TH 8500008

พปส. OAEP - 1-108

การปราบแมลงหนอนเจาะสมอฝ้าย [Helicoverpa armigera (Hübner)] ด้วยรังสีแกมมา

โดย

มานนท์ สุดันทวงษ์ เชษฐชัย บัณฑิตลิงห์
และ ชิตาภา เกตวัลห์

ธันวาคม 2526
DECEMBER 1983

OFFICE OF ATOMIC
ENERGY FOR PEACE

พปส
OAEP -1-10๔

การปราบแมลงหนอนเจาะสมอฝ้าย [Helicoverpa armigera (Hübner)] ด้วยรังสีแกมมา *

The Cotton Bollworms [Helicoverpa armigera (Hübner)] Control by Gamma Irradiation

มานนท์ สุตันทวงษ์ เชษฐชัย บัณฑิตสิงห์
และ ชิตาภา เกตุวัลห์ **
กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
Manon Sutantawong Chettachai Banditsing
and Chitapa Ketavan
Biological Science Division

ธันวาคม 2526
DECEMBER 1983

สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ
OFFICE OF ATOMIC ENERGY FOR PEACE

* รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ของ มานนท์ สุตันทวงษ์
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

The report was prepared as account of work sponsored by the Office of Atomic Energy for Peace (OAEP). Neither the Office of Atomic Energy for Peace, nor any of their employees, or any of their contractors, subcontractors, or their employees, makes any warranty, expressed or implied, or assumes any legal liability or responsibility for the accuracy, completeness or usefulness of any information, apparatus, product or process disclosed, or represents, that its use would not infiring privately owned rights.

เอกสารฉบับนี้ จัดทำขึ้นโดยสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (พปส.) สำนักงานฯ ไม่ประกันความรับผิดชอบทางกฎหมายในเรื่องความแน่นอน ความสมบูรณ์ หรือประโยชน์ของข้อมูล เครื่องมือ ผลิตผล หรือขบวนการใด ๆ ที่เปิดเผยในเอกสารนี้

ISBN 974-7399-11-3

บทคัดย่อ

ในการเลี้ยงแมลงหนอนเจาะสมอฝ้าย [Helicoverpa armigera (Hübner)] ด้วยอาหารเทียมซึ่งประกอบด้วย ถั่วเขียว ยีสต์ ไวตามิน น้ำ สารกันบูด และยาปฏิชีวนะ ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 26 ± 1 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 70-75 เปอร์เซนต์ และระยะเวลาการให้แสง ๑ ชั่วโมง พบว่าแมลงชนิดนี้เจริญเติบโตได้ 4 รุ่น ติดต่อกัน โดยที่เปอร์เซนต์การฟักของไข่ ดักแด้ที่ได้จากไข่ ตัวเต็มวัยที่ออกจากดักแด้ และน้ำหนักดักแด้ในแต่ละรุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ การศึกษาชีวประวัติและพฤติกรรมของแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายพบว่า ระยะไข่ หนอน 5 ระยะ ดักแด้และตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมีย คือ 2.2,3,2.1,1.๘,2.๘,6.9,11.4,9.3 และ ๘.2 วันตามลำดับ ตัวเมียวางไข่เฉลี่ย 969.3 ± 74.4 ฟอง ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียผสมพันธุ์เฉลี่ย 3 และ 1.๘ ครั้ง ตามลำดับ

ผลของรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดซีเซียม-137 ที่มีต่อไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยของแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายพบว่า ค่า LD_{50} ของไข่อายุ 2 วัน ภายหลังฉายรังสี 2 วัน หนอนอายุ 10 วัน ภายหลังฉายรังสี 10 และ 15 วัน ดักแด้เพศผู้และเพศเมียอายุ 9 ± 1 วัน ภายหลังฉายรังสี 5 วัน และตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียอายุ 1 วัน ภายหลังฉายรังสี 3 วัน เท่ากับ 21๘.3, 555.1 และ 451.6, 6๘๘.4 และ ๘60.1, 1,370.9 และ 1,442.1 เกรย์ ตามลำดับ ผลการทำหมันพบว่าปริมาณรังสี 40 เกรย์ ทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เกิดจากไข่อายุ 2 วัน เป็นหมัน 96.84 และ 76.29 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ขนาดรังสี 50 เกรย์ จะทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เกิดจากหนอนอายุ 13 วัน เป็นหมัน 100 และ 71.82 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ปริมาณรังสี 250 เกรย์ จะทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เกิดจากดักแด้อายุ 9 ± 1 วัน เป็นหมัน 98.11 และ 99.70 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และในระยะตัวเต็มวัยพบว่าปริมาณรังสี 300 เกรย์ จะทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมีย อายุ 1 วัน เป็นหมัน 99.52 และ 99.98 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเพศเมียที่เป็นหมันที่เกิดจากหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย จะวางไข่น้อยกว่าเพศเมียปกติ

ปริมาณรังสีที่ใช้ทำหมันแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายระยะต่าง ๆ ไม่ได้ทำให้อายุขัยของแมลงที่เป็นหมันสั้นกว่าแมลงปกติ ส่วนความถี่ในการผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เป็นหมันที่เกิดจากไข่ หนอน ดักแด้ จะลดลงกว่าเพศผู้ปกติ แต่ในระยะตัวเต็มวัย ความถี่ในการผสมพันธุ์ไม่แตกต่างจากเพศผู้ปกติ สำหรับปริมาณและการเคลื่อนไหวของสเปอร์มของเพศผู้ที่เป็นหมันที่เกิดจากระยะต่าง ๆ จะลดน้อยกว่าเพศผู้ปกติ จากผลการทดลองพอจะสรุปได้ว่าระยะที่เหมาะสมแก่การทำหมันคือระยะตัวเต็มวัย โดยใช้ปริมาณรังสี 200 เกรย์ และ 150 เกรย์ ตามลำดับ

ABSTRACT

The cotton bollworms, Helicoverpa armigera (Hübner) were reared on an artificial medium consisting of mungbeans, brewer's yeast, vitamins, water, preservatives and antibiotic (Tetracycline hydrochloride) at 26 ± 1°C, 70-75 % RH, and 8-hr light duration. The development of this species were not significantly different (p = 0.05) in percent egg hatch, pupal recovery, adult eclosion, and pupal weight in each of 4 successive generations. The average duration of the egg, larval (5 instars), pupal and male and female adult stages were 2.2, 3, 2.1, 1.8, 2.8, 6.9, 11.4, 9.3 and 8.2 days respectively. The cotton bollworm female produced an average of 969.3 ± 74.4 eggs. The mating frequency of male and female adults were 3 and 1.8 times.

Effects of gamma irradiation, obtained from Cesium-137 source, on eggs, larvae, pupae and adults of the cotton bollworm were also studied. The LD_{50} for 2-day-old eggs at 2 days after irradiation, 10-day-old larvae at 10 and 15 days after irradiation, 9 ± 1 -day-old male and female pupae at 5 days after irradiation and 1-day-old male and female adults at 3 days after irradiation were 218.3, 555.1 and 451.6, 688.4 and 860.1, 1,370.9 and 1,422.1 gray respectively. Radiation doses at 40, 50, 250 and 300 gray sterilized 96.84 percent male and 76.29 percent female adults emerged from 2-day-old eggs, 100 percent male and 71.82 percent female adults emerged from 13-day-old larvae, 98.11 percent male and 99.70 percent female adults emerged from 9 ± 1-day-old pupae, and 99.52 percent male and 99.98 percent female for

1-day-old adults respectively. In addition, sterilized females emerged from larvae, pupae, and adults oviposited less than normal females.

All sterilizing doses, for various stages of the cotton bollworm, did not reduce the longevity both sexes of the insect. However, sterilized males emerged from eggs, larvae, pupae appeared to mate less frequently than normal males did. In contrast, males sterilized as adults mated as frequently as normal males. The sperms of sterilized males emerged from various stages were probably less motile and possibly less numerous than sperms from normal males. The results of this experiment can be concluded that, it is more effective to control this insect by sterilization in both pupal and adult stages with 150 and 200 gray respectively,

1. คำนำ

ฝ้ายเป็นพืชเศรษฐกิจวงศ์ Malvaceae เจริญได้ดีในเขตร้อน และกึ่งร้อน มีประโยชน์มากทั้งในด้านอุตสาหกรรมและอาหาร โดยเส้นใยใช้ทอเป็นเครื่องนุ่งห่ม และเมล็ดนำไปสกัดน้ำมันสำหรับทำเนยเทียมและน้ำมันสลัด ส่วนกากที่เหลือนำไปเลี้ยงสัตว์ หรือใช้ทำปุ๋ย[1] ในปัจจุบัน รัฐบาลมีนโยบายกำหนดเขตเกษตรเศรษฐกิจสำหรับฝ้าย และมีการจดทะเบียนผู้ปลูกฝ้าย เพื่อแก้ปัญหาผลิตฝ้ายได้ไม่พอกับความต้องการภายในประเทศ คือผลิตได้เพียงร้อยละ 45 ในฤดูปลูกปี พ.ศ.2524 ประเทศไทยผลิตฝ้ายได้ 63,600 ตัน และมีการนำฝ้ายเข้าประเทศ 66,160 ตัน มูลค่า 3,205.3 ล้านบาท[2] ปัญหาสำคัญที่ทำให้การขยายพื้นที่เพาะปลูกเป็นไปโดยความยากลำบาก คือปัญหาราคาฝ้ายที่ไม่แน่นอนและปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูง ยิ่งไปกว่านั้น ยังมีปัญหาแมลงศัตรูฝ้ายเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแมลงหนอนเจาะสมอฝ้าย [(Helicoverpa armigera (Hübner)] แมลงชนิดนี้พบทั่วไปในประเทศไทย และพบมากในจังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกฝ้ายเป็นจำนวนมาก เช่น จังหวัดเลย นครราชสีมา เพชรบูรณ์ อุทัยธานี ลพบุรี สระบุรี น่าน สุโขทัย กาญจนบุรี เพชรบุรี ปราจีนบุรี และจันทบุรี ในประเทศไทย แมลงชนิดนี้เริ่มระบาด ทำความเสียหายแก่ฝ้ายในฤดูปลูกปี พ.ศ.2508 และระบาดติดต่อกันมากทุกปี จนถึงปัจจุบัน[3] ในการป้องกันและกำจัดแมลงชนิดนี้ นิยมใช้ยาฆ่าแมลง แต่ความเสียหายก็ยังเกิดขึ้น ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ทำลายแมลงศัตรูธรรมชาติ และเกิดพิษตกค้างของยาฆ่าแมลง และยิ่งไปกว่านั้น ยังทำให้แมลงสามารถสร้างความต้านทานต่อยาฆ่าแมลง จึงมีผู้พยายามค้นคิดการกำจัดแมลงด้วยวิธีอื่นขึ้น และพบว่าการใช้รังสีทำให้แมลงเป็นหมันเป็นวิธีหนึ่งที่น่าจะใช้ได้ผล จึงได้มีการศึกษาและวิจัยการใช้รังสีในการกำจัดแมลงชนิดต่าง ๆ รวมทั้งพวกเล็พปิดอพเตอะรัส (lepidopterous) หลายชนิด และพบว่าสามารถนำไปใช้ปราบแมลงได้ การศึกษาและวิจัยมีทั้งในระดับชั้นต้นในห้องทดลองจนถึงการปล่อยแมลงที่เป็นหมันออกไปในไร่นา ผลการทดลองพบว่า จากการทำให้แมลงเป็นหมันด้วยรังสีสามารถลดอัตราการเพิ่มของแมลงบางชนิด เช่น Codling moth, Laspeyresia pomonella (L.) corn earworm, Heliothis zea (Boddie) pink bollworm, Pectinophora gossypiella (Saunders) gypsy moth, Porthetria dispar (L.)[4]

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะทำการศึกษาถึงการป้องกันและกำจัดแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายด้วยรังสี

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเพาะเลี้ยงแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายให้ได้เป็นจำนวนมาก

เลี้ยงหนอนแต่ละตัวในถ้วยพลาสติกขนาด 6 x 6 ซม. มีฝาปิด (Fig. 2.1.1) ซึ่งบรรจุอาหารเทียม ε มิลลิลิตร สำหรับสูตรอาหารเทียมที่ใช้เพาะเลี้ยง ได้ดัดแปลงจากสูตรอาหารเทียมของ Loaharanu and Boonchay[5] ซึ่งมีส่วนประกอบของถั่วเขียวแช่น้ำ 106.6 กรัม บรีเวอร์ ยีสต์ 16.0 กรัม กรดแอสคอร์บิค 1.6 กรัม ไวตามินไดแอทฟอร์ทิสิเคชัน 1.5 กรัม เมธิลพาราไฮดรอกซีเบ็นโซเอท 1.0 กรัม กรดซอร์บิค 0.5 กรัม ฟอร์มาลดีไฮด์ (40 เปอร์เซนต์) 1.0 มิลลิลิตร วุ้น 6.4 กรัม น้ำกลั่น 320.0 มิลลิลิตร และเตตราซัยคลีนยัยโดรคลอไรด์ 71.4 มิลลิกรัม ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่เพิ่มขึ้น เมื่อหนอนเข้าดักแด้ในอาหารเทียม เก็บดักแด้และนำมาไว้บนผ้าดิบที่รัดด้วยยางบนขันพลาสติกขนาด 16.5x 6 ซม. ซึ่งบรรจุน้ำ $\frac{1}{4}$ ขัน เพื่อให้ความชื้น แล้วนำดักแด้ไปไว้ในกรงขนาด 52.5 x 25x 27.5 ซม. สำหรับศึกษาการเจริญเติบโตของแมลงชนิดนี้ในอาหารเทียม 4 รุ่น (generation) ติดต่อกัน โดยการผสมพันธุ์ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมีย 3 คู่ ในโป๊ะตะเกียงขนาด 12x 12.5 ซม. (Fig.2.1.2) ซึ่งด้านบนปิดด้วยผ้าไนล่อนแก้วสีขาวที่รัดด้วยยางบนขันพลาสติก ภายในขันใส่น้ำไว้ $\frac{1}{4}$ ขัน เพื่อให้ความชื้น การให้อาหารตัวเต็มวัยโดยการใช้สำลีชุบด้วยสารละลายน้ำตาล (sugar solution) เข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ ใส่ในฝาพลาสติกขนาด 4 x 0.ε ซม. ซึ่งเปลี่ยนทุก 3 วัน การทดลองแต่ละรุ่นผสมตัวเต็มวัยรุ่นละ 10 กรง ตัดผ้าไนล่อนแก้วสีขาวที่มีไข่แมลงติดอยู่ โดยตัดผ้าให้มีไข่ติดกลุ่มละ 5 ฟอง แล้วนำไปเพาะเลี้ยงในหลอดแก้วขนาด 2.5 x 10 ซม. (Fig.2.1.1) ซึ่งภายในบรรจุอาหารเทียม ε มิลลิลิตร พร้อมจุกด้วยสำลีที่อบฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แล้ว เมื่อไข่ฟักเป็นตัวหนอนแล้วแยกหนอนแต่ละตัวใส่ในหลอดอาหารเทียม เพื่อป้องกันหนอนกัดกินกันเองและการระบาดของโรคเลี้ยงหนอนในหลอดอาหารเทียม จนกระทั่งหนอนเข้าดักแด้ในอาหารเทียมนั้น การทดลองแต่ละรุ่นทำ 5 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ไข่ 100 ฟอง ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 26 ± 1 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 70-75 เปอร์เซนต์ และระยะเวลาการให้แสงสว่าง ε ชั่วโมงต่อวัน จากนั้นศึกษาเปอร์เซนต์การฟักของไข่ ดักแด้ที่ได้จากไข่ ตัวเต็มวัยที่ออกจากดักแด้ และน้ำหนักดักแด้ในแต่ละรุ่น การศึกษาตัวเต็มวัยที่ออกจากดักแด้ ทำ 5 ซ้ำ ๆ ละ 20 ตัว ส่วนการศึกษาน้ำหนักดักแด้ทำโดยชั่งดักแด้อายุ 2 วัน ด้วยเครื่องชั่ง Mettler balance model P1200 ทำ 5 ซ้ำ ๆ ละ 20 ตัว

2.2 การศึกษาชีวประวัติและพฤติกรรมแมลงหนอนเจาะสมอฝ้าย

2.2.1 ชีวประวัติ

เลี้ยงแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายให้ได้จำนวนมาก โดยเลี้ยงหนอนแต่ละตัวในถ้วยพลาสติกที่บรรจุอาหารเทียม เมื่อหนอนเข้าดักแด้ในอาหารเทียม เก็บดักแด้และรอให้ตัวเต็มวัยออกจากดักแด้ แยกตัวเต็มวัยแต่ละคู่เลี้ยงในโป๊ะตะเกียงดังได้กล่าวมาแล้ว เมื่อตัวเต็มวัยวางไข่ ศึกษาระยะไข่และเมื่อไข่ฟักเป็นตัวหนอนแยกหนอนแต่ละตัว นำไปเลี้ยงในหลอดแก้วซึ่งบรรจุอาหารเทียม บันทึกการลอกคราบแต่ละครั้ง เมื่อหนอนที่เลี้ยงเข้าดักแด้ แยกดักแด้แต่ละตัว สำหรับศึกษาระยะดักแด้ เมื่อดักแด้ออกเป็นตัวเต็มวัย จึงแยกตัวเต็มวัยมาเลี้ยงเพื่อศึกษาจำนวนการวางไข่ และระยะตัวเต็มวัย

2.2.2 พฤติกรรม

2.2.2.1 ความถี่ในการผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยเพศผู้

นำตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียอายุ 1 วัน ที่ไม่เคยผสมพันธุ์มาเลี้ยงในโป๊ะตะเกียงแต่ละคู่ ให้อาหารและทิ้งไว้ข้ามคืน วันรุ่งขึ้นผ่าเพศเมียดูจำนวน spermatophore ใน bursa copulatrix โดยกำหนดว่า 1 spermatophore ต่อการผสมพันธุ์ 1 ครั้ง[6] หลังจากนั้นนำตัวเต็มวัยเพศเมียที่ไม่เคยผสมพันธุ์ (virgin female) ใส่ในกรงผสมพันธุ์แต่ละวัน และผ่าดูจำนวน spermatophore จนกระทั่งเพศผู้ตาย

2.2.2.2 ความถี่ในการผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยเพศเมีย

นำตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียอายุ 1 วันที่ไม่เคยผสมพันธุ์มาเลี้ยงในโป๊ะตะเกียง โดยใช้เพศเมีย 1 ตัว เพศผู้ 7 ตัว ตามรายงานของ Mourikis and Alexopoulou[7] เพศเมียสามารถผสมพันธุ์ได้ 6-7 ครั้ง ให้อาหารและเมื่อเพศเมียตายผ่าดูจำนวน spermatophore

2.3 การศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อแมลงหนอนเจาะสมอฝ้าย

2.3.1 การศึกษาปริมาณรังสีที่ทำให้แมลงตายในระดับ 50 เปอร์เซนต์ (LD_{50})

การศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อแมลงหนอนเจาะสมอฝ้าย ทำโดยฉายรังสีแกมมาแมลง โดยใช้เครื่องฉายรังสี gammator (Fig.2.3.1) ซึ่งมีซีเซียม-137 (Cs-137) เป็นแหล่งกำเนิดรังสี โดยอัตรารังสีเมื่อเริ่มต้นการทดลองเท่ากับ 906.44 แรด ต่อนาที และเสร็จสิ้นการทดลองมีอัตรา 830.50 แรด ต่อนาที

ระยะไข่ ฉายรังสีแกมมาไข่อายุ 2 วัน ด้วยปริมาณรังสี 25, 50, 100, 200, 300, 400 และ 500 เกรย์ ตามลำดับ แต่ละปริมาณรังสีทำการทดลอง 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 ฟอง ไข่ที่ใช้ในการทดลองนับด้วยกล้องจุลทรรศน์ นำไข่ที่จะฉายรังสีใส่หลอดแก้วขนาด 2.5x 1. ซม. พร้อมจุกสำลี บันทึกการตายโดยนับจำนวนไข่ที่ไม่ฟักหลังจากฉายรังสี 2 วัน

ระยะหนอน ฉายรังสีแกมมาหนอนอายุ 10 วัน ด้วยปริมาณรังสี 100, 200, 400, 600 และ 800 เกรย์ ตามลำดับ แต่ละปริมาณรังสีทำการทดลอง 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 ตัว การทดลองทำโดยใช้พูกันเบอร์ 2 เขี่ยหนอนอายุ 1 วัน ใส่ในหลอดอาหารเทียมพร้อมจุกสำลี เมื่อหนอนอายุ 10 วัน ย้ายหนอนใส่ในภาชนะอาลูมิเนียมทรงกลมขนาด 7.5x 20 ซม. พร้อมใส่กระดาษทิชชู สลับกับการใส่หนอนเพื่อมิให้หนอนอยู่กันแออัด เป็นการป้องกันมิให้หนอนกัดกันเอง และนำไปฉายรังสี หลังจากฉายรังสีแล้วนำหนอนมาเลี้ยงในหลอดอาหารเทียม บันทึกการตายของหนอนภายหลังฉายรังสี 10 และ 15 วัน พร้อมติดตามผลการตายของดักแด้ การออกเป็นตัวเต็มวัยและตัวเต็มวัยที่ปีกยิดปกติ

ระยะดักแด้ ฉายรังสีแกมมาดักแด้อายุ 9 ± 1 วัน ด้วยปริมาณรังสี 100, 200,400,600,800 และ 1,000 เกรย์ ตามลำดับ แต่ละปริมาณรังสีและแต่ละเพศ ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ๆ ละ 25 ตัว การคัดเพศดักแด้ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ดู genital pore ทางด้าน ventral ถ้า genital pore อยู่ใกล้กันเป็นเพศผู้ แต่ถ้า genital pore อยู่ห่างกันเป็นเพศเมีย Bute and Cantu[8] นำดักแด้ที่จะฉายรังสีใส่ในหลอดแก้วขนาด 2.5 x 10 ซม. พร้อมจุกด้วยสำลี หลังจากฉายรังสีแล้ว นำดักแด้แต่ละตัวใส่ในถ้วยพลาสติก ขนาด 6 x 6 ซม. มีฝาปิด บันทึกการตายของดักแด้ทั้งสองเพศ หลังจากฉายรังสี 5 วัน พร้อมกับติดตามผลการออกเป็นตัวเต็มวัย และตัวเต็มวัยที่ปีกผิดปกติ

ระยะตัวเต็มวัย ฉายรังสีแกมมาตัวเต็มวัยอายุ 1 วัน ด้วยปริมาณรังสี 1,000, 1,250, 1,500 และ 1,750 เกรย์ ตามลำดับ แต่ละปริมาณรังสี และแต่ละเพศ ทำการทดลอง 10 ซ้ำ ๆ ละ 5 ตัว ในการเตรียมตัวเต็มวัยสำหรับฉายรังสี ต้องคัดเพศดักแด้และนำดักแด้แต่ละเพศไว้ในกรง ดังได้กล่าวมาแล้ว รอให้ตัวเต็มวัยออกจากดักแด้ ย้ายตัวเต็มวัยที่ออกจากดักแด้ทุกวัน เพื่อที่จะทราบอายุที่แน่นอนของตัวเต็มวัย นำตัวเต็มวัยที่จะฉายรังสีใส่ในขวดพลาสติกขนาด 2 x 4.5 ซม. พร้อมจุกด้วยสำลี หลังจากฉายรังสี นำตัวเต็มวัยมาเลี้ยงวิธีการเดียวกับการศึกษาชีวประวัติ บันทึกการตายของตัวเต็มวัยทั้งสองเพศ หลังจากฉายรังสี 3 วัน การคำนวณหาเปอร์เซนต์การตายของไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย เนื่องจากรังสี โดยใช้ Abbott's Formula[9] การกำหนดการตายที่ระดับ 50 เปอร์เซนต์ ของไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยโดยใช้วิธีการรีเกรชชั่น

2.3.2 <u>การศึกษาขนาดรังสีที่ทำให้แมลงเป็นหมัน</u>

<u>ระยะไข่</u> ฉายรังสีแกมมาไข่อายุ 2 วัน ด้วยปริมาณรังสี 5,10,20,30 และ 40 เกรย์ ตามลำดับ แต่ละปริมาณรังสีทำการทดลอง 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 ฟอง ไข่แมลงที่ใช้ในการทดลองนับจำนวนด้วยกล้องจุลทรรศน์ หลังจากฉายรังสีและไข่ฟักเป็นตัวหนอน เขี่ยหนอนจากไข่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสี ใส่ในหลอดอาหารเทียม เมื่อหนอนเข้าดักแด้เก็บดักแด้ นับจำนวนแยกเพศและรอจนกระทั่งดักแด้ออกเป็นตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียอายุ 1 วัน ที่เกิดจากไข่ฉายรังสีผสมข้ามกับตัวเต็มวัยที่เกิดจากไข่ไม่ฉายรังสี โดยผสมพันธุ์ตัวเต็มวัยแต่ละคู่ ในกรงวางไข่ซึ่งเป็นโป๊ะตะเกียงดังได้กล่าวมาแล้ว การผสมข้ามตัวเต็มวัยแต่ละเพศ

และแต่ละขนาดรังสีใช้ 20 คู่ บันทึกจำนวนไข่ตั้งแต่แมลงเริ่มวางไข่จนถึงตาย (fecundity) ตัดผ้าไนล่อนแก้วที่มีไข่ติดอยู่ 200 ฟอง ใส่ในหลอดแก้วขนาด 2.5 x 10 ซม. จุกด้วยสำลี บันทึกการฟักของไข่(fertility) และดูการผสมพันธุ์โดยผ่าตัวเต็มวัยเพศเมียเพื่อดู spermatophore

<u>ระยะหนอน</u> ฉายรังสีแกมมาหนอนอายุ 13 วัน ด้วยปริมาณรังสี 25,50 และ 75 เกรย์ ตามลำดับ แต่ละปริมาณรังสีทำการทดลอง 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 ตัว ขั้นตอนการเตรียมหนอนเพื่อฉายรังสีและการฉายรังสีเช่นเดียวกันกับการหา LD_{50} ในระยะหนอน นำหนอนมาเลี้ยงในอาหารเทียมจนเข้าดักแด้ เก็บดักแด้นับจำนวน แยกเพศและรอจนกระทั่งตัวเต็มวัยออกจากดักแด้ ตัวเต็มวัยทั้ง 2 เพศ อายุ 1 วัน ที่เกิดจากหนอนฉายรังสี ผสมข้ามตัวเต็มวัยที่เกิดจากหนอนไม่ฉายรังสี โดยผสมตัวเต็มวัยแต่ละคู่ในกรงวางไข่พร้อมให้อาหาร การผสมข้ามตัวเต็มวัยแต่ละเพศและแต่ละปริมาณรังสีใช้ 20 คู่ บันทึก fecundity, fertility และการผสมพันธุ์เช่นเดียวกับระยะไข่

<u>ระยะดักแด้</u> ฉายรังสีแกมมาดักแด้อายุ 9 ± 1 วัน ด้วยปริมาณรังสี 0,50, 100,150,200 และ 250 เกรย์ ตามลำดับ แต่ละปริมาณรังสีและแต่ละเพศทำการทดลอง 4 ซ้ำ ๆ ละ 25 ตัว การคัดเพศดักแด้และการฉายรังสีดังได้กล่าวมาแล้ว บันทึกการตายของดักแด้แต่ละเพศ การออกเป็นตัวเต็มวัยและตัวเต็มวัยที่ปีกผิดปกติ นำตัวเต็มวัยทั้ง 2 เพศ อายุ 1 วัน ที่เกิดจากดักแด้ฉายรังสีปริมาณต่างกัน ผสมข้ามกับตัวเต็มวัยที่เกิดจากดักแด้ไม่ฉายรังสี โดยผสมตัวเต็มวัยแต่ละคู่ในกรงวางไข่พร้อมให้อาหาร การผสมข้ามตัวเต็มวัยแต่ละเพศและแต่ละปริมาณรังสีใช้ 20 คู่ บันทึก fecundity, fertility และดูการผสมพันธุ์ดังได้กล่าวมาแล้ว

<u>ระยะตัวเต็มวัย</u> ฉายรังสีแกมมาตัวเต็มวัยอายุ 1 วัน ด้วยปริมาณรังสี 0,100, 150,200,250 และ 300 เกรย์ ตามลำดับ นำตัวเต็มวัยทั้ง 2 เพศ ที่ฉายรังสีปริมาณต่าง ๆ กัน ผสมข้ามกับตัวเต็มวัยที่ไม่ฉายรังสี โดยผสมตัวเต็มวัยแต่ละคู่ในกรงวางไข่พร้อมกับให้อาหาร การผสมข้ามตัวเต็มวัยแต่ละเพศ และแต่ละปริมาณรังสีใช้ 20 คู่ บันทึก fecundity, fertility และดูการผสมพันธุ์ดังได้กล่าวมาแล้ว

2.3.3 การเปรียบเทียบแมลงที่เป็นหมันด้วยรังสีและแมลงที่ไม่ฉายรังสี

2.3.3.1 อายุขัย

ทำการเปรียบเทียบอายุขัยตัวเต็มวัยทั้ง 2 เพศ ที่เกิดจากไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ ดังได้กล่าวมาแล้ว กับตัวเต็มวัยที่ไม่ฉายรังสี โดยเลี้ยงตัวเต็มวัยในถ้วยพลาสติกขนาด 6x6 ซม. พร้อมกับให้อาหารและบันทึกการตายทุกวัน ทุกระยะของการเจริญเติบโต และแต่ละปริมาณรังสี ใช้ตัวเต็มวัยเพศละ 20 ตัว

2.3.3.2 ความถี่ในการผสมพันธุ์

นำตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เกิดจากไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ กัน ดังได้กล่าวมาแล้ว ผสมกับตัวเต็มวัยเพศเมียที่ไม่ฉายรังสีและไม่เคยผสมพันธุ์มาก่อน เลี้ยงตัวเต็มวัยแต่ละคู่ภายในกรงวางไข่พร้อมให้อาหาร รอจนกระทั่งตัวเต็มวัยเพศเมียตายและนำมาดูจำนวน spermatophore ภายใน bursa copulatrix ทุกระยะของการเจริญเติบโตและแต่ละปริมาณรังสีใช้ตัวเต็มวัยเพศผู้ 20 ตัว

2.3.3.3 การถ่ายสเปอร์ม

นำตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เกิดจากไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ กัน ดังได้กล่าวมาแล้ว ผสมกับตัวเต็มวัยเพศเมียที่ไม่ได้ฉายรังสีและไม่เคยผสมพันธุ์มาก่อน ภายในกรงวางไข่แต่ละคู่พร้อมกับให้อาหาร หลังจากนั้น 3 วัน ผ่าตัดเพศเมียเพื่อดึงถุงเก็บสเปอร์ม (spermatheca) ออกมา เปรียบเทียบปริมาณสเปอร์มในทุกระยะของการเจริญเติบโตในแต่ละปริมาณรังสี ใช้ตัวเต็มวัยเพศผู้ 20 ตัว การตรวจดูปริมาณและการเคลื่อนไหวของสเปอร์ม โดยแบ่งเป็น 10 ระดับ คือ ช่วงคะแนน 0-10 ที่ 10 มีปริมาณและการเคลื่อนไหวของสเปอร์มมาก 5 มีปริมาณและการเคลื่อนไหวของสเปอร์มปานกลาง และคะแนน 0 ไม่มีปริมาณและการเคลื่อนไหวของสเปอร์ม

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการเพาะเลี้ยงแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายในอาหารเทียม

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของแมลงชนิดนี้ในอาหารเทียมตั้งแต่รุ่น 1-4 ดังแสดงใน Table 3.1.1 พบว่า เปอร์เซนต์การฟักของไข่, ดักแด้ที่ได้จากไข่, การออกเป็นตัวเต็มวัย, และน้ำหนักดักแด้ในแต่ละรุ่นนั้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

3.2 <u>ผลการศึกษาชีวประวัติและพฤติกรรมแมลงหนอนเจาะสมอฝ้าย</u>

3.2.1 <u>ชีวประวัติ</u> จากการทดลองเลี้ยงแมลงในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 26± 1 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 70-75 เปอร์เซนต์ ระยะเวลาการให้แสงเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ดังแสดงใน Table 3.2.1.1 พบว่าแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายมีระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต และมีลักษณะสำคัญดังนี้

ไข่มีลักษณะคล้ายฝาชีหรือปูดครึ่งวงกลม มีร่องรอบไข่จากยอดลงไปที่ฐานประมาณ 24 ร่อง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.4-0.5 มิลลิเมตร ลักษณะการวางไข่เป็นฟองเดี่ยว ๆ ไข่ใหม่จะมีสีขาวนวลเป็นมัน ไข่ที่มีอายุประมาณ 36 ชั่วโมง จะมีขีดสีน้ำตาลล้อมรอบส่วนกลางไข่ และจะเข้มขึ้นจนเกือบดำเมื่อใกล้ฟัก ระยะไข่เฉลี่ย 2.16 ± 0.04 วัน หนอนที่ฟักออกจากไข่ใหม่ ๆ ลำตัวสีขาวนวล ลำตัวยาวประมาณ 1.4 มิลลิเมตร เมื่อออกจากไข่แล้วจะกัดกินเปลือกไข่ของมันเอง และเริ่มกินอาหารเจริญเติบโตจนมีอายุเฉลี่ย 3 วัน จึงลอกคราบครั้งที่ 1 หลังจากลอกคราบลำตัวยาวประมาณ 6.17 มิลลิเมตร สีของลำตัวเข้มขึ้นเป็นสีน้ำตาลอ่อน หนอนระยะที่ 2 เฉลี่ย 2.05 ±0.05 วัน จึงลอกคราบครั้งที่ 2 ลำตัวยาวประมาณ 9.1 มิลลิเมตร มีสีน้ำตาลปนเขียว หลังจากนั้นเฉลี่ย 1.8 ± 0.16 วัน หนอนลอกคราบครั้งที่ 3 ลำตัวยาวประมาณ 16.8 มิลลิเมตร สีของลำตัวจะเข้มเป็นสีดำปนเขียว หนอนมีชีวิตอยู่ในระยะที่ 4 เฉลี่ย 2.8± 0.22 วัน แล้วจึงลอกคราบ ลำตัวยาวประมาณ 24.1 มิลลิเมตร ลำตัวเป็นสีส้มโตอย่างรวดเร็ว ระยะที่ 5 หนอนอายุเฉลี่ย 6.9 ±0.18 วัน จึงลอกคราบครั้งที่ 5 เพื่อเข้าดักแด้ หนอนโตเต็มที่ยาวประมาณ 37.4 มิลลิเมตร สีของหนอนที่โตเต็มที่แต่ละตัวจะแตกต่างกันมาก เช่นสีเขียว, น้ำตาลแดงและเขียวปนเหลือง เมื่อหนอนโตเต็มที่จะหยุดกินอาหาร และทำโพรงในอาหารเทียมที่ใช้เลี้ยงแล้วจึงหดตัวอยู่ภายในประมาณ 2-5 วัน หลังจากนั้นหนอนจึงลอกคราบเป็นดักแด้สีเขียวอ่อน ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนและเข้มขึ้นเมื่อจะออกเป็นตัวเต็มวัย ขนาดกว้างยาว 4.90 และ 17.93 มิลลิเมตร ตามลำดับ ระยะดักแด้เฉลี่ย 11.41± 0.09 วัน ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืน ผีเสื้อตัวเมียส่วนท้องจะอ้วนป้อม มีขนเล็กน้อย ปีกคู่หน้ามีสีน้ำตาลปนแดง ส่วนผีเสื้อตัวผู้ท้องเรียวยาว ปลายท้องมีขนเป็นกระจุก ปีกคู่หน้ามีสีน้ำตาลอมเขียว ตัวผู้ที่ผสมพันธุ์มีอายุระหว่าง 5-13 วัน เฉลี่ย 9.29 ± 0.68 วัน ตัวเมียที่ผสมพันธุ์มีอายุระหว่าง 5-12 วัน เฉลี่ย 8.2 ± 0.54 วัน ตัวเมียจะวางไข่หลังจากอายุประมาณ 2-3 วัน และวางไข่เป็นเวลา 3-14 วัน เฉลี่ย 7.55 วัน ตลอดชั่วอายุขัย ตัวเมียวางไข่ได้ 269-1,576 ฟอง เฉลี่ย 969.25 ± 74.39 ฟอง

3.2.2 พฤติกรรม ความถี่ในการผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยเพศผู้ 1-7 ครั้ง เฉลี่ย 3.0 ± 0.39 ครั้ง และตัวเต็มวัยเพศเมีย 1-5 ครั้ง เฉลี่ย 1.83 ± 0.12 ครั้ง ตัวเต็มวัยเริ่มผสมพันธุ์ตั้งแต่อายุ 1 วัน

3.3 ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อแมลงหนอนเจาะสมอฝ้าย

3.3.1 ผลของรังสีแกมมาที่ทำให้แมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายระยะต่าง ๆ ตายในระดับ 50 เปอร์เซนต์ (LD_{50})

ผลการฉายรังสีไข่อายุ 2 วัน แสดงไว้ใน Table 3.3.1.1 ปรากฏว่าเปอร์เซนต์การตายของไข่จะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณรังสีที่ใช้และที่ปริมาณรังสี 500 เกรย์ ไข่ตาย 100 เปอร์เซนต์ ค่า LD_{50} ของไข่ตรวจผลภายหลังการฉายรังสี 2 วัน เท่ากับ 218.23 เกรย์ (Figure 3.3.1.1)

ผลจากการฉายรังสีหนอนอายุ 10 วัน แสดงไว้ใน Table 3.3.1.2 ปรากฏว่าเปอร์เซนต์ตายจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณรังสีที่ใช้และการตรวจผลภายหลังการฉายรังสี 15 วัน พบว่า เปอร์เซนต์ตายของตัวหนอนที่ผ่านการฉายรังสีปริมาณเท่ากัน จะสูงกว่าเมื่อตรวจผลภายหลังการฉายรังสี 10 วัน ค่า LD_{50} ของหนอนตรวจผลภายหลังการฉายรังสี 10 และ 15 วัน เท่ากับ 555.08 และ 451.57 เกรย์ ตามลำดับ (Figure 3.3.1.2) นอกจากนี้ ปริมาณรังสีตั้งแต่ 200 เกรย์ หนอนและดักแด้ไม่สามารถเจริญเป็นตัวเต็มวัยได้เลย (Table 1, Appendix A)

ผลการฉายรังสีดักแด้เพศผู้และเพศเมียอายุ 9 ± 1 วัน ดังแสดงใน Table 3.3.1.3 พบว่าปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นจะทำให้การตายของดักแด้เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ และค่า LD_{50} ของดักแด้เพศผู้และเพศเมียตรวจผลภายหลังการฉายรังสี 5 วัน เท่ากับ 688.38 และ 860.14 เกรย์ ตามลำดับ (Figure 3.3.1.3) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณรังสี 100 และ 200 เกรย์ ตัวเต็มวัยที่มีปีกผิดปกติ (Figure 3.3.1.4) จะไม่แตกต่างจากพวกที่ไม่ฉายรังสี แต่แมลงที่ฉายรังสี 400, 600, 800 และ 1,000 เกรย์ จะแตกต่างจากพวกไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ตาม Duncan's New Multiple Test (Table 2, Appendix A)

ผลการฉายรังสีตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียอายุ 1 วัน ได้แสดงใน Table 3.3.1.4 จะเห็นว่าตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมีย ตายเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณรังสีที่ใช้ และที่ปริมาณรังสี 1,750 เกรย์ ตัวเต็มวัยเพศผู้ตาย 100 เปอร์เซนต์ ส่วนเพศเมียตายเพียง 90.69 เปอร์เซนต์ ค่า LD_{50} ของตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมีย ตรวจผลภายหลังการฉายรังสี 3 วัน เท่ากับ 1,370.93 และ 1,442.08 เกรย์ ตามลำดับ (Figure 3.3.1.5)

3.3.2 ผลของรังสีแกมมาที่ทำให้แมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายระยะต่าง ๆ เป็นหมัน

ผลการทำหมันแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายในระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยนั้น แสดงใน Table 3.3.2.1 - Table.3.3.2.4 ตามลำดับ การทำหมันในระยะไข่นั้น ตรวจผลได้ในตัวเต็มวัยที่เกิดจากไข่ฉายรังสีว่าจะให้กำเนิดไข่ที่ฟักหรือไม่ จาก Table 3.3.2.1 นั้น จะเห็นได้ว่าตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เกิดจากไข่อายุ 2 วัน ฉายรังสีปริมาณ 5,10,20,30 และ 40 เกรย์ เมื่อผสมกับเพศเมียปกติแล้ว เปอร์เซนต์ของไข่ที่ไม่ฟักสูงขึ้นเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น คือ 33.03, 35.85, 66.25, 78.79 และ 96.84 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเปอร์เซนต์การผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เกิดจากไข่ฉายรังสีจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณรังสีและที่ปริมาณรังสี 40 เกรย์ ตัวเต็มวัยเพศผู้ผสมพันธุ์ 20 เปอร์เซนต์ เปรียบเทียบกับเพศผู้ปกติ ผสมพันธุ์ 85 เปอร์เซนต์ ส่วนเพศเมียที่เกิดจากไข่ฉายรังสี 40 เกรย์ ผสมกับเพศผู้ปกติแล้ว ไข่ไม่ฟัก 76.29 เปอร์เซนต์ และพบว่าเพศเมียฉายรังสีจะวางไข่จำนวนที่ไม่แตกต่างจากเพศเมียปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 95 เปอร์เซนต์ ผลของการฉายรังสีไข่อายุ 2 วันด้วยปริมาณรังสี 40 เกรย์ พบว่า เปอร์เซนต์การฟักของไข่จะไม่แตกต่างจากไข่ที่ไม่ฉายรังสี แต่เปอร์เซนต์การตายของหนอนและดักแด้ และเปอร์เซนต์ตัวเต็มวัยปีกผิดปกติที่เกิดจากไข่ฉายรังสีจะแตกต่างจากที่ไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (Table 3, Appendix)

ส่วนการทำหมันในระยะหนอนนั้นพบว่าปริมาณรังสี 25 และ 50 เกรย์ จะทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เกิดจากหนอนฉายรังสีเป็นหมัน 60.99 และ 100 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเปอร์เซนต์การผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เกิดจากหนอนฉายรังสี จะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณรังสี และที่ปริมาณรังสี 50 เกรย์ ตัวเต็มวัยเพศผู้ผสมพันธุ์เพียง 20 เปอร์เซนต์ เปรียบเทียบกับตัวเต็มวัยเพศผู้ปกติ ผสมพันธุ์ถึง 80 เปอร์เซนต์ ส่วนเพศเมียที่เกิดจากหนอนฉายรังสี 25, 50 และ 75 เกรย์ จะเป็นหมัน 70.82, 71.82 และ 92.54 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และยังพบว่าเพศเมียที่เกิดจากหนอนฉายรังสี 50 และ 75 เกรย์

จะวางไข่ได้น้อยกว่าเพศเมียปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (Table 3.3.2.2) ผลของการฉายรังสีหนอนอายุ 13 วัน ด้วยปริมาณรังสี 25, 50 และ 75 เกรย์ พบว่า เปอร์เซนต์การตายของหนอนและดักแด้จะแตกต่างจากที่ไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ตาม Duncan's New Multiple Range Test และที่ปริมาณรังสี 75 เกรย์ เปอร์เซนต์ตัวเต็มวัยปีกผิดปกติจะแตกต่างจากที่ไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (Table 4, Appendix A)

ในระยะดักแด้นั้นพบว่า ปริมาณรังสี 50,100,150,200 และ 250 เกรย์ จะทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เกิดจากดักแด้ฉายรังสีเป็นหมัน 32.97,36.80, 69.16,85.68,98.11 และ 42.01,91.28,89.98,98.48,99.70 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า เปอร์เซนต์การผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เกิดจากดักแด้ฉายรังสีจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณรังสีและที่ปริมาณรังสี 250 เกรย์ ตัวเต็มวัยเพศผู้ผสมพันธุ์เพียง 25 เปอร์เซนต์ เปรียบเทียบกับตัวเต็มวัยเพศผู้ปกติ ผสมพันธุ์ถึง 75 เปอร์เซนต์ ส่วนเพศเมียที่เกิดจากดักแด้ฉายรังสีตั้งแต่ 100 เกรย์ ขึ้นไปจะวางไข่ได้น้อยกว่าเพศเมียปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (Table 3.3.2.3) ผลของการฉายรังสีดักแด้อายุ 9 $\pm$ 1 วัน พบว่าที่ปริมาณรังสี 250 เกรย์ เปอร์เซนต์ตัวเต็มวัยที่ออกจากดักแด้เพศผู้จะแตกต่างจากที่ไม่ฉายรังสี แต่เปอร์เซนต์ตัวเต็มวัยปีกผิดปกติ จะไม่แตกต่างจากที่ไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (Table5, Appendix A)

ในระยะตัวเต็มวัยพบว่าปริมาณรังสี 100,150,200,250 และ 300 เกรย์ จะทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียเป็นหมัน 44.26, 47.99, 80.27, 98.94,99.52 และ 63.26, 90.32, 92.53, 99.11, 99.98 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ปริมาณรังสี 300 เกรย์ เปอร์เซนต์การผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยเพศผู้จะลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเพศผู้ปกติ คือ 50 : 70 ส่วนเพศเมียตั้งแต่ 150 เกรย์ ขึ้นไปจะวางไข่ได้น้อยกว่าเพศเมียปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (Table 3.3.2.4)

3.3.3 ผลการเปรียบเทียบแมลงที่เป็นหมันด้วยรังสีและแมลงที่ไม่ฉายรังสี

3.3.3.1 อายุขัย ผลการศึกษาอายุขัยของตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เกิดจากไข่ หนอน และดักแด้ฉายรังสีแสดงไว้ใน Table 3.3.3.1.1 - 3.3.3.1.3 ตามลำดับ ส่วนตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียฉายรังสีแสดงไว้ใน Table 3.3.3.1.4 ผลปรากฏว่าอายุขัยของตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เป็นหมันที่เกิดจากไข่ฉายรังสี 40 เกรย์ หนอนฉายรังสี 50 เกรย์ ดักแด้ฉายรังสี 250 เกรย์ และตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียฉายรังสี 300 เกรย์ จะไม่แตกต่างจากตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียปกติคือ 7.10 : 7.55 และ 6.45 : 6.55 วัน, 6.80 : 7.65 และ 5.10 : 7.30 วัน, 5.70 : 5.60 และ 6.55 : 6.05 วัน, 6.45 : 6.45 และ 6.50 : 6.0 วัน ตามลำดับ

3.3.3.2 ความถี่ในการผสมพันธุ์ ผลการศึกษาความถี่ในการผสมพันธุ์โดยดูจำนวน spermatophore ภายใน bursa copulatrix (Figure 3.3.3.2.1) ของตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เกิดจากไข่ หนอน และดักแด้ที่ได้รับการฉายรังสี แสดงไว้ใน Table 3.3.3.1.1 - Table 3.3.3.1.3 ตามลำดับ ส่วนตัวเต็มวัยเพศผู้ที่ฉายรังสีแสดงไว้ใน Table 3.3.3.1.4 ผลปรากฏว่าความถี่ในการผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เป็นหมันที่เกิดจากไข่ฉายรังสี 40 เกรย์ หนอนฉายรังสี 50 เกรย์ และดักแด้ฉายรังสี 250 เกรย์ กับเพศเมียปกติ จะแตกต่างจากตัวเต็มวัยเพศผู้ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ คือ 0.35 : 1.35, 0.15 : 1.20, และ 0.4 : 1.45 ตามลำดับ ส่วนตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เป็นหมันด้วยรังสี 300 เกรย์ ผสมกับเพศเมียปกติมีความถี่ในการผสมพันธุ์ไม่แตกต่างจากตัวเต็มวัยเพศผู้ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ คือ 0.85 : 1.1

3.3.3.3 การถ่ายสเปอร์ม ผลการศึกษาการถ่ายสเปอร์มของตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เกิดจากไข่ หนอน และดักแด้ที่ได้รับการฉายรังสี โดยตรวจดูปริมาณสเปอร์ม (Figure 3.3.3.3.1) ภายในถุงเก็บสเปอร์มเพศเมียปกติ (Figure 3.3.3.3.2) แสดงไว้ใน Table 3.3.3.1.1 - Table 3.3.3.1.3 ตามลำดับ ส่วนการถ่ายสเปอร์มของตัวเต็มวัยเพศผู้ฉายรังสีแสดงใน Table 3.3.3.1.4 ผลปรากฏว่าปริมาณสเปอร์มของตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เป็นหมันที่เกิดจากไข่ฉายรังสี 40 เกรย์ หนอนฉายรังสี 50 เกรย์

ดักแด้ฉายรังสี 250 เกรย์ และตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เป็นหมันด้วยรังสี 300 เกรย์ จะแตกต่างจากตัวเต็มวัยเพศผู้ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ นอกจากนี้ยังพบว่าตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เป็นหมันที่เกิดจากหนอนฉายรังสี 50 เกรย์ สามารถผสมพันธุ์กับเพศเมียปกติได้ แต่ไม่มีการถ่ายสเปอร์ม และจากการสังเกตการเคลื่อนไหวของสเปอร์ม พบว่าปริมาณสเปอร์มที่เคลื่อนไหวของตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เป็นหมันที่เกิดจากไข่ฉายรังสี 40 เกรย์ ดักแด้ฉายรังสี 250 เกรย์ และตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เป็นหมันด้วยรังสี 300 เกรย์ แตกต่างจากตัวเต็มวัยเพศผู้ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ แสดงไว้ใน Table 6,7,8, Appendix A ตามลำดับ

4. <u>วิจารณ์</u>

การเลี้ยงแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายด้วยอาหารเทียมในห้องทดลองที่อุณหภูมิ 26 ± 1 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 70-75 เปอร์เซนต์ พบปัญหาหลายประการ นับตั้งแต่การจับตัวหนอนจากไร่ฝ้ายมาเลี้ยงโดยจะต้องนำหนอนมาล้างฆ่าเชื้อโรคด้วยโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ 0.2 เปอร์เซนต์ เพื่อจะได้แมลงที่ปราศจากโรคสำหรับเพาะเลี้ยงในห้องทดลอง ซึ่ง Lukefahr[10] กล่าวถึงข้อกำหนดในการนำแมลงมาเพาะเลี้ยงในห้องทดลอง ดังนี้ ประการแรกควรเลือกแมลงที่ปราศจากโรค ประการที่สอง ห้องเพาะเลี้ยงแมลง เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเพาะเลี้ยงจะต้องแยกจากโครงการอื่น ๆ ประการที่สาม เครื่องมือ-เครื่องใช้ต้องสะอาดปราศจากเชื้อโรคและประการสุดท้าย กวดขันควบคุมคุณภาพของแมลง ของแมลงและอาหารเทียมที่ใช้เพาะเลี้ยง เมื่อพบว่าแมลงเป็นโรคต้องรีบย้ายแมลงนั้นออกจากห้องทดลองทันที ผลปรากฏว่า หนอนที่นำมาเลี้ยง สามารถอยู่รอดเป็นตัวเต็มวัยได้ประมาณ 64 เปอร์เซนต์ ปัญหาอีกประการหนึ่งที่พบในการเพาะเลี้ยงหนอนเจาะสมอฝ้าย คือการ contamination อาหารเทียมโดยเชื้อรา <u>Aspergillus</u> spp. เมื่อเชื้อรานี้สร้างสปอร์และก่อรูปเกาะกันเป็นก้อน จะทำให้หนอนขนาดเล็ก ไม่สามารถกินอาหารเทียมได้[11] การแก้ปัญหาโดยใส่ ethyl alcohol 70 เปอร์เซนต์ ในเครื่องปั่นทำความชื้นเพื่อฆ่าเชื้อราในบรรยากาศอาทิตย์ละครั้ง[12] ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของแมลง-หนอนเจาะสมอฝ้ายในอาหารเทียมตั้งแต่รุ่น 1-4 ติดต่อกัน โดยที่เปอร์เซนต์การฟักของไข่ ดักแด้ที่ได้จากไข่ ตัวเต็มวัยที่ออกจากดักแด้ และน้ำหนักดักแด้ในแต่ละรุ่นไม่แตกต่างกันทางสถิติ

แสดงให้เห็นว่าสูตรอาหารเทียมนี้มีประสิทธิภาพดีในการเพาะเลี้ยงแมลงชนิดนี้ และในปัจจุบัน ได้เลี้ยงแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายถึงรุ่นที่ 16 ซึ่ง Beck and Chippendale[13] กล่าวว่า การประเมินผลอาหารเทียมที่มีประสิทธิภาพดี จะต้องพิจารณาว่า อาหารเทียมชนิดนั้นจะต้องสามารถเพาะเลี้ยงแมลงได้ตลอดไป สำหรับต้นทุนอาหารเทียมชนิดนี้ราคาประมาณ 47.50 บาทต่อลิตร หรือราคาถ้วยละ 38 สตางค์ ต่อหนอน 1 ตัว สำหรับระยะต่าง ๆ ในการเจริญเติบโตของแมลงหนอนเจาะสมอฝ้าย จะมีปัจจัยที่มีอิทธิพลเข้ามาเกี่ยวข้องคือ อุณหภูมิ อาหาร และระยะเวลาการให้แสง Isley[14] กล่าวว่าระยะไข่ และดักแด้จะผันแปรตามอุณหภูมิ กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิสูงระยะไข่และดักแด้จะสั้น ส่วนอัตราการเจริญเติบโตของหนอนจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพืชอาหารด้วย ดังรายงานของ Nikishima[15] ที่ทำการเลี้ยงหนอนในสภาพการให้แสงแตกต่างกัน ได้พบว่า การให้แสงสว่าง 10 ชั่วโมงต่อวัน หนอนจะเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วในอาหารทุกชนิด สำหรับผลการศึกษาในห้องทดลองพบว่า ระยะไข่เฉลี่ย 2.16± 0.04 หรือ 2-3 วัน ระยะหนอนเฉลี่ย 16.66 หรือ 14-20 วัน และระยะดักแด้เฉลี่ย 11.41 ± 0.09 หรือ 10-13 วัน ใกล้เคียงกับผลการทดลองของสว่างและเกศรา [16] ซึ่งเพาะเลี้ยงหนอนในอาหารเทียมซึ่งมีถั่วเขียวเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ และที่อุณหภูมิ 25-27 °ซ พบว่า ระยะไข่ 2-3 วัน ระยะหนอนเฉลี่ย 16.3 หรือ 14-17 วัน และระยะดักแด้ 10.9 หรือ 10-12 วัน แต่ผลการทดลองที่ได้จะแตกต่างจากผลการทดลองของอวยชัย [17] ซึ่งเพาะเลี้ยงหนอนด้วยใบฝ้ายและในอุณหภูมิที่สูงกว่า กล่าวคือ ระยะไข่เฉลี่ย 2.06 ± 0.24 วัน ระยะหนอนเฉลี่ย 21.87 ± 1.82 หรือ 18-24 วัน ระยะดักแด้เฉลี่ย 9.13± 0.51 หรือ 8-10 วัน สำหรับพฤติกรรมในการผสมพันธุ์ของแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายเป็นแมลงที่ผสมพันธุ์ได้หลายครั้ง ซึ่งตรงกับรายงานของ Mourikis and Alexopoulou[7]

LD_{50} ของไข่อายุ 2 วัน ตรวจผลภายหลังฉายรังสี 2 วัน, หนอนอายุ 10 วัน ตรวจผลภายหลังฉายรังสี 10 และ 15 วัน, ดักแด้เพศผู้และเพศเมียอายุ 9 ± 1 วัน ตรวจผลภายหลังฉายรังสี 5 วัน, และตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียอายุ 1 วัน ตรวจผลภายหลังฉายรังสี 3 วัน เท่ากับ 218.33, 555.08 และ 451.57, 688.38 และ 860.14, 1,370.93 และ 1,442.08 เกรย์ ตามลำดับ ผลการทดลองที่ได้จะแตกต่างจากผลการทดลองของ El Sayed and Graves[18,19] ซึ่งทดลองผลของรังสีที่มีต่อ tobacco budworm, Heliothis virescens (F.) โดยฉายรังสีแกมมาดักแด้และตัวเต็มวัย

จากต้นกำเนิดโคบอลท์-60 ที่อัตรารังสี 1,9000 แรดต่อนาที พบว่า LD_{50} ของดักแด้เพศผู้และเพศเมียอายุ 8-10 วัน และตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียอายุ 24 ± 12 ชั่วโมง ตรวจผลภายหลังฉายรังสี 72 ชั่วโมง เท่ากับ 46.6 และ 53.0, 192.6 และ 190.9 กิโลแรด ตามลำดับ จากการที่แมลงมี LD_{50} ต่างกัน Lindquist[20] อธิบายว่า แมลงแต่ละชนิดจะอ่อนแอต่อการตายเนื่องจากรังสีแตกต่างกัน และถ้าอัตรารังสีเพิ่มขึ้นจะลดค่า LD_{50} ให้น้อยลง จากการทดลองจะเห็นได้ว่าระยะไข่มีความไว (sensitivity) ต่อรังสีมากที่สุด รองลงมาได้แก่หนอนและดักแด้ ส่วนระยะตัวเต็มวัยมีความไวต่อรังสีน้อยที่สุด ซึ่งตรงกับผลการทดลองของ El Sayed and Graves [21,22,23,24] [18,19,25] ได้กล่าวถึงระยะไข่ หนอน ดักแด้ มีความไวต่อรังสีมากกว่าระยะตัวเต็มวัย และยังกล่าวเสริมว่าความต้านทานของรังสีจะเพิ่มมากขึ้นตามอายุภายในระยะต่าง ๆ ของแมลงอีกด้วย สาเหตุที่ระยะไข่มีความไวต่อรังสีมากที่สุด และระยะตัวเต็มวัยมีความไวต่อรังสีน้อยที่สุด ซึ่ง O'Brien and Wolfe[26] อธิบายว่า เซลล์ที่มีการแบ่งตัวมากจะมีความไวต่อรังสีมาก และพบว่าแมลงมีลักษณะเด่นประการหนึ่งคือ ระยะหนอนจะมีการแบ่งเซลล์น้อยมาก หนอนเติบโตโดยการเพิ่มขนาดของเซลล์ แต่ในระยะไข่จะมีการแบ่งเซลล์มาก ดังนั้นจึงมีความไวต่อรังสีมากที่สุด ส่วนระยะตัวเต็มวัย เซลล์เนื้อเยื่อจะไม่มีการแบ่งเซลล์ มีแต่การขยายเซลล์ ดังนั้น ระยะตัวเต็มวัยจึงมีความไวต่อรังสีน้อยที่สุด นอกจากนี้ ยังพบว่า เมื่อฉายรังสีหนอนอายุ 10 วัน ที่ 100 เกรย์ หนอนจะเจริญเป็นตัวเต็มวัยปีกผิดปกติประมาณ 62.5 เปอร์เซนต์ และดักแด้อายุ 9 ± 1 วัน ที่ฉายรังสีตั้งแต่ 400 เกรย์ ขึ้นไป จะพบตัวเต็มวัยปีกผิดปกติมากขึ้นตามปริมาณรังสีที่ใช้ ซึ่งคล้ายคลึงกับรายงานของ El Sayed and Graves[18,25] ซึ่งทดลองกับ Heliothis virescens (F.) โดยฉายรังสีหนอนอายุ 9 วัน ที่ 10 กิโลแรด หนอนจะเจริญเป็นตัวเต็มวัยปีกผิดปกติ 100 เปอร์เซนต์ และดักแด้อายุ 8-10 วัน ที่ฉายรังสีตั้งแต่ 30 กิโลแรดขึ้นไป จะพบตัวเต็มวัยปีกผิดปกติมากขึ้นตามปริมาณรังสีที่ใช้ Vinson et al.[27] อธิบายว่าเนื้อเยื่อของส่วนปีกในหนอนและดักแด้จะมีความไวที่สุดต่อรังสี โดยที่รังสีจะทำให้บางส่วนของเซลล์ชั้นนอกที่กำลังเจริญของส่วนปีกขยายตัว ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดความผิดปกติของ cuticle ในตัวเต็มวัย นอกจากนั้นรังสียังเป็นเหตุให้เกิดการต่อกันของ cuticle ระหว่าง lamellae ข้างบนและข้างล่าง

ของส่วนปีก ซึ่งขัดขวางการขยายปีกของตัวเต็มวัย ความผิดปกติของปีกที่เกิด ขึ้นในตัวเต็มวัยที่เกิดจากดักแด้ฉายรังสี จะมีความรุนแรงน้อยกว่าที่เกิดขึ้นในตัวเต็มวัยที่เกิดจากหนอนฉายรังสี การบิดเบี้ยวของปีกในตัวเต็มวัยที่เกิดจากหนอนและดักแด้ฉายรังสีจะเป็นปฏิภาคโดยตรงต่อปริมาณรังสี

จากผลการทำหมันแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายในระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย พบว่าปริมาณรังสี 40 เกรย์ ทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เกิดจากไข่อายุ 2 วัน เป็นหมัน 96.84 และ 76.29 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ปริมาณรังสี 50 และ 75 เกรย์ ทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เกิดจากหนอนอายุ 13 วัน เป็นหมัน 100 และ 92.54 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ปริมาณรังสี 250 เกรย์ จะทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เกิดจากดักแด้อายุ 9 ± 1 วัน เป็นหมัน 98.11 และ 99.70 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และในระยะตัวเต็มวัยพบว่า ปริมาณรังสี 300 เกรย์ จะทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียอายุ 1 วัน เป็นหมัน 99.52 และ 99.98 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ผลการทดลองที่ได้จะแตกต่างจากผลการทดลองของ Wolfenbarger et al.[28] ซึ่งพบว่าปริมาณรังสี 4 กิโลแรด ทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียของ Heliothis virescens (F.) ที่เกิดจากไข่อายุ 3 วัน เป็นหมัน 82 และ 80 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และ El Sayed and Graves[18,19] พบว่าต้องใช้ปริมาณรังสีสูงถึง 40 และ 30 กิโลแรด จึงจะทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียของ Heliothis virescens (F.) ที่เกิดจากดักแด้เพศผู้และเพศเมียอายุ 8-10 วัน เป็นหมัน 96 และ 100 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และในระยะตัวเต็มวัยพบว่าปริมาณรังสี 30 กิโลแรด จะทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมีย อายุ 24 ± 12 ชั่วโมง เป็นหมันเพียง 92.7 และ 98.9 ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าแมลงมีความไวต่อรังสีในการเป็นหมันของระยะไข่ หนอน ดักแด้มากกว่าในระยะตัวเต็มวัย ซึ่ง Lindquist[20] อธิบายว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเป็นหมันของแมลงมีดังนี้ ระยะการเจริญเติบโต ชนิดของแมลง เพศ อัตรารังสี อุณหภูมิ การแบ่งปริมาณรังสีที่จะฉายทำหมันออกเป็นช่วง ๆ (dose fractionation) สภาพแวดล้อมในการเพาะเลี้ยงและสภาพบรรยากาศในขณะฉายรังสี นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวเต็มวัยเพศเมียที่เป็นหมันที่เกิดจากไข่อายุ 2 วัน ฉายรังสี จะวางไข่จำนวนที่ไม่แตกต่างจากเพศเมียปกติแต่ตัวเต็มวัย เพศเมียที่เป็นหมันที่เกิดจากหนอนอายุ 13 วัน ฉายรังสี 50 เกรย์ ดักแด้ฉายรังสี 250 เกรย์ และ

ตัวเต็มวัยเพศเมียที่ฉายรังสี 300 เกรย์ จะวางไข่น้อยกว่าเพศเมียปกติ ซึ่งคล้ายคลึงกับรายงานของ Wolfenbager[28] ที่พบในตัวเต็มวัยเพศเมียที่เป็นหมันที่เกิดจากไข่ของ Heliothis virescens (F.) ในระยะดักแด้ที่มีรายงานที่ตรงกันของ Ouye at al.[29] และ El Sayed and Graves[18] ที่ทดลองกับ Pectinophora gossypiella (Saunders) และ Heliothis virescens (F.) ตามลำดับ และในระยะตัวเต็มวัยมีรายงานใกล้เคียงของ El Sayed and Graves[19] และ Snow et al.[30] ที่ทดลองกับ Heliothis virescens (F.) และ Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) ตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบอายุขัย ความถี่ในการผสมพันธุ์และการถ่ายสเปอร์มของแมลงที่เป็นหมันด้วยรังสีและแมลงไม่ฉายรังสี พบว่า อายุขัยของตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เป็นหมันที่เกิดจากไข่อายุ 2 วัน ฉายรังสี 40 เกรย์ หนอนอายุ 13 วัน ฉายรังสี 50 และ 75 เกรย์ ดักแด้อายุ 9 ± 1 วัน ฉายรังสี 250 เกรย์ และตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียอายุ 1 วัน ฉายรังสี 300 เกรย์ จะไม่แตกต่างจากตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่ไม่ฉายรังสี ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Ouye et al.[29] ที่พบในตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เป็นหมันที่เกิดจากดักแด้ของ Pectinophora gossypiella (Saunders) และ Heliothis virescens (F.)[18,31] ในระยะตัวเต็มวัยมีรายงานที่แตกต่างของ El Sayed and Graves[19] ที่พบในตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เป็นหมันของ Heliothis virescens (F.) แต่ตรงกับรายงานของ Snow et al.[30] ที่ทดลองกับ Spodoptera frugiperda (j.E. Smith) ส่วนความถี่ในการผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เป็นหมันที่เกิดจากไข่อายุ 2 วัน ฉายรังสี 40 เกรย์ หนอนอายุ 13 วัน ฉายรังสี 50 เกรย์ และดักแด้อายุ 9 ± 1 วัน ฉายรังสี 250 เกรย์ จะน้อยกว่าตัวเต็มวัยเพศผู้ที่ไม่ฉายรังสี แต่ในระยะตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เป็นหมัน ความถี่ในการผสมพันธุ์จะไม่แตกต่างจากตัวเต็มวัยเพศผู้ที่ไม่ฉายรังสี ซึ่งคล้ายคลึงกับรายงานของ Wolfenbarger et al.[28] ที่พบในตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เป็นหมันที่เกิดจากไข่ของ Heliothis virescens(F.) ในระยะดักแด้มีรายงานที่คล้ายคลึงและแตกต่างของ El Sayed and Graves[18] และ Flint and Kressin[32] ที่ทดลองกับ Heliothis virescens (F.) ตามลำดับ

ในระยะตัวเต็มวัยมีรายงานที่คล้ายคลึงและแตกต่างของ Flint and Kressin[32] และ El Sayed and Graves[19] ที่ทดลองกับ Heliothis virescens (F.) ตามลำดับ สำหรับปริมาณและการเคลื่อนไหวของสเปอร์มในถุงเก็บสเปอร์มเพศเมียที่ผสมกับเพศผู้ที่เป็นหมันที่เกิดจากไข่อายุ 2 วัน ฉายรังสี 40 เกรย์ หนอนอายุ 13 วัน ฉายรังสี 50 เกรย์ ดักแด้อายุ 9 ± 1 วัน ฉายรังสี 250 เกรย์ และตัวเต็มวัยเพศผู้อายุ 1 วัน ฉายรังสี 300 เกรย์ จะน้อยกว่าตัวเต็มวัยเพศผู้ที่ไม่ฉายรังสี ซึ่งคล้ายคลึงกับรายงานของ Wolfenbarger et al.[28] ที่พบในตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เป็นหมันที่เกิดจากไข่ของ Heliothis virescens (F.) ในระยะดักแด้มีรายงานคล้ายคลึงของ Proverbs and Newton[33] ที่ทดลองกับ Carpacapsa pomonella (L.) และ Cheng[34] ที่ทดลองกับ Eucosma schistaceana Snellen ในระยะตัวเต็มวัยมีรายงานใกล้เคียงกันของ Snow et al.[35] ที่ทดลองกับ Heliothis zea (Boddie) และ Snow et al.[30] ที่ทดลองกับ Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เป็นหมันที่เกิดจากหนอนอายุ 13 วัน ฉายรังสี 50 เกรย์ สามารถผสมพันธุ์ได้ แต่ไม่พบว่ามีการถ่ายสเปอร์มในถุงเก็บสเปอร์มของเพศเมียปกติ และแม้ว่าจะพบ sperm bundle ใน testes ซึ่งน่าจะเกิดจากการที่สเปอร์มไม่สามารถผ่านตรงส่วนของ vas deferens ได้ เนื่องจากมีชิ้นส่วนของเนื้อเยื่อและ sperm bundle ที่ชำรุดไปกีดขวาง[36] สำหรับความสำคัญของการถ่ายสเปอร์มและการเคลื่อนไหวของสเปอร์ม Holt and North[37] กล่าวว่าในการใช้เทคนิคตัวผู้ที่เป็นหมันกับแมลงอันดับ Lepidoptera ซึ่งเป็นแมลงที่ผสมพันธุ์ได้หลายครั้ง และมีสเปอร์ม 2 ชนิด คือ apyrene และ eupyrene สเปอร์มที่ปฏิสนธิได้คือ eupyrene ส่วน apyrene ไม่มีนิวเคลียส จะทำหน้าที่เคลื่อนย้าย eupyrene จาก spermatophore มายังถุงเก็บสเปอร์ม ในการแข่งขันการผสมพันธุ์ เพศผู้ที่เป็นหมันจะต้องถ่ายสเปอร์มที่มีปริมาณและคุณภาพ (eupyrene) ปกติ เพื่อแข่งกับสเปอร์มของเพศผู้ปกติในขบวนการปฏิสนธิ (fertilization process) สาเหตุที่แมลงเป็นหมันไม่สามารถถ่ายสเปอร์มได้ มีหลายประการ เช่น ชิ้นส่วนของเนื้อเยื่อและ sperm bundle ที่ชำรุดไปกีดขวางตรงส่วน vas deferens หรือ sperm bundle ที่ชำรุดไปกีดขวางตรงส่วนจาก duplex ไปยัง simplex และรังสีทำลายเซลล์ที่ทำหน้าที่ในการขับสเปอร์ม[36,37,38] นอกจากนั้น Yander[39] ได้กล่าวว่าสเปอร์มของแมลงหวี่ Drosophila melanogaster ที่ได้รับรังสีเอ็กซ์ 25,000 และปริมาณรังสีสูงขึ้น มีสเปอร์มบางส่วนถูกฆ่าตายหรือไม่เคลื่อนไหว

การชักนำทำให้แมลงเป็นหมันแสดงถึงโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์ถูกทำลาย สำหรับแมลงอันดับ Lepidoptera จะแตกต่างจากแมลงในอันดับอื่น ๆ เนื่องจากต้องใช้ปริมาณรังสีค่อนข้างสูงในการชักนำทำให้แมลงเป็นหมัน ทั้งนี้เนื่องจากแมลงอันดับ Lepidoptera มี holokinetic chromosome การใช้ปริมาณรังสีสูงทำให้เซลล์เนื้อเยื่อและระบบสรีรวิทยาถูกทำลาย ซึ่งจะทำให้แมลงลดความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ด้วยเหตุผลดังกล่าว การใช้ปริมาณรังสีกึ่งเป็นหมัน (sub-sterilizing dose) แมลงจะสามารถแข่งขันผสมพันธุ์ได้ดีกว่าแมลงที่เป็นหมันโดยสมบูรณ์ การถ่ายทอดความเป็นหมันไปยังลูกหลานจากพ่อแม่ที่ถูกฉายรังสีแบบกึ่งเป็นหมัน จะเป็นปัจจัยสำคัญในโครงการกำจัดแมลงอันดับ Lepidoptera การพัฒนาหลักการทำหมันแมลงโดยใช้ปริมาณรังสีกึ่งเป็นหมัน ได้ทดลองกับแมลงหลายชนิดทั้งในห้องทดลองและในกรงสภาพธรรมชาติ ซึ่งให้ผลดี เช่น Cabbage looper, Trichoplusia ni (Hubner)[40] sugarcane borer, Diatreae saccharalis (F.)[41] tobacco budworm, Heliothis virescens (F.)[42] codling moth, Laspeyresia pomonella (L.)[43]

จากการทดลองนี้จึงสรุปได้ว่า การป้องกันกำจัดแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายโดยใช้แมลงที่เป็นหมันนั้น ระยะที่เหมาะแก่การทำหมันคือระยะตัวเต็มวัยด้วยปริมาณรังสี 200 เกรย์ และระยะดักแด้ด้วยปริมาณรังสี 150 เกรย์ แม้ว่าปริมาณรังสีนี้จะทำให้แมลงกึ่งเป็นหมัน (partial sterility) ก็ตาม แต่มีผลทำให้ประสิทธิภาพและความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์และการถ่ายสเปอร์มที่เคลื่อนไหวได้ดีกว่าแมลงที่เป็นหมันสมบูรณ์ (complete sterility) ปรากฏการณ์ที่ลูกหลานเป็นหมันมากกว่าพ่อแม่ที่ฉายรังสีทำหมันเป็นลักษณะพิเศษของแมลงอันดับ Lepidoptera[44]

5. สรุป

แมลงหนอนเจาะสมอฝ้าย (Helicoverpa armigera (Hübner)] ที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมซึ่งประกอบด้วย ถั่วเขียว ยีสต์ ไวตามิน น้ำ สารกันบูด และยาปฏิชีวนะ สามารถเจริญเติบโตได้มากกว่า 4 รุ่นติดต่อกัน ระยะไข่ใช้เวลาเฉลี่ย 2.16 ± 0.04 วัน หนอนมี 5 ระยะ และระยะหนอนเฉลี่ย 16.66 วัน ระยะก่อนเข้าดักแด้และระยะดักแด้ประมาณ 2-5 และ 10-13 วัน ตามลำดับ ตัวเต็มวัยอายุ 1 วัน สามารถ

ผสมพันธุ์ได้ หลังจากนั้นประมาณ 1-2 วัน ตัวเมียจะเริ่มวางไข่เป็นฟองเดี่ยว ๆ เป็นเวลา 3-14 วัน จำนวนไข่เฉลี่ย 969.25 ± 74.39 ฟอง อายุโดยเฉลี่ยของตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียคือ 9.29±0.68 และ 8.2±0.54 วัน ตามลำดับ ทั้งเพศผู้และเพศเมียสามารถผสมพันธุ์ได้หลายครั้ง

ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อการตายของแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายระยะต่าง ๆ พบว่า LD_{50} ของไข่อายุ 2 วัน ตรวจผลภายหลังฉายรังสี 2 วัน หนอนอายุ 10 วัน ตรวจผลภายหลังการฉายรังสี 10 และ 15 วัน ดักแด้เพศผู้และเพศเมียอายุ 9±1 วัน ตรวจผลภายหลังการฉายรังสี 5 วัน และตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียอายุ 1 วัน ตรวจผลภายหลังการฉายรังสี 3 วัน เท่ากับ 218.33,555.08 และ 451.57, 688.38 และ 860.14, 1,370.93 และ 1,442.08 เกรย์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าระยะไข่มีความไวต่อรังสีมากที่สุด และระยะตัวเต็มวัยมีความไวต่อรังสีน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อฉายรังสีหนอนอายุ 10 วัน ที่ 100 เกรย์ และดักแด้อายุ 9±1 วัน ที่ 400 เกรย์ขึ้นไปจะพบตัวเต็มวัยปีกผิดปกติมาก และจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณรังสีที่ใช้

ผลการทำหมันแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายระยะต่าง ๆ พบว่า ปริมาณรังสี 40 เกรย์ ทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เกิดจากไข่อายุ 2 วัน เป็นหมัน 96.84 และ 76.29 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ปริมาณรังสี 50 และ 75 เกรย์ จะทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เกิดจากหนอนอายุ 13 วัน เป็นหมัน 100 และ 92.54 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ปริมาณรังสี 250 เกรย์ จะทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เกิดจากดักแด้อายุ 9±1 วัน เป็นหมัน 98.11 และ 99.70 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และในระยะตัวเต็มวัยพบว่าปริมาณรังสี 300 เกรย์ จะทำให้ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียอายุ 1 วัน เป็นหมัน 99.52 และ 99.98 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าตัวเต็มวัยเพศผู้ที่เกิดจากไข่และหนอนฉายรังสีทำหมัน จะมีความไวต่อรังสีมากกว่าตัวเต็มวัยเพศเมีย นอกจากนี้ ยังพบว่าเพศเมียที่เกิดจากหนอนฉายรังสี 50 และ 75 เกรย์ ดักแด้ฉายรังสีตั้งแต่ 100 เกรย์ขึ้นไป และตัวเต็มวัยเพศเมียที่ฉายรังสี 150 เกรย์ ขึ้นไป จะวางไข่น้อยกว่าเพศเมียปกติ

ผลการเปรียบเทียบอายุขัย ความถี่ในการผสมพันธุ์และการถ่ายสเปอร์มของแมลงที่เป็นหมันด้วยรังสีและแมลงไม่ฉายรังสี พบว่า อายุขัยของตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียที่เป็นหมันที่เกิดจากไข่อายุ 2 วัน ฉายรังสี 40 เกรย์ หนอนอายุ 13 วัน ฉายรังสี 50 และ 75 เกรย์ ดักแด้อายุ 9±1 วัน ฉายรังสี 250 เกรย์ และตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียอายุ 1 วัน ฉายรังสี 300 เกรย์ จะไม่แตกต่างจากแมลงที่ไม่ฉายรังสี ส่วนความถี่ในการผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยเพศผู้ฉายรังสีที่เกิดจากไข่อายุ 2 วัน ฉายรังสี 30 และ 40 เกรย์ หนอนอายุ 13 วัน ฉายรังสี 50 เกรย์ และดักแด้อายุ 9±1 วัน ฉายรังสี 250 เกรย์ จะน้อยกว่าตัวเต็มวัยเพศผู้ที่ไม่ฉายรังสี แต่ในระยะตัวเต็มวัยเพศผู้ที่ฉายรังสี ความถี่ในการผสมพันธุ์จะไม่แตกต่างจากตัวเต็มวัยเพศผู้ที่ไม่ฉายรังสี สำหรับปริมาณและการเคลื่อนไหวของสเปอร์มในถุงเก็บสเปอร์มเพศเมียที่ผสมกับเพศผู้ฉายรังสีที่เกิดจากไข่อายุ 2 วัน ฉายรังสี 5 และ 10 เกรย์ หนอนอายุ 13 วัน ฉายรังสี 25 เกรย์ ดักแด้อายุ 9±1 วัน ฉายรังสี 50 เกรย์ และตัวเต็มวัยเพศผู้ อายุ 1 วัน ฉายรังสี 100 เกรย์ เฉพาะปริมาณสเปอร์มจะไม่แตกต่างจากตัวเต็มวัยเพศผู้ที่ไม่ฉายรังสี ส่วนเพศผู้ที่เกิดจากไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยที่ได้รับรังสีสูงขึ้นปริมาณและการเคลื่อนไหวของสเปอร์มจะลดน้อยลงตามปริมาณรังสีที่ใช้เพิ่ม จากการทดลองนี้พอจะสรุปได้ว่า ระยะที่เหมาะสมแก่การทำหมันเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงหนอนเจาะสมอฝ้ายคือระยะตัวเต็มวัยด้วยปริมาณรังสี 200 เกรย์ และระยะดักแด้ด้วยปริมาณรังสี 150 เกรย์

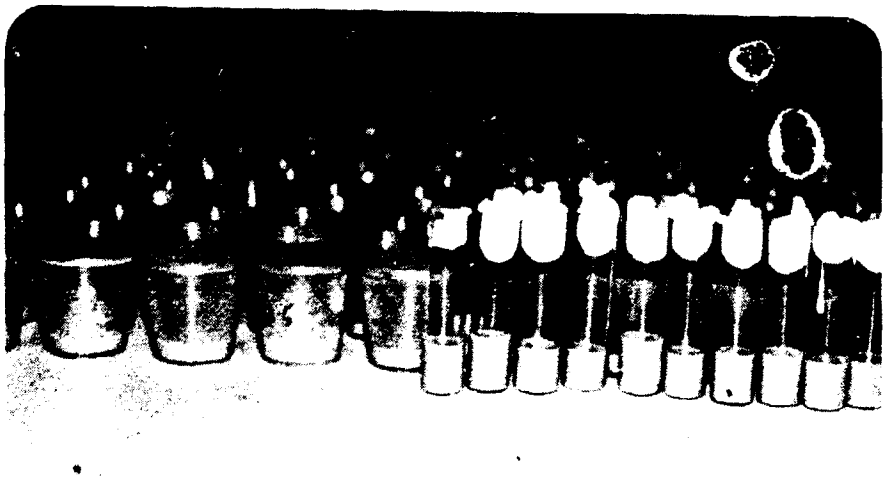

FIG. 2 1.1 The plastic cups with 6x6 cm. and vials with 2.5x10 cm. containing an artificial medium for rearing cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)]

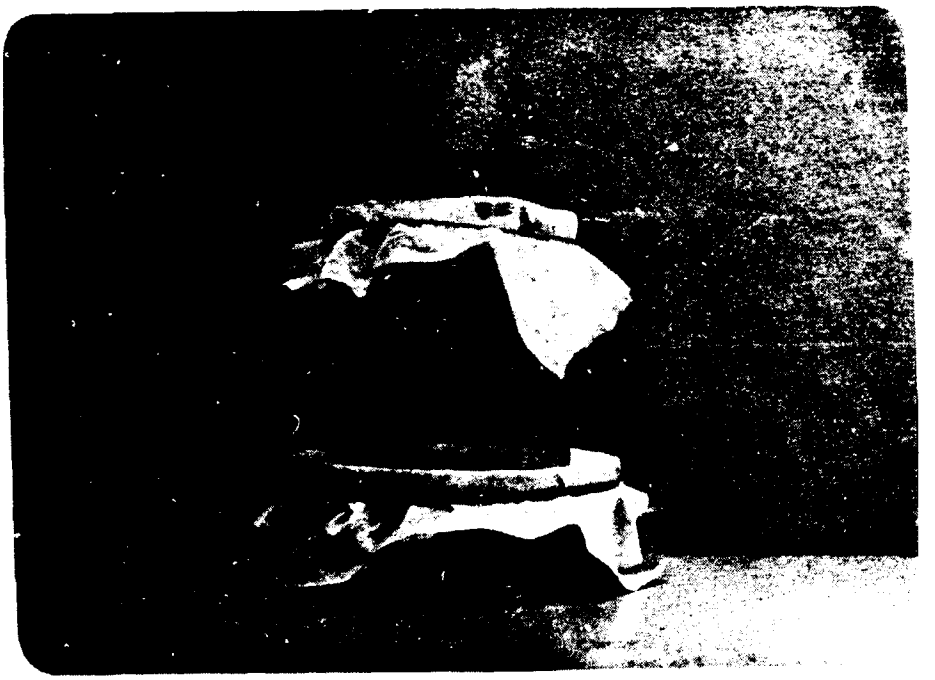

FIG. 2.1.2 The oviposition cage of cotton bollworm[Helicoverga armigera (Hübner)] was made of lantern globe, 12x12.5 cm. in size, covered with nylon cloth, and placed on a basin containing water.

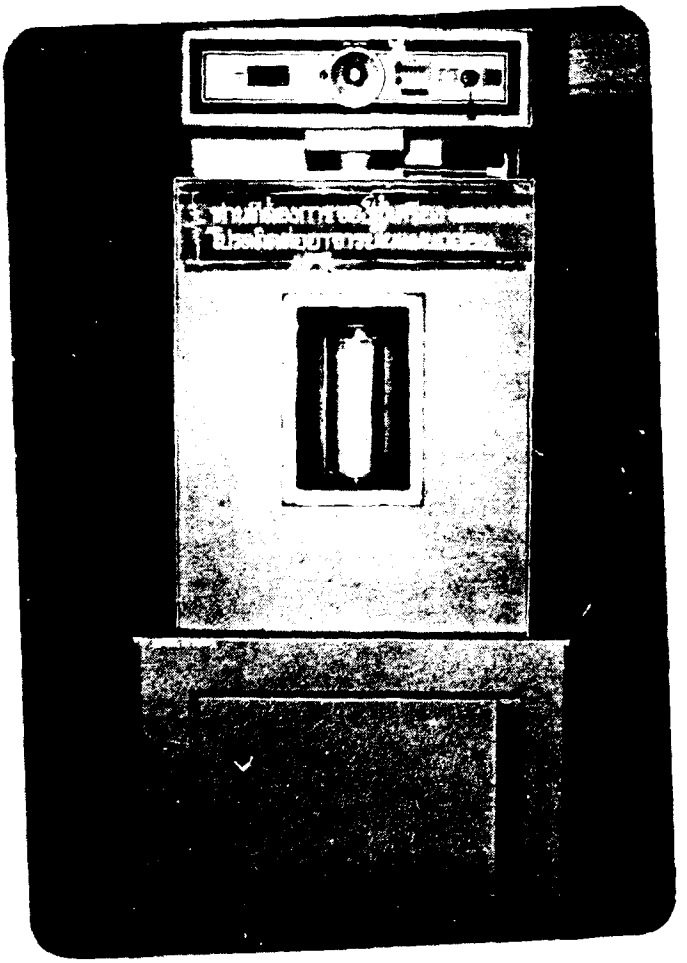

FIG. 2.3.1 Gammator with Cesium-137 source.

TABLE 3.1.1 Development of the cotton bollworm [Helicoverpa arminera (Hübner)] for 4 successive generations reared on an artificial medium at 26 ± 1°C, 70-75 % RH, and 8-hr photoperiod.

Generation	Mean ± SE			
	Egg hatchability (%)	Pupal recovery (%)	Adult eclosion (%)	Pupal weight (mg.)
1	$77.60 \pm 6.07_a$	$40.39 \pm 5.97_a$	$85.0 \pm 3.16_a$	$313.40 \pm 6.76_a$
2	$77.40 \pm 3.87_a$	$43.14 \pm 2.67_a$	$86.0 \pm 2.45_a$	$309.50 \pm 6.09_a$
3	$66.40 \pm 6.23_a$	$35.31 \pm 2.57_a$	$82.0 \pm 2.55_a$	$312.30 \pm 2.71_a$
4	$66.60 \pm 2.80_a$	$38.65 \pm 3.77_a$	$84.0 \pm 2.92_a$	$314.10 \pm 6.29_a$

Means in columns followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level.

TABLE 3.2.1.1 Duration of various developmental stages of the cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)], reared on an artificial medium, at 26 ± 1°C, 70-75 % RH, and 8-hr photoperiod.

Developmental stages		Range (days)	Mean ± SE (days)
Egg :		2-3	2.16 ± 0.04
Larva :	Instar 1	3-3	3
	Instar 2	2-3	2.05 ± 0.05
	Instar 3	1-3	1.80 ± 0.16
	Instar 4	1-5	2.80 ± 0.22
	Instar 5	6-8	6.90 ± 0.18
Pupa :		10-13	11.41 ± 0.09
Adult :	male	5-13	9.29 ± 0.68
	female	5-12	8.2 ± 0.54
Egg-Adult		-	34.95 ± 0.93

TABLE 3.3.1.1 Effect of gamma irradiation on the mortality of 2-day-old cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] eggs.

Dose (gray)	% mortality
0	0
25	4.63
50	12.81
100	23.49
200	36.29
300	83.99
400	98.93
500	100.0

TABLE 3.3.1.2 Effect of gamma irradiation on the mortality of 10-day-old cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] larvae.

Dose (gray)	% mortality	
	10 days after irradiation	15 days after irradiation
0	0	0
100	3.08	9.74
200	4.11	10.79
400	12.33	29.74
600	55.27	80.0
800	87.40	97.63

TABLE 3.3.1.3 Effect of gamma irradiation on the mortality of 9 ± 1-day-old cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] pupae.

Dose (gray)	% mortality	
	Male	Female
0	0	0
100	7.22	1.05
200	9.28	3.16
400	29.89	9.47
600	39.18	29.47
800	57.73	49.47
1,000	74.23	63.16

TABLE 3.3.1.4 Effect of gamma irradiation on the mortality of 1-day-old cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] adults.

Dose (gray)	% mortality	
	Male	Female
0	0	0
1,000	2.44	0
1,250	14.63	11.63
1,500	85.37	62.79
1,750	100.0	90.69

TABLE 3.3.2.1 Mating frequency between normal and irradiated adults of cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] emerged from irradiated 2-day old eggs, fecundity, and egg viability.

Dose(gray)	% mating		Avg no.eggs/ ♀		%decrease in egg viability	
	Irradiated male	Irradiated female	Irradiated male	Irradiated female	Irradiated male	Irradiated female
0	85	80	956.10	943.45_a	0	0
5	80	90	998.75	$1,131.95_a$	33.03	0
10	70	70	1,263.90	996.45_a	35.85	23.33
20	55	70	976.10	946.30_a	66.25	39.36
30	40	85	733.55	923.30	78.79	34.63
40	20	65	653.80	930.45_a	96.84	76.29

Means followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level.

TABLE 3.3.2.2 Mating frequency between normal and irradiated adults of cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] emerged from irradiated 13-day-old larvae, fecundity and egg viability.

Dose(gray)	% mating		Avg no.egg/ ♀		%decrease in egg viability	
	Irradiated male	Irradiated female	Irradiated male	Irradiated female	Irradiated male	Irradiated female
0	80	65	1,104.55	$1,035.85_a$	0	0
25	60	45	1,081.0	830.40_a	60.99	70.82
50	20	40	972.6	489.50_b	100.0	71.82
75	15	30	653.85	253.25_c	100.0	92.54

Means followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level as determined by Duncan's New Multiple Range Test.

TABLE 3.3.2.3 Mating frequency between normal and irradiated adults of cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] emerged from irradiated 9 ± 1-day-old pupae, fecunidity, and egg viability.

Dose(gray)	% mating		Avg no.eggs/ ♀		%decrease in egg viability	
	Irradiated male	Irradiated female	Irradiated male	Irradiated female	Irradiated male	Irradiated female
0	75	95	892.10	917.35_{a}	0	0
50	70	70	1,006.75	788.75_{a}	32.97	42.01
100	65	60	817.75	554.40_{b}	36.80	91.28
150	65	65	820.60	411.55_{bc}	69.16	89.98
200	55	60	748.30	388.0_{bc}	85.68	98.48
250	25	65	729.25	264.5_{c}	98.11	99.70

Means followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level as determined by Duncan's New Multiple Range Test.

TABLE 3.3.2.4 Mating frequency between normal and irradiated 1-day-old adults of cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)], fecundity, egg viability.

Dose(gray)	% mating		Avg no. eggs/ ♀		%decrease in egg viability	
	Irradiated male	Irradiated female	Irradiated male	Irradiated female	Irradiated male	Irradiated female
0	70	65	969.25	877.85_{a}	0	0
100	70	85	959.25	897.60_{a}	44.26	63.26
150	65	65	763.30	655.95_{b}	47.99	90.32
200	75	70	890.85	621.0_{b}	80.27	92.53
250	55	75	860.15	495.80_{b}	98.94	99.11
300	50	60	799.90	451.25_{b}	99.52	99.98

Means followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level as determined by Duncan's New Multiple Range Test.

TABLE 3.3.3.1.1 Effects of gamma irradiation on longevity, mating frequency, and sperm transfer of cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] adults emerged from irradiated 2-day-old eggs.

Dose(gray)	Avg longevity(days)		Avg mating frequency	Avg amount of sperm in female spermatheca
	Male	Female	Spermatophores/ ♀	
0	7.55_a	6.55_a	1.35_a	8.60_a
5	6.35_a	7.30_a	1.45_a	7.75_a
10	7.20_a	5.60_a	1.45_a	7.75_a
20	7.15_a	6.55_a	1.10_{ab}	5.15_b
30	7.25_a	6.60_a	0.45_b	2.80_c
40	7.10_a	6.45_a	0.35_b	0.75_d

Means in columns followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level as determined by Duncan's New Multiple Range Test.

TABLE 3.3.3.1.2 Effects of gamma irradiation on longevity, mating frequency, and sperm transfer of cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] adults emerged from irradiated 13-day-old larvae.

Dose(gray)	Avg.longevity(days)		Avg.mating frequency	Avg.amount of sperm in female spermatheca
	male	female	Spermatophores/ ♀	
0	7.65	7.30_a	1.20_a	7.85_a
25	7.55_a	6.80_a	1.0_a	6.45_a
50	6.80_a	5.10_a	0.4_b	0_b
75	5.05_a	5.25_a	0.15_b	0_b

Means in columns followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level as determined by Duncan's New Multiple Range Test.

TABLE 3.3.3.1.3 Effects of gamma irradiation on longevity, mating frequency, and sperm transfer of cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] adults emerged from irradiated 9 ± 1-day-old pupae.

Dose(gray)	Avg.longevity(days)		Avg. mating frequency	Avg.amount of sperm in female spermatheca
	Male	Female	Spermatophores/ ♀	
0	5.60_a	6.05_a	1.45_a	8.25_a
50	5.45_a	6.50_a	1.50_a	7.25_{ab}
100	5.80_a	6.30_a	1.30_a	5.30_{bc}
150	5.15_a	6.05_a	1.10_{ab}	4.90_{bc}
200	6.30_a	6.20_a	0.75_{ab}	4.60_c
250	5.70_a	6.55_a	0.40_b	2.10_d

Means in columns followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level as determined by Duncan's New Multiple Range Test.

TABLE 3.3.3.1.4 Effects of gamma irradiation on longevity, mating frequency, and sperm transfer of irradiated 1-day-old adults cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)].

Dose(gray)	Avg.longevity(days)		Avg.mating frequency	Avg amount of sperm in female spermatheca
	Male	Female	Spermatophores/ ♀	
0	6.45_a	6.0_a	1.10_a	9.0_a
100	6.0_a	6.35_a	1.60_a	7.45_{ab}
150	6.60_a	6.95_a	1.40_a	5.15_{bc}
200	6.11_a	6.30_a	1.45_a	5.25_{bc}
250	6.0_a	6.75_a	0.95_a	4.30_c
300	6.45_a	6.50_a	0.85_a	4.0_c

Means in columns followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level as determined by Duncan's New Multiple Range Test.

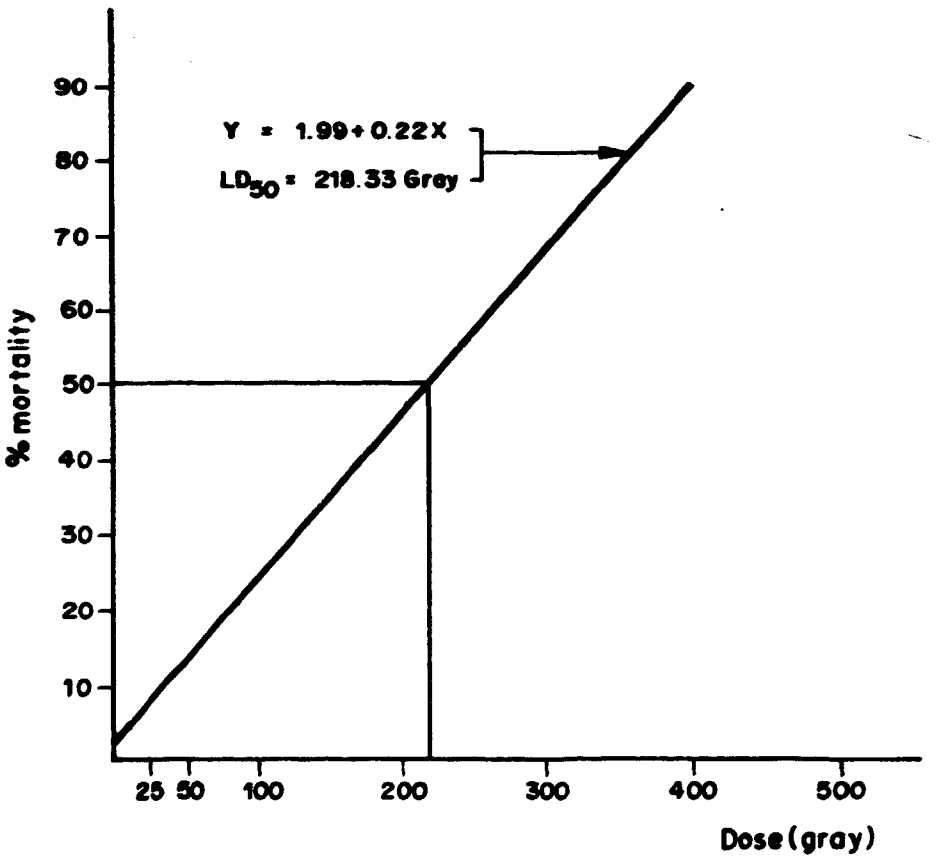

FIG.3.3.1.1 The relationship between dose and percent mortality of 2-day-old cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hubner)] eggs at 26±1°C.

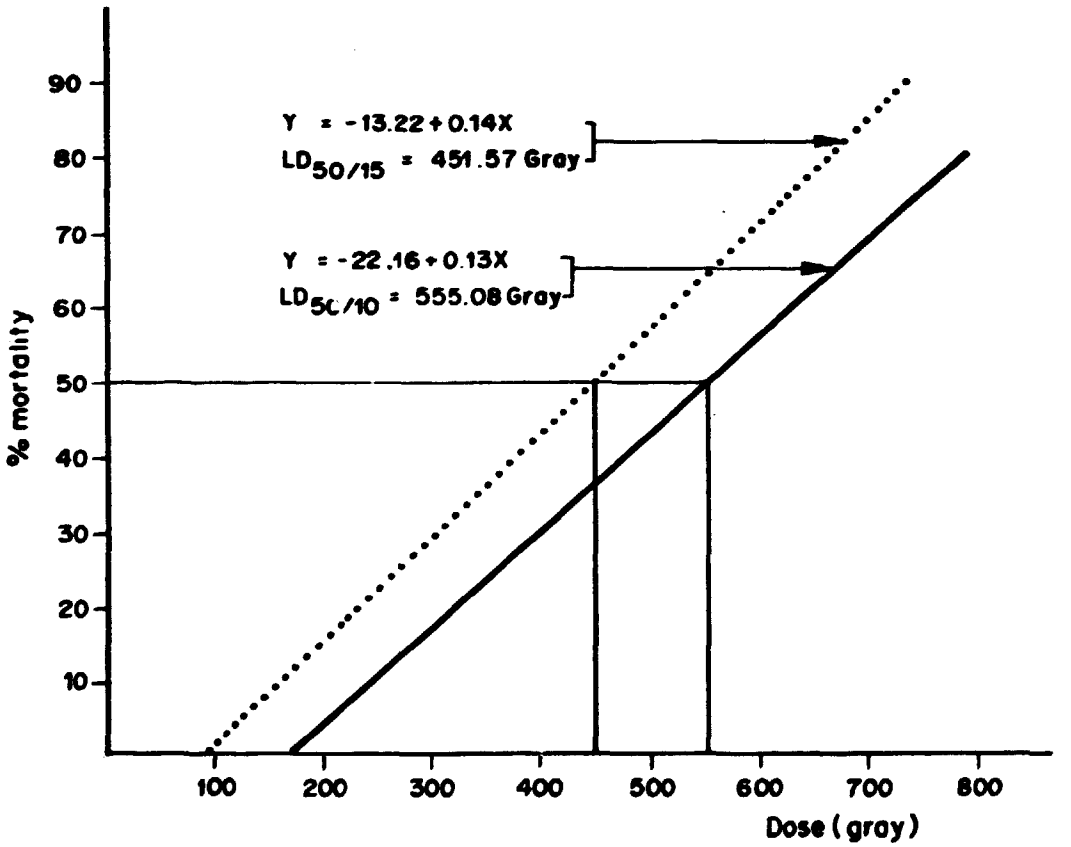

FIG. 3.3.1.2 The relationship between dose and percent mortality of 10-day-old cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] larvae at 10 and 15 days after irradiation.

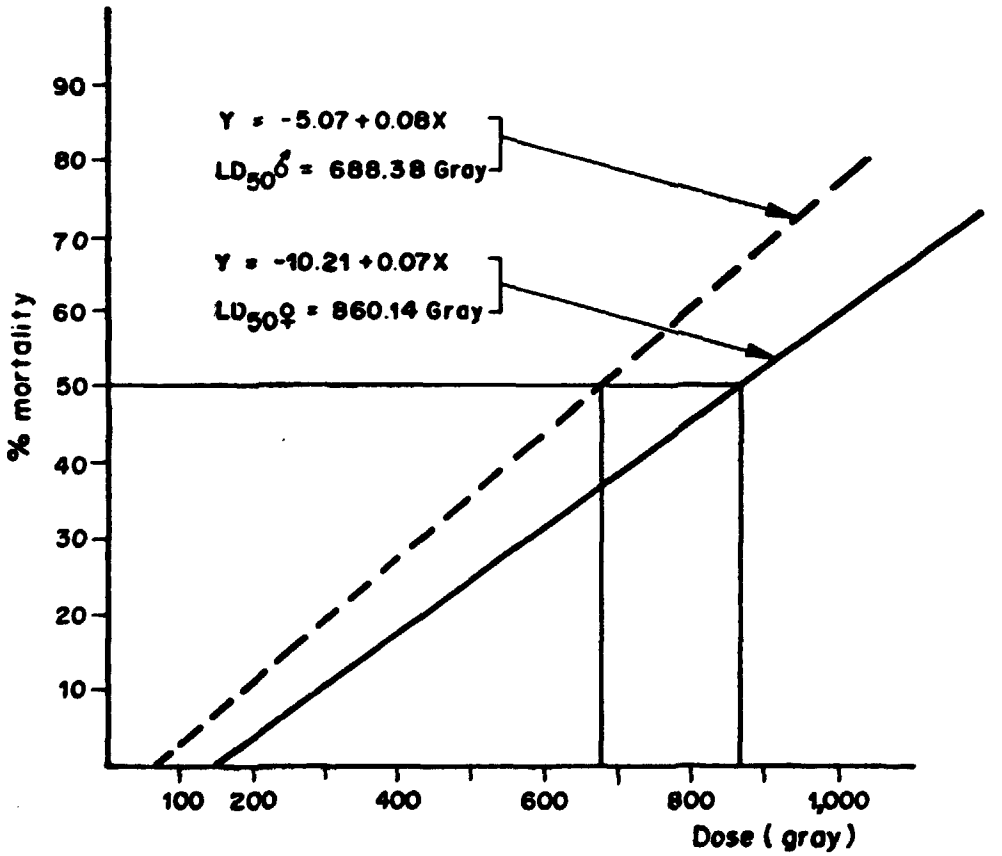

FIG. 3.3.1.3 The relationship between dose and percent mortality of 9 ± 1-day-old cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] male and female pupae.

FIG. 3.3.1.4 Malformed adults of the cotton bollworm [Helicoverpa armigera(Hubner)] emerged from irradiated pupae with 1,000 gray.

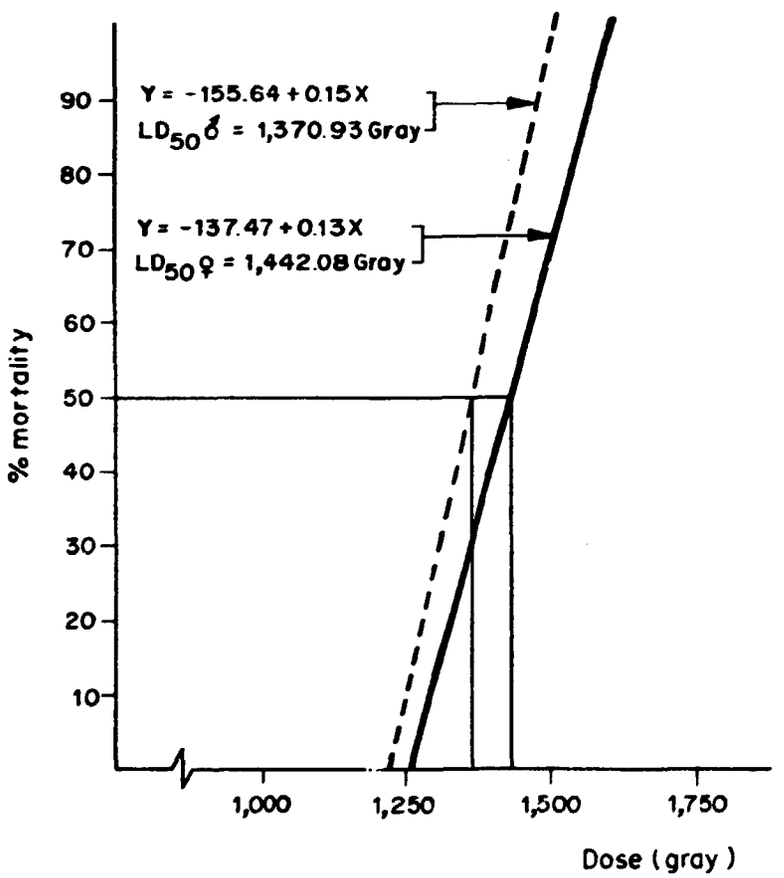

FIG.3.3.1.5 The relationship between dose and percent mortality of 1-day-old cotton bollworm [Helicoverpa armigena(Hubner)] male and female adults.

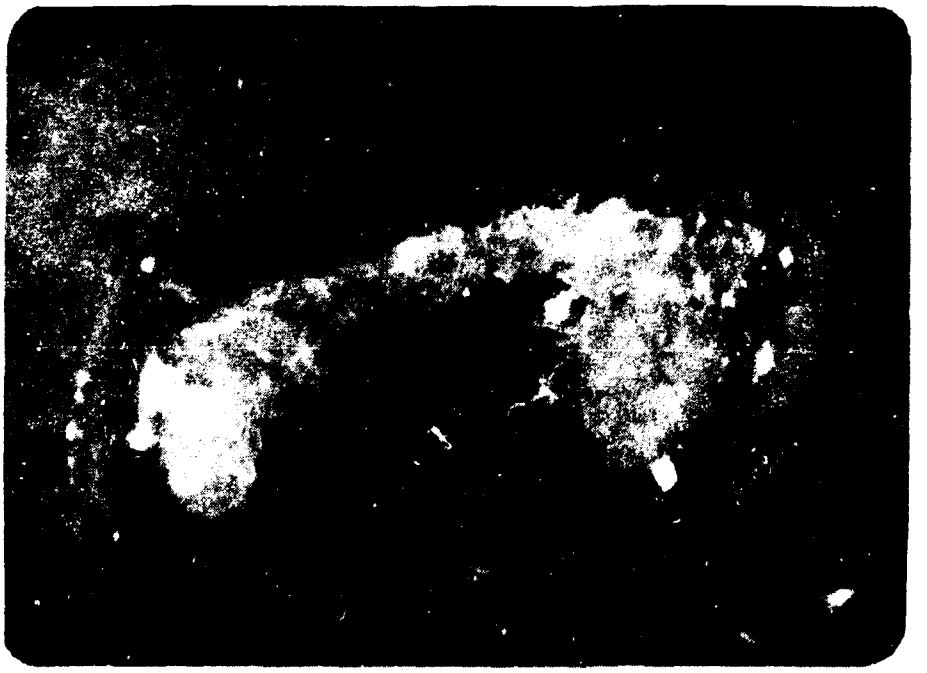

FIG. 3.3.3.2.1 Bursa copulatrix of the cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)]. (12.5X)

A = cervix bursae B = corpus bursae

FIG. 3.3.3.3.1 Sperms of the cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)].(10X).

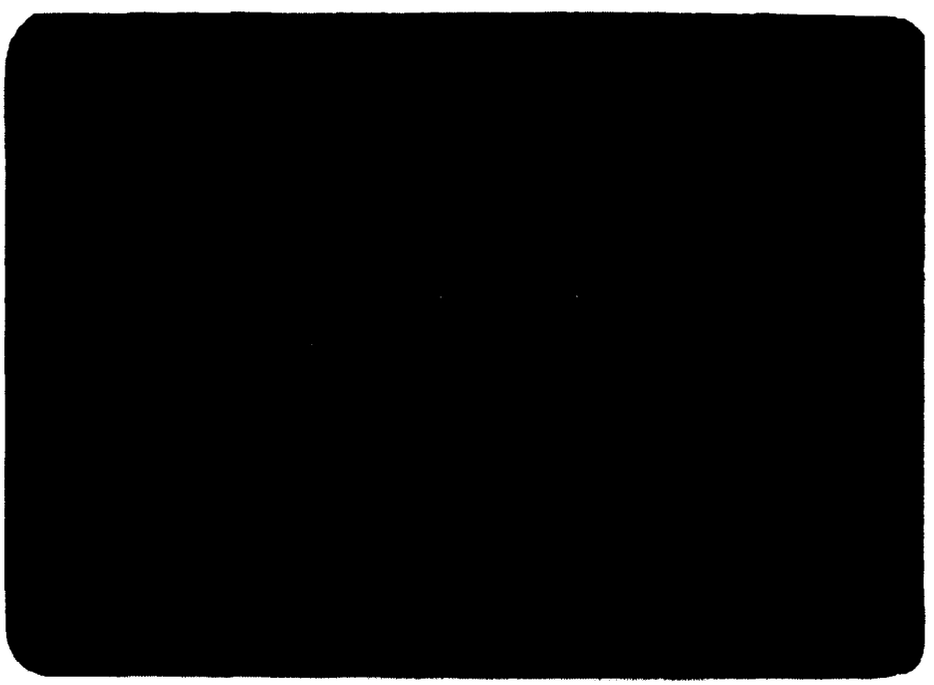

FIG.3.3.3.3.2 Spermatheca of the cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)]. (20X)

A = spermathecal gland B = utriculus

C = lagena

เอกสารอ้างอิง

(1) วิมลศรี เทวะยลิน ประเทืองศรี สินชัยศรี และ ไพจิตร จันทรวงศ์ "การเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันและองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดฝ้ายพันธุ์มาตรฐาน 12 พันธุ์ เพื่อประโยชน์ในการบริโภค" รายงานประจำปี 2518 กรมวิชาการเกษตร, 1-8 (2518).

(2) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร "เรื่องน่ารู้ทางการเกษตร" ข่าวเศรษฐกิจการเกษตร 27, 3-10 (2525).

(3) สว่าง วังบุญคง "หนอนเจาะสมออเมริกัน" แมลงศัตรูฝ้าย สาขาแมลงศัตรูฝ้ายและพืชเส้นใย กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, 1-4 (2521).

(4) IAEA,"Recommendations of this panel", Application of induced sterility for control of lepidopterous populations. (Proc.Panel Vienna, 1970), IAEA, Vienna 169 (197).

(5) Loaharanu, S. and Boonchuay, P., "Experiments on the rearing of the cotton bollworm, Heliothis armigera (Hbn.) in the mung bean diet" Thai AEC-72, (1974).

(6) Ouye, M.T., Graham, H.M., Richmond, C.A. and Martin, D. "Mating studies of the pink bollworm" J. Econ. Ent, 57, 222-22 (1964).

(7) Mourikis, P.A. and Alexopoulou, P.V., "The behavior of adults of Heliothis armigera (Hhn.) (Lepidoptera : Noctuida under laboratory conditions" Ent. Abstr, 2, 3970 (1973).

(8) Butt, B.A. and Cantu, E., "Sex determination of lepidopterous" USDA ARS (Ser.) 33-75, 7 (1962).

(9) Abbott, W.S., "A method of computing the effectiveness of an insecticide" J. Econ. Ent, 16, 265-267 (1925).

(10) Lukefahr, M.J., "Research being conducted on Heliothis spp. at southwestern cotton insects research laboratory, brownsville, Texas", Ecology and behavior of the Heliothis complex as related to the sterile-male technique. (Proc. Panel Vienna, 1970), IAEA, Vienna 190 (1971).

(11) Ouye, M.T., "Effects of antimicrobial agents on micro-organisms and pink bollworm development" J. Econ. Ent, 55, 854-857 (1962).

(12) Loaharanu, S., Chiravathanapong, S. and Koachuong, P., "An improvement on the artificial rearing of the armyworm, Spodoptera (Laphgma) exiqua Hb. and the gamma sterilization of the male armyworm" Thai AEC-55, 7-11 (1972).

(13) Beck, S.D. and Chippendale, G.M., "Environmental and behavioural aspects of the mass rearing of plant-feeding lepidopterous", Radiation, radioisotopes and rearing methods in the control of insect pests. (Proc. Panel Vienna, 1967), IAEA, Vienna 148 (1968).

(14) Isley, D., "Relation of host to abundance of cotton bollworm Rev. Appl. Ent. Ser. A, 24, 295 (1936).

(15) Nikishina, E.S., "The effect of different fedding regimes and photoperiods on the formation of seasonal population of Heliothis armigera (Hubner) (Lepidoptera : Noctuidae) Rev. Appl. Ent. Ser. A, 64, 350 (1976).

(16) สวาง วังบุญคง และเกศรา จีระจรรยา, "การศึกษาชีวประวัติแมลงศัตรูฝ้าย" รายงานประจำปี 2525 กรมวิชาการเกษตร, 110-114 (2515)

(17) อวยชัย สมิตะสิริ, "การศึกษาอัตราการเพิ่มโดยกรรมพันธุ์ของหนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน Heliothis armigera (Hubner) บนฝ้ายพันธุ์ต่าง ๆ" กรุงเทพ : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, (2523).

(18) El Sayed, E.I. and Graves, J.B., "Effects of gamma radiation on the tobacco budworm. I. irradiation of pupae" J. Econ. Ent, 62, 289-293 (1969).

(19) El Sayed, E.I. and Graves, J.B., "Effects of gamma radiation on the tobacco budwor. II. irradiation of moths" J. Econ. Ent, 62, 293-296 (1969).

(20) Lindquist, A.W., "Factor influencing the induction of sterility in insect", Insect population control by the sterile-male technique. Report of a Panel Held in Vienna. Technical Reports Ser. No. 21, IAEA, Vienna, 59 (1963).

(21) Hough, W.S., "Effects of gamma radiation on codling moth eggs" J. Econ. Ent, 56, 660-663 (1963).

(22) Godwin, P.A., Rule, H.D. and Waters, W.E., "some effects of gamma irradiation on the gypsy moth, Porthetria dispar" J. Econ. Ent, 57, 986-990 (1964).

(23) Reichle, D.E., Lethal effects of gamma radiation on egg and larvae of the bagworm, Thyridopteryx ephemerae formis" Ann. Ent. Soc. Am, 62, 1113-1117 (1969).

(24) Walker, D.W., Munoz, V.Q. and Padovani, F., "Effect of gamma irradiation on immature sugarcane borers", Sterility principle for insect control or eradication. (Proc Symp. Vienna 1970), IAEA, Vienna 542 (1971).

(25) El Sayed, E.I. and Graves, J.B., "Effects of gamma radiation on the tobacco budworm. III. irradiation of eggs and larvae" J. Econ. Ent, 62, 296-298 (1969).

(26) O'Brien, R.D. and Wolfe, L.S., Radiation, radioactivity and insects. Academic Press, New York and London, 211, 1964.

(27) Vinson, S.B., London, R.L. and Bartlett, A.C., "Effect of gamma radiation on tissues of the tobacco budworm Heliothis virescens" Ann. Ent. Soc. Am, 62,1340-1347 (1969).

(28) Wolfenbarger, D.A., Guerra, A.A. and Robinson, S.H., "Tobacco budworm : sterilization, sexual competitiveness, and sperm transfer of moths reared from eggs irradiated with cobalt-60". J. Econ. Ent., 66, 1067-1070 (1973).

(29) Ouye, M.T., Garcia, R.S. and Martin, D.F., "Optimum sterilizing dosage for pink bollworm" J. Econ. Ent., 57, 387-390 (1964).

(30) Snow, L.W., Young, J.R., Lewis, W.J. and Jones, R.L., "Sterilization of adult fall armyworms by gamma irradiation and its effect on competitiveness" J. Econ. Ent, 65, 1431-1433 (1972).

(31) Flint, H.M. and Kessin, E.L., "Gamma irradiation of pupae of the tobacco budworm" J. Econ. Ent, 60, 1655-1659

(32) Flint, H.M. and Kessin, E.L., "Gamma irradiation of the tobacco budworm : sterilization, competitiveness, and observations on reproductive biology" J. Econ. Ent., 61, 477-483 (1968).

(33) Proverbs, M.D. and Newton, J.R., "Some effects of gamma radiation on the reproductive potential of the codling moth, Carpocapsa pomonella (L.) (Lepidoptera : Noctuidae)" Can. Ent. 94, 1162-1170 (1962).

(34) Cheng, W.Y., "Components of the sterility induced in late stage male pupae of the sugarcane gray borer, Eucosma schistaeeana (Lepidoptera : Olethreutidae), with gamma radiation" Ann. Ent. Soc. Am, 62, 1106-1112 (1969).

(35) Snow, J.W., Jones, R.L., North, D.T. and Holt, G.G., "Effects of irradiation on ability of adult male corn earworms to transfer sperm, and field altractiveness of females mated to irradiated males" J. Econ. Ent, 65, 906-908 (1972).

(36) Rule, H.D. Godwin, P.A. and Waters, W.E., "Irraidation effects on spermatogenesis in the gypsy moth, Porthetria dispar (L)" J. Inst. Physiol, 11, 369-378 (1965).

(37) Holt, G.G. and North, D.T., "Effects of gamma irradiation on the mechanisms of sperm transfer in Trichoplusia ni" J. Inst. Physiol, 16, 2211-2222 (1970).

(38) Flint, H.M. and Kessin, E.L., "Transfer of sperm by irradiated, Heliothis virescens (Lepidoptera : Noctuidae) and relationship to fecundity" Can Ent, 101, 500-507 (1969).

(39) Yanders, A.F., "The effects of X-rays on insemination and sperm retention in Drosophila" Genetics 49, 309-317 (1964).

(40) North, D.T. and Holt, G.G., "Genetic and cytogenetic basis of radiation-induced sterility in the adult male cabbage looper, Trichoplusia ni", Isotopes and radiation in entomology. (Proc Symp. Vienna, 1967), IAEA, Vienna 428 (1968).

(41) Walker, D.W., "Potential for control of the sugarcane borer through radio-induced sterility", Radiation, radio-isotopes and rearing methods in the control of insect pests. (Proc. Panel Vienna, 1967), IAEA, Vienna 148 (1968).

(42) Proshold, F.I. and Bartell, J.A., "Inherited sterility and postembryonic survival of two generations of tobacco budworms, Heliothis virescens (L.) (Lepidoptera : Noctuidae), from partially sterile males" Can. Ent. 104, 221-230 (1972).

(43) Fossati, A., Stahl, J. and Granges, J., "Effect of gamma irradiation dose on the reproductive performance of the P and F_1 generations in the codling moth, Laspeyresia pomonella (L.)", Application of induced sterility for control of lepidopterae populations. (Proc. Panel Vienna, 1970), IAEA, Vienna 169 (1971).

(44) North, D.T. and Holt, G.G., "Inherited sterility and it use in population suppression of lepidoptera", Application of induced sterility for control of lepidopterous populations. (Proc. Panel Vienna, 1970), IAEA, Vienna 169 (1971).

Appendix

TABLE 1 Appendix Effects of gamma irradiation on the larval and pupal mortality, and adult eclosion and malformation of 10-day-old cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)]

Dose (gray)	% mortality			% adult eclosion	% adult malformation
	Larvae	Pupae	Total		
0	5.25	13.5	18.75	81.25	4.0
100	29.0	59.0	88.0	12.0	62.5
200	71.0	24.0	100.0		
400	100.0				
600	100.0				
800	100.0				

TABLE 2 Appendix Effects of gamma irradiation on adult eclosion and malformation of 9 ± 1-day-old cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] pupae.

Dose(gray)	Male		Female	
	% adult eclosion	% adult malformation	% adult eclosion	% adult malformation
0	97	19.59_a	95	30.50_a
100	90	23.33_a	94	28.75_a
200	88	26.14_a	92	29.35_a
400	68	41.18_b	86	45.35_b
600	59	57.63_c	67	56.72_b
800	41	95.12_d	48	85.42_c
1,000	25	96.0_d	35	91.43_c

Means in columns followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level as determined by Duncan's New Multiple Range Test.

TABLE 3 Appendix Effects of gamma irradiation on egg hatch, larval and pupal mortality, adult eclosion and malformation of 2-day-old cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] eggs.

Dose(gray)	% egg hatch	% mortality			% adult eclosion	% adult malformation
		Larvae	Pupae	Total		
0	72.25_{a}	16.35	18.24	34.59_{a}	65.41	1.83_{a}
5	74.0_{a}	20.86	19.05	39.91_{a}	60.09	2.16_{a}
10	71.75_{a}	33.08	4.62	37.70_{a}	62.30	3.53_{a}
20	76.50_{a}	24.93	21.44	46.37_{ab}	53.63	5.54_{a}
30	65.25_{a}	88.03	18.99	47.02_{ab}	52.98	6.58_{a}
40	83.75_{a}	32.67	28.93	61.60_{b}	38.40	20.59_{b}

Means in columns followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level as determined by Duncan's New Multiple Range Test.

TABLE 4 Appendix Effects of gamma irradiation on larval and pupal mortality, adult eclosion and malformation of 13-day-old cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] larvae.

Dose (gray)	% mortality			% adult eclosion	% adult malformation
	Larvae	Pupae	Total		
0	13.5	11.25	24.75_{a}	75.25	8.31_{a}
25	20.0	18.25	38.25_{b}	61.75	11.34_{a}
50	29.5	23.75	53.25_{c}	46.75	11.76_{a}
75	27.75	50.0	77.75_{d}	22.25	25.84_{b}

Means in columns followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level as determined by Duncan's New Multiple Range Test.

TABLE 5 Appendix Effects of gamma irradiation on adult eclosion and malformation of 9 ± 1-day-old cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] pupae.

Dose(gray)	Male		Female	
	% adult eclosion	% adult malformation	% adult eclosion	% adult malformation
0	100_{a}	1.0_{a}	99	1.0
50	97_{ab}	1.04_{a}	98	2.04
100	93_{bc}	4.32_{a}	92	3.27
150	91_{bc}	6.39_{a}	93	6.57
200	89_{cd}	5.59_{a}	92	2.13
250	83_{d}	8.49_{a}	98	4.08

Means in columns followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level as determined by Duncan's New Multiple Range Test.

TABLE 6 Appendix Effect of gamma irradiation on sperm motility of cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] adults emerged from irradiated 2-day-old eggs.

Dose (gray)	Avg motility of sperm in female spermatheca
0	7.90_{a}
5	6.65_{a}
10	6.20_{a}
20	5.75_{a}
30	2.10_{b}
40	0.55_{b}

Means followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level as determined by Duncan's New Multiple Range Test.

TABLE 7 Appendix Effect of gamma irradiation on sperm motility of cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)] adults emerged from irradiated 9 ± 1-day-old pupae.

Dose (gray)	Avg motility of sperm in female spermatheca
0	8.15_{a}
50	7.05_{a}
100	4.10_{b}
150	3.60_{b}
200	0.45_{c}
250	0.35_{c}

Means followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level as determined by Duncan's New Multiple Range Test.

TABLE 8 Appendix Effect of gamma irradiation on sperm motility of irradiated 1-day-old adults cotton bollworm [Helicoverpa armigera (Hübner)]

Dose (gray)	Avg motility of sperm in female spermatheca
0	8.50_{a}
100	4.60_{b}
150	2.95_{bc}
200	1.95_{cd}
250	0.35_{de}
300	0.10_{e}

Means followed by the same letter are not significantly different at the 5 % level as determined by Duncan's New Multiple Range Test.