



# 低温胁迫对棉花幼苗叶绿素荧光特性的影响初探 Primary Study on Effects of Low Temperature on Chlorophyll Fluorescence Characteristics of Cotton Seedling

李志博<sup>1</sup>, 魏亦农<sup>1</sup>, 杨敏<sup>2</sup>, 张荣华<sup>1</sup>

(1. 新疆兵团绿洲生态农业重点实验室, 石河子 832003; 2. 北京德农种业有限公司  
甘肃办事处, 武威 733000 ;)

叶绿素荧光分析技术是以光合作用为基础, 近些年兴起来的一种研究植物光合生理状况及植物与逆境胁迫关系的理想探针, 为研究光系统 II 及其电子传递过程提供了丰富的信息。它具有快速, 无损伤检测植物叶片的特点, 可以作为植物理想的抗逆性指标。

低温是影响棉花生产的主要因素之一, 探求低温对棉花的影响机理, 筛选、培育抗寒性棉花品种具有重大意义。目前有关棉花的低温机理等研究较少, 本试验利用叶绿素荧光分析技术, 对低温条件下棉花幼苗叶绿素荧光特性的变化作以初步研究, 以期探讨低温胁迫对棉花叶片光合作用影响的原初反应机制, 为棉花幼苗防冻措施的实施和抗寒性品种的选育提供理论依据。

## 1 材料和方法

供试棉花品种为新陆早 10 号, 新陆早 12 号和 18-3(均由新疆兵团绿洲生态农业重点实验室棉花育种室提供)。

选用 80% 通过 1 mm 筛孔的粗砂做发芽床, 发芽盒为 18.5 cm × 13.5 cm × 8 cm 的透明塑料盒。幼苗培养前砂子和发芽盒先洗涤和高温消毒, 发芽床水砂比为 12.5 ml : 100 g。每个品种分别精选 50 粒置于发芽盒中作一重复, 重复 3 次。发芽盒内砂层厚约 4 cm, 摆上种子后, 上边覆盖 1.5 cm 左右的松散细砂(0.5 mm 筛孔), 然后用 RXZ 型智能人工气候箱培养。光暗周期 12 h/12 h, 昼夜温度 25℃/20℃, 相对湿度为(60 ± 5)%。用称量法定期给各个重复补充由于蒸腾等而散失的水分。幼苗长到 5 叶 1 心时, 测定第 4 叶的叶绿素荧光参数设为对照并对叶片标记, 然

后进行 15℃ 的低温胁迫, 每隔 12 h 测定所标记叶片的叶绿素荧光参数。胁迫 48 h 后各个材料在 25℃ 下进行恢复处理, 每隔 12 h 对所标记叶片的叶绿素荧光参数再进行测定。仪器用美国 OS5-FL 型饱和脉冲式叶绿素荧光分析仪(kinetic 模式), 初始荧光( $F_0$ )、最大荧光( $F_m$ )、最大量子产额(yield)、光化学猝灭系数(qP)及非光化学猝灭系数(qN)等参数由仪器自动测得, 并计算  $F_v(F_v = F_m - F_0)$ ,  $F_v/F_m$ ,  $F_v/F_0$ 。测定前各个叶片暗适应 30 min。所有参数均为 7 次平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 低温胁迫对棉花幼苗 $F_v/F_0$ 和 $F_v/F_m$ 的影响

$F_v/F_0$  和  $F_v/F_m$  分别代表 PS II 的潜在活性和 PS II 原初光能转化效率。低温胁迫对棉花的 PS II 的潜在活性和 PS II 原初光能转化效率影响不大(表 1)。在不同时长胁迫和恢复下, 新陆早 12 和 18-3 的  $F_v/F_0$  和  $F_v/F_m$  两之间差异并不显著, 尽管 48 h 的胁迫会造成新陆早 10 号的  $F_v/F_0$  和  $F_v/F_m$  显著下降, 但经过一定时长的恢复, 可以达到与对照无差异水平。

### 2.2 低温胁迫对棉花幼苗 ETR 和的影响

对棉花幼苗光合电子传递速率(ETR)和 PS II 总的光化学量子产量(Yield)的测定发现, 光合电子传递速率和 PS II 总的光化学量子产量均随着胁迫时间的延长而不断下降, 在胁迫 48 h 后降到最低值, 但不同品种幼苗的下降趋势不同。低温胁迫解除后, 各个幼苗的光合电子传递速率和 PS II 总的光化学量子产量都反映出一定的恢复能力。光合电子传递速率对低温抑制的恢复能力品种幼苗差异性表现为, 新陆早 12 > 新陆早 10 >

18-3,尤其在恢复 24 h 后与对照显著差异最明显。各个幼苗的 PS II 总的光化学量子产量恢复能力表现比较复杂,新陆早 12 在 24 h 后恢复到

了与对照一致的显著水平,新陆早 10 在 48 h 恢复,而 18-3 在 48 h 后还未恢复(表 2)。

表 1 低温胁迫对棉花幼苗 Fv/F0 和 Fv/Fm 的影响

Table 1 Effects of low temperature on Fv/F0 and Fv/Fm of cotton seedling

处理/h	Fv/F0			Fv/Fm			
	新陆早 12	18-3	新陆早 10	新陆早 12	18-3	新陆早 10	
对照	2.831	2.914	2.263 aA	0.739	0.745	0.694a	
胁迫	12	1.518	2.134	2.002bB	0.603	0.681	0.667ab
	24	1.694	2.195	1.888bB	0.629	0.687	0.654ab
	36	2.071	2.014	2.200bAB	0.674	0.668	0.687ab
	48	1.934	1.619	1.644bB	0.659	0.618	0.622b
平均	1.804	1.990	1.934	0.641	0.664	0.657	
恢复	12	2.264	2.352	2.221b	0.694	0.702	0.689ab
	24	2.516	2.352	2.345a	0.716	0.702	0.701ab
	36	2.330	2.185	1.912bB	0.700	0.686	0.657b
	48	2.441	2.499	2.430aA	0.709	0.714	0.708ab
平均	2.388	2.347	2.227	0.705	0.701	0.689	

注:大小写字母分别表示 1%、5% 的显著水平。

表 2 低温胁迫对棉花幼苗 ETR 和 Yield 的影响

Table 2 Effects of low temperature on ETR and Yield of cotton seedling

处理/h	ETR			Yield			
	新陆早 12	18-3	新陆早 10	新陆早 12	18-3	新陆早 10	
对照	42.29aA(aA)	48.56aA(a)	36.56a(aA)	0.464aA(aA)	0.489aA(aA)	0.401a(abAB)	
胁迫	12	25.49bB	28.74bA	29.96b	0.280bB	0.298bcB	0.337ab
	24	14.24cC	18.59cB	16.52c	0.291bB	0.379 bB	0.337ab
	36	17.65cC	14.62cB	14.22c	0.360bAB	0.298bcB	0.290b
	48	15.00cC	12.58cB	13.82c	0.306bB	0.257cB	0.282b
平均	18.09	18.63	18.63	0.309	0.312	0.310	
恢复	12	14.43cC	17.94b	15.56cC	0.295bB	0.366	0.318 bB
	24	20.52bB	18.63b	17.27cC	0.418aA	0.376 bB	0.352 bB
	36	20.07bB	19.86b	17.05cC	0.409aA	0.405 bB	0.348 bB
	48	22.54bB	21.86b	22.46bB	0.460aA	0.446 bAB	0.458 aA
平均	19.39	19.57	18.09	0.395	0.398	0.369	

注:大小写字母分别表示 1%、5% 的显著水平,括号内字母表示与恢复处理的显著水平。下同

### 2.3 低温胁迫对棉花幼苗 qP 和 qN 的影响

从表 3 可以看出,棉花幼苗受到低温胁迫后,光化学猝灭系数 qP 不断下降,而非光化学猝灭系数 qN 不断上升,表明低温胁迫使棉花幼苗叶片的 PS II 反应中心的开放程度缩小,而耗散的光能比例增加。qP 和 qN 对低温胁迫的响应不同,qP 下降较缓慢,各个胁迫时长对新陆早 12 未产生显著影响,新陆早 10 和 18-3 胁迫 36 h 后的 qP 值才与对照差异显著。各个品种的 qN 受胁迫反应比较明显,12 h 胁迫后的 qN 值就分别与对照达极显著差异水平,同时,qP 和 qN 对低温胁迫的恢复灵敏度不同,qP 受胁迫抑制后恢复速度较慢,qN 恢复较快,恢复 48 h 后就与对照差异不显著。

### 3 结论与讨论

低温胁迫对植物光合作用的影响是多方面的,不仅直接引发光合机构的损伤,同时也影响光合电子传递和光合磷酸化等过程,多种作物的研究表明叶绿素荧光特性可以作为探测低温对植物光合作用的理想方法。本试验对棉花的研究发现,低温胁迫影响了棉花幼苗的光合电子传递速率,ETR 和 Yield 均随着胁迫时间的延长而不断下降,但棉花幼苗的 PS II 的潜在活性和 PS II 原初光能转化效率受低温胁迫影响不大,这可能由于棉花幼苗的 Fv/F0 和 Fv/Fm 能迅速启动恢复机制,也可能与选择的试验材料的抗逆性较强有关。前人研究表明不同作物的叶绿素荧光光化学

表 3 低温胁迫对棉花幼苗 qP 和 qN 的影响  
Table 2 Effects of low temperature on qP and qN of cotton seedling

处理/h	qP			qN		
	新陆早 12	18-3	新陆早 10	新陆早 12	18-3	新陆早 10
对照	0.676(aA)	0.749aA (aA)	0.665aA (aA)	0.219bB	0.139cB	0.215 bB
12	0.626	0.516bB	0.562bAB	0.256aA	0.231bA	0.284aA
胁迫	24	0.601	0.666aA	0.620abA	0.356aA	0.342aA
36	0.602	0.507bB	0.543bcAB	0.253aA	0.217bA	0.273aA
48	0.560	0.485bB	0.470cB	0.238bB	0.158cB	0.224 bAB
平均	0.597	0.544	0.549	0.276	0.237	0.249
恢复	12	0.477bB	0.542dC	0.517bB	0.201	0.092
24	0.614bB	0.576cdBC	0.549bB	0.124	0.155	0.184
36	0.624bB	0.561bcBC	0.570bAB	0.193	0.137	0.140
48	0.688aB	0.655abB	0.683aA	0.158	0.132	0.138
平均	0.601	0.584	0.580	0.169	0.129	0.172

猝灭系数在逆境下响应趋势比较复杂,它与作物类型,品种差异和品种的适应机制等密切相关,棉花上表现为低温胁迫降低了棉花幼苗荧光光化学猝灭系数(qP),提高了非荧光化学猝灭系数(qN),而且棉花幼苗 qN 对低温胁迫反应的灵敏性比 qP 高。

低温抑制下叶绿素荧光特性的表现不完全是

胁迫的结果,还与植物的恢复能力有关。供试棉花品种幼苗的 ETR 和 Yield 对低温胁迫的恢复能力存在差异,其恢复差异性也许可作为辅助鉴别棉花品种幼苗抗寒差异性的指标。同时,qP 和 qN 对低温胁迫的恢复灵敏度也不同,qP 受胁迫抑制后恢复速度较慢,qN 恢复较快。 ●