

DOI: 10.3969/j.issn.0488-5368.2024.01.006

榆林地区不同鲜食枣品种光合日变化与 环境因子的相关性研究

张佳佳,高拖弟,冯江帅,李 想,薛喜琴,刘永华

(榆林学院 生命科学学院,陕西 榆林 719000)

摘 要:研究陕西榆林地区不同引种鲜食枣光合特性的差异,分析不同品种之间的光合日变化和其他因子的相关性,选择适应当地的鲜食枣品种,以期应用优良鲜食枣品种提供参考。本试验使用 GFS-3000 仪器,测定陕西榆林沙地环境自然条件下四种不同的鲜食枣品种(濮阳糖枣、冷白玉、早脆蜜、金矮四号)的光合日变化,分析不同生理生态因子和光合日变化的关系。净光合速率日平均值大小分别是:濮阳糖枣>冷白玉>金矮四号>早脆蜜;蒸腾速率日平均值表现为:金矮四号>早脆蜜>冷白玉>濮阳糖枣;四种鲜食枣的净光合作用速率(P_n)具有双峰特征,且四个品种的两次峰值均出现在 9:00 和 15:00;各品种 P_n 受不同生理生态因子影响,与光合有效辐射(PAR)、蒸腾速率(T_r)、相对湿度(RH)呈极显著($P<0.01$)或显著相关($P<0.05$),胞间二氧化碳(C_i)呈极显著负相关($P<0.01$)。4 个鲜食枣品种中,比较适宜在榆林沙地栽植的品种是濮阳糖枣和冷白玉。

关键词:鲜食枣;品种;光合特性;生理生态因子

中图分类号:S665.1 文献标识码:A 文章编号:0488-5368(2024)01-0025-05

Correlation between Diurnal Variation of Photosynthesis and Environmental Factors in Different Fresh-eating Jujube Varieties in Yulin Area

ZHANG Jiajia¹, GAO Tuodi¹, FENG Jiangshuai¹, LI Xiang¹, XUE Xiqin¹, LIU Yonghua^{1*}

(1. College of Life Sciences, Yulin University, Yulin, Shaanxi 719000 China)

Abstract: To investigate the variations in photosynthetic characteristics among different introduced fresh-eating jujube varieties in Yulin, Shaanxi Province, analyze the diurnal variation of photosynthesis among these varieties and examine their correlation with other factors, this study seeks to identify and recommend local fresh-eating jujube varieties. The goal is to provide a reference for the application of excellent fresh-eating jujube varieties. The GFS-3000 instrument was used in this experiment to measure the diurnal variation of photosynthesis in four different fresh-eating jujube varieties (Puyangtang jujube, Lengbaiyu jujube, Zaocuiji jujube, Jin'ai No. 4 jujube) under the natural conditions of the sandy land in Yulin, Shaanxi Province. The relationship between various physiological, ecological factors and diurnal variation of photosynthesis was analyzed. The daily average value of net photosynthetic rate followed the order of Puyangtang jujube > Lengbaiyu jujube > Jin'ai 4 jujube > Zaocuiji jujube; The daily average transpiration rates were as follows: Jin'ai 4 jujube > Zaocuiji jujube > Lengbaiyu jujube > Puyang Tangzao jujube; The net photosynthetic rate (P_n) of four fresh-eating jujube had double peaks, with the two peaks for all four varieties occurring at 9:00 and 15:00; Influenced by different physiological and ecological factors, P_n for each variety showed a significant correlation with photosyn-

收稿日期:2023-03-28 修回日期:2023-04-26

基金项目:陕西省重点研发计划项目(2019TSLNY03-01)。

第一作者简介:张佳佳(1998-)男,在读硕士研究生,研究方向为植物遗传育种。

通信作者:刘永华。

thetic effective radiation (PAR), transpiration rate (Tr), and relative humidity (RH) ($P < 0.01$) or a significant correlation at the 5% level ($P < 0.05$). Intercellular carbon dioxide (Ci) was found to be significantly negatively correlated ($P < 0.01$). Among the four fresh-eating jujube varieties, Puyangtang jujube and Lengbaiyu are more suitable for planting in Yulin sandy land.

Key words: Fresh-eating jujube; Varieties; Photosynthetic characteristics; Physiological and ecological factors

枣(*Zizyphus jujube*)是我国分布广泛、具有悠久栽培历史的一种重要经济树种^[1],在陕西省已有 3 000 a 以上的栽培历史,陕西北部的榆林是黄河红枣主要的产区^[2],红枣已经成为该地的主要支柱产业之一。红枣具有食用、药用、观赏等多方面用途,其果肉内富含蛋白质、糖类、维生素以及微量元素等成分^[3],作为保健食品,有“日食三枣,长生不老”的说法,有“天然维生素丸”的美称,有养胃、益血、健脾、强身的功效^[4]。枣林同时也可以起到防风护坡固沙、改良土壤结构、加大水土维护、减少水蒸气化和降低干热风侵害等作用,为其他生物提供了有利的生存条件,拓展了物种多样性,维持了系统的稳定,加快了物质和能量的循环,提升了生态系统的功能和结构^[5]。

降雨高发的秋季是榆林红枣成熟的季节,裂果的现象常有发生,对枣农造成很大的经济损失,再加上榆林本土枣品种相对退化,导致近年来榆林红枣产业发展进入瓶颈,因此,适当发展新的鲜食枣品种对提高当地农民收入,促进红枣产业发展具有重要的意义。发展新的鲜食枣品种就离不开当地的生态环境,研究植物光合作用的特征及其与生态环境因子之间的联系,研究植物对生态环境的适应性对于生态环境有着至关重要的意义^[6]。大多数枣树品种相较于野生酸枣的耐盐性、抗旱、抗寒性较差,优良鲜食枣品种多通过嫁接技术来改善对环境的适应能力^[7]。本试验选用酸枣作为砧木,嫁接而成的四种不同的鲜食枣品种,对其光合日变化以及主要环境因子进行测定,分析不同品种之间的光合日变化及其影响因子,从而选择适应当地的鲜食枣品种,为促进优质新鲜枣品种的种植,提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于榆林市榆阳区试验林场,试验地海拔 1 079 m,枣果开花坐果期昼夜温差大于 10℃。年平均气温 10.7℃,年平均降水量在 400 mm 左右^[8]。

1.2 试验材料

试验鲜食枣品种为四种 4 a 以上的嫁接苗,品种分别是河南濮阳糖枣、早脆蜜、冷白玉和金矮四号。四种品种的土壤养分、肥料、水分、田间管理均相同。以水肥混合形式通过滴灌的方式加入田间,土壤田间水分储存量为(60±5)%。

1.3 测定仪器和方法

2022 年 6 月 12 日、14 日、15 日晴天(8:00—18:00)使用 GFS-3000/P 标准光合仪(由德国 WALZ 公司生产),系统的参数设定为环境条件控制为 flow750,imp 为 7,Lm PAR top 为 1 000,温度为 25℃,二氧化碳浓度为 500 μmol/mol。测定的指标有净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)四项光合特性参数。环境参数的光合有效辐射(PAR)使用 LBJ-28-2 光合有效辐射计测定,环境二氧化碳浓度(Ca)、大气温度(Ta)、湿度(RH)使用 LB-QT-CO₂ 检测仪测定,测定的高度为手持高度距离地面 0.6 m。在鲜食枣开花坐果期测量日变化,测定取 3d 数据的均值。选取河南濮阳糖枣、早脆蜜、冷白玉和金矮四号长势大小一致的植株各三株,每株选取 3 个无破损、无病虫害的叶片,每个叶片测定时采集 3 次数据。

1.4 数据处理与分析

用 SPSS20 进行数据处理,GraphPad Prism 8 进行作图、相关性分析。

2 结果与分析

2.1 环境因子的平均日变化

光合有效辐射(PAR)、叶温(Tl)、大气二氧化碳浓度(Ca)等指标的平均日变化见图 1。从图 1 中可以得知,PAR 日变化呈现先上升,到峰值,后下降的单峰曲线,从 8:00—13:00 逐渐上升,13 时达到最高值,光合有效辐射在 11:00—14:00 之间维持着较高的水平。Tl 和 Ta 的变化和 PAR 的变化规律相似,均是先上升后下降,在测定时间内,Ta 的最大温差为 15.67℃,Tl 的最高温度和最低

温度差为 16.06°C 。Tl 和 Ta 接近或者 Tl 小于 Ta 的变化情况。Ca 的变化呈现先降低后稳定然后略有升高的趋势,8:00 的 Ca 值最高,达到 $435.81\text{ }\mu\text{mol/mol}$ 之后下降,13:00 到达最低为 $369.13\text{ }\mu\text{mol/mol}$ 随后有所回升,这可能与植物的光合作用有所下降有关系。RH 的变化呈现一直下降的趋势,8:00 最高为 52.13% ,最低空气湿度和最高空气湿度相差 12.95% 。

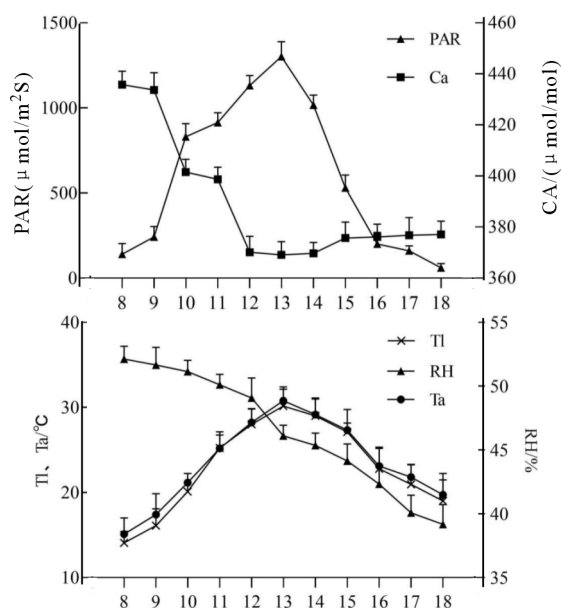


图1 环境因子的日变化

2.2 鲜食枣净光合速率(Pn)日变化

净光合速率大小与品种自身的生物学特点有关,同时也受 PAR、Ta、Tl、Ca、RH 等多种环境因子的影响^[9~10]。由图 2 可知,4 个不同鲜食枣品种的净光合速率日变化曲线呈现双高峰特征,出现了明显的“午休”现象,非气孔因素为主要原因。各个品种的峰值的大小不尽相同,其中早脆蜜和金矮四号的变化较为接近,濮阳糖枣和冷白玉的变化相似。Pn 上升最快的为濮阳糖枣,其次是冷白玉。四个品种的两次峰值均出现在 9:00 和 15:00,其中 9:00 濮阳糖枣的净光合速率最高为 $17.41\text{ }\mu\text{mol/m}^2\text{ s}$,最低的为早脆蜜 $15.01\text{ }\mu\text{mol/m}^2\text{ s}$ 。第二峰值出现时间为 15:00,最高峰值是 $12.53\text{ }\mu\text{mol/m}^2\text{ s}$ 为冷白玉品种。在 9:00—12:00 和 15:00—16:00 之间,四个品种的净光合速率维持在较高的水平。16:00 以后,各品种 Pn 均快速降低。

2.3 鲜食枣胞间 CO_2 浓度(Ci)日变化

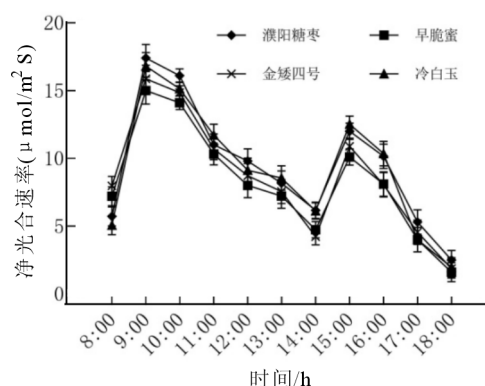


图2 净光合速率

结合图 1 和图 2,胞间 CO_2 浓度日变化曲线与净光合速率日变化曲线的变化趋势不完全同步,呈“W”峰型,濮阳糖枣的胞间 CO_2 浓度最低为 $187.35\text{ }\mu\text{mol/mol}$,四个品种均在 9:00 出现了最小值,早脆蜜、金矮四号、冷白玉、濮阳糖枣的最小值分别是 210.1 、 201.44 、 200.7 、 $187.35\text{ }\mu\text{mol/mol}$ 。在 15:00 出现第二次降低,第二次低谷时冷白玉的胞间 CO_2 浓度最低为 $208.01\text{ }\mu\text{mol/mol}$,15:00 以后各品种的胞间 CO_2 开始上升。

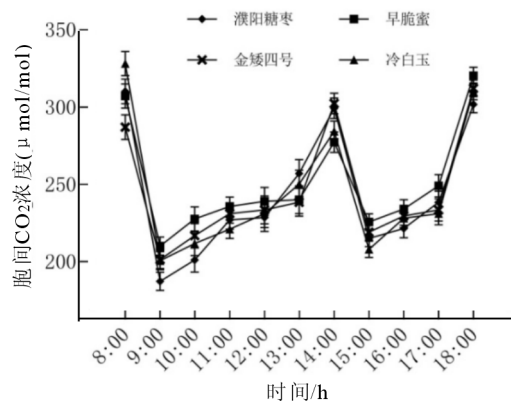


图3 胞间 CO_2 浓度

2.4 鲜食枣气孔导度(Gs)日变化

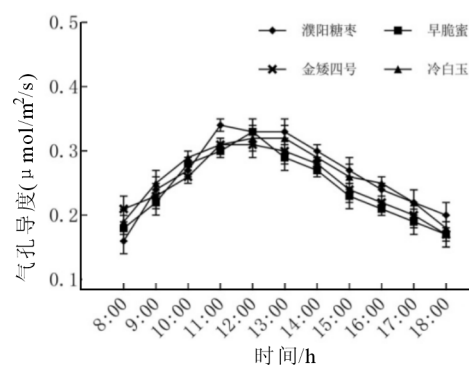


图4 气孔导度

从图 3 可知,4 个品种的鲜食枣气孔导度均呈现单峰变化,濮阳糖枣在 11 :00 达到峰值为 0.34 mol/m² s,早脆蜜、冷白玉、金矮四号均在 12 :00 达到峰值分别为 0.33、0.32、0.31 mol/m² s。13 :00 以后,各品种气孔导度下降变化相似,濮阳糖枣的气孔导度稍高。

2.5 鲜食枣蒸腾速率(Tr)日变化

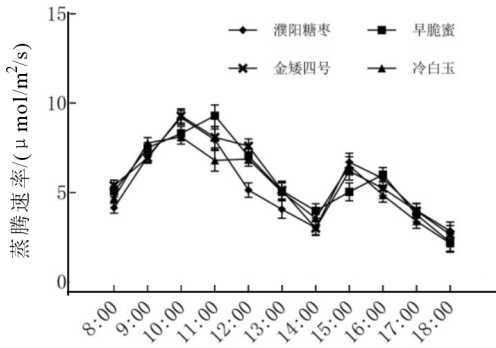


图 5 蒸腾速率

四种鲜食枣蒸腾速率日变化趋势如图 4 所示,表现为“双峰”型,不同品种的蒸腾速率日变化不完全相同,10 :00—11 :00 不同品种鲜食枣均出现

峰值,不同的是早脆蜜在 11 :00 出现峰值,其余三个品种在 10 :00 出现峰值。濮阳糖枣、早脆蜜、冷白玉、金矮四号最大值分别为 9.21、9.31、8.12、9.29(mm²/m² s)。各品种在 11 :00 以后蒸腾速率均开始下降,14 :00 达到低点,随后一小时内开始上升。16 :00 以后各品种开始下降,濮阳糖枣、早脆蜜、冷白玉、金矮四号的日平均 Tr 分别是 5.45、5.76、5.44、5.78(mm²/m² s)。

2.6 鲜食枣净光合速率与影响因子的相关性

诸多因素影响作物的净光合速率日变化,比如植物的种类、环境因素等。以四种鲜食枣的净光合速率(Pn)与其他因子进行多元相关性分析,其他因子包括胞间 CO₂ 浓度(Ci)、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)、叶温(Tl)、气温(Ta)、光合有效辐射(PAR)、大气 CO₂ 浓度(Ca)和空气湿度(RH)。

由表 1 可知,四个鲜食枣品种的净光合速率 Pn 与蒸腾速率 Tr、光合有效辐射 PAR 存在极显著正相关,和胞间二氧化碳浓度 Ci 存在极显著的负相关性。早脆蜜和金矮四号的 Pn 与 RH 呈极显著正相关,不同的是濮阳糖枣的 Pn 与 RH 呈显著正相关。

表 1 不同鲜食枣品种净光合速率及其影响因子之间相关性系数

品种	Pn	Gs	Ci	Tr	Ta	Tl	PAR	Ca	RH
濮阳糖枣	1	0.3011	-0.8698**	0.8794**	-0.0593	-0.0736	0.8930**	0.3975	0.6096*
早脆蜜	1	0.2354	-0.7887**	0.8899**	-0.1546	-0.1672	0.8751**	0.5429	0.7364**
冷白玉	1	0.3674	-0.8559**	0.8789**	0.0189	0.0080	0.8418**	0.3527	0.5948
金矮四号	1	0.2023	-0.7904**	0.8879**	-0.1881	-0.2015	0.8427**	0.5649	0.7402**

注: * 表示显著相关(P<0.05), ** 表示极显著相关(P<0.01)。

3 讨论与结论

植物光合作用是植物生命活动中不可或缺的一个过程,叶片净光合速率除了与叶片的生物学特点密切相关以外,同时还受光照强度、温度等外界因素影响^[11]。枣树的生长状况受多种因素影响,其中净光合作用速率可以反映植物同化二氧化碳的能力,通常情况下,光合速率与产量密切正相关。刘婧等^[12]研究表明,枣树的光合速率日变化形态为双峰型曲线,本研究的结果早上 9 :00—10 :00 出现初高峰,次高峰出现在下午 15 :00—16 :00 结果一致,不同品种鲜食枣的光合作用效率也存在差异。

崔庆梅^[13]研究结果表明,在早上 8 :00 至 9 :00 期间,随着光合有效辐射(PAR)的增加,净光合速率(Pn)也逐渐增加;而在 9 :00 至 12 :00 期间,尽管 PAR 继续上升,但 Pn 却逐渐降低;在中午 12 :00 之后,PAR 相对稳定,但 Pn 呈现先降后升再降的趋势。张燕林等^[14]研究表明,对于枣树的光合作用而言,日变化影响最大的环境因子是大气湿度,其次是温度。大气湿度对光合作用的影响是直接的,而温度变化则会影响枣树的蒸腾速率。因此,本研究出现的净光合速率在较低光合有效辐射下出现峰值,原因可能有如下推测,其一,高光合有效辐射并不是直接导致“午休”现象的原因,但 PAR 与其他环境因素(如温度、湿度等)密切相关,

而“午休”现象的发生也与环境因素密切相关,因此 PAR 也是导致“午休”现象的重要因素之一;其二,与测量光合有效辐射和温度的时间和净光合速率的时间不对等有关。濮阳糖枣的净光合速率最高,早脆蜜的最低,日平均净光合速率由大到小分别是濮阳糖枣($9.49 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$),冷白玉($9.22 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$),金矮四号($8.66 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$),早脆蜜($8.22 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$)。

王顺利等^[15]研究表明光合有效辐射对净光合速率影响显著,相同的光照强度下,龙陵种源的净光合速率更快,有较强的光能利用率和较高的光合效率。张美善等^[16]在西洋参切片的实验结果为 P_n 与 T_r 成显著性正相关关系。陶爱群等^[17]研究表明,冬枣净光合速率与空气相对湿度呈正相关。本研究的相关性分析显示不同鲜食枣品种净光合速率均受到 C_i 、 T_r 、PAR 的影响显著,其中 PAR、 T_r 为极显著相关, C_i 为极显著负相关。植物光合抑制由两种因素引起,一种是气孔限制,另一种是非气孔限制,而本研究出现的光合“午休”现象是由非气孔限制因素导致的。

陕北榆林土壤持水能力差,枣树的蒸腾速率受环境和土壤影响较大^[18]。蒸腾作用受植物本身和外部环境条件共同控制和影响^[19]。本研究中四种不同鲜食枣品种日平均蒸腾速率最大的为金矮四号,最小的为冷白玉。不同品种具有逐渐升高、逐渐降低、再次升高和再次降低的趋势,植物蒸腾速率与水分利用效率密切相关,因此选择在土壤持水能力差的地方栽植的枣树品种时,应优先考虑高光合低蒸腾的品种。

综上所述,在榆林地区进行鲜食枣枣树的栽培上应该注重空气湿度、温度与光合有效辐射的互相结合,以此获得更好的鲜食枣树的收益成效。从净光合速率和蒸腾速率等方面考虑,濮阳糖枣与冷白玉两种鲜食枣品种与酸枣树嫁接后适合沙地环境,满足沙地环境种植要求净光合速率高、蒸腾速率较低等条件。

参 考 文 献:

- [1] 刁凯. 不同枣树品种光合特性规律研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2016.
- [2] 刘孟军. 枣产业发展趋势与对策[J]. 北京农业,2007(28):25-26.
- [3] 张永勳,刘某承,闵庆文,等. 陕西佳县枣林生态系统环境适应性及服务功能价值评估[J]. 干旱区研究,2014,31(3):416-423.
- [4] 张高如,张宇,秦媛媛,等. 榆林市红枣产业发展研究[J]. 温带林业研究,2021,4(3):18-24+30.
- [5] 尹飞,毛任钊,傅伯杰,等. 枣粮间作养分利用与表观损失空间差异性[J]. 生态学报,2008(6):2 715-2 721.
- [6] 应叶青,吴家胜,戴文圣,等. 桧木苗期光合特性研究[J]. 浙江林学院学报,2004(4):8-12.
- [7] 徐艳田. 野生酸枣嫁接大枣试验研究[J]. 现代农业科技,2022,828(22):51-54.
- [8] 付广军,申宏林,姜力,等. 榆林沙区 10 个主要鲜食枣品种光合比较研究[J]. 陕西林业科技,2021,49(2):11-14.
- [9] 丁小球,胡玉佳,王榕楷. 三种草坪草净光合速率和蒸腾速率的日变化特点研究[J]. 草业科学,2001(2):62-66.
- [10] 张森,李浩东,郭娜,等. 甘蓝型油菜光合特性及株型性状相关分析[J]. 西北农业学报,2022,31(12):1 589-1 596.
- [11] 张斌斌,姜卫兵,翁忙玲,等. 遮阴对园艺园林树种光合特性的影响[J]. 经济林研究,2009,27(3):115-119.
- [12] 刘婧,孙培琪,李宪利. 三个枣树品种光合荧光特性的研究[J]. 山东农业科学,2011,237(5):18-20+39.
- [13] 崔庆梅. 陕北三种枣树光合生理特性与果实产量及品质关系的研究[D]. 延安:延安大学,2021.
- [14] 张燕林,张玉兰,戴小笠,等. 宁夏红枣叶片光合参数日变化及其与环境因子的关系[J]. 现代农业科技,2012,570(4):278-280+282.
- [15] 王顺利,张春华,戚建华,等. 不同种源高山栲光合日变化及光合潜能分析[J]. 福建林业科技,2022,49(3):12-17.
- [16] 张美善,徐克章. 西洋参叶片光合日变化与内生节奏的关系[J]. 吉林农业大学学报,2003(6):595-597.
- [17] 陶爱群,王仁才,莫红专,等. 玉泉冬枣脆熟期光合速率日变化及影响因子研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2016,42(1):54-57.
- [18] 李昭楠. 戈壁葡萄滴灌节水机理及灌溉制度模式研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2012.
- [19] 黄稳娥,胡丽娟,安巍,等. 不同品种枸杞生长期光合速率和蒸腾速率动态变化规律研究[J]. 宁夏农林科技,2022,63(3):16-20.