尔/克，而骨中则增高至 101 微微摩尔/克的水平.而当大白鼠静脉注入高剂量 (400 微居里/公斤) ^{169}Yb- 柠檬酸盐 24 小时后,在这些组织中的 cGMP 含量则显著增高. 当观察延续到 3 天时,肝、肺或骨组织中的 cGMP含量都已回复到正常水平范围.

讨论和结论

环核苷酸 cAMP 和 cGMP 是具有重要生物活性的物质，它们广泛存在于机体各组织内，在机体的各种生理过程和物质代谢中起着重要的调节作用.我们的实验观察表明,正常机体内各观察组织中 cGMP 的含量仅只有 cAMP 的 1/10 到 1/50 之间，这个相应的比值与 Greengard 所报道的很近似[3].

Sheppard[4] 曾观察到,细胞的生长取决于细胞内 cAMP 含量水平. 在其含量下降时,细胞就不断增殖;而当其含量升高时,细胞的增殖就受到抑制.在转化的细胞内, cAMP 的含量也低于正常水平. 从目前的实验结果来看,发现在引入机体不同剂量的 ^{169}Yb-柠檬酸盐后，由于 ^{169}Yb 在体内呈现的电离辐射效应，可以引起细胞的增殖功能受到暂时的抑制,影响组织细胞的转化，从而肝、肺和骨骼等观察组织内 cAMP 短时间内明显增高,增高的程度也随着引入 ^{169} Yb-柠檬酸盐放射量的增高而增加，这是因为 ^{169}Yb 的剂量增高时,可使电离辐射效应增高,使细胞的增殖受到更多的抑制所致.

值得指出的是，由于在实验过程中 ^{3}H-cAMP 与蛋白激酶或 ^{3}H-cGMP 与抗血清都是呈高度特异性结合的,而 ^{169}Yb 却不能与蛋白激酶或抗血清结合,所以 ^{169}Yb 几乎全部被洗脱,而在微孔滤膜上用液闪法对 ^{169}Yb 的放射性强度测定是呈本底水平的. 因此，在本实验中注入机体而引起体内辐射效应的 ^{169}Yb, 不会干扰对于 ^{3}H-cAMP 或 ^{3}H-cGMP 的放射性强度的测定.

参 考 文 献

[1] 朱寿彭、江骥,中国药理学报, **2**(1), 64(1981).

[2] Sheppard, J. R., *Proc. Nati. Acad. Sci. U. S. A.*, **68**(6),1316(1971).

[3] Grengard, P., *Advances in Cyclic Nucleotide Research*, Vol. 3, p. 156, Acad. Press, London, 1973.

[4] Кудряшов, Ю. Б. и Соболев, А. С., *Радиобиология*, **17**(5), 687 (1977).

对雷达天线周围树木的观察

陈国璋　汪行华　　孙文轩

(浙江医科大学微波研究室)　(杭州空军某医院)

电磁波作为评价环境质量的一个的物理因素，已为世界各国所重视. 许多国家都对此制订了职业暴露的安全辐射标准和居民卫生标准. 我国也制订了部颁安全辐射的职业暴露标准[1,2], 居民卫生标准正在积极制订之中.电磁波的生物效应,在动物和人方面已有大量研究[3,4,5],通过这些研究，人们对电磁波作用于生物体所产生的致热效应方面已取得基本一致的意见.但对电磁波,特别是弱电磁波除了致热效应以外，还有所谓“非热效应”(nonthemal effects)[6], 无论在理论上还是在实验上都远未统一[7]. 这方面已有不少研究工作[8-10],都集中在动物和人体方面，而在植物方面的工作还未见到. 本文报道平均功率密度为 50—250 微瓦/厘米^2 (脉冲功率密度约为 20.8—194.7 毫瓦/厘米^2) 的超高频电磁场

对树木生长所产生的明显的伤害作用.

调 查 对 象

我们于 1983 年 5—6 月先后观察了三个雷达站，雷达天线周围电磁波平均功率密度分别用 Narda Isotropic Probe 8631 和 8621 场强计测得，I 号雷达站是米波雷达，在天线周围主要是旱柳 (*Salix matsudana* Koidz)；II 号雷达站是厘米波，在天线周围观察了桃树 (*Prunus persica* L. Batsch) 和喜树 (*Camptotheca accuminada* Decne)；III 号雷达站则米波、厘米波雷达兼具，周围主要是旱柳. 树龄都在 6 年以上，受电磁波照射在 6—20 多年.

结 果

一、I 号雷达站

在天线照射的主要方向上，在 66—100 米的范围内有 8 棵旱柳. 除 1 棵呈半枯半荣外，其余 7 棵至 5 月 7 日都尚未长出叶子，呈枯死状，而不在照射主要方向上的旱柳已是枝繁叶茂了. 图 1 示出在主要方向上的 5 棵和不在主要方向上的 1 棵树. 这里，位于树冠高度电磁辐射的平均功率密度为 50—90 微瓦/厘米^2 (脉冲功率密度为 20.8—37.5 毫瓦/厘米^2).

由于天线常以 2—3 周/分速度旋转着，不在照射主要方向上的旱柳，也常常受到电磁波的作用，只是照射的时间短些. 电磁波对这些树的作用所留下的标记是树冠很明显地不对称，靠近天线的一侧，树冠小、枯枝多、叶较稀疏. 而远离天线的一侧，情况正相反. 树冠两侧的电磁波辐射功率密度由于测量不方便，我们选择了图 1 右侧第一棵柳树，让天线转到直射它的位置，测其两侧的值作参考. 靠近天线一侧，在树冠中间的高度上为 90 微瓦/厘米^2，远离天线的一侧为 50 微瓦/厘米^2. 不计反射和发散，衰减为 2.5 分贝.

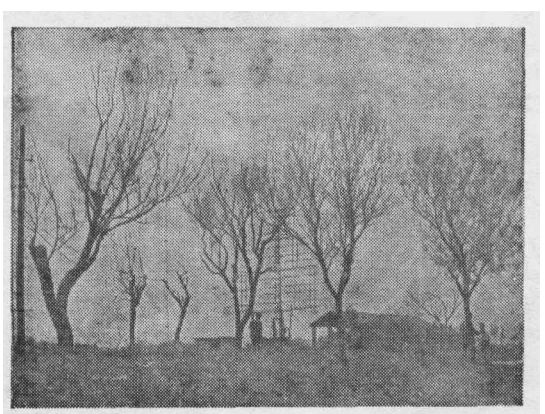

图 1 I 号雷达站天线周围树木受害情况
(摄于 5 月 7 日)

从图 1 看出，天线照射的主要方向和非主要方向上的柳树之间的界线是明显的. 为比较两个不同照射区域中同龄柳树生长情况，测量了两个区域中距地半米高处树干周径. 结果表明，在照射主要方向上的柳树周径为 61.4±12.3 厘米，非主要方向上的为 76.8±4.8 厘米，差异非常显著 ($p<0.001$).

二、II 号雷达站

该站为柱形抛物面天线. 距天线 26 米处有棵桃树. 此处电磁辐射的平均功率密度为 200 微瓦/厘米^2 (脉冲功率密度为 205 毫瓦/厘米^2). 桃树靠近天线的一面枝条已经枯死，而远离天线的一面枝叶茂盛 (图 2). 为测出电磁波通过树冠后的衰减情况，于同年 5 月 25 日在实验室内，用 2450 MHz 连续波理疗机 (宿迁产)，通过喇叭天线照射 1 棵茂密的盆景桃树，树冠直径为 1.2 米左右，测得远离天线一侧的入射波功率密度为 350 微瓦/厘米^2，移去桃树后，为 670 微瓦/厘米^2. 如不计反射，此时此点的衰减为 2.8 分贝 (由于近场区场型分布非常复杂及反射等原因，衰减数并非全由桃树吸收，这里只作为估计吸收的参考).

距天线约 40 米处的东北方有棵旱莲木 (或称喜树) 受到约 100 微瓦/厘米^2 电磁波照射，至 5 月 7 日，靠天线的一侧还未长出叶子，而另一侧已经长出.

三、III 号雷达站

有三台雷达，其中两台为米波雷达、振子

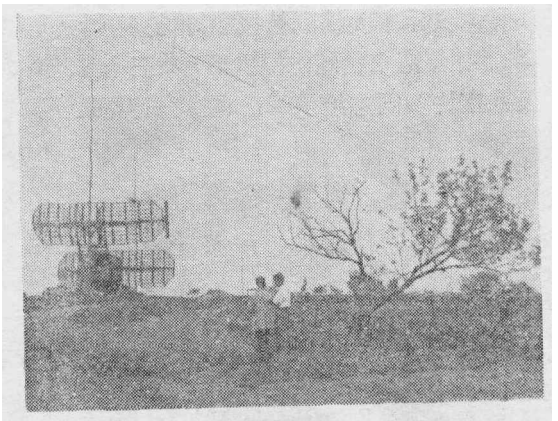

图 2　II 号雷达站天线附近的桃树
（摄于 5 月 7 日）

天线．两台轮换工作，周围主要是旱柳．同年 6 月 12 日观察时，已有不少被砍掉，但从剩余的仍可看出电磁波作用所留下的标记（图 3）．图中的两棵柳树距雷达天线 25—30 米，右边的一棵距天线近，是电磁波入射方向，已经枯死．左边的一棵，树冠不对称，偏向远离天线的方向．这里的平均功率密度，距地面 4—6 米的点分别是 50—131 微瓦/厘米²（脉冲功率密度为 20.8—37.5 毫瓦/厘米²）．

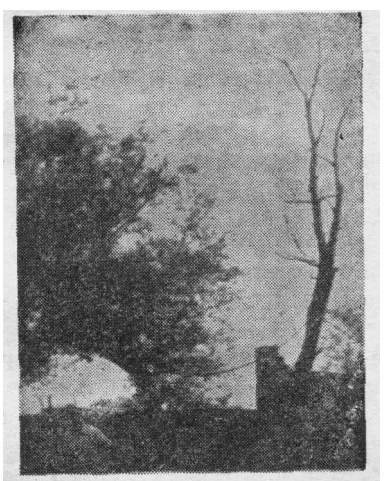

图 3　米波雷达天线电磁波照射下的两棵旱柳
（摄于 6 月 13 日）

另一台是厘米波雷达．距天线 26 米处有几棵旱柳，天线位于小土丘上．电磁波功率密度自树下地面往上，随高度而递增（图 4）．树干在 3 米处枝叶稀少，其相应的平均功率密度为 55 微瓦/厘米²（脉冲功率密度为 42.8 毫瓦/厘米²），树冠最高点为 4.2 米，相应的平均功率密度为 250 微瓦/厘米²（脉冲功率密度为 194.7 毫瓦/厘米²）．在距天线 250 米以外的地方，功率密度已测不出，柳树高约 20 米，枝叶繁茂．

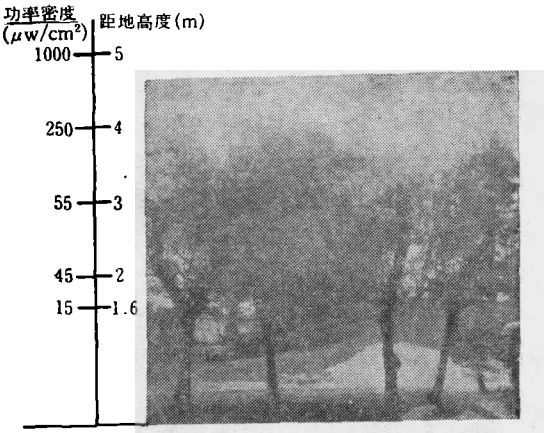

图 4　距天线约 26 米处的柳树（摄于 6 月 13 日）

讨　论

一、目前借以制订卫生标准和评价环境质量的非电离电磁辐射的生物效应的理论和实验上的分歧主要表现在“非热效应”上，亦即弱电磁场能否引起生物的非线性应答，认识并不一致[11]；用极弱的电磁场进行生物实验的结果也不一致[4]．理论上，已提出许多假说来解释和论证“非热效应”，如耗散结构（Dissipative structure）、大分子相变（Macromolecular phase transition），极限环（Limit-cycle）以及隧道效应模型（Tunneling models）等等[11]，但都有待实验证实．实验上，用动物为实验对象，大多数有阳性结果的最低阈值在 1 毫瓦/厘米² 以上，低于此值的也有不少报道[4,13]，但由于重复性差而存在争论[13]．即使如此，非电离弱电磁场的生物效应的研究也绝大多数限于动物方面．在植物方面，工作大多集中在强磁场范围[14-17]．在几十到几

百微瓦/厘米²的弱电磁波辐射功率密度下对树木生长有明显的阳性作用的报道还未见到. 本文表明,平均功率密度 50—131 微瓦/厘米²米波和 55—250 微瓦/厘米²厘米波,经长达 6—20 几年的作用下能对树木生长产生明显的伤害作用. 因此它可供评价电磁环境质量及制订安全卫生标准参考, 同时可能为在植物领域内开展弱电磁场生物效应的研究开拓新途径. 对多年生植物现场调查与人群调查及动物慢性实验相比, 前者有很大的优越性.但植物和动物有很大差别,前者靠光合作用为生,体内各生化反应随气候条件起伏,温度可相差几十度. 而且光也是一种电磁波,只是频率比我们所论的电磁波高得多,为什么低功率密度超高频电磁波却对某些植物有伤害作用呢? 机制尚不清楚. 在受害的树中,电磁波的作用一般都在 6 年以上,这是否提示作用阈值在 50—250 微瓦/厘米² 左右存在累积作用呢? 因为从图中可见, 树并非在一、两年内就枯死, 它们在电磁波慢性作用下, 生长了 6—20 多年, 并且长得相当高大. 这是否提示电磁波在阈值以上时加速衰老呢? 要回答这些问题,尚需做大量工作.

二、在观察中我们发现, 不同植物对电磁波的反应不一. 例如,一年生的农作物(大豆、水稻等), 杂草和某些灌木对雷达电磁波的应答并不明显(图 1—4), 对某些多年生树木的作用也不明显.这似乎提示,电磁波对植物的作用有选择性. 如这种选择作用存在的话, 则它在农业和林业方面的应用前景将更加光明. 实际上,在动物实验中已经揭示,由于动物个体大小和几何形状不同而存在自己特有的共振频率 (resonant frequency)[18], 况且多种多样的生物物质的电磁性能及所处的内部电磁环境由于生物种类和发育阶段的不同而各不相同. 这就为我们寻找对某种电磁波敏感的靶物种、靶器官、靶细胞乃至靶分子提供了可能性, 也就为研究阐明电磁波特别是弱电磁波生物效应的机制提供了可能.

本文承蒙姜槐副教授和李宁谷同志指导、帮助, 范永楷同志提供照片, 三个雷达站及我室许多同志给予帮助、支持, 特此致谢.

参 考 文 献

[1] 姜 槐, 浙江医科大学学报, **11**(3), 115—118 (1982).

[2] 浙江医科大学微波研究室, 浙江医科大学学报, **8**(2), 57—62(1979).

[3] Baranski, S., Czerski, P., *Biological Effects of Microwaves*, PP. 78—150, Hutchinson and Ross Inc. Pennsylvania. 1976.

[4] Adey, W. R., *Physiological Reviews*, **61**(2), 458—496 (1981).

[5] NTIA Report 79—19: *Fifth Report on. "Program for Control of Electromagnetic Pollution of the Environment: The Assessment of Biological Hazards of Nonionizing Electromagnetic Radiation"*, U. S. Department of Commerce 1979.

[6] Fröhlich, H., *Bioelectromagnetics*, **3**(1), 45—46 (1982).

[7] Glasser, Z. R., Dodge, C. H., *Bio. Effects of EMW.*, Selected Papers of the USNC/URSI Ann. Meeting. Bouloler Colorado, October 20—23, 1975. Vol. I. Ed by Johnson, C. C., Shore, M. L., U. S. Depart. HEW., p. 18.

[8] Fröhlch, H., *Adv. Electronics, Electron Phys.* **53**, 85 (1981).

[9] Bawin, S. M., Adey, W. R., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, **73**. 1999—2003 (1976).

[10] Lovely, R. H., Guy, A. W. et al., Proc. Int. Microwave Power Inst. and U. S. Natl. Comm. for Int. Union Radio Sci. Symp. Electromagnetic Field, In *Biological Systems*, Ottowa, P. 34— 1978.

[11] Adey, W. R., *Physiological Reviews*, **61**(2), 443 (1981).

[12] *ibid.*, 466 (1981).

[13] Glaser, Z. R., Dodge, C. H., Biological Effects of Electromagnetic Waves, Selected Papers of the USNC/URSI Annual Meeting, Boulder, Colorado, October 20—23, 1975. pp. 2—33.

[14] Dominique, R., Miller, M. W., *Radiat Environbiophys.*, **19**(3), 227—233 (1981).

[15] Sabelka, D. A. et al., *Proc. Iowa Acad. Sci.*, **88**(1), 22 (1981). (B. A.文摘)

[16] Russo, V. M. et al., *Z. Pflanzenphysiol.*, **101**(1), 89—92 (1982). (B. A.文摘)

[17] Pickard, W. F. et al., *J. Membr. Biol.* **61**(1), 39—54 (1981).

[18] Adey, W. R., *Physiological Reviews*, **61**(2), 455 (1981).