

在结束本文之前,我又重新忆起当年我们一起分配到工厂的同学所走过的道路.在那个时代,物理系毕业生的环境太坏.工厂里的技术人员除下车间劳动以外,唯一天经地义的事就是“趴图桌”、画图纸,可惜物理系学生不擅长.他们的正当要求,例如做实验、查文献,常常得不到理解,甚至视为左道旁门.以致于许多人发挥不了作用,陆续回到大学研究所.一些留在工厂的人也只能甘于寂寞.当然这中间也有个人因素.一位同学说:“北大物理系的包袱背得太重.”

我自己也有同样的经历,酸甜苦辣什么滋味都尝过了.尽管我拼命工作,研制成功一个又一个的新产品,但仍然有几次下决心回到物

理学界.倒是北京大学有远见的老师,劝我不要回来.

“严霜烈日皆经过,次第春风到草庐.”一直到80年代末,中国发生了翻天覆地的变化,新技术试验区成立,我到了大恒公司,情况才有了根本性的改变.毕竟是中国科学院,层次高,加上中关村高新技术试验区的大环境,我觉得我的才能才真正发挥了出来.

下一辈子,如果我还有机会的话,我会毫不犹豫地选择物理,选择北大.

参 考 文 献

- [1] 胡宁,物理,22(1993),449.
- [2] 甘子钊,北京大学物理学丛书(序),北京大学出版社,(1997).

环境生物物理学*

梁运章 白亚乡

(内蒙古大学物理系,呼和浩特 010021)

摘 要 综述了环境生物物理学内容、研究方法、环境生物物理学的发展状况与取得的成就,并对今后环境生物物理学的进一步发展作了展望.

关键词 生物环境,生物物理学,辐射生物学,电磁场

ENVIRONMENTAL BIOPHYSICS

Liang Yunzhang Bai Yaxiang

(Department of Physics, Inner Mongolia University, Hohhot 010021)

Abstract A review is presented of the development, achievements and further prospects of environmental biophysics.

Key words environment biomechanics, biophysics, radiation biophysics, electromagnetic field

任何一门学科的产生与发展都是伴随着人类生产活动中对其日益增长的需要而发展起来的.环境生物物理学也不例外,它的发生、发展与人类改造、利用、治理生物环境密切相关.自本世纪以来,随着人类面临的四大经济问题(粮食、人口、资源、环境)日趋严重,特别是人类与

其他生物所处的生存环境正在不断恶化(工业污染、温室效应、水资源缺乏等),而环境因素的改变又直接影响到各种生物的生存、生活与发展.为了更好地研究环境因素对生物的影响,更

* 1998-04-13 收到初稿,1998-07-06 修回

好地利用这些影响服务于人类,各种环境生物学便应运而生,而环境生物物理学便是其中一门重要的学科.

1 内容与方法

环境生物物理学的内涵至今还没有界定,我们认为:环境生物物理学是应用物理学的原理与方法研究自然界各种物理因子对生物体的影响,并阐明其作用原理以及各种物理因子与生物群体间相互作用和相互关系的一门学科.通过这些研究了解生命现象和本质,以期达到控制生物和改造生物的目的.它是应用生物物理学的一个分支,是一门新兴的交叉科学.它涉及诸多学科,如动物学、植物学、微生物学、医学、生理学、其他生命科学、物理学、化学、地质学、地球物理学、水文学、土壤学、气象学、气候学及一些技术科学.同时也是环境科学的重要内容.环境生物物理学中所谓的环境一般是指作用于以人类为中心的生物的所有外界影响的总和,这种影响的总和并非简单地相加,而是互相影响、相互作用的^[1].它们之间的关系是错综复杂的,这种复杂的环境条件及其相互关系如图 1 所示.

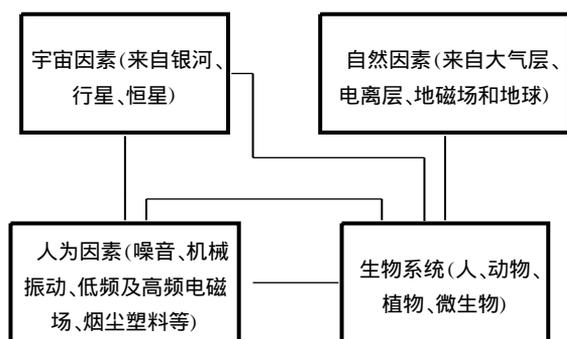


图 1 生物系统的环境条件及其相互关系

所有作用于生物系统的环境因素可以分为 3 大部分:来自宇宙的、来自地球的和人为的.宇宙因素是指起源于地球以外又直接或间接作用于生物的那些因素,例如从太空向地球发出

的各种形式的辐射、红外辐射、紫外辐射、X 射线、可见光、高低频电磁辐射、以及其他宇宙射线;地球因素包括起源于大气层的所有与气象有关的因素,如地磁场、静电场、温度、湿度等;人为因素包括由生产活动产生的废气、废水、噪声、机械振动以及应用电磁能而产生的各种电磁场等^[2].上述 3 类环境因素都对生物系统施以作用,同时各种生物还要受到社会环境的影响.环境生物物理学主要是研究各种物理因素对生物体(包括动物、植物、微生物和人)所产生的作用及生物体的反应,这种反应是以宏观现象表征,而这些宏观现象与生物体内的微观过程机制有着密切的联系.因此环境生物物理学的重要任务应该是: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,在研究电磁场对生物体的影响时,一方面要搞清楚生物体在电磁场作用下的反应情况,另一方面还要研究电磁场作用于生物体的原发机制以及电磁场是如何影响生物体内的电子传递、电磁场与生物体内自由基活动、电磁场与各种酶活性、电磁场影响生物膜渗透、电磁场与生物体的代谢过程等.

2 历史与进展

人类对环境生物物理学的认识和研究并不迟于其他学科,早在 18 世纪,意大利生物学家伽伐尼(Calvani, 1737—1798 年)便发现了用电刺激肌肉会引起肌肉收缩,并由此得出了动物电与机器电完全一致的重要结论^[3].1841 年,迈耶注意到这样的事实,生活在热带地区人的静脉血颜色和动脉血颜色一样红润,由此推断出当环境温度上升时,人体维持恒定体温只需较小的能量,并提出能量守恒的普遍定理^[3].1937 年,国际性杂志“放射生物学”在莱比锡出版,其中登载有光生物学、医学放射学的论文.这些都是人类对环境生物物理学的早期认识与研究.自 20 世纪以来,现代物理技术的进一步运用和发展,为人类更广泛、更深入地研究生物物理现象提供了条件,便有越来越多的学者开
物理

始从事这方面的研究工作.其中两个重要的研究领域为农业和医学.而 X 射线、电磁场、激光、紫外光、红外光、超声波、低温、同位素等在医学和农业科学中的运用又进一步推动了环境生物物理学的发展.此外,由于新兴的生产技术带来了新的特殊环境,如宇宙飞船、原子能的产生与利用、高频发电机等都属特殊物理因子作用于生物体,这又给环境生物物理学提出了新的研究课题.近 20 年来,人们进一步认识到环境条件对生物体的影响作用,并加强了这方面的研究工作,于是环境生物物理学便作为一门新兴的交叉学科被正式提出来,特别是近年来,由于技术条件的进步,以时间分辨的各种光谱与波谱技术、静电技术、电磁技术、显微技术、激光技术等新技术的应用,又大大地促进了环境生物物理学的发展并且成就显著.目前,环境生物物理已在如下几个方面的研究有了较大进展.

2.1 辐射生物学

目前电离辐射(α , β , γ , X 射线等)生物技术已被广泛应用于农业生产中,应用辐射育种可以得到一般育种方法不易得到的品种,且育种速度快,缩短生育周期,育种方法简单,易于推广,适于群选、群育.例如,顾得法利用钨钨 X 射线对具有香味、优质而产量较低、抗性较差的香味特种稻品种进行辐射处理,成功地选育出晚粳新品系 SX0832,具有香味、优质、矮秆、多抗、高产等特点^[4].至今,我国已应用辐射育种法培育出新品种一百多个^[5].在蚕业和渔业中,利用低剂量辐射刺激生物体可以达到增产的目的.中国科学院原子能研究所利用中子辐照刺激对虾,研究表明,经 $3.61 \times 10^4 \text{ A/kg}$ (140ME) 辐照 3—5min 后的子虾和幼虾生长发育快,成活率高,平均增产 15%^[6].前苏联用小剂量电离辐射(γ 射线、X 射线)辐照处理农作物种子使之增产,这项技术现已得到了广泛应用^[7].应用辐射不育技术防治病虫害也有了很大进展,经过对玉米螟、菜蛾等害虫的实验研究,表明该项技术可有效地压缩昆虫群体^[8].另外,辐射杀菌技术也已被广泛用于农产品加

工、储存、食品保存、中成药灭菌等方面^[9,10].在医学上,电离辐射已被广泛应用于疾病的诊断与治疗,利用 X 光透视可以诊断胸部、腹部的各种病变及骨折、肌肉损伤等病变.

2.2 生物电磁学

目前,电磁技术已广泛应用于农业、医学等领域.在农业生产中,应用一定强度电磁场作用于作物种子、幼苗等,不仅能够提高产量,而且能够改善产品质量.例如,内蒙古大学静电研究室用静电处理甜菜种子,经过 10 年实验已大面积推广,平均提高甜菜含糖分 0.6 度,亩产量提高 7% 左右^[11],已经创经济效益超亿元.处理大麦、小麦种子可提高其蛋白质 1—3 个百分点左右,对牧草种子处理也很有效^[12].采用高压静电场处理水稻、油菜及芝麻种子,可使其发芽率高达 97%—99%,发芽势达 91%,较未经过分离处理的对照组种子的发芽率及发芽势均提高了 5%—8% 之多^[13].另外,用静电干燥处理水果、蔬菜效果比用日晒干燥处理效果好^[14].用静电干燥处理水果,其维生素 C 保存率可达 99.6%,而日晒干燥仅有 70%,而且维生素 B₁、B₂ 含量也较高^[3].应用磁场处理种子可使种子提前发芽,成熟期缩短,开花数量及产量增加.将菜豆及大豆种子暴露在比地磁场高 1000 倍的磁场中,与未经处理的种子比较,表明经磁场处理的菜豆 40 天即可收获,而未经处理的则需 52 天^[15].用磁场处理水喷浇食用菌能够获得高产,实验表明,实用菌生产期间用磁水浇可使食用菌增产 10%—50%,磁水能使纤维酶、脂酶、淀粉酶的活性增加,加速了纤维素脂肪、淀粉等养分的分解,并提高了这些养分的利用率^[16].采用微电流、微磁场作用于微生物,可有效地抑制微生物的生长,这项技术已被广泛应用于食品的消毒灭菌等领域^[17,18].在医学领域,电诊断已相当普遍,心电图、脑电图、肌电图都是诊断疾病的有力工具.电疗法(利用电能治疗疾病)已被广泛采用.例如利用电磁场产生高温来治疗癌症.应用电磁高温结合 X 射线照射治疗肿瘤平均有效率约 70%,而仅用放射疗法只有 30%^[12].

2.3 生物光学

这方面主要取得的成就为激光技术的应用.在农业生产中,应用弱激光辐照植物种子已获得应用,对水稻、小麦等几十种动植物进行辐照能打破种子休眠,提高发芽率、发芽势,促进苗期生长,早熟高产,并提高植物对环境的适应性.对植株的辐照同样可以促进植物生长^[19],采用激光育种已取得了丰硕的成果^[20].在医学上,激光已被广泛地应用于外科、皮肤科、耳鼻喉科、口腔科、妇产科、呼吸及消化科等医学领域,外科中的激光手术刀与传统手术刀相比,不仅具有消毒杀菌、切割精确的优点,而且具有止血作用,可用于摘除血管多的肿瘤及在血管密布区做手术.用血卟啉衍生物——激光光动力技术诊断治疗恶性肿瘤已在肿瘤科方面显示了它独特的作用,许多病人治疗后已健康地生活了5年以上^[21].激光全息技术首先在眼科和牙科中得到应用,近年来,又发现这一技术可用于诊断乳腺癌^[19].另外,通过对植物光合作用的研究,研制出由多种微量元素和生物发光材料组成的农用光助素,应用于农业生产并取得了一定经济效益.这种农用光助素除具有提高植物吸收能力、增强光合作用和光化学活性特点外,还具有增加作物对有效光成分的吸收能力,弥补某些环境条件(如阴雨等弱光情况)下的光照不足,提高光合作用效率等优点.它的应用对作物营养成分的提高和产量的增加具有重要意义^[15].

2.4 生物声学

在农业领域应用超声波处理农作物种子可使之增产.贵州农学院刘振业报道,用140×10kHz的超声波处理浸过的小麦种子,结果能够促进种子发芽,出苗期提前2天,并产生似多胚现象,促进分蘖提前,缩短生长期3—5天,小麦产量增加,千粒重也增加了^[3].应用超声波还可以进行杀菌,前苏联科学家利用超声波进行果园杀菌,例如柠檬树有一种干缩病,危害很大,传染也很厉害,树枝经超声处理后,干缩病消失^[3].在医学方面应用超声波诊断各种疾病,A型和B型超声波已广泛应用于诊断各种

疾病,准确度非常高.利用超声波的热效应、机械效应和化学效应还可治疗很多疾病,超声波对治疗脑血栓所致的偏瘫病有良好的疗效,对坐骨神经痛、周围神经痛、神经炎、肌炎、风湿病等病症均有疗效^[22].

2.5 低温生物学

低温技术已被广泛应用于生物领域.很久以前,人类就知道了利用低温技术来冷藏食品,现在这种方法仍是人们冷藏和保鲜水果、蔬菜、肉食、水产品的主要方法.而种子的低温保存则是近几十年来人们在生物领域应用低温技术的又一巨大成就.利用低温技术建立种质库保存种质,可抑制种质的代谢、繁殖,防止其变异及衰老,以备应用及便于国内外交流.目前已开展的种质保存有疫苗、动物及人的胚胎、精液、花粉、微生物菌种等.近年来很多学者又在利用低温技术进行人体组织、器官及整体的冻存的研究工作并取得初步成就,应用这项技术建立冷冻公司储存和供应生物材料解决病人的急需^[23,24].在外科手术中,利用人工降温的方法可使病人体温降到30℃以下,处于神经麻醉状态,可进行心血管大手术或治疗中毒性疾病,还可利用其麻醉作用建立可逆的生理抑制,治疗一些顽固性疼痛或痉挛性疾病^[24].另外,利用冷冻清除某些病灶,尤其是恶性病灶,摘除某些器官,可使手术变得既简单又安全,并且减少了术后出血、疼痛、炎症等不良反应.

2.6 各种物理因子对生物体的作用机理

各种物理因子对生物体的作用过程是一个极其复杂的过程.很多研究者从不同方面(生物体不同层次,包括个体、细胞及分子水平)对其作用机理进行了实验与探索,并取得了初步进展.很多研究表明,各种物理因子(电场、磁场、辐射场等)都会影响生物体内酶的活性.酶是生物体内具有催化作用的蛋白质,外界物理因子对生物体中酶的合成起“诱导”作用,酶活性的变化是一种调节机制,它直接影响一个代谢过程的关键酶,酶活性提高对催化中心发生正的影响,也就是起活化作用.例如电磁场可引起种子萌发过程中的脱氢酶、过氧化物酶、同工酶等

物理

酶系活性的增强^[13,25],诱导膜电位增大,ATP含量增加.前苏联学者在研究应用小剂量电离辐射刺激作物种子的生物学效应的作用机理时,发现经射线照射后的作物种子内自由基含量有所提高,并提出了“非特异与特异基因活化说”^[26].北京农业大学的林延安等人采用顺磁共振仪测量了经磁场处理后的农作物种子,发现其自由基含量较对照组增加了13%,他们认为当生物膜上的自由基浓度达到一定程度时,就能产生一种改变生物膜的脂蛋白双分子层结构的“触发效应”,从而提高生物膜的渗透能力,这可能是梯度磁场促使农作物种子提早萌发,提高出苗率,促进幼苗生长的原因^[27].而西北农业大学的薛毓华等人对经磁场、磁处理水处理过的番茄、小麦种子进行了分析,发现这些种子生成的幼苗在早期发育过程中,ATP、DNA和核酸含量均有不同程度提高^[28].总之,对于作用机理的研究已经取得了初步成就,但这些研究还未达到十分系统的程度,还需进行进一步的深化和研究.

除以上所述,人类还在生物力学^[29]、生物离子束注入技术^[30]、自由基生物学、生物辐射场对生物的影响^[31]、生物的超弱发光^[32,33]、太空育种等诸多领域有了较大进展.

3 未来与展望

近年来环境生物物理学取得了不少成就,但有很多研究成果的微观机制还不太清楚,这些微观机制的研究还没有达到相互联系的程度,有待于进行深入研究.为此,今后的研究方向应从定性的研究向定量的研究方向变化;从对现象的研究向对机理的研究方向转化;从对生理生化机制的研究方向向原发机制的研究转化,并逐步形成以实验为基础,以数学、物理学、量子生物学为理论基础的研究体系.在研究内容方面应包括:全球变化对生态系统的影响;生命体系对于外界因素作用的应答与调控;疾病的诊断与防治;生命过程中能量、物质和信息在生物体与环境之间的转换;外界物理因素(光、

高能辐射、电磁场)的作用机制;医学与农业中的许多实际问题,例如疾病过程、药物与毒物作用、细胞免疫机制、极端环境(高低温、不同盐碱度)下农作物的改变与良种的选择方面进行深入的研究.

环境生物物理学作为一门新兴的交叉学科虽已取得到很多成果,但还存在很多不足之处,特别是我国的环境生物学的研究,由于起步晚、研究队伍小、知识结构欠合理、研究设备落后、科研经费紧缺等诸多原因,使我国环境生物学的研究还比较落后.因此,首先应加强对其研究的投入,还要遵循“有所为有所不为”的精神,正确选择我国的环境生物物理研究方向,才能提高我国环境生物学的研究水平.相信经过努力,环境生物物理学一定会在未来的科技发展中,尤其是在农业和医学领域以及环境治理中发挥越来越重要的作用.

参 考 文 献

- [1] 吴熊勋,环境生物物理基础,中国环境科学出版社,(1989),1.
- [2] 李缉熙、牛中奇,生物电磁学概论,西安电子科技大学出版社,(1990),2,374.
- [3] 李兴诗,生物物理学,北京科学技术出版社,(1993),9,10,181,153.
- [4] 赵孔南、陈秋方等,植物辐射遗传育种研究进展,原子能出版社,(1989),28.
- [5] 王琳清,核农学通报,13(1992),292.
- [6] 武秀荣、安义等,物理,24(1992),548.
- [7] A. M. Kyzin et al., *Environ Exp Bot.*, 26(1986), 163.
- [8] 徐冠人,科技导报,NO.3,(1992),32.
- [9] 胡国基,苏联科学与技术,NO.1,(1989),37.
- [10] B. L. Qinetal, *Foodsc. Nutrition*, 36(1996),603.
- [11] 梁运章,物理,24(1995),39.
- [12] 梁运章、于永芳,静电研究与进展,内蒙古大学出版社,(1992),135,166,83.
- [13] Qiao Zhenxian, *International Academic Publishers*, 10-15(1992),136.
- [14] Tiqiang Yang, Yunzhang Liang, *Applied Electrostatics*, Shang Hai Institute of Technology Press,(1997),196.
- [15] 唐树延,物理,23(1994),33.
- [16] 刘银春,物理,25(1996),488.

(下转第 34 页)

制成的紫外二极管或紫外激光器的潜在应用价值很大. 在室温下观察到用光泵激发的受激发射使人们对 ZnO 的研究兴趣更浓厚. 虽然生长更高质量的 ZnO 还有待进一步研究,但其作为继 - 族氮化物和 - 族的硒化物之后又一新的宽禁带半导体激光器件材料已经显示出其独特的优越性.

参 考 文 献

- [1] M. Haase et al. , *Appl. Phys. Lett.* , **59**(1991) ,1272.
 [2] M. A. L. Johnson , Shizuo Fujita , W. H. Rowland et al. , *J. Electronic Materials* , **25**(1996) ,855.
 [3] Y. F. Chen , D. M. Bagnall , Z. Q. Zhu et al. (to be published) .
 [4] P. Yu , Z. K. Tang , G. K. L. Wong et al. , Eds. M. Scheffler , R. Zimmermann , 23rd Intern. Conf. on the Physics of Semiconductor , World Scientific , (1996) ,1453.

(上接第 43 页)

- [17] U. R. Potheckamury , G. V. Barbosa-Canovas et al. , *Food technology* , No. 12 , (1993) ,85.
 [18] Q. Zhang , A. M. Gonzalez , G. V. Barbosa-Canovas et al. , *Transactions of the ASA E* , No. 2 , (1994) ,581.
 [19] 刘颂豪、孟耀勇 , *物理* , **21**(1992) ,516.
 [20] Chen Zhengu , *Laser Biology* , **3**(1992) ,99.
 [21] 李俊亨、梁宏 , *激光医学* , 科学出版社 , (1989) ,1.
 [22] 郑得连 , *医学超声原理与仪器* , 上海交通大学出版社 , (1990) ,277.
 [23] Grant. Morris , Mc Iellan , *Trends in Biotechnology* , **8** (1990) ,293.
 [24] 张秀华 , *生物学通报* , **30**(1995) ,95.
 [25] 习岗 , *生物物理学报* , **8**(1992) ,512.
 [26] A. M. Kuzin et al. , *Environmental and Experimental Botany* , **26**(1986) ,163.
 [27] 林廷安等 , *北京农业大学学报* , **18**(1992) ,360.
 [28] 薛华等 , *生物化学与生物物理进展* , **18**(1991) ,234.
 [29] 国家自然科学基金委员会 , *生物物理学* , 科学出版社 , (1995) ,95.
 [30] B. J. Sedlak , *Genetic Eng. News* , No. 1 , (1995) ,8.
 [31] 陈进国、石峰等 , *生物物理学报* , **10**(1995) ,119.
 [32] F. Abeles. , *Ann. Rev. Plant Physiol.* , **37**(1986) ,49.
 [33] F. A. Popp et al. , *Recent Advances in Biophoton Research and Its Application* , World Scientific , Singapore , (1992) ,1.

(上接第 57 页)

- [4] G. M. D Ariano , H. P. Yuen , *Phys. Rev. Lett.* , **76** (1996) ,2832.
 [5] H. Barnum , G. M. Caves , C. A. Fuchs et al. , *Phys. Rev. Lett.* , **76**(1996) ,2818.
 [6] C. H. Bennett , G. Brassard , N. D. Mermin , *Phys. Rev. Lett.* , **68**(1992) ,557.
 [7] C. H. Bennett , *Phys. Rev. Lett.* , **68**(1992) ,3121.
 [8] A. Ekert , B. Huttner , G. M. Palma et al. , *Phys. Rev. A* , **50**(1994) ,1047.
 [9] V. Buzek , M. Hillery , *Phys. Rev. A* , **54**(1996) ,1844.
 [10] D. Mozyrsky , V. Privman , M. Hillery , *Phys. Lett. A* , **226**(1997) ,253.
 [11] N. Gisin , B. Huttner , *Phys. Lett. A* , **228**(1997) ,13.
 [12] M. Hillery , V. Buzek , *Phys. Rev. A* , **56**(1997) ,1212.
 [13] D. Drug , D. P. DiVincenzo , A. Ekert et al. , LANL e-print quant-ph/9705038 , to appear in *Phys. Rev. A* .
 [14] N. Gisin , S. Massar , *Phys. Rev. Lett.* , **79** (1997) , 2153.
 [15] 吴河浚、郭光灿、祝钧 , *量子光学学报* , **2**(1996) ,47.
 [16] B. Schumacher , *Phys. Rev. A* , **51**(1995) ,2738.
 [17] L. M. Duan , G. C. Guo , LANL e - print quant - ph/9704020 , *Phys. Lett. A* , (1998) ,in press.
 [18] L. M. Duan , G. C. Guo , *Phys. Rev. Lett.* , **80**(1998) , 4999.
 [19] M. A. Nielsen , I. L. Chuang , *Phys. Rev. Lett.* , **79** (1997) ,321.