

文章编号: 100F 1498(2002) 06 0672 08

高温期间水分对银杏光合作用 和光化学效率的影响

张往祥, 曹福亮

(南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037)

摘要: 对 2 年生盆栽银杏苗木试验设计了 3 种水分供应水平(分别相当于田间持水量的 80%、40% 和 25%), 研究高温期间水分对其光合作用和光化学效率的影响。结果表明, 银杏叶片在快速脱水过程中, 当叶片饱和水分亏缺(WSD)增加到 25% 之前, 净光合速率(P_n)随着气孔导度(G_s)的快速下降而急剧下降, 两者之间存在显著的线性相关关系($R^2 = 0.816$), 而实际光化学效率($\Phi_{PS II}$)保持相对稳定。当 WSD 增加到 25% 以后, P_n 和 G_s 都开始缓慢下降, 但两者之间相关关系不显著($R^2 = 0.152$), $\Phi_{PS II}$ 则开始快速下降。分析结果表明, WSD 增加到 25% 之前 P_n 降低的主导因素是气孔限制, 而 WSD 增加到 25% 之后 P_n 降低的主导因素是包括光化学活性限制在内的叶肉因素; 长期干旱条件下, 银杏叶片的光合活性、净光合速率、气孔导度和水分利用效率(WUE)都大幅下降, 但 P_n 下降的主导因素并不在于因气孔因素引起的 CO_2 供应能力的降低, 而在于叶肉光合活性的降低; 干旱还大大加剧了银杏的光合“午休”程度。

关键词: 银杏; 干旱; 水分饱和和亏缺; 光合作用; 光化学效率; 水分利用效率

中图分类号: S792.95 Q945.11 文献标识码: A

银杏(*Ginkgo biloba* L.) 在我国的分布很广, 可能与其具有较强的耐干旱能力有关。同时, 它也是一种喜湿怕涝的树种, 适时适量供水可以显著促进其生长。然而, 迄今为止有关水分条件对银杏光合作用的影响鲜见报道。本文对银杏叶片在快速脱水过程中气体交换参数和光化学效率的变化规律以及高温期间干旱对银杏光合作用的影响进行了初步研究。

1 材料与方法

1.1 试验材料和准备

试验在南京林业大学塑料大棚内进行。塑料大棚透光率约为 70%。银杏苗木为 2 年生泰兴大佛指实生苗, 苗木平均高度 60 cm, 苗木大小基本一致。土壤为肥力较好的沙土, 每盆干土都为 10 kg。1999 年 12 月进行苗木栽植, 2000 年 4 月底进行水分处理, 测定时间为 7 8 月。

1.2 试验设计

试验共设有 3 种水分供应水平: CK、 W_m 和 W_d (分别相当于田间持水量的 80%、40% 和 25%)。每种水分供应水平有 8 盆, 每盆栽种 2 株银杏。水分控制方法为: 每 3 d 进行 1 次全盆

收稿日期: 2002-08-27

基金项目: 1999-2001 年江苏省农业三项工程项目“银杏种质资源引进”(项目编号 P99404)

作者简介: 张往祥(1966), 男, 江苏兴化人, 讲师, 硕士。

秤重, 然后按水分梯度要求进行补水(秤重和补水时间都在下午 5:00 后进行, CK、Wm 和 Wd 土壤实际含水量与水分控制值之间的差异分别为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 3.5\%$ 和 $\pm 3\%$ 左右)。

1.3 研究方法

1.3.1 光合作用气体交换参数和光化学效率的测定 净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、蒸腾速率(Tr)、叶片温度(T_1)、气温(T_a)、叶室 CO_2 浓度(C_a)、细胞间隙 CO_2 浓度(C_i)、光合有效辐射(PAR)和空气水汽压(V_a)用英国 PP-System 公司生产的 CIRAS-1 便携式光合系统测定, 饱和水汽压(V_s)查表求之。光适应下初始荧光(F_o')和最大荧光(F_m')用英国 Hansath 公司生产的 FMS2 脉冲调制式荧光仪测定。

快速失水过程中气体交换参数和光化学效率的步骤如下: 剪取 80% 田间持水量处理的银杏叶片 15 片, 并进行编号。叶片的节位都为苗木上部第 4—6 片功能叶, 剪取后立即进行气体交换参数和光化学效率参数的测定, 其后立即秤重。秤重后叶片按次序放到窗纱上, 保持正面朝上, 叶片仍然置于阳光下(失水过程是在 $900 \mu\text{mol}(\text{Photon}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右光强下进行)。5 min 后进行第 2 轮测定并秤重。如此反复测定和秤重, 共计 7 次。测定时气温(T_a)为 $(27.8 \pm 1.5)^\circ\text{C}$ 、空气水汽压(V_a)约 $(21 \pm 2) \text{ mbar}$ 、叶室 CO_2 浓度(C_a)为 $(358.4 \pm 0.8) \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 、光量子通量密度(PAR)为 $(1000 \pm 17) \mu\text{mol}(\text{Photon}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

不同水分条件下银杏光合作用气体交换参数日变化是在塑料大棚内进行连体测定的, 叶片重复数为 8, 测定的叶片都为苗木上部第 4—7 节位的功能叶。

1.3.2 水分饱和和亏缺和水分利用效率等参数的测定和计算 水分饱和和亏缺 $WSD(\%) = \frac{W_{\text{sat}} - W_{\text{act}}}{(W_{\text{sat}} - W_{\text{dry}})} \times 100\%$, 公式中 W_{sat} 、 W_{act} 和 W_{dry} 分别代表叶饱和质量、叶鲜质量和叶干质量; 水分利用效率(WUE)采用 Fischer and Turner 的方法^[1], $WUE = \text{净光合速率}(P_n) / \text{蒸腾速率}(Tr)$; 空气相对湿度 $RH(\%) = \text{空气水汽压}(V_a) / \text{饱和水汽压}(V_s) \times 100\%$; 实际光化学效率(Φ_{PSII}) = $[\text{最大荧光}(F_m') - \text{初始荧光}(F_o')] / \text{最大荧光}(F_m')$ 。

2 结果与分析

2.1 银杏光合作用气孔参数和光化学效率对叶片水分饱和和亏缺的响应

从图 1 可以看出, 随着离体银杏叶片水分饱和和亏缺(WSD)的不断增大, 叶片的气孔导度(G_s)、光合速率(P_n)、实际光化学效率(Φ_{PSII})都随之减小, 但它们对 WSD 的敏感性不同。 G_s 和 P_n 对 WSD 最为敏感, 其中 G_s 在 WSD 下降到 22% 左右之前呈快速下降趋势, 在此后呈现平缓下降趋势, P_n 则在 WSD 下降到约 25% 之前呈快速下降趋势, 在此后呈现缓慢下降趋势。然而, Φ_{PSII} 对 WSD 的敏感性则要低得多, 在 WSD 小于 25% 这一转折点之前, 随着 WSD 下降 Φ_{PSII} 只有轻微下降, 只有当 WSD 超 25% 之后, Φ_{PSII} 才明显下降。玉米和大豆在短期水分胁迫下发生了类似的现象^[2, 3]。

胞间 CO_2 浓度(C_i)随着 WSD 的增大先下降后上升, 转折点也是 WSD 为 25% 左右时, 蒸腾速率(Tr)的变化趋势和气孔导度的变化趋势十分相似, 甚至从快速下降到平缓下降的转折点也相同, 都是 WSD 为 25% 左右时; 水分利用效率(WUE)的变化趋势则没有表现出明显的规律。

2.2 光量子通量密度、气温和空气相对湿度的日变化

从图 2 中可以看出, 大棚内光照强度(PAR)的日变化呈日间高早晚低的趋势。由于塑料

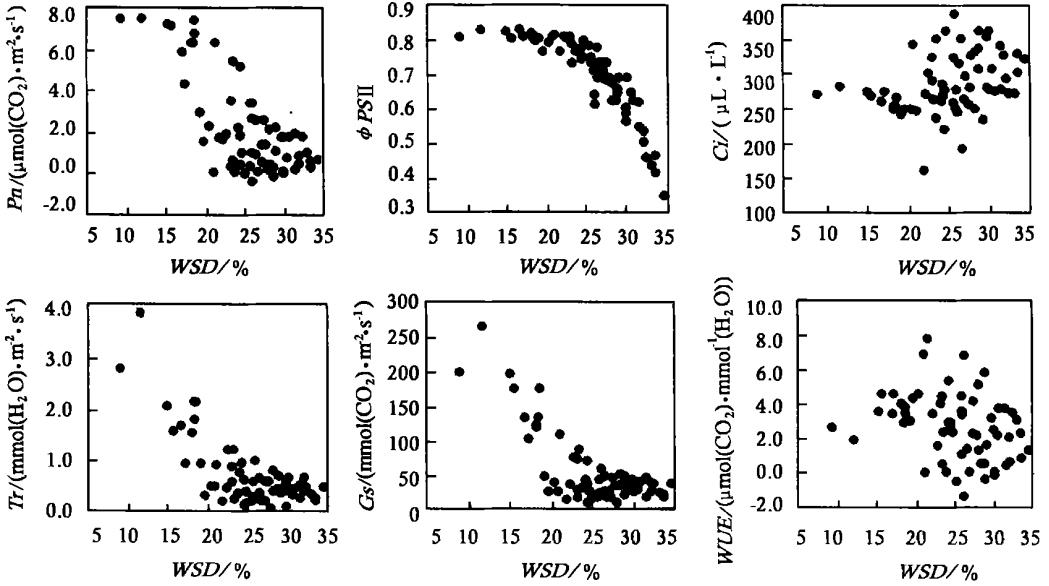


图1 盆栽银杏功能叶片在离体快速脱水过程中净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、细胞间隙浓度(C_i)、蒸腾速率(Tr)、水分利用效率(WUE)和光化学效率(ϕ_{PSII})对叶片饱和和水分亏缺(WSD)的响应(2000年7月28日测定,测定叶片数8)

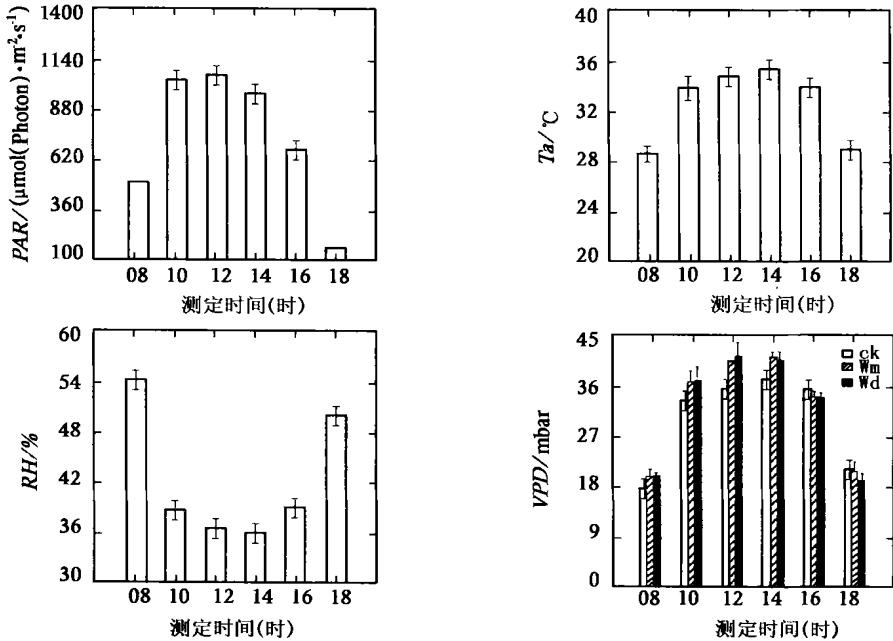


图2 大棚内光量子通量密度(PAR)、空气相对湿度(RH)、气温(T_a)等环境因子的日变化和盆栽银杏叶片-空气水汽压差(VPD)的日变化(2000年8月2日(8:00-18:00)测定;图中柱形和小针分别表示平均值和标准差, $n=8$)

大棚的透光率只有 70% 左右, 当日最高光强也没有超过 $1\ 200\ \text{mmol}(\text{Photon}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 而银杏的光饱和点达到 $1\ 200\ \text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右^[4]。

大棚内气温 (T_a) 的日变化是典型的单峰曲线类型, 早晚低中午高 (图 2)。本日 8:00 18:00 期间空气温差并不大, 仅为 $7\ ^\circ\text{C}$ 左右, 但平均气温和最高气温较高, 而且高温持续时间较长。最高气温达到 $36\ ^\circ\text{C}$, 从 10:00 16:00 长达 6 h 时间段内的平均气温高达 $34.6\ ^\circ\text{C}$, 而银杏的最适光合温度为 $28\ ^\circ\text{C}$ 左右^[5]。

大棚内空气相对湿度 (RH) 的日变化呈现早晚高午间低的单峰曲线趋势, 这和气温的日变化趋势正好相反 (图 2)。全天的 RH 也比较低, 午间在 35% 左右, 即使早 8:00 也未超过 55%。显然, 当天是典型的干热天气, 这会加大叶片-大气水汽压差 (VPD) 和蒸腾速率 (T_r), 从而促进气孔的关闭。

2.3 长期干旱对银杏光合作用气孔参数的影响

叶片-大气水汽压差 (VPD) 的日变化趋势也是单峰曲线类型, 早晚低中午高 (图 2)。这种趋势正是由温度升高导致的, 因为全天空气绝对湿度基本保持稳定 (数据未列), 随着温度升高, 叶片气孔下腔饱和水汽压呈指数式升高, VPD 随之加大。10:00 16:00 期间, 3 种土壤水分条件下银杏的平均 VPD 分别达到 35、37.8 和 38 mbar。

从图 3 中可以看出, 银杏净光合速率 (P_n) 在中午时段都发生了严重的光合“午休”, P_n 最大值都出现在早晨 8:00, 最低值出现在 14:00。然而, 不同土壤水分条件对银杏光合“午休”具

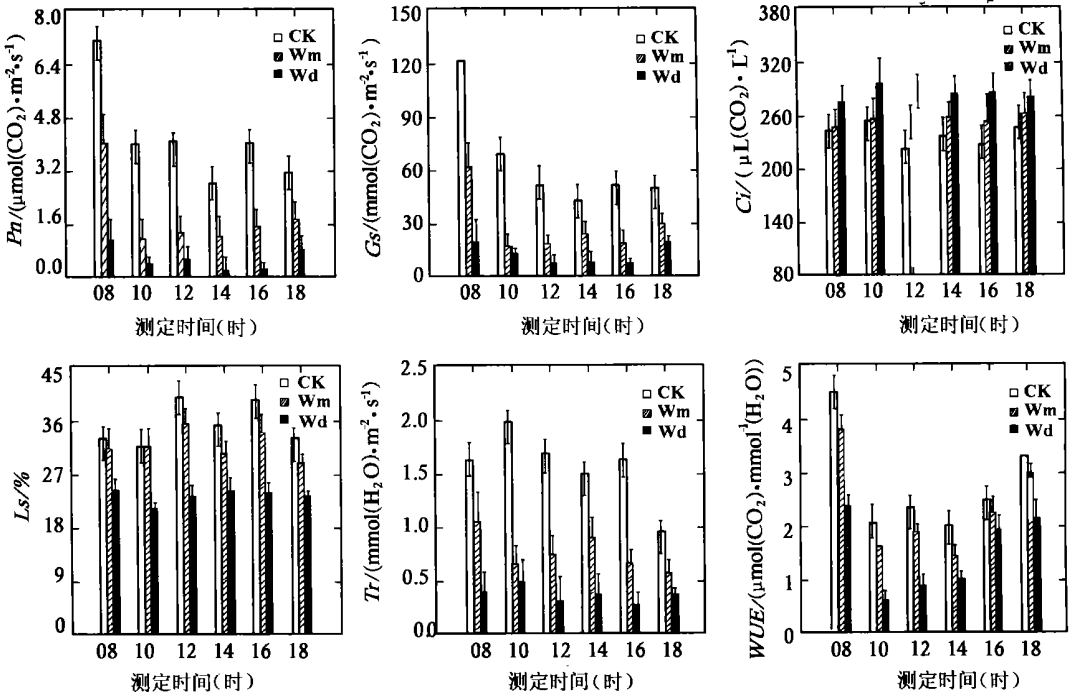


图 3 不同土壤水分条件对银杏叶片净光合速率 (P_n)、气孔导度 (G_s)、细胞间隙 CO_2 浓度 (C_i)、气孔抑制值 (L_s)、蒸腾速率 (T_r) 和水分利用效率 (WUE) 日变化的影响 (2000 年 8 月 2 日 (8:00 18:00) 测定; 图中柱形图和小针分别表示平均值和标准差, $n=8$)

有十分显著的影响,土壤越干旱,银杏的午休程度越大,CK、W_m和W_d3种供水条件下的银杏当日14:00的 P_n 值分别相当于各自最大值的39.4%、27.5%和18.2%。

干旱对 P_n 的影响也非常显著。CK、W_m和W_d3种不同供水条件下,8:00—18:00银杏叶片 P_n 的平均值分别为4.2、1.8、0.5 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

银杏气孔导度也都呈现出早晚高午间低的趋势,并且在全天任一时刻,正常供水银杏的 G_s 都显著高于干旱条件下的银杏(图3)。在8:00—18:00期间,CK、W_m和W_d3种水分条件下银杏叶片的 G_s 平均值分别为65、28、12 $\text{mmol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由此不难看出,高温条件下银杏的气孔导度非常低。

从图3可以看出,全天蒸腾速率(T_r)的变化并不大,但正常供水的银杏的 T_r 明显高于干旱条件的银杏。CK、W_m和W_d3种供水条件下银杏叶片全天 T_r 的平均值分别为1.55、0.75、0.35 $\text{mmol}(\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,这正是银杏叶片气孔调节的结果。

图3表明,在全天任一时刻,土壤越干旱,叶片的气孔限制值(L_s)越小,而胞间 CO_2 浓度(C_i)越大,这表明土壤干旱导致 P_n 下降的主要因素并不在于 CO_2 供应的限制。

银杏叶片水分利用效率(WUE)的日变化明显呈现出早晚高午间低的趋势(图3)。土壤水分条件对银杏叶片 WUE 也具有十分显著的影响,无论是8:00—18:00之间任一时刻,还是该时间段的 WUE 平均值,土壤水分条件好的银杏叶片的水分利用效率总是高于水分条件差的。CK、W_m和W_d这3种供水条件下银杏叶片 WUE 平均值分别为2.8、2.3、1.5 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{mmol}^{-1}(\text{H}_2\text{O})$ 。

3 结论与讨论

3.1 快速失水过程中和长期干旱胁迫下银杏叶片的气孔调节

Clamer把植物对干旱的适应分为延迟脱水途径和驯化适应减少失水途径两种^[6]。在银杏快速失水过程中,随着水分饱和亏缺(WSD)的增加,气孔导度(G_s)快速下降,当 WSD 增加到22%左右时开始呈现平缓下降趋势,蒸腾速率(T_r)的变化趋势和 G_s 的变化趋势完全吻合,两者之间呈显著线性相关系数($R^2 = 0.928$)。这表明在叶片快速失水过程中,银杏叶片通过气孔调节可以十分有效地减少叶片失水;土壤长期干旱胁迫下,银杏叶片的 T_r 和 G_s 也表现出平行下降的趋势,例如80%、40%和25%3种田间持水量条件下,银杏叶片 G_s 的全天平均值分别为65、28、12 $\text{mmol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, T_r 的平均值分别为1.55、0.75、0.35 $\text{mmol}(\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。这表明长期干旱胁迫下,气孔调节仍然是减少叶片失水的重要途径。

然而,长期干旱胁迫下和叶片快速脱水过程中导致气孔导度下降的原因可能不同。快速脱水后的叶片,只要立即将其叶柄插入水中,4h后叶片水势和气孔导度也基本恢复到失水前的水平,这表明快速脱水过程中,调节叶片气孔导度下降的主要原因可能在于叶片水势的降低,这种减少失水的途径属于延迟脱水途径;长期干旱胁迫下的银杏(25%田间持水量),恢复正常水分供应3d后,叶片水势迅速上升但气孔导度仍然比正常供水的银杏低60%以上,这表明调节叶片气孔导度下降的主要原因可能并不在于叶片水势的降低。许多研究表明长期干旱胁迫下,植物根尖部位会产生脱落酸(ABA)并运输到枝条和叶片中,从而促使叶片气孔关闭以减少蒸腾失水^[7-10]。这说明土壤长期干旱胁迫下银杏叶片气孔导度大幅降低可能与ABA的调节作用有关,这种减少失水的途径属于驯化适应途径。当然,银杏气孔导度与ABA的关系

有待进一步研究。

然而, 气孔调节降低水分蒸腾的同时, 也降低了银杏的净光合速率(P_n)的水分利用效率(WUE)。25%田间持水量条件下, 银杏全天 P_n 和 WUE 的平均值仅分别为80%田间持水量条件下银杏的1/8和1/2左右, 这可能就是Walter Larcher所说的克服胁迫的代价^[11]。

3.2 银杏具有较强的耐旱能力可能与银杏的气孔导度低有关。

在25%田间持水量条件下, 大棚内银杏经历夏季持续高温和干旱的交叉胁迫仍然可以存活, 这表明银杏具有较强的干旱适应能力, 而这种能力的获得可能与银杏具有较低的气孔导度有关。当日土壤供水条件好的银杏的 G_s 最高值也仅有 $120 \text{ mmol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右, 即使在适宜条件下银杏叶片的气孔导度也很少超过 $300 \text{ mmol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ^[5]。由此不难看出, 银杏的气孔导度较低, 在高温、干旱条件下银杏的气孔导度更低。银杏在我国分布范围广可能与此也不无关系。

3.3 干旱胁迫下银杏叶片净光合速率下降的原因

气孔是 CO_2 供应的通道, G_s 的大小反映了气孔开放程度、气孔限制值(L_s)和胞间 CO_2 浓度(C_i)的变化趋势, 可以用来判断净光合速率(P_n)下降是否主要发生在 CO_2 供应环节; $PS II$ 实际光化学效率($\Phi PS II$)反映了光合作用光化学活性限制的程度。气孔关闭引起的光合速率下降主要出现于轻度干旱胁迫条件下, 而严重干旱可以导致许多与光合作用有关的活性成分含量及活力的降低, 从而导致光合速率的大幅下降^[12]。银杏在快速脱水过程中 P_n 下降, 但在不同阶段导致 P_n 下降的主导因素不同。在 WSD 下降到25%之前, P_n 快速下降, P_n 和 G_s 之间呈现良好的正相关($R^2 = 0.816$), 而 $PS II$ 实际光化学效率($\Phi PS II$)基本保持稳定, C_i 有降低的趋势, 因此导致 P_n 下降的主要因素是气孔限制。当 WSD 下降到25%之后, P_n 和 G_s 缓慢下降, 两者之间的相关系数也很低($R^2 = 0.152$), 而 $\Phi PS II$ 开始呈现急剧下降趋势, C_i 呈上升趋势, 这表明光化学活性限制已经上升为主导因素。当然叶片在快速脱水过程中容易出现气孔不均匀关闭现象, 从而导致 C_i 的计算值增大^[13-18]。在本次试验中, 当 WSD 下降到22%之前时, 随着 WSD 的下降, G_s 急剧下降, 但 C_i 只有微弱下降, 这一结果很可能就是气孔不均匀关闭造成的假象, 但这并不影响本次对光合作用限制因素的判断。

在长期干旱条件下, P_n 和 G_s 也表现出平行下降的趋势, 这表明气孔因素仍是银杏光合速率下降原因之一, 但这并不意味着气孔因素就是导致 P_n 下降的主导因素。因为干旱条件下银杏细胞间隙 C_i 恒高于正常供水的银杏, 而气孔限制值(L_s)恒低于正常供水的银杏。显然, 长期干旱条件下导致 P_n 下降的主导因素并非 CO_2 供应环节的气孔因素, 而在于包括光化学活性限制在内的叶肉因素。

3.4 高温期间适时灌溉的意义

夏季避免高温和干旱胁迫的同时发生十分重要。在午间前后6 h 35°C 以上高温和36 mbar左右 VPD 的双重胁迫下, 正常供水银杏的净光合速率仍然能维持 $3.8 \mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 而40%和25%田间持水量条件下银杏的净光合速率仅分别为 $1.2 \mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $0.3 \mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 而同一时段正常供水、40%和25%田间持水量条件下银杏的水分利用效率分别为2.19、1.75、1.07 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{mmol}^{-1}(\text{H}_2\text{O})$ 。显然, 尽管干旱条件下, 气孔关闭减少了蒸腾速率, 但由于净光合速率的下降速度大于蒸腾速率的下降速度, 水分利用效率反而大大降低。这表明在高温期间避免高温和干旱逆境因子交叉胁迫的发生, 可以显著提高银杏的

光合速率和水分利用效率。因此,夏季高温期间适时适量灌溉对促进银杏的快速生长十分有益。

参考文献:

- [1] Fischer R A, Turner N C. Plant production in the arid and semiarid zones[J]. *Annu Rev Plant physiol*, 1978, 29: 277-317
- [2] 高辉远. 大豆生长发育过程中光合作用和光化学效率的调节[D]. 泰安: 山东农业大学, 1999
- [3] 李岩, 潘海春, 李德全. 土壤干旱条件下玉米叶片内源激素含量及光合作用的变化[J]. *植物生理学报*, 2000, 26(4): 301-305
- [4] 郭志华, 张宏达. 庐山银杏光合特性的研究[J]. *生态科学*, 1997, 16(1): 30-33
- [5] 孟庆伟, 王春霞, 赵世杰, 等. 银杏光合特性的研究[J]. *林业科学*, 1995, 31(1): 69-71
- [6] Clamer. 植物的水分关系[M]. 许旭旦译. 北京: 科学出版社, 1989. 463-492
- [7] Hartung W. The site of action of abscisic acid at the guard cell plasmalemma of *Valerianella locusta*[J]. *Plant Cell and Environment*, 1983, 6: 427-428
- [8] Lachno D R, Baker D A. Stress induction of abscisic acid in maize roots[J]. *Physiologia Plantarum*, 1986, 68: 215-221
- [9] Zhang J, Davies W J. Abscisic acid produced in dehydrating roots may enable the plant to measure the water status of the soil[J]. *Plant Cell and Environment*, 1989, 12: 78-81
- [10] Zhang J, Schurr U, Davies W J. Control of stomatal behaviour by abscisic acid which apparently originates in the roots[J]. *Journal of the Environmental Botany*, 1987, 38: 1174-1181
- [11] Larch. 植物生态生理学[M]. 翟志席译. 北京: 中国农业大学出版社, 1997. 245-340
- [12] 沈允钢. 光合机构对环境的响应[A]. 见: 余叔文. 植物生理与分子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1992. 225-233
- [13] 孟庆伟. 小麦和大豆叶片的气孔不均匀关闭现象[J]. *植物生理学报*, 1997, 23: 53-60
- [14] Comic G, Briant's J M. Partitioning of photosynthetic electron flow between CO₂ and O₂ reduction in a C₃ leaf at different CO₂ concentration and during drought stress[J]. *Planta*, 1991, 183: 178-184
- [15] Pocišilova J, Santrucek J. Stomatal Pachiness[J]. *Biologia Plantarum*, 1994, 36: 481-510
- [16] Sharkey, Seemann J R. Mild water stress effects on carbon reduction cycle intermediates, ribulose biphosphate carbolyase activity and spatial homogeneity of photosynthesis in intact leaves[J]. *Plant Physiol*, 1989, 89: 1060-1065
- [17] Sharkey T D. Water stress effects on photosynthesis[J]. *Photosynthetic*, 1990, 24(4): 65
- [18] Terashima I. Anatomy of non uniform leaf photosynthesis[J]. *Photosynthesis Research*, 1992, 31: 195-212

Influence of Drought Stress on Photosynthesis and Photochemistry Efficiency in Leaves of *Ginkgo biloba* during High Temperature Days

ZHANG Wang-xiang, CAO Fu-liang

(College of Forestry Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: During the course of dehydration of *Ginkgo biloba* leaves, net photosynthetic rate (P_n), which has a significant correlation with stomatal conductance (G_s) ($R^2 = 0.816$), went down sharply with the rapid decline of G_s until water saturation deficiency (WSD) up to 25%, whereas actual PS II efficiency ($\Phi_{PS II}$) only went down slightly. However, with further increase of WSD above 25%, P_n and G_s both decreased slowly and slightly and the correlation between them was insignificant ($R^2 = 0.152$), while $\Phi_{PS II}$ descended rapidly and remarkably. Based on the analysis of such concerned parameters as stomatal limitation (L_s), inter cellular CO_2 concentration (C_i) and $\Phi_{PS II}$ etc., the conclusion could be drawn that the main factor that led to drop of P_n lied in decline of G_s until WSD up to 25% but it lied in decline of photosynthetic activeness in leaves when WSD was above 25%. Under the long term drought stress in soil, P_n , G_s and water use efficiency (WUE) in *Ginkgo* leaves went down remarkably. Regardless of G_s went down significantly under drought stress in soil, the decline of P_n did not lie in it but in the decline of photosynthetic activeness in leaves. Also, drought stress in soil led to more severe decline of P_n in midday in *Ginkgo* leaves.

Key words: *Ginkgo biloba*; drought stress; water saturation deficiency; photosynthesis; photochemistry efficiency; water use efficiency