

氮素对不同来源大豆品种叶片保护酶的影响

张瑞朋¹, 佟斌², 傅连舜¹, 杨德忠¹, 谢甫绶³

(1. 铁岭市农业科学院, 辽宁 铁岭 112616; 2. 辽宁职业学院, 辽宁 铁岭 112001; 3. 沈阳农业大学 农学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘要:采用12个不同来源的大豆品种为试材,并按来源分成3组,分别为俄亥俄当代品种、辽宁当代品种和辽宁老品种,采用苗期追施尿素(0, 100, 200 kg·hm⁻²)处理,研究了氮素对大豆叶片保护酶的影响。结果表明:当尿素施用量为100 kg·hm⁻²时,开花期俄亥俄当代品种与辽宁老品种叶片超氧化物歧化酶活性提高,辽宁当代品种与辽宁老品种结荚期叶片超氧化物歧化酶活性提高。随着施氮量的增加,辽宁当代品种开花期叶片超氧化物歧化酶活性有增加趋势;俄亥俄当代品种结荚期叶片超氧化物歧化酶活性也逐渐增强;不同大豆品种开花期叶片过氧化物酶与过氧化氢酶活性不断增加;和不施肥相比,100 kg·hm⁻²尿素施用处理使3组不同来源大豆品种鼓粒期叶片过氧化氢酶的活性得到提高。在生产上,采用100 kg·hm⁻²尿素追肥处理,可以提高大豆叶片保护酶活性,进而提高大豆的抗逆能力。

关键词:大豆;氮;超氧化物歧化酶;过氧化物酶;过氧化氢酶

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2009)05-0833-04

Effects of Top-dressing Nitrogen on Protective Enzymes of Soybean Leaves from Different Regions

ZHANG Rui-peng¹, TONG Bin², FU Lian-shun¹, YANG De-zhong¹, XIE Fu-ti³

(1. Tieling Academy of Agricultural Sciences, Tieling 112616, Liaoning; 2. Liaoning Vocational College, Tieling 112001, Liaoning; 3. Agronomy College of Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, Liaoning, China)

Abstract: Nitrogen is very important for soybean growth. It is controversy whether additional nitrogen fertilizer needed or not in soybean production as soybean rhizobium can fix nitrogen. The experiment was carried out by using twelve soybean cultivars from different regions. And the cultivars were divided into three groups; current Ohio cultivar, current Liaoning cultivar and old Liaoning cultivar. Urea fertilizer (0, 100, 200 kg·ha⁻¹) was top-dressed at soybean seedling stage. The activity of SOD, POD and CAT, three protective enzymes of soybean leaves at blooming, podding and grain filling were measured. Under 100 kg·ha⁻¹ nitrogen fertilizer treatment, the SOD activity of current Ohio cultivar and old Liaoning cultivar was increased at blooming stage, while SOD activity of current Liaoning cultivar and old Liaoning cultivar was increased at podding stage. The SOD activity showed increasing trend with the level of nitrogen fertilizer for current Liaoning cultivar at blooming stage, and current Ohio cultivar at podding stage. The POD and CAT activity of the three group soybean cultivar increased with the level of nitrogen fertilizer ascending at blooming stage. The CAT activity of three groups soybean cultivar improved in the treatment of 100 kg·ha⁻¹ urea fertilizer than that of control at grain filling stage. Results suggest that applying 100 kg·ha⁻¹ urea fertilizer by top-dressing can improve protective enzymes activity of leaves for different soybeans.

Key words: Soybean; Nitrogen; SOD; POD; CAT

氮是大豆生长发育和产量形成的主要元素之一,是构成大豆体内蛋白质的主要成分,是细胞质、细胞核、酶的组成成分。核酸、磷脂、辅酶、某些维生素等化合物中均含有氮^[1-3]。植物在正常情况下的

酶促反应、叶绿体和线粒体的电子传递过程和一些低分子有机物的自动氧化反应,都会产生活性氧和H₂O₂等活性物质,但它们很快能被植物体内的SOD, POD和CAT等保护酶所清除,保护系统中的

收稿日期:2009-01-03

基金项目:辽宁省科技厅资助项目(2008201005)。

作者简介:张瑞朋(1979-),男,博士,农艺师,研究方向为大豆遗传育种与栽培技术。E-mail:zrp_tb@yahoo.com.cn。

通讯作者:谢甫绶,教授,博士生导师。E-mail:snssoybean@yahoo.com.cn。

酶类 SOD, POD 和 CAT 在植物体内协同发挥作用, 共同清除体内过多的自由基, 使自由基维持在一个较低的水平, 以保护植物细胞膜不受伤害^[4]。关于氮素与大豆叶片保护酶之间的关系研究较少, 郭金华等^[5]研究了低能氮离子注入对大豆幼苗膜质过氧化的影响。利用不同来源的 3 组大豆品种, 探讨氮素对大豆叶片保护酶活性的影响, 以期对大豆生产合理施用化肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设计

试验于 2006 年在铁岭市农业科学院大豆试验田进行, 采用裂区设计方案, 3 次重复。小区行长 5 m, 行距 60 cm, 6 行区, 小区面积为 18 m², 种植密度为 15 万株·hm⁻², 株距 11 cm。品种为主因素, 氮肥用量为副因素。

选用结荚习性(均为亚有限型)相同, 但育成年代和地点不同的代表性大豆品种 12 个, 将 12 个品种分为 3 组, 4 个品种为一组。俄亥俄州立大学育成的当代大豆品种 4 个: HS93-4118、OhioFG1、Darby、Kottman; 辽宁省当代育成大豆品种 4 个: 辽豆 11、辽豆 12、沈农 94-11、沈豆 4 号; 辽宁省 20 年代老品种 4 个: Shingto、Mukden、Harbinsoy、Boone。品种分组情况及试材来源见表 1。供试肥料为尿素(氮含量为 46%), 在大豆 V4 期进行尿素追肥处理, 设置 3 个水平, 分别为 0、100、200 kg·hm⁻²。

1.2 测定指标及方法

在开花期、结荚期、鼓粒期, 剪取各处理的倒三叶装于塑封袋内, 带回实验室冷冻于 -40℃ 低温冰柜内, 用于测定叶片保护酶活性。参考邹琦等^[6]的方法测定叶片超氧化物歧化酶活性, 参考朱广廉等^[7]和张宪政等^[8]的邻甲氧基苯酚法测定叶片过氧化物酶活性, 参考曾留西等^[9]高锰酸钾滴定法测定叶片过氧化氢酶活性。

2 结果与分析

2.1 超氧化物歧化酶

从表 1 可知, 在开花期与结荚期, 俄亥俄当代品种叶片的超氧化物歧化酶活性最高, 辽宁老品种次之, 辽宁当代品种最低; 并且俄亥俄当代品种与辽宁当代品种叶片的超氧化物歧化酶活性差异极显著。在鼓粒期, 俄亥俄当代品种叶片的超氧化物歧化酶活性最高, 辽宁当代品种次之, 辽宁老品种最低, 俄

表 1 不同来源大豆品种叶片超氧化物歧化酶活性的比较
Table 1 Comparison on SOD activity in leaves of soybean cultivars from different regions/units·g⁻¹FW

生育时期 Growth stage	品种 Cultivar		
	俄亥俄当代品种 Current Ohio cultivar	辽宁当代品种 Current Liaoning cultivar	辽宁老品种 Old Liaoning cultivar
开花期 Blooming stage	625.54 aA	528.10 bB	604.90 aA
结荚期 Podding stage	672.00 aA	566.24 cC	634.41 bB
鼓粒期 Grain filling stage	664.37 aA	630.74 bAB	604.19 bB

亥俄当代品种叶片超氧化物歧化酶活性与辽宁当代品种差异显著, 与辽宁老品种差异极显著。俄亥俄当代品种与辽宁老品种超氧化物歧化酶活性都是在结荚期最高, 而辽宁当代品种是在鼓粒期活性最高。

表 2 不同氮素水平对大豆叶片超氧化物歧化酶活性的影响

Table 2 Effect of different nitrogen levels on SOD activity in soybean leaves/units·g⁻¹FW

品种 Cultivar	施肥水平 Fertilizer level /kg·hm ⁻²	生育时期 Growth stage		
		开花期 Blooming	结荚期 Podding	鼓粒期 Grain filling
俄亥俄当代品种 Current Ohio cultivar	0	621.41 aA	642.08 bB	698.56 aA
	100	636.85 aA	684.61 aA	638.64 bB
	200	618.37 aA	689.31 aA	655.92 bAB
辽宁当代品种 Current Liaoning cultivar	0	482.08 bB	526.85 bB	632.48 aA
	100	491.82 bB	653.37 aA	623.95 aA
	200	610.41 aA	518.48 bB	635.78 aA
辽宁老品种 Old Liaoning cultivar	0	547.28 bB	639.17 aA	626.16 aA
	100	634.07 aA	643.23 aA	600.77 aA
	200	633.35 aA	620.82 aA	585.63 aA

从表 3 可知, 在开花期, 俄亥俄当代品种施肥处理间超氧化物歧化酶活性差异不显著, 中肥处理 SOD 活性较高; 施肥处理提高了辽宁当代品种与辽宁老品种叶片 SOD 活性, 辽宁当代品种的高肥处理 SOD 活性与中肥处理及对照差异极显著, 辽宁老品种的施肥处理 SOD 活性与对照差异极显著。在结荚期, 随着施氮量的增加, 俄亥俄当代品种叶片 SOD 活性逐渐提高, 施肥处理与对照差异极显著; 辽宁当代品种与辽宁老品种中肥处理的叶片 SOD 活性最高, 其中, 辽宁当代品种中肥处理叶片 SOD 活性与其它处理差异极显著, 辽宁老品种施肥处理间 SOD 活性差异不显著。在鼓粒期, 俄亥俄当代品种施肥处理叶片 SOD 活性略有降低, 辽宁当代品种与辽宁老品种各处理间 SOD 活性差异不显著。

2.2 过氧化物酶

从表 3 可知,在开花期,俄亥俄当代品种叶片 POD 活性最高,辽宁老品种次之,辽宁当代品种叶片 POD 活性最低,俄亥俄当代品种与辽宁当代品种叶片 POD 活性差异极显著,与辽宁老品种差异显著。在结荚期与鼓粒期,都是辽宁老品种叶片 POD 活性最高,俄亥俄当代品种次之,辽宁当代品种叶片 POD 活性最低。3 组品种叶片 POD 活性都是随着生育进程逐渐增加,鼓粒期叶片 POD 活性最高。

表 3 不同来源大豆品种叶片过氧化物酶活性的比较

Table 3 Comparison on POD activity in leaves of soybean cultivars from different regions/ $\Delta A470 \cdot g^{-1}FW \cdot min^{-1}$

生育时期 Growth stage	品种 Cultivar		
	俄亥俄当代品种 Current Ohio cultivar	辽宁当代品种 Current Liaoning cultivar	辽宁老品种 Old Liaoning cultivar
开花期 Blooming stage	16.15 aA	10.58 cB	14.62 bA
结荚期 Podding stage	17.81 bB	16.75 cB	23.00 aA
鼓粒期 Grain filling stage	26.97 bB	26.45 bB	30.51 aA

从表 4 可知,在开花期,3 组品种都是随着施肥量增加叶片 POD 活性逐渐增强,并且处理间差异均达极显著水平。在结荚期,俄亥俄当代品种与辽宁老品种随着施肥量增加叶片 POD 活性逐渐增强,并且高肥处理与其它处理差异极显著;辽宁当代品种施肥处理叶片 POD 活性与对照差异极显著,中肥处理叶片 POD 活性最高。在鼓粒期,施肥处理降低了俄亥俄当代品种与辽宁老品种叶片 POD 活性,并且与对照差异极显著。

表 4 不同氮素水平对大豆叶片过氧化物酶活性的影响

Table 4 Effect of different nitrogen levels on POD activity in soybean leaves/ $\Delta A4706 \cdot g^{-1}FW \cdot min^{-1}$

品种 Cultivar	施肥水平 Fertilizer level / $kg \cdot hm^{-2}$	生育时期 Growth stage		
		开花期 Blooming stage	结荚期 Podding stage	鼓粒期 Grain filling stage
俄亥俄当代品种 Current Ohio cultivar	0	7.98 cC	16.45 bB	28.57 aA
	100	19.53 bB	17.39 bB	26.15 bB
	200	20.95 aA	19.60 aA	26.20 bB
辽宁当代品种 Current Liaoning cultivar	0	5.46 cC	14.44 bB	26.77 abA
	100	11.79 bB	18.32 aA	25.39 bA
	200	14.50 aA	17.49 aA	27.20 aA
辽宁老品种 Old Liaoning cultivar	0	5.70 cC	21.76 bB	33.33 aA
	100	16.92 bB	22.09 bB	29.78 bB
	200	21.23 aA	25.16 aA	28.43 bB

2.3 过氧化氢酶

从表 5 可知,在开花期,3 组品种叶片 CAT 活性差异不显著,俄亥俄当代品种叶片 CAT 活性较高,辽宁老品种次之,辽宁当代品种最低。在结荚期,俄亥俄当代品种叶片 CAT 活性最高,辽宁当代品种次之,辽宁老品种叶片 CAT 活性最低,并且俄亥俄当代品种与辽宁老品种叶片 CAT 活性差异显著。在鼓粒期,俄亥俄当代品种叶片 CAT 活性最高,与其它 2 组品种差异极显著,辽宁老品种叶片 CAT 活性最低,与辽宁当代品种差异显著。

表 5 不同来源大豆品种叶片过氧化氢酶活性的比较

Table 5 Comparison on CAT activity in leaves of soybean cultivars from different regions/ $mgH_2O_2 \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$

生育时期 Growth stage	品种 Cultivar		
	俄亥俄当代品种 Current Ohio cultivar	辽宁当代品种 Current Liaoning cultivar	辽宁老品种 Old Liaoning cultivar
开花期 Blooming	15.90 aA	15.41 aA	15.79 aA
结荚期 Podding	16.72 aA	16.27 abA	15.53 bA
鼓粒期 Grain filling	11.89 aA	8.04 bB	6.89 cB

从表 6 可知,在开花期,3 组品种都是随着施肥量的增加叶片 CAT 活性逐渐增强,俄亥俄当代品种与辽宁当代品种各处理间差异极显著,辽宁老品种施肥处理与对照叶片 CAT 活性差异极显著。在结荚期,俄亥俄当代品种与辽宁当代品种随着施肥量的增加叶片 CAT 活性逐渐增强,俄亥俄当代品种各处理叶片 CAT 活性差异极显著,辽宁当代品种高肥处理叶片 CAT 活性与其它处理差异极显著;辽宁老

表 6 不同氮素水平对大豆叶片过氧化氢酶活性的影响

Table 6 Effect of different nitrogen levels on CAT activity in soybean leaves/ $mgH_2O_2 \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$

品种 Cultivar	施肥水平 Fertilizer level / $kg \cdot hm^{-2}$	生育时期 Growth stage		
		开花期 Blooming stage	结荚期 Podding stage	鼓粒期 Grain filling stage
俄亥俄当代品种 Current Ohio cultivar	0	12.65 cC	14.28 cC	10.65 cB
	100	16.86 bB	17.00 bB	13.26 aA
	200	18.21 aA	18.88 aA	11.77 bB
辽宁当代品种 Current Liaoning cultivar	0	13.18 cC	15.63 bB	7.20 bA
	100	15.24 bB	15.97 bB	8.40 aA
	200	17.80 aA	17.21 aA	8.53 aA
辽宁老品种 Old Liaoning cultivar	0	12.72 cB	15.78 aA	6.54 bAB
	100	16.66 bA	14.36 bB	8.03 aA
	200	17.98 aA	16.45 aA	6.09 bB

品种中肥处理降低了叶片 CAT 活性,与其它处理差异极显著。在鼓粒期,俄亥俄当代品种中肥处理叶片 CAT 活性最高,与其它处理差异极显著;辽宁当代品种施肥处理提高了叶片 CAT 活性,与对照差异显著;辽宁老品种中肥处理提高了叶片 CAT 活性,与对照差异显著。

3 结论与讨论

超氧化物歧化酶作为体内防御系统的酶,在维持体内活性氧代谢的平衡中起着重要作用^[10-11]。SOD 是植物保护系统中的重要酶,当植物处于逆境条件下,SOD、POD、CAT 等保护酶通过协调作用能有效的清除·OH、H₂O₂等自由基,防御膜过氧化,维持植株体内的平衡,使植物细胞膜免受伤害^[12]。李春喜等^[13]研究表明适量施用氮肥有利于提高小麦后期功能叶片 SOD 活性,从而延缓衰老。研究表明,当尿素施用量为 100 kg·hm⁻²时,与不施肥相比,会提高开花期和结荚期俄亥俄当代品种与辽宁老品种叶片超氧化物歧化酶活性,但会降低辽宁当代品种鼓粒期叶片超氧化物歧化酶活性。随着施氮量的增加,辽宁当代品种开花期叶片超氧化物歧化酶活性有增加趋势;俄亥俄当代品种结荚期叶片超氧化物歧化酶活性也会逐渐增加。但是,氮肥处理会造成俄亥俄当代品种与辽宁老品种鼓粒期叶片超氧化物歧化酶的活性下降。

POD 是植物体内普遍存在的活性较高的一种酶。POD 可被许多胁迫因子激活,因而 POD 往往被称为“胁迫酶”。一般认为 POD 是植物体内的主要防御因子之一,是体内分解 H₂O₂的关键酶类,是生物膜是否过氧化的反映,与生物的胁迫状态密切相关。POD 能够清除体内的过氧化氢,解除自由基对植物造成的伤害,并可分解叶绿素和生长素(IAA),同时还参与木质素的聚合作用,促进植物组织的木质化程度,增强植株抵抗病菌入侵的能力,提高植株的抗病性^[14]。研究表明,随着施氮量的增加,不同大豆品种开花期叶片过氧化物酶活性会不断增加;俄亥俄当代品种与辽宁老品种结荚期叶片过氧化物酶活性也会逐渐增加。但是,氮肥处理会使俄亥俄当代品种与辽宁老品种鼓粒期叶片过氧化物酶的活性下降。

过氧化氢酶和过氧化物酶一样,是植物体内保护系统中的保护酶。过氧化氢酶(CAT)是植物细胞中普遍存在的过氧化氢解毒剂,存在植株体内清除

活性氧的重要酶之一,其活性的增强可以提高大豆抗衰老及抵抗逆境的能力^[15]。研究表明,随着施氮量的增加,不同大豆品种开花期叶片过氧化氢酶活性逐渐提高;俄亥俄当代品种与辽宁当代品种结荚期叶片过氧化氢酶活性也逐渐提高。和不施肥相比,100 kg·hm⁻²尿素施用处理使辽宁老品种结荚期叶片过氧化氢酶的活性增强,同时,也会使 3 组不同来源大豆品种鼓粒期叶片过氧化氢酶的活性得到提高。

参考文献

- [1] 董钻. 大豆栽培生理[M]. 北京: 农业出版社, 1997. (Dong Z. Soybean cultivation physiology [M]. Beijing: Agricultural Press, 1997.)
- [2] Ma B L, Morrison K, Malcom J, et al. Canopy light reflectance and field greenness to assess nitrogen fertilization and yield of maize [J]. *Agronomy Journal*, 1996, 88 (3): 915-920.
- [3] 张福锁. 环境胁迫与植物营养[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1993: 127-141. (Zhang F S. Environmental stress and plant nutrition [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 1993: 127-141.)
- [4] 徐根娣, 刘鹏, 许献军, 等. 锰浸种对大豆幼苗膜脂过氧化和体内保护系统的影响[J]. *浙江师范大学学报(自然科学版)*, 2003, 26(3): 278-282. (Xu G D, Liu P, Xu X J, et al. Effects of soaking of manganese on membrane lipid peroxidation and endogenous protective systems of soybean seedling [J]. *Journal of Zhejiang Normal University (Nat. Sci.)*, 2003, 26(3): 278-282.)
- [5] 郭金华, 王浩波, 谢传晓, 等. 低能氮离子注入对大豆幼苗脂质过氧化的影响[J]. *辐射研究与辐射工艺学报*, 2003, 21(4): 243-246. (Guo J H, Wang H B, Xie C X, et al. Effects of N⁺ ion implantation on lipid peroxidation in soybean seedling [J]. *Journal of Radiation Research and Radiation Processing*, 2003, 21(4): 243-246.)
- [6] 邹琦. 植物生理实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000. (Zou Q. Plant physiology experiments [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2000.)
- [7] 朱广廉. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990: 229-232. (Zhu G L. Plant physiology experiments [M]. Beijing: Beijing University Press, 1990: 229-232.)
- [8] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992. (Zhang X Z. Crop physiology research methods [M]. Beijing: Agricultural Press, 1992.)
- [9] 曾韶西, 王以柔, 刘鸿先. 低温光照下与黄瓜子叶叶绿素降低有关的酶促反应[J]. *植物生理学报*, 1991, 17: 177-182. (Zeng S X, Wang Y R, Liu H X. Some enzymatic reactions related to chlorophyll degradation in cucumber cotyledons under chilling in the light [J]. *Acta Phytobiologica Sinica*, 1991, 17: 177-182.)

趋势,说明高浓度盐分胁迫显著抑制了大豆种子萌发。可能是由于高浓度的离子会对种子造成离子毒害而抑制种子萌芽^[8-9]。

种子萌发是植物生命周期的起点,是生命活动最强烈的一个时期。它表现母株的遗传特性,关系到子株的生长和发育。种子的发芽率是种子本身的生物学特性,但是和外界环境的关系更为密切^[10]。高盐胁迫下可以鉴定不同品种的耐盐性强弱。比较表 1 和表 2 可知,种子在发芽初期的发芽率和发芽势存在差异,说明盐确实影响了它们的发芽,有些品种具有较强的盐适应能力。

参考文献

- [1] 邵桂花,常汝镇,陈一舞.大豆耐盐性研究进展[J].大豆科学,1993,12(3):244-248. (Shao G H, Chang R, Z, Chen Y W. The research progress of soybean tolerance. [J]. Soybean Science, 1993, 12(3):244-248.)
- [2] 武庆树,郭云峰,窦连彬,等.天津市盐碱地改良思路[J].农业环境与发展,2004,21(2):32-33. (Wu Q S, Guo Y F, Dou L B, et al. Tianjin saline soil improvement ideas[J]. Agro-environment and Development, 2004, 21(2):32-33.)
- [3] 谢承陶.盐渍土改良原理与作物抗性[M].北京:中国农业科技出版社,1993:184-185. (Xie C T. Saline soil improvement principle and crop resistance[M]. Beijing: Agricultural Science and Technology Press, 1993:184-185.)
- [4] 马淑时,王伟.大豆品种资源的抗盐碱性研究[J].吉林农业科学,1994,4:69-71. (Ma S S, Wang W. Research on soybean species of salt resistance[J]. Jilin Agricultural Sciences, 1994, 4:69-71.)
- [5] 莫红,翟兴礼.干旱胁迫对大豆苗期生理生化特性的影响[J].湖北农业科学,2007(1):45-48. (Mo H, Zhai X L. Effects of drought stress on protective enzymes activities and membrane lipid peroxidation in leaves of soybean seedlings[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2007(1):45-48.)
- [6] 陈德明,俞仁培,杨劲松.盐渍条件下小麦抗盐性的隶属函数值法评价[J].土壤学报,2002,39(3):368-373. (Chen D M, Yu R P, Yang J S. Evaluation of salt resistance of wheat with subordinate function value method[J]. Acta Pedologica Sinica, 2002, 39(3):368-373.)
- [7] 柴媛媛,史团省,谷卫彬.种子萌发期甜高粱对盐胁迫的响应及其耐盐性综合评价分析[J].种子,2008,27(2):43-47. (Chai Y Y, Shi T S, Gu W B. Response to salt stresses and salt-resistance evaluation of sweet sorghum during seed germination stage[J]. Seed, 2008, 27(2):43-47.)
- [8] 时丽冉.混合盐碱胁迫对玉米种子萌发的影响[J].衡水学院学报,2007,9(1):13-15. (Shi L R. Effects of complex saline-alkali stress on the seed germination of *Zea mays* L[J]. Journal of Hengshui University, 2007, 9(1):13-15.)
- [9] 程大友,张义,陈丽.氯化钠胁迫下甜菜种子的萌发[J].中国糖料,1996(2):21-23. (Cheng D Y, Zhang Y, Chen L. Germination of sugarbeet seed under stress of sodium chloride[J]. Chinese Journal of Diabetes, 1996(2):21-23.)
- [10] 刘卓,徐安凯,王志锋.13个苜蓿品种耐盐性的鉴定[J].草业科学,2008,25(6):51-55. (Liu Z, Xu A K, Wang Z F. Study on the salt tolerance of 13 alfalfa varieties. [J]. Pratacultural Science, 2008, 25(6):51-55.)
- (上接第 836 页)
- [10] 宋艳波.不同品种枣树 SOD、POD、PPO 活性与矿质元素含量的相关性研究[D].太谷:山西农业大学,2003. (Song Y B. Studies on the correlation between the contents of the mineral nutrition and the activities of the SOD, POD, PPO in different varieties jujube trees[D]. Taigu: Shanxi Agricultural University, 2003.)
- [11] 邵邻相,黄伯钟,丁淑静.锌、锰、铁和铜离子对水稻幼苗生长及 SOD 活性的影响[J].种子,2001,6:16-18. (Shao L X, Huang B Z, Ding S J. Effects of Zinc manganese ferrous and copper on growth and superoxide dismutase activity of rice seedlings[J]. Seed, 2001, 6:16-18.)
- [12] 刘鹏,杨玉爱.钼、硼对大豆叶片膜脂过氧化及体内保护系统的影响[J].植物学报,2000,42(5):461-466. (Liu P, Yang Y A. Effects of molybdenum and boron on membrane lipid peroxidation and endogenous protective systems of soybean leaves[J]. Acta Botanica Sinica, 2000, 42(5):461-466.)
- [13] 李春喜,姜丽娜,代西梅,等.小麦氮素营养与后期衰老关系的研究[J].麦类作物学报,2000,20(2):39-41. (Li C X, Jiang L N, Dai X M, et al. The relationship between nitrogen nutrition and leaf senescence in the later stage of wheat[J]. Journal of Triticeae Crops, 2000, 20(2):39-41.)
- [14] 胡蕾,施益华,刘鹏,等.锰对大豆膜脂过氧化及 POD 和 CAT 活性的影响研究[J].金华职业技术学院学报,2003,1:29-32. (Hu L, Shi Y H, Liu P, et al. Effect of manganese on membrane lipid, activities of POD and CAT of soybean[J]. Journal of Jinhua College of Profession and Technology, 2003, 1:29-32.)
- [15] 王宏燕,刘书宇,赵福华.生物种衣剂对大豆发芽和苗期生长、光合作用及酶活性的影响[J].东北农业大学学报,2002,33(2):111-115. (Wang H Y, Liu S Y, Zhao F H. The effect of biological seed coating agent on the growth, photosynthesis and enzyme of soybean[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2002, 33(2):111-115.)