

离子束生物技术及其在玉米育种中的应用

余丽霞,李文建,董喜存,周利斌,马 爽

(中国科学院 近代物理研究所,甘肃 兰州 730000)

摘要: 离子束作为一种新兴诱变源,已广泛应用于各种农作物的诱变育种。离子束生物技术为玉米品种的改良和种质资源的创新开辟了一条新的途径,推动了玉米育种事业的长足发展。本文阐述了离子束的特点、诱变机理以及在玉米育种中的应用。

关键词: 离子束生物技术;诱变育种;玉米

中图分类号: Q691 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7512(2008)04-0235-06

Ion Beam Biotechnology and Its Application to Maize Breeding

YU Li-xia, LI Wen-jian, DONG Xi-cun, ZHOU Li-bin, MA Shuang

(*Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China*)

Abstract: Since the mid of 1980's, ion beam had been widely used in mutagenic breeding of various crops. Ion beam biotechnology had provided a new way for improving corn variety and creating new germplasm resources, and had promoted the development of maize breeding. The ion beam characteristics, the mutagenic mechanism and its application in maize breeding were described.

Key words: ion beam biotechnology; mutagenic breeding; maize

自然突变是生物进化的动力之一,但是自发突变的频率很低,通常为 10^{-6} 。20 世纪 20 年代美国人 Dro Muller^[1] 首先应用 X 射线诱导果蝇获得成功,证明射线能引起生物遗传变异;次年, L. J. Stadler^[2] 证实了 X 射线和镭对玉米和大麦等作物具有诱变效应;1930 年,瑞典人尼尔逊—爱尔 (H. Nilson-Enle) 和古斯塔夫逊 (A. Gustafsson) 利用辐射诱变得到了有实用价值的硬杆、密穗的大麦突变体,从此开辟了辐射育种的新领域。20 世纪 60 年代以后,国内外由辐射

育成的品种日益增多,我国利用辐射育成的水稻、小麦、大麦、花生、棉花、谷子、油菜和白菜等各种作物达 100 多个品种,使辐射育种在农作物育种领域中占据越来越重要的位置^[3]。如:上海市农科院作物研究所应用软 X 射线辐射育成了特种营养米紫黑糯的新品系 SX0861,矮秆高产、粒大色艳、营养丰富;翟世洪等利用⁶⁰Co γ 射线诱变育成穗重型小麦新品种川辐 4 号,有早熟、抗病、品质优良、适应性广等优点;黑龙江省农科院从 70 年代初期就展开了大白菜辐射育种研

究,先后育成了一批优良的自交系。但这些由辐射育成的新品种,主要是利用 X 射线、 γ 射线及中子辐射诱变而成。这些传统射线广泛应用的同时,其缺点也日益突显。首先诱变发生的方向及希望出现的变异频率尚难掌握,且多数突变在育种上并无利用价值,需要足够大的诱变群体 M_1 (当代)、 M_2 (第二代) 以增加选择的机会;其次普遍存在 M_1 代存活率低, M_2 代突变谱窄、重复性差、突变率过低等问题^[4]。因此开发新的诱变源,提高突变率,扩大突变谱成为了育种学家的当务之急。1986 年,中国科学院等离子体研究所余增亮等^[5]率先将低能离子注入技术应用于生命科学的研究中,并首次发现了离子注入对水稻的生物学效应,为诱变源增添了一项新手段,由此开辟了生物诱变育种的新领域。

1 离子束的特点

离子束是指荷电离子经加速器加速后获得的一束放射线,其具有高传能线密度(LET)、尖锐的电离峰(Bragg 峰)及低氧增比的特点。离子束与 X 射线、 γ 射线、电子束等相比具有很多独特的优点,如:可以在电场(或磁场)的作用下被加速(或减速)以获得不同的能量;可以精确控制其入射深度和部位;可以根据需要对不同种类、电荷态、能量和剂量的离子束进行组合等。

离子束能量的传递特征是:离子通过物质时引起局部高密度的电离和激发,而且加速后的离子具有一定的静止质量,注入生物体后可以使质量、能量和电荷共同作用于生物体。离子注入与生物体相互作用存在一定的峰值(Bragg 峰),在峰值范围内,其相互作用是局部的、双重的和不易修复的,因此在育种和改良的应用中植株表现出生理损伤小、突变频率高,并有一定的重复性和方向性的新特点。

2 离子注入与生物体的相互作用及诱变机理

离子注入与生物体的相互作用是一个复杂的过程,主要包括以下 4 个原初过程:能量沉积、动量传递、质量沉积和电荷交换。这 4 个过程在很短的时间内同时发生,很难区分各自的独立作用。自从离子束作为新的诱变源应用于作物品种改良之后,伴随着各项基础研究的深化,育种工作者对离子注入的诱变机理做了大量的探索,

宋云等^[6]对离子注入的诱变机理和引起的生物学效应进行了详细研究,并对其与传统辐射诱变效应进行了比较。辛庆国等^[7]对离子注入引起的诱变机理也进行了研究,发现离子注入对生物体生理生化、细胞学、分子遗传学等方面引起了各种生物效应,离子注入植物种子后产生了各种损伤和生理生化效应,如出现出苗率下降、生长势减弱、幼苗畸形及品质性状和同功酶的变化,注入细胞后对细胞内染色体的行为和结构产生了很大影响,出现多种畸变类型,对于 DNA 则引起单链和双链的断裂及 DNA 突变的发生,而且不同离子、不同辐照剂量引起的单双链断裂频率有所变化,在 TG 和 CT 之间的碱基较易发生突变。李珂等^[8]介绍了离子注入与生物体的相互作用及诱变效应,其研究表明低能离子注入后对植物生长和发育产生了很大影响,在细胞水平可观察到多种效应,包括对叶绿体的破坏,微丝骨架结构的影响,分裂细胞的形态、微管骨架及纺锤体排布方式的影响等。生理生化方面则主要表现为植物蛋白含量和多种酶类活性的变化。另外,离子注入引起了生物体遗传物质的突变,经 RAPD 分析发现,这种 DNA 的变异在后代中也是真实遗传的,而且离子注入可能参与了生物体内的新陈代谢过程,从而影响了生物体基因结构和基因表达,使生物性状发生突变。大量研究表明离子束辐照产生诱变的主要原因是辐射后引起了遗传物质的突变,如 DNA 分子的变异、染色体的畸变、抑制 RNA、蛋白质的生物合成、以及破坏生长素及酶类等生理活性物质代谢,从而表现出细胞的死亡和突变^[9]。

质量沉积效应是离子注入所特有的,当入射离子与原子碰撞时,如果原子获得足够的能量就会离开原来的位置进入原子空隙成为移位原子。原初离子入射能量很高,与靶原子非弹性碰撞,引起生物分子原子电离或激发,导致电离损伤。随着入射离子在生物体内深度的增加,能量逐渐降低,在入射离子到达终位沉积时能量损失达到峰值。在此过程中弹性碰撞起主要作用,并通过碰撞、级联和反冲碰撞导致原子移位,产生空位和断键,并不断与生物分子键合、置换或填充空位,形成新的分子基团,使 DNA 发生单双链断裂等损伤或遗传密码发生改变,从而引起基因突变^[6]。

当具有能量的离子束作用于生物体表面时,

一部分离子能量将随着动量方向指向表面并到达表面,引起生物体表面的二次离子发射,即溅射。另一方面,生物体是电的不良导体,在离子径迹路线上入射离子将能量转移给靶原子,引起靶原子电离,这种瞬间电荷的积累在库仑斥力的作用下,引起“库仑爆炸”,将生物分子或碎片抛射出来,形成所谓的电子溅射。这种注入离子能量传递引起的生物组织或细胞表面的离子溅射和电子溅射,使细胞形态发生变异,减薄细胞壁,损伤了细胞膜甚至使细胞破裂;同时离子束对细胞壁的刻蚀和穿孔作用,形成了细胞表面可修复的微通道,从而引起细胞膜透性和跨膜电场的改变。

注入离子与靶物质的每一次碰撞都有可能失去电子或从靶物质中俘获电子,产生离子电荷交换。目前研究的细胞和绝大部分生物分子都是负电性的,注入的荷电正离子与生物分子交换使生物体电性甚至极性发生改变,影响着细胞内外能量转换、物质运送、信息传递、代谢调控等各种生物学过程。

还有研究表明离子注入生物体在与靶分子的相互作用中引起次级作用,如离子注入引起的二次电子、软 X 射线,他们也是引发生物诱变的原因。另外,离子束辐照生物能产生大量自由基,这些自由基具有很高的反应活性,易于发生化学反应,而且这些活性自由基能扩散一定距离与生物分子反应,从而引起其他正常生物分子的损伤,因此自由基引起的次级反应也是导致辐照诱变的原因^[10-11]。

3 离子束在农作物中的应用

3.1 离子束在农作物品种改良中的应用

自从 1986 年首先发现离子束在水稻中的生物学效应以后,诱变效应在各种植物中逐步取得了广泛的应用,现经离子束诱变已育成了水稻、小麦、玉米和番茄等多个农作物新品种并获得了许多优良的突变材料。官梅等^[12]离子束处理油菜干种子,使其农艺性状得到了改善,种子含油量得到了不同程度的提高,出现油酸含量 70% 以上的单株。程备久等^[13]将氮离子束注入棉花干种子,诱发 M_2 性状变异频率较高,在试验剂量中以 $6 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 总诱变频率最高, $2 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 诱变频率最低,而 $4 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 和 $6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 变异谱最广,不同剂量处理可获得不同变

异频率和变异类型,诱发产生了铃重、铃数、早熟和优质有益突变性状。在离子束诱发的 M_2 变异中,数量性状(如铃数、铃重、纤维长度和细度)以及同时出现两个以上性状变异的频率较高,在选取的 137 株变异体中,同时具有两个性状的变异株占 54.3%。中科院近代物理研究所利用重离子束选育出了抗旱优质的春小麦 95-119,矮秆、抗逆、高产、优质的春小麦 M-920 和丰产、高蛋白含量、抗黑穗病的陇辐 2 号,选育出大丽花新品种“新兴白”和“新兴红”。另外,研究人员经离子束诱变筛选到叶片增大的苜蓿,还获得了马铃薯、白皮脆瓜、荷兰豆、牧草、中药材、矮牵牛等植物优良突变株^[14],具有推广价值。

3.2 离子束介导植物转基因

离子束介导转基因是继农杆菌转导法、基因枪法、电击法等方法之后的又一新的转基因方法,这一技术在植物中已经得到了成功的应用。杨剑波等^[15]将 GUS 基因和潮霉素基因分别用离子束介导法导入水稻成熟胚细胞获得了转基因水稻植株。吴丽芳等^[16]利用低能氦离子将几丁质酶基因导入小麦成熟胚细胞,获得了转基因小麦。此后,随着科学家们进一步深入研究,转移的外源基因也由报告基因转向目的基因。宋道军等^[17]通过离子束介导实现了银杏供体 DNA 与西瓜受体 DNA 的超远缘分子杂交,获得了在西瓜中表达银杏内酯的西瓜品种。卞坡等^[18]用氦离子轰击拟南芥种子,将甘蓝的全 DNA 转入了拟南芥中。另外,安徽农业科学院^[19]通过离子束介导成功地将碳四循环玉米全基因转入水稻,获得了光和效率比原品种平均高 80% 的水稻新品系。安徽农业大学用克氏棉和红麻 DNA 转化泗棉 2 号,获得了高抗枯萎病的棉花新品系。由此可见,离子束介导转基因技术作为新型转基因技术在生物工程中已经得到了较为广泛的应用,其技术已经比较成熟,为遗传转化效率的提高及分子远缘杂交开辟了一条有效的新途径。

4 离子束在玉米品种改良中的应用

玉米是全球性的作物,在我国农作物生产中也占有重要的地位,但玉米种质资源日益狭窄已经成为玉米育种的一个主要限制因素。玉米育种要取得突破性的进展,则必须加强对高新技术的研究和应用,拓宽玉米的种质资源。随着人类

对宇宙空间的开发利用,空间生命学科得以迅速发展,太空辐射环境对各种生物体系效应的研究受到很大重视。在空间对植物效应的研究中,玉米是研究的较多材料之一。20 世纪 60、70 年代中期,从放置于高空气球和“阿波罗”飞船经历太空飞行的玉米种子发育成的植株中,观察到生长发育不正常及叶片出现黄色条斑的现象,此后,用此类具标志基因的杂合体玉米种子进行了一系列重离子辐射及宇宙射线对植物效应的研究,这些研究以标志基因的缺失或损伤导致叶片上黄百条斑的出现作为观察效应的主要指标^[20]。丘运兰等^[21]对 500 多粒太空飞行回收的玉米种子生长发育进行观察分析,结果表明,太空环境对玉米种子发芽率无影响,当代植株中发现矮化、株色和叶鞘色变化,叶片出现黄或白色条纹等形态变异,变异株后代仍出现类似性状。20 世纪 80 年代以来,中国开创了大规模应用离子束改良植物材料的研究,现已在诱变机理和育种应用上取得重要进展。离子束在玉米中的应用目前文献报道较少,主要研究是离子束注入玉米干种子后引起各种生物学效应。

4.1 氮离子束注入对玉米的生物学效应

常胜合等^[22]用低能 N^+ 离子束处理玉米干种子豫玉 32 和豫玉 33,发现经离子束辐照后苗期根长和株高在较高剂量照射后比对照有所增长,低剂量辐照则有所降低。黄中文等^[23-24]采用不同剂量的 N^+ 离子束辐照玉米干种子,发现离子注入后玉米的发芽指数和出苗率均出现“马鞍形”的变化曲线,同时离子注入后引起了同功酶活性的增强或减弱。陈彦惠等^[25]用不同剂量的离子束注入玉米自交系、单交种、综合种等不同类型的种子进行诱变处理,在处理的自交系当代植株中发现一个矮秆突变和一个返祖不育突变个体,后代中存在穗行间和穗行内株高等性状出现较大分离的现象,由此可见离子束处理有望筛选出具有抗病、矮秆、早熟等品质优良的新突变体。

刘世强等^[26]研究了氮离子束注入对玉米体细胞培养的影响。氮离子注入玉米种子后明显提高 M_1 代幼胚离体培养的诱导效果,不仅表现在平均愈伤组织诱导频率比对照高,而且在外形形态和色泽上也均有差异。在再分化培养中, M_1 最终成苗率明显高于对照。另外, M_1 的愈伤组织耐继代能力好于对照,而且再生苗外部形

态与对照也有不同。贾景明等^[27]将氮离子束注入玉米干种子,发现经氮离子束处理与未处理的愈伤组织诱导频率不同, M_1 平均出愈率 (56.55%) 与对照的 (37.35%) 相差 19.20%, 达到显著水平,对培养基和外源激素的选择也有所改变,由此说明离子束注入改变了原材料组织培养的条件,使较难培养的材料培养成功率增加,有利于组织培养植株的再生。

4.2 7Li 和 ^{12}C 辐照对玉米的生物学效应

罗红兵等^[28-29]利用重离子 7Li 和 ^{12}C 辐照玉米品种农大 108 种子胚,结果表明, 7Li 辐照后 M_1 植株第一叶的长度均比对照短,且随着剂量的增加,第一叶长度相应缩短;相反的,不同剂量 ^{12}C 辐照后第一叶长度却均比对照长。两种离子辐照后当代植株出现了株高降低、单株间株高差异变大的现象; 7Li 处理后出现抽雄、开花、吐丝期提早的植株;另外,经重离子辐射后单株之间光合速率差异增大,产生了雄性不育、黄化苗等变异情况,并且有些变异可进一步选择。

此外,罗红兵等^[30]还利用 ^{12}C 重离子辐照玉米自交系 478 干种子,在经 20 Gy 剂量辐射的 M_1 代中产生了一株双胚苗,其叶片形态和颜色与 478 自交系无明显差异,大苗出叶速度与对照接近,而小苗出叶速度慢,大苗还表现出多穗性,小苗花粉部分不育。应用随机多态性 DNA 技术分析,观测到双胚苗大、小苗之间及其亲本自交系在 RAPD 指纹上存在着差异,从分子水平上初步证实了双胚苗为自交系 478 的变异类型。

中科院近代物理研究所利用 ^{12}C 辐照玉米品种郑 58 种子,结果显示:离子束对玉米出苗率有一定影响,低剂量处理对玉米植株生长具有刺激作用,与对照相比植株较为高大,叶片有明显卷曲皱缩现象;高剂量处理后植株则生长矮小,多为畸形苗。

4.3 氦离子束和放射性 7Be 注入对玉米的生物学效应

刘志生等^[31]将氦离子束注入玉米自交系 478 干种子胚,发现后代在生育期、株高、穗位、穗部性状等方面发生了明显变异,特别是熟期、籽粒产量变异最为明显,出现了比亲本早熟 23 天的自交系,出现了大穗、多行、多粒、大粒型自交系,并初步组配筛选出了配合力强、杂交优势水平高的高产、超高产、抗逆性强的玉米杂交新组合。因此作者认为,利用离子束这一高新技术

进行玉米自交系的选育和杂交玉米育种是行之有效的途径,特别是选育高产、超高产、抗逆性强的玉米自交系更为明显。

郑企成等^[32]采用放射性⁷Be离子束辐照玉米自交系原齐123种子,处理后幼苗出现了高频率的子叶主脉失绿和畸形现象,苯丙氨酸裂解酶(PAL)活性和丙二醛含量也有所增加,且随剂量增加呈上升趋势。经辐射处理后细胞分裂中期出现微核,中期出现断片,染色体环等,后期出现单桥、双桥、落后染色体、断片和三级分裂等多种畸变类型。

5 小结

离子束作为一种新的诱变源,具有传统诱变技术无法比拟的优越性,离子注入除了像其他诱变技术一样能引起DNA断裂外,还由于离子的质量、能量、电荷三因子协同作用而产生丰富的基因突变。离子辐射植物产生的诱变频率和突变谱均高于传统辐射,且离子辐射可做到能量的微调,可控制离子注入种胚内的特定部位起作用,这为探索定位诱变提供了可能。但是,离子束注入技术毕竟是一门新的诱变育种技术,其诱变机理比较复杂,要想更好地为诱变育种服务,今后还须加强对其诱变作用机理的研究。

玉米是全球重要的粮食、经济作物之一,我国是世界上玉米生产第二大国。近年来,国内玉米消费已从传统的粮食和饲料消费为主向淀粉加工业发展,形成了以淀粉、葡萄糖、赖氨酸、乙醇等多领域的数百种工业原料消费方向的转变,特别是酒精及燃料乙醇需求量的加大进一步引领了玉米加工业对玉米的消费。今后,国内玉米淀粉加工业仍将保持较高增长趋势,国内玉米供需将出现紧平衡。从目前状况来看,扩大玉米种植面积的可能性已经不大,随着对玉米需求的不断增加,提高玉米的单产水平,提高玉米的杂种优势水平,对玉米品种进行遗传改进已成为当务之急。优良品种是发展玉米生产的首要生产资料,优异丰富的种质资源是玉米育种工作的基础,而种质基础的狭窄和遗传多样性的丰欠,则是玉米育种取得突破性进展的关键。我国玉米育种要取得突破性进展,则必须加强对高新技术的研究与应用,使种质资源上有所创新。目前,离子束注入和贯穿技术在品种改良、种质资源拓宽方面开始占据越来越重要的地位,随着核科学

和离子束生物技术的进一步研究和发展,该技术在玉米中的应用及潜在功能也将继续被发掘,并推动玉米育种事业的长足发展。

参考文献:

- [1] MULLER HJ. Science[J]. 1927, 66(1699):84.
- [2] STADLER LJ. Science[J]. 1928, 68:186.
- [3] 胡能书. 诱变育种专题刊前言[J]. 激光生物学报, 2004, 13(1):1-2.
- [4] 许强,杨体强,梁运章. 低能离子束用于生物品种改良的研究进展[J]. 种子, 2005, 24(11): 34-38.
- [5] 余增亮,何建军,邓建国,等. 离子注入水稻诱变育种机理初探[J]. 安徽农业科学, 1989, 1:12-16.
- [6] 宋云,张怀渝,畅志坚. 离子束用于诱变育种的研究进展[J]. 分子植物育种,2004,2(2): 301-305.
- [7] 辛庆国,刘录祥,于元杰,等. 离子注入技术及其在小麦育种中的应用[J]. 麦类作物学报, 2007, 27(2): 354-357.
- [8] 李珂,张东正,赵瑾,等. 重离子束注入与生物体的相互作用及遗传诱变的分子机制[J]. 原子核物理评论, 2007, 24(2): 117-123.
- [9] 杨再强,王立新. 观赏植物辐射诱变育种研究进展[J]. 四川林业科技, 2006, 27(3): 19-23.
- [10] 虞龙,余增亮. 离子束生物工程及其应用研究[J]. 中国兽药杂志, 2001, 35(1): 55.
- [11] 左方梅,瞿衡. 低能离子束在生物学领域的应用[J]. 山东农业大学学报:自然科学版, 2003, 34(3): 451-454.
- [12] 官梅,李桐. ¹²C重离子束辐照对油菜的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(6):878-884.
- [13] 程备久,李展,王公明,等. 氮离子注入棉花种子的诱变效应[J]. 核农学报, 1993, 7(2): 73-80.
- [14] 卫增泉,颜红梅,梁剑平,等. 重离子束在诱变育种和分子改造中的应用[J]. 原子核物理评论, 2003, 20(1): 38-41.
- [15] 杨剑波,吴李君,吴家道,等. 应用低能离子束介导法获得水稻转基因植株[J]. 科学通报, 1994, 39(16): 1 530-1 534.
- [16] 吴丽芳,李红. 用低能氦离子束介导将水稻几丁质酶基因导入小麦[J]. 科学通报, 2000, 45(21): 2 316-2 321.
- [17] 宋道军,陈若雷,汪岑,等. 离子束介导植物分子超远缘杂交研究[J]. 自然科学进展, 2001, 11(3): 327-330.
- [18] 卞坡,谈重芳,秦广雅,等. 离子束介导外源全DNA转化拟南芥菜的诱变效应[J]. 华中农业大学学报, 2003, 22(3):205-208.
- [19] 郑乐娅,吴敬德,吴跃进,等. 离子束介导水稻转基

因植株后代的维管束和光合速率的研究[J]. 作物学报, 2002, 28(3): 401-405.

[20] 杨垂绪,梅曼彤. 太空放射生物学[M]. 广州:中山大学出版社, 1995 .

[21] 丘运兰,何远康,梅曼彤,等. 太空飞行对玉米种子的生物学效应[J]. 华南农业大学学报, 1994, 15(2): 100-105.

[22] 常胜合,舒海燕,苏明杰,等. 不同剂量的低能 N⁺ 离子束照射对玉米种子当代幼苗期性状的影响[J]. 玉米科学, 2006, 14(4):97-99,103.

[23] 黄中文,王春风,崔秀珍. N⁺ 离子束注入对玉米的生物学效应[J]. 河南科技学院学报, 2005, 25(3): 20-24.

[24] 黄中文,赵俊杰,常胜合. N⁺ 离子束注入对玉米幼苗生长及 POD 同工酶的影响[J]. 河南农业科学, 2004, 12: 11-13.

[25] 陈彦惠,吴连成,吴建宇. 离子束诱导玉米突变体的初步研究[J]. 河南农业大学学报, 1999, 33(增刊): 1-3.

[26] 刘世强,史维东. 氮离子束注入对玉米体细胞培养

影响的初步研究[J]. 核技术, 1995, 18(7): 410-414.

[27] 贾景明,刘景荣,曹萍,等. 氮离子束注入对玉米雄幼穗体细胞培养的影响[J]. 国外农学:杂粮作物, 1994, 6:22-24.

[28] 罗红兵,赵葵,郭继宇,等. 重离子束在玉米诱变育种中的应用研究[J]. 湖南农业大学学报, 2004, 30(4): 385-388.

[29] 罗红兵,赵葵,郭继宇,等. 重离子辐照玉米种子 M₁ 代诱变效应研究[J]. 原子核物理评论, 2004, 21(3): 238-242.

[30] 罗红兵,赵葵,张根发,等. 玉米双胚苗及其随机多态性 DNA 分析[J]. 原子能科学技术, 2004, 38(增刊): 114-119.

[31] 刘志生,陈吉法,范广华,等. 等离子束玉米自交系选育初探[J]. 激光生物学报, 2002, 11(2): 142-144.

[32] 郑企成,张维强,姜卫华,等. 放射性⁷Be 离子束注入玉米种子的生物学效应研究[J]. 核农学通报, 1995, 16(4): 151-153,157.

=====

专利简讯:

可同时进行辐射成像检查和放射性物质监测的系统及方法

【公开日】2008.07.02 【分类号】G01N23/04 【公开号】CN101210894

【申请日】2006.12.30 【申请号】200610171577.4 【申请人】同方威视技术股份有限公司;清华大学

【文摘】本发明涉及辐射成像检查和放射性物质监测技术领域。本发明提供一种可同时进行辐射成像检查和放射性物质监测的系统及方法。该系统包括辐射成像检查子系统和放射性物质监测子系统;其中辐射成像检查子系统包括加速器和同步控制器,所述放射性物质监测子系统包括探测器及前端电路、信号传输与处理装置、数据采集分析处理计算机、报警装置等部分。本发明将辐射成像检查设备和放射性物质监测设备紧凑集成,可在进行射线辐射成像检查的同时完成放射性物质监测,提高了检查的效率并降低了设备的占地面积。