



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112946724 A

(43) 申请公布日 2021.06.11

(21) 申请号 202110179745.9

(22) 申请日 2021.02.07

(71) 申请人 兰州大学

地址 730000 甘肃省兰州市城关区天水南路222号

(72) 发明人 徐大鹏 姚泽恩 吕艳丽 王开富

(74) 专利代理机构 甘肃省知识产权事务中心代理有限公司 62100

代理人 赵红红

(51) Int. Cl.

G01T 3/00 (2006.01)

A01G 22/40 (2018.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于针叶豌豆干种子的中子辐射剂量检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于针叶豌豆干种子的中子辐射剂量检测方法,该方法包括中子探测载体针叶豌豆种子的放置及取样方法、关键测量参数SEI和StEI的实验获取方法和中子吸收剂量的计算方法。本发明使用的探测载体为针叶豌豆种子,相比使用物理探测器的传统检测方法,其价格仅为十万分之一,甚至百万分之一,成本低廉。针叶豌豆种子属于绿色生物体,相比于属于电学器件的物理探测器,在使用完毕的后续回收处理上更加绿色环保。另外,针叶豌豆种子抗性强、易于获得,不需要特殊的管理,具有降低管理成本和采购成本以及使用便捷的效果。本发明采用的温室育苗实验方法,相比传统使用核电子学器件的检测方法,更容易学习掌握,便于普及。

1. 一种基于针叶豌豆干种子的中子辐射剂量检测方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

A、选取籽粒饱满、发芽率在95%以上的针叶豌豆干种子,置于中子辐射剂量待检测区域;

B、需要进行中子辐射剂量检测时,随机抽取至少3粒步骤A中经中子辐照后的种子;

C、取与待测种子同样数量免受辐照的干种子为对照种子,将待测种子与对照种子播种于温室的培养盆中,记录每株豌豆出苗所用天数和第一对托叶展开所用天数,至所有豌豆第一对托叶均展开为止;

D、利用公式 $SEI = \frac{\sum D_i}{N}$ 分别计算待测种子和对照种子的出苗发育指数SEI,式中 D_i 为第i粒种子从播种到出苗所经历的天数,N为所播种的种子数;利用公式 $StEI = \frac{\sum d_i}{N}$ 分别计算待测种子和对照种子的第一对托叶展开指数StEI,式中 d_i 为第i粒种子从播种到一对托叶展开所经历的天数,N为所播种的种子数;

E、将对照种子的SEI值减1作为y值和 $x=0$ 共同代入公式1后,计算出b1的值,将对照种子的StEI值减1作为y值和 $x=0$ 共同代入公式2后,计算出b2的值;

F、将待测种子的SEI值作为y值代入公式1后,计算出x的值,该值为 x_1 ,将待测种子的StEI值作为y值代入公式2后,计算出x的值,该值为 x_2 ,取 x_1 和 x_2 的平均值为待检测区域豌豆种子的中子吸收剂量值,该中子吸收剂量值即为待检测区域的中子辐射剂量值;

其中,步骤E、F中,所述公式1为: $y=0.6448x+b1$,公式2为: $y=0.5693x+b2$ 。

2. 根据权利要求1所述的一种基于针叶豌豆干种子的中子辐射剂量检测方法,其特征在于,步骤A中,在待检测区域设5个重复测量位置,每个位置至少放3粒种子,且每粒种子互不重叠。

3. 根据权利要求1或2所述的一种基于针叶豌豆干种子的中子辐射剂量检测方法,其特征在于,步骤C中,以豌豆胚芽推出土面为出苗标准。

一种基于针叶豌豆干种子的中子辐射剂量检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于核科学技术领域,具体涉及一种基于针叶豌豆干种子的中子辐射剂量检测方法。

背景技术

[0002] 核辐射是光量子流、射线、粒子或核裂变产物等,能与生物体发生作用。当生物体暴露在电离辐射下时,核辐射会在分子、细胞、组织乃至器官水平上对生物体产生各种影响,导致其发生复杂的变化,这些变化包括物理、化学和生物学等各个方面。在核辐射辐照生物研究和实际应用过程中发现,核辐射剂量对生物体的辐射生物效应及诱变具有十分重要的影响。一般来说,当核辐射剂量达到一定值后,会对生物细胞造成明显的损伤,且随着剂量的增大损伤程度越大,尤其是中高剂量的核辐射,其危害性很大,会造成细胞无法及时完成修复而产生突变(癌变),甚至还会造成生物体死亡。

[0003] 中子是由Chadwich等人于1932年通过 α 粒子轰击 ^9Be 和 ^{10}B 的实验研究而发现的。它是原子核结构的重要组分,存在于除氢以外的所有原子核中。中子不带电,与传统的光子辐射(x射线、 γ 射线和微波辐射)相比,中子辐射具有穿透能力强、变异谱较宽、变异率高、变异后代性状相对稳定等特点,因此能够产生更明显且更高的辐射生物学效应,其是核辐射中常见的一种类型。

[0004] 一般产生中子辐射的装置有:核电站的反应堆、某些加速器装置以及中子成像装置所安装的同位素中子源等。这些装置的使用不可避免地需要进行中子辐射累积剂量的检测,如对装置不同安装区域中子辐射剂量的检测、对装置发生中子辐射泄漏后的辐射剂量检测等,以评价其对操作人员及环境的安全性。传统的中子辐射剂量检测是利用各种物理探测器和核电子学器件来完成的,由于中子辐射对物理探测器具有单粒子效应,因此,物理探测器多用于装置中子辐射剂量的短时间检测;另外,物理探测器和核电子学器件抗性差、获得渠道特殊,且需要特殊的管理,成本高昂,不利于推广应用。

[0005] 豌豆(*Pisum sativum* L.)属豆科(Fabaceae)蝶形花亚科(Faboideae)豌豆属(*Pisum*)一年生或越年生草本植物。其不仅是经济价值很高的粮食作物,还是经典遗传学研究的模式植物,它的各种形态性状易于辨认,被广泛应用于植物生物学的各个层次研究中。针叶豌豆是豌豆的一个重要品系,主要表现为主叶片为针叶,托叶较大并主要行使光合作用。申请人在进行裂变中子辐照豌豆种子生物学效应的研究中发现,中子辐射针叶豌豆干种子具有明显的剂量效应,根据该剂量效应,可以构建一种用于中子辐射剂量检测的方法。

发明内容

[0006] 本发明的目的是针对以上所述,提供一种成本低廉、绿色环保的基于针叶豌豆干种子的中子辐射剂量检测方法。

[0007] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0008] 一种基于针叶豌豆干种子的中子辐射剂量检测方法,包括以下步骤:

[0009] A、选取籽粒饱满、发芽率在95%以上的针叶豌豆干种子，置于中子辐射剂量待检测区域；

[0010] B、需要进行中子辐射剂量检测时，随机抽取至少3粒步骤A中经中子辐照后的种子；本发明测量的是豌豆种子的累积吸收剂量，由于取样是部分取样，其它豌豆种子还可以继续累积，用于后续测量使用。因此，本发明可以根据实际需求，自由设计多种取样方式。

[0011] C、取与待测种子同样数量免受辐照的干种子为对照种子，将待测种子与对照种子播种于温室的培养盆中，记录每株豌豆出苗所用天数和第一对托叶展开所用天数，至所有豌豆第一对托叶均展开为止；

[0012] D、利用公式 $SEI = \frac{\sum D_i}{N}$ 分别计算待测种子和对照种子的出苗发育指数SEI，式中 D_i 为第 i 粒种子从播种到出苗所经历的天数， N 为所播种的种子数；利用公式 $StEI = \frac{\sum d_i}{N}$ 分别计算待测种子和对照种子的第一对托叶展开指数StEI，式中 d_i 为第 i 粒种子从播种到一对托叶展开所经历的天数， N 为所播种的种子数；本发明选择出苗发育指数和第一对托叶展开指数作为指标进行测定方法的构建，其原因有两点：一是豌豆种子出苗和第一对托叶展开所需时间短，二是两个指数和中子辐射剂量之间的线性拟合程度最优。

[0013] E、将对照种子的SEI值减1作为 y 值和 $x=0$ 共同代入公式1后，计算出 b_1 的值，将对照种子的StEI值减1作为 y 值和 $x=0$ 共同代入公式2后，计算出 b_2 的值；

[0014] F、将待测种子的SEI值作为 y 值代入公式1后，计算出 x 的值，该值为 x_1 ，将待测种子的StEI值作为 y 值代入公式2后，计算出 x 的值，该值为 x_2 ， x_1 和 x_2 的平均值为待检测区域豌豆种子的中子吸收剂量值，该中子吸收剂量值即为待检测区域的中子辐射剂量值；

[0015] 其中，步骤E、F中，所述公式1为： $y=0.6448x+b_1$ 。申请人在研究过程中发现，豌豆的出苗发育指数SEI与中子吸收剂量在3-10Gy范围内具有较高的线性相关性，因此选取3.55Gy、5.47Gy和9.27Gy这3个剂量点进行实验验证并构建线性方程，结果显示所得线性方程的拟合程度较高($R^2=0.9771$)，为了扩大线性方程的适用范围，进一步加入对照剂量0Gy进行验证，结果如图1所示，其线性方程为 $y=0.6448x+12.894$ ， $R^2=0.8351$ ，将该线性方程中截距数值用 b_1 替换，即可变形为公式1，如图1所示， b_1 即为对照种子(0Gy)的SEI值减1，公式1的适用剂量范围为0-10Gy，能满足大部分检测场合的需要。

[0016] 所述公式2为： $y=0.5693x+b_2$ 。同样地，申请人在研究过程中发现，豌豆的第一对托叶展开指数StEI与中子吸收剂量在3-10Gy范围内具有较高的线性相关性，因此选取3.55Gy、5.47Gy和9.27Gy这3个剂量点进行实验验证，结果显示所得线性方程的拟合程度较高($R^2=0.9739$)，为了扩大线性方程的适用范围，进一步加入对照剂量0Gy进行验证，结果如图2所示，其线性方程为 $y=0.5693x+16.47$ ， $R^2=0.8031$ ，将该线性方程中截距数值用 b_2 替换，即可变形为公式2，如图2所示， b_2 即为对照种子(0Gy)的StEI值减1，公式2的适用剂量范围为0-10Gy，能满足大部分检测场合的需要。

[0017] 作为本发明技术方案的优选，步骤A中，在待检测区域设5个重复测量位置，每个位置至少放3粒种子，且保持每粒种子互不重叠，以保证检测结果的准确性。

[0018] 更优选地，步骤C中，以豌豆胚芽推出土面为出苗标准。

[0019] 本发明相对现有技术具有以下有益效果：

[0020] 1、本发明使用的探测载体为针叶豌豆种子，相比使用物理探测器的传统检测方

法,其价格仅为十万分之一,甚至百万分之一,成本低廉。针叶豌豆种子属于绿色生物体,相比于属于电子元器件的物理探测器,在使用完毕的后续回收处理上更加绿色环保。另外,针叶豌豆种子抗性强、易于获得,不需要特殊的管理,具有降低管理成本和采购成本以及使用便捷的效果。

[0021] 2、本发明采用的温室育苗实验方法,相比传统使用核电子学器件的检测方法,更容易学习掌握,便于普及。温室实验过程中包括针叶豌豆种子在内等实验材料均为无污染的材料,相比于核电子学器件等电子工业材料,具有环保无污染的效果。

附图说明

[0022] 图1为豌豆的出苗发育指数SEI与中子吸收剂量的线性关系图;

[0023] 图2为豌豆的第一对托叶展开指数StEI与中子吸收剂量的线性关系图;

[0024] 图3为本发明的中子辐射剂量检测流程图。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图和具体实例对本发明作进一步说明。

[0026] 参照图3,本发明公开的一种基于针叶豌豆干种子的中子辐射剂量检测方法,以镭252同位素中子源的中子辐射剂量为例,包括以下步骤:选取籽粒饱满、发芽率为97%的针叶豌豆干种子;在镭252同位素中子源的中子辐射剂量待检测区域内均匀设置5个重复测量位置;将筛选好的针叶豌豆干种子放置于5个重复测量位置,每个位置均放置15种子,每个位置的15粒种子保持单排排列,防止重叠;需要进行中子辐射剂量检测时,在每个重复测量位置上随机抽取3粒种子,然后取对照种子(免受中子辐照的种子)15粒;将待测区种子和对照种子播种于同一温室的培养盆中,以豌豆胚芽推出土面为出苗标准,记录每株豌豆出苗所用天数和第一对托叶展开所用天数,至所有豌豆第一对托叶均展开为止;利用公式 $SEI = \frac{\sum D_i}{N}$ 分计算出苗发育指数,利用公式 $StEI = \frac{\sum d_i}{N}$ 计算第一对托叶展开指数,结果见表1和表2;将对照种子的SEI值减1作为y值和x=0共同代入公式 $y = 0.6448x + b1$ 后,计算出b1的值,将对照种子的StEI值减1作为y值和x=0共同代入公式 $y = 0.5693x + b2$ 后,计算出b2的值;将待测种子的SEI值作为y值代入公式 $y = 0.6448x + b1$ 后,计算出x的值,该值为x1, $x1 = 5.74$;将待测种子的StEI值作为y值代入公式 $y = 0.5693x + b2$ 后,计算出x的值,该值为x2, $x2 = 5.85$;x1和x2的平均值为待检测区域豌豆种子的中子吸收剂量值,该中子吸收剂量值即为待检测区域的中子辐射剂量值。因此,本发明测定的镭252同位素中子源的中子辐射剂量值为5.8Gy,在同一检测时间采用ORTEC中子探测器检测同一检测区域的中子辐射剂量值为6.0Gy,两个检测值相近,说明本发明检测方法的准确度较高,具有很高的推广应用价值。

[0027] 表1待测区种子的出苗所用天数和第一对托叶展开所用天数

[0028]

	出苗所用天数	第一对托叶展开所用天数
待测区种子 1	16	19
待测区种子 2	16	19
待测区种子 3	17	20
待测区种子 4	15	18
待测区种子 5	17	20
待测区种子 6	16	19
待测区种子 7	16	19
待测区种子 8	16	20
待测区种子 9	17	20
待测区种子 10	15	19
待测区种子 11	16	20
待测区种子 12	17	21
待测区种子 13	16	19
待测区种子 14	17	20
待测区种子 15	18	21
出苗发育指数 SEI	16.3	
第一对托叶展开指数 StEI	19.6	

[0029]

表2对照种子的出苗所用天数和第一对托叶展开所用天数

[0030]

	出苗所用天数	第一对托叶展开所用天数
对照种子 1	13	17
对照种子 2	12	16
对照种子 3	14	17
对照种子 4	14	18
对照种子 5	13	17
对照种子 6	13	16
对照种子 7	14	18
对照种子 8	14	18
对照种子 9	14	17
对照种子 10	12	16
对照种子 11	14	17

[0031]

对照种子 12	14	18
对照种子 13	14	18
对照种子 14	15	18
对照种子 15	14	18
出苗发育指数 SEI	13.6	
第一对托叶展开指数 StEI	17.27	

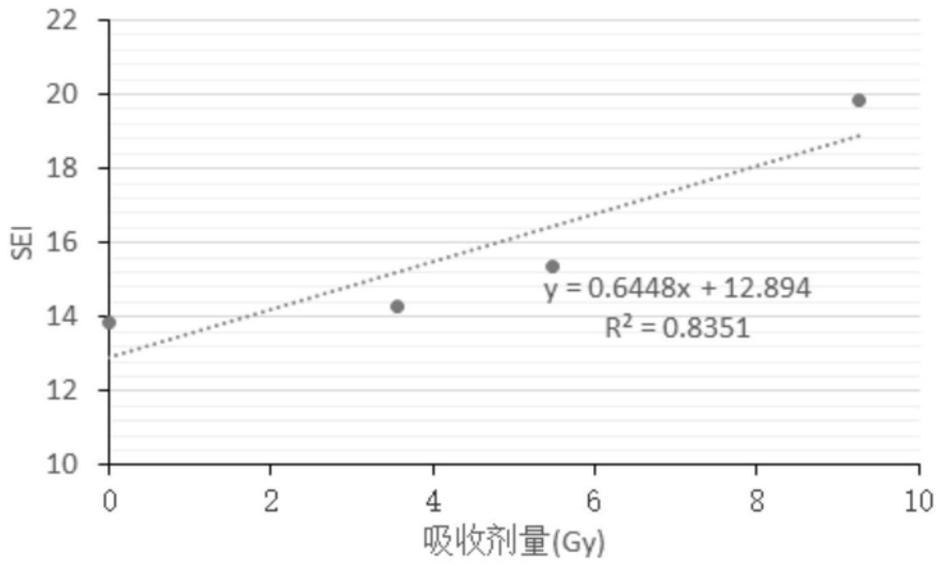


图1

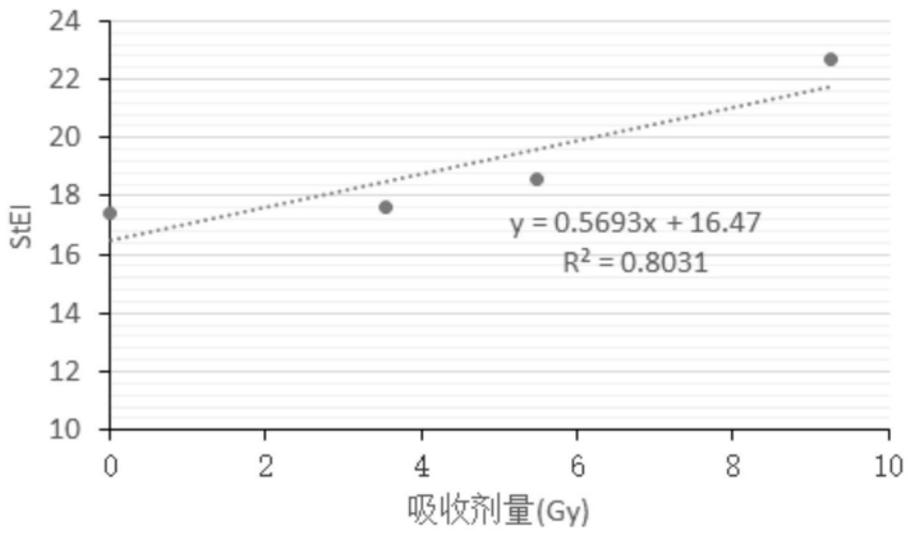


图2

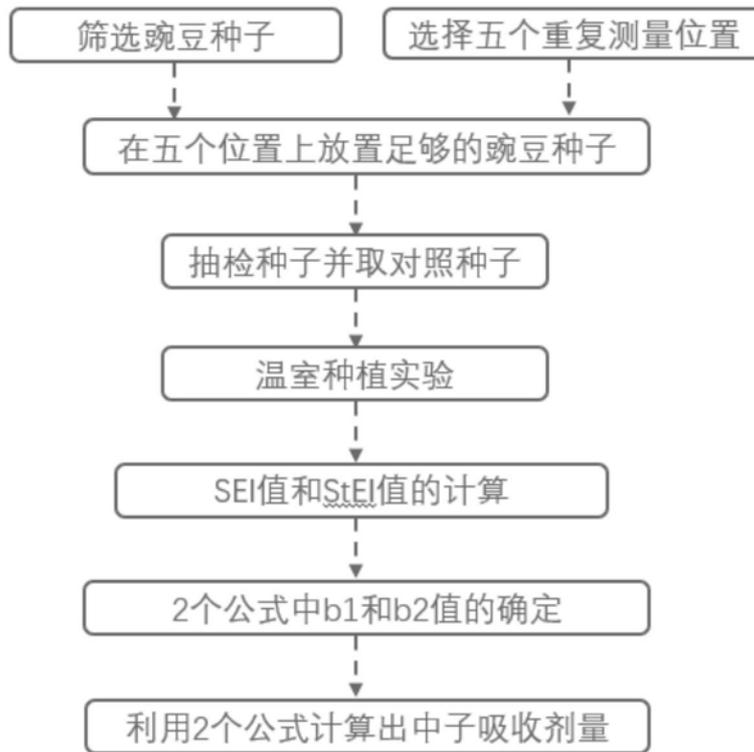


图3