

# 微量元素对种子萌发的生理效应

张秋菊

(吉林通化师范学院生物系, 134002)

**摘要:** 植物体所需的微量元素种类很多, 包括铁、锰、锌、铜、氯、钼、硼等, 这些元素在植物体内虽属微量, 但对植物生长发育起着至关重要的作用。多数微量元素在较低浓度时能促进种子萌发, 而在较高浓度时却对种子萌发产生抑制甚至毒害作用。微量元素对种子萌发的作用机理在于影响了酶的活性及代谢作用的进程。

**关键词:** 微量元素; 种子萌发; 重金属

**中图分类号:** S604<sup>+</sup>.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0009(2004)06-0056-03

种子萌发是一个非常复杂的生理过程, 涉及到很多代谢途径, 如呼吸作用、水分代谢、各种贮藏物质的分解转化、酶和激素的作用, 以及各种外源因素(如温度、光照、金属离子等)都对种子的萌发产生影响<sup>[1]</sup>。种子萌发也是整个植物生长过程的重要阶段, 是对外界环境变化最敏感的阶段<sup>[2]</sup>。微量元素在植物体内含量很小, 但却是植物生长不可缺少的<sup>[3]</sup>。微量元素对种子的萌发起着不同程度的调节作用, 利用一定浓度的微量元素浸种处理, 活化了种子体内的酶系统, 促进了种子贮藏物质的分解, 加速了种子萌发的进程。近年来关于微量元素调控种子萌发的研究进展很快。现就微量元素对种子萌发的作用机理及研究进展作一综述, 期望能为进一步拓展本领域的研究思路与水平提供一些借鉴。

## 1 必需微量元素对种子萌发的生理效应

高等植物生长发育不可缺少的微量元素称必需微量元素, 必需微量元素有 7 种: 铁、锰、锌、铜、氯、钼、硼<sup>[3]</sup>。1987 年, Brown 等报道证实了镍是非豆科作物(大麦等)生长必需的营养元素, 正式确定了镍是高等植物必需的微量元素之一<sup>[4]</sup>。这 8 种必需微量元素对种子萌发的生理过程有着不同程度的影响。

### 1.1 铁的作用效应

铁是人们最早发现的微量元素, 距今已有 2000 多年的历史, 铁位居必需微量元素的首位<sup>[5]</sup>。铁在种子中, 尤其是在豆科(*Leguminosae*)植物种子中植物铁蛋白含量较高, 在种子萌发时, 植物铁蛋白被催化分解, 释放出  $Fe^{2+}$  供种子生长发育<sup>[4]</sup>。

### 1.2 锰的作用效应

0.15% 高锰酸钾浸种能显著促进沙棘(*Hippophae rhamnoides*)种子的萌发<sup>[3]</sup>。利用 0.2% 锰元素处理 *Pinus tabulae*

*formis* 的种子与对照组相比提高萌发率 12%~14%, 1% 的浓度处理可提高萌发率 9%~19%<sup>[6]</sup>。0.1% 左右的  $MnSO_4$  溶液浸种 8 h(小时), 能促进粮、棉、油、果树等作物种子的萌发。在北方质地较轻的石灰性土壤上, 锰的作用效果更加明显。

### 1.3 锌的作用效应

一定浓度(0.02%~0.1%)的  $ZnSO_4$  能打破种子的休眠, 提高种子的发芽率<sup>[7]</sup>。0.1% 的  $ZnSO_4$  处理玉米(*Zea mays*)种子后, 使发芽率和发芽指数均有提高。0.1% 的  $ZnSO_4$  处理水稻(*Oryza sativa*)种子 12 h~14 h(小时), 促进了萌芽进程<sup>[6]</sup>。0.05% 和 0.1%  $ZnSO_4$  浸种处理柳杉(*Cryptomeria fortunei* Hooibrenk)的种子, 可以明显提高种子脱氢酶的活性、呼吸速率、可溶性糖含量和蛋白质的含量, 而相对电导率却呈下降趋势<sup>[8]</sup>。

### 1.4 铜的作用效应

铜是植物生长发育必需的微量元素, 又是重金属元素(密度  $> 5.0 g/cm^3$ (克/立方米), 并且相对原子量  $> 40$  的元素), 稍过量即会对植物造成毒害<sup>[9]</sup>。不同浓度的  $Cu^{2+}$  对玉米种子萌发有较明显的影响, 但效果不尽相同, 低浓度(0.5 mg/L~1 mg/L(毫克/升))  $Cu^{2+}$  促进玉米种子的萌发, 而高浓度  $Cu^{2+}$  (128 mg/L~256 mg/L(毫克/升))则抑制萌发<sup>[10]</sup>。 $Cu^{2+}$  对豆科植物的种子萌发有阻滞作用, 但种间影响程度存在差异<sup>[11]</sup>。

### 1.5 氯的作用效应

氯是微量元素中仅有阴离子, 不同植物对氯营养要求差异很大, 同一种作物不同品种之间对氯的需求也有较大差异。氯元素能抑制种子的萌发, 因而不宜与种子直接接触。有很多忌氯的植物如烟草(*Nicotiana tabacum*)、甘蔗(*Saccharum sinense*)、马铃薯(*Solanum tuberosum*)、葡萄(*Vitis vinifera*)、柑桔(*Citrus reticulata* Blanco)等, 也有的植物如椰子(*Cocos nucifera*)、油棕(*Elaeis guineensis*)较喜氯<sup>[4]</sup>。在浸种催芽的环境中, 三氯乙醛浓度达 2 mg/L(毫克/升)时, 便明显地表现出小麦(*Triticum aestivum*)种子的萌发受到抑制(处理组发芽率 68%, 对照组 96%), 当三氯乙醛浓度达到 5 mg/L(毫克/升)时, 处理种子发芽率不到 50%。

$Na^+$  和  $Cl^-$  是造成盐土中离子毒害的主要原因<sup>[4]</sup>。 $NaCl$  胁迫下, 种子萌发过程中吸水受阻, 进一步抑制了细胞内正常



**作者简介:** 张秋菊, 女, 1968 年生, 通化师范学院生物系讲师, 实验室主任。毕业于吉林农业大学农学系, 吉林农业大学园艺专业研究生。现主要从事农作物高产栽培技术研究、植物生理学教学及研究工作, 发表论文多篇, 参与省教育厅及省 3818 项目多项, 编著生物学实验教程一部, 对长白山野生植物种子休眠生理有研究专长。

收稿日期: 2004-07-07

的代谢活动,如物质的运输及酶的活化等,从而引起种子萌发障碍。盐生(星星草、碱蓬等)和非盐生(玉米、小麦等)植物在高盐胁迫下,萌发均会受到不同程度的抑制<sup>[12]</sup>。刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、水杉(*Metasquoia glyptostroboides*)、侧柏(*Platyclusus orientalis*)等树木种子的发芽率和发芽势随 NaCl 浓度的增加而降低<sup>[12]</sup>。0.3%和0.5%NaCl 浸种,赤豆(*Phaseolus angularis*)发芽率为0,绿豆(*Phaseolus radiatus*)的发芽率则明显下降<sup>[13]</sup>。

#### 1.6 硼和钼的作用效应

硼对种子的萌发和幼根的生长有抑制作用,故一般不用硼处理种子。大豆(*Clycine max*)是需硼和钼较多的作物,采用硼、钼浸种是克服低钼低硼胁迫的常用方法之一。低浓度的硼或钼,都能提高大豆种子的萌发率,但随着浓度的增加,萌发率逐渐下降,高浓度的硼或钼浸种,使大豆种子的萌发率显著降低。硼对大豆萌发的效果不如钼显著<sup>[14]</sup>,硼还可以促进柳杉种子潜在能力的表达,提高种子的活力<sup>[8]</sup>。用 H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 处理羽叶槭(*Aceraceae negundo*)的种子,有促进发芽的效果。而 H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 处理 *Pinus tabulaeformis* 的种子发芽率却较低<sup>[9]</sup>。

#### 1.7 镍的作用效应

Brown 等实验室研究发现植物受镍影响的主要代谢过程包括种子萌发、衰老等。适量的镍处理能有效加快水稻种子萌发的启动速度,提高萌发的整齐度。在种子萌动初期,镍有助于稻种膜透性的增大,使种子吸水速度加快,吸胀阶段提前,并且有利于膜完整性的恢复。镍还促进了萌动初期稻种体内的生物氧化反应,使体内各类贮藏物质尽快被分解,为萌发提供了能量及物质<sup>[15]</sup>。镍还可以促进大豆、小麦、菜豆、豌豆种子的萌发。

## 2 其它非必需微量元素对种子萌发的生理效应

对于未证实为植物必需的元素则称为非必需元素。有些微量元素是植物所必需的,如硅,只有少数几种植物如木贼属植物(*Equisetaceae*)和一些含硅量高的禾本科植物正常生长必需硅元素<sup>[15]</sup>。浓度为 1.0 mmol/L 到 2.5 mmol/L 的硅能提高玉米种子的发芽率。Hg 是重金属元素,适量的 Hg<sup>2+</sup> 处理树锦鸡儿(*Caragana arborens*)和黄瓜(*Cucumis sativus*)的种子能提高发芽率,可能是由于它们抑制了种子所带的病菌的缘故,但较难彻底清除残留的汞。1×10<sup>-5</sup> mol/L Hg<sup>2+</sup> 处理小麦可提高种子的活力,浓度大于 1×10<sup>-4</sup> mol/L 降低种子的活力,浓度达 1×10<sup>-3</sup> mol/L 种子不能萌发。0.5~2.5×10<sup>-3</sup> mol/L 的 Hg<sup>2+</sup> 对萝卜(*Raphanus Sativus*)种子的发芽率和发芽指数均有抑制作用,随着处理液浓度的升高抑制效应逐渐加强。

锆是准金属元素,与硅同族,虽然我们还不能确定锆是水稻生长发育必需的微量或超微量元素,但锆对水稻许多生理过程有显著的抑制和毒害效应<sup>[14]</sup>。将水稻种子置于 0~3 mg/L(毫克/升)的 GeO<sub>2</sub> 溶液中浸种,发现在浸种前期,各浓度的 GeO<sub>2</sub> 对种子萌发均有促进作用,浸种后期促进作用减弱并最终转化为抑制作用,且抑制程度大小与浸种溶液中 GeO<sub>2</sub> 浓度呈正相关。铅对新银合欢(*Leucaena leucacephala*)萌发早期种子的吸水速率、吸水量、呼吸作用等代谢过程有抑制作用。碘化钾也有一定促进种子萌发的作用<sup>[7]</sup>。其它钴、钒、硒等元素对种子萌发的生理效应研究很少。

## 3 微量元素对种子萌发的作用机理

微量元素调节种子萌发生理过程的作用机理主要表现在以下 3 个方面。

### 3.1 影响种子萌发过程中多种酶的活性

种子萌发所需的能量来源于种子贮存物质的氧化分解,贮存物质的分解需要大量酶的参与,因此种子萌发时酶的变化是最为明显的现象。一些微量元素如 Fe、Mn、Zn、Cu 等不仅是组成酶或辅酶的成分,而且也是酶的活化剂。如锌是多种脱氢酶尤其是碳酸酐酶、谷氨酸脱氢酶、乳酸脱氢酶以及蛋白酶和肽酶的组成成分及活化剂<sup>[3]</sup>。锌对玉米种子萌发过程中淀粉酶、脂肪酶和谷丙转氨酶活性均有增强作用。锰是 36 种酶的活化剂和仅 3 种酶的成分,锰所活化的一系列酶促反应,主要是磷酸化作用,脱羧基作用,还原反应和水解反应等,所以锰离子和植物的呼吸作用有密切的关系。镍和钴能提高水稻萌发初期,超氧化物歧化酶(SOD)和 α-淀粉酶的活性,后期则抑制二者的活性。硅能提高玉米萌发种子中淀粉酶、蛋白酶和脂肪酶的活力,提高种子的发芽率。硼能提高脱氢酶和过氧化氢酶(CAT)的活性,脱氢酶的活性增强反映了种子活力的提高,过氧化氢酶活性提高说明了种子细胞氧化还原能力增强<sup>[8]</sup>。低浓度的汞离子对小麦种子萌发初期转氨酶、淀粉酶和脂肪酶的活性有短暂的促进作用,随着浓度的升高抑制作用加强。

### 3.2 影响种子萌发过程中各种代谢作用

种子的萌发伴随着种子的吸水、呼吸作用的变化和酶的形成以及有机物质的转变<sup>[1]</sup>。微量元素镍促进了水稻种子在萌动初始阶段大量吸水,使体内生物氧化反应加强<sup>[15]</sup>。Cl<sup>-</sup> 会造成种子吸水困难,从而抑制其萌发<sup>[4]</sup>。一定浓度的 Zn<sup>2+</sup>、Mo<sup>2+</sup>、B<sup>3+</sup>、Si<sup>2+</sup>、Mn<sup>2+</sup>、Ge<sup>2+</sup> 等都能不同程度的促进种子的呼吸作用<sup>[14]</sup>,加快物质的分解速度,产生能量供给胚的生长。而 Hg<sup>2+</sup> 能抑制植物种子的呼吸作用,使细胞产能代谢减弱。过量的 Zn<sup>2+</sup>、Cu<sup>2+</sup>、Hg<sup>2+</sup>、Mn<sup>2+</sup>、Ni<sup>2+</sup> 等重金属微量元素会抑制膜上 ATP 酶的活性,取代膜上的 Ca<sup>2+</sup> 而破坏膜的结构,使种子吸收水分、养分量减少<sup>[4]</sup>。

### 3.3 某些微量元素间对种子萌发存在交互作用

Zn<sup>2+</sup> 与 Ca<sup>2+</sup> 混合处理玉米种子,效果明显好于二者单独处理<sup>[7]</sup>,Zn<sup>2+</sup> 与 B<sup>3+</sup> 混合浸种处理柳杉种子效果更佳<sup>[8]</sup>。钼与硼混合浸种处理大豆的效果次于二者单独处理<sup>[13]</sup>。Zn<sup>2+</sup> 能缓解 Hg<sup>2+</sup> 对小麦萌发的抑制作用,H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 则能缓解 NaCl 对刺槐等种子萌发的抑制作用。

## 4 小结与展望

微量元素在植物体内含量甚微,一般只占植物体干重的百万分之几到千分之几<sup>[4]</sup>。稍多即产生毒害。种子萌发时,因吸水而使种皮变软,透性增强,对外界环境变化特别敏感,此时期处理种子可以尽快满足作物生长前期对微量元素的需求,且种子萌发时期的生长状况直接影响作物以后的生长和产量。种子处理所需肥料较少,特别适合于需量很少的微量元素,避免了因施用量很小导致的使用困难<sup>[3]</sup>。如玉米用锌溶液浸种,可防止苗期缺锌产生白化苗。浸种比追肥或叶面喷施效果更好。利用微量元素处理种子,在较低浓度时易产生促进作用,而在较高浓度则抑制萌发。某些元素如氯即使在较低浓度也会抑制种子萌发。另外,不同植物种类对同种

元素的敏感程度也不同。因此,必须充分了解各种微量元素的特殊性质,才能科学合理的使用微量元素,从而充分发挥其在农业生产中的巨大作用。

微量元素广泛用于植物生长发育的调控,其作用已日益为人们所重视,一些微量元素在目前还没有被证实是必需的,但已发现其对植物生长发育有一定的作用,称为有益元素,如硅、钴、钒等<sup>[3]</sup>。随着科学研究的深入,植物必需微量元素的种类必将逐渐增多。

微量元素中有很多属于重金属元素,如 Cu、Zn、Mn、Hg、Pb 等,大部分植物易受重金属的毒害而生长受阻,目前还未发现植物细胞内有任何种类的酶对过量重金属元素有耐盐性而不受毒害。对于多数植物而言,种皮对重金属具有低的渗透性,直到胚根冲破种皮后,渗透作用会增强。如 Pb<sup>2+</sup> 处理绿豆幼苗,使过氧化物酶(POD)活性降低,膜结构被破坏,使幼苗生长发育出现障碍。一些重金属离子沉积在植物体内,若进入食物链会危害人类的健康,甚至会对生态环境造成污染,因此微量元素的使用安全性也必需受到足够的重视。

参考文献:

[1] 柯德森,孙谷畴,王爱国.抗坏血酸与种子萌发的关系[J].应用与环境生物学报,2003,9(5):497~500.  
 [2] Y. X. Chen, Y. F. He, Y. M. Luo, et al. .... physiological Mechanism of plant roots exposed to Cadmium [J]. Chemosphere 2003, 50.  
 [3] 郑蔚红,冷建梅.青霉素、过氧化氢和高锰酸钾浸种对沙棘种子萌发和幼苗生长的影响[J].种子,2003(6):21~22,29.

[4] 廖红,严小龙.高级植物营养学[M].北京:科学出版社.  
 [5] 曹慧,韩振海,谭雪峰等.高等植物的铁营养[J].植物生理学通讯,2002,38(2):180~186.  
 [6] LIU Xiao-dong. Effect of trace elements on growth of Pinus tabulaeformis seedling [J]. Journal of Forestry Research, 2002, 13(4): 285.  
 [7] 傅强,杨期和,叶万辉.种子休眠的解除方法[J].广西农业生物科学,2003,22(3):230~234.  
 [8] 胡哲森.应用锌、硼提高柳杉种子活力初步研究[J].林业科技开发,1997,4:31~32.  
 [9] 黄河,熊治廷,刘杰.铜对玉米种子萌发和生长的影响[J].黄冈职业技术学院学报,2003,5(3):84~86.  
 [10] 刘登义,田胜尼,杨胜勇等.铜尾矿对5种豆科植物种子萌发和幼苗生长影响的初步研究[J].应用生态学报,2002,13(5):596~600.  
 [11] 金兰,丁莉.盐胁迫下星星草种子萌发过程中淀粉酶活性及可溶性糖含量变化[J].青海师范大学学报(自然科学版),2003,1:86.  
 [12] 吴以平,董树刚,韩宗晏.水杨酸对 NaCl 胁迫下绿豆和赤豆萌发生长的影响[J].植物生理学通讯,2002,38(1):137~138.  
 [13] 刘鹏,杨玉爱,钜、硼浸种对大豆幼苗生理特性的影响[J].浙江大学学报(理学版),2003,30(1):83~88.  
 [14] 王煜,扶惠华,田廷亮.镍对水稻种子萌发的影响及其生理生化背景研究[J].华中师范大学学报(自然科学版),1998,32(4):486.  
 [15] 夏石头,萧浪涛,彭克勤.高等植物中硅元素的生理效应及其在农业生产中的应用[J].植物生理学通讯,2001,37(4):356~360.  
 [16] 马成仓,李清芳,束良佐等.硅对玉米种子萌发和幼苗生长作用机制初探[J].作物学报,2002,28(5):665~669.

西瓜枯萎病是由半知菌亚门尖孢镰刀菌侵染引起的,是西瓜生产中一种常见土传病害。3.0%恶。甲水剂为治疗性杀菌剂,对西瓜枯萎病具有良好的防治效果,我们进行了田间药效试验,取得了较好的结果,现总结报告如下。

1 材料与方法

1.1 试验药剂 3.0%恶。甲水剂(吉林邦农生物农药有限公司);对照药剂10%双效灵水剂、30%恶霉灵水剂、25%甲霜灵水剂。

1.2 试验地点 黑龙江省双城市青岭乡青岭村、吴宝昌家西瓜地。

1.3 防治对象 西瓜枯萎病。

1.4 试验设计及方法 小区面积180 m<sup>2</sup>(平方米),土质为黑钙土,肥力中等,pH值6.5,有机质含量4.5%,所有试验小区栽培管理措施均匀一致。试验采用大区对比法,共设7个处理,不设重复。试验于2004年6月24日进行,按照设置的不同剂量由低浓度到高浓度对各处理区进行灌根,隔10 d(天)(7月4日)灌第二次根,每株用药液量250 ml(毫升)。

1.5 调查方法 第一次灌根前对各处理区进行病情基数调查,第一次灌根后10 d(天)和第二次灌根后15 d(天)进行防治效果调查。方法是每个处理区逐株调查,记录发病株数,计算发病株率、防治效果。

2 结果与分析

试验结果:3.0%恶。甲水剂250倍液、500倍液、750倍液防治西瓜枯萎病第一次灌根后10 d(天)和第二次灌根后15 d(天)防治效果依次为97.44%、94.87%、80.77%和92.16%、80.39%、88.23%。对照药剂10%双效灵水剂200倍液、30%恶霉灵水剂1500倍液、25%甲霜灵水剂1500倍液,第一次灌根后10 d(天)和第二次灌根后15 d(天)防治效果依次为100%、76.92%、96.92%和85.29%、64.71%、76.47%。由以上结果可以看出第一次灌根后10 d(天)3.0%恶。甲水剂250倍液、500倍液防治效果与对照药剂10%双效灵水剂200倍液、25%甲霜灵水剂1500倍液防治效果接近,第二次灌根后15 d(天)调查防治效果3.0%恶。甲水剂三个剂量的防治效果与对照药剂10%双效灵水剂200倍液防治效果相近。

同时在试验中还发现试验药剂各处理对西瓜生长安全。

3 结论

试验结果表明,3.0%恶。甲水剂250~750倍液对防治西瓜枯萎病效果理想,在西瓜枯萎病始发期灌根,间隔10 d天灌根1次,能有效控制西瓜枯萎病的危害,是目前防治西瓜枯萎病较好杀菌剂。(黑龙江省双城市农业技术推广中心植保站,150100)

3.0% 恶。甲水剂防治西瓜枯萎病

赵家跃,石继岭