

物理农业技术在现代农业基础科学与工程研究中的应用*

朱杰¹, 王国栋^{1,2}

¹西北农林科技大学理学院应用物理系 杨凌 712100;

²西北农林科技大学教务处 杨凌 712100

摘要: 在强调物理农业对现代农业发展重大意义的基础上, 文章从物理因素对农作物繁育生长的促进作用和运用物理技术手段及采集农业环境信息两个方面叙述了物理农业技术在基础农业科学与农业工程研究领域的应用与发展现状, 并结合我国农业环境, 提出了以先进的物理农业技术为切入点, 重点发展物理农业的现代农业发展模式。

关键词: 物理农业; 物理农业技术; 现代农业; 农业科学; 农业工程

中图分类号: S121; Q313

文献标识码: A

“现代农业”(Modern Agriculture)是农业发展的最新阶段, 它实现了全面机械化, 各种现代科学技术在农业中广泛应用, 生产经营达到高度社会化、集约化、专业化和企业化, 农业生产结构发生了根本变化, 农业劳动生产率得到大幅度提高^[1]。矿质营养学说的确立、农业化学的建立与发展, 以及由此产生的以化学肥料、化学农药为代表的化学农业(Chemical Agriculture)技术导致了农业革命, 极大地提高了农作物的产量, 但随着人类对农作物产量的不断追求而造成对化肥和农药的过量使用使得全球范围现的土质退化、污染加重、环境恶化和生态破坏问题日趋严重, 因而农业的可持续性发展逐渐被提上日程。从上世纪 60 年代起, 逐步形成了各式各样的生态农业发展模式, 至 90 年代初, 已形成了以持续农业(Sustainable Agriculture)为主流的现代农业思潮^[2]。当前, 农业正处于由化学农业向生态可持续农业的全面过渡时期, 实现这一转型的主要途径有两种^[3,4]即生物工程(Biological Engineering)和物理农业(Physical Agriculture), 本文主要讲述物理农业技术(Physical Agricultural Techniques)在现代农业基础科学与工程研究中的应用, 并对现阶段发展物理农业及其相关技术的意义、途径和目标进行了探讨。

1. 物理农业与物理农业技术

为确保地球的绿色和人类社会的可持续发展, 国际有识之士提出了逐步以物理方法替代化学方法, 即逐步发展以物理技术方法来替代化肥和农药的思路, 联合国已提出了“物理农业”的概念^[5,6]。所谓物理农业, 就是以声、光、电、磁等要素作为支撑物理技术方法提高光合作用的效率, 促进植物生长减少化肥、农药的使用量, 从而达到保持作物稳产、增产, 恢复耕地质量, 阻止环境恶化与生态退化, 实现农业的长久、持续发展的目的, 涉及电场对动植物生长发育的影响、低能粒子诱变育种机理、梯度磁场生物学效应、静电生物效应、电晕技术的应用、激光诱变育种、辐射育种和保鲜等领域^[7]。显然, 物理农业是涉及物理学和材料科学等诸多学科并与植物学、农学领域的育种、栽培、土壤和遗传等多学科交叉和综合的一门新生学科。由于物理学与物理技术、工程技术的进展, 以及有关理论与技术在农业的广泛应用, 当前, 发展农业物理学、研究运用物理手段的物理农业技术已经具备条件。物理农业技术与化学农业技术不同, 后者主要是物质形式的作用, 而物理农业技术主要以能量与

基金项目: 教育部科学技术研究重点项目(No.104167); 国家自然科学基金资助项目(No. 20572067);

作者简介: 朱杰(1980-), 男, 土家族, 湖南张家界人, 博士, 助教, 中国物理学会、中国/美国化学学会、中国/美国细胞生物学会、中国生物物理学会会员, 主要从事农业环境生物物理、分子生物物理与理论生物物理研究。

作者通讯: E-mail: jiessy_zhu@126.com。

信息的形式作用于农业生产过程,是一种高效、清洁、无环境污染而且成本低廉的农业技术,对于发展我国“两高一优”的持续农业具有不可替代的重要作用^[8]。物理农业技术在基础农业科学与工程研究中的应用可大体分为下述三个方面的内容,(1)增产与增质:运用声、光、电、磁等物理因素,以物理肥料、物理农药、物理生长控制剂的形式作用于农业对象以取得高产、优质的物质效果;(2)产品贮藏与保鲜:运用声、光、电、磁等物理技术对农产品的贮藏环境进行监测和控制,延长农产品的保存期,达到保鲜的效果;(3)农业信息采集与病虫害防治:运用声、光、电、磁等物理技术采集农田作物与环境的信息,用于决策,达到高效农业的要求,并利用光谱、波谱、质谱、生物显微等现代物理方法研究对物理农业对农产品品质进行科学评价^[9]。

2. 物理农业技术与农业增产增质

粮食安全在人口众多的中国始终是一个不轻松的话题。尽管近年我国粮食生产出现恢复性增长,但全国粮食播种面积连续下降,水稻、玉米、小麦、油菜、大豆等五大农作物的产量均有不同程度下降,却是一个不争的事实。除了耕地减少、农业投入不足外,农业科技发展水平在不断缩小同发达国家差距的过程中,仍然处于落后状态,其中农业生产的科技贡献率约 35%。在耕地不可能扩大的条件下,要进一步提高粮食总产,就必须依靠农业科技,提高粮食单产。着力培育高产、优质、抗逆新品种,是实现粮食安全的保证。利用声、光、电、磁和辐射等物理因子对五大农作物及其种子进行一定剂量和时间的处理,可重组种子的DNA,进而培育出具有早熟、矮秆、抗病、抗逆、优质及其他特异性状的优良品种,并能提高种子活力,促进种子萌发,进而取得高产、优质的效果。物理方法处理作物种子有时间短、费用少、效果好、无污染、易推广等优点,对粮食稳定增产、农民持续增收具有重要意义^[10]。

2.1 超声作用 超声波在介质中传播形成介质粒子的机械振动,引起声波与介质的相互作用,其作用机理可理解为热机制、机械机制和空化机制。低强度超声在生物过程中依靠机械振动和空化效应可使溶质粒子加速,加快反应物进入细胞活性部位和生成物进入液体媒质的扩散,从而提高该生物过程的效率,又不至于对细胞生理过程造成非回复性损伤^[11]。匹配的低强度超声波作用于植物细胞时,能产生细胞内微流和胞质涡流,进而提高细胞膜和细胞壁的通透性,从而提高细胞的新陈代谢。超声处理种子的过程,会伴随产生高温、高压、电离的空化现象,使超声的热效应、化学效应加强。在高分子化合物的聚合和解聚过程中,超声有时能够引起分子结构的改变。因此,超声的空化效应对种子的萌发期酶活性有影响,播种前超声处理种子可帮助种子打破休眠,促进种子萌发、生长、早熟和增产。任兴安等^[12]报道,用 20kHz, 250W 的超声分别处理“先锋 1 号”早稻种子 7~9min,“691”中稻种子 15min,其结果早稻和中稻种子分别增产了 10%和 9%;用同频率、同强度的超声作用于冬小麦种子 20min,可使其发芽率和出苗率提高,生长速度加快。利用 250W、16.8kHz 超声波处理稻种“汕优 63”10min 时,超声促进稻种的发芽势提高 15%以上,发芽率有提高趋势,芽子长度增加明显,生根速度明显提高,根的条数显著增加,其增长幅度在 44%以上。超声促进水稻分蘖和成穗,水稻产量提高了 6.48%。针对苏铁种子萌发中发芽率低、萌发时间长、种子易霉变等问题,肖宜安等^[13]研究了超声辐照对苏铁种子萌发的影响。他们以 1.45MHz、25W 超声波处理自来水中的种子 10、20、60min,结果表明,10 和 20min 的超声辐照对苏铁种子的发芽率、萌发时间和霉烂率均有明显改善作用。20min 超声辐照更明显,发芽率达到 100%,霉烂率下降为零,萌发时间显著缩短,比没有受辐照的缩短了 183 天。另外,对植物施加特定频率的声波,可使植物生理系统产生共振,进而提高植物活细胞内电子流的运动速度,促进各种营养元素的传输和转化,增强植物的光合作用和吸收能力,加快茎、叶等营养器官的生化反应过程,提高营养物质的产量;由于增加了酶的合成,蛋白质、糖等有机质

的合成加速,从而提高了植物的品质;由于物质吸收和运转能力增强,植物表现出旺盛的生长速度,从而达到早熟。

2.2 激光作用 激光处理种子诱发突变作用与一般的射线并无本质的区别,都是通过引起染色体结构的畸变和遗传物质分子的改变,最后导致其性状和特性发生变异,再通过细胞分裂遗传给后代,经过人为的选择和培育而育成新品种^[14]。经激光照射的植物种子由于种皮和内部细胞的透性增加,使水解酶的活性增高,从而加速了种子萌发过程的内部生理生化性质的改变,刺激了细胞的活跃生长,提高种子的代谢能力。处理过的种子播种后,一般表现为出苗早,出苗率高,幼苗根系发达,叶绿素含量高,光合作用加强。在农作物生长期用激光进行照射亦获得了很好的效果,被激光照射过的植株不仅表现为生长茁壮,抗逆性强,而且还可以利用植物对光周期反应不同的特性,用激光来调控其生长发育^[15]。激光微束(光刀技术)的迅速发展,为细胞遗传学和育种工作开创了新的途径。使用光刀可以将包含有遗传信息的染色体在结构和功能上被部分地切除,也可将蛋白质或DNA部分除去或两者皆除去,以研究它们对遗传的影响^[16]。另外,应用光刀技术与细胞离体培养技术相结合,可以培养出新的细胞株,从而改变农业生物的性能。我国激光诱变育种工作始于上世纪70年代,至2005年培育成功的农作物新品种已超过100,许多品种都已获得了大面积的播种,取得了较大的经济效应和社会效益^[17-19]。Zhang等^[20]利用He-Ne激光辐照花粉后进行普通小麦和黑麦间的属间杂交,提高了杂交籽粒的结实率,改善了粒的饱满度,提高了粒重因而促进了杂交种子的出苗率和成活率,并且获得了染色体自然加倍的双二倍体杂种后代,这种高科技的激光诱变育种,为小麦属间杂交育种工作开辟了新的途径。Pan等^[20]用CO₂和He-Ne两种激光的三种剂量分别辐照两个洋葱品种的湿种子,结果表明,He-Ne激光辐照洋葱L₁代的过氧化氢酶、叶绿素、总糖含量的变异大于CO₂激光辐照的结果。这说明生物体对激光作用的反应还跟激光本身的物理参数有十分密切的关系,探讨最适参数的工作还有待于进一步的深入研究和总结。

2.3 磁场作用 水中杂质受到磁场的作用使其结晶聚集状态发生改变而影响水的结构,从而使水分子链变短,水的粘度减小,比表面积增大,表面张力变小,活性提高,渗透压增大,溶解度和含氧量增大^[21]。Fe²⁺、Cu²⁺、Ni⁺、Ca²⁺、Mg²⁺等金属离子在磁化水中更容易水合化,促进细胞膜上的离子传输,有利于给生物提供养料,促进生物新陈代谢,使生物体吸收水分和矿物离子等养分的能力加强、速度提高,以致叶面积增大,叶绿素含量增加,光合作用加强,营养积累增多,所以用磁化水浸种子和灌溉会积累较多的有机物质,从而促进壮苗的形成并提高产量和增强品质^[22]。杨林楠等^[23]采用NMR研究了磁场处理后的作物种子,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。梁奉军等^[24]对经磁场、磁化水处理过的番茄、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。磁化水浸种水培时,对小麦、水稻次生根的分化有明显的促进效应,根尖成熟区的直径明显增大,导管数量增多,导管直径增大。这些变化有利于提高根部吸收矿质元素和水的效率。另外,磁化水浇灌的土壤较普通水浇灌的土壤疏松,对盐碱地也有一定的改良作用。何士敏等^[25]发现,磁化水处理甜菜种子后,会影响种子萌发期和幼苗期体内几种酶的活性,酶活性提高对催化中心发生正的影响,也就是起活化作用,从而对甜菜产生有促进生长,提高产量的作用。

2.4 电离辐射及其它作用 酶是生物体内具有催化作用的蛋白质,酶活性的变化是一种调节机制,酶活性提高对催化中心发生正的影响,也就是起活化作用。辐射可引起种子萌发过程中的脱氢酶、过氧化物酶、同工酶等酶系活性的增强,诱导膜电位增大,ATP含量增加^[26]。俄国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 α 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学说。离子束注入农作物引发变异是能量沉积、动量传递、粒子注入与电荷交换的过程,具有突变率高、突变谱广、激发性高、剂量集中和可控性等特点,已成为基因工程的一个有效手段^[27-29]。低剂量射线照射生物体,不但能刺激其生长发育,还能使生物的生命力、形态和生理生化等发生有益的变化。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。电磁场处理技术是利用电磁场的作用,激活作物种子的内源物质,引发一些潜在基因的作用,使其提高抗病性、抗旱性,提高种子发芽率,使植株生长旺盛,达到提高产量,改善品质的目的^[30-32]。应用等离子体技术可提高甜菜品种产质量、抗逆性等方面的性状,缩短甜菜品种培育的时间,从而减少甜菜育种的工作量,提出最佳的处理剂量和处理次数,为甜菜生产上产质量的提高提供新的方法^[33-34]。

3. 物理农业技术与农产品贮藏保鲜

随着社会经济的发展,消费者对食品的质量及其安全性给予了更多的关注,传统的保鲜方法主要以化学、冷藏的方法为主,但化学方法有使贮存物污染,留有残毒等问题,冷藏方法保存又具有一定的局限,同时保鲜效果也不尽理想。相对于传统的化学技术,物理农业技术可在在达到同样技术效果的情况下明显地体现出成本低、易处理、好控制,受外界环境影响小,没有化学污染、不破坏食品营养结构和自然风味等优点,引起人们的广泛关注和高度重视,是现代保鲜技术中很有发展前途的新技术^[35]。运用声、光、电、磁、热、辐射等物理因素以能量形式作用于农作物或农产品,实现对农产品贮藏环境的控制与调节,从而延长贮藏期或起到保鲜作用。对植物生长环境施加特定频率的声波,当敏感害虫遇到谐振波时,会难以生存、不能繁育或者主动离开,从而达到驱逐敏感害虫的功效。用一定剂量的射线辐照昆虫可引起不育从而达到消灭和控制害虫的目的,对农业生产和粮食的仓储有十分重要的意义。适当剂量的射线照射食品既能杀虫灭菌,又不改变原来的色、香、味,适量的辐照还可延长果蔬的贮藏期,起到保鲜作用。利用高压直流电场中电晕放电或辉光放电制造臭氧/空气介质,这种混合气体可削弱和消灭密闭空间中的微生物,通过气体选择薄膜,以加快密闭空间的气体交换过程和产物与大气进行交换的过程^[35]。然后,对装有贮存物的容器施加固定磁场,促使较快地制造长期储存用的介质,同时从容器表面和所储存的储存物表面上除去剩余电荷,加速扩散那些充满细菌的新陈代谢产物,被杀死的细菌本身的气溶微粒和复合离子,以促使过滤器迅速而有效地吸收容器内混合气体中的杂质。超高压可造成菌体细胞膜破裂,使菌体内的化学组分产生外流等多种细胞损伤,开可通过破坏食品内菌体蛋白中的非共价键,如氢键、二硫键和离子键等,使蛋白质的高级结构被破坏,基本物性发生改变,从而导致蛋白质的凝固及酶的失活,以上这些因素综合作用的结果导致了食品内部的微生物死亡。应用超高压技术进行食品加工与保鲜时间短、效果好、杀菌均匀,对某些高粘度热敏性食品进行杀菌处理时,食品中的维生素C的保存率可达95%以上。应用超高压技术作用于食品不仅可有效杀死食品内的各种微生物,而且能使在超高压环境中的淀粉成糊状,蛋白质成胶凝状,获得与加热处理不一样的食品风味。利用电离辐射保藏农产品,具有杀虫、杀菌、消毒、防腐作用,既不破坏外形又能保持产品原有色、味、香及营养成份,实现常温下的长期保存^[36]。常用的辐射源有 γ 射线,电子束和X射线等。这些射线对农产品进行处理,只是引起产品分子的化学变化,并无放射性及其它残留,是一种安全有效的物理保鲜方法。

4. 物理农业技术与农业监测和病虫害防治

运用声、光、电、磁、热、辐射等物理信息因子及其相关技术采集农作物及其生长环境的物理和生物信息,用于管理决策与病虫害防治,从而达到高效农业的要求,并利用光谱、波谱、质谱、生物显微等现代物理技术对农产品品质进行有效的评价与鉴定,实现农业的科

学化与自动化^[37]。传统的储粮害虫检测方法是采取人工抽样的方法,样本过筛后从杂质中分析害虫,既费时又存在一定误差,无法获得大量样本,从而无法对害虫发生的趋势做出及时准确的分析预测。声检测技术的出现使得仓储害虫的检测有了突飞猛进的发展。Vick 等^[38]检测到玉米、大米、小麦三种样品中害虫吃食声的最高频率分别为 587Hz、1475Hz 和 1200Hz,发现害虫的声参数直接与谷物中害虫数量有关,并反映了谷物受损的程度,Hagstrum 等^[39,40]研制了一种仓储害虫连续自动监视系统,可实现对害虫声音进行 24h 全自动分析。另外,通过对不同类型或成长期的害虫进行声频分析,Coggins 等^[41]对仓储害虫的常规类型进行了分析,这对粮食的仓储意义重大。尚志远等^[41-44]近期也从事了有关仓储害虫声频信号分析的实验与理论研究,建立了有用的害虫分类模型并得到了良好的实验结果。核技术以特殊的选择性,高度的分析灵敏性和准确性,以及适用的广泛性,而被越来越多地应用在农业科研和生产中,成为推动农业现代化的一个有力手段,发挥着其他方法难于或不能代替的作用。它是利用原子核反应衰变原理及伴随衰变的射线特性而发展的各项测试、分析显示和应用方法的总称,包括同位素示踪、活化分析和核仪器应用等技术。同位素示踪技术在农业上主要用于研究肥料在土壤中的转化、固定和损失状况。中子活化分析可分析土壤、肥料和饲料中元素含量,随时监测和评价其质量;可准确测定食品中多种有害元素的含量,对其中的蛋白质和多种微量元素进行位置分析、微区分析、深度分析和结构分析,能较准确地研究它们在作物体内的生理过程。导航定位技术能为拖拉机等农机具导航,耕翻土壤,检测土壤肥力,根据土壤肥力高低精确地播种,并有针对性地施肥。同时还可将除草剂或农药有针对性地喷洒在有杂草或害虫的地方。全球定位系统(GPS)在定位施肥、喷药、灌溉、播种、耕作等方面的运用,保护了自然资源,保持了生态平衡,真正实现了农业现代化^[45]。遥感技术可在农业资源的调查、评价、规划和管理上有较好的前景,遥感资料与辅助资料以及物理或统计模式结合,可求算叶面积指数、物候期等,并具有估算土壤湿度和植物水分状况的特别潜力^[46-50]。微波遥感弥补了可见光遥感只能在晴天条件下工作的局限性,更好地发挥了遥感技术在农业上应用的潜力。

5. 物理农业技术在农业生产中的应用前景

物理农业技术在农业增产增质、农产品贮藏与保鲜、农业监测和病虫害防治等方面的应用有着诱人的前景与潜力,它将为解决物理农业的现代化进程提供重要启示。但由于很多物理农业技术尚处于实验研究阶段,与农业生物的作用机理尚不很清楚,实际应用还缺乏实例,因而限制了它的推广与发展。另外,作为技术本身也在随着其他相关科学和技术的进步而迅速更新换代。所以,我们不能固步自封,应不断转换科学思想。今后应着重研究物理农业技术在生物大分子层面的作用机理、影响因素和适用条件等基础性和重点性问题,用以指导农业物理学的发展和物理农业的发展,并尽快将实验室研究成果推向农业实践,促进农业的科技推广。随着农业物理学的发展和农业高新技术应用,现代物理农业技术在农业生产中地位必将得到进一步加强。可以预见,物理技术在农业上的广泛应用和潜在能力的开发将会推动又一次农业技术的革命,其发展前景不可限量。

参考文献

1. 石元春.现代农业[J].中国高教研究,2002,18(7):17-19
2. 李庆章,徐建成.中国农业现代化和农业产业化的理性思考[J].农业现代化研究,2000,21(4):239-343
3. 郭占银,李跃进.论农业现代化过程中常规农业向持续农业的转变[J].农业现代化研究,1999,20(3):165-169
4. 薛兴利,岳书铭,吴士健.农业现代化建设新阶段出现的问题及对策[J].农业现代化研究,2000,21(6):325-327

5. Rose C.W. Agricultural Physics [M]. Oxford: Pergamon. 1966:1-226
6. 刘巽浩. 回归低熵化还是走向现代化-关于世界农业前途的讨论[J].农业现代化研究,2004,25(1):1-7
7. 梁运章, 白亚乡.环境生物物理学[J].物理,1999,28(1):39-42.
8. Mae W H, Robert U. Sustainable systems as organisms? [J]. Biosystems, 2005, 82(1):39-51
9. 中国农业物理学会筹委会.第二届全国农业物理应用技术研讨会会议纪要[J].激光生物学报,1996,5(3):910-911
10. 张丽华, 杨建. 物理农业的现状及其发展前景[J].吉林农业科学,2003,28(3):50-54
11. 杨红兵, 丁为民, 陈坤杰, 等.超声技术在农业上的应用现状与前景[J].农机化研究, 2004,(1):202-204
12. 任兴安, 超声影响水稻生长发育及产量的机理初探[J].陕西工学院学报, 1997,13(4):78-80
13. 肖宜安, 李化茂,冯若, 超声辐照对苏铁种子萌发的影响[J].植物生理学通讯, 1999,35(4):293-294
14. 邱元武.激光技术和应用[M].上海:同济大学出版社,1997: 1-4
15. 王立秋, 杨国忠.激光诱变的生物学效应及其在动植物遗传育种上的应用[J].激光生物学报,1997,6(2):14-17
16. 朱杰, 激光光镊技术在单细胞、单分子科学中的应用研究[J].激光杂志,2005,26(6):30-32
17. 孙宏宁, 冯丽, 张晓英, 氦氛激光辐射甜菜种子效果分析[J].中国糖料,2002,(2):24-261
18. 万贤国.我国植物激光诱变育种的概况[J].激光生物学报,1996,5(3):865-869
19. 郝丽珍, 侯喜林, 王萍, 等.激光在农业领域应用研究进展[J].激光生物学报,2002,11(2):149-154
20. 唐玄之, 封国林, 邵耀椿.激光及激光生物学发展概况[J].激光生物学报,1999,8(2):157-159
21. 毛宁, 莫谚谚.生物磁技术在农业的应用及其机理探讨[J].激光生物学报,1998,7(4):306
22. 杨晓红.磁化水及在农业上应用的磁化机理分析[J].德州学院学报,2003,19(6):42-45
23. 杨林楠, 王晋, 陈德万, 恒定磁场对小麦种子的生物物理机制研究[J].西南农业大学学报,1999,21(4):342-344
24. 梁奉军, 王刚, 韩晓弟, 等.不同浓度的磁化水浇灌番茄幼苗生理指标的研究[J].中国农学通报 2002,18(30):52-57
25. 何士敏, 李盛贤, 王鑫.磁化水对甜菜种子萌发期和幼苗期体内几种酶活性的影响[J].中国甜菜糖业,2000,(2):5-7
26. 赵孔南, 陈秋方.植物辐射遗传育种研究进展[M].北京:原子能出版社,1989: 28-30
27. 吴丽芳, 李红.离子束生物工程应用研究进展[J].物理,1999,28(12):709-711
28. 张圣君.中子和电子束辐照对水稻等农作物育种的影响[J].上海大学学报(自然科学版),1999,5(5):389-392
29. 罗克勇.中子低剂量刺激生长技术的研究[J].激光生物学报,1996,5(4):947-949.
30. 康敏, 余登苑, 柳学平, 等.静电场对植物生长的生物效应研究[J].农业工程学报,1998,14(4):252-254
31. 曲波, 李宝聚, 范海延, 等.物理因子诱导植物抗病性研究进展[J].沈阳农业大学学报,2003,34(2):142-146
32. 胡玉才, 袁泉, 陈奎孚.农业生物的电磁环境效应研究综述[J].农业工程学报,1999,15(2):15-20
33. 张景楼, 卞桂杰, 王清发.等离子体处理甜菜种子的试验效果[J].中国糖料,2004,(1):11-131
34. Barsott I L, Cheftel J C. Food processing by pulsed electric fields [J].Food Rev Int, 1999, 15(2):181-213.
35. 汪禄祥, 刘家富, 张小林, 等, 果蔬贮藏、保鲜中所采用的物理技术方法[J].食品工业科技,1996,18(4):77-79
36. 白亚乡, 胡玉才, 徐建萍.物理技术在食品贮藏与果蔬保鲜中的应用[J].物理,2003,32(3):171-175
37. 查金祥, 潘勇辉.农业高新技术是当前我国农业结构调整的技术支撑[J].农业现代化研究,2000,21(6):349-352
38. Vick K W, Webb J C, Weaver B A, et al. Sound detection of stored 2 product insects that feed inside kernels of grain[J].J Econ Entomol,1988,81(5):1487-1493
39. Hagstrum D W, Vick K W, Webb J C. Acoustical monitoring of Rhyzoperthadominica populations in stored wheat [J].J Econ Entomol, 1990, 83(2):625-628
40. Hagstrum D W, Vick K W, et al. Automated acoustical monitoring of Tribolium castaneum populations in stored wheat[J].J Econ Entomol,1991,84(5):1604-1608
41. Coggins K M, Principe J. IEEE International Neural Network Conference Proceeding [C].Newjork: Piscataway, 1998:1760-1761

42. 郭敏, 尚志远. 利用声测报技术检测农产品害虫的新方法[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版) 2001, 29(1): 107-112
43. 郭敏, 尚志远. 小波变换消除储粮害虫声信号噪声的研究[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2003, 31(3): 47-50
44. 耿森林, 尚志远. 基于害虫声频域特征的储粮害虫种类鉴别研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(4): 241-243
45. 丁圣彦. 精确农业的技术体系与应用研究进展[J]. 农业现代化研究, 2002, 23(3): 222-225
46. 罗锡文, 臧英, 周志艳. 精细农业中农情信息采集技术的研究进展[J]. 农业工程学报 2006, 22(1): 167-173
47. 林文鹏, 王长耀, 钱永兰, 等. 遥感和地面数据驱动下的农业气候环境信息网格化技术研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(9): 129-133
48. 孟志军, 王秀, 赵春江, 等. 基于嵌入式组件技术的精准农业农田信息采集系统的设计与实现[J]. 农业工程学报, 2005, 21(4): 91-96
49. 邱白晶, 刘保玲, 吴春筠, 等. 近红外图像处理技术在农业工程中的应用[J]. 农业工程学报, 2005, 21(5): 102-106
50. 仇焕广, 邓祥征, 战金艳, 等. 精准农业分布式数据采集与空间决策分析系统的设计[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 109-112

Latest Applications of Physical Agricultural Techniques in Fundamental Agricultural Science and Engineering*

Zhu Jie¹, Wang Guodong^{1, 2}

¹Department of Applied Physics, College of Science, Northwest Sci&Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, 712100 P.R.China

²Department of Teaching, Northwest Sci&Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, 712100 China

Abstract

Based on the stress to the significance of physical agriculture to modern agriculture development, this paper reviewed the applications and status in quo of physical agriculture techniques in fundamental agriculture from the improving effects of physical factor to crops' culture and growth and collecting function of physical techniques onto agro-environmental information. Then, we came to the developing modern agriculture model with improving the physical agriculture through combining with excellent physical agriculture techniques under the synthetic consideration to the agro-environments in China.

Keywords: physical agriculture; physical agricultural techniques; modern agriculture; agricultural science; agricultural engineering

This work was supported by the Key Research Foundation of Chinese Education Ministry (No.104167) and National Natural Science Foundation of China (No. 20572067),

Corresponding Author: Jie ZHU, (1980-) male, born in Zhangjiajie City of Hunan Province, PhD in Biophysics, is a member of Chinese Physics Society, Chinese/American Cell Society, Chinese/American Chemistry Society, and Chinese Biophysical Society, and as a professor-assistant in agro-environment biophysics, molecular biophysics and theoretic biophysics.

E-mail: jiessy_zhu@126.com。