

# 辐射与环境生物物理研究

第一集

章之蓉 主编

中国科学技术出版社

# 辐射与环境生物物理研究

第一集

章之蓉 主编

中国科学技术出版社

## 内容简介

本文集由中国生物物理学会召开的第四届辐射与环境生物物理学学术会议 220 篇论文中优选出 56 篇汇集而成。研究论文涉及电离辐射、光、声、磁、电、空气负离子等各种物理因素对生物体的作用，反映了我国辐射与环境生物物理学各个方面的进展。

本书可供辐射与环境生物物理学研究、信息工作者和教学工作参考。

(京) 新登字 175 号

## 辐射与环境生物物理研究

### 第一集

章之蓉 主编

责任编辑 张 崑

\*

中国科学技术出版社出版发行 (北京市海淀区白石桥路 32 号)

北京大学印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/16 印张: 18 字数: 362 千字

1992 年 12 月第 1 版 1992 年 12 月第一次印刷

印数 00,001-1,000

ISBN 7-5046-0969-2, Q·35

定价: 12.00 元

# 辐射与环境生物物理研究 第一集

## 目 录

缢蛭碱性磷酸酯酶在磁场作用下构象和活力变化研究 .....	刘红兵 陈臻臻 颜思旭 程玉华 ( 1 )
恒定磁场对脑磷脂平面双分子层电特性的影响 .....	刘文龙 吴震荣 ( 6 )
磁场对花叶芋、大豆愈伤组织的影响 .....	胡 岗 范义积 ( 9 )
特定外磁场对小麦 POD 活性的影响及对萌发与生长的调控作用 .....	习 岗 傅志东 ( 13 )
低强度超短波对小鼠体力的影响 .....	王 强 贺中解 姚智敏 张家选 ( 19 )
超短波对小鼠周围血象的影响 .....	王 强 姚素梅 姚智敏 张家选 ( 23 )
超声波对中华鲟受精卵孵化及仔鱼成活率的影响 .....	谢瑞生 章之蓉 张德俊 王军红 ( 27 )
锻炼提高耐热能力的研究 I 长跑与行军的耐热效果评价 .....	邱仞之
甄洪钧 朱受成 万为人 李等松 王全清 张明海 张虎山 武树德 刘献朝 ( 31 )	
锻炼提高耐热能力的研究 II 越野与热浴锻炼耐热效果的评价 .....	邱仞之 甄洪钧 朱受成 胡德泉 万为人 刘汉湘 ( 40 )
麦精康 — 劳动保健饮料对免疫功能、体力和耐热能力的保护效应 .....	邱仞之 胡德泉 万为人 朱受成 叶卓明 ( 47 )
猕猴在横向超重 (胸 - 背) 作用下心电图和呼吸的变化 .....	宋如垓 吴震荣 张淑赋 <b>包 正</b> ( 53 )
我国空气离子生物效应的研究 .....	李安伯 ( 59 )
不同疗程的空气离负子吸入对支气管哮喘疗效的探讨 .....	孟 进 张久山 ( 64 )
低剂量电离辐射对番茄刺激效应的研究 .....	徐登镒 万兆良 刘克抑 ( 68 )
几种茄果类蔬菜种子受交变电场处理后的生物学效应的初步研究 .....	江林华 陈 珏 万东辉 叶士颖 周 革 陈家森 ( 73 )
高压电场对柑、橙等水果保鲜的初步观察 .....	张 诚 ( 78 )
在发育过程中的大白鼠内锌或硒与铅的相互作用 .....	阮迪云 汤立新 黄碧霞 林淑钦 陈树榆 阮 进 陶明远 李 哲 ( 82 )
生命元素硒与癌 — 99 例癌症患者与健康人发硒含量分析 .....	程 超 夏 堃 程广泽 王福君 骆彩霞 徐承孝 ( 88 )
微量元素锰与癌 .....	夏 堃 程 超 程广泽 王福君 刘玉先 骆彩霞 ( 91 )
黄芪及其复方液对噪声引起免疫功能变化的影响 .....	黄 敏 张卓然
郑崇龙 徐承孝 邓澄文 丛凤廷 王 慧 李文勇 施聪辉 华绿萍 罗一丁 ( 94 )	
强稳态噪声对不同类型大鼠左心室钙调素效应 .....	叶康平 赵宗群 高 弘 ( 99 )
用 FFR 检测白噪声、560Hz 和 3.6KHz 连续纯音对豚鼠听觉功能的影响 .....	宋如垓 徐静华 顾凡及 <b>包 正</b> ( 102 )
He - Ne 激光对孔雀鱼的色彩呈现和繁殖能力的影响 .....	何家林 谢瑞生 章之蓉 ( 107 )

激光对鱼类生长繁殖的影响 .....	何家林 谢瑞生 章之蓉	(110)
复合暴露时 $\gamma$ 射线与噪声对豚鼠听阈偏移的影响 .....	史秀凤 胡正元 李平 魏晶	(114)
微波 ELISA 快速测定抗 ds-DNA、ss-DNA 抗体 .....	张乐之 龚燕芳 顾福生 张永生 陈夷 谢企良	(119)
低能重离子植入小麦干种子后的早期生物学效应 .....	卫增泉 刘玉岩 王桂玲 杨汉民 韩榕 高清祥	(122)
骨髓型放射病犬全血粘度变化动态特征 .....	崔斗万 王勇 周凤祁 谢玲 梁德明	(128)
加速重离子及 $^{60}\text{Co}\gamma$ 射线辐照水稻干种子的自由基和核酸代谢效应研究 .....	刘振声 丘泉发 施骏 赵冬艳 梅曼彤 T. C. H Yang	(133)
用 SAXS 法研究 HF、HCL、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 和 HAC 对 PE 液晶结构影响的机理 .....	孙润广 张静 王德华 王丰然 王子浩	(141)
紫外辐射对柑桔电学参量和过氧化物酶活性等的影响 .....	郑瑞伦 吴兴源	(148)
放射性核素迁移的数学模型和软件 .....	于光仪 陈兰萍	(154)
低剂量 $\gamma$ 射线对胎鼠中枢神经系的影响 .....	符绍莲 阮明 胡梦娟 饶用清	(159)
FADU 法检测 $\gamma$ 和 $\beta$ 射线 DNA 的损伤及修复动力学 .....	饶用清 杨新海	(163)
竹红菌甲素对人红细胞膜蛋白光敏损伤的研究 .....	孙继山 秦静芬	(170)
高强度可见激光的非线性生物学效应: 胸腺嘧啶二聚体的形成 .....	曹恩华 辛淑敏	(176)
46.6MeV/amu $\text{C}^{6+}$ 重离子对白兰瓜种子的辐射效应 .....	高清祥 杨汉民 卫增泉 刘玉岩 王桂玲	(180)
物理诱导罗非鱼低温的适应性 .....	章之蓉 谢瑞生 何家林	(184)
化学物质处理提高罗非鱼耐寒力的研究 .....	章之蓉 王涛	(190)
高原环境中人体红细胞数、血红蛋白量及红细胞压积变化规律的探索 .....	李国栋 李薇薇 徐承孝	(195)
正常和污染白鲢花鲢血浆渗透比的初步分析 .....	张孟丹 牟凌云 黄溢明	(204)
胚胎的宇宙辐射环境与癌症 .....	张英荃 徐振韬 喻潜如	(208)
甲胺磷对血影膜-ANS 间能量转移的影响 .....	程极济 唐莉 葛晓春	(213)
$\text{Fe}^{1+}$ 离子注入及 $^{60}\text{Co}\gamma$ 射线辐照对小麦种胚非按期 DNA 合成的影响 .....	韩榕 杨汉民 卫增泉 刘玉岩 王桂玲	(218)
微束激光辐射金鱼受精卵的生物学效应研究 .....	潘炯华 朱延彬 梁淡茹 谭石慈 郭周义	(222)
外加静电刺激对葱生长影响研究 .....	熊建文 熊钰庆 周麓声	(226)
磁场对溶液传质过程的作用 .....	蔡妙颜 李琳 郭杞远	(229)
黄芪对噪声引起的大鼠肝糖原含量变化的影响 .....	施聪辉 罗一丁 华绿萍 徐承孝 刘玉华 王慧 孔繁胜 李文勇 周爱军	(233)
维生素 C 对噪声暴露小鼠肝糖原含量和 GPT 活性的影响 .....	徐承孝 刘玉华 施聪辉 罗一丁 华绿萍 王慧 孔繁胜 王峰 丛凤廷	(236)
噪声对大鼠肝糖原、肝 GPT 的影响和用黄芪及其复方防护的研究 .....	丛凤廷 王慧 李文勇 邓澄文 徐承孝 刘玉华 华绿萍 施聪辉 罗一丁	(241)
黄芪及其复方对噪声所致小鼠肝糖原和 GPT 改变的影响 .....	徐承孝 刘玉华 施聪辉 华绿萍 罗一丁 王慧 李文勇 王东炬 于喜清	(246)

噪声对大鼠免疫功能的影响 .....	徐承孝 黄敏	
张卓然 郑崇龙 邓澄文 丛凤廷 王慧 李文勇 施聪辉 华绿辉 罗一丁		(250)
可听声频范围内几种典型频率纯音对小鼠肝糖原含量、GPT及LDH活性单位变化的影响 .....	李文勇 丛凤廷 王慧 孔繁胜 徐承孝	(253)
将有机废料转化为电能的生物燃料电池初步研究 .....	卑其新 张淑辉	(259)
$^{60}\text{Co}$ -gamma射线对大蒜、生姜细胞的影响 .....	陈浩 陈其勋 李平	(263)
紫外辐射对针叶树针叶及叶绿体内自由基的影响 .....		
新月华 陶大立 杜英君 詹瑞云 刘桂珍 刘雅言		(272)

# 缢蛏碱性磷酸酯酶在磁场作用下 构象和活力变化研究\*

刘红兵\*\* 陈臻臻 颜思旭

(厦门大学生物系)

程玉华

(吉林大学酶工程实验室)

## 摘 要

本文初步研究了磁场作用对离体的缢蛏碱性磷酸酶 (ALP) 分子构象和催化活力的影响。发现在磁场的作用下, ALP 的荧光发射光谱、圆二色光谱、紫外差光谱都发生了不同程度的变化, 表明酶的构象有了显著的变化。而酶的催化活力则伴随着磁场强度的增大, 作用时间的延长而有所增加。受磁化而激活的酶活力经 24 小时后基本恢复至天然酶水平。

关键词: 碱性磷酸酯酶 磁场作用 构象变化 活力变化

磁场的生物效应是生物磁学中的一个重要研究领域。近年来, 国内外对磁生物学的研究已有不少报道<sup>[1-4]</sup>, 但主要侧重于磁处理对生物体的生理影响<sup>[5]</sup>、细胞分裂<sup>[6]</sup>、各种大分子含量的变化以及同工酶等方面的研究<sup>[7-10]</sup>。目前, 在生产实践中, 已愈来愈多利用磁场来提高效益。但对于磁场作用的分子机制还处于初步探讨阶段, 尤其是磁场对纯化的离体酶效应的研究在国内外尚属空白。本文报道磁场的作用对缢蛏 ALP 分子构象和催化活力的影响, 从酶学角度对磁生物效应进行初步研究。

## 材料和方法

用去壳的整体蛏作为酶的提取材料。对硝基苯磷酸二钠 (pNpp) 系 Sigma 产品。其余试剂均为国产分析纯。

酶活力测定以 pNpp 为底物测定 403nm 处吸收值的变化, 底物系统为 5 mmol/L pNpp、2 mmol/L MgCl<sub>2</sub>、0.5 mol/l 二乙醇胺-HCl 缓冲液 (pH 9.2)。酶活力单位定义为每分钟催化产生一微克分子产物的酶量。

通过电磁场达到所需场强。圆二色光谱的测定应用 JASCOJ-500C 圆二色光谱仪, 于 25 °C 下, 在 200-260nm 远紫外区测定, 溶液体系为 Tris-HCl 缓冲体系 (pH7.6), 酶浓度为 0.1-0.3mg/ml, 采用 1mm 光径的比色杯。荧光发射光谱的测定用日立 850 型荧光分光光度计进行, 测定温度 25 °C 激发波长 278nm。紫外差光谱测定是用日立 556 型双波长双光束分光光度计进行, 于 25 °C 恒温下测试 260-310nm 波段的紫外差吸收。

## 结 果

### 一、磁场对 ALP 构象的影响

\* 国家自然科学基金、开放实验室基金资助课题

\*\* 现工作单位: 福建省亚热带植物研究所 (361006)

1、在 0.6 特斯拉 (T) 条件下酶经不同时间的磁场作用后, 荧光发射光谱发生了变化, 从 (Fig1) 可看出最大峰值的荧光强度的变化及发射峰位置的移动与磁场作用时间的长短呈一定的规律性。

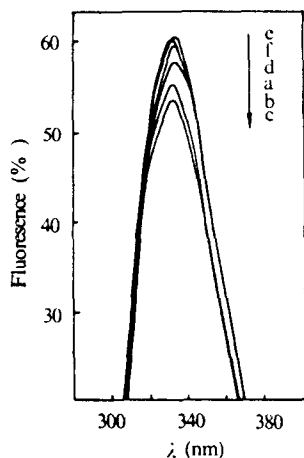


Fig.1 Fluorescence emission spectra of ALP after magnetic action. Action. time (hour) : a=0, b=1, c=2, d=2.5, e=3, f=3.5.

2、在三个不同场强 (0.6 特斯拉、0.8 特斯拉、1 特斯拉) 下, 酶经不同时间的磁场作用后, CD 谱发生了变化 (Fig 2), 计算得到的  $\alpha$ -螺旋度的变化见 Tab.1. 结果表明, 作用 2 小时时酶的二级结构有最大程度的松散, 继续作用, 其  $\alpha$ -螺旋度又有轻微的趋于紧凑。

3、酶经不同场强 (0.6 特斯拉、0.8 特斯拉、1 特斯拉) 作用 2 小时后, 酶的构象发生了显著变化 (Fig 3). 酶的荧光发射峰先下降而后上升, 而紫外差光谱的结果表明, 0.6 特斯拉、0.8 特斯拉磁场作用后酶在 240nm 左右出现正峰, 而 1 特斯拉磁场作用后酶出现负峰. 紫外差光谱在 240nm 左右处峰的变化被认为与酶蛋白二级结构的变化有关。

## 二、磁场对 ALP 催化活力的影响

酶在不同场强条件下 (0.6 特斯拉、0.8 特斯拉、1 特斯拉), 经不同时间作用后, 酶的活力随场强的增大, 作用时间的延长而有所增加. 活力变化情况见 Tab 2.

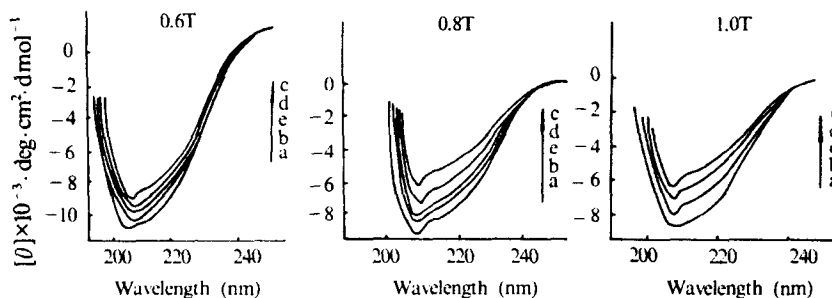


Fig 2 Circular dichroism spectra of magnetized ALP Action time (hour) : a=0, b=1, c=2, d=2.5, e=3.

Table 1 Changes on helical content of magnetized ALP.

Magnetic field strength ( T )	$\alpha$ -helix content (%)				
	0 hour	1 hour	2 hour	2.5 hour	3 hour
0.6	27.1	26.8	25.0	26.4	26.6
0.8	27.1	25.1	24.8	26.4	26.4
1.0	27.1	24.2	23.9	25.8	25.8



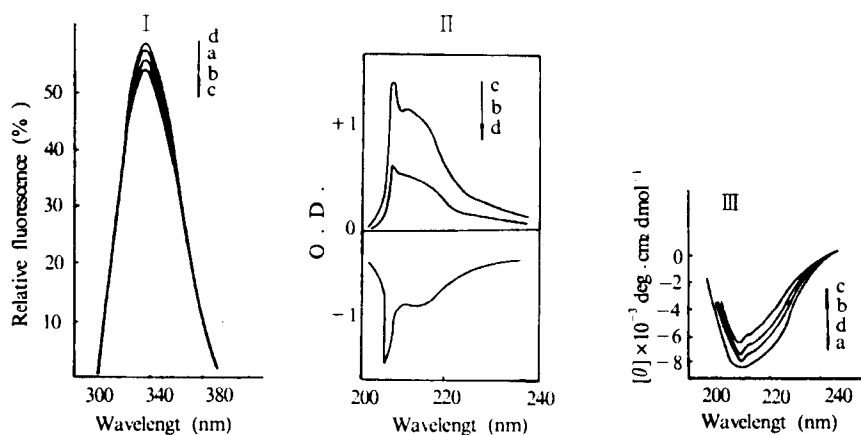


Fig.3 The conformational changes of magnetized ALP  
 I fluorescence spectra II ultraviolet differential spectra III circular dichroism spectra  
 Magnetic field strength action on enzyme ( T ) : a=0, b=0.6, c=0.8, d=1.0.

Table 2 Changes on relative activities of magnetized ALP

Magnetic field strength ( T )	Relative activity (%)				
	0 hour	1 hour	2 hour	2.5 hour	3 hour
0.6	100	101	108	115	123
0.8	100	103	110	119	127
1.0	100	109	121	132	143

跟踪活力测试结果也显示,该激活现象可维持到磁场作用后 8 小时,在此后活力出现较大的下降,经 24 小时后,受磁化的酶活力基本恢复至天然水平。结果见 Tab3。

Table 3 Changes on relative activities of ALP after magnetic action

Time after magnetic action ( hour )	Relative activity (%)				
	0 T	0.5 T	0.6 T	0.7 T	0.8 T
0.5	100	102.8	105.1	107.1	108.2
1	100	103.1	104.8	106.6	108.6
2	100	102.8	105.3	107.1	108.4
4	100	102.8	105.3	106.9	107.9
8	100	101.5	105.3	107.3	107.3
12	100	100.2	103.1	105.8	105.1
24	100	100.4	101.1	100.9	100

## 讨 论

本文初步探讨了磁场对缢蛭 ALP 的效应。普遍认为,磁场的生物学效应存在“阈值”,我们的实验也证明了这一观点。在用 0.6 特斯拉、0.8 特斯拉、1 特斯拉的强磁场作用缢蛭 ALP

而引起 $\alpha$ -螺旋度变化的实验中,发现作用2小时酶的 $\alpha$ -螺旋度减少得最多,继续延长时,间, $\alpha$ -螺旋度却反而有微小的增加。0.6特斯拉磁场作用后酶的荧光发射峰强度的变化也出现类似现象。在检测分别用0.6特斯拉、0.8特斯拉、1特斯拉磁场作用2小时后所引起的酶构象变化时同样发现,荧光峰强度1特斯拉磁场作用的酶>天然酶>0.6特斯拉作用的酶>0.8特斯拉磁场作用后的酶在240nm左右有正峰,且0.8特斯拉作用的酶>0.6特斯拉作用的酶,而1特斯拉作用后的酶则出现负峰。这些资料表明磁场的作用是有一定的强度和时,超过这种“阈值”,作用反而不显著,即存在引起变化的最佳的强度和时乘积。

在磁场对植物生理影响的研究中发现<sup>[6]</sup>,无论磁场或磁水处理,其生物效应有不少相似之处,磁场的直接效应和磁场作用于水后再处理植物的间接效应,其作用机制可能相似,磁场的生物效应也可能是由于磁场作用于生物体中的水分、通过磁化水而实现的。在磁场对酶的作用中,是否也存在这种现象,很值得进一步探讨。实验中,我们亦发现,经磁场作用后的Tris-HCl缓冲液比没有作用的荧光强度有所增加。在我们实验室中做的中华猕猴桃蛋白酶在磁场作用后,存在滞后效应,即酶的构象在磁场作用停止后仍继续变化,原因之一可能是由于停止磁场作用后磁化的缓冲液间接作用于酶所引起的。而且,这种间接作用的观点也可能在一定程度上解释缙蛭ALP在磁场作用下构象变化和活力变化规律的不一致。

至于磁场影响酶分子构象从而影响酶催化活力的机制至今仍无完善的解释。一般认为<sup>[5]</sup>,磁场能通过对生物体内带电颗粒的洛仑兹力作用和对抗磁各异性物质的磁转矩作用产生生物效应。根据研究结果,我们认为缙蛭ALP在磁场处理中所受到的影响是各种作用综合的结果。其中有:(1)磁场可以激发存在于生物大分子体系共轭结构的自由电子,使其成为激发电子,后者发生跃迁引起酶构象和活力的变化。(2)Fe的不成对电子(缙蛭ALP为含Mg<sub>2</sub>Fe的金属酶)在d轨道内,从而使ALP在外加磁场中呈现各向异性,使得酶内各带电残基的区域化加强,从而影响酶的构象和催化活力。(3)磁场还可能引起酶分子氢键的变化。(4)磁化缓冲液作用于酶,通过能量传递作用,影响酶的构象和活力。

总之,磁场对酶的效应是个复杂的过程,其机理尚待进一步探讨。

### 参考文献

- 1 Papathaeofanis, F. J. et al: Int. J. Radiot. Biol, 55, 6, 1989, 1033-1035
- 2 李国栋: 中华物理学杂志, 11, 4, 1989, 1033-035
- 3 张小云等: 中国科学(B辑), 2, 1989, 167-170
- 4 张小云等: 科学通报, 19, 1988, 1502-1504
- 5 陈季楚等: 科学通报, 24, 1988, 1899-1901
- 6 薛敏华等: 生物物理学报, 3, 1989, 268-272
- 7 张小云等: 科学通报, 24, 1989, 1901-1904
- 8 李国凤等: 生物化学与生物物理学报, 4, 1985, 476-483
- 9 薛敏华等: 生物化学与生物物理进展, 3, 1991, 234-235
- 10 Tsoleva, K. et al: Fiziol. Ract, 13, 4, 1987, 234-235

# THE INFLUENCE OF MAGNETIC FIELD ON THE CONFORMATION AND ACTIVITY OF ALKALINE PHOSPHATASE FROM SINONOVACULA CONSTRICTA

Liu Hongbing    Chen Zhenzhen    Yan Sixu    Cheng Yuhua

*(Department of Biology, Xiamen University National Lab of Enzyme Engineering, Jilin University)*

## ABSTRACT

The influence of magnetic field on the conformation and activity of alkaline phosphatase (ALP) from *Sinonovacula Constricta* was studied. The magnetized ALP spectra of fluorescence, circular dichroism and ultraviolet differential were changed to various degrees after being exposed under different intensities of magnetic field. It was interesting to find that ALP catalytic activity increased with time and increasing magnetic field intensity. Furthermore, the activity of the magnetized ALP recovered to its native state after standing in a non-magnetic environment for 24 hours.

**Key words:** Alkaline Phosphatase    Magnetic action    Conformation change  
Activity change

# 恒定磁场对脑磷脂平面双分子层 电特性的影响\*

刘文龙 吴震荣

(复旦大学生理与生物物理学系 上海 200433)

## 摘 要

强度为 1000GS - 5000GS 的恒定磁场作用于脑磷脂平面双分子层时, 使膜电阻下降, 膜电容增大, 膜的充放电时间延长, 充电曲线出现跳动。撤出磁场, 上述变化即行消失。这些变化提示膜结构特性的变化在磁场生物学作用的原初反应中起着一定的作用。

关键词: 脑磷脂双分子层 电特性 磁场

## 引 言

恒定磁场的生物学效应已在工、农业生产和医疗保健等领域得到广泛应用, 因而近年来深入探讨其作用机理的研究日渐增多<sup>[1, 2]</sup>。特别是以慢性实验的方法观察细胞和分子水平的变化报道较多<sup>[3, 4]</sup>。也有少数以急性实验方法观察细胞兴奋性变化的报道<sup>[5, 6]</sup>。我们认为恒定磁场生物学作用的原初过程中, 生物组织的膜结构受到的影响可能是一个重要环节, 因为它对荷电粒子是一个屏障, 而荷电粒子对磁场最为敏感, 荷电粒子的异常运动必将产生异常的生理反应。但膜结构本身很复杂, 且种类繁多, 为此我们先选取膜结构的基架 - 磷脂双分子层 (BLM) 作为实验对象, 研究其电特性在恒定磁场作用下会产生那些变化, 进而探讨生物膜结构在磁场作用过程中所起的作用。

## 实验方法

实验用 50mg 脑磷脂加 10mg 胆固醇, 溶于 1ml 癸烷中作为双分子磷脂膜的铺制液, 按两侧溶液对称方法铺制出 BLM<sup>[7]</sup>。膜两侧水相为 0.1M KCL。具有恒定磁场的磁钢片用支架固定在成膜小孔的一侧。BLM 上受到的磁场强度分别为 500GS、1000GS、2000GS、3000GS 和 5000GS 五组 (用 CT<sub>3</sub> 交直流高斯计测定磁场强度)。电测量用一对甘录电极通过盐桥与 BLM 两侧溶液连接, 由一组与之串联的高阻值电阻对膜两侧施加电压, 用 Keithley-642 型静电计测量通过膜的电压降, 计算出 BLM 的电阻值。静电计输出端与 X-Y 记录仪相连。描记 BLM 充放电特性曲线, 得出膜电容值。从电容值可以估算 BLM 的厚度。

## 结 果

### 1、恒定磁场对 BLM 的充放电曲线有明显影响

磷脂双分子膜具有平板电容器特性, 故对膜两侧施加直流电压犹如对平板电容器充电。在恒定磁场作用下, 此充电曲线比对照组要低 20mV 左右 (Fig.1), 且当恒定磁场强度达 3000GS 以上时, 充电曲线发生跳动 (Fig.2) 在磁场作用下充电时间也延长。

\* 国家自然科学基金资助项目

用 RC 充放电回路公式计算出了膜电容的变化值 (见 Table 1) 发现随着磁场强度增大, 电容值相应地增大, 从 500GS 时的  $0.61\mu\text{F}/\text{cm}^2$ , 到 5000GS 时的  $1.25\mu\text{F}/\text{cm}^2$ , 即磁场强度加大 10 倍, 电容值增大了一倍。

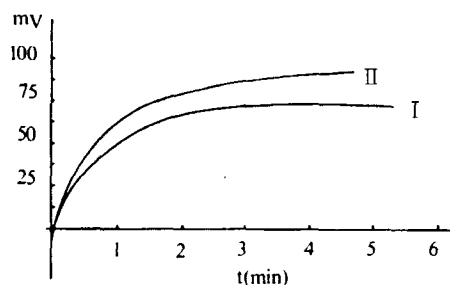


Fig.1 The effect of 1000GS static magnetic field on charging curve of BLM and compare with control experiment.

I : during exposure to 1000GS  
II : control experiment

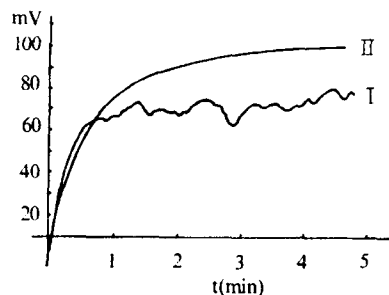


Fig.2 The effect of 5000GS static magnetic field on charging curve of BLM and compare with control experiment.

I : during exposure to 5000GS  
II : control experiment

## 2、恒定磁场使 BLM 电阻下降

对照组 BLM 平均电阻值为  $(3.81 \pm 0.08) \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$ , 5000GS 处理时基本上未发生变化。加 1000GS 时, 电阻开始减小为  $(3.50 \pm 0.2) \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$ , 2000GS 时则已明显减小为  $(2.36 \pm 0.09) \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$ , 加 5000GS 时, 减至  $(1.18 \pm 0.07) \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$ , 减小的幅度达一倍以上 (见 Table 1)。

Table 1 Effect of static magnetic field on cephalin bilayer membrane

magnetic field (GS)	resistance of membranes ( $\Omega \cdot \text{cm}^2$ )	capacitance of membranes ( $\mu\text{F}/\text{cm}^2$ )	breakdown voltage of membranes (mV)	thickness of membranes ( $\text{\AA}$ )
contrast	$(3.81 \pm 0.08) \times 10^8$	0.63	310	75
500	$(3.83 \pm 0.05) \times 10^8$	0.61	318	77
1000	$(3.5 \pm 0.2) \times 10^8$	0.87	307	56
2000	$(2.36 \pm 0.09) \times 10^8$	0.93	298	52
3000	$(1.6 \pm 0.1) \times 10^8$	1.04	298	47
5000	$(1.18 \pm 0.07) \times 10^8$	1.25	302	45
contrast	$(3.8 \pm 0.1) \times 10^8$	0.68	308	69

These data of resistance are mean  $\pm$ SD of six experiments.

## 3、恒定磁场使 BLM 厚度变薄

按下式大致估算了 BLM 的厚度:

$$t_d = \frac{8.8\epsilon A}{C_m}$$

计算结果见 Table 1, 在恒定磁场作用下, BLM 厚度可减小 20-30 $\text{\AA}$ 。

在恒定磁场作用下发生的上述变化, 在撤去磁场后, 仍可恢复至对照组的实验值。

## 讨 论

1、在聚四氟乙烯小孔形成的 BLM, 不仅此分子膜本身某些基团带电荷, 溶液中的荷电粒子亦以某种力聚集到膜的表面, 在外加定磁场时, 小孔上本来呈平面的双分子膜将由于磁场力的作用而向一侧凸起, 而另一侧凹入。双分子层在定磁场力下的这种形变, T.S. Tenforde<sup>[8]</sup> 在用脂质体做实验时已经得到证实, 这一变化的结果使 BLM 的面积增大、平板容器的面积增大, 故膜电容值增大, 同时也等于异体的截面积加大, 相应地减小了电阻。

2、由于 BLM 上荷电粒子并不是均匀分布在每个磷脂的头部, 它们只是杂散地分布在膜表面, 故荷电部位受到的磁力也就不等于整个膜面均匀地受到了磁力, 因此膜上就可能产生一些突起和凹陷, 这一变化又进一步增加了膜的面积, 也增大了电容。同时, 这些突起和凹陷客观上又使磷氢链错位, 显然也会使膜阻降低。

3、在一定强度的恒定磁场作用时, 充电曲线上出现不规则的跳动, 这一现象的出现可能是由于上述膜中突起和凹陷处于动态或束缚的荷电粒子在膜上运动时受到充电电荷与磁场作用两种力同时作用的情况下引起“斗争”的结果, 在曲线上就呈现出规则的跳动, 相同条件下的放电曲线并不出现这种跳动, 可能此时这两种力的相互作用是向缓和方向发展之故。

4、撤去 BLM 一侧的磁片, 膜电阻及膜电容均即恢复到对照值。因此可以认为脑磷脂双分子层对定磁场作出即时性反应, 故生物膜在磁场的生物学效应原初反应中一定也起着有影响的作用。

## 参 考 文 献

- 1 周万松: 中华物理医学杂志, 12 (2), 1990, 118-125.
- 2 李国栋: 中华物理医学杂志, 12 (4), 1990, 243-246.
- 3 Gorczynska, E. and R. Wegrzynowicz: J. Hyg, Epidemiol. Microbiol. Immunol. 33 (2), 1989, 149-155.
- 4 Peteiro-Cartelle, F. J. et al: J. Bioelectr. 8 (2), 1990, 167-178.
- 5 Rosen, Arthur D. and Jack Lubowsky: Exp. Neurol. 108 (3), 1990, 261-265.
- 6 Balaban, P. M. et al: Bioelectromagnetics, 11 (1), 1990, 13-16.
- 7 吴震荣, 刘文龙: 生物物理学报, 2 (2), 1986, 110-116.
- 8 Tenforde, T. S. and Liburdy, R. P.: J. Thero. Biol., 133, 1988, 385-396.

## EFFECTS OF STATIC MAGNETIC FIELDS ON ELECTRICAL PROPERTIES OF CEPHALIN BILAYER MEMBRANES

Liu Wenlong Wu Zhengrong

(Department of Physiology and Biophysics, Fudan University, Shanghai, 200433)

## ABSTRACT

Cephalin bilayer membranes exhibit a decreased resistance and an increased capacitance during exposure to static magnetic fields (from 1000GS to 5000GS). The charging curves reveal random vibration when the magnetic field strength was over 3000GS. Put off the magnetic field, above changes are disappeared. These changes may be probably important for the primary effect of magnetic field on biology. The possible mechanisms are also discussed.

**Key Words:** Cephalin bilayer membranes, Electrical properties, Magnetic field

# 磁场对花叶芋、大豆愈伤组织的影响\*

胡 岗 范义积

(上海师范大学光催化研究室)

## 摘 要

本文报道了花叶芋、大豆愈伤组织在不同磁场强度诱导时,其愈伤组织鲜重的变化结果,发现磁场对愈伤组织器官生长的影响与磁场强度有关,且有各自的阈值。在  $1.3 \sim 1.4 \times 10^{-2} \text{T}$  时,花叶芋叶片愈伤组织鲜重增殖量比对照组高六倍。对大豆愈伤组织来说,不同的组织器官对磁场的生物效应不同。同时就磁场对生物体愈伤组织影响的原因进行了讨论。

关键词: 磁场 愈伤组织 诱导 生物效应

## 引 言

人们常用物理的和化学的方法去诱导或促进植物某些器官的发生和生长。用植物生长素 IAA、IBA 等去加速植物的生根,用  $\text{GA}_3$  去促进蔬菜的生长,以及用辐射和化学诱变剂去促使植物发生变异等已是人们所熟悉的手段。但在植物的组织培养中,人们至今还偏重于激素的应用,我们过去曾观察过磁场对某些试管植物的生根作用<sup>[1,2]</sup>。发现在适合的磁场强度下能加速根的生长。那么,对于植物组织培养的其它各个阶段,磁场有没有作用呢?这里我们将报道磁场对花叶芋和大豆愈伤组织生长影响的某些结果。

## 材料和方法

一、花叶芋, <1> 取红白斑双色花叶芋叶片,经表面杀菌后接入  $\text{MS} + \text{BA} 5\text{mg/L}$ ,  $\text{NAA} 1\text{mg/L}$  培养基中,置于磁场中进行愈伤组织诱导,三个月后测定鲜重变化。<2> 将继代培养的愈伤组织块切割后接入上述培养基中置于磁场中继代,三个月后测鲜重。

二、大豆,将经过表面灭菌的大豆接入到  $1/2\text{MB}$  固体培养基 ( $1/2\text{MS} + \text{BA} 1.2\text{mg/L}$ ),二周后,取出幼苗,将胚轴和子叶(豆瓣)切割后分别转入  $1/2\text{MB}$  培养基,在磁场中分别诱导愈伤组织,五个月后测定鲜重变化,以上各实验均以无外加磁场处理作对照。

磁场由直流电控制的软铁产生。花叶芋实验所用的两个磁场强度为  $1.3 \sim 1.4 \times 10^{-2} \text{T}$  和  $1.0 \sim 1.1 \times 10^{-2} \text{T}$ , 编号为 ML 和 MH。大豆试验的三个磁场强度为  $2.9 \sim 3.1 \times 10^{-2} \text{T}$ ,  $1.3 \sim 1.4 \times 10^{-2} \text{T}$ ,  $0.7 \sim 0.8 \times 10^{-2} \text{T}$ 。编号分别为 H、M、L。

## 结果与讨论

花叶芋叶片愈伤组织在磁场诱导下迅速增殖,经三个月培养后,其增殖量分别为原来接入量的 90.6 和 43.6 倍,而对照组只是原来接入量的 15.1 倍。原接入的叶片每克每天平均增长速

\*上海市高教局资助项目

度(在磁场诱导下)ML为6.09克,MH为3.45克,远远大于对照组CK的1.03克。磁场促进增殖效应极明显,以磁场强度为 $1.3 \sim 1.4 \times 10^{-2}$ T尤其显著。以花叶芋愈伤组织继代培养的结果来看,在不同磁场强度下的结果较明显地比对照组高,虽然由于继代培养其增殖能力有所下降,但在不同磁场强度下的增殖趋势与叶片诱导的结果一致(见表1、2)

大豆胚轴切割后诱导的愈伤组织,当对照组鲜重是原来接入量的60.0倍时,其中两个磁场强度L、M处理组分别为原接入量的93.5倍和89.1倍,有较明显的促进增殖效应,而H磁场处理组的鲜重是原接入量的60.0倍,与对照组相同,说明磁场强度过高反而会逐步抑制愈伤组织增殖。大豆子叶在磁场下诱导愈伤组织的生长趋势与胚轴的结果不同。当对照组鲜重增殖为原来接入量的64.7倍时,三个不同磁场强度处理组的鲜重增殖(L、M、H)分别为原接入量的55.6倍、45.6倍和49.4倍,均低于对照组。说明磁场的作用抑制了愈伤组织鲜重的增殖(见表3、4)

Table 1 The effects of magnetic field on induction of callus form leaf of *Caladium sp*

Field Strength ( T )	Original FW ( g )	Final FW ( g )	$\frac{\text{Original FW}}{\text{Final FW}}$	the Rate of Proliferation (g/g·day)
Control (CK) 0	0.161	2.426	15.1	1.03
ML $1.3 - 1.4 \times 10^{-2}$	0.165	14.944	90.6	6.09
MH $1.0 - 1.1 \times 10^{-2}$	0.140	6.106	43.6	3.45

\* Cultured in magnetic field for three months.

Table 2 The effects of magnetic field on induction of callus form callus of *Caladium sp*

Field Strength ( T )	Original FW ( g )	Final FW ( g )	$\frac{\text{Original FW}}{\text{Final FW}}$	the Rate of Proliferation (g/g·day)
Control (CK) 0	1.355	10.134	7.48	0.07
ML $1.3 - 1.4 \times 10^{-2}$	0.669	9.608	14.36	0.15
MH $1.0 - 1.1 \times 10^{-2}$	0.674	6.787	10.06	0.10

\* Cultured in magnetic field for three months.

总结上面结果我们看到: <1> 磁场对愈伤组织生长的影响与磁场强度有关,磁场促进或抑制愈伤组织的生长有其各自的阈值。 <2> 磁场的生物效应除与生物体的种类有关外还与生物体各组织器官的不同而不同。对植物总体的效应是否与各组织器官分别效应的叠加有关还有待于进一步实验的验证。



Table 3 The effects of magnetic field on induction of callus from plumular axis of Soybean

Field Strength ( T )	Original FW (g)	Final FW (g)	$\frac{\text{Original FW}}{\text{Final FW}}$
Control (CK) 0	1.505	90.303	60.0
L $0.7-0.8 \times 10^{-2}$	1.848	182.440	93.5
M $1.3-1.4 \times 10^{-2}$	1.389	179.514	89.1
H $2.9-3.1 \times 10^{-2}$	1.356	81.410	60.0

\* Cultured in magnetic field for five months.

Table 4 The effects of magnetic field on induction of callus from seedling cotyledon of Soybean

Field Strength ( T )	Original FW (g)	Final FW (g)	$\frac{\text{Original FW}}{\text{Final FW}}$
Control (CK) 0	0.531	34.489	64.7
L $0.7-0.8 \times 10^{-2}$	0.701	38.926	55.5
M $1.3-1.4 \times 10^{-2}$	0.745	33.984	45.6
H $2.9-3.1 \times 10^{-2}$	0.870	42.989	49.4

\* Cultured in magnetic field for five months.

我们认为不同的磁场强度对花叶芋或大豆组织器官等的影响不同,是由于磁场影响了组织器官中某些酶的功能,因酶除含碳、氢、氧、氮、硫等主要成份外,还分别含有微量的过渡金属原(离)子,如铁、锰、钴、铜、钼等,这些过渡金属原子的含量虽很少,但对酶的功能来说起着关键性的作用,而这些过渡金属原(离)子一般为顺磁性,磁场对顺磁性原(离)子产生影响,同时也改变了含顺磁原(离)子的酶的结构和功能,从而引起了各种磁场强度下生物组织器官不同的生物效应。另外,某些具有半导体特性的酶或源生激素,在磁场的作用下影响了这些具有半导体特性酶的能带结构及载流子(电子或空穴)的数量和运动,引起相关的磁场生物效应。

### 参考文献

1. 范义积等,上海师范大学学报,18, No.3, 1989, 86. 第五届全国生物物理学术会议论文摘要汇编, 1986, K-034, P.283.
2. 范义积等,第三届全国辐射与环境生物物理学术会议论文摘要汇编, 1989, P.154.