

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO THIẾT BỊ CHIẾU XẠ GAMMA DÙNG NGUỒN PHÓNG XẠ ĐÃ QUA SỬ DỤNG

NGHIÊM XUÂN KHÁNH, NGUYỄN XUÂN THAO, NGUYỄN VĂN MẠNH*

*Trung tâm Đánh giá không phá hủy
140 Nguyễn Tuân, Thanh Xuân, Hà Nội*

** Viện Di truyền nông nghiệp, Km 2 - Phạm Văn Đồng, Từ Liêm, Hà Nội
E-mail: vutienha.nde@gmail.com*

Tóm tắt: Ở Việt Nam, hiện có khoảng hơn 20 nguồn phóng xạ Co-60 có hoạt độ từ vài chục đến vài trăm Ci đã qua sử dụng cần được lưu trữ, chuyển đổi mục đích sử dụng. Với mong muốn tái sử dụng các nguồn phóng xạ đã qua sử dụng, đồng thời góp phần thúc đẩy ứng dụng năng lượng nguyên tử trong chọn tạo giống cây trồng nông nghiệp Trung tâm Đánh giá không phá hủy đã thực hiện nhiệm vụ “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị chiếu xạ gamma dùng nguồn phóng xạ đã qua sử dụng”. Trên cơ sở nghiên cứu, tham khảo các thiết bị tương tự và tận dụng tối đa các điều kiện sẵn có nhóm thực hiện đã lựa chọn thiết kế cơ khí thiết bị, thiết kế hệ thống điều khiển và cảnh báo an toàn bức xạ cho thiết bị. Qua quá trình hiệu chuẩn và thử nghiệm sau khi chế tạo, thiết bị đã đáp ứng được các yêu cầu về đảm bảo an toàn bức xạ, đảm bảo liều lượng chiếu xạ cũng như thuận tiện cho người sử dụng. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của chiếu xạ trên hạt đậu tương bằng thiết bị bước đầu đã thu được những kết quả rất khả quan. Như vậy, đây chính là thiết bị đầu tiên mà Vinatom chuyển giao cho ngành nông nghiệp và cũng mở ra những hướng mới góp phần thúc đẩy việc ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong các ngành kinh tế - xã hội ở Việt Nam.

Từ khóa: Nguồn Co-60, liều lượng chiếu xạ, an toàn bức xạ, chiếu xạ, đột biến, chọn giống, cây đậu tương.

DESIGN AND MANUFACTURE GAMMA IRRADIATION EQUIPMENT USING USED RADIOACTIVE SOURCES

Abstract: There are about 20 used Co-60 sources with activities from some tens to some hundreds Ci in Vietnam. With the desire to reuse used radioactive sources, contribute to promoting the application of atomic energy in the field of agriculture genetic, the Center for NDE has performed the topic "Design and manufacture gamma irradiation equipment using used radioactive sources". On the basis of research, refer to similar equipment and make the most of the existing conditions, the implementation team selected mechanical design equipment, designed control system and alerted radiation safety for equipment. Through calibration and testing process after equipment manufacture the equipment has met the requirements of ensuring radiation safety, ensuring irradiation dose as well as convenient for users. Experimental results of the effects of irradiation on soybeans by equipment have obtained good results. This is the first device Vinatom transferred to the agriculture branch and also opened new directions to promote the application of nuclear techniques in Vietnam.

Key words: Co-60 source, radiation dose, radiation source safety, radiation irradiation, mutation, breed, soybean.

I. HIỆN TRẠNG VỀ PHÁT TRIỂN KỸ THUẬT CHIẾU XẠ GAMMA PHỤC VỤ MỤC ĐÍCH CHỌN GIỐNG TRONG LĨNH VỰC DI TRUYỀN NÔNG NGHIỆP Ở VIỆT NAM

Đã từ lâu gây đột biến để cải tạo giống cây trồng được coi là một phương pháp tạo giống mới hiệu quả. Từ năm 1927 Muller đã khẳng định tần số đột biến trong quần thể ruồi dấm tăng 15000% sau khi được chiếu xạ bằng tia X và ngay năm sau Stadler cũng quan sát được biến dị ở cây ngô cũng như một số cây con sau khi chiếu tia X. Sau đó người ta dùng các tia Gamma, Neutron và Chùm Ion để nghiên cứu và thu được nhiều kết quả khả quan [1].

Tính đến năm 2015, thế giới có 3.222 giống cây trồng được tạo ra bằng các phương pháp đột biến khác nhau như: thực hiện trên nhiều đối tượng cây trồng như cây lương thực, cây công nghiệp, cây ăn quả, hoa cây cảnh, cây rau...trong đó, chủ yếu là đột biến chiếu xạ gamma với 1.588 giống (chiếm 49.3%). Riêng Đậu tương (năm 2015) trên thế giới có 170 giống đột biến trong đó có 87 giống được tạo ra bằng phương pháp chiếu xạ, (chiếm 51.2%) (IAEA Database, 2015) [1].

Tại Việt Nam, lĩnh vực này đã được cố giáo sư Lương Đình Cửa khởi xướng từ những năm 1960. Những năm 1965 - 1970, các nghiên cứu tạo giống đột biến được thực hiện tại trường đại học Tổng hợp Hà Nội sau đó các cơ sở khác như các trường: trường Đại học Nông nghiệp I, trường đại học Nông nghiệp II, trường đại học Nông nghiệp IV,... và các viện: viện Khoa học Kỹ Thuật Nông nghiệp Việt Nam, viện Di truyền Nông Nghiệp, viện cây lương thực - Thực phẩm, viện Lúa đồng bằng sông Cửu Long,... Trong những năm qua, nhờ áp dụng những kỹ thuật hạt nhân như: chiếu xạ hạt giống trước khi gieo, chiếu xạ hạt giống để gây các đột biến di truyền những tính trạng quý: thân thấp, chống đổ, chín sớm, năng suất cao, chống chịu sâu bệnh... chiếu xạ hạt, củ khi bảo quản [2].

Tính đến 2015 (thống kê của viện Di truyền nông nghiệp) ở Việt Nam đã công nhận và đưa vào sản xuất 61 giống cây trồng được tạo ra bởi chiếu xạ đột biến. Trong đó, viện Di truyền nông nghiệp (DTNN) tạo được 40 giống (27 giống lúa, 9 giống đậu tương, 2 giống hoa và 2 giống ngô). Với những thành tựu như vậy tháng 10/2014 Viện đã được FAO/IAEA trao giải “thành tựu xuất sắc” trong chọn tạo giống cây trồng đột biến [3].

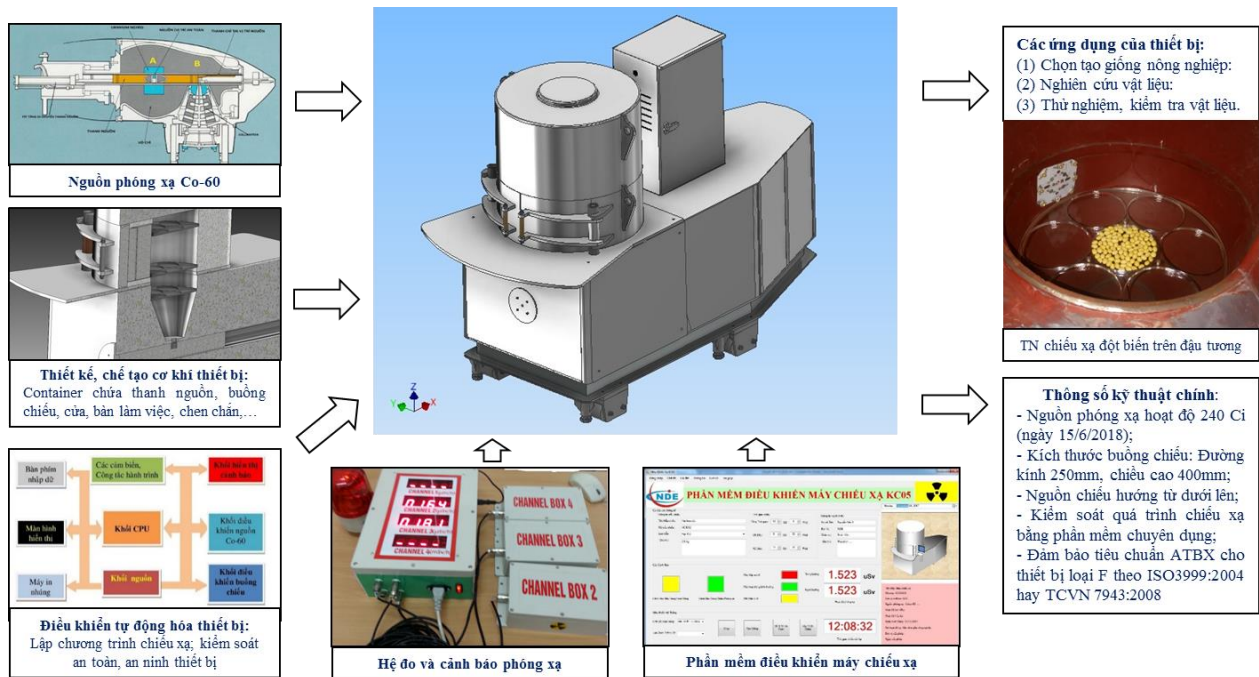
Tuy nhiên, ở Việt Nam, lĩnh vực này chưa thực sự được quan tâm đúng mức. Tất cả các nước thành viên của FNCA đều có trung tâm nghiên cứu về ứng dụng kỹ thuật hạt nhân nhằm cải tiến giống cây trồng trừ Việt Nam. Các hoạt động nghiên cứu trong lĩnh vực này thực chất là tự phát, rời rạc, không có định hướng, không có sự liên kết giữa các viện nghiên cứu, các vùng. Cả nước chưa có một thiết bị chiếu xạ chuyên dụng mà chủ yếu phải dựa vào các thiết bị chiếu xạ y tế hay chiếu xạ công nghiệp, vì vậy không thể xác định được liều chiếu một cách chính xác và không thể chủ động được hướng nghiên cứu cũng như đào tạo lâu dài [3].

II. THIẾT KẾ, CHẾ TẠO THIẾT BỊ CHIẾU XẠ GAMMA

1. Thiết kế thiết bị chiếu xạ

Thiết bị chiếu xạ gamma mà Trung tâm NDE đã chế tạo phục vụ mục đích gây đột biến giống cây trồng xuất phát từ ý tưởng sử dụng lại nguồn Co-60 đã qua sử dụng trong y tế, rời thiết kế và chế tạo cho phù hợp với mục đích sử dụng chiếu xạ gamma gây đột biến, chọn giống cây trồng.

Để có được một thiết bị có thể đáp ứng được các yêu cầu đảm bảo độ chính xác khi chiếu xạ cũng như đảm bảo an toàn bức xạ chúng ta cần một thiết kế tổng thể bao gồm hệ thống các thiết bị liên quan như cơ khí, điện, điện tử, camera theo dõi an ninh, hệ cảnh báo phóng xạ, phần mềm điều khiển chiếu xạ (hình 1). Với năng lực chuyên môn và các trang thiết bị sẵn có của Trung tâm, trong giai đoạn từ năm 2017-2019 trung tâm đã chế tạo thành công thiết bị tuân thủ đúng theo các tiêu chuẩn trong thiết kế, chế tạo thiết bị chiếu xạ [4, 5].



Hình 1: Mô hình hóa thiết kế tổng thể của thiết bị chiếu xạ gamma dùng nguồn đã qua sử dụng

2. Gia công, chế tạo thiết bị chiếu xạ

Sau khi đã lựa chọn được phương án thiết kế thiết bị, công việc tiếp sau đó là cần chế tạo các chi tiết đảm bảo tính chính xác theo đúng thiết kế ban đầu của thiết bị. Với nhân lực có năng lực chuyên môn tốt và các thiết bị sẵn có nhóm nghiên cứu đã trực tiếp gia công từng chi tiết của thiết bị tại Trung tâm Đánh giá không phá hủy (hình 2). Bên cạnh việc gia công cơ khí, hệ thống điện tử và phần mềm điều khiển thiết bị cũng được đội ngũ cơ điện tử của trung tâm chế tạo, lắp đặt. Để đảm bảo chất lượng sản phẩm trong quá trình chế tạo các chi tiết luôn tuân thủ đúng theo các tiêu chuẩn về thiết kế và chế tạo, bao gồm:

- TCVN 8289 - 2009 về An toàn bức xạ - Thiết bị chiếu xạ công nghiệp sử dụng nguồn đồng vị gamma – Yêu cầu chung;

- TCVN 6853:2001 (ISO 2919 - 1999) về An toàn bức xạ - Nguồn phóng xạ kín - Yêu cầu chung và phân loại.



a)

b)

Hình 2: Gia công, chế tạo thiết bị tại Trung tâm Đánh giá không phá hủy: a) Gia công bàn máy thiết bị; b) Chế tạo buồng chiếu xạ

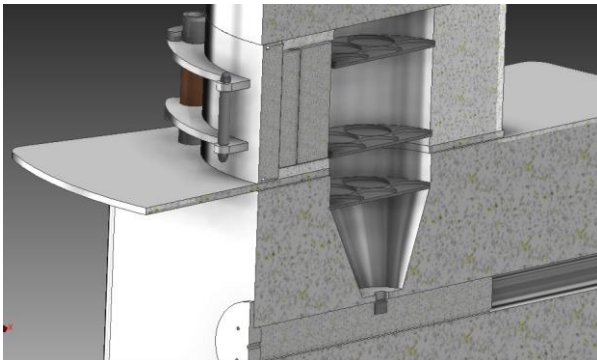
3. Thông số kỹ thuật chính của thiết bị

- Máy có kích thước: dài 2m; rộng 0,9m; cao 1,4m;
- Tổng khối lượng: 5 ÷ 6 tấn;
- Kích thước buồng chiếu: $\phi = 250\text{mm}$, $h = 500\text{mm}$;
- Buồng chiếu: gồm 3 đĩa chiếu với khoảng cách 175mm, 265mm, 415mm;
- Hoạt độ nguồn: 219 Ci (05/3/2019);
- Đảm bảo tiêu chuẩn ATBX cho thiết bị loại F theo tiêu chuẩn ISO3999:2004 hay TCVN 7943:2008.

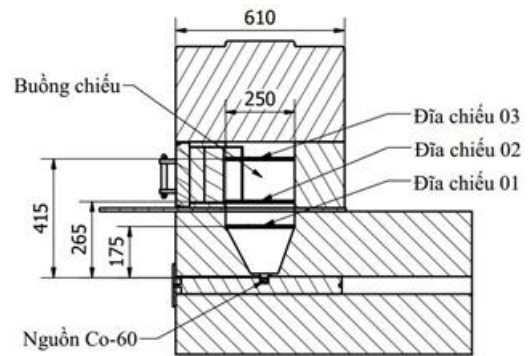
III. XÁC ĐỊNH LIỀU CHIẾU CHO THIẾT BỊ CHIẾU XẠ GAMMA DO TRUNG TÂM NDE CHẾ TẠO

1. Các phương pháp xác định liều chiếu thiết bị

Trên cơ sở nghiên cứu và dựa vào các kinh nghiệm nhóm thực hiện đã sử dụng 05 phương pháp khác nhau để xác định liều chiếu thiết bị bao gồm: Tính toán lý thuyết, mô phỏng MCNP, liều kế Fricke, liều kế TLD và buồng Ion hóa. Dựa vào tính toán lý thuyết, đo đạc thực nghiệm để xác định chính xác nhất liều chiếu tại các vị trí đĩa chiếu có khoảng cách đến nguồn phóng xạ lần lượt là 175mm, 265mm và 415 mm (hình 3).



a)

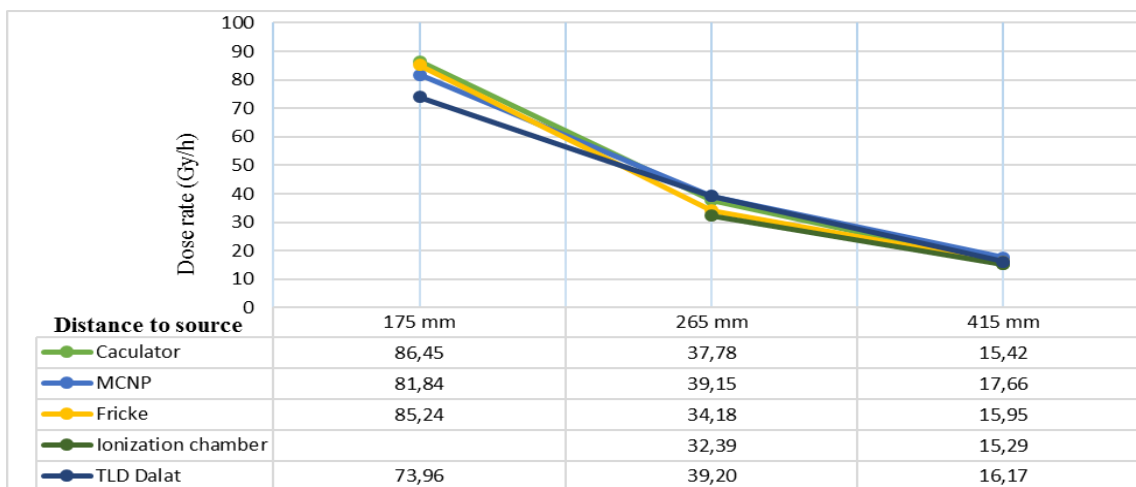


b)

Hình 3: Buồng chiếu và các vị trí đĩa chiếu xạ: a) Mặt cắt buồng chiếu thiết bị; b) Vị trí, khoảng cách các đĩa chiếu xạ

2. Kết quả xác định liều chiếu thiết bị và thảo luận

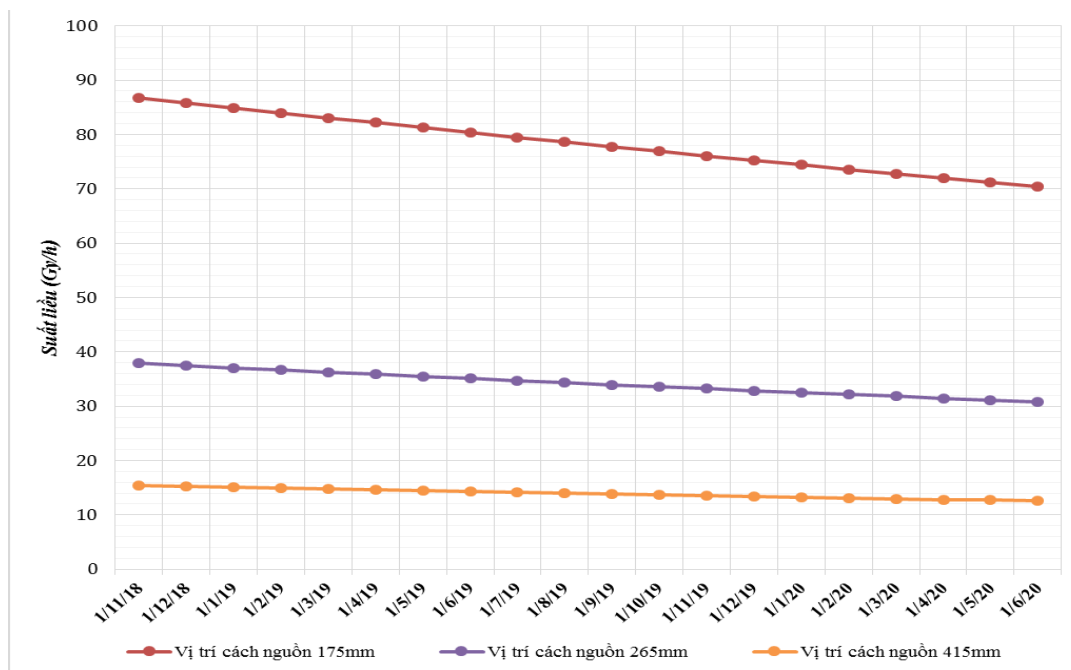
Kết quả xác định liều chiếu của thiết bị mang tính quyết định chất lượng của sản phẩm. Sau khi tổng hợp và phân tích số liệu từ quá trình tính toán, thực nghiệm dựa trên 05 kỹ thuật xác định liều chiếu ta được biểu đồ kết quả dưới đây (hình 4):



Hình 4: Biểu đồ tổng hợp suất liều của các phương pháp định liều nguồn Co-60

Từ biểu đồ này, nhóm thực hiện đề tài đưa ra một số nhận xét sau:

- Phương pháp buồng Ion hóa và liều kế Fricke cho kết quả với độ chính xác, lặp lại tốt nhất;
- Liều kế TLD có thể được sử dụng để xác định trường phân bố liều;
- Các phương pháp tính toán lý thuyết và mô phỏng MCNP được thực hiện dựa trên các công thức tính, tuy nhiên chưa đưa được hết các yếu tố thực tế ảnh hưởng đến kết quả;
- Sự phù hợp với kết quả của 04 phương pháp (lý thuyết, Monte-Carlo, buồng Ion, TLD) cho thấy phương pháp Fricke có lợi thế tốt nhất và chấp nhận được.



Hình 5: Biểu đồ biểu thị suất liều chiếu của thiết bị tại các vị trí và thời điểm khác nhau

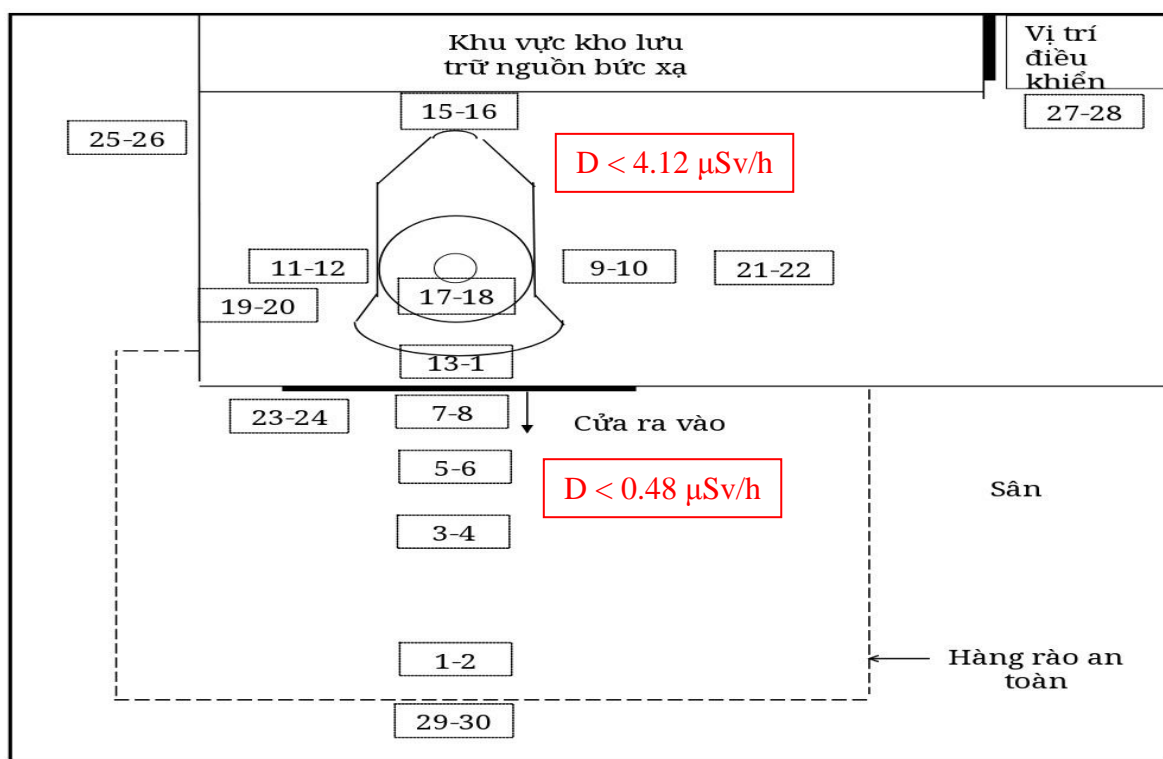
Sau quá trình thực nghiệm để có được độ lặp lại và độ tin cậy cần thiết, cũng như dựa vào chu kỳ bán rã của đồng vị Co-60 ($T_{1/2} = 5,27$ năm) chúng tôi đã xây dựng được giản đồ suất liều chiếu trên đây (hình 5)

Qua thực tế ứng dụng trong hơn một năm (2018-2019), có thể thấy việc sử dụng giản đồ trên cho kết quả thực nghiệm là phù hợp với thực tế và các công trình nghiên cứu khác trong khu vực và trên thế giới [2].

IV. SỰ ĐÁP ỨNG TIÊU CHUẨN VỀ AN TOÀN BỨC XẠ CỦA THIẾT BỊ CHIẾU XẠ

Sau khi hoàn thiện thiết bị, việc đánh giá xem thiết bị có đáp ứng các yêu cầu về an toàn bức xạ hay không mang tính then chốt bởi chỉ khi nào đảm bảo an toàn thì thiết bị mới được Cục An toàn bức xạ hạt nhân cấp phép cho sử dụng. Với nhân lực và thiết bị sẵn có Trung tâm NDE đã tiến hành đo đánh giá an toàn bức xạ cho thiết bị với 30 điểm đo (hình 6), kết quả cụ thể như sau:

- Phòng môi trường nơi đặt máy là: $0,22 \pm 0,03 \mu\text{Sv/h}$;
- Tại khu vực đặt máy suất liều đo được nhỏ hơn $4,12 \mu\text{Sv/h}$. Đây tương ứng là khu làm việc của nhân viên vận hành thiết bị, từ giá trị suất liều đo được và căn cứ vào thời gian làm việc của nhân viên trong 1 năm ta dễ dàng tính được Liều nghề nghiệp khi vận hành thiết bị là $0,79 \text{ mSv/năm}$ (Giới hạn liều nghề nghiệp: Liều hiệu dụng 20 mSv/năm);
- Tại khu vực ra vào và phòng điều khiển suất liều đo được hơn $0,48 \mu\text{Sv/h}$. Đây tương ứng là khu vực công chúng, từ giá trị suất liều đo được và căn cứ vào thời gian tiếp cận tối đa trong 1 năm ta dễ dàng tính được Liều công chúng tiếp cận xung quanh phòng đặt thiết bị là $0,58 \text{ mSv/năm}$ (Giới hạn liều công chúng: Liều hiệu dụng 1 mSv/năm);



Hình 6: Mô hình minh họa các vị trí đo kiểm tra An toàn bức xạ thiết bị

Đánh giá kết quả đo: Việc đánh giá kết quả đo an toàn tuân theo thông tư số 19/2012/TT-BKHCN ngày 08/11/2012 quy định về kiểm soát và bảo đảm an toàn bức xạ trong chiếu xạ nghề nghiệp và chiếu xạ công chúng

Kết luận: Thiết bị đảm bảo an toàn bức xạ đối với nhân viên bức xạ và công chúng, có thể đưa thiết bị vào sử dụng được.

Ngoài việc đảm bảo an toàn bức xạ, thiết bị còn được trang bị hệ thống camera quan sát, các cửa khóa liên động, hệ thống cảm biến điện tử... nhằm tăng cường các biện pháp an ninh là hết sức cần thiết và cơ bản đáp ứng được các yêu cầu khi đưa vào sử dụng.

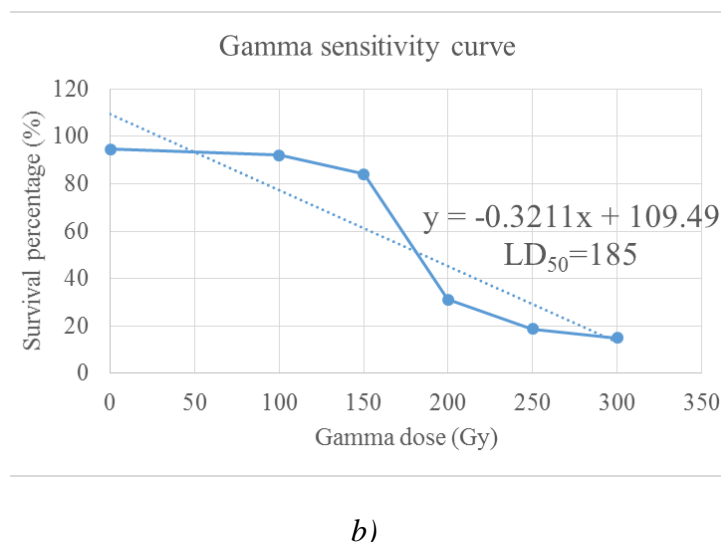
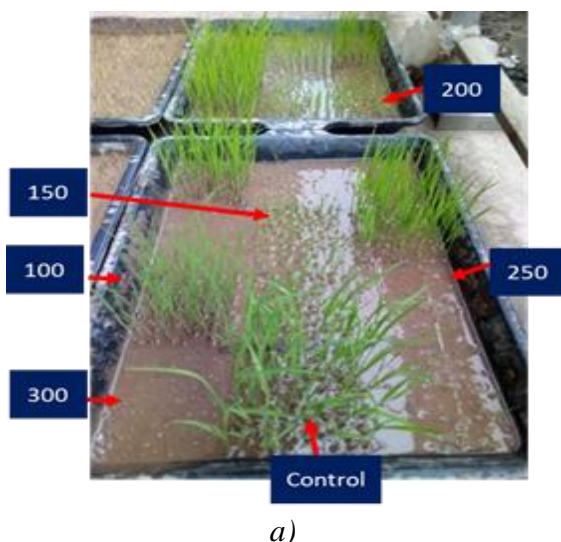
V. MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM TRÊN ĐẬU TƯƠNG VÀ LÚA CHIẾU XẠ

Trong khoảng thời gian từ năm 2018-2019, một số thí nghiệm chiếu xạ gây đột biến đã được tiến hành theo quy trình thực hiện của viện Di truyền Nông nghiệp trên mẫu đậu tương DT2012 với 02 dạng mẫu hạt khô và mẫu hạt ướt nghiên cứu ở 02 thế hệ M1 và M2. Một số kết quả bước đầu đã cho thấy tác nhân đột biến nguồn Co-60 đã gây ra hàng loạt những biến dị kiểu hình khác nhau ở tất cả các công thức xử lý, cũng như tác động đến thời gian sinh trưởng, chiều cao cây và một số yếu tố khác trong quá trình sinh trưởng (bảng 1). Những kết quả này hoàn toàn phù hợp với các thực nghiệm trước đây trên các giống đậu tương đột biến được nghiên cứu tại Việt Nam cũng như trên thế giới [6].

Công thức \ Chỉ tiêu	TGST (ngày)	Chiều cao cây (cm)	Số đốt/thân chính(đốt)	Số cành cấp I (cành)
0 Gy (Đôi chứng)	93	36,3 ± 2,1	13,1 ± 0,3	3,9 ± 0,2
150 Gy	95	33,8 ± 3,9	12,9 ± 0,6	3,6 ± 0,3
180 Gy	96	33,0 ± 4,5	12,5 ± 0,9	3,4 ± 0,5
200 Gy	98	30,5 ± 6,1	12,4 ± 1,3	3,3 ± 0,8
220 Gy	100	28,7 ± 7,3	12,0 ± 1,7	3,1 ± 1,0
250 Gy	102	25,7 ± 9,6	11,8 ± 2,1	2,7 ± 1,1

Bảng 1: Ảnh hưởng của liều chiếu xạ đến sinh trưởng, phát triển của quần thể đậu tương thế hệ M1

Ngoài ra, một vài ứng dụng khác cũng đã thu được một số kết quả bước đầu khi chiếu đậu tương và lúa cho các thực tập sinh đến từ CHDCND Lào (hình 7):



Hình 7: Nghiên cứu ảnh hưởng của chiếu xạ lên mẫu lúa: a) Lúa chiếu xạ ở các công thức khác nhau; b) Ảnh hưởng của liều chiếu xạ đến tỷ lệ sống sót

V. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Trung tâm NDE đã thiết kế và chế tạo thành công hệ thiết bị chiếu xạ gamma để chuyển giao cho Viện Di truyền nông nghiệp với mục đích chiếu xạ đột biến chọn giống cây trồng. Ngoài ra, có thể tiến hành nhiều ứng dụng khác như nghiên cứu vật liệu, thử nghiệm/kiểm tra vật liệu ... Đây là thiết bị chuyên dụng (dạng gamma cell) đầu tiên mà VINATOM chuyển giao cho ngành nông nghiệp với hy vọng và mong muốn góp phần thúc đẩy việc ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong các ngành KT-XH ở Việt Nam.
2. Việc đảm bảo an toàn, an ninh là vấn đề phải quan tâm hàng đầu khi tiến hành nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và sử dụng các thiết bị loại này. Và quả thực sau khi hoàn tất các công việc này, nhóm thực hiện đề tài cũng đã trưởng thành rất nhiều và tích lũy được khá nhiều kinh nghiệm quý báu, điều này rất có ý nghĩa nội tại cho tương lai.
3. Ở thể hệ M1 trên giống đậu tương nghiên cứu DT2012, tác nhân đột biến nguồn Co-60 chủ yếu kìm hãm sinh trưởng phát triển của cây, tuy không làm giảm tỷ lệ nảy mầm nhưng làm giảm sức sống, kéo dài thời gian sinh trưởng, làm giảm chiều cao cây, số đốt/thân chính và năng suất cá thể. Tác nhân đột biến nguồn Co-60 đã gây ra hàng loạt những biến dị kiểu hình khác nhau ở tất cả các công thức xử lý. Ngoài việc chiếu xạ đậu tương, lúa; nhộng ruồi cũng đã được thử nghiệm với liều chiếu 90 Gy cho viện Bảo vệ thực vật cho mục đích nghiên cứu triệt sản côn trùng (ngày 7/5/2019).
4. Việc xác định chính xác suất liều chiếu là yếu tố quyết định chất lượng sản phẩm nó sẽ đảm bảo cho các kết quả nghiên cứu thực nghiệm có độ tin cậy cao và ổn định hơn so với việc từ trước tới nay chủ yếu dựa vào các thiết bị trong y tế hay công nghiệp. Ngoài ra, các nhà nông nghiệp sẽ chủ động hơn trong các nghiên cứu và đào tạo lâu dài của mình. Trên thực tế, thông qua công việc này, 01 thạc sĩ (của Trung tâm NDE) và 03 đồ án tốt nghiệp của sinh viên đến từ các trường BKHN và Đại học QG (KHTNHN) đã được thực hiện và cho kết quả rất thực tế

và hiệu quả. Ngoài ra, các số liệu thực nghiệm cũng giúp ích hiệu quả cho mục đích sử dụng lâu dài trong chiếu xạ đậu tương, lúa, nhộng ruồi... đối với các nhà sinh học ở Việt nam.

5. Hệ thiết bị này, hiện nguồn Co-60 có hoạt độ khoảng 230 Ci như trình bày ở trên, có thể sử dụng trong khoảng 15 năm tới (khoảng 3 lần chu kỳ bán hủy của Co-60).
6. Trên cơ sở kết quả thử nghiệm ban đầu cũng như xu hướng đầu tư của các nước trong khu vực và trên thế giới, viện DTNN đang đề xuất Bộ NN&PTNT xem xét và phê duyệt chủ trương đầu tư 01 hệ gamma room trên mảnh đất có sẵn (150 m²) của Viện. Đây là chủ trương đúng đắn và chúng tôi hết sức ủng hộ, mong muốn Bộ NN&PTNT sẽ xem xét, phê duyệt đề xuất này càng sớm càng tốt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] <http://www.mvgs.iaea.org>

[2] Lê Đức Thảo, Phạm Thị Bảo Chung, Nguyễn Văn Mạnh (2015a). Ảnh hưởng của liều lượng chiếu xạ tia gamma Co-60 đến khả năng tạo biến dị có lợi trong chọn giống đậu tương”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 2(9): 5-9;

[3] Đào Thanh Bằng và CS (2006), “Thành tựu và triển vọng của việc ứng dụng kỹ thuật gây tạo đột biến trong công tác chọn giống cây trồng”, Viện Di truyền Nông nghiệp - 20 năm (1984-2004) xây dựng và phát triển, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.

[4] TCVN 8289 : 2009 An toàn bức xạ - Thiết bị chiếu xạ công nghiệp sử dụng nguồn đồng vị gamma – Yêu cầu chung;

[5] TCVN 6853:2001 (ISO 2919 : 1999) về An toàn bức xạ - Nguồn phóng xạ kín - Yêu cầu chung và phân loại;

[6] Phạm Thị Bảo Chung, Nguyễn Văn Mạnh, Lê Đức Thảo, Lê Thị Ánh Hồng (2019). Nghiên cứu cải tiến giống đậu tương DT2008 bằng chiếu xạ tia gamma (Co60) trên hạt nảy mầm. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam 5/2019;

[7] <http://www.gamma-recycling.info>

[8] <http://www.soystats.com>