หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. <u>การเจริญเติบโตของไร</u>

จากการทดลองเพาะเลี้ยงไรบนเชื้อราในจานแก้วขนาด 15 x 100 ม.ม พบว่ามีขนาดเพียงพอในการทำเป็น stock โดยพบว่าครั้งแรกที่เพาะเชื้อราจนเต็มหน้าอาหารวุ้นแล้ว เชี่ยไรลงมาประมาณ 10-20 ตัว ภายในเวลา 1 วันจะพบว่ามีไรเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ภายในเวลา 7 วันพบว่ามีไรเกิดขึ้นกระจัดกระจายไปทั่วจานแก้ว สามารถนำมาใช้ศึกษาได้อย่างพอเพียง แต่ถ้าทิ้งไว้เป็นเวลา 20 วันขึ้นไป พบว่านอกเหนือจากการเจริญเติบโตแบบปกติแล้ว พบว่าภายในจานเพาะเลี้ยงจะมีจำนวนของ heteromorphic deutonymphหรือ hypopus เพิ่มขึ้นสูง เนื่องจากอาหารลดน้อยลง และของเสียที่ขับถ่ายออกมามีจำนวนมาก ทำให้อาหารแฉะมองเห็นคราบดำของของเสียเต็มไปหมด ไรจำนวนมากจะเกาะอยู่ตามบริเวณขอบ ๆ ของอาหารวุ้นและไต่ขึ้นมายังบริเวณฝาครอบได้ด้วย จะเห็นจุดขาว ๆ เล็ก ๆ เต็มบริเวณฝาครอบ ถ้าทิ้งจานเพาะเลี้ยงต่อไปเป็นเวลานานประมาณ 30-45 วัน จะพบว่าอาหารวุ้นค่อย ๆ แห้งและมีซากของตัวไรอยู่เต็มไปหมด จากการศึกษาการเจริญเติบโตของไรในระยะแรก ๆ นั้น ได้ทดลองในจานแก้ว โดยเขี่ยไข่ของไรมาวางไว้ในจานแก้วที่บรรจุอาหารราใบละ 1 ฟอง แล้วตรวจสอบดูการเจริญ พบว่าเมื่อไข่ฟักเป็นตัวอ่อนในตอนแรก ๆ จะสามารถมองเห็นได้ง่ายเนื่องจากไรยังเคลื่อนที่ไปได้ไม่ไกลนัก แต่ในชั่วโมงที่ 12 หลังจากเป็นตัวอ่อนแล้ว จะตรวจหาไรได้ยาก เนื่องจากจานแก้วมีขนาดใหญ่เกินไป ที่จะค้นหาไรที่มีขนาดเล็กได้ บางครั้งไรมักจะหากินในบริเวณที่อยู่ลึกลงไป จากการทดลอง 60การทดลองพบว่าสามารถตรวจสอบหาไรได้เพียง 1 หรือ 2 ตัวเท่านั้น และจะสามารถพบได้อีกก็เมื่อขนาดของไรโตเต็มที่ในระยะที่เป็นตัวเต็มวัย มักจะมองเห็นได้ชัดเจน จึงเปลี่ยน

การศึกษาการเจริญเติบโตของไรมาศึกษาในจานพลาสติกขนาดเล็ก ซึ่งจากการศึกษา พบว่ามีขนาดพอเพียงที่จะทำให้ราสามารถมีอาหารกินสำหรับการเจริญเติบโตจากไข่เป็นตัวเต็มวัยได้ และสามารถตรวจสอบหาไรในระยะต่าง ๆ ได้ทุกครั้ง ถึงแม้ว่าไรจะหากินอาหารในบริเวณลึก ๆ ก็ตาม โดยเฉพาะในระยะที่เป็น quiescent จะพบไรได้ง่าย เพราะมันจะอยู่บริเวณตอนผิวหน้าของรา จากการตรวจสอบพบว่าไข่ที่ถูกนำมาศึกษานี้จะฟักเป็นตัวอ่อนได้ช้ากว่าไข่ที่ไม่ได้เคลื่อนย้ายมาศึกษาเพียงเล็กน้อย อาจเป็นเพราะว่าไข่ที่นำมาศึกษานี้ได้รับความกระทบกระเทือนในขณะที่เคลื่อนย้าย เมื่อไข่ฟักเป็นตัวอ่อนพบว่าบริเวณนั้นจะมีร่องรอยของราถูกกัดกินเลย แสดงว่าตัวอ่อนที่เพิ่งเริ่มเกิดสามารถที่จะกินอาหารได้ทันที ตัวอ่อนที่เกิดขึ้นมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของไข่มาก เพียงแต่มีขาและส่วนหัวยื่นออกมา เคลื่อนไหวได้ การสังเกตคราบในระยะนี้จะมองเห็นไม่ค่อยชัดเจนนัก เพราะร่องรอยของการเคลื่อนไหวและการกินของไรทำให้พื้นที่บริเวณนี้แฉะ สังเกตได้ยาก แม้ในบางครั้งอาจจะมองไม่เห็นตัวไร เพราะความแฉะของวุ้นบริเวณนี้จะบดบังตัวไรมองเห็นตัวไรเป็นสีดำคล้ายสีของราไปด้วย แต่จะสังเกตได้จากการเคลื่อนไหวของส่วนหัวและขา เมื่อตัวไรกินอาหารตลอดเวลา มันก็จะเคลื่อนที่ออกไปเรื่อย ๆ และเพิ่มขนาดขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อมันจะลอกคราบเจริญเติบโตเป็นอีกระยะหนึ่ง มันก็จะหยุดการเคลื่อนไหว และไม่กินอาหาร การลอกคราบในครั้งที่ 2 จากระยะตัวอ่อนเป็นตัวกลางวัยระยะที่ 1 อาจมองเห็นคราบได้ไม่ชัดเจนนัก แต่จะสังเกตุได้ว่ามีการลอกคราบ เพราะมีจำนวนของขาเพิ่มขึ้นมาอีกคู่หนึ่ง หลังจากระยะตัวกลางวัยระยะที่ 1 ไปแล้ว การลอกคราบจะสังเกตเห็นคราบได้ชัดเจนขึ้น เพราะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ และร่องรอยของการกินอาหารจะพบว่ามีบริเวณกว้างกว่าปกติมาก ในระยะเวลาที่ทำการทดลองนี้ใช้อุณหภูมิห้อง 30.0-32.0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 64-77 % ซึ่งพบว่าใช้เวลาในการเจริญเติบโตทั้งสิ้น 193.04 ชั่วโมง หรือ 8.04 วัน ซึ่งนับว่าเจริญเติบโตได้เร็วมาก ถ้าเปรียบเทียบกับไรตัวอื่น ๆ ที่อยู่ใน family เดียวกัน เช่นใน genus Tyrophagus จากการศึกษาของ Rivard (1958) ศึกษาวงจร

ชีวิตของ T. castellanii ที่ 77°F ในแต่ละความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ 70-100 % พบว่ามีวงจรชีวิตตั้งแต่ 11.9-18.9 วัน ซึ่งช้ากว่า C. krameri มาก แต่อย่างไรก็ตาม ก็ไม่อาจสรุปได้ว่า C. krameri จะมีการเจริญเติบโตในบ้านเราได้ดีที่สุดเพราะไม่สามารถหาเอกสารอ้างอิงในการทดลองในประเทศอื่น ๆ ได้ แต่ก็สามารถบอกได้ว่าไรชนิดนี้สามารถเจริญได้รวดเร็วมากภายใต้สภาวะแวดล้อมแบบบ้านเรา จากรูปที่ 13 จะพบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตแต่ละระยะนั้นค่อนข้างใกล้เคียงกันเป็นช่วง ๆ คือ ระยะไข่ กินเวลาประมาณ 45.11 ชั่วโมง ใกล้เคียงกับระยะตัวอ่อนใช้เวลาประมาณ 44.42 ชั่วโมง ซึ่งทั้งสองระยะนี้เป็นระยะต้นของการเจริญเติบโต ซึ่งควรจะต้องใช้เวลานานในการสร้างส่วนต่าง ๆ เพิ่มขึ้น การกินอาหารจึงควรจะต้องมีมากเพื่อใช้ในการเสริมสร้างร่างกาย ระยะนี้จึงใช้เวลาในการเจริญเติบโตมากกว่าระยะท้าย ๆ ของการเจริญเติบโต เช่น ระยะตัวกลางวัยระยะที่ 1 ใช้เวลาในการเจริญเติบโตเพียง 35.08 ชั่วโมง ซึ่งใกล้เคียงกับระยะตัวกลางวัยระยะที่ 2 ซึ่งใช้เวลาในการเจริญเติบโต 36 ชั่วโมง เพราะว่าการเจริญเติบโตในระยะท้าย ๆ นี้ จะสร้างส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพิ่มขึ้นจากเดิมน้อย เมื่อเทียบกับระยะต้น การกินอาหารก็รวดเร็วขึ้น เพราะมีความว่องไวในการหาอาหารมากขึ้น ระยะนี้จึงใช้เวลาในการเจริญเติบโตได้รวดเร็ว ส่วนในระยะพักตัว (quiescent) นั้นพบว่าใช้เวลาใกล้เคียงกันในทุก ๆ ระยะคือ ระยะพักตัวของตัวอ่อน 10.96 ชั่วโมง ระยะพักตัวของตัวกลางวัยระยะที่ 1 10.61 ชั่วโมง ระยะพักตัวของตัวกลางวัยระยะที่ 2 10.84 ชั่วโมง อาจจะเป็นเพราะว่าสภาพแวดล้อมในการพักตัวนั้นมีค่าใกล้เคียงกันในทุก ๆ ระยะ เนื่องจากระยะพักตัวนี้เป็นระยะที่ไม่ต้องกินอาหาร มีแต่การเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโต ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในระยะนี้อาจจะเกิดจากภายนอกเท่านั้น เช่น อุณหภูมิหรือความชื้น เพราะฉะนั้นระยะเวลาที่ใช้ในการพักตัวนั้นจึงมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับการทดลองของ Rivard (1958) และ (1961 a) ซึ่งทดลองศึกษาถึงผลของอุณหภูมิและความชื้นที่มีต่อการเจริญเติบโตของ

T. castellanii และ T. putrescentiae แล้วพบว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อการเจริญเติบโตจริงดังนี้คือ ในการเจริญเติบโตของ T. castellanii ที่ 77°F, ความชื้นสัมพัทธ์ 90 % เจริญเติบโตได้เร็วที่สุด คือใช้เวลา 11.9 วัน ส่วน T. putrescentiae ที่ 86.0°F ความชื้นสัมพัทธ์ 100 % ไรเจริญเติบโตได้เร็วที่สุด 10.9 วัน ซึ่งจากการทดลองทั้งสองนี้พบว่าไรจะเจริญเติบโตได้รวดเร็วที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูง และพบว่าสอดคล้องกับการทดลองของ Sinha (1964) ซึ่งพบว่า Caloglyphus berlesei จะทนอยู่รอดภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ 55 ± 2 % ภายในเวลา 24 ชั่วโมงเท่านั้น ในการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของอุณหภูมิ Sinha (1963) ได้ทดลองศึกษาในห้องทดลองที่ Winnipeg ในฤดูใบไม้ร่วง พบว่า Caloglyphus berlesei จะมีชีวิตรอดอยู่ได้ที่อุณหภูมิ -18°C เป็นเวลาเพียง 1 ชั่วโมงเท่านั้น ซึ่งแสดงว่า Caloglyphus sp. มักจะเจริญเติบโตได้ดีในที่ร้อนชื้นซึ่งภูมิอากาศแบบนี้พบได้เกือบตลอดปีในทุกภาคของประเทศไทย ใกล้เคียงกับภูมิอากาศในบริเวณภาคใต้ของญี่ปุ่น จากรายงานของ Sinha (1968) พบว่า Caloglyphus berlesei นี้เป็น pest ที่สำคัญ 1 ใน 6 ชนิด ที่พบในโรงเก็บอาหารของญี่ปุ่นทางตอนใต้ซึ่งมีอุณหภูมิสูง และความชื้นสัมพัทธ์สูง พบได้ในช่วง 9-12 เดือน จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างยิ่งในการที่จะศึกษาถึงอิทธิพลของความชื้น และอุณหภูมิ ว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตของ Caloglyphus krameri จริงหรือไม่ และเป็นอย่างไร นอกจากปัจจัยทั้งสองนี้แล้วพบว่า อาหารก็คงจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของไรด้วยเช่นกัน ในการทดลองครั้งนี้ได้เลือกใช้รา Helminthosporium sp. เป็นอาหารให้กับไร เนื่องจากเป็นราดำที่มีการเจริญเติบโตได้รวดเร็วเต็มจานเพาะเลี้ยง ภายในเวลา 5-7 วัน สปอร์ของราก็มีขนาดใหญ่มองเห็นได้ชัดเจนจากกล้องจุลทรรศน์ คล้ายกับไข่ของพยาธิตัวแบน (helminth) เมื่อไรกินเข้าไป บางส่วนของราที่ยังไม่ถูกย่อยจะปรากฏให้เห็นได้ชัดเจนภายในท้องของไร เป็นกลุ่มสีดำลอยไปมาในช่องท้อง จากการทดลองเลี้ยงไรบนอาหารของราชนิดต่าง ๆ ที่ไม่ได้รายงานผลเพื่อเลือกใช้

ชนิดของราที่เหมาะสมนั้นพบว่า รา Helminthosporium sp. ทำให้ไรเจริญเติบโตได้ดีกว่าชนิดอื่น ๆ ในการทดลองของ Sinha (1963) พบว่า Tyrophagus casei (Oud.) Acarus siro L., Tyrophagus putrescentiae (Schr.), Caloglyphus redikorzevi Zach. และ Tarsonemus waitei เจริญได้ดีในรา Mucor sphaerosporus Hagem, Alternaria tenuis sensu Wiltshire, M. sphaerosporus, Fusarium moniliforme Sheldon และ Chaetomium sp.

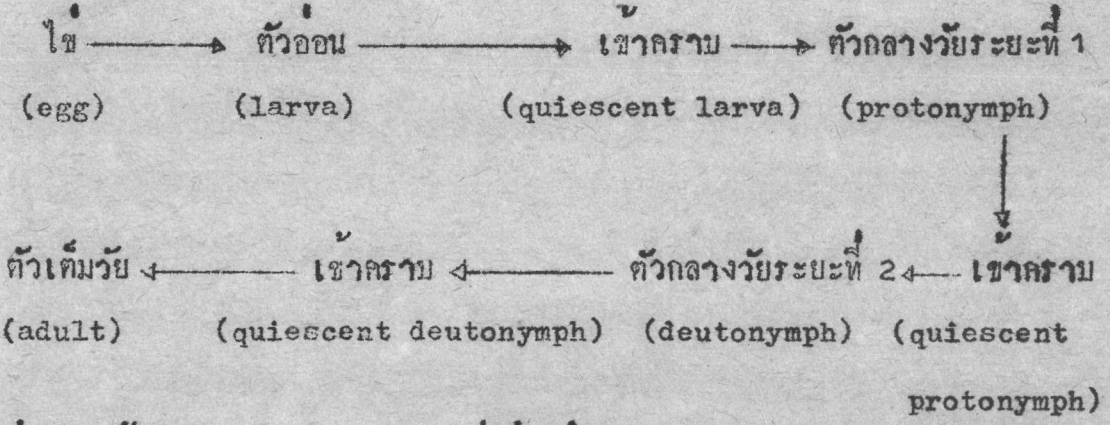
Caloglyphus berlesei (Mich.) จะเจริญเติบโตได้ 100 เท่าภายใน 9 สัปดาห์เมื่อใช้อาหารรา Nigrospora sphaerica และ Scopulariopsis brevicaulis

Caloglyphus redikorzevi (Zach) จะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อใช้อาหารรา Fusarium moniliforme รองลงมาได้แก่ Penicillium funciculosum

Caloglyphus rhizoglyphoides (Zach.) จะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อใช้อาหารรา Nigrospora sphaerica

จึงพบว่าส่วนมาก Caloglyphus sp. จะเจริญเติบโตได้ดีในอาหารรา Nigrospora sphaerica ซึ่งผู้วิจัยได้ทดลองเลี้ยง C. krameri บนอาหารรา Nigrospora sp. ด้วยในตอนต้น ๆ ของการทดลอง แต่จากผลที่ได้พบว่า Nigrospora sp. เจริญเติบโตได้ช้า กินเวลานานประมาณ 10-15 วัน จึงจะเต็มจานแก้วที่ใช้เพาะเลี้ยง และพบว่าราชนิดนี้มีความชื้นสูงมาก มีหยดน้ำอยู่เต็มไปหมด เมื่อนำไข่ของไรมาวางเพื่อจะศึกษาถึงการเจริญเติบโตนั้น เมื่อนำมาตรวจสอบทุก ๆ 6 ชั่วโมง ไม่สามารถที่จะมองเห็นไรได้เลย เพราะมีหยดน้ำอยู่เต็มไปหมดยากแก่การค้นหา แต่ในจานแก้วที่ใช้เลี้ยงเป็น stock พบว่าจะมีปริมาณการเพิ่มจำนวนของไรได้สูงกว่าในอาหารชนิดอื่น ๆ การวิจัยจึงเปลี่ยนมาใช้อาหารรา Helminthosporium sp. แทน นอกจากไรชนิดนี้จะกินราเป็นอาหารได้ดีแล้ว ยัง

พบว่ามีไรที่สำคัญมากอีกชนิดหนึ่งพวก house dust mite ก็มีความสามารถในการกินอาหารราได้เป็นอย่างดี จากการทดลองของ Bronswijk และ Sinha (1973) ได้ศึกษาถึงชนิดของราที่มีผลต่อการอยู่รอดของไร Dermatophagoides sp. ซึ่งเป็นไรที่พบมากในบริเวณยุโรปตะวันตก และอเมริกาเหนือ มีคุณสมบัติที่สามารถผลิตสารที่ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ (allergen) ได้ ในการทดลองนี้ได้เลือกศึกษาราถึง 45 species พบว่าไรสามารถเจริญได้ดีในพวก Aspergillus glaucus group เนื่องจากเป็นราที่ทนทานต่อสภาวะแห้งแล้งได้ดี และสามารถนำ fatty substance จาก medium มาใช้ได้ดีด้วย จึงเป็นเหตุผลที่แสดงให้เห็นว่า ชนิดของราที่แตกต่างกันออกไป ย่อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของไรแตกต่างกันไปด้วย ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการทดลองนั้น ๆ เช่นในการทดลองนี้พบว่าถ้าต้องการเลี้ยงทำ stock จะพบว่าอาหารรา Nigrospora sp. ให้ผลดีกว่าชนิดอื่น ๆ แต่ถ้าจะศึกษาถึงขั้นตอนของการเจริญเติบโตการใช้อาหารรา Helminthosporium sp. จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างยิ่งที่จะศึกษาถึงชนิดของอาหารรา ว่าจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของไรชนิดนี้จริงหรือไม่ อย่างไร และมีผลต่อความสามารถในการทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ของไรได้หรือไม่ เนื่องจากมีราหลายชนิดที่พบแล้วว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ในคนได้ ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างไรชนิดนี้กับราชนิดต่าง ๆ ที่พบแพร่กระจายในเมืองไทยจึงเป็นเรื่องที่ควรจะได้มีการศึกษาต่อไปซึ่งผลที่ได้อาจนำไปใช้ประโยชน์ในเรื่องของโรคภูมิแพ้ในประเทศไทยได้ ในการทดลองครั้งนี้ได้แยกไรออกมาศึกษาเดี่ยว ๆ ในจานพลาสติกละ 1 ตัว อาหารที่ใช้เลี้ยงไรมีปริมาณพอเพียง ตลอดระยะเวลาของการเจริญเติบโตตั้งแต่ไข่จนถึงตัวเต็มวัย โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มเติมอาหารอีก จึงพบว่าเมื่ออาหารอุดมสมบูรณ์การเจริญเติบโตของไรจึงเป็นการเจริญเติบโตแบบปกติ คือมีวงจรชีวิตดังนี้



ซึ่งสอดคล้องกับ Krantz (1978) ที่กล่าวว่าการเจริญเติบโตของไรในพวก Acaridae เป็นไปได้ดังการทดลองนี้ และจากการทดลองของ Woodring and Carter (1974) ได้กล่าวว่าไรใน family Acaridae นี้จะมีการเจริญเติบโตโดยที่ระยะตัวกลางวัยระยะที่ 1 (protonymph) จะลอกคราบเป็นตัวกลางวัยระยะที่ 2 (deutonymph) ได้เลย หรืออาจจะลอกคราบแล้วได้ heteromorphic deutonymph คือ hypopus ก็ได้

ในการศึกษาหาความสัมพันธ์ของการเพิ่มขนาดความยาว, ความกว้าง, ระยะห่างระหว่างขนทางด้าน gnathosoma (sce) และระยะห่างระหว่างขนทางด้านข้างของลำตัว (lp) จากผลการทดลองพบว่า เมื่อนำผลมาเขียนกราฟ (รูปที่ 19) ความสัมพันธ์ที่ได้เป็นแบบเส้นตรง (linear regression) ทั้งหมด และอัตราส่วนของความยาวของตำแหน่งต่าง ๆ ของระยะเดียวกัน (R) จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เช่นในระยะที่ตัวอ่อนเจริญเป็นตัวกลางวัยระยะที่ 1 จะได้ค่า R ของความกว้าง, ความยาว, ระยะห่างของขน sce และระยะห่างของขน lp มีค่าเท่ากับ 1.44, 1.53, 1.37, 1.40 ตามลำดับ และในระยะที่ตัวกลางวัยระยะที่ 1 เจริญเป็นตัวกลางวัยระยะที่ 2 ค่าของ R ที่ได้จะลดลงเป็น 1.35, 1.40, 1.17 และ 1.25 ตามลำดับ แสดงว่าอัตราการเพิ่มของขนาดของลำตัวในแต่ละส่วนนั้นจะเพิ่มขึ้นในอัตราเดียวกันของระยะการเจริญเติบโตเป็นช่วง ๆ ซึ่งการศึกษาค่าความสัมพันธ์นี้ได้ดัดแปลงมาจากการทดลองของ Saichuae et al (1971) ซึ่งได้ศึกษาถึงปริมาณของ faecal matter ที่ไร Nothrus

biciliatus (Koch) (Acari : Cryptostigmata)ขับถ่ายออกมาในแต่ละระยะของการเจริญเติบโต เปรียบเทียบกับความยาวของลำตัว, ความกว้างของลำตัว, ระยะห่างระหว่าง pseudostigmatic setae (ps) และระหว่างขนทางด้าน posterior (pm_3) ซึ่งผลที่ได้ออกมาพบว่าเมื่อนำค่าที่ได้มา plot บน semi-logarithmic scale ขนาดของ faecal pellet จะเพิ่มขึ้นตามขนาดของลำตัว อธิบายได้ว่าความยาวของ faecal pellet นั้นขึ้นกับแรงเบ่งในการขับถ่าย (rectal pressure) ส่วนความกว้างของ faecal pellet นั้นขึ้นกับรูเปิดของทวาร (anal aperture) ซึ่งก็เป็นการเพิ่มขึ้นจากการเจริญเติบโตของร่างกายนั่นเอง แต่ในการทดลองนี้ไม่สามารถที่จะวัดขนาดของ faecal pellet ได้ตรงตามความเป็นจริง เนื่องจากมีลักษณะค่อนข้างเหลวเมื่อเคลื่อนย้ายนำมาวัดขนาด รูปร่างก็ผิดไปจากเดิม ไม่ได้ค่าที่แน่นอน การทดลองนี้จึงเพียงแต่หาความสัมพันธ์ของการเพิ่มขนาดของลำตัวดังที่กล่าวมาแล้ว

2. การศึกษาพฤติกรรมบางประการ

2.1 พฤติกรรมในการผสมพันธุ์

จากการทดลองเมื่อนำไรเพศผู้และไรเพศเมียที่เพิ่งเกิดใหม่ และไม่เคยได้รับการผสมพันธุ์มาก่อน ไว้ในจานพลาสติกเดียวกัน พบว่าการผสมพันธุ์จะเกิดขึ้นทันที ภายในเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง แสดงว่าระบบสืบพันธุ์ของทั้งเพศผู้และเพศเมียเจริญเติบโตดีและพร้อมที่จะทำงานอยู่แล้ว ซึ่งจากการทำ slide ตัวเต็มวัยของไรทั้ง 2 เพศ พบว่าในเพศเมียนั้นบริเวณ genital region จะประกอบด้วย genital acetalabula 2 คู่ บริเวณกลางเป็นทางออกของไข่คือ genital opening ทางด้านท้ายของลำตัวก็จะมองเห็น bursa copulatrix ได้ชัดเจน ในเพศผู้ บริเวณ genital region จะมองเห็น sclerotization ของ aedeagus ได้ชัดเจนเช่นกัน พฤติกรรมในการผสมพันธุ์ของไรชนิดนี้ก็คล้ายคลึงกันกับไรชนิดอื่น ๆ ใน family Acaridae ดังเช่นการทดลองของ Bronswijk และ Sinha (1971) ได้ศึกษาพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของ Dermatophagoides

pteronyssinus ซึ่งพบว่ามีพฤติกรรมที่คล้ายคลึงกันมาก ในการผสมพันธุ์ของ C. krameri นี้พบว่าบางครั้งถ้าเพศผู้ลอกคราบเป็นตัวเต็มวัยได้ก่อนเพศเมีย เพศผู้มักจะเดินวนเวียนอยู่ใกล้ ๆ เพศเมียที่กำลังจะลอกคราบ พร้อม ๆ กับกินอาหารไปด้วย เมื่อเพศเมียลอกคราบเสร็จ เพศผู้จะเข้าผสมพันธุ์ทันที ซึ่งบางครั้งเพศเมียอาจจะไม่ยอมให้ผสมพันธุ์โดยการไม่ยอมยกส่วน opisthosoma ขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นเพราะเพศเมียที่เพิ่งเกิดใหม่ ๆ นั้นยังอ่อนแออยู่ ในกรณีเช่นนี้พบว่าเป็นการยากที่เพศผู้จะขึ้นไปเกาะบนหลังเพศเมียได้ เพราะเพศเมียจะพยายามเดินหนีตลอดเวลา ซึ่งเหตุการณ์เช่นนี้จะคล้ายคลึงกับเวลาที่เพศเมียจะหาสถานที่ที่เหมาะสมในการวางไข่ เพศผู้ซึ่งมักจะแข็งแรงว่องไวนี้ก็จะเข้าผสมพันธุ์อยู่เรื่อย ๆ แต่เพศเมียก็จะไม่ยอมมักจะเดินหนี ในรายที่ยอมให้ผสมพันธุ์พบว่า ถ้าเพศเมียอยู่นิ่ง ๆ เพศผู้ที่ปีนขึ้นเกาะบนหลังของเพศเมียมักจะลื่นไถลตกลงมาได้ง่าย จะสังเกตพบว่าในขณะที่เพศผู้ปีนขึ้นเกาะบนหลังเพศเมียนั้น เพศเมียจะช่วยเหลือโดยการยกส่วน opisthosoma ขึ้นเล็กน้อย ทำให้เพศผู้สามารถเกาะติดแน่นขึ้น เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผสมพันธุ์ จากการทดลองพบว่ากินเวลาแตกต่างกันออกไป ตั้งแต่ 3.10 นาทีถึง 7.50 นาที การจับเวลานี้เริ่มจากเพศผู้จับคู่กับเพศเมียได้ จนกระทั่งแยกคู่จากกันเรียบร้อยแล้ว ในการแยกจากกันทั้งเพศผู้และเพศเมียจะต้องช่วยกันใช้ขาหลังผลักตัวเองออกมา แต่บางครั้งพบว่าในการผสมพันธุ์นั้นทั้งคู่ไม่ได้หยุดนิ่งอยู่กับที่ อาจเดินไปมาตามบริเวณชอบ ๆ ของจานเพาะเลี้ยง โดยเพศผู้ก็ยังสามารถเกาะอยู่บนหลังเพศเมียนั่นเอง พฤติกรรมที่น่าสนใจอีกหนึ่งอย่างคือ พบว่าใน stock นั้น มีไรเป็นจำนวนมาก ในการผสมพันธุ์จึงอาจพบว่าเพศเมียหนึ่งตัวจะถูกรุมล้อมด้วยเพศผู้ เป็นจำนวนมากประมาณ 4-5 ตัวได้ ทำให้เกิดการแก่งแย่งกันขึ้น ซึ่งมักจะพบว่าจะเป็นกับเพศเมียที่เพิ่งเกิดใหม่มากกว่าเพศเมียที่เกิดขึ้นนานแล้ว จึงคาดว่าไรเพศเมียอาจจะปล่อยสารบางอย่างที่สามารถดึงดูดความสนใจของไรเพศผู้ เพื่อเรียกร้องให้เกิดการผสมพันธุ์ขึ้นได้ ซึ่งเป็นเรื่องที่ควรศึกษาอย่างยิ่ง สารที่ดึงดูดให้เกิดการผสมพันธุ์นี้ ได้ศึกษากันมากในพวกแมลง เรียกสารพวกนี้ว่า

sex pheromone แต่ในไรยังไม่พบว่ามีรายงานเรื่องนี้ไว้ นอกจากนี้แล้วยังพบว่าขนาดของภาชนะที่ใช้ในการทดลองก็มีความสำคัญด้วย คือถ้านำไรเพศผู้และเพศเมียใส่ลงในจานแก้วขนาดใหญ่ โอกาสที่จะพบและผสมพันธุ์กันจะนานกว่าใส่ในจานที่มีขนาดเล็กกว่า และพบว่าเพศผู้จะแสดงอาการการเดินไปมาว่องไวมากขึ้น และมักจะไม่กินอาหาร

2.2 ความสามารถในการวางไข่ของไร

จากตารางที่ 5 และ รูปที่ 15 ไรในกลุ่มการทดลองทั้งหมดจะมีชีวิตอยู่ได้ตั้งแต่ 11 ถึง 19 วัน หลังจากที่ได้รับการผสมพันธุ์ ไรทุกตัววางไข่ไปเรื่อย ๆ พบว่าปริมาณของไข่ที่วางในวันแรกจะมีจำนวนไม่มากนัก ตั้งแต่ 0 -17ใบ เฉลี่ย 6.08 ใบ และจะค่อย ๆ สูงขึ้น ในวันที่ 2, 3 และ 4 มีจำนวนเฉลี่ย 17.75, 19.33 และ 16.96 ตามลำดับ พบว่าจำนวนไข่ที่วางได้สูงสุดคือในวันที่ 3 หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่งไม่มีการวางไข่เลย ในการศึกษาความสามารถในการวางไข่ของไรนี้ ใช้วิธีใส่ไรเพศผู้และไรเพศเมียอย่างละ 1 ตัวลงในจานพลาสติกที่มีอาหารอย่างเต็มที่ และเปลี่ยนเพศผู้ที่เพิ่งเกิดใหม่ทุกวัน เพื่อให้แน่ใจว่าเพศเมียจะได้รับการผสมพันธุ์อย่างสม่ำเสมอ เพราะเพศผู้ที่เพิ่งเกิดใหม่จะว่องไวและต้องการผสมพันธุ์มากกว่าพวกที่มีอายุมากขึ้น จากการสังเกตใน stock พบว่าจำนวนไรเพศผู้และเพศเมียมีมากมาย เพศเมียตัวหนึ่ง ๆ มีโอกาสที่จะผสมพันธุ์ได้มากครั้ง แต่จำนวนไข่ที่เพศเมียตัวหนึ่งจะวางไข่ได้นั้นคงจะไม่แตกต่างจากค่าที่ได้จากการทดลองมากนัก เพราะจำนวนไข่ที่เพศเมียวางออกมานั้นขึ้นอยู่กับไข่ภายในรังไข่ของเพศเมียมากกว่า และปริมาณของอาหาร

ไข่ที่ถูกวางในวันต่าง ๆ จะมีเปอร์เซนต์ของการอยู่รอดแตกต่างกันไม่มากนัก ดังตารางที่ 5 รูปที่ 16 ซึ่งเฉลี่ยแล้วพบว่าอัตราการอยู่รอดค่อนข้างสูงเกิน 75% ขึ้นไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่านอกเหนือจากไรจะมีความสามารถในการวางไข่ตลอดชีวิตสูงเฉลี่ย 113.46 ใบต่อตัวเมีย 1 ตัว แล้วอัตราการอยู่รอดก็มีมากด้วย อัตราส่วนของเพศที่ได้จากการทดลองพบว่า เพศเมียมีสูงกว่าเพศผู้ประมาณ 1.97 : 1

ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตจากไข่จนถึงตัวเต็มวัยของไข่ที่ถูกวางในวันต่าง ๆ ปรากฏว่าไม่แตกต่างกันมากนัก คือมีระยะเวลาตั้งแต่ 178.94 ถึง 217.81 ชั่วโมง ค่าที่ได้นี้แสดงว่าไข่ที่ถูกวางในวันต้น ๆ จะมีโอกาสเจริญเติบโตได้ดีกว่าไข่ที่ถูกวางในวันหลัง ๆ คงจะเป็นสาเหตุเพราะว่าไข่ที่ถูกวางในวันต้น ๆ นั้นมีความสมบูรณ์มากกว่า และเพศเมียที่วางไข่ในวันต้น ๆ ก็มีความสมบูรณ์ แข็งแรงมาก การกินอาหารก็มีมาก ไข่ที่ถูกวางจึงอยู่ในสภาพที่พร้อมจะเจริญเติบโตได้ง่ายกว่าไข่ที่เกิดขึ้นในระยะหลัง ๆ ไข่ที่ถูกวางใหม่ ๆ จะมีลักษณะค่อนข้างเหลว บางครั้งมีคราบคำติดอยู่ด้วย ซึ่งก็คือคราบของเสียที่ออกมาจากช่องขับถ่ายของเพศเมียที่วางไข่ แต่ส่วนมากจะมองเห็นว่าไข่ที่วางจะเกลี้ยงเป็นสีขาวใน แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะค่อย ๆ มีสีเข้มขึ้น คงเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของ embryo ภายในมีการแบ่ง cell ต่าง ๆ เพิ่มขึ้นจากเดิม เพื่อที่จะกลายเป็นตัวอ่อน

2.3 พฤติกรรมในการลอกคราบ

ในการเจริญเติบโตของไรพบว่าในระยะที่เป็น immature stage นั้นจะประกอบไปด้วยระยะที่ active และ inactive การเจริญเติบโตเป็นขั้นตอนเหล่านี้จำต้องมีการเข้าคราบและการลอกคราบ หรือเป็นการสร้างอวัยวะเพิ่มเติมขึ้นให้กับร่างกาย ในพวก Arthropods ซึ่งมองเห็นได้ชัดเจนตั้งแต่ระยะที่ตัวอ่อนจะเจริญเป็นตัวกลางวัยระยะที่ 1 จะมีการสร้างขาคู่ที่ 4 เพิ่มเติม เมื่อตัวอ่อนลอกคราบหมดจะพบว่าตัวกลางวัยระยะที่ 1 จะประกอบด้วยขาทั้งหมด 4 คู่ ซึ่งการเข้าคราบและการลอกคราบนี้จะมีความคล้ายคลึงกันในแต่ละขั้นตอน โดยจากการทดลองพบว่าในระยะท้ายสุดของ active stage ส่วนของ opisthosoma จะค่อย ๆ พองขึ้น ไรจะหยุดการกินอาหาร และหยุดการเคลื่อนไหวทั้งหมด ซึ่งเป็นการเริ่มต้นของ inactive stage สีของลำตัวจะเปลี่ยนแปลงไป ดูหยาบและขุ่นขึ้น ซึ่งคล้ายกับการทดลองของ Woodring (1969) ที่ทดลองศึกษาขบวนการการลอกคราบและ Limb Regeneration ของ Caloglyphus boharti ซึ่งเขาพบว่าเมื่อระยะ inactive เริ่มต้นขึ้น ส่วนของ epidermis จะเริ่มแยกออก

จากชั้น cuticle และมี cell พวก amoebocytes เกิดขึ้นในชั้นของ exuvial space เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมงครึ่ง กล้ามเนื้อทั้งหมดจะยึดกับ cuticle ที่แยกออกไปอีก soft tissue ของส่วนขาจะ dedifferentiate และเปลี่ยนแปลงไปเป็น coxal limb bud และยืดยาวออกเป็นขาคู่ใหม่ โดยเกิดมี cell amaebocyte ขึ้นมาก ส่วนของขาคู่ใหม่ก็จะเจริญขึ้นจากส่วนของ bud จากการทดลองใน C. boharti พบว่า active stage ของ deutonymph กินเวลา 60 ถึง 72 ชั่วโมง และระยะ inactive stage ใช้เวลา 20 ถึง 26 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 22°C แต่ในการทดลองกับ C. krameri นี้ active stage ของ deutonymph กินเวลาเฉลี่ย 36 ชั่วโมง และระยะ inactive stage กินเวลาใกล้เคียงกันหมดทุกระยะ คือเฉลี่ย 10.80 ชั่วโมง ซึ่งพบว่า C. krameri เจริญได้เร็วกว่ามาก ซึ่งคงเนื่องมาจากว่าในการทดลองนี้ใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าในการทดลองของ C. boharti ถึง 12°C ก็ได้

2.4 พฤติกรรมในการกินกันเอง

จากผลการทดลอง พบว่าไม่มีการกินกันเอง แต่ถ้าเป็นระยะตัวอ่อน พบว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงของตัวอ่อนเป็น hypopi ซึ่งเป็น heteromorphic deutonymph ที่มีรูปร่างแตกต่างไปจากตัวปกติ เหตุที่เป็นเช่นนี้ก็คงเพราะเป็นการปรับตัวเองให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างไปจากเดิม เช่น อาหารหมด อุณหภูมิและความชื้นเปลี่ยนแปลง ในการทดลองนี้เมื่ออาหารเกิดการขาดแคลนขึ้น จะเป็นตัวชักนำให้เพิ่มจำนวนของ hypopus มากขึ้น ซึ่งคล้ายกับการทดลองของ Wallace (1960) พบว่าการขาดแคลนอาหารทำให้จำนวน hypopus ของ Caloglyphus rodionavi สูงขึ้น แต่ถ้าเป็น Glycyphagus destructor Schr. จะเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น ลักษณะที่สำคัญของ hypopus คือการมี sucker plate ซึ่งมองเห็นได้ชัดเจน อยู่ทางด้านท้องของลำตัว hypopus นี้จะ active น้อย มักอยู่นิ่งไม่ค่อยเคลื่อนที่ เนื่องจากเมื่อมันไม่มีอาหาร ทำให้มันจำเป็นต้องไม่เคลื่อนไหว เพื่อสูญเสียพลังงาน

ไปหมด แต่เมื่อนำมันมาเปลี่ยนใส่ในจานแก้ว ที่มีอาหารเต็มที่พบว่ามันจะเปลี่ยนแปลงลอกคราบเจริญไปเป็น deutonymph ปกติ ซึ่งคงมีสาเหตุมาจากความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนไปในที่ที่ขาดแคลนอาหาร หรืออาหารติดก้นภาชนะ ความชื้นมีน้อยมาก แต่เมื่อมีอาหารเพิ่มขึ้นความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาหารก็มีสูง ทำให้ไรสามารถรับความรู้สึกได้ว่า ความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนไป จึงเจริญเติบโตลอกคราบได้ จากการทดลองของ Woodring และ Carter (1970) อ้างว่า Oboussier (1939) ได้แบ่งชนิดของ astigmatid deutonymphs ที่เป็น hypopus ออกเป็น 4 แบบ ตาม degree ของการเจริญภายในและภายนอกร่างกายดังนี้คือ

แบบที่ 1 : เคลื่อนที่ได้ ค่อนข้าง active มี sucker plate ขนาดเล็ก ระบบท่อทางเดินอาหารส่วนกลางเปิดโดยตรงเข้าสู่ anus เลย ได้แก่ Carpoglyphus sp.

แบบที่ 2 : เคลื่อนที่ได้ active น้อย ส่วนของขาสั้น มี sucker plate ขนาดใหญ่กว่าแบบที่ 1 ระบบท่อทางเดินอาหารส่วนท้ายเปิดเข้าสู่ anus ได้แก่ Caloglyphus sp.

แบบที่ 3 และ 4 : ไม่เคลื่อนที่ ยังมี cuticle ของระยะ protonymph เหลืออยู่ ส่วนของขาจะหดสั้นหรือหายไป ไม่มี sucker plate ท่อทางเดินอาหารไม่มี lumen และ anal opening ได้แก่ Glycyphagus sp.

ซึ่งจากการทดลองของ Woodring & Carter (1974) นี้เขาพบว่า Caloglyphus boharti มี hypopus เป็นแบบที่ 2 จริงตามที่ Oboussier ได้แบ่งไว้ และในการทดลองนี้ ของ C. krameri ก็เช่นกัน ลักษณะภายนอกของ hypopus ก็จัดอยู่ในการแบ่งแบบที่ ได้ จะแตกต่างกันก็ตรงลักษณะของ sucker plate เท่านั้น ที่แตกต่างกันคือ ใน C. boharti มี central disc ขนาดใหญ่ตรงกลาง 2 คู่ และมี sucker disc ขนาดเล็ก 3 คู่ แต่ใน C. krameri ประกอบด้วย central disc ขนาดใหญ่ตรงกลาง 2 คู่ และมี

sucker disc ขนาดเล็ก 4 คู่ ส่วนลักษณะอื่น ๆ ก็คล้ายคลึงกันดังที่กล่าวมาแล้วในผลการทดลอง นอกจากลักษณะที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนเช่นนี้แล้ว Woodring & Carter (1974) ได้ให้รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับ sucker plate ไว้ว่า sucker plate จะล้อมรอบด้วย apodeme 5 อันซึ่งยังได้อ้างอีกว่า ในการศึกษา morphology ของ sucker plate นี้เป็นเรื่องยากสำหรับผู้ที่เพิ่งเริ่มศึกษา ดังตัวอย่างของ Perron (1954) เรียก sucker plate discs ว่า small suckers และเรียก sucker plate apodeme ว่า rudimentary sucker เนื่องจากมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมาก อย่างไรก็ตามเป็นเรื่องที่ชวนให้น่าจะมีการศึกษาถึงอิทธิพลอื่น ๆ นอกเหนือจากการขาดแคลนอาหารว่าจะมีผลต่อการชักนำให้เกิด hypopus ขึ้นได้อีกหรือไม่

3. <u>อายุขัยของไรตัวเต็มวัย</u>

จากตารางที่ 6 เมื่อเปรียบเทียบอายุขัยของไรเพศเดียวกัน แต่ต่างสภาวะคือ ไม่เคยผสมพันธุ์เลยตลอดชีวิต, ผสมพันธุ์ภายใน 24 ชั่วโมงแรก และมีโอกาสผสมพันธุ์ตลอดชีวิต พบว่าเพศเมียมีอายุเฉลี่ย 20.80 ± 3.19 วัน, 17.90 ± 3.19 วัน, 15.30 ± 2.05 วัน ตามลำดับ เพศผู้มีอายุเฉลี่ย 22.25 ± 3.57 วัน, 18.45 ± 2.97 วัน และ 16.60 ± 1.96 วัน ตามลำดับ ทั้งเพศเมียและเพศผู้ที่ไม่เคยผสมพันธุ์เลยตลอดชีวิต ต่างมีอายุยืนนานที่สุด และที่ผสมพันธุ์ตลอดชีวิตมีอายุสั้นที่สุด เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าไรพวกที่ได้รับการผสมพันธุ์นั้นต้องสูญเสียพลังงานไปในระหว่างการผสมพันธุ์มากจนตลอดชีวิต จึงนำอาหารที่สะสมไว้ไปใช้มากกว่าพวกที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ ส่วนในพวกที่ผสมพันธุ์ภายใน 24 ชั่วโมงแรกพบว่ามีอายุยาวนานกว่าพวกที่ผสมพันธุ์ตลอดชีวิต แต่ก็ยังสั้นกว่าพวกที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์เลย เพราะว่าการผสมพันธุ์นั้นเกิดขึ้นภายในเวลาอันจำกัด เพียง 24 ชั่วโมงเท่านั้น พลังงานที่สูญเสียไปจึงมีค่าเพียงใน ชั่วโมงเท่านั้น หลังจากนั้นก็ดำรงชีวิตเป็นปกติเหมือนกับพวกที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ ในกรณีที่เพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์มีอายุสั้นกว่าเพศผู้ที่ได้รับการผสมพันธุ์อาจเป็นเพราะว่า นอกเหนือ

จากพลังงานที่ต้องสูญเสียไปในการผสมพันธุ์แล้ว เพศเมียยังต้องใช้อาหารที่สะสมไว้ในร่างกายช่วยในการเจริญเติบโตของไข่อีกด้วย ส่วนในกรณีที่ทั้งสองเพศ ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ตลอดชีวิต แต่เพศเมียก็ยังมีอายุยืนยาวนานน้อยกว่าเพศผู้นั้น อาจมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับอัตราส่วนของเพศที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 จะพบว่าเพศเมียมีอัตราส่วนมากกว่าเพศผู้ เท่ากับ 1.97 : 1 เมื่อเป็นเช่นนี้แสดงว่า เมื่อจำนวนเพศผู้มีน้อยกว่าเพศเมีย จึงจำเป็นอยู่เองที่เพศผู้จะต้องพยายามสร้างสภาพร่างกายของตนเองให้แข็งแรง ทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี เพื่อการอยู่รอดของตัวเองมากกว่าเพศเมีย เพื่อที่จะได้มีโอกาสสืบพันธุ์ต่อไปได้มาก ๆ และในความเป็นจริงก็พบว่าจากการสังเกตถึงสภาพการหาอาหาร จะพบว่าเพศผู้มีความว่องไวในการหาอาหารได้สูงกว่าเพศเมียมาก จึงมีพลังงานที่สะสมไว้ในร่างกายได้มากกว่าเพศเมีย