

低能离子束生物工程研究现状和展望

黄群策, 陈秋芳

(郑州大学离子束生物工程省重点实验室, 河南 郑州 450052)

摘要: 低能离子束生物工程在 6 个方面的研究成果引人瞩目。随着学科的不断发 展, 迫切需要建立一个更加完善的物理学技术平台, 急待形成一个更加完整的研究体系, 有必要借助于其他学科的新技术或新工艺形成一个相互补充的技术集成体系, 更应该将离子束生物技术的实用性和普遍性的范围不断地拓宽。明确提出了低能离子束生物工程的技术思路, 即立足于低能离子束这一物理学技术平台, 瞄准学科发展的 2 个方向, 促进研究内容的 3 个有效转变, 分清和综合研究水平的 4 个层次, 注重研究五大生物学特性。

关键词: 低能离子束生物技术; 研究方向; 技术思路

中图分类号: Q81 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2006)01-0017-06

Ion Beam Bio-engineering of Low Energy: Present Status and Perspective

HUANG Qun-ce, CHEN Qiu-fang

(Provincial Key Laboratory of Ion Beam Bio-engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: The 6 research achievements in ion beam bio-engineering of low energy were especially noticed. With the development of the cross subject, a good technical platform in physics, a complete research system and integration of various techniques and crafts from different subjects were needed to promote it into wider application. The technical ideas were particularly put forward as followings: 1 technical base in physics, 2 developmental directions, 3 effective changes, 4 research levels and 5 biological characteristics worthy of note.

Key words: Ion beam bio-technique of low energy; Research direction; Technical ideas

国内外生物遗传改良的历史经验已经充分地证明, 生物体新材料的发现、生物体遗传改良新方法的建立和研究新思路的提出, 都有可能使生物遗传改良的水平得到明显提高, 从而, 能够进一步有效地挖掘其增产潜力和实用价值。近年来, 生物学的发展特点之一就是借助于化学或物理学的新技术或新方法研究生物学的难点问题, 由此寻找到学科发展的新生长点, 进而形成新的交叉学科研究领域。在植物遗传改良中利用物理诱变源或化学诱变剂使育种材料发生遗传性变异, 进而在诱变后代群体中筛选

出具有优良基因型的新种质或新品种, 这已经成为一种新的育种方法。在 20 世纪 80 年代中期, 受离子注入后能使材料表面发生明显改性这一物理现象的启发, 中国科学院的余增亮先生探索性地将低能离子注入技术应用于农作物品种的遗传改良, 为低能离子束生物工程的兴起揭开了序幕。目前, 这项由我国研究者发现和挖掘的立足于物理学研究平台的低能离子束生物技术, 其学术地位已经得到肯定, 即在通过诱变作用产生出生物体遗传性变异群体和通过介导作用促进异源遗传物质在生物种群间发生

收稿日期: 2005-07-17

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2001BA302B)

作者简介: 黄群策(1958-), 男, 广西全州人, 教授, 博士生导师, 主要从事低能离子束生物技术研究。

Tel: 0371-67766836 E-mail: qucehuang@zzu.edu.cn

重组等方面,低能离子束生物技术具有新颖性和实用价值。经过近 20 年的研究和探索,低能离子束生物工程作为一门新兴的交叉学科已经显现出其应有的技术特色,其技术的实用性和遗传改良的普遍性已经被大量的试验结果所证实。然而,低能离子束生物工程在其进一步的发展中还有一些难题有待于进一步研究和探索,在其学科发展方向上还面临着严峻的挑战,在其学科格局不断完善的过程中仍然需要不断地探索出新的技术思路和寻找到新的生长点。

1 在学科框架形成过程中有 6 个方面的研究成果引人注目

20 世纪 80 年代初,随着低能加速器配件技术的改进和离子注入技术的革新,国内外兴起了借助于离子束注入技术对物质材料的表面进行改性和重塑的研究热潮。中国科学院等离子体物理研究所的余增亮先生首先产生了“借助于低能离子注入技术使生物体的特征特性发生本质变化,进而对生物体进行遗传改良”的设想。1986 年春季,以水稻为试验材料经过低能氮离子注入后所获得的研究结果表明,在试验材料的苗期就观察到高频率的叶绿体畸变现象,许多单株的叶片呈现出黄色的条纹,这种变异现象类似于经过 $\text{Co}^{60}-\gamma$ 照射对水稻所引起的诱变效应或如同搭乘阿波罗飞船的玉米种子在萌发后所表现的奇特现象,由此揭开了低能离子束生物工程的研究序幕。随后,余增亮先生提出了低能离子注入后会因为能量沉积、质量沉积、电荷交换而引起生物学效应的“三因子”假说,由此引起了国内外相关学者对这一具有我国独立知识产权、涉及到物理学和生物学交叉领域的关注^[1,2]。大量的研究结果已经证实,离子束生物技术的基本原理就是荷能离子束本身所具有的质量、能量和电荷对生物体会产生直接的作用效应,其中包括质量沉积、能量沉积、电荷沉积、电子溅射、离子溅射、局部刻蚀和通道作用。除此之外,通过直接作用于生物体内所产生的自由基或特殊的化学物质再对生物体产生间接的作用效应,由此引起细胞内的遗传物质发生变异。离子束生物技术本身具有独特的技术原理和简单的操作程序,在作物育种中其实用性已经被越来越多的研究结果所证实,也引起了越来越多研究者的关注和重视。大量的研究结果表明,在荷能离子被注入生物体后所表现的生物学效应具有局部性、双重性和不易修复性。在具体的试验操作过程中荷能离子束的注入射程具有可控性、集束性和方向性,在损伤

程度较轻的情况下可以获得比较高的突变率和比较宽的突变谱。通过对离子束生物技术的机理进行研究后已经证实,荷能离子束对细胞的加工属于动量交换的冷加工作用,不会伤及未被照射的邻近组织或细胞,而电子束或激光对细胞的加工属于损伤性的热加工作用,对未被照射的邻近组织或细胞有比较大的损伤,所以,荷能离子束对细胞的加工效应明显地优于电子束或激光对细胞的加工效应。离子束对细胞的超微加工使得细胞的通透性发生明显的改变;通过对照射剂量进行控制,可以在细胞和组织上形成可修复的微孔,这为外源遗传物质进入细胞提供了良好的通道。目前,低能离子束生物技术的研究范围主要涉及以下 6 个方面。

1.1 离子注入生物学效应的定量研究

通过微束或单离子束加速器的改进、细胞定位照射系统的完善、受体细胞图像重建技术的优化和精确定位系统的调整,使得低能离子束生物技术的研究已经从定性研究成功地向定量研究拓展。我国的离子束聚焦技术在材料科学和核分析技术中的广泛应用一直处于加速器技术发展的前沿,但问题的关键在于如何通过技术优化而产生出更细的微束和如何使得微束对试验材料瞄得更准。这不仅涉及到加速器自身的技术改进问题,而且还取决于包括低能加速器在内多学科技术集成的问题。在上世纪 90 年代初,研究人员提出了发展微束技术对特定细胞进行加工的设想,即将离子束聚焦到微米或微米以下,以便进行非接触式的细胞手术。同时,提出了 2 种可供选择的方案,即聚焦法和准直孔法。单离子束细胞定位照射技术综合了加速器技术、束流传输技术、瞄准器技术、探测技术、精密机械技术、光学技术、细胞图像识别与分析技术、计算机技术等于一体,为研制单离子束装置打下基础。在国家自然科学基金重大项目、国家“十五”科技攻关项目的资助下,单离子束装置系统的改进和单离子精确定位系统的研究已经取得突破性进展,这有助于离子注入技术由定性研究向定量研究发生根本性转变。

1.2 注入离子与生物体相互作用的研究

这方面的研究已经涉及到 3 个方面的内容,即低能离子与生物体相互作用的物理过程、低能离子与生物体相互作用的物理化学模型的建立、低能离子注入与生物体内部分子发生反应的动力学源泉。大量的研究结果表明,当低能离子被注入到生物体之时,不管是生物体内的分子、细胞、组织,还是种子、幼胚、幼苗、生物体,都会表现出反常辐照损伤的奇异现象,即实验材料的存活率会随注入剂量增加

呈现出先降后升再降的趋势。低能离子对星际分子的形成、生命物质的化学起源、生物系统发育中的进化(突变)和人类的健康可能都产生着重要的影响。经过几年的探索,这一思想形成了新的研究方向,即研究低能离子束与细胞和生物小分子相互作用的过程,模拟环境中低能离子对人类健康的影响以及在生命化学起源中的作用。

1.3 离子注入后细胞生物学效应的研究

以哺乳动物细胞的无性系为研究材料研究了其细胞的近旁效应,其研究结果引起了国际上同行专家的密切关注。以现有的研究结果为基础,研究者主要瞄准4个问题进行更深入地研究,即建立低能离子注入哺乳动物细胞的技术体系;低能离子注入哺乳动物细胞后产生突变的细胞学机理;对环境中低剂量离子暴露性危害的评价及防护模型;低能离子注入后非对称性合成反应与分子进化机理。

1.4 低能离子注入后在分子生物学水平上的效应研究

这方面的研究主要涉及到利用现代分子生物学的检测方法(RFLP分析技术、RAPD分析技术、SSR分析技术、AFLP分析技术等)研究受体在微观上的差异性,由此将形态学研究与代谢水平的研究,表现型研究与内部调控机制研究结合在一起,进而寻找在低能离子注入后其遗传物质发生变异的分子证据和探索其机理。通过对水稻转基因植株和西瓜转基因植株进行深入研究,为低能离子束的介导作用的客观性找到了令人信服的分子证据^[3~5]。

1.5 利用低能离子束介导外源遗传物质转移的研究

在该方面不但对其机理进行了一些探索性研究,而且也建立了比较完善的实用型技术体系。在植物细胞的表面存在着限制外源遗传物质转移的细胞壁,所有植物转基因的方法都立足于首先打破这一天然屏障,以便外源基因能易于导入受体细胞。在研究离子束生物技术的基本原理时已经证实,荷能离子对植物细胞壁和细胞膜的结构会造成一定的损伤,在局部发生刻蚀和穿孔,由此为外源遗传物质进入受体细胞提供了微通道;被注入受体的荷能离子本身带有正电荷,当它们进入受体之后就会减弱或改变受体细胞表面的局部负电性,这对于带负电的外源遗传物质进入受体细胞非常有利,即受体细胞可以通过静电引力将外源遗传物质摄入其中;通过离子束的处理之后,由于离子束的直接作用和间接作用,会使受体的某些细胞内的染色体结构被打断,在其结构修复的过程中有利于外源遗传物质整

合到受体的基因组中。从目前的研究现状来看,在利用低能离子束生物技术进行外源遗传物质的转化中,主要包括2个方面的研究内容,即低能离子束介导目的基因的遗传转化和离子束介导DNA大片段的遗传转化。大量的研究结果已经证实,低能离子束对生物体细胞的超微加工使得细胞的通透性会发生明显的改变;通过对照射剂量进行控制,可以在细胞和组织上形成可修复的微孔,这为外源遗传物质进入细胞提供了良好的通道。以大豆为DNA供体,已经获得了籽粒蛋白质含量高达18%以上的小麦新种质,而以银杏为DNA供体,已经获得了含有银杏内脂的西瓜新种质。

1.6 利用离子束生物技术创造生物体新种质的实用技术研究

利用离子束生物技术创造了水稻、小麦、玉米、油菜、南瓜、西瓜、紫花苜蓿等新种质^[6~10]。已经证实,低能重离子被注入到生物体后伴随着物理效应、化学效应和生物效应的产生,会引起生物体发生相应的变异,这为生物遗传育种家提供了大量的突变性材料。自1994年以来,利用低能离子束生物技术已培育出1000多份农作物新种质,其中有11个农作物新品种分别通过安徽省和山东省农作物品种审定委员会的审定,获得了一批像对生玉米、显性矮秆水稻、高光效水稻、同源四倍体多胚苗水稻、高蛋白小麦等育种材料,由此带来了显著的社会效益和经济效益。利用低能离子束生物技术所育成的水稻新品种在生产上累计推广种植面积达到100多万 hm^2 ,创社会效益和经济效益高达14亿元。在微生物的遗传改良方面,通过利用离子注入技术对维生素C菌、花生四烯酸菌、庆大霉素菌种等进行筛选后获得了2000多份突变株系,选育出8个高产新菌株已经投入产业化生产。维生素C高产菌转让给江苏江山制药厂和东北制药总厂,分别在180t发酵罐和300t发酵罐的试验中,其发酵的糖-酸克分子转化率最高达到97%;花生四烯酸高产菌在50t发酵罐的试验中,其花生四烯酸含量占总脂量达到50%。试验结果表明,维生素C高产菌和花生四烯酸高产菌的生产效益都处于国际最高水平。

2 在学科深入发展过程中有4方面的问题值得进一步重视

经过近20年的不断研究和探索,在低能离子束生物技术的发展过程中其诱变作用的基因突变效应和其介导作用的异源遗传物质重组效应已经被越来越多的试验结果所证实,其实用性和普遍性也已经

被相关领域的研究者所肯定,一些简单的生物学问题已经被阐明,离子束生物技术的一些简单机理已经被证实,一些实用性技术体系已经建立并不断得到完善。然而,低能离子束生物工程在今后的发展中仍然面临着严峻的挑战,还有一些更引人注目的问题值得研究,今后在该领域内的研究难度会随着研究的不断深入而会越来越大。我们认为,为了促进低能离子束生物技术不断改进和低能离子束生物工程不断完善,有4方面的问题值得注意,即迫切需要建立一个更加完善的物理学技术平台,急待形成一个更加完整的研究体系,有必要借助于其他学科的新技术或新工艺形成一个相互补充的技术集成体系,更应该将离子束生物技术的实用性和普遍性的范围不断地拓宽。

低能离子束生物工程是以低能加速器和重离子注入技术为基础,研究低能离子与生物体相互作用及其生物学效应,即利用物理学新技术研究和改造生物体的交叉学科领域,其进一步发展的状况和发展的速度在很大程度上必须依赖于一个更加完善的物理学技术平台。该学科的进一步发展在很大程度上需要依赖于微束装置的建立和改进,即建立可控性更强的单粒子加速器,确定细胞图像重建和精确定位的技术体系,由此达到利用低能离子束对生物体的单细胞进行遗传改良的目的。关于单粒子束加速器系统的技术研究,涉及到微束的准确直射、微束的散射、粒子角的分布、单粒子探测(超薄晶体探测器检测技术)、细胞图像分析技术、无损伤细胞染色技术、活细胞结构显微分析技术和细胞微区激光定位技术等等。随着低能离子束生物工程的研究进一步向微观领域深入,迫切需要建立细胞精密操纵系统(细胞无损伤固定技术、细胞无损伤拆除技术和细胞三维精确操纵技术)和粒子数精确定位照射控制系统(快速电子开关技术和控制软件包技术)。随着与低能离子束注入技术有关的物理学平台的不断完善,将有助于促进低能离子束生物工程在对生物体进行遗传改良的过程中不断地由非定向研究朝着定向研究的方向不断地迈进。

在低能离子束生物工程中尽快形成一个更加完整的技术研究体系将有助于促进离子束生物技术的不断完善。低能离子束生物工程是利用低能离子束作为诱变源对生物体进行遗传改良的交叉学科,其中包括对生物体进行诱变后的遗传改良和通过介导外源遗传物质后对受体的遗传改良。从目前的研究现状来看,学科内的研究资料尚缺乏系统性和完整性,即研究项目所涉及到的生物种类比较多,但对每

一种生物的研究深度还比较肤浅;对低能离子束诱变的当代效应研究的比较多,而对其后效性并没有给予高度重视;对某些生物物种内特定材料研究的比较多,而忽视了同一生物物种的不同基因型对低能离子束诱变作用会表现出不同的生物学效应;在通过介导外源遗传物质对生物受体进行遗传改良的过程中,对其后代的表现型效应研究的比较多,而对其细胞学机理、生理生化基础和分子生物学机制的研究比较少;在试验材料的选择上,选用杂合体材料比较多,而纯合体材料较少;在试验设计上,采用单因子研究和一次性试验比较多,而采用多因子研究和重复性试验比较少;在不同生物物种中发现了许多因低能离子束注入所引起的特殊的生物学现象,而没有在抓住这些现象后进一步阐明产生其特殊性的根源。

低能离子束生物技术的不断完善在很大程度上依赖于有效地借助于其他学科的新技术或新工艺,形成一个相互补充的技术集成体系。从自然科学的发展历程来看,科学技术上的重大突破和研究方法的不断创新都会促使现代生物学的研究向着微观研究领域和宏观研究领域这2个方向不断地发展,从小到亚细胞、分子、量子,大到群体、生态系统、生物圈的范围不断地拓展。低能离子束生物技术的不断完善在很大程度上也需要借助于其他学科在技术上和研究方法上的研究成果。利用激光扫描共聚焦显微技术可以探测生物体在经过低能离子注入之后其细胞内微管微丝的分布特点、胚囊构型的特殊性、雌雄配子或雌雄配子体的发育特性、受精作用和幼胚发育的状况等等。利用遗传工作站的图像分析技术可以对受体的核型特点、染色体组的组型变化、染色体和染色体的动态变化、染色体的区段变异等进行深入研究。利用流式细胞仪及其分析技术可以研究生物体在经过低能离子注入之后其细胞的发育状态和凋亡状态,也可以对特定细胞团内的细胞进行鉴定和分选。利用质子激发X荧光(PIXE)技术和俄歇电子谱(AES)技术等物理学分析技术有助于对受体细胞内部的微观结构及其时间域进行精确检测,由此阐明低能离子束对细胞、亚细胞或细胞器的生物学效应。利用物理学的研究成果将低能离子束聚焦到微米以下的状态,再通过离子束对受体细胞、细胞核和特定细胞器进行照射,选择性地损伤一部分结构或切除特定的基因,这将有助于在低能离子束生物工程中形成细胞加工和定向遗传改良的新技术体系。

随着低能离子束生物技术的实用性和普遍性的

范围不断地拓宽,其学科发展将更加迅速,由此有望建立一个更加高效的实用性技术体系。从近 10 多年来低能离子束生物工程的研究结果来看,其研究的范围主要局限在对生物体某一物种内特定品种或品系的研究,尚未跳出生物体常规遗传改良的技术范畴。从目前生物体常规遗传改良的发展趋势来看,试图在特定物种内对生物体进行遗传改良,进而期望着获得突破性成果的难度会越来越大,而打破物种间的生殖隔离和遗传隔离,促进异源遗传物质在不同物种间进行交流和重组的发展方向则向人类展现出广阔的研究前景,其潜力难以估量。低能离子束对生物体的溅射作用会破坏细胞壁和细胞膜结构,为外源遗传物质进入细胞提供良好的微通道;伴随着离子注入的质量沉积会降低细胞表面的负电性,减弱了受体对外源遗传物质的静电排斥作用;低能离子束对生物体的直接作用和间接作用会打断细胞内染色体的部分结构,这有利于外源遗传物质整合到基因组中。因此,在近缘物种间和远缘物种间建立离子束生物工程的高效性技术体系将是值得探索的新的研究方向。

3 在学科的研究方向和发展方向不断确定的过程中,急待进一步完善学科的技术思路

从国内外生物遗传改良的发展历程来看,对生物体进行遗传改良主要涉及到 4 个方面的工作内容,即创造遗传性变异群体、筛选优良的基因型、稳定优良的基因型和扩大优良基因型的群体。目前,我国农作物遗传改良面临着两大技术难题有待于进一步探索和攻关,即怎样通过更有效的遗传改良方法和途径在现有的产量水平上进一步实质性地提高农作物的单位面积产量(更有效地挖掘其杂种优势效应)和简化农作物杂种优势利用的程序(固定其杂种优势效应)^[11~14]。从农作物遗传改良的发展进程来看,研究方法的创新主要围绕着 2 个方面展开,即如何更有效地创造出丰富多彩的遗传性变异群体和怎样更准确地筛选出具有实用价值的优良基因型。在创造遗传性变异群体的过程中,无论是物理学方法还是化学方法,都会涉及到多种多样的诱变源或诱变剂。在 20 世纪 80 年代中期被挖掘的低能离子束生物技术,在创造遗传性变异群体方面具有新颖性,即低能离子束作为新的诱变源具有质量、能量、电荷三位一体的功效,它对生物体的作用主要表现为促使细胞内容物发生原子位移、重组和化合。在操作过程中,注入离子的数量可以调节,注入离子的射程可以控制。在损伤比较轻的诱变状态中,可以获得比较高的诱变率和比较宽的诱变谱。

在利用低能离子束生物技术对生物体进行遗传改良的过程中,在确保生物体具有优质特性和绿色特性(抗逆性强和无污染)的前提下,我们更需要考虑采取何种有效措施和切实可行的技术路线来确保新的生物品种具有更大的产量潜力。我们认为,低能离子束生物工程近期的发展目标就是进一步完善学科的理论框架,形成一个更加完整的研究体系,借助于其他学科的研究成果和发展思路形成一个相互补充的技术集成体系,不断拓宽低能离子束生物技术的实用性范围,即瞄准国家战略性发展的需求确定对生物体进行遗传改良的技术路线。根据这一发展目标,我们提出低能离子束生物工程的技术思路,即立足于低能离子束这一物理学技术平台,瞄准学科发展的 2 个方向,促进研究内容的 3 个有效转变,分清和综合研究水平的 4 个层次,注重研究五大生物学特性。

低能离子束生物工程是立足于以低能离子作为新的诱变源这一物理学技术平台,采用低能离子注入技术对生物体进行遗传改良的新兴的交叉学科领域。从目前的研究现状来看,围绕低能离子注入所涉及的一些物理学问题仍然需要进一步研究和探索。对学科内在离子注入后因能量沉积、质量沉积、电荷交换而引起生物学效应的“三因子”假说,还需要从生物物理学角度加以进一步论证。在靶室内低能离子束的均匀性和可控性、低能离子束束线直径的最小化、低能离子定点注入的装置系统和技术体系、离子定点注入装置的小型化、靶室内温度的可控性、从物理学角度提高被注入材料成活率的技术研究等问题都急待解决。为了使低能离子束生物工程在对生物体进行遗传改良的过程中不断地由非定向研究朝着定向研究的方向不断地迈进,迫切需要进一步完善单粒子注入的技术体系,其中包括单粒子的产生和加速;单离子束的稳定、传输和准直;单离子束流品质的优化;粒子数的精确探测;细胞图像识别和精确定位;显微照射控制等技术。围绕着低能离子束诱变源的实用性和高效性以及对不同生物样品进行遗传改良的适应性展开探索和研究,将有助于为低能离子束生物工程的进一步拓展建立一个良好的物理学技术平台。

低能离子束生物工程必须瞄准学科发展的 2 个方向,即低能离子束对生物体的诱变作用和异源遗传物质间的介导作用。从学科的发展趋势来看,诱变作用的研究和应用主要瞄准对生物物种内不同遗传型的改良,其中包括对特定物种内不同亚种、不同生态型、不同品种和品系的遗传改良,其研究目的就

是完成物种内基因型的优化;介导作用的研究和应用主要瞄准对生物物种间遗传物质的交流展开技术探索,其中包括对受体亲本的改造、生物体新类型的创造、生物体新亚种或新物种的形成,其研究目的就是完成物种间异源遗传物质的交流和特定基因型的优化。尽管如此,低能离子束生物工程的学科发展方向必须立足于对生物体进行有效的遗传改良,加速生物体物种的进化历程,促进生物体优良基因型的重组,在物种内或物种间寻找特异性种质资源,充分挖掘其增产潜力和实用价值。

在低能离子束生物工程的研究范围内需要促进3个有效转变,即从对生物体的形态学研究转变为在注重形态学效应的同时探索性状表现的遗传学规律和遗传机理、从对当代效应的研究为主转变为在注重当代效应的基础上进一步研究突变性状的后效性、从对单一效应的研究为主转变为在研究单一效应的同时进一步研究突变性状的综合效应。在现有的基础上,促进研究内容的3个有效转变是学科发展的需要,由此将提高学科的研究水平。

在低能离子束生物工程的研究范围内需要分清4个研究层次,即在群体水平的研究、在个体水平的研究、在细胞(亚细胞)水平的研究和在分子水平的研究。从过去的研究动态来看,经过低能离子注入或介导之后对个体的生物学效应做了一些研究,但研究并不深入,也缺乏系统性;对突变体的分子检测工作由于分子生物学的研究方法和程序尚不完善而没有获得令人满意的研究结果;对群体水平和细胞水平的变异动态和变异规律还需要进一步探索。从学科的发展趋势来看,这4个研究层次的工作均需要进一步深化,同时也需要将各层次的研究结果相互补充,以便寻找到客观规律。

在低能离子束生物工程的研究工作中需要注重对生物体的五大生物学特性进行研究,即经过低能离子注入或介导之后对后代的生殖特性、发育特性、光合特性、抗逆特性和品质特性进行更深入地研究。在生殖特性的研究中需要注意试验材料的减数分裂是否正常、雌雄配子或雌雄配子体的发生状态和发育状态、受精作用是否异常、幼胚和胚乳的发育状态、是否存在着雄性不育现象、雌性不育现象和无融合生殖现象,其目的之一就是瞄准植物雄性不育新材料的筛选,为生物体杂种优势利用寻找到新种质;其目的之二就是瞄准无融合生殖种质的筛选,为固定生物体杂种优势效应寻找到具有实用价值的基因资源。在发育特性的研究中需要注意幼苗和植株的株叶形态、生长势、光周期特性和春化特性,其目的

就是瞄准生物体的生长特性和生育特性进行遗传改良,筛选出早生快发和适应特定生态条件的种质资源。在光合特性的研究中需要注意光合强度、光合势和叶绿体的光合效率,其目的就是瞄准生物体的代谢潜力的筛选,培育出高光效种质资源。在抗逆特性的研究中需要注意对非生物性抗逆性(抗旱性、抗寒性、耐盐性和耐碱性等)的筛选是主要的研究目标,而对生物性抗逆性(抗病性和抗虫性等)的筛选是次要的研究目标,其目的就是瞄准生物体的抵抗能力进行筛选,扩大其适应范围。在品质特性的研究中需要注意对产品特性的筛选,其目的就是瞄准满足人们需求,不断提高生物产品的市场品位和市场价值。

参考文献:

- [1] 余增亮. 离子束生物技术引论[M]. 合肥:安徽科学技术出版社, 1998.
- [2] Yu Zengliang, Yang Jianbo, Wu Yuejin, et al. Transferring Gus gene into intact rice cells by low energy ion beam [J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 1993, B80(81): 1328-1331.
- [3] 杨剑波, 吴季军, 吴家道. 利用低能离子束介导法获得水稻转基因植株[J]. 科学通报, 1997, 39(16): 1530-1534.
- [4] 宋道军, 陈若雷, 尹若春. 离子束介导植物分子远缘杂交研究[J]. 自然科学进展, 2001, 11(3): 327-330.
- [5] 李红, 吴丽芳, 宋道军, 等. 离子束介导玉米DNA导入水稻引起遗传变异的RAPD分析[J]. 激光生物学报, 1999, 8(4): 261-265.
- [6] WANG Haobo, Huang Qunce. Genetic transformation of watermelon with pumpkin DNA by low energy ion beam-mediated introduction[J]. Plasma Science & Technology, 2002, 4(6): 1591-1596.
- [7] Li yufeng, Huang qunce. RAPD analysis of alfalfa DNA mutation via N^+ implantation[J]. Nuclear Science and Techniques, 2003, 14(3): 161-163.
- [8] 黄群策, 李玉峰. 离子束生物技术在水稻育种中的应用前景[J]. 杂交水稻, 2002, 17(5): 53-56.
- [9] 黄群策, 梁秋霞, 李玉峰, 等. 低能离子注入同源四倍体水稻的生物学效应[J]. 激光生物学报, 2003, 12(5): 355-359.
- [10] 黄群策, 代西梅. 低能氮离子对不同倍性水稻的诱变效应[J]. 杂交水稻, 2004, 19(3): 57-61.
- [11] 黄群策. 多倍体水稻及其潜在价值[J]. 杂交水稻, 2001, 16(1): 1-3.
- [12] 黄群策. 被子植物的无融合生殖[M]. 福州:福建科学技术出版社, 2000.
- [13] 中国农学会. 21世纪世界水稻遗传育种展望[M]. 北京:中国农业科技出版社, 1999.
- [14] 袁隆平. 杂交水稻超高产育种[J]. 杂交水稻, 2001, 16(1): 1-3.