บทนำ

ตัวไหม (silkworm) เป็นแมลงชนิดหนึ่งชื่อ Bombyx mori Linn อยู่ใน family Bombyxidae แมลงชนิดนี้เมื่อเป็นดักแด้จะสร้าง cocoon ด้วยเส้นใยไหมซึ่งมนุษย์รู้จักนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ เช่น ทอเป็นเครื่องนุ่งห่ม นับตั้งแต่ประมาณ ๒๕๐๐ ปีก่อนคริสตศักราช (Metcalf and Flint, 1951)

B. mori เป็นแมลงที่มี metamorphosis แบบ holometabola หรือ complete metamorphosis มีการเจริญเป็นขั้น ๆ คือ ไข่ (egg) ตัวหนอน (larva) ดักแด้ (pupa) และตัวแก่ (adult) Life cycle หนึ่งกินเวลาประมาณ ๔๕ - ๕๗ วัน ซึ่งทั้งนี้แล้วแต่ฤดูกาลที่เลี้ยงด้วย

ไหมที่นำมาศึกษามี ๒ พันธุ์คือ พันธุ์ที่มีการหยุดพักการเจริญเติบโต (diapausing strain) และพันธุ์ที่ไม่มีการหยุดพักการเจริญเติบโต (non-diapausing strain)

ก. Diapause

หมายถึงการหยุดพักการเจริญเติบโตแบบหนึ่งในแมลง การหยุดพักแบบนี้นับเป็น adaptation ที่สำคัญอย่างหนึ่งของแมลงหลายชนิด เพราะนอกจากการเจริญเติบโตจะหยุดชงักแล้ว metabolic activities ต่าง ๆ ก็ต่ำลงด้วย ใน giant silkworm พวก cecropia พบว่าอัตราของ oxygen consumption ใน pupal diapause ลดลงเหลือ ๑.๔ % ของ larva ที่โตเต็มที่ (Schneiderman and Williams, 1953) ระยะที่มี diapause นี้ความทนทานต่อสภาพแวดล้อมจะสูงกว่าปกติ diapause อาจเกิดระยะใดระยะหนึ่งของ life cycle ก็ได้ เช่นใน giant silkworms Platysamia cecropia และ Antheraea pernyi มี diapause ในระยะดักแด้ส่วนดักแด้ Melanoplus differentialis และไหม Bombyx mori มี diapause ในระยะที่เป็นไข่

diapause ของไข่ไหม ไข่ไหมมี diapause ๒ แบบ คือ Obligatory diapause เป็น diapause ที่เกิดขึ้นอย่างแน่นอน และ facultative diapause เป็น diapause ที่เกิดขึ้นไม่แน่นอนคืออาจเกิดหรือไม่เกิด diapause ก็ได้ การหยุดเจริญของ embryo ขณะ diapause นั้นเกิดขึ้นภายหลังจากวางไข่แล้วประมาณ ๓๐ ชั่วโมง (Lees 1955)

ข. อาหารของหนอนไหม

ตามธรรมชาติอาหารของหนอนไหมคือใบหม่อน (Morus alba) จากการทดลองเกี่ยวกับการเลือกอาหารของตัวไหมพบว่า larva เมื่อหิวจะกินใบไม้ได้หลายชนิด แต่การเจริญเติบโตและ metamorphosis จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อได้อาหารจากใบหม่อน (สุนีย์ สุวภีพันธุ์ ๒๕๐๖)

ค. Sensitivity ต่อ physical factors

จากการทดลองเลี้ยงไหมจะพบว่ามี factor สำคัญที่ต้องระวังอยู่ ๒ อย่าง คือ อุณหภูมิและความชื้น โดยปกติสัตว์เลือดเย็นนั้นจะมีการเจริญเติบโตได้เร็วในที่อุณหภูมิอากาศสูงมากกว่าที่อุณหภูมิอากาศต่ำ แต่อุณหภูมิสูงก็ต้องมีขอบเขตจำกัดที่จะทนได้ถ้าเกินขอบเขตไป การเจริญเติบโตอาจช้าลงหรือทำให้ตายได้ ไหมพันธุ์ diapause เลี้ยงในเมืองไทยขณะฤดูร้อนปรากฏว่าตายง่ายกว่าพันธุ์ non-diapause ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไหมพันธุ์ diapause ทนต่ออุณหภูมิได้ในขอบเขตที่ต่ำกว่าไหมพันธุ์ non-diapause การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศขณะเลี้ยงไหม ก็มีความสำคัญเพราะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการเกิดโรคบางอย่างของไหมด้วย (กรมกสิกรรม พ.ศ. ๒๕๐๖)

สำหรับความชื้นโดยเฉพาะ relative humidity จะมีความสำคัญเกี่ยวกับการระเหยน้ำออกจากตัวไหม ความชื้นที่มากเกินไปนั้น นอกจากการระเหยน้ำจากตัวจะเป็นไปอย่างลำบากแล้วยังทำให้เชื้อโรคพวกแบคทีเรียและราเจริญดีด้วย

การทดลองเพื่อจะศึกษาถึง sensitivity ของไหมต่อ physical factors ต่าง ๆ จึงเป็นเรื่องน่าสนใจ แต่ปัญหาเกี่ยวกับการcontrol phygical factorต่าง ๆ นั้นได้มากน้อยเพียงใดก็เป็นสิ่งต้องคำนึงถึงด้วย การเลือกเอาการฉายรังสีซึ่งเป็น physical factorอันหนึ่งสำหรับทำการทดลองครั้งนี้จึงนับเป็นวิธีสควกและแน่นอนวิธีหนึ่ง

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ในการค้นคว้าเกี่ยวกับการเจริญเติบโตและ sensitivity ต่อรังสีแกมม่าที่มีต่อ (Bombyx mori L) ในระยะต่าง ๆ

๑. เพื่อศึกษา life cycle ของไหมจำพวก diapause, non diapause และ hybrid ระหว่างพันธุ์ทั้งสอง

๒. เปรียบเทียบ growth rate และdifferentiation ของไหมลูกผสมกับพันธุ์พื้นเมือง

๓. ศึกษา sensitivity ของไหมในระยะต่าง ๆ กันโดยใช้รังสีแกมม่าเป็น physical factor ในการทดลอง

อุปกรณ์และวิธีการ

ก. อุปกรณ์

๑. ไหม Bombyx mori L. มี ๓ พวก คือ

๑) Diapause strain[1] เป็นพันธุ์ที่มีการหยุดพักการเจริญเติบโตในระยะที่เป็นไข่ มีการเจริญเพียง generation เดียวในรอบปี (univoltine)

๒) Non-diapause strain[2] ไม่มีระยะหยุดพักมีการเจริญหลาย gencration ในรอบปี (polyvoltine)

๓) Hybrid ลูกผสมซึ่งแบ่งเป็น ๒ ประเภท คือ

ก. ลูกผสมที่เกิดจากแม่เป็นพันธุ์ diapause พ่อเป็นพันธุ์ non-diapause

ข. ลูกผสมที่เกิดจากแม่เป็นพันธุ์ non-diapause พ่อเป็นพันธุ์ diapause

๒. อาหาร เลี้ยงด้วยใบหม่อน(Morus alba) ซึ่งปลูกภายในบริเวณจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

๓. รังสีแกมม่า ได้จาก Co^{60} และเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย -1 แบบสระน้ำที่บางเขน

๔. ภาชนะสำหรับใส่หนอนไหมคือ Petri dish ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๐ ซม. สูงประมาณ ๑.๕ ซม. และกล่องกระดาษแข็งขนาดกว้าง ๕ นิ้ว ยาว ๑๑ นิ้ว ด้านบนปิดด้วยผ้าโปร่งเป็นภาชนะรองด้วยกระดาษกรองหรือกระดาษซับ

๕. ตู้โปร่งบุด้วยมุ้งลวดทุกด้าน สำหรับเก็บภาชนะที่ใส่หนอนไหม ข้างตู้หล่อน้ำกันมด

๖. เครื่องชั่งชนิดละเอียด

๗. Divider ไม้โปรแทคเตอร์ และเส้นด้ายสำหรับวัดขนาด cocoon และความยาวของไหม

---

[1]. Pure line ซื้อจากบริษัท Turtox สหรัฐอเมริกา

[2]. Pure line โดยความเอื้อเฟื้อจากอาจารย์ชาญ อาภาสัทย์ นำมาจากอุบลราชธานี

ข. วิธีการ

๑. วิธีเลี้ยงไหม

๑) ภาชนะที่ใส่ไหม larva instar ที่ ๑-๒ เลี้ยงใน Petri dish ที่รองก้นจานด้วยกระดาษซับเพื่อดูดน้ำที่ larva ปล่อยออกมา เลี้ยงไหมพวกละ ๓๐ ตัว แบ่งเลี้ยงใน Petri dish จานละ ๑๐ ตัว เมื่อไหมโตขึ้นตั้งแต่ instars ที่ ๓-๕ เปลี่ยนภาชนะจาก Petri dish เป็นเลี้ยงในกล่องกระดาษแข็ง

๒) อาหารและจำนวนครั้งที่ให้อาหาร อาหารที่ใช้เลี้ยงคือใบหม่อน ฉีกใบเวลาเลี้ยงไหมที่ฟักออกใหม่ ๆ ให้กินใบอ่อน เมื่ออายุมากขึ้นก็ให้ใบแก่ขึ้นตามลำดับ ให้อาหารวันละ ๕ ครั้ง ระหว่างเวลา ๘.๐๐ น. ถึง ๑๘.๐๐ น.

๓) วิธีเลือกคู่ผสมพันธุ์ ใช้วิธีจับคู่ผสมโดยเลือกตัวที่แข็งแรงผสมพันธุ์ที่ออกจากรังนานประมาณ ๑ ชั่วโมงครึ่ง จึงจับแยกให้ไข่แต่ละแม่ไม่ปนกัน สำหรับการทำ stock ถ้าเป็นพวก diapause เก็บระยะที่เป็นไข่ โดยนำไข่ที่ออกนาเก็บที่อุณหภูมิห้อง ๑๕ วัน จึงนำไปใส่ตู้เย็น (๕ ซ° - ๘ ซ°) ไม่น้อยกว่า ๔๕ วัน เวลาเลี้ยงแบ่งออกทีละแม่ ส่วนพวก non-diapause นั้นไม่มีระยะพักเก็บลงเลี้ยง stock ติดต่อกันตลอดเวลา รุ่นละ ๑ ถึง ๕ แม่

๒. วิธีวัดความเจริญของไหม

๑) วัดระยะต่าง ๆ ของไหม

ก) ไข่ (eggs) ไข่ diapause กับไข่ non-diapause สังเกตลักษณะได้ดังนี้คือ ไข่ diapause มักไม่ติดกระดาษและสีไข่มักเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีเทาภายในเวลา ๒-๓ วัน หลังจากวางไข่ ส่วนไข่ non-diapause ไข่มักติดกระดาษ และไม่เปลี่ยนสีคงเป็นสีเหลืองจนกระทั่งสองวันก่อนฟัก คือประมาณ ๗ วัน หลังจากวางไข่จึงเริ่มเห็นจุดสีดำบนไข่ก่อน ต่อจากนั้นสีไข่จะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีเทาเข้มหรือสีดำจนกระทั่งตัวหนอนฟักออกมา

ข) ตัวหนอน(Larvae) ตัวหนอนมีทั้งหมด ๕ ระยะด้วยกัน ก่อนลอกคราบเปลี่ยนระยะแต่ละครั้งไหมจะนอน คือหยุดกินอาหารและหยุดเคลื่อนไหวประมาณ ๑ วัน การตัดสินตัวหนอนระยะต่าง ๆ

นอกจากจะนับจากจำนวนครั้งที่ลอกคราบแล้ว ยังใช้ขนาดของหัว (head capsule) เป็นเครื่องตัดสินด้วย ทั้งนี้เพราะขนาดของหัวนั้นจะเพิ่มขึ้นเฉพาะเมื่อหนอนเปลี่ยนระยะเท่านั้น ลักษณะตามลำตัวสังเกตได้ดังนี้คือ ระยะที่ ๑ ลำตัวสีน้ำตาลเข้มมีขนยาว หัวสีดำ ระยะที่ ๒ ถึง ๕ นั้น สีของลำตัวและสีของหัวจะค่อย ๆ จางลง ขนตามลำตัวสั้นมากต้องส่องดูด้วยกล้องขยาย การเจริญเติบโตเป็นไปอย่างรวดเร็ว ในระยะท้ายคือระยะที่ ๔ และที่ ๕

ค) ระยะไหมสุก (Prepupa) เป็นระยะที่ตัวหนอนเริ่มหยุดกินอาหาร ลำตัวใส ชาวบ้านเรียกกันว่าไหมสุก ระยะนี้ไหมจะชักใยหุ้มตัวเรียกว่า cocoon ใยไหมผลิตจากต่อมไหมซึ่งเปลี่ยนแปลงมาจาก salivary gland (Wigglesworth,1956) เส้นไหมเป็นสารพวก albuminoid proteins ชนิดหนึ่งประกอบไปด้วย fibroin ๗๕ เปอร์เซนต์ และ serisin ๒๕ เปอร์เซนต์ serisin หุ้มอยู่ภายนอกและละลายได้ในน้ำอุ่น (Metcalf and Flint, 1951)

ง) ดักแด้ (pupa) เมื่อไหมสร้าง cocoon เสร็จจะลอกคราบเปลี่ยนเป็นดักแด้อยู่ภายใน cocoon การนับระยะเวลาดักแด้ในการทดลองครั้งนี้นับตั้งแต่ระยะก่อนดักแด้ คือเมื่อไหมเริ่มทำรังจนกระทั่ง adult เจาะออกมาจากรัง

จ) ตัวแก่ (adult) มีลักษณะเป็นผีเสื้อกลางคืน สีครีม ไม่กินอาหาร เมื่อออกจากรังจะผสมพันธุ์ทันที ตัวเมียจะเริ่มวางไข่ภายใน ๒๔ ชั่วโมง

๒) การชั่งน้ำหนัก ใช้เครื่องชั่งแบบละเอียดชั่งครั้งละประมาณ ๑๐ ตัว คำนวณหาน้ำหนักเฉลี่ย ๑ ตัว ตั้งแต่หนอนระยะที่ ๑ ถึงที่ ๕

๓) การวัดความยาวของ larva วัดขณะ larva อิ่มภายหลังจากให้อาหารแล้วสักครู่หนึ่งใบผ่อนที่มีตัวไหมอยู่ด้วยวางลงบนกระดาษสีขาว พยายามให้ตัวไหมอยู่บนกระดาษขณะที่ตัวหนอนอยู่นิ่งใช้ดินสอขีดเส้นลงบนกระดาษให้ขนานกับความยาวของตัวหนอนจากส่วนหัวสุดถึงส่วนหางสุด เมื่อนำตัวไหมออกแล้ววางเส้นด้ายทาบลงตามเส้นดินสอที่ขีดไว้ นำเส้นด้ายวัดเทียบกับไม้โปรแทคเตอร์อีกทีหนึ่ง

๔) การวัดขนาดของ cocoon ใช้ dividers วัดแล้วเทียบความยาวกับไม้โปรแทคเตอร์ ความกว้างวัดตรงกึ่งกลาง cocoon ส่วนความยาววัดตามส่วนที่ยาวที่สุดจากปลายข้างหนึ่งมายังปลายอีกข้างหนึ่ง ทั้งนี้วัดเฉพาะขอบเขตส่วนที่แข็งเท่านั้น ไม่รวมปุยไหมชั้นนอก

๓. วิธีทำลายสภาพ diapause

การทำให้ไข่เสิกอยู่ในสภาพ diapause เปลี่ยนเป็นไข่ที่มีการเจริญเติบโต นั้นใช้วิธีเก็บไข่ให้เจริญในอุณหภูมิห้อง (๓๖ ซ°) ๑๕ วัน แล้วนำเข้าตู้เย็น (๕ - ๘ ซ°) เป็นเวลา ๘๖ - ๑๓๖ วัน ต่อจากนั้นนำออกมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง larva จะฟักออกจากไข่ในระยะเวลาประมาณ ๑๖ วัน

๔. วิธีการฉายรังสี

รังสีที่ฉายก็อรังสีแกมม่าซึ่งได้จากแหล่งกำเนิด ๒ ชนิด คือ จากโคบอลต์ ๖๐ ที่สวนลุมพินี ณ การแสดง "งานปรมาณู" ที่มีขึ้นระหว่างวันที่ ๑๙ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๐๕ ถึงวันที่ ๑๗ ธันวาคม ศ.ศ. ๒๕๐๕ และจากยูเรเนียม^{๒๓๕} ณ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย -๑ แบบสระน้ำ บางเขน dose ที่ฉายตั้งแต่ ๑,๐๐๐ r ถึง ๑๐,๐๐๐ r dose rateประมาณ ๕๐๐- ๑,๐๐๐ r / min stage ต่าง ๆ ที่ฉายก็อไข่ pupa และ adult

ภาชนะที่ใส่ไหมขณะฉายรังสีไข่และadult ก็อหลอดพลาสติก ส่วน pupa ใส่ห่อด้วยกระดาษสีขาวธรรมดา

ผลการทดลอง

ก. ผลเกี่ยวกับการเจริญเติบโต

1. Life Cycle

ตารางที่ ๑ Life cycle ของไหม

Type of Silkworm	Egg (days)			Larva (days)					Pupa (days)	Adult (days)	Period from 1st Instar to adult
	Pre chilled	Chilled	Post Chilled	1st Instar	2nd Instar	3rd Instar	4th Instar	5th Instar			
AA	17	109	9	4	3	5	7	9	14	1	43
TT	11	-	-	4	3	5	7	10	13	1	43
AT	20	97	7	3	4	3	6	7	14	1	38
TA	10	-	-	5	4	4	7	9	14	1	44

หมายเหตุ

AA = diapause strain

TT = non-diapause strain

AT = first generation hybrid (♀ diapause strain X ♂ non-diapause strain)

TA = first generation hybrid (♀ non-diapause strain X ♂ diapause strain)

ไข่ไหมพวกพันธุ์แท้ diapause และลูกผสมที่เกิดจากแม่พันธุ์ diapause เป็นไข่ไหมชนิด diapause จะหยุดเจริญจนกว่าจะนำไป chill ที่ ๕ - ๘ ซ° ก่อนจึงจะฟักเป็น larva ส่วนพวกพันธุ์แท้ non-diapause และลูกผสมที่เกิดจากแม่พันธุ์ non-diapause ไข่เป็นชนิด non-diapause จะเจริญต่อและฟักเป็น larva ได้โดยไม่ต้องผ่านอุณหภูมิ chilling ระยะเวลา life cycle ของไหมที่ปรากฏใน Table 1 นี้ได้จากการเลี้ยงไหมเมื่อเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๐๕ ซึ่งมีอุณหภูมิห้องเฉลี่ย ๒๗.๖ ซ° และความชื้นสัมพัทธ์ในห้องเลี้ยงไหมเฉลี่ย*๘๙.๘๔ % เป็นพันธุ์แท้ diapause และลูกผสมที่เกิดจากแม่พันธุ์ diapause ส่วนพันธุ์แท้ non-diapause และลูกผสมที่เกิดจากแม่พันธุ์ non-diapause เลี้ยงเมื่อเดือนอันวาคม พ.ศ. ๒๕๐๕ ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย*๒๔.๘ ซ° และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย*๘๖.๕ % เมื่อเทียบระยะเวลาตั้งแต่ larva 1st instar จนถึงวันที่ adult ไข่จะเห็นว่าพันธุ์แท้ทั้งสองพันธุ์และลูกผสมที่เกิดจากพันธุ์แม่ non-diapause ใช้ระยะเวลาใกล้เคียงกันคือประมาณ ๘๓ วัน ส่วนลูกผสมที่เกิดจากพันธุ์แม่ diapause ใช้ระยะเวลาสั้นกว่าเล็กน้อยคือ ๓๘ วัน

๒.การฟัก

ตารางที่ ๒ เปรียบเทียบการฟักระหว่างพันธุ์ diapause (AA),non-diapause (TT) และลูกผสม (AT, TA)

Parent	Type of egg	Chilling (days)	Total number of eggs	Number of larva hatched	Hatching (%)
AA	diapause	109	300	239	79.7
TT	non-diapause	-	261	257	98.4
AT	diapause	97	300	295	98.3
TA	non-diapause	-	151	143	98.6

จากตารางข้างต้นโดยทั่ว ๆ ไปการฟักของไข่ทั้งชนิด diapause และnon-diapauseจะประมาณ ๙๘ % ยกเว้นในกรณีที่มี chilling period ๑๐๙ วัน การฟักจะลดลงเหลือประมาณ ๘๐ %

* จากกลางอากาศประจำถิ่น กรมอุตุนิยมวิทยา

๓. การตาย

ตารางที่ ๓ แสดงการตายของไหมตั้งแต่ระยะ larva จนถึง adult

Type of Silkworm	Number of larva	Number of dead silkworm								Total number of dead silkworm	Death (%)
		1st Instar	2nd Instar	3rd Instar	4th Instar	5th Instar	Pre pupa	pupa	Adult		
AA	30	-	-	-	-	-	-	2+2*	-	4	13.3
TT	30	-	-	-	-	1	-	-	1	2	6.7
AT	30	-	1	-	-	-	-	-	-	1	3.3
TA	30	-	-	-	2	-	-	-	-	2	6.7

* ไม่สร้าง cocoon

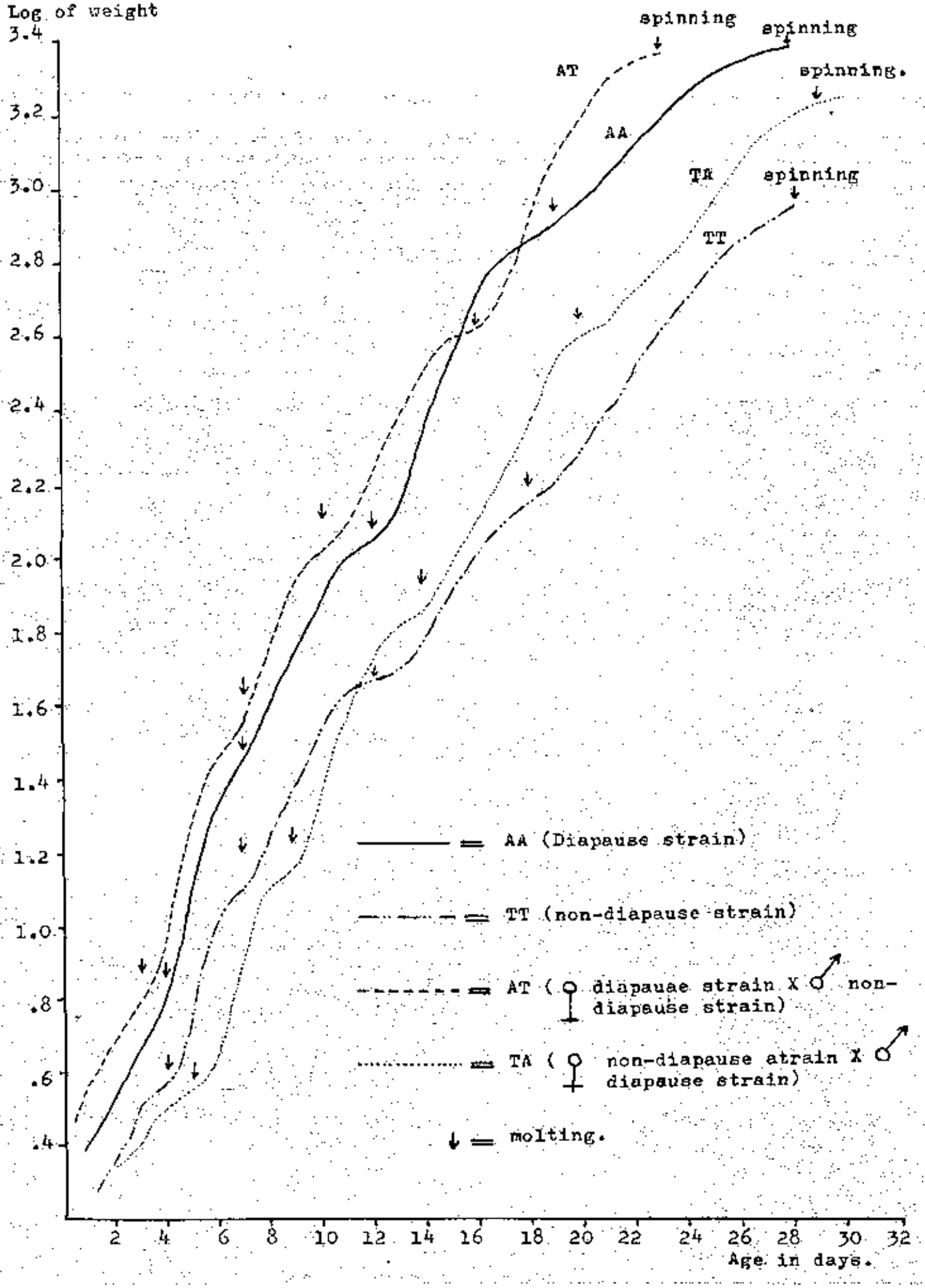
ในการเลี้ยงไหมจากจำนวน larva ๓๐ ตัวนี้ แยกเลี้ยงในกล่องกระดาษเป็นกล่องละ ๑๐ ตัว พันธุ์ diapause มีการตายมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ เล็กน้อย และมักตายในระยะ pupa

ตารางที่ ๔ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของ larva อายุต่าง ๆ กันในไหมพันธุ์ diapause (AA), non-diapause (TT) และลูกผสม (AT, TA)

AA				TT				AT				TA			
Age (days)	Stage	Weight* (mgs)	Log of weight	Age (days)	Stage	Weight* (mgs)	Log of weight	Age (days)	Stage	Weight* (mgs)	Log of weight	Age (days)	Stage	Weight* (mgs)	Log of weight
0		0.7	1.8451	2	1st Instar	2.3	0.3617	2	1st Instar	4.8	0.6812	1		0.7	1.8451
1	1st Instar	2.5	0.3979	3		3.2	0.5051	3		6.3	0.7993	3	1st Instar	2.5	0.3979
4		7.5	0.7851	4		3.5	0.5441	7	2nd Instar	35.6	1.5514	4		2.9	0.4624
6	2nd Instar	23.3	1.3674	5	2nd Instar	9.0	0.9542	9	3rd Instar	87.6	1.9425	5		3.5	0.5441
8		38.3	1.5832	7		13.0	1.1139	12		154.1	2.1878	6		6.0	0.7782
11	3rd Instar	103.8	2.0161	8		18.0	1.2553	14		337.2	2.5279	8	2nd Instar	13.4	1.1271
13		151.3	2.1798	9	3rd Instar	26.6	1.4249	15	4th Instar	410.9	2.6137	9		14.0	1.1461
14		227.7	2.3574	11		40.1	1.6821	16		430.3	2.6338	10		22.1	1.3444
15		349.0	2.5428	12		39.5	1.5966	17		525.6	2.7210	13	3rd Instar	60.8	1.7839
16		479.3	2.6806	13		49.6	1.6955	18		880.2	2.9446	14		74.3	1.8710
17	4th Instar	633.6	2.8018	14		55.2	1.7412	19		1084.4	3.0351	15		88.6	1.9474
18		706.6	2.8492	16	4th Instar	105.4	2.0229	20		1550.2	3.1903	17		168.8	2.2274
19		799.1	2.9026	18		146.0	2.1644	21	5th Instar	1883.6	3.2749	18	4th Instar	207.0	2.3160
20		925.9	2.9665	19		164.6	2.2164	22		2141.7	3.3306	19		292.3	2.4658
21		1131.2	3.0535	22		317.0	2.5011	23		2186.7	3.3397	20		400.6	2.6025
22		1307.6	3.1162	23		387.9	2.5887	24		2388.8	3.3781	22		464.6	2.6671
23		1637.5	3.2140	24	5th Instar	492.9	2.6928					24		671.8	2.8272
24	5th Instar	1859.2	3.2693	26		691.1	2.8396					25		786.0	2.8954
25		2083.6	3.3187	28		895.6	2.9521					27	5th Instar	1363.8	3.1345
26		2312.4	3.3640									29		1688.2	3.2273
27		2506.0	3.3989									30		1714.6	3.2340
28		2466.1	3.3920									32		1973.0	3.2952

*= น้ำหนักเฉลี่ย ๑ ตัว จากการชั่ง ๓ ซ้ำ ๆ ละ ประมาณ ๑๐ ตัว

กราฟที่ ๑ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Log ของน้ำหนักกับอายุของ Larva.



๕. ขนาด cocoon

ตารางที่ ๕. ขนาด cocoon *

Type of cocoon	Number of cocoon	Average width (cms)	Average length (cms)
AA	27	1.50	3.45
TT	25	1.32	2.69
AT	29	1.62	3.46
TA	27	1.58	3.08

* วัดเฉพาะขอบเขตส่วนแข็งของ cocoon ความกว้างวัดที่ระดับกึ่งกลาง cocoon ส่วนความยาววัดที่ระดับปลายสุดทั้งสองของ cocoon

ลักษณะ cocoon พันธุ์ diapause มี cocoon คอดตรงกลาง ปลายทั้งสองมน พันธุ์ non-diapause มี cocoon ตรงกลางป่อง ปลายทั้งสองแหลม มีปุยไหมชั้นนอกมากกว่าพวก diapause ส่วนพวกลูกผสมทั้งสอง cocoon ตรงกลางไม่คอดปลายทั้งสองมน สำหรับขนาด cocoon พันธุ์ non-diapause เล็กกว่าพันธุ์ diapause ส่วนลูกผสมมีขนาดใกล้เคียงกับพันธุ์ diapause

ข. ผลเกี่ยวกับการฉายรังสี

๑. การฟัก

ตารางที่ ๖ การฟักของ developing egg ที่ฉายรังสีแกมม่าด้วยความแรง ๑,๐๐๐ r ถึง ๒,๐๐๐ r.

Age (days)	Dose (r)	Number of egg treated	Number of larva hatched	Hatching (%)
Control	-	281	231	82.2
D + 0	1,000	100	81	81.0
D + 0	2,000	100	9	9.0
Control	-	261	257	98.4
ND_{1d}	1,000	260	221	85.0
ND_{2d}	1,000	294	211	71.7
ND_{3d}	1,000	267	258	96.6
ND_{4d}	1,000	274	203	74.1
ND_{5d}	1,000	288	278	96.5

หมายเหตุ D + = Post diapause developing egg

ND = Non-diapausing egg

ไข่พวก post diapause developing egg นำไปฉายรังสีทันทีที่นำออกจากตู้เย็น ก่อนนำเข้าตู้เย็นได้เก็บไว้เจริญที่อุณหภูมิห้อง ๑๔ วัน หลังจากนั้นจึงได้นำเข้า chill ในตู้เย็น ๕ - ๘ ซ. ๑๓๐ วัน การฟักเกิดภายหลังจากฉายรังสีแล้ว ๘ วัน ส่วนพวก non-diapausing egg นำไปฉายรังสีที่อายุต่าง ๆ กัน คือ ตั้งแต่ ๑ วัน ถึง ๕ วัน โดยใช้ไข่จำนวนอย่างละแม่ การฟักของไข่ที่ถูกรังสีที่มีความแรง ๑,๐๐๐ r มีเปอร์เซนต์การฟักใกล้เคียงกับ control แต่ที่ความแรงรังสี ๒,๐๐๐ r เปอร์เซนต์การฟักลดลงเหลือ ๙ %

ตารางที่ ๔ การฟักของ Diapausing egg[1] ที่ฉายรังสีแกมม่าด้วยความแรง ๒,๐๐๐ r ถึง ๑๐,๐๐๐ r

Dose (r)	Duration(days) between post chill and first larva hatched	Duration(days) between first and last larva hatched	Number of egg treated	Number of larva hatched	Hatching %
Control	10	26	50	27	54.0
2,000	10	24	40	24	60.0
4,000	14	22	40	11	27.5
6,000	18	13	40	4	10.0
8,000	35	1	40	1	2.5
10,000	-	-	40	0	0

หมายเหตุ หลังจากฉายรังสีแล้วเก็บที่อุณหภูมิห้อง ๑๕ วัน จึงนำไป chill ในตู้เย็น ๔ - ๘ ซ° เป็นเวลา ๔๐ วัน

การฉายรังสีขณะไข่กำลัง diapause จะเห็นว่าการฟักของไข่ขึ้นอยู่กับความแรงของรังสี ที่ความแรงรังสี ๒,๐๐๐ r มีการฟักใกล้เคียงกับ control แต่เมื่อความแรงเพิ่มขึ้นการฟักจะลดน้อยลงจนไม่มีการฟักเลยที่ความแรงรังสี ๑๐๐๐๐ r

331539

[1] ไข่ชุดนี้ได้จากสหรัฐอเมริกาโดยตรง ขณะขนส่งอาจมีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

ตารางที่ 4 การฟักของไข่ไหมพันธุ์แท้ non-diapause ที่เกิดจากพ่อแม่ที่ถูกรังสีแกมมา ในระยะ pupaและ adult

Group*	Stage	Dose (r)	Number of pupa treated	Number of dead pupa	Parent Number.	Total number of eggs	Number larva hatched	Hatching %
1	control	-	15	2	1	294	287	97.6
					2	250	245	98.0
	P_1	1,000	15	8	1	243	217	89.3
	P_2^1	1,000	15	1	1	216	180	83.3
					2	291	263	90.4
					3	262	217	82.8
					4	256	204	79.7
	P_1	2,000	15	3	1	171	131	76.6
					2	208	137	65.9
					3	223	175	78.0
	P_2	2,000	15	2	1	184	114	61.9
					2	239	2	.8
2	control		15	1	1	236	220	93.2
					2	252	240	95.2
	P_{6-7}	2,000	15	1	1	213	85	39.9
					2	263	73	27.8
					3	210	47	22.4
					4	220	68	30.9
					5	210	109	51.9
	F_{6-7}	4,000	15	-	1	189	2	1.1
					2	236	9	3.8
					3	191	3	1.6
					4	195	0	0
					5	232	0	0
	P_{6-7}	6,000	15	1	1	246	0	0
					2	180	0	0
	Ad (pre.fert.)				3	229	0	0
		2,000	2	-	1	216	70	32.4
3	control	-	15	1	1	307	239	79.9
					2	358	331	92.5
	P_{6-7}	8,000	15	-	1	348	0	0
					2	350	0	0
					3	351	0	0
					4	330	0	0
					5	337	0	0

* group 1 โดยความเอื้อเฟื้อจากสถานีสงเสริมการเลี้ยงไหม จังหวัดขอนแก่น

group 2 และ 3 จากชาวบ้านจังหวัดนครปฐม

P_1 = Pupa อายุ ๑ วัน (นับจากวันเริ่มดำรัง)

P_2 = Pupa อายุ ๒ วัน (นับจากวันเริ่มดำรัง)

P_{6-7}= Pupa อายุ ๖ ถึง ๗ วัน (นับจากวันเริ่มดำรัง)

Ad (Pre.fert) = Adult ก่อนผสมพันธุ์

จากตารางที่ 8 ความแรงรังสี ๑,๐๐๐ r ถึง ๘,๐๐๐ r มีผลต่อการตายของ pupa และจำนวนไข่ที่วางใน ๑ แม่น้อยมาก แต่การฟักของไข่นั้นขึ้นกับความแรงของรังสี และอายุของ pupa ขณะฉายรังสี ใน pupa ที่ถูกรังสีเมื่ออายุ ๖-๗ วัน ถ้าใช้ความแรงเกิน ๔,๐๐๐ r ไข่ที่เกิดจากพ่อแม่พวกนี้จะไม่มีการฟักเลย และที่ความแรงรังสี ๖,๐๐๐ r เท่ากับฉายใน pupa ที่อายุ ๑, ๖ วัน และ๖ - ๗ วัน เปอร์เซนต์การฟักของไข่ที่เกิดจากพ่อแม่ที่ถูกรังสีขณะ pupa อายุ ๑ - ๖ วัน จะมากกว่าเปอร์เซนต์การฟักของไข่ที่เกิดจากพ่อแม่ที่ถูกรังสีขณะเป็น pupa อายุ ๖ - ๗ วัน สำหรับไข่ที่เกิดจากพ่อแม่ที่ถูกรังสีในระยะ adult ก่อนผสมพันธุ์จะมีเปอร์เซนต์การฟักใกล้เคียงกับไข่ที่เกิดจากพ่อแม่ที่ถูกรังสีขณะเป็น pupa เมื่ออายุ ๖ - ๗ วัน

๖. อัตราการตาย

ตารางที่ ๕ การตายของไหมตั้งแต่ระยะ larva หลังจากที่ฟักออกจากไข่ที่ถูกรังสีแกมม่าความแรง ๑,๐๐๐

Age of irradiated egg	Number of larva	Number of dead silkworm								Total number of dead silkworm	Death (%)
		1st Instar	2nd Instar	3rd Instar	4th Instar	5th Instar	Pre pupa	pupa	adult		
Control	30	-	-	-	-	1	-	-	1	2	6.7
ND_{1d}	30	-	-	-	-	-	1	-	-	1	3.3
ND_{2d}	30	-	-	2	7	-	-	1	1	11	36.7
ND_{3d}	30	1	1	1	-	-	-		1	4	13.3
ND_{4d}	30	1	1	1	-	1	-	1+1*	-	6	20.0
ND_{5d}	30	3	3	-	1	-	-	..	1	8	26.7

* ไม่สร้าง cocoon

อาการก่อนตายมักจะมีการบิดตัวอย่างแรง หลังจากนั้นจะหยุดนิ่งไม่ยอมกินอาหาร ต่อมาจะตายตามลำตัวแห้ง

๓. อัตราการเจริญเติบโต

ตารางที่ ๑๑ เปรียบเทียบความยาวของ larva (cm)ตายุ ๓๑ วัน ที่ฟักออกจากไข่ที่ถูกรังสี แกมมา ๑๐๐๐ r

Control	Age of irradiated egg (days)					
	ND_{1d}	ND_{2d}	ND_{3d}	ND_{4d}	ND_{5d}	Remark
3.6*	1.5[3]	2.7	2.8	1.8	1.9	[3] = 3rd Instar
3.7*	3.6*	3.8*	3.8	1.9	2.0	[4] = 4th Instar
3.9*	3.8*	3.9	3.9	1.9	2.1	* = Prepupa
3.9*	3.8*	4.0	3.9	1.9[4]	2.3	P = Pupa
4.0	3.8*	4.0	3.9	2.1[4]	2.5	
4.2*	3.9	4.0	4.1	2.5	2.7	
4.2	4.1	4.1	4.1	2.7	2.7	
4.2	4.1	4.1	4.1	3.0	2.8	
4.3	4.1	4.3	4.2	3.0	2.9	
4.3	4.1	4.3	4.3	3.5	3.0	
4.3	4.2	4.3	4.3	3.7	3.0	
4.4*	4.4*	4.5	4.3	3.8	3.0	
4.4	4.4	4.5	4.3	3.8	3.1	
4.6	4.5	4.6	4.4	3.9	3.2	
4.7	4.6	4.6	4.4	3.9	3.3	
P	4.7	4.6	4.4	3.9	3.3	
P	5.1	4.8	4.5	3.9	3.4	
P	P	P	4.5	4.0	3.5	
P	P	P	4.5	4.0	3.5	
P	P	P	4.5	4.1	3.5	
P	P		4.5	4.1	3.7	
P	P		4.6	4.2	3.8	
P	P		4.6	4.3	3.8	
P	P		4.6	4.3		
P	P		4.6	4.5		
P	P		4.7	4.5		
P	P		5.0	4.9		
Aver 4.2	4.0	4.1	4.1	3.5	2.7	

การวัดความยาวลำตัวของไหมกินอิ่มอยู่นิ่ง เปรียบเทียบเมื่ออายุ ๓๐ วัน จะพบว่า larva ที่ฟักจากไข่ถูกรังสีเมื่ออายุ ๓ ถึง ๕ วัน ยังไม่เริ่มทำรัง ส่วนพวกที่ถูกรังสีเมื่ออายุ ๑ ถึง ๒ วัน ทำรังแล้ว และเมื่อเทียบความยาวของ larva ที่ฟักจากไข่ที่ถูกรังสีเมื่ออายุ ๑ ถึง ๕ วัน พวกที่ฟักจากไข่ถูกรังสีเมื่ออายุ ๕ วัน จะมีความยาวน้อยที่สุด ส่วนพวกที่ไข่ถูกรังสีเมื่ออายุ ๑ ถึง ๓ วัน ความยาวของ larva จะใกล้เคียงกับ control

วิจารณ์และสรุปผล

ก. การเจริญเติบโตของไหมพันธุ์ diapause, non-diapause และลูกผสม

๑. Life Cycle

การศึกษา life cycle ของไหมตั้งแต่ไข่จนถึง adult ทดลองในไหม ๓ พันธุ์ คือ

๑. พันธุ์ diapause

๒. พันธุ์ non-diapause

๓. ลูกผสม generation แรกระหว่างพันธุ์ diapause กับพันธุ์ non-diapause ซึ่งจะมี ๒ ประเภทคือ ลูกผสมที่เกิดจากแม่เป็นพันธุ์ diapause กับลูกผสมที่เกิดจากแม่เป็นพันธุ์ non-diapause

จากตารางที่ ๑ จะเห็นว่าไข่ไหมพันธุ์ diapause และลูกผสมที่เกิดจากแม่พันธุ์ diapause จะมีช่วงระยะเวลาที่เป็นไข่ยาว ทั้งนี้เพราะเป็นไข่ diapause จึงต้องมีการทำลายสภาพ diapause ด้วยวิธี chilling ด้วยอุณหภูมิต่ำเสียก่อน ส่วนไหมพันธุ์ non-diapause และลูกผสมที่เกิดจากแม่พันธุ์ non-diapause ไข่เป็นชนิด non-diapause การฟักจะเกิดขึ้นภายหลังจากวางไข่ประมาณ ๑๐ - ๑๑ วัน life cycle หนึ่งถ้าไม่นับ chilling period ใช้เวลาเท่ากันคือ ๕๓ วัน โดยปกติไหมไทยซึ่งเป็นพันธุ์ non-diapause จะมี life cycle อยู่ระหว่าง ๔๖ - ๕๓ วัน (กรมกสิกรรม ๒๕๑๖) สำหรับ life cycle ของไหมที่ไข่เป็นประเภท diapause นั้น เนื่องจากระยะ chilling เป็นระยะเวลาประมาณ ๘๑ ถึง ๑๓๑ วัน การรวมเวลาเปรียบเทียบจึงจะเริ่มตั้งแต่ larva จนถึง adult ถ้าไม่นับระยะที่เป็นไข่แล้วจะเห็นว่าไหมทั้ง ๓ พันธุ์ใช้เวลาจนถึง adult ใกล้เคียงกัน คือประมาณ ๔๒ วัน ยกเว้นพวกลูกผสมแม่พันธุ์ diapause ที่ใช้เวลาสั้นกว่าเล็กน้อยคือประมาณ ๓๙ วัน ระยะเวลา instar ท้าย ๆ มักยาวกว่า instar ต้น ๆ อย่างไรก็ตามตัวเลขระยะเวลา instar ต่าง ๆ ที่ปรากฏในตารางที่ ๑ นี้ เป็นตัวเลขที่ได้จากระยะเวลาระหว่างการลอกคราบที่เกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่ บางตัวนั้นการลอกคราบจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้าไปกว่าปกติเล็กน้อย ดังจะเห็นได้จากการคาบเกี่ยวระหว่าง instar ในตารางที่ ๔

เนื่องจากการเลี้ยงครั้งนี้เป็นการเลี้ยงตามธรรมชาติไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น แต่ก็พยายามเลี้ยงในระยะเวลาใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เพราะระยะเวลา life cycle อาจเกี่ยวข้องกับ physical factor ที่เปลี่ยนไปตามฤดูกาล สำหรับอาหารที่เลี้ยงก็เป็นสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญ ถ้าเลี้ยงอาหารวันหนึ่งมากครั้ง การเจริญเติบโตจะเป็นไปเร็วกว่าเลี้ยงอาหารน้อยครั้ง ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงควบคุมอาหารโดยใช้หม่อนประเภทเดียวกันและกำหนดเวลาอาหารวันละ ๕ ครั้งเสมอกัน การให้อาหารครั้งหนึ่ง ๆ นั้นให้จนเหลือกินทุกครั้ง ตามชาวบ้านที่เลี้ยงกันมักให้อาหารวันละ ๒-๓ ครั้งเท่านั้น (อิ่ม ปะเสระกัง ๒๕๑๔)

อาจสรุปได้ว่า life cycle ของไหมพันธุ์ diapause, non-diapause และลูกผสมใช้เวลาตั้งแต่ larva จนถึง adult ใกล้เคียงกัน แต่ลูกผสมชนิดแม่เป็นพันธุ์ diapause นั้นใช้เวลาสั้นกว่าพันธุ์อื่นเล็กน้อย ระยะเวลาเหล่านี้อาจขึ้นอยู่กับ physical factor ภายนอก เช่นอุณหภูมิ ความชื้น และอาจขึ้นกับ sensitivity ของไหมต่อ physical factor ต่าง ๆ ด้วย (ดูข้อ ข. หน้า 24)

๒. <u>การฟักของลูกผสม</u>

เมื่อเก็บไข่ลูกผสมไว้ที่อุณหภูมิห้อง ปรากฏว่าประมาณ ๑๐ วัน ไข่ลูกผสมชนิดแม่เป็นพันธุ์ non-diapause จะฟักออกเป็นตัวและมีการฟักถึง ๙๘ % (ตารางที่ ๒) ซึ่งเป็นเปอร์เซนต์ที่สูงใกล้เคียงกับพันธุ์ non-diapause ส่วนไข่ลูกผสมที่เกิดจากแม่พันธุ์ diapause สีไข่จะเปลี่ยนเป็นสีเทา ลักษณะแบบไข่ diapause และเมื่อเก็บไว้ถึง ๓๐ วัน ก็ไม่ปรากฏว่าฟักออกเป็นตัว จึงนำไปเข้าตู้เย็น (๕ - ๘ °) เป็นเวลา ๙๗ วัน เมื่อนำออกมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง ปรากฏว่าไข่ฟักภายใน ๗ วัน และมีการฟักถึง ๙๕ เปอร์เซนต์ เช่นเดียวกับในไหมพันธุ์ non-diapause จากตารางที่ ๒ หน้า 9 เป็นที่น่าสังเกตว่าไข่ไหมที่ได้รับ cold treatment เป็นระยะเวลาประมาณ ๓ เดือน จะฟักเป็นตัวถึง ๙๘ % แต่ถ้าระยะ cold treatment ยาวถึง ๑๑๗ วันจะลดลงถึง ๗๙ % แสดงว่าอุณหภูมิที่ต่ำถึงแม้ว่าจะจำเป็นในการ break สภาพ diapause แต่ถ้ามีระยะ treatment ยาวเกินไปก็อาจทำให้อัตราการตายสูงขึ้นได้

อนึ่ง การที่ไข่ลูกผสมในชั่ว (generation) แรกมีลักษณะ diapause เหมือนพันธุ์แม่นั้น (ตารางที่ ๖) แสดงว่าลักษณะ diapause อาจเป็น cytoplasmic inheritance

๓. การตาย

จากการเลี้ยง larva อย่างละ ๓๐ ตัว ปรากฏว่าพันธุ์ diapause มีการตายมากกว่าพันธุ์อื่นเล็กน้อย และตายในระยะ pupa ซึ่งเป็นระยะที่มี metamorphosis ส่วนลูกผสมมีการตายใกล้เคียงกับพันธุ์ non-diapause. (ตารางที่ ๗) แสดงว่าลูกผสมมีความแข็งแรงไม่น้อยไปกว่าพันธุ์ non-diapause การที่มีการตายมากกว่าปกติในระยะ metamorphosis นั้นเป็นสิ่งที่คาดหวังไว้บ้าง เพราะในระยะนี้ตัวอ่อนมีการเปลี่ยนแปลงภายในระบบสรีรวิทยาอย่างมากมายและ sensitive ต่อสภาพแวดล้อมภายนอกมาก

๔. อัตราการเจริญเติบโต

ถ้าจะเปรียบเทียบน้ำหนักของ larva ที่มากที่สุดของไหมแต่ละพันธุ์ในหนึ่งตัว (ตารางที่ ๔) จะเห็นว่าไหมพันธุ์ diapause มีน้ำหนักมากกว่าพันธุ์ non-diapause เกือบ ๓ เท่า คือ ไหมพันธุ์ diapause น้ำหนักมากที่สุดถึง ๒๕๑๖ มิลลิกรัม ส่วนพันธุ์ non-diapause น้ำหนักมากที่สุด ๘๔๕ มิลลิกรัม สำหรับลูกผสมน้ำหนักมากที่สุดอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อกับพันธุ์แม่ และใกล้เคียงไปทางพันธุ์diapause คือลูกผสมที่เกิดจากแม่พันธุ์ diapause มีน้ำหนักประมาณ ๒๓๘๔ มิลลิกรัม และลูกผสมที่เกิดจากแม่พันธุ์ diapause มีน้ำหนักประมาณ ๑๙๓๓ มิลลิกรัม

การเจริญเติบโตจะมีการหยุดชงักในระยะไหมนอนประมาณ ๑ วัน ก่อนเปลี่ยน instar แต่ละครั้ง เพราะเป็นระยะที่ไหมไม่กินอาหารและลอกคราบ

อัตราเร็วการเจริญเติบโตระหว่างไหมพันธุ์ diapause กับ non-diapause นั้นเมื่อ larva อายุเพิ่มขึ้น น้ำหนัก larva จะต่างกันมากขึ้นด้วย แสดงว่าไหมพันธุ์ diapause มีการเจริญเติบโตเร็วกว่าพันธุ์ non-diapause แม้ว่า metamorphosis จะเกิดขึ้นเหมือนกันก็ตาม (ตารางที่ ๔ กราฟที่๑) ส่วนไหมลูกผสมมีอัตราเร็วการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับพันธุ์แม่ แต่ใน instar ท้ายไหมลูกผสมซึ่งเกิดจากแม่พันธุ์ non-diapause เจริญเร็วกว่าพันธุ์แม่เล็กน้อย การทำรังหรือเริ่ม metamorphosis นั้น ลูกผสมที่เกิดจากแม่พันธุ์ diapause ทำรังเมื่อ larva อายุ ๒๓ วัน เร็วกว่าพันธุ์อื่น ๆ ประมาณ ๔-๕ วัน

พันธุ์อื่น ๆ คือ diapause, non-diapause และลูกผสมแม่พันธุ์ non-diapause ทำรังในเวลาใกล้เคียงกัน คือ เมื่อ larva อายุประมาณ ๒๔ วัน

๕. ขนาด cocoon

การวัดขนาด cocoon ทำภายหลังจากที่ไหมสร้างรังแล้ว ๔ - ๕ วัน ก่อน adult จะเจาะรังออกมา วัดเฉลี่ยจากรังจำนวน ๒๕ ถึง ๒๙ รัง จะเห็นว่าไหมพันธุ์ diapause ขนาดรังกว้างและยาวกว่าพันธุ์ non-diapause (ตารางที่ ๕) ส่วนลูกผสมขนาดรังใกล้เคียงกับพันธุ์ diapause แม้ว่าส่วนกว้างจะกว้างกว่าเล็กน้อย ก็เป็นเพราะรังลูกผสมมีลักษณะป่องไม่คอดตรงกลางแบบรังไหม diapause ความยาวของรังไนไหมลูกผสมแม่พันธุ์ non-diapause จะอยู่ระหว่างพันธุ์ diapause กับ non-diapause ลักษณะของรังลูกผสมจะเห็นว่าไม่เหมือนพันธุ์พ่อหรือพันธุ์แม่ พันธุ์ใดพันธุ์หนึ่งทั้งหมด แต่มีลักษณะผสมระหว่างสองพันธุ์ แสดงว่า gene ที่ควบคุมลักษณะรังไม่ได้มีลักษณะ complete dominance

การที่ขนาดรังลูกผสมซึ่งมีแม่พันธุ์ diapause มีขนาดใกล้เคียงกับพันธุ์แม่ซึ่งใหญ่กว่าพันธุ์พ่อซึ่งเป็นไหม non-diapause พื้นเมืองนั้น ทำให้น่าควรพิจารณาในการปรับปรุงพันธุ์ไหมเพื่อการผลิตปริมาณไหมอีกด้วย

๖. อิทธิพลของรังสีต่อการเจริญระยะต่าง ๆ

๑. การฟักของไข่

จากตารางที่ ๖ ฉายรังสีไข่ขณะกำลังเจริญเติบโตด้วยความแรง ๑,๐๐๐ r การฟักจะใกล้เคียงกับ control ส่วนที่ฉายด้วยความแรง ๖,๐๐๐ r การฟักน้อยลงเหลือเพียง ๕ เปอร์เซนต์ แสดงว่ารังสี ๑,๐๐๐ r เมื่อฉายในไข่ที่กำลังเจริญเติบโตทั้งพันธุ์ diapause และ non-diapause มีผลต่อการฟักของไข่น้อยมากหรือเกือบไม่มีเลย แต่เมื่อเพิ่มความแรงรังสีเป็น ๖,๐๐๐ r ทำให้การฟักของไข่ลดลง

การฟักของไข่ที่ฉายรังสีขณะ diapause (ตารางที่ ๗) ด้วยความแรง ๖,๐๐๐ r ถึง ๑๐,๐๐๐ r ปรากฏว่าที่ความแรง ๖,๐๐๐ r มีการฟักใกล้เคียงกับ control แม้ว่าการฟักของ control จะต่ำกว่าปกติ ทั้งนี้เนื่องจากไข่ชุดนี้เป็นไข่ที่ได้มาโดยตรงจากสหรัฐ

อาจถูกรบกวนมาแล้วระหว่างการขนส่ง ที่ความแรงรังสี ๖,๐๐๐ r เมื่อเทียบเปอร์เซนต์การฟักของไข่กับพวกที่ฉายรังสีขณะกำลังเจริญเติบโต (ตารางที่ ๖) จะเห็นว่าเปอร์เซนต์การฟักใกล้เคียงกันที่ความแรงรังสี ๖,๐๐๐ r แสดงว่าไข่ขณะ diapause มี sensitivity ต่อรังสีน้อยกว่าไข่ที่กำลังมีการเจริญเติบโต ที่เป็นเช่นนี้เพราะไข่ขณะ diapause การเจริญเติบโตจะหยุดชงัก physiological activity หลายอย่างช้าลง เช่น oxygen consumption ต่ำมาก (Schneiderman and Williams,1953) ไข่ตักแตน Melanoplus differentialis ระยะที่ diapause ก็ปรากฏว่ามี sensitivity ต่อ cyanide ต่ำมาก (Bodine,1934)

สำหรับการฉายรังสีในระยะ pupa และ adult (ตารางที่ ๘) เมื่อเทียบการฟักที่ความแรงรังสี ๖,๐๐๐ r จะเห็นว่าพวก P_1 ซึ่งเป็นไหมที่เริ่มทำรังมา ๑ วัน นั้นมีเปอร์เซนต์การฟักสูงกว่าพวก P_{6-7} ซึ่งเป็นไหมที่ทำรังมาแล้ว ๖ - ๗ วัน และสูงกว่า adult ก่อนผสมพันธุ์ ส่วน P_{6-7} กับ adult มีการฟักอยู่ในช่วงเดียวกันคือระหว่าง ๖๖.๔ ถึง ๕๑.๔ เปอร์เซนต์ แสดงว่า pupa อายุ ๑ วัน sensitive ต่อรังสีน้อยกว่า pupa อายุ ๖ - ๗ วัน และ adult ส่วน pupa อายุ ๖ - ๗ วัน กับ adult sensitive ต่อรังสีใกล้เคียงกัน สาเหตุอาจเนื่องจาก pupa อายุ ๑ วัน เป็นระยะที่ไหมกำลังชักใยเป็นระยะที่ขบวนการ growth และ differentiationไม่เกิดขึ้นเลย ส่วน pupa อายุ ๖ - ๗ วัน เป็นระยะก่อน metamorphosis ไปเป็น adult ๑ - ๖ วัน จึงเป็นระยะที่เซลล์ต่าง ๆ เริ่มกลับมี growth และมี differentiationใหม่เพื่อการเตรียมสร้างอวัยวะต่าง ๆ ของ adult (Roeder, 1953) การฟักขึ้นกับความแรงของรังสีที่ฉาย เมื่อเพิ่มความแรงรังสีการฟักจะลดลง ความแรงรังสีที่เกิน ๔,๐๐๐ r จะไม่มีการฟักเลย

อาจสรุปได้ว่าผลของรังสีต่อการฟักของไข่นั้น ระยะไข่ขณะ diapause มีน้อยที่สุด ถัดมาเป็นพวก pupa ที่เริ่มทำรังแล้ว ๑ - ๖ วัน pupa ที่เริ่มทำรัง ๖ - ๗ วัน กับ adult ก่อนผสมพันธุ์ sensitive ต่อรังสีใกล้เคียงกัน ส่วนไข่ที่ถูกรังสีขณะกำลังเจริญเติบโต sensitive ต่อรังสีมากที่สุด

๖. การเจริญเติบโต

๑) การตาย

การตายของไหมที่ฉายรังสีของไข่ non-diapause ขณะอายุ ๑ ถึง ๕ วัน (ตารางที่ ๔) เลี้ยงจากจำนวน larva ๓๐ ตัว จะปรากฏว่า larva ที่ฟักจากไข่ที่ถูกรังสีเมื่ออายุ ๒ ถึง ๕ วัน มีการตายมากกว่า control เล็กน้อย โดยเฉพาะพวกที่เกิดจากไข่ที่ถูกรังสีเมื่ออายุ ๒ วัน อย่างไรก็ตามปัญหาเกี่ยวกับการตายนี้เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับ genetics ของแต่ละแม่ด้วย เพราะ stock ที่เลี้ยงเล็กจึงเกิดมี interbreeding มาก ทำให้บางพวกอ่อนแอ ไหมที่ถูกรังสีเมื่ออายุ ๔ วัน มีบางตัวเป็น pupa โดยไม่สร้าง cocoon การไม่สร้าง cocoon นั้น ในไหมปกติก็พบอยู่เสมอ ส่วนสาเหตุนั้นเกิดได้ ๒ ประการ คือ ๑. ไหมเป็นโรค ๒. ต่อมไหมผิดปกติซึ่งเนื่องจากพันธุ์หรือจากสิ่งแวดล้อมภายนอก (กรมกสิกรรม ๒๕๐๖) ในการผิดปกติของต่อมไหมนี้อาจเกิดจาก X-ray irradiation ระยะที่เป็นไข่คือทำให้กลุ่มเซลล์ซึ่งมี potentiality จะเจริญเป็นต่อมไหมนั้นเกิดผิดปกติลง ซึ่งแบบนี้อาจจะจัดเป็น somatic mutation ได้

การตายของไหมที่ฉายรังสีในระยะ pupa (ตารางที่ ๘) ไม่ปรากฏว่ามีการตายที่ผิดปกติแม้ว่าความแรงรังสีจะสูงถึง ๘,๐๐๐ r ถ้าต้องการใช้รังสีฆ่า pupa จะต้องใช้ความแรงรังสีเกินกว่า ๘,๐๐๐ r

๒) อัตราการเจริญเติบโต

จากตารางที่ ๑ ซึ่งแสดงความยาวของ larva เมื่ออายุ ๓๐ วัน ภายหลังที่ฟักออกจากไข่ที่ฉายรังสี ๑,๐๐๐ r ขณะอายุ ๑ ถึง ๕ วัน เปรียบเทียบความยาวเฉลี่ยจะเห็นว่าพวกที่ถูกรังสีระยะไข่อายุ ๕ วัน มีความยาว larva น้อยที่สุด คือ ๒.๘ ซม. ถัดมาเป็นพวก ๔ วัน ส่วนพวก ๑ ถึง ๓ วัน ความยาวใกล้เคียงกับ control สำหรับอัตราเร็วของการเจริญเติบโตจะพบว่าพวกที่ฟักจากไข่ที่ถูกรังสีเมื่ออายุ ๓ - ๕ วัน มีการเจริญช้ากว่าปกติ ยังไม่มีการทำรังและเปลี่ยนเป็น pupa บางตัวยังอยู่ใน inster ที่ ๓ และ ๔ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า sensitivity ต่อรังสีของการเจริญเติบโตขึ้นอยู่กับอายุของไข่ขณะฉายรังสี ทั้งนี้อาจเนื่องจากไข่ที่อายุน้อย embryo มีแต่ growth คือการแบ่งเซลล์ส่วน differentiation ของระบบอวัยวะต่าง ๆ เกิดเมื่อไข่อายุมากขึ้น (Wigglesworth 1953; Roeder, 1953)

ในระยะที่ไข่ลายุยากขึ้นนี้ยังพบว่า activity ของ enzyme บางอย่างสูงกว่าในไข่ที่อายุน้อย ๆ ด้วย (Urbani,1962) ในแมลงสาบ periplaneta americana ก็ปรากฏว่า adult sensitive ต่อรังสีเบต้าตามอายุ เช่นเดียวกัน (Wharton and Wharton;1959) adult Drosophila melanogastes sensitive ต่อรังสีแกมม่าไม่ขึ้นตามกายุ (Baxter and Tuttle 1957)

การเจริญเติบโตของ pupa ที่ถูกรังสี ๑,๐๐๐ r ถึง ๔,๐๐๐ r ระยะเวลาฟักเป็น adult เกิดขึ้นอย่างปกติ (ตารางที่ ๔)

สำหรับการเปรียนเทียบลักษณะภายนอกของ adult ของไหมที่ถูกรังสีกับไม่ถูกรังสีเป็นเรื่องสังเกตได้ยาก ทั้งนี้เพราะ stock ไหมที่เลี้ยงเป็น control มีลักษณะแตกต่างกันออกไปหลายอย่าง เช่นมีทั้งปีกยาว ปีกกุด และปีกม้วนงอ อย่างไรก็ตาม สำหรับความแรงรังสีที่ทดลองครั้งนี้ ยังไม่พบลักษณะที่ผิดไปจาก control แต่ที่ความแรงรังสี ๑๐๐,๐๐๐ rep ภายในระยะ pupa ปรากฏว่า adult ที่เกิดมามีรูปร่างปีกและลำตัวผิดปกติ และที่ความแรงรังสี ๑๘๐,๐๐๐ rep ลักษณะ adult จะมีจุดตามตัว ปีกไม่เจริญ (Ariffov, etal 1958) ในแมลงปีกแข็ง Tribolium confusum ก็พบว่ารังสีเอกซ์ ทำให้ปีกลักษณะผิดปกติไป (Bock,1963) ในพืชก็เช่นกันส่วนใหญ่มักจะพบว่ารังสีทำให้การเจริญเติบโตช้าลง และลักษณะภายนอกผิดปกติไป แต่มีบาง dose ที่ทำให้การเจริญเติบโตดีกว่าปกติพบในข้าวสาลี Triticum aestivum (Osborne and Bacon, 1960)

๓. สภาพ diapause

ไข่ขณะ diapause เมื่อฉายด้วยรังสีที่มีความแรง ๖,๐๐๐ r ถึง ๑๒,๐๐๐ r แล้วนำมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง ๑๕ วัน ไม่ปรากฏว่ามีการฟักของไข่ โดยปกติแล้วไข่ที่มีการเจริญเติบโตจะฟักในระยะเวลา ๘ ถึง ๑๑ วัน แต่ภายหลังจากนำไป chill แล้วจึงมีการฟักเกิดขึ้น แสดงว่ารังสีไม่สามารถทำลายสภาพ diapause ได้

การทำลายสภาพ diapause นอกจากวิธีทั่ว ๆ ไปคือ treat ด้วยอุณหภูมิต่ำแล้วยังอาจใช้สาร เคมีพวก Wax solvent เช่น Xylol และ oil บางอย่างได้ซึ่งทดลองในไข่ตั๊กแตน Melanoplus differentialis (Slifer, 1958)