

不同栽植密度对库尔勒香梨光合荧光特性的影响

赵 菁¹, 覃伟铭², 李龙飞¹, 李 杰¹, 李 疆¹

(1. 新疆农业大学 林学与园艺学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆巴音郭楞蒙古自治州沙依东园艺场, 新疆 库尔勒 841000)

摘 要:以树龄 20 年生库尔勒香梨为试材, 采用 Li-6400 光合仪, 测定分析了 3 m×5 m、4 m×5 m、5 m×6 m 3 个不同栽植密度下库尔勒香梨净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)、气孔导度(Gs)的变化, 利用调制式 OS-30P 荧光仪测定了初始荧光(Fo)、最大荧光(Fm)、最大 PSII 光能转换效率(Fv/Fm)和 PSII 潜在活性(Fv/Fo), 研究了不同栽植密度对库尔勒香梨光合荧光特性的影响, 旨在选出当地最适宜的栽植密度。结果表明: 不同栽植密度对库尔勒香梨光合特性影响很大, 3 个处理间除 Gs 和 Fo 差异不显著外, Pn、Tr、Ci、Fm、Fv/Fm、Fv/Fo 值的差异都达到了极显著水平; Pn 的日均值以 4 m×5 m 最大, 5 m×6 m 次之, 3 m×5 m 最小, Fv/Fm 的日均值表现为 4 m×5 m 高于 5 m×6 m, 而低于 3 m×5 m。试验表明, 20 年生库尔勒香梨 3 个栽植密度以 4 m×5 m 光合效率最强, 5 m×6 m 其次, 3 m×5 m 最弱。

关键词: 库尔勒香梨; 栽植密度; 光合特性; 叶绿素荧光

中图分类号: S 661.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2014)06-0027-05

库尔勒香梨产于新疆东南部巴州境内的孔雀河畔, 栽培历史在 1 400 年以上, 其香味浓郁, 皮薄肉脆, 清甜爽口, 是新疆的名、优、特色水果^[1]。在果树栽培过程中, 栽植密度显著影响果树树冠内的光能分布和利用水平,

制约树冠叶群的光合生产能力, 从而进一步影响树体的生长发育状况以及营养生长水平, 最终表现出果实产量和品质的差异^[2]。因此, 合理选择栽培密度, 增强树体光合利用率在果树生产中显得至关重要。梅闯等^[3]报道了不同树形对库尔勒香梨光合特性的影响; 王世伟等^[4]、白杰等^[5]分别对不同杏以及核桃品种的荧光特征进行了比较研究; 但不同栽植密度库尔勒香梨光合以及叶绿素荧光特性方面的研究尚鲜见报道。该试验采用 Li-6400 光合仪和调制式 OS-30P 荧光仪, 测定分析了库尔勒香梨在生产中常见的几种栽植密度的光合特征参数及叶绿素荧光参数, 探讨不同栽植密度对光能利用的影响, 以期对库尔勒香梨的优质高效生产提供理论依据。

第一作者简介: 赵菁(1988-), 女, 新疆博乐人, 硕士研究生, 研究方向为果树生理生态学。E-mail: zhaojing_1217@126.com.

责任作者: 李疆(1958-), 男, 湖南邵东人, 教授, 博士生导师, 现主要从事果树栽培生理与种质资源等研究工作。E-mail: lijiaojx@163.com.

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项资助项目(201304701-1); 新疆自治区“十二五”科技重大专项资助项目(201130102-1); 新疆自治区果树学重点学科基金资助项目; 国家果树瓜类改良中心新疆分中心建设资助项目。

收稿日期: 2013-12-13

Abstract: Taking 18-year-old ‘Lanzhou Dajixing’ as material, effect of two kinds of growing grass in apricot orchard (growing grass and non-growing) on ground temperature, soil moisture, physical and chemical properties comparatively were studied, and occurrence of main disease in apricot orchard were investigated, meanwhile the fruit quality and yield were determined at fruit maturing period. The results showed that temperature showed little change range with growing grass in apricot orchards of high altitude with cool or cold conditions compared to non-grass(CK), temperature showed slowly increasing and slowly decreasing, temperature of surface soil showed little change range compared to CK; fruit quality in the apricot orchards with growing grass had been improved remarkably. The soluble solid content of apricot fruit increased by 0.7 percentage point, and the average fruit weight increased by 11.8 g of the main cultivar ‘Lanzhou Dajixing’. Furthermore, growing grass could reduce the occurrence of pests and diseases, and increase the content of organic matter in soil, improve soil fertility and water holding capacity.

Key words: growing grass; apricot orchard; fruit quality; underwoods temperature; soil fertility

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为树龄 20 年生疏散分层形栽培的库尔勒香梨。

1.2 试验方法

试验于 2013 年 8 月下旬在新疆巴音郭楞蒙古自治州沙依东园艺场进行,设置栽植密度分别为 3 m×5 m (A)、4 m×5 m(B)、5 m×6 m(C)。供试植株树势中庸,长势一致,果园管理水平一般。每个处理选 3 株树作为重复,每株树采用树冠中层向阳面结果枝上具代表性的 3 片成熟功能叶进行测定。

1.3 项目测定

1.3.1 叶片气体交换参数的测定 采用 Li-6400 光合作用测定系统(美国 Li-COR 公司生产),在晴天采用自然光、开放式气路,从 8:00~20:00 对叶片的光合特征参数进行跟踪测定,叶片放入叶室时保持自然极性,每隔 2 h 测定 1 次。测定参数主要包括净光合速率(P_n , $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、蒸腾速率(Tr , $\text{H}_2\text{O} \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、胞间 CO_2 浓度(C_i , $\mu\text{mol}/\text{mol}$)、气孔导度(G_s , $\text{H}_2\text{O} \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)。

1.3.2 叶绿素荧光参数的测定 利用美国 Opti-Sciences 公司生产的调制式 OS-30P 荧光仪,在晴朗天气的 08:00~20:00 每隔 2 h 测定 1 次叶绿素荧光参数的日变化,用暗适应夹夹住叶片中部对其进行暗适应,20 min 后将暗适应部位暴露在 660 nm 固态光源激发下,

获取初始荧光(F_o)、最大荧光(F_m)、最大 PSII 光能转换效率(F_v/F_m)、PSII 潜在活性(F_v/F_o)。

1.4 数据分析

试验数据用 Excel 进行处理及绘图,并用 SPSS 19.0 进行单因素方差分析和 LSD 多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同栽植密度下叶片气体交换参数和叶绿素荧光参数的日变化

2.1.1 不同栽植密度对库尔勒香梨叶片气体交换参数日变化的影响 由图 1a 可知,3 种不同栽植密度下库尔勒香梨的净光合速率均呈现明显的不对称双峰曲线,3 个处理在上午 12:00 左右出现首个峰值,A、B、C 处理的 P_n 值分别为 11.71、10.67、9.31 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,其后逐渐下降,在中午 14:00 由于光强较大产生光抑制,3 个处理都出现了光合午休现象,下午 16:00 出现第 2 次较小的峰值。在整个日变化过程中, P_n 总体趋势表现为 $B>C>A$ 。由图 1b 可以看出,香梨叶片的胞间 CO_2 浓度在早晨最高,后由于光合作用增强,消耗 CO_2 增多,胞间 CO_2 浓度降低;下午 16:00 后大气 CO_2 浓度增高,叶片胞间 CO_2 浓度也随之提高;整个过程基本呈现“V”型变化趋势。上午 12:00 以前 3 个密度的胞间 CO_2 浓度表现为 $A>C>B$,12:00 之后为 $C>B>A$ 。图 1c 表明,B 和 C 处理的蒸腾速率呈现单峰曲线变化,上午 8:00~12:00 迅速上升,在中午 14:00 达到峰值,分别为 4.45、7.34 $\text{H}_2\text{O} \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,下午 16:00 后逐渐下降;

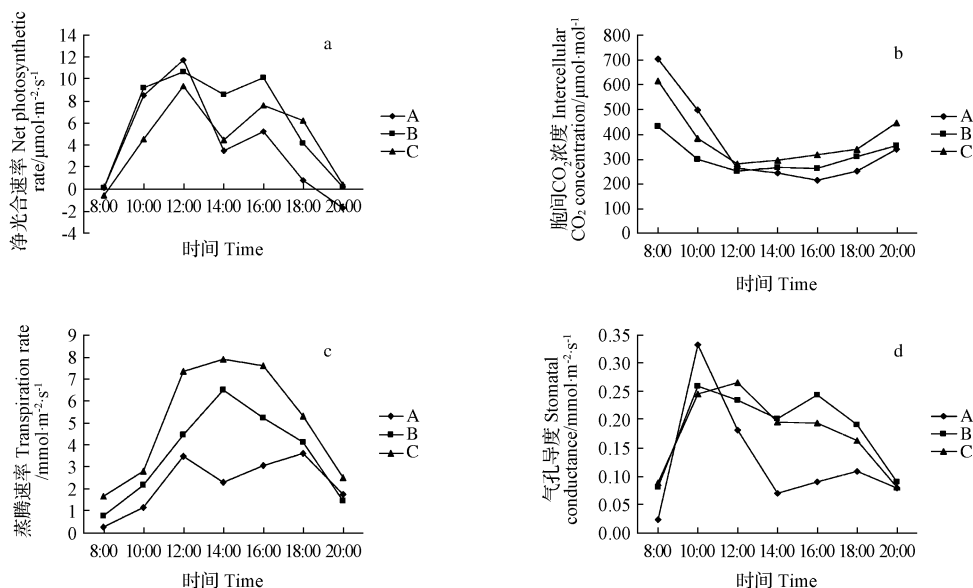


图 1 不同栽植密度下库尔勒香梨各气体交换参数的日变化

Fig. 1 Diurnal variation of the gas exchange parameters of Koral Fragrant pear under different planting density

处理 A 呈现双峰变化,分别在 12:00 和 18:00 产生 2 个峰值。这是由于高温、强光导致叶片内外蒸汽压梯度加大,蒸腾速率加快,蒸腾速率的这种变化趋势与外界光强、温度变化规律基本相同,3 个处理全天蒸腾速率明显呈 $C>B>A$ 。由图 1d 还可以看出,气孔导度的日变化也大体呈双峰曲线,在上午 10:00~12:00 之间达到第 1 个峰值,中午 14:00 出现谷底,下午 16:00 左右出现另 1 个小峰值,其变化规律与 P_n 的日变化基本一致;A 栽植密度下午的 G_s 值在 3 个处理中明显偏低,B 和 C 变化趋势相近。

2.1.2 不同栽植密度对库尔勒香梨叶绿素荧光参数日变化的影响 由图 2 可知,3 个密度的 F_v/F_m 日动态大

致呈“V”型变化曲线,随着环境温度、光强的增大,环境湿度的降低,香梨叶片受到胁迫, F_v/F_m 值降低,在中午 14:00 达到谷值,下午随光强降低,湿度增大, F_v/F_m 值发生回升。但 3 个栽植密度的谷值存在明显差异,A、B、C 分别为 0.805、0.712、0.594,A 处理的 F_v/F_m 值一直处于正常范围内,B 和 C 在正午光照最强时都发生了明显的光抑制,C 处理更严重,说明密度越稀疏,香梨叶片在正午受到光抑制的可能性越大,也许这正是该试验中 C 处理的 P_n 日变化总趋势低于 B 处理的内在原因, F_v/F_o 的日变化动态与 F_v/F_m 基本一致,它是 F_v/F_m 的另一种表达方式。 F_o 是已经暗适应的 PSII 中心全部开放时的荧光强度,其变化趋势与环境温度和

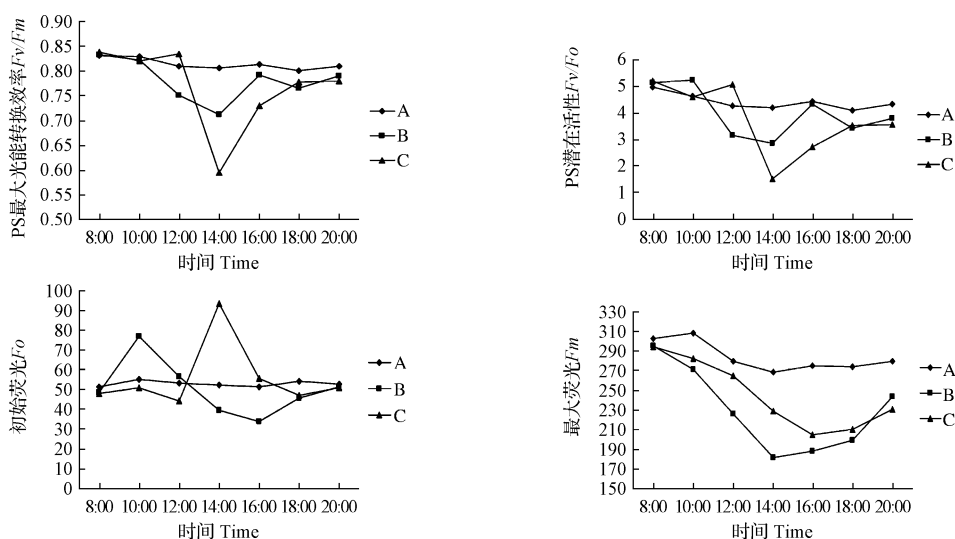


图 2 不同栽植密度下库尔勒香梨叶绿素荧光参数日变化

Fig. 2 Diurnal variation of chlorophyll fluorescence parameters of Korla Fragrant pear under different planting density

光强基本一致,A 处理的变化较平缓,B 处理表现为先升再降再升的趋势,C 处理表现为微升微降,再升再降的趋势。 F_m 是已经暗适应的 PSII 中心全部关闭时的荧光强度, F_m 的降低也是光抑制的一个标志,3 个处理都表现为先降后升的“V”型曲线,与 F_v/F_m 的日变化规律大致相似。

2.2 不同栽植密度下叶片气体交换参数与叶绿素荧光参数的差异分析

由表 1 可知,A、B、C 3 个处理间 P_n 、 C_i 、 T_r 的差异达极显著水平, G_s 值处理间差异不显著。3 个栽植密度叶绿素荧光参数的方差分析表明, F_m 、 F_v/F_m 、 F_v/F_o 的处理间差异极显著, F_o 的处理间差异不显著。

2.3 不同栽植密度下叶片气体交换参数与叶绿素荧光参数的日均值比较

2.3.1 不同栽植密度下叶片气体交换参数比较 由表 2 可知,C 处理的 P_n 日平均值高于 A 而低于 B,

表 1 3 种栽植密度下库尔勒香梨叶片
光合特征参数的差异分析

Table 1 Analysis of variance of Korla Fragrant pear leaf photosynthetic parameters in three planting densities

变量 Variable	平方和 Sum of squares	Df	方差分析 ANOVA		显著性 Sig.
			均方 Mean squares	F 值 F value	
P_n	6.068	2	3.034	51.913 **	<0.01
C_i	7 993.587	2	3 996.794	11.242 **	<0.01
T_r	11.679	2	5.84	248.29 **	<0.01
G_s	0.015	2	0.007	2.561	>0.05
F_o	44.248	2	22.124	2.789	>0.05
F_m	8 107.403	2	4 053.702	26.831 **	<0.01
F_v/F_m	0.006	2	0.003	24.688 **	<0.01
F_v/F_o	1.228	2	0.614	12.665 **	<0.01

注:F 值后无“*”表示处理间差异不显著($P>0.05$),“*”表示差异显著($P<0.05$),“**”表示差异达极显著水平($P<0.01$)。

Note: No “*” means there is no significant difference ($P>0.05$), “*” means there is significant difference ($P<0.05$), “**” means there is very significant difference ($P<0.01$).

表 2

3 种栽植密度下库尔勒香梨叶片光合特征参数比较

Table 2

Comparison of Koral Fragrant pear leaf photosynthetic parameters in three plant densities

密度 Plant density	叶片气体交换参数 Leaf gas exchange parameters				叶绿素荧光参数 Chlorophyll fluorescence parameters			
	P_n / $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	C_i / $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$	T_r / $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	G_s / $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	F_o	F_m	F_v/F_m	F_v/F_o
A	4.07Cc	369.697ABa	2.288Cc	0.153Aa	52.268Aab	283.571Aa	0.814Aa	4.434Aa
B	6.071Aa	318.523Bb	3.526Bb	0.209Aa	49.667Ab	228.143Bb	0.780Bb	3.982ABb
C	4.894Bb	389.195Aa	5.072Aa	0.252Aa	55.095Aa	244.048Bb	0.768Bb	3.734Bb

注:同一列中不同大写字母表示处理间在 0.01 水平上差异极显著,不同小写字母表示处理间在 0.05 水平上差异显著。

Note: Different capital letter in the same column means very significant difference at 0.01 level, different small letter means significant difference at 0.05 level.

3 个处理间 P_n 差异极显著。3 个栽植密度的 C_i 值以 C 处理最高,达 389.195 $\mu\text{mol}/\text{mol}$, B 处理最低,为 318.523 $\mu\text{mol}/\text{mol}$, A 与 B 之间的 C_i 值差异显著,但未达到极显著水平($0.01 < P < 0.05$), A 与 C 之间 C_i 值差异不显著, B 和 C 处理间则达到差异极显著。 T_r 和 G_s 值都表现为 $C > B > A$, 其中 3 个处理 T_r 值差异极显著,但 G_s 值差异不显著。

2.3.2 不同栽植密度叶片叶绿素荧光参数比较 由表 2 还可知, C 处理的 F_o 日均值最高(55.095), 而 B 处理的最低(49.667), 其中 A 与 B、C 的 F_o 值差异均不显著, B 和 C 之间差异显著。3 种栽植密度的 F_m 值 $A > C > B$, 处理 B 和处理 C 之间差异不显著, 但 A 与其它 2 个栽植密度之间的均表现为差异极显著。B 处理的 F_v/F_m , F_v/F_o 值均大于 C 且小于 A, F_v/F_m 各处理间 A 与 B、C 间均达到差异极显著水平, B 和 C 之间则差异不显著。 F_v/F_o 日均值 A 与 B 之间差异显著, A 与 C 达到差异极显著, B 与 C 之间未达差异显著水平。

3 讨论与结论

在果树栽培中,栽植密度显著影响果树树冠内的光能分布和利用水平,制约树冠叶群的光合生产能力。净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、气孔导度(G_s)反映植物合成物质的能力,最大 PSII 光能转换效率(F_v/F_m)、PSII 潜在活性(F_v/F_o)反映植物光化学反应速率的高低。

光合作用是植物重要的生命特征,它受外界环境和内部因素的共同影响,外界环境中的光强、湿度、 CO_2 浓度等都可以通过改变植物内部生理生化反应而影响光合作用的进行^[6]。果树不同的栽植密度对其所处的环境因素会产生很大的影响,进而使植物内部反应发生变化。在该试验中 3 个栽植密度下库尔勒香梨的 P_n 和 G_s 日变化规律都呈现双峰型曲线,2 个峰值分别出现在 12:00 和 16:00,谷值出现在中午 14:00 左右。 T_r 日变化 B 和 C 呈现单峰曲线,中午 14:00 出现峰值, A 处理则表

现为双峰曲线,这可能是由于密度造成的环境差异导致的。 C_i 的日变化基本趋势则是“V”型曲线。该结论与梅闯^[7]、张琦等^[8]的研究结果相同。3 个栽植密度间的 P_n 、 G_s 、 T_r 值有极显著差异,处理间 G_s 值差异不显著,说明不同栽植密度间的光合能力及水分利用能力差别较大,其中 B 处理的 P_n 平均值, C 处理的 C_i 、 T_r 、 G_s 平均值都显著高于 A 处理,说明库尔勒香梨在 B、C 密度处理下对光能和水分的利用较高,光合能力较强。栽植密度太大影响树体对光能的利用效率,并不利于果树光合作用进行^[9]。

叶绿素荧光与光合作用的各个反应过程紧密相关,任何逆境对光合过程产生的影响都可以通过叶片的叶绿素荧光诱导动力学反映出来。它也是植物生态环境适应机制的内在表征。 F_v/F_m 已被证明是一种快速而灵敏的光抑制指标^[10],它可以用来检测光抑制,在叶片通过充分暗适应并且没有遭受环境胁迫时,它是比较恒定的,一般在 0.80~0.85 之间^[11],受到胁迫后该值明显下降。 F_v/F_o 是 F_v/F_m 的另一种表达方式,但是它对效率的变化更敏感,一些处理引起的 F_v/F_o 变化幅度会更大一些^[11]。

该试验 3 个处理的荧光日动态中,随着光照的增强, F_v/F_m 都发生降低,午后随着光强逐渐减弱, F_v/F_m 值又发生了回升,说明了光抑制的存在。中午光强过大,植物产生光抑制反应,光抑制造成 PSII 最大光能转换效率(F_v/F_m)降低,继而导致 P_n 值下降,所以植物会存在“光合午休”现象。3 个处理中,正午 C 的谷值最低(0.594), A 的最高(0.805),说明密度稀疏,树体正午大面积暴露在强光照下产生光抑制就会更严重,这也是 C(5 m×6 m)的 P_n 值在中午 14:00 为何小于 B(4 m×5 m)处理的原因。A 处理受到的光抑制很小,但由于树体互相遮荫,不能得到充足的光照, P_n 值在大多时候也普遍偏低。 F_v/F_o 的日变化趋势与 F_v/F_m 基本一致,它是 F_v/F_m 的另一种表达方式。3 个处理间的 F_m 、 F_v/F_m 、 F_v/F_o 差异达到极显著水平, F_o 差异不显著。

说明密度对库尔勒香梨的荧光特性影响很大,在生产中选择合理的栽植密度对果树达到高效光合很重要。

该试验结果表明,A(3 m×5 m)、B(4 m×5 m)、C(5 m×6 m)3个栽植密度处理中, P_n 值 $B>C>A$, F_v/F_m 值 $A>B>C$,综合来看,在20年左右库尔勒香梨栽培生产中,B(4 m×5 m)密度光合效果最优,C(5 m×6 m)在环境光强很大时容易发生光抑制,所以次之,A(3 m×5 m)果林发生郁闭,树体光照不足,PSII系统潜在活性无法获得充分释放,不能很好的进行光合作用,所以生产中以B(4 m×5 m)的栽植密度较为合理。

参考文献

- [1] 高启明,侯江涛,李疆. 库尔勒香梨生产现状与研究进展[J]. 中国农学通报,2005,21(2):233-236.
- [2] 陈凯,章文才,刘义权,等. 栽植密度对柑橘树光合生产、生长和结实的影响[J]. 果树学,1992,9(3):138-143.
- [3] 梅闯,罗淑萍,徐敏,等. 库尔勒香梨3种树形光合特性的比较[J]. 新疆农业大学学报,2011,34(2):115-118.
- [4] 王世伟,潘存德,张大海,等. 新疆11个杏品种叶绿素荧光特征比较[J]. 新疆农业科学,2010,47(4):637-643.
- [5] 白杰,潘存德,胡安鸿,等. 新疆6个核桃品种叶绿素荧光特性比较[J]. 西北林学报,2010,25(6):13-18.
- [6] 沈宗根,陈翠琴,王岚岚,等. 3种石斛光合作用和叶绿素荧光特性的比较研究[J]. 西北植物学报,2010,30(10):2067-2073.
- [7] 梅闯. 库尔勒香梨不同树形光合特性研究及果实品质观测[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2012.
- [8] 张琦,张玉星,陈玉娟. 库尔勒香梨光合特性的研究[J]. 河北农业大学学报,2006,29(6):29-32.
- [9] 王晶晶,李铭,陈奇凌,等. 不同栽植密度对骏枣花期叶片光合特性的影响[J]. 新疆农业科学,2011,48(9):1592-1596.
- [10] 路兴慧,潘存德. 新疆7种城市园林绿化树种叶绿素荧光特性比较[J]. 新疆农业大学学报,2008,31(5):1-6.
- [11] 许大全. 光合作用效率[M]. 上海:上海科学技术出版社,2002:32-33.

Influence of Different Planting Densities on Photosynthetic and Fluorescent Characteristics of Korla Fragrant Pear

ZHAO Jing¹, QIN Wei-ming², LI Long-fei¹, LI Jie¹, LI Jiang¹

(1. College of Forestry and Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052; 2. Shayidong Horticulture Farm, Xinjiang Bayingulun Mongolia Autonomous Prefecture, Korla, Xinjiang 841000)

Abstract: Taking 20-year-old Korla Fragrant pear as material, with Li-6400 photosynthetic apparatus, the net photosynthetic rate (P_n), transpiration rate (T_r), intercellular CO_2 concentration (C_i), stomatal conductance (G_s) under three different planting densities (3 m×5 m, 4 m×5 m, 5 m×6 m) were measured and analyzed; using Pulse-amplitude Modulation fluorometer, OS-30P, the initial fluorescence (F_o), maximal fluorescence (F_m), maximal efficiency of primary conversion of light energy of PSII (F_v/F_m), maximal potential of primary conversion of light energy of PSII (F_v/F_o) were measured too. The main aim of this study was to compare photosynthetic and fluorescent characteristics of Korla Fragrant pear under different densities, and choose a appropriate planting density. The results showed that different planting density had a great influence on photosynthetic characteristics of fragrant pear, there were not significant differences in G_s , F_o among the three processing and the differences in P_n , T_r , C_i , F_m , F_v/F_m , F_v/F_o were extremely significant. The P_n of 4 m×5 m was the highest, whereas 3 m×5 m was the lowest. F_v/F_m day average performance for 4 m×5 m was higher than 5 m×6 m, but less than 3 m×5 m. The experiment showed that 20-year-old Korla Fragrant pear's under three planting density of which 4 m×5 m was the strongest, 5 m×6 m was the second and 3 m×5 m was the weakest.

Key words: Korla Fragrant pear; planting density; photosynthetic characteristics; chlorophyll fluorescence