

# 钾对玉米种子萌发及其生理特性的影响

杨建肖<sup>1</sup>, 王桂荣<sup>2</sup>, 张永升<sup>1</sup>, 江东岭<sup>1</sup>, 崔彦宏<sup>1</sup>

(1. 河北农业大学 农学院, 河北 保定 071001; 2. 河北省农林科学院 农业经济研究所, 河北 石家庄 050051)

**摘要:**以郑单 958 为材料, 研究了不同浓度氯化钾浸种对衰老玉米种子的萌发和萌发种子抗氧化酶活性、脱氢酶活性、丙二醛(MDA)含量、可溶性糖和可溶性蛋白含量的影响。结果表明, 0.1 ~ 10.0 mmol/L 氯化钾处理, 能提高玉米种子的发芽势、活力指数和单株幼苗干质量, 还提高了种子萌发时抗氧化酶和脱氢酶活性, 降低了 MDA 含量, 增加了可溶性糖、可溶性蛋白的含量。这说明氯化钾处理提高了玉米种子萌发期间的抗氧化水平, 减缓了脂质过氧化作用, 维持了质膜结构的完整性, 加快了种子萌发时的物质代谢速率, 这可能是钾处理促进衰老玉米种子萌发的生理机制。

**关键词:**钾; 玉米种子; 萌发; 生理特性

**中图分类号:** S513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 7091(2008)04 - 0145 - 04

## The Effects of Potassium on Germination and Physiological Characteristics of Maize Seed

YANG Jian-xiao<sup>1</sup>, WANG Gui-rong<sup>2</sup>, ZHANG Yong-sheng<sup>1</sup>, JIANG Dong-ling<sup>1</sup>, CUI Yan-hong<sup>1</sup>

(1. College of Agronomy, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China;

2. Economic Institute, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China)

**Abstract:** This paper using the summer maize hybrids Zhengdan958 as the experimental material, the effects of different concentrations of KCl on the aging seeds germination of maize and some physiological characteristics including the activities of antioxidase and dehydrogenase, the contents of malondialdehyde (MDA), soluble sugar and soluble protein were analyzed. The results showed that 0.1 - 10.0 mmol/L KCl treatments could increase the germination potential, the vigor index and dry weight of seedlings of maize. It was also observed that the activities of antioxidase and dehydrogenase and the content of soluble sugar and soluble protein increased, but the content of MDA decreased. The results indicated that KCl treatments enhanced antioxidation level, mitigated lipid peroxidation, maintained the integrity of plasma membrane and improved substance metabolism rate of germinating seeds, and this might be the physiological mechanism of the aging maize seeds germination accelerated by potassium.

**Key words:** Potassium; Maize seeds; Germination; Physiological characteristics

种子萌发过程中极易受到田间不利环境条件的影响。高活力种子出苗早、出苗齐, 但种子自收获后就开始经历活力下降的过程。衰老及活力下降的种子, 往往可以利用不同处理方法令其幼苗有更佳的表现<sup>[1]</sup>。

钾是植物生长必需的三大元素之一, 有重要的营养和生理作用。现已知有 60 多种酶需要  $K^+$  作为活化剂;  $K^+$  还是细胞中构成渗透势的重要成分<sup>[2]</sup>。施用钾肥已逐渐成为农作物获得优质、高产的重要

技术措施之一。前人对钾的使用研究大都集中在钾对作物产量、品质及钾素的吸收上<sup>[3-6]</sup>, 而有关钾对种子萌发及萌发过程中生理生化特性的影响研究报道较少<sup>[7,8]</sup>, 钾对玉米种子萌发的影响未见报道。本试验以衰老玉米种子为试验材料, 研究了不同浓度氯化钾浸种处理对玉米种子的萌发及萌发过程中某些生理生化特性的影响, 为揭示钾对玉米种子萌发作用机制提供试验证据, 也为农业施肥提供科学依据。

收稿日期: 2008 - 03 - 18

基金项目: 北京农业育种基础研究创新平台 北京市自然科学基金项目 (YZPT02) 资助; 国家“十五”科技重大专项和“十一五”科技支撑计划重大项目“粮食丰产科技工程”河北省课题 (2004BA520A07, 2006BAD02A08)

作者简介: 杨建肖 (1976 - ), 女, 河北曲阳人, 在读博士, 主要从事种子生理研究。

通讯作者: 崔彦宏 (1962 - ), 男, 河北安平人, 教授, 博士, 主要从事玉米高产、优质生理及栽培技术研究工作。

1 材料和方法

1.1 种子处理与萌芽试验

供试玉米品种为郑单 958,常规贮藏 16 个月。种子经 0.1 %HgCl<sub>2</sub> 消毒 10 min,蒸馏水冲洗后,选取大小均匀的种子分别用 0.1,1.0,10.0,100.0 mmol/L 的氯化钾和蒸馏水在 25℃ 下浸种 12 h,然后进行标准发芽试验,每处理 50 粒种子,4 次重复。在 25℃ 恒温培养箱培养。逐日统计发芽数,4 d 测发芽势,7 d 测发芽率,称幼苗干质量,并计算活力指数。

活力指数 = 发芽指数 × 单株幼苗干质量 (g)

1.2 生理生化指标测定

上述材料用 0.1,1.0,10.0,100.0 mmol/L 的氯化钾和蒸馏水采用相同的方法处理后,置于经高压灭菌、垫有 3 层湿纱布的培养皿中,放入 25℃ 恒温箱中萌发 24 h。此时大部分的种子胚根已突破种皮,然后取萌发的种子,分别测定 SOD,POD,CAT 和脱氢酶的活性,以及 MDA、可溶性糖和可溶性蛋白的含量。SOD 的活性测定采用 NBT 光化还原法<sup>[9]</sup>,POD 活性测定参考 Cakmak<sup>[10]</sup>方法,CAT 活性采用紫

外吸收法<sup>[9]</sup>,脱氢酶活性的测定采用 TTC 法<sup>[11]</sup>,MDA 含量采用硫代巴比妥酸法<sup>[9]</sup>,可溶性糖含量的测定采用蒽酮法<sup>[12]</sup>,可溶性蛋白含量的测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法<sup>[13]</sup>。

2 结果与分析

2.1 钾离子对玉米种子萌芽的影响

0.1 ~ 10.0 mmol/L 氯化钾浓度范围内,玉米种子的发芽势、发芽率、活力指数和单株幼苗干质量均明显升高(表 1)。其中 1.0 mmol/L 的处理效果最佳,处理后的郑单 958 种子发芽势、活力指数和单株幼苗干质量均显著高于对照。发芽势和活力指数是表达发芽速度的重要指标,而种子活力又表征在种子的发芽速率上。郑光华的研究也表明,在判断种子质量时,有时在发芽率的水平上虽看不出种子内潜活力组分的变化情况,但老化、劣变造成的活力组分变动以及活力水平的障碍却可以反映在发芽速度的快慢即速率上<sup>[14]</sup>。这些结果表明,低浓度的钾处理可以明显提高衰老玉米种子的萌芽能力。

表 1 钾离子对玉米种子萌芽的影响

Tab.1 Effect of K<sup>+</sup> on seed germination of maize

氯化钾浓度/ (mmol/L) KCl concentration	发芽势/ % Germination potential	发芽率/ % Germination rate	活力指数 Vigor index	单株幼苗干质量/ mg Dry weight of seedling
0	88.50	93.50	2.43	63.31
0.1	95.50 *	97.00	2.62	66.11 *
1.0	98.00 *	97.00	2.78 *	66.27 *
10.0	92.50	97.50	2.56	64.18
100.0	93.00	95.50	2.36	63.03

注:同列中“\*”表示与对照有 p < 0.05 的显著性差异,下同。单株幼苗干质量为 50 株的平均值。  
Note: Values with a column followed by “\*” were significantly different at p < 0.05, the same below. Dry weight of seedling was the mean value of 50 seedlings.

2.2 钾离子对玉米种子萌发过程中抗氧化酶活性的影响

种子有氧代谢过程中产生活性氧、导致脂质过氧化是种子劣变的重要原因<sup>[15]</sup>。种子体内的抗氧化酶系统是种子自身抵制活性氧、清除自由基有害物质的保护酶系。CAT 及 POD 可共同作为 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的解毒剂,SOD 能将毒性较强的 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 转化为毒性次级的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和基态氧,避免毒性更大的 ·OH 自由基生成,上述三种酶的活性强,具有一定程度保护膜系统、防止膜质过氧化的作用。由表 2 可知,玉米种子萌发 24 h 后,氯化钾各浓度处理的玉米种子 SOD,CAT 活性均显著高于对照。0.1 ~ 10.0 mmol/L 浓度范围内,POD 活性也有明显升高。这说明氯化钾处理能明显提高抗氧化酶活性,为以后萌发过程中清除细胞内因脂质过氧化产生的毒害奠定有利基础。

表 2 钾离子对玉米种子抗氧化酶活性的影响

Tab.2 Effect of K<sup>+</sup> on the activities of antioxidantase in maize seed

氯化钾浓度 / (mmol/L) KCl concentration	SOD 活性/ (U/ g) SOD activity	POD 活性/ (U/ g) POD activity	CAT 活性 / (U/ g) CAT activity
0	12.269	0.789	21.699
0.1	12.681 *	0.808	26.025 *
1.0	14.031 *	0.826 *	29.965 *
10.0	13.243 *	0.860 *	28.354 *
100.0	13.134 *	0.767	24.620 *

2.3 钾离子对玉米种子萌发过程中脱氢酶活性的影响

种子脱氢酶活性的强弱,或者说去氢作用过程的快慢,与种子本身的生活力强弱呈正相关<sup>[16]</sup>。氯化钾处理明显提高了脱氢酶的活性(图 1-A),各浓度处理的脱氢酶活性均显著高于对照。

2.4 钾离子对玉米种子萌发过程中 MDA 含量的影响

MDA 常作为膜脂过氧化损伤的标志,MDA 含量的高低可以反映膜发生过氧化的程度,MDA 含量高,表示膜发生过氧化程度严重。由图 1-B 可以看

出,钾离子处理后,MDA 的含量下降非常显著,其中 1.0 mmol/L 处理的 MDA 含量仅相当于对照的 31 % 左右。说明钾处理有助于种子清除萌发过程中产生的有毒物质。

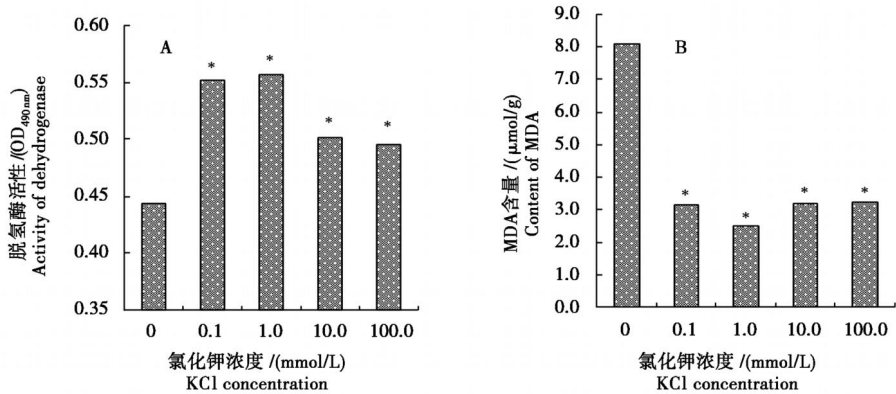


图 1 氯化钾对脱氢酶活性和 MDA 含量的影响

Fig.1 Effects of KCl on the activity of dehydrogenase and content of MDA

2.5 钾离子对玉米种子萌发过程中可溶性糖和可溶性蛋白含量的影响

在种子萌发过程中,水分增加,贮藏器官中的干物质减少,而可溶性蛋白和可溶性糖含量会逐渐增加。本研究发现,0.1 和 1.0 mmol/L 的氯化钾处理

能明显提高幼苗体内的可溶性糖和可溶性蛋白含量(图 2)。这说明,一定浓度的氯化钾处理能够促进种子体内淀粉和贮藏蛋白的转化,从而为新物质的合成提供能量和物质基础。

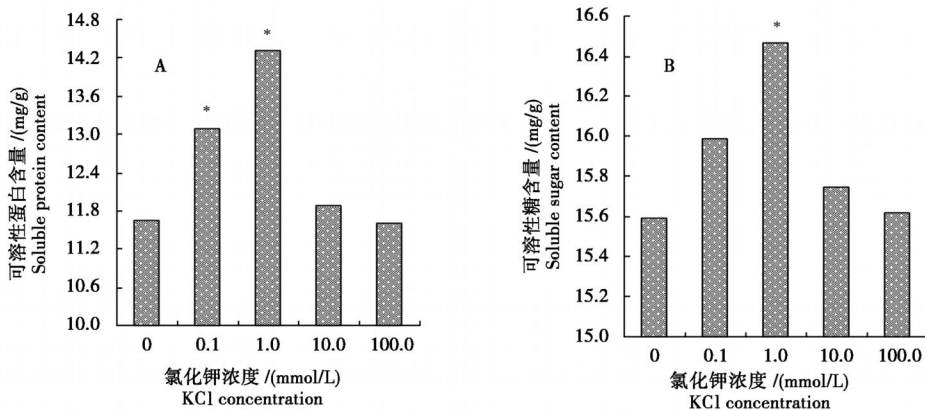


图 2 氯化钾对可溶性糖和可溶性蛋白含量的影响

Fig.2 Effects of KCl on the content of soluble sugar and soluble protein

3 结论与讨论

张菊平等<sup>[7]</sup>的试验表明,0.2 % ~ 0.3 % 的硝酸钾处理对辣椒种子的萌发具有一定的促进作用。武占会等<sup>[8]</sup>对茄子种子进行硝酸钾处理时也发现茄子种子发芽率、发芽势、发芽指数和发芽的整齐度提高。本试验表明,0.1 ~ 10.0 mmol/L 氯化钾处理后,玉米种子的发芽势、发芽率、活力指数和单株幼苗干质量明显升高,且以 1.0 mmol/L 的钾处理效果最佳。

种子活力与细胞膜结构及功能的完整性是密切相关的<sup>[17]</sup>。而种子萌发所需的能量来源于种子贮

存物质的氧化分解,由于各种代谢活跃启动,不可避免的会产生许多活性氧,这些活性氧会造成细胞膜结构破坏。种子组织中存在的 SOD,POD 和 CAT 等保护性酶可以清除萌发过程中产生的大量活性氧,维持种子萌发过程中膜结构的完整性。POD 和 CAT 还可共同作为 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的解毒剂;SOD 能将毒性较强的 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 转化为毒性次级的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub><sup>-</sup> 和基态氧,避免毒性更大的 OH 自由基生成。本试验中,氯化钾浸种处理后,SOD 和 CAT 活性升高显著,1.0 和 10.0 mmol/L 浓度处理的 POD 活性与对照差异也达显著水平,而 MDA 含量显著下降,这说明,钾处理减轻了种子萌发过程中细胞膜的脂质过氧化,维持了膜结

构的完整性,使结合于膜上的酶系统能正确整合,发挥酶系统的正常功能,从而有利于种子的萌发。

已有研究表明,种子中去氢酶活性的强弱,或者说整个去氢作用过程的快慢、强弱,与种子本身的生活力强弱呈正相关<sup>[16]</sup>。国际种子协会已将 TTC 染色图形法确定为测定种子生活力标准方法之一。但要准确知道种子的活力,光靠目测图形是不够的,还必须结合还原态 TTC 的定量测定<sup>[17]</sup>。在本试验中,氯化钾处理后,两品种玉米种子脱氢酶的活性升高显著,且与种子的萌发速率表现出相同的变化趋势,这可能是钾促进种子萌发的生理机制之一。

种子萌发期间,淀粉在淀粉酶的作用下水解为糊精与麦芽糖,再分解为葡萄糖和果糖,运送到胚部作为呼吸原料。蛋白质在萌发过程中,经蛋白酶的降解作用生成各种游离氨基酸,大部分供胚重组蛋白质利用,另一部分经脱氨转化为糖类供胚作呼吸的原料。因此,种子萌发后,种子体内贮存的淀粉和蛋白质能否进行正常的降解直接关系到新植物体的生长。刘军等<sup>[18]</sup>的试验表明,种子活力与种子萌发时胚贮藏蛋白的降解效率及蛋白合成一致,还表明不同活力的玉米胚吸胀后的蛋白质合成能力、贮藏蛋白质降解程度,可以作为衡量玉米种子活力的生化指标。本试验中,一定浓度的钾处理后,玉米种子体内的可溶性糖和可溶性蛋白含量显著升高,这可能是钾处理提高了种子内部淀粉酶和蛋白酶的活性,贮藏物质代谢加快,从而促进了种子的萌发。

## 参考文献:

- [1] Heydecker W. The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination[C]. Amsterdam: Elsevier/ North Holl and Biomedical Press, 1977: 237 - 252.
- [2] 王三根. 植物生理生化[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 87.
- [3] 韩立军. 不同施钾水平对玉米干物质及产量的影响[J]. 玉米科学, 2006, 14(5): 127 - 129.
- [4] 武际, 郭熙盛, 王允青, 等. 不同土壤养分状况下氮钾配施对弱筋小麦产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2007, 27(5): 841 - 846.
- [5] 李玉影, 金继运, 刘双全, 等. 钾对春小麦生理特性、产量及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(4): 449 - 455.
- [6] 杜雄, 张立峰, 李会彬, 等. 钾素营养对饲用玉米养分吸收动态及产量品质形成的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(3): 393 - 397.
- [7] 张菊平, 张艳敏, 康业斌, 等. 硝酸钾处理对不同贮藏年限辣椒种子发芽的影响[J]. 种子, 2005, 24(4): 28 - 30.
- [8] 武占会, 高志奎, 魏新燕, 等. 硝酸钾渗调对茄子种子发芽特性的影响[J]. 北方园艺, 2001(6): 9 - 10.
- [9] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [10] Cakmak I, Marschner H. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves[J]. Plant Physiol, 1992, 98: 1222 - 1227.
- [11] 乔燕祥, 高平平, 马俊华, 等. 两个玉米自交系在种子老化过程中的生理特性和种子活力变化的研究[J]. 作物学报, 2003, 29(1): 123 - 127.
- [12] 白宝璋, 靳占忠, 李存东. 植物生理学实验教程(下)[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2001: 61 - 62.
- [13] Read M S. Minimization of variation in the response to different protein of the coomassie blue G dyed binding: assay for protein[J]. Anal Biochem, 1981, 116: 53 - 64.
- [14] 郑光华. 植物生理学[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 622 - 661.
- [15] 朱诚, 曾广文, 郑光华. 超干花生种子耐藏性与脂质过氧化作用[J]. 作物学报, 2000, 26(2): 235 - 238.
- [16] 郑光华, 葛察明, 刘长江, 等. 吡啶核苷酸对杨树种子去氢酶活性消失的恢复作用[J]. 植物学报, 1964, 12(4): 325 - 332.
- [17] 陶嘉龄, 郑光华. 种子活力[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 164 - 169.
- [18] 刘军, 黄上志, 傅家瑞. 不同活力玉米种子胚萌发过程中蛋白质的变化[J]. 热带亚热带植物学报, 1999, 7(1): 65 - 69.