

高含锌、钙,说明其为海相原油,主要来自古海相源岩,母源以水生生物为主。其中 I₁ 类原油比值 V/Ni、Zn/Fe、S/As、S/Ni、Ca/Fe 最高,比值 Fe/Cu 相对最低,这些特征反映此类原油源自海相碳酸盐岩。一般由碳酸盐岩生成的原油含硫量比较高,在碳酸盐软泥中铁含量比较低。I₂ 类原油比值 V/Ni、Zn/Fe、S/As、S/Ni、Ca/Fe 比 I₁ 类低,但又明显高于 II 类原油,而比值 Fe/Cu 则相反,这说明 I₂ 类原油主要源自海相泥质岩,其中铁的含量是较丰富的。

II 类原油,其微量元素分布特征为低钒高镍和低硫高铁,并且贫含锌、钙,这显然是陆相原油的特征,具有高等植物的物源。

我们用微量元素分布特征对原油作成因和分类研究,与用轻烃分类研究对应关系良好,相互吻合,互相印证。因此,用 SRXRF 法测定原油中的微量元素,并将测试结果用于石油的成

因和分类研究是一种行之有效的方法。

应用 SRXRF 技术对生油岩、储集岩和油田水微量元素的测试分析,得到了一些初步的结果。这方面的工作,对油、岩对比,沉积相研究,油气储层评价,石油资源预测,地下资源的综合利用等,都是很有价值的。

参 考 文 献

- [1] Chai Chifang, Ding Zhuguo, Fu Jiamo et al., *J. Radioanal. Chem.*, **151**-1(1991), 177.
- [2] 李学军、巢志瑜、洗鼎昌,物理,22(1993),553.
- [3] 安庆曦、巢志瑜,岩矿测试,7-1(1988),70.
- [4] K. W. Jones and B. M. Gordon, *Anal. Chem.*, **61**(1989), 341A.
- [5] 安庆曦、詹秀春、巢志瑜等,岩矿测试,10-2(1991),84.
- [6] 李葵发等,江汉石油学院学报,16-1(1994),23.
- [7] 谢忠信等,X射线光谱分析,科学出版社,(1987),76.
- [8] 安庆曦、詹秀春、巢志瑜等,岩矿测试,11-3(1992),252.

同步辐射(软 X 射线,紫外)辐照农作物的生物效应研究¹⁾

唐掌雄 施中帽 胡江朝

(中国农业科学院原子能利用研究所,北京 100094)

董保中 崔明启

(中国科学院高能物理研究所,北京 100039)

摘要 同步辐射的紫外辐照萌动麦种子的辐射敏感性为:大麦大于冬麦,大表大于春麦。在 3.5—22 keV X 射线辐照干麦种子的两次重复实验中,其辐射敏感性的次序发生了变化;0.6—3keV 超软 X 射线辐照干麦种子时,当代幼苗出现了 40—90% 的“条状叶绿素缺失”的变异,这在其他射线辐照中未曾见过,是首次发现的生物效应。

关键词 同步辐射,软 X 射线,生物效应

1 前言

我国从 60 年代开始利用 X 射线、γ 射线、中子、电子等射线辐照农作物(种子、苗木、花粉等)产生明显的辐射生物效应,改变了农作物的遗传性,从而选育出许多优良新品种,并在生产上大面积推广应用。

国际上,植物辐射育种发展很快,成绩显著。根据国际原子能机构(IAEA)1992 年的统计,全世界有 51 个国家开展辐射育种工作,已在 100 种植物上育成突变新品种 1100 个(其中粮、棉、油品种为 784 个),我国占 35.6%,是

1) 国家自然科学基金资助项目;北京国家同步辐射实验室支持项目。

1995 年 7 月 3 日收到。

选育新品种最多和推广面积最大的国家。育种对象包括：粮、棉、油、果木和蔬菜等 50 多种作物。在我国，新品种种植面积达 1.3 亿亩，一年可增产粮食 30 多亿公斤，皮棉 1.5 亿公斤和油料 0.75 亿公斤，创造了巨大的社会效益。

农作物辐射育种的主要优点是：(1) 辐射可以提高变异频率，扩大变异范围，为选育新品种提供丰富的原始资源；(2) 辐射产生的变异，有些稳定较快，可在较短时间内选育出新品种；(3) 辐射处理方法简便，易为广大群众掌握；(4) 辐射引起作物的突变率要比自然突变率高 100—1000 倍。辐射产生的比自然界容易出现的突变体有：早熟、矮秆、抗病、穗粒增重与蛋白质、含油量、含糖量等增加，以及产生植株的雄性不育类型，它为选育新品种创造更丰富的原始材料。

辐射作用于生物体使其产生生物效应，是与辐射能量沉积在生物体内的一定剂量有关。不同种类和不同能量的辐射，其传递给生物体的能量有很大的差异。低能 X 射线（能量小于 25keV）的线性能量转移（LET）比硬 X 射线和 γ 射线等要大，故相对生物效应（RBE）也高^[1]。某些特征 X 射线（低能软 X 射线）对植物体内的主要遗传物质脱氧核糖核酸（DNA）中某些重要微量元素具有特殊的吸收作用，从而可以导致植物体产生提高染色体（它是遗传物质的主要载体，含有 DNA 和蛋白质等遗传物质）畸变率的效应^[2]。另外，生物体内的 DNA 对 265 nm 的紫外辐射具有较高的选择性吸收率^[3]，能激发蛋白质分子的有效波长为 238nm 的辐射，也具有一定的遗传效应。

同步辐射具有频谱宽（从微波到 X 射线）、连续可调（可通过特殊装置获得单色光谱）、通量大、亮度高、偏振性好等优点。人们对可见光和紫外线的非电离辐射生物效应以及硬 X 射线、 γ 射线、电子和中子等电离辐射生物效应已经了解较多，但对真空紫外和软 X 射线的生物效应还知道甚少。因此利用同步辐射中软 X 射线、紫外辐射进行辐照农作物的生物效应研究，进一步开展同步辐射的遗传育种研究是有其积

极意义的。

2 实验方法和结果

2.1 同步辐射场剂量的初步估算

采用自制的辐射变色薄膜剂量计和辐射变色有机玻璃剂量计对北京国家同步辐射场中紫外线和 X 射线进行相对吸收剂量的测定，这两种剂量计已在 ^{60}Co γ 辐射场中与电离型照射量计和硫酸亚铁剂量计进行了比较和刻度。另外通过光子束流强度，从理论上估算吸收剂量。然后据此对农作物进行同步辐射辐照干种子、萌动种子、花粉和幼穗等生物效应实验。

实验的初步结果表明，剂量计显示的相对吸收剂量和理论估算值与预期的辐照实验结果近似一致。

2.2 同步辐射紫外线辐照麦类萌动种子和花粉

由于紫外线穿透力弱，只能采用萌动种子或花粉进行辐照才有效。

2.2.1 紫外线辐照麦类萌动种子

对春麦（Pavon）、冬麦（8790）、大麦（早熟 3 号）的萌动种子（种子在 25℃ 室温下浸泡在水中约 36h，种子开始露白）进行紫外线以上波段（波长为 150—6000nm）的辐照处理，辐照剂量集中于种子胚上。加速电子的能量为 2.2GeV（ 10^9eV ），束流为 35—20mA，其光子通量约为 $10^{10-11}/\text{s}$ ；将种子（或花粉）放在距窗口 0.5m 处，其光斑尺寸为 $10 \times 2\text{mm}^2$ 的条件下。采用 5min, 10min, 20min, 30min, 40min 等几个不同辐照时间。然后将辐照种子进行发芽试验，观察其苗高和根长的变化，实验结果如下：

(1) 萌动种子经同步辐射紫外辐照后，其发芽率、苗高、根长等均显示出较大的降低；剂量大，其降低程度愈显著，表示有生理损伤。它们的适宜引变剂量为 10—40min。

(2) 三种麦子的辐射敏感性分别为大麦 > 冬麦，大麦 > 春麦。

2.2.2 紫外线辐照冬麦花粉

在上述辐照参数下对冬麦（8790）的花粉进

行辐照,采用 8min 的处理时间。初步结果是:当代结实率为对照的 53.4%;种子发芽率为 100%;出苗率为 102.6%;苗高与对照相同。

2.3 3.5—22keV 同步辐射 X 射线辐照麦类干种子

(1) 加速电子能量为 2.2GeV, 电流为 48—30mA 下, 能量为 3.5—22keV 的 X 射线, 光子通量为 $10^{13}/s$, 光斑为 $27 \times 5mm^2$ 。采用 1s, 2s, 3s, 4s, 5s 共五个辐照时间, 对三种麦子的干种子(经含水量平衡处理)进行辐照处理;同时用 ^{60}Co γ 射线对三种麦子, 以剂量率为 5.3Gy/min, 总剂量为 100, 200, 300, 400, 500Gy 共五个剂量进行辐照。将辐照后的种子进行发芽试验, 观察苗高、根长变化;采用使苗高降低 50% 的剂量 (GD_{50}) 值来量度辐射敏感性。第一次试验结果为 X 射线和 γ 射线的辐射敏感性均为: 春麦 > 冬麦 > 大麦。

(2) 进行第二次重复实验, 其技术参数与第一次相似, 但其光斑尺寸为 $27 \times 8mm^2$, 又增加了附加 0.08mm 铝过滤片的实验。结果如表 1 所示, 发现三种麦子的辐射敏感性与第一次辐照有较大的差异。可能存在着能谱和剂量的变化。

表 1 两次同步辐射与 ^{60}Co γ 辐照干种子的 GD_{50} 值的比较

	第一次		第二次	
	γ	X	X(无滤片)	X(加 0.08mm Al)
春麦	~150Gy	<1s	>3s	~5s
冬麦	~350Gy	$\geq 1s$	$\geq 3s$	~3.5s
大麦	~500Gy	>5s	~2.5s	>4s

(3) 从当代苗期观察, 出现在植株的第一叶片上有较多的“条状叶绿素缺失”的变异株。

(4) 初步确定 3.5—22keV X 射线的适宜引变剂量范围为 1—5s 辐照时间。

2.4 0.6—3keV 超软 X 同步辐射辐照麦类干种子

在加速电子能量为 2.2GeV, 电流为 48—40mA, 能量为 0.6—3keV 的超软 X 射线同步辐射, 其光子通量约为 $10^{11}/s$, 光斑尺寸为

$35 \times 35mm^2$ (光斑扫描)。采用 5min, 10min 二个辐照时间, 对春麦、冬麦、大麦(去除稃壳, 因软 X 射线能量低, 不能透过稃壳所致) 等干种子, 在高真空条件下进行辐照。将辐照后的种子分别进行发芽试验, 观察苗高、根长变化, 实验结果如下:

(1) 苗高和根长随剂量增加而降低; 经 10min 辐照的相对平均苗高: 春麦为 58.3%, 冬麦为 81.3%, 大麦为 77.6%。

(2) 这三种麦子幼苗的第一叶片均出现大量的“条状叶绿素缺失”的变异株。

(3) 0.6—3keV 超软 X 射线同步辐射的适宜引变剂量范围为 5—10min。

(4) 冬麦(8790)经超软 X 射线辐照后, 将幼苗播种在盆内生长, 在收获时观察到较多的不育植株。

3 讨论

(1) 从紫外同步辐射的初步实验看到, 辐照萌动种子和花粉, 对当代植株有明显的生理损伤效应, 因此需要观察其第二代、第三代等的遗传变异性(一般辐照遗传突变在第二代后才显示)。

(2) 用 0.6—3keV 和 3.5—22keV 两种不同能谱的同步辐射辐照三种麦子的初步结果表明, 在第一代植株就产生明显的生物效应, 其生理损伤明显(苗高和出苗率的降低, 有较多的畸形苗等)。特别是, 出现了大量的“叶绿素缺失”的变异株, 而在用硬 X 射线、 γ 射线、电子、中子等辐照过程中从未见到此种变异现象; 在大麦的辐照第二代才能看到少量的“叶绿素缺失”突变株, 而在小麦的辐照中没有观察到此类变异。

(3) 从初步的超软 X 射线同步辐射辐照冬小麦的盆栽实验中还观察到当代出现了许多不育株, 这现象在过去也较少见到。

以上几种实验结果, 还需在第二、第三代……中, 从其突变谱和其遗传规律等方面进行更为详细的观察和分析。可以预见, 用同步辐

射超软 X 射线辐照的植株,它具有较高生物效应,也将会有较大的突变频率和宽的突变频谱出现.从而扩大了可选育突变新品种的范围;它可成为一个有利的重要诱变手段之一.

还需指出的,在今后实验中,需要注意研究同步辐射的能谱和剂量的不同性和重复性对生物效应的影响.

参 考 文 献

- [1] 顾德法,软 X 射线在农林业中的应用,原子能出版社,(1988),146—148.
- [2] F. K. S. Koo, Induced Mutations in plants, IAEA/FAO, Vienna, (1969), 305—312.
- [3] 许耀奎等,作物诱变育种,上海科学技术出版社,(1985),177—193.

同步辐射软 X 射线单色仪的进展¹⁾

吕 丽 军

(中国科学技术大学合肥国家同步辐射实验室,合肥 230029)

摘要 介绍了同步辐射单色仪光束线和与之相关的光学技术,阐述了第三代高亮度光源对单色仪光束线提出的新挑战,最后简要介绍了目前国际上主要的同步辐射软 X 射线单色仪系统和它们的发展.

关键词 软 X 射线,单色仪,同步辐射

同步辐射作为一种理想的 X 射线、真空紫外(XUV)光源,已在众多科学技术领域中发挥越来越大的作用.研究并发展 XUV 光学技术和仪器是同步辐射应用的重要前提.同步辐射是一种具有连续光谱分布的光源,而大部分实验需要的是在一定波段范围内可选择的单色光,并且对光束的光子通量、偏振、截面尺寸等都有要求,因此在同步辐射光源和实验站之间需要一些专门的光学装置(光束线)把它单色化并聚焦到实验样品处.单色仪光束线是一项相当复杂的光学工程,它对光学设计、光学元件的加工、检测和评价等一系列理论和技术问题提出了许多新挑战.研究并提高光束线的性能对开拓 XUV 波段光学技术和有效利用同步辐射具有重要的意义.

1 单色仪光束线的概念

光束线的主体是单色仪,它起着把同步辐射单色化的作用.在软 X 射线、真空紫外波段,我们一般采用光栅单色仪;而在硬 X 射线波段,则用晶体单色仪.为了把同步辐射光源聚焦于单色仪的入缝处(在色散平面内),我们通常采

用一个前置光学系统;它以一定的缩放比成像,使光源与单色仪的接收相匹配.在许多情况下,实验对样品处的光束尺寸和准直度也有要求,这样就需要用后置光学系统把单色仪分光后的光束再次成像到实验样品处.

众所周知,XUV 辐射在空气和绝大多数物质中被强烈吸收,光束在单色仪光束线内的传输必须在超高真空下进行,整个光束线系统必须密封,并用泵把它抽成超高真空.光束线主要由镜箱、传输管道、各种真空阀门和真空泵等组成.由于 XUV 光辐射本身的这种特殊性能以及实验对光源光谱性能(如分辨率、光通量、束斑尺寸等)的要求,因此,光束线一般应符合下列基本要求:

首先,考虑光的传输效率.由于 XUV 辐射几乎不能透过所有材料,因此只能采用反射或衍射光学系统,如反射镜、光栅和晶体元件.光除了被吸收外还会被散射,实验表明,光的散射与光波波长和表面光滑程度有关,当光的波长比表面粗糙尺度大得越多,光的散射就越小;在 XUV 波段,光的波长比可见光短得多,因

1) 1995 年 6 月 12 日收到初稿,7 月 19 日收到修改稿.