



光合荧光联用对叶片同化测量的重要性

多数研究者均采用文献中的吸收值来计算 J (电子传递速率, 通常称之为 ETR), 该值在叶肉导度 (g_m)、羧化部位 CO_2 浓度 (C_c)、以及其他参数的计算中十分重要。若使用上面的方法 (文献中的平均值), 测量误差可能达到 16.7%。因此, 我们将通过下面的论述, 希望对获得最佳测量结果提供帮助。

现在, 研究者通常都会选择光合荧光连用的设备, 直接测量计算叶肉导度 (g_m)、羧化部位 CO_2 浓度 (C_c)、以及其他参数。更重要的是, 联合使用对 C3 植物的冻害胁迫, 高温胁迫以及干旱胁迫检测十分有帮助。测量时要注意二者联用时的限制因素。

用户通常使用下面的方程估算电子传递速率:

$$ETR = Y(II) \times PAR \times \text{叶片吸收比例} \times \text{PSII 反应中心的比例}$$

$$\text{建议使用的参数值 } ETR = Y(II) \times PAR \times 0.84 \times 0.5$$

$$\text{或: } J = \Phi_{PSII} \times Q \times \alpha \times \beta$$

Baker (2008) 认为, 使用上述方法计算的 ETR 值不应该使用, 除非 PS II 反应中心的比例是经过测量的。

根据 Eichelmann (2004) 的研究, 叶片的吸收比例在 0.7 到 0.9 之间变异, 但他不仅会在物种间变异, 对同一物种, 随胁迫的类型和程度的差异, 他也存在着变异 (Carter 1993), 或者在植物生长过程中, 容易受到某些胁迫影响的物种, 不同生长阶段也存在着差异 (Baker 2008)。

在野外条件下, Baker 建议使用光合荧光联用测量叶片吸收。然而, 如果使用相对均匀的光源、固定的角度、固定的装置、封闭叶室, 也可使用其他的解决方案 (Newport)。通过使用发光二极管和标准配件, 测量叶片吸收, 已经有切实可行的替代方法出现。

Bernacchi (2003) 的研究表明, 在蓝色光谱和红色光谱波段的叶片吸收是独立变异的。因此, 单独测量蓝色光谱和红色光谱的吸收, 显著提高了测量整个叶片吸收的可靠性。

考虑到上述问题, 我们可以采用 **OS-5p 与 LCPro-SD 荧光光合联用系统**, 测量红色和蓝色光的吸收, 以精确估算整个叶片吸收。

使用垂直放置于叶片上的白色发光二极管照明, 红色光与蓝色光的比例不随整个 LED 强度的变化而变化。红色和蓝色滤光硅二极管传感器也垂直于叶片, 作为测量协议的一部分, 将光强调整为 $200 \mu \text{ moles}$ 。插入叶片, 然后使用滤光二极管对 α_r 和 α_b 进行测量。然后将参数代入 Bernacchi (2003) 的方程, 计算整个叶片的吸收。校准在仪器组装时已经完成, 并且可以在需要的时候再次进行校准。

$$J = \Phi_{PSII} Q \alpha_b B + \alpha_r (1-B) \beta$$

J = 电子传递速率, $\Phi_{PSII} = Y(II)$ 或 PS II 的光量子产额, $Q = PAR$, B 为叶片处蓝色光光强, α_b 叶片蓝色光吸收, α_r 叶片的红色光吸收, $\beta = PSII$ 到 PSI 的比例。该值在 C4 的 0.4 到 C3 的 0.6 之间变异 (Edwards 1993, Laisk 1996)。

应该注意的是, 对某些植物来讲, 某些胁迫会改变 PS II 反应中心的比例。研究发现, 花青素以及其他非光合色素在胁迫条件下的积累, 会改变叶片吸收以及 PS II 反应中心的比例。而且这些参数同时会随叶片年龄和叶绿素含量的变化而改变 (Eichelmann 2004)。

平均说来, C4 植物较 C3 植物的 PSII 反应中心的比例低, 玉米的测量值在 0.4 (Edwards 1993), 而椴树的为 0.6 (Laisk 1996), Laisk (1996), Eichelmann (2004), Oja (2000) 对测量方法做过论述。

某些研究建议使用“J 投射光合速率 (J projected photosynthesis rates)”与实际测量的气体交换速率



的差异，作为对缺少实际吸收测量的补偿。问题是，这些差异可能是 C3 植物的光呼吸 (Flexas 1999)、试验误差或试验设计引起的。

Early 检测表明，新的 iFL 可以提供更简单的解决方案，确保获得更加可靠的测量结果。



iFL - integrated fluorometer with absorbance measurement.

参考文献

Baker N.R., (2008) Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo Neil R. Baker Annu. Rev. Plant Biol. 2008. 59:89–113

C. J. BERNACCHI, C. PIMENTEL & S. P. LONG (2003) In vivo temperature response functions of parameters required to model RuBP-limited photosynthesis, Plant, Cell and Environment 2003 26, 1419-1430

Carter G.A (1993) Responses of leaf spectral reflectance to Plant Stress, American Journal of Botany 80(3): 239-243 1993

Edwards GE and Baker NR (1993) Can CO₂ assimilation in maize leaves be predicted accurately from chlorophyll fluorescence analysis? Photosynth Res 37: 89–102

Eichelman H., Oja V., Rasulov B., Padu E., Bichele I., Pettai H., Niinemets O., Laisk A. (2004) Development of Leaf Photosynthetic Parameters in *Betula pendula* Roth Leaves: Correlation with Photosystem I Density, Plant Biology 6 (2004): 307-318

Flexas 1999 – "Water stress induces different levels of photosynthesis and electron transport rate regulation in grapevines" J. FLEXAS, J. M. ESCALONA & H. MEDRANO Plant, Cell & Environment Volume 22 Issue 1 Page 39-48, January 1999

Laisk A and Loreto F (1996) Determining photosynthetic parameters from leaf CO₂ exchange and chlorophyll fluorescence. Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase / oxygenase specificity factor, dark respiration in the light, excitation distribution between photosystems, alternative electron transport rate, and mesophyll diffusion resistance. Plant Physiol 110: 903–912

<http://www.newport.com/Flange-Mount-Integrating-Spheres/378467/1033/info.aspx>

Oja, V. and Laisk, A. (2000) Oxygen yield from single turnover flashes in leaves: non-photochemical excitation quenching and the number of active PSII. Biochim. Biophys. Acta 1460, 291 - 301.