

静电生物效应及其应用

梁运章

(内蒙古大学静电研究室, 呼和浩特 010021)

摘要 静电生物效应是静电学与生物学学科交叉而产生的效应。综述了静电生物效应的研究内容, 提出当前存在的问题, 并指出一门崭新的交叉学科——静电生物学必将诞生。

关键词 静电生物效应, 静电生物学, 静电场

Abstract The electrostatic biological effects arise frise from the combined consideration of electrostatics and biology. The studies on electropstatic biological effects are reviewed in this paper. We point out the present problems existing in the electrostatic biology which will grow into a new interdisciplinary science.

Key words electrostatic biological effects, electrostatic biology, electrostatic field

1 引言

曾经一度找不到用武之地的静电, 由于电工、电子技术和材料科学的发展, 开始大显身手, 现在, 静电除尘、静电分选、静电喷涂、静电植绒、静电复印、静电摄影等静电应用技术不断涌现, “静电”的参与使这些工业技术面貌一新, 显示出了静电的独到本领。近年来它又加入到生物工程技术领域, 在遗传基因操作、细胞融合、细胞分选等方面发挥着特殊的作用, 而静电生物效应则是“静电”施展威力的另一广阔天地。

地球本身是一个巨大的静电场, 地球电离层相对于地面有 360 kV 的正电位, 因此地球表面附近的电场强度约 130 V/m, 整个地球每秒钟内都有 1800 C 的正电荷从大气中流入地球内, 而地球表面上的生物体正是这 1800 A 的大气电流的重要通道。因此, 大气电场和大气电流对生物体是生死攸关的。另外, 地球表面存在着正、负空气离子。正常情况下, 正、负空气离子比为 1.2:1, 总离子数约为 1500 个/cm³, 它们是空气的正常组分之一。

静电生物效应就是研究静电场对生物体(包括动物、植物、微生物和人)所产生的影响。静电场可分匀强电场和非匀强电场(亦称电晕电场, 因为这里讲的是有电晕放电的非匀强电场)。非匀强电场主要是通过高电压电离空气产生的空气离子和臭氧发生作用。研究它对生物体的影响亦称空气离子生物学效应。

2 主要研究内容

当前静电生物效应主要的研究内容是:

2.1 促进农作物生长

电晕电场对大田作物和蔬菜生长有较大影响。例如: 在蕃茄、大豆、玉米植株的上方施加一定正电压的电晕场, 离子浓度达 14×10^6 个/cm³ 时, 可使植株增高、茎增粗, 增加产量。

2.2 静电场处理种子

在植株上方施加高电压形成电晕场来促进作物增产的方法, 对大面积种植是难以实现的, 但经大量试验证明, 直接对作物种子进行静电场处理, 亦可以促使作物提高产质量。处理方式分电晕电场和匀强电场两种:

2.2.1 电晕电场处理种子 处理装置见图

1(a), 由直流高电压发生器将电压施于电晕线($\phi = 0.6\text{mm}$)上, 种子单层放在接地的金属极板上, 其极距为 0.2—0.4 m, 空气负离子浓度为 14×10^6 个/ cm^3 , 据鞍山静电技术研究设计院报告, 经负电晕场处理的青椒、蕃茄、黄瓜、玉米、大豆、水稻等种子, 其活力指数可提高 10%—20%, 植株增高, 茎增粗, 根变长, 叶片增多, 产量提高 5%—40%。经生化测定, ATP 含量增加 76.7%—216.7%, 淀粉酶增加 31%—51%, 脱氢酶活性提高 15%—50%^[1]。

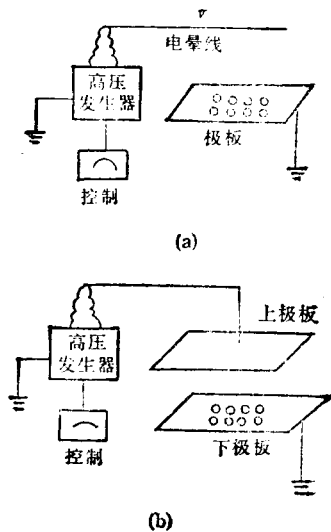


图1 静电场处理种子装置图
(a) 电晕电场; (b) 匀强电场

2.2.2 匀强静电场处理种子 处理装置见图 1(b), 由直流高电压发生器将负高电压施加于两块平行金属平板之间, 种子以一定厚度置于电极平板上, 其施加电压、极距、处理时间及种子厚度根据试验决定。

内蒙古大学静电研究室用静电场处理甜菜种子, 经连续十年试验已进入推广阶段, 平均提高甜菜含糖分 0.6 度, 提高亩产量 7%, 每亩可平均增值 40 元, 现已推广 11.3 万顷, 创经济效益达 7,000 万元。处理大麦、小麦可提高蛋白质 1% 左右, 对牧草种子处理也很有效^[2]。沈阳农业大学对棉籽用 4 kV/cm 的匀强静电场处理 12 h, 可使棉花增产 12.4%, 绒长增加 1—2 mm^[3]。用静电场处理水生作物菱、芡种子, 使

菱增产 23.5%, 芡增产 14%^[4]。

经生化测定, 静电处理的大麦种子, 其淀粉酶活性提高, α -氨基氮含量增加; 黑麦中期细胞指数增加^[5]; 甜菜种子的过氧化物酶同 I 酶、酯酶同 I 酶活性增加^[2]。内蒙古大学静电研究室从分子生物学方面通过用现代物理仪器对静电生物效应机理进行探讨, 例如用日本产 D/MAX-III A 型 X 射线衍射仪对经静电场处理过的甜菜、大麦种子进行衍射对比测定 (见图 2), 结果发现, 它们与高聚物的 X 射线衍射图谱有类似之处, 即都同时存在着明锐和弥散两种散

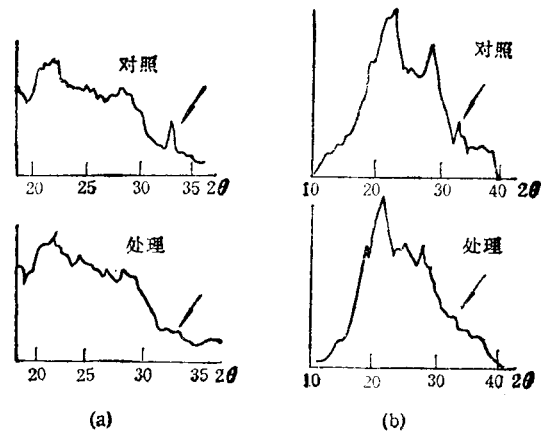


图2 X射线衍射甜菜、大麦种子的衍射谱图
(a) 大麦; (b) 甜菜

射, 可以推测明锐散射可能是由种子内部蛋白质晶体部分产生, 弥散散射由种子内非晶体部分(主要是胚乳部分)产生。在对比各种样品不同衍射角处的衍射峰后发现, 其衍射强度均有明显变化, 并与宏观试验结果具有一定相关性^[6]; 用德国产 ER200-SRC 型顺磁共振波谱仪分别测定经静电场处理和对照组的甜菜、大麦种子的自由基 (见图 3), 发现其最优剂量处理组的自由基浓度明显高于对照组, 这个结果与小剂量辐射刺激作物种子的生物学效应的结果相同, 说明静电场也可以使生物膜透性得以改变, 加速新陈代谢^[7]; 用液体闪烁计数器(美国 Beckmen 公司产 LS-5801 型) 分别测定经静电处理与对照甜菜种子, 发现处理组超弱生物发光强度明显提高, 说明静电处理后可提高代谢能力。

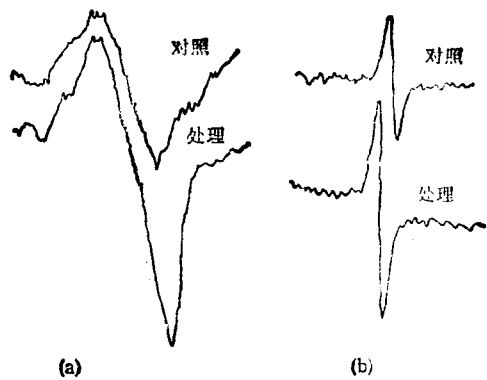


图3 顺磁共振仪测定甜菜、大麦种子的 EPR 谱图
(a) 大麦; (b) 甜菜

2.3 静电场对细胞的影响

近来, 静电生物效应的研究已从大多集中于植物发展到跨进动物领域, 并取得了很有意义的成果。

浙江大学叶家明及研究生研究高电压静电场对离体培养肿瘤 (Smmc-7721 人肝癌细胞) 细胞生长及小鼠 S-180 肉瘤的影响。结果发现, 一定强度的静电场有抑制人肝癌细胞及肉瘤生长的效应^[8]。

内蒙古大学梁运章与内蒙古农牧学院合作研究了静电场对家兔、绒山羊精液品质的影响。试验结果表明, 用一定剂量的匀强静电场处理家兔、绒山羊精液, 对精子活力、精子畸形率、顶体异常率、呼吸强度、GOT 酶活性、AKP 酶活性、乳酸含量、精液中某些阳离子浓度等项指标均有明显变化, 并通过液体闪烁仪对其超弱生物发光强度进行了对比测定, 证明与生物学效应的各项指标呈相关性^[9]。

东北师范大学王锡录等人利用一定剂量电晕电场处理痢疾杆菌、金黄色葡萄球菌可以得到杀灭率为 100% 的效果^[10]。

此外, 还有用匀强静电场处理柞蚕卵、鹌鹑卵和鸡种蛋^[11]所产生的生物学效应的报道。

2.4 静电保鲜

利用高电压电离空气产生的空气离子和一定浓度的臭氧, 可以用来实现果蔬保鲜。其机理大致可以认为: 空气负离子对果蔬新陈代谢

有抑制作用, 使果蔬内部几种主要酶活性相应降低, 因为生物都是带电体, 使果蔬体中的电生物反应失衡而受阻, 生命活动受到抑制, 从而使贮存时间延长, 达到保鲜目的。另外, 臭氧经分解可放出新生态原子氧, 因此具有极强的消毒杀菌作用, 它能杀死残留于果蔬表皮及贮藏空间的细菌和霉菌, 减少果蔬的霉烂率, 臭氧还可以氧化果实的代谢产物——乙烯, 延缓果实成熟。各地的试验报告表明, 静电保鲜西瓜、蜜桔、蜜瓜、菠萝、香蕉等都取得了较好效果^[12]。

2.5 静电场与人

在空气离子的试验研究中, 发现正、负离子对人体的作用很大。正离子多了, 对人体有刺激, 易产生烦闷、燥热、疲乏等不安情绪; 而负离子多了, 则有镇痛、兴奋、杀菌等作用。通过长期临床观察表明, 负离子对人体有如下主要作用:

- (1) 能调节中枢神经的兴奋与抑制, 改善大脑皮层的功能, 产生良好的心理状态。
- (2) 刺激造血功能, 使异常血液成分趋于正常化。
- (3) 改善肺的换气、增大肺活量, 促进气管纤毛摆动, 减少对创伤的易受伤性。
- (4) 能促进组织生化氧化还原过程, 增强呼吸链中的触媒作用, 增强机体免疫力。
- (5) 促进内分泌。

因此, 可以利用空气负离子治疗多种疾病, 还可以改善恶劣环境中的空气质量, 创造清新的微区气候。为此, 科技人员研制了空气负离子发生器, 它是利用高电压电晕放电产生大量电子与空气中的氧气发生作用形成负氧离子的原理制造的。通常要求其负氧离子浓度大于 3×10^6 个/cm³, 但当极间电压过高时会产生臭氧, 过量的臭氧对人体有害。人在 100 ppb 臭氧浓度的环境里, 生活数小时会感到不适。按我国 1982 年公布的大气环境质量标准 GB3095-82 中规定, 一级大气环境质量标准, 臭氧浓度必须低于 60 ppb。因此, 必须对臭氧发生量严格控制。

医学临床研究还表明, 静电场对人体生理

有明显影响,当把人体置于施加 200—600 V 负直流电压的负电极板上,并与大地构成静电场,对治疗人体神经衰弱的有效率达 94.3%,对挫伤、扭伤、神经炎、支气管哮喘等疾病均有明显疗效^[13]。

2.6 静电技术在生物工程技术中的应用

近年来,彼此似乎无缘的静电技术与生物工程技术之间发生了日益紧密的联系,它为生物工程技术提供了新的研究手段,受到国内外学者高度重视,成为当前生物工程技术的热点之一。

静电技术在生物工程技术领域中的应用主要是细胞操作及遗传基因操作。静电技术应用于细胞操作,可以分为两个方面:

(1) 关于细胞的力学性操作过程,包括细胞的分选、输送、细胞空间位置的控制等。

(2) 关于细胞融合,向细胞中导入物质伴有引起细胞质变的技术等。

3 发展前景

静电生物效应的发现是在 18 世纪中叶,但得到学者的关注还是近几十年的事,尤其在我国,近年来静电生物效应的研究十分活跃,在理论研究方面有了一定成果,应用方面取得了一定的经济效益,得到国际学术界的赞许。

静电生物效应是静电学与生物学交叉而产生的一个新的学科,静电场与生物的相互作用,可引起刺激或抑制生物生长发育或致死效应,人们用控制剂量的方法来调控它,以达到为人类服务的目的。例如,利用致死剂量可灭菌消毒,利用抑制剂量实现果蔬保鲜,利用临界剂量处理作物种子和动物精液,促进生长发育等。

静电生物效应是以生物的宏观现象表现的,而这些宏观现象与生物体内的微观过程和

机制有着密切的联系。因此,研究静电生物效应的重要任务应该是:一方面搞清楚它的宏观现象;另一方面要揭示出它的微观机制。例如,静电场如何影响生物体内的电子传递,静电场与生物体内自由基活动,静电场与各种酶活性,静电场影响生物膜渗透,静电场与生物体的代谢过程等。然而,目前的研究现状是:这些宏观现象的试验研究尚处于资料积累阶段,微观机制的研究还远没有达到相互联系的程度。因此,十分需要继续系统地进行静电生物效应的宏观试验,此外还要深入开展微观机制的探讨,尤其是从分子生物学水平充分利用现代物理仪器手段全方位地进行研究。

当前,科学技术发展的重要特点是各学科相互影响和渗透,交叉学科不断涌现。静电生物效应的研究正向纵深发展。我们相信,一门崭新的交叉学科——静电生物学必将诞生。

参 考 文 献

- [1] 白希尧等,自然杂志,7-12(1984),902.
- [2] 梁运章、于永芳,静电研究与进展,内蒙古大学出版社,(1992),135,166,183.
- [3] 刘福全,东北农学院学报,1(1974),86.
- [4] 余登辉等,静电,2(1987),11.
- [5] 鲍重光,现代静电技术,万国学术出版社,(1988),455.
- [6] 梁运章,第五届全国X射线衍射学术会议论文集,中国物理学会X射线衍射专业委员会,(1991),360.
- [7] 梁运章,第三届全国自由基生物学与自由基医学学术会议论文集汇编,中国生物物理学会自由基生物学与自由基医学专业委员会,(1991),504.
- [8] 梁运章、于永芳,静电研究与进展,内蒙古大学出版社,(1992),145.
- [9] Ruinian Li, *Applied Electrostatics*, Beijing Institute of Technology Press, (1993), 422.
- [10] 梁运章、于永芳,静电研究与进展,内蒙古大学出版社,(1992),155.
- [11] 张振球,静电生物效应,万国学术出版社,(1989),65.
- [12] 张振球,静电生物效应,万国学术出版社,(1989),39,44,55.
- [13] 鲍重光,现代静电技术,万国学术出版社,(1988),436.