

灵武长枣光合作用研究初报

曹 兵¹, 江 莉¹, 李银娣¹, 孙永胜², 苏伟东³

(1. 宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021; 2. 灵武市林业局, 宁夏 灵武 751400; 3. 灵武市果业开发有限责任公司, 宁夏 灵武 751400)

摘 要:选择灵武长枣 7 a 生幼龄植株和 12 a 生成年植株为研究对象, 采用 CARIS-1 型便携光合测定系统, 测定不同月份灵武长枣幼龄、成年植株光合作用, 研究灵武长枣光合作用的季节变化规律。结果表明: 在整个生长季节内, 灵武长枣的光合作用呈现出明显的月份变化规律, 且幼龄株、成年株的光合作用特性不一; 成年植株的净光合速率(Pn)呈单峰型曲线变化, 最高值出现在夏季 8 月份($12 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), 而幼龄植株的净光合速率呈双峰型曲线变化, 最高值分别出现在 6 和 8 月份(分别为 7.8 和 $13.9 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); 气孔导度、蒸腾速率随月份的变化规律与净光合速率的变化规律相同, 但幼株的气孔导度、蒸腾速率明显大于成年植株。成株和幼株水分利用效率的月份变化趋势相似, 5 月最大, 6 月份下降到最低值, 后略有上升。幼株、成株的胞间二氧化碳浓度值在 5~9 月维持在 $150 \sim 250 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 。因此, 灵武长枣的光合作用高峰期在 6、8 月, 幼株的光合能力强于成株。

关键词:灵武长枣; 光合作用; 净光合速率; 水分利用效率

中图分类号:S 665.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)11-0011-04

绿色植物通过光合作用将无机物转变为有机物, 将光能转变为化学能, 固定大气中的 CO_2 , 释放 O_2 , 是干物

质生产和积累的重要生理活动, 它直接关系到植物的生长与发育, 对保持自然界的生态平衡、减缓全球气候变化等有着极其重要的意义^[1-3]。光合作用是一个复杂的生物物理化学过程, 受诸多外界环境条件和内部因素的影响^[4-5], 不同种植物、同种植物的不同品种及不同地理起源、同一植物的不同生长发育阶段或生境不同等, 其光合特性均有明显差异^[6-9]。系统测定栽培植物的光合

第一作者简介:曹兵(1970-), 男, 教授, 现主要从事森林培育学及树木栽培生理与城市林业方面的教学与研究工作。

基金项目:宁夏自然科学基金资助项目(NZ0702); 宁夏科技攻关国际合作资助项目; 宁夏留学人员创新创业资助项目。

收稿日期:2012-03-19

Analysis on the Correlation Between the Grafting Affine of Different Stock and Protection of Enzyme Activity in Grapefruit

YAN Yi^{1,2}, ZHANG Nan-xin¹, HE Cheng-zhong¹, LI Xian-zhong¹

(1. College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224; 2. Kunming City Haikou Forestry Farm, Kunming, Yunnan 650114)

Abstract: With 'Hudson' for a scion, grafted onto root stock of *Citrus grandis* var. 'mansailong', *C. aurantium* Linn, *C. grandis aurantium*, *Poncirus trifoliata* (Linn.) Raf respectively, discussed affinity in the process of grafting interspecific of different grapefruit stock and the correlation with protect enzyme activity, the change law of enzyme activity during the healing process of graft and the relationship with survival rate in grafting were studied. The results showed that 'Hudson' with four than the root stock grafting the healing process three protective enzyme activity for healing the change trend of healing of the ministry > scion > stock; The healing the combination of enzymatic activity was higher, the graft survival rate was corresponding higher; The correlation analysis found that healing department protection enzyme activity size and graft survival rate were the same as grafting the judgement of interspecific index; Comprehensive many index think, grapefruit 'Hudson' and *Citrics grandis* var. 'mansailong' grafting affine was highest, the *C. aurantium* Linn and *Poncirus trifoliata* (Linn) Raf. affine was general, *C. grandis aurantium* was the worst.

Key words: grapefruit; stock; graft; affinity; protective enzyme activity

特性,对进一步研究它们的栽培技术与良种繁育具有重要意义^[10-11]。

灵武长枣(*Ziziphus jujuba* Mill. cv. Lingwu changzao)是宁夏具有地方优良特色果树品种,已有 800 多年的栽培历史;其果实果皮紫红、果肉酥脆、酸甜适口,风味独特,营养价值高^[12]。灵武长枣具有一定的抗旱、耐盐碱性,适应性强,绿化观赏效果好,是重要的经济林与庭院绿化树种^[13-14]。发展灵武长枣已成为宁夏农业优势特色产业的重要组成部分。近年来对灵武长枣的研究仅限于形态特征、生物学特性的描述,以及繁殖、栽培技术的研究^[15-16],但关于灵武长枣的光合特性研究尚未见报道。该研究通过对 7 a 生(幼株)和 12 a 生(成株)灵武长枣植株的光合作用季节变化规律进行测定与分析,探讨灵武长枣光合作用规律及其对环境条件适应性,以期对灵武长枣高效栽培技术提供科学依据与指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于宁夏回族自治区灵武市长枣标准化示范区,北纬 38°09'57",东经 106°17'79",海拔为 1 107 m;该区为温带干旱和半干旱区,属于典型的大陆性季风气候,全年日照时数 3 080.2 h,平均无霜期 157 d,年平均 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 3 351.3 $^{\circ}\text{C}$,年平均气温 8.8 $^{\circ}\text{C}$,年均降水量 206.2~255.2 mm。试验地土壤为沙质壤土,引黄灌溉。

1.2 试验材料

在灵武长枣标准化示范区内分别选择 7 a 生、12 a 生长势基本一致、生长健壮的灵武长枣植株为测定样株(表 1)。种植株行距为 3 m \times 4 m,枣园土壤有机质含量 2%左右,全盐含量为 0.07%,常规肥水管理。

表 1 测定样株生长状况

Table 1 Growth condition of sample trees

类型	树龄	树高	胸径	冠幅 Canopy	
Type	Age/a	Height/m	DBH/cm	东西 West-east/m	南北 North-south/m
幼株 Young individual	7	3.7~4.0	4.6	2.3~3.0	2.4~3.2
成株 Mature individual	12	3.9~4.3	5.8	2.9~3.4	2.6~3.6

1.3 测定方法

在 2008 年 5~10 月,于每月中旬选择晴天,在上午 10:00~12:00,用 CIRAS-1 型便携光合测定系统测定幼株和成株叶片净光合速率($\text{Pn}, \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、蒸腾速率($\text{Evap}, \text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、气孔导度($\text{Gs}, \text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、胞间 CO_2 浓度($\text{Ci}, \mu\text{mol}/\text{mol}$)等光合参数,并计算瞬间水分利用效率($\text{WUE}, \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$): $\text{WUE} = \text{Pn}/\text{Evap}$ 。以 3 次测定的均值代表该月植株的光合作用状况。随机抽取灵武长枣幼株和成株各 3 株,挂牌标记为测定样株,在每株树冠中部阳面测定 3~5 个成熟功能叶片进行测定。在 8 月份测定灵武长

枣的光合日变化^[5,7,17]。

2 结果与分析

2.1 灵武长枣净光合速率月份变化

由图 1 可知,生长季节期间,灵武长枣成株叶片的净光合速率月变化呈单峰曲线。从 5 月份起, Pn 逐渐升高,于 8 月份出现最高峰,峰值为 $12.2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。灵武长枣幼株叶片的净光合速率月变化呈不对称双峰曲线,净光合速率峰值分别出现在 6 和 8 月, Pn 值分别为 7.8 和 $13.9 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。9 月之后随着气温的下降,净光合速率也逐渐下降。总体上看,在速生期(8 月以前),幼株的 Pn 明显大于成株的;进入秋季以后,幼株的 Pn 略小于成株的。

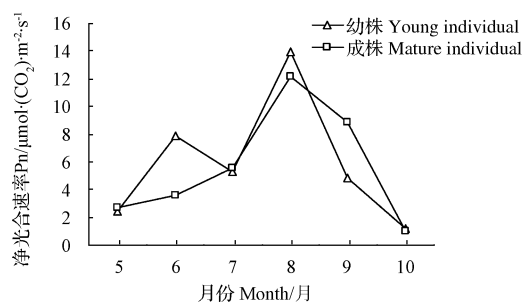


图 1 灵武长枣叶片净光合速率季节性变化

Fig. 1 Seasonal variation of Pn in *Ziziphus jujuba* Mill. cv. Lingwuchangzao

2.2 灵武长枣水分利用效率月份变化

水分利用效率(WUE)是植物光合与蒸腾特性的综合反映。由图 2 可知,成株和幼株水分利用效率(WUE)的月份变化趋势相似,呈不规则双峰曲线。5 月最高,6 月降至最低,然后缓慢升高。7 月份出现第 1 次高峰,9 月出现第 2 次高峰。灵武长枣的水分利用效率在晚春较高,进入夏季后较低,因为春季气温较低,蒸腾速率较小;而夏季气温高,蒸腾速率增大。

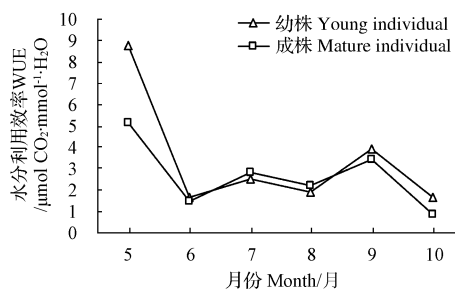


图 2 灵武长枣叶片水分利用效率季节性变化

Fig. 2 Seasonal variation of WUE in *Ziziphus jujuba* Mill. cv. Lingwuchangzao

2.3 灵武长枣气孔导度月份变化

由图 3 可知,叶片气孔导度(Gs)月份变化与净光合速率(Pn)月份变化相似,幼株呈双峰曲线,高峰值出现在 6、8 月;成株也呈单峰曲线,8 月达到高峰值。在生长

期的秋季以前,幼株 G_s 明显大于成株,气孔导度增大,胞间 CO_2 浓度提高,改善了 CO_2 供应状况,因此,幼株的净光合速率也增大。

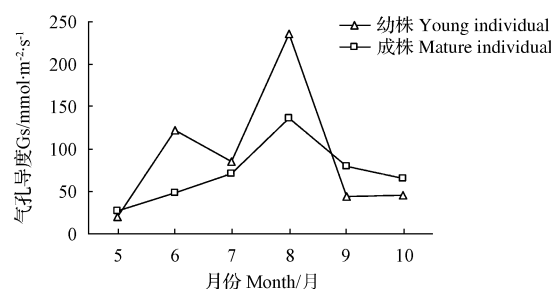


图3 灵武长枣叶片气孔导度季节性变化

Fig. 3 Seasonal variation of G_s in *Ziziphus jujuba*

Mill. cv. Lingwuchangzao

2.4 灵武长枣蒸腾速率月份变化

由图4可知,成株和幼株叶片蒸腾速率(Evap)月份变化均呈双峰曲线,第1次高峰均出现在6月,成株和幼株峰值分别为2.52和4.67 mmol·m⁻²·s⁻¹。第2次高峰均出现在8月,峰值分别为5.53和7.38 mmol·m⁻²·s⁻¹。灵武长枣蒸腾速率在晚春最低,夏季保持在较高水平,进入秋季后下降幅度最大;幼株蒸腾速率明显高于成株。

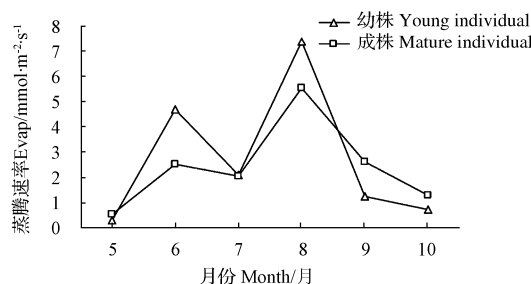


图4 灵武长枣叶片蒸腾速率(Evap)季节性变化

Fig. 4 Seasonal variation of $Evap$ in *Ziziphus jujuba*

Mill. cv. Lingwuchangzao

2.5 灵武长枣胞间 CO_2 浓度月份变化

由图5可知,灵武长枣成株和幼株叶片的胞间 CO_2 浓度 C_i 的月份变化均呈双峰曲线,成株的第1次高峰出现在5月,第2次出现在10月;幼株的第1次高峰出现在8月,第2次出现在10月。从6~10月间成株叶片的胞间 CO_2 浓度均高于幼株。

2.6 灵武长枣的净光合速率日变化

在果实膨大期(8月),灵武长枣成株和幼株的光合速率日变化呈典型的双峰曲线(图6)。10:00出现第1次高峰,14:00出现第2次高峰;于12:00出现低峰,幼株净光合速率日变化幅度大于成株的变化幅度。测定结果表明,在果实膨大期,灵武长枣的光合作用存在“午休”现象。

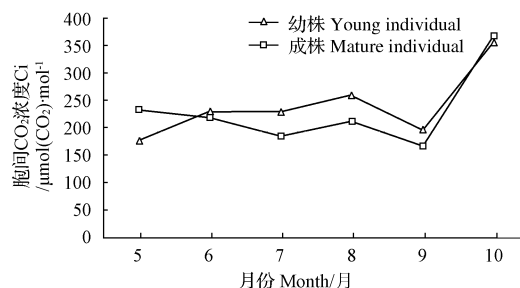


图5 灵武长枣叶片胞间 CO_2 浓度(C_i)季节性变化

Fig. 5 Seasonal variation of C_i in *Ziziphus jujuba*

Mill. cv. Lingwuchangzao

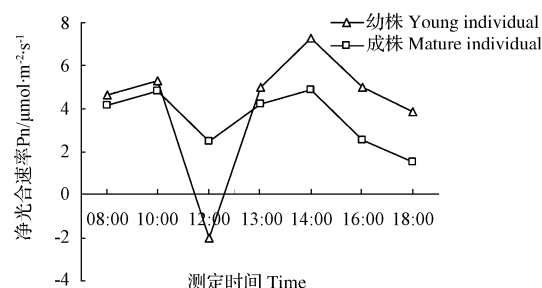


图6 灵武长枣叶片净光合速率(P_n)日变化比较

Fig. 6 Daily variation of P_n in *Ziziphus jujuba*

Mill. cv. Lingwuchangzao

3 讨论与结论

光合作用是植物最重要的生理过程,研究、了解植物的光合特性是对植物进行人工栽培和园林应用的基础。而光合作用是一个复杂的生理过程,叶片光合速率与其自身的组成和结构密切相关,又受生态环境因子的影响^[17]。

在整个生长季节内,因不同时期的生态环境因子不同,灵武长枣的光合作用也呈现出明显的月份变化规律,而且幼龄株、成年株的光合作用强度不一。成年植株的净光合速率(P_n)呈单峰型曲线变化,最高值出现在夏季8月份,而幼龄植株的净光合速率呈双峰型曲线变化,2次高峰期分别出现在6和8月。这可能是由于5、6月份随温度升高,幼株叶片发育日趋成熟,光合组织逐渐完善,光合相关的物质逐渐形成,尤其是一些关键酶如 Rubisco 等活性增加^[18],净光合速率于6月份出现第1次高峰;而7月份由于高温和强光等不利因素致使 P_n 下降,8月份的气温和光强相对7月份有所降低,使 P_n 出现第2次高峰;进入9月以后,随着气温降低和光强减弱,以及叶片的逐渐衰老、光合机构被瓦解^[18], P_n 也逐渐降低。灵武长枣叶片气孔导度、蒸腾速率随月份的变化规律与净光合速率的变化规律相同,但幼株的气孔导度、蒸腾速率明显大于成年植株。而水分利用效率(WUE)在5月最大,6月份下降到最低值,后略有上升,这是由于晚春气温较低,蒸腾速率最小;而进入夏季后,

随着气温的升高,蒸腾速率快速升高,并在6、8月出现2次高峰期;灵武长枣幼龄植株的光合作用明显强于成龄植株的。在果实膨大期,灵武长枣的光合作用存在“午休”现象。因此,在灵武长枣栽培实践中,要加强肥水管理,做好秋、春基肥施用,保证植株有充足的水分、养分供应,为光合作用提供足够的原料;特别是幼龄植株光合作用强,营养生长旺盛,对肥水条件要求高;在夏季要根据土壤湿度情况及时浇水,追肥应在6月初、8月初净光合速率高峰期来临之前进行。

参考文献

- [1] 赵昌恒,方乐金. 银木的光合与水分生理特性的研究[J]. 林业科学研究, 2006, 19(2): 261-263.
- [2] 陈根云,俞冠路,陈悦,等. 光合作用对光和二氧化碳响应的观测方法探讨[J]. 植物生理与分子生物学报, 2006, 32(6): 691-694.
- [3] 郑文君,范崇辉,韩明玉,等. 红富士苹果秋季叶片光合特性研究初报[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(5): 40-42.
- [4] 张建光,刘玉芳,施瑞德. 不同砧木上苹果品种光合特性的比较研究[J]. 河北农业大学学报, 2004, 27(5): 31-33.
- [5] 曹军胜,刘广全. 刺槐光合特性的研究[J]. 西北农业学报, 2005, 14(3): 118-122, 136.
- [6] 王晶英,赵雨森,杨海如,等. 银中杨光合作用和蒸腾作用对土壤干旱的响应[J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(4): 56-61.
- [7] 刘桂林,梁海永,刘兴菊. 国槐光合特性研究[J]. 河北农业大学学报, 2003, 26(4): 68-70.
- [8] 刘奇峰,梁宗锁,蔡靖,等. 4种药用植物光合特性的研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(6): 10-13.
- [9] 林平,李吉跃,陈崇. 银杏光合生理生态特性研究[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(6): 22-29.
- [10] 马钦彦,蔺琛,韩海荣,等. 山西太岳山核桃楸光合特性的研究[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(1): 14-18.
- [11] 马志波. 北京六种常见绿化树种光合特性研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2004.
- [12] 雍文,魏卫东,马振江,等. 灵武长枣树根系观察[J]. 宁夏农林科技, 2006(1): 7-8.
- [13] 喻菊芳,陈卫军,朱连成. 灵武长枣发展中值得注意的问题[J]. 宁夏农林科技, 2003(4): 60-61.
- [14] 魏天军. 灵武长枣产业发展现状、存在问题与对策[J]. 宁夏农林科技, 2009(2): 52-53, 46.
- [15] 魏卫东,雍文,杜玉泉. 灵武长枣物候期观察[J]. 宁夏农林科技, 2005(1): 29-30.
- [16] 喻菊芳,朱连成,魏天军,等. 灵武长枣品种特性及规范化栽培技术研究示范[J]. 宁夏农林科技, 2007(2): 1-4.
- [17] 杨晓益,张超,王文梅,等. 扁核木光合特性的研究[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(4): 909-913.
- [18] 许大全. 光合作用效率[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2002: 39-776.

Primary Study on Photosynthesis of *Zizyphus jujuba* Mill. cv. Lingwuchangzao

CAO Bing¹, JIANG Li¹, LI Yin-di¹, SUN Yong-sheng², SU Wei-dong³

(1. College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2. Lingwu Forestry Bureau, Lingwu, Ningxia 751400; 3. Lingwu Fruit Industry Development Limited Liability Company, Lingwu, Ningxia 751400)

Abstract: Selected seven-year-old individuals (young individual) and twelve-year-old individuals (mature individual) in Lingwuchangzao as materials, used automatic photosynthesis test instrument (CARIS-1), the photosynthesis of young individual and mature individual at different months during whole growing season were determined, the seasonal variation of photosynthesis in *Zizyphus jujuba* Mill. cv. Lingwuchangzao were studied. The results showed that the photosynthesis in the jujube showed significant month variations, and the photosynthesis characteristics of young individual and mature individual were different. The variation trend of net photosynthesis rate of the mature individual during growing season was a unimodal curve in which the peak of Pn occurred at Aug. that was $12 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, but the variation trend of Pn of the young individual during growing season was a bimodal curve in which the peaks of Pn occurred at June and Aug. that was $7.8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ and $13.9 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ respectively. The variation trends of stomatal conductance (Gs) and transpiration rate (Tr) were same as the variation of Pn during different months, but the value of Gs and Tr of young individuals were greater than that of mature individuals. There was no big different of the variation trends of water utilization efficiency (WUE) between young and mature individuals, and the peak value of WUE occurred at May while minimum value occurred at June, and then the value of WUE increased slowly, but reduced before leaf falling. The intercellular CO_2 concentration (Ci) value of young and mature individuals during May and Sept. was from 150~250 $\mu\text{mol}/\text{mol}$, but the Ci increased before the leaf falling. It could be concluded that the photosynthesis peak of Lingwuchangzao was occurred at June and Aug. And the photosynthetic capacity of young individuals in Lingwuchangzao was stronger than that of mature jujube.

Key words: *Zizyphus jujuba* Mill. cv. Lingwuchangzao; photosynthesis variation; net photosynthetic rate; water utilization efficiency