

NaCl 盐胁迫对锦鸡儿保护酶系的影响

石国亮 江萍* (石河子大学农学院, 新疆石河子 832003)

摘要 [目的] 探索锦鸡儿在盐胁迫下的生化指标。[方法] 对锦鸡儿幼苗进行不同浓度的 NaCl 处理, 测定并比较了幼苗体内 SOD、CAT 和 POD 活性的变化。[结果] 在 NaCl 胁迫下, 锦鸡儿幼苗体内 SOD、POD 和 CAT 活性随 NaCl 浓度的增高均呈先上升后下降的趋势, 并可清除幼苗体内的部分活性氧, 对幼苗起一定的保护作用。这 3 种酶活性在 NaCl 浓度为 300 mmol/L 时均出现峰值, 超过这个临界浓度后均显著下降。锦鸡儿幼苗体内活性氧的保护酶体系主要途径是 SOD-POD+CAT。SOD 一直保持较高水平, 可清除超氧自由基使幼苗初期免受伤害, 同时, SOD 催化超氧自由基的产物由 POD 和 CAT 共同协作来清除, 表明 3 种酶的协同作用增强了植物对逆境的忍耐力。

[结论] 300 mmol/L 的 NaCl 浓度是适宜锦鸡儿生长的临界土壤盐浓度。

关键词 锦鸡儿; 超氧化物歧化酶; 过氧化物酶; 过氧化氢酶

中图分类号 S311 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)17-07963-03

Effect of NaCl Salt Stress on Protective Enzyme System of *Caragana sinica*

SHI Guoliang et al (Agricultural College, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003)

Abstract [Objective] The study aimed to discuss the biochemical indexes of *Caragana sinica* under NaCl salt stress. [Method] Seedlings of *C. sinica* were treated with different concn. of NaCl, and SOD, CAT and POD activity of young seedlings were measured and compared. [Result] Under NaCl salt stress, SOD, POD and CAT activity in young seedlings of *C. sinica* showed a trend of first rise and then fall with the increase of NaCl concn., and could remove some reactive oxygen in seedlings, which had a protective effect on seedlings. 3 kinds of enzyme activity had peaks all appeared at NaCl concn. of 300 mmol/L, and decreased significantly when NaCl exceeded the critical concn. The main way of protective enzyme system of reactive oxygen species in young seedlings of *C. sinica* was SOD-POD+CAT. SOD continuously maintained at a higher level so as to remove the superoxide radical and protect the young seedlings from harm, while SOD catalytic product of superoxide radical was removed by POD and CAT together, which indicated that the synergy of 3 kinds of enzymes enhanced the endurance of plants to stress. [Conclusion] Critical salt concn. suitable for the growth of *C. sinica* was 300 mmol/L.

Key words *Caragana sinica*; Superoxide dismutase (SOD); Peroxidase (POD); Catalase (CAT)

新疆是中国最大的盐土区, 由于受到盐碱的危害, 只有极个别耐盐性高的植物种类才能生存下来。锦鸡儿 [*Caragana sinica* (Buc'hoz) Rehd.] 为多年生豆科, 属落叶丛生灌木。锦鸡儿的抗逆性很强, 耐盐、耐旱、耐涝、耐寒、耐荫、抗沙压, 是半干旱地区和亚湿润干旱地区重要的防风固沙的优良植物; 且叶量大, 营养丰富, 也是优良的饲料植物。随着西部大开发战略的实施和建设社会主义新农村政策的颁布, 给西部省份的建设带来巨大的推动, 自治区和兵团积极响应。在园林绿化建设上, 锦鸡儿的优良抗性受到青睐, 因此, 在新疆推广锦鸡儿的种植很有必要。适地适树是树木良好生长的保障, 而目前对于锦鸡儿在盐胁迫情况下的各种抗氧化酶活性的研究还尚少, 笔者对锦鸡儿盐胁迫下生化指标进行初步探索, 以便获得最适宜锦鸡儿生长的土壤盐碱度, 为锦鸡儿在新疆的推广种植提供科学依据。

1 材料与方

1.1 材料 采集当年成熟的锦鸡儿种子(采收地点为石河子大学农学院实验站)低温湿藏 3 个月, 在实验室培育幼苗后进行实验。

1.2 实验设计 实验共设 NaCl 5 个浓度水平对锦鸡儿进行盐胁迫处理, 处理 1~5 分别记作 Y₁、Y₂、Y₃、Y₄、Y₅, NaCl 浓度依次为 75、150、300、350、400 mmol/L, 同时以清水浇灌为对照(Y_对)。完全随机设计, 共进行 5 次重复。

1.3 测定方法 SOD 活性测定采用 NBT 还原法^[4-6]; POD 活性测定采用愈创木酚法^[4-6]; CAT 活性测定采用锰酸钾滴定法^[4-6]。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 NaCl 胁迫下锦鸡儿 SOD 活性分析 由图 1 可明显看出, 在经 NaCl 处理后 SOD 活性随盐浓度的增高表现出明显的升高, 并在处理 3 处的活性达到一个顶峰; 随后 SOD 活性随着处理浓度的增高而呈减小的趋势。说明锦鸡儿在低浓度盐胁迫下可诱导或激活 SOD, 使 SOD 的活性发生明显变化, 并随着盐浓度的增加而升高, 但是当盐浓度超过 300 mmol/L 时, 超过了其自身的忍耐程度, SOD 的活性便迅速降低。这表明锦鸡儿对盐胁迫的适应有一段过程, 在此过程中, SOD 活性迅速升高以提高植物体适应能力, 忍受逆境而得以生存。

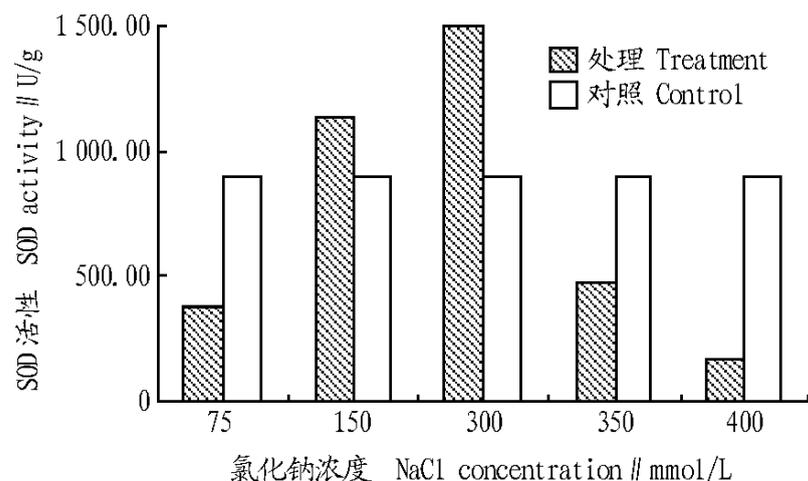


图1 不同浓度氯化钠处理下 SOD 活性变化

Fig.1 Changes of SOD activity under different NaCl treatments

经方差分析得, F 值=12.94** > 3.90, 说明各处理 SOD 活性差异在 0.01 水平上极显著, 不同处理与对照 SOD 活性均有差异性。为进一步比较不同处理对锦鸡儿影响的差异性, 做 LSD 多重比较, 结果如表 1。

多重比较结合图 1 可以看出, SOD 在处理 3 处的活性值最大, 在处理 5 处活性值最小。处理 3 的浓度对于诱导 SOD 活性增加起到明显的作用, 处理 5 的浓度对 SOD 活性的抑制作用非常明显。当盐浓度低于 300 mmol/L 时, SOD 活性呈上

基金项目 石河子大学自然科学基金项目(5006-822017)。

作者简介 石国亮(1980-), 男, 四川遂宁人, 助理实验师, 从事植物生理生化研究。* 通讯作者, 讲师。

收稿日期 2009-04-24

上升趋势,苗木生长正常,没有出现明显的伤害。这表明锦鸡儿自身的防御体系在此浓度范围内抗性表现较强。随着盐浓度的增加,SOD 的活性先升高后下降,说明活性氧的积累水平已超出了植物本身所能调控的范围,体内过多的活性氧自由基无法清除,导致 SOD 本身活性下降^[7]。这一现象表明,在该处理浓度下,尽管植物机体在一定时间范围内可通过提高 SOD 的活性增强自身的忍耐力,但植物机体的忍耐力毕竟有一定限度,当机体内的 SOD 不足以清除产生的大量的活性氧时,活性氧就会引起膜脂过氧化而造成伤害^[8]。

表1 不同处理间的 SOD 活性多重比较

Table 1 Multiple comparison of SOD activity under different treatments

处理 Treatment	Y ₃	Y ₂	Y _对	Y ₄	Y ₁
Y ₅	3 316 .96 **	3 302 .25 **	3 205 .80 **	2 476 .19 **	2 236 .24 **
Y ₁	1 080 .71	1 066 .00	969 .56	239 .94	
Y ₄	840 .77	826 .06	729 .62	840 .77	
Y _对	111 .15	96 .44	111 .15		
Y ₂	14 .71				

注: $LSD_{0.05} = 1 219.02$; $LSD_{0.01} = 1 911.74$ 。* * 表示差异极显著

($P < 0.01$), * 表示差异显著($P < 0.05$), 下表同。

Nte: $LSD_{0.05} = 1 219.02$; $LSD_{0.01} = 1 911.74$. * * means extremely significant difference at 0.01 level; * means significant difference at 0.05 level. The same as below.

2.2 不同浓度 NaCl 胁迫下锦鸡儿 POD 活性分析

由图2可以看出,在不同浓度的 NaCl 胁迫处理后,锦鸡儿幼苗内的 POD 活性在初期随着处理浓度的增加表现出上升的趋势,并且 POD 活性在处理3 的浓度时达到峰值;超过峰值后,POD 的活性随浓度的增加呈下降趋势。经方差分析得, $F_{值} = 6.06^{**} > 3.90$, 各处理 POD 活性差异在 0.01 水平上极显著,说明不同处理与对照 POD 活性均有差异性。为进一步比较不同处理对锦鸡儿影响的差异性,做 LSD 多重比较,结果如表2。

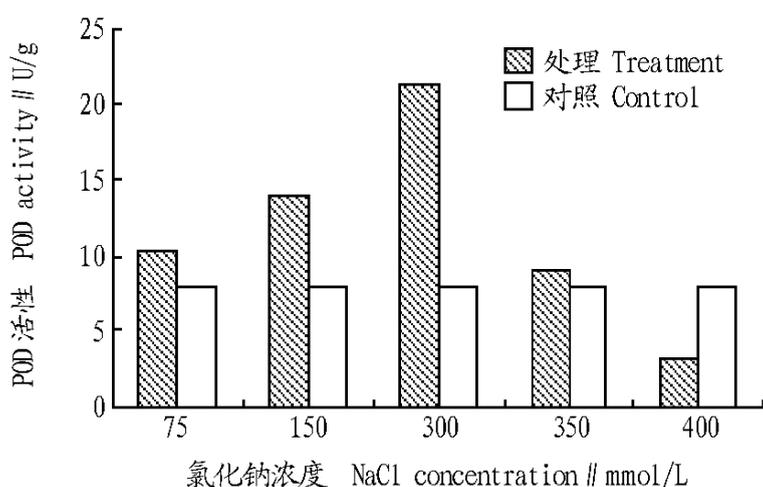


图2 不同浓度氯化钠处理下 POD 活性变化

Fig 2 Changes of POD activity under different NaCl treatments

表2 不同处理间的 POD 活性多重比较

Table 2 Multiple comparison of POD activity under different treatments

处理 Treatment	Y ₃	Y ₂	Y ₁	Y ₄	Y _对
Y ₅	18.06 *	15.37 **	13.37 **	11.01 *	7.32
Y _对	10.74 *	8.05 *	6.05	3.69	
Y ₄	10.36 *	7.05	4.36	2.36	
Y ₁	8.01	4.69	2.00		
Y ₂	6.00	2.69			

注: $LSD_{0.05} = 7.95$; $LSD_{0.01} = 12.47$ 。

Nte: $LSD_{0.05} = 7.95$; $LSD_{0.01} = 12.47$ 。

POD 能催化过氧化物的分解,有助于缓解因盐渍而造成的氧负离子和过氧化物对细胞膜的伤害^[9]。多重比较结合图2可知,经处理3、2、1 处理后,锦鸡儿中 POD 活性增高非常明显,并在处理3 的浓度达到峰值;超过峰值后,其活性随着盐处理浓度的增大而减小。表明在一定的盐浓度范围内,NaCl 的刺激能诱导 POD 活性的升高,但随着处理浓度的增高,其活力迅速下降。低浓度的 NaCl 胁迫对 POD 的活性有促进作用,但是超过一定浓度后就会对 POD 活性产生抑制,浓度越高作用越显著。

2.3 不同浓度 NaCl 胁迫下锦鸡儿 CAT 活性分析

图3可以看出,在不同浓度 NaCl 处理下,锦鸡儿幼苗内 CAT 活性较对照组都有明显地增加。在胁迫初期,CAT 活性随处理浓度的增加呈上升趋势,并且在处理3 浓度的活性值最大;超过峰值后,CAT 活性随着处理浓度的增加呈下降趋势。经方差分析, $F_{值} = 34.07^{**} > 3.90$, 各处理 CAT 活性差异在 0.01 水平上极显著,说明不同处理与对照 CAT 活性均有差异性。为进一步比较不同处理对锦鸡儿影响的差异性,做 LSD 多重比较,结果如表3。

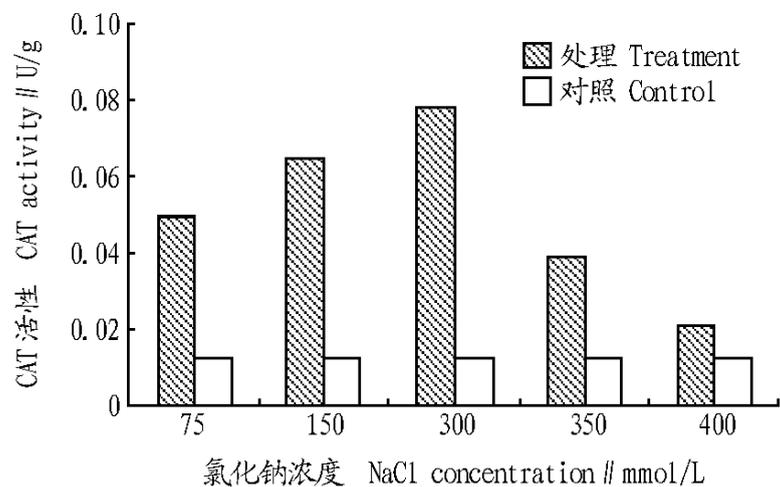


图3 不同浓度氯化钠处理下 CAT 活性变化

Fig 3 Changes of CAT activity under different NaCl treatments

表3 不同处理间的 CAT 活性多重比较

Table 3 Multiple comparison of CAT activity under different treatments

处理 Treatment	Y ₃	Y ₂	Y ₁	Y ₄	Y _对
Y _对	0.065 9 **	0.027 6 **	0.024 7 **	0.018 8 *	0.014 0 *
Y ₅	0.051 9 **	0.013 6 *	0.010 7	0.004 8	
Y ₄	0.047 1 **	0.008 8	0.005 9		
Y ₁	0.041 3 **	0.002 9			
Y ₂	0.038 3 **				

注: $LSD_{0.05} = 0.013 4$; $LSD_{0.01} = 0.021 0$ 。

Nte: $LSD_{0.05} = 0.013 4$; $LSD_{0.01} = 0.021 0$ 。

不同处理结果表明,处理1、2、3 和对照组在 $\alpha = 0.01$ 水平上均存在极显著差异;处理4、5 和对照组在 $\alpha = 0.01$ 水平上存在显著差异;处理3 与其他处理在 $\alpha = 0.01$ 水平上均存在极显著差异。结合图3 可知,在 NaCl 胁迫下,CAT 活性随处理浓度的增加呈先上升后下降的变化趋势,并以处理3 的浓度为临界点。

3 讨论与结论

3.1 讨论 干旱、盐渍等渗透胁迫对植物的伤害与细胞水平上的氧化胁迫有密切关系,抗氧化胁迫也是植物耐盐的一种方式。氧自由基是在植物代谢过程中产生的,细胞内氧自由基过多会引起膜脂过氧化而产生氧化伤害^[10]。抗氧化酶

系统作为生物体内消除活性氧的主要保护机制,其特征之一就在于生物体内活性氧生成量增加时,其活性成分即抗氧化酶的生物合成能力升高。因此,抗氧化酶活性的改变可以间接反映环境中有毒有害物质的存在。所有植物都具有抗氧化酶系统,在受到氧化胁迫、盐胁迫或其他环境胁迫时,抗氧化酶的活力也会相应地提高^[11]。

许多有关逆境胁迫对植物伤害的研究结果表明,活性氧介导了膜脂的过氧化作用^[12]。正常情况下,这些活性氧可被细胞内的抗氧化酶系统清除,如SOD主要清除超氧自由基,CAT主要清除过氧化氢自由基,POD主要清除过氧化物自由基^[13]。而当植物处于逆境胁迫时,抗氧化酶的活性受到影响,致使一些活性氧积累,对膜造成伤害。在这些细胞的保护酶中,以SOD最为重要,SOD活性的下降与植物体的衰老是呈正相关的^[14];CAT能有效清除植物叶片中的过氧化氢对细胞的氧化作用;POD也是通过清除H₂O₂和其他的一些过氧化物,保护自身免受伤害。可见,只有SOD、POD、CAT三者协调一致,才能使植物体内活性氧自由基维持在较低的水平,使植物进行正常的生长和代谢。

该实验中,比较这些抗氧化酶的相对活性可以看出,NaCl胁迫下,锦鸡儿幼苗体内SOD、POD和CAT活性随NaCl浓度的增高呈先上升后下降的变化趋势,并且3种酶活性变化趋势基本上趋于一致。3种抗氧化酶清除了幼苗体内的部分活性氧,对幼苗起到了一定的保护作用。SOD、POD和CAT活性的峰值都出现在NaCl浓度300 mmol/L,超过这个临界浓度后3种酶的活性都显著下降。实验中SOD保持着较高水平,清除超氧自由基使幼苗初期免受危害;同时,SOD催化超氧自由基的产物由POD和CAT共同协作来清除,3种酶的协

同作用增强了植物对逆境的忍耐力。

3.2 结论 锦鸡儿幼苗中的SOD、POD和CAT活性变化趋势为先上升后下降,在盐浓度为300 mmol/L时活性达到最大值,这对增强锦鸡儿抗氧化性能有积极意义,300 mmol/L可认为是锦鸡儿所能承受的临界浓度,超过这个浓度就对它构成了盐胁迫。锦鸡儿幼苗体内活性氧的保护酶体系主要代谢途径是SOD-POD+CAT。在育苗时,300 mmol/L的盐浓度是幼苗抗盐性锻炼的理想浓度,也是适宜锦鸡儿生长的临界土壤盐浓度。

参考文献

- [1] 任宪威. 树木学 北方本 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1997: 79.
- [2] 王遵亲. 中国盐渍土 [M]. 北京: 科学出版社, 1993: 325 - 344.
- [3] 郑万钧. 中国树木志 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1997.
- [4] 邹琦. 植物生理生化试验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 116 - 117.
- [5] 张志良. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 154 - 155.
- [6] 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 - 165.
- [7] 毛桂莲, 许兴, 徐兆桢. 植物耐盐生理生化研究进展 [J]. 中国农业生态学报, 2004, 12(1): 43 - 46.
- [8] 孙兰菊, 岳国峰, 王金霞, 等. 植物耐盐机制的研究进展 [J]. 海洋科学, 2001, 25(4): 28 - 30.
- [9] 梁艳荣, 胡晓红, 张颖力, 等. 植物过氧化物酶生理功能研究进展 [J]. 内蒙古农业大报, 2003(2): 116 - 119.
- [10] 王宝山. 生物自由基与植物膜伤害 [J]. 植物生理学通讯, 1988(2): 12 - 18.
- [11] 李艳华, 杨敏生, 王海英, 等. 树木抗盐生理研究进展 [J]. 河北林果研究, 2000, 15(2): 189 - 196.
- [12] 陈少裕. 膜脂过氧化对植物细胞的毒害 [J]. 植物生理学通讯, 1991, 27(2): 84.
- [13] 廖祥儒, 朱新产. 活性氧代谢和植物抗盐性 [J]. 生命的化学, 1996, 16(6): 19 - 23.
- [14] 王建华, 刘鸿先, 徐同. 超氧化物歧化酶(SOD)在植物逆境和衰老生理中的作用 [J]. 植物生理学通讯, 1989(1): 1 - 7.

(上接第7943页)

量均降低,树脂膜控释尿素处理平均降低了31.4%;6%树脂膜控释尿素处理小白菜植株硝酸盐含量最低。与普通尿素处理相比,树脂膜控释尿素处理小白菜植株维生素C含量均升高,树脂膜控释尿素处理平均升高了53.1%;且所有树脂膜控释尿素处理与普通尿素处理、空白处理之间均差异显著;6%树脂膜控释尿素处理维生素C含量最高。结果表明,在树脂膜含量在5%~8%范围内,6%树脂膜控释尿素效果最佳,更适于小白菜施用。

3 结论

(1) 5%~8%树脂膜控释尿素均具有良好的控释效果,其中6%树脂膜控释尿素的释放规律和释放期与小白菜的养分吸收规律和生育期拟合最佳,控释效果好且最适用于小白菜生产。

(2) 与普通尿素相比,树脂膜控释尿素能更有效地促进小白菜植株叶绿素和根系活力、植株养分和品质指标、生物量等生长性状的提高和改善。

参考文献

- [1] 朱建雯, 袁丽红, 冯翠梅. 不同氮水平对水培小白菜生长及其体内内硝酸盐含量的影响 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36(1): 16 - 17, 73.
- [2] 陈剑秋, 张民, 杨越超. 包膜控释肥养分释放特性的研究 [J]. 化肥设计, 2006, 44(2): 56 - 58, 61.
- [3] AM SHAIIV. Advances in controlled-release fertilizers [J]. Advances in Agronomy, 2001, 71: 1 - 49.
- [4] SHAIT U, SHAIIV A, SHAIT G, et al. Release characteristics of a new controlled release fertilizer [J]. Journal of Controlled Release, 1997, 43: 131 - 138.
- [5] 邵蕾, 张民, 王丽霞. 不同控释肥类型及施肥方式对肥料利用率和氮素平衡的影响 [J]. 水土保持学报, 2006, 20(6): 115 - 119.
- [6] 宋付朋, 张民, 史衍玺, 等. 控释氮肥的氮素释放特征及其对水稻的增产效应 [J]. 土壤学报, 2005, 42(4): 619 - 627.
- [7] 杨越超, 耿毓清, 张民, 等. 膜特性对包膜控释肥养分控释性能的影响 [J]. 农业工程学报, 2007, 23(11): 23 - 30.