

การศึกษาผลการฉายรังสีทำหมันต่อแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาว

*วนิช ลิ้มโอภาสmani ทศพล แทนรินทร์ จิตติมา คงรัตน์อารณ์ และสุชาดา เสกสรรค์วิริยะ
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 ม. 7 อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120

โทร 037 392901-6 โทรสาร 037 392913 E-mail: wanitch_l@hotmail.com

บทคัดย่อ

การฉายรังสีทำหมันแมลงวันผลไม้โดยทั่วไปมักมีผลกระทบต่อความแข็งแรงและความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ของแมลง การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฉายรังสีทำหมันต่อแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) สายพันธุ์หลังขาวที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการจำแนกแมลงที่เป็นหมัน ผลการทดลองพบว่า การฉายรังสีทำหมันแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาวในระยะดักแด้ก่อนออกเป็นตัวเต็มวัย 1 วัน ที่ปริมาณรังสี 90 เกรย์ ไม่มีผลกระทบต่อการบินและการออกเป็นตัวเต็มวัยและความสามารถในการบินของแมลง แต่มีผลทำให้แมลงเป็นหมันอย่างสมบูรณ์ทั้งสองเพศ และความสามารถในการแข่งขันการผสมพันธุ์ของเพศผู้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ความสามารถในการสืบพันธุ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : แมลงวันผลไม้ เทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมัน แมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาว

Studies of Sterile Irradiation Effects on the White-striped Fruit Fly

*Wanitch Limohpasmanee¹, Thodsapol Tannarin¹, Titima Khongratarpon¹ and Suchada Segsarnviriyaya¹

Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization)

9/9 Mu 7, Tambon Sai Mun, Amphoe Ongkharak, Nakhon Nayok 26120

Tel. 037 392901-6, Fax 037 392913, E-mail: wanitch_l@hotmail.com

Abstract

In general, sterile irradiation can affect vigor and mating competitiveness of the fruit flies. The objective of the experiments was to study the effects of sterile irradiation on the white-striped oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), developed for sterile fly detection. A day before adult emergence, the pupae were irradiated at the dose of 90 Grays. No effects on adult emergence and flight ability were observed. However, it induced complete sterility in both sexes. Also, it decreased male mating competitiveness significantly, while increasing sexual competitiveness significantly.

Keywords: fruit fly, sterile insect technique, white-striped oriental fruit fly

1. บทนำ

แมลงวันผลไม้ (oriental fruit fly, *Bactrocea dorsalis* (Hendel)) เป็นแมลงวันผลไม้ที่มีการระบาดมากที่สุดในประเทศไทย มีพืชอาศัยทั้งที่ปลูกเป็นการค้าและพืชป่ามากกว่า 150 ชนิด แมลงชนิดนี้นอกจากจะทำให้ผลไม้เน่าเสียโดยตรงแล้ว ยังมีผลกระทบทำให้ต่างประเทศกีดกันไม่ให้นำเข้าผลไม้ไทย สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ได้พัฒนาการควบคุมแมลงวันผลไม้แบบพื้นที่กว้างโดยใช้แมลงที่หมั่นร่วมกับวิธีการอื่น ๆ เพื่อลดความเสียหายของผลไม้เนื่องจากการทำลายของแมลงวันผลไม้ และพัฒนาสายพันธุ์แมลงที่มีแถบด้านบนและข้างส่วนอกเป็นสีขาว¹ เพื่อใช้ในการตรวจสอบติดตามทดแทนการทำเครื่องหมายแมลงด้วยผงสีสะท้อนแสง ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม การควบคุมแมลงโดยวิธีนี้แมลงที่เป็นหมั่นต้องแข็งแรงและสามารถแข่งขันผสมพันธุ์กับแมลงในธรรมชาติได้² การทดลองนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของการฉายรังสีทำหมันต่อความแข็งแรงและความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ของแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาว

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. สายพันธุ์แมลงวันผลไม้

แมลงวันผลไม้สายพันธุ์ปกติได้จากการรวบรวมหนอนในผลไม้ที่ถูกทำลาย จากตำบลตรอกนอง อำเภอลำลูกเกด จังหวัดจันทบุรี มาเลี้ยงขยายพันธุ์ด้วยอาหารเทียมสูตรรำข้าวสาลี ที่อุณหภูมิ 27 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) 80 – 95 เปอร์เซ็นต์ ในโรงเพาะเลี้ยงแมลงวันผลไม้ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) แมลงเหล่านี้มีแถบด้านบนและข้างส่วนอกเป็นสีเหลือง

แมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาวได้จากการแช่ไข่แมลงวันผลไม้ธรรมชาติ ในระยะ early embryogenesis (แรกเกิด - 16 ชั่วโมง) ในน้ำร้อน 34 องศาเซลเซียส นาน 16 ชั่วโมง แล้วนำหนอนที่ฟักออกมาเลี้ยงในอาหารเทียมสูตรรำข้าวสาลี เมื่อแมลงออกเป็นตัวเต็มวัยให้ผสมพันธุ์กันเองและคัดเลือกแมลงวันผลไม้หลังขาวตั้งแต่รุ่นที่ 2 ให้ผสมพันธุ์กันเองจนได้สายพันธุ์แมลงบริสุทธิ์ (รุ่นที่ 7) มาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ แมลงเหล่านี้มีแถบด้านบนและข้างส่วนอกเป็นสีขาว

2. การเพาะเลี้ยงแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาวในโรงเพาะเลี้ยง

เพาะเลี้ยงแมลงวันผลไม้หลังขาวรุ่นที่ 47 ในโรงเพาะเลี้ยงแมลง โดยเลี้ยงตัวเต็มวัยแมลงวันผลไม้ในกรงลวดตาข่ายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ แต่ละกรง 68,000 ตัว ให้ยีสต์ไฮโดรไลเซตผสมกับน้ำตาลทรายและน้ำเป็นอาหาร เลี้ยงตัว

เต็มวัยในห้องนี้ประมาณ 4 สัปดาห์แล้วนำตัวเต็มวัยชุดใหม่เข้ามาทดแทนทุกสัปดาห์ ตัวเต็มวัยเพศเมียอายุประมาณ 10 วัน จะเริ่มเก็บไข่โดยใช้น้ำฟรังกระตุ้นให้แมลงวางไข่

เลี้ยงหนอนให้อาหารเทียมสูตรราชวาสาลี ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในช่วงวันที่ 1 - 3 และในวันที่ 4 ปรับอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส เมื่อหนอนอายุ 7 วัน จดน้ำหนักไปกระตุ้นให้หนอนออกจากอาหารเทียมมาตกในถาดที่รองรับด้านล่างแล้วแยกหนอนมาใส่ในจี้เกลือเพื่อให้หนอนเข้าดักแด้และนำไปไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์

เมื่อดักแด้อายุ 6 วัน ที่อยู่ในจี้เกลือออกมาแยกดักแด้โดยใช้เครื่องแยกดักแด้ เมื่อได้ดักแด้แล้วตวงดักแด้จำนวน 3 ลิตรใส่ในถาดตะแกรงและนำไปใส่ในชั้นวางดักแด้ที่อุณหภูมิในช่วง 20 – 27 องศาเซลเซียส เพื่อให้ดักแด้มีสีตาเป็นสีน้ำตาลเข้มพร้อมกันหมดในช่วงฉายรังสีทำหมัน

3. การฉายรังสีทำหมันแมลงวันผลไม้

นำดักแด้อายุ 1 วัน ก่อนออกเป็นตัวเต็มวัย (ตาเป็นสีน้ำตาลเข้ม) บรรจุในถุงพลาสติกถุงละ 800 ลูกบาศก์เซนติเมตรหรือประมาณ 32,000 ตัว แล้วนำไปฉายรังสีด้วยเครื่องฉายรังสี Gamma Chamber 5000 (Board of Radiation and Isotope Technology ประเทศอินเดีย) ที่ปริมาณรังสี 90 เกรย์

4. การศึกษาผลของรังสีต่อการออกเป็นตัวเต็มวัยและการบินของแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาว

นำดักแด้ฉายรังสีที่ได้รับปริมาณรังสีสูงสุดและต่ำสุดจากการทำวัดการกระจายตัวของปริมาณรังสีที่ได้รับ และดักแด้ไม่ฉายรังสี 100 ดักแด้มาวางบนจานเลี้ยงเชื้อ ชุดทดสอบการบินของแมลงวันผลไม้ที่เคลือบด้านในภาชนะทรงกระบอกด้วยผงแป้งมันเพื่อป้องกันแมลงบินออกมา หลังจากแมลงที่ออกเป็นตัวเต็มวัยบินออกไปหรือตายหมดแล้ว ตรวจนับจำนวนดักแด้ที่ออกและไม่ออกเป็นตัวเต็มวัย จำนวนตัวเต็มวัยที่ไม่บินออกของแมลงแต่ละเพศ โดยตัวอย่างแต่ละกลุ่มจะทดสอบ 5 ชุด วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยทำการทดลอง 10 ซ้ำ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี analysis of variance (ANOVA)

5. การศึกษาผลของรังสีต่อการเป็นหมันของแมลงวันผลไม้หลังขาว

นำดักแด้ฉายรังสีที่ได้รับปริมาณรังสีสูงสุดและต่ำสุด และดักแด้ไม่ฉายรังสี มาแยกใส่ในกรงเลี้ยงตัวเต็มวัยเพื่อให้ออกเป็นตัวเต็มวัยโดยใช้ดักแด้กรงละ 100 ลบ.ซม. หลังจากแมลงออกเป็นตัวเต็มวัยทำการแยกเพศผู้หนึ่งกรงและเพศเมียหนึ่งกรง เมื่อตัวเต็มวัยอายุ 8 วัน ย้ายมาใส่ในกรงทดสอบการผสมพันธุ์เพศผู้ 100 ตัวและเพศเมีย 100 ตัว กรงที่หนึ่งใส่เพศผู้และเพศเมียไม่ฉายรังสี กรงที่สองใส่เพศผู้ฉายรังสีปริมาณต่ำสุดและเพศเมียไม่ฉายรังสี กรงที่สามใส่เพศผู้ฉายรังสีปริมาณสูงสุดและ

เพศเมียไม่ฉายรังสี กรงที่ใส่เพศผู้ไม่ฉายรังสีและเพศเมียฉายรังสีปริมาณรังสีต่ำสุด และกรงที่ใส่เพศผู้ไม่ฉายรังสีและเพศเมียฉายรังสีปริมาณสูงสุด

เก็บไข่แมลงวันผลไม้ในแต่ละกรงมาตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การฟักทุกวันอังคารและพฤหัสบดี จนแมลงตายหมดหรือไม่วางไข่อีก วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยทำการทดลอง 5 ซ้ำ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี ANOVA

7. การศึกษาผลของรังสีต่อความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ของแมลงวันผลไม้หลังขาว

นำดักแด้ฉายรังสี และไม่ฉายรังสี มาแยกใส่ในกรงเลี้ยงตัวเต็มวัยเพื่อให้ออกเป็นตัวเต็มวัย โดยใส่ดักแด้กรงละ 100 ลบ.ชม. หลังจากแมลงออกเป็นตัวเต็มวัยทำการแยกเพศผู้หนึ่งกรงและเพศเมียหนึ่งกรง เมื่อตัวเต็มวัยอายุ 8 วัน ย้ายแมลงมาใส่ในกรงทดสอบการแข่งขันผสมพันธุ์ ดังนี้ กรงที่ 1-3 เพศผู้ฉายรังสี 30 ตัว x เพศผู้ไม่ฉายรังสี 30 ตัว x เพศเมียไม่ฉายรังสี 30 ตัว กรงที่ 4 เพศผู้ไม่ฉายรังสี 30 ตัว x เพศเมียไม่ฉายรังสี 30 ตัว และกรงที่ 5 เพศผู้ฉายรังสี 30 ตัว x เพศเมียไม่ฉายรังสี 30 ตัว ตรวจสอบจำนวนแมลงที่ผสมพันธุ์ในแต่ละกรงในช่วง 17.00-19.00 น. ทุกวัน คำนวณหาค่าการแข่งขันการผสมพันธุ์ของเพศผู้ฉายรังสีจากสมการ

$$\text{ค่าการแข่งขันการผสมพันธุ์ของเพศผู้ฉายรังสี} = \frac{SW}{(SW+WW)}$$

โดย WW = จำนวนเพศผู้ปกติผสมพันธุ์กับเพศเมียปกติ

SW = จำนวนเพศผู้ฉายรังสีผสมพันธุ์กับเพศเมียปกติ

เก็บไข่แมลงวันผลไม้ในแต่ละกรงมาตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การฟักทุกวันอังคารและพฤหัสบดี จนแมลงตายหมดหรือไม่วางไข่อีก คำนวณหาค่าดัชนีการแข่งขันการสืบพันธุ์จาก Fried's equation (Fried, 1971)⁴

$$C (\text{sexual competitiveness}) = \frac{H_n - H_c}{H_c - H_s} \cdot \frac{N}{S}$$

H_n = % ไข่ฟักของแมลงเพศผู้ปกติผสมพันธุ์กับเพศเมียปกติ

H_s = % ไข่ฟักของแมลงเพศผู้ฉายรังสีผสมพันธุ์กับเพศเมียปกติ

H_c = % ไข่ฟักของแมลงเพศผู้ปกติและฉายรังสีผสมพันธุ์กับเพศเมียปกติ

วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยทำการทดลอง 6 ซ้ำ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี ANOVA

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาผลของรังสีต่อการออกเป็นตัวเต็มวัยและการบินของแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาว

ผลของรังสีต่อการออกเป็นตัวเต็มวัยและความสามารถในการบินของแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาวแสดงไว้ใน Table 1 พบว่าการฉายรังสีดักแด้แมลงวันผลไม้ด้วยเครื่องฉายรังสี Gamma chamber 5000 ที่ปริมาณรังสี 90 เกรย์ ดักแด้แมลงวันผลไม้ได้รับปริมาณรังสี 73 – 110 เกรย์ และไม่มี

ผลทำให้เปอร์เซ็นต์การออกเป็นตัวเต็มวัยและการบินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ คือ ดักแด้ที่ได้รับปริมาณรังสีต่ำสุดและสูงสุดมีเปอร์เซ็นต์การออกเป็นตัวเต็มวัยและความสามารถในการบิน เท่ากับ 94.00, 96.72 และ 95.21, 96.94 ตามลำดับ ในขณะที่ดักแด้ที่ไม่ฉายรังสีมีเปอร์เซ็นต์การออกเป็นตัวเต็มวัยและความสามารถในการบิน เท่ากับ 96.00 และ 97.20 ตามลำดับ ซึ่งทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศกำหนดมาตรฐานการควบคุมคุณภาพการผลิตแมลงวันผลไม้เพื่อใช้ในการควบคุมแมลงโดยการหมักไว้นานกว่า 79 และ 77 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปัจจัยทั้งสองตามลำดับ³

2. การศึกษาผลของรังสีต่อการเป็นหมันของแมลงวันผลไม้หลังขาว

ผลของรังสีต่อการเป็นหมันของแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาวแสดงในตารางที่ 1 พบว่าการฉายรังสีดักแด้แมลงวันผลไม้ด้วยเครื่องฉายรังสี Gamma chamber 5000 ที่ปริมาณรังสี 90 เกรย์ ทำให้ตัวเต็มวัยที่ออกมาจากดักแด้ที่ได้รับปริมาณรังสีต่ำสุดและสูงสุดเป็นหมันอย่างสมบูรณ์ทั้งสองเพศ คือ เมื่อเพศผู้ที่ฉายรังสีผสมพันธุ์กับเพศเมียปกติ พบเพศเมียวางไข่น้อยลงและไข่ที่วางไม่ฟัก ส่วนเพศเมียฉายรังสีเมื่อผสมพันธุ์กับเพศผู้ปกติ พบว่าเพศเมียไม่วางไข่

Table 1 Effects of gamma radiation at the dose of 90 Gy on the white-striped oriental fruit fly pupae

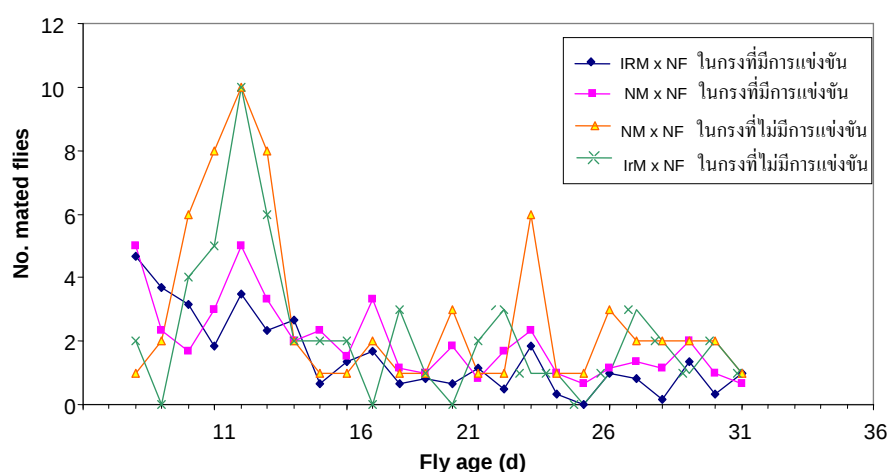
Quality factor	Irradiation factor	Mean $\pm$ SD.
Ecdysis (%)	- unirradiated	96.00 $\pm$ 1.65
	-irradiated, maximum dose	95.2125 $\pm$ 2.20
	-irradiated, minimum dose	94.00 $\pm$ 2.57
Flight ability (%)	- unirradiated	97.1962 $\pm$ 0.96
	- irradiated, maximum dose	96.935 $\pm$ 2.68
	- irradiated, minimum dose	96.72 $\pm$ 2.34
Sterility (%)	- unirradiated	29.25 $\pm$ 7.78
	- irradiated males, maximum dose	100
	- irradiated males, minimum dose	100
	- irradiated females, maximum dose	No eggs
	- Irradiated females, minimum dose	No eggs

3. การศึกษาผลของรังสีต่อความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ของแมลงวันผลไม้หลังขาว

ผลของรังสีต่อการแข่งขันการผสมพันธุ์ของแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาวแสดงไว้ใน Fig. 1 พบว่าในกรงเปรียบเทียบ (ไม่มีการแข่งขัน) จำนวนเพศผู้ฉายรังสีผสมพันธุ์เฉลี่ย 58.98 ตัว และจำนวนเพศผู้ไม่ฉายรังสีผสมพันธุ์เฉลี่ย 68.02 ตัว ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับในกรงทดสอบการแข่งขันจำนวนเพศผู้ฉายรังสีผสมพันธุ์เฉลี่ย 36.17 ตัว และจำนวนเพศ

ผู้ไม่ฉายรังสีผสมพันธุ์เฉลี่ย 47.33 ตัว ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การฉายรังสีทำหมันที่ปริมาณรังสี 90 เกรย์ทำให้ความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ของแมลงวันผลไม้หลังขาวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ค่าการแข่งขันการผสมพันธุ์ของเพศผู้ฉายรังสีเท่ากับ 0.43 เมื่อเปรียบเทียบกับเพศผู้ไม่ฉายรังสี

ส่วนจำนวนเพศเมียที่ผสมพันธุ์เฉลี่ยพบว่ากรองทดสอบการแข่งขันเพศเมียผสมพันธุ์มากกว่ากรงเปรียบเทียบ (83.50 และ 63.50 ตัว) อย่างมีนัยสำคัญ



IRM = แมลงเพศผู้ฉายรังสี NM = แมลงเพศผู้ปกติ NF = แมลงเพศผู้ปกติ

Fig. 1 Mating competitiveness of white-striped oriental fruit fly, sterilized with gamma radiation at the dose of 90 Gy

Table 2 Sexual competitiveness of white stripe fruit fly, steriled with gamma radiation at the dose of 90 Gy

Fly Age (days)	Average % egg hatching				
	30 IRMx30 NMx30 NF (I)	30 IRMx30 NM x30 NF (II)	30 IRMx30 NMx30 NF (III)	100 NMx100 NF	100 IRMx100 NF
12	36.5	23.25	28.5	75.4	0
16	43.25	32.25	39.25	74.9	0
19	56.75	30.75	51	74.7	0
24	53.5	39.5	55.75	78.45	0
26	62.5	54	60.25	80.55	0
29	63.25	55.5	56.75	78.35	0
Average	52.63	39.21	48.58	77.06	0

IRM = แมลงเพศผู้ฉายรังสี NM = แมลงเพศผู้ปกติ NF = แมลงเพศผู้ปกติ

ผลของรังสีต่อการแข่งขันการสืบพันธุ์ของแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาวแสดงไว้ใน Table 2 พบว่ากรงเปรียบเทียบที่หนึ่งเพศผู้ไม่ฉายรังสีผสมพันธุ์กับเพศเมียไม่ฉายรังสี ไข่ฟักเฉลี่ย 77.05 ± 3.56 เปอร์เซ็นต์ กรงเปรียบเทียบที่สองเพศผู้ฉายรังสีผสมพันธุ์กับเพศเมียไม่ฉายรังสี ไข่ฟักเฉลี่ย 0.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรงทดสอบการแข่งขัน ไข่ฟักเฉลี่ย 46.81 ± 12.75 เปอร์เซ็นต์ การฉายรังสีทำห้มันที่ปริมาณรังสี 90 เกรย์ ไม่ทำให้ความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ของแมลงวันผลไม้หลังขาวลดลง ค่าการแข่งขันการสืบพันธุ์ของเพศผู้ฉายรังสีเท่ากับ 0.65

4. สรุป

การศึกษาผลการฉายรังสีทำห้มันต่อแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาวพบว่าการฉายรังสีทำห้มันแมลงวันผลไม้ (*Bactrocera dorsalis* (Hendel)) สายพันธุ์หลังขาวในระยะดักแด้ก่อนออกเป็นตัวเต็มวัย 1 วัน ที่ปริมาณรังสี 90 เกรย์ ไม่มีผลกระทบต่อการออกเป็นตัวเต็มวัยและความสามารถในการบินของแมลง แต่มีผลทำห้แมลงเป็นมันอย่างสมบูรณ์ทั้งสองเพศและทำให้ความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ลดลง แต่ความสามารถในการแข่งขันการสืบพันธุ์ไม่ลดลง

5. เอกสารอ้างอิง

1. Poramarcom, R. 1992. A New Eye Mutant, apricot, of the Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel)(Diptera: Tephritidae), and its Mating Preference. Hawaiian Entomological Society, Vol. 31 :165-169.
2. Alphey, L. S. 2007. Engineering Insect for the Sterile Insect Technique. Area-Wide Control of Insect Pests. IAEA, 51-60.
3. FAO/IAEA/USA. 2003. Manual for Product Quality Control and Shipping Procedures for Sterile Mass-Reared Tephritid Fruit Flies, Version 5.0 International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 85 pp.
4. Fried, M. 1971. Determination of sterile-insect competitiveness. J. Econ. Ent. 64. 689-672.