

高压静电场对农作物种子生物学效应原发机制的探讨

白亚乡, 胡玉才

(大连水产学院)

摘 要: 该文选用一些农作物种子为代表, 应用高压静电场对其进行处理, 然后通过对处理及对照组进行自由基含量的测定来探讨静电场处理农作物种子的生物效应的原发机制。实验选用大麦、甜菜种子, 将种子随机分成 2 份, 其中一份为对照组, 另一份为处理组, 将处理组置于平行板电极形成的匀强电场中进行处理。电场强度 E 分别为: $E = 2.5 \text{ kV/cm}$ (大麦)、 $E = 4.5 \text{ kV/cm}$ (甜菜), 处理时间均为 10 min。处理后将这些种子和对照组种子分别去皮研磨, 过 120 目筛得粉末, 用电子天平称取等量粉末装入样品细管, 放入电子顺磁共振仪中进行自由基含量的测定, 实验结果表明: 一定强度的静电场能使农作物干种子的自由基含量显著提高。通过对实验结果的分析, 该文提出静电场对作物种子的生物学效应的原发机制是: 静电场是通过作用于种子内的水分子及一些生物大分子来提高种子内的自由基的含量而影响种子的活力的。

关键词: 静电场; 处理剂量; 自由基; 原发机制

中图分类号: S125

文献标识码: B

文章编号: 1002-6819(2003)01-0049-03

1 引言

近年来, 静电场的生物学效应问题越来越受到人们的重视, 国内外许多学者做了大量的实验研究工作, 并取得了大量的研究成果^[1~4]。在宏观方面很多实验结果都证明静电场对生物体, 尤其对一些农作物有明显的作用效应。例如, 南京农业大学的康敏等人采用 10 kV/cm 的正静电场处理番茄及小青菜种子, 可使番茄出苗数增加 30%, 产量增加 99.1%; 小青菜出苗数增加 33.4%, 产量增加 18.3%^[5]。内蒙古大学梁运章先生采用静电场处理甜菜种子, 其含糖量提高 0.6 度, 产量提高 7% 左右, 创经济效益近亿元^[6]。在微观方面, 不少学者从不同的角度对其作用机理作了初步探讨^[7,8], 但都还没有一个准确的定论, 尤其是对于静电场引发的原发机制还少有人问津, 深入开展机理研究不仅是农业上广泛应用该技术的重要基础, 也具有重要学术意义。本文通过对经静电场处理的一些农作物种子自由基含量的测定与分析, 初步探讨了静电生物效应的原发机制。

2 材料与方法

2.1 实验种子

本研究的实验种子为大麦(付 8)、甜菜(吉甜 2), 颗粒饱满, 籽粒匀称。

2.2 实验时间和地点

本实验是从 1999 年 8 月开始到 2000 年 4 月结束, 包括预实验和正式实验 2 个阶段, 在内蒙古大学物理系和测试中心, 中国科学技术研究院生物物理所完成的。

2.3 实验仪器

2.3.1 静电处理装置

静电处理装置为 KG-100 型直流高压发生器(宁夏电子仪器厂), 把交流 220 V 整流到 0~100 kV, 输出电

流在 0.1~1.0 mA, 自行设计的两平行铝板(60 cm × 40 cm × 0.3 cm)极距 5 cm, 形成 0~2000 kV/m 的电场强度, 下极板接地, 上极板加负电压。如图 1 所示。

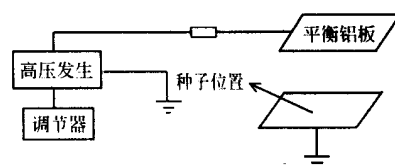


图 1 静电处理装置

Fig 1 Schematic diagram of electrostatic field device

2.3.2 自由基测试装置

自由基测试装置为德国产 ER 200-SRC 型电子顺磁共振波谱仪。

2.4 处理方式与剂量

挑选外形差异较小的一定量种子, 随机分成 2 份, 一份为对照组, 另一份为处理组, 将处理组种子分别置于平行板电极形成的匀强电场中, 分别采用不同电场强度(大麦: $E = 4 \text{ kV/cm}$; 甜菜: $E = 4.5 \text{ kV/cm}$)的电场处理 10 min, 电场波型为 50 Hz 半波整流, 电压极性对地为负。

2.5 自由基的测定及方法

将经静电场处理的种子及对照组分别去皮研磨, 过 120 目筛得粉末, 用电子天平称取等量粉末装入样品细管, 放入电子顺磁共振仪中进行测定, 顺磁共振仪将根据测定结果绘制出自由基分布图, 根据所绘图形进行自由基的分析比较。

3 静电场对自由基的影响

将经静电场处理过的种子(以大麦、甜菜为例)及对照种子分别进行自由基含量测试, 并绘制出自由基含量分布曲线, 如图 2、图 3 所示。

由图 2 和图 3 可见, 大麦、甜菜干种子内有机自由基的 ESR (电子自旋共振) 波谱为不具超精细结构的单峰波谱, 与对照组相比, 经静电场处理过的大麦、甜菜种

子, 其峰位、峰宽无明显差别, 而峰值则有较大差别(在峰位、峰宽相同的情况下, 峰值代表自由基浓度, 峰值越大则自由基浓度越大^[9]), 其各组自由基浓度均明显高于对照组。其中大麦增加约 35% ((处理组峰值与谷值高度差 58—对照组峰值与谷值高度差 43)/对照组峰值与谷值高度差 43); 甜菜增加约 50% ((处理组峰值与谷值高度差 60—对照组峰值与谷值高度差 40)/对照组峰值与谷值高度差 40)。

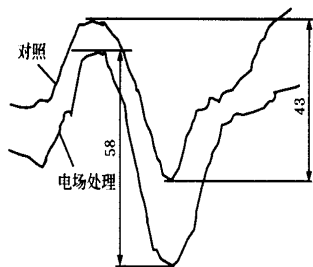


图 2 静电场处理大麦种子的 ESR 波谱图谱

Fig. 2 ESR spectrum of barley seeds stimulated by HV SEF

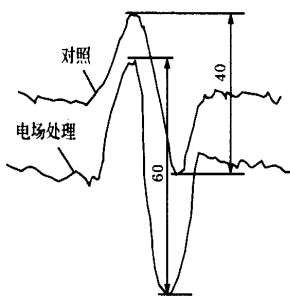


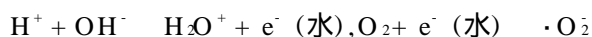
图 3 静电场处理甜菜种子的 ESR 波谱图谱

Fig. 3 ESR spectrum of beet seeds stimulated by HV SEF

4 分析与讨论

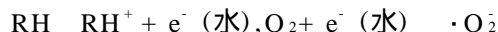
根据本次实验结果并参考国内外有关文献资料, 就其生物学效应的原发机制分析如下: 静电生物效应是由静电场首先引起生物体内分子的物理、物理化学和化学的原发反应, 从而形成一个综合的后系列效应。在这个原发反应中, 自由基是一个重要的作用因子。本文实验证明静电场能使种子内自由基含量显著增加。自由基产生过程及其对生物体的影响为: 静电场具有一定的电场能, 当静电场作用于农作物种子时, 首先是作用于种子内的水分子(在正常情况下农作物种子内都含有 10%~14% 的水分, 且大部分为液态自由水)。由于液态水是电解质, 在一般情况下, 存在着电离平衡, 一方面水分子集团中不断有一些水分子的氢氧键断开形成 H^+ 和 OH^- 离子, 另一方面又有一些 H^+ 和 OH^- 离子结合为水分子, 即水分子处于一种动态平衡中。 $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ 。

在这个动态平衡中, 当水中 H^+ 和 OH^- 离子浓度较小时, 平衡向右移动; 当水中 H^+ 和 OH^- 离子浓度较大时, 平衡向左移动。当将种子放入高压静电场时, 电场将有利于这个平衡向右移动, 使水中 H^+ 和 OH^- 离子浓度增大。而 OH^- 中的电子可在电场催化下被种子中的氧俘获后生成超氧阴离子自由基($\cdot O_2^-$), 即



华东师范大学陈家森等人做了大量实验证明电场可使水中出现过量的超氧阴离子自由基^[10]。

其次, 静电场作用于种子内生物大分子(RH), 使其部分生物大分子发生电离, 电离产生的电子也可被种子内的氧俘获后生成超氧阴离子自由基($\cdot O_2^-$)。即



本文采用电子顺磁共振波谱仪对静电场处理过的大麦、甜菜种子进行自由基浓度的测定, 其结果证实了自由基参与了静电场处理种子的原发机制。由一定剂量的静电场产生的超氧阴离子自由基能够促使生物膜透性增加, 其原因可能是由于自由基导致细胞膜的脂质过氧化。根据自由基生物学理论可知: 细胞膜主要成分是具有极性脂质(磷脂和胆固醇等)和膜蛋白, 而脂质过氧化就是在自由基的作用下, 使脂质分子(LH)脱去一个氢原子形成脂质自由基 $L\cdot$, 脂质自由基与氧反应形成脂质过氧自由基, 此自由基再攻击其它脂质分子, 夺取其氢原子, 生成新的自由基和脂质氢过氧化物。如图 4 所示。

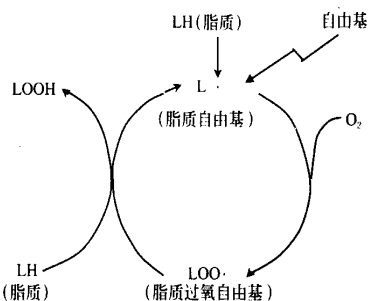


图 4 细胞膜的脂质过氧化反应过程

Fig. 4 Peroxidation process of cell membranes LH

此反应的反复进行导致了脂质分子的不断消耗, 从而使生物膜的透性增加。由于细胞膜的透性增加可使水分、氧气和一些微量元素迅速渗入种子内; 打破种子的休眠状态, 促使种子提早萌发和促使幼苗生长。有实验证明: 经静电场处理后的农作物种子, 其呼吸强度、发芽率及田间产、质量均较对照组有所提高^[11]。另外, 一定浓度的自由基激活了与生物膜相结合的腺苷酸环化酶, 导致基因活化, 使负责酶合成的基因解除抑制。因此在适宜的电场处理下, 各种酶和蛋白质合成的活性增加, 特别是水解酶、淀粉酶以及氧化还原酶、过氧化物酶、过氧化氢酶等的活性增强, 从而保证营养物质迅速而充分地进入胚中, 加速细胞分裂, 提高蛋白质和核酸合成的速度, 使整个生长过程活跃起来^[12], 所有这些导致种子提早萌发和促进幼苗早期生长, 为植株进一步生长打下基础。很多学者已证明静电场可使种子的水解酶、淀粉酶、过氧化氢酶、过氧化物酶、酯酶同工酶的活性得到提高^[6, 13, 14]。

5 结论

静电场对农作物种子生物学效应的原发机制是: 静电场作用于种子机体内水分子和生物大分子, 使之产生

超氧阴离子自由基,一方面这些自由基能够促使生物膜透性增加,使种子提早萌发;另一方面,它又激活与生物膜相结合的腺苷酸环化酶,导致基因活化,使负责酶合成的基因解除抑制。由静电场引起的原发过程与自然进行的个体发育过程,把刺激效应传递给下一个发育阶段,从而使经静电场处理过的种子较对照组表现为发芽率更高,酶的活性、呼吸强度更强,早期生长速度更快,并导致了未来产质量的提高。

通过以上对静电场作用农作物种子原发机制的初步分析,结合有关学者对小剂量辐射及磁场对农作物种子原发机制的相关报道^[15~17],发现它们具有一个共同特点,即它们都能使种子内自由基含量增加,从而使生物膜的透性增加;酶的活性增强,进而使种子提早萌发、生长加快,并导致后期产质量的提高。

静电场对农作物种子生物学效应的原发机制是一个非常复杂的过程。由于本实验仅对2种农作物种子的自由基浓度进行了比较与分析,分析结果只是有益的尝试,今后还应进一步扩大实验范围,对该分析结果进行进一步的验证与深化。

[参 考 文 献]

- [1] Edw in L Carstensen Biological effects of power frequency electric fields[J]. Journal of Electrostatics, 1997, 39: 157 ~ 174
- [2] 胡玉才,袁 泉,陈奎孚. 农业生物的电磁环境效应研究综述[J]. 农业工程学报, 1999, 15(2): 15~ 20
- [3] 三浦丰彦. 高压电场的长期暴露的影响[J]. 劳动科学, 1979, 55(12): 682~ 688
- [4] 周爱芬,复光敏,陈惠民. 外加电场对小麦和族毛麦原生质体分裂和生长发育的影响[J]. 植物学通报, 1995, 12(1): 52 ~ 53
- [5] 康 敏,余登苑,柳学平等. 静电场对植物生长的生物效应

研究[J]. 农业工程学报, 1998, 14(4): 252

- [6] 梁运章. 静电生物效应及其应用[J]. 物理, 1995, 24(1): 36 ~ 38
- [7] 赵 剑,杨文杰,马福荣等. 高压静电场(HV EF)预处理种子对大豆幼苗抗冷害的影响[J]. 生物物理学报, 1997, 13(3): 489~ 491.
- [8] 于爱真,蔡兴旺,李 明等. 高压静电场分离水稻、油菜及芝麻种子对萌发期生物效应的影响[J]. 生物物理学报, 1996, 12(2): 310~ 314
- [9] 张建中,孙存普,段绍瑾. 自由基生物学导论[M]. 北京: 中国科学技术大学研究生院教材, 1991.
- [10] 陈家森,叶士璟,陈树德等. 电场对水结构的影响[J]. 物理, 1995, 7: 424
- [11] 宋占海. 静电场处理作物种子对其活力的影响及机理初探[J]. 种子, 1993, (1): 43~ 46
- [12] 陶仲文. 苏联小剂量刺激效应的研究与应用[J]. 苏联科学与技术, 1989, (1): 51.
- [13] 乔振先,蔡兴旺,刘木华等. 高压静电场分离油菜、芝麻种子对萌发期超氧化物歧化酶的影响[J]. 江西农业大学学报, 1998, 20(1): 102~ 105
- [14] 王 莘,李肃华,闵伟华等. 高压静电场对月见草种子萌发的生物学效应[J]. 生物物理学报, 1997, 13(4): 668 ~ 670
- [15] Kyzun A M. Different major molecular mechanisms of action of high and low-level radiation [J]. Izv Akad Nauk SSSR Seriya Biologicheskaya, 1980, (6): 883~ 890
- [16] 林廷安. 梯度磁场对农作物增产效应及其机理[J]. 核农学通报, 1990, (4): 189
- [17] Kuzin A M. Stimulation of plant growth by exposure to γ radiation [J]. Environmental and Experimental Botany, 1986, 26(2): 163~ 167.

Original mechanism of biological effects of electrostatic field on crop seeds

Bai Yaxiang, Hu Yucai

(Department of General Studies, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China)

Abstract In this paper, several crop seeds were selected as representatives to be treated by the high voltage electrostatic field. Through determining the content of free radicals, the original mechanism of the biological effects of the electrostatic field on crop seeds was discussed. In this experiment, barley and beet seeds were selected, which were divided into 2 groups at random with similar numbers in each group. One is the control group, the other is the experimental group. The experimental group was put into an even intensity electric field produced by a parallel polar plate. The barley seeds were treated by 4 kV/cm for 10 minutes, while the beet seeds were treated by 4.5 kV/cm for 10 minutes. The seeds (both the control group and experimental group) were milled into flour, then the same amount of flour was put into the sample tube, and was put into the ESR (electronic spins resonance) equipment to determine the content of free radicals. The result of the experiment shows that the electrostatic fields with a certain intensity can increase the content of free radicals in seeds. It is proposed that the original mechanism of the biological effects of the electrostatic fields on crop seeds is that the electrostatic fields affect the activity of seeds through increasing the content of free radicals in seeds by affecting the water molecules inside seeds and some large biological molecules.

Key words: electrostatic fields; treating dose; free radicals; original mechanism