

不同熟性棉花品种叶片衰老特性研究

李伶俐¹, 房卫平², 谢德意², 马宗斌¹, 杜远仿³, 张东林³

(1. 河南农业大学农学院, 郑州 450002; 2. 河南省农业科学院棉花油料作物研究所, 郑州 450002;

3. 河南省开封县棉花办公室, 开封 475100)

摘要:研究了大田条件下 15 个不同熟性棉花品种叶片衰老生理指标的变化趋势。结果表明: 扩展期叶片的 SOD 活性和 MDA 含量较高, 以后又下降, 而 POD 活性较平稳; 中期叶片的 SOD、POD 活性和 MDA 含量均不断提高, 叶绿素含量高, 光合速率强; 后期叶片的 POD 活性和 MDA 含量继续提高, SOD 活性出现两种变化趋势: 一种是继续升高或保持平稳, 叶绿素含量和光合速率衰减慢; 一种是显著下降, 叶绿素含量和光合速率下降快。品种间生理指标相关分析表明, 后期叶片 SOD 活性与叶绿素含量、光合效率呈显著或极显著正相关($r=0.5408^*$, 0.7189^{**}), 与 MDA 呈极显著负相关($r=-0.8896^{**}$); 而后期叶片 MDA 与叶绿素含量、光合效率呈显著或极显著负相关($r=-0.5533^*$, -0.8481^{**})。

关键词: 叶片衰老; SOD; POD; MDA; 叶绿素; 光合速率

中图分类号: S562.048 **文献标识码:** A

文章编号: 1002-7807(2007)04-0279-07

Study on the Senescence Characteristic in Leaves of Different Cotton Cultivars

LI Ling-li¹, FANG Wei-ping², XIE De-yi², MA Zong-bin¹, DU Yuan-fang³, ZHANG Dong-lin³

(1. College of Agriculture, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. Cotton and Oil Crop Research Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China; 3. Kaifeng County Cotton Production Office, Kaifeng 457100, China)

Abstract: The changing trends of physiological index in senescence leaves were studied using fifteen cotton cultivars under field condition. The results showed that SOD activity and MDA content were higher in leaf expanding stage, and then decreased, but POD activity kept stable. The MDA content and activities of SOD, POD in mid-stage cotton leaf increased gradually, and the content of chlorophyll and photosynthesis efficiency were higher. The MDA content and activities of POD in cotton leaf of later stage still increased, and SOD activity had different trend, part of the cultivars were increasing or stable and the decrease of chlorophyll content and photosynthesis efficiency in leaf was slower. SOD activity in other cultivars decreased significantly and the decrease of chlorophyll content and photosynthesis efficiency was quicker. The results of correlation analyses showed that the correlations between SOD and chlorophyll content, photosynthesis efficiency were significantly or extremely significant positive ($r=0.5408^*$, 0.7189^{**}), The correlations between SOD and MDA was extremely significant negative ($r=-0.8896^{**}$). The correlations between MDA and chlorophyll content, photosynthesis efficiency were significantly or extremely significant negative ($r=-0.5533^*$, -0.8481^{**}).

Key words: leaf senescence; SOD; POD; MDA; chlorophyll; photosynthesis efficiency

我国生产上种植的棉花品种以熟性划分为早熟 (又称短季棉)、中早熟、中熟、中晚熟和晚熟 5

收稿日期: 2006-12-15 作者简介: 李伶俐(1961-), 女, 副教授, ndlll@126.com

基金项目: 河南省重大科技攻关(0322010800), 河南省科技攻关(0424020023)

个类型品种,早熟品种、中早熟品种和中熟品种主要分布在黄河流域、西北内陆棉区,中晚熟品种和晚熟品种主要分布在长江流域棉区。通常认为,棉花熟性早,衰老快,表现早衰^[1-2]。但不同熟性品种比较,是否熟性早的品种就衰老快,这方面研究报道较少。有研究指出,棉花生长后期叶片活性氧清除酶活性高,延缓衰老;反之,衰老加快^[3]。本文对15个棉花品种中后期主茎倒3叶中SOD和POD活性变化、MDA和叶绿素含量变化及光合速率变化进行了测定,分析了不同熟性品种叶片的衰老特点及各测定项目之间的相互关系,以期对不同熟性棉花品种高产栽培和棉花高产抗衰老育种生化指标确定提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料及处理

试验于2005年和2006年在河南农业大学郑州科教试验园区进行,试验地土壤为沙壤土,肥力中等。供试品种为:中棉所43、中棉所35、中棉所17、中棉所29、中棉所12、中棉所37、中棉所36(中国农科院棉花研究所提供);豫杂35、春矮早、豫棉2067、豫早73、豫早06、豫早08(河南省农科院棉花油料作物研究所提供);标杂A₂、标杂A₁(河南省农科院植物保护研究所提供),共15个品种(系)。其中春棉品种于4月20日播种,行、株

距为100 cm和30 cm;早熟品种于5月20日播种,株、行距为60 cm和22 cm,每品种小区面积9 m×6 m,设有保护行,管理措施同常规。7月26日打顶后,每品种定40株对倒3叶进行挂牌,分别于7月26日、8月10日、24日、9月7日、25日进行叶绿素含量、光合速率测定,并取不同叶龄叶片4片,冲洗擦干后用塑料薄膜包裹封扎,置液氮中速冻后贮藏于-40℃的低温冰箱中待测。

1.2 测定项目与方法

SOD活性测定采用氮蓝四唑(NBT)光下还原法,POD活性测定采用愈疮木酚法,MDA含量测定采用硫代巴比妥酸法^[4]。叶绿素相对含量(SPAD值)测定:用日本产SPAD-502叶绿素仪测定棉花打顶后主茎倒3叶不同叶龄的SPAD值,每个品种定10株测定,取平均数。光合速率的测定:晴天用美国CID-301PS便携式光合测定仪,于9:00—11:00测定棉花打顶后主茎倒3叶不同叶龄叶片的光合速率(Pn),每品种测5株。

2 结果与分析

2.1 不同棉花品种叶片随叶龄增加SOD活性的变化

SOD活性高则抗膜脂过氧化及衰老能力强,其变化随叶片衰老进程产生应激反应而增加,当叶片衰老进程达到一定程度,SOD活性则开始下

表1 不同棉花品种叶片中SOD活性的变化

Table 1 Changes of SOD activity in leaves of different cotton varieties

U · (g · min)⁻¹

类型	品种	调查日期				
		07-26	08-10	08-24	09-07	09-25
特早熟	豫早73	ab 94.86 a	b 88.50 a	bc 84.68 b	b 87.01 b	a 100.86 a
	豫早06	a 99.76 a	c 66.66 c	c 68.46 d	a 98.46 ab	a 101.65 a
	豫早08	a 95.81 a	b 81.68 ab	ab 90.60 ab	a 99.90 a	a 100.02 a
	中棉所37	b 85.28 b	c 77.40 b	ab 93.26 a	ab 91.69 b	a 100.92 a
	中棉所30	b 86.80 b	c 72.18 b	b 89.81 ab	a 106.72 a	bc 79.06 c
中早熟	中棉所43	ab 93.18 a	c 80.70 ab	b 90.88 ab	a 101.49 a	a 104.67 a
	春矮早	b 91.82 ab	c 79.17 ab	bc 85.68 b	b 88.65 c	a 109.40 a
	中棉所17	b 86.90 b	c 78.78 b	c 76.71 c	a 100.03 a	b 90.50 ab
中熟	中棉所35	c 71.90 c	cd 67.29 c	a 96.18 a	a 100.81 a	b 87.49 b
	豫棉2067	a 96.32 a	c 73.47 b	b 83.03 b	a 101.28 a	a 100.87 a
	中棉所12	b 96.64 a	c 71.46 bc	b 97.17 a	a 105.23 a	c 85.25 bc
中熟杂交	标杂A ₂	a 98.12 a	c 75.19 b	ab 90.09 ab	ab 90.86 ab	b 87.18 bc
	标杂A ₁	ab 88.70 ab	c 73.93 b	a 92.71 ab	a 93.74 ab	b 81.43 c
	中棉所29	b 85.63 a	b 83.28 a	ab 94.30 a	a 102.17 a	a 99.34 a
	豫杂35	bc 89.14 ab	c 84.16 a	b 94.43 a	a 101.96 a	a 102.70 a

注:数字前的不同字母表示同行数比较差异达5%显著水平,而数字后的不同字母表示同列数比较差异达5%显著水平,下同。

降,衰老程度越高,SOD活性下降越快^[5]。表1可见,不同品种叶片中SOD活性随叶龄增加其变化动态是:在7月26日叶片展开约10d时,其SOD活性较高,到8月10日又显著降低,以后又随着叶龄的增加而提高,9月7日至9月25日出现2种趋向:一是继续显著增加或保持平稳,与喻树迅研究结果一致^[6],这表明抗衰老能力强,叶片衰老程度弱,试验中这类品种有豫早73、豫早06、豫早08、中棉所37、中棉所43、春矮早、豫棉2067、中棉所12、中棉所29和豫杂35;二是显著降低,表明叶片抗衰老能力减弱,叶片衰老程度

深,试验中这一类的品种有中棉所30、中棉所17、中棉所35、中棉所12、标杂A₁、标杂A₂。

2.2 不同棉花品种叶片随叶龄增加 POD 活性的变化

POD可以清除活性氧和过氧化氢自由基的活动,以防止细胞膜系统过氧化伤害,在叶片生长的一定阶段内,POD活性越高,叶片的抗衰老能力越强^[7];另有研究指出,POD活性随叶龄的增加而上升^[8]。由表2可见,各品种叶片中POD活性变化趋势基本一致,均表现为随叶龄增加而显著增加,这与前人的研究结果一致。

表2 不同棉花品种叶片中POD活性的变化

Table 2 Changes of POD activity in leaves of different cotton varieties $\Delta OD_{470} \cdot (g \cdot min)^{-1}$

类型	品种	调查日期				
		07-26	08-10	08-24	09-07	09-25
特早熟	豫早73	d 1.46 a	d 1.48 a	c 1.82 a	b 2.20 b	a 3.30 b
	豫早06	d 1.47 a	d 1.39 a	c 1.78 a	b 2.83 a	a 3.32 b
	豫早08	d 1.44 b	d 1.49 a	c 1.87 a	b 2.29 b	a 3.35 bc
	中棉所37	d 1.26 b	c 1.49 a	b 1.96 a	b 2.02 b	a 3.27 b
	中棉所30	d 1.54 a	d 1.53 a	c 1.91 a	b 2.71 a	a 3.97 a
中早熟	中棉所43	e 1.28 b	d 1.44 a	c 1.88 a	b 2.84 a	a 3.81 a
	春矮早	e 1.29 b	d 1.50 a	c 1.88 a	b 2.86 a	a 3.79 a
	中棉所17	d 1.21 b	c 1.57 a	b 1.88 a	b 2.00 b	a 3.71 c
中熟	中棉所35	c 1.51 a	c 1.52 a	b 1.90 a	b 2.07 b	a 3.09 bc
	豫棉2067	e 1.28 b	d 1.47 a	c 1.86 a	b 2.22 b	a 3.13 bc
	中棉所12	d 1.39 ab	d 1.51 a	c 1.90 a	b 2.13 b	a 3.14 bc
中熟杂交	标杂A ₂	e 1.33 ab	d 1.58 a	c 1.88 a	b 2.28 b	a 3.23 b
	标杂A ₁	e 1.13 b	d 1.53 a	c 1.84 a	b 2.70 a	a 3.39 b
	中棉所29	e 1.15 b	d 1.52 a	c 1.87 a	b 2.28 b	a 3.81 a
	豫杂35	e 1.11 b	d 1.55 a	c 1.85 a	b 2.90 a	a 3.79 a

2.3 不同棉花品种叶片随叶龄增 MDA 含量的变化

叶片衰老伴随着MDA含量显著增高^[5]。表1可见,不同熟性品种叶片中MDA含量随叶龄增加其变化动态基本一致:在7月26日叶片中MDA含量较高,这与叶片扩展呼吸代谢旺盛有关;到8月10日又显著降低,以后随叶龄增加而显著提高,这与前人结果一致。

品种间比较,8月24日以后,均以中棉所30、中棉所12、标杂A₁、标杂A₂叶片中MDA含量显著高于其它品种,其它品种间差异不显著;相关分析表明,MDA与SOD在8月24日呈正相关性($r=0.3443$,这是叶片抗衰老应激反应,在衰老初期产生较多的SOD阻止膜脂过氧化)、9月25日呈

极显著负相关性($r=-0.8896^{**}$)。

2.4 不同品种棉花叶片随叶龄增加其叶绿素含量的变化

叶绿素的降解是叶片衰老的重要指标之一,其含量下降的快则表明衰老进程快、衰老程度加深^[9-10]。表4可见,各品种叶片叶绿素含量变化趋势基本一致,先是随叶龄增加而增加,8月24日达最高,以后随叶龄增加而下降,其变化与POD、MDA的变化呈高度负相关,这与前人研究结果一致^[11-13]。

相关分析表明,9月25日叶绿素含量与SOD呈显著正相关($r=0.5408^{*}$),与POD呈正相关($r=0.4122$),与MDA呈显著负相关($r=-0.5533^{*}$)。

表3 不同棉花品种叶片中MDA含量变化

Table 3 Changes of MDA content in leaves of different cotton varieties

nmol · g⁻¹

类型	品种	调查日期				
		07-26	08-10	08-24	09-07	09-25
特早熟	豫早 73	d 37.02 ab	e 26.48 b	c 42.89 cd	b 61.69 b	a 80.06 c
	豫早 06	d 34.45 b	e 28.11 ab	c 41.85 cd	b 75.36 a	a 80.08 c
	豫早 08	d 27.96 c	e 24.15 c	c 57.20 b	b 77.83 a	a 80.11 c
	中棉所 37	d 31.31 b	e 23.74 c	c 40.52 d	b 58.83 b	a 80.05 c
	中棉所 30	d 30.56 b	e 24.31 bc	c 59.88 ab	b 63.96 b	a 101.41 a
中早熟	中棉 43	d 39.70 a	e 22.939	c 45.82 c	b 62.55 b	a 80.41 c
	春矮早	d 39.84 a	e 27.30 b	c 48.34 c	b 61.79 b	a 80.94 c
	中棉所 17	d 31.26 b	e 25.50 b	c 57.18 b	b 64.58 b	a 98.62 a
中熟	中棉所 35	d 32.99 b	e 25.00 b	c 49.13 c	b 64.42 b	a 89.66 b
	豫棉 2067	d 41.26 a	e 30.69 a	c 49.79 c	b 62.11 b	a 81.63 c
	中棉所 12	d 37.03 ab	e 30.01 a	c 59.84 ab	b 72.22 a	a 89.87 b
中熟杂交	标杂 A ₂	d 34.52 b	e 24.72 bc	c 64.41 a	b 70.52 a	a 99.37 a
	标杂 A ₁	d 33.61 b	e 25.91 b	c 65.04 a	b 71.53 a	a 101.61 a
	中棉所 29	d 23.44 c	e 18.35 d	c 54.67 b	b 61.56 b	a 80.18 c
	豫杂 35	d 32.82 b	e 24.02 bc	c 56.79 b	b 62.79 b	a 75.30 c
r(MDA与SOD)				0.3443	0.1348	-0.8896**
r(MDA与POD)				0.0832	0.0843	0.0769

注:r代表相关系数;*和**分别代表5%和1%显著水平;下同。

表4 不同棉花品种叶片叶绿素含量SPAD值变化

Table 4 Changes of chlorophyll content in leaves of different cotton varieties

类型	品种	调查日期				
		07-26	08-10	08-24	09-07	09-25
特早熟	豫早 73	b 40.40 a	b 43.26 b	a 48.60 b	b 41.10 ab	c 30.03 b
	豫早 06	b 40.70 a	b 41.16 bc	a 49.10 b	b 40.25 b	c 29.66 b
	豫早 08	b 41.80 a	b 42.23 b	a 48.70 b	b 40.05 b	c 29.68 b
	中棉所 37	b 42.30 a	b 45.35 b	a 50.60 ab	b 43.30 ab	c 30.34 b
	中棉所 30	b 42.00 a	ab 47.84 ab	a 49.78 a	b 44.79 ab	c 28.18 b
中早熟	中棉所 43	bc 36.60 b	a 47.70 ab	a 47.90 b	b 40.74 ab	c 32.61 b
	春矮早	c 37.60 b	b 49.10 a	a 57.90 a	b 47.16 a	c 33.53 ab
	中棉所 17	b 37.30 b	a 44.50 ab	a 46.60 b	b 40.01 b	c 31.52 b
中熟	中棉所 35	b 36.30 b	a 45.40 ab	a 47.10 b	b 37.28 b	c 30.17 b
	豫棉 2067	b 39.50 ab	a 45.20 ab	a 49.90 b	ab 44.03 ab	c 32.43 b
	中棉所 12	b 38.80 ab	b 41.40 bc	a 49.40 b	a 46.25 a	c 30.87 b
中熟杂交	标杂 A ₂	b 38.20 ab	a 45.80 ab	a 51.10 ab	b 42.95 ab	c 30.96 b
	标杂 A ₁	b 41.00 a	b 44.46 bc	a 50.90 ab	b 39.55 b	c 29.18 b
	中棉所 29	c 37.20 b	b 46.00 bc	a 49.60 ab	a 45.06 a	c 37.20 a
	豫杂 35	c 37.00 b	b 48.50 ab	a 53.10 a	b 47.48 a	c 40.31 a
r(叶绿素含量和SOD)				0.1189	0.1030	0.5408*
r(叶绿素含量和POD)				0.0239	0.2706	0.4122
r(叶绿素含量和MDA)				0.0513	-0.3640	-0.5533*

2.5 不同棉花品种叶片随叶龄增长其光合速率(Pn)的变化

光合速率下降是衰老叶片的一大特征^[14]。表 5 可见,不同品种的 Pn 随叶龄增加变化趋势基本一致,并以叶绿素变化趋势相吻合,均表现先随叶龄增加而增加,8 月 24 日以后随叶龄增加而降低,且 Pn 的变化与同期 MDA 含量变化呈高度负相关,这与前人研究结果一致^[15]。有研究指出,叶片中 MDA 含量增加导致叶绿素降解^[16]、光系统 2 失活^[17]、光合酶活性下降^[18]是导致叶片光合能力下降的主要原因。

品种间比较,叶片 Pn 存在差异,各期叶片 Pn 与叶绿素含量呈正相关;8 月 24 日 Pn 与 MDA 呈一定的负相关($r=-0.1573$);9 月 7 日 Pn 与 POD 活性呈一定的正相关($r=0.2770$),与 MDA 呈负相关($r=-0.4228$);9 月 25 日 Pn 与 SOD 活性呈极显著正相关($r=0.7189^{**}$)、与 MDA 含量呈极显著负相关($r=-0.8481^{**}$)。上述结果表明,叶绿素含量高则 Pn 高,后期 SOD 活性高、MDA 含量低则叶片 Pn 高,衰老程度低,否则衰老程度深,所以,叶片后期 SOD 活性、MDA 含量可以作为棉花品种抗衰老指标。

表 5 不同棉花品种叶片 Pn 的变化
Table 5 Changes of Pn in leaves of different cotton varieties

类型	品种	调查日期					$\mu\text{mol} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{s})^{-1}$
		07-26	08-10	08-24	09-07	09-25	
特早熟	豫早 73	21.9 a	23.8 b	24.6 b	18.6 b	14.5 ab	
	豫早 06	19.5 b	24.7 ab	25.5 b	18.2 bc	14.9 ab	
	豫早 08	21.2 a	23.8 b	24.8 b	18.5 b	14.7 ab	
	中棉所 37	21.7 a	24.9 ab	25.8 b	21.3 a	15.1 ab	
	中棉所 30	22.2 a	23.1 b	25.7 b	19.0 b	13.1 b	
中早熟	中棉所 43	19.0 b	25.6 a	30.1 a	18.3 bc	14.9 ab	
	春矮早	19.2 b	26.9 a	27.9 ab	18.8 b	15.2 ab	
	中棉所 17	18.5 b	20.4 c	24.3 bc	13.2 de	10.9 c	
中熟	中棉所 35	18.6 b	21.8 c	25.2 bc	16.8 c	14.5 ab	
	豫棉 2067	20.1 ab	21.8 c	26.4 ab	16.1 c	14.8 ab	
	中棉所 12	20.3 ab	18.8 d	22.5 c	15.7 c	14.1 b	
中熟杂交	标杂 A ₂	21.5 a	21.6 c	27.0 b	14.6 cd	11.3 c	
	标杂 A ₁	19.0 b	19.8 cd	24.2 bc	14.1 d	11.0 c	
	中棉所 29	20.3 ab	24.6 ab	29.5 a	18.2 bc	15.2 ab	
	豫杂 35	20.8 ab	26.5 a	30.2 a	19.2 b	16.4 a	
r(Pn 和叶绿素含量)	0.5787*	0.5145	0.3811	0.3467	0.4948		
r(Pn 和 SOD)			0.0155	-0.0827	0.7189**		
r(Pn 和 POD)			-0.0245	0.2770	0.0628		
r(Pn 和 MDA)			-0.1573	-0.4228	-0.8481**		

2.5 不同棉花品种产量性状的比较

由表 6 可见,不同类型品种的单株铃数明显不同,按早熟、中早熟、中熟常规、中熟杂交品种单株铃数依次增加,中熟杂交品种由于长势强,株型大,单株铃数最高。从铃重来看,不同类型品种之间无明显差别,但中熟常规类型品种和中熟杂交类型的品种稍高于特早熟类型的品种和中早熟类

型的品种。从不同类型品种的单株产量看,按早熟、中早熟、中熟常规、中熟杂交品种单株产量依次增加。

从不同熟性品种叶片中后期 Pn 与单株产量关系看,均表现正相关或显著极显著正相关,这表明叶片高光合效率是选择高产品种的一个有效指标。

表 6 不同棉花品种产量比较
Table 6 Comparison of cotton yield among different varieties

类型	品种	单株铃数 /个	铃重 /g	衣分 /%	单株子棉 /g	单株皮棉 /g
特早熟	豫早 73	5.20	4.90	37.40	25.48	9.53
	豫早 06	5.80	5.00	36.70	29.00	10.64
	豫早 08	5.50	4.80	36.60	26.40	9.66
	中棉所 37	5.00	5.10	36.30	25.50	9.26
	中棉所 30	4.80	4.80	35.90	23.04	8.27
r(叶片中期的 Pn 和产量)						0.6922
r(叶片后期的 Pn 和产量)						0.7508
中早熟	中棉所 43	18.70	4.90	41.40	91.60	37.90
	春矮早	18.80	4.90	40.70	92.20	37.53
	中棉所 17	17.60	5.10	39.20	89.80	35.20
r(叶片中期的 Pn 和产量)						0.9986**
r(叶片后期的 Pn 和产量)						0.9838*
中熟	中棉所 35	21.60	4.90	41.80	105.90	44.27
	豫棉 2067	22.10	4.84	42.50	107.80	45.82
	中棉所 12	20.30	5.14	41.50	104.30	43.28
r(叶片中期的 Pn 和产量)						0.8403
r(叶片后期的 Pn 和产量)						0.9913**
中熟杂交	标杂 A ₂	24.30	5.20	40.80	126.34	51.57
	标杂 A ₁	24.10	5.00	41.40	120.50	49.89
	中棉所 29	25.00	5.10	41.40	127.50	52.79
	豫杂 35	25.60	5.30	42.00	135.70	57.00
r(叶片中期的 Pn 和产量)						0.9366*
r(叶片后期的 Pn 和产量)						0.8543

3 讨论

从试验结果综合分析看,不同品种叶片衰老的生理变化特点是:扩展期叶片细胞代谢旺盛,产生较多的活性氧自由基,叶片 SOD 活性和 MDA 含量相对较高;中期叶片逐渐进入功能高峰期、生理代谢稳定阶段,SOD 活性和 MDA 含量反而下降,POD 活性较稳定;以后,随着叶龄增加,进入衰老与抗衰老平衡阶段,SOD 和 POD 活性、MDA 含量均显著增加,由于抗衰老保护酶的作用,膜脂过氧化加深并未引起叶绿素降低和光合速率下降;随着叶龄增加,膜脂过氧化进一步加深,SOD 活性下降,衰老启动,POD 活性和 MDA 含量显著增加,从而加速叶片的衰老,叶绿素含量和光合速率降低。林植芳等^[5]对水稻、陈少裕^[11]和陈光仪等^[19]对花生叶片衰老的研究表明,衰老叶片 SOD 活性下降,叶片衰老程度越高,SOD 活性下降越快,叶绿素降解和 MDA 含量显著增高,提出活性氧伤害是引起叶片衰老的原因之一,本文研究支持这一结果。

叶片衰老是一个氧化过程,在叶片衰老时,细胞代谢、叶绿素和膜的降解会产生大量的活性氧

自由基,超氧自由基和过氧化氢的含量都会增加,此时,植物就会合成一系列的抗氧化保护酶,以防止这些活性氧对膜的伤害,当这些活性氧过多时则造成棉株代谢平衡破坏,致使棉株衰老^[20]。本文结果,叶片衰老前期 SOD 活性逐渐升高,是对超氧自由基增加、膜脂过氧化加深的应激反应,SOD 活性有随底物浓度增加而上升的特性^[21],因而可以推测叶片在衰老前期产生了较多的超氧自由基,作为应激反应,叶片中 SOD 活性也相应提高,歧化超氧自由基产生较多的 H₂O₂,又诱导 POD 活性提高,当超氧自由基产生量超过保护酶的清除能力后,产生氧化胁迫,膜脂过氧化加剧,MDA 剧增,又引起 SOD 活性下降,POD 活性增加^[22-23]。POD 活性随衰老进程一直上升,它的作用具有双重性,一方面它可以清除 H₂O₂,为保护酶系统的成员之一;另一方面它参与叶绿素的降解,活性氧的产生,并能引发膜脂过氧化,是植物衰老到一定阶段的产物,为一种伤害性反应,可作为植物衰老的指标^[24-27]。

从 15 个品种叶片衰老进程快慢程度看,可分为两类,一类是衰老进程较慢,表现叶片后期 SOD 活性平稳增高,膜脂过氧化产物 MDA 显著

降低,叶绿素降解慢,光合速率明显高;一类是衰老进程较快,表现叶片后期 SOD 活性明显下降,膜脂过氧化产物 MDA 显著高,叶绿素降解快,光合速率明显低。综合分析看,15 个品种没有表现出早熟品种叶片衰老快的趋势。

从不同品种间各生理指标相关分析结果看,叶片后期 SOD 活性与叶绿素含量、光合效率呈显著或极显著正相关($r=0.5408^*$, 0.7189^{**}),与 MDA 呈极显著负相关($r=-0.8896^{**}$);而叶片后期 MDA 与叶绿素含量、光合效率呈显著或极显著负相关($r=-0.5533^*$, -0.8481^{**})。可见叶片后期高的 SOD 活性和低的 MDA 含量,可作为品种抗衰老的指标。此外,品种间叶绿素含量与光合速率呈一定正相关,而光合效率与产量表现一定的正相关。再者,在生育后期叶片逐渐衰老、生理机能不断下降的情况下,采取一定措施诱导叶片中 SOD、POD 活性的提高,有效清除叶片中过多的活性氧和过氧化物自由基,延缓叶片和植株的衰老进程,具有重要实践意义。

参考文献:

- [1] WRIGHT P R. Premature senescence of cotton—predominantly a potassium disorder caused by an imbalance of source and sink[J]. *Plant and soil*, 1999, 211: 231-239.
- [2] 喻树迅,宋美珍,范术丽,等.短季棉早熟不早衰生化辅助育种技术研究[J]. *中国农业科学*, 2005, 38(4): 664-670.
- [3] 宋美珍,喻树迅,范术丽,等.短季棉早熟不早衰生化性状的遗传分析[J]. *西北植物学报*, 2005, 25(5): 903-910.
- [4] 李合生. *植物生理生化实验原理和技术*[M]. 北京:高等教育出版社, 2000: 164, 167-169, 260-261.
- [5] 林植芳,李双顺,林桂珠,等.水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化作用的关系[J]. *植物学报*, 1984, 26: 605-615.
- [6] 喻树迅,黄祯茂,姜瑞云,等.几个短季棉品种叶片衰老特征的研究[J]. *棉花学报*, 1994, 6(增刊): 31-36.
- [7] 杨淑慎,高俊凤.活性氧、自由基与植物的衰老[J]. *西北植物学报*, 2001, 21(2): 215-220.
- [8] 许长成,邹琦.大豆叶片早促衰老及其与膜脂过氧化的关系[J]. *作物学报*, 1993, 19(4): 359-364.
- [9] MARTIN C, THIMANN K V. The role of protein synthesis in the senescence of leaves[J]. *Plant Physiology*, 1972, 49: 64-71.
- [10] LESHEM Y Y. Oxygen free radicals and plant senescence[J]. *What's New in Plant Physiol*, 1981, 12: 1-4.
- [11] 陈少裕.膜脂过氧化对植物细胞的伤害[J]. *植物生理学通讯*, 1991, 27(2): 84-90.
- [12] KAR R K, Choudhuri M A. Possible mechanisms of light-induced chlorophyll degradation in senescing leaves of *Hydrilla verticillata* [J]. *Plant Physiology*, 1987, 70: 729-734.
- [13] 于振文,张 焯,岳寿松.钾营养对冬小麦光合作用和衰老的影响[J]. *作物学报*, 1996, 22(3): 305-312.
- [14] 郑少青,曾广文.植物叶片衰老及其延缓的分子途径[J]. *植物生理学通讯*, 1999, 35(2): 152-157.
- [15] 杨淑慎,高俊凤,李学俊.高等植物叶片的衰老[J]. *西北植物学报*, 2001, 21(6): 1271-1276.
- [16] 汪宗立,刘晓忠,李建坤.玉米的涝渍伤害与膜脂过氧化作用和保护酶活性的关系[J]. *江苏农业学报*, 1988, 4(3): 1-8.
- [17] 凌启鸿,张洪程,苏祖芳,等. *稻作新理论*[M]. 北京:科学出版社, 1994: 171.
- [18] 刘拥海,彭新湘,李明启.水稻叶片中过氧化氢与核酮糖-1,5-二磷酸羧化酶加氧酶降解的关系[J]. *植物生理学报*, 2000, 26(6): 481-486.
- [19] 陈光仪,傅家瑞.花生种子劣变过程中一些酶活性变化[J]. *植物学报*, 1987, 29(2): 164-170.
- [20] 袁 政,张大兵.植物叶片衰老的分子机制[J]. *植物生理学通讯*, 2002, 38(4): 417-422.
- [21] 田长恩,梁承邺.多胺对水稻 CMS 系及其保持系幼穗蛋白质、核酸和活性氧代谢的影响[J]. *植物生理学报*, 1999, 25(3): 222-228.
- [22] 伍泽堂,张刚元.脱落酸,细胞分裂素和丙二醛对超氧化物歧化酶活性的影响[J]. *植物生理学通讯*, 1990, 26(4): 30-32.
- [23] 柯德森,王爱国,罗广华.活性氧在外源乙烯诱导内源乙烯产生过程中的作用[J]. *植物生理学报*, 1997, 23(1): 67-72.
- [24] 许长成,邹琦,程炳嵩.干旱条件下大豆叶片 H_2O_2 代谢变化及其同抗旱性的关系[J]. *植物生理学报*, 1993, 19(3): 216-220.
- [25] 曾韶西,王以柔,刘鸿先.低温光照下与黄豆子叶叶绿素降低有关的酶促反应[J]. *植物生理学报*, 1991, 17(2): 177-182.
- [26] 李亚兵,毛树春,王香河,等.棉花早衰程度诊断数码图像数字化指标的研究 [J]. *棉花学报*, 2006, 18(3): 160-163.
- [27] 宋美珍,喻树迅,范术丽,等.早熟不早衰短季棉品种(系)及其杂交后代抗氧化酶系统活性变化[J]. *棉花学报*, 2006, 18(6): 63-64. ●