



### DETERMINAÇÃO DA DOSE LETAL IMEDIATA DE RADIAÇÃO GAMA PARA TRÊS CARUNCHOS DO FEIJÃO UTILIZANDO IRRADIADOR MULTIPROPOSITO

### IMMEDIATE LETHAL DOSE OF GAMMA RADIATION FOR THREE SPECIES OF WEEVIL OF BEAN USED MULTIPURPOSE IRRADIATOR

Marcio Martins de Araujo<sup>1</sup>; Fabrício Caldeira Reis<sup>2</sup>; Jamile Icassatti Saud Romano<sup>3</sup>; Marcos Roberto  
Potenza<sup>4</sup>; Valter Arthur<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Email: marcio\_araujo@usp.br;

<sup>2</sup> Doutorado em Ciências no Programa de Tecnologia Nuclear pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e  
Nucleares, Email: fabriciocaldeirareis@hotmail.com;

<sup>3</sup>Email: jisaud@usp.br;

<sup>4</sup> Doutorado em Tecnologia Nuclear Aplicações pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
(IPEN), Email: fabriciocaldeirareis@hotmail.com;

<sup>5</sup> Doutorado em Agronomia (Entomologia) (Esalq) Universidade de São Paulo; Email:  
arthur@cena.usp.br

**Resumo:** Este trabalho teve como objetivo determinar a dose letal imediata de radiação gama do Cobalto-60 para *Acanthocelides obtectus*, *Zabrotes subfasciatus* e *Callosobruchus maculatus*, utilizando o irradiador Multipropósito do IPEN/CNEN. Os insetos foram mantidos em grãos de feijão das variedades *Phaseolus vulgaris* e *Vigna unguiculata* acondicionados em potes plásticos. Foram separados 20 indivíduos adultos com idade de 3 –7 dias, para cada repetição, num total de 5 repetições por tratamento. Foi irradiado com doses crescentes de radiação gama até atingir a mortalidade total dos insetos. A dose de 3,0 kGy foi estabelecida para o controle imediato dos insetos adultos das espécies estudadas.

**Palavras-chave:** Chrysomelidae, irradiação, insetos, controle.

**Abstract:** This work is aimed to investigate the immediate lethal dose of gamma radiation of Cobalt-60 for *Acanthocelides obtectus*, *Zabrotes subfasciatus* and *Callosobruchus maculatus*, using the IPEN / CNEN



Multipurpose irradiator Cobalt-60. Insects were kept in grains of common beans (*Phaseolus vulgaris* and *Vigna unguiculata*) conditioned in plastic pots. Twenty pre-emergent adult individuals (3-7 days), totaling 5 replicates per dose, were separated. Fractional increasing doses of gamma radiation were applied until total insect mortality was reached. The dose of 3.0 kGy was established to immediate control adult insects of the species studied.

**Keywords:** Chrysomelidae, irradiation, insects, control.

## 1 Introdução

O feijão é cultivado em praticamente todo o território nacional e tem papel fundamental na geração de renda e subsistência de muitos agricultores familiares (Conab, 2018). O feijão é uma leguminosa muito versátil com diferentes maneiras de consumo e faz parte das crenças, dos costumes e do hábito do brasileiro (Oliveira Neto et al., 2018). Devido ao seu fator nutricional, o feijão é cultivado para o consumo de grãos secos ou verdes. Além de fazer parte da alimentação humana também é utilizado como forragem verde, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal e como adubação verde e para a proteção do solo (De Andrade Júnior et al., 2002). O aumento na demanda de grãos relacionados com a modernização da agricultura e fatores mercadológicos permitiu uma maior produção gerando assim a necessidade de armazenamento (Soares et al., 2009).

Os principais insetos que atacam o feijão no período de armazenamento são *Acanthocelides obtectus* Say, *Zabrotes subfasciatus* Bohemann e *Callosobruchus maculatus* Fabricius, sendo este último considerado a principal praga de feijão caupi armazenado devido ao seu potencial depreciativo (Martins et al., 1987; Lima et al., 2001).

As fêmeas de *A. obtectus* realizam a postura na superfície externa dos grãos como uma adaptação evolutiva à abundância de hospedeiros. A presença contínua de machos e a oportunidade para múltiplos acasalamentos não afeta a fecundidade ou viabilidade dos ovos e as fêmeas colocam seus ovos preferencialmente em grãos íntegros (Parsons & Credland, 2003). *A. obtectus* e *Z. subfasciatus* frequentemente ocorrem de forma conjunta, não apresentando interações negativas em instalações de armazenamento de grãos e sementes de feijão (Mallqui et al., 2013).



*C. maculatus* é uma espécie muito prejudicial porque completa algumas gerações por ano em sementes estocadas. As fêmeas adultas depositam seus ovos férteis na superfície externa das sementes e grãos (Beck & Blumer, 2014).

Gbaye et al. (2012) ressalta que o desenvolvimento da resistência *C. maculatus* a inseticidas é complexa e envolve uma interação multifatorial de fatores ambientais que precisam ser considerados para maximizar o êxito no manejo desta praga. Gbaye et al. (2016) identificou diversos níveis de resistência em cinco populações de *C. maculatus* ao inseticida diclorvós e como consequência requer a utilização de uma maior concentração do produto, resultando em maior custo de controle e risco à saúde.

Os relatos globais de resistência de pragas de produtos armazenados a fosfina levantam uma preocupação de que possa se tornar um fumigante ineficaz, devido ao seu uso intensivo no comércio internacional que exige aplicações comerciais ou regulatórias no momento da expedição das commodities (Nayak et al., 2020).

Entre os tratamentos utilizados para desinfestação de grãos, a radiação gama vem se destacando pela sua eficiência. O grão tratado pela radiação ionizante recebe uma determinada dose que pode inibir a reprodução ou provocar a morte dos insetos (Arthur, 1997). Conforme Ahmed (2001) a desinfestação da maioria dos alimentos secos, através da irradiação, pode ser alcançada com doses muito baixas (até 1 kGy), porém, a sensibilidade à radiação varia conforme a ordem do inseto e estágio de desenvolvimento.

O tratamento com radiação gama pode aumentar a vida de prateleira do produto e em alimentos embalados (Da Silva et al., 2004). Segundo Hallman (2011) as radiações ionizantes podem ser um promissor tratamento fitossanitário já aprovado em muitos países para produtos armazenados.

O uso das radiações ionizantes na redução da disseminação de insetos de importância quarentenária tem um aumento significativo no uso como tratamento fitossanitário para o comércio internacional de commodities (Hallman, 2013). Supawan et al. (2005) obtiveram 100% de mortalidade de ovos de *Callosobruchus chinensis* com 4 dias de idade, submetidos a dose de radiação gama de 180 Gy, já 800 Gy para larva de 10 dias e pupa de 4 dias, e 600 Gy para adultos com 7 dias de idade. Observaram também uma redução de 83,67% da atividade fenoxidase em larvas de 7 dias de idade.

Estudos de Hibrabim et al. (2017) recomendam a dose de irradiação de 20 Gy para induzir esterilidade e efeitos deletérios no potencial reprodutivo e na espermatogênese de *C. maculatus*. Segundo Hammad et al. (2020) não houve emergência de adultos de *C. maculatus* após a irradiação de larvas e pupas com a dose



650 Gy e ovos com 450 Gy de radiação gama. Em teste confirmatório de larga escala com 27.754 adultos de *C. maculatus* submetidos a dose de 650 Gy, não houve emergência na geração F<sub>1</sub> e alterações físico-químicas significativas nas sementes. Os autores recomendam a dose genérica de 650 Gy como a dose fitossanitária de irradiação com Co-60 para *C. maculatus*.

O objetivo deste trabalho foi determinar a dose letal imediata de radiação gama (Co<sup>60</sup>) para as três espécies de caruncho do feijão *A. obtectus*, *Z. subfasciatus* e *C. maculatus*, utilizando o irradiador Multipropósito.

## 2 Métodos

Populações de *A. obtectus* e *Z. subfasciatus* foram mantidas em *Phaseolus vulgaris* e *C. maculatus* em *Vigna unguiculata*, mantidos em sala condicionada  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  com umidade relativa de  $60 \pm 10\%$ . Adultos recém-emergidos com 3 a 7 dias de idade foram utilizados para determinar as doses letais de radiação gama. Foram utilizadas 5 repetições de 20 insetos, confinados em um recipiente de polietileno (10 mL), para cada dose. As parcelas experimentais foram submetidas a doses crescentes de radiação gama: 0; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2 e 3,4 kGy. As doses foram obtidas de acordo com a taxa de dose e o tempo de exposição do inseto. A mortalidade foi avaliada no intervalo de duas a quatro horas após a radiação.

O estudo foi conduzido no Laboratório de Artrópodes do Instituto Biológico e as irradiações realizadas no Instituto de Pesquisas energéticas e Nucleares IPEN, utilizando um irradiador multipropósito Co-60 com taxa de dose de 3,31 kGy. Os dados foram submetidos à análise de Probit-9 (Finney, 1971), usando o programa POLO PLUS (Robertson et al., 2003) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

## 3 Resultados e Discussão

A dose de radiação gama necessária para atingir 90% (DL<sub>90</sub>) de mortalidade imediata de indivíduos adultos de *C. maculatus*, *A. obtectus* e *Z. subfasciatus* foi 2,76; 3,23 e 2,29 kGy respectivamente (Tabela 1). De acordo com Wanderley et al. (2000) doses acima de 2,0 kGy reduzem a taxa de insetos adultos emergidos estabelecendo o controle de *Z. subfasciatus*. Botelho et al. (2002) observaram em estudo que

doses de até 2,0 kGy podem ser usadas para a desinfestação de grãos de feijão infestados com *A. obtectus* sem alterar a resistência das linhagens Arcelina-2 e 3.

Segundo Diop et al. (1997), a utilização da radiação ionizante em doses esterilizantes abaixo de 1 kGy para a desinfestação de grãos infestados com *C. maculatus*, possui a desvantagem de deixar os carunchos vivos no interior da embalagem. No entanto, a expectativa de vida é reduzida para 97% a mortalidade dos indivíduos adultos após 20 dias.

Soje et al. (2021) usando uma fonte de césio-137 a uma taxa de 90,4mSv/h, mostraram que a radiação gama de 0,3 – 0,9 kGy pode efetivamente preservar o feijão-caupi contra gorgulhos (*C. maculatus*) durante o armazenamento por um período de seis meses.

Artur et al. (2017) irradiaram todas as fases do ciclo de vida (ovos, larvas e pupas) de *C. maculatus* com doses de: 0 (controle), 25, 50, 75 e 100Gy. Concluíram que a dose de 50 Gy era letal para ovos e larvas. Uma dose de 100 Gy não foi suficiente para eliminar completamente as pupas. A esterilização de adultos a partir de pupas irradiadas foi conseguida com uma dose de 100 Gy. Os autores recomendam uma dose de 150 Gy para o tratamento quarentenário desse inseto em feijão *Vigna sinensis* Linnaeus.

**Tab. 1:** Estimativa da dose letal  $DL_{50}$  (kGy),  $DL_{90}$  (kGy), intervalo de confiança (I.C.) a 95%; coeficiente angular, erro-padrão da média (EP); Qui-quadrado ( $X^2$ ) e graus de liberdade (G.L.) para *C. maculatus*, *A. obtectus* e *Z. subfasciatus*

Species	Nº	$LD_{50}$ (kGy) (I.C. 95%)	$LD_{90}$ (kGy) (I.C. 95%)	Coefficiente angular $\pm$ EP	$X^2$	G.L.
<i>C. maculatus</i>	1000	1,87 (1,70 – 2,07)	2,56 (2,43 – 3,48)	7,58 $\pm$ 0,42	44,3	7
<i>A. obtectus</i>	1000	1,98 (1,82 – 2,16)	3,23 (2,81 – 4,06)	6,01 $\pm$ 0,38	24,0	7
<i>Z. subfasciatus</i>	1000	1,87 (1,73 – 2,02)	2,79 (2,50 – 3,33)	7,35 $\pm$ 0,41	28,0	7

N – Número de insetos utilizados

Obteve-se 100% de eficiência em *C. maculatus* aplicando a dose de 2.6 kGy (Tabela 2). As espécies *A. obtectus* e *Z. subfasciatus* apresentaram números médios similares nas doses de 2,8; 3,0; 3,2 e 3,4 kGy. Estando esses resultados bem menores que os de Da Silva e Arthur (2003) quando observaram que a mortalidade imediata de *Z. subfasciatus* foi obtida nas doses de 6,5 e 7,0 kGy, em dois diferentes irradiadores, um modelo Gammabeam 650 (taxa de dose: 1,25 kGy/h) e um Gammacell 220 (taxa de dose: 1,26 kGy/h respectivamente).

**Tab. 2:** Indivíduos adultos de *C. maculatus*, *A. obtectus* e *Z. subfasciatus* expostos a doses crescentes de radiação gama ( $Co^{60}$ ). Número médio de mortalidade imediata (N\*) e eficiência (%Ef\*\*)

Dose (kGy)	<i>C. maculatus</i>		<i>A. obtectus</i>		<i>Z. subfasciatus</i>	
	N*	%Ef**	N*	%Ef**	N*	%Ef**
1.0	1,60 d	8,00	1,40 d	7,00	1,20 e	6,00
1.2	1,80 d	9,00	1,80 d	9,00	1,60 e	8,00
1.4	2,60 d	13,00	2,60 d	13,00	2,40 de	12,00
1.6	3,80 d	19,00	3,80 d	19,00	3,80 de	19,00
1.8	8,40 c	42,00	8,0 c	40,00	8,40 cd	42,00
2.0	14,00 b	70,00	14,00 b	70,00	12,20 bc	61,00
2.2	17,80 a	89,00	16,70 ab	83,50	14,00 abc	70,00
2.4	17,80 a	89,00	16,70 ab	83,50	14,00 abc	70,00
2.6	20,00 a	100,00	18,00 ab	90,00	15,80 ab	79,00
2.8	20,00 a	100,00	19,00 a	95,00	19,00 a	95,00
3.0	20,00 a	100,00	20,00 a	100,00	20,00 a	100,00
3.2	20,00 a	100,00	20,00 a	100,00	20,00 a	100,00
3.4	20,00 a	100,00	20,00 a	100,00	20,00 a	100,00
C.V.		9,89		14,87		13,44

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

O uso de raios X para controlar altas infestações de *A. obtectus* em feijão também é citado por Amubieya et al. (2021) que ao utilizarem doses de 60-80 Kilo elétron-volts (Kev) combinadas com secagem em estufa, obtiveram redução significativa na emergência diária e acumulada de novas progênes, bem como nos danos nas sementes e na produção de poeira pelo inseto. Houve mortalidade de 86% após 7 dias de exposição, sem afetar a viabilidade das sementes.



Fontes et al. (2003) estudaram a influência da taxa de dose para desinfestação de feijão caupi infestado com formas imaturas de *C. maculatus*. Os autores observaram que este é um fator muito importante no processo de irradiação, sendo ideal utilizar sempre que possível uma alta taxa de dose de radiação para o tratamento quarentenário.

Portanto com doses superiores a 2,6 kGy, utilizando o irradiador Multipropósito, obtiveram o controle imediato em indivíduos adultos das espécies estudadas. Sendo que o *C. maculatus* mostrou-se mais resistente às doses de radiação gama aplicadas em relação à *A. obtectus* e *Z. subfasciatus*.

#### 4 Conclusões

A dose recomendada para obter a letalidade imediata para os adultos das espécies de *C. maculatus*, *A. obtectus* e *Z. subfasciatus* é de 3,0 kGy.

#### Agradecimento(S)

Agradeço ao Dr. Pablo Antônio Vásquez Salvador e ao MSc. Paulo de Souza Santos pela irradiação dos materiais no Centro de Tecnologia Nuclear (CTR/IPEN/CNEN-SP).

#### Referências

Ahmed, M. (2001). Disinfestations of stored grains, pulses, dried fruits and nuts, and other dried foods. In: Molins, R. A. (Ed.). *Food Irradiation Principles and Applications*. New York: Wiley Interscience Publications, 77–112.

Amubieya, S., Nwosu, L. C., Zakka, U., Azeez, O. M., Okereke, V. C., Ugagu, A. N., Petgrave, G. M., Aguwa, U. O., Ajavi, O. A., & Iwuagwu, C. C. (2021). Effect of X-ray irradiation and oven-drying on the bionomics of *Acanthoscelides obtectus* say (Coleoptera: Chrysomelidae) infesting common bean in storage: Can X-ray irradiation affect seed viability after pest control process. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 9 (3), 132-139.



Arthur, V. (1997). Controle de insetos pragas por radiações ionizantes. *Arquivos do Instituto Biológico*, São Paulo, 59, 77-79, 1997.

Arthur V., Fontes, L. S., Arthur, P. B., Machi, A. R., Harder, M. N. C., Rossi, R. S., Franco, J. G., & Franco, S. S. H. (2017). Quarantine treatment by gamma radiation for different stages of *Callosobruchus maculatus* in bean *Vigna sinensis*. *International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2017*, Belo Horizonte, MG, Brazil.

Beck, C. W., & Blumer, L. S. (2014). A handbook on bean beetles, *Callosobruchus maculatus*. *National Science Foundation*. 1-17. Recuperado de <https://www.beanbeetle.org/handbook/>

Botelho, A. C. G.; Arthur, V., Amaral Filho, B. F. (2002). Influência de linhagens de feijão portadoras de variantes da proteína arcelina irradiadas sobre a reprodução de *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). São Paulo: *Arquivos do Instituto Biológico*, 69(2), 95-98.

Companhia Nacional de Abastecimento. (2018). A cultura do feijão, Brasília: Conab, 244p. Recuperado em <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/outras-publicacoes>.

Da Silva, L. K. F. & Arthur, V. (2003). Determinação da dose letal imediata de radiação gama para *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera, Bruchidae) em diferentes irradiadores. *Revista de Agricultura*, 78(2), 267-276. Recuperado de <https://doi.org/10.37856/bja.v78i2.2800>.

Da Silva L. K. F., & Arthur, V. (2004). Efeito do fracionamento de dose de radiação gama sobre *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Curculionidae); *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Bostrichidae) e *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 71 (2), 253-256.

De Andrade Júnior, A. S., Dos Santos, A. A., Sobrinho, C. A., Bastos, E. A., Melo F. B., & Viana, F. M. P. (2002). *Cultivo do feijão-caupi* (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Teresina: Embrapa Meio-Norte, 108.

Diop, Y. M., Marchioni, E., Baz, D. & Hasselman, C. (1997). Radiation disinfestation of cowpea seeds contaminated by *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 21(1), 69-81. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1997.tb00768.x>.

Finney, D. J. (1971). *Probit analysis*. 3ª Ed. London: Cambridge University Press, 315p.

Fontes, L. S., Arthur, V. & Arthur, P. B. (2003). Influência da taxa de dose de radiação gama do cobalto-60 para desinfestação de feijão caupi (*Vigna unguiculata*, L.) infestado com formas imaturas de *Callosobruchus maculatus*. *Arquivos do Instituto Biológico*, 70(3), 21-23.



Gbaye, O. A., Millard, J. C. & Holloway, G. J. (2012). Synergistic effects of geographical strain, temperature and larval food on insecticide tolerance in *Callosobruchus maculatus* (F.). *Journal of Applied Entomology*, 136(4), 282-291. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2011.01637.x>.

Gbaye, O. A., Oyeniyi, E. A., & Ojo, O. B. (2016). Resistance of *Callosobruchus maculatus* (Fabricius)(Coleoptera: Bruchidae) Populations in Nigeria to Dichlorvos. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 9(1), 41-46. Recuperado de <https://doi.org/10.12816/0027007>.

Hallman, G. J. (2011). Phytosanitary applications of irradiation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(2), 143-151. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00144.x>.

Hallman, G. J. (2013). Control of stored product pests by ionizing radiation. *Journal of Stored Products Research*, 52, 36-41. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.10.001>.

Hammad, A., Gabarty, A. & Zinhom, R. A. (2020). Assessment irradiation effects on different development stages of *Callosobruchus maculatus* and on chemical, physical and microbiological quality of cowpea seeds. *Bulletin of Entomological Research*, 110(4), 497-505. Recuperado de <https://doi.org/10.1017/S0007485319000865>.

Ibrahim, H. A., Fawki, S., Abd El-Bar, M. M., Abdou, M. A., Mohmoud, D. M., & El-Gohary, E. G. E.(2017). Inherited influence of low dose gamma radiation on the reproductive potential and spermiogenesis of the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera: Chrysomelidae), *Journal of Radiation research and applied sciences*, 10(4), 338-347. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2017.09.003>.

Lima, M. P. L., Oliveira, J. V., Barros, R., & Torres, J. B. (2001). Identificação de Genótipos de Caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Resistentes a *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera: Bruchidae). *Neotropical Entomology*, 30(2), 289-295. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2001000200013>.

Mallqui, K. S. V., Oliveira, E. E. & Guedes, R. N. C. (2013). Competition between the bean weevils *Acanthoscelides obtectus* and *Zabrotes subfasciatus* in common beans. *Journal of Stored Products Research*, 55, 32-35. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.07.004>.

Martins, D. S., Barrigossi, J. A. F. & Silva, R. F. (1987). Efeitos de danos do caruncho (*Acanthoscelides obtectus* Say, 1831) (Coleoptera: Bruchidae) em sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, 9(1), 91-100.



Nayak, M. K., Daglish, G. L., Phillips, T. W., & Ebert, P. R. (2020). Resistance to the Fumigant Phosphine and Its Management in Insect Pests of Stored Products: A Global Perspective. *Annual Review of Entomology*, 65, 333-350. Recuperado de <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025047>.

Parsons, D. M. J. & Credland, P. F. (2003). Determinants of oviposition in *Acanthoscelides obtectus*: a nonconformist bruchid. *Physiological Entomology*, 28(3), 221-231. Recuperado de <https://doi.org/10.1046/j.1365-3032.2003.00336.x>.

Robertson, J. L., Preisler, H. K., & Russel, R. M. (2003). Polo Plus. A user's guide to probit or logit analysis. LeOra Software, Berkeley, California, USA.

Soares, M. A., Zanuncio, J. C., Leite, G. L. D., Reis, T. C., & Silva, M. A. (2009). Controle biológico de pragas em armazenamento: uma alternativa para reduzir o uso de agrotóxicos no Brasil. *Revista Unimontes Científica*, 11(1/2), 52-59.

Soje, A. A., Ahmad, A. M., Kasim, A. A., Abdulkareem, Y., Obasi, C. O. & Paiko, A. S., Muhammad, U.A., Rabba, M. L., & Isah, M. M. (2021). Preservation of Cowpea Against *Callosobruchus Maculatus* Using Gamma-Irradiation. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 6(2), 882-884.

Supawan, J., Hormchan, P., Sutantawong, M., & Wongpiyasatid, A. (2005). Effects of Gamma Radiation on Azuki Bean Weevil, *Callosobruchus chinensis* (L.). *Agriculture and Natural Resources*, 39(2), 206- 215.

Wanderley, V. D. S., Arthur, V., Carbonell, S. A. M., & Bergmann, E. C. (2000). Effect of Gamma Radiation on Arcelin Protein and its Influence on *Zabrotes subfasciatus*. *Journal of Nuclear Agriculture and Biology*, 29(1), 1-7