

最近亦将超导电磁推进技术的研究列入计划。另外,80年代以来,美国、英国、日本等国都投入力量从事超导同步辐射光源研究工作。目前世界第一台超导同步辐射光源已在IBM公司的一个工厂中运行。这些都说明超导技术具有强大生命力,并将在国民经济中发挥重要作用。

超导磁体技术是近20多年发展起来的高技术,它在电工、交通、医疗、军工和科学实验领域有重要的现实作用和巨大的开发前景。但是,目前超导磁体技术还属于发展阶段,其中有些已形成商品取得实际效益,有些正在研究开发。超导技术也是一项综合性很强需要多学科配合的技术,它的发展与材料科学、低温技术、超导物理等学科密切相关。

1986年高温超导材料的发现又给超导技术的发展注入了新的生命力,虽然短期内还难使高温超导材料的磁体达到实用化,但从发展看还是有希望获得实际应用。特别是它具有的某些性能,如在液氮温度下,当磁场大于一定值后,临界电流几乎不随磁场增加而下降。因此,

当磁场 $B > 15\text{T}$ 后,其临界电流比现有的超导材料要高,人们预测它将是很有潜力的高场材料。虽然尚不能说它一定能取代目前的低温超导材料,但随着研究工作的进一步深入,它很可能在某些超导磁体应用方面起到一定的作用。超导技术的应用必将日益扩大,并为国民经济的发展作出贡献。

- [1] M. N. Wilson, *Superconducting Magnets*, Clearendon Press Oxford (1983).
- [2] 舒泉声, *超导电工程学*, 机械工业出版社(1989).
- [3] B. H. Wiik, *Proceedings of the 1989 IEEE Particle Accelerator Conference* (1989), 431.
- [4] V. People, *IEEE Trans. on Magnetics*, **25-2**(1989), 1444.
- [5] 严陆光, *电工电能新技术*, No. 3(1992), 1.
- [6] 蒋明, *科技导报*, No. 1(1989), 51.
- [7] 韩翔、林良真, 90年代电工科技进步与发展学术年会论文集, 中国电工技术学会(1991), 140.
- [8] L. G. Yan et al., *Fusion Engineering and Design*, **20** (1993), 299.
- [9] Y. J. Yu et al., *Cryogenics*, **30**(September Supplement 1990), 767.

外磁场对作物种子萌发与生长的影响及其作用机理

习 岗 傅志东

(西北农业大学, 陕西杨陵 712100)

综述了近年来发展的磁处理种子技术及其诱发的生物学效应,介绍了目前对磁场作用机理的探索,指出了磁处理种子的应用技术及机理研究中应注意的问题。

Abstract

The technique of treating seeds by magnetic field developed in recent years and its biological effect are summarized. The study on the mechanism of the effect of magnetic field is also introduced. Several problems on the mechanism study and in the application are pointed out.

磁场作为一种刺激因素对植物体从电子、分子到细胞和代谢的各个层次都可以施加影响。在医学等领域,生物磁学已进入到具体应用

的阶段;在农业科学领域,对于磁场对作物的影响及其增产效应正在进行着广泛的探索。迄今为止,磁场处理作物种子一直是生物磁学中一

个十分活跃的领域,人们期待能由此引起作物生理活动的改善及产量的增加.目前,这方面的报道很多,研究结果不仅涉及到处理后出现的增产效应,也涉及到了某些微观机理.但是,由于磁场与植物体相互作用的复杂性导致了这方面的研究十分零乱,微观机理很不清楚.因此,对磁处理调节植物生理活动的宏观规律及微观机理的深入研究是一个有待于大力开展和具有诱人前景的领域.

一、磁场处理作物种子的技术及技术参数

迄今为止,作物种子的磁场处理大致可分为三类.第一类为用磁场直接处理种子,磁场的类型有恒定磁场、变化磁场等多种方式.恒定磁场多由铁钴镍等合金制成的永久磁体提供,此法可获得较宽的磁感应强度.变化磁场可根据电磁场原理获得.对由线圈绕制的电磁铁通以不同频率的交流电即可形成交变磁场,或通以脉动电流可形成脉动磁场.变化磁场的另外几种类型是旋转磁场、平移磁场和梯度磁场.第二类为用磁水处理种子.这种方法是利用水以一定流速通过恒定磁场,切割磁力线而获得磁场处理水(简称磁水),再用其浸种.据水切割磁力线的次数可分为一次磁水、二次磁水等.第三类为复合处理.这是近年来发展的综合性处理方法,包括累代处理、恒定磁场加交变磁场处理、变化电场加磁场处理、恒定磁场加磁水处理、磁水加高水分种子处理等多种形式.

磁场处理的技术参数主要有恒定磁场的磁感应强度、作用时间、交变磁场的变化频率、磁水的切割磁力线次数等.

1. 磁场阈值效应与磁感应强度

大量从宏观到微观的实验表明,生物磁学效应存在磁场阈值,磁场阈值是磁场能否引起生物学效应的临界条件.迄今为止的大部分实验方法都是固定作用时间,筛选最佳作用强度,其依据就是生物体具有磁场阈值效应.筛选最佳场强一般是以形态指标作为筛选的标准.

根据对发芽率、芽长、根长等形态指标的统

计分析,许多报道认为,粮食作物的适宜磁感应强度为0.1—0.2T,瓜果类作物则为0.2—0.4T.也有报道认为,鉴别磁场能否引起生物学效应的精细方法是观察植物生理活动乃至同工酶的行为.李国凤等根据酯酶同工酶的变化和过氧化物酶同工酶的变化认为,能引起大麦和小麦生物磁学效应的最佳磁感应强度分别为0.8T与0.1T^[1].Akhmedova发现能引起棉花种子DNA,RNA,蛋白质含量增加的最佳磁感应强度为0.25T^[2].以同工酶作为筛选指标,是考虑到在许多情况下外磁场虽未引起幼苗生长的显著差别,但同工酶却可能有明显不同,同工酶作为生化指标比形态指标更为敏感.

2. 磁场累积效应与磁场作用时间

磁场阈值是能否引起生物学效应的关键,但是,由于生物体具有磁场累积效应,因此,磁场作用时间也是一个重要因素.陈季楚等人研究了外磁场对诱发水稻胚愈伤组织的影响,他们用强 $[(2.8-3.2)\times 10^{-2}T]$ 、中 $[(1.3-1.4)\times 10^{-2}T]$ 、弱 $[(0.7-0.8)\times 10^{-2}T]$ 三种场强进行实验发现,各种强度的磁场均有明显的作用效果,表明这些强度均在磁场阈值以上.但是,在强、中磁场作用下,组织内三磷酸腺苷(ATP)含量的增高随处理时间的延长有所下降,而弱场下则随处理时间的延长有所提高^[3].Tsolova等也报道,恒定磁场(45mT)对小麦根系及叶片苹果酸脱氢酶活性的提高作用随处理时间有一个极值^[4].显然,这些现象的产生都是因为磁场累积效应的缘故.因此,在选择处理的最佳剂量时也必须注意筛选作用时间.

3. 磁水的剂量选择

磁水是磁场处理作物种子采用较多的一种方式.对番茄的研究表明,以发芽势等形态指标及过氧化物酶同工酶等生化指标为依据,0.1T为磁水处理番茄的最佳磁感应强度.除此之外,切割磁力线次数也是决定磁水处理效果的重要参数.有报道指出,磁水处理水稻的主要参数的最优组合是场强0.15T,四次或二次切割磁场.

4. 复合处理的条件选择

磁场处理方法常以干种子置于一定磁场下

进行,其效果有时并不理想.为此,人们采用了各种复合处理方法,试图进一步提高作用效果,但目前这方面的研究还很少.有报道指出,以300mT 磁场处理高水分水稻种子三分钟,将甜椒种子经 KNO_3 溶液萌发,再用500mT 磁场处理5分钟效果最好.在大麦的磁致变异的研究中也发现,累代处理的效果比一次磁场处理的效果要好.但是,在番茄等蔬菜类作物上,则发现磁水与磁场双重处理的效果反而不及单用磁场处理干种子的效果.看来,复合处理的效果及最佳作用方式和作用剂量的研究尚有待于进一步开展.

二、磁场处理作物种子的生物学效应

磁场促进作物种子萌发与生长是生物磁学效应最基本、最主要的宏观表现之一.由于种子发芽势的高低直接反映了种子萌发过程中代谢过程启动的快慢,因而它是度量种子萌发快慢的重要指标.据报道,经磁场处理的小麦、大麦、水稻、玉米和蔬菜类作物种子的发芽势均有明显的增长.另外也有磁水促进大豆、小麦、水稻和玉米种子萌发的报道.刘宏清等人发现磁处理可使种子活力指数增加22.3%—39.3%^[5],因而表明了磁处理促进萌发的原因在于增加了种子活力.

磁处理不仅可以影响萌发,更重要的是可以影响苗期生长,其中对根系的影响最为显著.不少实验发现,磁处理可使作物根数、根长和根重增加,并且使根系粗壮,根体积增大.进一步的研究表明,经磁处理的作物根尖成熟区直径、中柱直径、初生木质部和后生木质部的导管直径都明显增大,导管数目增加.此外,也有实验报道,磁处理可以促进幼苗对 NO_3^- 和 H_3PO_4 的吸收,使苗期硝酸还原酶活性提高.由此看来,磁处理可以改善作物对水分和营养的吸收和改善作物后期的经济性状.对玉米、大豆、油菜和蔬菜类作物的研究表明,磁处理可降低株高,增加穗粒重、百粒重和产量.另外,Pittman 也有过磁处理使大麦、小麦、燕麦产量提高的报

道^[6,7].

目前,关于磁处理促进萌发与生长的机理研究还十分零乱.有实验表明,经磁处理的小麦、大豆和向日葵种子的呼吸强度比未经处理的种子高,其中又以脉动磁场处理最为显著,最高的可为未经处理的4—5倍.在用磁水处理的玉米和小麦中亦得到同样的结果.因此,磁处理提高呼吸强度和加速代谢是促进萌发与生长的直接原因.进一步的研究表明,磁处理对作物体内某些生化物质如有机酸、激素、核酸、氨基酸和三磷酸腺苷(ATP)含量均有提高作用.此外,还可导致染色体畸变和DNA、RNA含量的变化.在酶水平的研究方面,有实验表明,磁处理可以提高玉米、小麦、水稻及蔬菜类作物的 α -淀粉酶、过氧化物酶、过氧化氢酶以及细胞色素氧化酶等许多酶的活性,还可改变过氧化物酶同工酶、酯酶同工酶的酶谱.

磁处理也会影响到作物的光合作用过程. Brettel 等人早就指出,磁场对光系统 I (PS I) 的原初反应过程有影响^[8]. Sevdimaliev 等人发现,磁场对光系统 II (PS II) 的荧光产量也有影响,并且指出,其原因是磁场影响了 PS II 的自由基对的重组过程^[9]. 此外,还有关于磁处理提高小麦、大豆等作物的叶绿素含量、还原糖含量以及光合速率明显增强的报道.

三、今后研究中应注意的问题

磁场可以促进种子萌发与作物生长的现象已基本上得到证实,这方面的报道目前有日益增多的趋势.但是,在大麦^[10]、小麦和燕麦^[11]、向日葵和豌豆^[12]等作物上也有一些相反的实验报道.现在一般认为,不同作物乃至同一作物的不同品种都可能对磁场有不同的灵敏阈,并不存在一个普遍适用的最佳磁场作用剂量.在一些条件下能观察到某种效应,而在另一些条件下就可能观察不到^[13].因此,在应用研究中首先应注意的是对特定植物、特定品种必须经过大量的筛选实验确定最佳剂量后,使用磁处理技术才能达到增产增收的目的.

在生物磁学效应的应用研究中,迄今为止的大量工作主要集中在如何改善经济性状及提高经济产量方面,而忽视了磁场对作物抗逆生理的影响.事实上,已有磁处理提高番茄对花叶病和早疫病抗病力以及提高小麦抗冷性的报道.另一方面,前已指出,磁处理对幼苗根系的影响最为显著,而根系发达程度又是作物重要的抗旱指标,此外,也有磁处理降低幼苗的蒸腾速度和气孔导度从而提高幼苗保水力的实验报道.这暗示着磁处理也可能对改善作物的抗旱性有些作用.但是,这些方面的研究既不广泛也不深入.因此,在抗性生理的应用研究中,一方面要广泛地探索磁处理在改善作物抗逆性上的宏观效应;另一方面还应在磁处理与作物保护系统功能的关系的深度上加以研究.现已证实,在环境胁迫下,作物体内的自由基水平增加,过高的自由基首先使膜系统受到伤害,从而导致离子泄露、水分丧失.植物体内有害自由基的消除是通过保护体系来完成的,而过氧化物酶、过氧化氢酶都是主要的保护因子^[14].前已指出,磁处理会影响到作物体内的自由基水平及过氧化物酶、过氧化氢酶活性,这暗示着磁场对抗逆生理的影响可能是通过影响保护体系的功能来完成的.看来,磁处理能否和如何改善作物的抗逆性尚有大量的工作要做.

在磁处理促进作物种子萌发的机理研究中,首先应搞清楚的是磁处理能否促进种子的吸胀过程.已有许多实验报道,磁水的渗透压、表面张力、粘滞系数、pH值、介电常数和电导率均有不同程度的变化.在结构研究中,许多人指出,在磁场作用下,水分子集团的缔合度、水溶液中离子的水合状态及水分子结构本身都发生了变化,氢键被拉断,水分子键角变形,从而易于透过细胞膜,因此可以改善水分运输.对于磁场直接作用种子,有人认为其与磁水处理种子的作用机制相似,直接处理的效果也是通过磁场作用于种子内的水分来实现的.另一种观点则认为,在外磁场作用下,种皮及内部细胞的生物膜中形成了许多自由基.高浓度的自由基一方面使膜透性增加,种皮通透性提高,从而使物理

水分和氧气迅速进入种子,促进萌发;另一方面激活了与膜结合的环苷酸环化酶,导致基因活化,被解除了抑制和封锁状态的基因促使信使核糖核酸(mRNA)合成的开始,使酶活性增强,特别是水解酶与氧化还原酶活性增强,从而使营养物质得以迅速进入胚中.看来,磁场如何改善水分和物质的运输并由此导致对萌发与生长的促进,也有待于进一步探索.

机理研究中应注意的另一个重点是磁处理对酶的影响.磁场对种子内代谢过程的调节归根到底为对这些过程的酶的调节.现已发现,磁处理可以影响到许多酶的活性,因此,有人提出过如下磁场作用机理的模式:

磁场→基因→酶→代谢→结构与功能

然而,酶的活性可以通过许多方式加以改变.在萌发种子中,酶可以通过两个途径产生:一是由存在的蛋白质被释放或被激活;二是通过核酸引导的蛋白质合成作用重新合成.外磁场究竟对哪一个途径产生作用而影响到酶的活性,可能是探讨外磁场促进种子萌发机制的另一个关键.

有关磁场对酶的激活效应的实验指出,磁场可使未受抑制的蛋白酶显示激活效应,而对受到抑制的蛋白酶也呈现再激活效应.荧光分析和紫外差光谱分析表明,从植物果实中提纯的蛋白酶在恒磁场下,紫外差光谱和荧光光谱均随场强和作用时间的不同而变化,即使撤离磁场,这种变化依然存在,表现出磁滞后现象.由此证明了磁场可使酶分子的空间构象发生变化,而且这种磁对酶分子的变构作用明显不同于化学变性^[15].在酶动力学实验中,也发现过磁场影响酶促反应速度的现象^[16].此外,酶结构中金属原子的顺磁性,酶蛋白的半导体性^[17],以及外场影响酶反应中心的离子传输^[18]等各种情况,都可能是外磁场使酶活性改变的原因.

在探讨磁场能否促进酶合成的研究中,应特别注意外磁场对种胚中由长命 mRNA 翻译的酶合成的影响.关于种胚吸胀萌发机理的研究表明,由长命 mRNA 所编码的酶与物质转化

和呼吸代谢有关,它们构成了萌发的关键^[19].此外,环境正是通过由长命 mRNA 所支持的酶合成的变化来调节萌发与生长^[20].因此,探讨环境(如外磁场)对长命 mRNA 所决定的酶合成的影响是应注意的一个焦点.

总之,目前的任务是一方面深入研究磁处理促进种子萌发与作物生长的微观机制,另一方面广泛探讨如何使之成为一种提高作物抗逆性乃至提高作物产量的有效手段,从而为农业生产作出贡献.这两方面的研究都亟待加强.

[1] 李国凤等,生物化学与生物物理学报,17(1985),476.
 [2] M. M. Akhmedova and T. Hossain, *Elektron Obrab Mater*, 5(1986), 68.
 [3] 陈季楚等,科学通报,33(1988),1899.
 [4] K. Tsoleva and T. Gemishev, *Fiziol Rast*, 13(1987), 47.
 [5] 刘宏清等,种子, No. 5(1990), 26.

[6] U. J. Pittman, *Can. J. Pl. Sci.*, 57(1977), 37.
 [7] U. J. Pittman, *Can. J. Pl. Sci.*, 47(1967), 389.
 [8] K. Brettel and S. Pierre, *Biochim. Biophys. Acta*, 2(1960), 109.
 [9] R. M. Savdimaliev and V. M. Voznyak, *Stud. Biophys.*, 115(1986), 69.
 [10] S. Freyman, *Can. J. Pl. Sci.*, 60(1980), 463.
 [11] L. V. Gusta et al., *Can. J. Pl. Sci.*, 58(1978), 79.
 [12] G. H. Gubbels, *Can. J. Pl. Sci.*, 62(1982), 61.
 [13] R. Nath et al., *Magnetic Field Effects on Biological System*, Plenum Press, New York (1979), 32.
 [14] I. Fridovich, *Science*, 201(1978), 875.
 [15] 林沁瑛等,生物化学与生物物理学报,24(1992), 253.
 [16] V. K. Vanag et al., *Biophysics*, 29(1984), 19.
 [17] 王磊光,生物物理学报, No. 3(1988), 22.
 [18] V. Zubkus, *Biofizika*, 34(1989), 541.
 [19] T. Akiyama et al., *Plant Cell Physiol.*, 2(1981), 1029.
 [20] W. J. Penmans et al., *Planta*, 144(1979), 485.

掠入射、全反射及其在 X 射线荧光分析中的应用

刘亚雯

(中国科学院高能物理研究所,北京 100080)

掠入射、全反射技术应用于化学的微量及超微量元素分析和表面分析,给 X 射线荧光分析技术带来了突破性的发展.目前,利用全反射 X 荧光分析技术对微量元素进行分析,其检测限已达到 pg 级,硅片表层杂质分析的检测限达到 10^9 个原子/cm².文章介绍了该技术的基本理论和特点、近年来国内外发展情况及应用的例子.

灵敏、准确的痕量元素分析方法在环境、生物、医学、化学等领域都是不可缺少的.此外,材料表面成分的定性、定量以及化学态的分析对于材料科学和技术的发展也是至关重要的.近年来,人们在 X 射线衍射和 X 射线荧光分析中使用光束掠入射或全反射的条件,使元素的痕量分析和材料表面特性的研究取得了重要进展.

一、掠入射、全反射的基本原理

什么是掠入射(grazing incident)?掠入射是指粒子束(或辐射束)以很小的角度入射到平

面上.我们都知道光线具有反射和折射性质,如图1所示.当一束被聚焦的 X 射线入射到光滑平面(反射体)上时,会有三种情况:当入射角度较大时,入射线穿过界面进入介质内部〔图1中(a)〕;当入射角减小到某一程度时,入射线沿着介质表面传播〔图1中(b)〕,这时的入射角称为临界角;当入射角小于临界角时,入射线在界面上完全被反射掉〔图1中(c)〕,此时就发生了全反射现象,该临界角称为全反射临界角,即图1中 ψ_{crit} .临界角大小与反射体材料和入射线波长有关.当不考虑吸收限处的共振和量子效应时,X 射线全反射的临界角由下式给出: