

用于谷物选种的核反应技术原理研究*

张坤 曹建华

(四川大学原子核科学技术研究所, 成都, 610064)

简述用 $^{14}\text{N}(\text{d}, \text{p})^{15}\text{N}$ 反应技术选择高蛋白质谷物种子的原理和方法; 初步分析了4个样品的N、C原子数比; 指出了需进一步解决的问题。

关键词 谷物种子 选种 核反应 氮-碳比

提高谷物的蛋白质含量是谷物培育中的一个重要任务, 也是生产优质粮食提高国民身体素质的一个重要途径。谷物种子中的氮与蛋白质含量具有强烈的相关性, 对种子中氮含量的测量是人们多年来一直感兴趣的问题^[1,2]。早期人们采用化学方法分析, 如: Kjeldahl方法, 既费时、又具有破坏性, 使种子不能发育, 因而不能直接用于选种培育上。采用核反应技术具有快速无损的特点, 还可以给出种子中氮含量的深度分布, 这对于选择和培育优良品种具有重要意义。自70年代初以来, 瑞典、乌克兰、美国等进行了较为广泛的研究^[1-7], 到90年代初, 这一技术已趋于成熟, 乌克兰等国已开始推广应用, 而我国目前还无这方面研究工作的报道。

1 实验原理和方法

谷物种子中的主要成份是C、H、O、N。与d入射的其它核反应相比, $^{14}\text{N}(\text{d}, \text{p})^{15}\text{N}$ 反应具有较大的Q值(^{12}C : 2.72 MeV; ^{13}C : 5.59 MeV; ^{14}N : 8.61 MeV; ^{15}N : 0.26 MeV; ^{16}O : 1.96 MeV)。在出射质子能谱上, 来自种子中N和C元素的信息很容易被区分开, 而对于同类品种, 其N、C原子数比值的高低则代表种子中含氮量(即蛋白质含量)的高低。因此, (d, p)反应成为快速无损分析种子含氮量及其深度分布的重要手段^[2,3,6]。

实验装置示于图1。1.2 m回旋加速器产生的13 MeV d束经90°偏转磁铁A入射到样品S上。两个高能范围电荷灵敏半导体探测器D对称地置于与入射d束成155°方向上。这里考虑了几何上的安排方便和尽可能地减少散射本底两个因素。种子样品S置于具有多靶位的靶架T上, 并用步进电机SM驱动以实现连续测量。靶架、半导体探测器和前置放大器均置于真空度为 1.33×10^{-3} Pa的大靶室Ch中。紧贴半导体探测器金面置放有170 μm 厚的铜吸收箔用以阻止散射氘及反应产生的 α 粒子进入探测器, 在距靶5 cm处有 $\phi 5 \text{ mm} \times 700 \text{ mm}$ 的入射束光栏用于约束入射光斑大小。在探测器前有内径为10 mm, 外径40 mm的栅状环形

* 国家自然科学基金资助项目

收稿日期: 1995-06-09 收到修改稿日期: 1995-08-30

光栏。探头到靶样品 12 cm。出射质子信号经前置和主放大器后,由微机多道 C 采集分析。本实验为原理研究,未采取胚胎保护措施。在实际选种时,将设计具有胚胎保护盒的多靶位连续传输通道,并将入射束光斑压缩得更小。

为了给出 N、C 原子数比值的标准,避免因采用反应截面计算而带来误差,在测量种子样品前,先测量三聚氰胺($C_3N_6H_6$)薄膜的出射质子能谱。该能谱上,从 $^{14}N(d, p_0)^{15}N$ 反应的峰位到 $^{13}C(d, p_0)^{14}C$ 反应的峰位范围内都很“清洁”。这是由于 ^{14}N 的(d, p)反应的 Q 值比其它反应的 Q 值大得多的缘故。三聚氰胺的 N 和 C 原子数之比为 2:1,由三聚氰胺中和待测样品中 N 和 C 的峰计数的比值即可确定样品中的 N 和 C 的原子数比。

2 实验结果和讨论

本实验选取“川农 5 号”小麦种子 10 粒;“广汉大米”12 粒(去壳);成都东风面粉厂精制面粉;普通鸡蛋的蛋清。小麦和大米样品均用酒精清洗去掉表面污物。面粉和鸡蛋清样品分别涂在 $6 \mu m$ 厚的聚丙烯膜上,然后风干。4 个样品连同个聚丙烯薄膜样品同时置于真空大靶室内,在同样条件下分次连续测量。采用两种方法扣除聚丙烯膜衬底对测量结果中碳峰计数的影响:(1)用称重法计算光斑所包含的膜中的碳原子数;(2)同样条件下测量聚丙烯的出射质子能谱。两种方法给出了同样的结果。

图 2 是小麦种子的出射质子能谱。低能端的峰是 $^{12}C(d, p_0)^{13}C$ 及 $^{14}N(d, p_{4,5,6})^{15}N$ 反应的出射质子峰。由于种子有一定的厚度,不同深度位置上的核反应的出射质子到达探测器时的能量不同,这些质子峰连成了一片。从 300 道到 235 道便是纯净的 $^{14}N(d, p_0)^{15}N$ 反应的出射质子引起的计数。在低于 235 道区内,虽然仍有来自 ^{14}N 的核反应的质子,但这里也包含了 $^{13}C(d, p_0)^{14}C$ 反应的出射质子计数。种子表面的 ^{13}C 和 ^{14}N 的核反应出射质子的能量差值决定了这一技术用于分析谷物种子的分析深度。聚丙烯薄膜的出射质子能谱示于图 3。聚丙烯中不包含氮,在谱图上的 300-235 道区内是很“干净”的。

在样品谱中扣除聚丙烯衬底的碳影响,分别对 N 和 C 的出射质子的两段谱积分,用入射束流计数归一化,并对入射粒子和出射粒子衰减进行修正。通过与作为标准的三聚氰胺薄膜的出射质子能谱进行比较,便可得到样品中 N、C 原子数的相对比值(在分析深度范围内)。

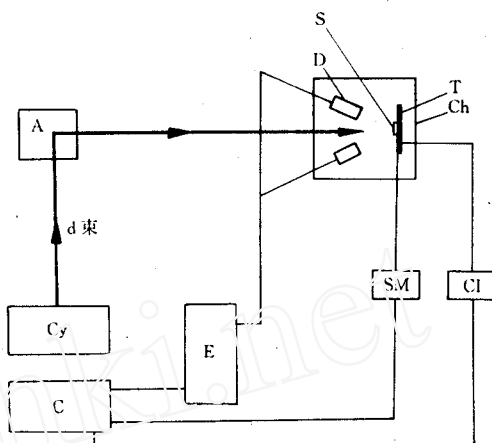


图 1 实验装置安排

Fig.1 The arrangement of experimental equipment

Cy—1.2 m 回旋加速器;A—90°偏转磁铁;C—386 微型计算机及多道系统;E—电子学线路;D—半导体探测器及前置放大器;T—多靶位靶架;Ch—真空大靶室;SM—步进电机;CI—束流积分器;S—样品

表1给出了4种样品的N、C原子数比的相对值及误差。误差包括样品和聚丙烯本底计数的统计误差、入射束流计数误差以及入射和出射粒子在样品中的衰减修正误差等。

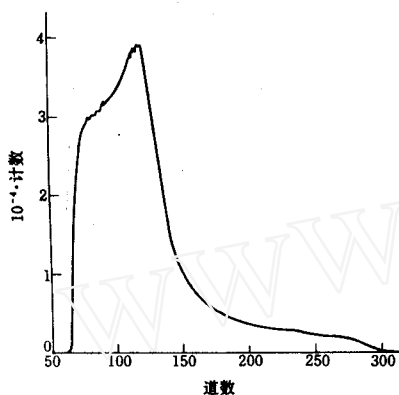


图2 13 MeV 氘束入射到小麦样品上的出射质子能谱

Fig. 2 Emitting proton spectrum induced by 13 MeV deuterons on seed of wheat

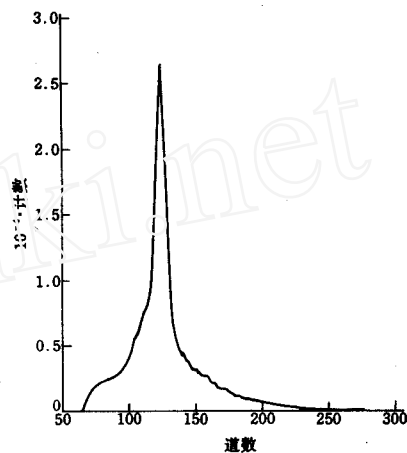


图3 13 MeV 氘束入射到聚丙烯薄膜上的出射质子能谱

Fig. 3 Emitting proton spectrum induced by 13 MeV deuterons on a thin polypropylene foil

表1 样品中N、C原子数比(相对值)

Table 1 Atom number ratio of N to C in samples (relative value)

样品	小麦	面粉	大米	鸡蛋清
N与C的原子数比	0.19±0.03	0.18±0.02	0.11±0.02	0.75±0.06

实验以样品中的N、C原子数比值来估计其N的相对含量。对于厚样品,由于粒子在样品中传输将损失能量,从出射质子能谱还可以获得样品中N含量的深度分布信息。这对于谷物的分析是很重要的。由于有 ^{16}O 的影响,本实验对C原子数的测定是不够精确的。结合 γ 射线测量可以获得更为精确的结果。

为使这一新分析技术能用于谷物的选种和培育中,必须解决下列问题:1)给出谷物种子含氮量与其蛋白质含量的相关数据;2)用该方法获得种子的含氮量与相关生物学参数的关系;3)同一作物不同品种种子含氮量情况对比;4)对种子在穗上的位置进行分类比较;5)完成对能够在真实条件下成功培育的种子蛋白质含量的分析。

实验表明, $^{14}\text{N}(d, p)^{15}\text{N}$ 核反应技术提供了一种快速无损选择高蛋白质含量谷物种子的有效手段,目前尚需开展深入的研究工作。

感谢我所回旋加速器组对本工作的合作和支持。

参 考 文 献

- 1 Sundqvist B, Goncz L. A Fast Method for Nitrogen Determination in Single Seeds. *Int J Appl Radiat Isot*, 1974, 25:277 - 281.
- 2 Goncz L, Didriksson R, Sundqvist B. The $^{14}\text{N}(\text{d}, \text{p})^{15}\text{N}$ Reaction for Measurements of Nitrogen Depth Distributions in Single Seeds of Wheat. *Nucl Instrum Methods*, 1982, 203:577 - 585.
- 3 Sundqvist B, Goncz L, Koersner I. A Nuclear Method for Determination of Nitrogen Depth Distributions in Single Seeds. *Int J Appl Radiat Isot*, 1976, 27:273 - 277.
- 4 Johansson A, Larsson B, Tibell G, et al. New Approaches to Breeding for Improved Plant Protein. IAEA, Wien, 1969. 169.
- 5 Morales JR, Dinator MI. Protein Determination in Seeds by Proton Activation. *Nucl Instrum Methods Phys Res*, 1989. B40/41:1196 - 1198.
- 6 Goncz L, Berggen H, Didksson R, et al. The Use of the $^{14}\text{N}(\text{d}, \text{p})^{15}\text{N}$ Reaction for Studies of Nitrogen Depth Distribution in Grains of Barley and in Samples of Chromium Steel. *Nucl Instrum Methods*, 1978, 149:337 - 340.
- 7 Sellschop JPF, Keddy RJ, Mingay DW, et al. A Nondestructive Nuclear Method for the Determination of Nitrogen in Solids. *Int J Appl Radiat Isot*, 1975, 26:640 - 647.

PRINCIPLE RESEARCH FOR SELECTING SINGLE SEEDS OF GRAIN USING NUCLEAR REACTION TECHNIQUE

Zhang Kun Cao Jianhua

(*Institute of Nuclear Science and Technology, Sichuan University, Chengdu, 610064*)

ABSTRACT

The principle and technique, which select the seeds of grain with high protein contents using $^{14}\text{N}(\text{d}, \text{p})^{15}\text{N}$ reaction, are briefly described in the paper. Four samples are analyzed and some solution-needed questions are directed.

Key words Seeds of grain Selecting seeds Nuclear reaction Ratio between nitrogen and carbon