选择树冠中部外侧向阳的完全伸展、无病虫害且保持完整的2~3张成熟叶片,用Li-6400便携式光合测定系统(Li-cor, USA),于上午9:00~11:30测定叶片光合速率(P_n)、气孔导度(g_s)和蒸腾速率(T_r)等生理指标,仪器稳定后记录数据。根据Penuelas等^[10]计算水分利用效率(WUE)= P_n/T_r ,潜在水分利用效率(WUE_i)= P_n/g_s 。

于9:00~11:30时利用Li-6400便携式光合作用测定系统测定植物叶片的光响应曲线。开放式气路,设定温度为28℃,CO₂浓度为400μmol/mol,应用Li-6400-02B红蓝光光源提供不同的光合有效辐射强度(PAR, μmol·m⁻²·s⁻¹),分别在PAR(μmol·m⁻²·s⁻¹)为2000、1800、1500、1200、1000、800、600、400、200、150、100、50、0下测定不同处理猕猴桃叶片净光合速率(P_n , μmol·m⁻²·s⁻¹)、蒸腾速率等气体交换参数,根据非直线双曲线模型拟合光响应曲线:

$$A = \frac{\Phi \cdot Q + A_{\max} - \sqrt{(\Phi \cdot Q + A_{\max})^2 - 4 \cdot \Phi \cdot Q \cdot K \cdot A_{\max}}}{(2 \cdot K)}$$

— R_{day}

计算光饱和速率(A_{max})、表观量子效率(AQY)、光饱和点(LSP)、光补偿点(LCP)和暗呼吸速率(R_d)。

1.4 叶绿素荧光参数的测定

于9:00~11:30时利用 Li-6400便携式光合作用测定系统的荧光叶室测定植物叶片的叶绿素荧光参数,包括初始荧光(F_o)、可变荧光(F_v)、最大荧光(F_m)、PS II 最大光能转换效率(F_v/F_m)、PS II 光能捕获效率(F'_v/F'_m)、PS II 电子传递量子效率(PhiPS2)和光化学猝灭系数(qP)。叶片用暗适应叶夹进行暗适应30min后,测定暗适应指标,然后用人工光源测定其它相关指标,每次测定5~6张叶片。

1.5 数据处理

采用 SPSS 统计分析软件(SPSS 11.0)对数据进行相关分析和 One-Way ANOVA 方差分析,并用 LSD 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同遮阴强度光响应曲线比较

如图1所示,光强在0~600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,全光照与40%和60%遮阴强度条件下猕猴桃光合速率(P_n)快速上升,各处理间 P_n 差异较小;之后随着光强增加而渐趋于平缓,但是各处理间 P_n 差异增加,全光照下 P_n 显著高于40%遮阴和60%遮阴水平的 P_n 。这表明在低光强下,遮阴对猕猴桃 P_n 无显著影响,但是随着光强增加,遮阴显著地降低其 P_n 。

2.2 不同遮阴强度光响应参数比较

如表1所示,与全光照相比,40%和60%的遮阴强度显著降低了猕猴桃的光饱和速率(A_{max})、表观量子效率(AQY)、光饱和点(LSP)、光补偿点(LCP)和暗呼吸速率(R_d)($P < 0.05$),但这些参数在40%和60%的遮阴强度处理间无显著差异($P > 0.05$)。40%和60%遮阴强度对其水分利用效率(WUE)和叶绿素含量(Chl content)均无显著影响($P > 0.05$),但潜在水分利用效率(WUE_i)随着遮阴强度的增加而增加。

表1 不同遮阴强度猕猴桃光合-光响应曲线参数比较

Table 1 Response of photosynthetic parameters of Kiwifruit to different shading levels

处理 Treat- ments	A_{max} ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	LSP ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	LCP ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	ϕ ($\text{CO}_2\cdot\text{photon}^{-1}$)	R_d ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	WUE ($\mu\text{mol}\cdot\text{mmol}^{-1}$)	WUE _i ($\mu\text{mol}\cdot\text{mmol}^{-1}$)	Chl content
0	21.18±2.35 ^a	491.29±51.32 ^a	47.87±7.76 ^a	0.0487±0.0046 ^a	2.70±0.38 ^a	3.32±0.74 ^a	7.476±0.691 ^c	48.34±8.41 ^a
40%	13.51±1.33 ^b	368.39±40.61 ^b	22.42±1.89 ^b	0.0389±0.0049 ^b	1.15±0.34 ^b	3.59±0.48 ^a	11.130±0.657 ^b	48.69±7.19 ^a
60%	11.72±2.67 ^b	349.82±73.64 ^b	21.74±7.13 ^b	0.0351±0.0053 ^b	1.38±0.28 ^b	2.56±0.81 ^a	13.433±0.557 ^a	48.19±6.09 ^a
P	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05

同一行内,相同字母表示无显著差异,不同字母表示具有显著差异。Within a row, values followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$.

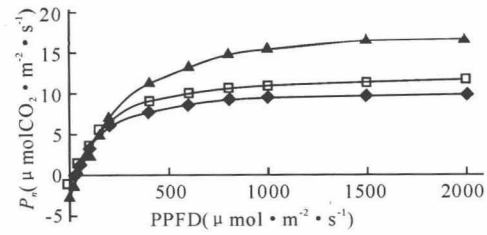


图1 不同遮阴强度猕猴桃叶片光合-光响应曲线比较

Fig. 1 Photosynthetic light response curves for Kiwifruit submitted to different shading levels

▲:0%; □:40%; ◆:60%.

2.3 不同遮阴强度叶绿素荧光参数比较

猕猴桃的初始荧光(F_o)、可变荧光(F_v)、最大荧光(F_m)和PS II 最大光能转换效率(F_v/F_m)在全光照和不同遮阴处理间无显著差异($P > 0.05$),表明一定程度的遮阴对其 F_o 、 F_v 、 F_m 、 F_v/F_m 无显著影响,但是与全光照相比,40%的遮阴强度却显著降低了PS II 光能捕获效率(F'_v/F'_m)、PS II 电子传递量子效率(PhiPS2)和光化学猝灭系数(qP),而60%遮阴强度其 F'_v/F'_m 、PhiPS2和 qP 与全光照下的无显著差异($P > 0.05$)(表2)。

2.4 叶片气体交换参数与叶绿素荧光参数相关分析

猕猴桃在全光照下,光合速率(P_n)、气孔导度(g_s)和蒸腾速率(T_r)均呈显著的正相关关系($P < 0.01$),但是40%遮阴和60%遮阴强度条件下 P_n 与 g_s 和 T_r 关系较弱($P > 0.05$)(表3)。 g_s 和 T_r 在全光照和不同遮阴强度条件下均呈极显著的正相关($P < 0.01$)。全光照条件下,PhiPS2与 P_n 、 g_s 、 T_r 和水分利用率(WUE)均呈极显著的正相关($P < 0.01$)。

2.5 果实外观和品质

遮阴对猕猴桃果实重量、大小和外观形态均无显著影响,果实重量为58~64g,遮阴却显著影响了其果实维C的含量、可溶性固体物等品质(表4)。40%遮阴强度显著降低了其维C含量、总糖、可溶性固体物和酸含量,但60%遮阴强度降低了其总糖含量,但是其维C的含量、可溶性固体物和酸含量与对照相比无明显差异。

表 2 不同遮阴强度猕猴桃叶绿素荧光参数比较

Table 2 Chlorophyll fluorescence parameters of Kiwifruit under full sunlight and different shading levels

处理 Treatments	F_o	F_v	F_m	F_v/F_m	F'_v/F'_m	$PhiPS2$	qP
0	153.55±8.10 ^a	695.47±34.38 ^a	849.0±40.57 ^a	0.819±0.006 ^a	0.67±0.01 ^a	0.501±0.024 ^a	0.747±0.036 ^a
40%	152.76±12.45 ^a	686.34±63.00 ^a	839.1±74.48 ^a	0.818±0.006 ^a	0.63±0.04 ^b	0.436±0.042 ^b	0.694±0.027 ^b
60%	160.18±11.74 ^a	702.12±40.53 ^a	862.3±44.87 ^a	0.814±0.012 ^a	0.65±0.03 ^{ab}	0.463±0.033 ^{ab}	0.711±0.023 ^{ab}
<i>P</i>	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	<0.05	<0.05	<0.05

同一行内,相同字母表示无显著差异,不同字母表示具有显著差异。Within a row, values followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$.

表 3 猕猴桃叶片气体交换参数与叶绿素荧光参数的相关分析

Table 3 The correlation between gas exchange and Chlorophyll fluorescence parameters of kiwifruit under different shading levels

遮阴 Shading (%)	Level	g_s	T_r	WUE	F_o	F_v	F_m	F_v/F_m	F'_v/F'_m	F_v/F_o	$PhiPS2$
0	g_s	1			0.069	0.605	0.539	0.677	0.066	0.687	-0.969**
	T_r	0.999**	1		0.102	0.644	0.579	0.686	0.103	0.696	-0.963**
	WUE	-0.983**	-0.981**	1	-0.093	-0.594	-0.534	-0.637	-0.177	-0.645	0.915*
	P_n	0.989**	0.992**	-0.950*	0.110	0.665	0.599	0.701	0.056	0.712	-0.973**
40	g_s	1			-0.085	0.131	0.096	0.162	-0.456	0.176	-0.407
	T_r	0.918*	1		0.223	0.312	0.341	0.017	-0.223	0.041	-0.156
	WUE	-0.717	-0.430	1	0.311	0.023	0.102	-0.254	0.888*	-0.249	0.840
	P_n	-0.077	0.288	0.741	0.493	0.263	0.366	-0.250	0.777	-0.227	0.779
60	g_s	1			0.548	0.206	0.266	-0.650	0.005	-0.634	-0.252
	T_r	0.974**	1		0.586	0.310	0.360	-0.482	-0.111	-0.462	-0.327
	WUE	-0.376	-0.2791	-0.631	-0.466	-0.500	0.221	-0.644	0.214	-0.426	
	P_n	0.173	0.287	0.840	-0.293	-0.282	-0.287	-0.043	-0.708	-0.038	-0.611

* $P < 0.05$ 和 ** $P < 0.01$ 表示在 0.05 和 0.01 水平上显著。

* $P < 0.05$, Correlation is significant at the 0.05 level. ** $P < 0.01$, Correlation is significant at the 0.01 level.

表 4 不同遮阴强度猕猴桃果实外观和品质的影响

Table 4 Fruit external appearance and quality of Kiwifruit under full sunlight and different shading levels

处理 Treatments	果实重量 Fruit weight (g)	大小 Size (cm)	维生素 C 含量 Content of vitamin C (%)	总糖 Total sugar content (%)	可溶性固体物 Soluble solids (%)	酸含量 Content of acid (%)
0	61.27±10.83 ^a	107.56±19.10 ^a	0.17±0.03 ^a	8.79±0.14 ^a	13.35±1.08 ^a	1.72±0.11 ^a
40%	64.49±12.02 ^a	115.25±25.10 ^a	0.14±0.07 ^b	7.15±0.09 ^c	11.85±1.34 ^b	1.47±0.05 ^b
60%	58.78±12.16 ^a	102.17±21.00 ^a	0.16±0.17 ^a	8.03±0.19 ^b	12.16±0.92 ^{ab}	1.57±0.04 ^{ab}
<i>P</i>	>0.05	>0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

同一行内,相同字母表示无显著差异,不同字母表示具有显著差异。Within a row, values followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$.

3 讨论

光照在植物的生长发育中起着十分重要的作用,尽管在特定地区光照对某种植物而言并不是其限制因子,但是由于人类活动和植物本身的生长发育,甚至是由于天气条件的变化也会导致植物面临不同的光照条件^[11]。遮阴可以在一定程度上降温增湿,改善植物的冠幕微环境,大大降低叶温和果温,有效消除叶片光合作用的“午休”现象^[12],但是重度遮阴不仅降低植物的光合速率^[6],而且影响其花芽分化^[13],影响产量与果实品质^[3]。

遮阴对猕猴桃光合作用的影响较为复杂,依据遮

阴水平而定^[1]和品种不同而存在差异^[12]。对生长于不同地区的同种植物而言,其遮阴的适宜度也是有差别的,Allan 等^[4]研究发现,在 0,30%,40%和 55%的遮阴范围内,发现猕猴桃遮光率以 30%~40%为宜,55%以上的重度遮阴是有害的。本文研究发现,与全光照相比,40%和 60%的遮阴水平均显著降低了猕猴桃的 A_{max} 、 Φ 、 LSP 、 LCP 和 R_d ($P < 0.05$);40%的遮阴强度显著降低了 F'_v/F'_m 、 $PhiPS2$ 和 qP ,而 60%遮阴强度其 F'_v/F'_m 、 $PhiPS2$ 和 qP 与全光照下的无显著差异 ($P > 0.05$),这表明遮阴对猕猴桃光合生理产生了一定的影响,但不同遮阴水平对猕猴桃光合生理的影响程度存在差异,这可能与猕猴桃的品种不

同以及环境条件差异有关,遮阴使猕猴桃“桂海4号”的 A_{max} 、 Φ 、 LSP 、 LCP 和 R_d 下降。

遮阴对猕猴桃的不同品种间的影响较为复杂,何科佳等^[12]对中华猕猴桃“翠玉”和美味猕猴桃“米良一号”的研究发现,遮阴对“翠玉”叶片蒸腾速率无显著影响,但是对“米良一号”的影响较大。本研究的对象为猕猴桃“桂海4号”,遮阴对其 P_n 的影响为:低光强时,全光照与40%和60%遮阴强度条件下猕猴桃 P_n 均快速上升,各处理间 P_n 差异较小;之后随着光强增加而渐趋于平缓,但是各处理间 P_n 差异明显增加,全光照下 P_n 显著高于40%和60%遮阴水平的 P_n 。这表明在低光强下,遮阴对猕猴桃 P_n 无显著影响,但是随着光强增加,遮阴显著地降低其 P_n ,这与 Gregoriou 等^[6]对橄榄 (*Olea europaea* L.) 的研究较为一致。本研究中,全光照、40%和60%遮阴强度条件下猕猴桃的 F_o 、 F_v 、 F_m 和 F_v/F_m 无显著差异 ($P > 0.05$),表明一定程度的遮阴对其 F_o 、 F_v 、 F_m 、 F_v/F_m 无显著影响,但是与全光照相比,40%的遮阴强度却显著降低了 F'_v/F'_m 、 $PhiPS2$ 、 qP 和 ETR ,而60%遮阴强度的 F'_v/F'_m 、 $PhiPS2$ 和 qP 与全光照下的无显著差异 ($P > 0.05$)。从对荧光参数的影响而言,60%的遮阴对猕猴桃比较适宜,通过与光合参数的相关分析发现,只有全光照条件下猕猴桃叶片 $PhiPS2$ 与 P_n 、 g_s 、 T_r 和 WUE 均呈极显著的正相关 ($P < 0.01$),而遮阴条件下相关性不显著,表明遮阴对猕猴桃光合生理参数之间的关系有一定的影响,可能是遮阴使环境条件发生一定的改变,是其生理更多的受环境因子的调控。Montanaro 等^[13]研究了水分亏缺条件下猕猴桃气体交换参数和叶绿素荧光参数的变化特征,结果发现猕猴桃克服水分亏缺的能力较强。本研究中,随着遮阴强度的增加,猕猴桃叶片可能产生了适应遮阴这一环境条件变化的生理调整,从而使其具有与全光照下相当的 F'_v/F'_m 、 $PhiPS2$ 和 qP ,表明猕猴桃具有较强的适应性,从而具有较广的地理分布范围。

植物对低光的适应往往表现为叶绿素含量的降低^[5]。本研究中,40%和60%的遮阴强度均对叶绿素含量无明显影响 ($P > 0.05$),表明猕猴桃对低光具有一定的适应能力。另外,遮阴对果实外观没有影响,却显著影响了果实品质。Tiyayon and Strik^[4]对猕猴桃的研究发现,遮阴对当年果实产量和品质没有影响,但是却影响次年果实产量。本研究中的遮阴对猕猴桃“桂海4号”次年光合生理和果实产量的影响有待于进一步深入研究。

参考文献:

[1] Allan P, Savage M J, Criveano T, et al. Supplementing

winter chilling in Kiwifruit in subtropical areas by evaporative cooling and shading [J]. Acta Hort, 1999 (498):133-141.

- [2] Allan P, Carlaon C. Effect of shade level on kiwifruit leaf efficiency in a marginal area [J]. Horticulture Science, 2002, 610:509-516.
- [3] Snelgar W P, Hpokirk G. Effect of overhead shading on yield and fruit quality of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) [J]. Journal of Horticultural Science, 1988, 63(4):731-742.
- [4] Tiyayon, Strik. Influence of time of overhead shading on yield, fruit quality, and subsequent flowering of hardy kiwifruit, (*Actinidia arguta*) [J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 2004, 32(2):235-241.
- [5] Amauri Alves de Alvarenga, Evaristo Mauro de Castro, Érico de Castro Lima Juniore, et al. Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. in southeastern Brazil [J]. Prova Autor, 2003, 27(1):53-57.
- [6] Gregoriou K, Pontikis K, Vemmos S. Effects of reduced irradiance on leaf morphology, photosynthetic capacity, and fruit yield in olive (*Olea europaea* L.) [J]. Photosynthetica, 2007, 45(2):172-181.
- [7] Yang Y Q, Liu C, Han Y Z, et al. Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of *Picea asperata* seedlings [J]. Photosynthetica, 2007, 45(4):613-619.
- [8] 孙骞, 杨军, 张绍阳, 等. 钾营养对中华猕猴桃叶片光合作用及叶绿素荧光的影响 [J]. 安徽农业大学学报, 2007, 34(2):256-261.
- [9] 袁飞荣, 王中炎, 卜范文, 等. 夏季遮阴调控高温强光对猕猴桃生长与结果的影响 [J]. 中国南方果树, 2005, 34(6):54-56.
- [10] 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 Experiment Botany, 1998, 319(49):229-238.
- [11] Moacyr B D F. Photosynthetic light response of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade [J]. Scientia Agricola, 2002, 59(1):65-68.
- [12] 何科佳, 王中炎, 王仁才. 夏季遮阴对猕猴桃园生态因子和光合作用的影响 [J]. 果树学报, 2007, 24(5):616-619.
- [13] Morgan D C, Stanley C J, Warrington I J. The effects of simulated daylight and shade-light on vegetative and reproductive growth in kiwifruit and grapevine [J]. Journal of Horticultural Science, 1985, 60(4):473-484.

(责任编辑:邓大玉)