

国外光合作用测定装置介绍

林 植 芳

(中国科学院华南植物研究所)

INTRODUCTION OF A FOREIGN APPARATUS FOR PHOTOSYNTHESIS MEASUREMENT

Lin Zhi-fang

(South China Institute of Botany, Academia Sinica)

目前国内各地所用的光合作用测定装置一般只能作短期的实验,且所表示的光温条件只代表叶室的气温及叶室外的光照强度,也难以调控进出叶室的气体中水蒸汽压及 CO_2 浓度的恒定。为此,本文介绍作者在美国犹他大学生物系 Dr. Ehleringer 实验室工作时所用的可对连体叶片作精密的光合、呼吸及蒸腾强度等动态测定的装置。这种装置可以调控叶温、叶片的光照强度、水蒸汽压亏缺及叶室中的 CO_2 浓度、并测定 CO_2 及水分交换情况。实验结果给出所用实验条件及光合、蒸腾、细胞间 CO_2 浓度及气孔对水蒸气及 CO_2 的导度等数据。

整个装置包括两台红外线 CO_2 分析仪、两台双笔记录仪、一个叶室,一台带打印机的电子计算机、有关的气路、温度湿度调控系统及一定浓度的 CO_2 供应装置等(图1)。整个流程是将空气通入饱和的氢氧化钾溶液,再经干燥剂,成为干燥的没有 CO_2 的零气,用于配制不同浓度的 CO_2 气源。零气与一定比例的1%的 CO_2 混合后,进入一个大缓冲瓶,然后从支路上将一小部分气体连接到一个绝对测定的红外线 CO_2 分析仪上,测定空气中的 CO_2 浓度,另一小部分干燥空气继续经气阀控制通入叶室或放空;大部分气体则通入一个热套加湿器(可调控加湿器的温度)和冷凝管(连到一个露点温度水浴)以加湿和除去多余的水蒸汽。将已加湿且含所需 CO_2 浓度的空气部分通入红外线 CO_2 分析仪,其他通入叶室。

具体的方法分述如下:

(一) 实验条件的控制

1. CO_2 浓度 由无 CO_2 的空气加入适量的1%的 CO_2 (钢瓶压缩气体)混合而成。可用流量计控制两者的体积比或者最好利用一个气体混合泵(H. wösthoff Boechum, Germany)来配制。为了防止光合作用过程中叶片周围气体中 CO_2 的亏缺或由于 CO_2 浓度减少而响影实验准确性,所供给的 CO_2 浓度是指从叶室出来的气流中的浓度而不是进入叶室气流的浓度。为此,在获得有效的数据之前,通常控制进入叶室中的空气 CO_2 浓度略高于330ppm,对试验叶片的光合强度作预测,通过电子计算机算出从叶室出来气流的 CO_2 浓

度, 然后适当提高进入叶室气源的 CO_2 浓度, 使叶室出气口的 CO_2 保持恒定的数据 (标准条件为 330 mpp)。

2. 叶片的水蒸气压力亏缺 这是指在一定的叶温下的饱和蒸汽压与叶片蒸气压之差, 简称 VPD (Vapor Pressure Deficit)。已证明 VPD 的大小对气孔的导度 (Conductance) 及光合速率有明显的影响, 因此, 控制恒定的 VPD 很重要。在一般的实验中 VPD 应为 10—15 mbar (压力单位, 1 mbar = 0.75 mmHg), 这可用于湿空气的比例加以控制。增大热套加湿器的温度, 减少或不加干空气, 降低露点水浴的温度都可提高空气中的水蒸气含量。用两个相对湿度计 (HMP 14V Relative Humidity Indicator, Weathermeasure Corp, Sacramento, Calif.) 分别测定进出叶室的气流中水蒸气含量。为了在相对稳定的温度下测定以及防止较低温度下水蒸汽的冷凝, 相对湿度计的探头及三个流量计皆置于一个 50℃ 的热室中。这个控制热室可用一个控温仪连接几个电阻来增高温度, 热室内并装有小风扇以保持温度的均匀分布。

3. 叶温 用两个精细的热电偶探针插入叶片下表面直接测定。叶温可由叶室水套温度及露点气体温度加以调控。带有冷却装置的恒温水浴 (—10—+150℃, W3237, Lauda, Brinmann) 适于作不同温度对光合作影响的测定。叶室内加小风扇, 有利于气流的流动及降低叶温。

4. 光照强度 以一个 1000 W 的 WHID 钠灯作为光源 (波长 400—700 nm)。叶片受光的强度由加上不同孔径的无色金属网于叶室上面或移动叶室与光源的距离而调节。叶室内在叶片附近装有一个硅光电池作为光强探测器。此硅光电池先用量子计进行校正。光照强度以入射的量子通量表示 ($\text{m mole Einstein. m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)。

(二) 叶室 应采用对 CO_2 有最小吸收特性的材料, 常用镀镍的黄铜为侧面及底面的材料, 叶室顶面采用聚酯薄膜以便于光的透过 (图 2)。叶室中有小风扇及一些热交换板, 以保持气流均匀, 使叶片具有良好的边界层传导性。叶室的顶面和底面或底面有夹层水套 (图 2—B)。为便于作连体叶片的测定, 叶室侧板上嵌上孔径不同的活动小板, 以适于不同大小的叶柄或局部叶片的固定。叶室顶盖与主体之间用螺丝加固以防止漏气。叶片由上下两层尼龙丝网夹住。叶室的形状依所用叶片材料而定。叶面积由一个 L3100 的叶面积仪测定。为了不损伤叶片, 可用照相感光纸或晒图纸放于叶片下曝光, 剪下相应叶面积再作测定。

(三) 红外线 CO_2 分析仪 英国的 Mark II IRGA (Analytical Development Corp, Hoddesdon, England) 对湿度反应不敏感, 可用于绝对或参比测量, 仪器性能较好。本装置采用两台 IRGA, 一台监测外界 CO_2 的变化, 一台监测光合作用速率。所有气路管道皆用黄铜或者 Tygon, 以减少其对 CO_2 的吸收。

(四) 显示及数据处理 各项所得参数皆以 mv 显示。为此必需将光、温、 CO_2 浓度及流量等的变化转化为 mv 数的变化, 作出各条相关的曲线, 求出斜率, 放入计算程序中。实验过程中应随时应用计算机预算结果, 据此调整实验条件达到所需的要求, 才取正式数据。当记录仪上的湿度及 CO_2 变化达稳定状态, 转动可变开关, 从数字毫伏计上读取有关数字, 通过计算机演算并显示所得结果, 打印或加以储存。从我们的程序中可得出下列数据 (见附表 1)。对各项结果的计算公式见以前的报道 (林植芳, 阿勒林格: 植物生理学报, 8,

363—372, 1982)。

表 1 实验结果的打印模式

光强度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	叶温 $^{\circ}\text{C}$	$\text{O}_2\%$	$\text{CO}_2\text{-A}$ (ppm)
$\text{CO}_2\text{-I}$ (ppm)	GH_2O (mm s^{-1})	GCO_2 (mm s^{-1})	Tr ($\mu\text{gcm}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Flow ($\text{cm}^3 \text{s}^{-1}$)	$\text{CO}_2(\text{in})$ (ppm)	$\text{DCO}_2(\text{in-out})$ (ppm)	Pn ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
V_{pout} (mbar)	V_{pin} (mbar)	$\text{V}_{\text{pin}}(\text{total})$ (mbar)	VPD (mbar)

• $\text{CO}_2\text{-A}$ 为外界 CO_2 浓度, 即叶室出气中 CO_2 浓度, 通常控制在 330 ppm; $\text{CO}_2\text{-I}$ 为细胞内部空间的 CO_2 浓度; GH_2O 及 GCO_2 分别为叶片对水蒸汽及 CO_2 传导性; Tr 为蒸腾率; Flow 代表流量; DCO_2 代表进出叶室气流中 CO_2 浓度差; Pn 为净光合率; VP 为水蒸气压, VPD 为水蒸气压亏缺。

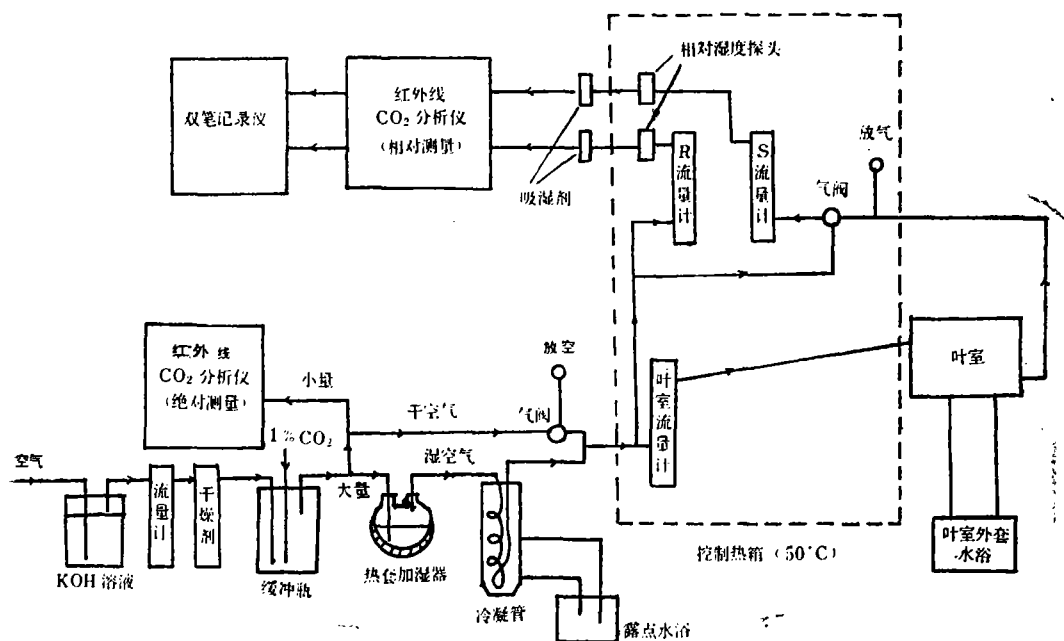


图 1 气路系统

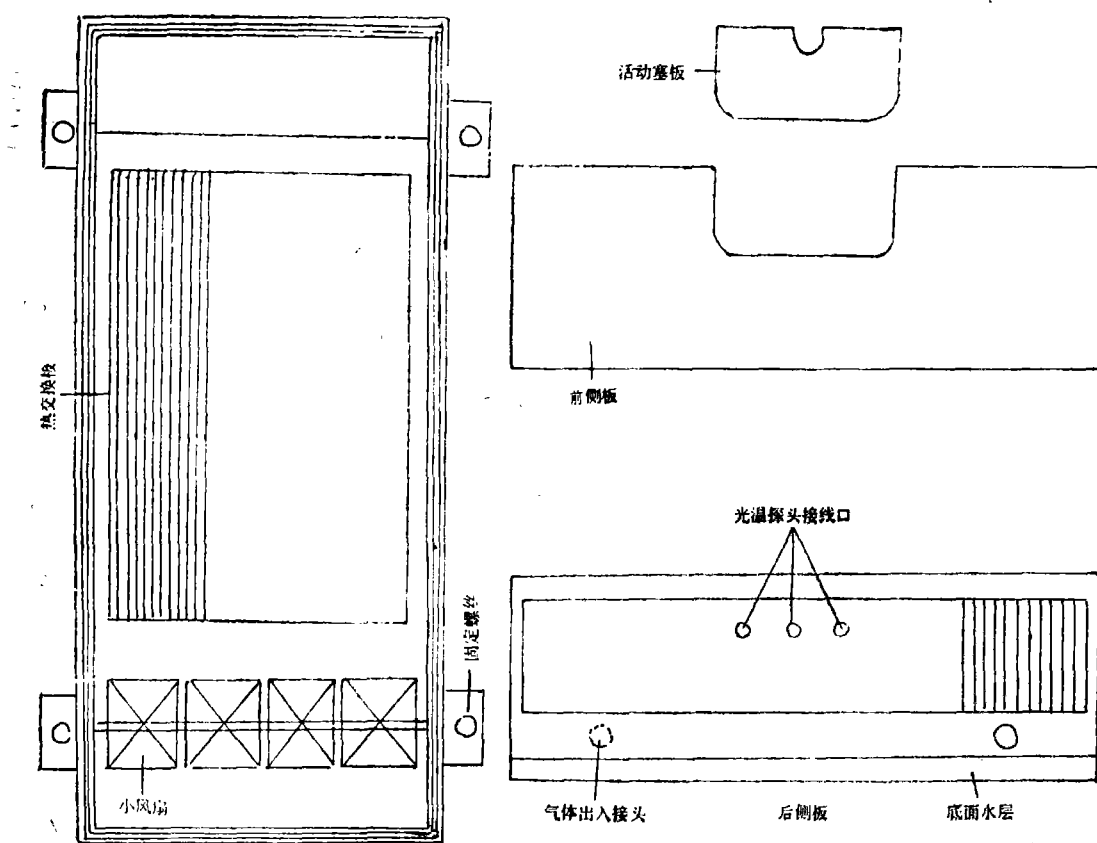


图 2—A 叶室正视图

图 2—B 叶室侧面图