

干旱胁迫下钾对大豆叶片保护酶活性及产量的影响

刘颖, 张明怡, 韩光, 王伟, 李玉影, 刘双全, 姬景红, 佟玉欣

(黑龙江省农业科学院 土壤肥料与环境资源研究所, 黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:采用盆栽模拟干旱环境设置不同钾肥处理,于开花期测定黑农44大豆叶片保护酶(SOD, CAT, POD)活性,以明确钾对大豆抗旱生理的影响。结果表明:适量施入钾肥可以提高大豆叶片保护酶活性。其中,K3处理($K_2O\ 0.42\ g \cdot kg^{-1}$ 土)的酶活性增加值最多。SOD, CAT活性在抵御轻度干旱胁迫时发挥着重要作用,而在重度胁迫时POD活性作用更大。轻度和中度干旱条件下大豆产量和产量构成因素随着施钾量的增加而增加,产量增幅为3.8%~18.6%。而在重度胁迫下施钾无增产作用。

关键词:大豆;干旱;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(2011)02-0341-03

Effect of Potassium on Soybean Leaf Protective Enzymes and Yield under Drought Stress

LIU Ying, ZHANG Ming-yi, HAN Guang, WANG Wei, LI Yu-ying, LIU Shuang-quan, JI Jing-hong, TONG Yu-xin

(Soil Environment and Plant Nutrition Key Lab of Heilongjiang Province, Soil and Fertilizer and Environment Resources Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, Heilongjiang, China)

Abstract: In order to elucidate the alleviate effect of potassium on drought stress of soybean, pot experiment simulated drought environment were set and the activities of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroxidase (POD) in different potassium treatments on soybean cultivar Heinong 44 were determined. The results showed that potassium enhanced the activities of the enzymes and $0.42\ g\ K_2O \cdot kg^{-1}$ soil treatment was the best one. The response of SOD and CAT were important under slight stress and POD was more significant under severe stress. The yield increased by 3.8 to 18.6 percent with the increase of potassium under slight and moderate drought stress, while had no yield increasing effect under severe drought stress.

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

干旱给农业生产造成巨大损失,对作物造成的减产超过其它自然逆境减产之和。以往对作物抗旱性的研究大多集中在以下2个方面:一是作物的形态结构与抗旱性的关系;二是生理代谢与抗旱性的关系。对农业上避免干旱的途径研究上,也有学者提出了以下几点:一是科学合理的耕作栽培措施。其中包括地表覆盖,合理施肥等;二是利用常规和现代的育种技术培育抗旱品种^[1-3]。大豆是黑龙江省的主栽作物,需水量较高,是豆类作物中对缺水最敏感的一种^[4-5],黑龙江省连续遭受严重干旱灾害,5 a(次)累计受旱面积约2 000万 hm^2 ^[6]。干旱胁迫对大豆生产造成了不可估量的影响。因此,对大豆抗旱生理的研究十分必要。该试验通过设置不同水平钾肥处理研究钾对大豆各种抗旱生理指标(超氧化物歧化酶SOD,过氧化物酶POD,过氧化氢酶CAT活性)以及产量的影响,为通过施肥调控实现大豆抗旱奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2009年在黑龙江省农科院盆栽场进行,供试土壤为黑土。其中速效氮 $136.2\ mg \cdot kg^{-1}$,速效磷 $122.3\ mg \cdot kg^{-1}$,速效钾 $257.2\ mg \cdot kg^{-1}$,pH 6.68,全氮 $2.48\ g \cdot kg^{-1}$,全磷 $1.68\ g \cdot kg^{-1}$,全钾 $20.68\ g \cdot kg^{-1}$ 。栽培容器为塑料盆,每盆装土14 kg,覆土1 kg。每盆播种15粒,定苗3株,大豆品种为黑农44。

试验为裂区试验设计,主区为不同程度的水分胁迫,副区为不同用量的钾肥处理。分别对每个处理控制土壤水分含量,设置正常水分,轻度胁迫(土壤水分含量控制为最大田间持水量的60%~65%),中度胁迫(土壤水分含量控制为最大田间持水量的45%~50%),重度胁迫(土壤水分含量控制为最大

收稿日期:2010-11-12

基金项目:黑龙江省农业科学院院级课题资助项目;黑龙江省自然科学基金资助项目(C200831);国际植物营养研究所IPNI资助项目。

第一作者简介:刘颖(1979-),女,研究实习员,硕士,从事土壤肥料与植物营养研究工作。E-mail: ly8090@sina.com。

田间持水量的 30%~35%)。在施入正常水平氮肥、磷肥的基础上设置不同水平钾肥处理。分别为 K0, K1, K2, K3, K4, 钾肥的用量依次为 0, 0.18, 0.30, 0.42 和 0.60 g·kg⁻¹ 土。

盆栽大豆在防雨棚中进行干旱处理, 盆土含水量采用称重法控制。

1.2 测定项目与方法

于开花期测定超氧化物歧化酶(SOD), 过氧化氢酶(CAT), 过氧化物酶(POD)活性。所测指标均选用大豆的倒三叶为试验材料, 每日上午 9:00 至 9:30 采样, 测定时至少进行 3 次重复。以上各项测定方法均参照《植物生理学实验》^[7]。

收获后, 每个处理取 3 盆测定大豆株高, 分枝数, 单株荚数, 单株粒数, 空瘪率, 百粒重等, 其余 3 盆测产。

1.3 数据分析

采用 DPS 6.55 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫下钾对大豆叶片保护酶活性的影响

2.1.1 超氧化物歧化酶 如表 1 所示, 在轻度胁迫和中度胁迫下, SOD 活性随着干旱胁迫的加剧呈现出先增加后降低的趋势。与对照相比, 在轻度胁迫下, K1、K2、K3 和 K4 处理活性分别增加了 5.8%、15.7%、18.2% 和 6.8%; 中度胁迫下, K1、K2、K3 和 K4 处理与对照相比 SOD 活性分别增加了 16.3%、24.3%、28.8% 和 25.9%。在重度胁迫下, 施入钾肥对 SOD 活性没有产生明显的影响。可见, 在植物的忍受范围内, 随着胁迫程度的加剧, 施钾处理可以显著提高 SOD 活性。

2.1.2 过氧化氢酶 如表 1 所示, 在轻度和中度胁迫下, CAT 活性随着干旱胁迫的加剧呈先增加后降低的趋势。在轻度胁迫下, 与 K0 相比, K1、K2、K3 和 K4 处理的 CAT 活性分别增加了 4.7%、2.4%、12.8% 和 6.7%; 在中度胁迫下, 与 K0 相比, K1、K2、K3 和 K4 处理的 CAT 活性分别增加了 4.4%、9.4%、9.0% 和 7%; 而在重度胁迫下, 钾肥的施入并没有提高 CAT 的活性。可见, 在植物耐受的范围之内, 施用钾肥显著地增加了 CAT 活性。但是在轻度胁迫下的效果要优于中度胁迫。

2.1.3 过氧化物酶 从表 1 中可以看出, 在干旱胁迫下, POD 活性随着干旱胁迫的加剧也基本上呈先增加后降低的趋势。在轻度胁迫下, 与 K0 相比, K1、K2、K3 和 K4 处理的 POD 活性分别增加了 6.6%、16.6%、26.9% 和 32.6%; 在中度胁迫下, 与 K0 相比, K1、K2、K3 和 K4 处理的 POD 活性分别增加了 2.6%、13.6%、14.0% 和 9.8%; 在重度胁迫下, 与 K0 相比, K1、K2、K3 和 K4 处理的 POD 活性分别增加了 4.2%、13.2%、11.4% 和 9.4%。随着胁迫程度的加剧, 过氧化物酶的活性逐渐增强, 在重度胁迫下条件下, POD 活性达到了最高值。而在各个胁迫条件下, 适当增加钾肥的用量也能够提高过氧化物酶的活性。

通过对 3 种叶片保护酶活性在不同程度胁迫下不同钾肥用量的差异显著性分析可以看出, SOD 和 CAT 在轻度胁迫下 K3 处理与 K0 达到了差异极显著水平, 在中度胁迫下达到了差异显著水平。而 POD 在重度胁迫下 K3 和 K4 处理与 K0 均达到了差异极显著水平。

表 1 不同钾肥用量对大豆叶片保护酶活性的影响(开花期)

Table 1 Effect of potassium on the activity of soybean leaf protecting enzyme(flowering stage)

不同处理 Treatment	水分处理 Water treatment	K0	K1	K2	K3	K4
SOD 活性 Activity of SOD unit/g	正常水分 Normal	31.2c	33.5bc	36.2ab	34.7abc	35.8ab
	轻度胁迫 Slight stress	39.5cB	41.8bcAB	45.7bAB	46.7abA	42.2abcAB
	中度胁迫 Medium stress	51.4c	59.8bc	63.9ab	66.2a	64.7abc
	重度胁迫 Severe stress	35.8ab	37.6c	36.2ab	31.5bc	33.0bc
CAT 活性 Activity of CAT /mg·g ⁻¹ ·min ⁻¹	正常水分 Normal	118.5ab	115.7ab	121.9a	117.4ab	113.7b
	轻度胁迫 Slight stress	136.3cB	142.7abcB	139.6abAB	153.8bA	145.5bcAB
	中度胁迫 Medium stress	168.4bc	175.8b	184.2abc	183.6a	180.2ab
	重度胁迫 Severe stress	101.4a	98.5ab	95.1bc	97.2bc	100.3ab
POD 活性 Activity of POD unit/mg	正常水分 Normal	3.51ab	3.62ab	3.85abc	4.07c	3.92bc
	轻度胁迫 Slight stress	4.39ab	4.68bc	5.12c	5.82abc	5.57c
	中度胁迫 Medium stress	6.86b	7.04ab	7.79bc	7.82a	7.53c
	重度胁迫 Severe stress	8.74cB	9.11bcAB	9.89bcAB	9.74abcA	9.56aA

同行数据标以不同大小写字母者表示其差异分别达 0.01 和 0.05 显著水平。

Values within a line followed by different lowercase and capital letters are significantly different at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

2.2 干旱胁迫下钾对大豆产量的影响

从表 2 可以看出,在干旱胁迫下,各施钾处理的百粒重、总重、单株秆重和粒重基本上都随着施钾量的增加而有所提高,但到了 K4 处理又略有下降。在轻度胁迫条件下,与不施钾肥相比较,K1、K2、K3 和 K4 分别增产 3.8%、13.0%、18.6% 和 15.1%。K3 和 K4 与不施钾处理相比产量均达极显著差异水平。在中度胁迫条件下,与不施钾肥相比较,各施钾处理分别增产 4.0%、8.3%、12.3 和 17.1%。不施钾肥与各施钾处理产量相比较,K4 达到了极显著水平。说明适量施入钾肥可以缓解干旱对作物的伤害,提高大豆产量。

在轻度和中度干旱胁迫下,大豆产量都随着施钾量的增加而增加。说明在一定程度上钾肥能够缓解干旱胁迫对大豆的伤害,维持其产量在一定的范围内。但是随着胁迫程度的加剧,到了重度胁迫时,植物的各项生理功能都遭到了破坏,施钾也不能缓解干旱胁迫对植物组织的伤害,所以产量急剧下降。

表 2 干旱胁迫下不同处理钾对大豆产量的影响

Table 2 Effect of potassium on soybean yield under drought stress

处理 Treatment		百粒重 100-seeds weight/g	总重	单株秆重	单株粒重	产量 Yield /g · pot ⁻¹
			Total	Stem	Seeds	
			weight per plant /g	weight per plant /g	weight per plant /g	
正常水分 Normal	K0	17.9	42.8	24.9	17.9	127.7ab
	K1	17.1	41.1	23.9	17.2	123.2b
	K2	18.6	42.2	23.3	18.9	135.1a
	K3	19.5	45.1	25.1	19.5	141.6 a
	K4	19.3	44.7	25.7	18.2	137.8 a
轻度胁迫 Slight stress	K0	16.7	35.0	20.5	14.5	103.5 cB
	K1	16.3	36.7	21.6	15.0	107.4 ab AB
	K2	17.2	40.8	24.5	16.4	116.9 bc AB
	K3	18.4	40.8	24.2	16.7	119.0a A
	K4	20.7	40.8	23.7	17.2	122.7 a A
中度胁迫 Medium stress	K0	16.2	30.0	17.9	12.1	86.7 c B
	K1	17.6	30.8	18.2	12.6	90.1 bc AB
	K2	17.3	32.5	19.4	13.1	93.8 abc AB
	K3	19.2	32.5	18.9	13.6	97.4 ab AB
	K4	18.2	32.5	18.3	14.2	101.5a A
重度胁迫 Severe stress	K0	17.5	25.8	14.9	10.9	77.9bc
	K1	17.7	30.0	17.2	12.8	91.3ab
	K2	18.9	28.3	15.2	13.2	94.0a
	K3	17.8	27.5	16.4	11.1	79.6b
	K4	18.5	24.2	13.3	10.9	77.8c

同列数据标以不同大小写字母者表示其差异分别达 0.01 和 0.05 显著水平。
Values within a column followed by different lowercase and capital letters are significantly different at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

3 结论与讨论

干旱条件下植物体内活性氧的产生与清除平衡遭到破坏,活性氧累积引起细胞膜结构和功能及生物大分子(蛋白质、酶、DNA 等)不可逆的损伤,是干旱伤害植物的重要原因。抗氧化保护酶是植物体内负责清除活性氧的酶类,主要有 SOD、CAT 和 POD 3 种酶相互协调,能有效清除代谢过程产生的活性氧,使生物体内的活性氧维持在一个低水平上,从而防止活性氧引起的膜脂过氧化以及其它伤害过程,达到一定的保护作用^[8-12]。因此,研究钾肥在干旱胁迫下对 SOD、CAT 和 POD 3 种酶活性的影响,可为通过调控施肥增强植物抗逆性提供理论依据。

该试验结果表明,在中轻度胁迫下,SOD、CAT 活性在施钾与不施钾处理的差异达显著水平。说明在适度干旱的情况下,施入钾肥能够增强 SOD 和 CAT 的活性,使其清除活性氧的能力增强,从而增强植物的抗旱能力。在重度胁迫时 POD 活性在施钾与不施钾处理的差异达到极显著水平,说明即使在重度胁迫下,施入钾肥还是能够增强 POD 活性。与不施钾肥相比,施钾处理的叶片保护酶活性在中轻度水分胁迫的条件下普遍增加,以减轻因水分胁迫引起的细胞伤害。

干旱条件下施入不同量的钾肥,其产量构成因素和产量随着施钾量的增加而增加,增幅达 3.8%~18.6%。但在严重胁迫时,植物的各项生理功能遭到了破坏,施钾也不能缓解伤害。

参考文献

- [1] 王瑞云,王玉国,杨晓霞. 大豆抗旱的生理生态基础[J]. 山西农业大学学报, 2001, 21(3): 305-307. (Wang R Y, Wang Y G, Yang X X. Physio-ecological foundation of drought-resistance of soybean[J]. Journal of Shanxi Agricultural University, 2001, 21(3): 305-307.)
- [2] 谢晨,谢皓,陈学珍. 大豆抗旱形态和生理生化指标研究进展[J]. 北京农学院学报, 2008, 23(4): 74-76. (Xie C, Xie H, Chen X Z. Advance on the morphologic characteristic and physiological index in the drought-resistance soybean[J]. Journal of Beijing University of Agriculture, 2008, 23(4): 74-76.)
- [3] 孙祖东,陈怀珠,杨守臻,等. 大豆抗旱性研究进展[J]. 大豆科学, 2001, 20(3): 221-226. (Sun Z D, Chen H Z, Yang S Z, et al. Advances in drought tolerance in soybean [J]. Soybean Science, 2001, 20(3): 221-226.)
- [4] 王英,窦新田,李伟群. 优化施肥和化控对提高大豆油分 and 抗旱性的影响[J]. 大豆科学, 2005, 24(1): 55-59. (Wang Y, Dou X T, Li W Q. Effects on optimum fertilization and chemical control to oil content and drought resistance of soybean [J]. Soybean Science, 2005, 24(1): 55-59.)

(下转第 346 页)

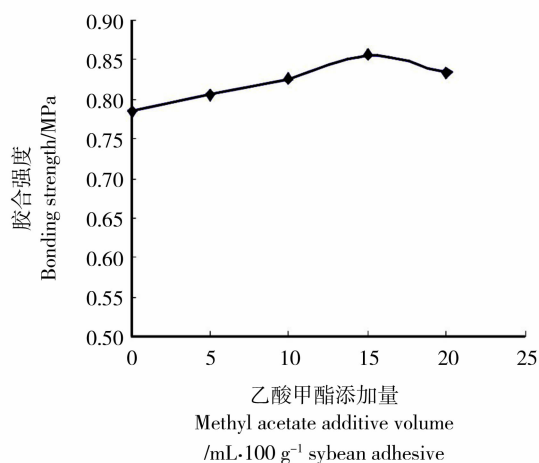


图3 乙酸甲酯对大豆蛋白胶胶合强度的影响

Fig.3 Impacts of methyl acetate on bonding strength of the film

3 结论

乙酸甲酯可以显著增强大豆蛋白胶胶膜的快干性,加入量越大其快干效果越强。其中每 100 g 大豆蛋白胶加入 15 或 20 mL 乙酸甲酯时快干效果比较显著。同时乙酸甲酯可以帮助蛋白胶成膜,使其成膜过程趋于简单,易于与成膜介质剥离。乙酸甲酯能显著影响大豆蛋白胶胶膜的胶合强度,加入 15 mL 乙酸甲酯时胶合强度达到最大。综合考虑乙酸甲酯大豆蛋白胶膜的干燥速率及胶合强度的影响,100 g 大豆蛋白胶添加 15 mL 乙酸甲酯为最适添加量。

参考文献

- [1] 刘杰,顾继友,邸明伟. 大豆蛋白胶黏剂的研究进展[J]. 粘接, 2008,29(9):34-37. (Liu J, Gu J Y, Di M W. Research advance for soy protein adhesives[J]. Adhesion in China, 2008,29(9): 34-37.)
- [2] Huang J, Li K C. A new soy flour-based adhesive for making interior type II Plywood[J]. Journal of the American Oil Chemists Society, 2008, 85:63-70.
- [3] Sun X Z, Ke B. Shear strength and water resistance of modified soy protein adhesives [J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1999,76:977-980.
- [4] 杨光,杨波,李广辉,等. 制板工艺对无甲醛纤维板物理力学性能的影响[J]. 林产工业,2009,36(6):20-23. (Yang G, Yang B, Li G H, et al. Effects of production technology on physical and mechanical properties of fiberboard free from formaldehyde [J]. China Forest Products Industry, 2009,36(6):20-23.)
- [5] 张洋,周定国,杨光,等. 无醛豆胶速生意杨域类胶合板的工业化生产制作方法: 中国, 200610097957. 8 [P]. 2007-05-16. (Zhang Y, Zhou D G, Yang G, et al. Manufacturing method of soybean adhesive-based formal dehyde-free aspen plywood: China, 200610097957. 8 [P]. 2007-05-16.)
- [6] 里森. 热固性树脂[M]. 上海: 东华大学出版社, 2009. (Rudolf Rieson. Thermosets [M]. Shanghai: Donghua University Press, 2009.)
- [7] 吴文炳,陈梁,张世玲. 乙酸甲酯的合成与应用新进展[J]. 江苏化工,2004,32(5):11-14. (Wu W B, Chen L, Zhang S L. Process of synthesis and application of methyl acetate[J]. Jiangsu Chemical Industry, 2004,32(5):11-14.)
- [8] 朱万章. 水性漆的成膜[J]. 上海涂料,2004,42(2):23-25. (Zhu W Z. Filmfor ming waterborne paint [J]. Shanghai Coatings, 2004,42(2):23-25.)
- [9] 王曉慧,徐克章,张治安,等. 不同年代大豆品种苗期叶片保护酶活性及膜脂过氧化作用[J]. 中国油料作物学报, 2006, 28(4):417-420. (Wang X H, Xu K Z, Zhang Z A, et al. Changes of the protective enzyme activities and lipid peroxidation at seedling stage among soybean varieties cultivated in different ages [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2006, 28(4): 417-420.)
- [10] 孙继颖,高聚林,薛春雷,等. 不同品种大豆抗旱性能比较研究[J]. 华北农学报, 2007, 22(6):91-97. (Sun J Y, Gao J L, Xue C L, et al. Comparative experiment on drought resistant characters of different soybean varieties[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2007, 22(6):91-97.)
- [11] 赵宏伟,李秋祝,魏永霞. 不同生育时期干旱对大豆主要生理参数及产量的影响[J]. 大豆科学, 2006, 3:329-332. (Zhao H W, Li Q Z, Wei Y X. Effect of drought at different growth stages on main physiological parameters and yield in soybean[J]. Soybean Science, 2006, 25(3):329-332.)
- [12] 高中超,周宝库,张喜林. 大豆对干旱胁迫生理生化的响应[J]. 大豆通报, 2007(5):27-30. (Gao Z C, Zhou B K, Zhang X L. The physiology and biochemistry reaction of soybean to drought stress[J]. Soybean Bulletin, 2007(5):27-30.)
- [5] 昌西. 植物对干旱逆境的生理适应机制研究进展[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(18):7549-7551. (Chang X. Study advances on the physiological adaptation mechanism to drought stress by plant[J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2008, 36(18): 7549-7551.)
- [6] 金玲,王忠波,王玉. 黑龙江省干旱灾害问题研究[J]. 黑龙江水利科技, 2008, 36(5):16-18. (Jin L, Wang Z B, Wang Y. Study on the drought of Heilongjiang province [J]. Heilongjiang Science and Technology of Water Conservancy, 2008, 36(5):16-18.)
- [7] 郝再彬,苍晶,徐仲. 植物生理实验[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2006. (Hao Z B, Cang J, Xu Z. Plant physiology experiment [M]. Harbin: Harbin Industry University Publishing Company, 2006.)
- [8] 李贵全,张海燕,季兰,等. 不同大豆品种抗旱性综合评价[J]. 应用生态学报, 2006, 17(12):2408-2412. (Li G Q, Zhang H Y, Ji L, et al. Comprehensive evaluation on drought resistance of different soybean varieties [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(12):2408-2412.)
- [9] 王晓慧,徐克章,张治安,等. 不同年代大豆品种苗期叶片保

(上接第 343 页)