

农业物理新技术应用研究¹⁾

唐树延 陈淑良

(中国科学院长春物理研究所, 长春 130021)

简要介绍了农业物理高新技术的发展,阐述了农业物理生物新技术的原理和新成就,着重分析了与农作物增产有关的高光效与高吸收功能相互促进的原理和机制。最后指出了农业物理高新技术应用的潜力和前景。这些技术对于开发和利用海洋生物也有十分重要的意义。

关键词 农业物理, 可持续农业, 场效应生物技术

Abstract

The development and new achievements of agricultural biophysics technology and theory are reviewed. In particular, the physical mechanism underlying the mutual interplay between high light efficiency and high absorption function as related to increase in crop yield is discussed. The potential applications of this technology are described. It is also mentioned that this technology is of significance for the development of marine biology.

Key word agriculture physics, sustainable agriculture, field induced biological technology

农业(包括海洋生物技术)在我国国民经济中占有举足轻重的地位。发展农业,对于解决10亿多人的温饱问题,进而促进我国社会主义现代化建设的稳步发展,具有十分重要的意义。然而,传统的增产技术却过多地依赖于使用化学肥料,其结果必然导致生态环境破坏加剧,农产品品质降低,因此寻找一种既经济实用,又有助于作物增产和品质改善,减弱甚至完全消除对生态环境的破坏的新技术是摆在各国农业专家和生物学家面前的亟待解决的问题。

自80年代以来,世界各国改革现行的常规农业和建立新型的现代农业的研究和探索一直方兴未艾,不断发展。中国科学院长春物理研究所农业物理技术研究室多年来一直从事光、磁、电、膜的农业应用研究,这将有益于农业物理新技术和海洋生物技术的开发和利用

一、农业物理新技术的发展

当今世界,人们正在探索各种发展农业的

道路,以求得生存与发展。从模式和名称上看有多种多样,但可归纳为三种,即传统农业、常规农业和生态农业。最近,又出现了一种可持续农业(sustainable agriculture)。

1. 传统农业与常规农业

传统农业的特点是多数农民为自给农。目前世界上自给农占耕地40%,支持着世界50%—60%的人口。生产方法是传统的,产量、劳动生产率和土地利用均很低,目前传统农业在许多发展中国家仍然占主导地位。

本世纪20年代开始,在工业发达国家中,传统农业逐步向常规农业转变,到70年代,多数发达国家以及发展中国家的部分地区已进入常规的现代农业阶段。常规农业的最重要内容是增加农业投入,促使农业工业化。主要表现是机械化,化学化与水利化。各国情况不同,农业现代化的起步与侧重点也不同。人少土地多

1) 国家自然科学基金资助项目。

的国家重点放在机械化上,如美国于1940年率先实现机械化,50—60年代原苏联和 西欧 等国也接着实现了机械化。人多地少的国家则将化学化、水利化放在首位,如日本等国。

随着经济发展与生活的改善,一些富裕国家对环境、食品质量、人类健康等提出了更高的要求,在这种情况下,生态农业应运而生。

2. 生态农业

这种农业在国外各国的叫法尚未统一,如美国称为有机农业、再生农业或生态农业,在欧洲称为生物农业、生物动力农业,在日本则称为自然农业。尽管各国对生态农业的叫法有不同,但实质内容却是相近的,只是在具体措施上有所差异。生态农业的基本原理可以概括为农业环境与农作物是一个相互影响、相互作用的整体,作物需要从环境中摄取物质和能量,反过来,作物的生长、发育过程中释放气体及作物残体又归还给环境,使环境得到物质的补充。这种农业的单产不高,所以近年来又出现了“可持续性农业”发展的新形势。

3. 可持续农业和农用物理新技术研究

1986年,美国明尼苏达州议会通过“可持续农业(sustainable agriculture)法案”^[1],指出今后农业的发展趋势可能是取生态农业与常规农业之长而走中间的道路。但这类农业的定义和所涉及的范围还不是十分清楚的。在此基础上,我们经过多年的实践,提出农业物理生物新技术的研究方向,它是以光、磁、电三大要素为主要支撑的研究方向。

二、农业物理生物技术的原理 和新成就

农业物理生物技术属于农业生产高新技术和新技术范畴。它的概念与传统农业、常规农业不一样,它已发展成为一种综合的、不能确定专业门类的复杂技术,它需要很多的理论科学和技术科学共同为它进行投入,以保证农业生产的高输出,持续地稳产和高产。根据新发展的特点和需要,农业物理技术和研究成果已起到

了其他农业科学所无法替代的作用。

1. 粮食增产与高光能利用技术^[2]

光与生物分子的相互作用,一般分为三个过程进行研究:(1)生物分子吸收激发的原初过程(10^{-9} — 10^{-15} s);(2)吸收了光子的激活中心的能量弛豫过程(10^{-7} — 10^{-13} s),以及这一过程的化学变化与动力学性质;(3)构象弛豫过程(10^{-3} — 10^{-8} s)及整个系统(细胞体或生物体)的生理反应。研究这些过程的主要目的之一,是从分子、亚分子和电子水平上以及化学变化的机制上来了解植物体高光能利用的生物学意义。植物的生长发育过程是由光合作用将光能转换成化学能,推动体内的生化反应,产生物质积累的过程,其中光作为一种物理因子起决定性的作用。现已证明,植物的正常发育过程,是一个光形态建成的过程,一个需要光进行调控的过程,不同光强和光质的作用对于作物的产量和品质都有明显的影响。例如,植物生理和作物栽培生理及实践告诉我们,棉花的产量主要是来自光合产物,其中光起了极为重要的作用。因为棉花的产品都是有机物,在其化学元素组成中主要是由碳、氢、氧三元素所组成。据原苏联科学家 Вуалин 分析,这三种元素约占棉株干重的95%左右,氮素约占1.4%,磷占0.3%,钾占1.5%,其余为其他无机元素。上述三种元素中,磷和氧主要是来自光合作用同化反应的二氧化碳;氢来自水,但也需要通过光合作用才能同化为有机物,氮和其他矿物质元素来自土、肥,其化合过程大部分也直接或间接与光合作用有关。因此,没有光合作用就没有产量。关于肥和水的问题,除一部分是组成有机物的原料外,主要是通过光合作用,才能对增产起作用。因此,我们应当将过去单纯向肥和水要粮、要棉、要产量的概念,应增加向光要物质的内容。

基于上述认识,我们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。它除具有提高植物吸收能力、增强光合作用和光化学活性的特点外,还具有增加作物有效光成分的吸收,弥补某些环境条件(如阴雨等弱光情况)

下的光照不足,提高光合作用效率的性能。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。

根据实验结果,农用光助素的增光过程包括两种途径:其一是被作物吸收的光助素分子受光激发,产生二次辐射而被作物吸收;其二是被激发的光助素分子经无辐射能量传递,使作物光合器官色素分子激发。由上述两种途径产生的色素分子激发态能量,经激子扩散传递给相应光系统的反应中心^[5],促进实现电荷分离,完成原初过程。

光助素在东北松辽平原和黄淮海平原中低产田上得到大规模应用,取得了明显的增产效果和经济效益。我们推测该技术应用于水生植物也将产生效果。

2. 高频、高能离子和激光育种技术

利用高频和高能离子注入等方法用于大田作物、经济作物和果蔬作物诱变育种工作已经取得明显结果。该项技术具有生理损伤小、突变率高、突变谱广、有利突变相对比例大、突变体稳定快等特点。它不同于细胞工程等常规育种技术,而是着眼于用物理学的方法、手段和概念去揭示与生命科学有关的新现象与新规律。此项工作为探索基因位点诱变开辟了新途径,也为海洋生物种源开发提供了一种安全、可控、高效与经济的新方法。近年来,通过离子束生物技术和生物效应研究,解决了一批高产玉米的优质和多抗以及自交系玉米的出土能力等问题,为粮食增产作出了贡献。

激光育种是通过激光辐射与生物分子的相互作用改变其质量性状,并影响其数量性状的遗传。与生物物质相互作用的激光强度,多属于低功率刺激作用^[6]。我们通过对大豆激光选育的研究,提出了生物活体受激相干共振吸收的作用原理。这种相干振荡存在于生物组织细胞中,促使植物细胞潜在能量活化,活体能量代谢和物质代谢增强,从而在植物组织的生长中发挥作用^[7]。

总之,高频、高能和激光等物理生物新技术以及对应的不同品种和作物形成的系列化农用

产品的应用,一方面起到了粮食增产目的,同时也为农业育种研究提供了新的方法和技术。

3. 磁生物技术对农业增产的作用

据1987年《新科学家》报道,日本的研究人员发现磁场有助于种子发芽提前、成熟期缩短、开花数量及产量增加。研究人员将菜豆和大豆种子暴露在比地磁场高10000倍的磁场中,与未经处理的种子比较,结果表明,经磁场处理的菜豆40天即可收获,而未处理者则需52天。大豆也有类似情况,经磁场处理后发芽期提前两天,收获期提前12天,产量提高四分之一,质量也优于未经磁场处理的大豆^[8]。

我们曾大力开发和研究了磁生物技术及其在农业中的应用,除了研究磁场对饲料和对鱼虾孵化的作用外,还特别研制出DZC型多种作物种子磁化机(包括衡磁和脉冲磁两种规格)。几年来累计推广面积达100万亩,增产粮豆1000多万公斤,取得了明显的经济效益和社会效益。

在推广磁生物技术的同时,我们还探讨了磁致增产有关的机制问题:

(1) 金属磁性离子的作用机制

在高等植物体内含有13种金属元素,其中有八种3d和4f族过渡金属磁性离子。它们大多数在体内对功能酶起作用,在外磁场作用下将使其活力增强,对根系生长、营养吸收与运输过程亦有促进作用。

(2) 生物场的相干效应和理论研究

在所有植物体内普遍存在有磁荷,但只有在外磁场的作用下它们才能呈现有序排布并形成磁场。设想植物体的宏观结构类似于不同曲率半径组成的平面剖体层结构(层数设定越多越接近实体)。我们采用类相干理论分析了外磁场作用于生物体不同膜层中的色素、蛋白质等分子的磁致状态。当脉冲磁场与生物场相互作用,耦合后形成二磁偶极子增强或减弱的磁致效应,这种增强或减弱的耦合效应与磁致激励方式及强度有关,因为这种周期性脉冲作用磁场是造成类相干磁致效应的主要条件。二磁偶极子场的增强与减弱的涨落规律可以近似地

用简正模式来描述:

$$W_{\pm}^2 = \frac{1}{2} (W_1^2 + W_2^2) \left\{ 1 \pm \left[\frac{W_1^2 - W_2^2}{W_1^2 + W_2^2} + \left(\frac{M}{R^3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\},$$

R 表示二场磁子基元间距, M/R^3 表示偶极间相互作用能与各自磁能之比。相互作用场的加强与减弱效应分别用 W_+ 与 W_- 表征。这种周期性涨落规律与效应规定着作物种子磁化机的最佳磁学参量设计的条件^[7]。

4. 静电技术与生物效应^[8]

生物机体内多种荷电物质的分布和运动,对生命过程具有重要的意义。在地球物理环境中,固有的能量场内含有自然电场和引力场。在引力和电场力对种子内微团作用的合力方向上,物质表现出有规律的分布,而环境中的热运动及电场强度的变化,则使这种有规律的分布成为准态分布。作物种子正常发育依赖于自然电场及引力场的协同作用。如果种子处于初始的溶胶体状态,即

$$E_w(t) + E_n(t) = 0,$$

并且生物静电场 $E_n(t)$ 随外界作用场 $E_w(t)$ 变化而变化,那么这种变化就会对种子内部的生化反应起着重要的影响。通过大量试验,我们确定出最适宜的静电处理种子的物理参量:

- (1) 适宜静电场强度为 100—200 kV/m,
- (2) 处理种子的适宜时间为 0.08—0.17 h,
- (3) 静电场中种子的厚度最多不应超过三粒种子厚度。

采用适宜静电条件处理种子能够促进种子

萌发,使种子活力增强 40% 左右,并能提高抗逆境能力,作物增产 5%—20%。该项技术具有成本低、耗能少、简便易行、增产效果明显,不增加环境和种子污染等特点,是一项很有推广应用价值的技术。

三、农用物理生物技术的应用前景

目前,我国农业发展面临的主要矛盾是人口增长过快,人均占有耕地面积相对减少,因此向海洋生物领域发展是十分重要的。但应如何有限制地发展传统农业和常规农业,并与此同时,加快农业物理高新技术的普及和应用,是海洋生物资源开发与利用的又一重要问题。参照农田作物增产、品质改善及良种培育中形成的如光助素、调光膜、高场高能诱变育种、磁化处理等物理生物技术的应用研究,探索开发海洋生物资源的相应技术,不断为生产部门输送和提供大量的海洋生物良种和产品,使其发挥更好的经济效益和社会效益,具有重要的现实意义。

- [1] 吴珊眉,世界农业,117-1(1989),32.
- [2] 唐树延,科技导报,33-6(1990),31.
- [3] 唐树延,植物生理学报,13-3(1987),221.
- [4] G. H. Sydaway, *Nature*, 203 (1966), 303.
- [5] Tang Shuyan et al., *J. of Luminescence*, No. 40 (1988), 223.
- [6] М. Г. Коваев, Магнитобиология В Животноводстве, Миск. У. Изд., (1980).
- [7] G. Sutcliffe and R. Srinivasan, *J. Appl. Phys.*, 60-9 (1986), 3315.
- [8] 鹭津正夫,静电气学会志, No. 6 (1986), 507.

物理学对军事能源变革的推动作用

陈 心 中

(中国人民解放军汽车管理学院,安徽蚌埠 233011)

本文依照人类战争史的进程,用事实说明物理学原理推动了军事能源的变革,并促进作战兵器不断更新。无论是古代的矛、盾、刀、箭,还是现代的飞机、坦克、导弹,乃至未来的电磁炮、激光武器等,每一具