

马沛勤. 硫酸镁、复合盐胁迫下抗虫棉幼苗抗氧化生理反应[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(2): 59-61.

硫酸镁、复合盐胁迫下抗虫棉幼苗抗氧化生理反应

马沛勤

(运城学院生命科学系, 山西运城 044000)

摘要:以冀丰 4 号、冀丰 554、晋棉 47 这 3 个品种棉花幼苗为供试材料, 采用室内水培方法, 研究硫酸镁、复合盐不同浓度(0、25、50、75、100 mg/L)胁迫对种棉花幼苗过氧化物酶(POD)活性、丙二醛(MDA)含量、脯氨酸(Pro)含量 3 种生理指标的影响, 结果表明: 试验范围内, 随胁迫浓度的升高, POD 活性先升后降, MDA 与 Pro 含量一直上升; 3 个品种棉花幼苗对胁迫的忍耐浓度在 100 mmol/L 左右, 75 mmol/L 左右达到晋棉 47 和冀丰 554 POD 调节的阈值范围, 50 mmol/L 左右达到冀丰 4 号 POD 调节的阈值范围; 棉花幼苗对硫酸镁胁迫的耐性低于复合盐, 对硫酸镁的耐性为晋棉 47 > 冀丰 554 > 冀丰 4 号; MDA 含量与不同逆境、不同品种间相互作用有很大关系; Pro 含量与不同逆境、不同品种间相互作用以及不同逆境、不同浓度间相互作用都有较大关系。

关键词:棉花幼苗; 硫酸镁; 复合盐; 过氧化物酶; 丙二醛; 脯氨酸

中图分类号: S562.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)02-0059-03

20 世纪 90 年代, 我国开始了转基因抗虫棉的研究、开发和利用。前人对抗虫棉的各项研究有陆续的报道, 如秦雪峰等报道转 Bt 基因棉抗铅、镉污染能力较普通棉花强, 对修复土壤重金属污染有一定意义^[1]; 丁志勇等报道抗虫棉的可溶性过氧化物酶显著高于常规棉^[2]; 李孝刚等报道转基因抗虫棉的抗黄萎病能力下降^[3], 但关于抗虫棉对盐胁迫的研究资料并不多。选用抗虫棉冀丰 554、冀丰 4 号为试验材料, 并以普通棉晋棉 47 为对照, 研究其对硫酸镁、复合盐胁迫的适应能力, 以期对了解抗虫棉抗盐碱机理、挖掘良种的增产潜力、提高抗虫棉在日益加重的盐渍污染面前的持续效应有所帮助。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验选用为晋棉 47、冀丰 4 号(抗虫棉)、冀丰 554(抗虫棉)为材料, 其种子均为市购。

1.2 试验设计

采用室内水培的方法, 待棉花幼苗长到 8 cm 后, 分别加入不同浓度(0、25、50、75、100 mg/L)的硫酸镁、复合盐(复合盐配比为 $\text{CaCl}_2 : \text{NaHCO}_3 : \text{MgSO}_4 : \text{KCl} : \text{NaCl} : \text{Na}_2\text{SO}_4 = 3 : 19 : 5 : 17 : 4 : 5$, 按运城城市盐碱地土样含盐量配置, 数据由运城城市农业局提供)溶液对其进行胁迫处理, 每天更换 1 次胁迫液, 以蒸馏水为对照(0 mmol/L)。3 d 后进行 3 种生理指标的测定。试验设 3 次重复, 取试验数据平均值进行分析。

1.3 检测指标及方法

过氧化物酶(POD)活性: 采用愈创木酚法进行测定^[4]。

丙二醛(MDA)含量: 采用硫代巴比妥酸法进行测定^[5]。

脯氨酸(Pro)含量: 采用比色法进行测定^[6]。

1.4 数据处理

试验数据使用 Excel 2003 和应用 DPS 3.01 专业版统计软件进行方差分析, 用 Duncan's 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 硫酸镁、复合盐对棉花幼苗 3 种生理指标的影响

试验结果(表 1、表 2)显示: 在试验范围内, 3 个品种棉花幼苗的 POD 活性均大于对照, 随着硫酸镁、复合盐胁迫浓度的上升, 3 个品种棉花幼苗的 POD 活性呈先上升后下降趋势, 晋棉 47 和冀丰 554 在胁迫浓度 75 mmol/L 时活性最大, 冀丰 4 号在胁迫浓度 50 mmol/L 时 POD 活性最大; 3 个品种棉花幼苗的 MDA 和 Pro 含量随硫酸镁、复合盐胁迫浓度的升高一直上升。

2.2 方差分析

表 3 的方差分析结果显示, 棉花幼苗 POD 活性在逆境 × 品种、逆境 × 浓度间差异不显著($P > 0.05$), 在品种间、品种 × 浓度间存在显著差异($P < 0.05$), 在品种间、浓度间存在极显著差异($P < 0.01$)。

棉花幼苗 MDA 含量在逆境 × 浓度、品种 × 浓度间差异不显著($P > 0.05$), 在逆境间存在显著差异水平($P < 0.05$), 在品种间、浓度间以及逆境 × 品种间存在极显著差异水平($P < 0.01$)。

棉花幼苗脯氨酸含量在逆境 × 浓度间差异不显著, 在逆境 × 品种、品种 × 浓度间存在显著差异水平($P < 0.05$), 在逆境间、品种间、浓度间存在极显著差异水平($P < 0.01$)。

研究结果(表 4)显示: 棉花幼苗 POD 活性在冀丰 554 与晋棉 47 之间无显著差异, 在冀丰 4 号与晋棉 47 之间存在 5% 的显著差异, 在冀丰 4 号与冀丰 554 之间存在 1% 的极显著差异。3 个品种棉花幼苗的 POD 活性为冀丰 4 号 > 晋棉 47 ≈ 冀丰 554。棉花幼苗 MDA 含量在冀丰 554 与冀丰 4 号之间差异不显著, 在晋棉 47 与冀丰 554、与冀丰 4 号之间存在 1% 水平的极显著差异。棉花幼苗 MDA 含量为晋棉 47 > 冀丰 554 ≈ 冀丰 4 号。

收稿日期: 2013-06-12

基金项目: 运城学院产学研项目(编号: CY-2012002)。

作者简介: 马沛勤(1960—), 女, 山西运城人, 副教授, 研究方向为遗传进化。Tel: (0359)2090409; E-mail: peiqinma@163.com。

表 1 硫酸镁、复合盐胁迫下棉花幼苗的 POD 活性和 MDA、Pro 含量

逆境	浓度 (mmol/L)	POD[$\Delta D_{470\text{ nm}}/(\text{min} \cdot \text{g})$]			MDA($\mu\text{mol/L}$)			Pro($\mu\text{g/g}$)		
		晋棉 47	冀丰 554	冀丰 4	晋棉 47	冀丰 554	冀丰 4	晋棉 47	冀丰 554	冀丰 4
硫酸镁	0	0.343	0.346	0.414	0.048	0.032	0.017	32.973	36.417	18.872
	25	0.449	0.423	0.515	0.059	0.038	0.061	39.012	63.050	71.441
	50	0.525	0.511	0.663	0.071	0.050	0.072	52.595	83.364	89.922
	75	0.759	0.553	0.555	0.083	0.057	0.087	71.232	164.344	130.804
	100	0.470	0.411	0.471	0.092	0.074	0.094	106.826	233.352	141.980
复合盐	0	0.343	0.346	0.414	0.048	0.032	0.017	32.973	36.417	18.872
	25	0.491	0.473	0.581	0.056	0.051	0.029	41.702	43.388	71.435
	50	0.574	0.583	0.744	0.063	0.061	0.038	52.447	52.702	82.024
	75	0.670	0.679	0.543	0.074	0.068	0.051	59.388	63.192	91.514
	100	0.449	0.535	0.471	0.083	0.076	0.060	78.173	101.633	164.494

表 2 棉花幼苗 POD 活性和 MDA、Pro 含量变化比较

指标	比较范围	晋棉 47		冀丰 554		冀丰 4 号	
		硫酸镁	复合盐	硫酸镁	复合盐	硫酸镁	复合盐
POD	活性变化						
	最高值浓度 (mmol/L)	75	75	75	75	50	50
	最高值/本底值	2.213	1.953	1.598	1.982	1.601	1.797
	最高浓度值/本底值	1.370	1.309	1.188	1.548	1.138	1.138
MDA	含量变化						
	最高值/本底值	1.917	1.729	2.313	2.375	5.529	3.529
Pro	含量变化						
	最高值/本底值	3.243	2.371	6.408	2.791	7.523	8.716

注:表中“”“”分别表示 POD 活性和 MDA、Pro 含量上升与下降。“”“”表示先升后降。本底值指表 1 中对照值。最高值是表 1 中 SOD、POD、Pro 表现出的最高值。

表 3 棉花幼苗的 POD 活性和 MDA、Pro 含量变化方差分析

变异来源	df	ss			s			F		
		POD	MDA	Pro	POD	MDA	Pro	POD	MDA	Pro
逆境间	1	0.014 87	0.000 55	0.366 15	0.014 87	0.000 55	0.366 15	14.285 79**	10.844 95 *	16.546 58**
品种间	2	0.016 36	0.001 40	0.630 83	0.008 18	0.000 70	0.315 42	7.854 74 *	13.905 02 **	14.254 05 **
浓度间	4	0.227 41	0.008 17	7.559 59	0.056 85	0.002 04	1.889 90	54.604 30**	40.563 62 **	85.406 98**
逆境×品种	2	0.003 38	0.001 52	0.331 66	0.001 69	0.000 76	0.165 83	1.622 61	15.136 20**	7.494 05 *
逆境×浓度	4	0.004 86	0.000 17	0.225 96	0.001 21	0.000 04	0.056 49	1.166 83	0.831 71	2.552 87
品种×浓度	8	0.040 33	0.000 40	1.047 99	0.005 04	0.000 05	0.131 00	4.842 39 *	0.996 69	5.919 99 *
误差	8	0.008 33	0.000 40	0.177 03	0.001 04	0.000 05	0.022 13			
总和	29	0.315 55	0.012 61	10.339 2						

注:“*”表示差异显著,“**”表示差异极显著。

2.3 多重比较

对具有显著差异的品种间和浓度间进一步进行多重比较见表 4、表 5。

表 4 棉花幼苗品种间 POD 活性和 MDA、Pro 含量差异显著性比较

指标	品种	平均值	5% 显著性	1% 显著性
POD	冀丰 4 号	0.537 1	a	A
	晋棉 47	0.489 3	b	AB
	冀丰 554	0.486 0	b	B
MDA	晋棉 47	0.067 7	a	A
	冀丰 554	0.053 9	b	B
	冀丰 4 号	0.052 6	b	B
Pro	冀丰 554	4.297 37	a	A
	冀丰 4 号	4.295 35	a	A
	晋棉 47	3.988 75	b	B

棉花幼苗脯氨酸含量在冀丰 554 和冀丰 4 号之间差异不显著,在冀丰 554、冀丰 4 号与晋棉 47 之间存在 1% 水平的极显著差异。棉花幼苗脯氨酸含量为冀丰 554≈冀丰 4 号>晋棉 47。

表 5 显示,棉花幼苗 POD 活性在硫酸镁、复合盐浓度 50~75 mmol/L 之间、25~100 mmol/L 之间无显著差异,其余各浓度之间存在 1% 水平的极显著差异。硫酸镁、复合盐不同浓度下棉花幼苗的 POD 活性为 50 mg/L 时≈75 mg/L 时>25 mg/L 时≈100mg/L 时>0 mg/L 时。棉花幼苗 MDA 含量在硫酸镁、复合盐各处理相邻浓度之间都存在 5% 显著差异,在对照与其余各浓度之间、25 mmol/L 与 75 mmol/L、100 mmol/L 之间、50 mmol/L 与 100mmol/L 之间更达到 1% 的极显著差异。硫酸镁、复合盐不同浓度下棉花幼苗的 MDA 含量为 100 mg/L 时>75 mg/L 时>50 mg/L 时>25 mg/L

表 5 硫酸镁、复合盐不同浓度间棉花幼苗 POD 活性和 MDA、Pro 含量差异显著性比较

指标	浓度 (mmol/L)	2 种胁迫 平均值	5% 显著	1% 显著
POD	50	0.600 0	a	A
	75	0.596 5	a	A
	25	0.488 7	b	B
	100	0.467 8	b	B
	0	0.367 7	c	C
MDA	100	0.079 83	a	A
	75	0.070 00	b	AB
	50	0.059 17	c	BC
	25	0.049 00	d	C
	0	0.032 33	e	D
Pro	100	4.868 68	a	A
	75	4.509 88	b	B
	50	4.218 00	c	C
	25	3.993 60	d	C
	0	3.379 00	e	D

时>0 mg/L 时。棉花幼苗 Pro 含量在硫酸镁、复合盐各相邻处理浓度之间均存在 5% 显著差异,除 50 mg/L 与 25 mg/L 之外其余各处理浓度之间更达到 1% 极显著差异。硫酸镁、复合盐不同浓度下棉花幼苗的 Pro 含量为 100mg/L 时>75 mg/L 时>50 mg/L 时>25 mg/L 时>0 mg/L 时。

3 讨论与结论

3.1 硫酸镁与复合盐胁迫对棉花幼苗 POD 活性的影响

植物对盐胁迫的响应之一就是保护酶活性的变化。POD 是植物抗氧化系统中的重要保护酶,负责清除 H₂O₂。盐胁迫下,过剩的活性氧可诱导棉花幼苗细胞内 POD 等抗氧化酶活性增大,POD 活性高低与棉花抗逆性大小成一定的正相关性。但 POD 调节能力也是有限的,过度胁迫时,过多的活性氧也引起 POD 活性下降^[7-8]。试验范围内,3 个品种棉花幼苗的 POD 活性随着硫酸镁、复合盐处理浓度的上升呈先上升后下降。晋棉 47 和冀丰 554 在浓度 75 mmol/L 时 POD 活性最大,冀丰 4 号在浓度 50 mmol/L 时 POD 活性最大,说明晋棉 47 和冀丰 554 的 POD 活性对硫酸镁、复合盐胁迫浓度调节范围在 75 mmol/L 左右,冀丰 4 号在 50 mmol/L 左右。浓度升高至 100mmol/L 时,POD 活性虽然下降,但还高于对照,还在棉花幼苗的可忍耐范围内。

3.2 硫酸镁与复合盐胁迫对棉花幼苗 MDA 含量的影响

植物在逆境下产生大量的活性氧,使细胞膜脂发生过氧化作用或脱脂作用,MDA 是细胞内膜脂过氧化或脱脂的产物,它反过来又严重地损坏细胞膜系^[9]。试验范围内,3 个品种棉花幼苗的 MDA 含量随硫酸镁和复合盐胁迫浓度的升高一直上升,说明硫酸镁和复合盐胁迫浓度越高,对棉花幼苗细胞膜的破坏性越大。

3.3 硫酸镁与复合盐胁迫对棉花幼苗 Pro 含量的影响

脯氨酸的积累是植物对抗盐胁迫而采取的一种保护性措施^[10-12]。试验范围内,3 个品种棉花幼苗的脯氨酸含量随硫酸镁和复合盐胁迫浓度的升高一直上升,说明棉花幼苗抗渗

透胁迫能力不断升高,也说明试验最高浓度 100mmol/L 在棉花幼苗的可忍耐范围。

3.4 棉花幼苗对硫酸镁与复合盐胁迫的耐性

表 2 显示,硫酸镁胁迫下,晋棉 47 POD 活性上升最快,下降最慢,MDA 含量上升最慢,Pro 含量上升最慢,对硫酸镁的耐性最强;冀丰 4 号 POD 活性上升最慢,虽然 Pro 含量上升最快,但 MDA 含量上升也最快,膜脂损伤最大,对硫酸镁的耐性最低,所以对硫酸镁的耐性晋棉 47>冀丰 554>冀丰 4 号。复合盐胁迫下,冀丰 4 号 Pro 含量上升最快,MDA 含量上升也最快,膜脂损伤最大;冀丰 554 POD 活性上升最快,下降最慢;晋棉 47 膜脂损伤最小;对复合盐的耐性:3 个品种机制不同。

棉花幼苗 POD 活性在逆境间存在极显著差异,复合盐处理引起的 POD 活性上升大于硫酸镁;MDA 含量在逆境间存在差显著异,硫酸镁处理下 MDA 含量上升大于复合盐。Pro 含量在逆境间存在极显著差异,硫酸镁处理下脯氨酸含量的上升大于复合盐。整体考虑,棉花幼苗对硫酸镁的耐性低于复合盐。

3.5 因子互作对 3 种生理指标的影响

棉花幼苗 MDA 含量与不同逆境与不同品种间互作有很大关系。棉花幼苗 Pro 含量与不同逆境与不同品种间相互作用有较大关系、与不同逆境与不同浓度间相互作用有较大关系。

参考文献:

[1]秦雪峰,铁柏清,周细红,等. 铅与镉对棉花和水稻萌发及生长的影响[J]. 湖南农业大学学报,2000,26(3):205-207.
[2]丁志勇,许崇仁,王戎疆. 转 *Bt* 基因抗虫棉与常规棉几种同工酶的比较——转基因植物安全性评估生理指标初探[J]. 生态学报,2001(2):332-336.
[3]李孝刚,刘 标,刘茺茺,等. 转基因抗虫棉根系分泌物对棉花黄萎病菌生长的影响[J]. 应用生态学报,2009,20(1):157-162.
[4]李合生. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京:中国高等教育出版社,2000.
[5]赵世杰,许长成,邹 琦,等. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯,1994,30(3):207-210.
[6]张殿忠. 测定小麦叶片游离氨基酸含量的方法[J]. 植物生理学通讯,1990,26(4):62-65.
[7]裘丽珍,黄有军,黄坚钦,等. 不同耐盐性植物在盐胁迫下的生长与生理特性比较研究[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2006,32(4):420-427.
[8]金明红,冯宗炜,张福珠. 臭氧对水稻叶片膜脂过氧化和抗氧化系统的影响[J]. 环境科学,2000,21(3):1-5.
[9]王荣华,石 雷,汤庚国,等. 渗透调节对蒙古冰草幼苗保护系统的影响[J]. 植物学通报,2003,20(3):330-335.
[10]夏礼如,钱春桃. 复合钠盐胁迫对黄瓜幼苗生长及生理特性的影响[J]. 江苏农业学报,2013,29(1):147-150.
[11]王邦锡,黄久常,王 辉. 不同植物在不同水分条件胁迫下脯氨酸的积累与抗性的关系[J]. 植物生理学报,1992,15(1):46-51.
[12]李百伟,孙存华,王 丹. CaCl₂ 对 NaCl 胁迫下甘薯幼苗叶片渗透调节物质的影响[J]. 江苏农业科学,2012,40(10):84-85.