

## 避雨栽培对枣光合特性和品质的影响

张道玲<sup>1,2,3</sup>, 周军永<sup>1</sup>, 金腾飞<sup>2</sup>, 张鹏飞<sup>2</sup>, 孙其宝<sup>1\*</sup>

(1. 安徽省农业科学院园艺研究所, 合肥 230001; 2. 安徽农业大学园艺学院, 合肥 230036;

3. 宣城市宣州区种植业局, 宣城 242000)

**摘要:** 为研究避雨栽培对枣光合特性和品质的影响, 以‘李府贡枣’为试材, 露地栽培为对照, 避雨栽培为处理, 测定环境因子、光合指标的日变化、叶绿素含量及果实品质。结果表明: 避雨条件下, 光照强度和净光合速率显著低于露地; 叶绿素含量上升, 叶绿素 a/b 比值降低; 枣果着色较好, 可溶性总糖较露地高 10%, 单果重及纵横径明显降低; 裂果率低于 5%, 露地栽培为 50%~60%。避雨栽培显著提升枣果内在和外观品质, 降低裂果率。

**关键词:** 枣; 避雨栽培; 光合特性; 品质

中图分类号: S665.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2021)06-0904-07

## Effects of rain-shelter cultivation on photosynthetic characteristics and fruit quality of jujube

ZHANG Daoling<sup>1,2,3</sup>, ZHOU Junyong<sup>1</sup>, JIN Tengfei<sup>2</sup>, ZHANG Pengfei<sup>2</sup>, SUN Qibao<sup>1</sup>

(1. Horticulture Research Institute, Anhui Academy of Agriculture Sciences, Hefei 230001;

2. School of Horticulture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

3. Xuanchou District Planting Bureau of Xuancheng City, Xuancheng 242000)

**Abstract:** In order to analyze the effect of rain-shelter cultivation on the quality and photosynthetic characteristics of jujube, taken ‘LifuGongzao’ as the test material and open-field cultivation as the control, the environment factors, photosynthetic indexes, chlorophyll content and fruit quality were investigated. As results, as compared with the open-field cultivation, in the condition of rain-shelter, light intensity(PAR) and photosynthetic rate( $P_n$ ) were significantly decreased, the content of chlorophyll was increased, while the ratio of Chla/Chlb was lower. In the rain-shelter conditions, the fruits had better color, and the total soluble sugar was 10% higher than that in the open-field, but the longitudinal diameter and traverse diameter of fruits and single fruit mass were obviously reduced; the fruit cracking rate was below 5%, while which was 50% - 60% cultivated in the open-field. In conclusion, the results suggested that rain-shelter cultivation could increase the quality of fruits and reduced the fruit cracking rate.

**Key words:** jujube; rain-shelter cultivation; photosynthetic characteristics; quality

淮河以南夏季雨水集中, 雨量较大, 此时正值枣果生长发育的关键时期, 由此所导致的枣裂果、病果对南方枣产业造成了严重危害, 制约了南方枣产业的进一步发展。前人研究表明, 通过覆盖塑料薄膜进行避雨栽培, 可有效降低果实裂果及各种病害的发生<sup>[1-2]</sup>, 且有利于糖分的积累、有机酸的分解和果实的着色, 但对光照强度和净光合速率有一定的影响<sup>[3-4]</sup>。目前, 关于葡萄等果树的避雨栽培研究报道较多, 关于枣的相关研究则相对较少, 且多只

针对成熟时期的光合特性和枣果实的品质进行, 避雨栽培对枣光合特性、环境因子及叶绿素含量的季节性变化的影响尚未可知。为系统研究避雨栽培对环境因子、枣光合特性和果实品质的影响, 本试验以鲜食品种‘李府贡枣’为试材, 以露地栽培为对照, 研究了生长季节(5—10月)避雨条件和露地条件下环境因子、枣树光合特性和果实品质的变化, 以为生产上枣树避雨栽培提供理论依据。

收稿日期: 2021-07-24

基金项目: 安徽省重点研究与开发计划面上攻关项目(202004a06020008)和安徽省果树产业技术体系专项经费(皖农科函(2021)711号)共同资助。

作者简介: 张道玲, 硕士。E-mail: 1014490003@qq.com

\* 通信作者: 孙其宝, 研究员。E-mail: anhuisqb@163.com

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

安徽省农科院枣基地避雨栽培(处理)和露地栽培(对照)的‘李府贡枣’。

### 1.2 方法

**1.2.1 主要环境因子和光合指标的测定** 2014年7月—2015年5月期间,两种栽培方式下,各自选取长势良好且基本一致的3株枣树,在朝南面选取树冠中上部3片树叶,使用Li-6400型便携式光合测定仪(美国Li-cor公司)测定相关指标,7:00—17:00期间每隔2h测1次。本试验测定的指标主要为‘李府贡枣’棚内外净光合速率( $P_n$ , net photosynthesis rate)、棚内外胞间 $CO_2$ 浓度( $C_i$ , intercellular  $CO_2$  concentration)、棚内外大气 $CO_2$ 浓度( $C_a$ ,  $CO_2$  concentration)、棚内外气温( $T_a$ , Temperature)、棚内外气孔导度( $G_s$ , stomatic conductance)、棚内外叶片蒸腾速率( $T_r$ , transpiration rate)、棚内外空气相对湿度(RH, relative humidity)及棚内外光合有效辐射(PAR, photosynthetically active radiation)等。

**1.2.2 叶绿素含量的测定** 试验完毕后,将测定的‘李府贡枣’叶片摘下放入液氮带回实验室。采用乙醇萃取叶绿素后,使用分光光度计测定 $A_{665}$ 和 $A_{649}$ ,根据公式(如下)计算叶绿素的含量。

叶绿素含量/( $mg \cdot g^{-1}$ ) =  $C \times V \times N \times W^{-1} \times 1000^{-1}$ 。  
 $C$ : 色素含量( $mg \cdot L^{-1}$ );  
 $N$ : 提取液体积(mL);  
 $V$ : 稀释倍数;  
 $W$ : 样品鲜重(g)。

**1.2.3 光响应曲线和 $CO_2$ 响应曲线的测定** 天气晴朗的8:00—11:30,在 $0 \sim 2000 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 光强范围内(大气 $CO_2$ 浓度为 $400 \mu mol \cdot mol^{-1}$ ),测定避雨和露地栽培条件下‘李府贡枣’的光响应曲线( $P_n$ -PAR)。随后在 $0 \sim 2000 \mu mol \cdot mol^{-1}$  $CO_2$ 浓度范围内(光强为饱和和光强),进行‘李府贡枣’ $CO_2$ 响应曲线( $P_n$ - $CO_2$ )的测定。根据以上两条曲线,分别求出两种模式下‘李府贡枣’光饱和点(LSP)、光补偿点(LCP)、 $CO_2$ 饱和点(CPS)及 $CO_2$ 补偿点(CCP)。

**1.2.4 果实品质的测定** 在果实成熟期间,调查统计两种栽培方式下‘李府贡枣’裂果率。每个处理随机采取树冠外围中等大小的果实30个。使用分析天平测定单果重;游标卡尺测量果实纵横径;蒽酮比色法测定可溶性总糖;标准NaOH溶液滴定法测定可滴定酸;2,6-二氯酚靛酚滴定法测定Vc含量。

### 1.3 数据处理

采用Excel软件进行数据整理,使用 $t$ 检验方法对避雨和露地栽培相关数据进行差异显著性分析,

用Origin软件生成折线图。

## 2 结果与分析

### 2.1 生长季节棚内外主要环境因子的日变化

如图1(a)所示,两种模式下光照强度的日变化均呈现明显“单峰”型,且差异显著。避雨条件下,比较一天中(7:00、9:00、11:00、13:00、15:00和17:00)光照强度的最大值,得出规律如下:7月 $PAR_{max}(1236 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}) > 9$ 月 $PAR_{max}(1167 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}) > 5$ 月 $PAR_{max}(1130 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}) > 10$ 月 $PAR_{max}(887 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1})$ 。露地条件下,比较得出7月 $PAR_{max}(1848 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}) > 9$ 月 $PAR_{max}(1710 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}) > 5$ 月 $PAR_{max}(1689 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}) > 10$ 月 $PAR_{max}(1577 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1})$ 。两种栽培方式下,均表现为7月光照最强,5月和9月次之,10月最低。5月和7月日变化最大值出现在11:00,9月和10月日变化最大值出现在13:00。

如图1(b),两种栽培模式下,环境温度日变化基本呈现“低—高—低”的变化趋势,且棚内外差异较显著,棚内温度较棚外高。避雨条件下,比较一天中(7:00、9:00、11:00、13:00、15:00和17:00)气温的最大值,得出规律如下:7月 $T_{a,max}(41.9^\circ C) > 5$ 月 $T_{a,max}(38.9^\circ C) > 10$ 月 $T_{a,max}(32.9^\circ C) > 9$ 月 $T_{a,max}(30.6^\circ C)$ 。露地条件下,比较得出:7月 $T_{a,max}(43.09^\circ C) > 5$ 月 $T_{a,max}(34.6^\circ C) > 9$ 月 $T_{a,max}(33.69^\circ C) > 10$ 月 $T_{a,max}(31.65^\circ C)$ 。两种模式下,最高环境温度均出现在7月中的15:00。

如图1(c),两种栽培方式下大气 $CO_2$ 浓度均呈现“高—低—高”的变化趋势,且傍晚浓度较清晨低,棚内外略有差异。避雨条件下,比较一天中(7:00、9:00、11:00、13:00、15:00和17:00) $CO_2$ 浓度的最大值,得出规律如下:7月 $C_{a,max}(473.8 \mu mol \cdot mol^{-1}) > 5$ 月 $C_{a,max}(418.1 \mu mol \cdot mol^{-1}) > 10$ 月 $C_{a,max}(412.6 \mu mol \cdot mol^{-1}) > 9$ 月 $C_{a,max}(401.9 \mu mol \cdot mol^{-1})$ 。露地条件下,比较得出:7月 $C_{a,max}(504.1 \mu mol \cdot mol^{-1}) > 10$ 月 $C_{a,max}(417.6 \mu mol \cdot mol^{-1}) > 5$ 月 $C_{a,max}(417.5 \mu mol \cdot mol^{-1}) > 9$ 月 $C_{a,max}(394.7 \mu mol \cdot mol^{-1})$ 。两种模式下最高值均出现在7:00,且7月最高,9月最低,5月、10月居中。

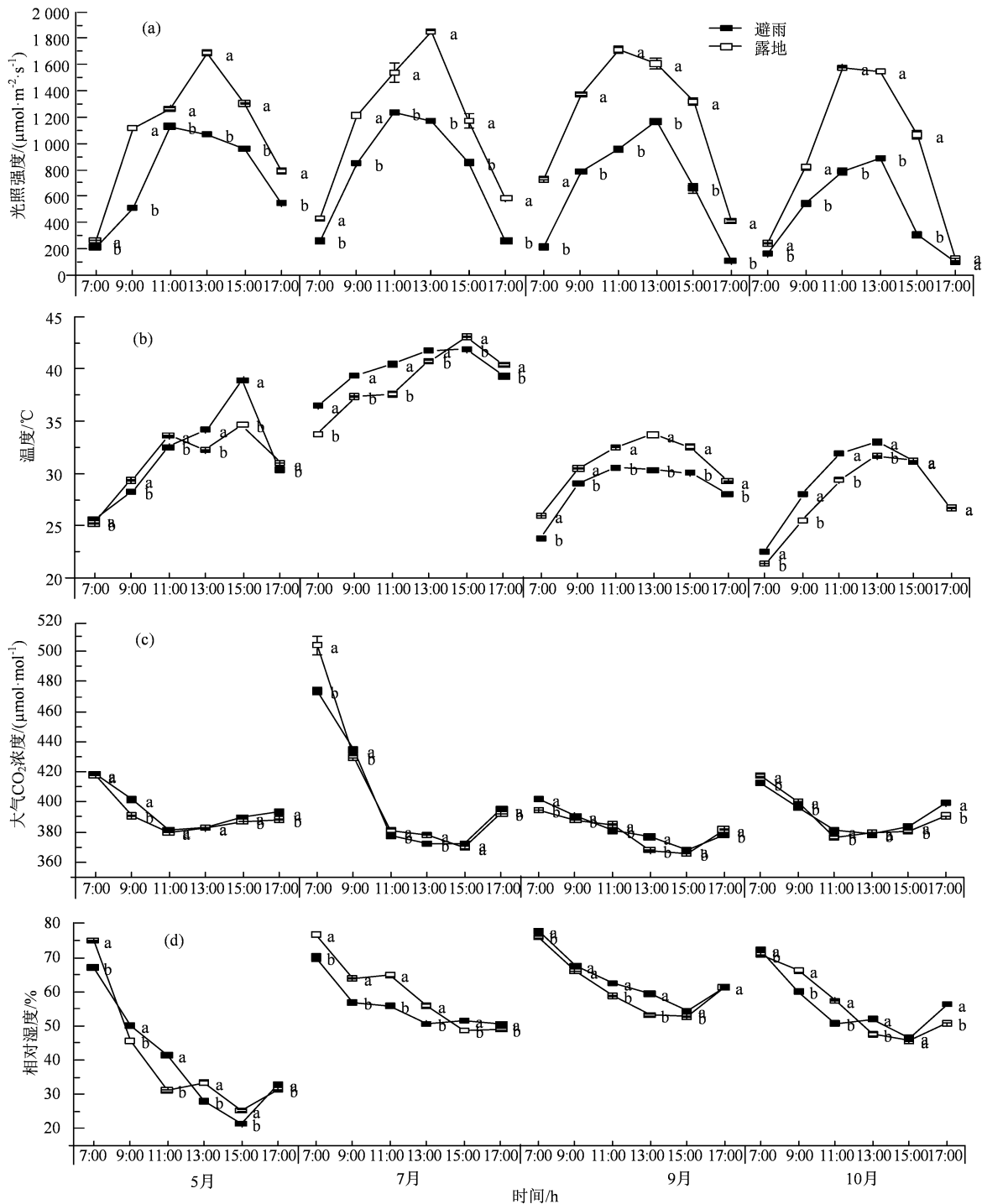
如图1(d),空气相对湿度的日变化趋势与光照和温度大致呈负相关,棚内外差异显著。避雨条件下,比较一天中(7:00、9:00、11:00、13:00、15:00和17:00)相对湿度的最大值,得出规律如下:9月 $RH_{max}(77.7\%) > 10$ 月 $RH_{max}(72.3\%) > 7$ 月 $RH_{max}(69.9\%) > 5$ 月 $RH_{max}(67.1\%)$ 。露地条件下,比

较得出: 7月  $RH_{max}$  (76.8%) > 9月  $RH_{max}$  (76.1%) > 5月  $RH_{max}$  (74.9%) > 10月  $RH_{max}$  (70.8%)。

### 2.2 两种栽培方式下‘李府贡枣’光特性的日变化

如图 2(a)所示, 两种模式下, ‘李府贡枣’净光合速率差异较显著, 且均为“单峰”型。避雨条件下, 比较一天中 (7:00、9:00、11:00、13:00、15:00 和 17:00) 相对湿度的最大值, 得出规律如下: 7月  $P_n$ ,

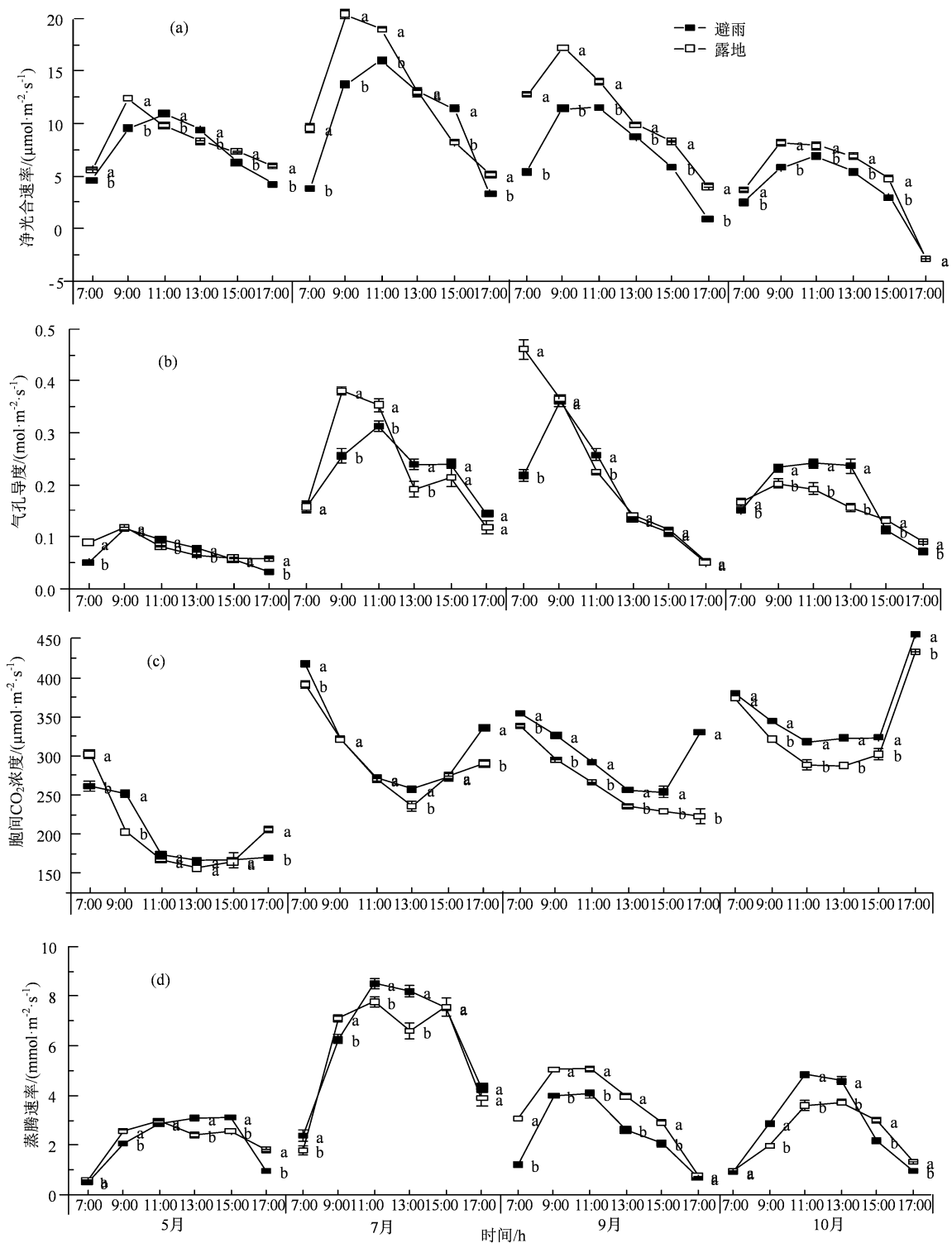
$max (15.99 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}) > 9月 P_{n,max} (11.51 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}) > 5月 P_{n,max} (10.95 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}) > 10月 P_{n,max} (6.89 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1})$ , 最大值均出现在 11:00。露地条件下, 比较得出: 7月  $P_{n,max} (20.4 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}) > 9月 P_{n,max} (17.2 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}) > 5月 P_{n,max} (12.4 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}) > 10月 P_{n,max} (8.20 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1})$ , 最大值均出现在 9:00。7月光合作用最强, 10月最弱, 5月和 9月居中。



注: (a)、(b)、(c)和(d)分别为棚内外光照强度、大气温度、空气 CO<sub>2</sub> 浓度和相对湿度的日变化。

图 1 生长季节棚内外光照强度、大气温度、空气 CO<sub>2</sub> 浓度、相对湿度的日变化

Figure 1 Diurnal variation of PAR,  $T_a$ ,  $C_a$  and RH of rain-shelter and open-field cultivation in different months



注: (a)、(b)、(c)和(d)分别为大棚内外净光合速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度及蒸腾速率的日变化。

图 2 生长季节大棚内外净光合速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度、蒸腾速率的日变化

Figure 2 Diurnal variations of  $P_n$ ,  $G_s$ ,  $C_i$  and  $T_r$  of rain-shelter and open-field cultivation in different months

表 1 避雨栽培和露地栽培‘李府贡枣’光与 CO<sub>2</sub> 的饱和点与补偿点

Table 1 The LSP, LCP, CSP and CCP of ‘LifuGongzao’ under rain-shelter and open-field cultivation

栽培方式	光饱和点/ ( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	光补偿点/ ( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	CO <sub>2</sub> 饱和点/ ( $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ )	CO <sub>2</sub> 补偿点/ ( $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ )
避雨栽培	1 400	45	1 600	75
露地栽培	1 600	30	1 800	65

表 2 避雨栽培和露地栽培条件下‘李府贡枣’中叶绿素含量的变化

Table 2 Changes of chlorophyll content in ‘LifuGongzao’ under rain-shelter and open-field cultivation

月份	总叶绿素/(mg·g <sup>-1</sup> )		叶绿素 a/(mg·g <sup>-1</sup> )		叶绿素 b/(mg·g <sup>-1</sup> )		叶绿素 a/b	
	避雨栽培	露地栽培	避雨栽培	露地栽培	避雨栽培	露地栽培	避雨栽培	露地栽培
5月	1.77±	1.42±	1.38±	1.12±	0.39±	0.30±	3.53±	3.73±
	0.02 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.02 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>
7月	1.70±	1.45±	1.29±	1.16±	0.41±	0.29±	3.23±	4.08±
	0.05 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.02 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.05 <sup>a</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.26 <sup>b</sup>	0.09 <sup>a</sup>
9月	1.89±	1.88±	1.49±	1.52±	0.40±	0.36±	3.68±	4.12±
	0.01 <sup>a</sup>	0.02 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.08 <sup>a</sup>
10月	1.53±	1.32±	1.21±	1.07±	0.32±	0.25±	3.76±	4.35±
	0.05 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.08 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.02 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.14 <sup>b</sup>	0.05 <sup>a</sup>

注：表中同行相同指标不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。



图 3 避雨栽培和露地栽培条件下的枣果

Figure 3 The fruits of jujube under rain-shelter and open-field cultivation

表 3 避雨栽培和露地栽培条件下果实外观品质

Table 3 The fruit quality of jujube ‘LifuGongzao’ under rain-shelter and open-field cultivation

栽培方式	最大单果重/g	最小单果重/g	平均单果重/g	果实纵径/mm	果实横径/mm
避雨栽培	13.62	5.23	8.52±0.42 <sup>b</sup>	27.28±0.61 <sup>b</sup>	25.37±0.44 <sup>b</sup>
露地栽培	20.90	10.49	14.97±0.52 <sup>a</sup>	33.33±0.43 <sup>a</sup>	31.38±0.44 <sup>a</sup>

注：表中同列不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )，下同。

表 4 避雨栽培和露地栽培条件下果实内在品质

Table 4 The fruit quality of jujube ‘LifuGongzao’ under rain-shelter and open-field cultivation

栽培方式	果实硬度/(kg·cm <sup>-2</sup> )	可溶性总糖/%	可滴定酸/%	维生素 C/(mg·kg <sup>-1</sup> )
避雨栽培	4.30±0.15 <sup>a</sup>	25.06±1.60 <sup>a</sup>	0.27±0.01 <sup>a</sup>	1 473.49±38.80 <sup>a</sup>
露地栽培	4.26±0.15 <sup>a</sup>	15.79±1.50 <sup>b</sup>	0.20±0.01 <sup>a</sup>	1 416.67±27.30 <sup>a</sup>

如图 2(b)所示, 两种栽培方式下, 气孔导度差异较为显著。避雨条件下, 比较一天中 (7:00、9:00、11:00、13:00、15:00 和 17:00) 气孔导度的最大值得出规律: 9月  $G_{s, \max}$  ( $0.36 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) > 7月  $G_{s, \max}$  ( $0.31 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) > 10月  $G_{s, \max}$  ( $0.24 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) > 5月  $G_{s, \max}$  ( $0.12 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )。露地条件下, 比较

得出: 9月  $G_{s, \max}$  ( $0.46 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) > 7月  $G_{s, \max}$  ( $0.38 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) > 10月  $G_{s, \max}$  ( $0.20 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) > 5月  $G_{s, \max}$  ( $0.12 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )。两种模式下, 9月气孔导度值最大, 5月最小, 7月和10月居中。

如图 2(c)所示, 两种栽培方式下胞间  $\text{CO}_2$  浓度基本呈现“高一低—高”的变化趋势, 日变化趋势与

净光合速率呈现负相关, 且差异显著。

如图 2(d)所示, 两种栽培方式下叶片蒸腾速率基本呈现“单峰”型, 且差异显著。避雨条件下, 比较一天中(7:00、9:00、11:00、13:00、15:00 和 17:00)蒸腾速率的最大值得出规律如下: 7 月  $T_{r, \max}$  ( $8.5 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) > 10 月  $T_{r, \max}$  ( $4.8 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) > 9 月  $T_{r, \max}$  ( $4.1 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) > 5 月  $T_{r, \max}$  ( $3.1 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )。露地条件下, 比较得出: 7 月  $T_{r, \max}$  ( $7.8 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) > 9 月  $T_{r, \max}$  ( $5.1 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) > 10 月  $T_{r, \max}$  ( $3.7 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) > 5 月  $T_{r, \max}$  ( $3.0 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )。7 月蒸腾速率最强, 5 月最弱, 9 月和 10 月居中。

### 2.3 两种栽培方式下光与 $\text{CO}_2$ 饱和点与补偿点的比较

由表 1 可知, 两种栽培方式下, 避雨栽培的‘李府贡枣’光饱和点与  $\text{CO}_2$  饱和点均低于露地, 但光补偿点和  $\text{CO}_2$  补偿点均高于露地。

### 2.4 两种栽培方式下叶片叶绿素含量的比较

叶绿素是植物进行光合作用时吸收和传递光能的主要物质基础, 适量的遮光可使其含量增加, 叶绿素 a/b 下降, 有利于对光能的捕获和吸收, 从而有效利用弱光<sup>[3]</sup>。叶绿素 a 是以吸收长波光为主, 叶绿素 b 则能够有效地吸收散射光, 二者对于光合作用起着至关重要的作用<sup>[5]</sup>。综合生长季节(5 月、7 月、9 月和 10 月份)来看, 避雨栽培对叶绿素影响较显著, 避雨条件下叶绿素 a、叶绿素 b 及叶绿素总量高于露地栽培, 而叶绿素 a/b 则低于露地栽培(表 2), 这与田田<sup>[6]</sup>关于避雨栽培对樱桃光合特性影响的研究结果一致。

### 2.5 两种栽培方式下枣果品质的比较

相对于露地栽培, 避雨栽培显著降低了裂果率, 棚内‘李府贡枣’枣果裂果率低于 5%, 而露地栽培高达 50%~60%, 且避雨栽培果实外观品质高于露地(图 3)。避雨条件下平均单果重为 8.52 g, 露地栽培为 14.97 g, 两种栽培方式的平均单果重差异显著; 避雨栽培条件下果实纵横径分别为 27.28 和 25.37 mm, 而露地栽培的分别为 33.33 和 31.38 mm, 避雨栽培和露地栽培的果实纵横径差异显著(表 3), 这与曹锰<sup>[7]</sup>研究的在快速生长后期葡萄单果重以及纵横径显著低于露地栽培等相符。

两种栽培模式下枣果内在品质测定结果详见表 4。果实硬度差异不显著; 避雨栽培可溶性总糖明显高于露地栽培; 可滴定酸和  $\text{V}_C$  略高于露地栽培, 但差异不显著。综上所述, 避雨栽培对果实硬度、可滴定酸以及  $\text{V}_C$  影响不大, 却提高了可溶性总糖

含量。

## 3 讨论与结论

### 3.1 避雨栽培对‘李府贡枣’光合特性影响

避雨栽培因覆盖棚膜, 影响光强、大气温度等因子, 进而影响枣树光合作用, 这与栗进朝<sup>[8]</sup>、杨寻<sup>[9]</sup>等研究结果相符。避雨条件下, ‘李府贡枣’5 月和 7 月最强光照在 11:00, 9 月和 10 月最强光照在 13:00。露地条件下, 5 月和 7 月最强光照在 13:00, 9 月和 10 月最强光照在 11:00 时。由此可知, 研究枣树光合特性, 露地栽培条件下, 春夏季以 13:00、秋季以 11:00 为好; 避雨条件下, 春夏季以 11:00、秋季以 13:00 为好。

余海霞等<sup>[10]</sup>研究表明, 避雨栽培可提高温度, 降低湿度。本研究结果表明, 5 月、7 月和 10 月避雨棚内温度基本高于露地。但 9 月棚内温度却低于棚外, 且低于 10 月棚内温度。可能 9 月棚内位置选择不当, 导致测量的温度较实际值低。

植物光合作用随环境因子变化而改变, 影响果实的品质和产量<sup>[11-12]</sup>。光饱和点及补偿点是反映作物对光环境适应性的重要指标。光饱和点较高、光补偿点较低的作物对光环境有较强的适应性, 反之则弱<sup>[13]</sup>。避雨栽培的‘李府贡枣’对强光的适应能力下降, 光饱和点与  $\text{CO}_2$  饱和点均低于露地, 但光补偿点和  $\text{CO}_2$  补偿点则相反, 说明避雨栽培影响了枣树的光能利用率, 从而影响光合作用, 进而导致单果重下降。

石岩在研究苹果梨叶片光合特性时发现, 营养枝、无果短枝、果台副梢叶绿素含量从 5 月份开始增加, 在 8 月达到最大值。其中营养枝叶叶绿素含量在 8 月底达到最大值, 9 月高于 7 月<sup>[14]</sup>。本研究结果显示, 避雨栽培和露地栽培条件下, 5 月至 9 月叶绿素含量一直维持在较高水平, 10 月开始下降, 说明枣树叶片 10 月开始衰老。但此时避雨栽培条件下叶片总叶绿素和叶绿素 a 的含量都显著高于露地, 说明避雨栽培能在一定程度上延缓枣树叶片衰老。

### 3.2 避雨栽培对‘李府贡枣’果实品质影响

避雨栽培能提高果皮亮度, 减少果面斑痕, 提升枣果外观品质<sup>[15-18]</sup>, 可能是由于避雨栽培在果实转色期提供了相对稳定的环境, 果实受外界风雨的影响程度降低, 降低果实机械损伤的程度, 也可能是棚内相对干燥的环境抑制了一些病虫害的发生, 从而提高果实表面光洁度<sup>[19-20]</sup>。

2014 年 8 月, 合肥地区降雨量达到 162 mm,

较常年偏多 30%，降雨天数多达 19 d，其余天数为多云和阴天，日照时数仅为 86.8 h，较常年偏少 50%。即便如此，避雨条件下‘李府贡枣’果实可溶性糖含量仍达到了 25.06%，显著高于露地栽培。说明避雨栽培能显著提高枣果可溶性糖含量<sup>[21]</sup>，但不影响果实硬度、可滴定酸和维生素 C 含量。此外，避雨栽培显著降低了裂果率。

本试验表明，避雨栽培能够显著提升枣果实内在和外观品质，降低裂果率，促进枣产业可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 付亚群, 高媛, 孟楠, 等. 避雨栽培对‘赤霞珠’葡萄绿叶挥发性组分含量的影响[J]. 果树学报, 2017, 34(12): 1566-1579.
- [2] 王凯. 避雨栽培对户太八号葡萄生长发育及果实品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [3] 王紫寒. 避雨栽培对‘泽香’葡萄果实品质和叶片生理特性的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.
- [4] 李晋. 避雨栽培在北方葡萄生产中的应用初探[D]. 秦皇岛: 河北科技师范学院, 2014.
- [5] 史振声, 钟雪梅, 黄海皎, 等. 遮荫胁迫对不同耐阴性玉米叶绿素含量的影响[J]. 玉米科学, 2013, 21(4): 55-58,63.
- [6] 田田. 避雨栽培对樱桃光合特性、果实发育及相关基因表达的影响[D]. 贵阳: 贵州大学, 2020.
- [7] 曹锰. 避雨栽培对葡萄生长小气候及果实品质的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2015.
- [8] 栗进朝, 段罗顺, 张晓申. 避雨对葡萄病害和光照强度的影响[J]. 果树学报, 2009, 26(6): 847-850.
- [9] 杨寻, 郑超, 余玲, 等. 避雨栽培对葡萄叶片光合特性的影响[J]. 现代农业科技, 2013(24): 89,94.
- [10] 余海霞, 罗聪, 黄方, 等. 避雨栽培对台农一号芒果园温湿度及果实品质的影响[J]. 南方农业学报, 2017, 48(8): 1452-1457.
- [11] 杨俊强, 陈红玉, 申仲妹, 等. 避雨栽培对宫枣成熟期光合生态因子及光合作用的影响[J]. 山西农业科学, 2016, 44(9): 1268-1271,1290.
- [12] 李瑛, 张睿佳, 张伟达, 等. 基于光合特性的设施栽培耐弱光葡萄品种筛选[J]. 果树学报, 2015, 32(5): 885-893.
- [13] 任俊鹏, 郭建, 毛妮妮, 等. 避雨栽培对阳光玫瑰葡萄光合特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(23): 186-189.
- [14] 石岩. 苹果梨叶片光合特性及其影响因子的研究[D]. 延吉: 延边大学, 2009.
- [15] 韩志强. 避雨栽培对南方鲜食枣产量与品质的影响研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2015.
- [16] 钱皆兵, 郭延平, 陈子敏, 等. 柑橘设施栽培对土壤理化性质和果实品质的影响[J]. 浙江农业科学, 2007, 48(1): 28-29,34.
- [17] 黄永红, 曾继吾, 周碧容, 等. 避雨栽培对‘龙门年橘’留树保鲜期间果实品质的影响[J]. 园艺学报, 2009, 36(7): 1049-1054.
- [18] 纪晴, 包昌艳, 周军, 等. 避雨栽培对冬枣果实品质的影响[J]. 经济林研究, 2018, 36(4): 64-72.
- [19] 于法辉, 张宏宇. 虫源性柑橘果面伤痕诊断[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(2): 290-294.
- [20] 任俊鹏, 郭建, 毛妮妮, 等. 避雨栽培对阳光玫瑰葡萄光合特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(23): 186-189.
- [21] 李延菊, 孙庆田, 张序, 等. 避雨栽培对大樱桃园生态因子及生理特性的影响[J]. 果树学报, 2014, 31(S1): 90-97.