

干旱胁迫对菜苔叶片保护酶活性和膜脂过氧化的影响

章崇玲 曾国平 陈建勋

(华南农业大学, 广州 510642)

摘要: 以3个不同耐旱性的菜苔 (*Brassica parachinensis* L. H. Bailey) 品种为试材, 研究了干旱胁迫对叶片保护酶活性和膜脂过氧化的影响及其与抗旱性的关系。干旱胁迫条件下, 菜苔叶片的电解质外渗率和 MDA 含量呈上升趋势, 叶绿素含量、抗坏血酸含量和 SOD 活性呈下降趋势, CAT 活性表现为先上升后下降。耐旱品种比不耐旱品种具有较高的叶绿素含量和抗坏血酸含量, 具有较低的电解质外渗率和 MDA 含量; 耐旱品种的 SOD 活性比不耐旱品种下降幅度小。轻度干旱胁迫下, 耐旱品种的 CAT 活性上升幅度比不耐旱品种高; 重度干旱胁迫下耐旱品种的 CAT 活性下降程度比不耐旱品种低。耐旱品种的 POD 活性在干旱条件下先上升而后降低, 不耐旱品种的 POD 活性处于下降趋势。干旱 6 d 后, 耐旱品种的 SOD、CAT 和 POD 活性显著高于不耐旱品种。

关键词: 菜苔; 干旱胁迫; 保护酶活性; 膜脂过氧化

中图分类号: S634.534 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2000)04-0023-04

Effects of drought stress on the protective enzymes activities and membrane lipid peroxidation in leaves of *Brassica parachinensis* L. H. Bailey ZHANG Chong-ling, ZENG Guo-ping, CHEN Jian-xun (South China Agricultural University, Guangzhou 510642), *J. Plant Resour. & Environ.* 2000, 9(4): 23~26

Abstract: The effects of drought stress on the membrane lipid peroxidation and protective enzymes activities in leaves of *Brassica parachinensis* L. H. Bailey were studied with three different drought tolerant cultivars. The results showed that much higher contents of chlorophyll and ascorbic acid, much lower the rate of electrolyte leakage and malondialdehyde (MDA) content, the declining degree of superoxide dismutase (SOD) activity were appeared in drought-tolerant cultivars than those in drought-sensitive cultivar under drought stress. The ascending range of catalase (CAT) activity in drought-tolerant cultivars was higher than that in drought-sensitive one under slight drought stress, and the declining degree of CAT in former was lower than that in the latter under severe drought condition. The peroxidase (POD) activity of drought-sensitive cultivar decreased gradually, but that of drought-tolerant cultivars increased at first, then decreased in drought stress.

Key words: *Brassica parachinensis* L. H. Bailey; drought stress; protective enzymes activity; membrane lipid peroxidation

干旱胁迫对植物体内各种生理生化过程均有不同程度的影响, 了解作物不同品种对干旱胁迫的生理反应, 对于抗旱育种和抗旱栽培具有重要意义。菜苔 (*Brassica parachinensis* L. H. Bailey) 又名菜心, 是华南地区著名的特产蔬菜, 广东、广西和台湾等省区有较大栽培面积。近年来引入我国北方栽培, 面积逐年扩大, 受到消费者欢迎。菜苔适宜的栽培季节主要为秋季和冬季, 南方秋冬干旱是影响菜苔产量和品质的主要环境因子之一。关于干旱胁迫对菜苔生理生化的影响, 目前尚未见报道。本研究选用耐旱性不同的3个菜苔品种为试材, 采用人工控水方法, 测定干旱胁迫下菜苔叶片电解质外渗率、MDA

含量、叶绿素含量、抗坏血酸含量、SOD活性、POD活性和CAT活性的变化, 旨在探讨干旱胁迫对菜苔保护酶活性的膜脂过氧化的影响及其与抗旱性的关系。

1 材料与方 法

1.1 供试材料及土壤干旱处理

供试材料为耐旱性不同的3个菜苔品种: 宝青

收稿日期: 2000-07-05

作者简介: 章崇玲, 女, 1959年4月生, 江苏江阴人, 硕士, 副教授, 主要研究方向植物学。

60天,耐旱性较弱;特青60天,耐旱性中等;东莞尖叶,耐旱性较强。3个品种均为中熟品种,生育期基本一致。10月4日播种育苗,10月18日移栽于塑料大棚陶盆中,盆直径30cm,每盆装菜园耕层干土6.7kg,栽植5株,常规管理。10月29日植株开始现蕾时断水,进行0、2、4、6和8d的干旱处理,盆土含水量分别为20.00%、17.60%、11.82%、7.64%和5.45%。对照正常浇水,保持土壤含水量20.00%。每处理5盆,5次重复。干旱处理期间,每隔2d在上午8:00~9:00之间取功能叶片(从上向下第2位叶片),立即测定有关生理生化指标。

1.2 测定方法

1.2.1 酶液制备 酶液的制备参考郭振飞等^[1]的方法进行。称取0.5g菜苔叶片,加入5mL 0.05mol/L磷酸缓冲液(pH 7.8),加少量石英砂,冰浴研磨。匀浆以17000g离心20min,上清液定容至5mL,用于酶活性及MDA含量的测定。

1.2.2 测定方法 SOD活性测定按王爱国等^[2]的方法进行,以抑制NBT光还原50%为1个酶活性单位。POD活性测定参照参考文献^[3]的方法进行,以470nm波长下光密度每分升高0.01为1个酶活性单位。CAT活性测定参照蒋传葵等^[4]的方法进行,以240nm波长下光密度每分降低0.01为1个酶活性单位。MDA含量测定按赵世杰等^[5]改进的方法进行。电解质外渗率的测定参考谭常等^[6]方法进行。叶绿素测定按陈福明^[7]方法进行。抗坏血酸含量测定参照曾韶西等^[8]方法进行。

以上测定均重复3次。实验数据以每克叶片干重作分母计算。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对菜苔叶片电解质外渗率和MDA含

量的影响

电解质外渗率和MDA含量是反应植物细胞受伤害程度的重要指标。随着干旱时间延长和土壤含水量的降低,菜苔叶片电解质外渗率和MDA含量呈上升趋势,二者之间呈极显著正相关($r = 0.9474^{**}$, $df = 11$)。耐旱性不同的品种上升的幅度有所不同,干旱6d,耐旱性较弱的宝青60天和耐旱性中等的特青60天叶片的电解质外渗率分别上升38.26%和26.08%,MDA含量分别上升87.62%和73.29%。耐旱性较强的东莞尖叶的电解质外渗率上升14.85%,MDA含量上升38.19%。东莞尖叶上升幅度明显低于宝青60天和特青60天(表1)。这说明耐旱性越弱的品种受伤害程度越大。干旱8d,宝青60天和特青60天因干旱而死亡,东莞尖叶仍然存活。

2.2 干旱胁迫对菜苔叶片叶绿素和抗坏血酸含量的影响

随着干旱时间延长,菜苔叶片叶绿素和抗坏血酸含量逐渐降低。干旱6d,宝青60天、特青60天和东莞尖叶的叶绿素含量分别下降66.05%、65.54%和45.65%,叶片抗坏血酸的含量分别下降86.10%、79.01%和59.12%,说明在同等干旱条件下,耐旱品种叶片的叶绿素含量和抗坏血酸含量下降速度比不耐旱品种缓慢(表2)。

2.3 干旱胁迫对菜苔叶片SOD、POD、CAT活性的影响

随着干旱时间延长,SOD酶活性逐渐降低。干旱6d,不耐旱的宝青60天SOD活性下降84.65%,耐旱性中等的特青60天下降65.5%,耐旱性强的东莞尖叶下降42.6%(表3)。说明品种耐旱性越强,SOD活性降低越慢。

在干旱条件下,宝青60天和特青60天的POD活性均呈下降趋势,到断水6d,宝青60天和特青60

表1 干旱胁迫对菜苔叶片电解质外渗率和MDA含量的影响(干重)

Table 1 Effects of drought stress on the electrolyte leakage and MDA content in leaves of *Brassica parachinensis* (DW)

胁迫天数 Days of drought stress (d)	电解质外渗率 Electrolyte leakage (%)			MDA含量 MDA content ($\mu\text{mol/g}$)		
	宝青60天 Baoqing 60 days	特青60天 Teqing 60 days	东莞尖叶 Dongguanjianye	宝青60天 Baoqing 60 days	特青60天 Teqing 60 days	东莞尖叶 Dongguanjianye
0	10.72 ± 0.24	8.40 ± 0.16	8.76 ± 0.22	60.32 ± 2.19	54.52 ± 1.23	57.04 ± 1.92
2	16.75 ± 0.53	11.67 ± 0.04	13.33 ± 0.17	63.73 ± 0.57	69.28 ± 2.58	61.28 ± 0.79
4	25.81 ± 0.21	17.31 ± 0.44	19.44 ± 0.36	89.49 ± 2.55	77.38 ± 1.39	72.31 ± 2.68
6	48.98 ± 0.86	34.48 ± 1.05	23.61 ± 0.25	113.2 ± 2.89	94.48 ± 2.83	79.32 ± 1.89
8	-	-	40.43 ± 0.58	-	-	88.92 ± 6.61

天的 POD 活性分别降低 80.30% 和 59.52%。东莞尖叶的 POD 活性变化与上述两个品种不同,断水 0~4 d,POD 活性持续上升,上升幅度为 9.23%,断水 4 d 以后,POD 活性逐渐降低,到断水 6 d,东莞尖叶的 POD 活性比不断水时的活性下降 39.19%(表 4)。

3 个品种的 CAT 活性,在轻度干旱胁迫下(断水 2 d),均有所上升,宝青 60 天上升幅度为 9.32%,特青 60 天上升 13.46%,东莞尖叶上升幅度为 33.89%。断水 2 d 以后,3 个品种的 CAT 活性均呈下降趋势。与不断水时的 CAT 活性相比,干旱 6 d,宝青 60 天、特青 60 天和东莞尖叶的 CAT 活性分别下降 83.52%、75.56% 和 41.75%(表 5)。

2.4 干旱条件下菜苔不同品种生理生化指标变化值的方差分析

从上述结果可知,干旱胁迫下,菜苔不同耐旱性品种的一些生理生化指标发生了不同程度的改变。为了判断基因型之间耐旱性差异的真实性,对 3 个品种叶片的电解质外渗率、MDA 含量、叶绿素含量、抗坏血酸含量、SOD 活性、POD 活性、CAT 活性等 7 个指标,在干旱 0~6 d 的变化值进行了方差分析(表 6)。结果表明,这 7 个指标的 F 值均达到极显著水平。从平均数的比较来看,耐旱的品种东莞尖叶与不耐旱的宝青 60 天和耐旱性中等的特青 60 天在上述 7 个指标上的差异均达到显著或极显著水平。而宝青 60 天和特青 60 天只是在电解质外渗率、MDA 含量、POD 活性差异显著。其他指标的差异均不显著。

表 2 干旱胁迫对菜苔叶片叶绿素和抗坏血酸含量的影响(干重)

Table 2 Effects of drought stress on the contents of chlorophyll and ascorbic acid in leaves of *Brassica parachinensis* (DW)

胁迫天数 Days of drought stress (d)	叶绿素含量 Chlorophyll content (mg/g)			抗坏血酸含量 Ascorbic acid content (mg/g)		
	宝青 60 天 Baoqing 60 days	特青 60 天 Teqing 60 days	东莞尖叶 Dongguanjianye	宝青 60 天 Baoqing 60 days	特青 60 天 Teqing 60 days	东莞尖叶 Dongguanjianye
	0	15.58 ± 0.45	18.11 ± 0.21	16.82 ± 0.58	5.54 ± 0.12	6.48 ± 0.23
2	14.33 ± 0.12	14.31 ± 0.13	14.30 ± 0.36	3.08 ± 0.08	4.61 ± 0.09	4.72 ± 0.08
4	7.65 ± 0.17	9.98 ± 0.30	12.31 ± 0.76	1.97 ± 0.08	2.98 ± 0.08	3.61 ± 0.09
6	5.29 ± 0.07	6.42 ± 0.09	9.14 ± 0.21	0.77 ± 0.04	1.36 ± 0.02	2.42 ± 0.04
8	-	-	2.92 ± 0.08	-	-	0.88 ± 0.01

表 3 干旱胁迫对菜苔叶片 SOD 活性的影响(干重)

Table 3 Effects of drought stress on SOD activity in leaves of *Brassica parachinensis* (DW)

胁迫天数 Days of drought stress (d)	SOD 活性 SOD activity (U/g)					
	宝青 60 天 Baoqing 60 days		特青 60 天 Teqing 60 days		东莞尖叶 Dongguanjianye	
	对照 Control	干旱 Drought	对照 Control	干旱 Drought	对照 Control	干旱 Drought
0	4.29 ± 0.21	4.17 ± 0.17	5.57 ± 0.24	5.35 ± 0.16	4.49 ± 0.13	4.41 ± 0.15
2	3.77 ± 0.13	2.04 ± 0.12	4.39 ± 0.19	3.87 ± 0.11	3.57 ± 0.21	3.98 ± 0.12
4	3.42 ± 0.16	1.39 ± 0.14	4.54 ± 0.21	2.98 ± 0.12	3.83 ± 0.14	3.23 ± 0.16
6	4.02 ± 0.14	0.64 ± 0.02	5.19 ± 0.18	1.84 ± 0.04	4.76 ± 0.22	2.53 ± 0.14
8	3.52 ± 0.08	-	4.97 ± 0.25	-	5.11 ± 0.19	0.52 ± 0.03

表 4 干旱胁迫对菜苔叶片 POD 活性的影响(干重)

Table 4 Effects of drought stress on POD activity in leaves of *Brassica parachinensis* (DW)

胁迫天数 Days of drought stress (d)	POD 活性 POD activity [U/(min·g)]					
	宝青 60 天 Baoqing 60 days		特青 60 天 Teqing 60 days		东莞尖叶 Dongguanjianye	
	对照 Control	干旱 Drought	对照 Control	干旱 Drought	对照 Control	干旱 Drought
0	15.28 ± 0.53	15.15 ± 0.61	13.17 ± 0.24	13.39 ± 0.44	15.76 ± 0.63	15.92 ± 0.54
2	15.46 ± 0.64	11.80 ± 0.12	16.15 ± 0.19	12.73 ± 0.58	16.05 ± 0.84	16.42 ± 0.65
4	12.06 ± 0.42	7.29 ± 0.14	14.41 ± 0.21	9.59 ± 0.47	16.67 ± 0.48	17.39 ± 0.39
6	14.44 ± 0.78	2.98 ± 0.02	14.53 ± 0.18	5.42 ± 0.31	18.47 ± 0.82	9.68 ± 0.14
8	16.64 ± 0.69	-	18.29 ± 0.25	-	19.94 ± 0.77	3.52 ± 0.18

表5 干旱胁迫对菜苔叶片 CAT 活性的影响(干重)
Table 5 Effects of drought stress on CAT activity in leaves of *Brassica parachinensis* (DW)

胁迫天数 Days of drought stress (d)	CAT 活性 CAT activity [U/(min·g)]					
	宝青 60 天 Baoqing 60 days		特青 60 天 Teqing 60 days		东莞尖叶 Dongguanjianye	
	对照 Control	干旱 Drought	对照 Control	干旱 Drought	对照 Control	干旱 Drought
0	1.14 ± 0.047	1.15 ± 0.039	1.20 ± 0.058	1.21 ± 0.053	1.19 ± 0.053	1.18 ± 0.032
2	1.06 ± 0.032	1.25 ± 0.052	1.23 ± 0.061	1.37 ± 0.061	1.10 ± 0.032	1.58 ± 0.025
4	1.19 ± 0.016	0.68 ± 0.041	1.46 ± 0.072	0.75 ± 0.042	1.03 ± 0.029	0.94 ± 0.048
6	1.26 ± 0.047	0.19 ± 0.011	1.35 ± 0.036	0.29 ± 0.013	1.37 ± 0.057	0.69 ± 0.047
8	1.36 ± 0.041	-	1.29 ± 0.045	-	1.18 ± 0.043	0.17 ± 0.011

表6 干旱 6 d 菜苔叶片生理生化指标变化值比较¹⁾
Table 6 Change values of some physiological and biochemical indices in leaves of *Brassica parachinensis* after 6 days of drought stress¹⁾

品种 ²⁾ Cultivars ²⁾	电解质外渗率 Electrolyte leakage	MDA 含量 MDA content	叶绿素含量 Chlorophyll content	抗坏血酸含量 Ascorbic acid content	SOD 活性 SOD activity	POD 活性 POD activity	CAT 活性 CAT activity
1	38.26A	52.85A	-10.29a	-4.77ab	-3.53A	-12.17A	-0.96A
2	26.08B	39.96B	-11.87a	-5.12a	-3.50A	-7.97B	-0.92A
3	14.85C	21.92C	-7.68b	-3.50b	-1.88B	-6.24B	-0.49B

¹⁾ A, B, C: 品种之间在 0.01 水平上的显著差异, a, b, c: 品种之间在 0.05 水平上的显著差异。A, B, C: Significant difference between the cultivars at 0.01 level; a, b, c: Significant difference between the cultivars at 0.05 level. ²⁾ 1: 宝青 60 天 Baoqing 60 days; 2: 特青 60 天 Teqing 60 days; 3: 东莞尖叶 Dongguanjianye.

3 讨论

植物对逆境的反应涉及到植物体内一系列生理生化变化。本研究发现,随着干旱胁迫时间的延长和土壤含水量的降低,菜苔叶片的电解质外渗率升高,MDA 含量增加,叶绿素含量减少,内源抗氧化剂抗坏血酸含量降低,保护酶活性发生改变,细胞内清除活性氧的酶促和非酶促保护系统受到破坏,植株受到伤害,直到死亡。

自由基伤害理论应用与植物抗旱机理的研究,在玉米、小麦、棉花、水稻和果树等植物中有大量报道,但是,关于干旱胁迫对 SOD、POD、CAT 活性的影响,不同作者以不同作物或不同品种为对象,所得的研究结果颇为不同。Dhindsa 等^[9]研究发现耐旱苔藓品种在缓慢干旱和快速干旱过程中 SOD 和 CAT 活性上升,而不耐旱品种活性下降。王宝山等^[10]发现小麦在轻度和重度干旱条件下,POD 和 CAT 活性均呈上升趋势,抗旱品种上升幅度大,不抗旱品种上升幅度小。蒋明义等^[11]比较了两个抗旱性不同的水稻品种对渗透胁迫的反应,发现在 -0.8 mPa 处理后,两个品种 SOD 和 CAT 活性均降低,而不抗旱品种下降幅度大;抗旱品种的 POD 活性先上升后下降,不抗旱品种的 POD 活性不断降低。本研究发现,在干旱

过程中,菜苔 SOD 活性呈下降趋势,CAT 活性先上升后下降,不耐旱品种的 POD 活性在干旱条件下呈下降趋势,耐旱品种的 POD 活性则表现为先上升后下降。这说明菜苔不同基因型的保护酶活性对于干旱胁迫的反应有所不同。其反应机理有待进一步研究。

本研究结果表明,干旱胁迫条件下,耐旱品种比不耐旱品种具有较低的电解质外渗率和 MDA 含量,具有较高的叶绿素含量和抗坏血酸含量;耐旱品种的 SOD 活性下降幅度较小,不耐旱品种下降幅度较大。在轻度干旱胁迫下,耐旱品种的 CAT 活性上升幅度比不耐旱品种高,重度干旱胁迫下,耐旱品种的 CAT 活性降低程度比不耐旱品种小。不耐旱品种的 POD 活性在干旱过程中处于下降趋势,耐旱品种的 POD 活性则为先上升后下降。干旱 6 d,耐旱品种与不耐旱品种的上述 7 个生理生化指标的变化值存在显著差异。说明不同品种对于干旱胁迫的反应是由基因型决定的。在干旱胁迫过程中,耐旱品种的 SOD、POD、CAT 酶活性和抗坏血酸含量均显著高于不耐旱品种,这说明耐旱品种体内清除活性氧的酶促和非酶促保护体系受到破坏程度较轻,表现为耐旱性较强。

致谢:华南农业大学 96 级生物技术专业邵伟标、刘汝炫、温宏、陈杰等同学参加部分工作,谨致谢意。

(下接第 33 页 Continued on page 33)