

无损光电检测技术在种子检验和筛选加工上的研究与应用

杨 琳 高富欣 李瑞云 常 华 刘 伟 王 辉

无损检测技术主要是运用物理学方法如光学、电学和声学等手段对产品进行分析,不破坏样品,在获取了样品信息的同时保证了样品的完整性。无损检测技术与传统的物理化学方法相比较不但速度快,而且还能有效地判断出从外观无法得到的样品内部品质信息(刘燕德等,2010)。光电技术是光电子学的应用科学,它以激光和光纤等有源和无源的光电器件为基本组成,综合利用光学、精密机械、电子学、计算机和控制技术等科学成果和技术方法进行综合信息处理,以组成确定功能的仪器、设备和工程系统(孙培懋,1990)。目前无损光电检测技术已被广泛地应用于工业、农业和其他领域。本文着重介绍无损光电检测技术在种子检验和精选加工上的研究

和应用情况。

1 红外光谱检测技术

红外光谱主要包括波长在 780~2 526 nm 范围内的电磁波的近红外光谱和波长在 2 500~50 000 nm 的中红外光谱。红外光谱区主要是有机分子含氢基团(C-H、N-H、O-H 等)的伸缩振动的各级倍频及其伸缩振动与弯曲振动的合频吸收,几乎包含了有机物中所有含氢基团的信息,包含有分子的结构、组成状态等信息,从而为红外光谱检测技术分析样品的物理性质(如物质的密度、粘度、粒度、硬度等)以及化学成分(如蛋白质、氨基酸、脂肪、淀粉、水分以及其他营养成分等)提供了可能。

Dowell 等(2002)在商用色选机的高分辨率 CCD 照相机上装 675 nm 滤镜,用其筛选出带有印度腥黑穗病的小麦粒。Pearson 等(2004)用双波长商用光电色选仪(波谱吸收值在 750 nm 和 1 200 nm)将被大于 100 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 黄曲霉素污染的玉米粒筛选出来,准确率达 98%。Pasikatan 等(2004)在商用色选机上安装近红外线传感器和滤镜,快速从样品中筛选出高蛋白和低蛋白含量的单个小麦粒来满足育种的需要。Satake 公司已经运用红外线技术生产出可视

杨琳,中国农业科学院蔬菜花卉研究所,北京中蔬园艺良种研究开发中心,北京市海淀区中关村南大街 12 号,100081

高富欣,李瑞云,常华,刘伟(通讯作者 E-mail:liu0397@163.com),中国农业科学院蔬菜花卉研究所,北京中蔬园艺良种研究开发中心,北京市海淀区中关村南大街 12 号,100081

王辉,天津大港油田第一矿区管理服务公司园林绿化公司

收稿日期 2011-07-28 接受日期 2011-08-15

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目[2011BAD345B07(05)],农业部园艺作物生物学与种质创制重点实验室资助项目

有生命力的商品,不同于一般商品,在营销与推广过程中应把握其特殊性。目前我国有一部分规模较大的种业公司已经具备了进军东南亚市场的实力,让企业“走出去”,参与国际竞争,发展跨国经营,已经成为我国蔬菜种业发展的必由之路。

参考文献

付云海. 2010. 外拓市场,让国产种子“走出去”. 中国种业 (8): 26-27.

彭智群,王宏,徐苏萍. 2011. 破解国产菜种的信任危机——中外

种业在中国市场的竞争(一). 农资导报, 2011-07-29(A7).
郭荣世. 2011. 走联合创新之路,做大做强种子企业. 中国种业, (6): 36-38.
叶梓. 2011. 外资进入我国农业产业新动向. 中国党政干部论坛, (9): 42-45.
曾松亭. 2006. 中国种子企业竞争力研究[博士论文]. 北京: 中国农业科学院.
张勇强,秦智伟. 2009. 中国蔬菜种子进出口贸易格局及国际竞争力分析. 中国蔬菜 (7): 1-6.

色选和红外色选技术相结合的色选机。

目前近红外光谱技术在品种纯度鉴定上的应用也展开了研究。黄艳艳等(2011)采用近红外光谱分析技术结合定性偏最小二乘法对农大 108 玉米杂交种的纯度进行了鉴别研究,结果表明,选择投射孔径 3.0 mm, $4\ 000\sim 8\ 000\text{ cm}^{-1}$ 光谱范围,种子胚乳面单次光谱所建立的农大 108 玉米杂交种的种子纯度鉴定模型的建模集和检验集的鉴别率达到 100%。王徽蓉等(2011)结合遗传算法与线性鉴别分析(LDA)提出了一种玉米品种的快速鉴别方法,利用这种方法对 300 个样本的平均正确识别率与平均正确拒识率可达到 99.3%,其中 77.33% 的玉米品种的正确识别率可达到了 100%,与常用的主成分分析方法等相比,运算时间更短,正确率更高。

2 机器视觉检测技术

机器视觉(machine vision, MV)又称为图像理解和图像分析,是指在计算机环境下实现的模拟或再现与人类视觉有关的某些智能行为。机器视觉技术的研究范围包括图像采集、图像数字化、数字图像处理、数字图像分析的模式识别等内容。图像处理和分是机器视觉的核心,从逻辑上可以分为三个阶段:图像预处理、特征提取、模式识别和理解。

Shatadal 等(2003)利用彩色图像分析技术对大豆进行分类,将大豆种子分为好种子、热损伤、冻伤粒(绿色和蜡黄色两种)和豆象虫咬坏的种子。试验结果表明,好种子识别率为 99.6%,热损坏和冻伤粒种子的识别率分别是 95% 和 90%,但是对于豆象虫咬坏的种子识别效果不是很好。Luo 等(1999)设计出一套软件,可以利用不同的特征模式、形态学特征、色彩特征、形态学和色彩特征相结合对健康和受损(包括破损、冻伤粒、污点、霉变、热损和烧焦)的小麦种子进行鉴别。结果表明,利用种子形态学和色彩特征相结合的办法比单纯利用色彩特征鉴别健康和受损种子的准确率高。同时,彩色图像分析技术可以对种子进行健康度检测。Olesen 等(2011)利用多重光谱影像技术鉴别健康的和被黄萎病(*Verticillium* spp.)、枯萎病(*Fusarium* spp.)、溃疡病(*Stemphylium botryosum*)、叶霉病(*Cladosporium* spp.)、灰霉病(*Alternaria alternate*)5 种种传病害侵染的菠菜种子。

Pearson (2009)设计了一个快速、低价的图像视觉技术色选机,可以检测和分离带有轻微颜色差别

或小缺陷的谷物种子。这个系统安装了 3 个带有现场可程序门阵列(Field-programmable Gate Array)的 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)颜色识别器,以便能较为全面地检测谷物种子的表面。通过实验表明,色选机分离红小麦的准确率是 88%,白小麦是 91%,分离爆粒玉米上带有 blue-eye (爆粒玉米胚芽上出现轻微的蓝色失色现象)损伤的准确率是 74%,识别好玉米粒的准确率是 91%。检测速度比运用图像检测系统检测的速度快很多。同时,这个筛选机可以将昆虫咬伤的谷物种子、带有赤霉病和黑腥穗病的小麦粒筛选出来。

周亮(2010)利用机器视觉技术对丝瓜种子的检测分级设备进行研究,通过研究得出 RGB 颜色模式适合丝瓜种子的分级,若其中有一个分量的值超过阈值,则可认为该种子为第三级,由此可将颜色异常的种子剔除。印杨松(2011)采用单特征阈值法进行玉米完善粒与破损粒的识别,用多特征阈值法识别完善粒与并肩杂、完善粒与病斑粒、完善粒与虫蚀粒,对于孔洞状的虫蚀粒则采用孔洞填充并计算像素值的方法来识别,但对于表层虫蚀粒的识别没有找到合适的方法。

3 X 射线检测技术

X 射线是一种类似于光、热和无线电波的电磁辐射波,其特点是波长短。由于辐射物质的波长越短,穿透物质的能力也愈大,所以 X 射线具有极大的穿透物质的能力,可利用这一特性进行 X 射线检测。

Burg 等(1994)利用 X 射线检测经引发处理(渗透调节技术)和未处理的番茄种子来预测番茄幼苗的形态学。对于成熟的番茄种子,从 X 射线照片可以清晰地看出种子的内部结构,如初生根、胚轴、两片子叶和胚乳。通过 X 射线还可以检测出番茄种子胚的尺寸和形态、胚乳含量及胚和胚乳之间的空隙,这些指标与 14 天苗龄的幼苗形态很有关系。试验通过利用 X 射线检测 5 个不同品种的子叶形态、胚和胚乳之间的空隙来预测正常幼苗率,与这些品种的实际温室出苗率和根据 ISTA 发芽试验规程得出的正常幼苗率相比,利用 X 射线检测的结果更为准确。对于经引发处理的种子,则利用另一种基于 X 射线的预测原理,但结果同上。试验结果也证实经过 X 射线筛选过的种子在幼苗阶段没有产生遗传变异。

Dell'Aquila(2007)利用 X 射线技术和计算机辅

助图像分析技术进行甜椒种子发芽评估。将经过 X 射线筛选后的好种子利用计算机辅助图像分析技术研究种子的吸涨和幼根伸长,自动视觉机器监控发芽中种子的吸涨过程,为经过 X 射线筛选的有存活能力种子中的生理变化程度提供更多的信息,因此通过计算机辅助图像分析技术监测种子的吸涨过程,从而可以确定一个高质量的图像标记作为筛选和评价高发芽率种子的指标。通过研究甜椒种子发现 X 射线筛选的种子与对照相比,发芽率和平均发芽时间差异不大。

Pinto 等(2009)利用 X 射线图像分析技术能有效地检测机械受损和被椿象损伤的大豆种子。de A Melo 等(2010)也利用 X 射线技术检测被象鼻虫损伤的豇豆种子,并评估损伤与种子生理学品质的关系。

国际种子检验协会(ISTA)和北美官方种子分析协会(AOSA)均制定了 X 射线检测技术手册和使用方法。已设计出一种专门应用于种子质量控制的 X 射线分析系统的机器原型(X 射线种子分析仪 SEMAX)。在可控的安全标准下,这个系统包括 X 射线发射器、CCD 照相机、计算机、图像处理软件等。这是一个非常有应用价值的检测工具,可以分析种子结构,可快速诊断区分种子或谷物饱满、无使用价值、破损、种子内有虫卵或活虫(Craviotto et al., 2004)。

4 叶绿素荧光分析技术

将绿色植物或含叶绿素的部分组织,如叶片、芽、嫩枝条、茎或单细胞藻类悬液放在暗中适应片刻,或用近红外光预照射,然后在可见光下激发,并用荧光计检测,就会发现植物绿色组织会发出一种微弱的暗红色、强度随时间不断变化的荧光信号,这一过程称为植物体内叶绿素 a 荧光诱导动力学,简称为叶绿素荧光动力学(李晓等,2006)。

通常来讲,不成熟的或未完全成熟的种子比成熟的种子质量低。Ward 等(Jalink et al., 1998)通过研究油用油菜和白菜型油菜种子叶绿素含量和种子成熟度的关系发现,叶绿素的含量随着种子的成熟过程而逐渐减少,最终种子的叶绿素含量与环境 and 种子的基因类型有关。对于大多数种子作物来说,随着种子的成熟叶绿素含量逐渐降低。叶绿素 a 在合适波长(650~730 nm)的激发下会产生荧光。Jalink 等

(1999)利用叶绿素荧光技术检测甘蓝种子的成熟度和质量。甘蓝种子的发芽情况与叶绿素荧光信号的大小强度成反比。叶绿素荧光信号强度最低的甘蓝种子发芽率为 100%,并表现出很高的发芽整齐度。叶绿素含量高的甘蓝种子在发芽率和发芽整齐度方面表现不佳。试验结果表明,甘蓝种子叶绿素荧光检测技术可以作为一项新的筛选技术将叶绿素含量高的种子筛选出,从而有效地提高种子的质量(Jalink et al., 1998)。同时这项技术也在番茄、甜瓜种子的精选加工上进行了应用研究(Cotton et al., 1999; Jalink et al., 1999)。Satake 美国公司已经运用叶绿素荧光技术生产了叶绿素荧光技术种子分选机(the Seed Scan Series)。

无损光电检测技术有优势也有劣势。如利用 X 射线进行种子发芽率的检测,相对于常规的实验室发芽率检测和正常幼苗鉴定所需时间较短,但是 X 射线检测技术中正常与不正常子叶的鉴定需要较强的专业知识,对检测人员需进行进一步的培训。另外种子经过安全 X 射线照射约需 5 分钟,若进行大批量的种子检测鉴定是比较费时的。例如 Pearson 设计的图像视觉技术色选机,小麦粒每小时的加工量约为 8 kg,爆粒玉米每小时的加工量约为 40 kg,这个速度虽然比运用图像检测系统检测的速度快很多,但是在实际商业化运用中速度相对来讲还是很慢的。同样,对于不同病害吸收不同波长的红外光谱而形成的不同灰度进行病害的鉴定也需要较强的专业知识和较高的准确性。因此如何将上述光电无损检测技术运用到实际生产,提高加工效率还需要进一步的研究和改进。

中国有着巨大的种子市场,随着外资种业的加入,中国种业面临着越来越激烈的市场竞争,市场对种子质量的要求也会越来越高。从目前无损光电检测技术的研究和应用情况看,研究的目标主要集中在大田作物上,在蔬菜作物上的研究和应用报道较少。蔬菜作物种类多样,种子形态各异,要开展相关研究,还有许多工作要做,难度也较大。我国虽然已经开展了一些研究,并取得可喜进展,但还应该加大投入力度,加快相关研究进度,以适应国际种业市场竞争的需要。

参考文献

- 黄艳艳,朱丽伟,李军会,王建华,孙宝启,孙群. 2011. 应用近红外光谱技术快速鉴别玉米杂交种纯度的研究. 光谱学与光谱

- 分析,31(3):661-664.
- 李晓,冯伟,曾晓春.2006.叶绿素荧光分析及应用进展.西北植物学报,26(10):2186-2196.
- 刘燕德,郝勇,蔡丽君.2010.无损光电技术检测技术原理及应用.华北交通大学学报,27(6):36-46.
- 孙培懋.1990.光电技术及其应用与发展.光电工程,17(2):57-62.
- 王徽蓉,李卫军,刘扬阳,陈新亮,来疆亮.2011.基于遗传算法与线性鉴别的近红外光谱玉米品种鉴别研究.光谱学与光谱分析,31(3):669-672.
- 印杨松.2011.机器视觉技术在玉米并肩杂、不完善粒检测中的应用研究[硕士论文].杭州:浙江大学.
- 周亮.2010.基于机器视觉的丝瓜种子分级研究[硕士论文].杭州:浙江大学.
- Burg W J, Aartse J W, Zwol R A, Jalink H, Bino R J. 1994. Predicting tomato seedling morphology by X-ray analysis of seeds. Journal of the American Society for Horticultural Science, 119(2): 258-263.
- Cotton C, Welbaum G E, Gray C. 1999. Use of chlorophyll content to determine quality of muskmelon seeds. Commercial Horticulture Newsletter July-August.
- Cravotto R M, Arango M R, Salinas A R, Gibbons R, Bergmann R, Montero M S. 2004. A device for automated digital x-ray imaging for seed analysis. Seed Science and Technology, 32(3): 867-871.
- de A Melo R, Forti V A, Cicero S M, Novembre A D, de Melo P C T. 2010. Use of X-ray to evaluate damage caused by weevils in cowpea seeds. Horticultura Brasileira, 28(4): 472-476.
- Dell'Aquila A. 2007. Pepper seed germination assessed by combined X-radiography and computer-aided imaging analysis. Biologia Plantarum, 51(4): 777-781.
- Dowell F E, Boratynski T N, Ykema R E, Dowdy A K, Staten R T. 2002. Use of optical sorting to detect wheat kernels infected with *Tilletia indica*. Plant Disease, 86(9): 1011-1013.
- Jalink H, Frandas A, Schoor R V, Bino J B. 1998. Chlorophyll fluorescence of the testa of *Brassica oleracea* seeds as an indicator of seed maturity and seed quality. Scientia Agricola, Piracicaba, 55 (Nú mero Especial): 88-93.
- Jalink H, Schoor R V, Birnbaum Y E, Bino R J. 1999. Seed chlorophyll content as an indicator for seed maturity and seed quality. ISHS Acta Horticulturae, 504: 219-227.
- Luo X, Jayas D S, Symonst S J. 1999. Identification of damaged kernels in wheat using a colour machine vision system. Journal of Cereal Science, 30: 49-59.
- Olesen M H, Carstensen J M, Boelt B. 2011. Multispectral imaging as a potential tool for seed health testing of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Seed Science and Technology, 39(1): 140-150.
- Pasikatan M C, Dowell F E. 2004. High-speed NIR segregation of high and low protein single wheat seeds. Cereal Chemistry, 81(1): 145-150.
- Pearson T. 2009. Hardware-based image processing for high-speed inspection of grains. Computers and Electronics in Agriculture, 69: 12-18.
- Pearson T C, Wicklow D T, Pasikatan M C. 2004. Reduction of aflatoxin and fumonisin contamination in yellow corn by high-speed dual-wavelength sorting. Cereal Chemistry, 81(4): 490-498.
- Pinto T L F, Cicero S M, Franca-Ento J B, Forti V A. 2009. An assessment of mechanical and stink bug damage in soybean seed using X-ray analysis test. Seed Sciences and Technology, 37(1): 110-120.
- Shatadal P, Tan J. 2003. Identifying damaged soybeans by color image analysis. Applied Engineering in Agriculture, 19(1): 65-69.

·会讯·

“2012 年现代无土栽培国际研讨会”会议通知

“2012 年现代无土栽培国际研讨会”由国际园艺学会、中国园艺学会和上海市农业科学院主办,将于 2012 年 5 月 22~25 日在上海举办。本届大会围绕“现代无土栽培技术让生活更美好”,以都市农业为主要对象,但不局限于都市农业。

大会初步设定以下专题:议题一,都市无土栽培技术的战略研究,包括都市无土栽培技术的历史、现状、发展趋势等;都市无土栽培技术的经济、生态、社会功能等。议题二,现代无土栽培方式研究,包括 NFT、DFT、Aeroponic planting 等无土栽培体系,以及高新技术如信息技术、LED 技术的应用等。议题三,鱼菜共生体系的应用。充分利用城市水产养殖的水面以及富营养化的水质开展蔬菜生产,并将经栽培后的水循环用于水产养殖。议题四,植物工厂。包括工厂化生产的蔬菜和食用菌种类、体系以及关键技术和装备等。议题五,基质及营养液。包括基质和营养液的配方、监测、循环使用及其对产量、品质以及环境的影响。议题六,植物生理及非生物胁迫。

大会邀请国内外本领域专家担任学术委员会成员,其中大部分专家将出席本次大会并作主题报告。热忱欢迎国内外同行专家学者参加本次会议,会议详情请查阅:<http://www.icesc-2012.com/index.htm>

会议联系:许爽 电话:18918162193 E-mail:wtp05@163.com