

阿克苏 5 个枣品种光合荧光特征及水分利用效率研究

吴正保^{1,2}, 史彦江^{1*}, 宋锋惠¹

(1. 新疆林业科学院 造林治沙研究所, 新疆 乌鲁木齐 830063; 2. 新疆农业大学 林学与园艺学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘 要:采用 TPS-2 光合测定系统、OS-30P 手持荧光仪和碳同位素技术测定了阿克苏市的 5 个枣品种—冬枣、灰枣、骏枣、临猗梨枣和赞皇大枣的光合特征、叶绿素荧光特征以及水分利用效率,并研究了净光合速率与主要影响因子的关系。结果表明:1)5 个品种的净光合速率日变化一般在 12:00 左右达到峰值,整个生长季节各品种净光合速率日均值大小关系依次为:赞皇大枣>冬枣>临猗梨枣>骏枣>灰枣;2)5 个品种蒸腾速率日变化基本呈“单峰”曲线,整个生长季节的蒸腾速率日均值排序为:冬枣>赞皇大枣>临猗梨枣>骏枣>灰枣;3)5 个品种长期水分利用效率,依次为冬枣>赞皇大枣>临猗梨枣>骏枣>灰枣,骏枣和灰枣表现较高,赞皇大枣和临猗梨枣次之,冬枣最低;4)5 个品种气孔导度均表现出“早晚高,午间低”的现象,胞间 CO₂ 浓度日均值有所不同;5)5 个品种净光合速率主要影响因子有所不同,但光合有效辐射和胞间 CO₂ 浓度均为各品种的主要影响因子;6)通过叶绿素荧光测定表明,冬枣的耐光性低于其他品种。综上所述,冬枣、赞皇大枣和临猗梨枣属于高光合、高蒸腾和低水分利用效率品种,而骏枣和灰枣则为低光合、低蒸腾、高水分利用效率,且具有较强耐光性的品种,更适宜在环塔里木盆地干旱缺水地区种植。

关键词:枣;光合特征;叶绿素荧光;水分利用效率

中图分类号:S665.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2012)04-0043-07

Photosynthesis, Fluorescence Characteristics and Water Use Efficiency of Five *Ziziphus jujuba* Cultivars in Aksu, Xinjiang

WU Zheng-bao^{1,2}, SHI Yan-jiang^{1*}, SONG Feng-hui¹

(1. Institute of Afforestation and Sand Control, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi, Xinjiang 830000, China;
2. College of Forestry and Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: Photosynthesis, fluorescence characteristics and water use efficiency of five *Ziziphus jujuba* cultivars - ‘Dongzao’, ‘Huizao’, ‘Junzao’, ‘Linyilizao’ and ‘Zanhuangdazao’ in Aksu, Xinjiang, China were studied by utilizing TPS-2 portable gas exchange fluorescence system, OS-30P photosynthesis yield analyzer. The relationship of net photosynthetic rate with the environmental factors was also examined. The results showed that: 1) the peak value of the diurnal courses of net photosynthetic rate of five cultivars generally appeared around 12:00, the total mean net photosynthetic rate was in the order of Zanhuangdazao > Dongzao > Linyilizao > Junzao > Huizao; 2) the diurnal courses of transpiration of 5 cultivars generally appeared a single-peak pattern, the mean transpiration rate was in the order of ‘Zanhuangdazao’ > ‘Dongzao’ > ‘Linyilizao’ > ‘Junzao’ > ‘Huizao’; 3) higher long-term water use efficiency (WUEsl) was observed in the cultivars of Junzao and Huizao, followed by ‘Zanhuangdazao’ and ‘Linyilizao’, lowest in ‘Dongzao’; 4) the stomatal conductance appeared a pattern of “high in the morning and in the evening, low at noon”, and mean values of the intercellular CO₂ concentration were different in dif-

收稿日期:2011-08-11 修回日期:2011-10-27

基金项目:林业公益性行业项目(201004085);国家科技部“十一五”支撑计划课题项目(2007BAD36B07)。

作者简介:吴正保,男,博士研究生,研究方向为果树栽培与生理方面。E-mail: wuzhengbao@163.com

* 通讯作者:史彦江,男,研究员,研究方向为果树栽培与生理方面。

ferent cultivars; 5) the relationship of net photosynthetic rate of 5 cultivars with the environmental factors was different, and the main factors effecting the net photosynthetic rate were PAR and intercellular CO_2 concentration among 5 cultivars; 6) based on the chlorophyll fluorescence parameters of experimented cultivars showed that ‘Dongzao’ had poor ability to resist light inhibition. All those revealed that ‘Dongzao’, ‘Linyilizao’ and ‘Zanhuangdazao’ had higher net photosynthetic rate and transpiration rate, with lower water use efficiency. On the contrary, ‘Huizao’ and ‘Junzao’ were more appropriate plant around oasis in Tarim Basin for their lower net photosynthetic rate, transpiration rate, and higher water use efficiency, strong ability to resist light inhibition.

Key words: *Ziziphus jujuba* Mill. ; photosynthetic characteristic; chlorophyll fluorescence; water use efficiency

枣(*Ziziphus jujuba*)属鼠李科(Rhamnaceae)枣属植物,原产我国,是我国第一大干果。具有抗寒、抗旱、抗盐碱、早实、丰产高效等特点,是高效利用山、沙、碱、旱土地资源的经济树种。关于枣树光合、荧光特性的研究较多^[1-7],但对光合特征、叶绿素荧光特征进行系统研究的尚未见报道。本试验将传统研究光合作用的方法与叶绿素荧光分析方法相结合,以阿克苏市主栽的5个枣品种为试验材料,以探讨其生理生态学特性,探讨不同品种枣光合荧光特性的差异,为环塔里木盆地枣主栽品种的优质、高产综合配套技术提供理论依据。

1 材料与方法

试验地位于环塔里木盆地干旱区中心地带的阿克苏市依干其乡8大队2小队。属暖温带干旱气候区,降雨量稀少,蒸发量大,气候干燥。年平均气温 10°C ,1月份平均气温 -8°C ,7月平均气温 25°C 。年平均降水量100 mm左右。年平均太阳总辐射量 $544.115\sim 590.155\text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$,年日照 $2\,855\sim 2\,967\text{ h}$,无霜期长达 $205\sim 219\text{ d}$,风沙浮尘天气较多,主要集中在春季和夏季。春季升温快而不稳,秋季降温快。

1.1 材料

选取2002年定植的、长势良好的灰枣(*Ziziphus jujuba* Mill. cv. ‘Huizao’)、骏枣(*Ziziphus jujuba* Mill. cv. ‘Junzao’)、赞皇大枣(*Ziziphus jujuba* Mill. cv. ‘Zanhuangdazao’)、冬枣(*Zizyphus jujuba* Mill. cv. ‘Dongzao’)和临猗梨枣(*Zizyphus jujuba* Mill. cv. ‘Linyilizao’)5个品种为试验材料。

1.2 研究方法

于枣树展叶期(5月上旬)、果实膨大期(7月下旬)和果实成熟期(9月下旬)的晴朗无云日,采用英国PP systems公司生产的开放式气体交换TPS-2便携式光合测定系统,对参试品种树冠中部外围枣

吊上第5片成熟活体叶片,于北京时间8:00至20:00测定其净光合速率(P_n)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(G_s)和胞间 CO_2 浓度(C_i),每个品种单次测定1个叶片,重复5次。用Vantage Pro2自动气象站每隔2 h测定1次试验地的光合有效辐射(PAR)、气温(T_a)和空气相对湿度(pH)。

于枣树展叶期(5月上旬)、果实膨大期(7月下旬)和果实成熟期(9月下旬),在各参试品种树冠中部向阳面、无病虫害枣吊的第3~5片叶取样,每个品种取10片叶带回实验室。将样品先置于 120°C 烘箱内杀青,再将其处于 80°C 恒温烘箱内烘干至恒重,然后将烘干的样品研磨过0.1 mm筛,用DELTA质谱仪和FLASH EA1112HT固体分析仪(Thermo Finnign公司,Germany)进行叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 测定,精确度 $\pm 0.1\text{‰}$ 。

于枣果膨大期(7月下旬)的晴朗天气,采用美国Opti-Sciences公司生产的调制式OS-30P手持荧光仪,对供试的5个枣品种树冠中部枣吊上第5片成熟活体叶片的叶绿素荧光参数进行测定,重复10次,测试内容包括PSII最大光能转化效率(F_v/F_m)和PSII最大光能转化潜力(F_v/F_o)。

绘图在Microsoft Excel 2003中完成,统计分析利用SPSS13.0软件。

2 结果与分析

2.1 不同品种光合特征的比较

2.1.1 净光合速率比较 5个品种的净光合速率均具有明显的日变化,峰值一般出现在12:00左右,不同物候期其变化规律基本相同(图1)。与展叶期和成熟期相比,果实膨大期的净光合速率在峰值之后递减速度更快。5个品种在各生育期的净光合速率日均值(表1)大小关系依次为:赞皇大枣>临猗梨枣>冬枣>骏枣>灰枣;冬枣>骏枣>灰枣>赞皇大枣>临猗梨枣;临猗梨枣>赞皇大枣>冬枣>灰枣>骏枣。整个生长季节的净光合速率的总平均值排序为:

赞皇大枣(8.51)>冬枣(8.00)> 临猗梨枣(7.41)> 骏枣(6.99)>灰枣(6.72)。各品种果实膨大期的净光合速率均高于展叶期和成熟期,其中骏枣、灰枣和冬枣差异显著($p<0.05$)。展叶期品种间净光合速率差异较大,其中赞皇大枣显著高于灰枣($p<0.05$),成熟期各品种净光合速率差异不明显。

表 1 不同物候期 5 个品种的叶片气体交换参数日均值比较

物候期		品种	P_n	G_s	Tr	C_i
			$/(\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	$/(\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	$/(\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	$/(\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1})$
展叶期		骏枣	4.93 ± 1.11 deD	245.19 ± 42.43 cdBC	3.40 ± 0.47 abcdA	364.00 ± 8.82 abAB
		灰枣	4.53 ± 1.36 eD	185.52 ± 47.44 dC	2.46 ± 0.47 dA	348.29 ± 7.90 abAB
		赞皇大枣	8.01 ± 1.45 bcdBCD	437.76 ± 75.71 abABC	4.24 ± 0.54 abcdA	359.33 ± 75.71 abAB
		临猗梨枣	7.33 ± 1.32 cdeBCD	277.29 ± 36.72 bcdABC	3.61 ± 0.78 abcdA	349.00 ± 12.72 abAB
		冬枣	5.76 ± 0.80 deD	503.29 ± 123.15 aA	4.55 ± 0.58 abcdA	376.14 ± 7.90 aA
果实膨大期		骏枣	11.11 ± 1.75 abAB	275.10 ± 54.53 bcdABC	4.85 ± 1.57 abcdA	329.67 ± 24.43 abcAB
		灰枣	10.70 ± 2.30 abABC	384.65 ± 142.69 abcABC	5.09 ± 2.71 abcA	299.89 ± 16.99 cB
		赞皇大枣	10.36 ± 2.19 abcABC	371.90 ± 74.63 abcdABC	5.14 ± 1.86 abcA	328.09 ± 16.44 abcAB
		临猗梨枣	8.22 ± 1.13 bcdBCD	394.14 ± 77.21 abcABC	5.57 ± 1.48 abA	344.05 ± 12.02 abcAB
		冬枣	12.80 ± 2.50 aA	392.71 ± 92.59 abcABC	5.73 ± 2.50 aA	317.05 ± 10.27 bcAB
成熟期		骏枣	4.92 ± 1.42 deD	264.63 ± 90.77 bcdABC	3.46 ± 0.73 abcdA	362.46 ± 17.75 abAB
		灰枣	4.94 ± 1.39 deD	262.28 ± 58.75 bcdABC	2.84 ± 0.64 cdA	351.41 ± 18.33 abAB
		赞皇大枣	6.55 ± 2.61 deCD	442.37 ± 191.95 abAB	4.26 ± 0.94 abcdA	367.26 ± 24.70 aA
		临猗梨枣	6.67 ± 1.66 deCD	229.57 ± 82.02 cdBC	3.14 ± 0.78 bcdA	345.74 ± 19.62 abcAB
		冬枣	5.43 ± 1.63 deD	501.94 ± 126.13 aA	4.52 ± 0.70 abcdA	377.45 ± 10.66 aA

注: 不同大写字母代表差异 $p<0.01$,小写字母代表差异 $p<0.05$ 。

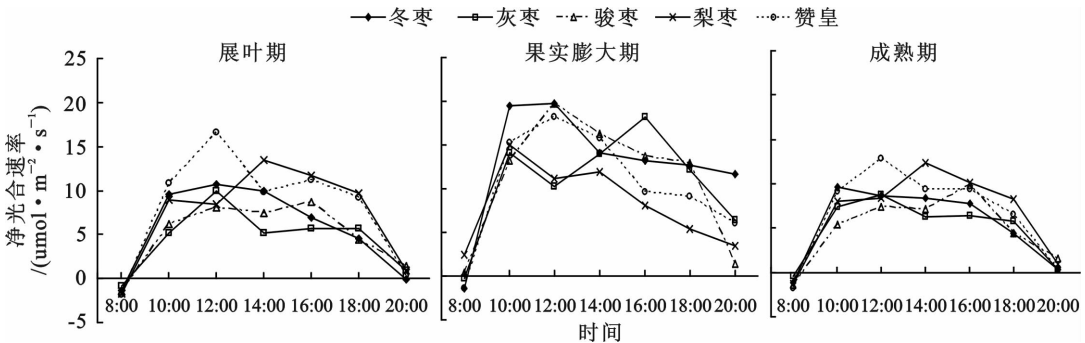


图 1 不同物候期 5 个品种净光合速率日变化

Fig. 1 Diurnal variation of net photosynthetic rate of 5 cultivars in different phenological phases

2.1.2 蒸腾速率比较 不同物候期 5 个品种的蒸腾速率日变化规律基本呈现“单峰”曲线(图 2),蒸腾速率随着光合有效辐射的增大而增强,仅灰枣和冬枣在展叶期和成熟期,以及梨枣在果实膨大期有明显“午休”现象而呈“双峰”曲线。5 个品种在各物候期蒸腾速率日均值(表 1)排序依次为:冬枣>赞皇大枣>临猗梨枣>骏枣>灰枣;冬枣>临猗梨枣>赞皇大枣>灰枣>骏枣;冬枣>赞皇大枣>骏枣>临猗梨枣

>灰枣。展叶期灰枣蒸腾速率日均值与其它品种间差异显著($p<0.05$);果实膨大期 5 个品种间蒸腾速率日均值无显著差异;成熟期品种间蒸腾速率存在一定差异,但未达到显著水平。整个生长季节的蒸腾速率的总平均值排序为:冬枣(4.93)>赞皇大枣(4.55)> 临猗梨枣(4.11)>骏枣(3.91)>灰枣(3.46)。说明在相似的环境下,灰枣和骏枣的单位面积蒸腾速率较小,更能适宜干旱环境条件下生长。

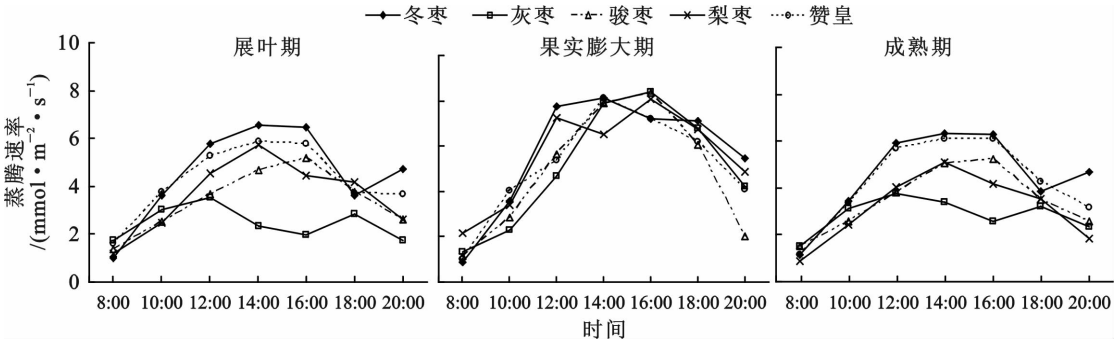


图 2 不同物候期 5 个品种蒸腾速率日变化

Fig. 2 Diurnal variation of transpiration rate of 5 cultivars in different phenological phase

2.1.3 气孔导度比较 气孔是水分和 CO₂ 进出叶片的重要通道,其开张程度或气孔阻力的大小,对植物的水分状况和 CO₂ 同化有着极为重要的影响。5 个品种的气孔导度在各物候期变化趋势基本一致,气孔导度最高值出现在 12:00 左右(图 3)。表 1 显示,在展叶期和成熟期,除赞皇大枣外,冬枣的气孔导度日均值显著高于其他品种($p<0.05$);果实膨大期品种间差异相对较小,其中骏枣气孔导度相对小于其他品种,但差异不显著。

2.1.4 胞间 CO₂ 浓度比较 从 5 个品种的细胞间隙 CO₂ 浓度的日变化看出(图 4),各物候期呈现早、晚胞间 CO₂ 浓度较高。这与早晚光合速率较低、

CO₂ 同化利用率低有关,加之细胞呼吸作用所释放的 CO₂ 积聚在细胞间隙,因此细胞间隙 CO₂ 浓度较高。10:00—18:00 虽然温度升高促进了呼吸速率和气孔导度的增加,促进胞间 CO₂ 浓度,但此时由于光合速率较大,消耗了较多的 CO₂,CO₂ 同化加快,导致细胞间隙 CO₂ 浓度降低。展叶期和成熟期 5 个品种胞间 CO₂ 浓度日均值(表 1)差异不显著;果实膨大期灰枣胞间 CO₂ 浓度日均值较其他品种低,但差异也不显著。生长季节的胞间 CO₂ 浓度日均值排序为:冬枣(356.88)> 骏枣(352.04)> 赞皇大枣(351.56)> 临猗梨枣(346.26)> 灰枣(333.20),品种间差异不显著。

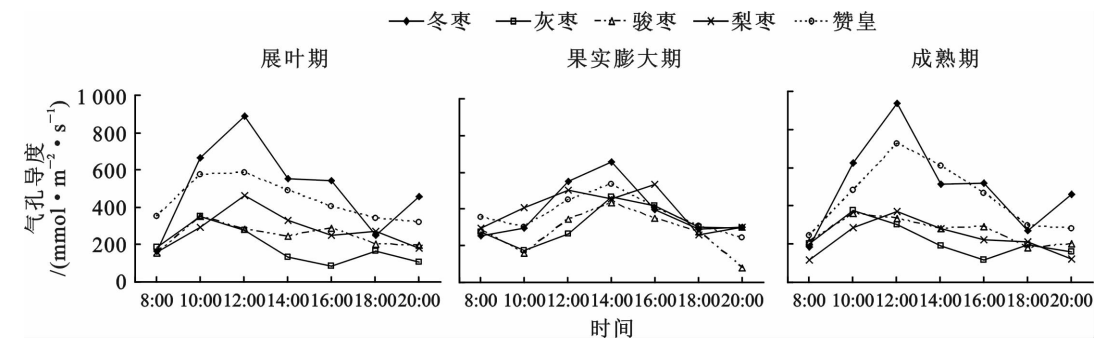


图 3 不同物候期 5 个品种气孔导度日变化

Fig. 3 Diurnal variation of stomatal conductance of 5 cultivars in different phenological phase

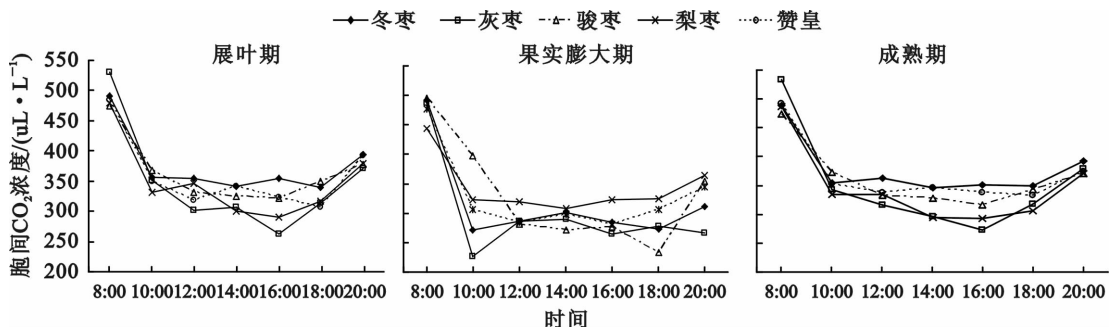


图 4 不同物候期 5 个品种胞间 CO₂ 浓度日变化

Fig. 4 Diurnal variation of intercellular CO₂ concentration of 5 cultivars in different phenological phases

2.2 净光合速率与相关影响因子分析

2.2.1 不同物候期环境因子变化 不同物候期环境因子变化规律基本一致,光合有效辐射和温度日进程均呈“单峰”曲线,早晨开始逐渐增加,14:00 左右均达到最高值,其后逐渐下降,相对湿度则与其变化规律相反(图 5)。环境因子应物候期的变化也表现一定的差异,展叶期和成熟期的环境因子相似,光合有效辐射日均值分别为 1 237.84 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 1 234.73 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,气温日均值分别为 22.96℃、22.97℃,空气相对湿度日均值分别为 26.49%和 30.17%。果实膨大期光合有效辐射、气温和相对湿度日均值分别为 1 674.38 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、29.11℃和 31.01%。

2.2.2 净光合速率与主要影响因子数量关系分析

由回归分析知,冬枣净光合速率(P_n ; y)的主要影响因子为胞间 CO₂ 浓度(C_i ; x_1)、光合有效辐射(PAR ; x_3)和气温(T_a ; x_4);灰枣净光合速率主要受胞间 CO₂ 浓度(x_1)、气孔导度(G_s ; x_2)、光合有效辐射(x_3)以及空气相对湿度(pH ; x_5)等共同影响;骏枣净光合速率的主要影响因子为胞间 CO₂ 浓度(x_1)、气孔导度(x_2)、光合有效辐射(x_3)和气温(x_4);梨枣净光合速率的主要影响因子为胞间 CO₂ 浓度(x_1)、气孔导度(x_2)和光合有效辐射(x_3);赞皇大枣净光合速率则主要受胞间 CO₂ 浓度(x_1)、光合有效辐射(x_3)和空气相对湿度(x_5)的影响。综合以上结果,由于果实膨大期,外界光照强度高,净光合速率大,光合有效辐射和胞间 CO₂ 浓度是影响各品种净光合速率的主要影响因子。

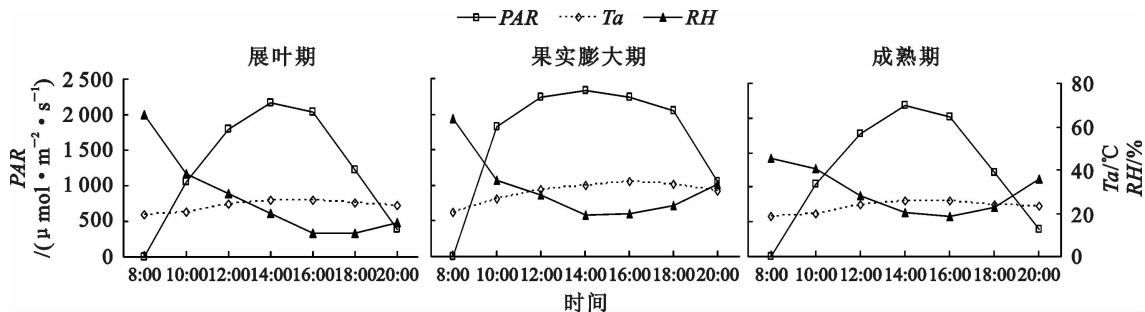


图 5 不同物候期环境因子日变化

Fig. 5 Diurnal variation of environmental factors in different phenological phases

表 2 5 个品种净光合速率与影响因子的多元回归分析

品种	多元回归方程	R ²
冬枣	$y = -5.575 + 0.042x_1 + 0.012x_3 - 0.808x_4$	0.993 *
灰枣	$y = -2.116 + 0.038x_1 - 0.023x_2 + 0.005x_3 - 0.175x_5$	0.872 *
骏枣	$y = -54.239 + 0.080x_1 - 0.021x_2 + 0.008x_3 + 0.957x_4$	0.991 * *
临猗梨枣	$y = 204.905 - 0.485x_1 + 0.030x_2 - 0.024x_3$	0.925 *
赞皇大枣	$y = -53.632 + 0.146x_1 + 0.021x_3 + 0.823x_5$	0.932 *

*, * * 分别表示 5% 和 1% 水平上显著性。

2.3 不同品种叶绿素荧光参数比较

在自然光条件下,5 个品种自 8:00 开始,随着外界光照强度的变化, F_v/F_m 值呈现先下降后上升的变化趋势,最低值均出现在 16:00 左右(图 6)。不同品种在该环境条件下均表现出一定的光抑制现象,但品种间受光抑制的程度有所不同。梨枣的 F_v/F_m 日均值最大,为 0.800 ± 0.013 ;骏枣次之,

0.794 ± 0.011 ;灰枣 0.7925 ± 0.022 ;赞皇大枣 0.790 ± 0.013 ;冬枣日均值最低,为 0.752 ± 0.009 。叶绿素荧光参数 F_v/F_o 的日动态同 F_v/F_m 的日动态近乎一致,表明 PSⅡ 最大光能转化效率和最大光能转化潜力的变化趋势具有同步性,二者均用于度量植物叶片的光合活性。

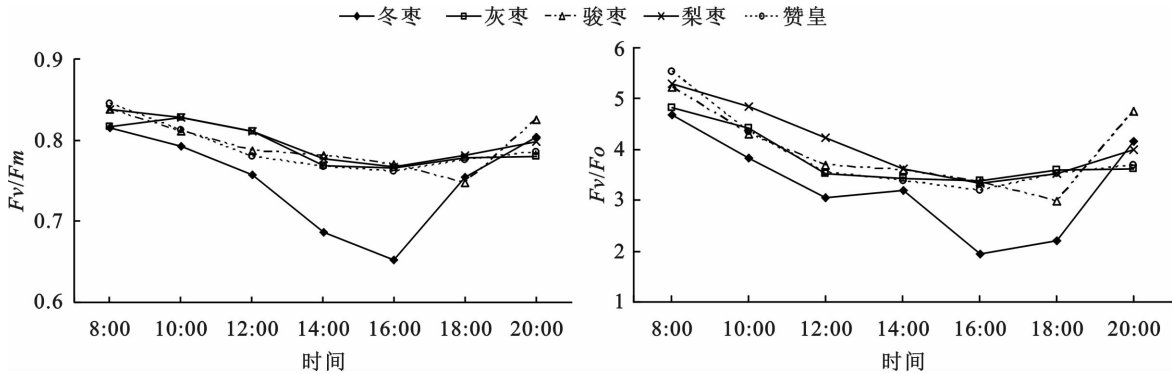


图 6 5 个品种 F_v/F_m 和 F_v/F_o 日变化

Fig. 6 Diurnal variation of F_v/F_m and F_v/F_o of 5 cultivars

2.4 水分利用效率比较

水分利用效率(WUE)是反映植物耐旱性的一个有效指标,水分利用效率显示植物有效利用水分的能力,即在相同条件下,水分利用效率高的植物的抗旱能力强^[8]。不同物候期 5 个枣品种的水分利用效率有所区别。展叶期 5 个品种的 $\delta^{13}C$ 平均值为 $-26.088\text{‰} \pm 0.436\text{‰}$,其中各品种水分利用效率大小关系为:冬枣<临猗梨枣<赞皇大枣<灰枣<骏枣。果实膨大期 5 个品种的 $\delta^{13}C$ 平均值($-26.395\text{‰} \pm 0.263\text{‰}$)与展叶期相比明显偏低,但 5 个品种水分利用效率大小关系与展叶期一致。9

月下旬枣果成熟期,各品种 $\delta^{13}C$ 平均值($-26.904\text{‰} \pm 0.433\text{‰}$)又较果实膨大期偏低,但各品种水分利用效率差异发生变化,其大小排序为:冬枣<灰枣<临猗梨枣<骏枣<赞皇大枣(表 3)。根据 5 个主栽品种在枣树展叶期、果实膨大期和成熟期的水分利用效率的综合表现来看,骏枣和灰枣水分利用效率表现较高,赞皇大枣和临猗梨枣次之,冬枣水分利用效率最低。说明环塔里木盆地干旱缺水环境下,就水分利用效率而言,灰枣和骏枣具有较大的发展潜力。

表 3 5 个枣品种叶片碳同位素组成

Table 3 Comparison of $\delta^{13}\text{C}$ in the leaves of 5 cultivars

品种	物候期		
	展叶期	果实膨大期	成熟期
灰枣	-25.932 ± 0.135 bAB	-26.133 ± 0.256 bB	-27.219 ± 0.278 bBC
临猗梨枣	-26.456 ± 0.373 c B	-26.551 ± 0.446 c C	-26.673 ± 0.493 aAB
冬枣	-26.471 ± 0.574 c B	-27.275 ± 0.225 d D	-27.861 ± 0.178 cC
赞皇大枣	-26.024 ± 0.585 bAB	-26.361 ± 0.101 bc BC	-26.366 ± 0.874 aA
骏枣	-25.559 ± 0.508 a A	-25.653 ± 0.286 aA	-26.401 ± 0.339 a A

3 讨论

3.1 不同品种光合特征的差异

植物一天内的光合速率是不断变化的,其相应的光合速率日变化曲线的差异反映了植物的内在节律,也体现了各树种对环境的不同适应性^[9]。一年中的季节变化,同一树种的净光合速率日变化也不相同。梁淑英等^[10]对枫杨、悬铃木和女贞的光合特性研究发现,在6月份3个树种的日进程为双峰曲线,而在9月、10月份则呈单峰曲线;侯小改等^[11]研究牡丹光合特性发现,牡丹品种“佛门袈裟”在春季光合速率日变化呈单峰曲线,在夏季呈双峰曲线,有明显的光合“午休现象”。本研究中,5个枣品种的净光合速率日变化均呈双峰曲线,但不同品种间净光合速率大小存在差异。在整个生长季节的净光合速率的日均值排序为,赞皇大枣>冬枣>临猗梨枣>骏枣>灰枣,说明赞皇大枣和冬枣表现较高的光合效率,临猗梨枣次之,而骏枣和灰枣的光合效率较低。

5个品种的蒸腾速率表现为,冬枣>赞皇大枣>临猗梨枣>骏枣>灰枣,显示出灰枣和骏枣的低蒸腾特性,而冬枣、赞皇大枣和梨枣具有高蒸腾特性。

3.2 不同品种叶绿素荧光特征的差异

叶绿素荧光与光合作用中各个反应过程紧密相关,任何逆境对光合作用各过程产生的影响都可通过体内叶绿素荧光诱导动力学变化反映出来^[12]。叶绿素荧光是植物生态环境适应机制的内在表征。 F_v/F_m 是PSⅡ最大光能化学效率, F_v/F_o 反映PSⅡ潜在的光能化学活性, F_v/F_m 、 F_v/F_o 的值越高,说明PSⅡ反应中心的能量捕获效率越高。王世伟等^[7]对阿克苏市引种的几个枣品种的叶绿素荧光特性研究结果表明,骏枣耐光抑制能力最强,金丝小枣、羊角枣其次,而灰枣、赞皇大枣耐光抑制能力相对较弱。

本试验中,从5个枣品种的叶绿素荧光参数 F_v/F_m 、 F_v/F_o 的表现看,各品种均表现出一定的光抑制的现象,但反应程度有所不同。耐光性强弱表现为,临猗梨枣>骏枣>灰枣>赞皇大枣>冬枣,这与王世伟等人对同品种枣树的耐光性研究结果相一致。

3.3 不同品种水分利用效率的差异

高WUE被认为是在干旱和半干旱环境里植物能够成功或良好生长和生产的一个有贡献的特征^[13],抗旱品种产量比较稳定,与不抗旱品种比较,水分利用效率通常较高^[14]。尹伟伦^[15]等通过不同杨树无性系的研究认为, $\delta^{13}\text{C}$ 技术可以有可能被用于预测和评价良好水分条件下杨树的生长潜力。通过本试验研究,就水分利用效率方面分析,5个枣品种表现为:骏枣>灰枣>赞皇大枣>梨枣>冬枣,说明在该立地条件下,灰枣和骏枣具有较高生长潜力。

4 结论

通过对阿克苏市主栽的5个枣品种光合荧光进行的测定结果表明:灰枣和骏枣为低光合、低蒸腾和高水分利用效率品种,而冬枣、临猗梨枣和赞皇大枣则属于高光合、高蒸腾和低水分利用效率品种。同时,灰枣、骏枣、临猗梨枣和赞皇大枣在该立地条件下表现出较强的耐光性,而冬枣则具有明显的光抑制现象。

生产中应根据各品种自身的光合荧光生理特性,制定适宜的栽培管理技术。由于灰枣和骏枣具有高水分利用效率的特性,因此在沙荒地、砾质戈壁地等干旱缺水的地区进行栽植时,具有明显的优势,能表现较高的生态适应性。而冬枣、临猗梨枣和赞皇大枣在生长期应加大水肥投入,以满足其生长季节的营养需求,充分发挥高光合效率的特性。同时,灰枣、骏枣、梨枣和赞皇大枣在整形修剪方面,应达到树体充分通风透光的效果,以发挥本地区丰富的光热资源。由于冬枣受强光抑制现象较明显,除了加大灌溉量,以提高土壤含水量和空气湿度外,还可以通过高密度栽植等措施,以达到增强光合利用效率,提高枣果品质和产量之目标。

参考文献:

[1] 王庆江,温陟良,贾彦丽. 赞皇大枣幼树叶片光合特性的研究[J]. 河北农业大学学报,2002,25(增刊):120-121.
WANG Q B, WEN T L, JIA Y L. Study on the photosynthetic characteristics of young *Jujube* [J]. Journal of Agricultural

University of Hebei, 2002,25(Supp):120-121. (in Chinese)

[2] 姜小文,易干军,霍合强,等.毛叶枣光合特性研究[J].果树学报,2003,20(6):479-482.

JIANG X W, YI G J, HUO H Q, *et al.* Studies on photosynthetic characteristics of *Zizyphus mauritiana* Lam. [J]. Journal of Fruit Science, 2003,20(6):479-482. (in Chinese)

[3] 梁开明,曹洪麟,徐志防,等.台湾青枣及野生种的光合作用日变化及光响应特征[J].园艺学报,2008,35(6):793-798.

LIANG K M, CAO H L, XU Z F, *et al.* Diurnal variations and light response of photosynthesis in three cultivars and wild type of *Zizyphus mauritiana* Lam[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2008,35(6):793-798. (in Chinese)

[4] 刘汉云,李铭,张步青,等.枣不同品种光合特征及叶片解剖结构的研究[J].经济林研究,2009,27(2):10-15.

LIU H Y, LI M, ZHANG B Q, *et al.* Photosynthetic characteristics and leaf anatomical structure of different Chinese dates [J]. Nonwood Forest Research, 2009,27(2):10-15. (in Chinese)

[5] 王林云,郑庆林,周顺元,等.鲁北冬枣光合特性研究[J].西南林学院学报,2010,30(1):34-41.

WANG L Y, ZHENG Q L, ZHOU S Y, *et al.* Photosynthetic characteristics of *Zizyphus jujuba* var. *inermis* ‘Lubei-Dongzao’ [J]. Journal of Southwest Forestry University, 2010,30(1):34-41. (in Chinese)

[6] 姚立新,庞小明,康向阳,等.不同产地冬枣嫁接苗光合特性对比研究[J].北京林业大学学报,2010,32(5):107-110.

YAO L X, PANG X M, KANG X Y, *et al.* Contrasting studies on photosynthetic characteristics of *Zizyphus jujube* cv. Dongzao grafted seedlings from different producing places [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2010,32(5):107-110. (in Chinese)

[7] 王世伟,潘存德,何传林.阿克苏市 5 个枣引品种叶绿素荧光特征比较[J].新疆农业科学,2009,46(3):459-465.

WANG S W, PAN C D, HE C L. Comparison on chlorophyll fluorescence characters in five introduced jujube varieties in Aksu city [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2009,46(3):459-465. (in Chinese)

[8] SOBRADO M A. Relation of water transport to leaf gas exchange properties in three mangrove species [J]. Trees, 2000, 14:258-262.

[9] Loomis R S, RABBINGE R N E. Explanatory models in crop physiology[J]. Annu Rev Physiol, 1979,30:339-367.

[10] 梁淑英,胡海波,夏尚光.枫杨、悬铃木和女贞光合特性的比较[J].南京林业大学学报,2008,32(2):135-138.

LIANG S Y, HU H B, XIA S G. Comparison of photosynthetic characteristics among *Pterocarya stanoptera*, *Platanus acerifolia* and *Ligustrum lucidum* [J]. Journal of Nanjing Forestry University, 2008,32(2):135-138. (in Chinese)

[11] 侯小改,马慧丽,段春燕,等.牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr)“佛门袈裟”光合特性的研究[J].沈阳农业大学学报,2006,37(5):772-774.

HOU X G, MA H L, DUAN C Y, *et al.* Studies on photosynthetic characteristics of tree peony fomen jiasha [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2006,37(5):772-774. (in Chinese)

[12] 张守仁.叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J].植物学通报,1999,16(4):444-448.

ZHANG S R. A discussion on chlorophyll fluorescence kinetics parameters and their significance [J]. Chinese Bulletin of Botany, 1999,16(4):444-448. (in Chinese)

[13] 曹生奎,冯起,司建华,等.植物叶片水分利用效率研究综述[J].生态学报,2009,29(7):3882-3892.

CAO S K, FENG Q, SI J H, *et al.* Summary on the plant water use efficiency at leaf level [J]. Acta Ecologica Sinica, 2009,29(7):3882-3892. (in Chinese)

[14] 刘友良.植物水分逆境生理[M].北京:农业出版社,1992. 128-138.

[15] 尹伟伦,万雪琴,夏新莉.杨树稳定碳同位素分辨率与水分利用效率和生长的关系[J].林业科学,2007,43(8):15-22.

YIN W L, WAN X Q, XIA X L. Relations between stable carbon isotope discrimination and water use efficiency as well as growth for poplar [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2007,43(8):15-22. (in Chinese)