



วิทยานิพนธ์

สัณฐานวิทยาภายนอก ชีววิทยาและเขตแพร่กระจายของ
ไรศัตรูผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้ง Lardoglyphus konoi
(Sasa & Asanuma)

EXTERNAL MORPHOLOGY, BIOLOGY AND DISTRIBUTION OF DRIED
FISHERY PRODUCT MITE, Lardoglyphus konoi (Sasa & Asanuma)

นางสาวเบญจวรรณ ศิริเวชวิวัฒน์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. ๒๕๔๔

Am 76

19 ก.พ. 2545



โครงการ BRT ชั้น 15 อาคารมหานครอิมพอร์ต

539/2 ถนนศรีอยุธยา เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

กึ่งวิทยา

สาขา

กึ่งวิทยา

ภาควิชา

เรื่อง

สัณฐานวิทยาภายนอก ชีววิทยาและเขตแพร่กระจายของไรศัตรูผลิตภัณฑ์
อาหารทะเลแห้ง *Lardoglyphus konoi* (Sasa & Asanuma)

External Morphology, Biology and Distribution of Dried Fishery Product Mite,
Lardoglyphus konoi (Sasa & Asanuma)

นามผู้วิจัย นางสาวเบญจวรรณ ศิริเวชวิวัฒน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ.....

ศาสตราจารย์อังกูมลย์ จันทราปัติย์, Ph.D.

กรรมการ.....

รองศาสตราจารย์เพ็ญสุข เต่าทอง, Ph.D.

กรรมการ.....

รองศาสตราจารย์ลลิส กาวีตะ, Ph.D.

รักษาการแทน

หัวหน้าภาควิชา.....

อาจารย์สุรเชษฐ จามรมาน, Ph.D.

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

ศาสตราจารย์ทักษิณย์ อัดตะนันท์, D.Agr.

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 25 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2544

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

สัณฐานวิทยาภายนอก ชีววิทยาและเขตแพร่กระจายของไรศัตรูผลิตภัณฑ์
อาหารทะเลแห้ง *Lardoglyphus konoï* (Sasa & Asanuma)

External Morphology, Biology and Distribution of Dried Fishery Product Mite,
Lardoglyphus konoï (Sasa & Asanuma)

โดย

นางสาวเบญจวรรณ ศิริเวชวิวัฒน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2544

ISBN 974-462-853-7

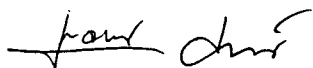
เบญจวรรณ ศิริเวชวิวัฒน์ 2544: สันฐานวิทยาภายนอก ชีวิตาและเขตแพร่กระจายของไรศัตรู
ผลิตภัณฑอาหารทะเลแห่ง *Lardoglyphus konoi* (Sasa & Asanuma) ปริญญาวิทยาศาสตรมหา
บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขากีฏวิทยา ภาควิชากีฏวิทยา ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: ศาสตราจารย์
อังศุมลย์ จันทราปิตย์, Ph.D. 118 หน้า
ISBN 974-462-853-7

ไร *Lardoglyphus konoi* (Sasa & Asanuma) เป็นศัตรูของผลิตภัณฑอาหารทะเลแห่ง การศึกษาเขต
แพร่กระจายของไร *L. konoi* ในพื้นที่ 7 จังหวัด พบว่ามีโรงงทำลายผลิตภัณฑอาหารทะเลแห่ง 12 ชนิด ใน 5
จังหวัด คือ ฉะเชิงเทรา, ชลบุรี, ระยอง, สมุทรสงคราม และเพชรบุรี

การศึกษาสันฐานวิทยาภายนอกของไรด้วยกล้องจุลทรรศน์และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบลำ
แสงส่องกราด พบว่าไรของ *L. konoi* ขณะที่อยู่ในท้องแม่จะมีอวัยวะคล้ายเขาคิดอยู่หลายอัน ซึ่งจะหายไปก่อน
ที่ไรจะถูกปล่อยออกนอกลำตัว ตัวอ่อนวัยรุ่น และตัวเต็มวัยไม่มีแผ่นแข็งบนลำตัว ขาคู่ที่ 4 คู่ของไรเพศเมียมีเล็บ
แตกเป็น 2 แฉก เล็บของไรเพศผู้ไม่แตกเป็นง่าม ขาคู่ที่ 3 ไม่มีเล็บแต่ปล้องขาปล้องท้ายจะแตกเป็นง่าม ไร
ระยะเกาะอาศัยมีแผ่นแข็งปิดด้านสันหลัง เส้นขนตามลำตัวโตกว่าปกติเล็กน้อย เส้นขนรอบทวารหนักดัดแปลง
เป็นแผ่นยึดเกาะสัตว์อาศัย เส้นขนบริเวณปลายขาหลายเส้นแผ่แบนคล้ายพัด ส่วนปากไม่เจริญ เหลือเพียง
เส้นขน 2 เส้น

ไรมีวงจรชีวิต 9-11 และ 7-8 วัน ที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-
92% เพศผู้มีวงจรชีวิตสั้นกว่าเพศเมีย ไรมีอัตราการฟักไข่สูงกว่า 90% และมีอัตราการอยู่รอดเป็นตัวเต็มวัย
51.47 และ 78.46% ที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส ไรเพศผู้มีอายุขัยสั้นกว่าเพศเมีย ไรที่ได้รับการ
ผสมพันธุ์มีอายุ 26.74 และ 19.26 วัน ส่วนเพศเมียที่บริสุทธิ์มีอายุ 37.93 และ 27.67 วัน ที่อุณหภูมิ 24
และ 28 องศาเซลเซียส ไรขยายพันธุ์แบบใช้เพศโดยจะวางไข่ 176.22 และ 283.54 ฟอง/ตัว ที่อุณหภูมิ 24
และ 28 องศาเซลเซียส อัตราส่วนเพศผู้: เพศเมีย = 1: 1.16 มีอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ 46.64 และ
111.70 ตัว, อัตราการเพิ่มที่แท้จริง 0.17 และ 0.29 ตัว/วัน อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากร 1.16 และ 1.29
ตัว และชั่วอายุขัยเฉลี่ยของกลุ่ม 25.58 และ 18.38 วัน ที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส

ไรสร้างระยะเกาะอาศัยสูงสุดในอาหารที่มีส่วนประกอบของกุ้งแห้ง: ยีสต์: wheat germ ในอัตราส่วน
2: 1: 1 โดยน้ำหนัก (185.65 ตัว) การเลืองไรที่จำนวนประชากรเริ่มต้น 10 และ 15 คู่ จะพบไรระยะเกาะ
อาศัยมากที่สุด (123.98 และ 103.66 ตัว) ทั้งอาหารและจำนวนประชากรเริ่มต้นไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน



ลายมือชื่อนิสิิต



ลายมือชื่อประธานกรรมการ

24, ๓.๑. 44

Benjawan Siriwetwivat 2001: External Morphology, Biology and Distribution of Dried Fishery Product Mite, *Lardoglyphus konoi* (Sasa & Asanuma). Master of Science (Agriculture), Major Field Entomology, Department of Entomology. Thesis Advisor: Professor Angsumarn Chandrapatya, Ph.D. 118 pages.
ISBN 974-462-853-7

Lardoglyphus konoi (Sasa & Asanuma) is a pest of dried fishery produces. Study on the distribution of *L. konoi* in 7 provinces revealed that 12 dried fishery produces in 5 provinces; Chachangsao, Chonburi, Rayong, Samutsongkram and Petchaburi, were infested.

External morphology of *L. konoi* was investigated under microscope and Scanning Electron Microscope. Eggs inside the body contained several horn-like projections that faded out before the eggs were laid. Larva, nymph and adult had no sclerite on the body. A bifid claw was found on each of female tarsus where male had a simple claw. Last segment of leg 3 in male did not have claw, but the tip of this segment was broken into 2 pointed spines. Two sclerites were found on hypopus dorsum. Several body setae were enlarged where some setae around anus developed into sucker plate. Some leg setae also changed into fan-like shape. Mouthpart degenerated, only 2 sensory setae were remained.

Life cycle of *L. konoi* lasted 9-11 and 7-8 days at 24 and 28 °C, 91-92% R.H. Male had shorter life cycle than female. The percentage of egg hatch was over 90% where the adult survival rate were 51.47% and 78.46% at 24 and 28°C. Male longevity was shorter than the female. Fertilized female lived 26.74 and 19.26 days where unfertilized female lived 37.93 and 27.67 days at 24 and 28 °C. Eggs were produced by fertilized female with a total of 176.22 and 283.53 eggs/female at 24 and 28 °C. Sex ratio was 1: 1.16 (male: female). At 24 and 28°C, the net reproductive rate of increase were 46.64 and 111.70, intrinsic rate of increase were 0.17 and 0.29 females/day, finite rate of increase were 1.16 and 1.29 females and cohort generation time were 25.58 and 18.38 days.

The maximum number of 185.65 hypopi was detected when the ratio of shrimp: yeast: wheat germ (2: 1: 1 by weight) was supplied. Moreover, 123.98 and 103.66 hypopi were recorded when 10 and 15 pairs of mites were used to start the experiment.

B. Siriwetwivat

Student's signature

A. Chandrapatya

Thesis Advisor's signature

24 Oct, 2001

คำนิยาม

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี โดยความกรุณาจาก ศาสตราจารย์.ดร. อังศุมาลย์ จันทราปัติย์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญสุข เต่าทอง กรรมการสาขาวิชาเอก รองศาสตราจารย์ ดร. ลิลลี่ กาวิตะ กรรมการสาขาวิชาการ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเป็นที่เรียบร้อย ตลอดจน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.เกษม พิสิฐ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาแนะนำเพิ่มเติมให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ดร. สุรเชษฐ์ จามรมาน ได้กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ คุณนุชนาถ วารีสสมบูรณ์ และคุณยรรยง เฉลิมแสน ที่กรุณาช่วยเหลือและให้คำแนะนำผู้วิจัยด้วยดี

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และขอบคุณ พี่ น้อง และเพื่อนที่ให้กำลังใจในการเรียนและสนับสนุนในการศึกษาจนประสบความสำเร็จ และผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยในครั้งนี้คงจะเป็นประโยชน์แก่ผู้อื่นต่อไป

เบญจวรรณ ศิริเวชวิวัฒน์

24 ตุลาคม 2544

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	4
ความสำคัญของไรศัตรูในโรงเก็บ	4
ไรศัตรูในโรงเก็บ	4
อนุกรมวิธานของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	7
สัณฐานวิทยาของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	7
การแพร่กระจายของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	8
ชีววิทยาและนิเวศวิทยาของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	9
การขยายพันธุ์ของไรศัตรูในโรงเก็บ	11
สารเคมีที่ผลิตโดยไรศัตรูในโรงเก็บ	12
การป้องกันกำจัดไรศัตรูในโรงเก็บ	13
อุปกรณ์และวิธีการ	15
การเก็บตัวอย่างและการศึกษาเขตแพร่กระจายของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	15
การศึกษาสัณฐานวิทยาภายนอกของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	15
การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์	15
การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	16
การศึกษาชีววิทยาของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	17
การศึกษาวงจรชีวิต	17
การศึกษาอัตราการขยายพันธุ์	18
การศึกษาตารางชีวิต	19
การศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดระยะเกาะอาศัย	20
ผลการทดลองและวิจารณ์	22
การศึกษาเขตแพร่กระจายของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	22
การศึกษาสัณฐานวิทยาภายนอกของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	27
การศึกษาชีววิทยาของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	74
การศึกษาวงจรชีวิต	74

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การศึกษาอายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์	81
การศึกษาตารางชีวิต	85
การศึกษาการเกิดระยะเกาะอาศัยของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	95
สรุปผลการทดลอง	100
เอกสารอ้างอิง	101
ภาคผนวก	111

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 เขตแพร่กระจายของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ในพื้นที่ 7 จังหวัด	24
2 การเจริญเติบโตของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ที่อุณหภูมิ 24 ± 2 และ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%	80
3 อายุขัยเฉลี่ย และอัตราการขยายพันธุ์ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ที่อุณหภูมิ 24 ± 2 และ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%	84
4 อัตราการอยู่รอดของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ที่อุณหภูมิ 24 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%	87
5 อัตราการอยู่รอดของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%	88
6 ตารางชีวิต และอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (Ro) ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ที่อุณหภูมิ 24 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%	89
7 ตารางชีวิต และอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (Ro) ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%	91
8 ค่าที่คำนวณได้จากตารางชีวิตของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ที่อุณหภูมิ 24 ± 2 และ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%	92
9 ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.D. ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ในระยะเกาะอาศัย เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารชนิดต่าง ๆ ที่ระดับประชากรเริ่มต้น 3 ระดับ	98

ตารางผนวกที่

1 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ในระยะไข่, ตัวอ่อน, ระยะพักตัวครั้งที่ 1, ระยะวัยรุ่นที่ 1, ระยะพักตัวครั้งที่ 2, ระยะวัยรุ่นที่ 3, ระยะพักตัวครั้งสุดท้าย, วงจรชีวิตของเพศผู้ และวงจรชีวิตของเพศเมีย ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ที่อุณหภูมิ 24 ± 2 และ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92% โดยใช้ T - test	112
---	-----

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
2 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย อายุขัยของเพศผู้, เพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์, เพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์, ช่วงเวลาก่อนวางไข่, ช่วงเวลาวางไข่, ช่วงเวลาหลังวางไข่, ปริมาณไข่ของไร/ตัว/วัน และ ปริมาณไข่ทั้งหมด/ตัว ที่อุณหภูมิ 24 ± 2 และ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92% โดยใช้ T - test	113
3 การแทนค่าในสมการ $e^{-mx} L_x m_x = 148.41$ ที่อุณหภูมิ 24 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%	114
4 การแทนค่าในสมการ $e^{-mx} L_x m_x = 148.41$ ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%	116
5 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (3x3 factorial) ของปริมาณไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะเกาะอาศัยที่เลี้ยงด้วยอาหาร 3 ชนิด ที่ระดับประชากรหนาแน่น 3 ระดับ	118

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	อุปกรณ์เลี้ยงไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	21
2	ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งที่สำรวจพบว่ามีไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ลงทำลาย	25
3	ลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งที่ถูกไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ลงทำลาย	26
4	ไข่ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	33
5	ไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะตัวอ่อน	34
6	ไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะตัวอ่อน แสดงเส้นขนด้าน dorsum	35
7	ไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะตัวอ่อน แสดงเส้นขนด้าน venter	36
8	ไข่ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	37
9	coxal rod และ ปลาย tarsus 1 ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะตัวอ่อน	38
10	ไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะวัยรุ่นที่ 1	39
11	ขาของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะวัยรุ่นที่ 1 แสดงเส้นขนบนด้าน dorsum	40
12	ขาของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะวัยรุ่นที่ 1 แสดงเส้นขนบนด้าน venter	41
13	ไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะวัยรุ่นที่ 3	42
14	ขาของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะวัยรุ่นที่ 3 แสดงเส้นขนบนด้าน dorsum	43
15	ขาของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะวัยรุ่นที่ 3 แสดงเส้นขนบนด้าน venter	44
16	อวัยวะจับอาหารของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	45
17	pedipalp บน hypostome ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	46
18	ลักษณะเส้นขนบนผนังลำตัวด้านบนของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	47
19	ลักษณะเส้นขนบนลำตัวของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	48
20	ไร <i>Lardoglyphus konoi</i> เพศเมีย	49
21	ขาของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> เพศเมีย แสดงเส้นขนบนด้าน dorsum	50
22	ขาของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> เพศเมีย แสดงเส้นขนบนด้าน venter	51
23	เส้นขนรับความรู้สึกแบบต่าง ๆ บนปล้อง tarsus ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i>	52
24	ไร <i>Lardoglyphus konoi</i> เพศเมีย	53
25	ปลายปล้อง tarsus ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> เพศเมีย	54
26	ไร <i>Lardoglyphus konoi</i> เพศผู้	55
27	ไร <i>Lardoglyphus konoi</i> เพศผู้	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	ขาของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> เพศผู้ แสดงเส้นขนบนด้าน dorsum	57
29	ขาของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> เพศผู้ แสดงเส้นขนบนด้าน venter	58
30	ปลายปล้อง tarsus ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> เพศผู้	59
31	ปลายปล้อง tarsus 3 ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> เพศผู้	60
32	ปลายปล้อง tarsus 4 ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> เพศผู้	61
33	ไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะเกาะอาศัย	62
34	ขาด้านบนของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะเกาะอาศัย	63
35	ขาด้านล่างของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะเกาะอาศัย	64
36	ไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะเกาะอาศัย	65
37	ส่วนปากของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะเกาะอาศัย	66
38	ผนังลำตัวของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะเกาะอาศัย	67
39	เส้นขนบนผนังลำตัวของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะเกาะอาศัย	68
40	ส่วนปาก และ sucker plate ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะเกาะอาศัย	69
41	เส้นขนบน sucker plate ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะเกาะอาศัย	70
42	ปล้อง tarsus 1 ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะเกาะอาศัย	71
43	ปล้อง tarsus 2 ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะเกาะอาศัย	72
44	ปล้อง tarsus 4 ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะเกาะอาศัย	73
45	อัตราการอยู่รอดของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> เพศเมีย	93
46	ปริมาณการวางไข่ของไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ที่อุณหภูมิ 24 ± 2 และ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%	94
47	อัตราการเกิดไร <i>Lardoglyphus konoi</i> ระยะเกาะอาศัย เมื่ออาหาร และจำนวนประชากรเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงไป	99

สัณฐานวิทยาภายนอก ชีววิทยาและเขตแพร่กระจายของไรศัตรูผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้ง

Lardoglyphus konoii (Sasa & Asanuma)

External Morphology, Biology and Distribution of Dried Fishery Product Mite,

Lardoglyphus konoii (Sasa & Asanuma)

คำนำ

ไรเป็นสัตว์ที่พบอยู่ทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นในทะเลทราย มหาสมุทร แม่น้ำลำธาร ห้วย หนอง คลอง บึง ภูเขา ในดิน ท่งหญ้า บนต้นไม้ ในโรงเก็บอาหารสัตว์หรือพืชผลทางการเกษตร บน ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมนุษย์และสัตว์ หรือแม้แต่ในฝุ่นละอองที่ปลิวอยู่ในอากาศ ก็ยังมีไรปะปน อยู่ด้วย การดำรงชีวิตของไรมีหลายแบบด้วยกัน เช่น หากินเป็นอิสระ (free-living) กินเชื้อรา (mycetophagous) กินละอองเกสร (pollen feeder) กินเลือด (haematophagous) กินพืช (phytophagous) กินสิ่งเน่าเปื่อย (saprophagous) เป็นตัวห้ำ (predator) และตัวเบียน (parasite) ของสัตว์หลายชนิดทั้งที่มีและไม่มีกระดูกสันหลัง (Krantz, 1978; Wolley, 1988)

ไรศัตรูในโรงเก็บ (stored product mite) เป็นไรที่พบอยู่ตามพืชผลทั้งที่ยังไม่ผ่านหรือ ผ่านการแปรรูปแล้ว ซึ่งเกษตรกรจะเก็บไว้ในโกดังหรือโรงเก็บ เพื่อรอเวลาที่จะนำออกสู่ตลาดต่อไป ไรในโรงเก็บที่พบเสมออยู่ในอันดับย่อย (Suborder) Acaridida หรือ Astigmata เช่น ไรใน วงศ์ (Family) Histiotomatidae, Pyroglyphidae, Acaridae, Carpoglyphidae, Chortoglyphidae และ Glycyphagidae ไรเหล่านี้นอกจากจะกินผลิตผลในโรงเก็บ เช่น เมล็ดธัญพืช หรือพืชหัวชนิด ต่าง ๆ แล้ว ยังกินผลิตภัณฑ์แปรรูปต่าง ๆ เช่น แป้ง เนย ผลไม้แห้ง และผลิตภัณฑ์อาหารทะเล แห้งได้อีกด้วย (อังศุมาลย์, 2535; Hughes, 1976)

อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำของไทยในปัจจุบัน มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของ ประเทศเป็นอย่างยิ่ง ทั้งในด้านการส่งออกและการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชากรภายใน ประเทศ ให้มีอาหารประเภทโปรตีนเพียงพอต่อการบริโภค ในปี พ.ศ. 2536 ประเทศไทยส่งออก ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยมีปริมาณสูงถึง 1,115,079 ตัน คิดเป็นมูลค่า 99,018.33 ล้านบาท สำหรับปี พ.ศ. 2537 การส่งออกผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำมีมูลค่าเพิ่มขึ้นเป็น 110,286.30 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 58.4 ของมูลค่าการส่งออกสินค้าแปรรูปทั้งหมดของ ประเทศ (มนตรี, 2538) ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำส่งออกที่สำคัญมี 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทแช่เย็น หรือแช่เยือกแข็ง และประเภทบรรจุกระป๋อง ตลาดส่งออกที่สำคัญของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และสหภาพยุโรป ในปี พ.ศ. 2543 และ พ.ศ. 2544 (ม.ค.-ส.ค.) ประเทศไทยส่งออกอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง มีมูลค่าสูงถึง 38,728.1 และ 21,000.5 ล้านบาท ตาม

ลำดับ อาหารทะเลบรรจุกระป๋องนับเป็นสินค้าส่งออกอันดับที่ 25 ของสินค้าส่งออกทั้งหมด (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2544)

Olsen (1982 a) ได้ทำการสำรวจแมลงและไรที่ปะปนมากับกุ้งแห้ง ซึ่งประเทศสหรัฐอเมริกานำเข้ามาจากหลายประเทศในแถบเอเชีย ได้แก่ ส่องกง ไต้หวัน สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ ญี่ปุ่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย รวมทั้งประเทศไทยด้วย จากการสำรวจพบว่ามีแมลงและไรหลายชนิดปะปนมากับผลิตภัณฑ์ด้วย ได้แก่ ตัวหนังสือตัว (Dermestes maculatus De Geer, Dermestes frischii Kug.) ตัวขาแดง (Necrobia rufipes (Deg)) ตัวที่อยู่ในวงศ์ Tenebrionidae, Cucujidae และ Trogositidae รวมทั้งแมลงวันบางชนิด นอกจากนี้ยังมีไรอีกหลายชนิด โดยเฉพาะไรในวงศ์ Acaridae ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lardoglyphus konoi* (Sasa & Asanuma) ซึ่งเป็นไรที่ระบาคทำลายความเสียหายให้กับผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งในหลายประเทศ โดยเฉพาะในแถบเขตร้อน ต่อมาไรชนิดนี้ได้แพร่ระบาดเข้าไปในประเทศแถบตะวันตกและทวีปยุโรปด้วย เช่น สหรัฐอเมริกา โปแลนด์ และซีเรีย (Olsen, 1982 a) จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งที่มีไรลงทำลายมาก ได้แก่ กุ้งแห้ง ปลาแห้ง ปลาหมึกแห้ง และหอยแมลงภู่ตากแห้ง ซึ่งนอกจากจะส่งผลให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจแล้ว ยังก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสุขอนามัยตามมาอีกด้วย

การจำแนกชนิดของไรในวงศ์ Acaridae นั้นต้องอาศัยข้อมูลด้านสัณฐานวิทยาภายนอกซึ่งมองเห็นค่อนข้างยากเนื่องจากมีขนาดเล็กมาก ปัจจุบันข้อมูลเกี่ยวกับสัณฐานวิทยาของ *L. konoi* มีปรากฏอยู่บ้างในต่างประเทศ แต่ในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับไรชนิดนี้ ทั้ง ๆ ที่ไรชนิดนี้มีการแพร่ระบาดในหลายท้องที่ของประเทศไทย ดังนั้น การศึกษาสัณฐานวิทยาของไร *L. konoi* ในครั้งนี้ จึงนับเป็นการสร้างองค์ความรู้พื้นฐาน ซึ่งจะทำให้สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ไรชนิดนี้ได้อย่างถูกต้อง นอกจากนั้นการศึกษาด้านชีววิทยา จะทำให้ทราบถึงข้อมูลในการดำรงชีวิตและการขยายพันธุ์ของไร ซึ่งจะเป็นพื้นฐานของการศึกษาวิธีการป้องกันกำจัดไรชนิดนี้ให้ได้ผลต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเขตแพร่กระจายของไร *Lardoglyphus konoi* (Sasa & Asanuma) ในแหล่งที่มีการผลิตอาหารทะเลแห้ง
2. เพื่อศึกษาสัณฐานภายนอกของไร *Lardoglyphus konoi* (Sasa & Asanuma)
3. เพื่อศึกษาชีววิทยา การขยายพันธุ์ของไร และตารางชีวิตของไร *Lardoglyphus konoi* (Sasa & Asanuma)
4. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ทำให้ไร *Lardoglyphus konoi* (Sasa & Asanuma) สร้างระยะเกาะอาศัย (hypopus)

การตรวจเอกสาร

ความสำคัญของไรศัตรูในโรงเก็บ

“ไรศัตรูในโรงเก็บ” เป็นไรที่ทำลายพืชผลในโรงเก็บ ได้แก่ เมล็ดธัญพืช หัวพันธุ์ รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพืชและสัตว์ เช่น เนยแข็ง แยม และอาหารแห้งชนิดต่าง ๆ ที่ผ่านกระบวนการเก็บรักษาหรือถนอมอาหารมาแล้ว ไรศัตรูในโรงเก็บหลายชนิดสามารถอาศัยอยู่ในสภาพธรรมชาติ และเคลื่อนย้ายจากที่อยู่ในธรรมชาติเข้ามายังที่อยู่อาศัยของมนุษย์และสัตว์เลี้ยงได้ (Zdarkova, 1991)

ไรศัตรูในโรงเก็บหลายชนิดก่อให้เกิดความเสียหายทั้งด้านเศรษฐกิจและด้านสุขอนามัย (Zdarkova, 1991) ความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจที่พบคือ ทำให้วัตถุดิบสูญเสียน้ำหนักและทำลายคุณภาพของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ (Zdarkova และ Reska, 1976) ถ้าเป็นเมล็ดพันธุ์พืชก็จะทำให้เมล็ดนั้นไม่สามารถงอกได้ตามปกติ นอกจากนี้ไรหลายชนิดยังเป็นพาหะนำเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียได้อีกด้วย (Aucamp, 1969)

ความเสียหายที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขอนามัยของมนุษย์ นับว่ามีความสำคัญมากกว่าความเสียหายทางเศรษฐกิจ เช่น ไรที่ปะปนกับอาหารของมนุษย์และติดมากับสัตว์เลี้ยง มักทำให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารลดน้อยลง (Warner และ Bohane, 1978) นอกจากนั้น Eraky (1995) ยังพบว่า *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) ทำให้ผิวหนังของมนุษย์เกิดการติดเชื้อเป็นผื่นแดงได้ เป็นต้น

ไรศัตรูในโรงเก็บ

ไรที่พบตามผลิตภัณฑ์ในโรงเก็บ เป็นไรในอันดับย่อย Astigmata, Cryptostigmata, Prostigmata และ Mesostigmata อย่างไรก็ตามไรที่นับว่าเป็นศัตรูสำคัญในโรงเก็บส่วนใหญ่จะอยู่ในอันดับย่อย Astigmata (Zdarkova, 1991) ไรเหล่านี้จะพบปะปนอยู่กับอาหารที่มนุษย์ใช้บริโภคหลายชนิด

โดยทั่วไปไรในอันดับย่อย Astigmata นี้เป็นไรศัตรูในโรงเก็บ มีขนาดลำตัวประมาณ 200–1,800 ไมครอน มีรูปร่างอ้วนกลม ขาวรี หรือค่อนข้างแบน สีขาวใส ขาวขุ่น น้ำตาลอ่อน หรือน้ำตาลปนแดง มักมีผนังลำตัวบาง และไม่มีแผ่นแข็งมากนัก ไรในอันดับย่อยนี้พบอยู่ทั่วไป เช่น ตามกองขี้ฝุ่นในบ้านเรือน ตามวัสดุ เศษซากพืชที่เน่าเปื่อย ในกองเศษไม้ใบหญ้าบนดิน ใน

โรงเก็บพืชผลทางการเกษตร ตลอดจนบนลำตัวสัตว์ต่าง ๆ รวมทั้งมนุษย์ด้วย (Arlian, 1976; OConnor, 1979)

ไรในอันดับย่อย Astigmata นี้ มีการดำรงชีวิตที่แตกต่างกันไปหลายแบบ เช่น หากินตามผิวดิน กินเชื้อราตามเปลือกไม้ พืชเน่าเปื่อยหรือเชื้อราที่ขึ้นอยู่เป็นอิสระ กินผลิตผลทางการเกษตรในโรงเก็บ เช่น เมล็ดธัญพืช ผลไม้แห้ง แป้ง และเนยแข็ง (Woolley, 1988) ไรบางชนิดอาศัยอยู่ตามใต้ผิวหนัง และในทางเดินหายใจของนกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Woolley, 1988) ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่า ไรในอันดับย่อยนี้หลายชนิด จัดเป็นศัตรูสำคัญในโรงเก็บ และศัตรูสำคัญทางการแพทย์และสัตวแพทย์ (Krantz, 1978)

จากลักษณะการดำรงชีวิตที่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดของไรในอันดับย่อยนี้ Krantz (1978) ได้แบ่งประเภทของไรในอันดับย่อยนี้ออกเป็น 2 Supercohort ด้วยกันคือ Acaridides เป็นกลุ่มของไรที่หากินเป็นอิสระอยู่ตามโรงเก็บ หรืออยู่ร่วมกับแมลงและสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง บางชนิด เช่น ไรในวงศ์ Acarididae, Glycyphagidae และ Histiostomatidae เป็นต้น ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งคือ Psoroptides เป็นกลุ่มของไรที่ดำรงชีวิตเป็นตัวเบียนอยู่ตามลำตัวของสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง ได้แก่ ไรในวงศ์ Psoroptidae, Sarcoptidae, Listrophoridae หรืออยู่ตามฐานขน เช่น Proctophyllodidae, Analgidae และ Dermoglyphidae

ไรศัตรูสำคัญในโรงเก็บมีหลายชนิด เช่น *T. putrescentiae* ซึ่งเป็นไรที่พบอยู่ทั่วไปและทำให้เกิดความเสียหายกับผลิตภัณฑ์ในโรงเก็บ โดยเฉพาะเนยแข็ง โรงเพาะเห็ด และในปุ๋ยอินทรีย์ นอกจากนี้ยังพบตามอาหารเลี้ยงเชื้อราในห้องปฏิบัติการและอาหารเทียมต่าง ๆ อีกด้วย (Rivard, 1961 a, b; Woodring, 1963; Hughes, 1976; Rack และ Rilling, 1978; Eraky, 1995) ไรเหล่านี้มีชีวิตรอดได้ในสภาพแวดล้อมหลายแบบ Rivard (1958, 1961 a, b) และ Robertson (1961) ได้ศึกษาชีวประวัติของไร *T. putrescentiae* พบว่า ที่อุณหภูมิระหว่าง 7-10 องศาเซลเซียส ไรไม่สามารถเจริญเติบโตได้ แต่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90% ไรชนิดนี้จะเจริญเติบโตได้จนครบวงจรชีวิตภายในเวลา 8.46 วันโดยเฉลี่ยเมื่อใช้ wheat germ เป็นอาหาร ในปี ค.ศ. 1961 Hughes รายงานว่าการเลี้ยงไร *T. putrescentiae* ด้วย wheat germ ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87% ไรจะใช้เวลาในการเจริญเติบโต 2-3 สัปดาห์ Baker (1967) พบว่าไรชนิดเดียวกันนี้เมื่อเลี้ยงด้วย brewers yeast ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100% จะใช้เวลาในการพัฒนาจนครบวงจรชีวิตภายใน 21 วัน Cunningham (1969) กล่าวว่า ไรชนิดนี้สามารถทนต่อความชื้นสัมพัทธ์ได้ต่ำสุด 60%

Davis (1944) รายงานว่าไร *Tyrophagus lintneri* (Osborn) แพร่ระบาดอยู่ในเชื้อเหาะเห็ด Rack และ Rilling (1978) เคยพบไรชนิดนี้อยู่ในปมของใบองุ่น (phylloxera leaf gall of grapevines) ที่ปลูกในเรือนกระจก และยังมีรายงานว่าไรชนิดนี้อาศัยอยู่ในเมล็ดพันธุ์พืชผลไม้ ใบไม้ และกองฟางในทุ่งนาอีกด้วย (Eraky, 1995) Brust และ House (1988) กล่าวว่าไรชนิดนี้มีนิสัยเป็นตัวห้ำ กินไข่ของหนอนข้าวโพด ส่วน Eraky (1995) พบว่า *T. lintneri* เป็นตัวห้ำซึ่งชอบกินซากของแมลงทางดีดเป็นอาหาร

ไรที่อยู่ในสกุล *Rhizoglyphus* ซึ่งมีชื่อสามัญว่า bulb mite เป็นศัตรูสำคัญของพืชและผลิตภัณฑ์ในโรงเก็บหลายชนิด เช่น ไร *Rhizoglyphus echinopus* Faumouze & Robin ทำลายหัวพันธุ์ของดอกกลีลี (lily bulb) และฟางข้าว ในขณะที่ไร *Rhizoglyphus robini* Claparede ทำลายกระเทียม รากต้นไผ่ และข้าวเปลือก นอกจากนั้นไรในสกุลนี้ยังอาศัยอยู่ในดินหรือสิ่งปฏิกูลได้ด้วย (Baker และคณะ, 1995)

ไรในสกุล *Lardoglyphus* ซึ่งจัดอยู่ในวงศ์ Acaridae (Hughes, 1976) ซึ่งเป็นศัตรูของผลิตภัณฑ์ในโรงเก็บมี 5 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ *Lardoglyphus zacheri* Oudemans พบในผลิตภัณฑ์จากสัตว์ เช่น กระดุกสัตว์ หนังแกะ กล่องบรรจุที่ทำจากกระเพาะลูกวัว มีเขตแพร่กระจายในประเทศอังกฤษ เยอรมัน อเมริกาใต้ เม็กซิโกและออสเตรเลีย (Hughes, 1976) *Lardoglyphus konoi* (Sasa & Asanuma) เป็นศัตรูของปลาแห้งและอาหารทะเลแห้งในประเทศญี่ปุ่น (Sasa, 1951, 1964) อินเดียนอนไต้ (Pillai, 1957) และผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ในประเทศอังกฤษและเยอรมัน (Hughes, 1976) *Lardoglyphus angolensis* Fain & Caceres พบเฉพาะระยะเกาะอาศัยที่ติดมากับ African otter shrew (Baker, 1990) *Lardoglyphus falconidus* Philips & Norton พบอาศัยอยู่ในรังนก American kestrel (Baker, 1990) และ *Lardoglyphus angelinae* Oslen เป็นศัตรูของปลาแห้งและอาหารทะเลแห้งที่ประเทศสหรัฐอเมริกานำเข้ามาจากฮ่องกง (Oslen, 1982 b)

Radovsky (1970) รายงานว่าพบระยะเกาะอาศัยของไรที่อยู่ในสกุล *Lardoglyphus* ในส่วนของกระดุกเชิงกรานในซากศพของมัมมี่ และในปี ค.ศ. 1990 Baker ได้ทำการเก็บตัวอย่างไรจากระบบทางเดินอาหารของซากศพมัมมี่ที่ประเทศชิลีตอนเหนือ และส่งให้ T. Holden แห่ง Institute of Archaeology, University of London เป็นผู้จำแนกชนิดของไรที่เก็บได้ ผลปรากฏว่าเป็นไรชนิดใหม่ คือ *Lardoglyphus robutiscetosus* ส่วนไรระยะเกาะอาศัยที่ถูกพบเมื่อปี ค.ศ. 1970 โดย Radovsky ก็เป็นไรชนิดเดียวกันและได้รับการตั้งชื่อว่า *Lardoglyphus radovskyi*

อนุกรมวิธานของไร *Lardoglyphus konoi*

ไร *L. konoi* จัดอยู่ในอันดับย่อย Astigmata วงศ์ Acaridae ซึ่งมีลักษณะสำคัญประจำวงศ์คือ มีลำตัวอ้วน ค่อนข้างกลม สีขาวหรือสีครีม เคลื่อนไหวช้า มีแผ่นแข็งคล้ายโล่ปกคลุมอยู่ด้านหลัง 1 แผ่น เส้นขนที่บริเวณส่วนท้องอาจเป็นเส้นขนที่เรียบหรือแตกเป็นเงี่ยง (barbed) และมี empodial claw ที่ปลายขา นอกจากนั้นยังมีเส้นพาดขวางระหว่างขาคู่ที่ 2 และ 3 (sejugal furrow) เพื่อแบ่งลำตัวของไรออกเป็น 2 ส่วน (OConnor, 1982)

Sasa และ Asanuma พบไร *L. konoi* เป็นครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่นเมื่อปี ค.ศ. 1951 และตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ไว้ว่า *Hoshikadania konoi* ต่อมาเมื่อพบว่ามีลักษณะประจำสกุลของ *Hoshikadania* ตรงกับไร *Lardoglyphus zacheri* ซึ่งตั้งชื่อโดย Oudemans เมื่อปี ค.ศ. 1927 ดังนั้น ชื่อที่ถูกต้องของ *H. konoi* จึงต้องเปลี่ยนจาก *H. konoi* เป็น *Lardoglyphus konoi* (Sasa & Asanuma) ตามกฎระเบียบการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ของสัตว์

ลักษณะวิทยาของไร *Lardoglyphus konoi*

Hughes (1976) ได้อธิบายลักษณะสัณฐานภายนอก ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญทางอนุกรมวิธานที่ใช้ในการจำแนกไร *L. konoi* โดยกล่าวว่า ไรเพศเมียมีลำตัวยาวประมาณ 400–500 ไมครอน ลำตัวอ้วนกลม สีขาวขุ่น บนลำตัวมีเส้นขนเรียงเป็นแถวยาว 4 คู่ ข้าง ๆ บริเวณทวารหนักมีขน 5 คู่ และถัดลงมาจากทวารหนักจะมีขนอีก 2 คู่ ที่ปลายขาทุกคู่มีเล็บซึ่งแตกเป็น 2 แฉก (bifid)

ไรเพศผู้มีขนาดเล็กกว่าเพศเมีย โดยมีความยาวของลำตัวเพียง 300–440 ไมครอน ลำตัวค่อนข้างกลม มีเส้นขนบนสันหลัง 4 คู่เช่นเดียวกับไรเพศเมีย ขาคู่ที่ 1, 2 และ 4 มีเล็บซี่เดียว ส่วนปลายของขาคู่ที่ 3 จะแยกออกเป็น 2 แฉกคล้ายหนาม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของไรชนิดนี้ นอกจากนั้นบน tarsus ของขาคู่ที่ 4 ของไรเพศผู้ยังมีเส้นขนที่ดัดแปลงรูปร่างไปเป็นแผ่นแข็ง (sucker plate) 2 ชุด ทำหน้าที่จับยึดเพศเมียขณะผสมพันธุ์อีกด้วย บริเวณทวารหนักของไรเพศผู้มีขน 1 คู่ และถัดลงมาจากทวารหนักจะมีขนอีก 3 คู่

การเจริญเติบโตของไรใน Supercohort Acaridides รวมทั้งไร *L. konoi* เริ่มจากระยะไข่ ซึ่งจะฟักเป็นตัวอ่อนก่อนที่จะเข้าสู่ระยะวัยรุ่นที่ 1 วัยรุ่นที่ 3 และตัวเต็มวัยตามลำดับ ส่วนวัยรุ่นที่ 2 มีการดัดแปลงรูปร่างให้ผิดปกติไปจากเดิม เช่น ส่วนปากหดสั้นลงเหลือเพียงระยางค์ปากบางส่วน นอกจากนั้นเส้นขนบริเวณทวารหนักจะมีการดัดแปลงไป เพื่อใช้จับยึดกับลำตัวของสัตว์อาศัย (Hughes, 1964) วัยรุ่นที่ 2 ซึ่งมีการดัดแปลงรูปร่างเหล่านี้ เรียกว่า hypopus หรือ ระยะ

เกาะอาศัย ไรในระยะนี้ไม่กินอาหารเนื่องจากส่วนปากไม่เจริญ ตามปกติไรจะสร้างระยะเกาะอาศัยขึ้นมา เมื่อตกอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโต เช่น อาหารไม่เพียงพอ อุณหภูมิ ความชื้น และความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารเปลี่ยนแปลงไป หรือมีของเสียที่ขับออกมาปะปนกับอาหารมาก (Hughes, 1964; Wallace, 1960) หรือไรต้องการแพร่กระจายไปหาที่อยู่อาศัยแหล่งใหม่

การแพร่กระจายของไร *Lardoglyphus konoi*

หลังจากที่ Sasa และ Asanuma ได้พบไร *L. konoi* ในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งเมื่อปี ค.ศ 1951 แล้ว Pillai (1957) ได้พบไรชนิดเดียวกันนี้ในประเทศอินเดียตอนใต้ ต่อมา Sasa (1964) ก็ได้พบไรชนิดนี้บนผลิตภัณฑ์ปลาแห้งที่ประเทศญี่ปุ่นอีกครั้งหนึ่ง

ในประเทศโปแลนด์ Chmielewski (1971) รายงานว่าพบ *L. konoi* เป็นครั้งแรกที่ทำเรือในเมือง Szczecin ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 1969 โดยติดมากับปลาที่นำเข้ามาจากประเทศกานา และพบระยะเกาะอาศัย (hypopus) ติดมากับตัวหนังสือสัตว์ และตัวขาแดง ต่อมาได้พบไรชนิดนี้อีกครั้งในเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 1970 โดยอยู่ในอาหารจำพวกปลา ซึ่งนำเข้ามาจากประเทศซีเรีย และติดมากับตัวเต็มวัยของตัวหนังสือสัตว์ Hughes พบไร *L. konoi* แพร่ระบาดเข้าไปในประเทศอังกฤษและเยอรมัน ในปีค.ศ. 1976

ในปี ค.ศ. 1980 Vijayambika และคณะ พบไร *L. konoi* ในปลาแห้งที่เมือง Kerala ในประเทศอินเดียตอนใต้ นอกจากนั้น Lee และ Choi (1980) ยังรายงานการตรวจพบไร *L. konoi* ติดมากับปลาแห้งที่เก็บในกรุงโซล ประเทศเกาหลี ต่อมา Olsen (1982 a) ทำการศึกษาไรและสิ่งปนเปื้อนในกุ้งแห้งที่ประเทศสหรัฐอเมริกา นำเข้ามาจากประเทศในเขตร้อน ได้แก่ฮ่องกง ไต้หวัน ไทย สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ ญี่ปุ่น มาเลเซีย และอินโดนีเซีย พบว่า จากตัวอย่างทั้งหมด 50 ตัวอย่างที่ทำการศึกษา มีไรและสิ่งปนเปื้อนอยู่ 21 ตัวอย่าง ไรที่ปะปนมากับกุ้งแห้งคือ ไรศัตรูผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้ง (*L. konoi*) และไรฝุ่น (*Dermatophagoides* sp.) และในปีเดียวกันนี้ Olsen (1982 b) ยังพบไรศัตรูในโรงเก็บชนิดใหม่บนปลาแห้งที่นำเข้ามาจากฮ่องกง และให้ชื่อไรชนิดใหม่นี้ว่า *Lardoglyphus angelinae* Oslen

Vijayambika และคณะ (1983) พบไร *L. konoi* อยู่ในปลาแห้งและกุ้งแห้งที่ประเทศอินเดีย ไรชนิดนี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดการปนเปื้อนในอาหาร และทำให้อาหารสูญเสียน้ำหนัก ในปี ค.ศ. 1988 Olsen พบไร *L. konoi* บนซากตุ๊กแกตากแห้งที่นำเข้ามาจากฮ่องกงที่ด่านกักกันนมของรัฐ

แคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา นับเป็นการพบว่ามีไร *L. konoi* บนซากสัตว์เลื้อยคลานซึ่งนำเข้ามาจากทวีปเอเชียเป็นครั้งแรก

Gueye-Ndiaye และ Marchand (1989) รายงานว่า พบไร *L. konoi* และ *Suidasia pontifica* Oudemans ที่ประเทศจีนนี้ก็เป็นครั้งแรก โดยพบอยู่ในปลาที่ผ่านกระบวนการแปรรูปแล้ว ต่อมาในปี ค.ศ. 1990 Hong และ Shin พบว่าไร *L. konoi* ดำรงชีวิตโดยเป็นตัวเบียนภายนอกของหนูชนิดหนึ่งที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Rattus norvegicus* (Berkenhout) ที่ท่าเรือ Incheon ในประเทศเกาหลีเหนือ ในปีเดียวกันนี้ Asmat และ Kader ได้รายงานผลการสำรวจไรที่อาศัยอยู่ในรังนกแห่ง 2 ชนิดคือ รังนกกระจอก (*Passer domesticus* (Linnaeus)) และนก spotted munias (*Lonchura punctulata* (Linnaeus)) ในประเทศบังคลาเทศ และกล่าวว่าผลการสำรวจไรในระหว่างเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 1986 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 1987 พบไรทั้งหมด 8 ชนิดใน 7 สกุล ได้แก่ *L. konoi*, *T. putrescentiae*, *Cheyletus eruditus* (Schrank), *Cheyletus malaccensis* Oudemans, *Cunaxa setirostris* (Hermann), *Tydeus interruptus* Sig Thor, *Scheloribates laevigatus* (Koch) และ *Amblyseius* sp. ในจำนวนไรที่พบทั้งหมดนี้เป็นไรศัตรูในโรงเก็บเพียง 2 ชนิดเท่านั้น คือ *L. konoi* และ *T. putrescentiae* สำหรับไรชนิดอื่นๆ ดำรงชีวิตเป็นตัวทำของไรและแมลงศัตรูในโรงเก็บ

Madden และคณะ (1995) ทำการสำรวจปลาและผลิตภัณฑ์ปลาที่เมืองจาวา ประเทศอินโดนีเซีย ในระหว่างปี ค.ศ. 1984-1992 พบว่ามีไร *L. konoi* ติดมากับลำตัวตัวหนังสัตว์และตัวขาแดง

ชีววิทยาและนิเวศวิทยาของไร *Lardoglyphus konoi*

ไรในโรงเก็บรวมทั้ง *L. konoi* สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้มากกว่าการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ (Zdarkova, 1991) ดังนั้น ความชื้นสัมพัทธ์จึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของไรในโรงเก็บแทบทุกชนิด (Eraky, 1995)

Chmielewski (1971) ทดลองเลี้ยงไร *L. konoi* ในห้องปฏิบัติการที่ความชื้นสัมพัทธ์ 85% โดยปรับระดับอุณหภูมิ 3 ระดับ พบว่า ไรจะใช้เวลาในการพัฒนาจนครบวงจรชีวิตประมาณ 8-12 วันโดยไรเพศผู้มีอายุชั้ยนาน 25, 18 และ 16 วัน เมื่อเลี้ยงที่ระดับอุณหภูมิ 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียสตามลำดับ ส่วนไรเพศเมียมีอายุชั้ยสั้นกว่าเพศผู้ที่อุณหภูมิเดียวกัน โดยมีอายุชั้ยเพียง 18, 15 และ 13 วันตามลำดับ ไรเพศเมีย 1 ตัวจะวางไข่โดยเฉลี่ย 140, 155 และ 97 ฟอง ที่อุณหภูมิ 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียสตามลำดับ สำหรับอัตราการตายของไรที่

ระดับอุณหภูมิดังกล่าวทั้ง 3 ระดับ เท่ากับ 41, 39 และ 54% ตามลำดับ การเลี้ยงไรในสภาพแวดล้อมที่ผิดไปจากนี้จะทำให้ไรสร้างระยะเกาะอาศัยมากขึ้น

Hughes (1976) รายงานว่า *L. konoi* ใช้เวลา 9-11 วันในการพัฒนาจากระยะไข่จนเป็นตัวเต็มวัย ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87% โดยใช้กล้ามเนื้อหัวใจตากแห้ง (dried heart muscle) เป็นอาหาร ส่วนการทดลองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 94% พบว่าตลอดอายุขัยของไรเพศเมีย 1 ตัว สามารถวางไข่ได้ถึง 334.3 ± 42.2 ฟอง โดยเฉลี่ย (Matsumoto และคณะ 1992)

Matsumoto และคณะ (1992) ทดลองเลี้ยงไร *L. konoi* โดยใช้ยีสต์ผงผสมปลาป่นในอัตราส่วน 1: 1 โดยน้ำหนักเป็นอาหาร และรายงานว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อการเจริญเติบโตของไร โดยไข่ของไร *L. konoi* จะไม่สามารถฟักเป็นตัวอ่อนเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 35% อย่างไรก็ตามไข่ของไรชนิดนี้ จะฟักเป็นตัวอ่อนได้หากเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสแต่เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์เป็น 66% หรือที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 65% แต่ตัวอ่อนดังกล่าวจะไม่ลอกคราบเป็นวัยรุ่นระยะที่ 1 และยังพบว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้น จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของไรเร็วขึ้นด้วย ทั้งนี้ไรเพศเมียและเพศผู้จะใช้เวลาณานที่สุด (11.5 ± 0.3 วัน และ 11.4 ± 0.4 วัน) ในการเจริญเติบโตจากไข่จนเป็นตัวเต็มวัยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 76% การเพิ่มอุณหภูมิเป็น 30 องศาเซลเซียสและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ขึ้นเป็น 96% จะช่วยเร่งระยะเวลาการเจริญเติบโตได้ โดยไรเพศเมียใช้เวลาเพียง 6.5 ± 0.2 วัน และเพศผู้ใช้เวลา 6.1 ± 0.2 วัน

Matsumoto และคณะ (1992) พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะทำให้ไร *L. konoi* สร้างระยะเกาะอาศัยมากขึ้น โดยจะพบไรระยะนี้มากที่สุดถึง 37.3% เมื่อเลี้ยงไรที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 96%

Matsumoto (1973) ศึกษาผลของอาหารต่อการสร้างระยะเกาะอาศัยของไร *L. konoi* โดยเลี้ยงไรในอาหารชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 85% หลังจากปล่อยไรจำนวน 300 ตัว/อาหาร 10 กรัม ช่วงระยะเวลาหนึ่งและทำการนับจำนวนไร พบว่าในอาหารที่มีปลาป่นผ่านการอบแล้วผสมกับยีสต์ผงจะมีไรหลายระยะ และมีระยะเกาะอาศัยค่อนข้างสูง ส่วนอาหารที่ประกอบด้วยปลาป่นที่ไม่ผ่านการอบผสมกับยีสต์ผงที่ผสมน้ำเดือดผ่านการเก็บไว้ 24 ชม และทำให้แห้งก่อนนำมาใช้ทดลองนั้น จะมีจำนวนไรสูงสุดแต่มีระยะเกาะอาศัยน้อย

Vijayambika และ John (1974) กล่าวว่า การที่ไร *L. konoi* สร้างระยะเกาะอาศัยนั้น ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณอาหาร อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ แต่อาจเกิดจากฮอร์โมนของไรโดยตรง อย่างไรก็ตาม Chmielewski (1977) พบว่า สาเหตุที่ทำให้ไร *L. konoi* สร้างระยะเกาะอาศัยนั้น อาจเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านนิเวศวิทยาและสภาวะแวดล้อม เช่น ความหนาแน่นของประชากรไร อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ รวมทั้งพันธุกรรมของไรด้วย ทั้งนี้เขาได้รายงานว่า *L. konoi* ซึ่งเคยผ่านระยะเกาะอาศัยมาแล้ว มักจะสร้างลูกหลานที่ลอกคราบเข้าสู่ระยะเกาะอาศัยด้วย ผลการศึกษาของ Matsumoto (1978) และ Matsumoto และคณะ (1993) เกี่ยวกับอิทธิพลของอาหารต่อการสร้างระยะเกาะอาศัยก็สรุปได้เช่นกันว่า คุณภาพและปริมาณของอาหารเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ *L. konoi* สร้างระยะเกาะอาศัย

Okamoto และคณะ (1991) รายงานว่าอัตราการลอกคราบจากรยะเกาะอาศัยเข้าสู่วัยรุ่นระยะที่ 3 (tritonymph) ของไร *L. konoi* ค่อนข้างสูง ถ้าไรระยะเกาะติดอาศัยมีโอกาสเกาะไปกับไรชนิดเดียวกันหรือตัวด้วงหนังสัตว์ (*D. maculatus*) หรือติดอยู่กับแผ่นวุ้นที่มียีสต์เป็นส่วนประกอบ และพบว่าหากไรที่อยู่ในระยะเกาะอาศัยเกาะอยู่บนแผ่นแข็งของตัวด้วงหนังสัตว์ อัตราการลอกคราบเข้าสู่วัยรุ่นระยะที่ 3 จะสูงถึง 95% (Okamoto และ Matsumoto 1991) นอกจากนั้น Okamoto และคณะ (1991) ยังพบว่าไรระยะเกาะอาศัยที่อยู่เดี่ยวๆ โดยไม่ได้เกาะติดกับสัตว์อาศัยจะไม่ลอกคราบเข้าสู่วัยรุ่นระยะที่ 3 ดังนั้นภาวะการเกาะติดไปกับสัตว์อาศัย จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการอยู่รอดและการลอกคราบไปเป็นวัยรุ่นระยะที่ 3 ของไร *L. konoi*

ในปี ค.ศ. 1980 Vijayambika และคณะ เปรียบเทียบปริมาณของไร *L. konoi* ในโกดังตามชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกเฉียงใต้ของ Kerala ประเทศอินเดีย พบว่า ปริมาณของไรไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเค็มหรือปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้ง อุณหภูมิ หรือความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ และปัจจัยที่สำคัญซึ่งอาจทำให้ปริมาณการเข้าทำลายของไรแตกต่างกัน น่าจะเป็นระยะเวลาและวิธีการเก็บรักษา ต่อมา Vijayambika และคณะ (1983) พบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ ไม่สามารถนำมาใช้ทำนายจำนวนประชากรตัวเต็มวัยของไร *L. konoi* ได้

การขยายพันธุ์ของไรศัตรูในโรงเก็บ

ไรศัตรูในโรงเก็บโดยเฉพาะไรในวงศ์ Acaridae ส่วนใหญ่จะขยายพันธุ์โดยใช้เพศ ไร *L. konoi* ไม่สามารถขยายพันธุ์ด้วยวิธีไม่ใช้เพศหรือที่เรียกว่า parthenogenesis (Hughes, 1956) ในปี ค.ศ. 1986 Ignatowicz ทำการศึกษาอัตราส่วนทางเพศของไรในวงศ์ Acaridae 5 ชนิด คือ *Tyrophagus putrescentiae*, *Tyrophagus entomophagus* (Lab.), *Glycyphagus domesticus* (De

Geer), *Acarus siro* Linneus และ *L. konoï* พบว่าลูกที่เกิดจากไข่ของไรเพศเมียทั้ง 5 ชนิด ซึ่งได้รับการผสมพันธุ์แล้ว จะมีอัตราส่วนเพศผู้: เพศเมียคล้ายคลึงกันและใกล้เคียงกันคือ 1: 1 ทั้งนี้ อายุของเพศเมียขณะวางไข่และชนิดของอาหาร มิได้เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดอัตราส่วนทางเพศของไร

Boczek และคณะ (1979) ศึกษาการสร้างถุงบรรจุสเปิร์ม (spermatophore) รวมทั้งพฤติกรรมการจับคู่ของไร *A. siro* และไร *L. konoï* พบว่า ถ้าให้ไรแต่ละชนิดมีโอกาสจับคู่ผสมพันธุ์เพียงครั้งเดียว โดยปล่อยไรเพศผู้และเพศเมียให้อยู่ร่วมกันในอัตราส่วน 1: 1 แล้ว *A. siro* จะสร้างถุงบรรจุสเปิร์มได้มากกว่า *L. konoï* ถึง 2 เท่า การเพิ่มอัตราส่วนของไรเพศผู้และเพศเมียเป็น 1: 5 จะช่วยให้ไร *A. siro* มีโอกาสได้รับการจับคู่ผสมพันธุ์มากกว่าไร *L. konoï* นอกจากนั้นยังพบว่าไร *A. siro* เพศเมียจะสามารถรับถุงบรรจุสเปิร์มได้มากกว่า ไร *L. konoï* เพศเมียอีกด้วย

สารเคมีที่ผลิตโดยไรศัตรูในโรงเก็บ

Kuwahara (1976) กล่าวว่าไร *L. konoï* สามารถหลั่งสารฟีโรโมนที่เรียกว่า neryl formate ซึ่งเป็นองค์ประกอบในฟีโรโมนเตือนภัย (alarm pheromone) ออกมาจากต่อมน้ำมันที่อยู่บริเวณด้านข้างของส่วนท้องซึ่งเรียกว่า latero-abdominal gland ส่วน neryl formate มีสูตรโครงสร้างทางเคมีว่า (Z)-3,7-dimethylocta-2,6-dienyl formate (Kuwahara และคณะ, 1980 a) นอกจากนี้ Kuwahara (1976) ยังได้รายงานว่ไรศัตรูโรงเก็บอีก 4 ชนิด คือ *Dermatophagoides farinae* Hughes, *Carpoglyphus lactis* (L.), *T. putrescentiae* และ *Aleuroglyphus ovatus* (Troup) สามารถสร้าง neryl formate ได้เช่นกัน

นอกจาก neryl formate แล้ว ไร *T. putrescentiae*, *A. ovatus*, *C. lactis*, *D. farinae* และ *L. konoï* ยังสามารถผลิตฟีโรโมนที่มีชื่อว่า citral และ geranial ซึ่งเป็นฟีโรโมนเตือนภัยเช่นเดียวกัน citral มีสูตรโครงสร้างทางเคมีว่า (Z)-3,7-dimethyl-2,6-octadienal ส่วน geranial มีสูตรโครงสร้างทางเคมีว่า (E)-3,7-dimethyl-2,6-octadienal (Kuwahara และคณะ, 1980 b)

Kuwahara (1976) กล่าวว่า neryl formate ทำหน้าที่เป็นสารไล่ (repellent) ส่วน citral เป็นฟีโรโมนซึ่งทำหน้าที่ช่วยในการหลบหลีกภัยของไร *L. konoï* และ *C. lactis* และนอกจากนั้นยังทำหน้าที่ช่วยในการป้องกันตัวของไร *D. farinae* และ *A. ovatus* ด้วย

Matsumoto และคณะ (1979) รายงานว่าทั้ง neryl formate และ citral เป็นสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา เช่น *Aspergillus fumigatus* Fresenius โดย citral มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราชนิดนี้ได้ดีกว่า neryl formate

ในปี ค.ศ. 1982 Kuwahara และคณะ พบว่า *L. konoii* สามารถหลั่ง aggregation pheromone ได้ ฟีโรโมนชนิดนี้คือ lardolure และมีสูตรโครงสร้างทางเคมีว่า 1,3,5,7-tetramethyldecyl formate

การป้องกันกำจัดไรศัตรูในโรงเก็บ

ความเสียหายของผลิตภัณฑ์ในโรงเก็บซึ่งเกิดจากการทำลายโดยไรนั้น มีทั้งทางตรงและทางอ้อม ทำให้เกษตรกรหรือผู้นำเข้าต้องเสียค่าใช้จ่ายในการป้องกันกำจัดอยู่เสมอ วิธีการป้องกันไรศัตรูในโรงเก็บที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางก็คือการใช้สารเคมี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารที่ใช้กำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ เนื่องจากสารบางตัวมีฤทธิ์ในการกำจัดไรได้ด้วย อย่างไรก็ตาม ผลที่เกิดจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บก็คือ ทำให้ไรสามารถสร้างความต้านทานต่อสารเคมี หรือทำให้สารนั้นไม่มีฤทธิ์ที่จะใช้กำจัดไรได้ (Zdarkova, 1991)

วิธีการควบคุมอีกวิธีหนึ่งก็คือ วิธีทางกายภาพ (physical method) ได้แก่ การควบคุมความชื้นโดยให้วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์อาหารนั้น ๆ อยู่ในที่ที่มีความชื้นต่ำ เช่น การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 70% เนื่องจากไรสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้มากกว่าการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ (Zdarkova, 1991)

การควบคุมโดยชีววิธี (biological control) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้กำจัดไรศัตรูในโรงเก็บได้ ผลดี Pulpan และ Verner (1965) รายงานว่า จำนวนของตัวห้ำกับเหี่ยวในสภาพธรรมชาติมักจะมีความสมดุลกัน ตัวอย่างของการควบคุมไรโดยชีววิธี เช่น การใช้ไรตัวห้ำ *Chyletus eruditus* (Scharnk) ควบคุมไรศัตรูในโรงเก็บในวงศ์ Acaridae และ Glycyphagidae ได้แก่ *A. siro*, *T. putrescentiae* และ *Lepidoglyphus destructor* (Schrank) เป็นต้น ไรตัวห้ำจะช่วยลดประชากรของไรศัตรูในโรงเก็บลงได้ อย่างไรก็ตามไรตัวห้ำจะทำงานได้ผลดียิ่งขึ้นถ้าเป็นไรที่อาศัยอยู่ในที่มีสภาพทางนิเวศวิทยาคล้าย ๆ กับเหี่ยว (Zdarkova, 1991) และสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 0 องศาเซลเซียส ได้เป็นเวลา 6 เดือน โดยที่ไม่มีการสูญเสียความสามารถในการขยายพันธุ์เมื่อกลับเข้าสู่สภาวะปกติ (Zdarkova และ Pulpan, 1973) วิธีควบคุมโดยชีววิธีนี้ไม่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมี นอกจากนั้นยังมีความปลอดภัยและประหยัดกว่าอีกด้วย

Melville (1958) นำไร *A. siro* เพศเมียมาฉายรังสีแกมมาที่ระดับต่าง ๆ กัน พบว่าตัวอ่อนของ *A. siro* ที่ได้รับรังสี 5 และ 10 kR สามารถฟักออกจากไข่ได้มากขึ้น แต่อัตราการฟักไข่ของ *A. siro* จะลดลงถ้าได้รับปริมาณรังสีในระดับที่สูงกว่านี้ อย่างไรก็ตามผลกระทบที่เกิดจากการฉายรังสีจะมากขึ้นหรือน้อยลงนั้นยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ไรศัตรูในโรงเก็บจะตอบสนองต่อการเพิ่มปริมาณของรังสีโดยมีเปอร์เซ็นต์การตายที่สูงขึ้น (Baldwin, 1956; Baldwin และ Norraway, 1957; Pendlebury, 1966; และ Banditsing และ Hunter, 1973)

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างและการศึกษาเขตแพร่กระจายของไร *Lardoglyphus konoi*

ทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างไรที่ทำลายผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้ง เช่น ปลาแห้ง ปลาแผ่น หมึกแห้ง กุ้งแห้ง หอยแมลงภู่มากแห้ง ฯลฯ จากแหล่งผลิตใน 7 จังหวัด ได้แก่ ฉะเชิงเทรา, ชลบุรี, ระยอง, สมุทรปราการ, สมุทรสงคราม, สมุทรสาคร และเพชรบุรี โดยใช้แว่นขยาย (hand lens) ขนาด 10-15 เท่า ตรวจสอบตามผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้ง จากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์ที่มีไรปะปนอยู่ใส่ถุงพลาสติกบรรจุในถังโฟมที่มีน้ำแข็งแห้ง เพื่อป้องกันไรตายเนื่องจากความร้อน และนำกลับมาตรวจหาไรในห้องปฏิบัติการ ภาควิชากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

นำผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งที่มีไร *Lardoglyphus konoi* ปะปนอยู่ ใส่ลงในขวดแก้วใสที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว สูง 3 นิ้ว โดยให้เหลือพื้นที่ว่างในขวดประมาณ 2 ใน 3 ของขวด เพื่อให้อากาศในขวดถ่ายเทได้สะดวก ทำการฉีกปากขวดด้วยกระดากกรงโดยใช้เทียนไขหลอมเหลวเป็นตัวยึดให้กระดากกรงติดกับปากขวดแน่นสนิท เพื่อป้องกันไม่ให้ไรหนีออกจากขวด เมื่อปิดปากขวดเรียบร้อยแล้วจึงนำขวดไปใส่ไว้ในโหลชื้น โดยใช้สารละลายของเกลือโปแตสเซียมคลอไรด์ (KCl) ปรับความชื้นในขวดโหลให้อยู่ในระดับ 95-100% หมั่นเปิดฝาขวดโหลขึ้นทุก 3-4 วัน ครั้งละ 30 นาที เพื่อให้อากาศภายในโหลชื้นเพียงพอต่อการพัฒนาการเจริญเติบโตของไร ก่อนที่จะนำไรแต่ละระยะมาศึกษาทางด้านอนุกรมวิธาน สัณฐานวิทยาภายนอก และชีววิทยาต่อไป

การศึกษาสัณฐานภายนอกของไร *Lardoglyphus konoi*

การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ แบบ Phase Contrast (Phase Contrast Microscope)

การศึกษาสัณฐานภายนอกของไร กระทำโดยเขี่ยไรระยะต่าง ๆ ลงในภาชนะทนไฟขนาดเล็ก (syracuse disc) ที่มีน้ำยาแลกโตฟีนอล (lactophenol) บรรจุอยู่ จากนั้นนำภาชนะดังกล่าวไปตั้งบนเตาควบคุมอุณหภูมิ (hot plate) ที่อุณหภูมิประมาณ 55-60 องศาเซลเซียส หมั่นตรวจดูไรในภาชนะจนเห็นว่าลำตัวของไรใส ไม่มีอวัยวะภายในปรากฏให้เห็น จึงนำไปทำสไลด์ถาวรโดยวางไรลงบนแผ่นสไลด์ที่มีน้ำยาไฮเยอร์ (Hoyer's medium) จำนวน 1 หยดในปริมาณที่พอเหมาะกับขนาดของแผ่นปิดสไลด์ (cover glass) จากนั้นจึงใช้เข็มขนาดเล็ก (micro pin) ตีปลายไม้ ค่อย ๆ กดไรให้จมลงไปภายใต้หยदनํ้ายาจนกระทั่งไรติดกับพื้นสไลด์ และทำ

การจัดทำทางของไรให้อยู่ในลักษณะที่ต้องการ ก่อนที่จะใช้แผ่นปิดสไลด์ปิดทับลงบนหยดน้ำยาไฮเยอร์

นำแผ่นสไลด์ที่ได้ทำการจัดเรียงทำของไรเรียบร้อยแล้ว ไปอบในเครื่องอบสไลด์ (slide warmer) ที่อุณหภูมิประมาณ 45-50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 วัน หรือจนกว่าน้ำยาไฮเยอร์จะแห้งสนิท เมื่อน้ำยาแห้งดีแล้ว จึงนำสไลด์ออกจากเครื่องอบสไลด์และวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้แผ่นปิดสไลด์กลับคืนสู่สภาพเดิม เนื่องจากความร้อนจะทำให้ น้ำยาที่ใช้ทำ สไลด์แห้งและหดตัว เป็นเหตุให้แผ่นปิดสไลด์โค้งงอได้ เมื่อปล่อยไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง แผ่นปิดสไลด์ก็จะกลับคืนสู่สภาพเดิม หลังจากนั้นจึงทำการเคลือบรอบ ๆ ขอบแผ่นปิดสไลด์ โดยใช้ น้ำยาทาเล็บ ชนิดใสหรือน้ำยากลิปตอล (glyptal) เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำยาไฮเยอร์ และช่วยยึดแผ่นปิดสไลด์ให้ติดแน่นกับสไลด์ด้วย

ทำการบันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับไรไว้ทางด้านขวาของแผ่นสไลด์ เช่น แหล่งที่เก็บ (locality) วันที่เก็บ (data) ชื่อผู้เก็บ (collector) ชนิดอาหาร (host) หมายเลขของตัวอย่างที่เก็บตามบันทึกการเก็บตัวอย่างไร ส่วนทางด้านซ้ายของสไลด์จะบรรยายละเอียดเกี่ยวกับวงศ์ (Family) สกุล (Genus) ชนิด (species) ระยะการเจริญเติบโต วันที่ในการวิเคราะห์ชนิด และชื่อผู้ทำการวิเคราะห์ชนิด ตลอดจนน้ำยาที่ใช้ทำสไลด์ จากนั้นจึงนำสไลด์ที่ทำเสร็จแล้วมาจัดเรียงในกล่องเก็บสไลด์ให้เป็นหมวดหมู่ เพื่อสะดวกต่อการนำมาศึกษาทางด้านสัณฐานวิทยาภายนอกต่อไป

ทำการศึกษาสัณฐานวิทยาภายนอกโดยวาดภาพไรทุกระยะของการเจริญเติบโต โดยใช้ drawing tube เชื่อมต่อกับกล้องจุลทรรศน์แบบ phase contrast microscope รุ่น Olympus BH2 และใช้ปากกาเขียนแบบลากทับลายเส้นเพื่อให้ได้ภาพที่คมชัดยิ่งขึ้น พร้อมทั้งขีดเส้นกำหนดขนาดกำลังขยายที่ใช้วาดภาพไว้ข้าง ๆ ภาพแต่ละภาพ

การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

แช่ตัวอย่างไรระยะไข่ ตัวอ่อน วัยรุ่นที่ 1 วัยรุ่นที่ 3 ระยะเกาะอาศัย และตัวเต็มวัยแต่ละเพศจากขวดเลี้ยงไร ใส่ลงในขวดดองแมลงขนาดเล็กที่บรรจุ ethyl alcohol 70% และเก็บไว้ในตู้เย็น 1 วัน จากนั้นทำการแทนที่น้ำในเซลล์ของตัวอย่างด้วย ethyl alcohol ที่ระดับความเข้มข้น 90, 95, 100, 100 และ 100% ระดับละ 20-30 นาที ก่อนที่จะนำตัวอย่างไรไปทำให้แห้งที่จุดวิกฤตด้วยเครื่อง Critical Point Dryer รุ่น Balzers Union CPD 020

เมื่อตัวอย่างไรแห้งสนิทดีแล้ว จึงนำไรแต่ละระยะมาแยกวางลงบนแท่นรองรับตัวอย่าง (aluminum stub) แท่นละ 1 ระยะ โดยใช้เทป 2 หน้าเป็นตัวเชื่อมยึดให้ตัวอย่างติดอยู่บนแท่นรองรับ จากนั้นจึงทำการเคลือบตัวอย่างด้วยผงโลหะทอง ด้วยเครื่องเคลือบโลหะ รุ่น Balzers Union SCD 040 Coater เป็นเวลา 8-10 นาที ก่อนที่จะนำไปศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) รุ่น Jeol JSM - 5410 LV ที่ 15 kv และทำการบันทึกภาพด้วยฟิล์ม Kodak VP 100

การศึกษาชีววิทยาของไร *Lardoglyphus konoi*

ทำการเพิ่มปริมาณไร *L. konoi* ในห้องปฏิบัติการเพื่อใช้สำหรับการศึกษาด้านชีววิทยา โดยเชื้อไรเพศผู้และเพศเมียจำนวน 20 คู่ ลงในขวดแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว สูง 3 นิ้ว ที่บรรจุอาหารเลี้ยงไรซึ่งประกอบด้วยกึ่งแห้งป่นผสมยีสต์ และ wheat germ ในอัตราส่วน 2: 1: 1 โดยน้ำหนัก จากนั้นจึงปิดปากขวดแก้วด้วยกระดาษกรอง โดยใช้กาวชนิดที่ไม่เป็นพิษ (Elmer's® glue) ฉีกกระดาษกรองให้ติดกับปากขวด ก่อนที่จะนำขวดเลี้ยงไรไปใส่ไว้ในโหลชื้น ซึ่งใช้สารละลายโปแตสเซียมคลอไรด์ปรับความชื้นสัมพัทธ์ให้เท่ากับ 95-100% ทำการเปลี่ยนอาหารให้ไรทุกสัปดาห์เพื่อป้องกันการขาดแคลนอาหาร โดยเทอาหารเก่าออกครึ่งหนึ่งและเตรียมอาหารใหม่ใส่ลงไปอีกครั้งหนึ่ง ไรจะใช้เวลาในการเพิ่มปริมาณจนเต็มขวดประมาณ 14 วัน

การศึกษาวงจรชีวิต

ทำการเตรียมกรงที่ใช้เลี้ยงไรโดยใช้แผ่นกระจกหนา 0.2 ซม ตัดให้มีขนาด 2.5 x 4 ซม จากนั้นจึงเจาะรูซึ่งมีลักษณะเป็นรูปกรวยบริเวณกลางแผ่น 1 รู โดยให้ปากกรงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 ซม และส่วนด้านล่างของรูมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม ตรวจสอบรอยเจาะเพื่อไม่ให้มีรอยขรุขระซึ่งจะเป็นที่หลบซ่อนของไร ก่อนที่จะปิดบริเวณด้านล่างของกรงเลี้ยงด้วยกระดาษกรองสีชมพู เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจผล และใช้กาว Elmer's® glue เป็นตัวยึดกระดาษกรองให้ติดกับแผ่นกระจก เมื่อตรวจสอบความเรียบร้อยของกรงอีกครั้งหนึ่งเพื่อไม่ให้มีรอยร้าวแล้ว จึงใส่อาหารเลี้ยงไรซึ่งเตรียมโดยวิธีเดียวกับที่กล่าวมาแล้วจำนวนเล็กน้อยลงในกรงเลี้ยงไร ใช้ชนตาติดปลายไม้เชื้อไรเพศเมียที่กำลังจะวางไข่จากขวดขยายพันธุ์ไรประมาณ 2-3 ตัว ลงภายในกรงเลี้ยงไรแต่ละกรง และฉีกฝากรงโดยใช้แผ่น hydrolyzing tube ขนาด 1 x 1 ซม ทาด้วยการชนิดไม่เป็นพิษเพื่อป้องกันไรหนีออกจากกรง นำกรงเลี้ยงไรไปจัดเรียงไว้ในตู้เลี้ยงไรขนาด 30 x 34 x 37 ซม โดยมีภาชนะบรรจุสารละลายเกลือโปแตสเซียมคลอไรด์ เพื่อให้มีความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้เลี้ยงอยู่ระหว่าง 91-92% ก่อนที่จะนำตู้เลี้ยงไรนี้เข้าไปไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 24±2

องศาเซลเซียส การทดลองอีกชุดหนึ่งจัดเตรียมเช่นเดียวกันกับที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 1)

หลังจากปล่อยไรเป็นเวลา 24 ชม. จึงทำการเขี่ยตัวไรและไข่ออกจากกรง โดยเหลือไข่ไว้เพียงกรงละ 1 ฟอง จัดบันทึกการเปลี่ยนแปลงของไรทุก 6 ชั่วโมง ตั้งแต่ระยะไข่จนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย (ทำการทดลอง 68 และ 65 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 24 ± 2 และ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ) นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SAS และใช้ LSD ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละทรีทเมนต์

การศึกษาอัตราการขยายพันธุ์

การศึกษาอัตราการขยายพันธุ์ของไรที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้ว กระทำโดยปล่อยไรเพศเมียระยะพักตัวครั้งสุดท้าย (teliochrysalis) 1 ตัว และไรตัวเต็มวัยเพศผู้ 5 ตัว ลงในกรงเลี้ยงไรชนิดเดียวกับที่ใช้ในการศึกษาวงจรชีวิตของไร จากนั้นจึงใส่อาหารเลี้ยงไรในปริมาณที่พอเหมาะ และฉีกกรงด้วยแผ่น hydrolyzing tube ขนาด 1×1 ซม. ก่อนที่จะนำไปเก็บไว้ในตู้เลี้ยงไรซึ่งควบคุมความชื้นประมาณ 91-92% และนำตู้เลี้ยงไรไปไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 24 ± 2 และ 28 ± 2 องศาเซลเซียส

ทำการบันทึกปริมาณไข่ของไรทุกวันจนกว่าไรเพศเมียจะตาย ตลอดระยะเวลาการศึกษา จะทำการเปลี่ยนอาหารตามความเหมาะสม และถ้าตรวจพบว่ามีไรเพศผู้ตายหรือไม่แข็งแรงจะปล่อยไรเพศผู้ตัวใหม่ลงไปในกรง เพื่อให้ไรเพศเมียมีโอกาสผสมพันธุ์กับไรเพศผู้ได้เมื่อต้องการ (ทำการทดลอง 23 และ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 24 ± 2 และ 28 ± 2 องศาเซลเซียสตามลำดับ) นำไข่ไรที่พบในแต่ละกรงมาเลี้ยงจนเป็นตัวเต็มวัย เพื่อศึกษาอัตราส่วนของไรเพศผู้และเพศเมียในรุ่นลูก นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SAS และใช้ LSD ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละทรีทเมนต์

การศึกษาอัตราการขยายพันธุ์ของไรเพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ กระทำโดยปล่อยเฉพาะไรเพศเมียระยะพักตัวครั้งสุดท้าย (teliochrysalis) จำนวน 1 ตัว ลงในกรงแต่ละกรง หลังจากนั้นทำการตรวจหาไข่วันละ 1 ครั้ง จนกว่าไรเพศเมียทุกตัวจะตาย หากพบไข่จะทำการบันทึกจำนวนและนำไข่ที่พบมาเลี้ยงจนเป็นตัวเต็มวัย เพื่อศึกษาอัตราส่วนของไรเพศผู้และไรเพศเมียรุ่นลูกต่อไป

การศึกษาตารางชีวิต

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวงจรชีวิตและอัตราการขยายพันธุ์ของไร *L. konoi* ทั้งที่อุณหภูมิ 24 ± 2 และ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92% มาทำการวิเคราะห์ตารางชีวิต (Partial life table) ตามวิธีการของ Birch (1948) เพื่อคำนวณหาอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (net reproductive rate of increase = R_0), ช่วงอายุขัยของกลุ่ม (cohort generation time = T_G), อัตราการเพิ่มที่แท้จริง (innate capacity of increase = r_m) และอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากร (finite rate of increase = λ) ดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{อัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (Ro)} &= \sum l_x m_x \\ \text{ช่วงอายุขัยของกลุ่ม (TG)} &= \frac{\sum x l_x m_x}{\sum l_x m_x} \\ \text{อัตราการเพิ่มที่แท้จริง (rm)} &= \frac{\log_e R_0}{T_G} \\ \text{อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากร (\lambda)} &= e^m \end{aligned}$$

จากนั้นนำค่าอัตราการเพิ่มที่แท้จริงจากที่คำนวณได้ มาปรับค่าที่ถูกต้องที่สุด ตามวิธีการของ Birch (1948) โดยใช้สมการ

$$\sum e^{-mx} l_x m_x = 1$$

นำ 5 มาคูณทั้งสองข้างของสมการ จะได้สมการใหม่ดังนี้

$$\sum e^{5-mx} l_x m_x = 148.41$$

- เมื่อ e = ฐานของค่าลอการิทึม
 x = อายุของเพศเมียแต่ละตัว (วัน)
 l_x = อัตราการอยู่รอดของเพศเมีย
 m_x = จำนวนลูกเพศเมียที่ยังมีชีวิตโดยคิดเฉลี่ยต่อแม่ 1 ตัว ที่อายุ x (วัน)

การศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดระยะเกาะอาศัยของไร *Lardoglyphus konoi*

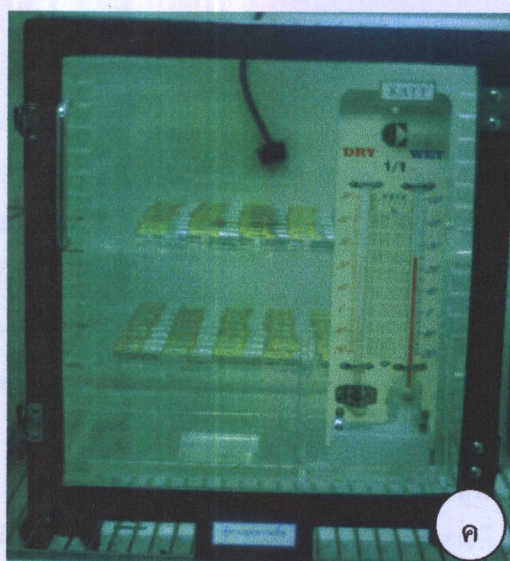
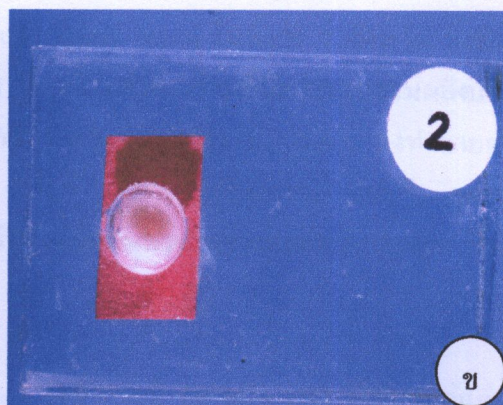
การศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดระยะเกาะอาศัย 2 ปัจจัย คือ ชนิดของอาหารและความหนาแน่นของประชากร กระทำโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD และทำการจัดทรีทเมนต์แบบ 3 x 3 แฟคตอเรียล แต่ละทรีทเมนต์มีจำนวนซ้ำ 3 ซ้ำ

ทำการเตรียมอาหารเลี้ยงไร 3 สูตร คือ กุ้งแห้งป่นผสมยีสต์และ wheat germ ในอัตราส่วน 2: 1: 1 ปลาป่นผสมยีสต์และ wheat germ ในอัตราส่วน 2: 1: 1 และยีสต์ผสม wheat germ ในอัตราส่วน 1: 1 โดยน้ำหนัก นำอาหารแต่ละสูตรบรรจุลงในขวดแก้วเลี้ยงไรขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม สูง 5 ซม ขวดละ 0.5 กรัม จากนั้นจึงใช้ขนตาติดปลายไม้เขี่ยไร *L. konoi* เพศผู้และเพศเมียจำนวน 5, 10 หรือ 15 คู่ ลงในอาหารแต่ละสูตร และผึ่งผ้าขวดเลี้ยงไรด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เพื่อป้องกันไรหนีออกจากขวด (ทำการทดลองสูตรละ 3 ซ้ำ) นำขวดเลี้ยงไรไปจัดเรียงไว้ในโหลขึ้นซึ่งควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้ได้ประมาณ 91-92% อุณหภูมิห้องที่ใช้เลี้ยงไรประมาณ 30-32 องศาเซลเซียส

หลังการเลี้ยงไร 15 วัน ทำการบันทึกจำนวนไรทุกระยะที่พบในแต่ละขวดอาหาร ด้วยการเติม ethyl alcohol 70% จำนวน 20 มล ลงในแต่ละขวด จากนั้นจึงใช้ pipette ขนาดเล็กดูดดูดไรที่ปะปนอยู่ใน ethyl alcohol จำนวน 10 ครั้งต่อขวด ซึ่งจะได้ปริมาตรของ ethyl alcohol ทั้งหมด 0.6 มล ต่อขวด และทำการตรวจนับเฉพาะระยะเกาะอาศัยที่ตายใหม่ๆ เนื่องจาก ethyl alcohol ที่ใช้ ซึ่งจะมีลักษณะแตกต่างจากไรที่ตายนานแล้วอย่างเห็นได้ชัด นำตัวเลขที่ได้มาแปลงข้อมูลโดยใช้ $\sqrt{x+0.5}$ และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาความแตกต่างของจำนวนไรระยะเกาะอาศัยที่เกิดจากอิทธิพลของอาหารและความหนาแน่นของประชากร โดยใช้โปรแกรม SAS และใช้ LSD วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละทรีทเมนต์

สถานที่และระยะเวลาการศึกษา

สถานที่ทำการศึกษา ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ระยะเวลาการศึกษา ตุลาคม 2542 ถึง มีนาคม 2544



ภาพที่ 1 อุปกรณ์เลี้ยงไร *Lardoglyphus konoi*

- ก) อุปกรณ์สำหรับเลี้ยงไร ข) กรงเลี้ยงไร
ค) ตู้ควบคุมความชื้นแบบใช้สารเคมี และ
ง) โหลขึ้น

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาเขตแพร่กระจายของไร *Lardoglyphus konoi*

ผลการศึกษาเขตแพร่กระจายของไร *Lardoglyphus konoi* ในพื้นที่ 7 จังหวัด ซึ่งมีการผลิตอาหารทะเลแห้งเพื่อส่งจำหน่ายไปยังที่ต่าง ๆ และร้านค้าบางร้านที่มีการรวบรวมผลิตภัณฑ์ไว้เป็นจำนวนมาก ก่อนที่จะส่งไปจำหน่ายยังร้านค้ารายย่อย พบว่ามีไร *L. konoi* ลงทำลายผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งในพื้นที่ 5 จังหวัดเท่านั้น ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา, ชลบุรี, ระยอง, สมุทรสงคราม และเพชรบุรี (ตารางที่ 1) สำหรับจังหวัดสมุทรปราการและสมุทรสาคร ไม่พบผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งที่ถูกไรชนิดนี้ลงทำลาย

ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งที่ถูกไร *L. konoi* ลงทำลายมี 12 ชนิด (ภาพที่ 2) ได้แก่ กุ้งแห้ง (*Penaeus* sp. และ *Metapenaeus* sp. วงศ์ Penacidae) กุ้งปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis* วงศ์ Carangidae) ปลากระตัก (*Stolephorus indicus* วงศ์ Engraulididae) ปลากระเบนตากแห้ง (*Himantura gerradi* วงศ์ Dasyatidae) ปลาแก้วรอบ (*Escualosa thoracata* วงศ์ Engraulididae), ปลาข้างเหลืองหวาน (*Selaroides leptolepis* วงศ์ Cerangidae) ปลาช่อนทะเลตากแห้ง (*Rachycentron canadum* วงศ์ Rachycentridae) ปลาริวกิว (*Netuna thalassina* วงศ์ Ariidae) ปลาลิ้นหมา (*Brachirus orientalis* วงศ์ Soleidae) ปลาไส้ตัน (*Encrasicholina heteroloba* วงศ์ Engraulididae) หมึกตากแห้ง (*Nipponololigo sumatrensis* และ *Photololigo duvouchelli* วงศ์ Loliginidae) และหอยแมลงภูตากแห้ง (*Perna viridis* วงศ์ Mytilidae)

ผลการสำรวจครั้งนี้พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งที่จังหวัดชลบุรีและระยอง มีไร *L. konoi* ลงทำลายมากที่สุดถึง 10 ชนิด (ตารางที่ 1) เนื่องจากทั้งสองจังหวัดนี้เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางทะเล ร้านค้าที่ได้ทำการสำรวจส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณแหล่งซื้อของฝาก ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ที่บรรจุหีบห่อเรียบร้อยแล้ววางขายหลากหลายชนิด ไรที่พบส่วนใหญ่จะเดินอยู่ตามถุงที่เก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลานาน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีตัวหนังสือ (Dermestes sp.) ปะปนอยู่ด้วย จะมีไรชนิดนี้อาศัยอยู่ด้วยเป็นจำนวนมาก ผลิตภัณฑ์ที่ถูกไรลงทำลายมาก ๆ จะด้อยคุณภาพหรือป็นเป็นผงละเอียด รวมทั้งมีซากของไรติดอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมาก (ภาพที่ 3)

การสำรวจผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งที่จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดสมุทรสงคราม และจังหวัดเพชรบุรี พบผลิตภัณฑ์ที่มีไรปนเปื้อนอยู่เพียง 2-3 ชนิดในแต่ละแหล่ง เนื่องจากร้านค้าที่ทำการสำรวจเป็นร้านค้าที่ตั้งอยู่บริเวณริมถนนสายหลัก ร้านค้าแต่ละร้านเป็นเพียงร้านเล็ก ๆ

ซึ่งมีชนิดของผลิตภัณฑ์ไม่มากนัก โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ที่พบเห็นโรงทำลาย ได้แก่ กุ้งแห้ง และ หอยแมลงภู่ตากแห้ง ซึ่งจะพบไรจำนวนมากเดินอยู่ตามข้างถุงพลาสติกที่บรรจุผลิตภัณฑ์

จากการสอบถามเจ้าของร้านค้าต่าง ๆ ทำให้ทราบว่าร้านค้าส่วนใหญ่ในแต่ละจังหวัดจะทำความสะอาดสินค้าเก่าที่มีไรปนเปื้อนออกไป โดยการนำผลิตภัณฑ์ที่มีไรปนเปื้อนไปลวกด้วย น้ำร้อน หรือล้างด้วยน้ำ จากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์ไปผึ่งแดดให้แห้ง ก่อนที่จะนำมาบรรจุใส่ถุงพลาสติกเพื่อวางจำหน่ายต่อไป

ผลจากการสำรวจครั้งนี้พบว่า มี 2 จังหวัด ที่ไม่พบไร *L. konoi* ลงทำลายผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้ง ได้แก่ อำเภอยะบะแดง จังหวัดสมุทรปราการ และอำเภอเมือง ตำบลมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากร้านค้าในจังหวัดสมุทรปราการที่ทำการสำรวจ ไม่ใช่แหล่งขายผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งเพื่อเป็นของฝาก แต่เป็นเพียงร้านค้าย่อย ซึ่งมีชนิดของสินค้าและจำนวนไม่มาก นอกจากนั้นยังไม่มีสินค้าที่ตกค้างอยู่ในร้านเป็นเวลานาน ในขณะที่ร้านค้าส่วนใหญ่ในจังหวัดสมุทรสาครเป็นร้านค้าส่งขนาดใหญ่ มีการวางสินค้าไว้ในเชิงหรือตะกร้าขนาดใหญ่อย่างเปิดโล่ง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นไม่สูงนัก เนื่องจากอากาศถ่ายเทได้สะดวก นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายยังคงค่อนข้างสดและใหม่ มีการหมุนเวียนสินค้าตลอดเวลา ไม่มีการเก็บสินค้าไว้นานจนเกินไป

ไรในสกุล *Lardoglyphus* ซึ่งเป็นศัตรูผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งมีอยู่ 2 ชนิดคือ *L. konoi* และ *L. angelinae* จากการสำรวจผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งในท้องที่ 7 จังหวัด พบเฉพาะไร *L. konoi* ซึ่งเป็นไรชนิดเดียวกันกับที่แพร่ระบาดอยู่ในประเทศเขตร้อนหลายประเทศ โดยเฉพาะอินเดีย ญี่ปุ่น มาเลเซีย ชองกง ไต้หวัน สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย (Pillai 1957; Olsen 1982 a; Vijayambika และคณะ 1983; Madden และคณะ 1995)

รายงานการพบไร *L. konoi* ซึ่งปะปนอยู่กับผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งของไทย ปรากฏขึ้นเมื่อ Olsen (1982 a) ทำการสำรวจไรซึ่งติดมากับอาหารทะเลแห้งหลายชนิดที่ประเทศสหรัฐอเมริกานำเข้าจากทวีปเอเชีย ในรายงานนี้ได้กล่าวถึงการตรวจพบไร *L. konoi* ที่ติดมากับกุ้งแห้ง ซึ่งนำเข้าจากประเทศไทยด้วย สำหรับรายงานการค้นพบไรชนิดนี้ในประเทศไทยนั้น ยังไม่เคยปรากฏอย่างเป็นทางการ แม้ว่าไรชนิดนี้จะเป็นที่รู้จักและแพร่ระบาดมานานแล้วก็ตาม

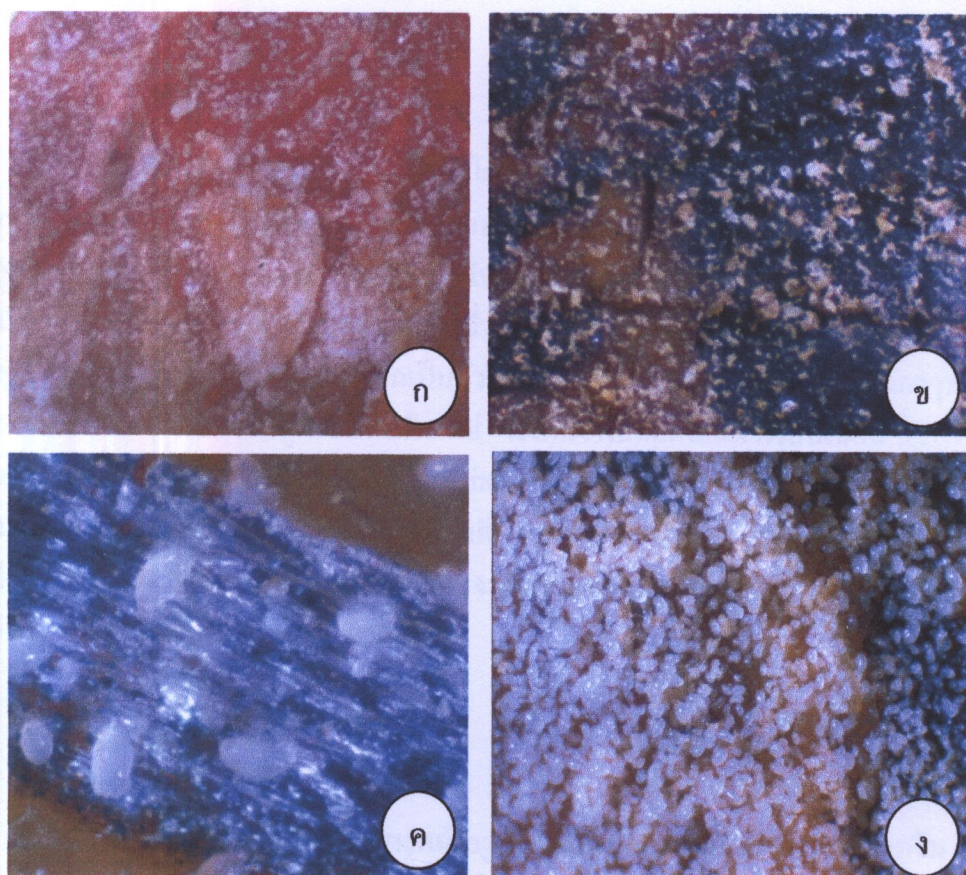
ตารางที่ 1 เขตแพร่กระจายของไร *Lardoglyphus konoi* ในพื้นที่ 7 จังหวัด

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	ผลิตภัณฑ์ที่ถูกทำลาย	
ฉะเชิงเทรา	บางปะกง	บางปะกง	กุ้งแห้ง	หอยแมลงภู่นากแห้ง
ชลบุรี	ศรีราชา	หนองมน	กุ้งแห้ง	หอยแมลงภู่นากแห้ง
			ปลากระตัก	ปลากระเบนตากแห้ง
			ปลาแก้วกรอบ	ปลาข้างเหลืองหวาน
			ปลาริวกิว	หมึกตากแห้ง
		อ่างศิลา	ก้างปลาข้างเหลือง	ปลาข้างเหลืองหวาน
			ปลาไส้ตัน	หมึกตากแห้ง
ระยอง	แกลง	บ้านเพ	กุ้งแห้ง	ก้างปลาข้างเหลือง
			ปลากระเบนตากแห้ง	ปลากระตัก
			ปลาแก้วกรอบ	ปลาข้างเหลืองหวาน
			ปลาช่อนทะเลตากแห้ง	ปลาไส้ตัน
			หอยแมลงภู่นากแห้ง	หมึกตากแห้ง
สมุทรสงคราม	เมือง	บางแก้ว	กุ้งแห้ง	ปลาช่อนทะเลตากแห้ง
		แม่กลอง	ปลาไส้ตัน	ปลาลิ้นหมา
			หมึกตากแห้ง	
เพชรบุรี	ชะอำ	-	ปลาไส้ตัน	หมึกตากแห้ง
สมุทรปราการ ^{1/}	พระประแดง		-	-
สมุทรสาคร ^{1/}	เมือง	มหาชัย	-	-

^{1/} ไม่พบไร *Lardoglyphus konoi* ลงทำลายผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้ง



ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งที่สำรวจพบว่ามีไร *Lardoglyphus konoii* ลงทำลาย
 ก) กุ้งแห้ง ข) หอยแมลงภู๋ตากแห้ง ค) ปลาข้างเหลืองหวาน
 ง) ปลาแก้วกรอบ จ) ปลาไส้ตัน และ ฉ) หมึกตากแห้ง



ภาพที่ 3 ลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งที่ถูกไร *Lardoglyphus konoii* ลงทำลาย
ก) กุ้งแห้ง ข) หอยแมลงภู่งตากแห้ง ค) ปลาไส้ตัน และ ง) หมึกตากแห้ง

การศึกษาสัณฐานวิทยาภายนอกของไร *Lardoglyphus konoi*

การศึกษาสัณฐานวิทยาภายนอกของไร *L. konoi* ระยะต่าง ๆ เริ่มจากระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัย โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิด Phase Contrast และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบลำแสงส่องกราดเพื่อตรวจดูลักษณะทั่ว ๆ ไป และลักษณะที่สำคัญทางอนุกรมวิธาน สรุปผลได้ดังนี้

ระยะไข่ (egg)

ไข่ของไร *L. konoi* มีรูปร่างรีคล้ายรูปไข่ ขนาดประมาณ 138×174 ไมครอน ในช่วงที่ตัวอ่อนยังพัฒนาอยู่ภายใต้เปลือกไข่นั้น ที่ผิวของไข่จะมีอวัยวะคล้ายเขาที่โค้งงอ จำนวน 1-8 อัน (ภาพที่ 4 ก) อวัยวะคล้ายเขานี้จะสูญหายไปเมื่อไข่ใกล้จะถูกปล่อยออกภายนอกลำตัวของไร ดังนั้น เมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นไข่ที่ว่างใหม่ ๆ มีผนังเป็นมันวาว ไข่ที่ว่างใหม่ ๆ จะมีสีขาวขุ่น และจะเริ่มมีสีขาวใสเมื่อใกล้ฟักเป็นตัวอ่อน (ภาพที่ 4 ข) และเมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดตรวจดูผิวของเปลือกไข่ จะเห็นว่าเปลือกไข่มีผิวเรียบเนียน (ภาพที่ 4 ค) Sasa และ Asanuma (1951) กล่าวว่าไข่ของ *L. konoi* มีขนาดประมาณ 95×150 ไมครอน ซึ่งค่อนข้างเล็กกว่าขนาดของไข่ที่ทำการศึกษานอกจากนั้นยังรายงานว่าไข่ของไรชนิดนี้มีสีขาวครีม รูปร่างรี และบริเวณด้านล่างของไข่จะมีความโค้งนูนมากกว่าด้านบน ซึ่งลักษณะดังกล่าวไม่สามารถตรวจพบได้ในการศึกษาครั้งนี้

ระยะตัวอ่อน (larva)

ตัวอ่อนของไร *L. konoi* มีรูปร่างคล้ายรูปไข่ ผิวหนังเรียบเป็นมันวาว สีขาวครีม ขนาดลำตัวประมาณ 131×218 ไมครอน เส้นขนบน idiosoma มีเพียงเส้นขน d1, d2 และ d3 แต่ไม่มีเส้นขน d4 (ภาพที่ 5 ก และ 8 ก) ที่ผนังด้านล่างของส่วนนอกบริเวณระหว่างขาคู่ที่ 1 และ 2 มีอวัยวะรับความรู้สึก 1 คู่เรียกว่า urstigma หรือ coxal rods (ภาพที่ 5 ข, 8 ข และ 9 ก) เนื่องจากตั้งอยู่บริเวณ coxa และมีลักษณะเป็นแท่ง ระยะตัวอ่อนนี้ยังไม่พบร่องรอยของอวัยวะสืบพันธุ์ ที่บริเวณปลายสุดของลำตัวเป็นที่ตั้งของทวารหนัก (anus) ระยะตัวอ่อนมีขา 3 คู่ (ภาพที่ 8 ก) และเส้นขนบนปล้องขาบางเส้นยังที่ไม่ปรากฏในระยะนี้ (ภาพที่ 6, 7 และ 9 ข)

ระยะวัยรุ่นที่ 1 (protonymph)

วัยรุ่นที่ 1 มีรูปร่างลักษณะคล้ายกับระยะตัวอ่อน และมีขาคู่ที่ 4 เกิดขึ้นถัดจากขาคู่ที่ 3 ไรวัยรุ่นที่ 1 มีขนาดของลำตัวประมาณ 197×280 ไมครอน เริ่มมีร่องรอยของอวัยวะสืบพันธุ์เกิดขึ้นที่บริเวณด้านท้อง ระหว่างขาคู่ที่ 4 และในบริเวณนี้ยังมี acetabula 1 คู่ ติดอยู่ด้วย ถัดลงมาที่ปลายส่วนท้องจะเป็นที่ตั้งของทวารหนัก ซึ่งมีเส้นขนติดอยู่ 3 คู่ เส้นขนบนปล้องขายังปรากฏไม่ครบถ้วน (ภาพที่ 10, 11 และ 12)

ระยะวัยรุ่นที่ 3 (tritonymph)

ลักษณะรูปร่างของไรในระยะนี้คล้ายกับระยะวัยรุ่นที่ 1 แต่มีขนาดใหญ่กว่ามาก โดยมีขนาดลำตัวประมาณ 250×291 ไมครอน ร่องรอยของอวัยวะสืบพันธุ์ยังคงปรากฏอยู่ที่ผนังด้านท้องบริเวณขาคู่ที่ 4 เช่นเดียวกับระยะวัยรุ่นที่ 1 แต่มี acetabula จำนวน 2 คู่ ที่บริเวณปลายส่วนท้องเป็นที่ตั้งของทวารหนักซึ่งมีเส้นขน 3 คู่ เช่นเดียวกับระยะวัยรุ่นที่ 1 ส่วนเส้นขนบนขายังคงปรากฏไม่ครบถ้วน (ภาพที่ 13, 14 และ 15)

ระยะตัวเต็มวัย (adult)

ตัวเต็มวัยของไร *L. konoï* มีรูปร่างคล้ายรูปไข่ เช่นเดียวกับระยะวัยรุ่นที่ 3 แต่มีขนาดใหญ่กว่ามาก โดยเพศผู้มีขนาดประมาณ 293×458 ไมครอน และเพศเมียมีขนาด 358×592 ไมครอน ไรตัวเต็มวัยทั้ง 2 เพศจะมีอวัยวะสืบพันธุ์ปรากฏเด่นชัด นอกจากนั้นลำตัวของไรเพศผู้และเพศเมียยังแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน ทำให้สามารถจำแนกเพศของไรได้อย่างถูกต้อง

ส่วนปาก (gnathosoma) และลำตัว (idiosoma) ของไรในระยะนี้จะสมบูรณ์เต็มที่ จึงมีอวัยวะต่าง ๆ รวมทั้งเส้นขนปรากฏอยู่อย่างครบถ้วน

ส่วนปากของไร *L. konoï* ประกอบด้วยอวัยวะจับอาหาร (chelicerae) (ภาพที่ 16) ตั้งอยู่ทางด้านบน (dorsal) ของส่วนปาก บริเวณส่วนหน้าสุดของลำตัว อวัยวะจับอาหารเป็นแบบ chelate-dentate มีลักษณะคล้ายคีม 2 ข้างประกบเข้าหากัน คีมซึ่งอยู่ทางด้านล่างสามารถขยับได้ (movable digit) ส่วนคีมที่อยู่ด้านบนไม่สามารถขยับได้ (fixed digit) ที่บริเวณด้านสันหลังของคีมซึ่งไม่สามารถขยับได้นี้ จะมีเส้นขน cs (conical spur) และเส้นขน ms (madibular spine) ตั้งอยู่บริเวณส่วนฐานของคีม ด้านในของคีมแต่ละข้างจะมีฟันซี่เล็ก ๆ ใช้สำหรับบดเคี้ยวอาหาร ในขณะที่อวัยวะจับอาหารของ *L. robustisetatus* แต่ละข้างจะมีฟันเพียงซี่เดียว (Baker, 1990)

ส่วนอวัยวะจับอาหารของ *L. zacheri* จะมีรูปร่างเรียวกว่าของ *L. konoi* แต่มีฟันซี่เล็ก ๆ หลายซี่ เช่นเดียวกัน บริเวณใต้อวัยวะจับอาหารเป็นที่ตั้งของ pedipalp 1 คู่ ซึ่งมี lobe เล็ก ๆ ทำหน้าที่รับความรู้สึกติดอยู่ที่ส่วนปลาย (ภาพที่ 17)

บริเวณลำตัวของไรซึ่งอยู่ถัดจากส่วนปากลงมาทั้งหมด จะไม่มีแผ่นแข็งปกคลุม บนสันหลังของส่วนอกมีเส้นขนซึ่งใช้ในการจำแนกชนิดของไรในสกุล *Lardoglyphus* sp. คือ เส้นขน ve (vertical external setae) และ vi (vertical internal setae) อย่างละ 1 คู่ โดยเส้นขน vi จะยาวกว่า ve ประมาณ 1 เท่า เส้นขนทั้งสองเส้นนี้มีลักษณะเป็นเงี่ยง (barb) (ภาพที่ 18) ถัดจากเส้นขนดังกล่าวคือเส้นขน sc e (scapular external setae) ซึ่งยาวกว่าเส้นขน sc i (scapular internal setae) ประมาณ 4 เท่า เส้นขน sc i ค่อนข้างเรียบ ส่วนเส้นขน sc e มีลักษณะแตกเป็นเงี่ยงเล็กน้อย (ภาพที่ 19)

บนสันหลังของลำตัวถัดจาก scapular setae ลงมา จะมีเส้นขนเรียงตามความยาวของลำตัว 4 คู่ คือ เส้นขน d1, d2, d3 และ d4 ขนาดความยาวของเส้นขนใกล้เคียงกัน บริเวณด้านข้างของลำตัวเป็นที่ตั้งของเส้นขน hi (humeral internal setae) และ he (humeral external setae) แต่ he มีขนาดยาวกว่า hi ถัดลงมาเป็นเส้นขน la, lp (lateral setae), sa e (sacral external setae) และ sa i (sacral internal setae) เรียงลงมาตามลำดับ โดยเส้นขน sa i ซึ่งอยู่ปลายส่วนท้องนั้น จะมีความยาวมากกว่าเส้นขน sa e เส้นขน d1 - d4, la, lp และ sa e ของ *L. konoi* จะมีความยาวใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 20) แต่ใน *L. zacheri* เส้นขน d4 จะยาวกว่าเส้นขนเส้นอื่นๆ (Hughes, 1976) ที่บริเวณสันหลังของไรนอกจากจะพบเส้นขนเป็นจำนวนมากแล้ว ยังพบช่องเปิดของต่อม (opistonotal gland) (ภาพที่ 20) อยู่ระหว่างปล้องขาคู่ที่ 3 และ 4 อีก 1 คู่ ด้วย

ขาทั้ง 4 คู่ของ *L. konoi* มีลักษณะเรียวยาว ประกอบด้วยปล้องขา 6 ปล้อง ได้แก่ coxa, trochanter, femur, genu, tibia และ tarsus บนขาแต่ละปล้องมีจำนวนและขนาดของเส้นขนแตกต่างกันไป (ภาพที่ 21 และ 22) เมื่อนำระบบการเรียกชื่อเส้นขนบนขาไรซึ่งจัดทำโดย Hughes (1976) มาใช้กับเส้นขนบนขาของไร *L. konoi* ระยะตัวเต็มวัย พบว่าแต่ละปล้องขามีเส้นขน ดังนี้

- ปล้อง coxa 1, 2, 3 และ 4 ไม่มีเส้นขน และที่บริเวณเหนือปล้อง coxa ขาคู่แรก มีเส้นขนขนาดเล็กอยู่ 1 เส้น เรียกว่า supra coxal seta มีลักษณะเป็นพินเลื้อย
- ปล้อง trochanter 1, 2 และ 3 มีเส้นขนอยู่ด้านล่าง (ventral) 1 เส้น เรียกว่า sR
- ปล้อง femur 1, 2 และ 4 มีเส้นขนอยู่ด้านล่าง 1 เส้น เรียกว่า vF ส่วนขาคู่ที่ 3 ไม่มีเส้นขนบนปล้องนี้
- ปล้อง genu 1 มีเส้นขน 4 เส้น คือ σ_1 (sigma) ซึ่งสั้นกว่าเส้นขน σ_2 ที่ตั้งอยู่บริเวณปลายปล้อง เส้นขนนี้เป็นเส้นขนแบบพิเศษเรียกว่า solenidia นอกจากนี้ยังมีเส้นขน cG และ mG ตั้งอยู่บริเวณโคนปล้อง บนปล้อง genu 2 มีเส้นขน 3 เส้น คือ σ , cG และ mG ปล้อง genu 3 มีเส้นขน 2 เส้น ส่วนปล้อง genu 4 ไม่มีเส้นขน
- ปล้อง tibia 1 และ 2 มีเส้นขน 3 เส้น คือ ϕ (phi) เป็นเส้นขน solenidia ที่ยาวมาก ส่วน gT และ hT เป็นเส้นขนสั้น ๆ ปล้อง tibia 3 และ 4 มีเส้นขน 2 เส้น คือ gT และ hT
- ปล้อง tarsus 1 ด้านบน (dorsal) มีเส้นขนที่สำคัญ ๆ เริ่มจากโคนปล้อง ได้แก่ ω_1 เป็นเส้นขน solenidia ซึ่งมีความยาวมากกว่า ω_2 เส้นขน ε (famulus) อยู่ติดกับเส้นขน ω_1 (ภาพที่ 23) นอกจากนี้ยังมีเส้นขน aa, ba, e และ d ที่ผนังด้านล่าง (ventral) ของปล้อง tarsus 1 มีเส้นขน solenidia เรียกว่า ω_3 และมีเส้นขนอื่น ๆ ได้แก่ la, wa, และ f ส่วนที่บริเวณปลายสุดของปล้อง tarsus 1 มีเส้นขนเล็ก ๆ ลักษณะคล้ายหนาม (spine) จำนวน 5 เส้น คือ s, p, q, u และ v จัดเรียงเป็นวง โดยมีเส้น s อยู่ตรงกลาง เยื้องลงมาทางด้านล่าง ปล้อง tarsus 2 มีเส้นขนบางเส้นหายไป เส้นขนที่พบด้านบน ได้แก่ ω , aa, ba และ d ส่วนเส้นขนทางด้านล่าง ได้แก่ la, wa, s, p, q, u และ v ปล้อง tarsus 3 ทางด้านบนเหลือเพียงเส้นขน d ส่วนด้านล่างมีเส้นขนเหมือนกับปล้อง tarsus 2 และปล้อง tarsus 4 พบแต่เส้นขน d ทางด้านบน และเส้นขน la, wa, s, p, q, u และ v ทางด้านล่าง

เพศเมีย (female)

ไรเพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ ที่บริเวณกึ่งกลางของส่วนท้องจะโค้งเว้าเข้าหาลำตัว เล็กน้อย ผนังลำตัวเรียบ ผิวมันวาว สีขาวครีม ช่วงของลำตัวส่วนที่กว้างที่สุดอยู่ระหว่างขาคู่ที่ 2 และ 3 (ภาพที่ 20 และ 24)

ไรเพศเมียมีอวัยวะวางไข่ลักษณะเป็นสามเหลี่ยมซึ่งเปิดออกตามแนวตั้ง อยู่บริเวณระหว่างขาคู่ที่ 2 และ 3 ภายในบริเวณอวัยวะวางไข่จะพบอวัยวะรับความรู้สึกเรียกว่า acetabular จำนวน 2 คู่ และเส้นขนอีก 1 คู่ ติดอยู่บนฐานของอวัยวะวางไข่ (ภาพที่ 20 ก และ 24 ค) บริเวณปลายส่วนท้องมีทวารหนัก ซึ่งมีเส้นขนเรียกว่า anal setae ติดอยู่ทางด้านข้างทวารหนัก จำนวน 4 คู่ ได้แก่ a1, a2, a3 และ a4 ตามลำดับ ถัดออกไปจากทวารหนักจะมีเส้นขนที่เรียกว่า postanal setae อีก 2 คู่ คือ pa1 และ pa2 เส้นขนที่ติดอยู่บนผนังด้านล่างของลำตัวนี้ จะมีลักษณะเรียบไม่แตกเป็นเงี่ยง ขาทั้ง 4 คู่ของไรเพศเมียมีลักษณะเหมือน ๆ กันคือเรียวยาว ที่บริเวณปลายปล้อง tarsus ของขาทุกคู่มีเล็บแตกออกเป็น 2 แฉก (bifid claw) (ภาพที่ 21, 22 และ 25)

เพศผู้ (male)

ไรเพศผู้มีรูปร่างคล้ายรูปไข่เช่นเดียวกับเพศเมีย แต่มีขนาดเล็กกว่าเพศเมียเล็กน้อย ที่บริเวณกึ่งกลางของปลายส่วนท้องไม่โค้งเข้าหาลำตัว ผนังลำตัวเรียบเป็นมันวาว มีสีขาวครีม (ภาพที่ 27 ก) อวัยวะสืบพันธุ์ของไรเพศผู้ (adeagus) เป็นรูปสามเหลี่ยม อยู่ระหว่างขาคู่ที่ 4 (ภาพที่ 27 ข) ที่บริเวณทวารหนักซึ่งอยู่ปลายส่วนท้องมีเส้นขน 1 คู่ นอกจากนั้นที่บริเวณใกล้กับทวารหนัก จะพบอวัยวะเกาะยึด (sucker) อีก 1 คู่ ซึ่งเกิดจากเส้นขนบริเวณส่วนท้องที่ดัดแปลงไป ทำหน้าที่ยึดเกาะเพศเมียขณะผสมพันธุ์ (ภาพที่ 27 ค) นอกจากนั้นยังพบว่าบน sucker ยังมีตุ่มนูนอีกด้วย (ภาพที่ 27 ง)

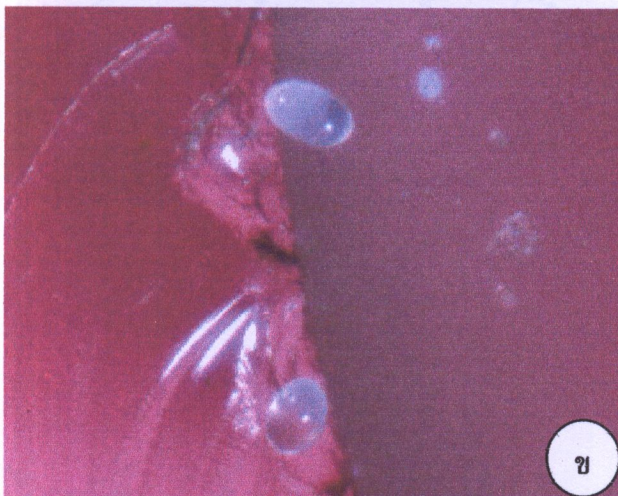
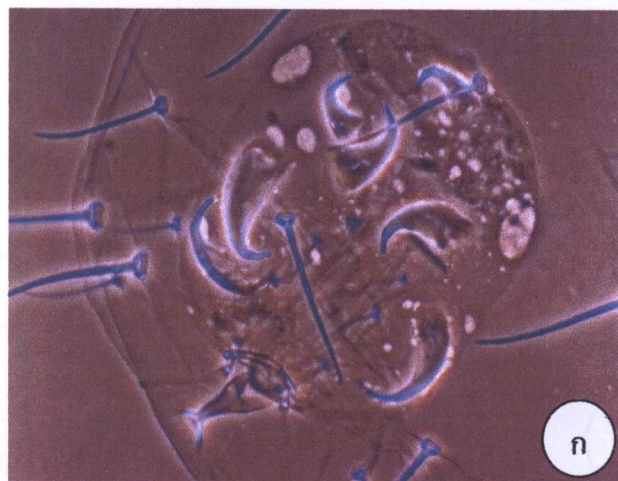
ขาของไรเพศผู้มีลักษณะแตกต่างไปจากเพศเมียอย่างเห็นได้ชัดคือ บริเวณส่วนปลายของปล้อง tarsus 1, 2 และ 4 มีเล็บเพียงซี่เดียว (simple claw) ส่วนเส้นขนบนปล้องขาแต่ละปล้อง และเส้นขนเล็ก ๆ ทางด้านล่างบริเวณปลาย tarsus จะคล้ายกับไรเพศเมีย บริเวณปลายปล้อง tarsus ของขาคู่ที่ 3 มีลักษณะแตกออกเป็นง่าม 2 ง่ามและสั้นกว่าขาคู่อื่น ๆ (ภาพที่ 28, 29 และ 30) การจำแนกเส้นขนบนปล้องขาของไรเพศผู้จะคล้ายกับเพศเมีย ยกเว้นปล้อง tarsus 3 มีเส้นขนที่ต่างออกไปคือ ด้านบนมีเส้นขน d, e และ f ส่วนด้านล่างมีเส้นขน r, w และนอกจากนี้ยังมีเส้นขนคู่เล็ก ๆ อีก 1 คู่ (ภาพที่ 31) ซึ่งในรายงานของ Sasa และ Asanuma

(1951) ไม่ได้ระบุไว้ และพบว่าใน *L. zacheri* ก็ไม่มีเส้นขนคู่นี้ แต่ไร *L. robustisetasus* มีเส้นขนคู่นี้เช่นเดียวกับ *L. konoi* (Baker, 1990) ส่วนปล้อง tarsus 4 มีอวัยวะเกาะยึดอยู่ 1 คู่ ซึ่งเกิดจากการที่เส้นขน e และ d ที่ดัดแปลงไป (ภาพที่ 32)

ระยะเกาะอาศัย (hypopus)

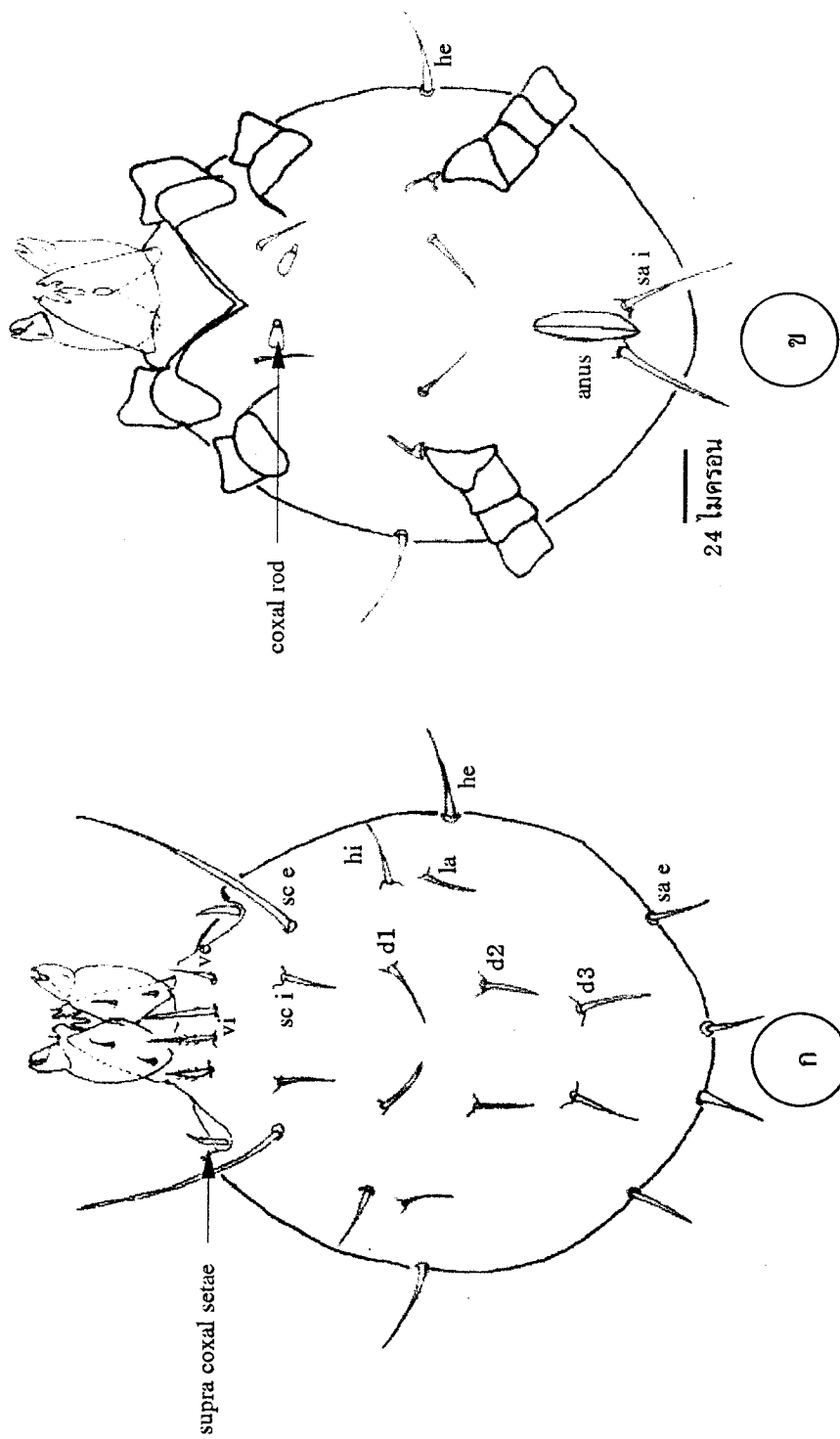
ไระยะเกาะอาศัยหรือไระยะวัยรุ่นที่ 2 ที่มีการดัดแปลงรูปร่างไปเพื่อให้เหมาะสมต่อการเคลื่อนย้ายที่อยู่ (ภาพที่ 33 และ 36) มีขนาดลำตัวประมาณ 228 x 270 ไมครอน ลำตัวของไระยะเกาะอาศัยจะแบนและมีแผ่นแข็งปกคลุมลำตัว ไระยะนี้มีสีเหลืองจนถึงน้ำตาล ไม่กินอาหาร ดังนั้นส่วนปากจึงดัดแปลงไปเหลือเพียงเส้นขน (solenidia) 1 คู่ (ภาพที่ 37 และ 40 ก) ทำหน้าที่ในการรับรู้สัมผัส เส้นขนบนผนังลำตัวมีความหนามากขึ้น มีรูปคล้ายหนาม (spine-like setae) (ภาพที่ 38 และ 39) ที่ผนังด้านท้องบริเวณส่วนปลายของลำตัวมีอวัยวะที่ใช้ในการเกาะยึดไปกับสัตว์อาศัยเพื่อย้ายแหล่งที่อยู่ เรียกว่า sucker plate ซึ่งประกอบด้วยเส้นขนบริเวณทวารหนักและรอบ ๆ ทวารหนักที่ดัดแปลงไปมีรูปร่างแตกต่างกัน (ภาพที่ 40 ข และ 41)

ปล้องขาของไระยะเกาะอาศัยนี้มีการดัดแปลงรูปร่างไป (ภาพที่ 34 และ 35) ปล้องขาคู่ที่ 1 และ 2 มีลักษณะคล้ายกับไรในระยะวัยรุ่น แต่มีเส้นขนบนปล้อง tarsus บางเส้น ดัดแปลงไปมีลักษณะคล้ายใบไม้ (ภาพที่ 42 และ 43) ส่วนขาคู่ที่ 3 และ 4 มีรูปร่างแตกต่างออกไป โดยเฉพาะขาคู่ที่ 4 จะมีการดัดแปลงมากกว่าขาคู่ที่ 3 และมีขนาดสั้นกว่าขาคู่อื่น ๆ นอกจากนั้นเส้นขนบนขาคู่ที่ 3 และ 4 (ภาพที่ 44) ยังดัดแปลงไปมากกว่าขาคู่ที่ 1 และ 2 อีกด้วย

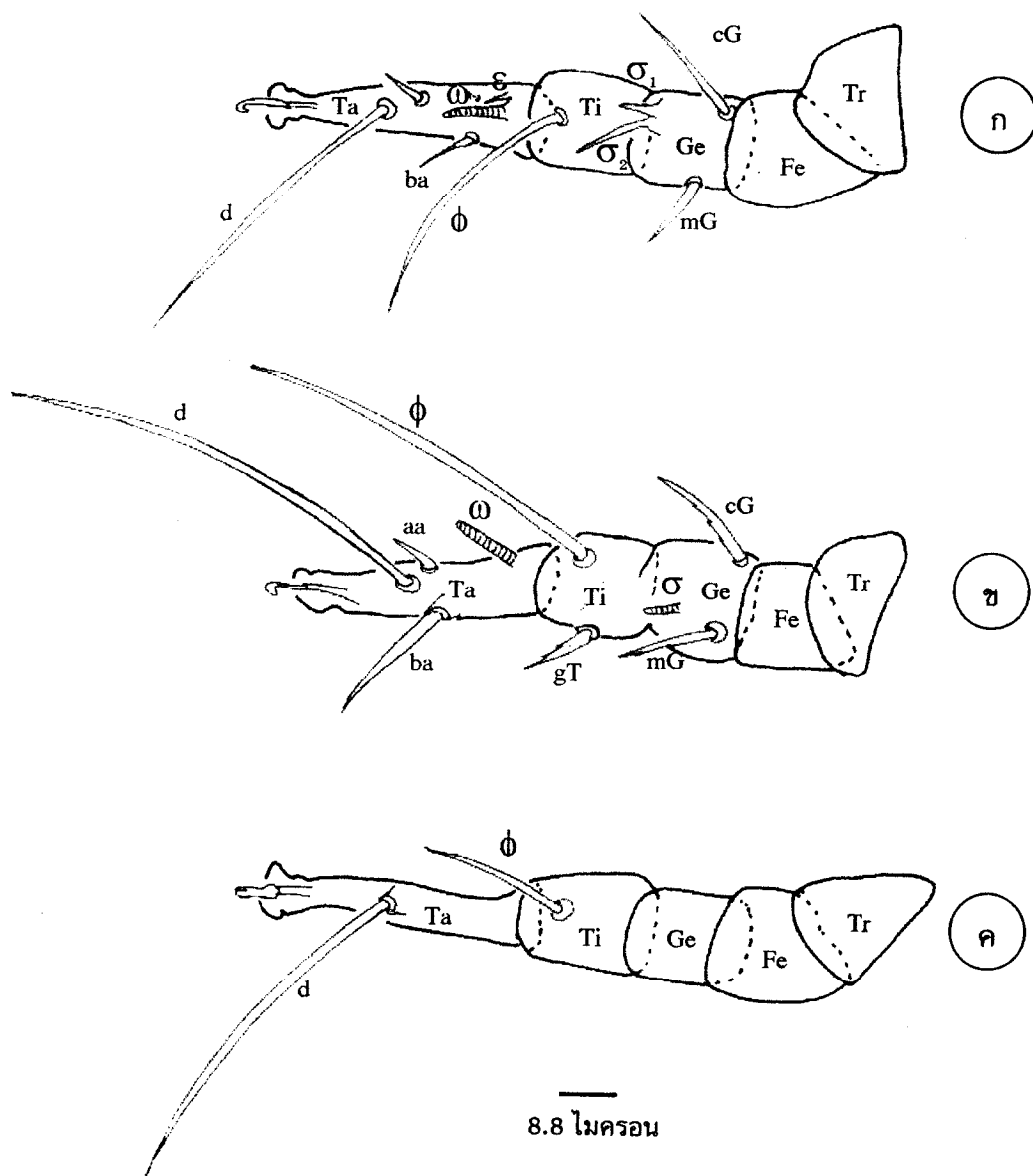


ภาพที่ 4 ไช้ของไร *Lardoglyphus konoi*

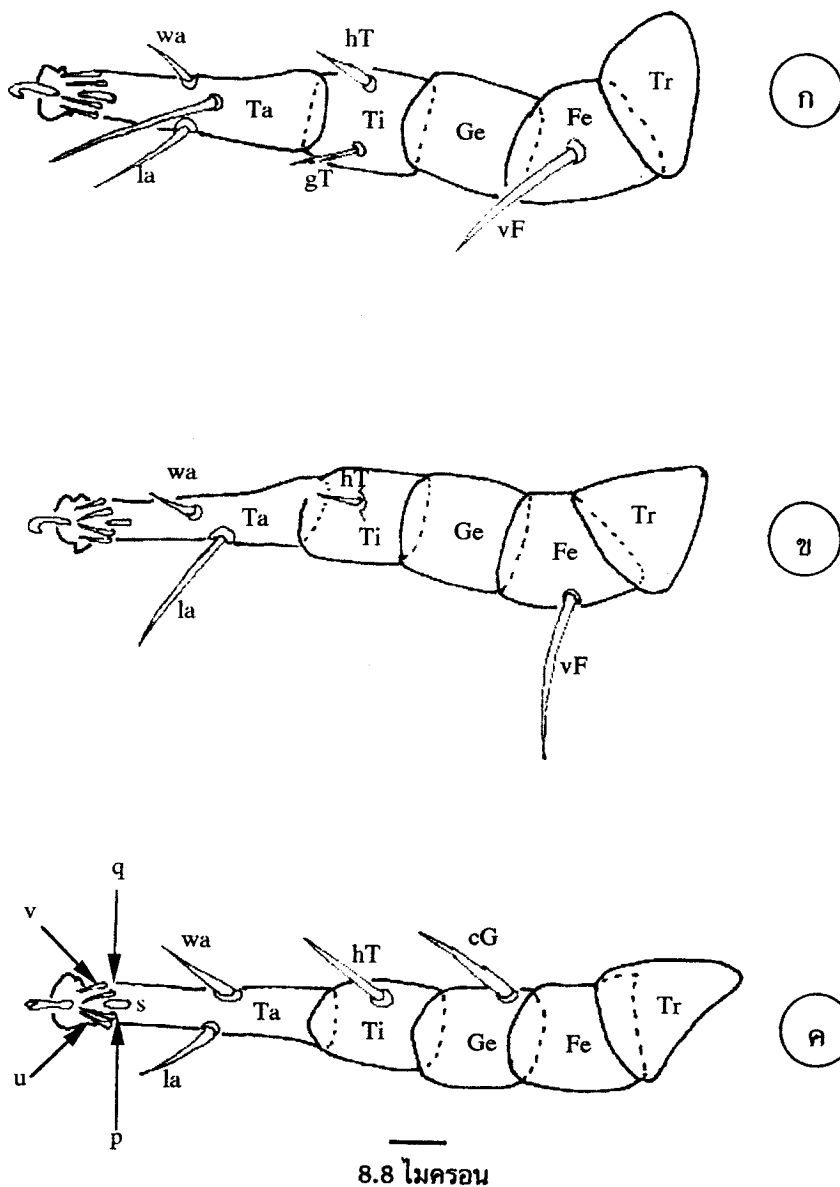
- ก) ไช้ที่อยู่ภายในท้องแม่มีอวัยวะคล้ายเขาคติดอยู่ 8 อัน
 ข) ลักษณะและสีของไช้ และ ค) พื้นผิวของไช้ที่เรียบเนียน



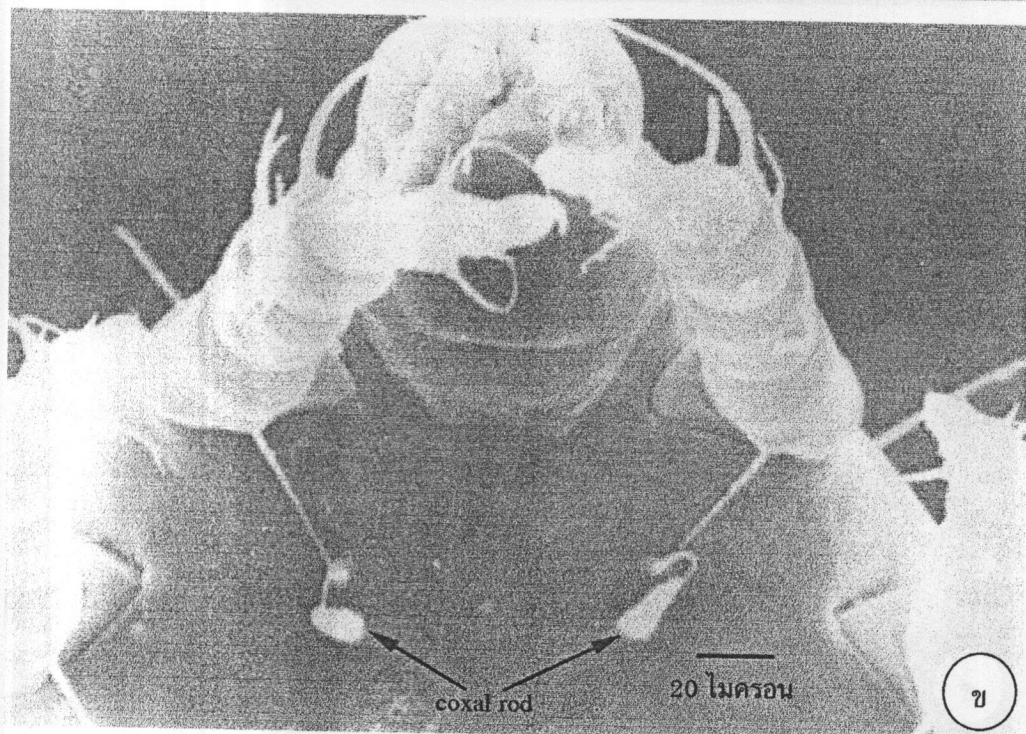
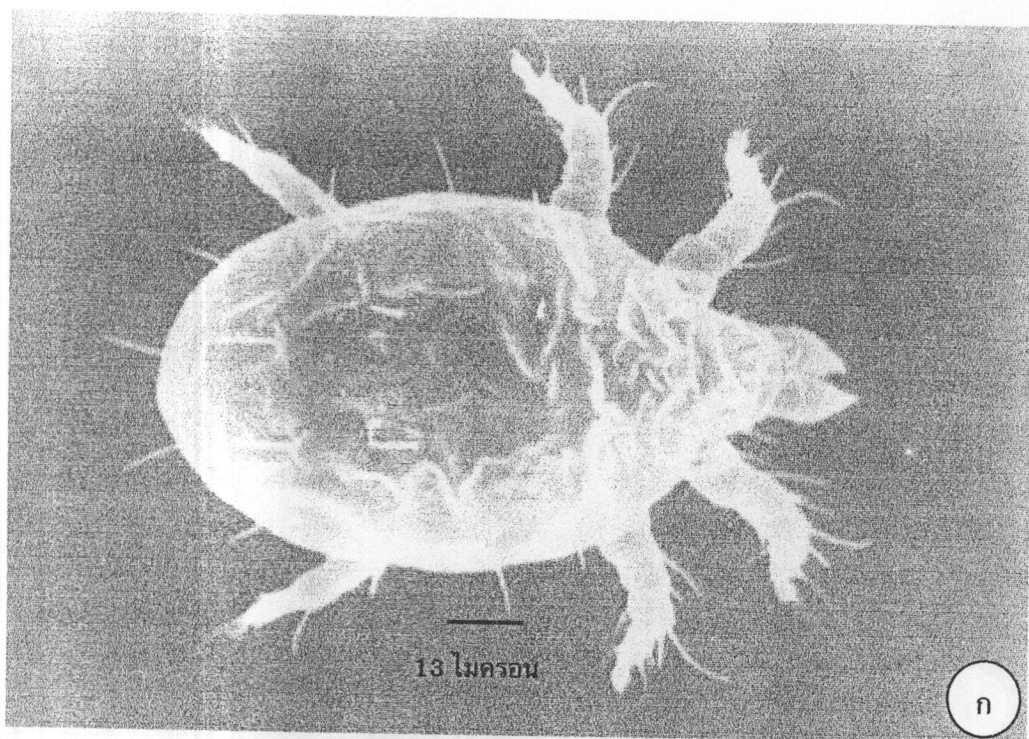
ภาพที่ 5 ไร *Lardoglyphus konoi* ระยะตัวอ่อน
ก) ด้านบน และ ข) ด้านล่าง



ภาพที่ 6 ขาของไร *Lardoglyphus konoi* ระยะตัวอ่อน แสดงเส้นขนบนด้าน dorsum
 ก) ขาคู่ที่ 1 ข) ขาคู่ที่ 2 และ ค) ขาคู่ที่ 3
 (Tr = trochanter, Fe = femur, Ge = genu, Ti = tibia และ Ta = tarsus)



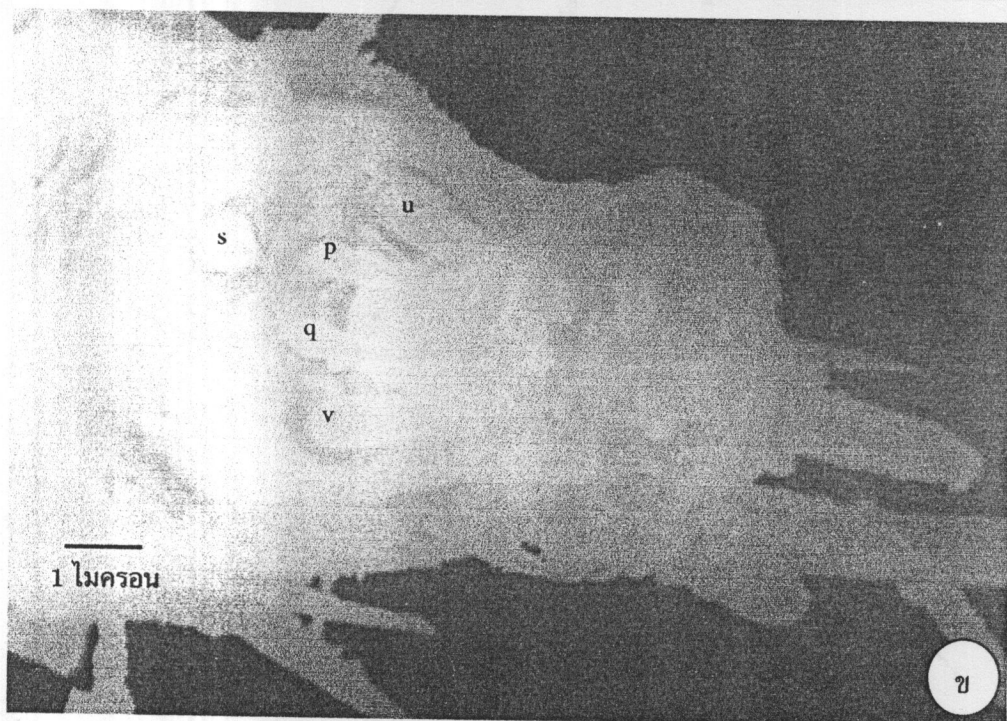
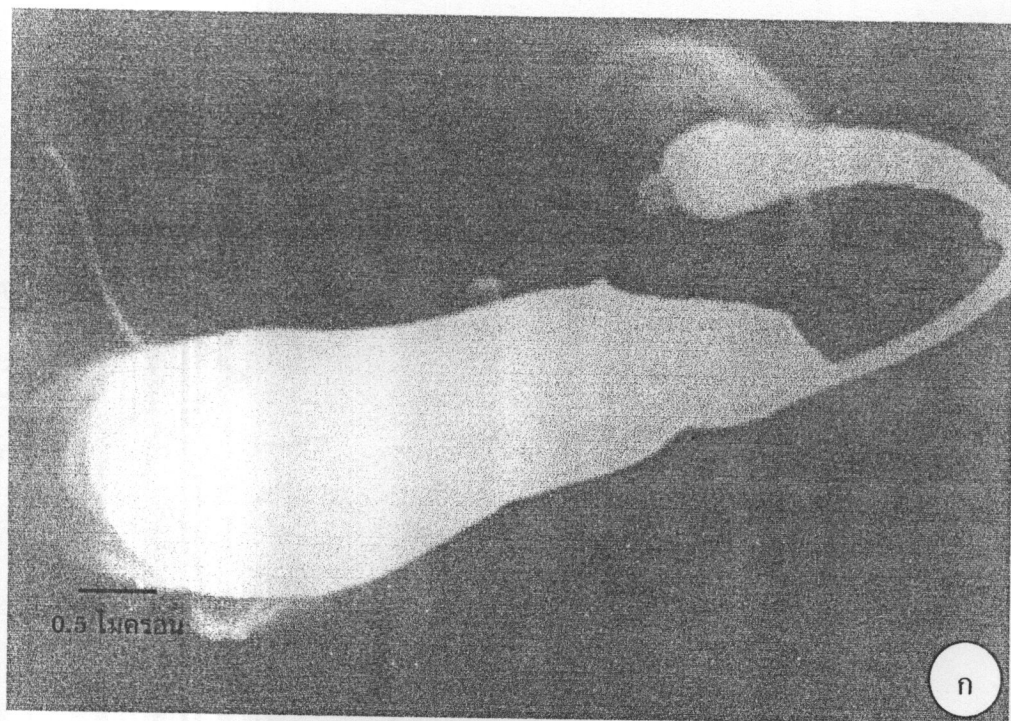
ภาพที่ 7 ขาของไร *Lardoglyphus konoii* ระยะตัวอ่อน แสดงเส้นขนบนด้าน venter
 ก) ขาคู่ที่ 1 ข) ขาคู่ที่ 2 และ ค) ขาคู่ที่ 3
 (Tr = trochanter, Fe = femur, Ge = genu, Ti = tibia และ Ta = tarsus)



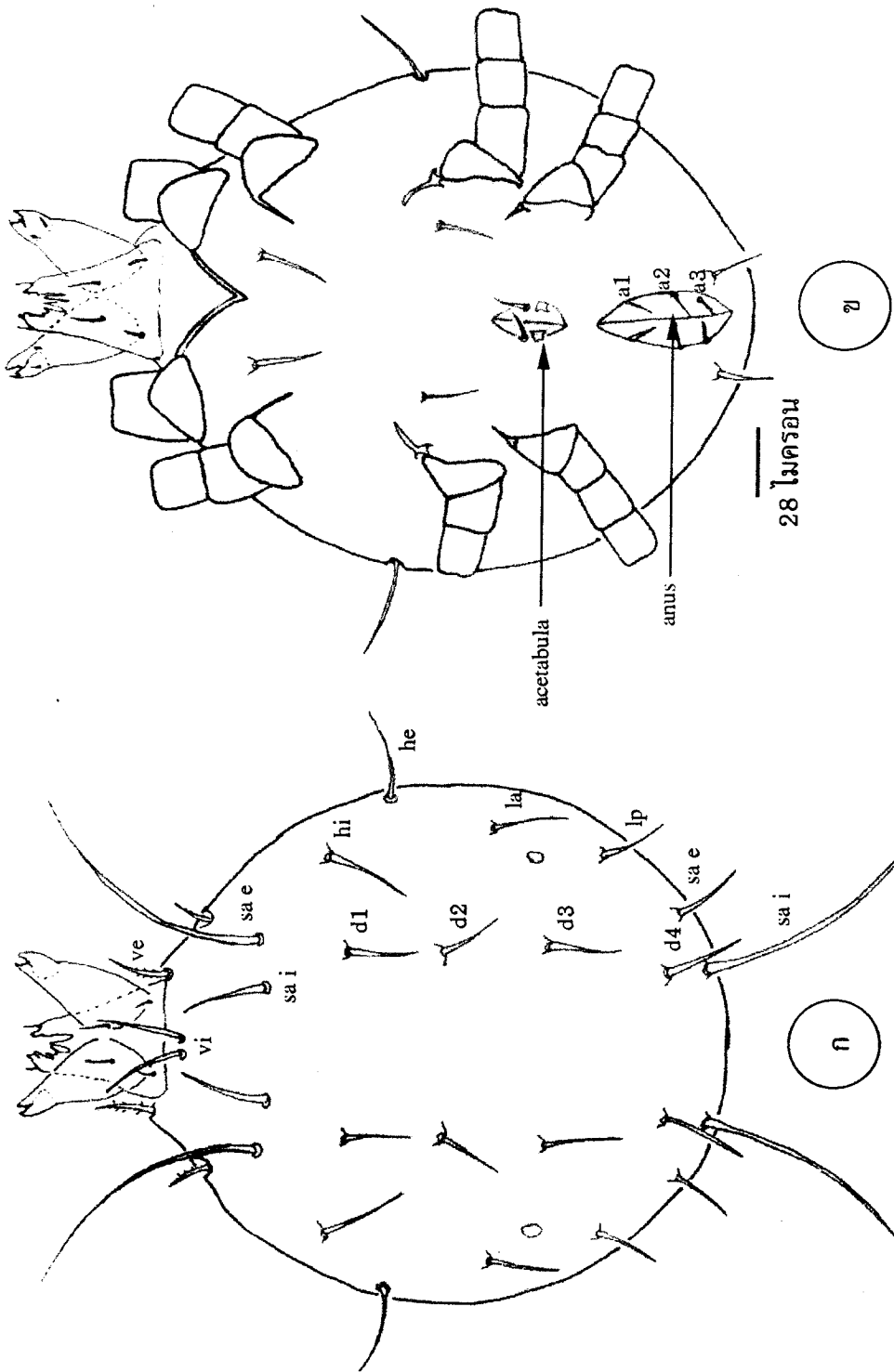
ภาพที่ 8 ไร *Lardoglyphus konoï* ระยะตัวอ่อน

ก) ด้านบน และ

ข) ด้านล่าง แสดงให้เห็น coxal rod

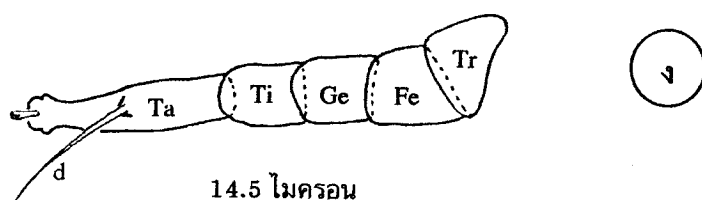
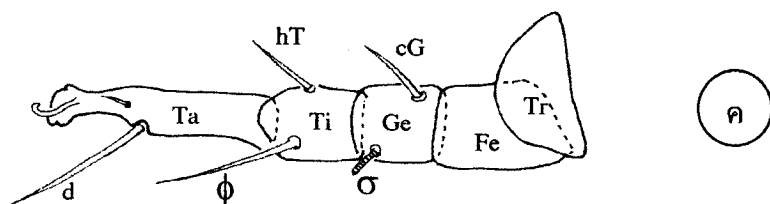
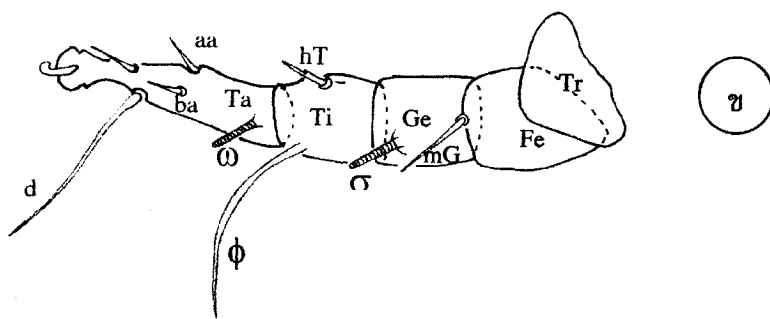
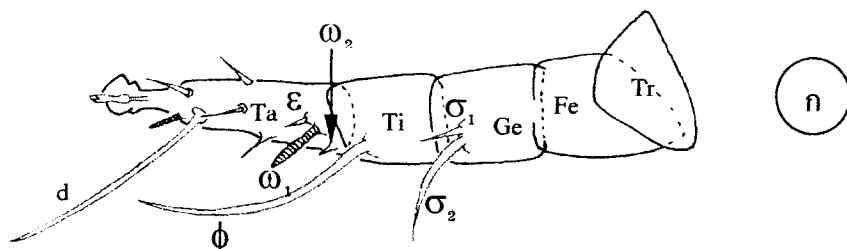


ภาพที่ 9 coxal rod และปลาย tarsus 1 ของไร *Lardoglyphus konoii* ระยะตัวอ่อน
 ก) coxal rod และ ข) เส้นขนปลาย tarsus 1 ด้านล่าง

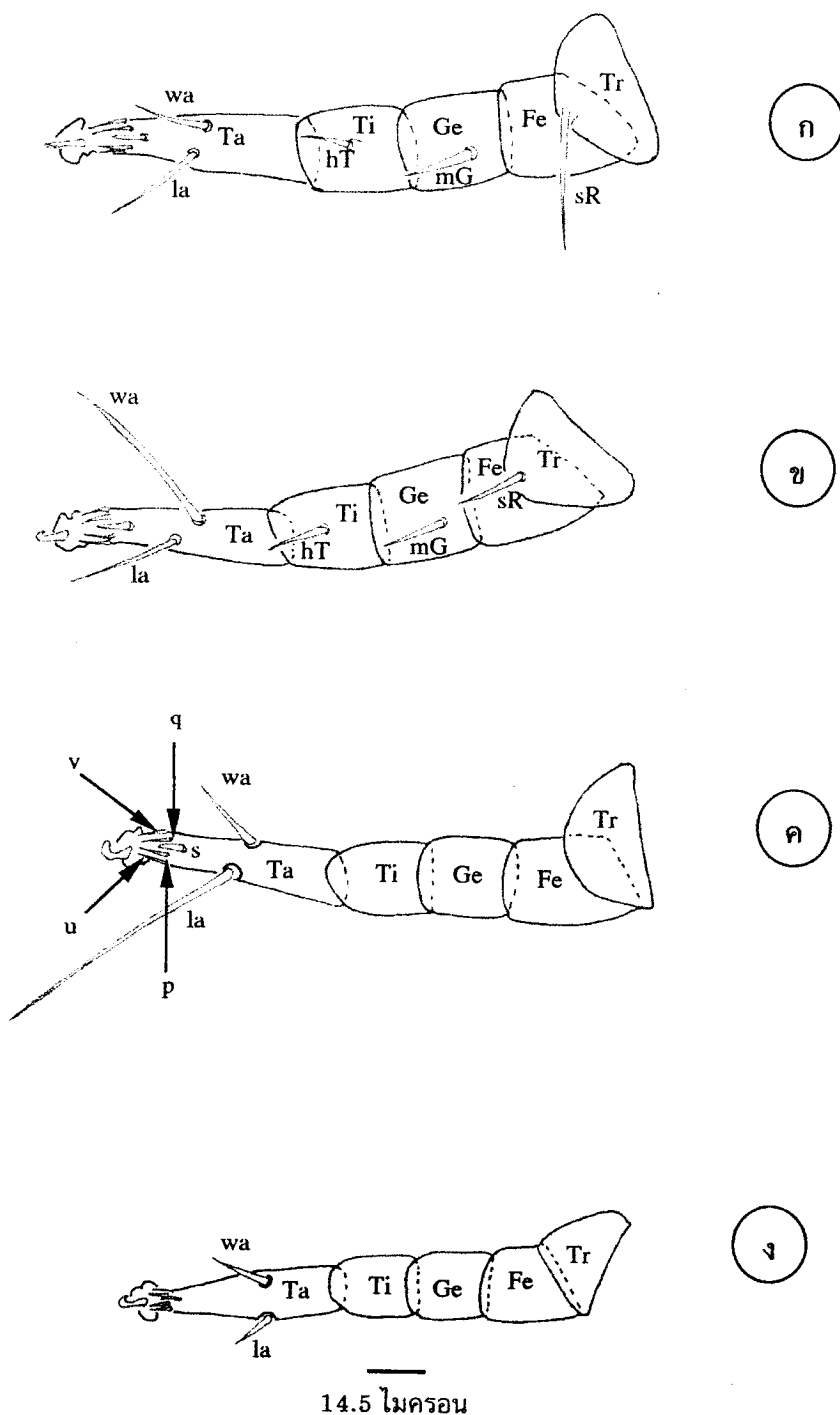


ภาพที่ 10 ไร *Lardoglyphus konoi* ระยะวัยรุ่นที่ 1

ก) ด้านบน และ ข) ด้านล่าง



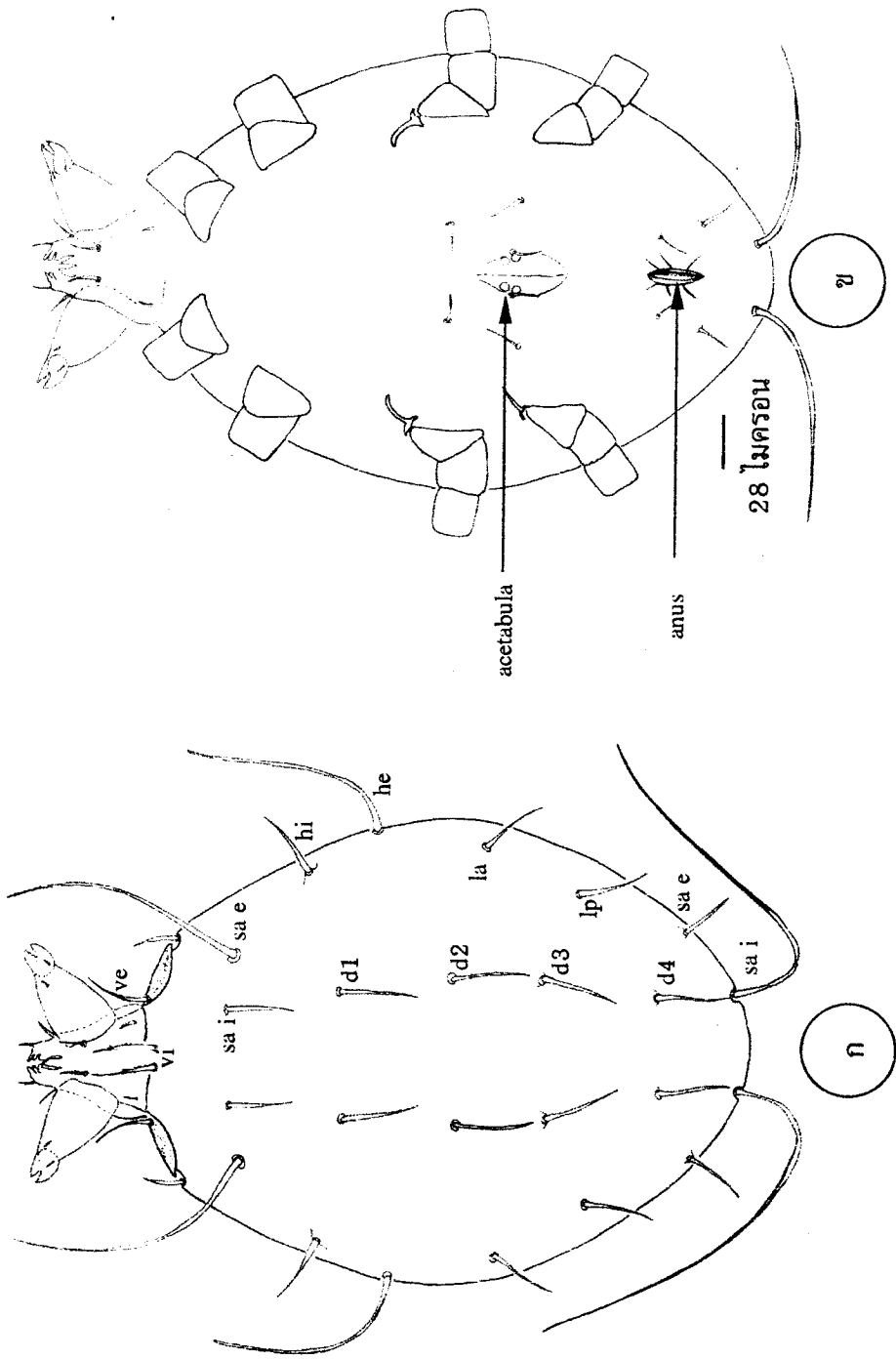
ภาพที่ 11 ขาของไร *Lardoglyphus konoï* ระยะวัยรุ่นที่ 1 แสดงเส้นขนบนด้าน dorsum
 ก) ขาคู่ที่ 1 ข) ขาคู่ที่ 2 ค) ขาคู่ที่ 3 และ ง) ขาคู่ที่ 4
 (Tr = trochanter, Fe = femur, Ge = genu, Ti = tibia และ Ta = tarsus)



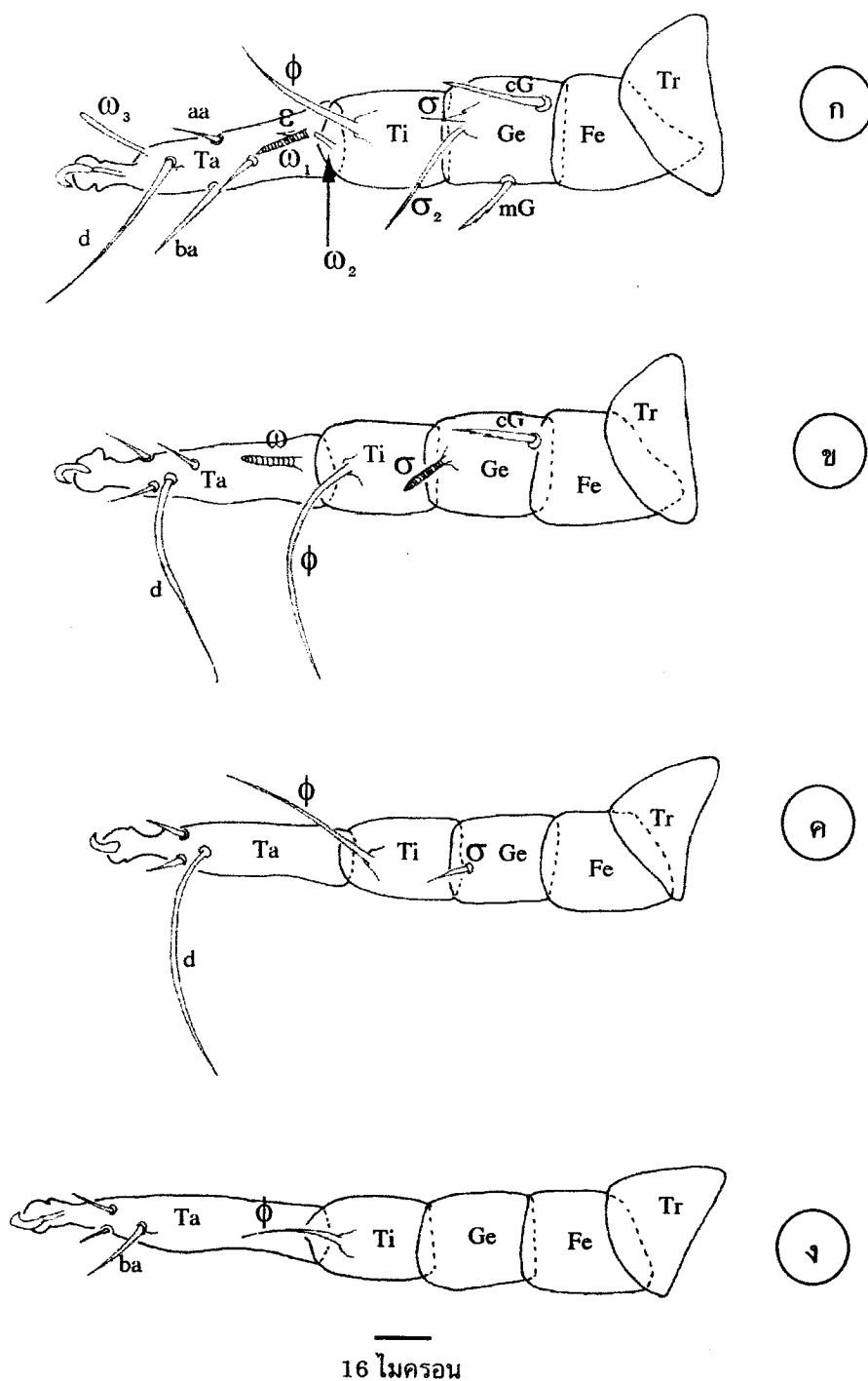
ภาพที่ 12 ขาของไร *Lardoglyphus konoi* ระยะวัยรุ่นที่ 1 แสดงเส้นขนบนด้าน venter

ก) ขาคู่ที่ 1 ข) ขาคู่ที่ 2 ค) ขาคู่ที่ 3 และ ง) ขาคู่ที่ 4

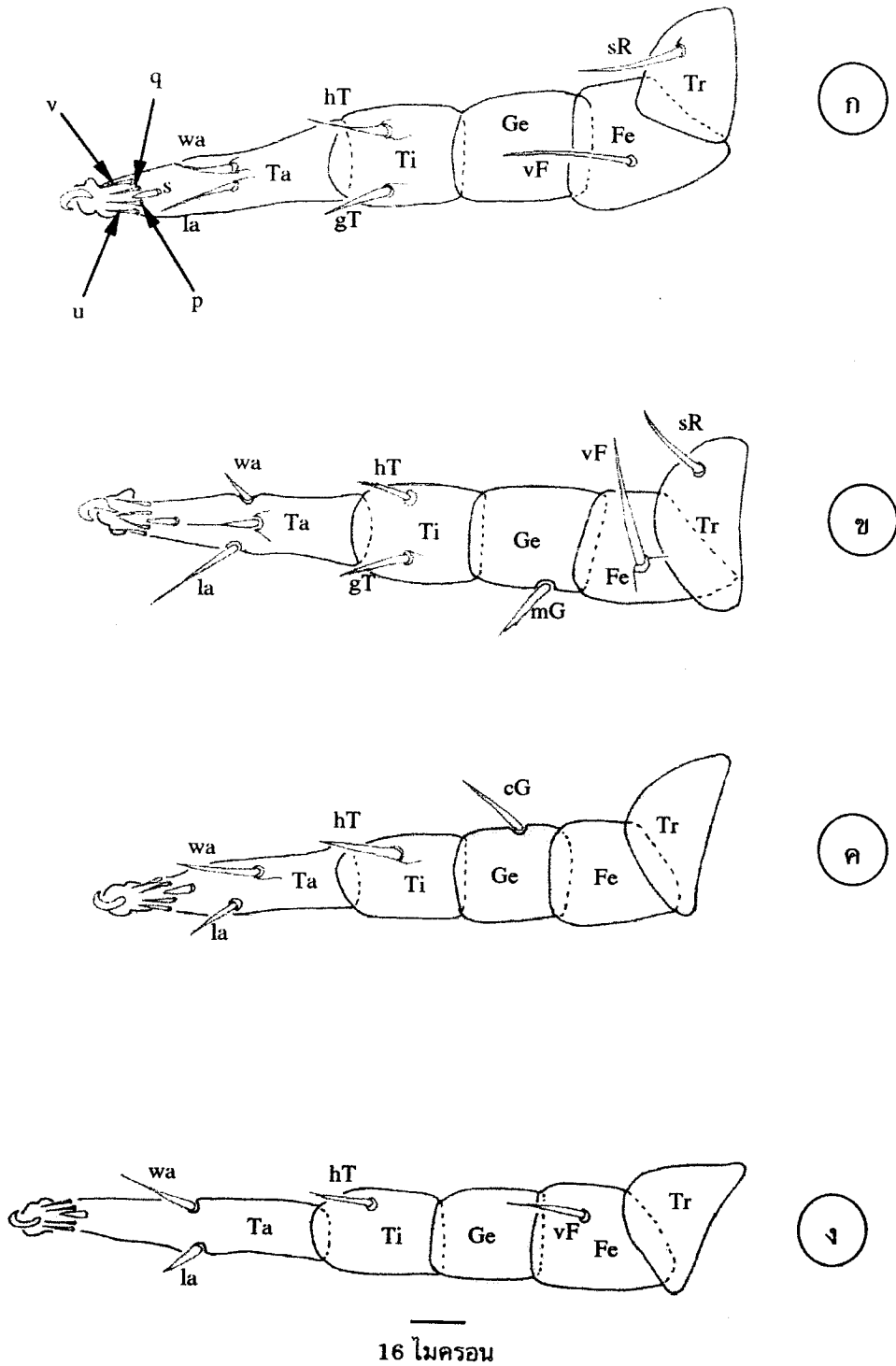
(Tr = trochanter, Fe = femur, Ge = genu, Ti = tibia และ Ta = tarsus)



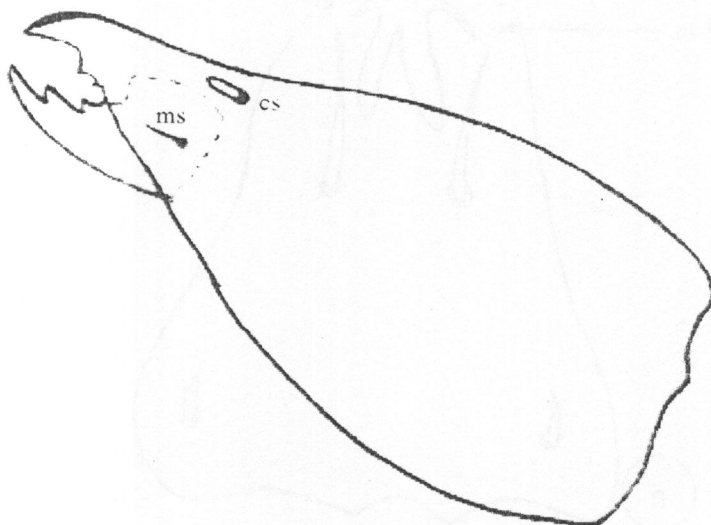
ภาพที่ 13 ไร *Lardoglyphus konoii* ระยะวัยรุ่นที่ 3
ก) ด้านบน และ ข) ด้านล่าง



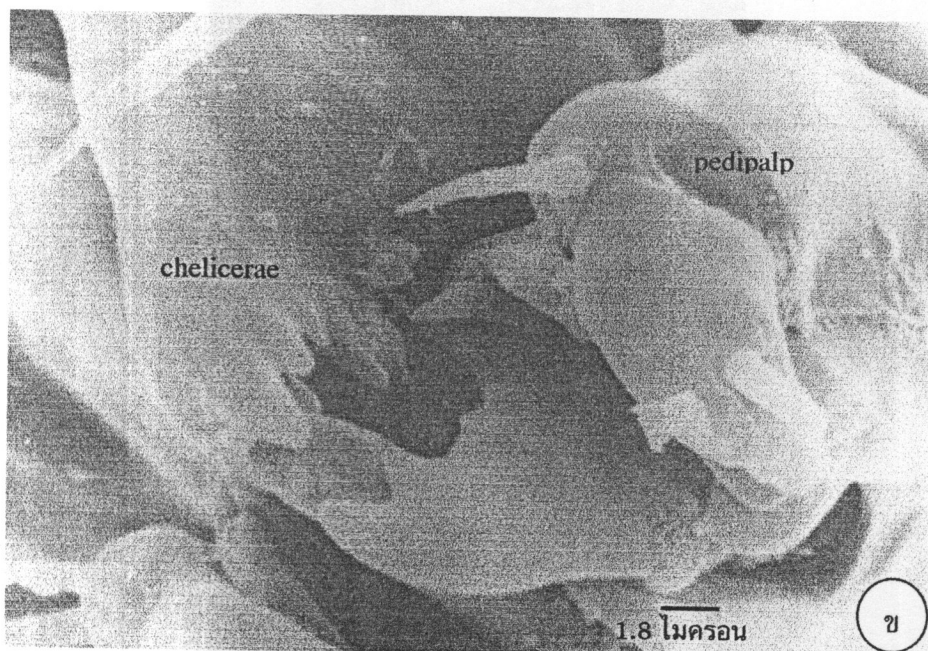
ภาพที่ 14 ขาของไร *Lardoglyphus konoii* ระยะวัยรุ่นที่ 3 แสดงเส้นขนบนด้าน dorsum
 ก) ขาคู่ที่ 1 ข) ขาคู่ที่ 2 ค) ขาคู่ที่ 3 และ ง) ขาคู่ที่ 4
 (Tr = trochanter, Fe = femur, Ge = genu, Ti = tibia และ Ta = tarsus)



ภาพที่ 15 ขาของไร *Lardoglyphus konoi* ระยะวัยรุ่นที่ 3 แสดงเส้นขนบนด้าน venter
ก) ขาคู่ที่ 1 ข) ขาคู่ที่ 2 ค) ขาคู่ที่ 3 และ ง) ขาคู่ที่ 4
(Tr = trochanter, Fe = femur, Ge = genu, Ti = tibia และ Ta = tarsus)



ก

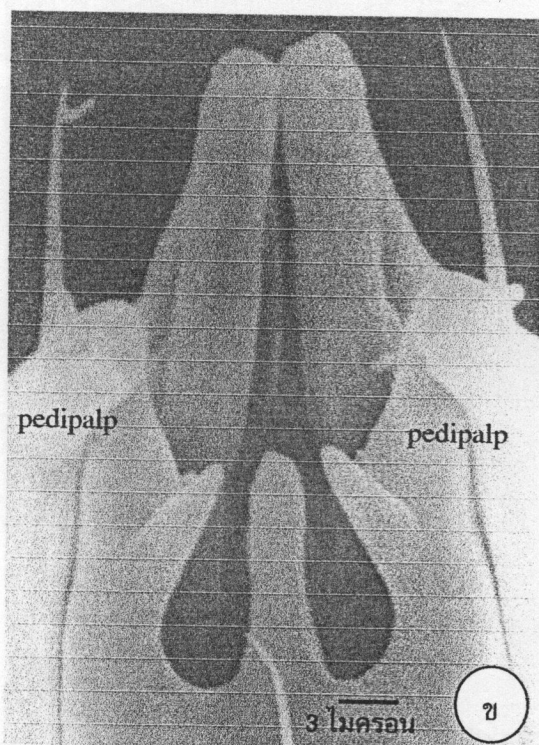
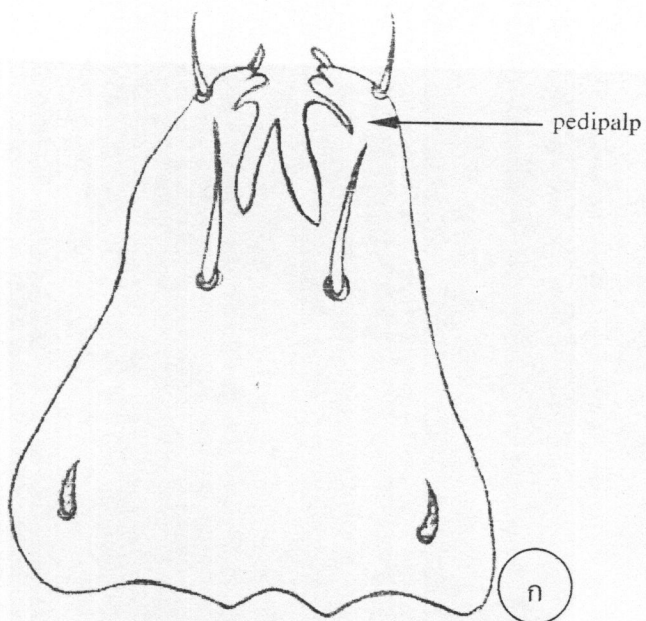


ข

ภาพที่ 16 อวัยวะจับอาหารของไร *Lardoglyphus konoii*

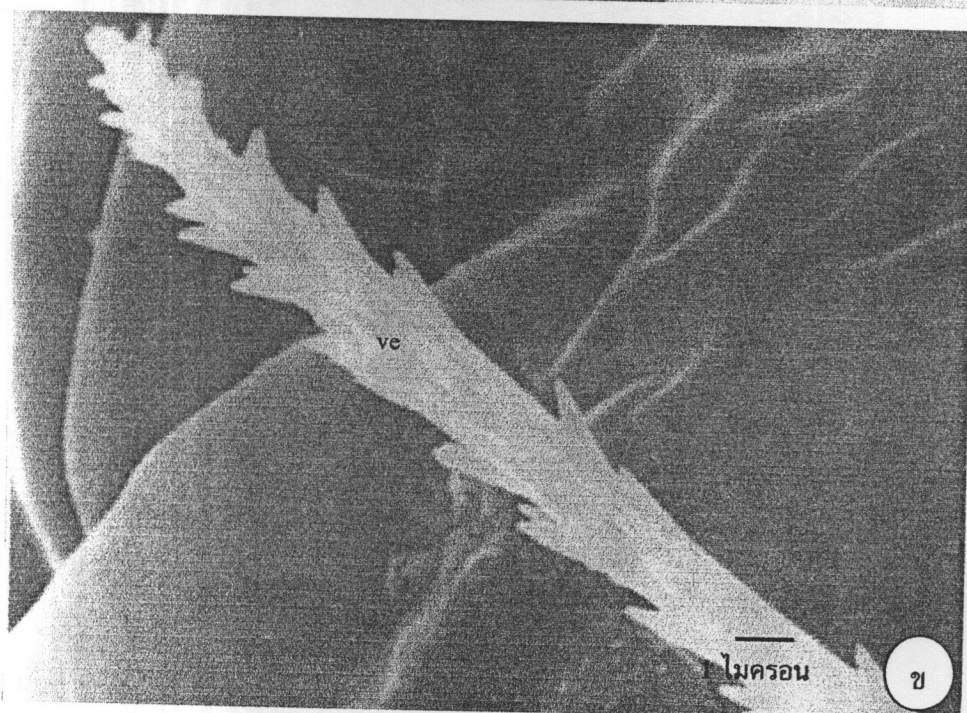
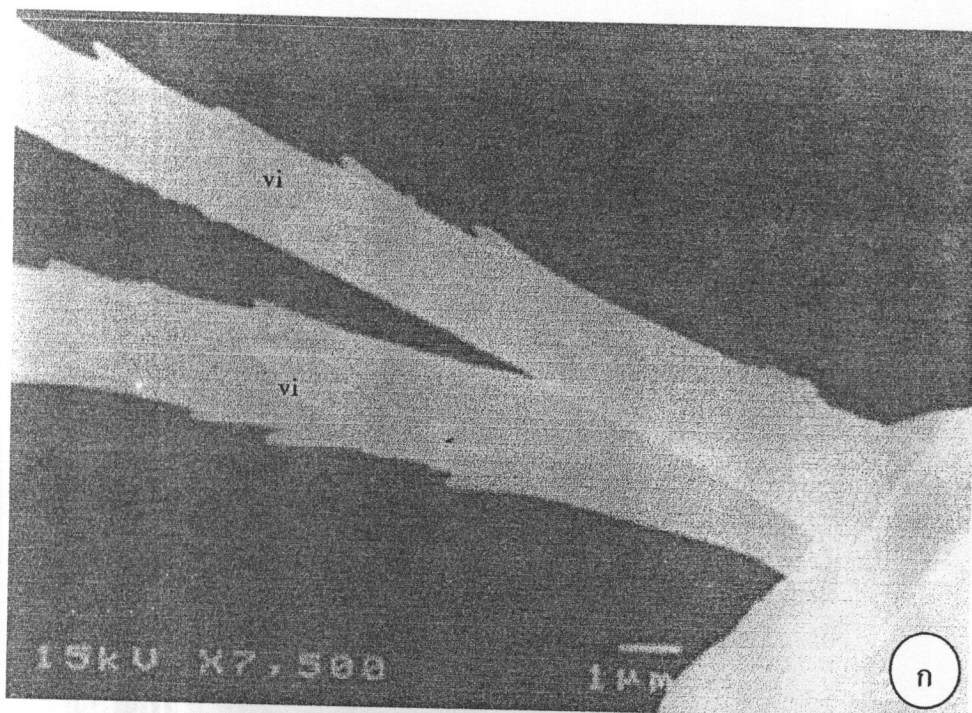
ก) ภาพวาด และ ข) ภาพ SEM

(cs = conical spur และ ms = mandibular spine)

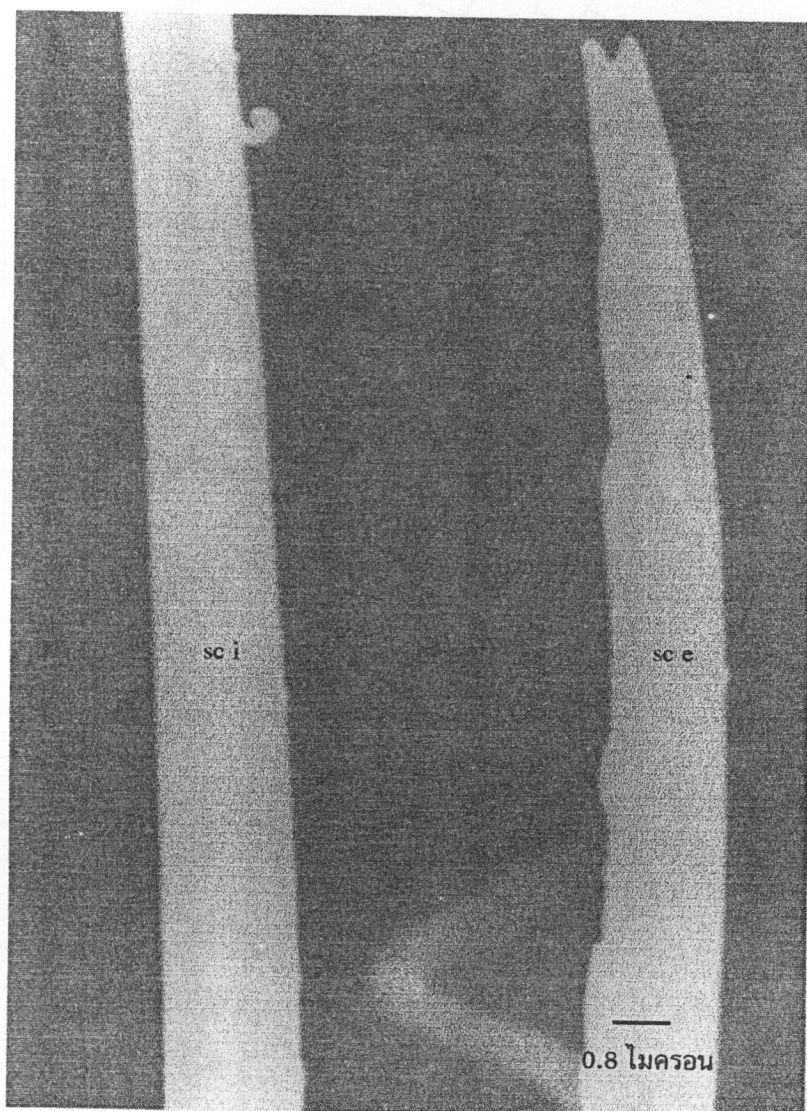


ภาพที่ 17 pedipalp บน hypostome ของไร *Lardoglyphus konoi*

ก) ภาพวาด และ ข) ภาพ SEM



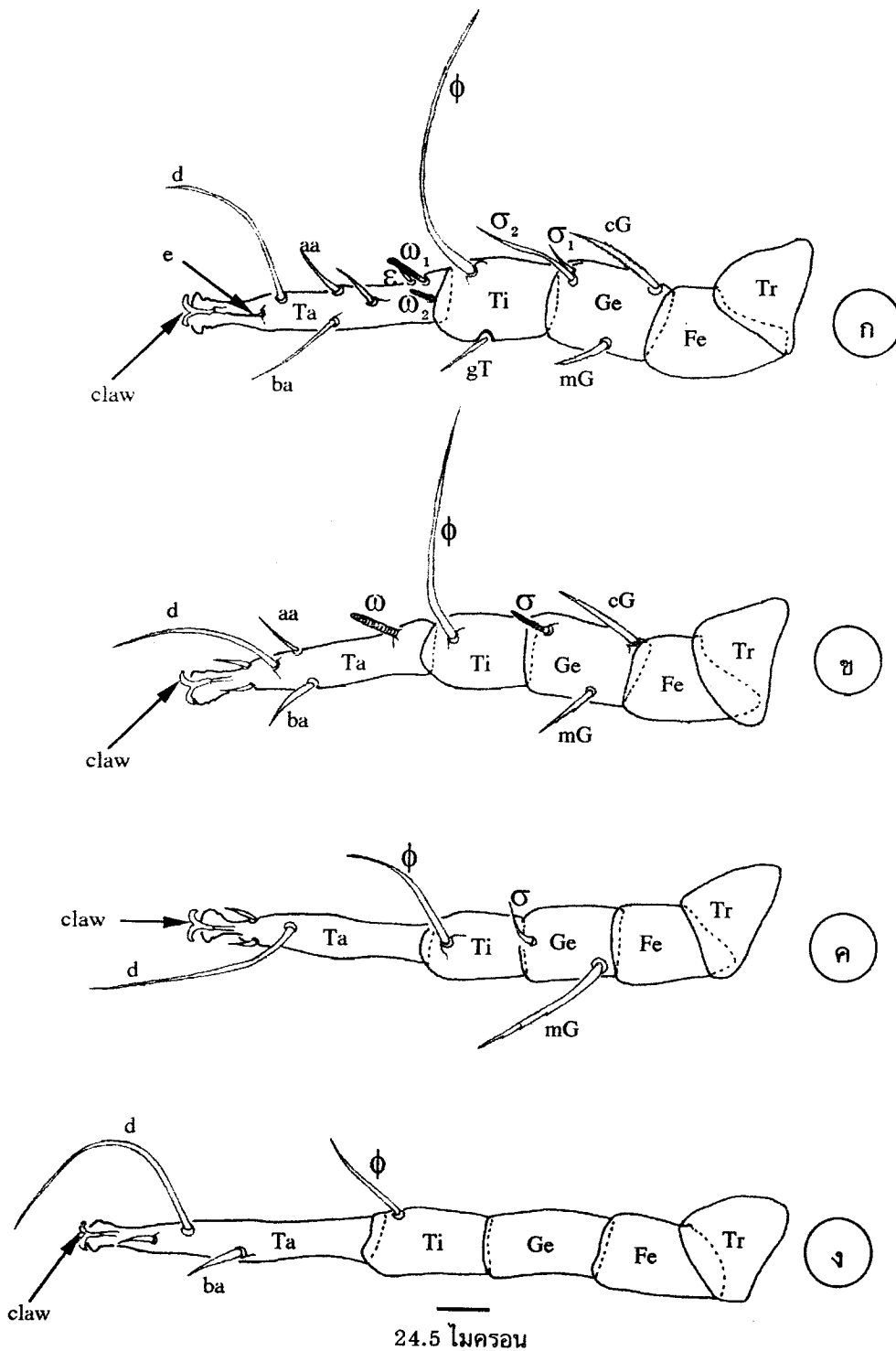
ภาพที่ 18 ลักษณะเส้นขนบนผนังลำตัวด้านบนของไร *Lardoglyphus konoi*
 ก) เส้นขน vi และ ข) เส้นขน ve



ภาพที่ 19 ลักษณะเส้นขนบนลำตัวของไร *Lardoglyphus konoi*

ก) เส้นขน sc i และ sc e และ

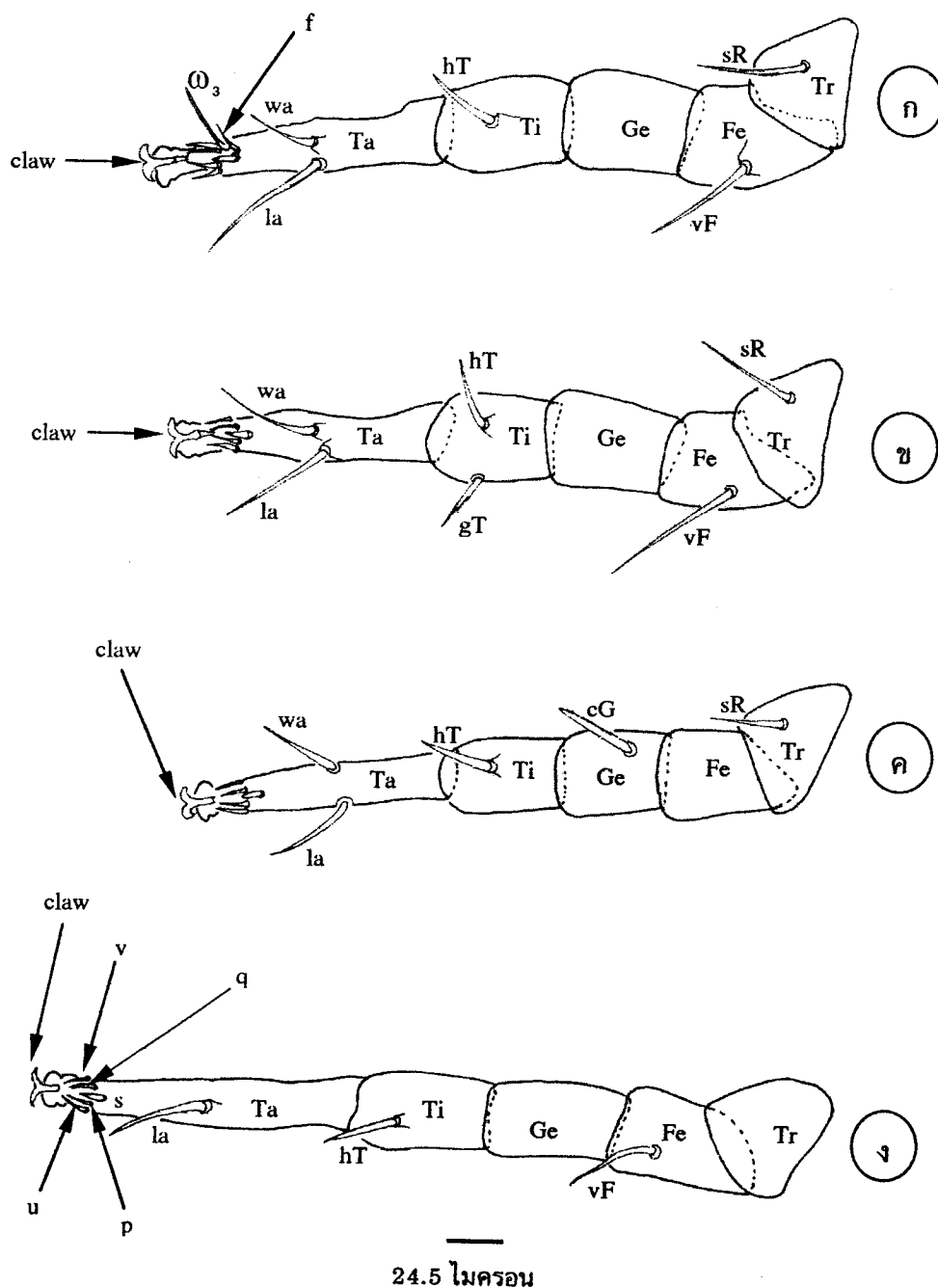
ข) เส้นขนบนผนังลำตัวด้านล่าง



ภาพที่ 21 ขาของไร *Lardoglyphus konoi* เพศเมีย แสดงเส้นขนด้าน dorsum

ก) ขาคู่ที่ 1 ข) ขาคู่ที่ 2 ค) ขาคู่ที่ 3 และ ง) ขาคู่ที่ 4

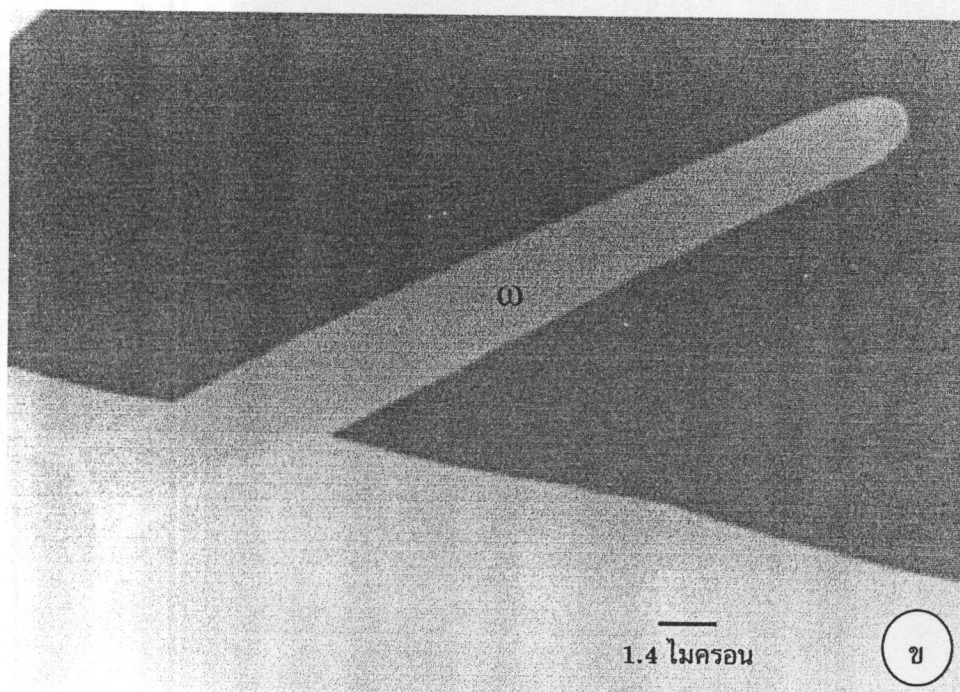
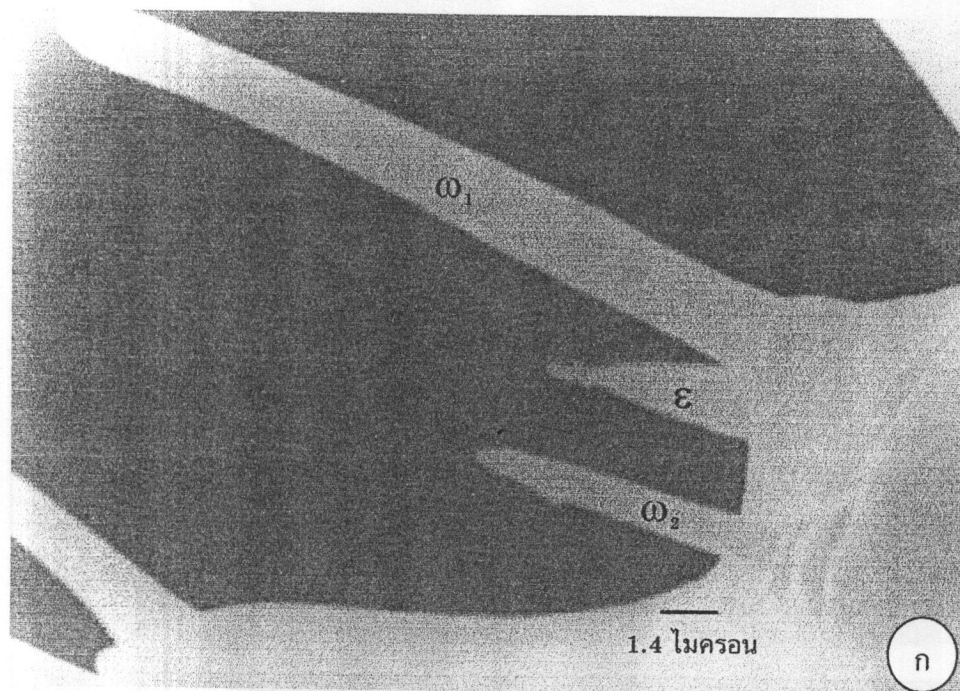
(Tr = trochanter, Fe = femur, Ge = genu, Ti = tibia และ Ta = tarsus)



ภาพที่ 22 ขาของไร *Lardoglyphus konoi* เพศเมีย แสดงเส้นขนด้าน venter

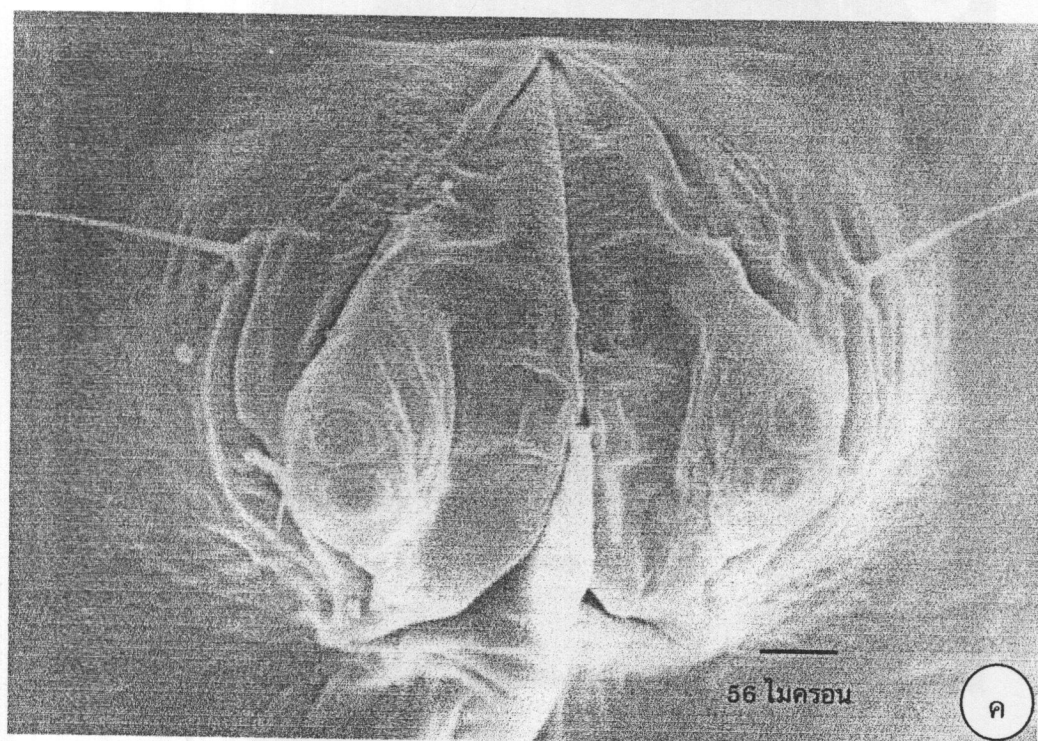
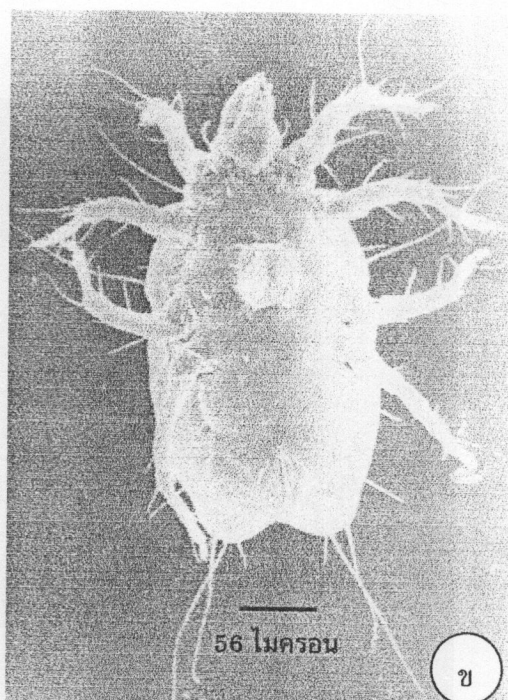
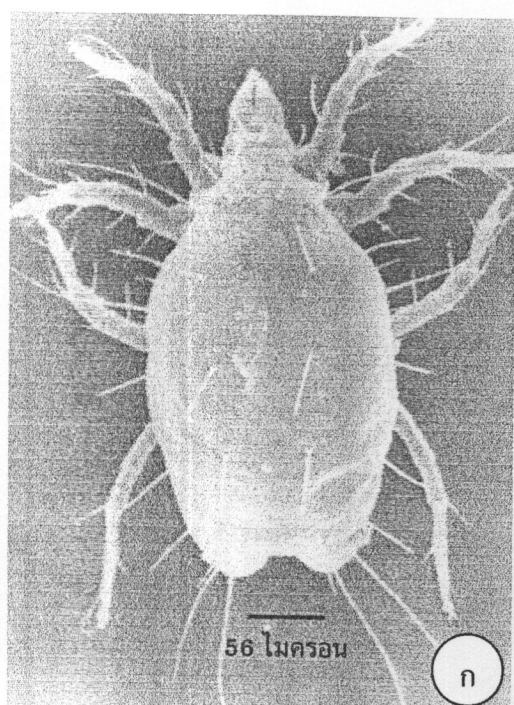
ก) ขาคู่ที่ 1 ข) ขาคู่ที่ 2 ค) ขาคู่ที่ 3 และ ง) ขาคู่ที่ 4

(Tr = trochanter, Fe = femur, Ge = genu, Ti = tibia และ Ta = tarsus)



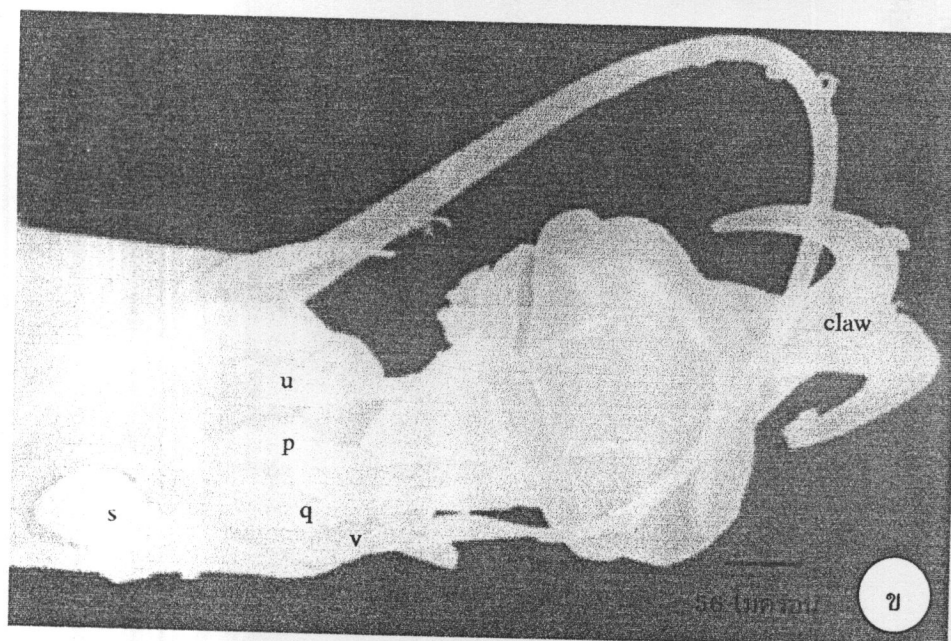
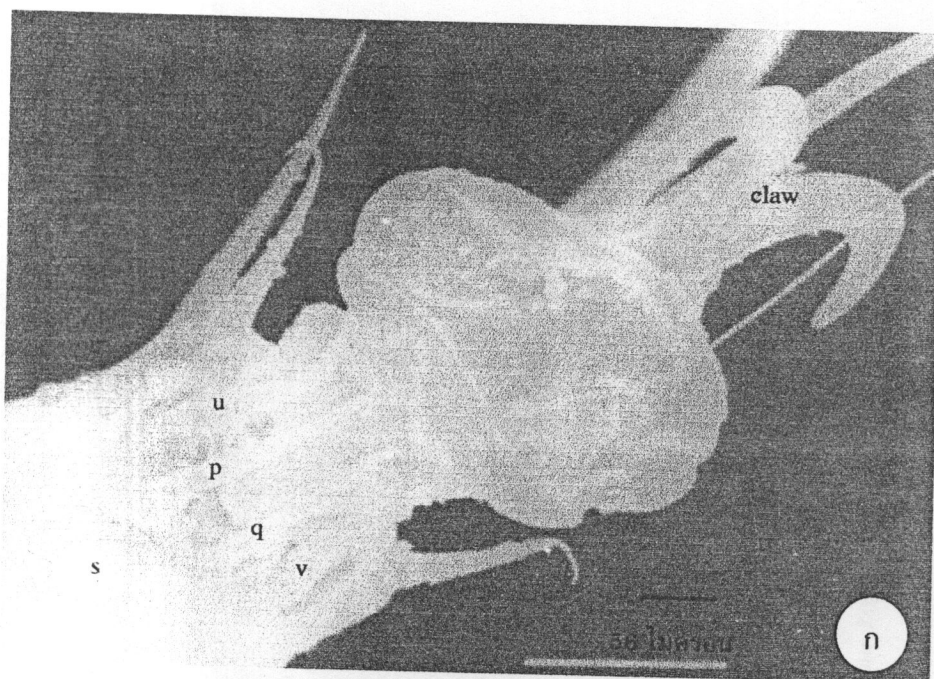
ภาพที่ 23 เส้นขนรับความรู้สึกแบบต่าง ๆ บนปล้อง tarsus ของไร *Lardoglyphus konoi*

ก) ω_1 , ω_2 และ ε บน tarsus 1 และ ข) ω บน tarsus 2



ภาพที่ 24 ไร *Lardoglyphus konoii* เพศเมีย

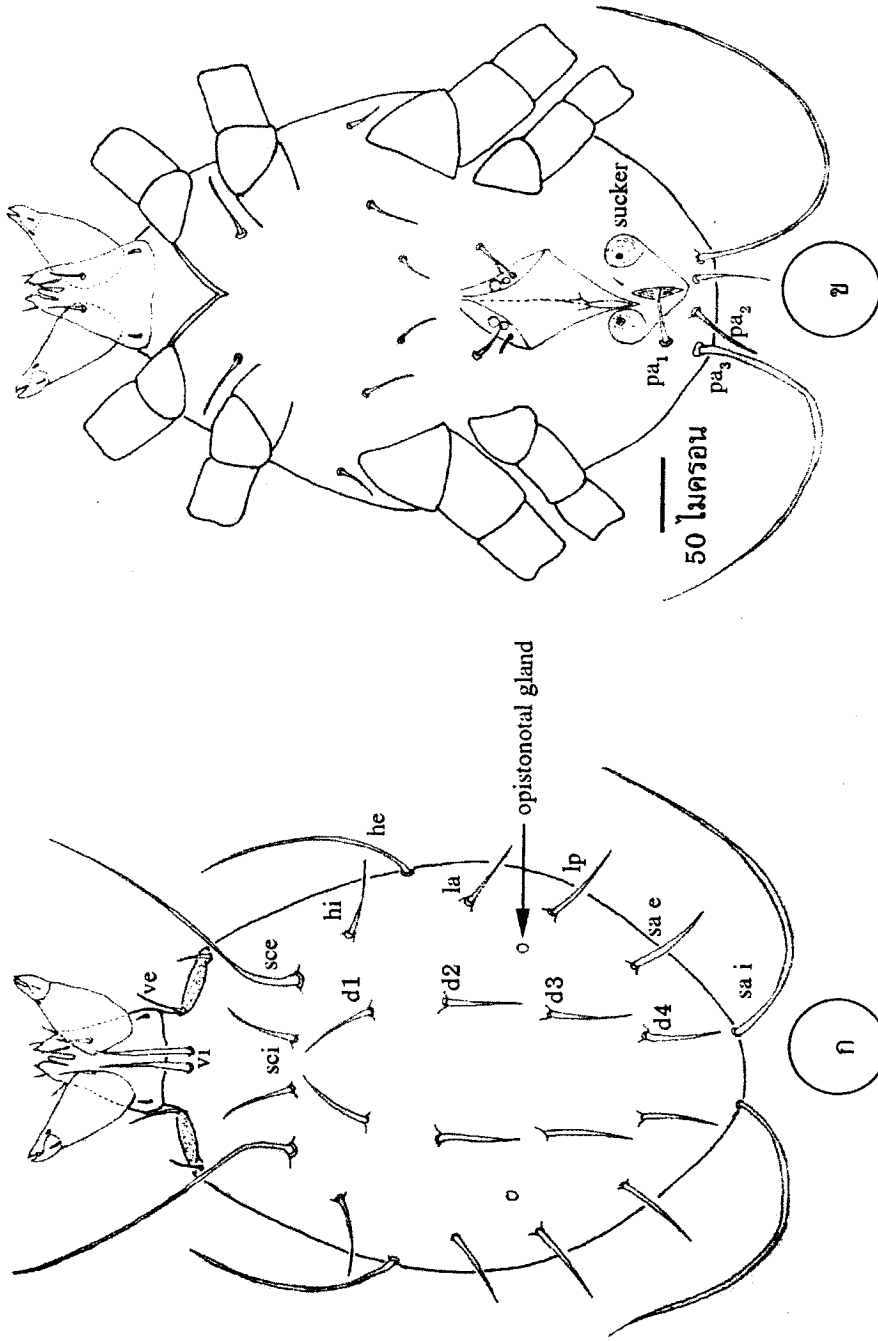
ก) ด้านบน, ข) ด้านล่าง และ
ค) อวัยวะวางไข่



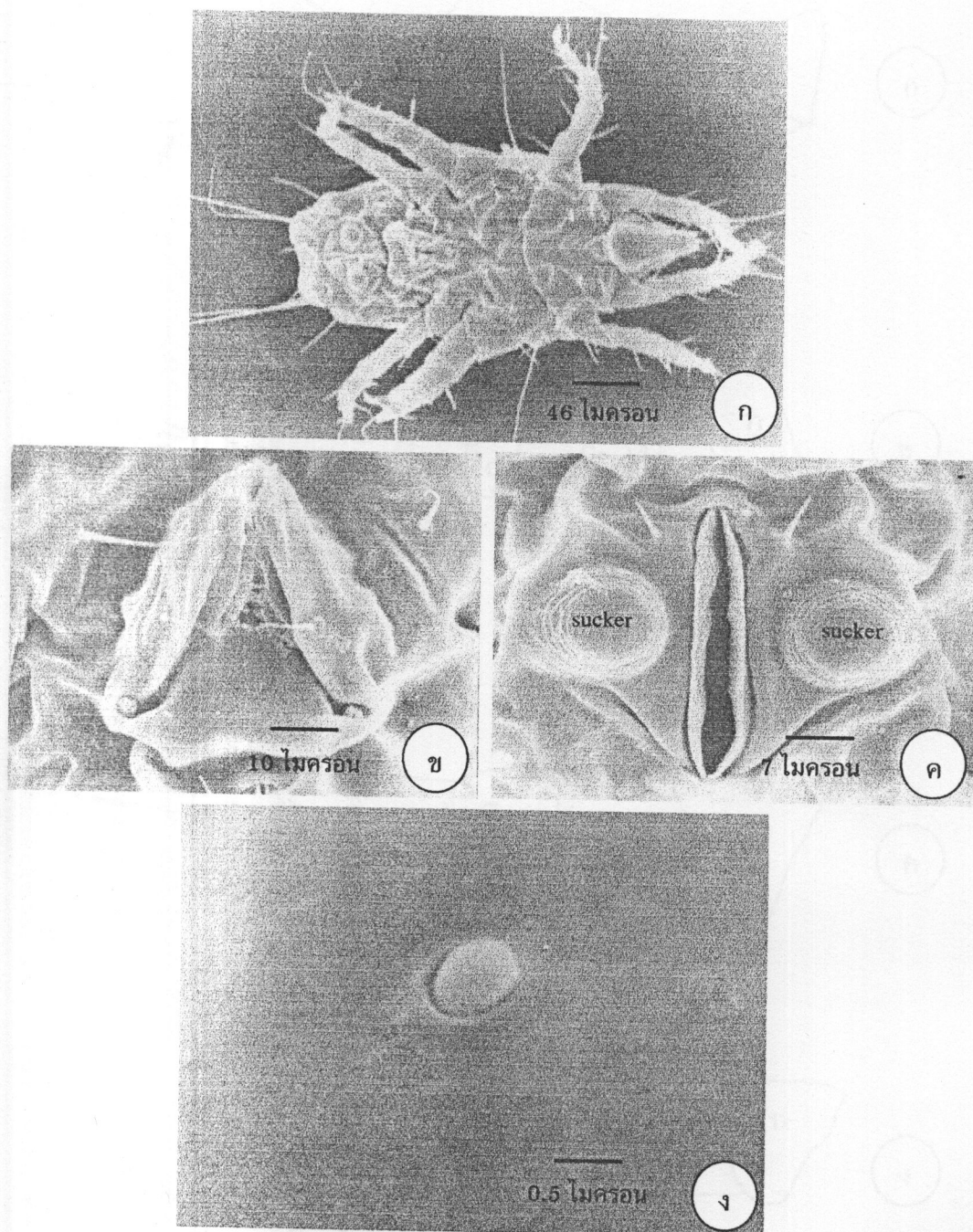
ภาพที่ 25 ปลายปล้อง tarsus ของไร *Lardoglyphus konoii* เพศเมีย

ก) ปลาย tarsus ขาคู่ที่ 2 (ด้านล่าง) และ

ข) ปลาย tarsus ขาคู่ที่ 3 (ด้านบน)



ภาพที่ 26 ไร *Lardoglyphus konoi* เพศผู้
ก) ด้านบน และ ข) ด้านล่าง

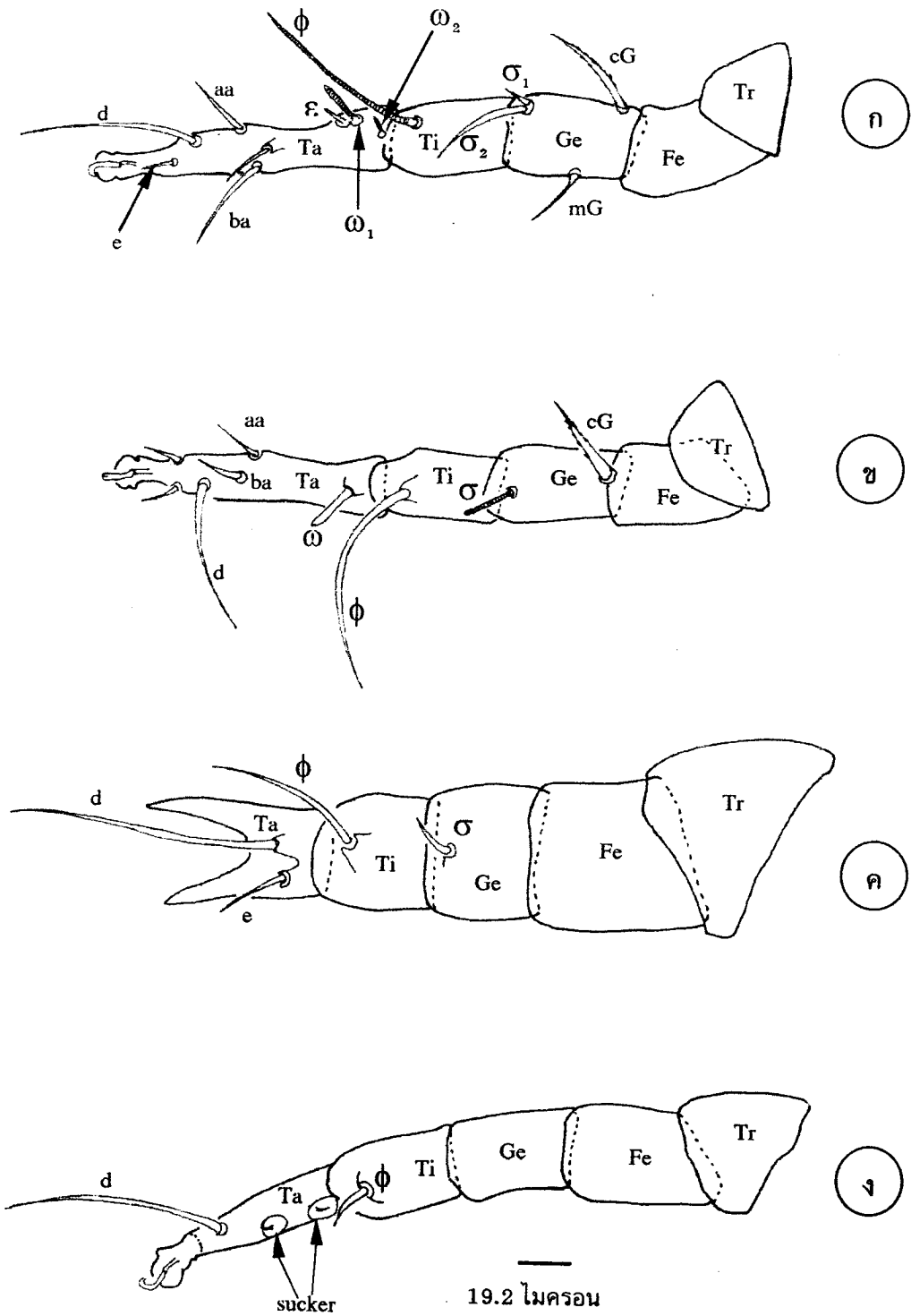


ภาพที่ 27 ไรเพตผู้ *Lardoglyphus konoï*

ก) ด้านล่าง ข) อวัยวะสืบพันธุ์ (adeagus)

ค) ช่องเปิดทวารหนัก และ sucker และ

ง) ตุ่มนูนบน sucker

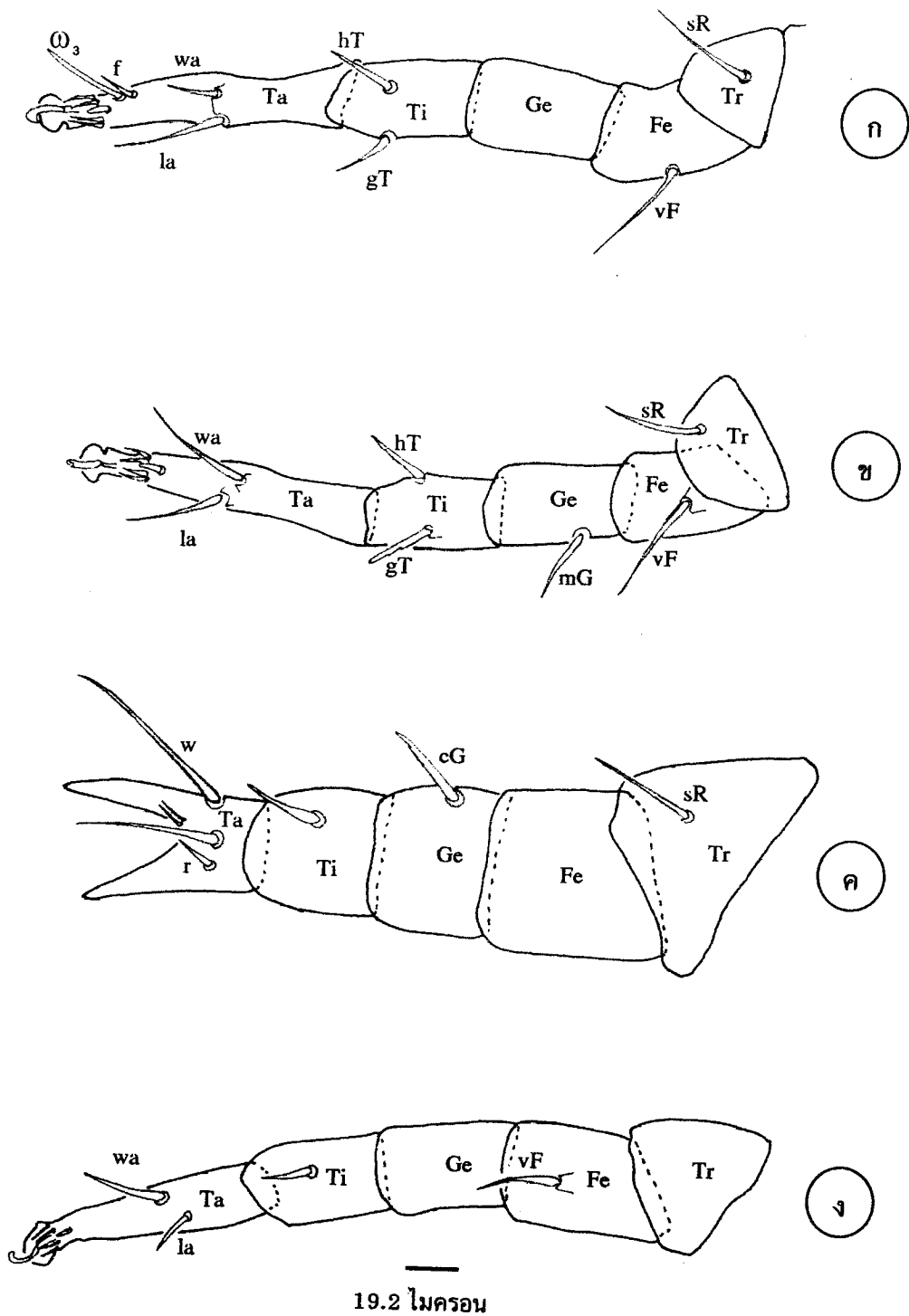


ภาพที่ 28 ขาของไร *Lardoglyphus konoï* เพศผู้ แสดงเส้นขนด้าน dorsum

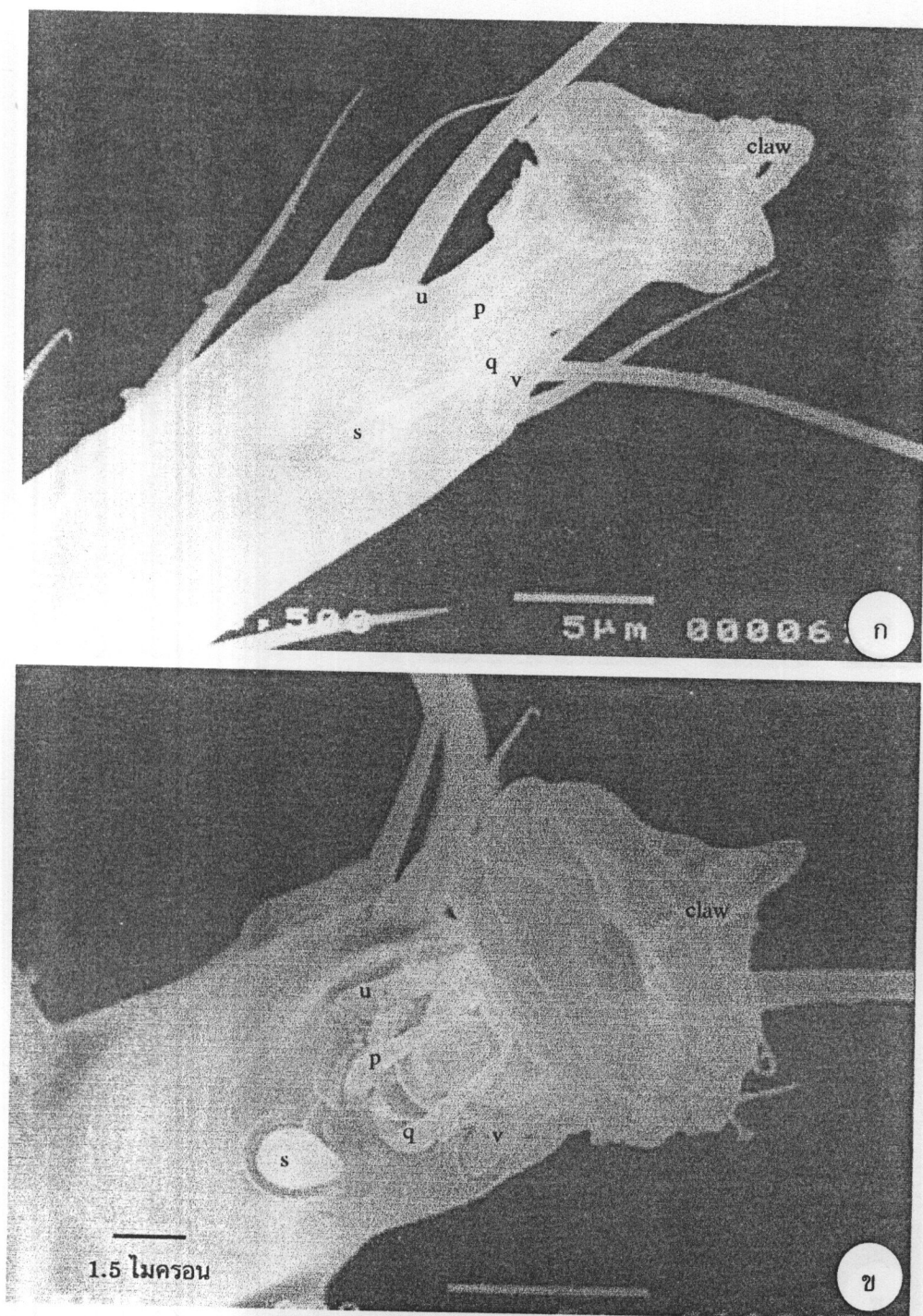
ก) ขาคู่ที่ 1 ข) ขาคู่ที่ 2 ค) ขาคู่ที่ 3 และ ง) ขาคู่ที่ 4

(Tr = trochanter, Fe = femur, Ge = genu,

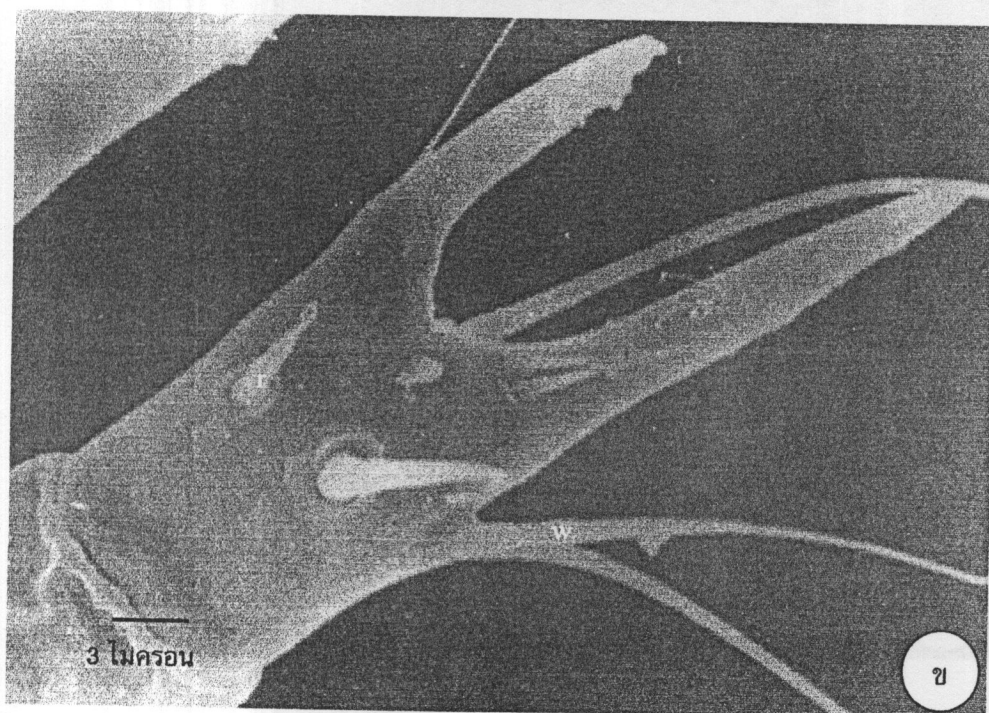
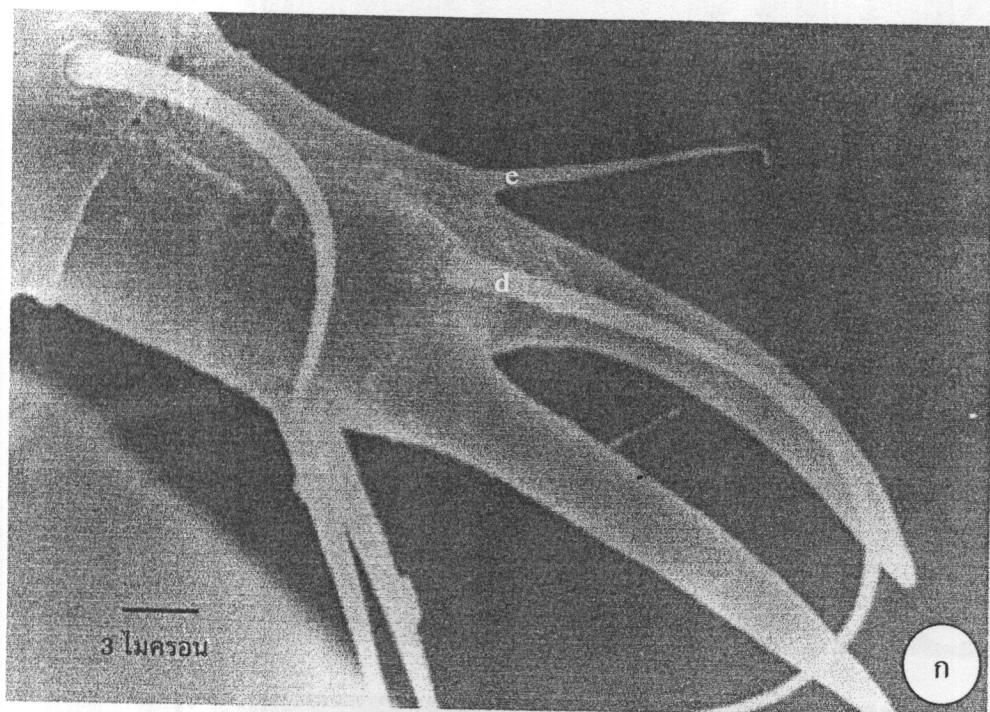
Ti = tibia และ Ta = tarsus)



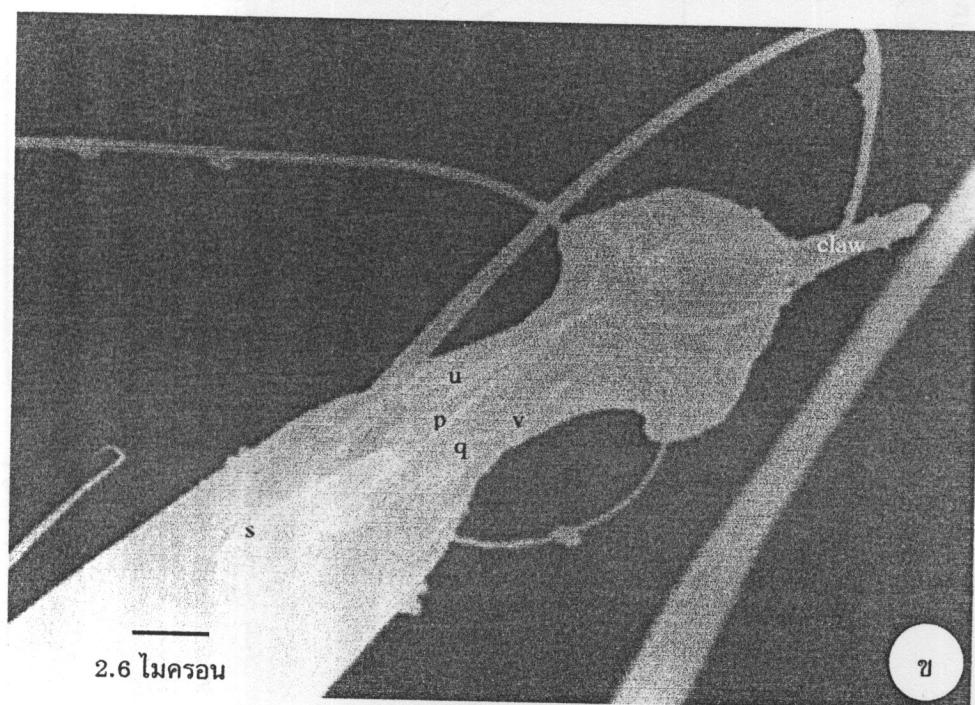
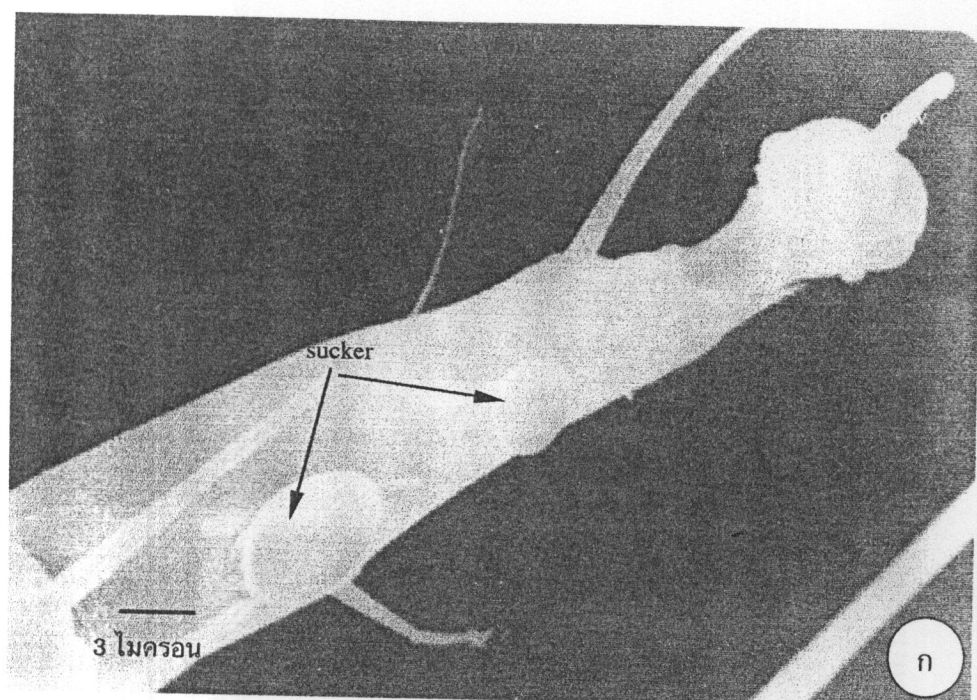
ภาพที่ 29 ขาของไร *Lardoglyphus konoi* เพศผู้ แสดงเส้นขนด้าน venter
 ก) ขาคู่ที่ 1 ข) ขาคู่ที่ 2 ค) ขาคู่ที่ 3 และ ง) ขาคู่ที่ 4
 (Tr = trochanter, Fe = femur, Ge = genu,
 Ti = tibia และ Ta = tarsus)



ภาพที่ 30 ปลายปล้อง tarsus ของไร *Lardoglyphus konoi* เพศผู้
 ก) ปลาย tarsus ขาคู่ที่ 1 (ด้านล่าง) และ
 ข) ปลาย tarsus ขาคู่ที่ 2 (ด้านล่าง)



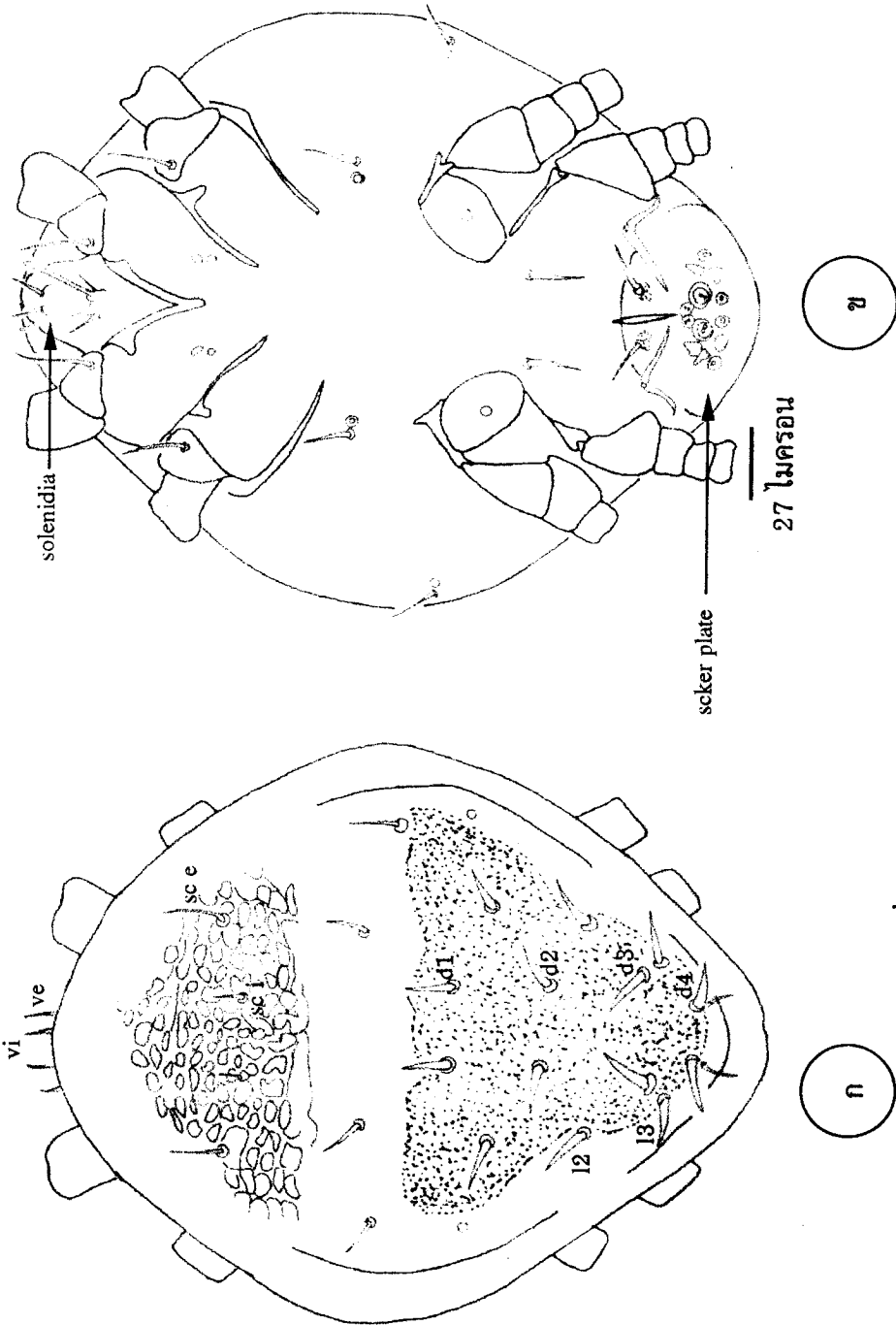
ภาพที่ 31 ปลายปล้อง tarsus 3 ของไร *Lardoglyphus konoï* เพศผู้
ก) ด้านบน และ ข) ด้านล่าง



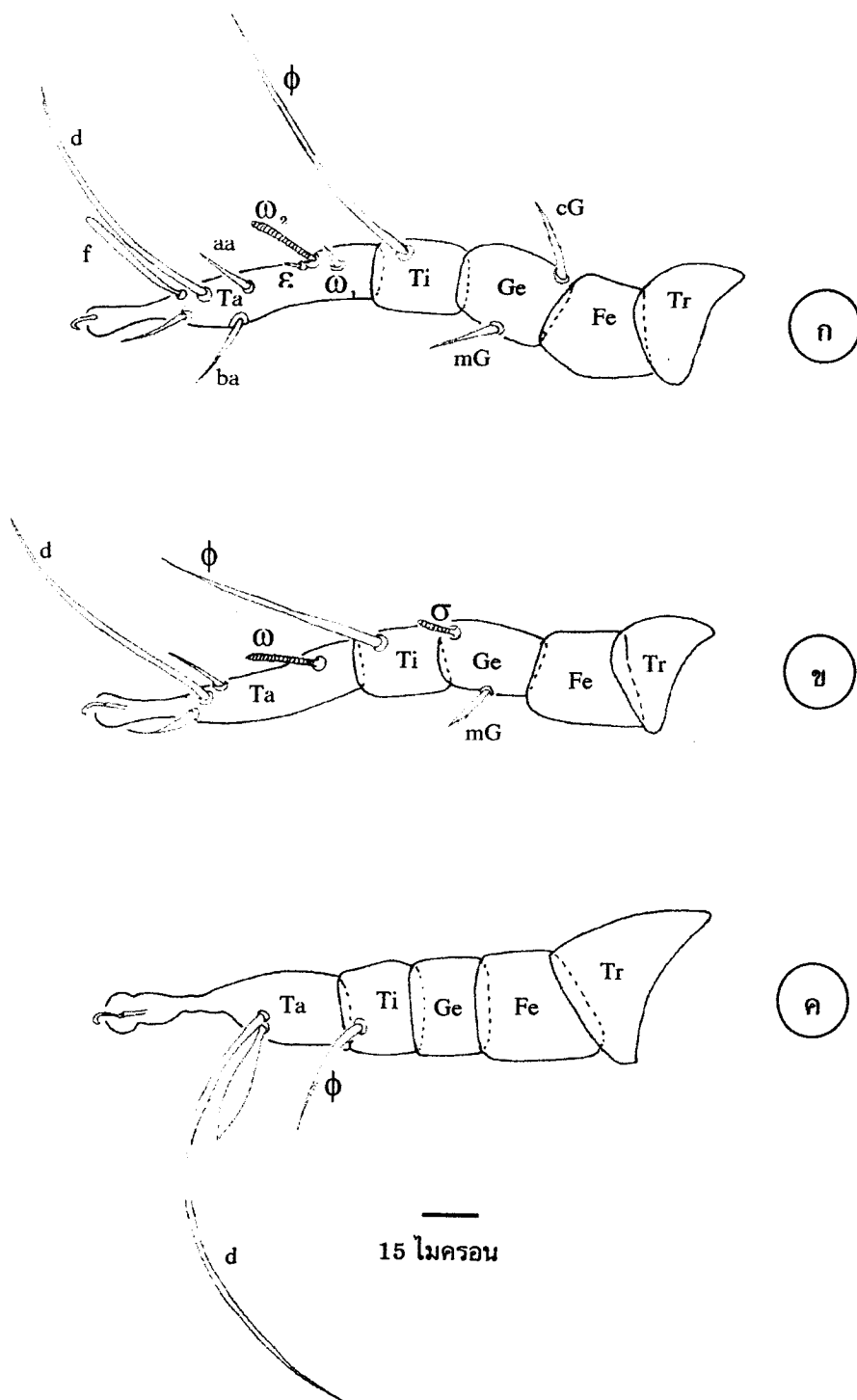
ภาพที่ 32 ปลายปล้อง tarsus 4 ของไร *Lardoglyphus konoi* เพศผู้

ก) sucker และ

ข) ปลาย tarsus ขาคู่ที่ 4 (ด้านบน)



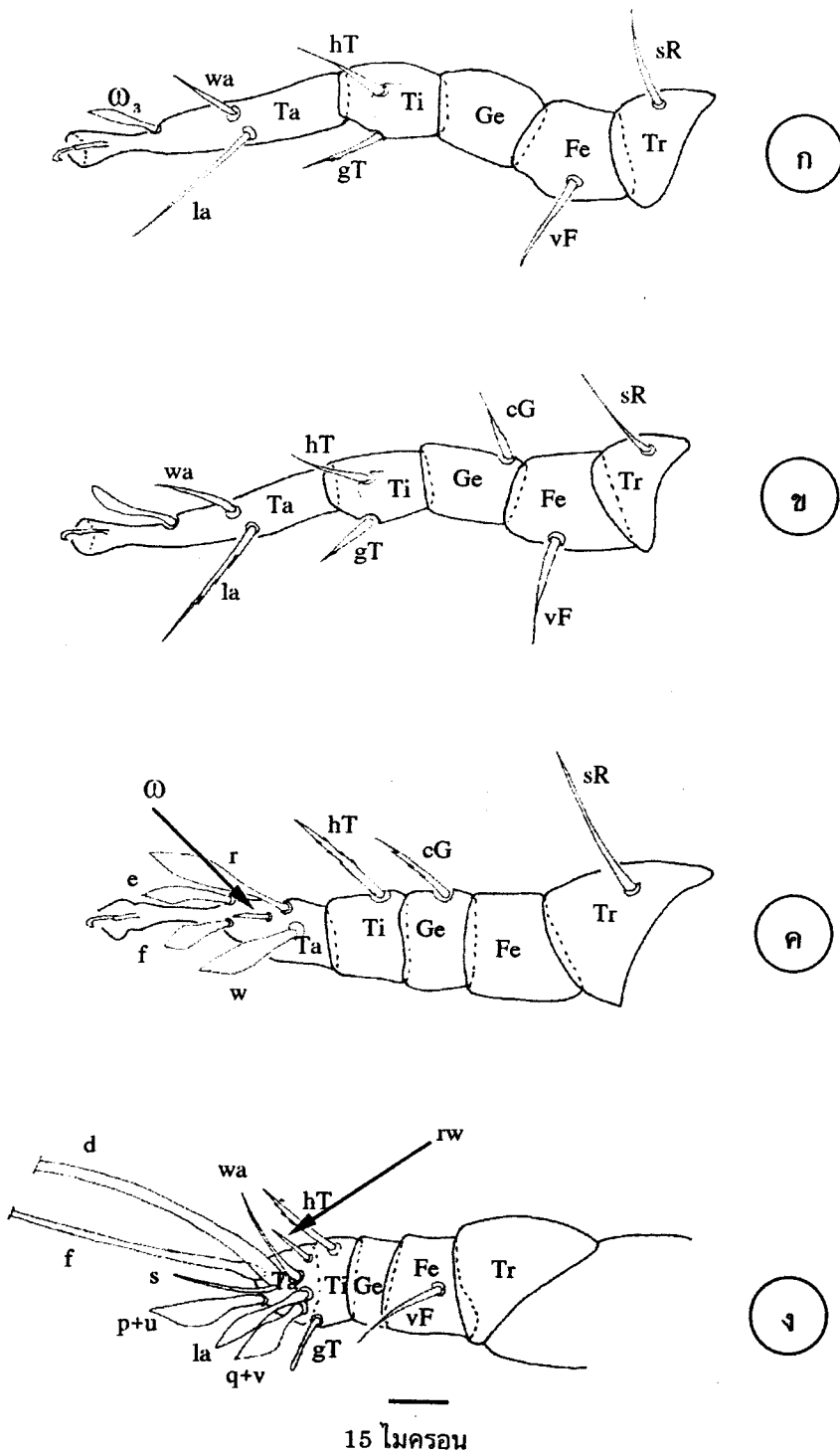
ภาพที่ 33 ไร *Lardoglyphus konoi* ระยะเกาะอาศัย
ก) ด้านบน และ ข) ด้านล่าง



ภาพที่ 34 ขาด้านบนของไร *Lardoglyphus konoi* ระยะเกาะอาศัย

ก) ขาคู่ที่ 1 ข) ขาคู่ที่ 2 ค) ขาคู่ที่ 3 และ ง) ขาคู่ที่ 4

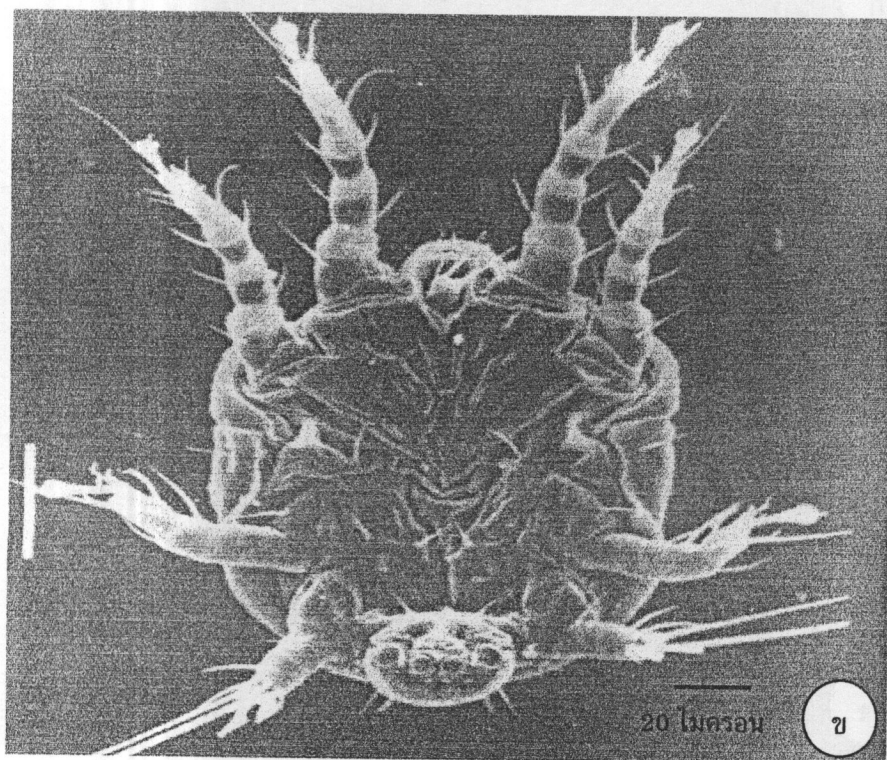
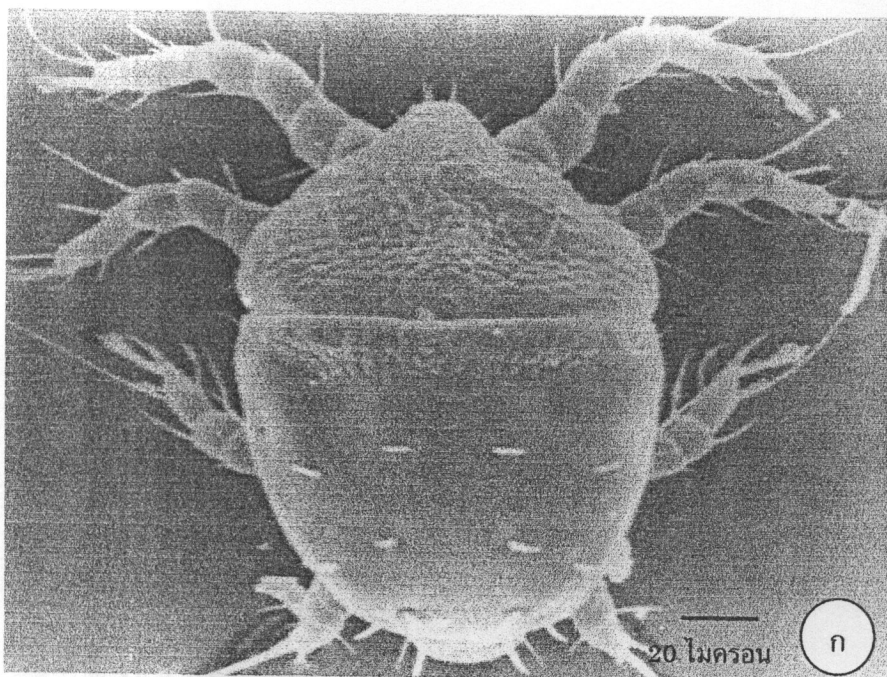
(Tr = trochanter, Fe = femur, Ge = genu, Ti = tibia และ Ta = tarsus)



ภาพที่ 35 ขาด้านล่างของไร *Lardoglyphus konoi* ระยะเกาะอาศัย

ก) ขาคู่ที่ 1 ข) ขาคู่ที่ 2 ค) ขาคู่ที่ 3 และ ง) ขาคู่ที่ 4

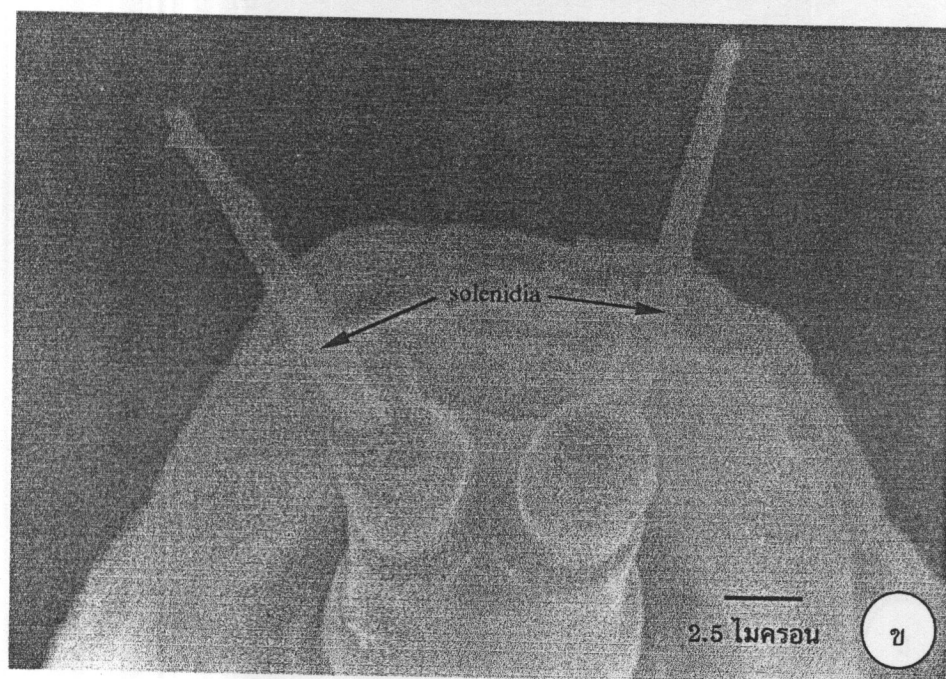
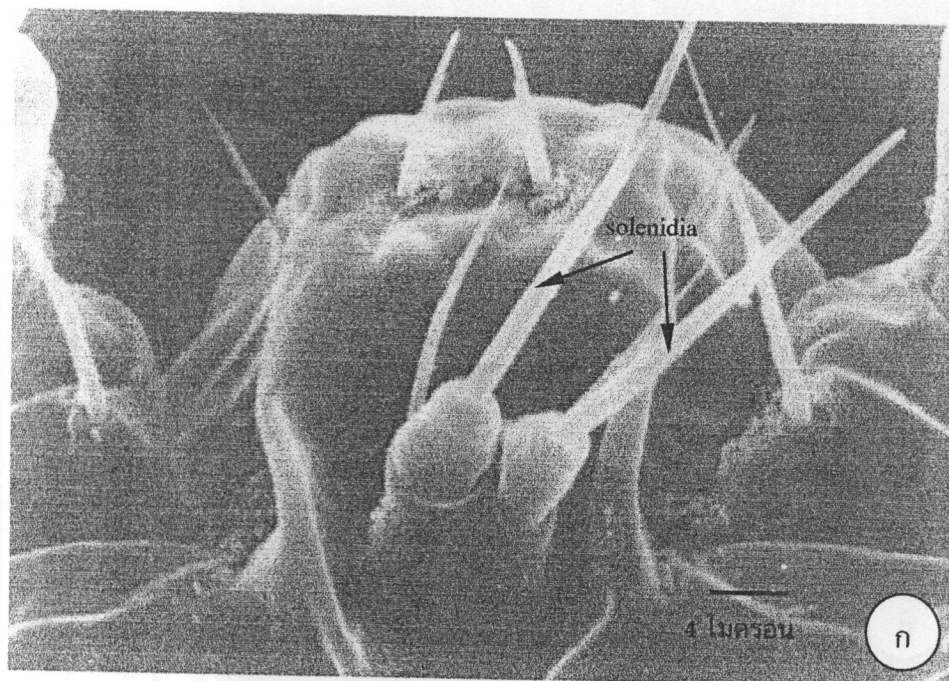
(Tr = trochanter, Fe = femur, Ge = genu, Ti = tibia และ Ta = tarsus)



ภาพที่ 36 ไร *Lardoglyphus konoi* ระยะเกาะอาศัย

ก) ด้านบน และ

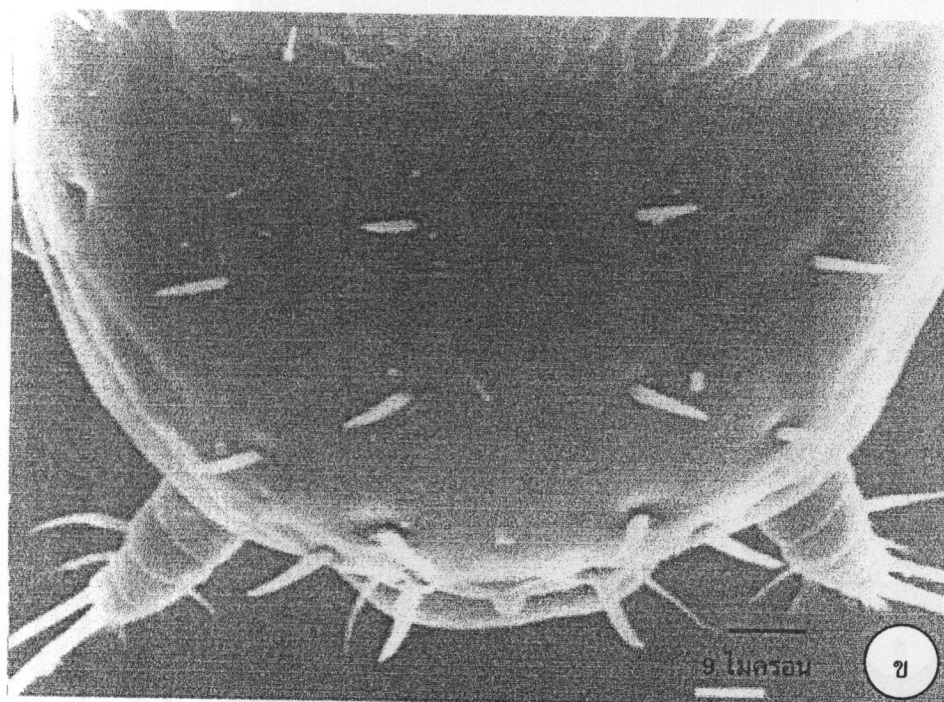
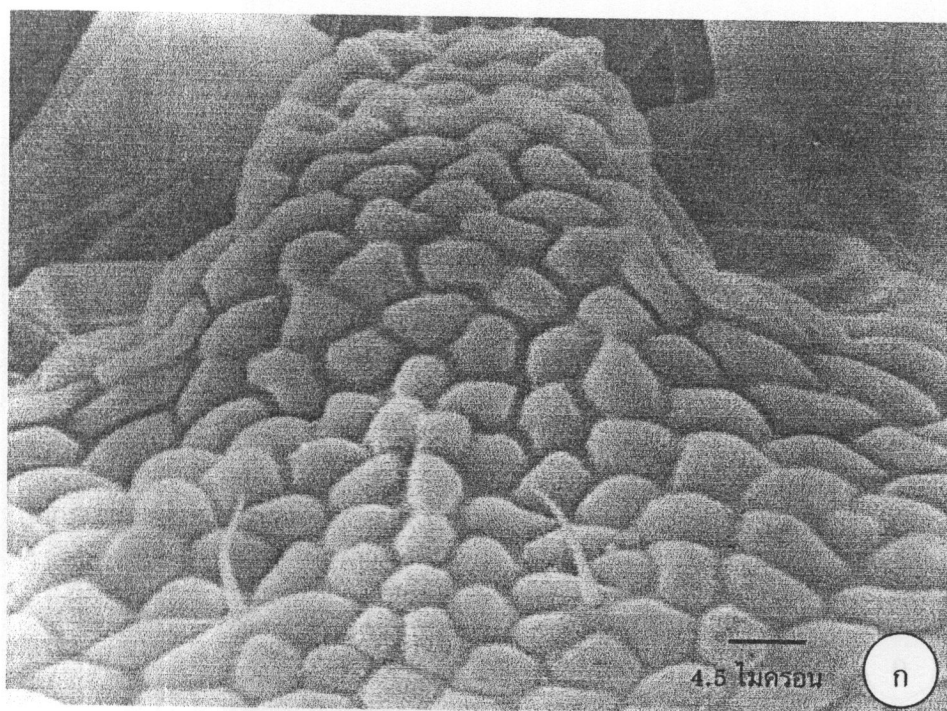
ข) ด้านล่าง



ภาพที่ 37 ส่วนปากของไร *Lardoglyphus konoi* ระยะเกาะอาศัย

ก) gnathosoma ด้านล่าง และ

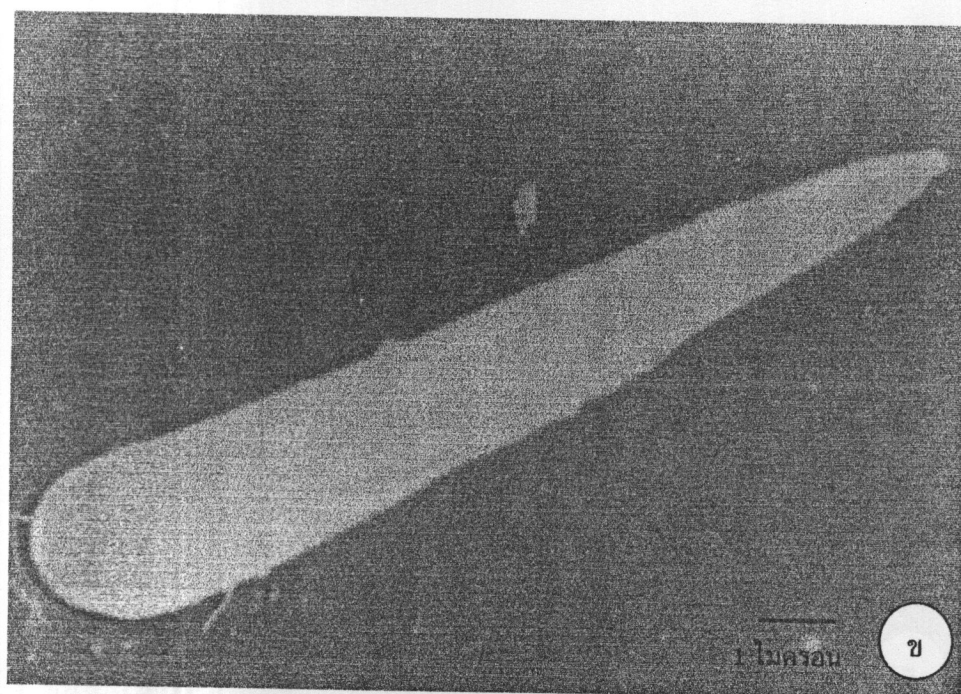
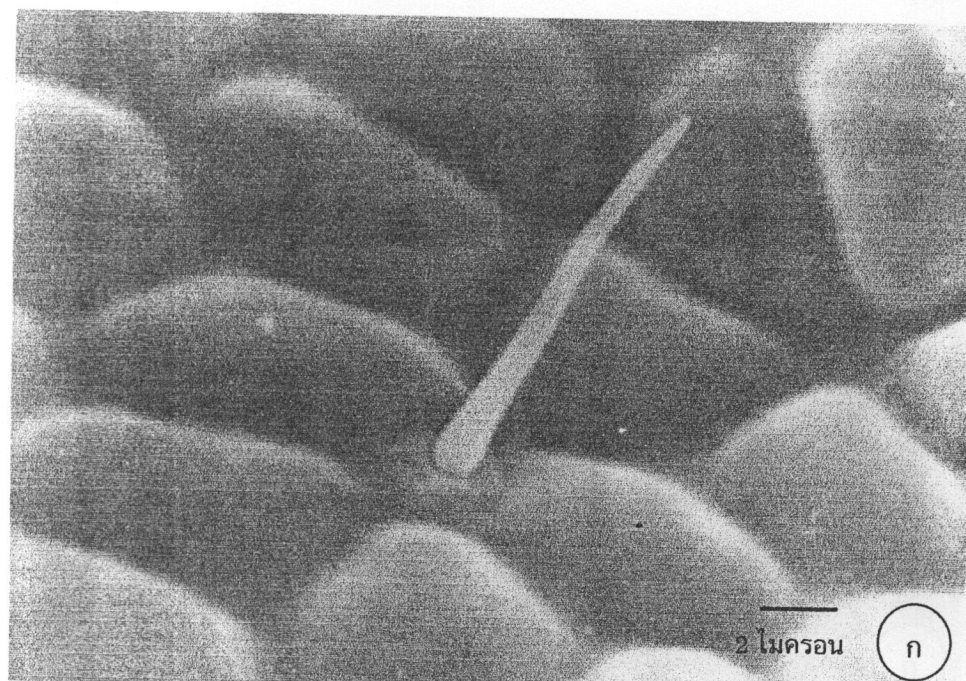
ข) ส่วนปากดัดแปลงไปเป็นเส้นขน solenidia



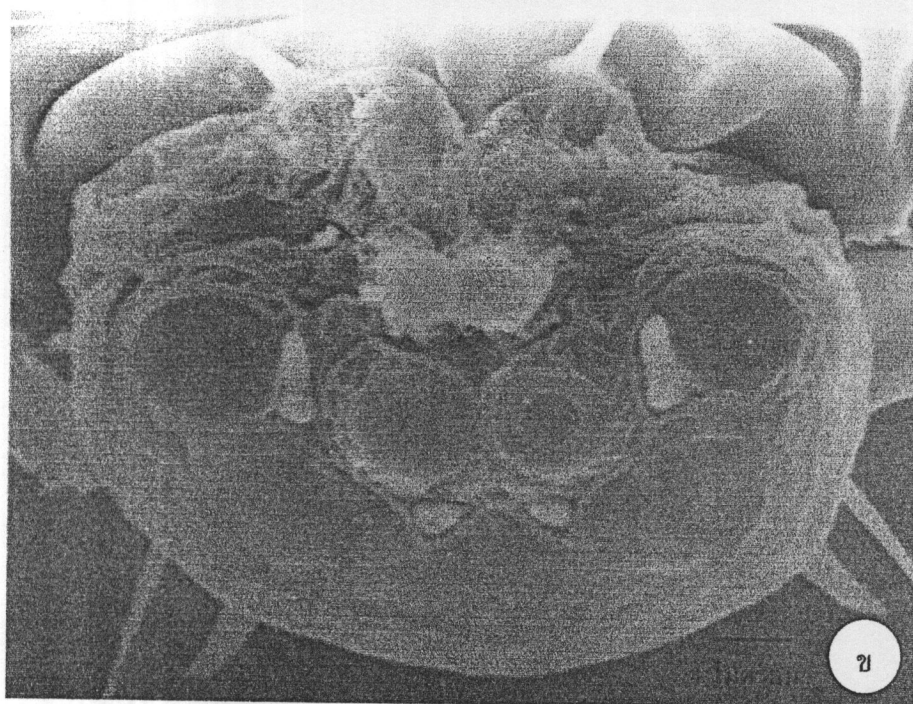
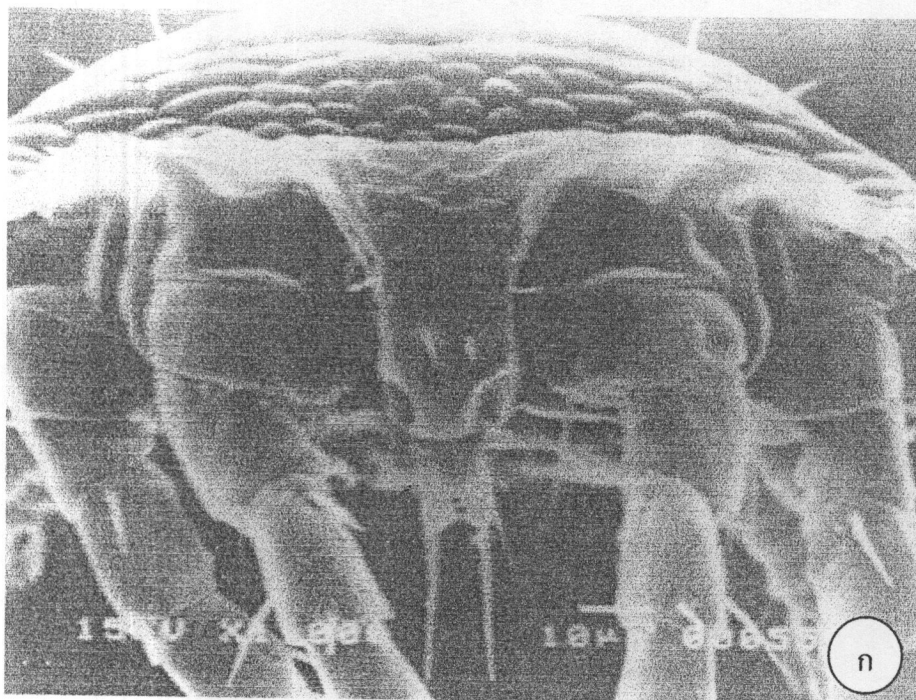
ภาพที่ 38 ผนังลำตัวของไร *Lardoglyphus konoi* ระยะเกาะอาศัย

ก) ผนังลำตัวด้านบนบริเวณ propodosoma และ

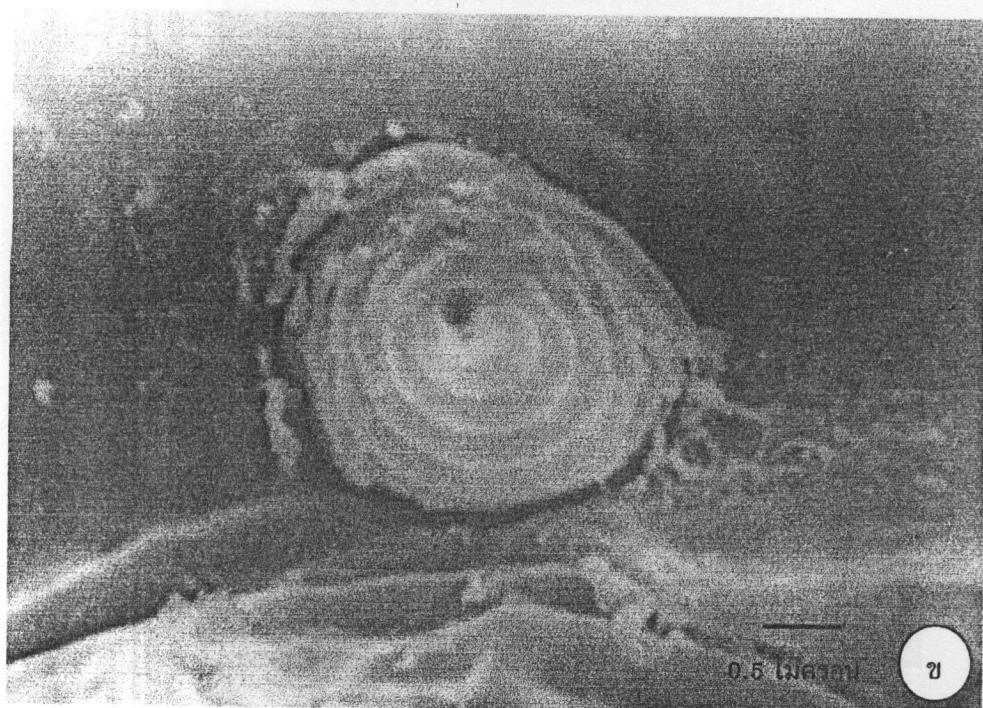
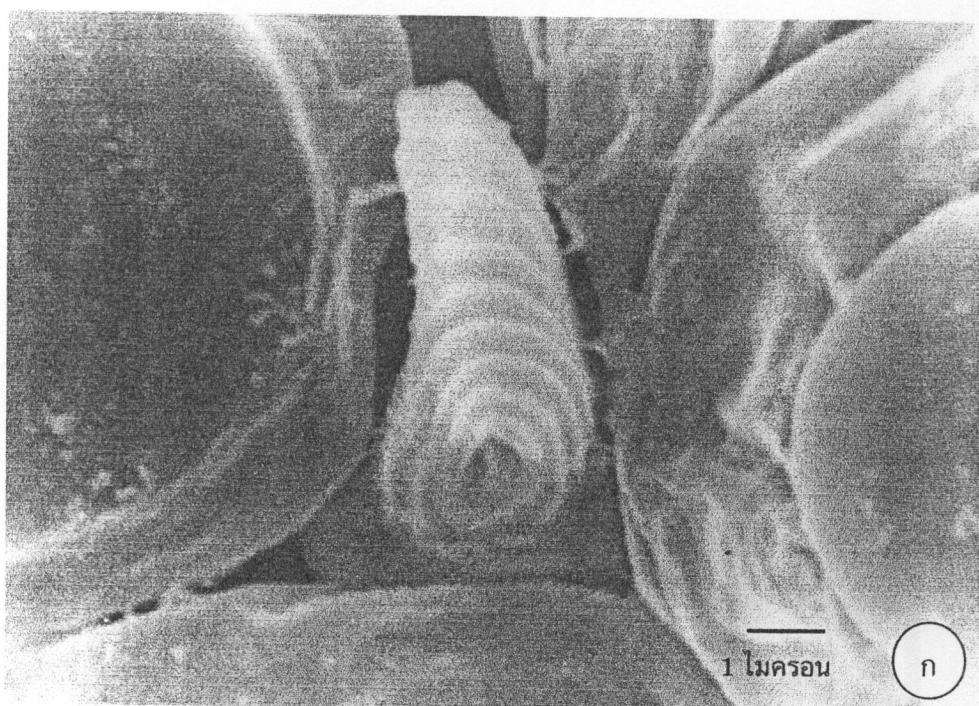
ข) ผนังลำตัวด้านบนบริเวณ hysterosoma



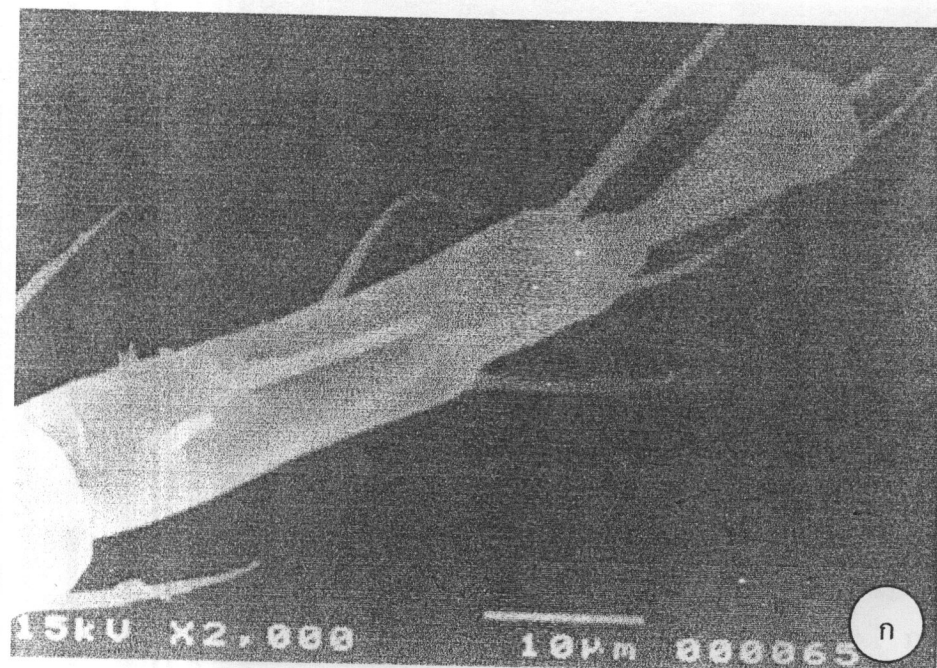
ภาพที่ 39 เส้นขนบนผนังลำตัวของไร *Lardoglyphus kono*i ระยะเกาะอาศัย
 ก) เส้นขนบนผนังลำตัวด้านบนบริเวณ propodosoma และ
 ข) เส้นขนบนผนังลำตัวด้านบนบริเวณ hysterosoma



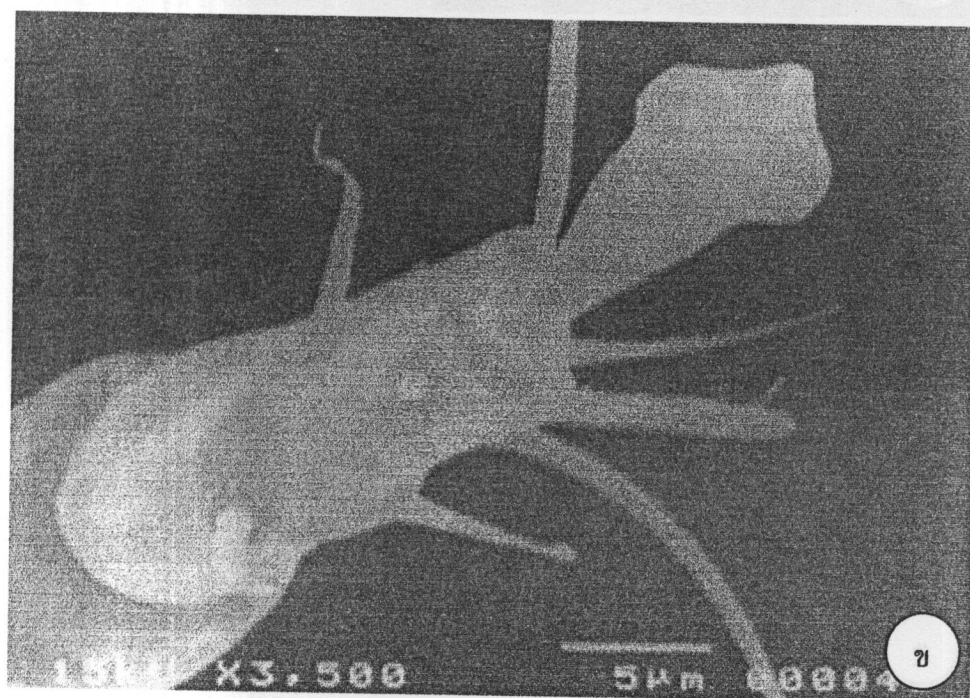
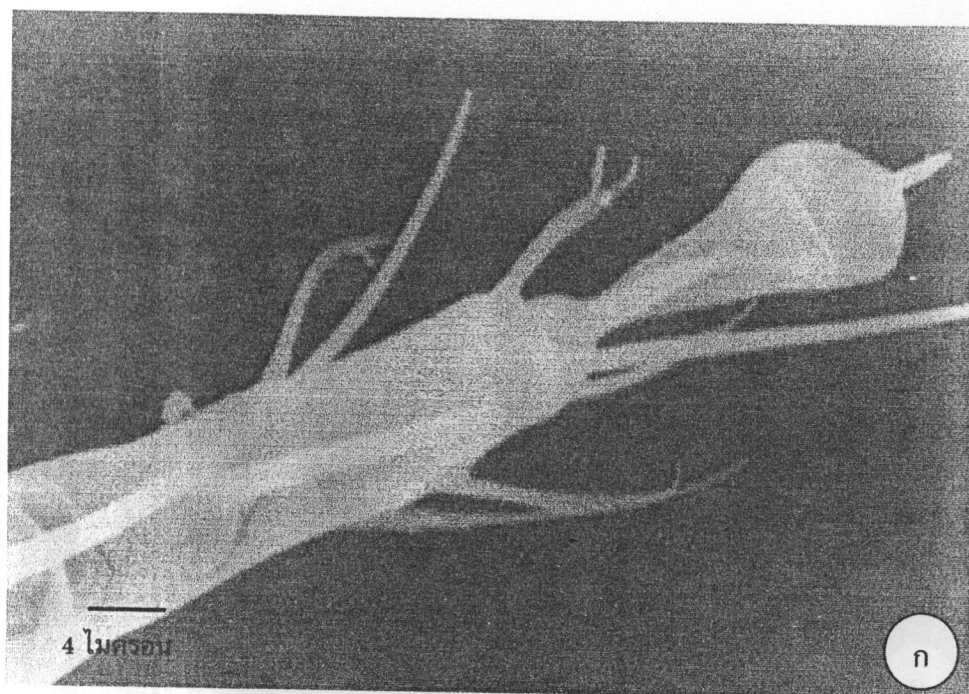
ภาพที่ 40 ส่วนปาก และ sucker plate ของไร *Lardoglyphus konoi* ระยะเกาะอาศัย
 ก) ส่วนปากดัดแปลงไปเป็นเส้นขน solenidia และ
 ข) เส้นขนบน sucker plate ดัดแปลงไป



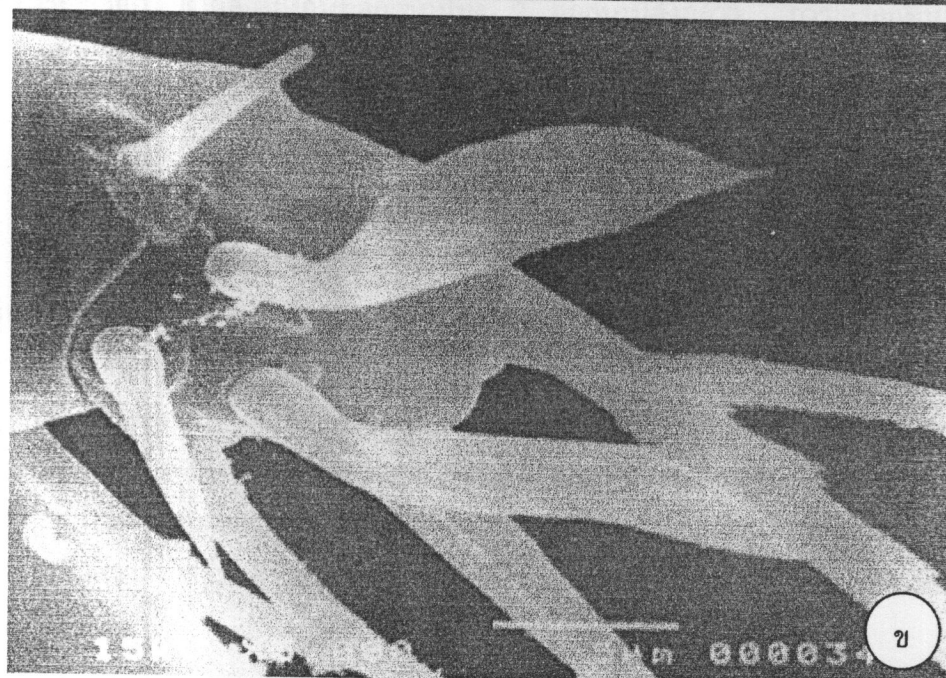
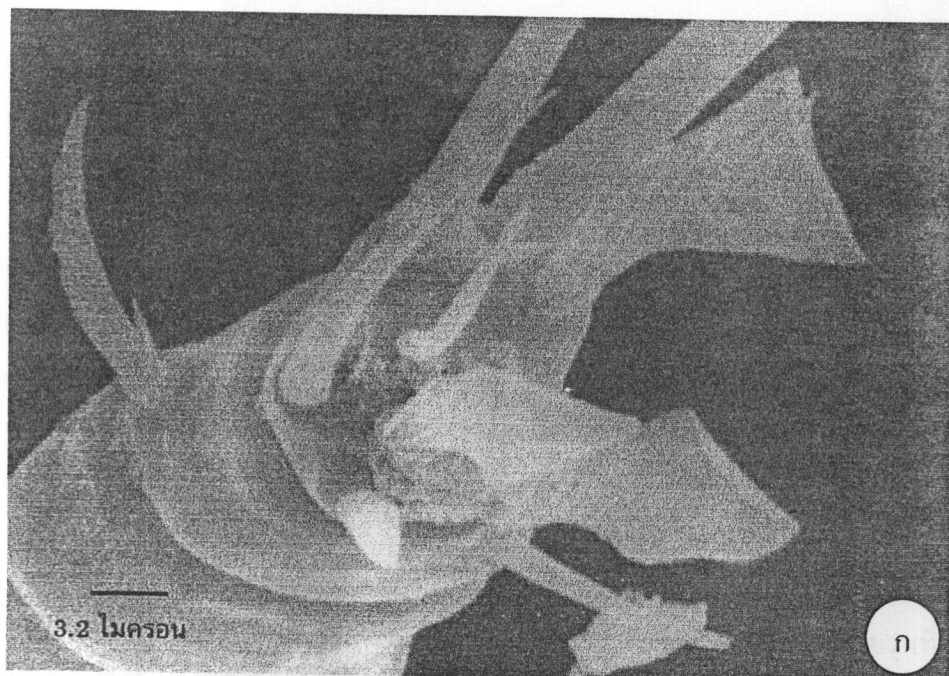
ภาพที่ 41 เส้นขนบน sucker plate ของไร *Lardoglyphus konoi* ระยะเกาะอาศัย
 ก) ภาพขยายเส้นขนที่ดัดแปลงไปคล้ายกันหอย และ
 ข) ภาพขยายเส้นขนที่ดัดแปลงไปคล้ายกันหอย



ภาพที่ 42 ปล้อง tarsus 1 ของไร *Lardoglyphus konoï* ระยะเกาะอาศัย
ก) ด้านบน และ ข) ด้านล่าง



ภาพที่ 43 ปล้อง tarsus 2 ของไร *Lardoglyphus konoï* ระยะเกาะอาศัย
ก) ด้านบน และ ข) ด้านล่าง



ภาพที่ 44 ปล้อง tarsus 4 ของไร *Lardoglyphus konoii* ระยะเกาะอาศัย
 ก) ด้านปลาย และ ข) ด้านล่าง

การศึกษาชีววิทยาของไร *Lardoglyphus konoi*

การศึกษาวงจรชีวิต

ผลการศึกษาวงจรชีวิตของไร *L. konoi* เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารซึ่งประกอบด้วยกุ้งแห้ง: ยีสต์: wheat germ ในอัตราส่วน 2: 1: 1 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 และ 24 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92% พบว่า ไรจะเจริญเติบโตได้จนครบวงจรชีวิต โดยผ่านระยะการเจริญเติบโต 5 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่ (egg) ระยะตัวอ่อน (larva) ระยะวัยรุ่นที่ 1 (protonymph) ระยะวัยรุ่นที่ 3 (tritonymph) และระยะตัวเต็มวัย (adult) ทั้งนี้ไรจะมีการพักตัวระยะสั้น ๆ ในแต่ละช่วง ก่อนที่จะพัฒนาเข้าสู่ระยะถัดไป ในช่วงเวลาพักตัวนี้ ไรจะไม่กินอาหารหยุดนิ่งอยู่กับที่ และมีการสร้างผนังลำตัวใหม่ขึ้นภายใต้ผนังลำตัวเดิม (Krantz, 1978)

จากการเปรียบเทียบวงจรชีวิตของไร พบว่าที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ไรทุกระยะจะใช้เวลาในการพัฒนาเร็วกว่าไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ยกเว้นระยะวัยรุ่นที่ 3 ซึ่งใช้เวลาในการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันที่อุณหภูมิทั้ง 2 อุณหภูมิดังกล่าว การเจริญเติบโตของไรระยะต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้ (ตารางที่ 2)

ระยะไข่ (egg)

ไร *L. konoi* วางไข่เป็นใบเดี่ยว ๆ หรือเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ประมาณ 3-4 ใบ ไข่ของไรจะวางอยู่บนอาหาร หรือติดอยู่ตามซอกกรงเลี้ยงไร ไข่มีลักษณะเป็นวงรี สีขาวขุ่น มีขนาดประมาณ 138×174 ไมครอน เมื่อใกล้เวลาฟักไข่จะเปลี่ยนเป็นสีขาวใส บางครั้งสามารถมองเห็นตัวอ่อนภายใต้เปลือกไข่ได้ชัดเจน ไข่ใช้เวลาพัฒนาภายใต้เปลือกไข่ 2.67 และ 1.62 วันโดยเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อัตราการฟักไข่ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสจะต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสเล็กน้อย โดยไข่ที่บ่มในกรงเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสจะมีอัตราการอยู่รอด 93% ในขณะที่ไข่ซึ่งบ่มที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส มีอัตราการอยู่รอดสูงถึง 98%

ระยะตัวอ่อน (larva)

ตัวอ่อนของไร *L. konoi* จะออกจากไข่โดยเอาส่วนหัวออกมาก่อน ตัวอ่อนของไรมีขนาดประมาณ 131×218 ไมครอน มีขา 3 คู่ ผนังลำตัวใส ไม่มีสี และไม่ค่อยมีการเคลื่อนไหวมากนัก หลังจากไรเริ่มกินอาหารแล้วลำตัวจะเริ่มมีสีขาวขุ่นเล็กน้อย ตัวอ่อนของไรใช้เวลาในการเจริญ

เติบโตโดยเฉลี่ย 2.37 และ 1.83 วัน ที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียสตามลำดับ ก่อนที่จะเข้าสู่ระยะพักตัว (protophrysalis) โดยหยุดนิ่งอยู่กับที่ ไม่กินอาหาร และเหยียดขาทั้ง 3 คู่ออกไป ระยะนี้ผนังลำตัวของไรจะเริ่มขุ่นมากขึ้น จากนั้นจะค่อย ๆ ใสขึ้นเมื่อใกล้เวลาลอกคราบเข้าสู่ระยะวัยรุ่นที่ 1 ตัวอ่อนของไรจะใช้เวลาพักตัวประมาณ 0.65 และ 0.33 วันโดยเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะลอกคราบเป็นไรระยะวัยรุ่นที่ 1 ต่อไป

เป็นที่น่าสนใจว่า ตัวอ่อนของไร *L. konoi* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส มีความอ่อนแอมาก โดยมีอัตราการตายสูงถึง 32.84% ส่วนตัวอ่อนซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส มีอัตราการตายเพียง 1.64% เท่านั้น อย่างไรก็ตาม เมื่อไรเข้าสู่ระยะพักตัวแล้วพบว่า ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสนั้น ประมาณ 8% ของไรระยะพักตัวไม่สามารถที่จะลอกคราบเข้าสู่ระยะถัดไปได้ ในขณะที่อัตราการตายของระยะพักตัวที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส มีเพียง 2% เท่านั้น

ระยะวัยรุ่นที่ 1 (protonymph)

ไรวัยรุ่นที่ 1 ออกจากคราบโดยโผล่ส่วนหัวออกมาก่อน จากนั้นจึงใช้ขาคุหน้าพยายามดันตัวออกจากคราบ โดยคราบเก่าจะแตกออกตามรอยแบ่งระหว่าง propodosoma และ hysterosoma ไรระยะวัยรุ่นที่ 1 มีขนาดประมาณ 196 x 291 ไมครอน และมีขาคู่ที่ 4 เพิ่มขึ้นเมื่อออกจากคราบใหม่ ๆ ไรจะยังไม่กินอาหารจึงมีผนังลำตัวใส หลังจากไรเริ่มกินอาหารไประยะหนึ่ง ภายในลำตัวของไรจะมีสีขุ่นขึ้น ไรวัยรุ่นที่ 1 ใช้เวลาในการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับระยะตัวอ่อน โดยที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสจะใช้เวลาโดยเฉลี่ย 2.26 วัน ส่วนที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาเพียง 1.08 วันโดยเฉลี่ย ไรวัยรุ่นที่ 1 มีอัตราการอยู่รอด 85% เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ในขณะที่ไรระยะเดียวกันซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส มีอัตราการอยู่รอดถึง 100%

เมื่อไรวัยรุ่นที่ 1 กินอาหารเต็มที่แล้ว ไรจะเริ่มเข้าสู่ระยะพักตัวอีกครั้งหนึ่ง เพื่อเตรียมตัวเข้าสู่ระยะวัยรุ่นที่ 3 หรือ tritonymph ดังนั้นจึงเรียกระยะพักตัวนี้ว่า tritochrysalis ไรในระยะนี้จะอยู่นิ่ง ๆ ไม่กินอาหารเช่นเดียวกับระยะพักตัวครั้งแรก และใช้เวลาในการเจริญเติบโต 0.52 และ 0.28 วันโดยเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ที่ระยะพักตัวนี้พบว่าไรมีอัตราการอยู่รอดสูงถึง 100% เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ไรมีอัตราการอยู่รอดลดลงเหลือเพียง 92.73%

ระยะวัยรุ่นที่ 3 (tritonymph)

ไรในระยะนี้มีขนาดลำตัวประมาณ 250×380 ไมครอน เป็นระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโต ก่อนที่จะมีการพักตัวอีกครั้งเพื่อลอกคราบเป็นตัวเต็มวัยต่อไป เมื่อไรวัยรุ่นที่ 3 ลอกออกมาจากคราบเก่าแล้ว จะยังไม่มี การเคลื่อนไหวมากนัก หลังจากนั้นก็เริ่มเดินหาอาหาร และเมื่อได้กินอาหารเต็มที่แล้วก็จะเข้าสู่ระยะพักตัวครั้งสุดท้าย ไรวัยรุ่นที่ 3 ใช้เวลาในการเจริญเติบโตโดยเฉลี่ยประมาณ 1.55 วัน เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส (1.77 วันโดยเฉลี่ย) ไรวัยรุ่นที่ 3 นี้ มีอัตราการอยู่รอด 100% เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ไรมีอัตราการอยู่รอด 94.59% หลังจากนั้นไรวัยรุ่นที่ 3 จะเริ่มอยู่นิ่ง ๆ ไม่กินอาหาร มีการเคลื่อนไหวน้อย เพื่อเตรียมตัวเข้าสู่ระยะพักตัวครั้งสุดท้าย เช่นเดียวกับระยะพักตัวอื่น ๆ ระยะพักตัวนี้เรียกว่า teliochrysalis ซึ่งใช้เวลาโดยเฉลี่ยประมาณ 0.51 วัน ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส และ 0.33 วัน ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ไรระยะพักตัวมีอัตราการอยู่รอด 100% ทั้งสองอุณหภูมิที่ทำการศึกษา

ไรในระยะวัยรุ่นที่ 3 หรือระยะพักตัวสุดท้ายนี้ ยังไม่สามารถระบุเพศได้ เนื่องจากยังไม่มียาวะสืบพันธุ์ และลักษณะที่บ่งบอกให้เห็นถึงความแตกต่างทางเพศได้ชัดเจน แต่สามารถสังเกตได้จากขนาดของลำตัว ซึ่งไรเพศเมียมักจะมีขนาดใหญ่กว่าไรเพศผู้ อย่างไรก็ตามการใช้ขนาดของไรเพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถระบุเพศของไรได้แน่นอนเสมอไป

ระยะตัวเต็มวัย (adult)

ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียของไร *L. konoi* มีลักษณะรูปร่างแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ไรเพศเมียมีขนาดลำตัวประมาณ 358×592 ไมครอน ที่ปลายขาทั้ง 4 คู่ มีเล็บ (claw) แยกออกเป็น 2 แฉก เรียกว่า bifid (Hughes, 1976) และบริเวณช่วงกลางของปลายส่วนท้องจะมีลักษณะโค้งเว้าเข้าหาลำตัวเล็กน้อย ส่วนไรเพศผู้จะมีขนาดเล็กกว่าไรเพศเมีย โดยมีขนาดลำตัวประมาณ 293×458 ไมครอน ขาคู่ที่ 1, 2 และ 4 มีลักษณะเหมือนกันทั้งสามคู่ คือที่ปลายขามีเล็บเพียงซี่เดียว บริเวณส่วนปลายของขาคู่ที่ 3 จะแตกต่างจากขาคู่อื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด คือ มีลักษณะเป็นง่าม (Hughes, 1976) จากการสังเกตพบว่าไรเพศผู้จะใช้ขาคู่ที่ 3 จับไรเพศเมียขณะที่กำลังผสมพันธุ์ โดยที่ไรเพศเมียจะอยู่ทางด้านล่างส่วนไรเพศผู้อยู่ด้านบน และหันบริเวณก้นมาชนกัน นอกจากนั้นยังใช้แผ่นเกาะยึด (sucker) จำนวน 2 แผ่น บน tarsus ของขาคู่ที่ 4 ช่วยในการเกาะยึดไรเพศเมียอีกด้วย

ไข่ของไร *L. konoi* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส มีอัตราการฟัก 98.5 และ 93.8% ตามลำดับ ซึ่งตรงข้ามกับรายงานของ Eraky (1995) ที่กล่าวว่าอัตราการฟักไข่ของไร *Tyrophagus putrescentiae* ซึ่งเป็นไรศัตรูในโรงเก็บและอยู่ในอันดับย่อย Acaridida เช่นเดียวกับไร *L. konoi* จะสูงขึ้นเมื่อบ่มที่อุณหภูมิสูงขึ้น โดยเขาพบว่าไข่ซึ่งบ่มที่อุณหภูมิ 16, 18, 20, 22, 24 และ 26 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการฟักไข่ 76.0%, 90.0%, 95.0%, 96.0%, 96.8% และ 97.4% ตามลำดับ นอกจากนั้น Kevan และ Sharma (1963) ยังได้รายงานหาว่าไข่ไร *T. putrescentiae* ซึ่งบ่มที่อุณหภูมิ 0, 2, 6, 8, 11, 17, 21 และ 26 องศาเซลเซียส มีอัตราการฟักไข่ 0%, 0%, 0%, 11.2%, 39.4%, 77.8%, 90.2% และ 93.7% อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาอัตราการฟักไข่ของไร *L. konoi* ที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส ยังคงอยู่ในระดับที่สูงกว่า 90% เช่นเดียวกับอัตราการฟักไข่ของไร *T. putrescentiae* ที่อุณหภูมิ 21, 24 และ 26 องศาเซลเซียส

ไร *L. konoi* ใช้เวลาพัฒนาจากระยะไข่จนเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 9-11 วัน และ 7 วัน ที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Hughes (1976) ที่กล่าวว่าไร *L. konoi* ซึ่งเลี้ยงด้วยกล้ามเนื้อหัวใจตากแห้ง ใช้เวลาในการเจริญเติบโต 9-11 วัน ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87% Matsumoto และคณะ (1992) กล่าวว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้น จะทำให้ไร *L. konoi* เจริญเติบโตได้เร็วขึ้น ผลการศึกษาวงจรชีวิตของไร *L. konoi* ครั้งนี้พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิของการเลี้ยงให้สูงขึ้น ทำให้ไรเจริญเติบโตได้รวดเร็วขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Matsumoto และคณะ (1992) ที่ใช้ยีสต์ผงผสมปลาป่นในอัตราส่วน 1: 1 โดยนำหนักเลี้ยงไร *L. konoi* และรายงานหาว่าไรชนิดนี้ใช้เวลาในการพัฒนาจนครบวงจรชีวิตประมาณ 11.4-11.5 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 76% และ 6.1-6.5 วันอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 96% อย่างไรก็ตาม Chmielewski (1971) พบว่าไร *L. konoi* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85% จะใช้เวลาในการเจริญเติบโตค่อนข้างยาวกว่า (15-18 วัน และ 13-16 วัน ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในครั้งนี้

Eraky (1995) พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น จะทำให้ไร *T. putrescentiae* เจริญเติบโตได้เร็วขึ้นเช่นเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้ โดยพบว่าการใช้ซากของเพลี้ยอ่อนเลี้ยงไร *T. putrescentiae* ที่อุณหภูมิ 20, 22 และ 26 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90% ไรจะใช้เวลาในการเจริญเติบโตประมาณ 13-22, 11-19 และ 9-16 วัน ตามลำดับ นอกจากนั้น Kevan และ Sharma (1963) ยังพบว่าไร *T. putrescentiae* จะเติบโตจนครบวงจรชีวิตภายในเวลา 44-58, 16-24, 10-17 และ 6-12 วัน ที่อุณหภูมิ 11, 17, 21 และ 26 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้

ไรเพศผู้ใช้เวลาในการเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตน้อยกว่าไรเพศเมีย โดยที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ไรเพศผู้ใช้เวลา 9.51 วันโดยเฉลี่ย ในขณะที่ไรเพศเมียใช้เวลานานถึง 11.31 วัน ส่วนการเลี้ยงไรที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ไรเพศผู้และเพศเมียจะใช้เวลาในการเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตเพียง 7.15 และ 7.38 วัน ตามลำดับ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Matsumoto และคณะ (1992) ซึ่งพบว่าไรเพศผู้ใช้เวลาในการพัฒนาใกล้เคียงกับไรเพศเมีย

ไร *L. konoi* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส มีอัตราการอยู่รอดเพียง 51% ส่วนไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส มีอัตราการอยู่รอดสูง 78% Chmielewski (1971) รายงานว่าไร *L. konoi* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85% มีอัตราการอยู่รอด 59, 61 และ 46% ตามลำดับ ซึ่งค่อนข้างเป็นไปได้ในทิศทางเดียวกัน แต่การเพิ่มอุณหภูมิการเลี้ยงให้สูงขึ้นถึง 30 องศาเซลเซียสจะทำให้อัตราการอยู่รอดลดลงด้วย ดังนั้นอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสควรเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไรชนิดนี้ อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่นซึ่งอาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของไรด้วย เช่น ความชื้น และชนิดของอาหาร เป็นต้น

การศึกษาวงจรชีวิตของไร *L. konoi* ในกรงเลี้ยงไรซึ่งแยกเลี้ยงเดี่ยว ๆ ไม่พบว่าไรสร้างระยะเกาะอาศัย หรือระยะวัยรุ่นที่ 2 แต่จากการสังเกตไรในขวดเลี้ยงเพิ่มปริมาณที่เก็บไว้ประมาณ 2 สัปดาห์หรือมากกว่า มักพบไรระยะเกาะอาศัยติดอยู่ตามลำตัวของไรตัวเต็มวัย และเดินอยู่ทั่วไปภายในขวดเพาะเลี้ยง เนื่องจากอาหารภายในขวดลดน้อยลงและประชากรของไรหนาแน่นขึ้น อีกทั้งภายในขวดเพาะเลี้ยงยังมีสิ่งสกปรกที่ไรขับถ่ายออกมาปะปนอยู่มาก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wallace (1960) และ Hughes (1964) ที่กล่าวว่า ไรในอันดับย่อย Acaridae เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต จะพัฒนาจากระยะวัยรุ่นที่ 1 เข้าสู่วัยรุ่นที่ 3 โดยตรง แต่เมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโต เช่น อาหารไม่เพียงพอ อุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารเปลี่ยนแปลงไป ประชากรหนาแน่นเกินไป หรือมีของเสียที่ขับออกมาปะปนกับอาหารมาก ไรวัยรุ่นที่ 1 จะสร้างระยะเกาะอาศัยซึ่งเรียกว่า hypopus เพื่อเคลื่อนย้ายที่อยู่ โดยเกาะติดไปกับสัตว์อาศัย เช่น ตัวหนังสือ ระยะเกาะอาศัยนี้ก็คือไรวัยรุ่นระยะที่ 2 หรือ deutonymph นั่นเอง ต่อมาเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอีกครั้งหนึ่ง ไรระยะเกาะอาศัยหรือ deutonymph ก็จะลอกคราบเข้าสู่ระยะวัยรุ่นที่ 3 และเจริญเติบโตต่อไปจนเป็นตัวเต็มวัย (Chmielewski, 1977)

Chmielewski (1971) ศึกษาวงจรชีวิตของไร *L. konoi* ที่อุณหภูมิต่าง ๆ และรายงานว่าวงจรชีวิตของไรชนิดนี้ประกอบด้วยระยะไข่ ตัวอ่อน วัยรุ่นที่ 1 วัยรุ่นที่ 2 และระยะตัวเต็มวัย ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาค้างนี้ อย่างไรก็ตาม เมื่อตรวจดูภาพถ่ายของไรวัยรุ่นที่ 2 ซึ่ง

รายงานโดย Chmielewski (1971) ทำให้เชื่อว่าไรวัยรุ่นที่ 2 ในรายงานนั้นก็คือไรวัยรุ่นที่ 3 นั่นเอง เนื่องจากไรวัยรุ่นที่ 2 ของอันดับย่อย Acaridida จะอยู่ในรูปของไรเกาะอาศัยหรือที่เรียกว่า hypopus เท่านั้น (Wallace 1960; Hughes 1964)

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของไร *Lardoglyphus konoi* ที่อุณหภูมิ 24±2 และ 28±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%

ระยะการเจริญเติบโต	24±2 องศาเซลเซียส				28±2 องศาเซลเซียส			
	ค่าเฉลี่ย±S.D. (วัน)	พัลส์ (วัน)	อัตราการตาย (%)	อัตราการตาย	ค่าเฉลี่ย±S.D. (วัน)	พัลส์ (วัน)	อัตราการตาย (%)	อัตราการตาย
ระยะไข่	2.67±0.30 a ^{1/}	2.25 - 3.75	1.47		1.62±0.20 b	1.5 - 2.25	6.15	
จำนวน	67				61			
ระยะตัวอ่อน	2.37±1.24 a	0.75 - 8.25	32.84		1.83±0.40 b	1 - 3	1.64	
จำนวน	45				60			
ระยะฟักตัวครั้งที่ 1	0.65±0.26 a	0.25 - 1.5	2.22		0.33±0.12 b	0.25 - 0.5	8.33	
จำนวน	44				55			
ระยะวัยรุ่นที่ 1	2.26±2.37 a	0.5 - 9	15.91		1.08±0.27 b	0.5 - 1.75	0	
จำนวน	37				55			
ระยะฟักตัวครั้งที่ 2	0.52±0.15 a	0.25 - 1	0		0.28±0.09 b	0.25 - 0.5	7.27	
จำนวน	37				51			
ระยะวัยรุ่นที่ 3	1.55±1.77 a	0.5 - 10.5	5.41		1.77±0.46 a	0.75 - 2.5	0	
จำนวน	35				51			
ระยะฟักตัวครั้งสุดท้าย	0.51±0.06 a	0.5 - 0.75	0		0.33±0.12 b	0.25 - 0.5	0	
จำนวน	35				51			
วงจรชีวิตของไรเพศเมีย	11.31±4.70 a	6.75 - 21	-		7.38±0.64 b	5.75 - 8.75	-	
จำนวน	18				26			
วงจรชีวิตของไรเพศผู้	9.51±2.47 a	6.25 - 14	-		7.15±0.82 b	5.5 - 9	-	
จำนวน	17				25			

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ โดยใช้ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การศึกษาอายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์

การศึกษาอายุขัยของไร *L. konoi* พบว่าไรเพศผู้มีอายุขัยสั้นกว่าไรเพศเมียทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับการผสมพันธุ์ ทั้งนี้ไรเพศผู้ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสจะมีอายุขัยเฉลี่ย (20.43 วัน) ยาวกว่าอายุขัยของไรเพศเดียวกันที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส (16.74 วัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3)

Chmielewski (1971) รายงานว่า ไร *L. konoi* เพศผู้เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85% จะมีอายุขัยเฉลี่ย 25, 18 และ 16 วัน ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาค้างนี้ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบอายุขัยของไรเพศผู้กับไรเพศเมียซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่า ไรเพศเมียมีอายุขัยเฉลี่ยสั้นกว่าเพศผู้ โดยมีอายุขัยเพียง 18, 15 และ 13 วัน ที่อุณหภูมิ 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากการทดลองในครั้งนี

ไร *L. konoi* เพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ จะมีอายุขัยยืนยาวกว่าไรที่ได้รับการผสมพันธุ์ทั้ง 2 อุณหภูมิที่ทำการศึกษ (ตารางที่ 3) โดยที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ไรที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์จะมีอายุขัยเฉลี่ย 37.93 วัน ส่วนไรที่ได้รับการผสมพันธุ์จะมีอายุขัยเฉลี่ยเพียง 26.74 วันเท่านั้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอายุขัยของไรเพศเมียจะลดน้อยลงด้วย โดยที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ไรที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์จะมีอายุขัยเฉลี่ย 27.67 วัน ในขณะที่ไรซึ่งได้รับการผสมพันธุ์จะมีอายุขัยเฉลี่ยเพียง 19.29 วัน

Okabe (1993 b) เลี้ยงไร *Histiogaster* sp. ด้วยเชื้อรา 3 ชนิด คือ *Hypocrea nigricans*, *Flummulina velutipes* (Curt.) และ *Lintinus edodes* (Berk) ที่อุณหภูมิ 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่า ไรเพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์จะมีอายุขัยเฉลี่ยนานกว่าไรเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์ เช่น ไรเพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ เมื่อเลี้ยงด้วย *H. nigricans* ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะมีอายุขัยเฉลี่ย 17 วัน ขณะที่ไรเพศเมียซึ่งได้รับการผสมพันธุ์แล้วจะมีอายุขัยเพียง 6.9 วัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาค้างนี้ นอกจากนั้น Okabe (1993 b) ยังรายงานว่า การเพิ่มอุณหภูมิของการเลี้ยงให้สูงขึ้น จะทำให้อายุขัยของไรสั้นลง ไม่ว่าจะเป็นเลี้ยงด้วยอาหารชนิดใดก็ตาม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในครั้งนีที่พบว่า ไรจะมีอายุขัยสั้นลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในทำนองเดียวกัน Eraky (1995) พบว่าไร *T. putrescentiae* เพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์ เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90% จะมีอายุขัยเฉลี่ยถึง 50.17 วัน

การศึกษาอัตราการขยายพันธุ์ของไร *L. konoi* เพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ พบว่าไรบริสุทธิ์ไม่สามารถที่จะวางไข่ได้ ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Okabe (1993 b) ที่พบว่า *Histiogaster* sp. เพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์จะไม่มี การวางไข่ และสอดคล้องกับรายงานของ Hughes (1976) ที่กล่าวว่าไร *L. konoi* ไม่สามารถขยายพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ (parthenogenesis)

ไร *L. konoi* เพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้ว เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 1.61 และ 1.04 วันก่อนที่จะเริ่มวางไข่ใบแรก (ตารางที่ 3) อย่างไรก็ตาม ไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิทั้ง 2 ระดับจะใช้เวลาประมาณ 93-94% ของช่วงอายุขัยในการวางไข่ โดยไรที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส มีเวลาวางไข่ 24.96 วันโดยเฉลี่ย ส่วนที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ไรเพศเมียใช้เวลาวางไข่โดยเฉลี่ย 18.21 วัน ส่วนช่วงเวลาหลังการวางไข่สำหรับไรเพศเมียทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.04-0.17 วัน

ปริมาณการวางไข่ของไร *L. konoi* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92% (เฉลี่ย 176.22 ฟอง/ตัว) ต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส (เฉลี่ย 283.54 ฟอง/ตัว) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไรเพศเมียที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส วางไข่เฉลี่ย 7.08 และ 15.59 ฟอง/ตัว/วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ผลการศึกษานี้ใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Chmielewski (1971) ซึ่งพบว่าไร *L. konoi* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85% มีอัตราการวางไข่โดยเฉลี่ย 155 ฟอง อย่างไรก็ตาม Chmielewski (1971) ยังพบว่าเมื่อทำการเลี้ยงไรชนิดเดียวกันนี้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะทำให้ปริมาณไข่ลดลงเหลือเพียง 97 ฟอง/ตัว ซึ่งตรงกันข้ามและต่ำกว่าผลการศึกษาในครั้งนี้นอกจากนั้นผลการทดลองครั้งนี้ยังแตกต่างจากรายงานของ Matsumoto และคณะ (1992) ซึ่งพบว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 94% ไร *L. konoi* จะมีอัตราในการวางไข่เฉลี่ยสูงถึง 334.3 ฟอง/ตัว

อัตราการวางไข่ขึ้นอยู่กับอายุขัยและช่วงเวลาวางไข่ของไร Okabe (1993 b) รายงานว่าไร *Histiogaster* sp ที่เลี้ยงด้วยเชื้อรา *H. nigricans* ที่อุณหภูมิ 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส มีอายุขัยเฉลี่ย 30.6, 17.6 และ 6.9 วัน ตามลำดับ ไรวางไข่ได้เฉลี่ย 345.5, 302.7 และ 150.0 ฟอง/ตัว ที่อุณหภูมิดังกล่าวข้างต้น ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นชัดเจนว่า ปริมาณการวางไข่มีความสัมพันธ์กับอายุขัย นอกจากนั้น Eraky (1995) ยังพบว่า ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90% ไร *T. putrescentiae* มีอายุขัยเฉลี่ย 50.17 วัน โดยมีช่วงเวลาวางไข่นานถึง 45.08 วัน และสามารถวางไข่ได้ถึง 446.50 ฟองตลอดชั่วอายุขัย (เฉลี่ย 9.90 ฟอง/วัน)

อย่างไรก็ดี ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า แม้ไร *L. konoii* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส จะมีอายุขัยและช่วงเวลาวางไข่ที่สั้นกว่าไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เนื่องจากอัตราการวางไข่/ตัว/วัน ของไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส (15.59 ฟอง/ตัว/วัน) สูงกว่าไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส (7.08 ฟอง/ตัว/วัน) ถึง 2 เท่า จึงทำให้ไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส วางไข่ได้ (283.54 ฟอง/ตัว) มากกว่าไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส (176.22 ฟอง/ตัว) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย

Okabe (1993 b) พบว่า การเปลี่ยนอาหารเลี้ยงไร *Histiogaster* sp จากเชื้อรา *Hypocrea nigricans* เป็น *Lintinus edodes* จะทำให้ไรวางไข่ได้เพียง 13.8, 2.5 และ 12.3 ฟอง/ตัว ที่อุณหภูมิ 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ดังนั้นจึงสามารถสรุปในเบื้องต้นได้ว่า นอกจากอุณหภูมิจะมีผลต่ออายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์ของไรแล้ว ชนิดของอาหารก็ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่ออายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์ของไรอีกด้วย

ไร *L. konoii* มีอัตราส่วนเพศผู้: เพศเมีย เท่ากับ 1: 1.16 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Eraky (1995) ที่พบว่าอัตราส่วนเพศผู้: เพศเมีย ของไร *T. putrescentiae* เท่ากับ 1: 1.14 และ Woodring (1969) ซึ่งรายงานว่าอัตราส่วนเพศผู้: เพศเมีย ของไร *Caloglyphus anomalus* Nesbitt เท่ากับ 1: 1 นอกจากนั้น เมื่อปี ค.ศ. 1979 Boczek และ Griffiths ก็ได้รายงานว่าอัตราส่วนเพศผู้: เพศเมีย ของไร *A. siro* และ *L. konoii* มีค่าใกล้เคียงกับ 1: 1 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้

ตารางที่ 3 อายุขัยเฉลี่ย และอัตราการขยายพันธุ์ ของไร *Lardoglyphus konoi* ที่อุณหภูมิ 24±2 และ 28±2 องศาเซลเซียส
 ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%

24±2 องศาเซลเซียส				28±2 องศาเซลเซียส		
จำนวน	ค่าเฉลี่ย±S.D.	พิสัย	จำนวน	ค่าเฉลี่ย±S.D.	พิสัย	
อายุขัยของเพศผู้	14	20.43±2.50 a ^{1/2}	18 - 26	27	16.74±4.93 b	8 - 32
อายุขัยของเพศเมีย						
(ไม่ได้รับการผสมพันธุ์)	15	37.93±11.37 a	18 - 55	18	27.67±7.14 b	6 - 34
อายุขัยของเพศเมีย						
(ได้รับการผสมพันธุ์)	23	26.74±1.25 a	25 - 29	24	19.29±1.23 b	17 - 21
ช่วงเวลาก่อนวางไข่	23	1.61±0.50 a	1 - 2	24	1.04±0.20 b	1 - 2
ช่วงเวลาวางไข่	23	24.96±1.55 a	22 - 28	24	18.21±8.72 b	16 - 20
ช่วงเวลาหลังวางไข่	23	0.17±0.39 a	0 - 1	24	0.04±0.20 a	0 - 1
จำนวนไข่/ตัวเมีย	23	176.22±15.84 a	147 - 200	24	283.54±24.87 b	254 - 353
จำนวนไข่/ตัวเมีย/วัน	23	7.08±0.65 a	0 - 16	24	15.59±1.04 b	0 - 31
อัตราส่วนทางเพศ						
(เพศผู้: เพศเมีย)	ไม่ได้ศึกษา			7	1: 1.16	
^{1/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ โดยใช้ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%						

การศึกษาตารางชีวิต

ผลการศึกษารางชีวิตของไร *L. konoi* ที่อุณหภูมิ 24 ± 2 และ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92% พบว่า ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ไรเพศเมียมีอัตราการตายในระหว่างการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส โดยไรเพศเมียมีอัตราการอยู่รอด (L) เพียง 52.94 และ 78.79% ที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อัตราการตายของไร *L. konoi* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส จะพบมากที่สุดในระยะตัวอ่อน (32.84%) รองลงมาคือระยะวัยรุ่นที่ 1 (15.91%) และวัยรุ่นที่ 3 (5.41%) ส่วนไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสนั้น จะพบอัตราการตายสูงสุดในระยะพักตัวที่ 1 (8.33%) รองลงมาคือระยะพักตัวที่ 3 และระยะไข่ ซึ่งมีอัตราการตาย 7.27 และ 6.15% ตามลำดับ (ตารางที่ 4 , 5 และ ภาพที่ 45)

ไร *L. konoi* จะเริ่มวางไข่หลังเป็นตัวเต็มวัยแล้ว 2 วัน โดยไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส จะวางไข่ใบแรกในวันที่ 14 หรือเมื่อเป็นตัวเต็มวัยได้ 3 วัน (ตารางที่ 6) อัตราการวางไข่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเวลาผ่านไป และถึงจุดสูงสุดเมื่อไรเพศเมียมีอายุ 8 วัน ในช่วงนี้ ไรยังไม่มีการตาย หลังจากนั้นอัตราการวางไข่จะลดลงเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่ในช่วงระยะหนึ่ง แต่ไรยังคงไม่มีการตายเกิดขึ้น จนกระทั่งตัวเมียมีอายุชั้ยได้ 27 วันจึงเริ่มมีไรตาย ในช่วงเดียวกันนี้เองปริมาณไข่ที่วางในแต่ละวันจะเริ่มลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งหยุดไข่เมื่อไรมีอายุเฉลี่ยได้ 30 วัน (ภาพที่ 46)

ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ไรเพศเมียจะเริ่มวางไข่เมื่อเป็นตัวเต็มวัยแล้ว 2 วันเช่นกัน อัตราการวางไข่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส และถึงจุดสูงสุดในวันที่ 10 หลังจากเป็นตัวเต็มวัย โดยมีปริมาณไข่เพศเมียถึง 12.06 ฟอง/ตัว/วัน ในขณะที่ปริมาณไข่สูงสุดที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส มีเพียง 5.52 ฟอง/ตัว/วัน หลังจากนั้นอัตราการผลิตไข่จะลดลงอย่างรวดเร็ว ไรจะเริ่มตายเมื่อมีอายุเฉลี่ย 18 วัน และพบไข่ใบสุดท้ายเมื่อไรมีอายุเฉลี่ย 22 วัน (ตารางที่ 7 และ ภาพที่ 46)

ไร *L. konoi* เพศเมีย 1 ตัว มีอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_0) หรือสามารถผลิตลูกได้ในชั่วอายุชั้ยถัดไปเป็นจำนวน 46.64 และ 111.70 ตัว ที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยมีอัตราการเพิ่มที่แท้จริง (r_m) เท่ากับ 0.17 และ 0.29 ตัว/วัน ที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไรชนิดนี้สามารถขยายพันธุ์ได้ดีที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เมื่อนำค่าอัตราการเพิ่มที่แท้จริงมาคำนวณค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากร (λ) พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.16 และ 1.29 ตัว/วัน ที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ไร

L. konoi มีช่วงอายุขัยของกลุ่ม (T_0) เท่ากับ 25.58 และ 18.38 วัน ที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

Rodriguez และ Stepien (1973) ได้ศึกษาตารางชีวิตของไร *Caloglyphus berlesei* (Michael) โดยเลี้ยงบนอาหารวุ้น (agar-based diet) พบว่า ไรชนิดนี้มีอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_0) เท่ากับ 192.45 ตัว ภายในหนึ่งช่วงอายุขัย อัตราการเพิ่มที่แท้จริงมีค่าเท่ากับ 0.38 ตัว/วัน และอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรเท่ากับ 1.46 ตัว/วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไรชนิดนี้มีการขยายพันธุ์ได้รวดเร็วกว่าไร *L. konoi* ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้

ตารางที่ 4 อัตราการอยู่รอดและอัตราการตายของไร *Lardoglyphus konoi* ที่อุณหภูมิ 24+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%

ระยะการเจริญเติบโต (วัน)	จำนวนไรที่อยู่รอด ในแต่ละระยะ (L _x)	จำนวนไรที่ตาย ในแต่ละระยะ (d _x)	อัตราการตาย (100q _x)	จำนวนไรที่ตาย ในแต่ละรุ่น (100d _x / n)
ระยะไข่	68	1	1.47	1.47
ระยะตัวอ่อน	67	22	32.84	32.35
ระยะฟักตัวครั้งที่ 1	45	1	2.22	1.47
ระยะวัยรุ่นที่ 1	44	7	15.91	10.29
ระยะฟักตัวครั้งที่ 2	37	0	0	0
ระยะวัยรุ่นที่ 3	37	2	5.41	2.94
ระยะฟักตัวครั้งสุดท้าย	35	0	0	0
ระยะตัวเต็มวัย	35	-	-	-

ตารางที่ 5 อัตราการอยู่รอดและอัตราการตายของไร *Lardoglyphus konoi* ที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%

ระยะการเจริญเติบโต (วัน)	จำนวนไรที่อยู่รอด ในแต่ละระยะ (L _x)	จำนวนไรที่ตาย ในแต่ละระยะ (d _x)	จำนวนไรที่ตายในแต่ละระยะ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (100q _x)	จำนวนไรที่ตาย ในแต่ละรุ่น (100d _x / n)
ระยะไข่	65	4	6.15	6.15
ระยะตัวอ่อน	61	1	1.64	1.54
ระยะฟักตัวที่ 1	60	5	8.33	7.69
ระยะวัยรุ่นที่ 1	55	0	0	0
ระยะฟักตัวที่ 3	55	4	7.27	6.15
ระยะวัยรุ่นที่ 3	51	0	0	0
ระยะฟักตัวสุดท้าย	51	0	0	0
ระยะตัวเต็มวัย	51	-	-	-

ตารางที่ 6 ตารางชีวิต และอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_0) ของไร *Lardoglyphus konoi* ที่อุณหภูมิ 24 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%

อายุวัน	อัตราการอยู่รอด ของไรเพศเมีย	รุ่นลูกเพศเมีย (จำนวนไข่/ตัว/วัน)	ปริมาณไข่
(x)	(l_x)	(m_x)	($l_x m_x$)
0-12	1	0	0
13	0.5294	0	0
14	0.5294	0.5000	0.2647
15	0.5294	2.2609	1.1969
16	0.5294	3.2174	1.7033
17	0.5294	4.0000	2.1176
18	0.5294	4.5652	2.4168
19	0.5294	5.5217	2.9232
20	0.5294	4.8043	2.5434
21	0.5294	4.8261	2.5549
22	0.5294	4.4130	2.3363
23	0.5294	4.4348	2.3478
24	0.5294	3.9783	2.1061
25	0.5294	4.0217	2.1291
26	0.5294	3.7174	1.9680
27	0.5294	3.7174	1.9680
28	0.5294	3.4565	1.8299
29	0.5294	3.2174	1.7033
30	0.5294	3.7609	1.9910
31	0.5294	3.5435	1.8759
32	0.5294	3.6739	1.9450
33	0.5294	3.1522	1.6688
34	0.5294	2.5435	1.3465
35	0.5294	2.8696	1.5191
36	0.5294	2.5870	1.3695
37	0.5294	2.1957	1.1624

ตารางที่ 6 (ต่อ)

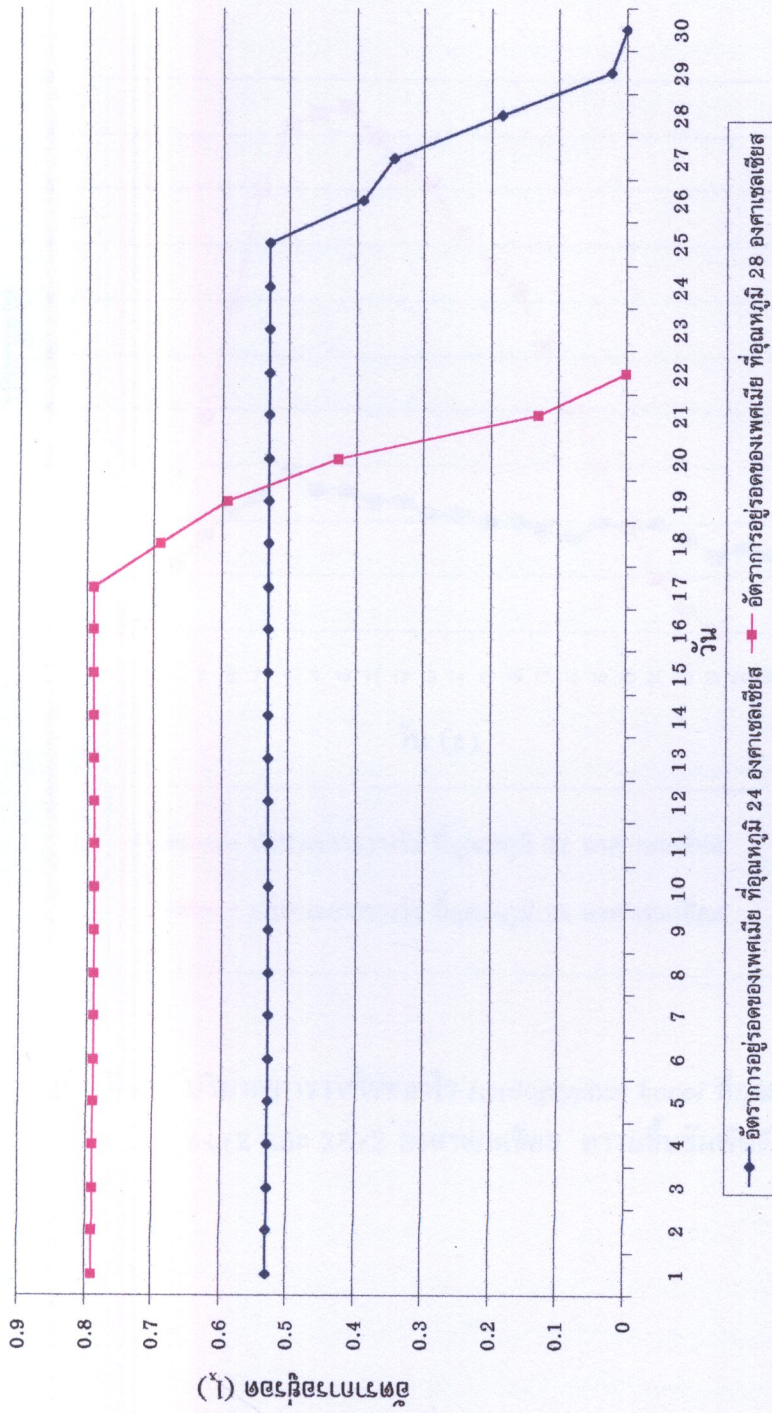
อายุวัน	อัตราการอยู่รอด ของไรเพศเมีย	รุ่นลูกเพศเมีย (จำนวนไข่/ตัว/วัน)	ปริมาณไข่
(x)	(l_x)	(m_x)	($l_x m_x$)
38	0.3913	2.0588	0.8056
39	0.3453	1.5667	0.5410
40	0.1841	1.5625	0.2877
41	0.023	1.0000	0.0230
42	0	0	0
			Ro = 46.64

ตารางที่ 7 ตารางชีวิต และอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_0) ของไร *Lardohlyphus kono* ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%

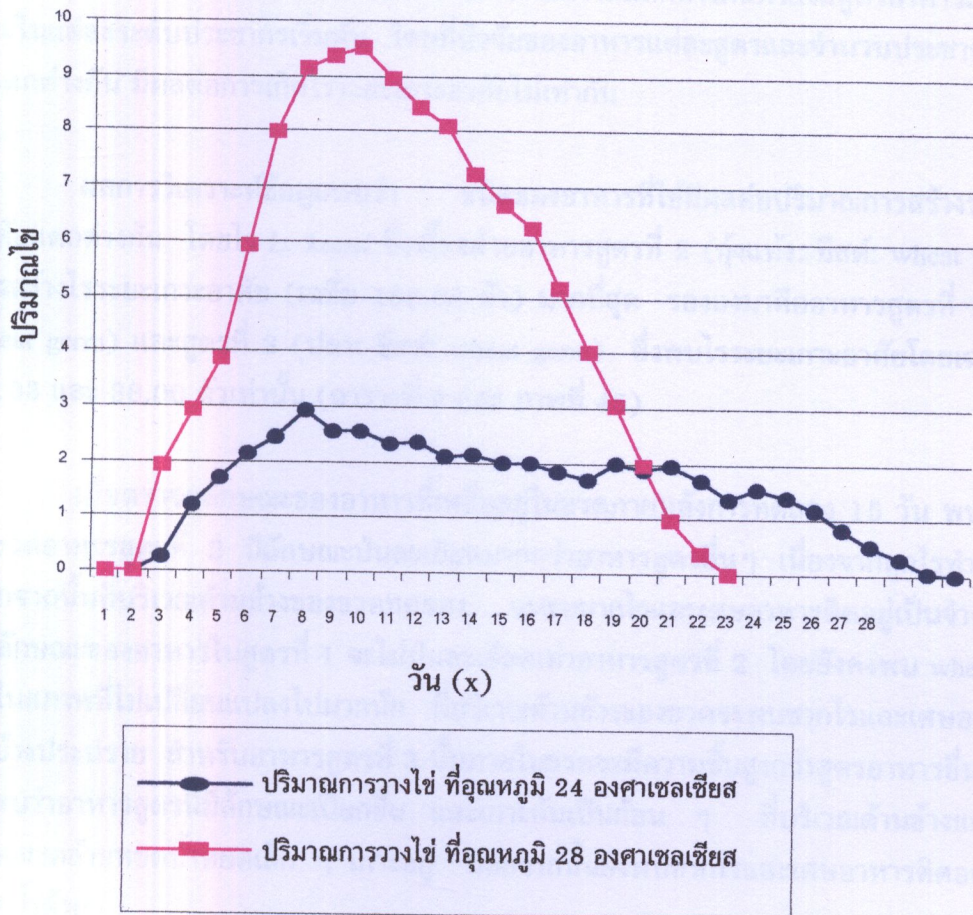
อายุวัน	อัตราการอยู่รอด ของไรเพศเมีย	รุ่นลูกเพศเมีย (จำนวนไข่/ตัว/วัน)	ปริมาณไข่
(x)	(l_x)	(m_x)	($l_x m_x$)
0-8	1.0000	0	0
9	0.7879	0	0
10	0.7879	2.4167	1.9041
11	0.7879	3.7083	2.9218
12	0.7879	4.8750	3.8410
13	0.7879	7.5000	5.9093
14	0.7879	10.1458	7.9939
15	0.7879	11.5833	9.1265
16	0.7879	11.8958	9.3727
17	0.7879	12.0625	9.5040
18	0.7879	11.375	8.9624
19	0.7879	10.6875	8.4207
20	0.7879	10.2500	8.0760
21	0.7879	9.1667	7.2224
22	0.7879	8.4583	6.6643
23	0.7879	7.9583	6.2704
24	0.7879	6.5833	5.1870
25	0.7879	5.1042	4.0216
26	0.6894	4.3810	3.0202
27	0.5909	3.3056	1.9533
28	0.4268	2.2692	0.9685
29	0.1313	2.7500	0.3611
30	0	0	0
$R_0 = 111.70$			

ตารางที่ 8 ค่าที่คำนวณได้จากตารางชีวิตของไร *Lardoglyphus konoi* ที่อุณหภูมิ 24±2 และ 28±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%

	ค่าที่คำนวณได้	
	24±2 องศาเซลเซียส	28±2 องศาเซลเซียส
อัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (Ro)	46.64	111.70
อัตราการเพิ่มที่แท้จริง (r _m)	0.17	0.29
อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากร (λ)	1.16	1.29
ชั่วอายุขัยของกลุ่ม (T _G)	25.58	18.38



ภาพที่ 45 อัตราการอยู่รอดของไร *Lardoglyphus konoii* เพคเมีย



ภาพที่ 46 ปริมาณการวางไข่ของไร *Lardoglyphus konoi* ที่อุณหภูมิ 24±2 และ 28±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%

4. การศึกษาการเกิดระยะเกาะอาศัยของไร *Lardoglyphus konoi*

ผลการทดลองเลี้ยงไร *L. konoi* เป็นเวลา 15 วัน เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดระยะเกาะอาศัย โดยกำหนดปัจจัยที่ต้องการศึกษาเป็น 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยอาหาร และจำนวนประชากรไรเริ่มต้น พบว่าแต่ละปัจจัยเป็นอิสระต่อกัน แต่มีความแตกต่างกันภายในสูตรอาหารแต่ละสูตร และในแต่ละระดับประชากรเริ่มต้น โดยที่ปัจจัยของอาหารแต่ละสูตรและจำนวนประชากรเริ่มต้นที่แตกต่างกัน มีผลต่อการเกิดระยะเกาะอาศัยไม่เท่ากัน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ชนิดของอาหารที่ใช้มีผลต่อปริมาณการสร้างระยะเกาะอาศัยแตกต่างกัน โดยไร *L. konoi* ซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 (กึ่งแห้ง: ยีสต์: wheat germ) มีการสร้างระยะเกาะอาศัย (เฉลี่ย 185.65 ตัว) มากที่สุด รองลงมาคืออาหารสูตรที่ 1 (ยีสต์: wheat germ) และสูตรที่ 3 (ปลา: ยีสต์: wheat germ) ซึ่งพบระยะเกาะอาศัยโดยเฉลี่ยเพียง 78.33 และ 38.00 ตัวเท่านั้น (ตารางที่ 9 และ ภาพที่ 45)

เมื่อตรวจดูลักษณะของอาหารที่เหลืออยู่ในขวดภายหลังการทดลอง 15 วัน พบว่า ภายในขวดอาหารสูตรที่ 2 มีลักษณะป่นละเอียดมากกว่าอาหารสูตรอื่นๆ เนื่องจากถูกไรทำลายมาก นอกจากนั้นที่บริเวณด้านข้างของขวดทดลอง จะพบซากไรและเศษอาหารติดอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ลักษณะของอาหารในสูตรที่ 1 จะไม่ป่นละเอียดเท่าอาหารสูตรที่ 2 โดยยังคงพบ wheat germ อยู่ในสภาพที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก ที่บริเวณด้านข้างของขวดจะพบซากไรและเศษอาหารติดอยู่บ้างประปราย สำหรับอาหารสูตรที่ 3 นั้นภายในขวดจะมีความชื้นสูงกว่าสูตรอาหารอื่นๆ โดยจะพบว่าอาหารสูตรนี้มีลักษณะเปียกชื้น และเกาะกันเป็นก้อน ๆ ที่บริเวณด้านข้างของขวดมีลักษณะคล้ายหยดน้ำหยดเล็ก ๆ เกาะอยู่ นอกจากนั้นยังพบซากไรและเศษอาหารติดอยู่ภายในหยดน้ำด้วย

จากลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอาหารภายในขวดเลี้ยงไร ทำให้สรุปได้ว่าไร *L. konoi* เจริญเติบโตได้ดีในอาหารสูตรที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยยีสต์, wheat germ และมีกึ่งแห้งป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ ดังนั้นไรจึงใช้อาหารสูตรนี้หมดไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้องสร้างระยะเกาะอาศัยขึ้นมา เพื่อเคลื่อนย้ายไปยังแหล่งที่อยู่อาศัยใหม่ต่อไป อาหารสูตรที่ 1 ไม่มีแหล่งโปรตีนจึงทำให้โรขยายพันธุ์ได้ค่อนข้างช้า และมีการสร้างระยะเกาะอาศัยน้อยเนื่องจากไรยังพอมีอาหารเหลืออยู่บ้าง ส่วนอาหารสูตรที่ 3 นั้น แม้จะมีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน แต่ก็ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไร นอกจากนั้นยังทำให้สภาพภายในขวดเลี้ยงไรเปลี่ยนแปลงไปโดยมีความชื้นสูงมาก ไรจึงยังคงมีปริมาณน้อย และพบระยะเกาะอาศัยเกิดขึ้นบ้างแต่ไม่มากนัก

Matsumoto (1978) ทำการศึกษานิตของอาหารที่มีผลต่อการเกิดระยะเกาะอาศัยของไร *L. konoi* ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85% โดยแบ่งอาหารออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ ปลาปนผสมยีสต์ ซึ่งแบ่งย่อยเป็น 2 แบบ คือ พวกที่มีการเติมสารอาหารและไม่เติมสารอาหาร กลุ่มที่ 2 คือ ยีสต์ผสมสารอาหาร และรายงานว่ามีผลต่อการสร้างระยะเกาะอาศัยมากที่สุดในอาหารที่ประกอบด้วยปลาปนผสมยีสต์ และมีการเติมสารอาหารลงไปด้วย การศึกษาของ Matsumoto ชี้ให้เห็นว่าอาหารมีอิทธิพลต่อการสร้างระยะเกาะอาศัยของไร *L. konoi* ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเขาพบว่าอาหารผสมปลาปนที่ไม่ได้เติมสารอาหาร จะสร้างระยะเกาะอาศัยได้น้อยซึ่งตรงกับผลการทดลองในครั้งนี้ ต่อมาเมื่อปี ค.ศ. 1993 Matsumoto และคณะ ทดลองเลี้ยงไร *L. konoi* ในอาหารประเภทต่างๆ ทั้งที่มีและไม่มีโปรตีน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 96% และพบว่ามีการเกิดระยะเกาะอาศัยเกิดขึ้นมากในอาหารที่มีเนื้อสัตว์เป็นส่วนประกอบ ได้แก่ เนื้อวัว เนื้อปลา ซากแมลง และซากไร ทั้งนี้เพราะไรชนิดนี้ต้องการอาหารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ เพื่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์อาหารที่มีพืชเป็นส่วนประกอบนั้นไม่เหมาะกับการเจริญเติบโตของไร จึงไม่พบระยะเกาะอาศัยเกิดขึ้น

Polezhaev (1938, 1940) พบว่า การเกิดระยะเกาะอาศัยของไร *Glycyphagus destructor* Schr. และ *Tyroglyphus farinae* L. จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและความชื้นเปลี่ยนแปลงไป แต่ชนิดของอาหารไม่มีผลทำให้ไรสร้างระยะเกาะอาศัยมากขึ้นแต่อย่างใด ซึ่งตรงข้ามกับผลการศึกษาครั้งนี้ ส่วน Hora (1934) กล่าวโดยสรุปว่าการสร้างระยะเกาะอาศัยจะเกิดขึ้นได้อย่างไม่จำกัด หากสภาพแวดล้อมของการเลี้ยงเปลี่ยนแปลงไป Griffiths (1966) ศึกษาปัจจัยด้านสารอาหารที่มีผลต่อการเกิดระยะเกาะอาศัยของไร *Acarus farris* และ *A. siro* โดยแบ่งอาหารออกเป็น 2 แบบ คือ อาหารที่มีการเติมสารอาหารลงไป และอาหารที่ไม่ได้เติมสารอาหาร พบว่าไรทั้ง 2 ชนิดที่เลี้ยงในอาหารที่ไม่ได้เติมสารอาหารลงไป มีระยะเกาะอาศัยมากกว่าอาหารที่มีการเติมสารอาหาร โดยในช่วงวันแรก ๆ จะพบระยะเกาะอาศัยน้อย เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณของไรเกาะอาศัยจะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในวันแรกยังไม่มีมีการแก่งแย่งอาหารกัน จนกระทั่งเวลาผ่านไป 26 วัน ระยะเกาะอาศัยจะเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดการขาดแคลนอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยของจำนวนประชากรไรเริ่มต้น พบว่าปริมาณประชากรเริ่มต้นที่แตกต่างกัน มีผลต่อการเกิดระยะเกาะอาศัยไม่เท่ากัน โดยจำนวนไรเกาะอาศัยในขวดเลี้ยงไรที่มีจำนวนประชากรไรเริ่มต้น 5 คู่ จะมีน้อยที่สุดคือ 74.33 ตัวโดยเฉลี่ย ส่วนไรเกาะอาศัยในขวดเลี้ยงที่มีประชากรเริ่มต้น 10 และ 15 คู่ มีจำนวน 123.99 และ 103.66 ตัวโดยเฉลี่ย ตามลำดับ

เมื่อตรวจดูลักษณะของอาหารที่เหลือในขวดที่มีประชากรเริ่มต้นแตกต่างกัน พบว่าขวดที่มีปริมาณไรเริ่มต้น 10 และ 15 คู่ จะมีอาหารเหลือน้อยกว่ากลุ่มที่มีไรเริ่มต้นเพียง 5 คู่ ทุกประเภทของอาหารที่ใช้ แสดงให้เห็นว่าที่ระดับจำนวนประชากรเริ่มต้นสูง ไรจะมีการใช้อาหารให้หมดไปรวดเร็วกว่าที่ระดับประชากรเริ่มต้นต่ำ เนื่องจากไรมีการเพิ่มจำนวนประชากรได้มากกว่า อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์จำนวนไรเกาะอาศัยที่เกิดจากประชากรไรเริ่มต้น 10 และ 15 คู่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับการทดลองที่ระดับประชากรเริ่มต้น 5 คู่ นั้น พบว่า ไรกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 จะใช้อาหารให้หมดไปอย่างรวดเร็วกว่าอาหารสูตรอื่น ๆ ดังนั้น ไรในอาหารสูตรนี้จึงมีการสร้างระยะเกาะอาศัยค่อนข้างมาก (135.65 ตัวโดยเฉลี่ย) เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนไรเกาะอาศัยในอาหารสูตรที่ 1 (60.33 ตัวโดยเฉลี่ย) และอาหารสูตรที่ 3 (26.99 ตัวโดยเฉลี่ย) ที่ระดับประชากรเริ่มต้นเท่ากัน

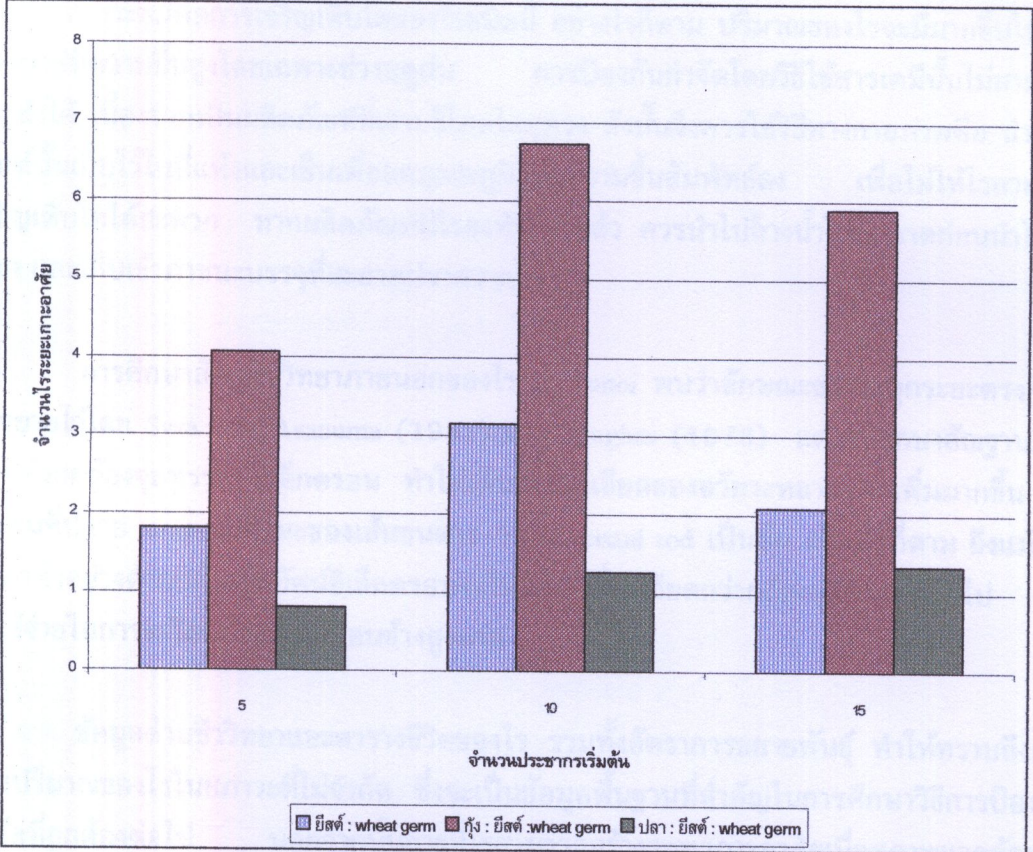
ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Chmielewski (1977) ซึ่งรายงานว่าเมื่ออุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และจำนวนประชากรของไร *L. konoi* เพิ่มสูงขึ้น ไรจะสร้างระยะเกาะอาศัยเพิ่มมากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม Vijayambika และ John (1974) ซึ่งศึกษาปัจจัยทางสภาพแวดล้อมในการเกิดระยะเกาะอาศัยของไร *L. konoi* รายงานไว้ว่า อุณหภูมิ ความชื้น ความหนาแน่นของประชากร และการขาดแคลนอาหาร จะไม่มีผลต่อการเกิดระยะเกาะอาศัยของไร นอกจากนั้นยังกล่าวอีกด้วยว่า การเกิดระยะเกาะอาศัยอาจเกิดจากปัจจัยภายในตัวของไร เช่น ฮอร์โมน เป็นต้น

จากการทดลองในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า ชนิดของอาหารมีผลต่อการสร้างระยะเกาะอาศัย และเมื่อไรมีการขยายพันธุ์เพิ่มมากขึ้น อาหารจะถูกใช้ไปจนกระทั่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชากรไรที่เพิ่มมากขึ้น นั่นคือเกิดสภาวะการขาดแคลนอาหาร และประชากรหนาแน่นจนเกินไป ไรจึงสร้างระยะเกาะอาศัยขึ้นมาเพื่อต้องการย้ายแหล่งที่อยู่อาศัยใหม่ ส่วนจำนวนประชากรเริ่มต้นที่ 10 และ 15 คู่ ไรจะมีการสร้างระยะเกาะอาศัยขึ้นมามากกว่าที่ 5 คู่ เนื่องจากไรมีการขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนประชากรได้มากและรวดเร็ว จึงทำให้ประชากรหนาแน่นขึ้นอย่างรวดเร็ว ไรจึงสร้างระยะเกาะอาศัยขึ้นมาเพื่อเตรียมย้ายแหล่งที่อยู่ต่อไป

ตารางที่ ๑ ไร *Lardoglyphus konoi* ระยะเกาะอาศัยเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารชนิดต่าง ๆ ที่ระดับประชากรเริ่มต้น 3 ระดับ

ชนิดของอาหาร	จำนวนประชากรเริ่มต้น (คู่)			ค่าเฉลี่ย ± S.D.
	5	10	15	
ยีสต์: wheat germ	60.33±19.33	104.99±54.66	69.33±22.33	78.33±23.66 b
กุ้ง: ยีสต์:wheat germ	135.65±26.66	224.31±43.99	196.65±18.33	185.65±45.33 a
ปลา: ยีสต์: wheat germ	26.99±3.00	42.33±3.33	44.99±0.33	38.00±9.66 c
ค่าเฉลี่ย ± S.D.	74.33±55.66 B	123.99±92.32 A	103.66±81.33 A	-
F-test	**	**	ns	
	ชนิดของอาหาร	จำนวนประชากรเริ่มต้น	ชนิดของอาหาร x จำนวนประชากรเริ่มต้น	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยแต่ละค่ามีหน่วยเป็นตัว และค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในคอลัมน์และตัวอักษรพิมพ์เล็กใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแถว



ภาพที่ 47 อัตราการเกิดไร *Lardoglyphus konoi* ระยะเกาะอาศัย
เมื่ออาหารและจำนวนประชากรเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงไป

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาเขตแพร่กระจายของไร *Lardoglyphus konoi* ในพื้นที่ 7 จังหวัดนี้ สามารถพบไรได้ทุกช่วงฤดูกาล เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น จึงมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไรชนิดนี้ อย่างไรก็ตาม ปริมาณของไรจะมีมากขึ้นในช่วงที่อากาศมีความชื้นสูงโดยเฉพาะช่วงฤดูฝน การป้องกันกำจัดโดยวิธีใช้สารเคมีนั้นไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่เรอบริโภคโดยตรง ดังนั้นจึงควรใช้วิธีทางกายภาพคือ นำผลิตภัณฑ์นั้นเก็บไว้ในที่แห้งและเย็นเพื่อลดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ลง เพื่อไม่ให้ไรสามารถเจริญเติบโตได้สะดวก หากผลิตภัณฑ์มีโรงกลั่นแล้ว ควรนำไปล้างน้ำให้สะอาดก่อนนำไปผึ่งแดด และเก็บเข้าภาชนะบรรจุที่สะอาดปราศจากไร

การศึกษาสัณฐานวิทยาภายนอกของไร *L. konoi* พบว่าลักษณะของไรทุกระยะตรงกับที่บรรยายไว้โดย Sasa และ Asanuma (1951) และ Hughes (1976) แต่การศึกษาสัณฐานวิทยานอกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ทำให้เห็นรายละเอียดของอวัยวะหลายแห่งเพิ่มมากขึ้น เช่น เส้นขนที่ปลาย tarsus ลักษณะของเส้นขนต่าง ๆ และ coxal rod เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ถึงแม้การศึกษาตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนจะให้ข้อมูลที่ละเอียดกว่ากล้องจุลทรรศน์ทั่วไป แต่ค่าใช้จ่ายในการเตรียมตัวอย่างก็ค่อนข้างสูงมาก

ข้อมูลด้านชีววิทยาและตารางชีวิตของไร รวมทั้งอัตราการขยายพันธุ์ ทำให้ทราบถึงการเพิ่มปริมาณของไรในสภาวะที่ไม่จำกัด ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาวิธีการป้องกันกำจัดที่ถูกต้องต่อไป นอกจากนั้นการที่ไรสามารถสร้างระยะเกาะอาศัยเมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น อาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชากร เนื่องจากไรเจริญเติบโตได้ดีและขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วในอาหารที่มีกุ้งแห้งเป็นส่วนประกอบ จึงทำให้เกิดสภาวะขาดแคลนอาหาร และจำนวนประชากรเริ่มต้นที่ค่อนข้างสูงจะทำให้ไรสร้างประชากรขึ้นมาใหม่ได้รวดเร็วกว่าจำนวนประชากรเริ่มต้นที่ต่ำกว่า จึงทำให้ไรสร้างระยะเกาะอาศัยขึ้นมา เพื่อติดไปกับแมลงหรือสัตว์อื่นที่ปะปนอยู่กับผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้ง จะทำให้ไรแพร่กระจายได้รวดเร็วขึ้น ดังนั้นการศึกษาถึงปัจจัยที่กระตุ้นให้ไรสร้างระยะเกาะอาศัย จึงเป็นข้อมูลที่จะช่วยในการป้องกันการแพร่กระจายของไรชนิดนี้ได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. 2544. สินค้าออกสำคัญ 30 รายการแรกของไทย. สินค้าส่งออกของ ไทยไปประเทศคู่ค้า. <http://www.exporter.moc.go.th/prog/thai/ProExCountry.Exe/detail>, 12 ตุลาคม 2544.
- มนตรี กฤษณ์ไพบูลย์. 2538. งานแสดงเกษตรและอุตสาหกรรมโลก : อาหารเพื่อมวลมนุษย. กองควบคุมตรวจสอบผลิตภัณฑ์และการแปรรูปสัตว์น้ำ กรมประมง, กรุงเทพฯ. 239 น.
- อังศุมลย์ จันทราปัติย์. 2535. วิทยาเห็บไร (Acarology). ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 224 น.
- Arlian, L.G. 1976. Mites and house dust allergy. J. Asthma Res. 13 (4): 165-172.
- Asmat, G.S.M. and A. Kader. 1990. A preliminary survey of mites from the nest of certain birds in the Chittagong University Campus. Bangladesh. J. Zool. 18(2): 177-183.
- Aucamp, J.L. 1969. The role of mite vectors in the development of aflatoxin in groundnuts. J. Stored Prod. Res. 5: 245-249.
- Baker, A.S. 1990. Two new species of *Lardoglyphus* sp. Oudemans (Acari: Lardoglyphidae) found in the gut contents of human mummies. J. Stored Prod. Res. 26 (3): 139-147.
- Baker, P.S. 1967. The effects of high humidity and different temperature on the biology of *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank). (Acarina: Tyroglyphidae). Can. J. Zool. 45: 91-96.
- Baker, R.A., A. Hick and W. Ikram. 1995. Body structure and movements of the hypopus of the bulb mite, *Rhizoglyphus* sp., pp. 31-33. In D. Kropczynska, J. Boczek and A. Tomczyk.(eds.). The Acari Physiological and Ecological Aspects of Acari-Host Relationships, Warszawa.

- Baldwin, W.R. 1956. Similarities in killing by heat and by X-radiation in the insect *Dahlbominus fuscipennis* (Zett). J. Radiat. Res. 5: 46-51.
- Baldwin, W.R. and C.A. Norraway. 1957. Interaction of heat in killing a chalcid. Nature (Lond.) 179: 971-972.
- Banditsing, C. and P.E. Hunter. 1973. Population development of *Acarus siro* reared at three temperature following gamma irradiation. J. Econ. Ent. 66(1): 82-85.
- Birch, L.C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. J. Anim. Ecol. 17: 15-26.
- Boczek, J., D.A. Griffiths and J.G. Rodriguez. 1979. Spermatophore production and mating behaviour in the stored product mites *Acarus siro* and *Lardoglyphus konoi* (Sasa and Asanuma). Recent Adv. Acarol. Proc. Int. Congr. 1: 279-284.
- Brust, G.E. and G.J. House. 1988. A study of *Tyrophagus putrescentiae* (Schränk)(Acar: Acaridae) as a facultative predator of southern corn rootworm eggs. Exp. Appl. Acarol. 4(4): 335-344.
- Chmielewski, W. 1971. Biological and ecological observations in *Lardoglyphus konoi* (Sasa and Asanuma ; 1951)(Acarina ; Acaridae) a pest of stored products new to Poland. Polskie Pismo Entmol. 41(2): 417-428.
- _____. 1972. The result of studies on the mite fauna in imported goods, with particular reference to the species new for Poland. Prace Nauk Inst Ochr Rosl. Pulb. 13(2): 187-200.
- _____. 1977. Formation and importance of hypopus stage in the life of mite of the superfamily Acaroidea. Prace Nauk Inst Ochr Rosl. Pulb. 19(1): 5-44.

- Cunnington, A.M. 1969. Physical limits for complete development of the copra mite, *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acarina: Acaridae). In G.O. Evans (Ed.) Proc. 2nd. Int. Congr. Acarology 1967 (Akad. Kaido) Bpest., 241-248.
- Davis, A.C. 1944. The mushroom mite *Tyrophagus lintneri* (Osborn) as a pest of cultivated mushroom. U.S.D.A. Tech. Bull. 879: 1-26.
- Eraky, S.A. 1995. Some biological aspects of *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank)(Acari: Acaridae), pp. 197-204. In D. Kropczynska, J. Boczek and A. Tomczyk (eds.). The Acari Physiological and Ecological Aspects of Acari-Host Relationships, Warszawa.
- Griffiths, D.A. 1966. Nutrition as a factor influencing hypopus formation in *Acarus siro* L. species complete. J. Stored Prod. Res. 1: 325-340.
- Gueye Ndiaye, A. and B. Marchand. 1989. *Lardoglyphus konoï* (Sasa and Asanuma) and *Suidasia pontifica* damaging dried , braised sardinelles in Senegal. A scanning electron microscopy study. Acarol. 30(2): 131-137.
- Hong, H.K. and E.H.Shin. 1990. Ectoparasite arthropods from domestic rodents in Incheon ports. Korean Arachnol. 5(2): 207-217.
- Hora A. M. 1934. On the biology of the mite, *Glycyphagus domesticus* DeGeer (Tyroglyphidae: Acarina). Ann. Appl. Biol., 21: 483-494.
- Hughes, A.M. 1956. The mite genus *Lardoglyphus* Oudemans, 1927. (*Hoshikadania* Sasa and Asanuma, 1951.). Zool. Meded. 34: 271-285.
- _____. 1961. The Mites of Stored Food, P. 32. Her Majesty's Stationary Office, London. 287 p.
- _____. 1976. The Mites of Stored Food and Houses. 2nd ed., Her Majastey's Stationary Office, London. 400 p.

- Hughes, T.E. 1964. Necrosecretion, ecdysis and hypopus formation in the Acaridae. Proc. 1st Int. Congr. Acarol., Fort Collins, 1963. *Acarologia* 6 (Suppl. Part), 338-342.
- Ignatowicz, S. 1986. Sex ratio in the acarid mites (Acarida : Acaroidea). *Rocz Nauk Roln Ser Ochr Rosl.* 16(1): 101-110.
- Kevan, D.K. Mc. E. and G.D. Sharma. 1963. The effects of low temperature on *Tyrophagus putrescentiae* pp. 112-130. In J. Naegele. (ed.). *Advances in Acarology*.
- Krantz, G.W. 1978. *A Manual of Acarology*. 2nd ed., OSU. Book Stores Inc., Corvallis, Oregon. 509 p.
- Kuwahara, Y. 1976. Alarm pheromone produced by several grain mites. *Proceedings of a Symposium on Insect Pheromones and Their Applications* 8(11): 65-76.
- Kuwahara, Y. 1990. Chemicals Controlling Behaviours in Acaroidea. FFTC-NARC International Seminar on "The Use of Parasitoids and Predators to Control Agricultural Pests", Tukuba Science City, Ibaraki-ken, 305, Japan 20 p.
- Kuwahara, Y., N. Asami, M. Morr, S. Matsuyama and T. Suzuki. 1994. Chemical ecology of astigmatid mites XXXVIII. Aggregation pheromone and kairomone activity of lardolure and its analogues against *Lardoglyphus konoi* (Sasa and Asanuma) and *Carpoglyphus lactis*. *Appl. Ent. Zool.* 29(2): 259-257.
- Kuwahara, Y., H. Fukami, S. Ishii, K. Matsumoto and Y. Wada. 1980a. Pheromone study on acarid mites III. Citral : isolation and identification from four species of acarid mites, and its possible role. *Jap. J. Sanit. Zool.* 31(1): 49-52.
- Kuwahara, Y., K. Matsumoto and Y. Wada. 1980b. Pheromone study on acarid mites IV. Citral : composition and function as and alarm pheromone and its secretory gland in four species of acarid mites. *Jap. J. Sanit. Zool.* 31(2): 73-80.

- Kuwahara, Y., K. Matsumoto, Y. Wada and T. Suzuki. 1991. Chemical ecology on astigmatid mites. XXIX. Aggregation pheromone and kairomone activity of synthetic lardolure (1R,3R,5R,7R)-1,3,5,7-tetramethyldecyl formate and its optical isomers to *Lardoglyphus konoi* (Sasa and Asanuma) and *Carpoglyphus lactis* (Acari : Astigmata). Appl. Ent. Zool. 26(1).
- Kuwahara, Y., L. Thi My Yen, Y. Tominaga, K. Matsumoto and Y. Wada. 1982. 1,3,5,7-Tetramethyldecyl formate, lardolure: aggregation pheromone of the acarid mite, *Lardoglyphus konoi* (Sasa and Asanuma)(Acarina: Acaridae). Agr Biol. Chem. 2283-2291.
- Lee, W.K. and W.Y. Choi. 1980. Studies on the mites (Order Acarina) in Korea I. Suborder Sarcoptiformes. Korean J. Parasitol. 18(2): 119-144.
- Madden, J.L., A.M. Anggawati, N. Indriati, B.R. Champ and E. Highley. 1995. Impact of insects on the quality and quantity of fish and fish products in Indonesia. Proceedings of an international workshop, Jakarta, Indonesia. ACIAR Proceedings. No. 59: 97-106.
- Matsumoto, K. 1973. Studies on environmental factors for the breeding of grain mites.XI. The effect of nutrient on hypopus formation in *Lardoglyphus konoi* (Sasa and Asanuma). Jap. J. Sanit. Zool. 24(1): 1-7.
- _____. 1978. Studies on the environmental factors for the breeding of grain mites.XII. Observations on the mode of breeding and of gypopus appearence of *Lardoglyphus konoi* (Sasa and Asanuma, 1951) in various kinds of diet. Jap. J. Sanit. Zool. 29(4): 287-294.
- Matsumoto, K., M. Okamoto, Y. Wada and H. Yamaura. 1992. Studies on the environmental factors for the breeding of grain mites.XII. The effect of temperatures and relative mumidities on the life cycle of individually reared *Lardoglyphus konoi* (Sasa and Asanuma)(Acari : Lardoglyphidae). Jap. J. Sanit. Zool. 43(3): 247-254.

- _____. 1993. Studies on the environmental factors for the breeding of grain mites XIV. The effect of various kinds of food on the gypopus formation of *Lardoglyphus konoi* (Sasa and Asanuma) (Acari : Lardoglyphidae) reared individually. Jap. J. Sanit. Zool. 44(1): 23-28.
- Matsumoto, K., Y. Wada, M. Okamoto and J.G. Rodriguez. 1979. The alarm pheromone of grain mites and its antifungal effects. Recent Adv. Acarol. Proc. Int. Congr. 1: 243-249.
- Melville, C. 1958. An apparent beneficial effect of gamma radiation on the flour mite. Nature (Lond.) 181: 1403-1404.
- My Yen, L.T., Y. Wada, K. Matsumoto and Y. Kuwahara. 1980. Pheromone study on acarid mites VI. Demonstration and Isolation of an aggregation pheromone in *Lardoglyphus konoi* (Sasa and Asanuma). Jap. J. Sanit. Zool. 31(4): 249-254.
- OConnor, B.M. 1979. Evolutionary origins of astigmatid mites inhibiting stored products. 1 : pp. 273-278. In J.G. Rodriguez (ed.). Recent Advances in Acarology. Acad. Press, New York.
- OConnor, B.M. 1982. Astigmata, pp. 149-169. In S.B. Parker (ed.). Synopsis and Clasification of Living Organisms. McGraw-Hill, New York.
- Okabe, K. 1993a. Population growth and dispersal behavior of *Histiogaster* sp. (Acari : Acaridae) on several economically important fungi. Appl. Entomol. Zool. 28: 11-18.
- _____. 1993b. Developmental period and fecundity of *Histiogaster* sp. (Acari : Acaridae) on three fungi. Appl. Entomol. Zool. 28(4): 479-487.
- Okamoto, M. and K. Matsumoto. 1991. In F. Dusbabek and V. Bukva. Observation on the behavior of the hypopus of *Lardoglyphus konoi* (Sasa and Asanuma). pp. 555-

559. In Modern Acarology Proceeding of the VIII International Congress of Acarology.
- Okamoto, M., K. Matsumoto and R. Shirasaka. 1991. Studies on the attaching behavior of the *Lardoglyphus kono* (Sasa and Asanuma)(Acari: Lardoglyphidae) hypopus and its molting into the tritonymph. Jap. J. Sanit. Zool. 42(3): 219-228.
- Olsen, A.R. 1982a. Mites and other filth in dried shrimp imported into the United States from the Orient. J. Food Protect. 45(13): 1204-1207.
- _____. 1982b. A new pest of dried fish from the Orient, *Lardoglyphus angelinae* new sp.(Acarina: Acaridae). J. Stored Prod. Res. 18(4): 181-188.
- _____. 1988. New record of *Lardoglyphus kono* (Sasa and Asanuma) on dried lizard carcasses (Acarina: Acaridae). Pan-Pac Ent. 64(2): 114.
- Oudemans, A.C. 1927. Acarologesche aantekeningen LXXXVI. Ent. Ber., Amst. 7, 242-248.
- Pillai, P.R. 1957. Pests of stored fish and prawns. Bull. Res. Inst.Univ. Travancore. 3: 1-79.
- Pendlebury, J.B. 1966. The influence of temperature upon the radiation susceptibility of *Sitophilus granarius* L., pp. 27-40. In The Entomology of Radiation Disinfestation of Grain. Peragon Press, New York.
- Polezaev, V.G. 1938. Influence of food shortage on the formation of hypopi in *Glycyphagus destructor*. Zool. Zh. 17: 617-621.
- _____. 1940. The effect of atmospheric humidity and temperature of the formation of the hypopus stage in *Glycyphagus destructor* Schr. and *Tyroglyphus farinae* L. Vchen. Zap.mosk. gos. Univ. Zool. 42: 185-196.

- Pulpan, J. and P.H. Verner. 1965. Control of Tyroglyphoid mites in stored grain by the predator mite *Cheyletus eruditus* (Schränk). Can. J. Zool. 43: 417-432.
- Rack, G. and G. Rilling. 1978. Über das Vorkommen der Modernmilbe, *Tyrophagus putrescentiae* (Schränk) in Blattgallen der Reblaus, *Dactylosphaera vitifoliae* Shimer. Vitis. 17: 54-66.
- Radovsky, F.J. 1970. Mites associated with coprolites and mummified human remains in Nevada. Contr. Univ. Calif. Archaeol. Res. Facility 10: 186-190.
- Rivard, I. 1958. Influence of humidity and rate of development of immature stages of the grain infesting mite *Tyrophagus castellanii* (Hirst) (Acarina: Acaridae) reared on mold cultures. Canadian Ent. 90: 721-724.
- _____. 1961a. Influence of temperature and humidity on mortality and rate of development of immature stages of the mite *Tyrophagus putrescentiae* (Schränk) (Acarina: Acaridae) reared on mold cultures. Can. J. Zool. 39: 419-426.
- _____. 1961b. Influence of temperature and humidity on longevity, fecundity and rate of increase of the mite *Tyrophagus putrescentiae* (Schränk) (Acarina: Acaridae) reared on mold cultures. Can. J. Zool. 39(6): 869-876.
- Robertson, P.L. 1961. A morphological study of variation in *Tyrophagus* sp. (Acarina) with particular reference to populations infesting cheese. Bull. Ent. Res. 52: 501-529.
- Rodriguez, J.G. and Z.A. Stepien. 1973. Biology and population dynamics of *Caloglyphus berlesei* (Michael) (Acarina: Acaridae) in xenic diet. J. Kansas Ent. Soc. 46(2): 176-183.
- Sasa, M. 1964. Special problems of mites in stored food and drugs in Japan. Proc. 1st int. Congr. Acarology 1963. Acarol (fasc. Horsser.) 390-391.

- Sasa, M. and K. Asanuma. 1951. A new food infesting acarid mite, *Hoshikadania kono* n. g., n. sp., with notes on the comparative morphology of its different sexes and stages. Japan. J. Exp. Med. 21: 209-222.
- Sato, M., Y. Kuwahara, S. Matsuyama and T. Suzuki. 1993. Chemical ecology of astigmatid mites XXXVII. Fatty acid as food attractant of astigmatid mites, its scope and limitation. Appl. Ent. Zool. 28(4): 565-569.
- Stepien, Z.A. and J.G. Rodriguez. 1982. Caloric values of mites for bioenergetical studies. Int J. Acarol. 8(3): 189-192.
- Vijayambika, V. and P.A. John. 1974. Observations on the environmental regulation of hypopial formation in the fish mite *Lardoglyphus kono* (Sasa and Asanuma). Acarol. 16(1): 160-165.
- _____. 1976. Internal morphology and histology of the post-embryonic stages of the fish mite *Lardoglyphus kono* (Sasa and Asanuma)(Acarina: Acaridae). I. Larva. Acarol. 17(4): 745-750.
- Vijayambika, V., A.K. Cicilykutty, N.K. Balasubramanian and P.A. John. 1980. Geographic variation in the intensity of infestation of the fish mite *Lardoglyphus kono* (Sasa and Asanuma)(Acarina: Acaridae) in Kerala, South India. Indian J. Acarol. 4(1): 25-30.
- _____. 1983. The influence of temperature and relative humidity on the seasonal fluctuations of populations of adult *Lardoglyphus kono* (Sasa and Asanuma) (Acarina: Acaridae). Acarol. 24(1): 75-78.
- Wallace, D.R.J. 1960. Observations on the hypopus development in the Acarina. J. Insect Physiol. 5: 216-299.

- Warner, C.E. and S.J. Bohane. 1978. Preliminary study of a diet infested with *Acarus siro* (L.) on adult food consumption and foetal status in mice. J. Stored Prod. Res. 14: 13-17.
- Woodring, J.P. 1963. The nutrition and biology of saprophytic Sarcoptiformes in Naegle. Adv. Acarol. 1: 89-111.
- _____. 1969. Observations on the biology of six species of acarid mites. Ann. Entomol. Soc. Ann. 62: 102-108.
- Woolley, T.A. 1988. Acarology : Mites and Human Welfare. John Wiley & Sons, New York. 484 p.
- Zdarkova E. 1991. Stored Product Acarology., pp. 211-218. In F.Dusbabek and V. Bukva (eds.): Modern Acarology Academia, Prague and SPB Academic publishing bv, The Hague.
- Zdarkova, E. and J. Pulpan. 1973. Low temperature storage of the predatory mite *Cheyletus eruditus* (Schränk) for future use in biological control. J. Stored Prod. Res. 9: 217-220.
- Zdarkova E., and M. Reska. 1976. Weight losses of groundnuts (*Arachis hypogaea* L.) from infestation by the mites *Acarus siro* L. and *Tyrophagus putrescentiae* (Schränk). J. Stored Prod. Res. 12: 101-104.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ในระยะไข่, ตัวอ่อน, ระยะพักตัวครั้งที่ 1, ระยะวัยรุ่นที่ 1, ระยะพักตัวครั้งที่ 2, ระยะวัยรุ่นที่ 3, ระยะพักตัวครั้งสุดท้าย, วงจรชีวิตของไรเพศผู้ และเพศเมีย ของไร *Lardoglyphus konoi* ที่อุณหภูมิ 24 ± 2 และ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92% โดยใช้ T - test

ระยะของไร และวงจรชีวิต	t	df	Significant (2-tailed)	Mean difference	Std. Error Difference
ไข่	22.901	126	0.000	1.0450	0.0046
ตัวอ่อน	2.899	103	0.005	0.4940	0.1706
พักตัวที่ 1	8.496	97	0.000	0.3273	0.039
วัยรุ่นที่ 1	3.598	90	0.001	1.1614	0.3228
พักตัวที่ 3	9.349	86	0.000	0.2360	0.0252
วัยรุ่นที่ 3	0.892	84	0.375	0.2317	0.2598
พักตัวสุดท้าย	8.313	84	0.000	0.1810	0.0217
วงจรชีวิตของเพศผู้	4.467	40	0.000	2.3647	0.5294
วงจรชีวิตของเพศเมีย	4.222	42	0.000	3.9209	0.9288

หมายเหตุ ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ 2 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ อายุขัยของเพศผู้, เพศเมียที่ไม่ได้
รับการผสมพันธุ์, เพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์, ช่วงเวลาก่อนวางไข่, ช่วง
เวลาวางไข่, ช่วงเวลาหลังวางไข่, ปริมาณไข่/ตัว/วัน และ ปริมาณไข่/ตัว ที่
อุณหภูมิ 24±2 และ 28±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92% โดย
ใช้ T - test

ค่าต่าง ๆ	t	df	Significant (2-tailed)	Mean difference	Std. Error Difference
อายุขัยเพศผู้	2.620	39	0.12	3.6878	1.4078
อายุขัยเพศเมียที่ไม่ได้ รับการผสมพันธุ์	3.161	31	0.003	10.2667	3.2475
อายุขัยเพศเมียที่ได้รับ การผสมพันธุ์	18.930	37	0.000	7.5750	0.4002
ช่วงเวลาก่อนวางไข่	5.138	45	0.000	0.5670	0.11404
ช่วงเวลาวางไข่	16.270	45	0.000	6.7482	0.4148
ช่วงเวลาหลังวางไข่	1.473	45	0.148	0.1322	0.0898
ปริมาณไข่/ตัว/วัน	33.334	45	0.000	8.5148	0.2554
ปริมาณไข่/ตัว	17.560	45	0.000	107.3243	6.1118

หมายเหตุ ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ 3 การแทนค่าในสมการ $e^{-mx} I_m x = 148.41$ ที่อุณหภูมิ 24+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%

$I_m = 0.1502$					$I_m = 0.1712$					$I_m = 0.1713$				
$I_m x$	$5 - I_m x$	$e^{5 - mx}$	$I_m x$	e^{-mx}	$I_m x$	$5 - I_m x$	$e^{5 - mx}$	$I_m x$	e^{-mx}	$I_m x$	$5 - I_m x$	$e^{5 - mx}$	$I_m x$	e^{-mx}
1.953	3.047	21.061	0.000		2.226	2.774	16.029	0.000		2.227	2.773	16.008	0.000	
2.103	2.897	18.123	4.797		2.397	2.603	13.507	3.575		2.398	2.602	13.488	3.570	
2.253	2.747	15.596	18.667		2.568	2.432	11.382	13.623		2.570	2.431	11.365	13.602	
2.403	2.597	13.421	22.859		2.739	2.261	9.591	16.336		2.741	2.259	9.575	16.310	
2.553	2.447	11.549	24.456		2.910	2.090	8.082	17.114		2.912	2.088	8.068	17.085	
2.704	2.296	9.938	24.019		3.082	1.918	6.810	16.459		3.083	1.917	6.798	16.429	
2.854	2.146	8.552	25.000		3.253	1.747	5.739	16.775		3.255	1.745	5.728	16.743	
3.004	1.996	7.360	18.718		3.424	1.576	4.836	12.299		3.426	1.574	4.826	12.274	
3.154	1.846	6.333	16.181		3.595	1.405	4.075	10.411		3.597	1.403	4.066	10.389	
3.304	1.696	5.450	12.732		3.766	1.234	3.434	8.022		3.769	1.231	3.426	8.004	
3.455	1.545	4.690	11.011		3.938	1.062	2.893	6.793		3.940	1.060	2.887	6.777	
3.605	1.395	4.036	8.500		4.109	0.891	2.438	5.135		4.111	0.889	2.432	5.122	
3.755	1.245	3.473	7.394		4.280	0.720	2.054	4.374		4.283	0.717	2.049	4.363	
3.905	1.095	2.989	5.881		4.451	0.549	1.731	3.407		4.454	0.546	1.727	3.398	
4.055	0.945	2.572	5.061		4.622	0.378	1.459	2.871		4.625	0.375	1.455	2.863	

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

$r_m = 0.1502$					$r_m = 0.1712$					$r_m = 0.1713$				
$r_m X$	$5 - r_m X$	$e^{5 - r_m X}$	$e^{5 - \max}$	$l_x m_x$	$r_m X$	$5 - r_m X$	$e^{5 - r_m X}$	$e^{5 - \max}$	$l_x m_x$	$r_m X$	$5 - r_m X$	$e^{5 - r_m X}$	$e^{5 - \max}$	$l_x m_x$
4.356	0.644	1.904	3.244		4.965	0.035	1.036	1.764		4.968	0.032	1.033	1.759	
4.506	0.494	1.639	3.263		5.136	-0.136	0.873	1.738		5.139	-0.139	0.870	1.733	
4.656	0.344	1.410	2.646		5.307	-0.307	0.736	1.380		5.310	-0.310	0.733	1.375	
4.806	0.194	1.214	2.360		5.478	-0.478	0.620	1.205		5.482	-0.482	0.618	1.202	
4.957	0.043	1.044	1.743		5.650	-0.650	0.522	0.872		5.653	-0.653	0.521	0.869	
5.107	-0.107	0.899	1.210		5.821	-0.821	0.440	0.593		5.824	-0.824	0.439	0.591	
5.257	-0.257	0.773	1.175		5.992	-0.992	0.371	0.563		5.996	-0.996	0.370	0.561	
5.407	-0.407	0.666	0.911		6.163	-1.163	0.312	0.428		6.167	-1.167	0.311	0.426	
5.557	-0.557	0.573	0.666		6.334	-1.334	0.263	0.306		6.338	-1.338	0.262	0.305	
5.708	-0.708	0.493	0.397		6.506	-1.506	0.222	0.179		6.509	-1.509	0.221	0.178	
5.858	-0.858	0.424	0.229		6.677	-1.677	0.187	0.101		6.681	-1.681	0.186	0.101	
6.008	-1.008	0.365	0.105		6.848	-1.848	0.158	0.045		6.852	-1.852	0.157	0.045	
6.158	-1.158	0.314	0.007		7.019	-2.019	0.133	0.003		7.023	-2.023	0.132	0.003	
6.308	-1.308	0.270	0.000		7.190	-2.190	0.112	0.000		7.195	-2.195	0.111	0.000	
ผลรวม 227.284					ผลรวม 148.618					ผลรวม 148.321				

ตารางผนวกที่ 4 การแทนค่าในสมการ $e^{-mx} I_x m_x = 148.41$ ที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91-92%

$\Gamma_m = 0.2565$					$\Gamma_m = 0.2932$					$\Gamma_m = 0.2933$				
$\Gamma_m X$	$5 - \Gamma_m X$	$e^{5 - mx}$	$e^{5 - mx} I_x m_x$		$\Gamma_m X$	$5 - \Gamma_m X$	$e^{5 - mx}$	$e^{5 - mx} I_x m_x$		$\Gamma_m X$	$5 - \Gamma_m X$	$e^{5 - mx}$	$e^{5 - mx} I_x m_x$	
2.309	2.692	14.754	0.000		2.639	2.361	10.604	0.000		2.640	2.360	10.594	0.000	
2.565	2.435	11.416	21.737		2.932	2.068	7.909	15.059		2.933	2.067	7.901	15.044	
2.822	2.179	8.833	25.808		3.225	1.775	5.899	17.236		3.226	1.774	5.893	17.217	
3.078	1.922	6.835	26.252		3.518	1.482	4.400	16.900		3.520	1.480	4.395	16.880	
3.335	1.666	5.288	31.250		3.812	1.188	3.282	19.393		3.813	1.187	3.278	19.368	
3.591	1.409	4.092	32.710		4.105	0.895	2.448	19.568		4.106	0.894	2.444	19.540	
3.848	1.153	3.166	28.895		4.398	0.602	1.826	16.663		4.400	0.601	1.823	16.638	
4.104	0.896	2.450	22.961		4.691	0.309	1.362	12.764		4.693	0.307	1.360	12.743	
4.361	0.640	1.896	18.015		4.984	0.016	1.016	9.653		4.986	0.014	1.014	9.637	
4.617	0.383	1.467	13.145		5.278	-0.278	0.758	6.790		5.279	-0.279	0.756	6.778	
4.874	0.127	1.135	9.556		5.571	-0.571	0.565	4.758		5.573	-0.573	0.564	4.749	
5.130	-0.130	0.878	7.091		5.864	-0.864	0.421	3.404		5.866	-0.866	0.421	3.397	
5.387	-0.387	0.679	4.907		6.157	-1.157	0.314	2.270		6.159	-1.159	0.314	2.266	
5.643	-0.643	0.526	3.504		6.450	-1.450	0.234	1.563		6.453	-1.453	0.234	1.559	
5.900	-0.900	0.407	2.551		6.744	-1.744	0.175	1.097		6.746	-1.746	0.174	1.094	
6.156	-1.156	0.315	1.633		7.037	-2.037	0.130	0.677		7.039	-2.039	0.130	0.675	
6.413	-1.413	0.244	0.979		7.330	-2.330	0.097	0.391		7.333	-2.333	0.097	0.390	

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

$r_m = 0.2565$					$r_m = 0.2932$					$r_m = 0.2933$				
$r_m X$	$5 - r_m X$	$e^{5 - r_m X}$	$e^{5 - \max}$	$I_{\lambda} m_{\lambda}$	$r_m X$	$5 - r_m X$	$e^{5 - r_m X}$	$e^{5 - \max}$	$I_{\lambda} m_{\lambda}$	$r_m X$	$5 - r_m X$	$e^{5 - r_m X}$	$e^{5 - \max}$	$I_{\lambda} m_{\lambda}$
6.669	-1.669	0.188	0.569		7.623	-2.623	0.073	0.219		7.626	-2.626	0.072	0.219	
6.926	-1.926	0.146	0.285		7.916	-2.916	0.054	0.106		7.919	-2.919	0.054	0.105	
7.182	-2.182	0.113	0.109		8.210	-3.210	0.040	0.039		8.212	-3.212	0.040	0.039	
7.439	-2.439	0.087	0.032		8.503	-3.503	0.030	0.011		8.506	-3.506	0.030	0.011	
7.695	-2.695	0.068	0.000		8.796	-3.796	0.022	0.000		8.799	-3.799	0.022	0.000	
ผลรวม 251.989					ผลรวม 148.561					ผลรวม 148.350				

ตารางผนวกที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (3x3 factorial) ของปริมาณไร *Lardoglyphus konoi* ระยะเกาะอาศัยที่เลี้ยงด้วยอาหาร 3 ชนิด ที่ระดับประชากรเริ่มต้น 3 ระดับ

Analysis of variance

SOV	df	SS	MS	F	P > F
Treatment	8	109.0047	13.6256		
A	2	94.3749	47.1874	68.56**	0.0001
B	2	10.0421	5.021	7.29**	0.0048
AB	4	4.5877	1.1469	1.67 ^{ns}	0.2015
Error	18	12.3893	0.6883		
Total	26	121.394			

A = ชนิดของอาหาร

B = ความหนาแน่นของประชากรเริ่มต้น

** = highly significance

ns = non- significance

CV = 27.47 เปอร์เซนต์