

# 光合作用 CO<sub>2</sub> 响应曲线拟合方程

## 1、Michaelis Menten 方程

$$P = \frac{P_{\max}}{1 + \frac{K}{C_i}}$$

K- Michaelis Menten 常数

## 2、指数方程

$$P_n = a (1 - e^{-bx}) + C$$

x - 胞间浓度

b - 羧化速率

a - 最大光合速率

c - 呼吸速率

Watling et al, 2000. Plant Physiology 123: 1143-1152.

## 3、直角双曲线方程

$$A = (CE \cdot C_i \cdot A_{\max}) / (CE \cdot C_i + A_{\max}) - R_{\text{esp}}$$

A - 同化速率

CE - 羧化效率

C<sub>i</sub> - 胞间 CO<sub>2</sub> 浓度

A<sub>max</sub> - 饱和 CO<sub>2</sub> 下的同化速率

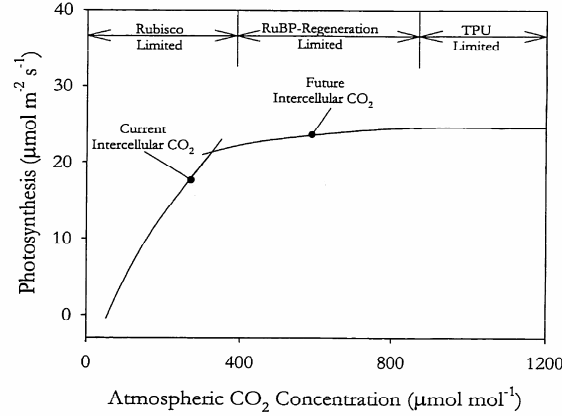
R<sub>esp</sub> - 叶片的呼吸速率

## 4、Farquhar 方程

在任何特定条件下，光合作用将受到三个潜在因素的限制：(1)由 Rubisco 催化的羧化作用最大速率限制(Rubisco 限制)；(2)电子传递速率控制的 RuBP 再生限制(RuBP 限制)；(3)由磷酸丙糖利用速率控制的 RuBP 再生限制(TPU 限制)。

$$A = \left(1 - \frac{0.5 O}{\tau C_i}\right) \times \min(W_c, W_j, W_p) - R_{\text{day}}$$

$R_{\text{day}}$  - 光下的  $\text{CO}_2$  释放,  $W_c$  - Rubisco 的活性,  $W_j$  - RuBP 再生速率,  $W_p$  - 有机磷的再生速率,  $O$  - 叶绿体羧化部位的  $\text{O}_2$  浓度,  $\tau$  - Rubisco 的特异因子。



当 Rubisco 活性仅受羧化速率限制时, 羧化作用被表达为:

$$W_c = \frac{V_{c_{\max}} \cdot C_i}{[C_i + K_c(1 + O / K_o)]}$$

$K_c$  和  $K_o$  分别是 RuBP 羧化反应和氧化反应的 Michaelis-Menten 常数。这种限制条件发生在低  $C_i$  (<20 Pa) 和高辐射 (>1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) 条件下。

当由于 RuBP 的再生, 电子传递限制光合作用时, 羧化作用被表达为:

$$W_j = \frac{J \cdot C_i}{4(C_i + O / \tau)}$$

4 - 表示 4 个电子能够产生足够的 ATP 和 NADPH 来再生 RuBP,  $J$  - 潜在的电子传递速率, 可以通过下列方程计算。

$$J = \alpha \cdot I \div \sqrt{1 + \left(\frac{\alpha \cdot I}{J_{\max}}\right)^2}$$

$\alpha$  - 光转换效率,  $J_{\max}$  - 光饱和下的电子传递速率,  $I$  - 入射辐射。

有机磷对再生对羧化的限制可以描述为:

$$W_p = 3(TPU) + \frac{0.5 \times V_o \times O}{C_i \times \tau}$$

$V_o$  - Rubisco 的氧化速率。

#### 4、Farquhar 改进方程

$$A_{cc} = \frac{(C_c - \Gamma^*)V_{c \max}}{C_c + K_c(1 + O/K_o)} - R_d$$

$K_c$  与  $K_o$  分别是  $CO_2$  和  $O_2$  Michaelis 常数。

$O$  是  $O_2$  浓度。

$C_c$  是羧化部位的  $CO_2$  浓度。

*Bernacchi et al., 2002*

*Ethier & Livingston, 2004*

$$C_c = C_i - A/g_m$$

叶肉导度计算 (Harley *et al.*, 1992) :

$$g_m = \frac{A}{C_i - \frac{\Gamma^* [J_{ETR} + 8(A + R_d)]}{J_{ETR} - 4(A + R_d)}}$$

Warren CR. 2006. Estimating the internal conductance to  $CO_2$  movement. *Functional Plant Biology* 33: 431-442

Loreto *et al.* 1992. Estimation of mesophyll conductance to  $CO_2$  flux by 3 different methods. *Plant Physiology* 98, 1437-1443.