

表 4 不同药剂在不同剂量下对病原菌菌丝生长的影响(n=5)

Table 4 Effect of different medicaments in different concentrations on mycelium growth of pathogenic bacteria (n=5)

药 剂	剂量/%	药剂处理菌落	对照菌落	抑菌率	药 剂	剂量/%	药剂处理菌落	对照菌落	抑菌率
		直径/cm	直径/cm	/%			直径/cm	直径/cm	/%
50%多菌灵	0.100	0.40	3.60	100.00	绿亨二号	0.025	1.08	3.30	89.29
	0.050	0.40	3.10	100.00		0.020	0.96	2.72	87.54
	0.030	0.40	2.22	100.00		0.010	1.68	2.60	58.25
	0.025	0.40	3.30	100.00		0.100	0.40	3.60	100.00
	0.020	0.48	2.72	96.88		0.050	0.40	3.10	100.00
	0.010	0.54	2.60	95.68		0.030	0.40	2.22	100.00
菌线威	0.100	0.40	3.60	100.00	邻苯二甲酸	0.025	0.42	3.30	98.38
	0.050	0.40	3.10	100.00		0.020	0.48	2.72	96.89
	0.030	0.40	2.22	100.00		0.010	0.58	2.60	95.02
	0.025	0.40	3.30	100.00		0.100	3.12	3.60	24.89
	0.020	0.50	2.72	96.62		0.200	2.68	3.10	25.26
	0.010	0.61	2.60	94.50		0.250	1.89	2.22	27.52
速克灵	0.100	0.40	3.60	100.00	丙二酸	0.150	2.86	3.30	24.88
	0.050	0.40	3.10	100.00		0.050	2.51	2.72	14.85
	0.030	1.22	2.22	69.80		0.030	2.45	2.60	11.21
	0.025	2.84	3.30	25.94		0.100	3.18	3.60	21.97
	0.020	2.61	2.72	7.92		0.200	2.71	3.10	23.58
	0.010	2.54	2.60	4.56		0.250	1.91	2.22	25.98
绿亨一号	0.100	0.40	3.60	100.00		0.150	2.91	3.30	22.24
	0.050	0.40	3.10	100.00		0.050	2.59	2.72	9.33
	0.030	0.58	2.22	93.17		0.030	2.52	2.60	6.06

3.3 室内抑菌试验表明,多菌灵、菌线威、绿亨二号抑菌效果最好,在极低的浓度条件下就能很好地抑制病原菌菌丝的生长,这为田间药剂筛选试验提供了依据。如果田间试验与室内实验结果一致,成品肉苁蓉中农药残留量相应极少,这也为生产这一珍贵绿色中药材打下了基础;现在大力提倡药用植物病虫害的生物防治,像常见的生防制剂如各种木霉菌(绿色木霉,哈茨木霉等)是否对该病害的防治有效果,正在进一步研究之中。

References:

[1] Tu P F, Wang B, Chu S W. Analysis of phenylethanoid gly-

cosides of *Herba Cistanchis* by RP-HPLC [J]. *Chin Pharm J* (中国药学杂志), 1997, 32(4): 294.

[2] Fang Z D. *Research Method of Plant Disease* (植物研究方法) [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1998.

[3] Zhang C C. Studies on the infection and regularity of development of maize stalk rot [J]. *J Guangxi Agric Coll* (广西农学院学报), 1983, 1: 52-62.

[4] Wu A Q. Isolation and identification of the pathogen of maize stalk rot in Beijing and Zhejiang [J]. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 1989, 22(5): 71-75.

[5] Huang H, Zhao C S, Zhou M F. Studies on the pathogenic identification of Hubei fritillaria stem rot and its control [J]. *J Huazhong Agric Univ* (华中农业大学学报), 1993, 12 (1): 18-22.

霍山县 3 种石斛叶片光合特性及其对光强的响应

蔡永萍^{1,2}, 李 玲², 李合生¹, 骆炳山¹, 林 毅²

(1. 华中农业大学 植物科技学院, 湖北 武汉 430070; 2. 安徽农业大学生命科学学院, 安徽 合肥 230036)

摘 要:目的 研究石斛的光合特性,了解其适宜栽种的光强。方法 测定霍山县 3 种石斛(霍山石斛 *Dendrobium huoshanensis*,铁皮石斛 *D. candium*,铜皮石斛 *D. moniliforme*)的光合速率对光强响应曲线,不同光强处理时叶绿素荧光参数的变化及 3.0×10^4 lx 瞬时光强下叶片荧光猝灭诱导。结果 霍山县 3 种石斛属于阴生植物对光强的响应,光饱和点、光补偿点较低,净光合速率和表观量子效率都较低;大于 4.0×10^4 lx 强光下石斛叶片受光抑制严重。结论 霍山县 3 种石斛生长光强,一般为 $(0.2 \sim 2.0) \times 10^4$ lx;可以在 $(2.5 \sim 3.0) \times 10^4$ lx 光强的环境中生长;不适宜在大于 4.0×10^4 lx 光强的环境中生长。

关键词:霍山石斛;铁皮石斛;铜皮石斛;光强;光合特性;叶绿素荧光参数

中图分类号:R282.2

文献标识码:A

文章编号:0253-2670(2005)04-0586-05

Leaf photosynthetic characteristics and its response for light intensity of three species of *Dendrobium* Sw. in Huoshan County

CAI Yong-ping^{1,2}, LI Ling², LI He-sheng¹, LUO Bing-shan¹, LIN Yi²

(1. College of Plant Science, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. School of Biological Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: **Objective** To investigate the suitable light intensity of plant growth of *Dendrobium* Sw. through study on photosynthetic characteristics. **Methods** The photosynthesis curves of light intensity, chlorophyll fluorescence parameter of different light intensity and inductivity of non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence in 3.0×10^4 lx on three species of *Dendrobium* Sw. in Huoshan (*D. huoshanense*, *D. candidum*, and *D. moniliiforme*) were determined. **Results** Three species of *Dendrobium* Sw. were shadow plants for their response on light intensity, light saturation point, light compensate point, net photosynthesis rate, and apparent quantum efficiency are lower during photosynthesis. The photoinhibitory effect was formed on *Dendrobium* Sw. leaf when they grew in more than 4.0×10^4 lx. **Conclusion** Although three species of *Dendrobium* Sw. in Huoshan grow in $(0.2-2.0) \times 10^4$ lx normally, they are suitable to grow in $(2.5-3.0) \times 10^4$ lx instead of growing more than 4.0×10^4 lx.

Key words: *Dendrobium huoshanense* C. Z. Tang et S. J. Cheng; *Dendrobium candidum* Wall. ex Lindl.; *Dendrobium moniliiforme* (L.) Sw.; light intensity; photosynthetic characteristics; chlorophyll fluorescence parameter

霍山石斛是安徽省的名贵中药材,国家重点保护的名贵药用植物^[1~3],为兰科多年生常绿草本植物,对生态环境要求十分严格,多为附生或丛生。野生多分布在 300~700 m 的低山区,生长在河边山谷旁的悬崖上,以及阴凉湿润透风的环境中,常与苔藓、石韦等植物生长在一起。由于对生长条件的特殊要求,生长繁殖困难^[4,5],加之滥采滥拔,现已濒于绝迹。长期以来,对石斛的研究主要集中在药理和化学成分等方面^[5],近年来为了更好地保护野生药用植物资源并开发利用,许多科技工作者致力于研究霍山石斛的人工栽培技术,但由于对其生长的环境条件及生理生化特点的研究极少,特别是对石斛如何适应不同光环境报道较少,限制了石斛的人工栽培繁殖和资源保护。

植物吸收过剩的光能可能导致光合作用的光抑制^[6,7],植物在长期的进化过程中形成了多种光抑制保护机制,以适应其生长环境,减少光抑制的伤害。霍山石斛是山区的阴生植物^[4,8],阴生植物的捕光能力强,光合能力较低,对光抑制特别敏感^[9]。本研究霍山县 3 种石斛的光合速率对光强响应曲线及其对光强变化的响应,为了解石斛的光合特性和适宜栽种的光强提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料培养与处理:安徽省霍山县石斛生长基地的 3 种石斛:霍山石斛(又称米斛)*Dendrobium huoshanense* C. Z. Tang et S. J. Cheng、铁皮石斛 *D. candidum* Wall. ex Lindl. 和铜皮石斛 *D. moniliiforme* (L.) Sw. 于 2003 年 11 月 7 日起苗并盆栽,花盆高 20 cm,内径 25 cm;基质为碎石加粗砂,每盆 3 株,置于基地栽培石斛生长的环境下,常规管理;2004 年 6~8 月选择大小一致、长势良好的石斛当年生新茎第 3 叶片进行各项生理指标测定,每处理测定重复 3~5 盆,统计计算。

1.2 方法

1.2.1 净光合速率对光强响应曲线测定: CIRAS-2 便携式光合测定系统(PP-System 公司,英国)测定石斛叶片的光合 CO_2 气体交换。气源为压缩空气(CO_2 为 $350 \mu\text{L/L}$),光源为卤素灯,通过调节灯与叶室之间的距离来改变到达叶表面的光强。叶室温度保持在 25°C ,相对湿度为 60%,光强由系统直接测定。分别测定 5.0×10^4 、 4.0×10^4 、 3.0×10^4 、 2.0×10^4 、 1.5×10^4 、 1.0×10^4 、 0.5×10^4 、 0.25×10^4 、0 lx 光强下的光合速率(P_n),每一点测定 4~6 次重复。然后绘出光强-光合曲线,用 P_n 对

光响应曲线的直线部分数据进行线性回归求得表观量子效率(AQY), $P_{\max}$ 为最大净光合速率。

1.2.2 叶绿素荧光参数的测定: FMS-2 便携调制式荧光仪(Hansatech 公司, 英国)测定叶绿素荧光参数。参照 Genty 等^[10]的方法进行计算。石斛叶片经暗适应处理 10 min, 照射弱光检测光后测定初始荧光 F_0 , 再照射饱和脉冲光测得最大荧光 F_m , 照射作用光后分别依次照射检测光饱和脉冲光, 测得作用光存在时的最大荧光 F_m' , 关闭作用光后立即照射远红外光测得作用光关闭后初始荧光 F_0' , 可变荧光 $Fv' = F_m' - F_0'$, F_s 是稳态下的荧光。按照以上测定步骤编程后测定荧光参数。光化学猝灭系数 $qP = (F_m' - F_s) / (F_m' - F_0')$, 非光化学猝灭系数 $NPQ = (F_m - F_m') / F_m'$, PS II 非环式电子传递的光化学效率为 Fv' / F_m' , PS II 非环式电子传递的光化学量子产量 $\Phi PS II = (F_m' - F_s) / F_m'$, PS II 的非循环光合电子传递速率 $ETR = \Phi PS II \times I \times \alpha \times f$, 其中 I 是照射到叶面的光强, α 是叶片吸收光的比例, 通常为 80%, f 为光能在 PS II 分配的比例, 在 C_3 植物中通常为 50%。光化学反应和热耗散的组分用 $P_{rate} = (F_m' - F_s) / F_m'$, $D_{rate} = 1 - Fv' / F_m'$ 表示^[11]。

温度为 25 ℃, 相对湿度为 70%, 分别在人工控制光源 $(1.0 \pm 0.1) \times 10^4$ 、 $(2.5 \pm 0.1) \times 10^4$ 、 $(4.0 \pm$

$0.10) \times 10^4$ lx 条件下处理 4 h, 暗适应处理 10 min 后, 测定石斛叶绿素荧光参数。温度为 25 ℃, 相对湿度为 70%, 在人工控制光源 3.0×10^4 lx 条件下, 石斛暗适应处理 10 min, 30 s 后测定石斛叶绿素荧光猝灭诱导过程。每 15 s 测定一次, 循环测定 14 次, 共用时 225 s。

1.2.3 叶绿素含量及生物学指标的测定: 取野外生长、大小基本一致、生长健壮的石斛苗, 用游标卡尺测定当年生新茎的茎高, 称茎鲜重, 每处理测定 15 株, 取其平均值。叶绿素含量测定用 80% 丙酮提取, 756 分光光度计测定, Arnon 公式计算。

2 结果与分析

2.1 石斛叶片光合作用的光强响应曲线: 从石斛叶片光合速率对光强的响应来看(表 1), 霍山 3 种石斛对光强的要求不高, 光饱和点、光补偿点较低, 饱和光强下的净光合速率(P_{max})和弱光下的表观量子效率(AQY)都较低, 属阴生植物对光强的响应。但存在种间差异, 铜皮石斛比铁皮石斛、米斛的光饱和点高, 光补偿点低, 可适应在较高的光强和较广的光强范围生长。铜皮石斛比铁皮石斛、米斛的 P_{max} 和 AQY 高, 呼吸速率低, 其净光合积累较多, 呼吸消耗少, 这可能是其株高和产量(干重)较高的原因之一。

2.2 不同光强处理对石斛叶片光合速率和叶绿素荧

表 1 霍山县 3 种石斛的生长量和光合特性($\bar{x} \pm s, n = 15$)

名 称	光补偿点 / $\times 10^4$ lx	光饱和点 / $\times 10^4$ lx	最大净光合速率 / $(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	表观量子效率 / $(\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1})$	呼吸速率 / $(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	叶绿素 / $(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	株 高 / $(\text{cm} \cdot \text{株}^{-1})$	产 量 / $(\text{mg} \cdot \text{茎}^{-1})$
铜皮石斛	0.216 ± 0.008^b	2.097 ± 0.108^a	3.07 ± 0.07^a	0.0226 ± 0.003^a	0.85 ± 0.04^b	0.53 ± 0.02^a	15.71 ± 1.32^a	3.56 ± 0.17^a
铁皮石斛	0.253 ± 0.011^a	1.437 ± 0.091^b	2.08 ± 0.04^b	0.0122 ± 0.002^b	1.44 ± 0.11^a	0.49 ± 0.03^{ab}	6.90 ± 0.61^b	1.11 ± 0.10^b
霍山石斛	0.263 ± 0.018^a	1.713 ± 0.124^{ab}	2.26 ± 0.08^b	0.0130 ± 0.005^b	1.05 ± 0.07^{ab}	0.46 ± 0.05^b	5.58 ± 0.27^b	0.81 ± 0.06^b

a, b 为同一列相同字母表示差异不显著, 不相同字母表示差异显著; 下两表同此

Same letter of a and b in same row indicated that difference was not significant, different letter in same row indicated that difference was significant at $P < 0.05$; following two Tables are same

光参数的影响: 为了进一步了解霍山石斛对光强变化的响应和适应能力。为此, 测定比较了石斛经过不同光强处理 4 h 后的光合速率和叶绿素荧光参数变化。从表 2 可见, 低光强时, 随着处理光强的增加石斛叶片的净光合速率上升, 2.5×10^4 lx 光强时净光合速率最大, 达到 4.0×10^4 lx 光强时又有所下降。石斛叶片吸收的光能用于光化学反应的组分(P_{rate}) 在低光强下较高, 随着光强增加, P_{rate} 越来越低; 而石斛叶片吸收的光能用于热耗散的组分(D_{rate}) 在低光强下较低, 随着光强增加, D_{rate} 越来越高。在同等光强下, 铜皮石斛的 D_{rate} 较霍山石斛、铁皮石斛高。

从叶绿素荧光参数的变化可见(表 3), 石斛叶

片 PS II 的光化学效率(Fv' / F_m')、PS II 非环式电子传递的光化学量子产量($\Phi PS II$) 和光化学猝灭系数(qP) 均随着处理光强的增加而减少, 光强的增加导致了石斛 PS II 光化学活性下调。如: 2.5×10^4 lx 光强下, 铜皮石斛、铁皮石斛、霍山石斛的 $\Phi PS II$ 分别比 1.0×10^4 lx 下降了 15.28%、13.17%、15.38%; 4.0×10^4 lx 光强时分别比 1.0×10^4 lx 下降了 86.60%、76.76%、76.13%。

ETR 、 NPQ 随着处理光强的增加而增加, 4.0×10^4 lx 光强时又有所下降。 2.5×10^4 lx 光强时, 铜皮石斛、铁皮石斛、霍山石斛的 ETR 分别为 1.0×10^4 lx 的 1.448、2.421、2.115 倍; 4.0×10^4 lx

表 2 不同光强处理对石斛叶片净光合速率(P_n)、光化学反应组分(P_{rate})和热耗散组分(D_{rate})的影响($\bar{x}\pm s, n=3$)

Table 2 Effects of different light intensity treatments on P_n , P_{rate} , and D_{rate} in leaves of three species of *Dendrobium* Sw. ($\bar{x}\pm s, n=3$)

处理光强 /($\times 10^4$ lx)	铜皮石斛			铁皮石斛			霍山石斛		
	$P_n/(\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	P_{rate}	D_{rate}	$P_n/(\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	P_{rate}	D_{rate}	$P_n/(\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	P_{rate}	D_{rate}
4.0 $\pm$ 0.1	3.00 $\pm$ 0.41 ^a	0.061 $\pm$ 0.004 ^b	0.818 $\pm$ 0.043 ^a	2.00 $\pm$ 0.36 ^a	0.051 $\pm$ 0.002 ^b	0.796 $\pm$ 0.037 ^a	2.10 $\pm$ 0.18 ^{ab}	0.089 $\pm$ 0.007 ^b	0.707 $\pm$ 0.028 ^a
2.5 $\pm$ 0.1	3.07 $\pm$ 0.39 ^a	0.219 $\pm$ 0.016 ^{ab}	0.553 $\pm$ 0.041 ^{ab}	2.08 $\pm$ 0.25 ^a	0.254 $\pm$ 0.021 ^{ab}	0.502 $\pm$ 0.033 ^{ab}	2.26 $\pm$ 0.22 ^a	0.239 $\pm$ 0.018 ^{ab}	0.511 $\pm$ 0.045 ^{ab}
1.0 $\pm$ 0.1	2.10 $\pm$ 0.27 ^b	0.381 $\pm$ 0.042 ^a	0.452 $\pm$ 0.021 ^b	1.80 $\pm$ 0.33 ^b	0.384 $\pm$ 0.019 ^a	0.418 $\pm$ 0.028 ^b	1.60 $\pm$ 0.12 ^b	0.376 $\pm$ 0.038 ^a	0.381 $\pm$ 0.024 ^b

表 3 不同光强处理对石斛叶片叶绿素荧光参数的影响($\bar{x}\pm s, n=3$)

Table 3 Effects of different light intensity treatments on chlorophyll fluorescence parameters of three species of *Dendrobium* Sw. ($\bar{x}\pm s, n=3$)

种 名	处理光强 /($\times 10^4$ lx)	叶绿素荧光参数				
		$\Phi PS II$	Fv'/Fm'	qP	ETR	NPQ
铜皮石斛	4.0 $\pm$ 0.1	0.051 $\pm$ 0.003 ^b	0.194 $\pm$ 0.011 ^b	0.282 $\pm$ 0.013 ^b	29.33 $\pm$ 1.37 ^a	3.966 $\pm$ 0.215 ^a
	2.5 $\pm$ 0.1	0.316 $\pm$ 0.041 ^{ab}	0.447 $\pm$ 0.027 ^{ab}	0.427 $\pm$ 0.037 ^{ab}	45.36 $\pm$ 6.24 ^b	4.123 $\pm$ 0.368 ^a
	1.0 $\pm$ 0.1	0.373 $\pm$ 0.035 ^a	0.582 $\pm$ 0.029 ^a	0.609 $\pm$ 0.041 ^a	31.33 $\pm$ 4.54 ^a	1.655 $\pm$ 0.097 ^b
铁皮石斛	4.0 $\pm$ 0.1	0.066 $\pm$ 0.004 ^b	0.182 $\pm$ 0.015 ^b	0.266 $\pm$ 0.019 ^b	22.18 $\pm$ 1.93 ^b	3.768 $\pm$ 0.301 ^{ab}
	2.5 $\pm$ 0.1	0.247 $\pm$ 0.018 ^a	0.504 $\pm$ 0.037 ^a	0.519 $\pm$ 0.037 ^a	57.75 $\pm$ 4.88 ^a	4.052 $\pm$ 0.329 ^a
	1.0 $\pm$ 0.1	0.284 $\pm$ 0.022 ^a	0.548 $\pm$ 0.034 ^a	0.471 $\pm$ 0.026 ^a	23.86 $\pm$ 2.04 ^b	1.371 $\pm$ 0.085 ^b
霍山石斛	4.0 $\pm$ 0.1	0.090 $\pm$ 0.002 ^b	0.293 $\pm$ 0.018 ^b	0.289 $\pm$ 0.021 ^b	30.24 $\pm$ 3.96 ^a	2.903 $\pm$ 0.186 ^{ab}
	2.5 $\pm$ 0.1	0.319 $\pm$ 0.026 ^{ab}	0.492 $\pm$ 0.031 ^{ab}	0.557 $\pm$ 0.048 ^a	66.99 $\pm$ 5.85 ^b	3.426 $\pm$ 0.247 ^a
	1.0 $\pm$ 0.1	0.377 $\pm$ 0.033 ^a	0.619 $\pm$ 0.037 ^a	0.608 $\pm$ 0.047 ^a	31.67 $\pm$ 2.69 ^a	1.350 $\pm$ 0.102 ^b

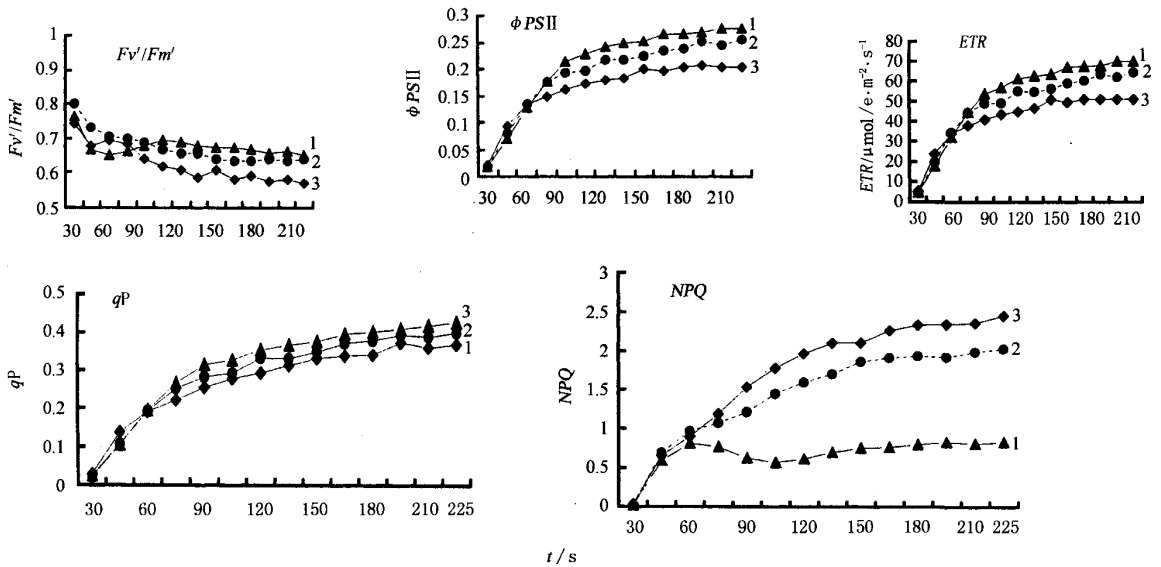
光强时分别为 1.0×10^4 lx 的 93.62%、92.96%、95.49%。 2.5×10^4 lx 光强时,铜皮石斛、铁皮石斛、霍山石斛的 NPQ 分别为 1.0×10^4 lx 的 2.491、2.956、2.537 倍; 4.0×10^4 lx 光强时分别为 1.0×10^4 lx 的 2.396、2.749、2.148 倍。热耗散可以保护光合机构,Johnson 等^[12]认为热耗散能力在一些植物种中是固定的,而在另一些种中可随着生长环境不同而改变。可见,石斛的热耗散能力随着光强而改变,同等光强下,铜皮石斛的热耗散明显高于铁皮石斛和米斛。这可能是其能适应相对高光强下生长,光合活性较高和生长较快,产量高的原因之一。

2.3 3.0×10^4 lx 光强下石斛叶片荧光猝灭诱导:当把石斛叶片由黑暗突然转入 3.0×10^4 lx 的强光下,石斛叶片的 $\Phi PS II$, ETR , qP 接近于零,而 Fv'/Fm' 达最大值。这是因为叶片突然暴露在强光后,反应中心的电子传递链中 $PS II$ 受体侧原初醌受体(Q_A)立即被还原,反应中心关闭,激发能在最大限度上以荧光发射。由于反应中心被关闭,光化学量子产量为零。随后由于光合电子传递的进行,激发态电子被光合碳同化所利用, Q_A 又被重新氧化,作用中心部分打开,产生光化学猝灭,导致 Fv'/Fm' 逐渐下降, $\Phi PS II$, ETR , qP 逐渐上升。在电子传递的同时,建立起跨类囊体膜的 pH 梯度,又导致了依赖 ΔpH 的非光化学猝灭的产生,因此, NPQ 逐渐上升。3 min 以后,各叶

绿素荧光基本稳定时,石斛叶片 NPQ 的变化与 Fv'/Fm' 正好相反。这表明, 3.0×10^4 lx 的强光下,石斛叶片光合机构仍有很好的调节能力,当 Fv'/Fm' 降低时 NPQ 相应增加,耗散因光合能力下降而增多的过剩光能。对霍山县 3 种石斛比较而言,3 min 以后,各参数基本稳定时, $\Phi PS II$, ETR , Fv'/Fm' , qP 为铁皮石斛>霍山石斛>铜皮石斛,但 NPQ 为铁皮石斛<霍山石斛<铜皮石斛。图 1。

3 讨论

光合速率对光强的响应表明,霍山 3 种石斛为阴生植物,生长光强一般为 $0.2\times 10^4\sim 2.0\times 10^4$ lx。 2.5×10^4 lx 光强处理时的叶绿素荧光参数变化表明,石斛在 2.5×10^4 lx 光强时已发生光抑制,但净光合速率并未受到影响。叶绿素荧光猝灭诱导过程也表明, 3.0×10^4 lx 的强光下,石斛叶片光合机构仍有很好的调节能力,当 Fv'/Fm' 降低时, NPQ 相应增加,耗散因光合能力下降而增多的过剩光能。低光强下石斛发生光抑制是其避免强光损伤的保护性机制^[13,14],而非光破坏的结果。可以把低光强下长期光抑制看作石斛 $PS II$ 光化学量子效率长期下调的一种方式。表明石斛可以在光强 $2.5\times 10^4\sim 3.0\times 10^4$ lx 的环境中生长。 4.0×10^4 lx 强光时,石斛的 Fv'/Fm' 、 $\Phi PS II$ 和 qP 急剧下降,电子传递效率低;且 NPQ 增加缓慢,不能及时有效地利用和耗



1-铁皮石斛 2-霍山石斛 3-铜皮石斛

1-*D. cardium* 2-*D. huoshanense* 3-*D. moniliforme*

图 1 3.0×10^4 lx 光强下, 石斛叶绿素荧光猝灭诱导过程

Fig. 1 Inducing process of non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence of three species of *Dendrobium* Sw. under 3.0×10^4 lx light intensity

散掉吸收的光能, 导致严重的光抑制, 表明石斛不宜在光强大于 4.0×10^4 lx 的环境中生长。

霍山县 3 种石斛为阴生植物, 长期以来人们都在林荫下或用双层遮阳网栽培, 以上实验结果表明, 在 $2.5 \times 10^4 \sim 3.0 \times 10^4$ lx 光强下, 石斛有较好的光响应能力。因此, 石斛人工栽培时不能完全用树林下的光强, 可适当补光(低于 4.0×10^4 lx)或改用单层遮阳网提高其光合效率和产量。

References:

- [1] Wu Z Y. *Compendium of New China (Xinhua) Herbal* (新华本草纲要) [M]. Vol Ⅱ. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1990.
- [2] Wang X H, Yu G D. Orchidaceous plants of herbal in China [J]. *Chin Wild Plant Resour* (中国野生植物资源), 1993 (4): 15-17.
- [3] Tang Z Z, Cheng S J. A study on the raw plants for Chinese traditional medicine "Huoshan Shi-hu" [J]. *Bull Bot Res* (植物研究), 1984, 4(3): 141-146.
- [4] Xu Y C, Yu L W, Wu Q S, et al. Photosynthetic characteristics of three species of *Dendrobium* in Huoshan County of Anhui Province [J]. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 1993, 4(1): 18-21.
- [5] Wang K Z, Gao W Y. The study evolution of medicine plants of *Dendrobium* Sw. [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 1997, 28(10): 633-635.
- [6] Demmig-Adams B, Adams W W. Xanthophyll cycle and light stress in nature: uniform response to excess direct sunlight among higher plant species [J]. *Planta Med*, 1996, 198: 460-470.
- [7] Long S P, Humphries S. Photoinhibition of photosynthesis in nature [J]. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, 1994, 45: 633-662.
- [8] Cai Y P, Li H S, Luo B S, et al. Study on the growing rhymes of the three dendrobium in Huoshan and it's relation with ecological factors [J]. *J Wuhan Bot Res* (武汉植物研究), 2003, 21(4): 351-355.
- [9] Osmond C B. *Some Insights from Compositions of Sun and Shade Plant* [M]. Oxford: Bios Scientific Publishers, 1994.
- [10] Genty B, Briantais J M, Baker N R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence [J]. *Biochim Biophys Acta*, 1989, 990: 87-92.
- [11] Demmig-Adams B, Adams W W, Barker D H, et al. Using chlorophyll fluorescence to assessing the fraction of absorbed light allocated to thermal dissipation of excess excitation [J]. *Physiol Plant*, 1996, 98: 253-264.
- [12] Johnson G N, Young A J, Scholes J D, et al. The dissipation of excess excitation energy in British plant species [J]. *Plant Cell Environ*, 1993, 16: 673-679.
- [13] Critchley C, Russell A W. Photoinhibition of photosynthesis in vivo: The role of protein turnover in photosystem II [J]. *Physiol Plant*, 1994, 92: 188-196.
- [14] Krause G H, Weis E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis in nature [J]. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, 1991, 42: 313-349.