

低钾胁迫对不同钾营养效应型大豆保护酶系统的影响^{*}

王伟 曹敏建 王晓光 李植

(沈阳农业大学农学系, 沈阳 110161)

摘要 以四种钾营养效应型大豆品种(系)(铁丰31号、沈农6号、铁95068-5、GD1617)为试验材料, 设置两个钾浓度处理, 研究低钾胁迫对大豆整个生育期细胞保护酶系统的影响。结果表明: 在低钾胁迫下, 超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)的活性均有不同程度的升高。SOD的活性高峰出现时期最早, CAT次之, POD出现最晚。从敏感型来看, 耐性系数高的不敏感型品种(系)CAT与POD的活性差异明显高于耐性系数低的敏感型品种(系), SOD活性差异则不甚显著。由此, 本文认为大豆钾营养敏感型间的差异可以通过保护酶系统活性差异得以表现。

关键词 低钾胁迫; 大豆; 保护酶系统

中图分类号 S 143.3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2005)02-0101-05

钾是植物生长发育所必需的营养元素之一, 参与植物体内60多种酶的活化^[3]。低钾胁迫可严重影响植物细胞正常的新陈代谢, 降低气孔导度和叶绿素的光化学活力, 降低甚至破坏光合电子传递^[4], 致使细胞中活性氧含量增加。作为植物体的保护酶系统, 超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)相互协调, 可以在一定程度上减缓活性氧对植物细胞造成的伤害。许多实验证明, 植物在逆境条件下往往具有较高的保护酶系统^[6-13]。本文以四种钾营养效应型大豆代表品种(系)为试验材料, 探讨低钾胁迫对各效应型品种(系)在整个生育期细胞保护酶系统的影响及两者之间的相互关系。

1 材料与方法

1.1 试验材料

铁丰31号(高产敏感型, 耐性系数0.5990)、沈农6号(高产不敏感型, 耐性系数0.9988)、铁95068-5(低产敏感型, 耐性系数0.4430)、GD1617(低产不敏感型, 耐性系数0.9515)。

(注: 大豆钾营养效应型是根据Fagena和Bali gar对作物产量和某种养分利用效率划分为四种类型而确定, 即高产敏感型: 当土壤钾供应量低时, 产量相对较高; 当钾供应量增加时, 产量仍能显著增加。高产不敏感型: 当土壤钾供应量低时, 产量相对较高; 当钾供应量增加时, 其产量增加较少。低产敏感型: 当土壤钾供应量低时, 产量相对较低; 当钾供应量增加时, 产量显著增加。低产不敏感型: 当土壤钾供应量低时, 产量相对较低; 当钾供应量增加时, 产量增加较少。)

1.2 试验设计

试验于2004年在沈阳农业大学教学科研实验基地进行。采用盆栽方式, 试验所用盆钵为白色塑料盆, 盆口直径32cm, 盆高40cm, 每盆可装风干土20kg; 供试土壤来自辽中县大黑乡, 土壤质地为耕型沙质碳酸盐草甸土, 土壤速效钾含量 $50\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。试验设低钾($50\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)和对照($150\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)两个处理, 每品种(系)每处理种10盆, 共计80盆。钾肥采用硫酸钾, 于播种前均匀混入筛后并晾干的试验用土内。每盆施磷酸二铵6g, 以底肥形式一次施入。2004年5月8日播种, 5月25日出

^{*} 收稿日期: 2004-11-10

作者简介: 王伟(1979-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 作物抗逆生理。

苗, 出苗后 15 天定苗, 每盆留苗 3 株, 生长期间及时浇水、除草。

试验于出苗后分五次取样, 日期分别为出苗后第 29 天(6 月 21 日)、第 48 天(7 月 12 日)、第 67 天(7 月 31 日)、第 83 天(8 月 16 日)、第 103 天(9 月 6 日)。每次取样时间均为上午 9 点, 取植株上数第三片完全展开叶测定。

1.3 酶的测定

SOD 采用 NBT 光还原法, 以 50%抑制的酶液用量作为一个酶活单位^[9];

POD 采用愈创木酚法^[9];

CAT 采用高锰酸钾滴定法^[10]。

2 结果与分析

2.1 低钾胁迫对各效应型品种(系)SOD 活性的影响

两种处理下各品种(系)SOD 活性在整个生育期的变化趋于一致, 这说明在低钾条件下植物体具有一定的自我调节机制。与 POD 和 CAT 相比, SOD 活性在植株生长前期上升最快, 最早达到活性高峰, 这可能是因为低钾胁迫使植物细胞内 O_2^- 含量显著增加, 从而诱导了清除 O_2^- 的 SOD 活性的增加。由图 1 中可以看出, 各品种(系)均在出苗后 40 – 60 天出现 SOD 活性高峰, 而这一时期正是植株需钾的关键时期。在生育后期, 植株对钾的需求减少, 低钾胁迫对植株的影响相对较小, SOD 活性相对降低, 但衰老胁迫仍促使植株 SOD 活性保持一定的水平。从整个生育期来看, 各品种(系)低钾处理植株细胞内 SOD 活性均高于正常植株细胞 SOD 活性, 在 SOD 出现活性高峰以后尤为明显。由此可见, 低钾胁迫会使大豆植株 SOD 酶的活性提高。耐性较强的品种(系)在前期 SOD 活性没有表现出很强的优势, 而生育后期则保持较高的水平。

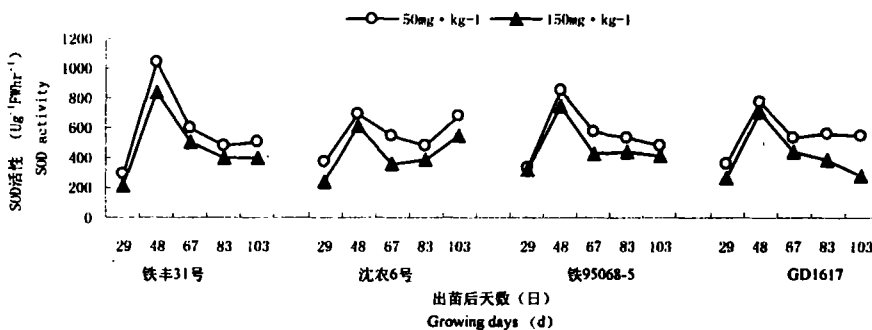


图 1 低钾胁迫对各品种(系)超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

Fig. 1 Effect of low potassium stress on superoxide dismutase (SOD) of soybean varieties

2.2 低钾胁迫对各效应型品种(系)CAT 活性的影响

CAT 活性高峰出现比 SOD 稍晚, 而又早于 POD, 这主要是因为 CAT 可清除植物细胞内较高浓度的 H_2O_2 , 而 H_2O_2 主要来源于 SOD 催化 O_2^- 发

生的歧化反应。从图 2 中可以看出, 耐低钾能力较强的不敏感型品种(系)沈农 6 号和 GD1617 其低钾处理植株细胞 CAT 活性高峰出现比正常植株晚, 并且明显高于正常植株; 而耐性较差的敏感型品种(系)铁丰 31 号和铁 95068 – 5 两种处理下 CAT 活

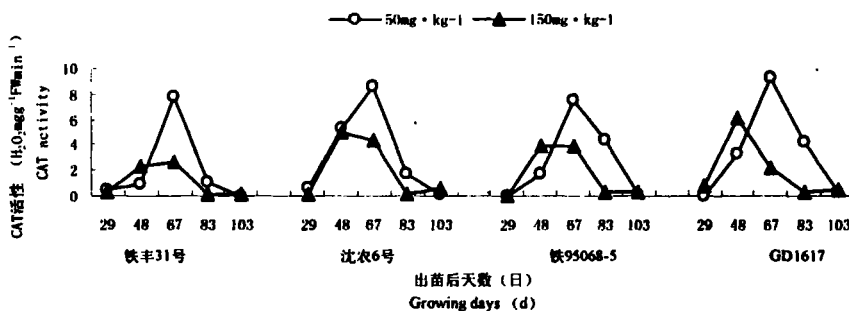


图 2 低钾胁迫对各品种(系)超氧化氢酶(CAT)活性的影响

Fig. 2 Effect of low potassium stress on catalase (CAT) of soybean varieties

性高峰出现时期趋于一致,只在活性高低方面存在显著的差异,这说明低钾胁迫可诱导 CAT 活性显著增加,而耐性品种(系)的 CAT 活性机制明显优于不耐低钾的品种(系)。

在图 2 中,耐低钾能力较强的品种(系)沈农 6 号和 GD1617 在两种处理条件下植株细胞 CAT 活性都高于耐性较差的品种(系)铁丰 31 号和铁 95068-5,这种一致性要比 SOD 和 POD 明显,这也说明在 CAT 活性方面,钾营养效应型间存在着一定的差异。在植株生育后期,衰老胁迫使植株体内 CAT 活性迅速降低,这种趋势在品种(系)间表现是一致的。

2.3 低钾胁迫对各效应型品种(系)POD 活性的影响

在低钾胁迫下,POD 活性高峰的出现比 SOD、CAT 晚,这是因为 POD 主要清除细胞内较低浓度的 H₂O₂。在 CAT 活性较高的情况下,细胞内大量

的 H₂O₂ 被分解。在植株生长后期,当 CAT 活性开始下降时,POD 活性逐渐增强,一部分可以清除细胞内的 H₂O₂,另一部分还可参与细胞壁多种结构成分的聚合作用,使植物细胞失去伸展性,从而限制植物细胞伸长,在一定程度上也加速了植株的衰老进程。从图 3 中可以看出,在出苗后 40-60 天,即 SOD 活性处于高峰期时,POD 活性在敏感型间已经表现出了差异性,两种处理条件下各品种(系)POD 活性均为 GD1617> 沈农 6 号> 铁 95068-5> 铁丰 31 号,因为这一时期 H₂O₂ 含量较低,诱导了 POD 的活性。在出苗后 60-80 天,即 CAT 活性处于高峰期时,各品种 POD 活性基本一致,两种处理下都没有表现出太大的差异。出苗 80 天以后,即 POD 活性处于高峰期时,品种(系)间的差异性再次显现出来。耐低钾能力较强的沈农 6 号和 GD1617 在生育后期仍保持相对较高的 POD 活性,而高产品种沈

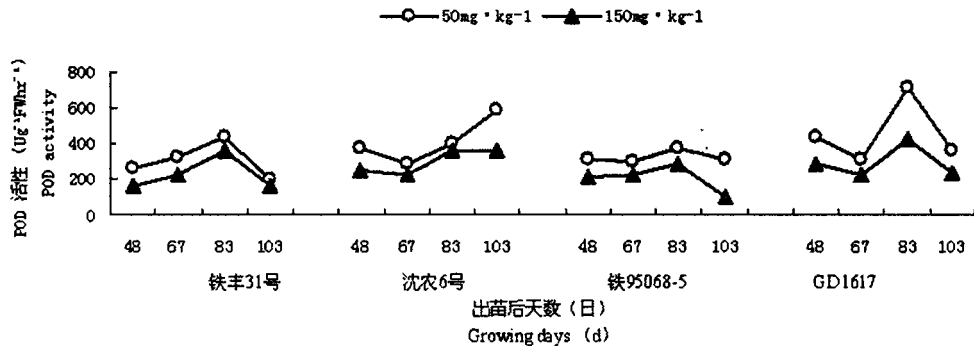


图 3 低钾胁迫对各品种(系)超氧化物酶(POD)活性的影响
Fig. 3 Effect of low potassium stress on peroxidase (POD) of soybean varieties

表 1 两种处理下各品种(系)三种保护酶各生育时期 t 测验结果

Table 1 t-test of the three protective enzyme systems of each variety in two treatments

酶种类 Enzyme	品种 Variety	测定时期(出苗后天数) Deter mine date (days after seedling)				
		29	48	67	83	103
SOD	铁丰 31	2. 021	6. 420	2. 956	2. 441	2. 509
	沈农 6 号	2. 312 *	2. 658 *	5. 718 **	2. 577I *	3. 205 *
	铁 95068-5	0. 502	4. 689 **	1. 966	2. 337 *	1. 268
	GD1617	2. 782 *	2. 161 *	2. 870 *	3. 508 **	6. 263 **
CAT	铁丰 31	2. 434 *	6. 667 **	31. 247 **	8. 658 **	2. 608 *
	沈农 6 号	4. 712 **	2. 298 *	13. 238 **	19. 242 **	7. 217 **
	铁 95068-5	0. 014	17. 934 **	23. 121 **	31. 751 **	2. 830 *
	GD1617	4. 627 **	12. 892 **	27. 075 **	25. 492 **	2. 368 *
POD	铁丰 31		8. 706 **	6. 864 **	3. 566 **	3. 143 *
	沈农 6 号		7. 200 **	4. 233 **	1. 484 **	12. 202 **
	铁 95068-5		8. 499 **	3. 220 *	4. 173 **	16. 742 **
	GD1617		8. 100 **	7. 473 **	18. 364 **	7. 833 **

注:(n=3, 一尾测验 t 0. 05= 2. 132 t0. 01= 3. 495)

农 6 号的 POD 活性明显高于 GD1617, 这说明生育后期 POD 活性与钾营养效应型间具有一定的相关性。

2.4 两种处理下各品种(系)三种保护酶各生育时期差异显著性

利用统计分析方法, 对低钾和对照两种处理条件下三种保护酶在各生育时期的差异进行 t 测验。结果表明(表 1), 整个生育期三种保护酶活性变化在效应型间存在着一定的差异, CAT 和 POD 表现较为明显, SOD 次之。耐性系数较高的沈农 6 号和 GD1617 三种保护酶活性差异显著高于耐性系数较低的铁丰 31 号和铁 95068-5, 在各自的酶活性高峰尤为明显。这说明植株对低钾耐性的差异是可以通过酶活性间的差异表现出来。

3 结论与讨论

低钾胁迫可以使植物体的光合电子传递及一些相关的酶促反应受到影响甚至遭到破坏, 从而产生大量的活性氧。作为植物细胞的保护酶系统, SOD、CAT 和 POD 在清除活性氧过程中发挥着巨大的作用。王建华等的试验表明 SOD 在植物逆境条件下活性上升。在研究中我们也发现大豆植株受低钾胁迫时保护酶活性明显升高, 其中 SOD 活性上升最快, CAT 次之, POD 最慢。这是因为低钾胁迫首先使细胞内 O_2^- 含量增加, SOD 催化 O_2^- 发生歧化反应生成 H_2O_2 , 进而引起 CAT 和 POD 活性的上升。但是, 这种活性上升趋势并不是保持不变的, 在达到一定的值时, 酶活性又开始降低。这是由于酶的活性有一个阈值, SOD、CAT 和 POD 对细胞的保护作用将随胁迫时间的延长而逐渐降低, 活性氧的产生与清除之间的平衡势必遭到破坏, 导致大豆生长发育受到影响, 进而影响大豆的产量和品质。

t 测验结果显示, CAT 和 POD 在效应型间的差异较为明显, SOD 次之。这说明, 大豆钾营养效应型间的差异可以通过保护酶系统活性差异得以表达, 但能否通过保护酶系统活性差异来判断大豆对低钾的耐性差异还有待于进一步研究确定。

参 考 文 献

- 1 董钻. 大豆产量生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000, 87-90.
- 2 王金陵. 大豆[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1982, 65-66.
- 3 胡思农, 涂仕华. 四川省作物钾素营养和钾肥应用[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2000, 33-34.
- 4 李玉影. 大豆需钾特性及钾肥效应[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(4): 414-418.
- 5 蒋德安, 饶立华, 彭佐权. 低钾条件下水稻的光合特性[J]. 植物生理学报, 1988, 14(1): 50-55.
- 6 刘怀攀, 陈龙, 张承烈, 等. 渗透胁迫和外源 ABA 对芦苇愈伤组织中 3 种保护酶活性的影响[J]. 植物生理学通讯, 2002, 38(1): 27-29.
- 7 陈贻竹, B. 帕特森. 低温对植物叶片中超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和过氧化氢水平的影响[J]. 植物生理学报, 1988, 14(4): 323-328.
- 8 刘鹏, 杨玉爱. 钼、硼对大豆叶片脂膜过氧化及体内保护酶系统的影响[J]. 植物学报, 2000, 42(5): 461-466.
- 9 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992, 208-212.
- 10 张宪政, 陈凤玉, 王荣富. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1994, 99-100.
- 11 Scandalios JG. Oxygen stress and superoxide dismutase[J]. Plant Physiol, 1993, 101: 7-12.
- 12 Bowler C, Van Montagu M, Inze D. Superoxide dismutase and stress tolerance[J]. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1992, 43: 83-116.
- 13 Giannopolitis CN, Ries SK. Superoxide dismutases. Occurrence in higher plants[J]. Plant Physiol, 1977, 59: 309.

EFFECTS OF LOW POTASSIUM STRESS ON PROTECTIVE SYSTEMS OF DIFFERENT K-NUTRIENT EFFECTIVE SOYBEAN VARIETIES

Wang Wei Cao Minjian Wang Xiaoguang Li Zhi

(Agronomy Department of Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161)

Abstract The study deals with the effect of low potassium (K) stress on protective enzyme system with different supplementation of potassium concentration in four soybean varieties ("Tiefeng No. 31", "Shennong No. 6", "Tie 95068-5", "GD1617") at the whole developmental stages in pods. The result shows

that there is great difference in the four soybean varieties in the activity of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), and catalase (CAT). The controlled plants under low K exhibited an increasing of SOD、POD and CAT activities in different degrees. The activity of SOD appears earlier than that of CAT and POD, but the difference of the activity of CAT and POD is more significant than that of SOD between the effective types. So the difference of potassium nutrient effective types can be expressed by the difference of the protective enzyme systems.

Key words Low potassium stress; Soybean; Protective enzyme system

(上接第 100 页)

蔗糖脂肪酸酯调节大豆叶片蔗糖酶生物合成机理研究

叶小利¹ 李学刚²

(1. 西南师范大学生命科学学院, 重庆 400715; 2. 西南农业大学中心实验室, 重庆 400716)

摘要 2mmol/L 的 SFE 能显著地提高大豆蔗糖酶的活力。SDS - PAGE 结果表明 SFE 主要通过增加大豆叶片蔗糖酶的生物合成量来大幅度地提高蔗糖酶的活力。用转录抑制剂 AMD(8mg/L) 和翻译抑制剂 CHI(1.5mg/L) 处理大豆叶片, 发现它们都能在较短时间内大幅度地降低蔗糖酶的活性。SFE 对大豆开花期和结荚期的蔗糖酶生物合成量的增加是通过 SFE 促进蔗糖酶的转录水平和翻译水平来实现的, 转录起主要作用。

关键词 大豆; 蔗糖酶; 蔗糖脂肪酸酯(SFE); AMD; CHI