

## 低能碳离子束生物效应研究

姚新民 刘宏清 黄兴鼎 张沪生

丘冠英

(武汉大学物理系 武昌珞珈山 430072)

(武汉大学病毒学及分子生物系)

**摘 要** 本文用离子注入机提供的碳离子束处理小麦种子,观测了种子的 ESR 谱、发芽率,探讨了升温和高真空对发芽率的影响,最后对离子束生物学作用机理进行了讨论。

**关键词** 碳离子束, 电子自旋共振谱(ESR), 种子发芽率, 热效应。

### 1 引 言

重离子束以其独特的性质<sup>[1]</sup>(高 LET 和 RBE),特有的深度剂量分布(BRAGG 峰)和氧增比(OER)小等——在生命科学上正展示诱人的应用前景,日益引起人们的重视和兴趣。然而国际上对这个领域的研究,几乎都集中于高能重离子的辐射生物学及其在肿瘤治疗应用的研究<sup>[2]</sup>;对低能域(keV 水平)的研究,迄今仍主要是离子注入用于材料科学上。正如美国学者 BORING 和 WOODS 所指出的:“比之高能离子束,人们对低能重离子通过物质时引起的效应的研究很少注意。”

国内最近几年用离子注入技术开展了低能离子束生物学效应及诱变育种的探索,取得了令人鼓舞的进展。我们利用我校物理系加速器实验室的离子注入机提供的重离子束,研究了离子束的生物学效应。关于氮离子束的生物学效应曾作过报导<sup>[3]</sup>,本文是用碳离子束处理风干小麦种子的初步实验结果。

### 2 材料与方 法

#### 2.1 离子束选取

本实验采用 C<sup>+</sup> 离子束,能量取 20keV

和 10keV 两种。为了减少靶温,束流强度取 1.2  $\mu$  A。剂量约为  $10^{16}$ (ions/cm<sup>2</sup>)。

#### 2.2 样品准备

实验前,精选小麦种子 30 粒,均分为三组,其中一组为对照组。照射前,将种子用双面胶纸贴在转靶的各个侧面上。

#### 2.3 离子注入过程

由离子源产生的 C<sup>+</sup> 离子束,经加速后,再通过质量分析器提高离子束的纯度,然后射向靶室,使之与靶室中的样品相互作用。当第一组样品完成后,转动靶更换样品,同时改变离子束能量,再对第二组样品注入。第三组是对照组,为了保证和注入组的条件一致,虽然也一同装入靶室,但不进行离子注入。

#### 2.4 ESR 测量

在离子注入完成后,用日本产的 JES-FEIXG 电子自旋共振仪对样品进行自由基测定。由于样品从靶室取出,制样到测量开始约需 30min,因此,测得的 ESR 谱显然反映出种子的长寿命自由基特征。同时还测定了 24h 后以及更长时间后 ESR 谱的变化。

### 3 实验结果

现将部分实验结果列出,表 1 给出了离

子束对发芽率影响的结果。

为了确认上述效应系离子束的作用,我们还进行了单纯加温及真空条件对种子发芽

率影响的观测. 结果表明, 在(60~80)°C范围内和  $3 \times 10^5$  Torr 的真空度时, 对发芽率无明显影响.

表1 离子束对种子发芽率的影响

| 种子 | 离子种类           | 组别  | 离子能量<br>(keV) | 束流强度<br>( $\mu$ A) | 处理时间<br>(min)   | 真空度<br>(Torr)        | 发芽率  |
|----|----------------|-----|---------------|--------------------|-----------------|----------------------|------|
| 小麦 | C <sup>+</sup> | 1   | 20            | 1.2                | 50              | $2.4 \times 10^{-5}$ | 21%  |
|    |                | 2   | 10            | 1.2                | 50              | $2.4 \times 10^{-5}$ | 35%  |
|    |                | 对照组 | 0             | 0                  | $50 \times 2^*$ | $2.4 \times 10^{-5}$ | 100% |

\* 对照组的处理时间是指在靶室中停留的时间

## 4 讨论

小麦种子受到碳离子束辐射后, 发芽率变低(表1), 自由基的峰值变高. 这虽是定性结果, 但足以看出变化. 在这里显示出的生物学效应主要是抑制效应.

离子束种类、能量和剂量等与样品种类的生物效应关系, 目前尚不清楚. 要弄清离子束的质、能、电荷的不同组合及剂量与生物效应的关系, 是一个很有意义而又庞大的任务, 对此必须开展多学科的协作研究.

由于种子的组成极其复杂, 还需做更多的实验, 才能从 ESR 谱作出深入的分析. 这里测定的自由基是属于长寿命的自由基, 如何测定寿命更短的自由基在技术上有很大困难, 这是值得进一步研究的课题.

国外对重离子束在低能范围内的生物效应研究的比较少, 这是一个值得思考的问题. 是从理论上或实验上证明没有研究价值, 还是由于某些因素的影响, 所以对此能域没有进一步研究. 至今, 尚未看到有关这方面的论证材料, 这也是有待研究的问题.

由于低能重离子束的能量一般在几十至几百 keV 之间, 在生物组织中的射程很有限(大体在微米级), 是否能与植物种子内重要生物大分子发生相互作用, 这往往是争议的焦点. 从我们做过的实验结果看, 离子注入引

起的生物效应是肯定的. 但就直接作用与间接作用所占份额而言, 可能后者更为重要. 也就是说, 吸收能量的是一个分子, 而受损伤的是另一个分子, 即一个分子吸收能量后, 通过分子间的能量转移机理传递给其它分子或通过自由基的释放, 与其它分子起反应.

生物效应的产生也可能与隧道效应有关<sup>[4]</sup>. 我们知道, DNA 两条链上的碱基 A 与 T 配对, G 与 C 配对, 互以氢键相结合. 通常氢中的质子有 2 个平衡位置, 一个是正常状态; 另一个是相应于一个碱基增加质子和一个碱基减少质子, 但这种变化能阈很高, 隧道效应的透射系数很小. 当受到辐射, DNA 中的电子吸收能量而被激发或电离, 这使隧道效应的透射系数增大, 很容易发生互变异构, 而互变异构的 A-T 和 G-C 分别成为 A\*-T\* 和 G\*-C\*. 当 DNA 双链解开进行复制时, 碱基对 A-T 和 G-C 就互相变换了, 这种改变如果发生在生殖细胞中, 就会引起遗传突变.

重离子与生物大分子有较大的碰撞截面, 也可能是产生生物效应的一个因素. 再有重离子注入后, 在样品中有大量离子堆积形成静电场, 这个电场可能影响细胞膜的离子通道作用, 从而诱发出生物效应.

总之, 重离子束生物效应研究是一个饶有兴趣而又具有重要学术价值和应用前景的课题, 这需进一步扩大实验, 积累更多的资

料,以便尽快弄清其真正的作用机理。

### 参 考 文 献

1 巴拉申科夫 B C, 闵亚等译. 重离子的新用途. 北京: 科

学出版社, 1983, 81~86

2 RADIATION RESEARCH. 1985, 104(2): S5~S316

3 姚新民等. 核物理动态, 1987, 4(3): 12~15

4 姚新民. 量子生物学概论, 武汉大学出版社, 1990, 215~222

## Studies on the Biological Effect of Seeds Treated by Low Energy-Carbon Ion Beam

Yao Xinmin Liu Hongqing Huang Xingding Zhang Husheng

(Department of Physics, Wuhan University, Wuhan 430072)

Qiu Guanying

(Department of Virology and Molecular Biology, Wuhan University, Wuhan 430072)

**Abstract** The wheat seeds, treated by carbon ion beam which is provided by the ion accelerator, are used for the observation of the ESR spectrum, the germination percentage and the variation of the seedling height. The influence of temperature and vacuum on the germination percentage is investigated and the mechanism of the biological action is discussed.

**Key Words** carbon ion beam, plant seeds, electron spin resonance spectrum, germination percentage, thermal effect.

## 国际原子能机构举行核能研讨会

1991年11月中旬在泰国首都曼谷,召开了核能与公众舆论地区研讨会,国际原子能机构官员和有关专家在会上详细地介绍了世界核能的开发与利用情况,世界各国人民对核能的态度,当代核电站的各种安全措施、辐射防护措施和放射性废物处理办法.瑞典、日本和印度尼西亚等国的官员在会上介绍了他们本国的核能政策。

会议指出,核能已成为替代矿物燃料的一种重要能源.到1990年底,全世界共有28个地区和国家,正在运行424套核电机组,这些核电机组1990年的发电量占世界总发电量的17%.在法国,核发电量已占总发电量的75%,在比利时占60%,在匈牙利占50%,在大韩民国占49%,在瑞典占46%,在瑞士占44%。

核电的发展目前处在关键的“十字路口”,尽管实践已经表明,现代核电是一种比较安全、清洁和经济的能源,但由于核电站的系统比较复杂,一次投资比较高,建造周期比较长,特别是美国三里岛和苏联切尔诺贝利核电站事故的发生,在一定程度上影响了世界核电的发展.核电的继续发展,除了需要继续提高核电站的安全性和其他各种性能外,还需要加强对公众的宣传工作,不断提高公众对核电的认识和接受能力.随着核电站各种性能的不断改善,随着人们对核电优越性的认识和接受能力的逐步提高,世界核电事业一定能够冲破重重障碍得到进一步的发展。

(兰州大学 洪忠悌供稿)