BRT 543047

วิทยานิพนธ์

นิเวศวิทยาของไรมะม่วง *Oligonychus mangiferus* (RAHMAN และ SAPRA) และการป้องกันกำจัดด้วยสารสกัดจากพืช

BIONOMICS OF MANGO MITE, *Oligonychus mangiferus* (RAHMAN AND SAPRA) AND ITS CONTROL USING PLANT CRUDE EXTRACTS

นางสาวชุติมา แสงสีจันทร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. ๒๕๔๕

Am 73

12 มี.ค. 2546

โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย
c/o ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
อาคารสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
73/1 ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี
กรุงเทพฯ 10400

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
ปริญญา

กีฏวิทยา
สาขา

กีฏวิทยา
ภาควิชา

เรื่อง นิเวศวิทยาของไรมะม่วง *Oligonychus mangiferus* (Rahman และ Sapra) และการป้องกันกำจัดด้วยสารสกัดจากพืช

Bionomics of Mango Mite, *Oligonychus mangiferus* (Rahman and Sapra) and Its Control Using Plant Crude Extracts

นามผู้วิจัย นางสาวชุติมา แสงสีจันทร์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....
(ศาสตราจารย์อังศุมาลย์ จันทราปัตย์, Ph.D.)

กรรมการ .....
(รองศาสตราจารย์โกศล เจริญสม, วท.ม.)

กรรมการ .....
(รองศาสตราจารย์ฉลองชัย แบบประเสริฐ, กส.บ.)

หัวหน้าภาควิชา .....
(รองศาสตราจารย์ชิตาภา เกตวัลห์, Doctorat d' Universite (Hons.))

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....
(ศาสตราจารย์ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, D.Agr.)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 5 **เดือน** ธ.ค. **พ.ศ** 2543

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

นิเวศวิทยาของไรมะม่วง *Oligonychus mangiferus* (Rahman และ Sapra) และการป้องกันกำจัดด้วยสารสกัดจากพืช

Bionomics of Mango Mite, *Oligonychus mangiferus* (Rahman and Sapra) and Its Control Using Plant Crude Extracts

โดย

นางสาวชุติมา แสงสีจันทร์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ.2545

ISBN 974-357-201-5

BRT 5430477

ชุติมา แสงสีจันทร์ 2545: นิเวศวิทยาของไรมะม่วง *Oligonychus mangiferus* (Rahman และ Sapra) และการป้องกันกำจัดด้วยสารสกัดจากพืช ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขากีฏวิทยา ภาควิชากีฏวิทยา ประธานกรรมการที่ปรึกษา: ศาสตราจารย์อังศุมาลย์ จันทราปัตย์, Ph.D. 88 หน้า
ISBN 974-357-201-5

ไรมะม่วง *Oligonychus mangiferus* (Rahman และ Sapra) เป็นศัตรูสำคัญของมะม่วงในประเทศไทย ไรจะดูดกินด้านบนใบทำให้พืชสูญเสียคลอโรฟิล, พืชชะงักการเจริญเติบโต และสูญเสียผลผลิต

การศึกษาวงจรชีวิตของไรที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54% พบว่า ไรมีวงจรชีวิต 12.01, 9.33 และ 7.43 วัน โดยมีอัตราการอยู่รอดเป็นตัวเต็มวัย 87.37, 79.40 และ 83.55% ตามลำดับ เพศเมียที่บริสุทธิ์มีอายุขัยเฉลี่ย 19.19, 16.32 และ 14.35 วัน มีอัตราการวางไข่ 19.58, 22.05 และ27.06 ฟอง/ตัว ส่วนเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์มีอายุขัยเฉลี่ย 18.88, 15.87 และ 13.13 วัน มีอัตราการวางไข่ 18.97, 22.64 และ 21.17 ฟอง/ตัว อัตราส่วนเพศผู้: เพศเมีย = 1: 1.27 ไรมีช่วงอายุขัยของกลุ่ม (T_c) 22.55, 17.69 และ 14.29 วัน, อัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (Ro) 12.03, 18.19 และ 10. 37 ตัว, อัตราการเพิ่มที่แท้จริง (r_m) 0.117, 0.174 และ 0.172 ตัว/วัน และอัตราการเพิ่มของประชากรต่อหน่วยเวลา (λ) 1.123, 1.190 และ 1.187 ตัว/วัน ที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบกับอาร์ทีเมีย พบว่า สารสกัดหยาบจากเถาหางไหล และเหง้าขมิ้นชันทำให้อาร์ทีเมียตาย 100% รองลงมาคือ โหระพา, เมล็ดน้อยหน่า และตะไคร้หอม ซึ่งทำให้อาร์ทีเมียตายมากกว่า 90% สารสกัดจากเถาหางไหล, เหง้าขมิ้นชัน, เมล็ดสะเดาอินเดีย และเมล็ดน้อยหน่าที่ได้จากการสกัดด้วย hexane-ethanol ทำให้อาร์ทีเมียตาย 100%

การทดสอบสารสกัดหยาบที่ผ่านการคัดเลือกกับไรมะม่วง พบว่าสารสกัดจากเถาหางไหลใน hexane และ hexane-ethanol ทำให้ไรตายสูงสุด รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากเมล็ดน้อยหน่าใน hexane และ เมล็ดลำไยใน hexane-ethanol

สารสกัดหยาบจากเถาหางไหลใน hexane มีประสิทธิภาพสูงในการทำลายตัวเต็มวัยของไร *Oligonychus mangiferus* เช่นเดียวกับ Kelthane® 18.5% EC ที่อัตรา 20 ซีซี./20 ลิตร (93.09%) โดยที่ระดับความเข้มข้น 3 และ 5% ทำให้ไรตาย 86.22 และ 93.39% ตามลำดับ ส่วนสารสกัดหยาบจากเถาหางไหลใน hexane-ethanol ที่ความเข้มข้น 5% ทำให้ตัวเต็มวัยของไรตายเพียง 56.68% ในขณะที่สะเดา-111® ที่อัตรา 25 ซีซี./20 ลิตร ฆ่าไรได้เพียง 1.84% เท่านั้น สารสกัดหยาบจากเถาหางไหลใน hexane และ hexane-ethanol มีค่า LC_{50} = 0.37 และ 11.40%ตามลำดับ

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ 5 มิ.ย. 2545

Chutima Sangsrijun 2002: Bionomics of Mango Mite *Oligonychus mangiferus* (Rahman and Sapra) and Its Control Using Plant Crude Extracts. Master of Science (Agriculture), Major Field Entomology, Department of Entomology, Thesis Advisor: Professor Angsumarn Chandrapatya, Ph.D. 88 pages.
ISBN 974-357-201-5

The mango mite, *Oligonychus mangiferus* (Rahman and Sapra) is a serious pest of mango in Thailand. It feeds on the upper leaf surface of mango resulting in chlorophyll reduction which then affected plant growth and eventually yield loss.

The life cycle was observed under the laboratory conditions at 24, 28 and 32 °C with 84, 64 and 54% RH, respectively. *Oligonychus mangiferus* completed its life cycle within 12.01, 9.33 and 7.43 days. The percentages of adult survival rate were 87.37, 79.40 and 83.55% at 24, 28 and 32 °C. The unfertilized female lived 19.19, 16.32 and 14.35 days and 19.58, 22.05 and 27.06 eggs were laid per female. The fertilized female lived 18.88, 15.87 and 13.13 days with egg production of 18.97, 22.64 and 21.17 eggs per female. Sex ratio was 1: 1.27 male: female. The cohort generation time (Tc) was 22.55,17.69 and 14.39 days, the net reproductive rate of increase (Ro) was 12.03, 18.19 and 10.37 individuals, the intrinsic rate of increase (r_m) was 0.117, 0.174 and 0.172 individuals/day and the finite rate of increase (λ) was 1.123, 1.190 and 1.187 individuals/day at 24, 28 and 32 °C respectively.

The effectiveness of plant crude extracts on *Artemia* revealed that *Derris elliptica* and *Curcuma domestica* extracts in hexane induced 100% mortality to *Artemia* followed by crude extracts of *Oscimum basilicum*, *Annnona squamosa* seed and *Cymbopogon winterianus* caused over 90% mortality. When hexane-ethanol was used as the solvent extract, *D. elliptica*, *C. domestica*, *Azadirecta indica* var. *indica* seed and *A. squamosa* seed, caused 100% mortality to *Artemia*.

The results of selected plant crude extract on mango mite indicated that the extract of *D. elliptica*, both in hexane and hexane-ethanol, induced highest mite mortality followed by crude extract of *A. squamosa* seed in hexane and crude extract of *D. longan* seed in hexane-ethanol.

The 3% and 5% crude extracts of *D. elliptica* in hexane were as effective as Kelthane® 18.5%EC at the rate of 20 ml/20 L (93.09%), producing 86.22% and 93.39% mite mortality. The hexane-ethanol crude extract of *D. elliptica* at 5% induced 56.68% mortality whereas only 1.84% mortality occurred when the Sadao-III® at the rate of 25 ml/20 L was used. The LC_{50} of crude extracts from *D. elliptica* in hexane and hexane-ethanol equaled 0.37 and 11.40 %, respectively.

C. Sangsrijun — Student's signature

A. Chandrapatya — Thesis Advisor's signature

5, 06, 2002

คำนิยม

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี โดยความกรุณาจาก ศาสตราจารย์ ดร. อังศุมาลย์ จันทราปัตย์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์โกศล เจริญสม กรรมการสาขาวิชาเอก รองศาสตราจารย์ฉลองชัย แบบประเสริฐ กรรมการสาขาวิชารอง ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำจนเป็นที่สำเร็จเรียบร้อย ตลอดจน ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิณทิพย์ กรรณสูตร ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำชี้แนะ นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุรพล จันทราปัตย์ ที่กรุณาให้คำชี้แนะตลอดมาซึ่งเป็นประโยชน์แก่นักวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณจำลอง นาคพวง, คุณยรรยง เฉลิมแสน, คุณสุธิดา สกุลวาริน, คุณนุชนาถ วารีสมบูรณ์, คุณเสาวนิตย์ ไหมมาลา, คุณภาวินี หนูชนะภัย, คุณนวรัตน์ นุศาสตร์เลิศ และคุณธริณี มัชฌิมกะที่กรุณาช่วยเหลือและให้คำแนะนำผู้วิจัยตลอดมาจนเป็นผลสำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และขอบคุณ พี่ๆ น้องๆ ตลอดจนเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในการศึกษาครั้งนี้จนประสบความสำเร็จ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยครั้งนี้คงจะเป็นประโยชน์แก่ผู้อื่นต่อไป

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT 543047

ชุติมา แสงสีจันทร์

พฤษภาคม 2545

สารบาญ

หน้า

สารบาญ (1)
สารบาญตาราง (3)
สารบาญภาพ (5)
คำนำ 1
การตรวจเอกสาร 4
มะม่วง 4
พันธุ์มะม่วงในประเทศไทย 4
มะม่วงกินสุก 4
มะม่วงมัน 4
มะม่วงแปรรูป 5
พื้นที่เพาะปลูกมะม่วงในประเทศไทย 5
แมลงศัตรูมะม่วง 5
ไรศัตรูพืช 6
ไรศัตรูมะม่วง 7
ไรมะม่วงหรือไรแดงมะม่วง 8
เขตการแพร่กระจาย 9
ลักษณะทั่วไปของไรมะม่วง 9
วงจรชีวิตและการขยายพันธุ์ของไรมะม่วง 10
การป้องกันกำจัด 11
สารสกัดจากพืช 12
คุณสมบัติของสารสกัดจากพืช 12
วิธีการสกัดสาร 13
ฤทธิ์ของสารสกัด 13
ผลของสารสกัดจากพืชที่มีต่อศัตรูพืชบางชนิด 14
การใช้อาร์ทีเมียทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 15
อุปกรณ์และวิธีการ 17
การขยายพันธุ์ไรมะม่วงในห้องปฏิบัติการ 17
การศึกษาชีววิทยาของไรมะม่วง 17
การศึกษาวงจรชีวิต 17

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

การศึกษาอายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์ 18
การศึกษาอายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์ของไร
ที่ได้รับการผสมพันธุ์ 18
การศึกษาอายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์ของไร
ที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ 18
การศึกษาตารางชีวิต 19
การสกัดสารจากพืช 20
การคัดเลือกสารสกัดโดยทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบกับอาร์ทีเมีย 21
การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบบางชนิดกับไรมะม่วง 22
การทดสอบฤทธิ์การเป็นสารไล่ 22
การทดสอบฤทธิ์การเป็นสารฆ่าไร 22
การทดสอบสารสกัดจากพืชที่มีประสิทธิภาพสูงกับไรมะม่วงในห้องปฏิบัติการ 23
ผลการทดลองและวิจารณ์ 35
การศึกษาชีววิทยาของไรมะม่วง 35
การศึกษาวงจรชีวิต 35
การศึกษาอายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์ 45
อายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์ ของไรเพศเมีย
ที่ได้รับการผสมพันธุ์ 45
อายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์ ของไรเพศเมีย
ที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ 47
การศึกษาตารางชีวิต 52
การสกัดสารจากพืช 63
การคัดเลือกสารสกัดโดยทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบกับอาร์ทีเมีย 63
การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบ 11 ชนิดกับไรมะม่วง 67
การทดสอบฤทธิ์การเป็นสารไล่ 67
การทดสอบฤทธิ์การเป็นสารฆ่าไร 70
การทดสอบสารสกัดหยาบจากเถาหางไหลกับไรมะม่วง 74
สรุปผลการทดลอง 76
เอกสารอ้างอิง 77

สารบาญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 การเจริญเติบโตของไร *Oligonychus mangiferus* ที่อุณหภูมิ 24 ± 1, 28 ± 1 และ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54 % 43
2 อัตราการตายของไร *Oligonychus mangiferus* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 ± 1, 28 ± 1 และ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54 % 44
3 อายุขัยเฉลี่ย และอัตราการขยายพันธุ์ของไร *Oligonychus mangiferus* ที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้ว ที่อุณหภูมิ 24 ± 1, 28 ± 1 และ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54 % 50
4 อายุขัยเฉลี่ย และอัตราการขยายพันธุ์ของไร *Oligonychus mangiferus* ที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ ที่อุณหภูมิ 24 ± 1, 28 ± 1 และ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54 % 51
5 ตารางชีวิต และอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_0) ของไร *Oligonychus mangiferus*ที่ อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84 % 56
6 ตารางชีวิต และอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_0) ของไร *Oligonychus mangiferus*ที่ อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 64 % 57
7 ตารางชีวิต และอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_0) ของไร *Oligonychus mangiferus*ที่ อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 54 % 58
8 อัตราการอยู่รอดและอัตราการตายของไร *Oligonychus mangiferus* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84 % 59
9 อัตราการอยู่รอดและอัตราการตายของไร *Oligonychus mangiferus* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 64 % 60
10 อัตราการอยู่รอดและอัตราการตายของไร *Oligonychus mangiferus* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 54 % 61
11 ค่าที่คำนวนได้จากตารางชีวิตของไร *Oligonychus mangiferus* ที่อุณหภูมิ 24 ± 1, 28 ± 1 และ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54 % 62
12 น้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดด้วย hexane และสกัดต่อเนื่องด้วย ethanol. 65
13 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชที่มีต่ออาร์ทีเมียที่ระดับความเข้มข้น 1, 2.5, 5 และ 10% 66

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

14 อัตราการอยู่รอดของไร *Oligonychus mangiferus* บนใบมะม่วงด้านที่ทาสารสกัดจากพืชหลังการทดสอบ 6, 12, 24,48 และ72 ชั่วโมง 68

15 อัตราการติดกาวของไร *Oligonychus mangiferus* ที่เวลา 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง 69

16 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชที่มีต่ออัตราการตายของไร *Oligonychus mangiferus* หลังการทดสอบ 6, 12, 24,48 และ72 ชั่วโมง 72

17 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชที่มีต่ออัตราการวางไข่ของไร *Oligonychus mangiferus* หลังการทดสอบ 6, 12, 24,48 และ72 ชั่วโมง 73

18 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากหางไหลที่มีต่อไร *Oligonychus mangiferus* โดยมีสารเคมี และสารสกัดจากพืชเป็นตัวเปรียบเทียบ 75

ตารางผนวกที่

1 การแทนค่าในสมการ $e^{rmx}l_xm_x = 148.41$ ที่อุณหภูมิ 24 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84% 85

2 การแทนค่าในสมการ $e^{rmx}l_xm_x = 148.41$ ที่อุณหภูมิ 28 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 64% 87

3 การแทนค่าในสมการ $e^{rmx}l_xm_x = 148.41$ ที่อุณหภูมิ 32 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 54% 88

สารบาญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การขยายพันธุ์ไร *Oligonychus mangiferus* ภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิ	24
2	กล่องเลี้ยงไรเพื่อศึกษาวงจรชีวิตที่อุณหภูมิต่างๆ	25
3	พืชที่ใช้ในการสกัดสาร	26
4	เครื่องสกัด (Soxhlet apparatus) ใช้สกัดสารที่มีฤทธิ์ในการทำลายศัตรูพืช ออกจากชิ้นส่วนของพืช	27
5	เครื่องระเหยสาร (Evaporator) ใช้ระเหยเอาตัวทำละลายออกจากสารสกัดหยาบ	28
6	Flask ที่ใช้เพาะฟักไข่อาร์ทีเมีย แต่ละ Flask มีสายยางต่อกับปั๊มขนาดเล็ก เพื่อให้อากาศอย่างต่อเนื่อง	29
7	การแยกอาร์ทีเมียที่ฟักแล้วออกจากเปลือกไข่ โดยใช้แสงไฟช่วยดึงดูดอาร์ทีเมีย ซึ่งมีนิสัยชอบเคลื่อนที่เข้าหาแสง	30
8	Microwell plate ซึ่งหยดสารสกัดหยาบหลุมละ 20 ไมโครลิตร สำหรับทดสอบ ประสิทธิภาพของสารสกัดกับอาร์ทีเมีย	31
9	โถระเหยแห้งสูญญากาศ สำหรับระเหยตัวทำละลายออกจากสารสกัดหยาบ ก่อนนำไปทดสอบกับอาร์ทีเมีย	32
10	การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบกับไรมะม่วงโดยทาสารสกัดครึ่งใบ และอีกครึ่งใบทาด้วย ethanol ก่อนปล่อยไรตัวเต็มวัยลงบนเส้นกลางใบ	33
11	เครื่องพ่นสาร (Potter's spray tower)	34
12	ไร *Oligonychus mangiferus* ระยะต่างๆ	40
13	ตัวเต็มวัยของไรแดงมะม่วง *Oligonychus mangiferus*	41
14	ลักษณะสำคัญทางอนุกรมวิธานของไร *Oligonychus mangiferus*	42
15	การผสมพันธุ์ของไร *Oligonychus mangiferus*	49
16	อัตราการอยู่รอดของไรมะม่วง *Oligonychus mangiferus* เพศเมียซึ่งเลี้ยง ที่อุณหภูมิ 24± 1, 28± 1 และ 32± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54% ตามลำดับ	54
17	ปริมาณการวางไข่ของไร *Oligonychus mangiferus* ที่อุณหภูมิ 24 ± 1, 28 ± 1 และ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54%	55
18	ผลการทดสอบสารสกัดหยาบ ต่ออัตราการวางไข่ของไร *Oligonychus mangiferus* ที่เวลา 6 ชั่วโมง	70

นิเวศวิทยาของไรมะม่วง *Oligonychus mangiferus* (Rahman และ Sapra) และการป้องกันกำจัดด้วยสารสกัดจากพืช

Bionomics of Mango Mite, *Oligonychus mangiferus* (Rahman and Sapra) and Its Control Using Plant Crude Extracts

คำนำ

มะม่วงเป็นไม้ผลเมืองร้อนที่นิยมปลูกกันมาก และถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีถิ่นกำเนิดแถบอินโดนีเซีย และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น อินโดนีเซีย, ฟิลิปปินส์ และไทย มะม่วงจัดอยู่ในวงศ์ Anacardiaceae ซึ่งประกอบด้วยพืชประมาณ 73 สกุล (genera), 600 ชนิด (species) เช่น มะม่วงหิมพานต์, มะกอก, มะปริง, มะปราง และมะม่วง เป็นต้น มะม่วงที่นิยมปลูกเป็นการค้ามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Mangifera indica* L. ซึ่งมีหลายพันธุ์ แบ่งตามประโยชน์ที่ใช้ได้ 3 ประเภท คือ มะม่วงกินสุก เช่น อกร่อง และน้ำดอกไม้ มะม่วงมันหรือมะม่วงกินดิบ เช่น เขียวเสวย, ฟ้าลั่น และเพชรบ้านลาด และมะม่วงแปรรูป เช่น มะม่วง 3 ปี และมะม่วงแก้ว เป็นต้น (วิจิตร, 2533)

มะม่วงนอกจากจะสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีในเกือบทุกภาคแล้ว ยังมีพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละพื้นที่ให้เลือกอีกมากมาย จึงทำให้เกษตรกรนิยมปลูกมะม่วงกันมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากพื้นที่เพาะปลูกมะม่วงซึ่งเพิ่มขึ้นเกือบทุกปี เช่น ในปีเพาะปลูก 2537 มีพื้นที่ปลูกมะม่วงรวมทั้งประเทศเพียง 1,757,050 ไร่ ให้ผลผลิตรวม 1,259,989,000 กิโลกรัม และในปีเพาะปลูก 2539 พื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้นเป็น 2,064,408 ไร่ ให้ผลผลิตรวม 1,181,280,000 กิโลกรัม แหล่งปลูกมะม่วงเชิงการค้าที่สำคัญ ได้แก่ พิษณุโลก, นครราชสีมา,พิจิตร, ขอนแก่น, ชัยภูมิ, อ่างทอง, พระนครศรีอยุธยา, ฉะเชิงเทรา, ปราจีนบุรี, นครปฐม และราชบุรี (กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร, 2537, 2539)

ในปีหนึ่งๆ มะม่วงสามารถทำรายได้ให้กับเกษตรกรเป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นการขายภายในประเทศ หรือส่งไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ ตลาดมะม่วงที่สำคัญ คือ ฮ่องกง, สิงคโปร์, มาเลเซีย, ญี่ปุ่น และประเทศในทวีปยุโรป อย่างไรก็ตามปริมาณการส่งออกมะม่วงสุกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ปีเพาะปลูก 2538/2539 โดยในปีเพาะปลูก 2538/2539 มูลค่าของมะม่วงที่เกษตรกรขายได้คือ 1,689.18 ล้านบาท ในปีเพาะปลูก 2539/2540 ขายได้เพียง 807.70 ล้านบาท และในปีเพาะปลูก 2541/2542 มูลค่าของมะม่วงที่

เกษตรกรขายได้เหลือเพียง 574.19 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2543) เนื่องจากคุณภาพของผลผลิตไม่ได้มาตรฐาน โดยเฉพาะปัญหาเรื่องโรคและแมลง จึงทำให้ผลผลิตด้อยคุณภาพ ดังนั้นผลผลิตส่วนใหญ่จึงเหลือบริโภคภายในประเทศมากขึ้น

ถึงแม้ว่าปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงจะได้รับการพัฒนาให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น แต่ชาวสวนมะม่วงก็ยังต้องประสบกับปัญหาด้านต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของมะม่วง โดยเฉพาะปัญหาด้านแมลงศัตรูมะม่วง เช่น หนอนผีเสื้อเจาะช่อดอก, เพลี้ยไฟ, เพลี้ยจักจั่น, หนอนกัดกินผล และแมลงวันทอง ซึ่งจะทำลายมะม่วงในระยะแทงช่อดอก จนถึงผลแก่ รวมทั้งไรศัตรูมะม่วงซึ่งมีบทบาทสำคัญเช่นกัน

ไรมะม่วง *Oligonychus mangiferus* (Rahman และ Sapra) จัดเป็นศัตรูชนิดหนึ่งของมะม่วง ซึ่งสามารถทำลายมะม่วงได้ทุกระยะของการเจริญเติบโต โดยจะดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบที่มีลักษณะไม่แก่และไม่อ่อนนัก การดูดกินของไรจะทำให้ใบมะม่วงสูญเสียคลอโรฟิล และสังเคราะห์แสงได้น้อยลง ซึ่งมีผลให้มะม่วงชะงักการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตลดลง ไรมะม่วงชนิดนี้มีวงจรชีวิตที่สั้นมาก จึงทำให้การแพร่ระบาดเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไรมะม่วงมักจะระบาดรุนแรงมากในสภาพอากาศแห้งแล้ง หรือช่วงกลางฤดูฝนขณะฝนทิ้งช่วง (สนั่น, 2527) ดังนั้นเกษตรกรจึงต้องควบคุมไรศัตรูพืชโดยใช้สารเคมี เพื่อลดความเสียหายจากการทำลายของไรศัตรูพืช ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ในขณะที่ราคาผลผลิตที่เกษตรกรขายได้มีแนวโน้มคงที่หรือลดลง นอกจากนั้นการใช้สารเคมีบ่อยครั้งเพื่อควบคุมไรศัตรูพืช ยังอาจก่อให้เกิดปัญหาหลายประการ เช่น ไรศัตรูพืชสร้างความต้านทานต่อสารเคมี และเกิดปัญหาพิษตกค้างของสารเคมีในผลผลิตและในสภาพแวดล้อม เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงเริ่มมีการนำสารสกัดจากพืชและศัตรูธรรมชาติมาใช้กำจัดศัตรูพืชเพื่อทดแทนสารเคมีกันมากขึ้น

ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2535-2539) ได้กำหนดให้มีการสนับสนุนการใช้สารเคมีที่ถูกวิธี และลดการใช้สารเคมีในอนาคต เพื่อมิให้เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและตัวเกษตรกรเอง โดยเร่งรัดงานวิจัยและการป้องกันกำจัดศัตรูพืชด้วยการใช้สารสกัดจากพืชเพื่อทดแทนสารเคมี และนำไปเผยแพร่ให้เกษตรกรใช้เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากเกษตรกรสามารถผลิตสารสกัดจากพืชขึ้นใช้ได้เองโดยวิธีง่ายๆ ปัจจุบันสารสกัดจากพืชที่สามารถนำมาใช้กำจัดศัตรูพืชได้มีหลายชนิด เช่น สารสกัดจากดอกยี่โถใช้ควบคุมมอดข้าวสาร (Rao, 1960), สารสกัดจากใบของต้นเลี่ยนใช้ควบคุมแมลงศัตรูผักและไม้ผล (Guy และคณะ, 1965) สารสกัดจากสลอดและเมล็ดน้อยหน่าใช้ฆ่าหนอนหลอดหอม (ณรรฐพล และคณะ, 2531) และสาร azadirachtin และ tetraterpenoids จากสะเดา ซึ่งใช้ป้องกันกำจัดแมลงได้หลายชนิด เช่น เพลี้ย, หนอนผีเสื้อหลายชนิด, แมลงศัตรูพืชผัก, ไม้ดอกไม้ประดับ, ไม้ผล และไรแดงถั่ว (ขวัญชัย, 2540) นอกจากนี้ยังมีสาร

จากพืชอีกหลายชนิด ที่มีแนวโน้มว่าสามารถนำมาใช้ป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ เช่น สาร isoeugenol จากกระเพราและโหระพา, สาร geraniol จากตะไคร้หอม, สาร rotinone จากหางไหล และสาร curcumene จากขมิ้นชัน เป็นต้น (อุดมลักษณ์, 2540; อารมณ์, 2541) สารเหล่านี้ได้มีการทดลองนำไปใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชหลายชนิด เช่น หนอนผีเสื้อ, เพลี้ย, ด้วงถั่ว และไส้เดือนฝอย แต่ยังไม่พบว่ามีการนำสารสกัดจากพืชเหล่านี้ไปใช้ป้องกันกำจัดไรศัตรูพืช โดยเฉพาะไรมะม่วง (*O. mangiferus*) แต่อย่างใด

ด้วยเหตุนี้ การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชซึ่งมีแนวโน้มว่าสามารถนำมากำจัดศัตรูพืชได้จำนวน 9 ชนิด ได้แก่ กระเพรา, กระเทียม, ขมิ้นชัน, ตะไคร้หอม, น้อยหน่า, ลำไย, หางไหล, โหระพา และสะเดา เพื่อนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดไร *O. mangiferus* จึงนับว่าเป็นเรื่องที่น่าสนใจ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการป้องกันกำจัดไรศัตรูพืช ซึ่งนอกจากจะช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมีและช่วยลดต้นทุนการผลิตแล้ว ยังลดมลภาวะซึ่งเกิดจากสารเคมีตกค้างในสภาพแวดล้อมได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวงจรชีวิตและตารางชีวิตของไรมะม่วง *O. mangiferus* ในห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิต่างๆ
2. เพื่อศึกษาอัตราการขยายพันธุ์และอัตราส่วนเพศของไร *O. mangiferus*
3. เพื่อคัดเลือกสารสกัดจากพืชที่มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันกำจัดไรมะม่วง *O. mangiferus* ในห้องปฏิบัติการ

การตรวจเอกสาร

มะม่วง

พันธุ์มะม่วงในประเทศไทย

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นไม้ยืนต้น จัดอยู่ในวงศ์ Anacardiaceae มะม่วงเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีลำต้นตรง มีกิ่งก้านแผ่เป็นทรงพุ่มที่แน่นทึบ เป็นไม้ไม่ผลัดใบที่มีอายุยืนมากกว่า 100 ปี พืชในวงศ์นี้มีประมาณ 73 สกุล (genus), 600 ชนิด (species) ส่วนใหญ่เป็นพืชที่ขึ้นอยู่ในเขตร้อน นอกจากมะม่วงแล้วยังมีพืชอื่นๆ ที่รู้จักกันดีในวงศ์นี้ เช่น มะกอก (*Spondias pinnata* Kurz.), มะปริง (*Bouea burmanica* Griff.) และมะปราง (*Bouea macrophylla* Griff.) ซึ่งใช้เนื้อผลเป็นอาหาร หรือมะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale* L.) ซึ่งนิยมกินเมล็ด นอกจากนั้นยังมีพืชที่ให้ยาง (resin), น้ำมัน (oil) และน้ำมันชักเงา (lacquers) เช่น ต้นวาร์นิช (*Oxicodendron varnicifera* (DC) และ Barkley) เป็นต้น (วิจิตร, 2529)

มะม่วงที่ปลูกในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีลักษณะของผล, เนื้อ และรสชาติแตกต่างกันไป หากแบ่งพันธุ์มะม่วงตามประเภทของการใช้แล้ว จะแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

มะม่วงกินสุก

มะม่วงประเภทนี้ขณะที่ดิบอยู่มีรสเปรี้ยวมาก พอสุกได้ที่จะมีรสหวาน ตลาดโลกส่วนใหญ่รู้จักแต่มะม่วงกินสุกเท่านั้น มะม่วงพันธุ์ที่นิยมขายกันในตลาดต่างประเทศ ได้แก่ พันธุ์น้ำดอกไม้, ทองดำ และหนังกลางวัน นอกจากนี้ยังมีพันธุ์อกร่อง, โชคอนันต์, พิมเสนแดง และแก้วลืมรัง เป็นต้น

มะม่วงมัน

เป็นมะม่วงกินดิบ ใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่ผลยังไม่แก่จนถึงผลแก่ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ตลาดของมะม่วงมันค่อนข้างจำกัด ส่วนใหญ่เราใช้บริโภคภายในประเทศ มะม่วงมันพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากที่สุดคือมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย นอกจากนั้นยังมีพันธุ์พิมเสนมัน, ฟ้าลั่น, หนองแซง, เพชรบ้านลาด, บางขุนศรี และเจ้าคุณทิพย์ เป็นต้น

มะม่วงแปรรูป

มะม่วงที่นำไปใช้ในการแปรรูปนั้น เมื่อแก่จัดมีรสอมเปรี้ยว เมื่อสุกมีรสหวานอมเปรี้ยว ผลมะม่วงอาจนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายอย่าง เช่น มะม่วงดอง, แยมมะม่วง, มะม่วงเค็ม, มะม่วงตากแห้ง, ไวน์มะม่วง, ซัทนีมะม่วง, น้ำมะม่วง, มะม่วงแผ่น และมะม่วงสามรส เป็นต้น มะม่วงทุกพันธุ์ไม่สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ทุกชนิด ผลิตภัณฑ์บางชนิดต้องการพันธุ์มะม่วงที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น มะม่วงดอง ผลต้องมีเนื้อแน่นจึงนิยมใช้มะม่วงพันธุ์แก้ว สำหรับน้ำมะม่วงถ้าจะให้รสดีต้องทำมาจากมะม่วงพันธุ์สามปี เป็นต้น พันธุ์มะม่วงที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมแปรรูปในปัจจุบัน ได้แก่ มะม่วงแก้ว, มะม่วงสามปี และมะม่วงตลับนาค (นิรนาม, 2530; วิจิตร, 2533; เฉลิมชัย, 2539)

พื้นที่เพาะปลูกมะม่วงในประเทศไทย

มะม่วงเป็นไม้ผลที่ได้รับความสนใจจากเกษตรกรอย่างกว้างขวาง เพราะนอกจากจะเป็นพืชที่ปลูกง่ายและสามารถขึ้นได้ดีในสภาพดินแทบทุกชนิดแล้ว มะม่วงยังเป็นพืชที่นำมาใช้ประโยชน์ได้มาก จึงทำให้มะม่วงเป็นพืชที่มีคนรู้จักและนิยมปลูกกันทั่วไป (สนั่น, 2533) ปัจจุบันความต้องการมะม่วงทั้งตลาดภายในและต่างประเทศมีปริมาณสูงขึ้น ทำให้มะม่วงกลายเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถทำรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกเป็นจำนวนมาก ชาวต่างประเทศเริ่มรู้จักและนิยมรับประทานมะม่วงไทย เนื่องจากมีรสชาติดี และมีกลิ่นหอมชวนรับประทาน จึงส่งผลให้มีการเพิ่มปริมาณพื้นที่เพาะปลูกมะม่วงมากขึ้น เช่น ในปีเพาะปลูก 2537 พื้นที่ปลูกมะม่วงรวมทั้งประเทศมีเพียง 1,757,050 ไร่ แต่ในปีเพาะปลูก 2539 มีพื้นที่เพาะปลูกรวมทั้งประเทศถึง 2,064,408 ไร่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงระยะเวลาเพียง 2 ปี พื้นที่เพาะปลูกมะม่วงได้เพิ่มขึ้นถึง 307,358 ไร่ มะม่วงพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุดคือพันธุ์แก้ว รองลงมาเป็นพันธุ์เขียวเสวย และพันธุ์น้ำดอกไม้ แหล่งที่มีการปลูกมะม่วงมากที่สุดคือจังหวัดนครราชสีมา รองลงมาคือจังหวัดฉะเชิงเทรา และจังหวัดชัยภูมิ โดยมีพื้นที่ปลูกคิดเป็นร้อยละ 7.62, 4.34 และ 3.79 ของพื้นที่รวมตามลำดับ ในปีพศ. 2539 ราคาผลผลิตที่เกษตรกรขายได้ที่สวนเฉลี่ยกิโลกรัมละ 14.30 บาท (กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร, 2537, 2539)

แมลงศัตรูมะม่วง

การปลูกมะม่วงในปัจจุบัน ไม่ว่าจะปลูกเพื่อขายภายในประเทศหรือส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศ เกษตรกรจะประสบปัญหาซึ่งทำให้ผลผลิตมะม่วงลดลง ทั้งๆ ที่พื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้น

ปัญหาที่พบนอกเหนือจากการปฏิบัติดูแลรักษาในระยะต่างๆ แล้วก็คือ ปัญหาในการควบคุมและป้องกันกำจัดศัตรูพืช

โกศล (2533) รายงานว่า แมลงศัตรูมะม่วงในประเทศไทยมีประมาณ 126 ชนิด จัดอยู่ใน 10 อันดับ (order), 50 วงศ์ (family) แมลงศัตรูมะม่วงทำลายมะม่วงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ระยะกล้า, แตกใบอ่อน, แทงช่อ, ติดผล จนกระทั่งถึงผลแก่ ศัตรูที่สำคัญและพบอยู่เสมอ ได้แก่ เพลี้ยจักจั่น (mango leafhopper) หรือที่ชาวบ้านเรียกกันว่า "แมงกะอ้า" โดยตัวอ่อนและตัวแก่จะดูดกินน้ำเลี้ยงจากช่อดอก ทำให้ดอกแห้งและร่วง หรือติดผลไม่เต็มที่ และแมลงจะขับถ่ายของเสียซึ่งมีลักษณะเป็นน้ำหวานลงบนใบและช่อดอกทำให้เกิดราดำ เป็นผลให้การสังเคราะห์แสงลดลง นอกจากนั้นยังมีเพลี้ยไฟ (thrips) ซึ่งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยดูดกินน้ำเลี้ยงจากส่วนต่างๆ, แมลงค่อมทอง (*Hypomeces squamosus* F.) ซึ่งตัวหนอนกัดกินรากพืช ส่วนตัวเต็มวัยกัดกินใบ, หนอนผีเสื้อเจาะยอดมะม่วง (*Chlumetia transversa* Walker) ซึ่งจะกัดกินและอาศัยอยู่ในก้านใบ, ก้านดอก และยอดอ่อน ทำให้ดอกแห้งไม่ออกดอก, แมลงวันผลไม้หรือแมลงวันทอง (*Dacus dorsalis* Hendel.) ซึ่งเป็นศัตรูสำคัญที่ก่อให้เกิดอุปสรรคในการส่งมะม่วงออกขายในต่างประเทศ ปัจจุบันหลายๆ ประเทศจะห้ามนำเข้าผลไม้จากแหล่งผลิตที่มีแมลงวันทองระบาด โดยเฉพาะตลาดญี่ปุ่น นอกจากนี้ยังมีแมลงศัตรูอื่นๆ ซึ่งมีความสำคัญมากน้อยแตกต่างกันไป เช่น หนอนผีเสื้อทำลายใบมะม่วง (mango leaf-eating caterpillars), หนอนเจาะเมล็ดมะม่วง (mango seed borer), เพลี้ยหอยและเพลี้ยแป้ง (mango scales และ mango mealybugs) (วิจิตร, 2529; โกศล, 2533; สราญจิต, 2538; เฉลิมชัย, 2539)

ไรศัตรูพืช

ไรศัตรูพืช (phytophagous mite) จัดอยู่ในอันดับย่อย (suborder) Actinedida (Krant, 1978) ไรศัตรูพืชส่วนใหญ่มีรูปร่างอ้วนกลม หรือรูปไข่ บางชนิดมีลำตัวแบนหรือเรียวยาวคล้ายหนอน ไรศัตรูพืชหลายชนิดไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เกษตรกรจะทราบว่ามีไรลงทำลายพืชได้ก็ต่อเมื่อพืชแสดงอาการผิดปกติให้เห็น เช่น ใบด่าง, เหลืองซีด, บิดเบี้ยว, ใบหงิก หรือเกิดปุ่มปมบนส่วนต่างๆ ของพืช ไรศัตรูพืชดูดกินอาหารโดยใช้อวัยวะที่มีลักษณะเป็นเข็มแหลม (stylets) แทงเข้าไปในเนื้อเยื่อของพืชเพื่อดูดกินน้ำเลี้ยง ไรศัตรูพืชนอกจากทำลายพืชได้หลายชนิด ทั้งพืชผัก, ไม้ดอกไม้ประดับ, ไม้ผล และพืชไร่แล้ว ยังสามารถทำลายพืชได้แทบทุกส่วน ไม่ว่าจะเป็นใบ, ดอก, ผล, ตา, หรือแม้กระทั่งราก (อังศุมาลย์, 2539; Jeppson และคณะ, 1975)

ไรศัตรูพืชที่สำคัญมี 4 วงศ์ ได้แก่ ไรแมงมุมหรือไรแดง (วงศ์ Tetranychidae), ไรแมงมุมเทียมหรือไรแดงเทียม (วงศ์ Tenuipalpidae), ไรขาว (วงศ์ Tarsonemidae) และไรสี่ขา (วงศ์ Eriophyidae)

ไรแมงมุมนับเป็นไรศัตรูพืชที่สำคัญที่สุดในประเทศไทย ไรชนิดนี้จะทำความเสียหายให้กับพืชเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น มะม่วง, มะละกอ, ทุเรียน, ส้ม, องุ่น และกุหลาบ เป็นต้น (วัฒนา และคณะ, 2535; เทวินทร์และคณะ, 2538; อังศุมาลย์, 2539)

ไรแมงมุมหรือไรแดง เป็นไรศัตรูพืชที่มีขนาดโตกว่าไรศัตรูพืชชนิดอื่นๆ จึงสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยจะเห็นเป็นจุดสีเล็กๆ เคลื่อนไหวไปมาบนใบพืช ไรแมงมุมมีสีแตกต่างกัน เช่น แดง, แดงปนดำ, เขียว และเหลือง ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชอาหารที่ดูดกิน ไรแมงมุมส่วนใหญ่มักชอบอยู่รวมกันเป็นกลุ่มและสร้างเส้นใยปกคลุมบริเวณที่อยู่อาศัย เส้นใยดังกล่าวจะช่วยรักษาความชื้น, ป้องกันภัยจากไรตัวห้ำ และเป็นที่ยึดเกาะของไรแมงมุมในระยะพักตัว ด้วยความสามารถในการชักใยคล้ายแมงมุมนี้เอง เราจึงเรียกไรชนิดนี้ว่า "ไรแมงมุม" (spider mite)

ไรแมงมุมแต่ละชนิดมีนิสัยชอบดูดกินตามส่วนต่างๆ ของพืชแตกต่างกันไป เช่น ไรในสกุล *Tetranychus* บางชนิดชอบดูดกินอยู่ด้านใต้ใบ, ไร *Eutetranychus africanus* (Tucker) ทำลายด้านหน้าใบของสาลี่, แอปเปิ้ล, องุ่น และถั่ว (Jeppson และคณะ, 1975) และไรแมงมุมมะม่วงหรือไรมะม่วง *O. mangiferus* ดูดกินอยู่ด้านหน้าของใบมะม่วง เป็นต้น

ไรศัตรูมะม่วง

ไรศัตรูมะม่วงมีหลายชนิด เช่น *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) อยู่ในวงศ์ Tarsonemidae ทำลายใบอ่อนหรือยอดอ่อนของต้นกล้ามะม่วง ไรชนิดนี้ถือ ได้ว่าไม่ค่อยทำอันตรายต่อมะม่วงมากนัก, ไร *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) อยู่ในวงศ์ Tenuipalpidae จะดูดทำลายอยู่ด้านใต้ใบมะม่วง, ไร *Aceria mangiferae* Sayed ทำลายตาดอกและตาใบของมะม่วง ทำให้ใบและช่อดอกไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ มะม่วงหยุดชะงักการเจริญเติบโต หรือเจริญเติบโตช้าลง นอกจากนั้นบริเวณก้านช่อจะมีช่วงข้อสั้น และแตกออกในลักษณะเป็นกระจุกคล้ายไม้กวาด, แคระแกรน, โดยเฉพาะส่วนที่อ่อนจะได้รับความเสียหายมากที่สุด ไรชนิดนี้เคยมีรายงานการแพร่ระบาดในประเทศบราซิล, อียิปต์, เม็กซิโก, อินเดีย, เวเนซุเอลา และฟลอริดา ไรอีกชนิดหนึ่งในวงศ์เดียวกันนี้คือไร *Cisaberoptus kenyae* Keifer ซึ่งทำให้ใบมะม่วงเกิดลักษณะคล้ายฝ้าขาวอยู่บนใบ เนื่องจากไรจะมุดตัวเข้าไปเจริญเติบโตอยู่ภายใต้ชั้น

ไข (wax) ของผิวใบด้านบน ไรชนิดนี้แพร่ระบาดในประเทศอัฟริกา, บราซิล ประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งประเทศไทย (Keifer และคณะ 1982; Jeppson และคณะ 1975)

ไรแมงมุมซึ่งทำลายมะม่วงในประเทศไทยมีไร *Oligonychus biharensis* (Hirst) ซึ่งดูดทำลายอยู่บริเวณใต้ใบมะม่วง การทำลายมักไม่รุนแรง จึงไม่ทำให้เกิดลักษณะอาการผิดปกติบนใบ ไรที่ระบาดและทำความเสียหายมากที่สุดคือไร *O. mangiferus* ซึ่งทำลายมะม่วงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ไรจะดูดกินน้ำเลี้ยงจากด้านบนใบทำให้ใบสูญเสียคลอโรฟิล, ใบมีอาการซีดขาว, พืชชะงักการเจริญเติบโต และผลผลิตลดลง (เทวินทร์ และคณะ, 2538)

วัฒนา และคณะ (2535) ทำการสำรวจไรศัตรูมะม่วงในประเทศไทยโดยเก็บรวบรวมใบ, ดาดอก และส่วนต่างๆ ของมะม่วงที่แสดงอาการผิดปกติในจังหวัดต่างๆ ที่ปลูกมะม่วง พบไรรวม 8 วงศ์ เป็นไรศัตรูพืช 4 วงศ์ 8 ชนิด คือ *O. mangiferus* , *O. biharensis*, *Tetranychus taiwanicus* Ehara, *Tetranychus fijiensis* Hirst, *B. phoenicis*, *P. latus*, *A.. mangiferae* และ *C. kenyae* ในจำนวนไรศัตรูพืชที่พบทั้ง 8 ชนิดนี้ *O. mangiferus* เป็นไรศัตรูมะม่วงที่ระบาดและทำความเสียหายมากที่สุด นอกจากนั้นยังพบไรตัวห้ำซึ่งอยู่ในวงศ์ Phytoseiidae อีก 7 ชนิด ไรตัวห้ำชนิดที่พบมากที่สุดคือ *Amblyseius largoensis* (Muma) ซึ่งพบในปริมาณที่สูงถึง 58% ของไรตัวห้ำที่พบทั้งหมด

ไรมะม่วงหรือไรแดงมะม่วง

ไรมะม่วง (*O. mangiferus*) เป็นไรศัตรูที่สำคัญของมะม่วง โดยดูดกินน้ำเลี้ยงอยู่ที่ด้านหน้าใบมะม่วง ส่วนใหญ่เป็นใบที่กึ่งอ่อนกึ่งแก่ซึ่งเรียกว่าระยะเพสลาด การดูดกินของไรทำให้บริเวณหน้าใบโดยเฉพาะตามเส้นกลางใบ และบริเวณปลายใบมีสีขาวซีด บางครั้งสีของใบที่ถูกไรดูดทำลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง ที่ผิวใบมีฝ้าสีขาวเล็กๆ ซึ่งเกิดจากคราบของไรจับอยู่คล้ายฝุ่น หากไรระบาดอย่างรุนแรงและต่อเนื่องเป็นเวลานาน อาจมีผลให้มะม่วงหยุดชะงักการเจริญเติบโตและทิ้งใบได้ (วัฒนา และคณะ, 2535) ไรมะม่วงมักจะแพร่ระบาดมากในช่วงที่มีอุณหภูมิสูงและอากาศร้อนจัด โดยเฉพาะในช่วงกลางฤดูฝนและฝนทิ้งช่วง หรือในฤดูแล้ง (สนั่น, 2527) ไร *O. mangiferus* ในประเทศไทยนับวันจะทวีความสำคัญขึ้นเรื่อยๆ การที่ไรมะม่วงมีวงจรชีวิตที่สั้นและดูดกินอาหารอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับสภาพแวดล้อมที่ฝนตกทิ้งช่วงเป็นระยะเวลานานจะส่งผลให้เกิดการระบาดของไรมะม่วงรุนแรงยิ่งขึ้น (โกศล, 2533)

Baker ได้ทำการสำรวจไรศัตรูพืชในประเทศไทยเมื่อปี ค.ศ. 1975 พบไรศัตรูพืชจำนวนมากกว่า 40 ชนิด ทั้งนี้กว่า 85 เปอร์เซ็นต์ (34 ชนิด) ของไรศัตรูพืชที่พบ เป็นไรแมงมุมหรือไร

แดง ซึ่งแพร่ระบาดมากในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายนของปีที่ทำการสำรวจ นอกจากนี้ยังรายงานว่าในจำนวนไรแมงมุมที่สำรวจพบนี้ มีไรมะม่วง *O. mangiferus* รวมอยู่ด้วย ไรชนิดนี้นอกจากจะพบบนมะม่วงแล้ว ยังพบบนพืชอาศัยอื่น ได้แก่ กล้วย และกุหลาบอีกด้วย

เขตการแพร่กระจาย

Moutia (1958) รายงานว่าพบไร *O. mangiferus* แพร่กระจายในทางตอนเหนือของประเทศอัฟริกาและอียิปต์ โดยมีน้อยหน่าและกุหลาบเป็นพืชอาศัย นอกจากนั้นยังมีรายงานการพบไร *O. mangiferus* ลงทำลาย *Trichilia emetica* ซึ่งเป็นชนิดเดียวกันกับที่เก็บได้บนมะม่วงในรัฐไอแลนด์ ประเทศอังกฤษ และยังพบไร *O. mangiferus* ทางตอนเหนือของประเทศเปรูและอียิปต์ อาศัยอยู่บนฝ้าย, พืช และกุหลาบอีกด้วย (Meyer, 1970; Jeppson และคณะ, 1975)

Zaher และOsman (1971) พบไรศัตรูพืชหลายชนิด ลงทำลายมะม่วงในประเทศอินเดีย หนึ่งในจำนวนนั้นมีไร *O. mangiferus* ซึ่งนอกจากจะทำลายใบมะม่วงที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ยังเข้าทำลายมะม่วงระยะต้นกล้าในเรือนเพาะชำอีกด้วย นอกจากนั้นไร *O. mangiferus* ยังสามารถทำลาย *Syzygium jambolana*, ชมพู่น้ำดอกไม้ (*Syzygium jambos* (L.)), มะม่วงหิมพานต์ (cashew nut) และหูกวาง (indian almond) ในประเทศอินเดียได้อีกด้วย (ChannaBasavanna และคณะ 1972; Bano และ Chandra, 1973)

Sadana และ Chander (1973) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมะม่วงและไม้ผล 28 ชนิด ในตำบล Ludhiana ประเทศอินเดีย พบไร *O. mangiferus* บนพืช 13 ชนิด และเมื่อนำพืช 5 ชนิด ได้แก่ สาลี่, ท้อ, ลิ้นจี่, องุ่น และมะม่วง มาทดลองเลี้ยงไรในห้องปฏิบัติการพบว่า ไร *O. mangiferus* สามารถวางไข่ และตัวอ่อนพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยได้บนพืชทุกชนิด นอกจากนั้นยังพบว่าไรชนิดนี้เจริญเติบโตได้ดีที่สุดบนองุ่นและมะม่วงมากกว่าสาลี่, ท้อ และลิ้นจี่

ลักษณะทั่วไปของไรมะม่วง

ไรมะม่วงเพศเมียจะมีลำตัวอ้วนกลม สีแดงเข้มจนเกือบดำ ลำตัวยาวประมาณ 0.33 มิลลิเมตร ไมครอนและกว้างประมาณ 0.29 มิลลิเมตร, ขาทั้ง 4 คู่และขนบนสันหลังมีสีครีมหรือเหลืองอ่อน ด้านสันหลังของลำตัวบริเวณ propodosoma มีสีชมพูหรือเหลืองอ่อน บน propodosoma มีตาเป็นจุดสีแดงเห็นเด่นชัดอยู่ทางด้านข้าง ข้างละ 1 คู่ ขนบนสันหลังเป็นเส้นยาวปลายเรียวแหลม และมีความยาวมากกว่าระยะห่างระหว่างที่ตั้งของขนในแต่ละแถวที่อยู่ถัด

กันลงมา empodium ที่ปลายขาแต่ละคู่มีลักษณะงองุ้มลงด้านล่าง ที่บริเวณโคนเล็บจะมีขนปลายแตกออกเป็นแฉก 5 คู่ tibia ของขาคู่ที่ 1 มี tactile setae 7 เส้น และ sensory setae 1 เส้น, tarsus ของขาคู่ที่ 1 มี tactile setae 3 เส้น และ sensory setae 1 เส้น อยู่เหนือ duplex setae ขึ้นมาทางด้านโคนปล้อง (วัฒนา และคณะ, 2535)

ไรเพศผู้มีขนาดเล็กกว่าเพศเมีย มีลำตัวยาวประมาณ 0.25 มิลลิเมตร และกว้างประมาณ 0.17 มิลลิเมตร ลำตัวแคบและเรียวเล็กไปทางด้านท้าย อวัยวะเพศผู้ (aedeagus) มีปลายเรียวเล็กและหักงอลงทำมุมกับก้าน (shaft) น้อยกว่า 90 องศา (Baker, 1975) Pritchard และ Baker (1955) กล่าวว่าไม่พบไร *O. mangiferus* ในฮาวายและเอเชียเขตร้อน แต่เชื่อว่าไรชนิดนี้อาจมีต้นกำเนิดมาจากแถบนี้

วงจรชีวิตและการขยายพันธุ์ของไรมะม่วง

ฉัตรชัย และคณะ (2533) รายงานว่าไรมะม่วง *O. mangiferus* มีการเจริญเติบโต 5 ระยะ คือ ระยะไข่ (egg), ระยะตัวอ่อน (larva), ระยะวัยรุ่นที่ 1 (protonymph), ระยะวัยรุ่นที่ 2 (deutonymph) และตัวเต็มวัย (adult) การทดลองเลี้ยงไร *O. mangiferus* ในห้องปฏิบัติการพบว่า ไรเพศเมียใช้เวลาพัฒนาจากไข่จนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย 10.23 $\pm$ 0.38 วัน ตัวเต็มวัยจะมีชีวิตอยู่นานประมาณ 20.67 $\pm$ 1.42 วัน โดยตัวอ่อนใช้เวลาในการเจริญเติบโต 2 $\pm$ 0.1 วัน ในขณะที่ระยะวัยรุ่นที่ 1 และ 2 ใช้เวลาในการเจริญเติบโต 1.67 $\pm$ 0.21 และ 1.87 $\pm$ 0.24 วัน ตามลำดับ ไรเพศผู้มีช่วงอายุขัยสั้นกว่าเพศเมียเล็กน้อย โดยมีอายุขัยเฉลี่ยประมาณ 20 วัน ไรเพศผู้ใช้เวลาในการเจริญเติบโตจากไข่จนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย 10.09 $\pm$ 0.47 วัน โดยตัวอ่อนใช้เวลาในการเจริญเติบโต 2.32 $\pm$ 0.21 วัน ในขณะที่ระยะวัยรุ่นที่ 1 และ 2 ใช้เวลาในการเจริญเติบโต 1.86 $\pm$ 0.25 และ 1.59 $\pm$ 0.30 วัน ตามลำดับ ไรเพศผู้จะมีชีวิตอยู่ได้เพียง 8.41 $\pm$ 0.10 วัน

ไข่ของไร *O. mangiferus* ทั้งที่ได้รับการผสมและไม่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อเพศผู้ จะสามารถฟักออกเป็นตัวได้ โดยไรเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้วจะวางไข่ได้ประมาณ 31.7 ฟอง/ตัว และมีอัตราวางไข่สูงที่สุด 61 ฟอง/ตัว ไข่สามารถฟักออกเป็นตัวได้ถึง 97.47% ไข่ที่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อจะฟักเป็นตัวเต็มวัยในอัตราส่วนเพศผู้ : เพศเมียเท่ากับ 1 : 2 ไรตัวเต็มวัยเพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ สามารถวางไข่ได้เฉลี่ย 28.17 ฟอง/ตัว โดยมีอัตราการวางไข่ได้สูงสุดเพียง 41 ฟอง/ตัว ไข่สามารถฟักออกเป็นตัวได้ 92.41% โดยจะฟักออกเป็นเพศผู้ทั้งหมด (ฉัตรชัย และคณะ, 2533) Flechtmann (1982) ทำการศึกษาการขยายพันธุ์ของไร

O. mangiferus ในประเทศบราซิลและรายงานว่า ไรชนิดนี้มีการสืบพันธุ์แบบ arrheno-toky และ thelytoky ด้วย

Rai และคณะ (1988) รวบรวมไร *O. mangiferus* จากสวนผลไม้ใน Gujarat ประเทศอินเดียมาศึกษาวงจรชีวิตในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 22-31 องศาเซลเซียส พบว่า ไข่ใช้เวลาฟักเฉลี่ย 4.65 วัน ตัวอ่อนใช้เวลาในการเจริญเติบโต 1.16 วัน ส่วนระยะวัยรุ่นที่ 1 และ 2 ใช้เวลาในการเจริญเติบโต 1.13 และ 1.17 วัน ตามลำดับ ตัวเต็มวัยมีอายุเฉลี่ย 10.11 วัน ตัวอ่อนของไรเพศผู้ใช้เวลาในการเจริญเติบโต 0.97 วัน, ระยะวัยรุ่นที่ 1 และ 2 ใช้เวลาในการเจริญเติบโต 1.02 และ 1.07 วัน ตามลำดับ ส่วนตัวเต็มวัยเพศผู้มีชีวิตอยู่ได้เพียง 4.21 วัน โดยเฉลี่ย

<u>การป้องกันกำจัด</u>

โดยทั่วไปเกษตรกรใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูมะม่วงและไรศัตรูพืช บุญฤทธิ์ (2533) กล่าวว่า การใช้สารเคมีกำจัดแมลงและไรศัตรูมะม่วงเพื่อให้ได้ผลดีนั้น ต้องมีการวางแผนการป้องกันกำจัดให้ถูกต้อง โดยคำนึงถึงอุปนิสัยในการเข้าทำลายพืช, ระยะเวลาการเข้าทำลาย รวมทั้งชนิดและรูปแบบของสารที่เหมาะสมกับชนิดของศัตรูมะม่วง เช่น ไรมะม่วงชอบทำลายใบมะม่วงเมื่อสภาพอากาศแห้งแล้งมากๆ หรือเมื่อฝนทิ้งช่วงนานๆ จึงควรใช้สารฆ่าไร เช่น dicofol และ amitraz ฉีดพ่นเมื่อมีการระบาดของไรมะม่วง เป็นต้น

ฉัตรชัย และคณะ (2534) พบว่า Omite® (dicofol) เป็นสารเคมีที่ใช้กำจัดไร *O. mangiferus* ซึ่งเป็นศัตรูของมะม่วงได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเทียบกับ Rufast® (flucytrinate) หรือ Acrin-Mitigen® (acrinathrin) การฉีดพ่นสารเคมีกำจัดไร ที่ได้ผลนั้น จะต้องกระทำค่อนข้างถี่ในระยะแรกๆ เนื่องจากไรชนิดนี้ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว และสารกำจัดไรบางชนิดก็ฆ่าไรได้เพียงบางระยะเท่านั้น เช่น Nissorun® (hexythiazox) และ Andarin® (flucycloxuron) ใช้กำจัดไรระยะตัวอ่อน ในขณะที่ Kelthane® และ Omite® ใช้กำจัดไรระยะตัวเต็มวัย เป็นต้น ดังนั้นการควบคุมปริมาณไรศัตรูพืชให้ได้ผลจึงต้องพ่นสารเคมีทุก 5 วัน ซึ่งมีผลให้เกษตรกรต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในปริมาณที่มากเกินความจำเป็น อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดไรในปริมาณมากนั้น นอกจากจะทำให้ไรเกิดความต้านทานต่อสารเคมีและสร้างปัญหาสารตกค้างในผลผลิตหรือสภาพแวดล้อมแล้ว ยังมีผลกระทบถึงผู้บริโภคอีกด้วย

Wafa และคณะ (1970) พบว่า การใช้สาร midothion 0.15% และ trionaoil 1% รวมกันสามารถควบคุมไร *O. mangiferus* บนมะม่วงในประเทศอียิปต์ได้ผลดี Sidhu และ Singh

(1971) รายงานว่า สาร methyl demton 0.015%, dimethoate หรือ carbophenothion 0.025%, dicofol หรือ malathion 0.05% สามารถควบคุมไร *O. mangiferus* ซึ่งทำลายองุ่นในรัฐปันจาบ ประเทศอินเดียได้ 92.8-100% ภายใน 1 สัปดาห์ นอกจากนั้นยังพบว่า endosulfan และ tetradifon 0.02% สามารถทำให้ประชากรของไรลดลง 70.4 และ 80.7% ตามลำดับ

สารสกัดจากพืช

คุณสมบัติของสารสกัดจากพืช

ปัจจุบันมีการทดสอบสารสกัดจากพืชหลายชนิด เพื่อค้นหาว่าพืชชนิดใดมีสารที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ โดยทั่วไปการเลือกพืชที่จะนำมาใช้นั้น ส่วนใหญ่จะเป็นพืชที่มีกลิ่นเมื่อนำส่วนต่างๆ มาขยี้หรือบด นอกจากนั้นควรเป็นพืชที่มีลักษณะด้านทานต่อการทำลายของแมลงในสภาพธรรมชาติ, ดูแลรักษาและขยายพันธุ์ง่าย, ไม่ทำให้เกิดพิษต่อพืชชนิดอื่น (phytotoxicity) และที่สำคัญคือ จะต้องไม่มีพิษสูงต่อคนและสัตว์เลือดอุ่น Ahmed และคณะ (1983) รายงานว่าพืชที่แสดงคุณสมบัติเป็นสารฆ่าแมลง (insecticide) มี 1053 ชนิด, สารยับยั้งการกินอาหาร (antifeedant) 230 ชนิด, สารไล่แมลง (repellent) 225 ชนิด, สารยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibitor) 32 ชนิด, สารดึงดูดแมลง (attractant) 26 ชนิด และสารฆ่าไร (acaricide) 2 ชนิด ในประเทศไทยมีผู้ศึกษาสารสกัดจากพืชหลายชนิดและพบว่าพืชที่แสดงคุณสมบัติเป็นสารฆ่า, สารไล่ และยับยั้งการกินอาหารของแมลงมีอยู่หลายชนิด เช่น น้อยหน่า, ตะไคร้หอม, หางไหล และสะเดา เป็นต้น (สุภาณี, 2532; เกรียงไกร, 2536; Areekul และคณะ, 1987)

สารสกัดจากพืชต่างๆ ที่มีคุณสมบัติในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช เป็นสารประกอบเชิงซ้อน (secondary constituents) ซึ่งเกิดจากขบวนการทางชีวเคมี และสะสมอยู่ตามส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ใบ, ดอก, เมล็ด และลำต้น ดังนั้นการเก็บตัวอย่างพืชจึงควรคำนึงถึงชนิดของพืช, อายุ, ฤดูกาล, ระยะเวลา และส่วนต่างๆ ของพืชที่เก็บด้วย ทั้งนี้เนื่องจากส่วนต่างๆ ของพืชแต่ละชนิดจะให้สารพิษในปริมาณที่ต่างกัน เช่น สะเดาใช้ใบและเมล็ด, ตะไคร้หอมใช้ส่วนของใบหรือลำต้น, กระเพราและโหระพาใช้ส่วนของลำต้น เป็นต้น (อารมณ์, 2535; สิริวิภา, 2540)

วิธีการสกัดสาร

รัตนาภรณ์ (2543) กล่าวว่า พืชสมุนไพรที่นำมาใช้ในด้านการเกษตร สามารถนำมาสกัดสารออกฤทธิ์ได้ด้วยวิธีหลัก 2 แบบ คือ การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยสกัดที่อุณหภูมิห้อง และการสกัดโดยใช้ความร้อนเข้าช่วยโดยใช้เครื่อง (Soxhlet apparatus) วิธีการสกัดอย่างง่ายที่เกษตรกรสามารถทำได้ คือ นำพืชที่ต้องการสกัดไปแช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกเอากากออก และสามารถนำไปฉีดพ่นได้เลย (พรรณีกา, 2543)

ฤทธิ์ของสารสกัด

สารสกัดจากพืชส่วนใหญ่จะค่อนข้างเฉพาะเจาะจงระหว่างชนิดของพืช และชนิดของแมลง นอกจากนั้นยังแสดงผลต่อแมลงในลักษณะที่แตกต่างกัน คือ มีพิษในการฆ่าแมลง (insecticidal effect) และการมีผลต่อพฤติกรรมของแมลง ซึ่งจะทำให้แมลงแสดงพฤติกรรมที่ผิดปกติไปจากเมื่อไม่ได้รับสาร (behavioral effects) (สุภาณี, 2532; อารมณ์, 2535) สารจากพืชหลายชนิดมีพิษสูงในลักษณะเฉียบพลัน (acute toxic) ทำให้แมลงตายเมื่อรับสารนี้โดยการสัมผัส หรือกินในปริมาณที่มากพอ สารประเภทนี้ส่วนใหญ่มีผลต่อการทำงานของระบบประสาททำให้แมลงเป็นอัมพาตและตายในที่สุด เช่น nicotine และ pyrethrum ส่วนสาร rotenone นั้นจะมีผลต่อระบบหายใจ ทำให้แมลงตายเนื่องจากขาดออกซิเจน (สุภาณี, 2532)

สารออกฤทธิ์ที่อยู่ในพืชมีฤทธิ์ต่อศัตรูพืช ซึ่งสามารถนำมาใช้ในรูปของสารฆ่าแมลง (insecticide), สารไล่แมลง (repellent), สารล่อแมลง (attractant), สารยับยั้งการกินอาหาร (antifeedant), สารทำให้การเจริญเติบโตผิดปกติ (antimetamorphosis) และสารยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition) พืชชนิดหนึ่งๆ มีสารออกฤทธิ์ซึ่งทำลายศัตรูพืชได้หลายชนิดด้วยกัน เช่น สารสะกัดจากสะเดา (azadirachtin, tetratriterpenoids) มีฤทธิ์ในการกำจัดหนอนใยผัก, เพลี้ยอ่อน, แมลงหลายชนิด รวมทั้งไรศัตรูพืช ในขณะเดียวกันก็มีฤทธิ์ในการยับยั้งการกินอาหารและยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลงได้อีกด้วย (ขวัญชัย, 2540) พืชพวกโหระพาและกระเพรามีสาร isoeugenol ซึ่งใช้กำจัดไร, เพลี้ยอ่อน และแมลงวันทอง นอกจากนั้นในโหระพายังมีสาร eugenol ซึ่งมีฤทธิ์ดึงดูดแมลง ส่วนตะไคร้หอมมีสาร geraniol เป็นสารดึงดูดแมลงได้เป็นต้น (อุดมลักษณ์, 2540)

รัตนาภรณ์ (2543) กล่าวว่า สารออกฤทธิ์จากหางไหล ซึ่งเป็นไม้พุ่มหรือเถา อยู่ในวงศ์ Leguminosae และชาวบ้านนำรากมาใช้เป็นยาเบื่อปลา มีสารสำคัญคือ rotenone และ deguelin ซึ่งมีฤทธิ์ฆ่าแมลงมากที่สุด โดยทำหน้าที่เป็น stomach และ contact poison คือทำ

ให้แมลงตายหลังจากกินเข้าไป และตายเพราะสารซึมเข้าไปในตัวแมลงหลังจากที่แมลงสัมผัสกับสารแล้วนั่นเอง

ผลของสารสกัดจากพืชที่มีต่อศัตรูพืชบางชนิด

ณรรฐพล และคณะ (2531) รายงานว่า สารสกัดจากสะเดา, ผลสลอด และเมล็ดน้อยหน่า สามารถนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้หลอดหอม (*Spodoptera exigua* Hubner) ได้ เสน่ห์ และคณะ (2533) ทดลองใช้สารสกัดจากพืชในการฆ่าตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*) ในห้องปฏิบัติการ พบว่า สารสกัดจากตะไคร้ทำให้ตัวอ่อนของไส้เดือนฝอยตายถึง 96%

อรุณ (2534) ทดลองใช้สารสกัดจากพืชในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะยอดกะหล่ำในแปลงผักที่สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง พบว่า สารสกัดจากกระเพราและตะไคร้หอม สามารถลดปริมาณหนอนเจาะยอดกะหล่ำลงได้ มยุรา (2535) ทำการศึกษาพืชสมุนไพร 5 ชนิด คือ กระเพรา, น้อยหน่า, ว่านหางจระเข้, สะเดา และสาบเสือในการป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเหลือง *Callosobruchus chinensis* L. ในห้องปฏิบัติการ พบว่า สะเดาให้ผลในการป้องกันการทำลายของด้วงถั่วเหลืองดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชสมุนไพรชนิดอื่น

เกรียงไกร (2536) กล่าวว่า จากรายงานการศึกษาทั้งในและต่างประเทศพบพืชที่มีฤทธิ์ในการกำจัดแมลงหลายชนิด เช่น ส่วนหัวของกระเทียมเป็นพิษต่อลูกน้ำยุง, เมล็ดน้อยหน่าช่วยกำจัดเห็บชนิดต่างๆ โดยน้ำมันเป็นพิษกับด้วงปีกแข็ง, เพลี้ยอ่อน แมลงวันและมวนปีกแข็ง เมล็ดและน้ำมันสะเดาหยุดการกินอาหารของผีเสื้อ, ด้วงปีกแข็ง, ตั๊กแตน และหนอนกระทู้ผัก ต้นและใบตะไคร้หอมดึงดูดแมลงวันทองตัวผู้ ส่วนน้ำมันจากโหระพาเป็นพิษต่อไรและเพลี้ยอ่อน เป็นต้น นอกจากนี้ Areekul และคณะ (1987) ยังศึกษาถึงความเป็นพิษของสารสกัดจากพืชกับแมลงวันทอง โดยทดสอบสารสกัดหยาบจากพืชจำนวน 303 ตัวอย่าง และคัดเลือกชนิดของสารสกัดที่มีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดจากพืชที่มีพิษต่อแมลงวันทองสูง ได้แก่ เหง้าของข่าเล็ก, เมล็ดน้อยหน่า, ผลสลอด, พญาไร้ใบ, ใบยาสูบ, เมล็ดพริกไทย และดอกดาวเรืองญี่ปุ่น เป็นต้น

อารมณ์ (2541) ทดลองใช้สารสกัดจากกระเพรา, ขมิ้นชัน, ตะไคร้หอม, หางไหล, สะเดา และพืชอื่นๆ ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชหลายชนิด เช่น เพลี้ย, หนอนผีเสื้อ, ตั๊กแตน และด้วงถั่ว พบว่า สารสกัดจากพืชเหล่านี้ใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชได้ผลดี

Roongsook (1992) ทำการรวบรวมพืชกว่า 80 ชนิดในประเทศไทยและนำมาทดสอบกับหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* (Linn.)) พบพืชที่มีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าแมลง ได้แก่ เมล็ดน้อยหน่า, ต้นและใบฟ้าทะลายโจร, เมล็ดคำแสด, เมล็ดมะกล่ำตาหนู, หัวว่านน้ำ, ใบขี้เหล็กอเมริกา, ต้นและใบไมยราพเลื้อยไร้หนาม, ใบเทียนหยด และใบผกากรอง ซึ่งมีค่า LC50 ที่ 72 ชั่วโมงเท่ากับ 0.5, 4.40, 5.20, 5.50, 6.50, 6.60, 6.60, 13.70, และ 16.40% ของน้ำหนักต่อปริมาณตามลำดับ และมีพืชที่มีคุณสมบัติเป็นสารไล่แมลง ได้แก่ ต้นและใบตะไคร้หอมและหนุมานประสานกาย สำหรับต้นและใบประยงมีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการกินอาหารของแมลง

สารสกัดจากพืชที่มีผลต่อไรยังมีการศึกษาน้อยมาก เทวินทร์ และฉัตรชัย (2537)ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดต่อการฟักของไข่ไรแดงอัฟริกัน พบว่า น้ำมันสะเดา (50% EC ของกองวัตถุมีพิษการเกษตร) อัตรา 0.125 และ 0.25% สามารถฆ่าไข่ไรแดงได้ 100%

Singh และคณะ (1996) รายงานว่า การใช้สารสกัดจากกระเทียมที่ความเข้มข้น 0.05% จะมีผลต่ออัตราการวางไข่ของไรแดงสองจุด *Tetranychus urticae* Koch และตัวอ่อนของไรมีอัตราการอยู่รอดเพียง 37.5% อย่างไรก็ตาม สารสกัดจากกระเทียมนี้ไม่มีผลต่ออัตราส่วนเพศ (sex ratio) ของไรแต่อย่างใด

การใช้อาร์ทีเมียทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช

อาร์ทีเมีย (ไรสีน้ำตาล, ไรน้ำเค็ม, ไรทะเล, กุ้งน้ำเกลือ หรือ brine shrimp) เป็นสัตว์น้ำเค็มชนิดหนึ่งซึ่งจัดอยู่ในชั้น (Class) Crustacea เช่นเดียวกับ กุ้ง, กั้ง, ปู ฯลฯ แต่แตกต่างกันตรงที่อาร์ทีเมียเป็นพวกที่ไม่มีเปลือกแข็งหุ้มตัว จัดอยู่ในชั้นย่อย (Subclass) Branchio-poda, อันดับ Anostraca, วงศ์ Artemiidae นิยมนำไปใช้เป็นอาหารในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน (สมศักดิ์ และคณะ, 2530; อนันต์, 2530)

อาร์ทีเมีย มีลำตัวแบน เรียวยาวคล้ายใบไม้ ถ้าสภาพแวดล้อมดี, ความเค็มเหมาะสม, อาหารดีพอสมควร อาร์ทีเมียจะให้ตัวอ่อนประมาณ 100 - 300 ตัว การสืบพันธุ์แบบนี้เรียกว่า viviparous แต่ถ้าอุณหภูมิไม่เหมาะสมจะให้ไข่ (cyst) เรียกการสืบพันธุ์แบบนี้ว่า oviparous เมื่อนำไข่ไปฟักในน้ำทะเลที่เหมาะสมพร้อมทั้งให้อากาศไหลผ่านตลอดเวลา ไข่จะฟักออกเป็นตัวภายใน 24 ชั่วโมง อาร์ทีเมียจะลอกคราบประมาณ 15 ครั้ง (7 – 15 วัน) โดยอวัยวะต่างๆ จะครบสมบูรณ์ตั้งแต่ตัวอ่อนระยะที่ 10 เป็นต้นไป อาร์ทีเมียตัวเต็มวัยจะมีขนาดยาวประมาณ 7 – 15 มิลลิเมตร กว้าง 3 – 4 มิลลิเมตร ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมอาร์ทีเมียตัวเต็มวัยสามารถมีอายุอยู่ได้นาน 6 – 7 เดือน และสืบพันธุ์โดยให้ตัวอ่อนหรือไข่ประมาณ 50 – 300

ฟอง/ตัว ทุก 4 – 5 วัน ขึ้นอยู่กับขนาดของแม่และสายพันธุ์ รวมทั้งอิทธิพลของสภาพแวดล้อม (Sorgeloos และคณะ, 1986; สมศักดิ์ และคณะ, 2530; อนันต์, 2530)

Tanaka และ Okuda (1992) กล่าวว่า ในขั้นตอนของการคัดเลือกสารสกัดจากพืช สามารถใช้อาร์ทีเมียในการตรวจวิเคราะห์ผล เพื่อหาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืช หรือจุลินทรีย์อื่นๆ ที่มีคุณสมบัติเป็นสารกำจัดแมลงได้ การใช้อาร์ทีเมียเป็นสัตว์ทดลองมีข้อดี คือ ไข่ของอาร์ทีเมียหาซื้อได้ง่ายตามร้านที่จำหน่ายอุปกรณ์การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ นอกจากนั้นยังสามารถเก็บไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาหลายเดือน สามารถฟักได้ภายใน 1 - 2 วัน และมีอัตราการฟักสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

การขยายพันธุ์ไรมะม่วงในห้องปฏิบัติการ

เก็บไรมะม่วงจากต้นมะม่วงในบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน มาทำการขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้มีปริมาณเพียงพอสำหรับใช้ในการศึกษาด้านชีววิทยา และทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช

การเพาะเลี้ยงไรมะม่วงกระทำโดยวางแผ่นฟองน้ำหนา 0.5 นิ้ว ลงในกล่องพลาสติกขนาด 15 X 25 X 5 เซนติเมตร และเติมน้ำให้ท่วมแผ่นฟองน้ำ หลังจากนั้นจึงใช้สำลีปูทับฟองน้ำอีกชั้นหนึ่ง นำใบมะม่วงที่อยู่ในระยะเพสลาดมาล้างให้สะอาดและเช็ดน้ำให้แห้งก่อนที่จะตัดใบเป็นท่อนๆ ให้มีความยาวประมาณ 3 - 5 นิ้ว นำใบไปวางบนแผ่นสำลีในกล่องพลาสติก และใช้สารเหนียวซึ่งประกอบด้วย Canada balsam ผสมน้ำมันละหุ่งในอัตราส่วน 1 : 2 โดยปริมาตร ทาตามขอบใบมะม่วงเพื่อกันไม่ให้ไรเดินหนีตกลงไปในน้ำ

เมื่อเตรียมใบพืชเรียบร้อยแล้วจึงใช้พู่กันเบอร์ 0 ซึ่งตัดขนปลายพู่กันจนเหลือเพียง 4–5 เส้น เขี่ยไรตัวเต็มวัยที่เก็บมาจากธรรมชาติวางลงบนใบมะม่วง จากนั้นจึงนำกล่องเลี้ยงไรไปวางในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 28 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 64% เพื่อให้ไรเจริญเติบโตและขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณมากขึ้น หมั่นตรวจดูใบมะม่วงและทำการเปลี่ยนใบใหม่ทุกๆ 4–5 วัน หรือเมื่อใบเริ่มแสดงอาการชีดเหลือง พร้อมทั้งเติมน้ำให้ท่วมสำลีอยู่เสมอ เพื่อรักษาความสดของใบ (ภาพที่ 1)

การศึกษาชีววิทยาของไรมะม่วง

การศึกษาวงจรชีวิต

การศึกษาวงจรชีวิตของไรมะม่วง กระทำโดยนำสำลีหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร ปูลงในกล่องพลาสติกขนาด 15 x 30 เซนติเมตร ภายในกล่องแบ่งออกเป็นช่องๆ จำนวน 14 ช่อง และเติมน้ำจนท่วมสำลี จากนั้นตัดใบมะม่วงให้มีขนาด 2 x 2 เซนติเมตร วางลงบนสำลีชุบน้ำ และใช้สารเหนียวทาตามขอบใบเพื่อกันไม่ให้ไรเดินหนีตกลงในน้ำ ใช้พู่กันเขี่ยไรระยะตัวเต็มวัยเพศเมียจากกล่องเลี้ยงไรวางลงบนใบมะม่วงใบละ 5 ตัว เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมงจึงทำการเขี่ย

ไรตัวเต็มวัยและไข่บนใบออก โดยให้เหลือไข่เพียง 1 ฟอง/ใบเท่านั้น จากนั้นจึงนำกล่องเลี้ยงไรไปไว้ในตู้เลี้ยงไรที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2)

ทำการสังเกตและจดบันทึกการเจริญเติบโตของไรทุก 6 ชั่วโมง ตั้งแต่ระยะไข่จนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Science) และใช้ SNK (Student-Newman-Keuls-test) ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละทรีทเม้นต์

การศึกษาอายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์

การศึกษาอายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์ของไรที่ได้รับการผสมพันธุ์

การศึกษาอัตราการขยายพันธุ์ของไรเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์ กระทำโดยการเตรียมกล่องเลี้ยงไรตามวิธีที่กล่าวข้างต้น และปล่อยไรเพศเมียที่อยู่ในระยะพักตัวขั้นสุดท้าย (teliochrysalis) จำนวน 1 ตัว พร้อมทั้งไรตัวเต็มวัยเพศผู้ 3 ตัว ลงในช่องเลี้ยงไรที่เตรียมไว้แต่ละช่อง ก่อนที่จะนำกล่องเลี้ยงไรไปไว้ในตู้เลี้ยงไรที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียส ต่อไป

ทำการจดบันทึกระยะก่อนวางไข่, ระยะวางไข่, จำนวนไข่ที่วางในแต่ละวัน จนกว่าไรเพศเมียจะตาย หากไรเพศผู้ตายหรือตกน้ำในระหว่างการทดลองจะปล่อยไรเพศผู้ลงในกล่องเลี้ยงไรให้ครบ 3 ตัว เพื่อให้แน่ใจว่าไรเพศเมียจะได้รับการผสมพันธุ์เมื่อต้องการ นำไข่ที่ได้ทั้งหมดแยกไปเลี้ยงในกล่องเลี้ยงไรกล่องอื่นจนกว่าไข่จะเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย เพื่อศึกษาอัตราส่วนเพศผู้และเพศเมียในรุ่นลูก จากนั้น นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS และใช้ SNK ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละทรีทเม้นต์

การศึกษาอายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์ของไรที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์

การศึกษาอัตราการขยายพันธุ์ของไรเพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ กระทำโดยนำไรเพศเมียที่อยู่ในระยะพักตัวขั้นสุดท้ายจำนวน 1 ตัว วางลงบนใบมะม่วงซึ่งอยู่บนสำลีชุบน้ำในช่องเลี้ยงไรช่องละ 1 ตัว นำกล่องเลี้ยงไรไปไว้ในตู้เลี้ยงไรที่อุณหภูมิ 24, 28, และ 32 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการจดบันทึกระยะก่อนวางไข่, ระยะวางไข่, จำนวนไข่ในแต่ละวันจนกว่าไรเพศเมียจะตาย และนำไข่ที่ได้ทั้งหมดแยกไปเลี้ยงในกล่องเลี้ยงไรกล่องอื่นจนเป็นตัวเต็มวัย เพื่อ

ศึกษาอัตราส่วนเพศผู้และเพศเมียในรุ่นลูก นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS และใช้ SNK ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละทรีทเม้นต์

การศึกษาตารางชีวิต

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวงจรชีวิตและอัตราการขยายพันธุ์ของไรที่ได้รับการผสมพันธุ์ที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียส มาทำการวิเคราะห์ตารางชีวิต (partial life table) ตามวิธีการของ Birch (1948) เพื่อคำนวณหาค่าอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (net reproduction rate of increase = Ro), ชั่วอายุขัยของกลุ่ม (cohort generation time = T_c), อัตราการเพิ่มที่แท้จริง (innate capacity of increase = r_m) และอัตราการเพิ่มต่อหน่วยเวลา (finite rate of increase = λ) ดังสมการต่อไปนี้

อัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_o) = $\sum l_x m_x$

ชั่วอายุขัยของกลุ่ม (T_c) = $\frac{\sum x l_x m_x}{\sum l_x m_x}$

อัตราการเพิ่มที่แท้จริง (r_m) = $\frac{\log_e Ro}{T_c}$

อัตราการเพิ่มต่อหน่วยเวลา (λ) = e_m

จากนั้นนำค่าอัตราการเพิ่มที่แท้จริงจากที่คำนวณได้ มาปรับหาค่าที่ถูกต้องที่สุดตามวิธีการของ Birch (1948) โดยใช้สมการ

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

นำ 5 มาคูณทั้ง 2 ข้างของสมการ จะได้สมการใหม่ดังนี้

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

เมื่อ e = ฐานของลอกการิทึม

x = อายุของเพศเมีย

l_x = อัตราการอยู่รอดของเพศเมีย

m_x = จำนวนลูกเพศเมียที่ยังมีชีวิต โดยคิดเฉลี่ยต่อแม่ 1 ตัว ที่อายุ x วัน

การสกัดสารจากพืช

พืชที่ใช้ในการคัดเลือกประสิทธิภาพของสารสกัดมี 9 ชนิด ได้แก่

กระเทียม (หัว)	*Allium sativum* Linn. วงศ์ Alliceae
กระเพรา (ใบและกิ่ง)	*Ocimum sanctum* Linn. วงศ์ Labiatae
ขมิ้นชัน (เหง้า)	*Curcuma domestica* Valeton. วงศ์ Zingiberaceae
ตะไคร้หอม (ใบและต้น)	*Cymbopogon winterianus* Jowitt. วงศ์ Graminae
น้อยหน่า (เมล็ด)	*Annona squamosa* Linn. วงศ์ Annonaceae
ลำไย (เมล็ด)	*Dimocarpus longan* Lour. วงศ์ Sapindaceae
สะเดาอินเดีย (เมล็ด)	*Azadirachta indica* Juss. var. *indica* วงศ์ Meliaceae
หางไหล (เถา)	*Derris elliptica* Benth. วงศ์ Leguminosae
โหระหา (ใบและกิ่ง)	*Ocimum basilicum* Linn. วงศ์ Labiatae

นำชิ้นส่วนของพืชที่ต้องการทดสอบทั้ง 9 ชนิด ได้แก่ ใบและกิ่งกระเพรา, หัวกระเทียม, เหง้าขมิ้นชัน, ใบและต้นตะไคร้หอม, เมล็ดน้อยหน่า, เมล็ดลำไย, เถาหางไหล, ใบและกิ่งโหระพา และเมล็ดสะเดาอินเดีย มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ (ยกเว้นเมล็ดน้อยหน่า, เมล็ดลำไย และเมล็ดสะเดาอินเดีย) ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วนำไปบดให้เป็นผงละเอียด (ภาพที่ 3)

การสกัดสารกระทำโดยนำส่วนของพืชที่บดละเอียดแล้วจำนวน 100 กรัม ใส่ลงในภาชนะบรรจุตัวอย่าง (thimble) และนำเข้าเครื่องสกัดสาร (Soxhlet apparatus) โดยใช้ hexane จำนวน 300 มิลลิลิตรเป็นตัวทำละลายเบื้องต้น เพื่อแยกสารที่ไม่มีขั้ว (non polar) ออก โดยใช้เวลาในการสกัด 8 ชั่วโมง และทำซ้ำโดยใช้ตัวทำละลายเดิมอีก 2 – 3 ครั้ง จากนั้นจึงนำกากที่เหลือจากการสกัดด้วย hexane แล้วไปผึ่งให้แห้ง ก่อนที่จะนำไปสกัดต่อด้วย ethanol อีก 8 ชั่วโมง และกระทำซ้ำในตัวทำละลายเดียวกันอีก 2 – 3 ครั้ง (ภาพที่ 4)

นำสารสกัดหยาบที่อยู่ใน hexane และ ethanol ไประเหยเอาตัวทำละลายออกให้หมดในเครื่องระเหยสาร (Evaporator) จนได้สารเหนียวค่อนข้างแห้ง (ภาพที่ 5) จากนั้นจึงทำการชั่งน้ำหนักของสารเหนียวที่ได้ และนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

การคัดเลือกสารสกัดโดยทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบกับอาร์ทีเมีย

อาร์ทีเมียได้รับการยอมรับว่ามีความไวต่อสารพิษต่างๆ โดยเฉพาะสารสกัดจากพืช จึงนิยมนำมาใช้ในการคัดเลือกประสิทธิภาพของสารสกัดที่มีต่อแมลง (Tanaka และ Okuda, 1992) อาร์ทีเมียที่ใช้ในการทดสอบคือระยะตัวอ่อน อายุประมาณ 48 ชั่วโมง

การเพาะไข่อาร์ทีเมียเพื่อใช้ในการทดสอบสารออกฤทธิ์ กระทำโดยนำไข่อาร์ทีเมียคุณภาพดีประมาณ 0.1 กรัม ซึ่งมีจำหน่ายตามร้านจำหน่ายอุปกรณ์เกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ใส่ใน flask ขนาด 2 – 5 ลิตร บรรจุน้ำผสมสารละลายเกลือแกงความเข้มข้น 3% (น้ำหนัก/ปริมาตร) และให้อากาศโดยการพ่นอากาศผ่านหัวทรายตลอดเวลา วาง flask บรรจุไข่อาร์ทีเมียไว้ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 28 - 30 องศาเซลเซียส และให้แสงสว่างตลอดเวลา (ภาพที่ 6) โดยทั่วไปหากไข่อาร์ทีเมียอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์จะใช้ไข่ประมาณ 250 มิลลิกรัม/น้ำผสมสารละลายเกลือแกง 250 มิลลิลิตร ภายใต้สภาพการเพาะฟักดังกล่าวไข่อาร์ทีเมียจะฟักเป็นตัวอ่อนภายใน 24 - 48 ชั่วโมง

เมื่อจะนำตัวอ่อนอาร์ทีเมียมาใช้ทดสอบ จะต้องทำการแยกตัวอ่อนออกจากไข่ก่อน ขั้นตอนนี้จะต้องทำในที่มืด เนื่องจากอาร์ทีเมียที่แข็งแรงจะเคลื่อนที่เข้าหาแสง วิธีการแยกตัวอ่อนอาร์ทีเมียที่แข็งแรงออกจากไข่ที่ฝ่อหรือเปลือกไข่ กระทำโดยการเทอาร์ทีเมียใน flask ลงในภาชนะปากกว้าง เช่น กล่องพลาสติกใส จากนั้นจึงนำไฟฉายมาส่องที่มุมใดมุมหนึ่งของกล่อง (ภาพที่ 7) อาร์ทีเมียที่แข็งแรงจะว่ายน้ำเข้าหาแสงอย่างรวดเร็ว จึงใช้หลอดพลาสติกหรือหลอดแก้วเล็กๆ (pipette) ดูดอาร์ทีเมียขึ้นมาใส่ในภาชนะบรรจุน้ำผสมสารละลายเกลือแกงใบใหม่เพื่อทำความสะอาดอาร์ทีเมีย จากนั้นจึงทำการแยกอาร์ทีเมียด้วยวิธีการเดิมอีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะนำไปใช้ในการทดสอบต่อไป

วิธีการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดหยาบกับอาร์ทีเมีย กระทำโดยเตรียมสารสกัดหยาบที่ระดับความเข้มข้น 2.5, 5 และ 10% โดยใช้ ethanol เป็นตัวทำละลาย จากนั้นหยดสารสกัดหยาบแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงใน microwell plate ขนาด 96 หลุมๆ ละ 20 ไมโครลิตร โดยใช้หลุมที่อยู่นอกสุดทั้ง 4 ด้านเป็นตัวควบคุม (ทำการทดลองความเข้มข้นละ 30 หลุม) (ภาพที่ 8) นำ microwell plate ที่หยดสารสกัดหยาบที่จะใช้ทดสอบ ไประเหยตัวทำละลายออกภายในโถระเหยแห้งสูญญากาศ (ภาพที่ 9)

เมื่อสารสกัดหยาบใน microwell plate แห้งดีแล้ว จึงหยดน้ำทะเลจำนวน 250 ไมโครลิตร ซึ่งมีอาร์ทีเมียอายุประมาณ 48 ชั่วโมงจำนวนมากกว่า 10 ตัว ลงในหลุมแต่ละหลุม และตรวจดู

ว่าอาร์ทีเมียทุกตัวแข็งแรงดี นำ microwell plate ไปวางในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 28 – 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ทำการตรวจนับจำนวนอาร์ทีเมียที่ตายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และใช้ Abbott's formula เพื่อคำนวนหาจำนวนอาร์ทีเมียที่ตายแท้จริง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS และ SNK เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเม้นต์ สารสกัดหยาบที่มีประสิทธิภาพในการทำลายอาร์ทีเมียเกิน 90% จะถูกนำไปทดสอบกับไรมะม่วงต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบบางชนิดกับไรมะม่วง

การทดสอบฤทธิ์การเป็นสารไล่

นำสารสกัดหยาบที่ทำให้อาร์ทีเมียตายเกิน 90% มาทำการทดสอบกับไรมะม่วง โดยตัดใบมะม่วงขนาด 2 x 3 เซนติเมตร (มีเส้นกลางใบอยู่บริเวณกึ่งกลางของทุกใบ) วางลงบนจานเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตรซึ่งมีสำลีชุบน้ำรองรับอยู่ และทาสารเหนียวรอบขอบใบเพื่อกันไรหนีตกน้ำ ก่อนที่จะนำสารสกัดจากพืชที่ระดับความเข้มข้น 10% จำนวน 5 ไมโครลิตรทาใบครึ่งหนึ่ง ส่วนอีกครึ่งใบทาด้วย ethanol เพื่อใช้เป็นชุดควบคุม (ภาพที่ 10) จากนั้นจึงปล่อยไรตัวเต็มวัยเพศเมียอายุ 1 – 2 วัน ลงบริเวณเส้นกลางใบๆ ละ 15 ตัว (ทำการทดลองทรีทเม้นต์ละ 3 ซ้ำๆ ละ 3 ใบ) สังเกตการเคลื่อนย้ายของไรและบันทึกจำนวนไรและไข่ในแต่ละซีกใบเมื่อเวลาผ่านไป 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาผลด้วยโปรแกรม SPSS และใช้ SNK หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเม้นต์ จากนั้นจึงคัดเลือกสารสกัดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

การทดสอบฤทธิ์การเป็นสารฆ่าไร

นำสารสกัดหยาบที่ทำให้อาร์ทีเมียตายเกิน 90% มาทำการทดสอบกับไรมะม่วง โดยตัดใบมะม่วงขนาด 2 x 3 เซนติเมตร วางลงบนจานเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ซึ่งมีสำลีชุบน้ำรองรับอยู่ และทาสารเหนียวรอบขอบใบเพื่อกันไรหนีตกน้ำ ก่อนที่จะนำสารสกัดจากพืชที่ระดับความเข้มข้น 10% จำนวน 5 ไมโครลิตรทาให้ทั่วทั้งใบและทิ้งไว้ให้แห้งสนิท (ชุดควบคุมกระทำโดยใช้ ethanol ทาทั่วใบ) จากนั้นจึงปล่อยไรตัวเต็มวัยเพศเมียอายุ 1 – 2 วัน ใบละ 15 ตัว (ทำการทดลองทรีทเม้นต์ละ 3 ซ้ำๆ ละ 3 ใบ) บันทึกจำนวนไรและไข่ที่พบบนใบเมื่อเวลาผ่านไป 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาผลด้วยโปรแกรม SPSS และใช้ SNK หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเม้นต์ จากนั้นจึงคัดเลือกสารสกัดที่มีประ

สิทธิภาพสูงสุด จำนวน 1 สารเพื่อเปรียบเทียบผลของสารสกัดจากพืชกับสารสกัดจากสะเดาในท้องตลาดและสารฆ่าไรต่อไป

การทดสอบสารสกัดจากพืชที่มีประสิทธิภาพสูงกับไรมะม่วงในห้องปฏิบัติการ

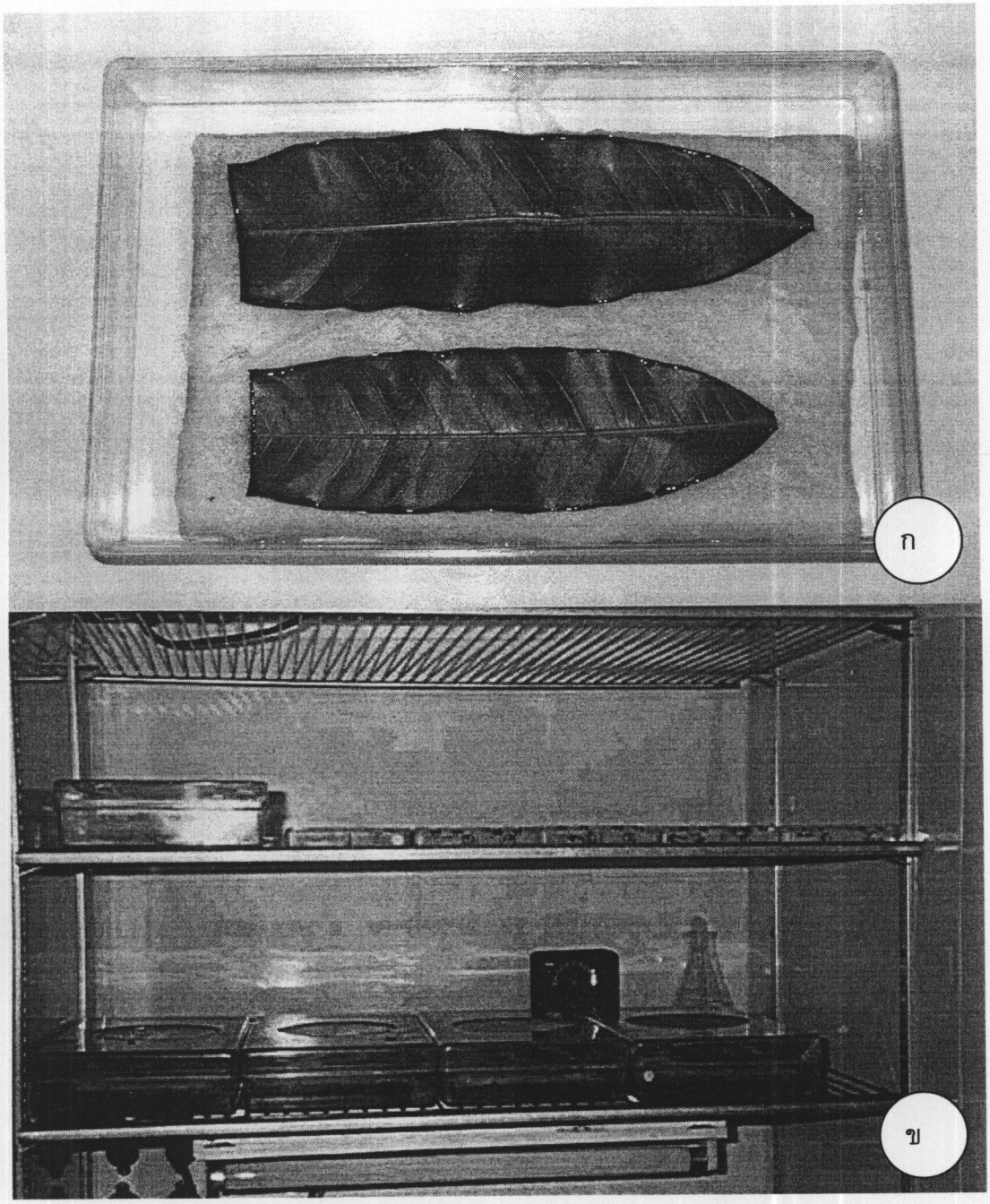
เตรียมไรมะม่วงเพื่อใช้ในการทดสอบสาร โดยตัดใบมะม่วงขนาด 2 x 2 เซนติเมตร วางลงบนจานเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตรซึ่งมีสำลีชุบน้ำรองรับอยู่ พร้อมทั้งทาสารเหนียวรอบขอบใบเพื่อกันไรหนีตกน้ำ จากนั้นจึงวางไรตัวเต็มวัยเพศเมียที่มีอายุใกล้เคียงกันจำนวน 15 ตัว/ใบ (ทำการทดลองทรีทเม้นต์ละ 3 ซ้ำๆ ละ 3 ใบ) และนำสารสกัดที่คัดเลือกแล้วว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดมาเตรียมให้มีความเข้มข้น 1, 3 และ 5% โดยใช้ ethanol เป็นตัวทำละลาย จากนั้นจึงทำการพ่นสารแบบถูกตัวไรโดยตรง (direct spray method) โดยใช้เครื่อง Potter's spray tower ที่ความดัน 15 ปอนด์/นิ้ว^2 การพ่นสารแต่ละครั้งใช้สารสกัดหยาบจำนวน 1 มิลลิลิตร การทดลองนี้ใช้สารสกัดสะเดาไทยหมายเลข 111® (Azadirachtin) และ Kelthane® (dicofol) เป็นชุดเปรียบเทียบ และใช้ ethanol เป็นชุดควบคุม (ภาพที่ 11)

ทำการบันทึกจำนวนตายของไรหลังการพ่นสาร 24 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS จากนั้นจึงใช้ SNK วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเม้นต์

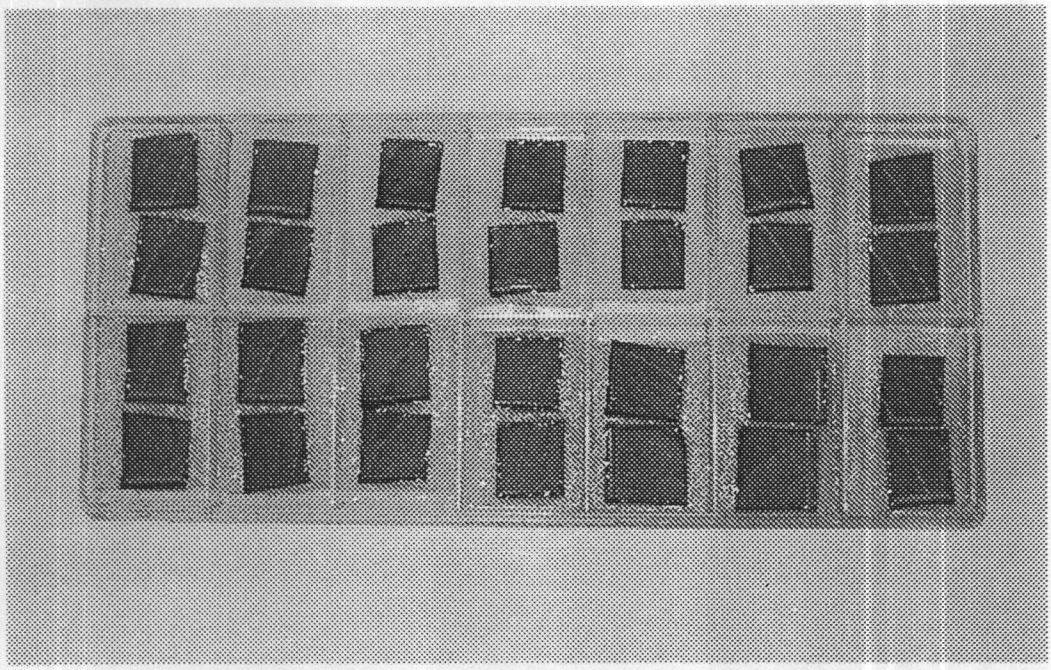
สถานที่และระยะเวลาทำการศึกษา

สถานที่ทำการศึกษา ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

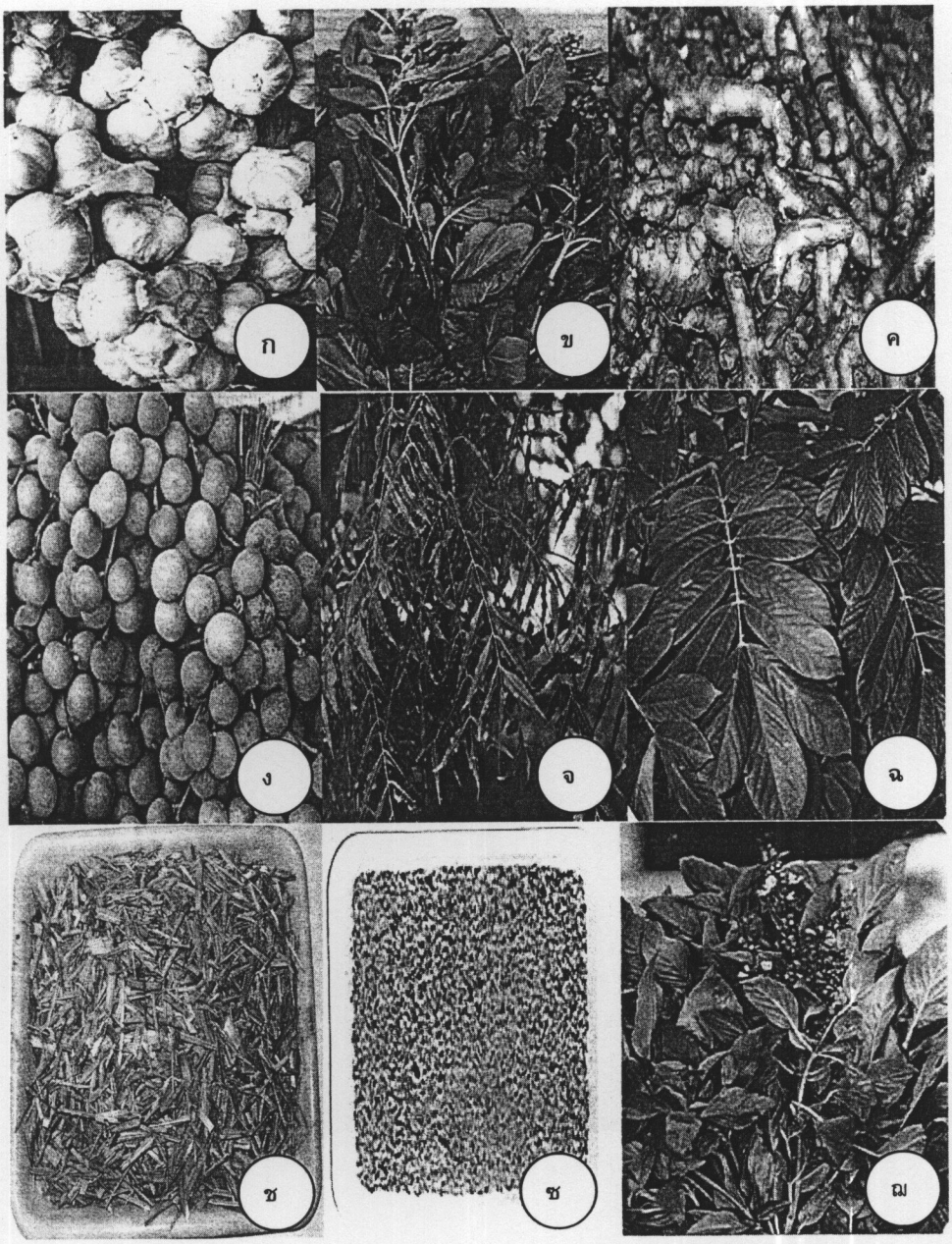
ระยะเวลาทำการศึกษา ตุลาคม 2543 – มกราคม 2545



ภาพที่ 1 การขยายพันธุ์ไร *Oligonychus mangiferus* ภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิ
ก. กล่องเลี้ยงไรเพื่อทำการขยายพันธุ์ให้มีปริมาณมาก
ข. การขยายพันธุ์ไรมะม่วงภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 28 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 64%



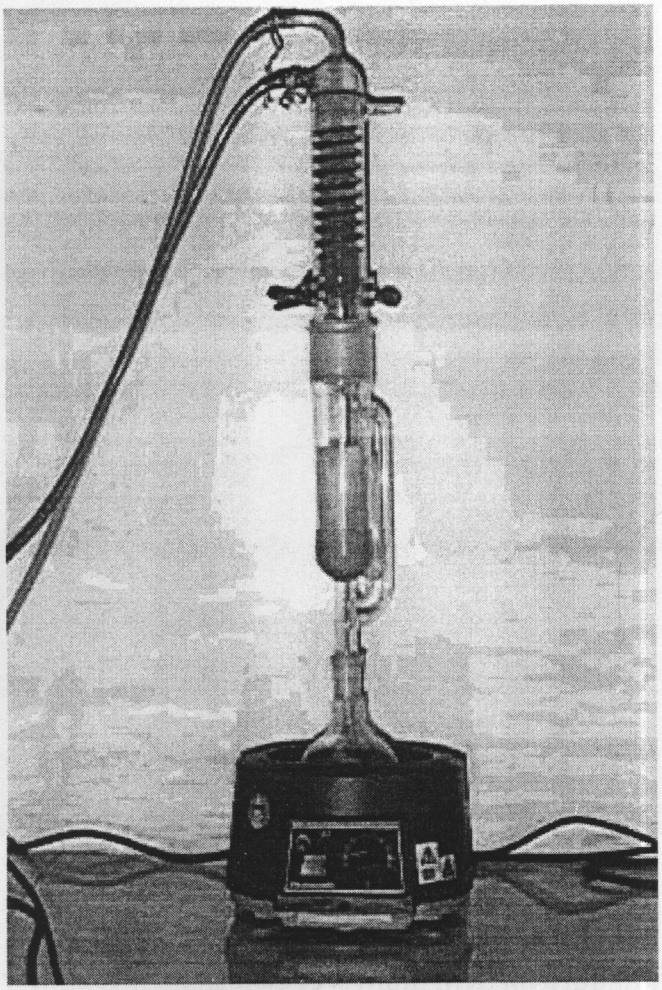
ภาพที่ 2 กล่องเลี้ยงไรเพื่อศึกษาวงจรชีวิตที่อุณหภูมิต่าง ๆ



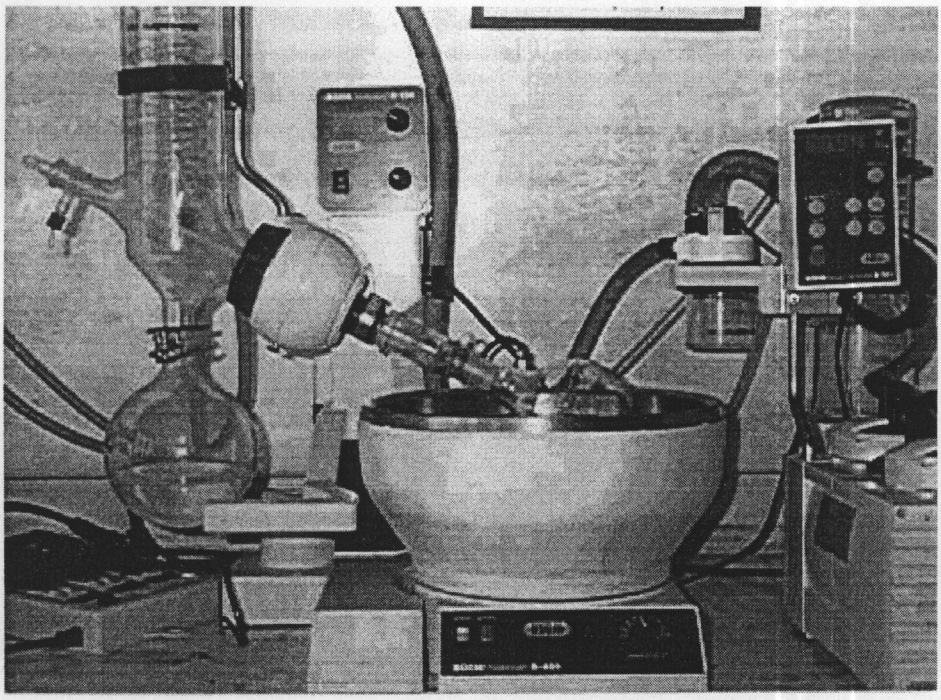
ภาพที่ 3 พืชที่ใช้ในการสกัดสาร

ก) กระเทียม ข) กระเพรา ค) ขมิ้นชัน ง ลำไย จ) สะเดาอินเดีย

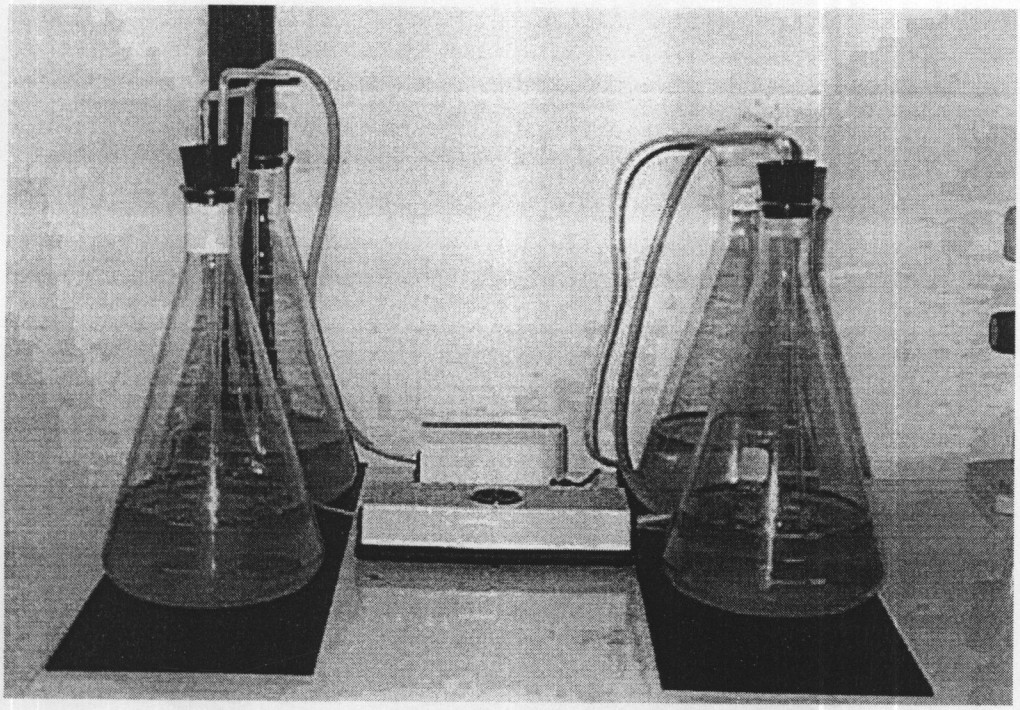
ฉ) หางไหล ช) เตะไคร้หอม ซ) น้อยหน่า และ ฌ)โหระพา



ภาพที่ 4 เครื่องสกัด (Soxhlet apparatus) ใช้สกัดสารที่มีฤทธิ์ในการทำลายศัตรูพืชออกจากชิ้นส่วนของพืช

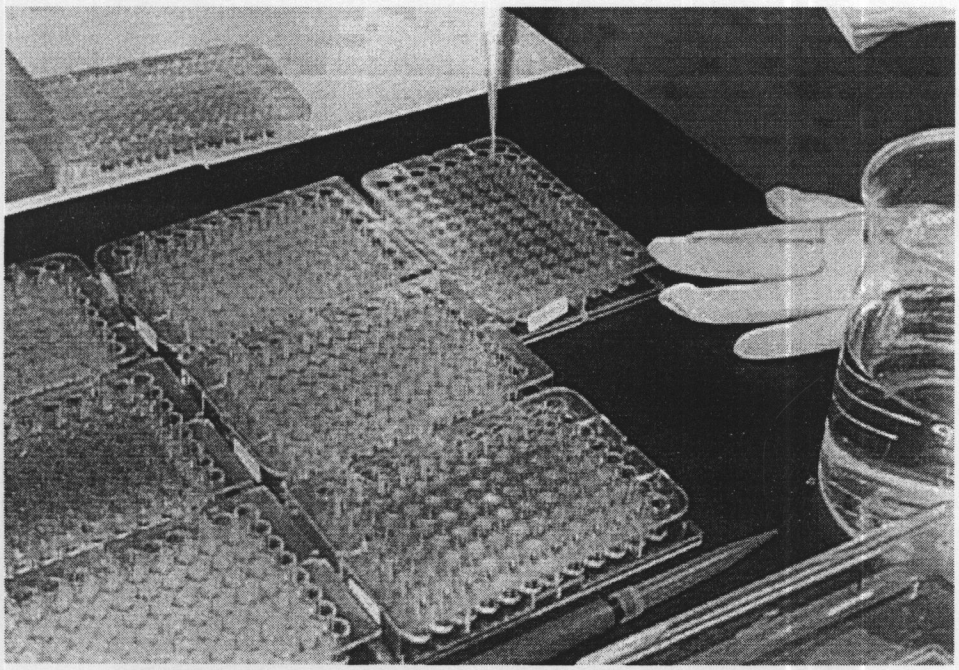


ภาพที่ 5 เครื่องระเหยสาร (Evaporator) ใช้ระเหยเอาตัวทำละลายออกจากสารสกัดหยาบ



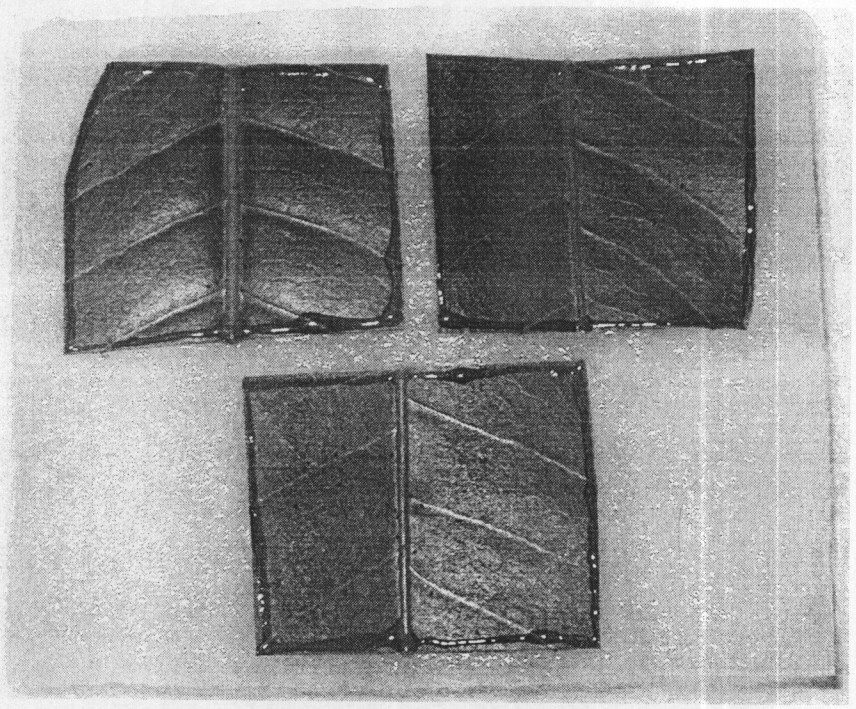
ภาพที่ 6 flask ที่ใช้เพาะฟักไข่อาร์ทีเมีย แต่ละ flask มีสายยางต่อกับปั๊มขนาดเล็ก เพื่อให้อากาศอย่างต่อเนื่อง

ภาพที่ 7 การแยกอาร์ทีเมียที่ฟักแล้วออกจากเปลือกไข่ โดยใช้แสงไฟช่วยดึงดูดอาร์ทีเมียซึ่งมีนิสัยชอบเคลื่อนที่เข้าหาแสง

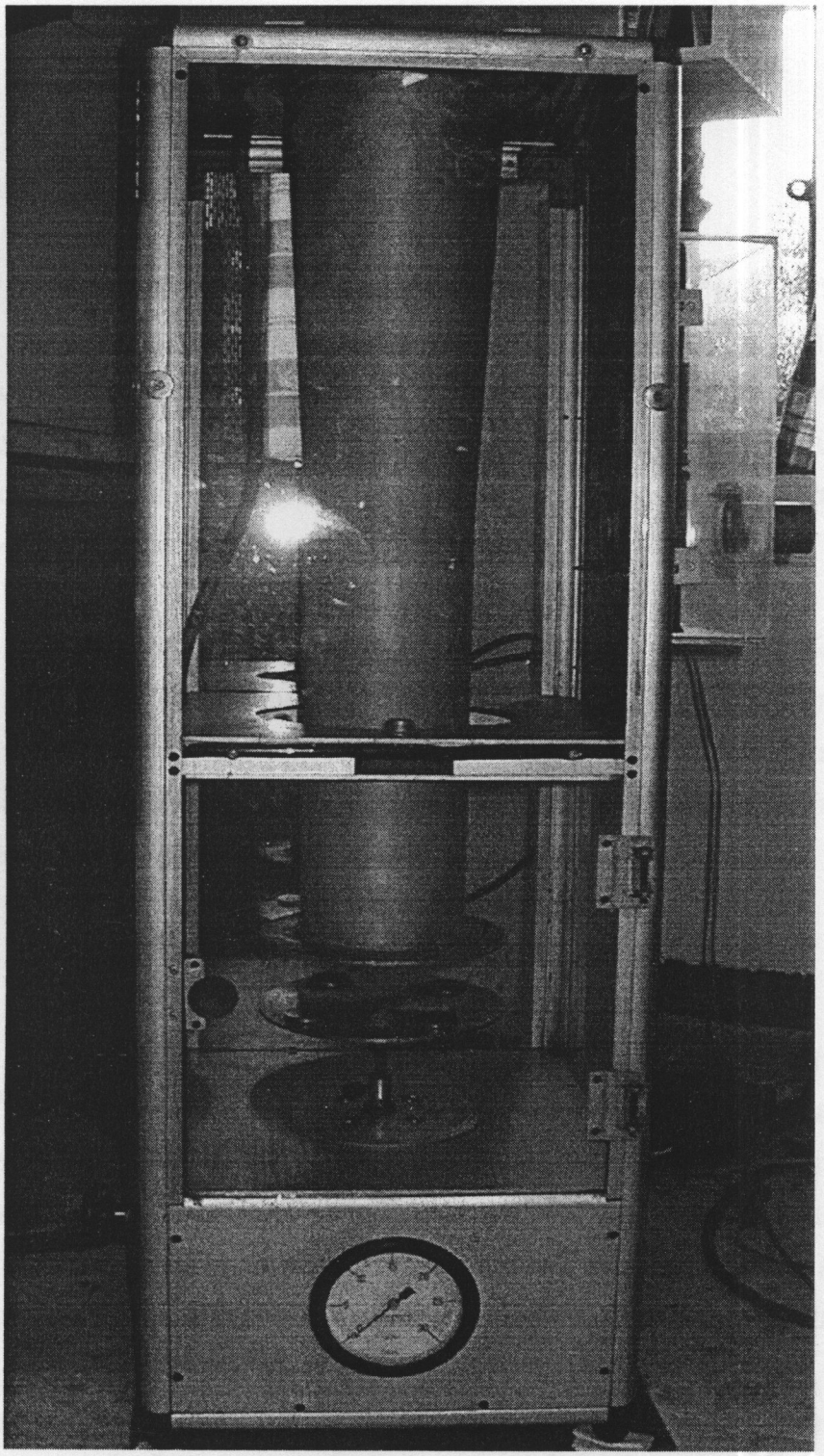


ภาพที่ 8 microwell plate ซึ่งหยดสารสกัดหยาบหลุมละ 20 ไมโครลิตร สำหรับทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดกับอาร์ทีเมีย

ภาพที่ 9 โถระเหยแห้งสูญญากาศ สำหรับระเหยตัวทำละลายออกจากสารสกัดหยาบ ก่อนนำไปทดสอบกับอาร์ทีเมีย



ภาพที่ 10 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบกับไรมะม่วง โดยทาสารสกัดครึ่งใบ และอีกครึ่งใบทาด้วย ethanol ก่อนปล่อยไรตัวเต็มวัยลงบนเส้นกลางใบ



ภาพที่ 11 เครื่องพ่นสาร (Potter' s spray tower)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาชีววิทยาของไรมะม่วง

การศึกษาวงจรชีวิต

ผลการศึกษาวงจรชีวิตของไรมะม่วงเมื่อเลี้ยงบนใบมะม่วงขนาด 2 x 2 เซนติเมตร และทาสารเหนียวตามขอบใบเพื่อกันไรตกน้ำ โดยทำการเลี้ยงที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 24 ± 1, 28 ± 1 และ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54% ตามลำดับ พบว่า ไรสามารถเจริญเติบโตได้ครบวงจรชีวิตทุกอุณหภูมิที่ทำการศึกษา โดยผ่านระยะการเจริญเติบโต 5 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่ (egg), ระยะตัวอ่อน (larva), ระยะวัยรุ่นที่ 1 (protonymph), ระยะวัยรุ่นที่ 2 (deutonymph) และระยะตัวเต็มวัย (adult)

ไรจะมีการพักตัวเป็นระยะเวลาสั้นๆ เพื่อขยายขนาดของลำตัวก่อนพัฒนาไปสู่ระยะถัดไป โดยในช่วงพักตัวนี้ไรจะหยุดกินอาหารและหยุดนิ่งอยู่กับที่ ภายใต้ผนังลำตัวจะมีการเปลี่ยนแปลง และมีการพัฒนาเพื่อสร้างผนังลำตัวใหม่ขึ้นภายใต้ผนังลำตัวเดิม กระบวนการลอกคราบของไรจะเกิดขึ้น 2 ขั้นตอน คือ apolysis เป็นขั้นของการแยกผนังลำตัวเก่าออกจากชั้น epidermis และขั้น ecdysis ซึ่งเป็นระยะที่ผนังลำตัวเก่าถูกสลัดทิ้งออกไป

ระยะไข่ (ภาพที่ 12 ก)

ไร *O. mangiferus* วางไข่เป็นใบเดี่ยวๆ หรือเป็นกลุ่มเล็กๆ ตามแนวเส้นกลางใบและเส้นใบ ไข่ที่วางใหม่ๆ จะมีสีขาวใส, ลักษณะกลมแบน, ผิวด้านบนจะโค้งนูน และมีเส้นขนงอกออกมาตรงจุดกึ่งกลางด้านบนของไข่ 1 เส้น ไข่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 0.14 มิลลิเมตร เมื่อไข่อายุประมาณ 1 วันจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลใส และมีจุดสีแดงอยู่ภายใน เมื่อเวลาผ่านไปจุดสีแดงนี้จะค่อยๆ ขยายกว้างขึ้น ส่วนใหญ่จุดสีแดงนี้จะอยู่ค่อนไปด้านข้างของไข่ด้านใดด้านหนึ่ง เมื่อไข่อายุประมาณ 2 - 3 วัน จุดแดงจะค่อยๆ เลือนหายไป และสีของไข่จะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองนวล ในระยะนี้ภายใต้เปลือกไข่จะเห็นจุดแดงเล็กๆ เพียงจุดเดียว เมื่อไข่อายุประมาณ 3 - 4 วัน ที่บริเวณด้านบนของเปลือกไข่จะมีลักษณะคล้ายรอยปริ และจุดสีแดงจะน้อยลงจนเกือบไม่มี นอกจากนั้นสีเหลืองนวลภายในไข่จะค่อยๆ เข้มขึ้น และเห็นรอยปริเด่นชัดขึ้น

ไข่จะเริ่มปริออกภายใน 4-5 วัน ตัวอ่อนใช้ลำตัวดันเปลือกไข่ ให้แตกออกในขณะที่ออกจากไข่ ไข่ใช้เวลาในการพัฒนาได้เปลือกไข่ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส 5.29 $\pm$ 0.32 วัน ในขณะที่ไข่ของไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการฟักเพียง 4.07 ± 0.48 และ 3.65 ± 0.74 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ไข่มีอัตราการฟัก 97.35% ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ในขณะที่ไข่ซึ่งบ่มที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียส มีอัตราการฟัก 92.86% และ 98.81% ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ระยะตัวอ่อน (ภาพที่ 12 ข)

ตัวอ่อนของไร O. *mangiferus* เมื่อฟักออกมาใหม่ๆ จะมีขา 3 คู่, ลำตัวกลม ป้อม สีเหลืองอ่อน เคลื่อนไหวช้า ลำตัวกว้าง 0.13 มิลลิเมตร ยาว 0.16 มิลลิเมตร หลังจากไรดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบมะม่วงแล้ว สีของลำตัวจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนและค่อยๆ เข้มขึ้น บนสันหลังของลำตัวค่อนไปทางด้านซ้ายของลำตัวมีจุดสีแดงเล็กๆ หลังจากไรกินอาหารประมาณ 1 วันจะเริ่มหยุดนิ่งอยู่กับที่, หยุดกินอาหาร และเข้าสู่ระยะพักตัวครั้งที่ 1 (protochrysalis) เพื่อขยายขนาดลำตัวก่อนเข้าสู่ระยะถัดไป (ภาพที่ 12 ค)

ระยะตัวอ่อนใช้เวลาในการเจริญเติบโตที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียสใกล้เคียงกันคือ 0.99 ± 0.23 และ 1.00 ± 0.26 วัน ตามลำดับ ส่วนตัวอ่อนซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการเจริญเติบโตนานกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 1.38 ± 0.23 วัน ตัวอ่อนซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส มีอัตราการตายสูงสุด 6.02% ตัวอ่อนจะใช้เวลาในการพักตัวก่อนเข้าสู่ระยะวัยรุ่นที่ 1 เป็นเวลา 1.0 ± 0.20, 0.68 ± 0.13 และ 0.55 ± 0.17 วัน ที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ระยะวัยรุ่นที่ 1 (ภาพที่ 12 ง)

ไรระยะวัยรุ่นที่ 1 จะออกจากคราบ โดยเอาส่วนหัวและขาคู่หน้าก้าวออกมาจากคราบเดิม ซึ่งจะแยกออกระหว่างขาคู่ที่ 2 และคู่ที่ 3 ในระยะนี้ไรจะมีขาคู่หลังเพิ่มขึ้นอีก 1 คู่ รวมเป็น 4 คู่ ไรมีลำตัวกว้างประมาณ 0.16 มิลลิเมตรและยาว 0.15 มิลลิเมตร หลังจากไรดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบมะม่วงแล้ว ลำตัวจะมีสีน้ำตาลปนดำ จุดตาสีแดงจะเริ่มเห็นเด่นชัดขึ้น ไรระยะวัยรุ่นที่ 1 ใช้เวลาในการเจริญเติบโต 1.06 $\pm$ 0.21, 0.95 $\pm$ 0.25 และ 0.71 $\pm$ 0.25 วัน ที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หลังจากไรดูดกินอาหารเต็มที่แล้วจะเริ่มเข้าสู่ระยะพักตัวครั้งที่ 2 (deutochrysalis) เพื่อเปลี่ยนขนาดของลำตัวใหม่ โดยจะหยุดกินอาหารและหยุดนิ่งอยู่กับที่ ไม่มีการเคลื่อนไหว ภายใต้ผนังลำตัวจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยไรจะสร้างผนังลำตัวชุดใหม่ ก่อนที่ผนังลำตัวชุดเก่าจะถูกสลัดทิ้งไป (ภาพที่ 12 จ) ที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียสไรจะใช้เวลาพักตัวครั้งที่ 2 ใกล้เคียงกันคือ 0.68 ± 0.13 และ 0.65 ± 0.29 วัน ส่วนที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสนั้นไรใช้เวลาในการพักตัวนานกว่าที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียส คือ 0.96 ± 0.15 วัน (ตารางที่ 1) ระยะพักตัวครั้งที่ 2 ของไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียส มีอัตราการอยู่รอด 100 % (ตารางที่ 2)

<u>วัยรุ่นระยะที่ 2</u> (ภาพที่ 12 ฉ)

ไรระยะวัยรุ่นที่ 2 จะมีขนาดของลำตัวใกล้เคียงกับตัวเต็มวัย เส้นขนตามลำตัวและจุดตาสีแดงจะปรากฏเด่นชัดมากขึ้น ไรมีขนาดลำตัวกว้างประมาณ 0.21 มิลลิเมตร ยาว 0.22 มิลลิเมตร ลำตัวมีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้น ขา 2 คู่แรกจะเป็นสีแดงตั้งแต่ปลายขาถึงโคนขา ในระยะนี้สามารถแยกความแตกต่างของเพศผู้และเพศเมียได้ โดยเพศเมียจะมีขนาดโตกว่าเพศผู้ และมีลำตัวอ้วนกลม ส่วนเพศผู้มีลำตัวด้านหน้ากว้างและส่วนท้ายเรียวแหลม ไรระยะนี้ใช้เวลาในการเจริญเติบโตและดูดกินอาหารค่อนข้างยาวนานกว่าระยะอื่นๆ โดยไรวัยรุ่นซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียสจะใช้เวลาในการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้เวลา 1.32 ± 0.39, 1.16 ± 0.28 และ 0.87 ± 0.36 วัน ตามลำดับ

เมื่อไรดูดกินน้ำเลี้ยงบนใบมะม่วงเต็มที่แล้ว ไรจะเริ่มเข้าสู่ระยะพักตัวขั้นสุดท้าย (teliochysalis) ก่อนที่จะเป็นตัวเต็มวัย โดยไรจะหยุดกินอาหารและเกาะอยู่กับที่นิ่งๆ ในระยะนี้ขา 2 คู่หน้าจะหดเข้าหาลำตัว ส่วนขาคู่ที่ 3 และคู่ที่ 4 จะแนบเข้าชิดกับลำตัว ไรใช้เวลาในการพักตัวขั้นสุดท้ายแตกต่างกันในแต่ละอุณหภูมิคือ 1.03 ± 0.20, 0.80 ± 0.15 และ 0.53 ± 0.28 วัน ที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เมื่อใกล้ลอกคราบเป็นตัวเต็มวัยนั้นผนังลำตัวของไรจะพองออก ทำให้มองเห็นเป็นสีเงิน จากนั้นคราบเก่าจะค่อยๆ ปริออกระหว่างขาคู่ที่ 2 และคู่ที่ 3 ไรระยะวัยรุ่นที่ 2 มีอัตราการตาย 3.88, 4.16 และ 4.05% ที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนระยะพักตัวขั้นสุดท้ายมีอัตราการอยู่รอด 100% ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 2)

ระยะตัวเต็มวัย (ภาพที่ 13 และ14)

หลังจากที่ไรลอกคราบครั้งสุดท้ายเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยแล้ว ไรเพศเมียจะมีลำตัวสีแดงเข้มจนเกือบดำ ลำตัวมีความยาวประมาณ 0.28 มิลลิเมตร กว้าง 0.27 มิลลิเมตร ขนบนสันหลังเป็นเส้นยาว ปลายเรียวแหลม เห็นตาเป็นจุดสีแดงเด่นชัดที่บริเวณด้านข้างของลำตัวค่อนไปทางสันหลัง เวลาไรเดินจะยกขาคู่หน้าขึ้นและสั่นอยู่ตลอดเวลา ไรเพศผู้จะมีขนาดเล็กกว่าเพศเมียโดยมีลำตัวยาวประมาณ 0.28 มิลลิเมตร กว้าง 0.20 มิลลิเมตร

จากการเปรียบเทียบวงจรชีวิตของไรมะม่วงพบว่า อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อวงจรชีวิตของไร โดยที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียส ไรใช้เวลาในการพัฒนาจนเป็นตัวเต็มวัยนานที่สุดคือ 12.01 ± 0.81 วัน ส่วนที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาพัฒนาเพียง 9.33 ± 0.61 และ 7.43 ± 2.68 วัน ตามลำดับ

ในภาพรวมเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นไรจะใช้เวลาในการเจริญเติบโตน้อยลง ยกเว้นระยะไข่, ระยะตัวอ่อน และระยะพักตัวที่ 2 ซึ่งไรจะใช้เวลาในการเจริญเติบโตที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสใกล้เคียงกับที่ 32 องศาเซลเซียส แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 1)

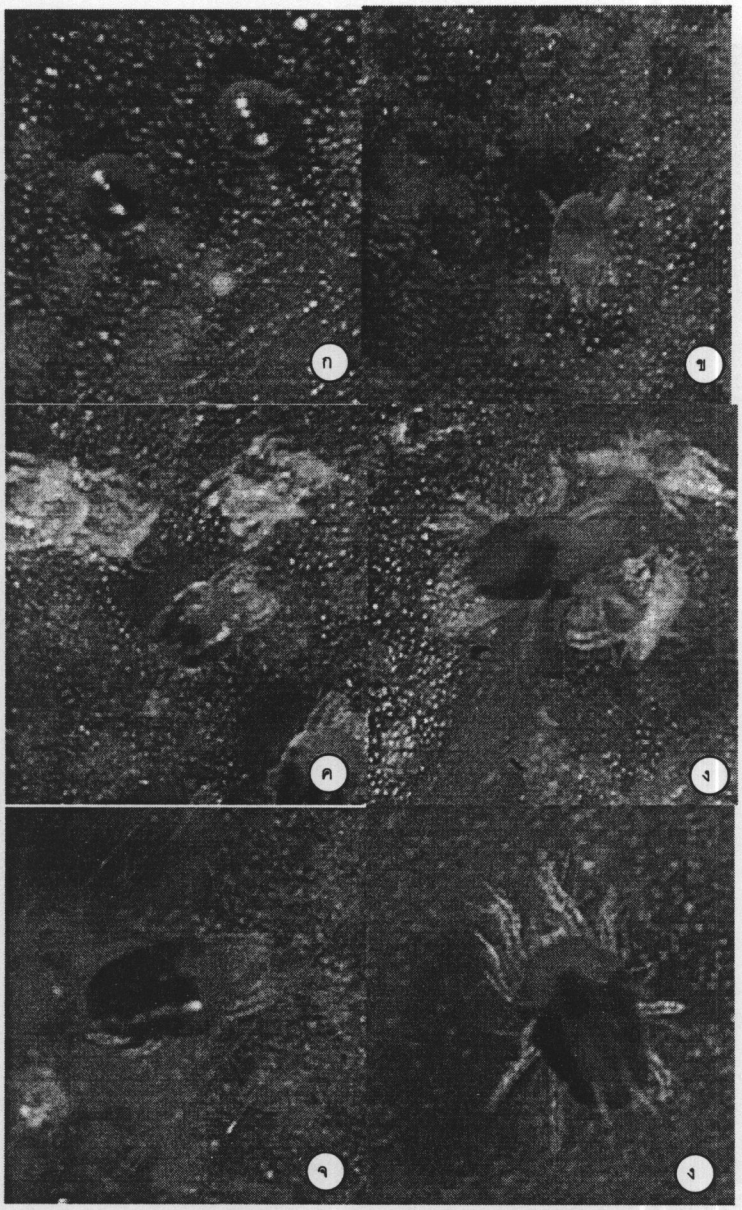
ไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส มีอัตราการตายรวมทุกระยะสูงสุดโดยเฉลี่ยคือ 20.60% และไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสมีอัตราการอยู่รอดเป็นตัวเต็มวัยสูงสุดคือ 87.37 % (ตารางที่ 2)

ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ไข่ของไร *O. mangiferus* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียสมีอัตราการฟักไข่ 97.35, 92.86 และ 98.81% และมีระยะฟักไข่ 5.29, 4.07 และ 3.65 วัน ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับที่ Rai และคณะ (1988) พบว่าไร *O. mangiferus* ที่อุณหภูมิ 22 – 31 องศาเซลเซียส มีอัตราการฟักไข่อยู่ในช่วง 90-100% และมีระยะฟักไข่ 4.65 วัน และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของฉัตรชัย และคณะ (2533) ซึ่งรายงานว่า ไร *O. mangiferus* ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการมีระยะฟักไข่ 4.73 วัน และไข่มีอัตราการฟัก 97.47% แต่ไรใช้เวลาพัฒนาจากไข่จนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัยค่อนข้างนานกว่าผลการศึกษาในครั้งนี้โดยใช้เวลาถึง 10.23 วัน โดยตัวอ่อนใช้เวลาในการเจริญเติบโต 2 ± 0.1 วัน ส่วนไรระยะวัยรุ่นที่ 1 และ 2 ใช้เวลาในการเจริญเติบโต 1.67 ± 0.21 และ 1.87 ±0.24 วัน ตามลำดับ

Sadana และ Chander (1973) รายงานว่า วงจรชีวิตของไร *O. mangiferus* ซึ่งเลี้ยงในช่วงฤดูร้อนมีวงจรชีวิตสั้นกว่าในช่วงฤดูหนาว 2.5 เท่า โดยไข่ของไรที่เลี้ยงในช่วงฤดูร้อนใช้เวลาในการฟัก 3 – 4 วัน ส่วนระยะตัวอ่อน, ระยะวัยรุ่นที่ 1 และระยะวัยรุ่นที่ 2 ใช้เวลาในการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน คือ 1 - 2 วัน ไรมีการเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตประมาณ 8 - 9 วัน ซึ่งนานกว่าผลการศึกษาครั้งนี้เล็กน้อย

Sadana และ Chander (1973) ทดลองเลี้ยงไร *O. mangiferus* ที่อุณหภูมิ 20, 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่า ไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสใช้เวลาในการเจริญเติบโตเร็วที่สุด ส่วนที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสไรเจริญเติบโตช้าที่สุดและมีอัตราการตายสูงที่สุด สำหรับไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการอยู่รอดสูงกว่าที่อุณหภูมิอื่นๆ ผลการศึกษาดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้คือ ไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส เจริญเติบโตช้ากว่า (12.01 วัน) ที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียส (9.33 และ 7.43 วัน) ส่วนอัตราการอยู่รอดจะสูงสุดที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส (87.37%)

จรัสศรี (2530) ทำการศึกษาวงจรชีวิตของไร *Oligonychus velascoi* Rimando ซึ่งเป็นไรศัตรูพืชที่สำคัญของมะพร้าวทางภาคใต้ของประเทศไทย พบว่า ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 55 ± 5% ไรใช้เวลาพัฒนาจากไข่จนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย 10.32 วัน โดยมีระยะฟักไข่ 4.73 วัน ตัวอ่อนใช้เวลาในการเจริญเติบโต 1.02 วัน, ระยะวัยรุ่นที่ 1 และ 2 ใช้เวลาในการเจริญเติบโต 1.52 และ 1 วัน ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิเดียวกันไร *O. velascoi* มีอัตราการเจริญเติบโตเร็วกว่า ไร *O. mangiferus* ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้

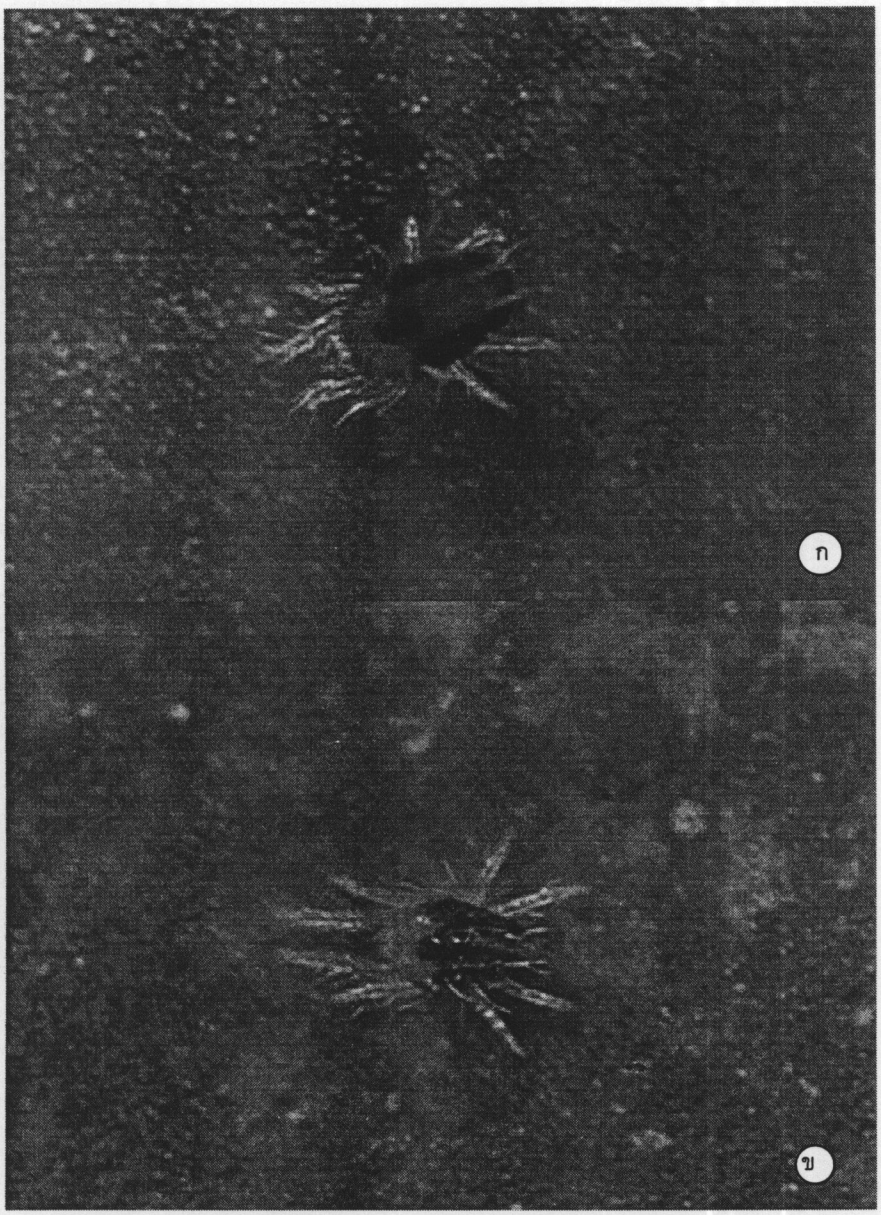


<u>ภาพที่ 12</u> ไร *Oligonychus mangiferus* ระยะต่างๆ

ก) ระยะไข่ ข) ระยะตัวอ่อน ค) ระยะพักตัวครั้งที่ 1

ง) ระยะวัยรุ่นที่ 1 จ) ระยะพักตัวครั้งที่ 2 และ

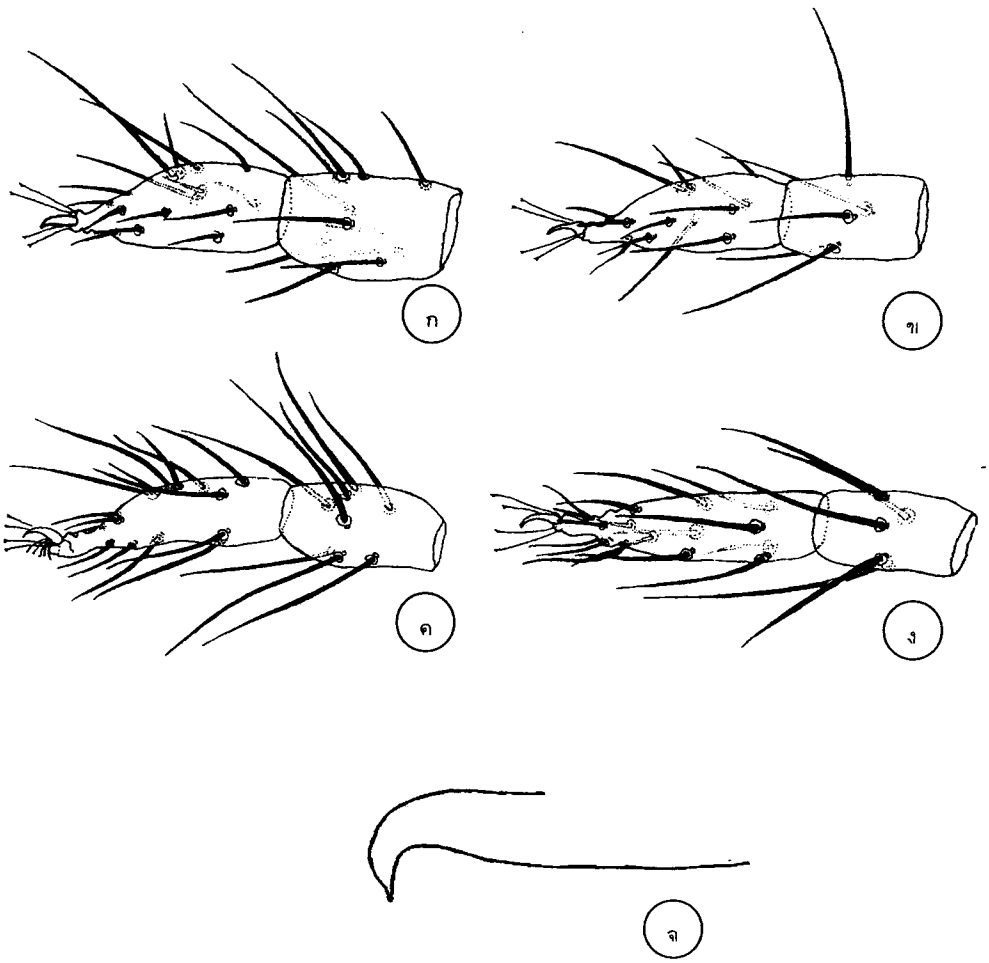
ฉ) ระยะวัยรุ่นที่ 2



<u>ภาพที่ 13</u> ระยะตัวเต็มวัยของไร *Oligonychus mangiferus*

ก) เพศเมีย

ข) เพศผู้



ภาพที่ 14 ลักษณะสำคัญทางอนุกรมวิธานของไร *Oligonychus mangiferus*

ก) ปล้อง tibia และ tarsus ของขาคู่ที่ 1 (เพศผู้)

ข) ปล้อง tibia และ tarsus ของขาคู่ที่ 2 (เพศผู้)

ค) ปล้อง tibia และ tarsus ของขาคู่ที่ 1 (เพศเมีย)

ง) ปล้อง tibia และ tarsus ของขาคู่ที่ 2 (เพศเมีย)

จ) อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (aedeagus)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโต ของไร *Oligonychus mangiferus* ที่อุณหภูมิ 24 ± 1, 28 ± 1 และ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54 %

ระยะการเจริญเติบโต	อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส		อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส		อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส	
	เฉลี่ย ± S.D.	พิสัย	เฉลี่ย ± S.D.	พิสัย	เฉลี่ย ± S.D.	พิสัย
ระยะไข่	5.29 ± 0.32 a[1/]	4.75 – 6.25	4.07 ± 0.48 b	2.00 – 5.00	3.65 ± 0.74 b	3.25 – 5.75
จำนวน	(n = 113)		(n = 78)		(n = 83)	
ระยะตัวอ่อน	1.38 ± 0.23 a	1.00 – 2.00	0.99 ± 0.23 b	0.75 – 2.00	1.00 ± 0.26 b	0.75 – 1.75
จำนวน	(n = 110)		(n = 75)		(n = 78)	
ระยะพักตัวที่ 1	1.00 ± 0.20 a	0.50 – 1.05	0.68 ± 0.13 b	0.50 – 1.00	0.55 ± 0.17 c	0.25 – 0.75
จำนวน	(n = 110)		(n = 73)		(n = 76)	
ระยะวัยรุ่นที่ 1	1.06 ± 0.21 a	0.50 – 2.25	0.95 ± 0.25 b	0.25 – 1.25	0.71 ±0.25 c	0.25 – 1.50
จำนวน	(n = 109)		(n = 72)		(n = 74)	
ระยะพักตัวที่ 2	0.96 ± 0.15 a	0.75 – 1.50	0.68 ± 0.13 b	0.50 – 1.00	0.65 ± 0.29 b	0.25 – 0.75
จำนวน	(n = 107)		(n = 72)		(n = 74)	
ระยะวัยรุ่นที่ 2	1.32 ± 0.39 a	0.50 – 2.50	1.16 ± 0.28 b	0.75 – 2.00	0.87 ± 0.36 c	0.75 – 1.75
จำนวน	(n = 103)		(n = 69)		(n = 71)	
ระยะพักตัวสุดท้าย	1.03 ± 0.20 a	0.50 – 1.75	0.80 ± 0.15 b	0.50 – 1.00	0.53 ± 0.28 c	0.25 – 0.75
จำนวน	(n = 99)		(n = 68)		(n = 71)	
วงจรชีวิต	12.01 ± 0.81 a	10.5 – 13.5	9.33 ± 0.61 b	8.00 – 10.50	7.43 ± 2.68 c	8.00 – 10.50
	(n = 99)		(n = 68)		(n = 71)	

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ SNK ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 2 อัตราการตายของไร *Oligonychus mangiferus* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 ± 1, 28 ± 1 และ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64, และ 54%

ระยะการเจริญเติบโต	อัตราการตาย (%)		
	24 องศาเซลเซียส	28 องศาเซลเซียส	32 องศาเซลเซียส
ระยะไข่	2.65	7.14	1.19
ระยะตัวอ่อน	0.00	3.84	6.02
ระยะพักตัวที่ 1	0.90	2.66	2.56
ระยะวัยรุ่นที่ 1	1.83	1.36	2.63
ระยะพักตัวที่ 2	3.37	0.00	0.00
ระยะวัยรุ่นที่ 2	3.88	4.16	4.05
ระยะพักตัวขั้นสุดท้าย	0.00	1.44	0.00
รวม	12.63	20.60	16.45

การศึกษาอายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์

อายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์ของไรเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์

ขณะที่ไรเพศเมียกำลังอยู่ในระยะพักตัวขั้นสุดท้าย เพื่อพร้อมที่จะเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยนั้น ไรเพศผู้จะเฝ้าอยู่ข้างๆ หรือขึ้นไปอยู่บนลำตัวของเพศเมีย และเมื่อไร เพศเมียออกจากคราบจะได้ทำการผสมพันธุ์ทันที (ภาพที่ 15 ก) จากการสังเกตพบว่า ไรเพศเมียหนึ่งตัวอาจมีเพศผู้เฝ้าอยู่ 1 – 3 ตัว เมื่อไรเพศเมียพร้อมที่จะทำการลอกคราบนั้น ผนังลำตัวเดิมจะเริ่มแยกออก ไรเพศผู้ที่เฝ้าอยู่บางตัวอาจใช้ปากและขาช่วยแกะผนังลำตัวบริเวณที่เป็นรอยแตก เพื่อช่วยให้เพศเมียออกจากคราบได้เร็วขึ้น ไรเพศผู้จะเข้าผสมพันธุ์ทันทีที่เพศเมียออกจากคราบ โดยจะมุดเข้าไปอยู่ด้านใต้ท้องของเพศเมีย และใช้อวัยวะเพศที่แหลมโค้งขึ้นสอดใส่ในอวัยวะเพศเมีย การผสมพันธุ์และปล่อยน้ำเชื้อจะใช้ระยะเวลาประมาณ 5 – 30 วินาที/ครั้ง (ภาพที่ 15 ข) ทั้งไรเพศผู้และเพศเมียสามารถทำการผสมพันธุ์ได้หลายครั้งตลอดอายุขัย หลังจากผสมพันธุ์แล้ว 0 – 2 วัน ไรเพศเมียจึงจะเริ่มวางไข่ พฤติกรรมการผสมพันธุ์นี้คล้ายกับการผสมพันธุ์ของไร *O. velascoi* ซึ่งเป็นศัตรูมะพร้าวในประเทศไทย โดย จรัสศรี (2530) พบว่า ก่อนที่ไร *O. velascoi* เพศเมียจะลอกคราบเป็นตัวเต็มวัยนั้น จะมีไรเพศผู้เฝ้าอยู่ และไรเพศผู้บางตัวอาจใช้ปากและขาช่วยแกะผนังลำตัวส่วนที่เป็นรอยแตก เพื่อช่วยให้เพศเมียออกจากคราบได้เร็วขึ้น จากนั้นไรเพศผู้จะเข้าผสมพันธุ์ทันที โดยจะมุดเข้าไปอยู่ใต้ท้องของเพศเมีย และใช้อวัยวะเพศที่แหลมโค้งขึ้นสอดใส่ในอวัยวะเพศเมียเพื่อทำการผสมพันธุ์และปล่อยน้ำเชื้อเช่นเดียวกับไร *O. mangiferus*

การศึกษาอายุขัยของไร *O. mangiferus* เพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้วพบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นไรจะมีอายุขัยสั้นลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย มีอายุขัยเฉลี่ย 19.88 $\pm$ 9.42, 15.87 $\pm$ 1.27 และ 13.13 $\pm$ 1.84 วัน ที่อุณหภูมิ 24, 28, และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส จะเริ่มวางไข่ได้เร็วที่สุดคือ 1.61 ± 0.50วันหลังการผสมพันธุ์ ส่วนที่อุณหภูมิ 24 และ 32 องศาเซลเซียสนั้น ไรจะวางไข่ใบแรกหลังการผสมพันธุ์ 2.08 ± 0.60 และ 1.83 $\pm$ 0.50 วัน ตามลำดับซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 3)

ไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส มีช่วงเวลาวางไข่ที่ไม่แตกต่างกัน คือ 12.44 ± 4.49 และ 11.35 ± 1.75 วัน ส่วนช่วงเวลาวางไข่ของไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสก็ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับช่วงเวลาวางไข่ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส (10.53 ± 2.73 วัน)

ไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสจะตายภายใน 0.77 ± 1.63 วันหลังจากวางไข่ใบสุดท้าย ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับไรที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส ที่มีช่วงเวลาหลังวางไข่นาน 5.19 ± 4.66 และ 2.90 ± 1.17 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ไร *O. mangiferus* เพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้วและเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียส วางไข่เฉลี่ยประมาณ 18 – 22 ฟอง/ตัว โดยจะวางไข่สูงสุด 38, 36 และ 34 ฟอง ตามลำดับ อย่างไรก็ดี ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสไรจะมีอัตราการวางไข่/ตัว/วันน้อยที่สุด คือ 0.96 ± 0.32 ฟอง/ตัว/วัน แต่เนื่องจากไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมินี้ มีช่วงเวลาวางไข่นานที่สุด (12 วัน) จึงทำให้ปริมาณไข่ที่เพศเมียแต่ละตัวผลิตได้ใกล้เคียงกับไรซึ่งเลี้ยงที่ 28 และ 32 องศาเซลเซียส สำหรับไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียส จะวางไข่ได้ในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 1.43 ± 0.42 และ 1.59 ± 0.46 ฟอง/ตัว/วัน ตามลำดับ

Rai และคณะ (1988) เลี้ยงไร *O. mangiferus* ที่อุณหภูมิ 22 - 32 องศาเซลเซียส พบว่าไรเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์มีช่วงเวลาก่อนวางไข่โดยเฉลี่ย 2.20 วัน ซึ่งยาวกว่าผลการทดลองครั้งนี้เล็กน้อย และไรมีช่วงเวลาวางไข่ 10.67 วัน ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส คือ 10.53 วัน Sadana และ Chander (1973) ทดลองเลี้ยงไร *O. mangiferus* ในช่วงฤดูร้อนพบว่าไรมีระยะวางไข่เพียง 5.12 วัน ซึ่ง สั้นกว่าผลการศึกษาในครั้งนี้ทั้ง 3 ระดับอุณหภูมิ

ฉัตรชัย และคณะ (2533) พบว่าไร *O. mangiferus* ซึ่งเลี้ยงในห้องปฏิบัติการและได้รับการผสมพันธุ์แล้วจะมีอายุขัยเฉลี่ย 20.67 วัน และวางไข่เฉลี่ย 31.7 ฟอง/ตัว โดยมีจำนวนไข่สูงสุด 61 ฟอง/ตัว ซึ่งต่างกับผลการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่า ไรวางไข่ได้เพียง 19 – 22 ฟอง/ตัว โดยจะวางไข่ได้สูงสุดเพียง 38 ฟอง/ตัวเท่านั้น

ChannaBasavanna และ Viraktamath (1989) รายงานว่า ไร *O. mangiferus* เพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้ว เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 55 ± 5% มีอายุขัย 20.6 ± 0.54 วัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองครั้งนี้ นอกจากนั้นยังรายงานว่าไรชนิดนี้มีอัตราการวางไข่เฉลี่ย 4.15 ฟอง/ตัว/วัน และสามารถวางไข่ได้สูงถึง 86.0 ± 5.52 ฟอง/ตัว ซึ่งมากกว่าผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ถึง 4 เท่า

ไรเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้ว จะผลิตไข่ที่พัฒนาไปเป็นตัวเต็มวัยได้ทั้งเพศผู้และเพศเมีย การนำไรเพศเมียที่อยู่ในระยะพักตัวขั้นสุดท้ายมาแยกเลี้ยงในกรงเดี่ยว โดยปล่อยไรตัวเต็มวัยเพศผู้จำนวน 1-3 ตัวไว้ตลอดอายุขัยของเพศเมีย พบว่า ไข่ที่วางโดยไรซึ่งได้รับการผสมพันธุ์แล้ว จะพัฒนาไปเป็นตัวเต็มวัยได้ทั้งเพศผู้และเพศเมีย แต่จะให้ลูกที่เป็นเพศเมียมากกว่าเพศผู้ โดยมีอัตราส่วนเพศผู้ : เพศเมีย เท่ากับ 1 : 4 แต่ถ้าปล่อยให้ไรเพศเมียและเพศผู้อยู่รวมกันเป็นจำนวนมากเหมือนในสภาพธรรมชาติ เพื่อให้ผสมพันธุ์กันได้อย่างอิสระ จะพบว่าไรรุ่นลูกมีจำนวนเพศผู้และเพศเมียใกล้เคียงกัน โดยมีอัตราส่วนเพศผู้ : เพศเมียเท่ากับ 1 : 1.27 ซึ่งสอดคล้องกับ Sabelis (1991) ที่กล่าวว่าไร *T. urticae* เมื่อเลี้ยงบนใบพืชเดี่ยวๆ จะให้ลูกเพศเมียมากกว่าเพศผู้ แต่ถ้าอยู่เป็นกลุ่มแล้วจะให้ลูกเพศเมียและเพศผู้เท่าๆ กัน ฉัตรชัย และคณะ (2533) รายงานว่าไรเพศเมียที่แยกเลี้ยงในกรงเดี่ยว และได้รับการผสมพันธุ์แล้ว จะให้ลูกในรุ่นต่อไปในอัตราส่วนเพศผู้ : เพศเมีย เท่ากับ 1 : 2 ซึ่งต่างกับผลการศึกษาในครั้งนี้

อายุขัยและอัตราการขยายพันธุ์ของไรเพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์

ไรเพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์มีอายุขัยเฉลี่ยสูงสุด 19.19 $\pm$ 4.48 วัน เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอายุขัยเฉลี่ยของไรเพศเมียจะลดลงเหลือเพียง 16.32 $\pm$ 3.56 และ 14.35 $\pm$ 1.62 วัน ที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสจะเริ่มวางไข่ได้ช้ากว่าที่อุณหภูมิอื่นๆ โดยใช้เวลานาน 1.52 $\pm$ 0.77 วัน ในขณะที่ไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียส จะเริ่มวางไข่ใบแรกภายใน 1.08 $\pm$ 0.28 และ 1.23 $\pm$ 1.12 วัน ตามลำดับ

ไรเพศเมียซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสมีช่วงเวลาวางไข่ 14.52 $\pm$ 2.48 วัน ซึ่งนานกว่าช่วงเวลาวางไข่ของไรเพศเมียที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาวางไข่แล้วนั้น ไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสจะตายภายในเวลา 1.09 $\pm$ 1.55 วันโดยเฉลี่ย ในขณะที่ไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส จะมีช่วงเวลาหลังการวางไข่นานกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือ 3.13 $\pm$ 3.17 และ 2.79 $\pm$ 1.06 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ไรที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์จะผลิตไข่ได้สูงสุด 27.06 $\pm$ 4.41 ฟองที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการวางไข่ 1.90 $\pm$ 0.36 ฟอง/ตัว/วัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของฉัตรชัย และคณะ (2533) ส่วนจำนวนไข่และอัตราการวางไข่ของไรที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4)

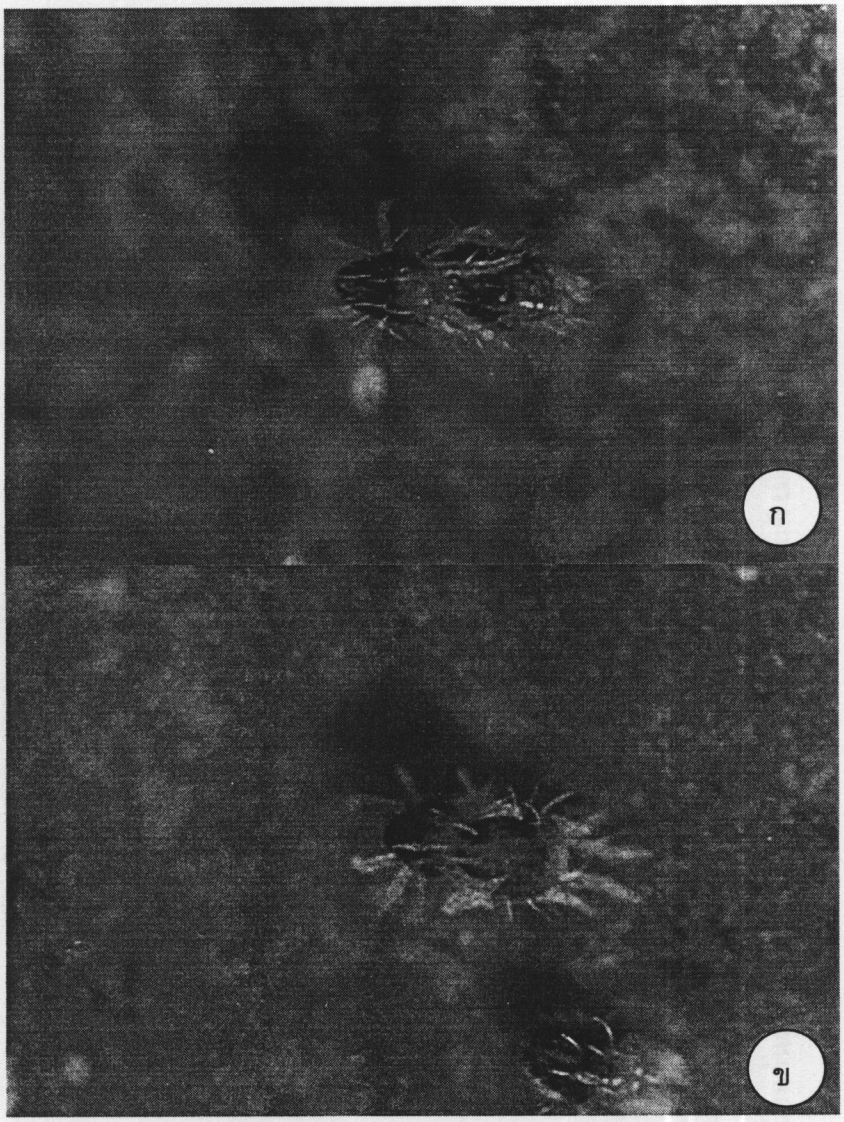
Sirsikar และ Nagabhushanan (1989) เลี้ยงไร *O. mangiferus* ในห้องปฏิบัติการพบว่า ไรเพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ มีอายุขัยค่อนข้างยาวกว่าไรที่เลี้ยงในครั้งนี้ (19.6 – 27.4 วัน) นอกจากนั้นยังวางไข่ได้มากกว่า (23.4 - 72.0 ฟอง/ตัว) และมีอัตราการวางไข่/ตัว/วัน สูงกว่าผลการศึกษาครั้งนี้ (1.01 - 2.88 ฟอง/ตัว/วัน) ChannaBasavanna และ Viraktamath (1989) พบว่าเมื่อนำไร *O. mangiferus* เพศเมียที่ ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ไปเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 55 ± 5% จะมีอายุขัย 26.4 ± 1.14 วัน และวางไข่ได้ 68.2 ± 5.93 ฟอง/ตัว โดยมีอัตราการวางไข่เฉลี่ย 2.6 ฟอง/วัน ซึ่งมากกว่าผลที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ทุกอุณหภูมิ

Zaher และ Shehata (1972) พบว่าไร *O. mangiferus* เพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์จะมีปริมาณการวางไข่และระยะการวางไข่ที่แตกต่างกันเมื่อเลี้ยงที่ฤดูกาลต่างกันคือ ฤดูใบไม้ผลิ, ฤดูร้อน และฤดูหนาว มีปริมาณไข่ 23.6, 29.8 และ 33.5 ฟอง/ตัว ซึ่งตรงข้ามกับผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ โดยไรเพศเมียผลิตไข่ได้เฉลี่ย 19.58, 22.05 และ 27.06 ฟอง/ตัวที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียส

Sadana และ Chander (1973) รายงานว่าไร *O. mangiferus* ซึ่งเลี้ยงในช่วงฤดูร้อนมีช่วงเวลาก่อนวางไข่ และช่วงเวลา หลังวางไข่ใกล้เคียงกันคือ 1.25 วัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่าไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสมีช่วงเวลาก่อนและหลังวางไข่ 1.23 และ 1.09 วัน อย่างไรก็ตาม Sadana และ Chander (1973) ได้รายงานว่า ไรซึ่งไม่ได้รับการผสมพันธุ์มีช่วงเวลาวางไข่เพียง 5.12 วัน ในฤดูร้อน แต่ผลการศึกษาพบว่าไร *O. mangiferus* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียสมีช่วงเวลาของการวางไข่นาน 11 – 12 วัน

ไข่ซึ่งเกิดจากไรเพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ จะฟักเป็นเพศผู้ทั้งหมด (arrheno-toky) ซึ่งสอดคล้องกับฉัตรชัย และคณะ (2533) แต่แตกต่างจากรายงานของ Flechtmann (1982) ซึ่งกล่าวว่าไร *O. mangiferus* เพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์สามารถให้ลูกรุ่นต่อไปได้ทั้งเพศผู้ทั้งหมด หรือเพศผู้รวมกับเพศเมีย (thelytoky)

การเปรียบเทียบอัตราการขยายพันธุ์ของไรที่ได้รับการผสมพันธุ์และไม่ได้รับการผสมพันธุ์ พบว่า ไรที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์นั้นจะเริ่มวางไข่ได้เร็วกว่าไรที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้วเล็กน้อย นอกจากนั้นยังมีช่วงเวลาวางไข่ที่นานกว่าเล็กน้อยด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจำนวนไข่ที่เพศเมียแต่ละตัวผลิตได้ตลอดชีวิต พบว่า ทั้งไรที่ได้รับการผสมพันธุ์และไรที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์จะวางไข่ได้ใกล้เคียงกันมาก ยกเว้นที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ซึ่งไรที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์จะวางไข่ได้ค่อนข้างสูงกว่าไรที่ได้รับการผสมพันธุ์



ภาพที่ 15 การผสมพันธุ์ของไรมะม่วง *Oligonychus mangiferus*

ก) ไรเพศผู้รอทำการผสมพันธุ์กับไรเพศเมียที่ยังอยู่ในระยะพักตัวระยะสุดท้าย

ข) ไรเพศผู้มุดอยู่ใต้ท้องของเพศเมีย และทำการผสมพันธุ์

ตารางที่ 3 อายุขัยเฉลี่ย และอัตราการขยายพันธุ์ของไร *Oligonychus mangiferus* ที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้วที่อุณหภูมิ 24 ± 1, 28 ± 1 และ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54 %

	24 องศาเซลเซียส		28 องศาเซลเซียส		32 องศาเซลเซียส	
	เฉลี่ย[1/] ± S.D.	พิสัย	เฉลี่ย[1/] ± S.D.	พิสัย	เฉลี่ย[1/] ± S.D.	พิสัย
ช่วงเวลาก่อนวางไข่	2.08 ± 0.60 a[1/]	1.00 – 4.00	1.61 ± 0.50 b	1.00 – 2.00	1.83 ± 0.50 ab	1.00 – 3.00
จำนวน	(n = 36)		(n = 31)		(n = 30)	
ช่วงเวลาวางไข่	12.44 ± 4.49 a	4.00 – 21.00	11.35 ± 1.75 ab	5.00 – 18.00	10.53 ± 2.73 b	8.00 – 4.00
จำนวน	(n = 36)		(n = 31)		(n = 30)	
ช่วงเวลาหลังวางไข่	5.19 ± 4.66 a	1.00 – 15.00	2.90 ± 1.17 b	1.00 – 9.00	0.77 ± 1.63 c	0.00 – 2.00
จำนวน	(n = 36)		(n = 31)		(n = 30)	
อายุขัยเพศเมียเฉลี่ย	19.88 ± 9.42 a	14.00 – 29.00	15.87 ± 1.27 b	12.00 – 22.00	13.13 ± 1.84 c	11.00 – 15.00
จำนวน	(n = 36)		(n = 31)		(n = 30)	
จำนวนไข่/ตัว	18.97 ± 9.66 a	7.00 – 38.00	22.64 ± 7.50 a	12.00 – 36.00	21.17 ± 6.72 a	9.00 – 34.00
จำนวน	(n = 36)		(n = 31)		(n = 30)	
จำนวนไข่/ตัว/วัน	0.96 ± 0.32 a	0.28 – 1.44	1.43 ± 0.42 b	0.75 – 2.25	1.59 ± 0.46 b	0.70 – 2.28
จำนวน	(n = 36)		(n = 31)		(n = 30)	

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ SNK ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4 อายุขัยเฉลี่ย และอัตราการขยายพันธุ์ของไร *Oligonychus mangiferus* ที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์ ที่อุณหภูมิ 24 ±1, 28 ± 1 และ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54%

	24 องศาเซลเซียส		28 องศาเซลเซียส		32 องศาเซลเซียส	
	เฉลี่ย[1/] ±S.D.	พิสัย	เฉลี่ย[1/] ±S.D.	พิสัย	เฉลี่ย[1/] ±S.D.	พิสัย
ช่วงเวลาก่อนวางไข่	1.52 ± 0.77 a[1/]	0.00 – 3.00	1.08 ± 0.28 b	1.00 – 2.00	1.23 ± 1.12 b	1.00 – 4.00
จำนวน	(n = 36)		(n = 34)		(n = 31)	
ช่วงเวลาวางไข่	14.52 ± 2.48 a	8.00 – 20.00	12.44 ± 3.37 b	4.00 – 17.00	11.51 ± 2.31 b	8.00 – 14.00
จำนวน	(n = 36)		(n = 34)		(n = 31)	
ช่วงเวลาหลังวางไข่	3.13 ± 3.17 a	0.00 – 12.00	2.79 ± 1.06 a	1.00 – 4.00	1.09 ± 1.55 b	0.00 – 2.00
จำนวน	(n = 36)		(n = 34)		(n = 31)	
อายุขัยเพศเมียเฉลี่ย	19.19 ± 4.48 a	11.00 – 31.00	16.32 ± 3.56 b	6.00 – 21.00	14.35 ± 1.62 b	10.00 – 24 00
จำนวน	(n = 36)		(n = 34)		(n = 31)	
จำนวนไข่/ตัว	19.58 ± 6.28 b	8.00 – 33.00	22.05 ± 6.00 b	7.00 - 30.00	27.06 ± 4.41 a	15.00 – 38.00
จำนวน	(n = 36)		(n = 34)		(n = 31)	
จำนวนไข่/ตัว/วัน	1.06 ± 0.38 c	0.40 – 1.76	1.40 ± 0.25 b	0.81 – 1.72	1.90 ± 0.36 a	1.04 – 2.70
จำนวน	(n = 36)		(n = 34)		(n = 31)	

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ SNK ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การศึกษาตารางชีวิต

การศึกษาตารางชีวิตของไร *O. mangiferus* ที่อุณหภูมิ 24 ± 1, 28 ± 1 และ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54% พบว่า ตลอดระยะการเจริญเติบโตของไรเพศเมียตั้งแต่ระยะไข่จนเป็นตัวเต็มวัย ไรเพศเมียจะมีอัตราการอยู่รอดเป็นตัวเต็มวัยใกล้เคียงกัน โดยที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสมีอัตราการอยู่รอด 87% รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 32 และ 28 องศาเซลเซียส ซึ่งมีอัตราการอยู่รอด 84 และ 80% ตามลำดับ (ตารางที่ 5, 6 และ 7)

อัตราการตายของไรที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส จะเกิดขึ้นมากในระยะวัยรุ่นที่ 2 (3.88%) ส่วนไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียสจะตายมากในระยะไข่ (7.14%) และระยะตัวอ่อน (6.02%) ตามลำดับ (ตารางที่ 8, 9 และ 10)

กราฟแสดงอัตราการอยู่รอดของไรเพศเมีย (female survivorship curve) แสดงให้เห็นว่า อัตราการอยู่รอดของไรเพศเมียซึ่งเลี้ยงที่ 24 องศาเซลเซียสจะคงที่เป็นเวลา 15 วันก่อนที่จะเริ่มลดลงอย่างช้าๆ และเมื่อไรมีอายุ 19 วันอัตราการอยู่รอดจะลดลงอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 16) สำหรับอัตราการตายของไรที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียสจะคงที่อยู่ในระยะหนึ่งและเริ่มลดลงช้าๆ ในวันที่ 12 หลังจากเป็นตัวเต็มวัยแล้ว อย่างไรก็ตามไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสจะเริ่มลดจำนวนลงอย่างรวดเร็วหลังจากเป็นตัวเต็มวัยแล้ว 16 วัน ในขณะที่อัตราการอยู่รอดของไรที่ 32 องศาเซลเซียสจะเริ่มลดลงมากเมื่อไรเพศเมียมีอายุ 13 วัน ไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียสมีช่วงอายุขัยนานที่สุด 27, 21 และ 16 วัน (ภาพที่ 16)

ไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส จะเริ่มวางไข่ฟองแรกหลังจากเป็นตัวเต็มวัยแล้วเพียง 1 วัน ส่วนที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียสไรจะเริ่มวางไข่ฟองแรกในวันที่ 2 หลังเป็นตัวเต็มวัย อัตราการวางไข่ของไรที่ 28 องศาเซลเซียสจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 3 วันแรกของการวางไข่ โดยมีจำนวนไข่เพศเมียในวันที่ 4 เท่ากับ 1.98 ฟอง/ตัว/วัน จากนั้นปริมาณไข่จะทวีจำนวนขึ้นอย่างช้าๆ และถึงจุดสูงสุด (2.28 ฟอง/ตัว/วัน) ในวันที่ 9 ก่อนที่จะลดลงอย่างรวดเร็วและหยุดไข่เมื่อไรมีอายุ 17 วัน (ตารางที่ 6, ภาพที่ 17)

อัตราการวางไข่ของไรซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 และ 32 องศาเซลเซียส จะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยปริมาณของไข่จะเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 หลังจากเริ่มวางไข่ จากนั้นจะทวีจำนวนขึ้นอย่างช้าๆ ไรเพศเมียที่ 32 องศาเซลเซียสวางไข่ได้สูงสุด 1.73 ฟอง/ตัว/วัน ในวันที่ 11 และลดจำนวนลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งวางไข่ฟองสุดท้ายในวันที่ 15 หลังจากเป็น

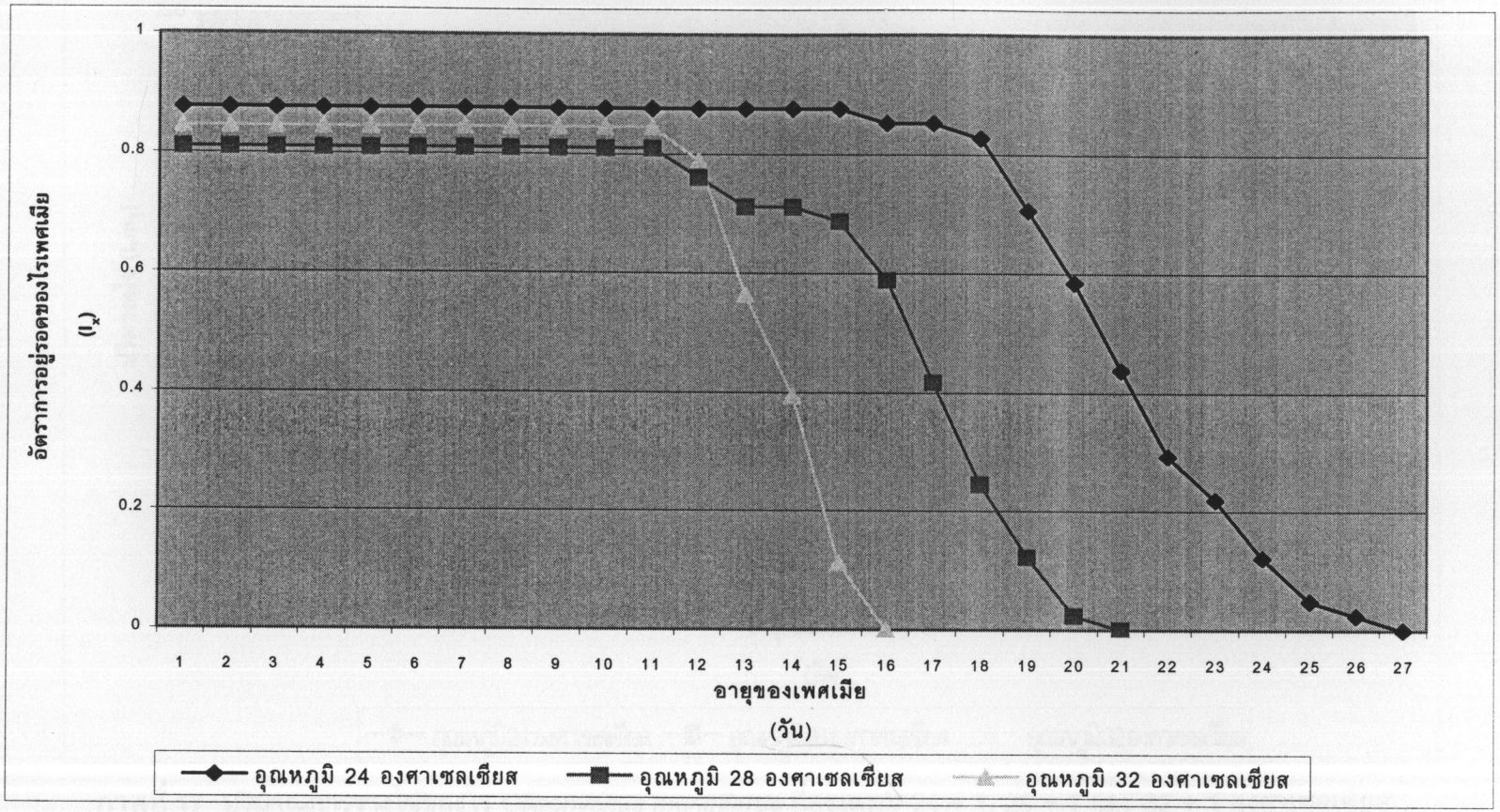
ตัวเต็มวัยแล้ว (ตารางที่ 7, ภาพที่ 17) ส่วนไรที่ 24 องศาเซลเซียสจะวางไข่ได้สูงสุดเพียง 1.04 ฟอง/ตัว/วันเมื่อไรมีอายุ 12 วัน จากนั้นไรจะวางไข่ได้น้อยลงเป็นระยะเวลาประมาณ 4 วันก่อนที่จะเริ่มลดลงอย่างรวดเร็ว และหยุดไข่เมื่อไรมีอายุ 23 วัน (ตารางที่ 5, ภาพที่ 17)

ไร *O.mangiferus* เพศเมีย 1 ตัว สามารถผลิตลูกที่เป็นเพศเมียในรุ่นถัดไป (Ro) ได้ 12.03, 18.19 และ 10.37 ตัว ที่อุณหภูมิ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยมีอัตราการเพิ่มที่แท้จริงในรุ่นถัดไป (r_m) ที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียสใกล้เคียงกันคือ 0.174 และ 0.172 ตัว/วัน ในขณะที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส มีอัตราการเพิ่มที่แท้จริงในรุ่นถัดไปเพียง 0.117 ตัว/วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไร ที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียส ไรสามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็วกว่าที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส

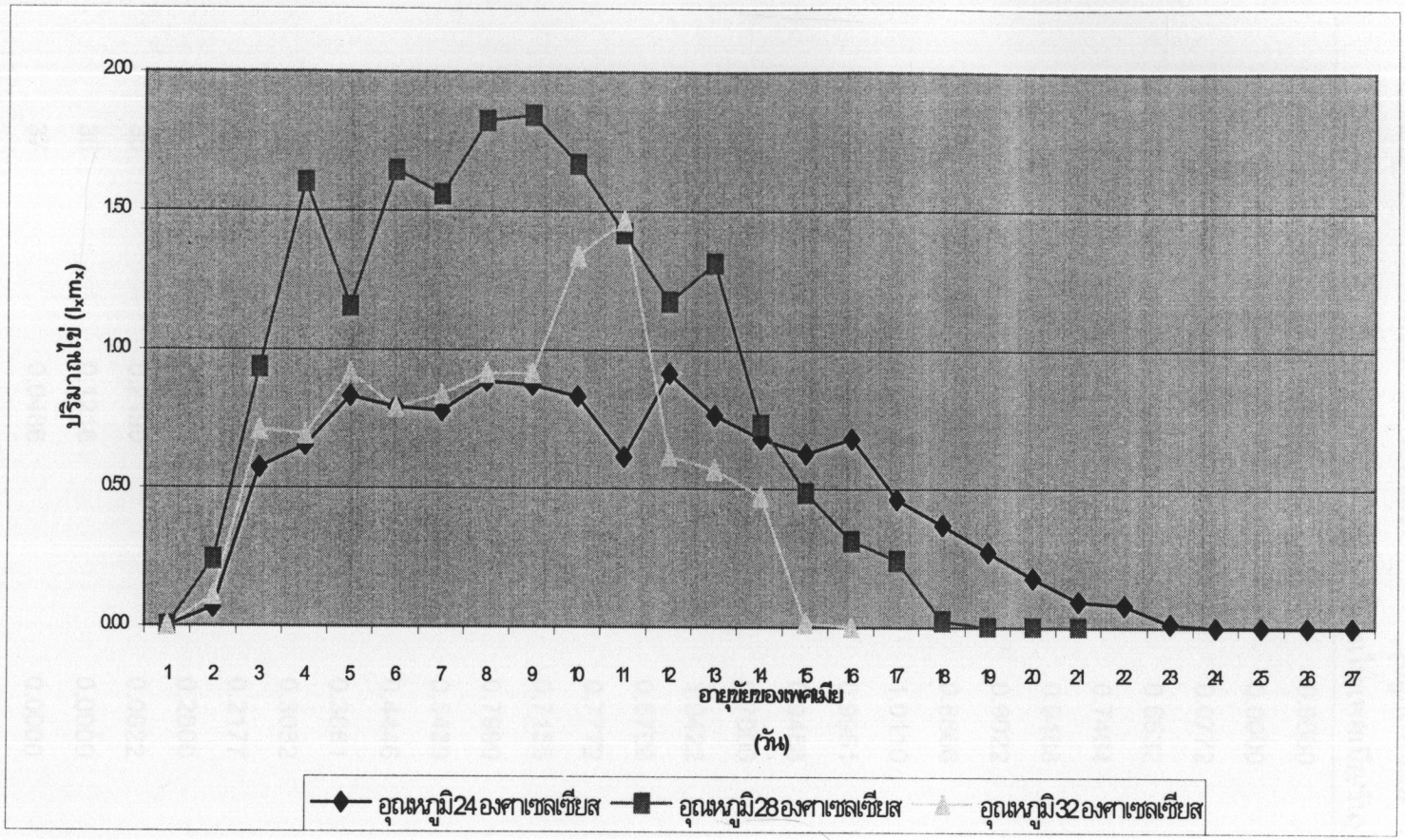
เมื่อนำค่าอัตราการเพิ่มที่แท้จริงมาคำนวณค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรต่อหน่วยเวลา (λ) พบว่า ที่อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียสมีอัตราการเพิ่มของประชากรใกล้เคียงกัน (1.190 และ 1.187 ตัว) และสูงกว่าที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส (1.123 ตัว) ไร *O. mangiferus* มี ช่วงอายุขัยของกลุ่มนานที่สุด ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส (22.55 วัน) และช่วงอายุขัยของกลุ่มจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (ตารางที่ 11)

จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิ 28 และ 32 องศาเซลเซียสมีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของไรชนิดนี้มากกว่า 24 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีช่วงอายุขัยของกลุ่มสั้นกว่าและมีอัตราการเพิ่มที่แท้จริง และอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรต่อหน่วยเวลา สูงกว่าที่ 24 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 11)

ฐิติมา (1998) ศึกษาตารางชีวิตของไร *Eotetranychus cendanai* Rimando ซึ่งเป็นศัตรูสำคัญของพืชตระกูลส้มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส พบว่า ไรมีอัตราการเพิ่มที่แท้จริงในรุ่นต่อไป (r_m) 0.16 ตัว/วัน อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรต่อหน่วยเวลา (λ) 1.17 ตัว และชั่วอายุขัยของกลุ่ม (T_c) 17.37 วัน ซึ่งใกล้เคียงกับไร *O. mangiferus* ซึ่งทำการศึกษาในครั้งนี้ ส่วนอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (Ro) ของไรมะม่วงที่ 28 องศาเซลเซียส (18.19 ตัว) จะสูงกว่าไร *E. cendanai* ที่อุณหภูมิเดียวกัน (14.10 ตัว)



ภาพที่ 16 อัตราการอยู่รอดของไร *Oligonychus mangiferus* เพศเมียซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 ± 1, 28 ± 1 และ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54% ตามลำดับ



ภาพที่ 17 ปริมาณการวางไข่ของไร *Oligonychus mangiferus* ที่อุณหภูมิ 24 ± 1, 28 ± 1 และ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54% ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ตารางชีวิต และอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_o) ของไร *Oligonychus mangiferus* ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84%

อายุ (x)	อัตราการอยู่รอดของไรเพศเมีย (l_x)	รุ่นลูกเพศเมีย (จำนวนไข่/เพศเมีย/วัน) (m_x)	ปริมาณไข่ (l_xm_x)
1-12	1.0000	0.0000	0.0000
13	0.8761	0.0000	0.0000
14	0.8761	0.0772	0.0677
15	0.8761	0.6532	0.5724
16	0.8761	0.7464	0.6540
17	0.8761	0.9488	0.8313
18	0.8761	0.9022	0.7904
19	0.8761	0.8866	0.7768
20	0.8761	1.0110	0.8858
21	0.8761	0.9951	0.8718
22	0.8761	0.9488	0.8313
23	0.8761	0.7000	0.6133
24	0.8761	1.0422	0.9131
25	0.8761	0.8708	0.7629
26	0.8761	0.7772	0.6810
27	0.8761	0.7155	0.6269
28	0.8517	0.7999	0.6813
29	0.8517	0.5439	0.4633
30	0.8274	0.4446	0.3679
31	0.7057	0.3861	0.2725
32	0.5840	0.3032	0.1771
33	0.4380	0.2177	0.0954
34	0.2920	0.2800	0.0818
35	0.2190	0.0622	0.0136
36	0.1216	0.0000	0.0000
37	0.0486	0.0000	0.0000
38	0.0243	0.0000	0.0000
39	0.0000	0.0000	0.0000

R_o = 12.0316

ารางที่ 6 ตารางชีวิต และอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_o) ของไร *Oligonychus mangiferus* ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 64%

อายุ (x)	อัตราการอยู่รอดของไรเพศเมีย (l_x)	รุ่นลูกเพศเมีย (จำนวนไข่/เพศเมีย/วัน) (m_x)	ปริมาณไข่ (l_xm_x)
1-9	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.8095	0.0000	0.0000
11	0.8095	0.2999	0.2428
12	0.8095	1.1544	0.9345
13	0.8095	1.9816	1.6041
14	0.8095	1.4271	1.1552
15	0.8095	2.0361	1.6482
16	0.8095	1.9270	1.5599
17	0.8095	2.2543	1.8248
18	0.8095	2.2815	1.8469
19	0.8095	2.0634	1.6703
20	0.8095	1.7543	1.4201
21	0.7604	1.5453	1.1750
22	0.7113	1.8452	1.3125
23	0.7113	1.0271	0.7306
24	0.6868	0.7090	0.4869
25	0.5887	0.5272	0.3103
26	0.4170	0.5817	0.2425
27	0.2453	0.0909	0.0222
28	0.1226	0.0000	0.0000
29	0.0245	0.0000	0.0000
30	0.0000	0.0000	0.0000

R_o = 18.1877

ตารางที่ 7 ตารางชีวิต และอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_o) ของไร *Oligonychus mangiferus* ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 54%

อายุ (x)	อัตราการอยู่รอดของไรเพศเมีย (l_x)	รุ่นลูกเพศเมีย (จำนวนไข่/เพศเมีย/วัน) (m_x)	ปริมาณไข่ (l_xm_x)
1-6	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.8452	0.0000	0.0000
8	0.8452	0.1310	0.1100
9	0.8452	0.8400	0.7100
10	0.8452	0.8210	0.6940
11	0.8452	1.0830	0.9150
12	0.8452	0.9330	0.7890
13	0.8452	0.9890	0.8360
14	0.8452	1.0830	0.9150
15	0.8452	1.0830	0.9150
16	0.8452	1.5870	1.3410
17	0.8452	1.7360	1.4670
18	0.7888	0.7800	0.6150
19	0.5634	1.0080	0.5680
20	0.3944	1.2000	0.4730
21	0.1126	0.1400	0.0160
22	0.0000	0.0000	0.0000

R_o = 10.365

ตารางที่ 8 อัตราการรอดและอัตราการตายของไร *Oligonychus mangiferus* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84%

ระยะการเจริญเติบโต	จำนวนไรอยู่รอดในแต่ละระยะ (l_x)	จำนวนไรที่ตายในแต่ละระยะเมีย/วัน) (d_x)	อัตราการตาย (100 q_x)	จำนวนไรที่ตายในแต่ละรุ่น (100 d_x/ n)
ระยะไข่	113	3	2.65	2.65
ระยะตัวอ่อน	110	0	0.00	0.00
ระยะพักตัวครั้งที่ 1	110	1	0.90	0.88
ระยะวัยรุ่นที่ 1	109	2	1.83	1.77
ระยะพักตัวที่ 2	107	4	3.73	3.53
ระยะวัยรุ่นที่ 2	103	4	3.88	3.53
ระยะพักตัวขั้นสุดท้าย	99	0	0.00	0.00
ระยะตัวเต็มวัย	99	-	-	-

ตารางที่ 9 อัตราการอยู่รอดและอัตราการตายของไร *Oligonychus mangiferus* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 64%

ระยะการเจริญเติบโต	จำนวนไรอยู่รอดในแต่ละระยะ (l_x)	จำนวนไรที่ตายในแต่ละระยะเมีย/วัน) (d_x)	อัตราการตาย (100 q_x)	จำนวนไรที่ตายในแต่ละรุ่น (100 d_x/ n)
ระยะไข่	84	6	7.14	7.14
ระยะตัวอ่อน	78	3	3.84	3.57
ระยะพักตัวครั้งที่ 1	75	2	2.66	2.38
ระยะวัยรุ่นที่ 1	73	1	1.36	1.19
ระยะพักตัวที่ 2	72	0	0.00	0.00
ระยะวัยรุ่นที่ 2	72	3	4.16	3.57
ระยะพักตัวขั้นสุดท้าย	69	1	1.44	1.19
ระยะตัวเต็มวัย	68	-	-	-

ตารางที่ 10 อัตราการอยู่รอดและอัตราการตายของไร *Oligonychus mangiferus* ซึ่งเลี้ยงที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 54%

ระยะการเจริญเติบโต	จำนวนไรอยู่รอดในแต่ละระยะ (l_x)	จำนวนไรที่ตายในแต่ละระยะเมีย/วัน) (d_x)	อัตราการตาย (100 q_x)	จำนวนไรที่ตายในแต่ละรุ่น (100 d_x/ n)
ระยะไข่	84	1	1.19	1.19
ระยะตัวอ่อน	83	5	6.02	5.95
ระยะพักตัวครั้งที่ 1	78	2	2.56	2.38
ระยะวัยรุ่นที่ 1	76	2	2.63	2.38
ระยะพักตัวที่ 2	74	0	0.00	0.00
ระยะวัยรุ่นที่ 2	74	3	4.05	3.57
ระยะพักตัวขั้นสุดท้าย	71	0	0.00	0.00
ระยะตัวเต็มวัย	71	-	-	-

ตารางที่ 11 ค่าที่คำนวณได้จากตารางชีวิตของไร *Oligonychus mangiferus* ที่อุณหภูมิ 24±1, 28 ± 1 และ 32 ±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84, 64 และ 54%

	ค่าที่คำนวณได้		
	24 องศาเซลเซียส	28 องศาเซลเซียส	32 องศาเซลเซียส
อัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (Ro)	12.030	18.190	10.370
อัตราการเพิ่มที่แท้จริง (r_m)	0.117	0.174	0.172
อัตราการเพิ่มต่อหน่วยเวลา(λ)	1.123	1.190	1.187
ชั่วอายุขัยของกลุ่ม (T_c)	22.550	17.690	14.390

การสกัดสารจากพืช

ผลของการสกัดสารโดยนำชิ้นส่วนของพืชตากแห้งชนิดละ 100 กรัม ใส่ลงในเครื่องสกัดสาร และทำการสกัดสารโดยใช้ hexane สกัดเป็นเวลา 8 ชั่วโมง โดยทำซ้ำ 2-3 ครั้ง จากนั้นนำกากที่เหลือมาตากให้แห้งและสกัดต่อด้วย ethanol อีก 2-3 ครั้งๆ ละ 8 ชั่วโมง เมื่อนำสารสกัดในตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิดไปทำให้แห้งในเครื่องระเหยสารแล้ว จะได้สารสกัดหยาบที่มีลักษณะเหนียวและมีความเข้มข้นเทียบเท่ากับ 100% ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยสารสกัดจากเมล็ดน้อยหน่าในตัวทำละลาย hexane มีน้ำหนักสูงสุดคือ 16.45 กรัม รองลงมาได้แก่สารสกัดหยาบจากเหง้าขมิ้นชัน, เมล็ดสะเดาอินเดียและเถาหางไหล ซึ่งมีน้ำหนักของสารสกัดหยาบเท่ากับ 15.14, 14.68 และ12.57 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

การคัดเลือกสารสกัดโดยทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบกับอาร์ทีเมีย

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชจำนวน 9 ชนิด (18 ตัวอย่าง) กับอาร์ทีเมีย พบว่า สารสกัดหยาบจากพืชทุกชนิดจะทำลายอาร์ทีเมียได้ในระดับที่แตกต่างกัน โดยฤทธิ์ของสารสกัดหยาบที่สกัดต่อเนื่องด้วย ethanol มีแนวโน้มสูงกว่าสารที่สกัดด้วย hexane ในบางพืช (ตารางที่ 13)

สารสกัดหยาบที่น่าสนใจคือสารจากเถาหางไหลซึ่งสกัดด้วย hexane และ hexane ต่อเนื่องด้วย ethanol และสารสกัดหยาบจากเหง้าขมิ้นชันที่สกัดด้วย hexane ซึ่งมีผลให้อาร์ทีเมียตาย 100% ที่ทุกระดับความเข้มข้น สารสกัดจากพืชอื่นๆ แม้จะเริ่มแสดงความเป็นพิษต่ออาร์ทีเมียที่ระดับความเข้มข้น 1% แต่ทำให้อาร์ทีเมียตายน้อยกว่า 90% เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดหยาบขึ้นเป็น 2.5% พบว่าประมาณ 39% ของจำนวนสารสกัดที่ใช้ทดสอบทั้งหมด (7 ชนิด) ทำให้อาร์ทีเมียตายเกิน 90% และเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารสกัดขึ้นเป็น 10% จะพบว่ามีสารสกัดจำนวนถึง 12 ชนิดจาก 18 ชนิด (66%) ที่ทำให้อาร์ทีเมียตาย 90% ขึ้นไป (ตารางที่ 13)

ผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า สารสกัดจากพืชที่น่าสนใจมากที่สุดคือสารสกัดจากหางไหล และขมิ้นชันซึ่งทำให้อาร์ทีเมียตาย 100% ที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้น 1% รองลงมาคือ น้อยหน่า และลำไย ซึ่งทำให้อาร์ทีเมียตาย 90-97% ที่ระดับความเข้มข้น 2.5% ส่วนสารสกัดจากพืชอื่นๆ จะต้องใช้ที่ระดับความเข้มข้น 5-10% จึงจะมีผลให้อาร์ทีเมียตายเกิน 90% (ตารางที่ 13)

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบกับอาร์ทีเมีย ได้คัดเลือกสารสกัดหยาบไว้ทดสอบกับไร *O. mangiferus* จำนวน 11 ชนิด ประกอบด้วยสารสกัดหยาบที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลาย hexane 5 ชนิด และสารสกัดหยาบซึ่งสกัดด้วย hexane-ethanol อีก 6 ชนิด ดังนี้

สารสกัดด้วยตัวทำละลาย hexane	สารสกัดด้วยตัวทำละลาย hexane-ethanol
สารสกัดจากเถาหางไหล	สารสกัดจากเถาหางไหล
สารสกัดจากเหง้าขมิ้นชัน	สารสกัดจากเหง้าขมิ้นชัน
สารสกัดจากเมล็ดน้อยหน่า	สารสกัดจากเมล็ดน้อยหน่า
สารสกัดจากใบและกิ่งโหระพา	สารสกัดจากเมล็ดลำไย
สารสกัดจากใบและต้นตะไคร้หอม	สารสกัดจากเมล็ดสะเดา
	สารสกัดหัวกระเทียม

ตารางที่ 12 น้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดด้วย hexane และ hexane- ethanol

ชื่อพืช	น้ำหนักสารสกัดหยาบ/100 กรัม น้ำหนักแห้ง	
	hexane	hexane-ethanol
กระเพรา	6.55	7.07
กระเทียม	1.09	2.75
ขมิ้นชัน	5.29	15.14
ตะไคร้หอม	6.48	9.86
น้อยหน่า	16.45	9.29
ลำไย	1.71	5.56
สะเดาอินเดีย	7.91	14.68
โหระพา	6.69	7.60
หางไหล	8.05	12.57

ตารางที่ 13 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชที่มีต่ออาร์ทีเมีย ที่ระดับความเข้มข้น 1, 2.5, 5 และ 10%

สารสกัด	ตัวทำละลาย	อัตราการตายของอาร์ทีเมีย (%)			
		1%	2.5%	5%	10%
กระเพรา	hexane	40.89 d[1/]	43.86 c	55.14 de	55.14 cd
	hexane-ethanol	8.58 f	4.27 f	21.18 f	83.50 b
กระเทียม	hexane	30.76 de	32.34 cd	46.45 ef	60.83 c
	hexane-ethanol	42.21 d	66.52 b	64.93 abcd	98.15 a
ขมิ้นชัน	hexane	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	hexane-ethanol	89.58 ab	92.55 a	95.58 ab	100.00 a
ตะไคร้หอม	hexane	63.54 e	67.56 b	69.80 abcde	93.81 a
	hexane-ethanol	23.80 ef	28.02 cd	61.24 cde	63.54 c
น้อยหน่า	hexane	75.79 be	97.21 a	95.26 ab	95.04 a
	hexane-ethanol	9.87 f	96.42 a	99.37 a	100.00 a
ลำไย	hexane	11.70 f	9.83 de	7.27 e	16.94 e
	hexane-ethanol	82.50 ab	89.76 ab	93.67 abc	100.00 a
สะเดาอินเดีย	hexane	24.34 ef	39.78 c	41.48 ef	46.54 d
	hexane-ethanol	21.18 ef	53.59 a	93.03 a	100.00 a
โหระพา	hexane	9.50 f	68.54 b	71.84 abcd	99.67 a
	hexane-ethanol	18.80 ef	40.21 c	87.93 abcd	96.16 a
หางไหล	hexane	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
	hexane-ethanol	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ SNK ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบ 11 ชนิดกับไรมะม่วง

การทดสอบฤทธิ์การเป็นสารไล่

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบ 11 ชนิดกับไร *O. mangiferus* เพื่อทดสอบการมีฤทธิ์เป็นสารไล่ (repellent) โดยการตรวจนับจำนวนไรที่มีชีวิตบนแต่ละด้านของใบที่ทาด้วยสารสกัดหรือตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว และจำนวนไรตายทั้งจากสารสกัดและไรที่ติดกาวบนใบทั้งสองด้าน ในเวลา 6, 12, 24 ,48 และ 72 ชั่วโมงหลังการปล่อยไร พบว่า สารสกัดส่วนใหญ่มีฤทธิ์เป็นสารไล่ โดยเฉพาะในช่วงเวลา 6 และ 12 ชั่วโมงหลังการทดสอบ ซึ่งพบอัตราการอยู่รอดของไรบนด้านที่ทาสารต่ำกว่า 50% (ตารางที่ 14) จากนั้นประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่จะลดน้อยลงเมื่อเวลานานขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากจำนวนไรมีชีวิตบนด้านที่ทาสารสกัดซึ่งเพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงเวลาที่ตรวจนับผล ยกเว้นสารสกัดจากตะไคร้หอมและเมล็ดน้อยหน่าใน hexane และสะเดาใน hexane-ethanol ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ยาวนานตลอดการทดลอง (72 ชั่วโมง) โดยพบไรที่มีชีวิตจำนวน 18.55, 19.15 และ 25.19% ตามลำดับ

ที่ 6 และ 12 ชั่วโมงสารสกัดหยาบจากตะไคร้หอมที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพเป็นสารไล่สูงสุด (0.79%) รองลงมาได้แก่สารสกัดหยาบจากโหระพา (7.56%), เหง้าขมิ้นชัน (9.00%), เมล็ดสะเดาอินเดีย (11.84%), หางไหล (13.74%) และเมล็ดน้อยหน่า (23.75%) ตามลำดับ สารสกัดหยาบ ที่ยังคงมีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ที่เวลา 48 และ 72 ชั่วโมง ได้แก่ สารสกัดหยาบจากตะไคร้หอม, เมล็ดสะเดาอินเดีย และเมล็ดน้อยหน่าตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ผลการวิเคราะห์อัตราการตายเนื่องจากไรติดกาวเทียบกับจำนวนไรตายทั้งหมดในแต่ละทรีทเม็นต์กับจำนวนไร พบว่า ที่ 6 และ 12 ชั่วโมง สารสกัดหยาบจากตะไคร้หอม, โหระพา, หางไหล และเมล็ดน้อยหน่าที่สกัดด้วย hexane มีอัตราการตายจากไรติดกาวสูงสุด 100% ที่ 6 และ 12 ชั่วโมงหลังการทดสอบ และที่ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ อัตราการติดกาวของไรบนใบที่ทาด้วยสารสกัดหยาบจากโหระพา, ตะไคร้หอม และหางไหล ลดลงเหลือ 85.71, 80.92 และ 73.20% ตามลำดับ (ตารางที่ 15) ซึ่งยืนยันผลการเป็นสารไล่ข้างต้น สำหรับสารสกัดหยาบจากเมล็ดน้อยหน่า และเหง้าขมิ้นชันซึ่งสกัดด้วย hexane และหางไหลซึ่งสกัดด้วย hexane-ethanol พบว่าอัตราการติดกาวของไรจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเวลานานขึ้น ส่วนสารสกัดหยาบจากเมล็ดลำไย และกระเทียมซึ่งสกัดด้วย hexane-ethanol ไม่มีผลทำให้ไรตายเนื่องจากติดกาว (0.00%) (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 14 อัตราการอยู่รอดของไร *Oligonychus mangiferus* บนใบมะม่วงด้านที่ทาสารสกัดจากพืชหลังการทดสอบ 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

สารสกัดจากพืช (ตัวทำละลาย)	อัตราการอยู่รอด (%)				
	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง
หางไหล	10.33/41.33[1/]	10.00/38.00	7.66/34.00	9.00/23.66	8.33/14.33
(hexane-ethanol)	(24.99%)	(26.31%)	(22.52%)	(38.03%)	(58.12%))
ลำไย	11.66/45.00	20.66/45.00	17.00/43.33	22.00/42.00	28.66/36.00
(hexane-ethanol)	(25.91%)	(45.91%)	(39.23%)	(52.38%)	(79.61%)
น้อยหน่า	8.00/44.33	13.33/43.33	16.00/43.00	22.30/43.00	32.00/43.00
(hexane-ethanol)	(18.04%)	(30.76%)	(37.20%)	(51.93%)	(74.41%)
ขมิ้นชัน	14.66/45.00	12.66/43.00	20.33/43.00	24.66/42.66	23.33/42.66
(hexane-ethanol)	(32.57%)	(29.44%)	(47.27%)	(57.80%)	(54.68%)
สะเดา	5.33/45.00	4.33/44.66	5.00/44.33	7.00/43.66	11.00/43.66
(hexane-ethanol)	(11.84%)	(9.69%)	(11.27%)	(16.03%)	(25.19%)
กระเทียม	11.00/45.00	14.66/44.33	16.33/44.33	16.66/44.00	26.33/43.33
(hexane-ethanol)	(24.44%)	(33.07%)	(36.83%)	(37.86%)	(60.76%)
ตะไคร้หอม	0.33/41.66	1.00/36.33	1.66/36.00	3.00/35.00	6.00/32.33
(hexane)	(0.79%)	(2.75%)	(4.61%)	(8.57%)	(18.55%)
โหระพา	3.33/44.00	4.00/43.33	11.00/37.66	6.00/35.33	16.00/31.33
(hexane)	(7.56%)	(9.23%)	(29.20%)	(16.98%)	(51.06%)
ขมิ้นชัน	3.66/40.66	5.66/39.33	4.66/28.66	6.00/26.33	11.33/24.00
(hexane)	(9.00%)	(14.39%)	(16.25%)	(22.78%)	(47.20%)
น้อยหน่า	9.66/40.66	9.33/39.66	7.66/34.00	4.66/27.00	4.66/24.33
(hexane)	(23.75%)	(23.52%)	(22.52%)	(17.25%)	(19.15%)
หางไหล	6.00/43.66	9.33/43.66	16.66/41.33	17.00/28.66	13.00/15.33
(hexane)	(13.74%)	(21.36%)	(40.30%)	(59.31%)	(84.80%)

[1/]จำนวนไรอยู่รอดเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 15 อัตราการตายจากการติดกาวของไร *Oligonychus mangiferus* หลังการทดสอบ 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

สารสกัดจากพืช (ตัวทำละลาย)	อัตราการติดกาวตายของไร (%)				
	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง
หางไหล (hexane-ethanol)	3.66/3.66 (100%)	6.33/7.00 (90.42%)	7.33/7.33 (100%)	13.33/21.33 (62.49%)	19.33/30.66 (63.04%)
ลำไย (hexane-ethanol)	0.00/0.00 (0%)	0.00/0.00 (0%)	0.00/1.66 (0%)	0.00/3.00 (0%)	0.00/9.00 (0%)
น้อยหน่า (hexane-ethanol)	0.33/0.66 (50%)	0.33/1.66 (19.87%)	0.33/2.00 (16.5%)	0.33/2.00 (16.5%)	0.33/2.00 (16.5%)
ขมิ้นชัน (hexane-ethanol)	0.00/0.00 (0%)	0.66/2.00 (33%)	0.66/2.00 (33%)	1.00/2.33 (42.91%)	1.00/2.33 (42.91%)
สะเดา (hexane-ethanol)	0.00/0.00 (0%)	0.00/0.33 (0%)	0.00/0.66 (0%)	0.33/1.33 (24.81%)	0.33/1.33 (24.81%)
กระเทียม (hexane-ethanol)	0.00/0.00 (0%)	0.00/0.66 (0%)	0.00/0.66 (0%)	0.00/1.00 (0%)	0.00/1.66 (0%)
ตะไคร้หอม (hexane)	3.33/3.33 (100%)	8.33/8.33 (100%)	9.00/9.00 (100%)	9.33/10.00 (93.3%)	11.33/14.00 (80.92%)
โหระพา (hexane)	4.33/4.33 (100%)	5.66/5.66 (100%)	14.66/16.33 (89.77%)	16.33/18.66 (87.51%)	18.00/21.00 (85.71%)
ขมิ้นชัน (hexane)	4.00/4.33 (92.37%)	4.33/5.33 (81.23%)	7.33/11.33 (64.69%)	8.66/18.00 (48.11%)	9.33/20.66 (45.15%)
น้อยหน่า (hexane)	1.33/1.33 (100%)	1.33/1.33 (100%)	1.33/3.66 (36.33%)	1.33/16.33 (8.14%)	1.33/29.66 (4.48%)
หางไหล (hexane)	1.00/1.00 (100%)	1.66/1.66 (100%)	7.33/8.33 (87.99%)	8.66/10.66 (81.23%)	10.00/13.66 (73.20%)

[1/] จำนวนการตายของไรเฉลี่ยเนื่องจากติดกาวจากการทดลอง 3 ซ้ำ

การทดสอบฤทธิ์การเป็นสารฆ่าไร

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบที่สกัดด้วย hexane และ hexane-ethanol ที่มีผลต่ออัตราการตายของไร *O. mangiferus* ที่เวลาต่าง ๆกัน พบว่าหลังการทดสอบ 6 ชั่วโมง สารสกัดหยาบจากเมล็ดน้อยหน่าทั้งที่สกัดด้วย hexane และ hexane-ethanol ทำให้ไรตาย 0.83 % และ 0.74 % แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสารสกัดจากพืชอื่น สารสกัดส่วนมากแสดงความเป็นพิษต่อไรมะม่วงหลังปล่อยไรลงบนใบแล้ว 12-24 ชั่วโมง ยกเว้นตะไคร้หอมซึ่งเริ่มทำให้ไรตาย 1.80% หลังปล่อยไร 48 ชั่วโมง. ทั้งนี้สารสกัดหยาบทั้ง 11 ชนิดมีผลต่ออัตราการตายของไรแตกต่างกัน โดยสารสกัดจากเถาหางไหล ทั้งที่สกัดจาก ethanol และ hexane-ethanol, สารสกัดหยาบจากเมล็ดน้อยหน่าที่สกัดจาก hexane มีผลต่ออัตราการตายของไรสูงกว่าสารสกัดอีก 8 ชนิดและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 16)

ที่เวลา 72 ชั่วโมงพบว่า สารสกัดหยาบจากเถาหางไหลที่สกัดจาก hexane มีผลต่ออัตราการตายของไรสูงสุด 64.99% รองลงมาได้แก่ สารสกัดหยาบจากเถาหางไหลที่สกัดจาก hexane-ethanol และสารสกัดหยาบจากเมล็ดน้อยหน่าจาก hexane ที่ทำให้ไรตาย 43.89 และ 31% ส่วนสารสกัดจากเมล็ดสะเดามีผลต่ออัตราการตายของไรน้อยที่สุดเพียง 2.23% และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับประสิทธิภาพของสารสกัดอื่นจากน้อยหน่า, ขมิ้น, กระเทียมในตัวทำละลาย ethanol อีกทั้งไม่แตกต่างกับสารสกัดจากตะไคร้หอม, โหระพา, ขมิ้นชันและน้อยหน่าในตัวทำละลาย hexane-ethanol เช่นกัน

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบ 11 ชนิด ที่มีผลต่ออัตราการวางไข่ของไรมะม่วง พบว่า ที่เวลา 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง อัตราการวางไข่ของไรบนใบมะม่วงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ส่วนที่เวลา 72 ชั่วโมงจะเริ่มเห็นความแตกต่างของอัตราการวางไข่ โดยใบที่ทาด้วยสารสกัดหยาบจากเถาหางไหลซึ่งสกัดด้วย, hexane มีอัตราการวางไข่ต่ำสุดคือ 87.33 ฟอง ซึ่งน้อยกว่าปริมาณไข่ในชุดควบคุมถึง 2.8 เท่า (ตารางที่ 17)

ใบและต้นตะไคร้หอมที่สกัดจาก hexane และ สารสกัดหยาบจากสะเดา มีผลต่ออัตราการวางไข่ของไรสูงสุด โดยพบว่าไรมีอัตราการวางไข่ต่ำสุดในฝั่งที่ทาสารสกัดหยาบ แต่วางไข่ได้สูงสุดในฝั่งควบคุมซึ่งไม่ได้ทาสารสกัดหยาบโดยไรสามารถวางไข่ได้สูงสุด และที่เวลา 72 ชั่วโมงใบและต้นตะไคร้หอมที่สกัดจาก hexane, สารสกัดหยาบจากสะเดาที่สกัดด้วย hexane-ethanol และ สารสกัดหยาบจากเถาหางไหลทั้งที่สกัดจาก hexane และ hexane-ethanol มีผลต่ออัตราการวางไข่ของไรสูงสุด โดยพบว่า ไรมีอัตราการวางไข่ต่ำสุดในฝั่งที่ทาสารสกัดหยาบ แต่วางไข่ได้สูงสุดในฝั่งควบคุมซึ่งไม่ได้ทาสารสกัดหยาบ

การทดลองในครั้งนี้ สรุปว่าสารสกัดจากเถาหางไหลมีผลต่ออัตราการตายของไรมากที่สุด และสารสกัดจากเมล็ดสะเดามีผลเป็นสารไล่สูงกว่าสารสกัดหยาบชนิดอื่นๆ ที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้จึงทำให้วางไข่ได้น้อย ซึ่งสอดคล้องกับ ขวัญชัย (2531) ที่รายงานว่าสารสกัดจากเมล็ดสะเดามีผลต่ออัตราการวางไข่ของหนอนกระทู้ โดยหนอนที่ได้รับสารเข้าไปในปริมาณที่น้อยไม่ทำให้หนอนตาย ดังนั้นหนอนสามารถเจริญเป็นตัวแก่ได้ แต่การผลิตไข่จะลดลงอย่างมาก และบางครั้งไม่มีการวางไข่เลย

ตารางที่ 16 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชที่มีต่ออัตราการตายของไร *Oligonychus mangiferus* หลังการทดสอบ 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

สารสกัด	ตัวทำละลาย	อัตราการตาย (%)				
		6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง
หางไหล	hexane-ethanol	0.00 a[1/]	4.34 a	15.80 a	24.93 a	43.89 a
หางไหล	hexane	0.00 a	0.00 a	5.32 a	34.36 a	64.99 a
น้อยหน่า	hexane-ethanol	0.74 a	3.01 a	3.77 a	3.77 b	3.77 c
น้อยหน่า	hexane	0.83 a	2.38 a	10.57 a	25.07 a	31.01 cb
ขมิ้นชัน	hexane-ethanol	0.00 a	3.73 a	3.73 a	4.47 b	4.47 c
ขมิ้นชัน	hexane	0.00 a	0.00 a	5.04 a	7.29 b	11.74 c
กระเทียม	hexane-ethanol	0.00 a	1.48 a	1.48 a	2.22 b	3.70 c
ลำไย	hexane-ethanol	0.00 a	0.00 a	3.70 a	6.66 b	19.99 c
สะเดา	hexane-ethanol	0.00 a	0.74 a	1.48 a	2.23 b	2.23 c
ตะไคร้หอม	hexane	0.00 a	0.00 a	0.00 a	1.80 b	5.80 c
โหระพา	hexane	0.00 a	0.00 a	2.44 a	5.19 b	10.57 c

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ SNK ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 17 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชที่มีต่ออัตราการวางไข่ของไร *Oligonychus mangiferus* หลังการทดสอบสาร 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

พืช	ตัวทำละลาย	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง
หางไหล	hexane-ethanol	0.00 b	12.00 ab	19.33 a	79.67 a	109.33 abc
หางไหล	hexane	10.66 a	19.33 ab	40.67 a	69.00 a	87.33 c
น้อยหน่า	hexane-ethanol	2.00 b	23.33 a	44.33 a	100.67 a	182.33 abc
น้อยหน่า	hexane	9.00 a	19.00 ab	50.00 a	123.67 a	182.67 abc
ขมิ้นชัน	hexane-ethanol	0.33 b	9.33 ab	32.33 a	106.67 a	171.33 abc
ขมิ้นชัน	hexane	0.33 b	1.00 b	23.67 a	86.00 a	163.00 abc
กระเทียม	hexane-ethanol	0.00 b	13.00 ab	37.00 a	130.00 a	221.67 ab
ลำไย	hexane-ethanol	1.33 b	12.66 ab	19.33 a	101.33 a	171.33 abc
สะเดา	hexane-ethanol	3.00 b	7.00 ab	38.67 a	114.33 a	190.00 abc
ตะไคร้หอม	hexane	0.00 b	5.33 ab	22.67 a	121.67 a	199.00 abc
โหระพา	Hexane	0.33 b	2.33 ab	16.33 a	106.33 a	184.00 abc
ชุดควบคุม		3.33 b	10.66 b	20.33 a	132.00 a	249.00 a

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ SNK ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การทดสอบสารสกัดหยาบจากเถาหางไหลกับไรมะม่วง

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเถาหางไหล ในการทำลายไรมะม่วง *O. mangiferus* ระยะตัวเต็มวัยเพศเมีย อายุ 1 – 2 วัน พบว่า สารสกัดหยาบจากเถาหางไหลในตัวทำละลาย hexane มีประสิทธิภาพสูงกว่าสารสกัดหยาบจากเถาหางไหลที่สกัดจาก hexane-ethanol โดยสารสกัดหยาบจากเถาหางไหลที่สกัดจาก hexane ที่ความเข้มข้น 1, 3 และ 5% มีผลต่ออัตราการตายของไรมะม่วง 72.60, 86.22 และ 93.39% ตามลำดับ โดยมีค่า LC_{50} 0.37 % ในขณะที่สารสกัดหยาบจากเถาหางไหลที่สกัดจาก hexane-ethanol มีผลต่ออัตราการตายของไรมะม่วงเพียง 23.70, 28.75 และ 56.78 % โดยมีค่า LC_{50} 11.40%

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการตายของไรที่เกิดจากสารฆ่า Kelthane® (dicofol) และ สารสกัดหยาบจากเถาหางไหล พบว่า สารสกัดหยาบจากเถาหางไหลใน hexane ที่ความเข้มข้น 5% ให้ผลในการกำจัดไรตัวเต็มวัยได้เท่าเทียมกับ Kelthane® (dicofol) 18.5% EC ที่อัตรา 20 ซีซี./20 ลิตร โดยทำให้ไรตายประมาณ 93% ส่วนสารสะเดา 111® ที่อัตรา 25 ซีซี./20 ลิตร ทำให้ไรตายเพียง 1.84% (ตารางที่ 18)

ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับ Ahmedet และคณะ (1985) ที่รายงานว่า รากและใบของหางไหลมีสาร rotenone ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารไล่, สารถูกตัวตาย และสารกินตาย สารชนิดนี้มีฤทธิ์อยู่ได้นาน 2 - 7 วัน ใช้ในการกำจัด แมลงวัน, หนอนกระทู้ผัก, หนอนใยผัก ตั๊กแตนปาทังก้า และไรได้ผลดี มยุรา (2537) รายงานว่า สารสกัดจากหางไหลมีฤทธิ์ในการฆ่าแมลง โดยสาร rotenone มีผลกระทบต่อระบบประสาทของแมลง อารมณ์ (2541) รายงานว่า หากนำรากหรือต้นของหางไหลมาบด หรือทุบให้แหลก และนำไปแช่น้ำในอัตรา 1 กิโลกรัม/น้ำ 20 ลิตร จากนั้นจึงหมักประมาณ 2 วัน ก่อนที่จะกรองเอากากออก สารพิษจากพืชที่ปะปนอยู่ในน้ำ สามารถใช้ป้องกันกำจัดแมลงหลายชนิด เช่น แมลงวัน, หนอนกระทู้ผัก และหนอนใยผัก เป็นต้น

ตารางที่ 18 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากหางไหลที่มีต่อไร *Oligonychus mangiferus* โดยมีสารเคมี และ สารสกัดจากพืชเป็นตัวเปรียบเทียบ

สารสกัด	ตัวทำละลาย	ความเข้มข้น	อัตราการตาย (%)
หางไหล	hexane	1%	72.60 ab[1/]
	hexane	3%	86.22 ab
	hexane	5%	93.39 a
หางไหล	hexane-ethanol	1%	23.70 d
	hexane-ethanol	3%	28.75 d
	hexane-ethanol	5%	56.68 c
Kelthane®	อัตราแนะนำ		93.09 a
สะเดา 111®	อัตราแนะนำ		1.84 e
น้ำ			3.26 e
แอลกอฮอล์			2.54 e

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ SNK ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สรุปผลการทดลอง

ไรมะม่วง *Oligonychus mangiferus* (Rahman และ Sapra) เป็นศัตรูสำคัญของมะม่วง สามารถทำลายมะม่วงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ไรจะดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณด้านหน้าใบมะม่วง โดยเฉพาะเส้นกลางใบและปลายใบ ทำให้ใบมีสีขาวซีด บางครั้งสีของใบที่ถูกไรดูดทำลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง การดูดกินของไรทำให้ใบสูญเสียคลอโรฟิล มีผลให้มะม่วงหยุดชะงักการเจริญเติบโต และผลผลิตลดลง

การศึกษาชีววิทยาของไร *O. mangiferus* พบว่า ไรสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิที่ทำการศึกษาคือ 24, 28 และ 32 องศาเซลเซียส และพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโต, การวางไข่ และอัตราการอยู่รอดของไรมะม่วง โดยที่อุณหภูมิต่ำไรจะใช้เวลา นานที่สุด อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของไรชนิดนี้อยู่ระหว่าง 28 - 32 องศาเซลเซียส

ไรใช้เวลาเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิต 7-12 วัน ที่อุณหภูมิ 24 - 32 องศาเซลเซียส ไรเพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์มีอายุขัย 13 – 19 วัน ซึ่งไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการผสมพันธุ์ ไรทั้ง 2 กลุ่มมีอัตราการขยายพันธุ์ใกล้เคียงกัน (20-22 ฟอง/ตัว) ที่อุณหภูมิ 24 และ 28 องศาเซลเซียส ส่วนที่ 32 องศาเซลเซียสไรบริสุทธิ์วางไข่ได้ 27 ฟอง/ตัวในขณะที่ไรได้รับการผสมพันธุ์จะวางไข่ (21 ฟอง/ตัว)

สารสกัดจากพืชแทบทุกชนิดมีผลกระทบต่ออัตราการตายของอาร์ทีเมีย โดยสารสกัดหยาบจากเถาหางไหลในตัวทำละลาย hexane และ hexane-ethanol และสารสกัดหยาบจากเหง้าขมิ้นชันใน hexane ทำให้อาร์ทีเมียตาย 100% ในทุกระดับความเข้มข้นที่ทดสอบ สารสกัดที่ทำให้อาร์ทีเมียตายกว่า 90% และนำไปใช้ในการทดสอบต่อไปมี 11 ชนิด เป็นสารสกัดที่ได้จากเถาหางไหล, เหง้าขมิ้นชัน, เมล็ดน้อยหน่า, เมล็ดลำไย, หัวกระเทียม, ใบและกิ่งโหระพา และตะไคร้หอม

จากการปล่อยไร *O. mangiferus* เพศเมียลงบนใบที่สารสกัดหยาบ พบว่า สารสกัดจากเถาหางไหลใน hexane-ethanol และ hexane ทำให้ไรตายสูงสุด 43.89 และ 64.99% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสารสกัดจากพืชอื่นๆ เมื่อนำสารสกัดหยาบจากหางไหลมาทดสอบโดยวิธีพ่นถูกตัวโดยตรง พบว่า สารที่สกัดด้วย hexane ที่ระดับความเข้มข้น 1, 3 และ 5% ทำให้ไรตาย 72.60, 86.22 และ 93.39% โดยมีค่า LC_{50} 0.37% ส่วนสารสกัดหยาบจากเถาหางไหลจาก hexane-ethanol ทำให้ไรตาย 23.70, 28.75 และ 56.68% โดยมีค่า LC_{50} 11.40% ในขณะที่สะเดา 111® ทำให้ไรตายเพียง 1.84% ส่วน Kelthane® ทำให้ไรตาย 93.09%

เอกสารอ้างอิง

กองแผนงานกรมส่งเสริมการเกษตร. 2537. สถิติการปลูกไม้ผลไม้ยืนต้น 2537. ฝ่ายข้อมูล กรมส่งเสริมการเกษตร, กรมส่งเสริมการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 379 น.

_____2539. สถิติการปลูกไม้ผลไม้ยืนต้น 2539. ฝ่ายข้อมูลกรมส่งเสริมการเกษตร, กรมส่งเสริมการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 331 น.

เกรียงไกร จำเริญมา. 2536. พืชบางชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นสารป้องกันกำจัดแมลง. วารสารกีฏและสัตววิทยา 15 (3) : 167 - 171.

โกศล เจริญสม. 2533. แมลงศัตรู, น. 152 – 175. *ใน* คณาจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ผู้รวบรวม). การทำสวนมะม่วง. หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ขวัญชัย สมบัติศิริ. 2540. สะเดา. มหาลัยวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บางเขน, กรุงเทพฯ. 216 น.

จรัสศรี วงศ์คำแหง. 2530. การศึกษาชีววิทยาและการทดสอบประสิทธิภาพของสารกำจัดศัตรูพืชบางชนิดที่มีต่อไรแดงมะพร้าว (*Oligonychus velascoi* Rimando). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ฉัตรชัย ศฤงฆไพบูลย์, วัฒนา จารณศรี, มานิตา คงชื่นสิน และเทวินทร์ กุลปิยะวัฒน์. 2533. ศึกษาชีววิทยาของไรแดงศัตรูมะม่วง *Oligonychus mangiferus* (Rahman and Sapra), น. 213-221. *ใน* รายงานการค้นคว้าและวิจัยปี 2533. กองกีฏและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ฉัตรชัย ศฤงฆไพบูลย์, วัฒนา จารณศรี , มานิตา คงชื่นสิน และเทวินทร์ กุลปิยะวัฒน์. 2534. ศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าไรบางชนิดที่มีต่อไรแดงศัตรูมะม่วงในห้องปฏิบัติการ, น 21-26. *ใน* รายงานการค้นคว้าและวิจัยปี 2534. กองกีฏและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

เฉลิมชัย แก้ววรชาติ. 2539. การปลูกมะม่วง. อักษรสยามการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 87 น.

ณรรฐพล วัลลีย์ลักษณ์, อรุณ โสภิกุล และอรัญ งามผ่องใส. 2531. การศึกษาการใช้พืชสารฆ่าแมลงกำจัดหนอนกระทู้หลอดหอม. รายงานการสัมนาถั่วลิสงครั้งที่ 7, 16-18 มีนาคม 2531, พัทยา, ชลบุรี. 245 น.

นิรนาม. 2530. มะม่วง. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม, กรุงเทพฯ. 72 น.

เทวินทร์ กุลปิยะวัฒน์ และฉัตรชัย ศฤงฆไพบูลย์. 2537. ประสิทธิภาพของสารสกัดจากสะเดาต่อการฟักของไข่ไรแดงแอฟริกันในห้องปฏิบัติการ, น 120-136. ใน รายงานการค้นคว้าและวิจัยปี 2537. กองกีฏและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

เทวินทร์ กุลปิยะวัฒน์, วัฒนา จารณศรี, มานิตา คงชื่นสิน และฉัตรชัย ศฤงฆไพบูลย์. 2538. แมลงศัตรูไม้ผล. เจริญรัฐการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 199 น.

บุญฤทธิ์ สายัมพล. 2533. การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช, น. 176 – 190. ใน คณาจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ผู้รวบรวม). การทำสวนมะม่วง. หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7. 2535- 2539. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักนายกรัฐมนตรี. กรุงเทพฯ. 252 น.

พรรณีกา อัตตนนท์. 2543. การผลิตสารสกัดสะเดา ปัญหาและการสำรวจผลิตภัณฑ์สะเดาทั่วประเทศ. สภาวิจัยและพัฒนาการผลิตสารธรรมชาติ, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.52 น.

มยุรา สุนย์วีระ. 2535. ผลของพืชสมุนไพรบางชนิดต่อการป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเหลือง *Callosobruchus chinensis* L. วารสารกีฏและสัตววิทยา 14 (2) : 93 – 96.

รัตนาพร พรหมศรัทธา. 2543. การสกัดสารออกฤทธิ์จากโล่ติ้น หนอนตายหยาก และสะเดา. สภาวิจัยและพัฒนาการผลิตสารธรรมชาติ, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 52 น.

วัฒนา จารณศรี, มานิตา คงชื่นสิน, เทวินทร์ กุลปิยะวัฒน์ และฉัตรชัย ศฤงฆไพบูลย์. 2535. การศึกษาอนุกรมวิธานของไรบนมะม่วงในประเทศไทย ,น. 201-233. *ใน* รายงานการค้นคว้าและวิจัยปี.2535.กองกีฏและสัตววิทยา,กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

วิจิตร วังใน. 2529. มะม่วง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 301 น.

วิจิตร วังใน 2533. พันธุ์มะม่วง, น. 1 – 17. *ใน* คณาจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ผู้รวบรวม). การทำสวนมะม่วง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สุภาณี พิมพ์สมาน. 2532. การใช้ประโยชน์ของสารเคมีธรรมชาติจากพืชในการป้องกันกำจัดแมลง. วารสารกีฏและสัตววิทยา 12(3) : 187 –191.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2543. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2541/2542. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 311 น.

สนั่น ขำเลิศ. 2527. การปลูกมะม่วงระบบชิด. อักษรพิทยา, กรุงเทพฯ. 295 น.

————. 2533. พันธุ์มะม่วง, น. 1 – 17. *ใน* คณาจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ผู้รวบรวม). การทำสวนมะม่วง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม

สิริวิภา สัจจพงษ์. 2540. ผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืชในการป้องกันกำจัดโรคของพืช. วิทยาสารสถาบันวิจัยพืชสวน 16 (12) : 76-82.

สมศักดิ์ สิงหลกะ, เรณู ยาชิโร, ลัดดา วงศ์รัตน์ และอนันต์ ตันสุตะพานิช 2530. อาร์ทีเมีย (Artemia). วารสารการประมง 40 (1) : 47 – 54.

สราญจิต ไกรฤทธิ์. 2538. แมลงศัตรูมะม่วง, น. 1 – 20. *ใน* แมลงศัตรูไม้ผล. เจริญรัฐการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 199 น.

อรุณ โสตถิกุล. 2534. การป้องกันกำจัดหนอนเจาะยอดกระหล่ำ (*Hellula undalis* Fab.) โดยใช้พืชสมุนไพรบางชนิด และเชื้อจุลินทรีย์. รายงานการวิจัยประจำปี 2534, สถาบันการวิจัยเกษตรลำปาง, โรงพิมพ์สถาบันการวิจัยเกษตรลำปาง. น. 363-374.

อนันต์ ตันสุตะพานิช. 2530. การเพาะเลี้ยงอาร์ทีเมีย, ใน รายงานการประชุมสัมนา การผลิตและการใช้ประโยชน์อาร์ทีเมีย, 30 – 31 กรกฎาคม 2530. ศูนย์อาร์ทีเมียแห่งชาติ, คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. น. 1 – 8.

อังศุมาลย์ จันทราปัตย์. 2539. ไรศัตรูพืชที่น่าจับตามอง. บ้วนชวนคุย ฉบับเกษตรไทย. 4(1) : 22-31.

อารมณ์ แสงวณิชย์. 2535. การใช้สารธรรมชาติป้องกันกำจัดศัตรูพืช. เอกสารกรมวิชาการ พิมพ์ครั้งที่ 2. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 17 น.

———————— . 2541. ขมิ้นชัน. มหกรรมวิชาการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 27 น.

อุดมลักษณ์ อุ่นจิตต์วรรธนะ. 2540. สารออกฤทธิ์จากพืช. ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 24 (1) : 33 - 36.

Ahmed, S., M. Grainge, J.W. Hylin, W.C. Mitchel and J. A. Litsinger. 1984. Some promising plant species for use as pest control agents under traditional farming systems, pp.565 -380. *In* Natural Pesticides from the Neem Tree and Other Tropical Plant. Proceeding 2nd Int. Confer. Ravischholzhausen. Fed. Rep. 25 - 28 May, 1983., Germany.

Areekul, S., P. Sinchaisri and S. Tigvatananon. 1987. Effects of Thai plant extracts on the oriental fruit fly. I. Toxicity test. Kasetsart J. (Nat. Sci.) Vol. 21 : 395 - 407.

Bano, K. and B.K.N. Chandra. 1973. Note on the record of two new host plants of *Oligonychus mangiferus* (Rahman and Sapra). Indian J. Agric. 43(10) : 960 - 966.

Baker, E.W. 1975. Plant Feeding Mite of Thailand. Plant Protection Technical Bulletin No. 35. Ministry of Agriculture and Co – operatives, Bangkok, Thailand. 43 p.

Birch, L.C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. J. Aninm. Ecol. 17: 15 - 26.

ChannaBasavanna, G.P., K. Banu and B. Kubra. 1972. Plant feeding mites of India - 3. Spider mites of the species of *Oligonychus. Mysore* J. Agr. 6(2) : 163 - 168.

ChannaBasavanna, G.P., K. Banu and C.A. Viraktamath. 1989. Progress in Acarology. V.2, Acarol. Soc. India, Bangalore. Oxford & IBH Publishing Co. PVT. New Delhi. 484.

Flechtmann, C.H.W. 1982. Karyotypes of tetranychid mites of Brazil. Anais da Escola Superior de Agr, Luis de Queiroz. 39(2) : 803 - 808.

Guy, R.H., G.R. Swank and D.F. Davis. 1965. Repellent to *Gribolium* spp. of an extract of leaves of chinaberry *Melia azedarach* L. US Dept. Agr. MKtg. Spec. Rpt. B-106. 5 p.

Jeppson, L.R., H.H. Keifer and E.W. Baker. 1975. Mites Injurious to Economic Plants. Univ. California Press, Berkeley, Los Angeles. 614 p.

Krantz, G.W. 1978. A Manual of Acarology. Oregon Stage Univ. O.U.S. Book Stores Inc., Corvallis, Oregon. 509 p.

Keifer, H.H., E.W. Baker, T. Kono, M. Delfinado and W.E. Styer. 1982. An Illustrated Guide to Plant Abnormalities Caused by Eriophyid Mites in North America. Dept. Agric., Agriculture Handbook No. 573, California, USA. 178 p.

Meyer, M.K.P. 1970. Two important immigrant spider mites new to South Africa. Phytophylactica 2(2) : 147 - 148.

Meyer, M.K.P. 1981. Mite pests of crops in Southern Africa. Plant Prot. Res. Inst., Pretoria, Sci. Bull., 397 : 56-86.

Moutia, L.A. 1958. Contribution to the study of some phytophagous acarina and their predators in Mauritius. Bull. Ent. Res. 49 : 59 – 75.

Nangia, N, P.S. Jagadish and B.K. Nageshchandra. 1989. Biology and control of *Oligonychus mangiferus* (Rahman and Sapra) on *Terminalia* spp., important host plants of silkworms. Mysore Agr. Sci. 23(3) : 355 - 358.

Pritchard, A.L. and E.W. Baker. 1955. The Pacific Coast Entomological Society. San Francisco, California. 472 p.

Rai, A.B., A.H. Shah and P.N. Patel. 1988. Biology of *Oligonychus mangiferus*, a pest of mango in Gujarat. Gujarat Agric. Univ. Res. J. 14(1) : 5 - 10.

Rao, D.S. 1960. Insecticidal properties of floral parts. Mysore State Dept. Agric. Ann. Admin. Rpt. 2 : 623.

Roongsook, D. 1992. Effect of some plant extracts on diamondback moth larvae, *Plutella xylostella* (Linn.). Ph.D Thesis, Kasetsart University, Bangkok. 132 p.

Sabelis, M.W. 1991. Life – history evolution of spider mites, pp. 23 – 26. *In* R. Schuster and P.W. Murphy (eds.) The Acari Reproduction, Development and Life – History Strategies. Great Britain University press, Cambridge, London.

Sadana, G.L. and S. Chander. 1973. Laboratory studies on the host range of the phytophygous mite, *Oligonychus mangiferus* (Rahman and Sapra). Science and Culture 44(9) : 411 - 413.

Sidhu, A.S. and G. Singh. 1971. Studies on the chemical control of *Oligonychus mangiferus* (Rahman and Sapra) on Grape-vine. J. Res., Ludhiana India. Punjanic Agr. 8(4) : 463 - 465.

Singh, R.N., B. Prithiviraj, U.P. Singh, P.K. Singh and K.G. Wagner. 1996. Effect of Ajoene on *Tetranychus urticae* Koch as compared with some pesticides. J. Plant Dis. Pro. 103(2) : 195 - 199.

Sorgeloos, P., P. Lavens, P. Leger, W. Tackaert and D. Versichele. 1986. Manual for the Culture and Use of Brine Shrimp Artemia in Aquaculture. Artemia Reference Center, State University of Ghent, Belgium. 319 p.

Sirsikar, A.N. and R. Nagabhushanam. 1989. Ovipositional behaviour and longevity of unfertilized females of *Oligonychus mangiferus* (Rahman and Sapra) on different mango varieties. Indian Bot. Rep. 8(1): 67 - 68.

Tanaka, Y. and S. Okuda. 1992. Insecticides, acaricide and anticoccidial agents. The search for bioactive compounds from microorganism. New York : Springer-Virlag. 237 - 262.

Wafa, A.K., M.A. Zaher and A.A. Osman. 1970. Control of phytophagous mites on mango tree in U.A.R. Bull. Entom. Soc. Egypt, Economic. 4 : 219 - 225.

Zaher, M.A. and A.A. Osman. 1971. Population studies on mites associated with mango trees in Egypt. Bull. de la Soc. Entomol. Egypt. 54 :141 - 148.

Zaher, M.A. and K.K. Shehata. 1972. Biology of the red spider mite, *Oligonychus mangiferus* (Rahman and Sapra). Bull. De la Soc. Entomol. Egypt. 55 : 393 - 401.

Zaher, Z. and B. Maiti. 1994. Insect and mites infesting seedings of mango in West Bengal. Environ. Ecol. 12(3) : 734 - 736.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การแทนค่าในสมการ $e^{rmx}l_xm_x = 148.41$ ที่อุณหภูมิ 24 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 84%

$r_m = 0.11167$				$r_m = 0.1166$				$r_m = 0.1168$			
r_mx	$5 - r_mx$	e^{5-rmx}	$e^{5-rmx}l_xm_x$	r_mx	$5 - r_mx$	e^{5-rmx}	$e^{5-rmx}l_xm_x$	r_mx	$5 - r_mx$	e^{5-rmx}	$e^{5-rmx}l_xm_x$
1.634	3.366	28.968	1.961	1.632	3.368	29.009	1.964	1.635	3.365	28.928	1.958
1.751	3.250	25.777	14.755	1.749	3.251	25.816	14.777	1.752	3.248	25.739	14.733
1.867	3.133	22.938	15.002	1.866	3.134	22.975	15.026	1.869	3.131	22.901	14.978
1.984	3.016	20.412	16.968	1.982	3.018	20.446	16.997	1.986	3.014	20.377	16.939
2.101	2.899	18.163	14.356	2.099	2.901	18.196	14.382	2.102	2.898	18.131	14.330
2.217	2.783	16.163	12.555	2.215	2.785	16.193	12.579	2.219	2.781	16.132	12.531
2.334	2.666	14.382	12.740	2.332	2.668	14.411	12.765	2.336	2.664	14.354	12.714
2.451	2.549	12.798	11.157	2.449	2.551	12.825	11.181	2.453	2.547	12.771	11.134
2.567	2.433	11.388	9.467	2.565	2.435	11.414	9.488	2.570	2.430	11.363	9.446
2.684	2.316	10.134	6.215	2.682	2.318	10.157	6.230	2.686	2.314	10.111	6.201
2.801	2.199	9.018	8.234	2.798	2.202	9.039	8.254	2.803	2.197	8.996	8.214
2.918	2.083	8.025	6.122	2.915	2.085	8.045	6.137	2.920	2.080	8.004	6.107
3.034	1.966	7.141	4.863	3.032	1.968	7.159	4.875	3.037	1.963	7.122	4.850
3.151	1.849	6.354	3.983	3.148	1.852	6.371	3.994	3.154	1.846	6.337	3.973
3.268	1.732	5.654	3.852	3.265	1.735	5.670	3.863	3.270	1.730	5.638	3.841

ตารางผนวกที่ 1 ต่อ

$r_m = 0.11167$					$r_m = 0.1166$					$r_m = 0.1168$				r_mx
e^{5-rmx}	$e^{5-rmx}l_xm_x$		r_mx	$5 - r_mx$	e^{5-rmx}	$e^{5-rmx}l_xm_x$		r_mx		$5 - r_mx$	e^{5-rmx}	$e^{5-rmx}l_xm_x$		
3.384	1.616	5.031	2.331		3.381	1.619	5.046	2.338		3.387	1.613	5.017	2.324	
3.501	1.499	4.477	1.647		3.498	1.502	4.491	1.652		3.504	1.496	4.464	1.642	
3.618	1.382	3.984	1.086		3.615	1.385	3.996	1.089		3.621	1.379	3.972	1.082	
3.734	1.266	3.545	0.628		3.731	1.269	3.557	0.630		3.738	1.262	3.534	0.626	
3.851	1.149	3.155	0.301		3.848	1.152	3.165	0.302		3.854	1.146	3.144	0.300	
3.968	1.032	2.807	0.230		3.964	1.036	2.817	0.230		3.971	1.029	2.798	0.229	
4.085	0.916	2.498	0.034		4.081	0.919	2.507	0.034		4.088	0.912	2.489	0.034	
4.201	0.799	2.223	0.000		4.198	0.802	2.231	0.000		4.205	0.795	2.215	0.000	
4.318	0.682	1.978	0.000		4.314	0.686	1.985	0.000		4.322	0.678	1.971	0.000	
4.435	0.565	1.760	0.000		4.431	0.569	1.767	0.000		4.438	0.562	1.753	0.000	
4.551	0.449	1.566	0.000		4.547	0.453	1.572	0.000		4.555	0.445	1.560	0.000	
	ผลรวม		148.487			ผลรวม		148.987			ผลรวม		149.187	

ตารางผนวกที่ 2 การแทนค่าในสมการ $e^{rmx}l_xm_x = 148.41$ ที่อุณหภูมิ 28 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 64%

$r_m = 0.1742$				$r_m = 0.1743$				$r_m = 0.1744$			
r_mx	$5 - r_mx$	e^{5-rmx}	$e^{5-rmx}l_xm_x$	r_mx	$5 - r_mx$	e^{5-rmx}	$e^{5-rmx}l_xm_x$	r_mx	$5 - r_mx$	e^{5-rmx}	$e^{5-rmx}l_xm_x$
1.742	3.258	25.997	0.000	1.743	3.257	25.972	0.000	1.744	3.256	25.946	0.000
1.916	3.084	21.841	5.303	1.917	3.083	21.817	5.297	1.918	3.082	21.793	5.291
2.090	2.910	18.349	17.148	2.092	2.908	18.327	17.127	2.093	2.907	18.305	17.106
2.265	2.735	15.416	24.727	2.266	2.734	15.396	24.695	2.267	2.733	15.376	24.663
2.439	2.561	12.951	14.959	2.440	2.560	12.933	14.938	2.442	2.558	12.915	14.917
2.613	2.387	10.881	17.932	2.615	2.386	10.864	17.905	2.616	2.384	10.848	17.878
2.787	2.213	9.141	14.251	2.789	2.211	9.127	14.228	2.790	2.210	9.112	14.206
2.961	2.039	7.680	14.008	2.963	2.037	7.667	13.984	2.965	2.035	7.654	13.960
3.136	1.864	6.452	11.911	3.137	1.863	6.440	11.889	3.139	1.861	6.429	11.868
3.310	1.690	5.421	9.052	3.312	1.688	5.410	9.035	3.314	1.686	5.400	9.018
3.484	1.516	4.554	6.467	3.486	1.514	4.545	6.454	3.488	1.512	4.536	6.441
3.658	1.342	3.826	4.495	3.660	1.340	3.818	4.486	3.662	1.338	3.180	4.477
3.832	1.168	3.214	4.217	3.835	1.165	3.207	4.208	3.837	1.163	3.200	4.199
4.007	0.993	2.700	1.971	4.009	0.991	2.694	1.967	4.011	0.989	2.688	1.962
4.181	0.819	2.269	1.105	4.183	0.817	2.263	1.102	4.186	0.814	2.258	1.099
4.355	0.645	1.906	0.591	4.358	0.643	1.901	0.589	4.360	0.640	1.896	0.588
4.529	0.471	1.601	0.388	4.532	0.468	1.597	0.387	4.534	0.466	1.593	0.385
4.703	0.297	1.345	0.030	4.706	0.294	1.342	0.030	4.709	0.291	1.338	0.030
4.878	0.122	1.130	0.000	4.880	0.120	1.127	0.000	4.883	0.117	1.124	0.000
5.052	-0.052	0.950	0.000	5.055	-0.055	0.947	0.000	5.058	-0.058	0.944	0.000
5.226	-0.226	0.798	0.000	5.229	-0.229	0.795	0.000	5.232	-0232	0.793	0.000
	ผลรวม		148.554		ผลรวม		148.321		ผลรวม		148.088

ตารางผนวกที่ 3 การแทนค่าในสมการ $e^{rmx}l_xm_x = 148.41$ ที่อุณหภูมิ 32 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 54%

$r_m = 0.1728$				$r_m = 0.1729$				$r_m = 0.1730$			
r_mx	$5 - r_mx$	e^{5-rmx}	$e^{5-rmx}l_xm_x$	r_mx	$5 - r_mx$	e^{5-rmx}	$e^{5-rmx}l_xm_x$	r_mx	$5 - r_mx$	e^{5-rmx}	$e^{5-rmx}l_xm_x$
1.210	3.790	44.274	0.000	1.210	3.790	44.243	0.000	1.211	3.789	44.212	0.000
1.382	3.118	37.248	4.097	1.383	3.617	37.218	4.094	1.384	3.616	37.189	4.091
1.555	3.445	31.337	22.249	1.556	3.444	31.309	22.229	1.557	3.443	31.281	22.209
1.728	3.272	26.364	18.297	1.729	3.271	26.338	18.278	1.730	3.270	26.311	18.260
1.901	3.099	22.180	20.295	1.902	3.098	22.156	20.273	1.903	3.097	22.131	20.250
2.074	2.926	18.660	14.723	2.075	2.925	18.638	14.705	2.076	2.924	18.616	14.688
2.246	2.754	15.699	13.124	2.248	2.752	15.675	13.107	2.249	2.7518	15.658	13.090
2.419	2.581	12.051	13.208	12.085	2.594	2.579	13.189	2.422	2.578	13.171	12.051
2.592	2.408	11.112	10.137	10.167	2.766	2.407	11.095	2.595	2.405	11.078	10.137
2.765	2.235	9.348	12.536	2.939	2.234	9.333	12.516	2.768	2.232	9.318	12.496
2.938	2.062	7.865	11.538	3.112	2.061	7.751	11.518	2.941	2.059	7.838	11.499
3.110	1.890	6.617	4.069	3.285	1.888	6.605	4.062	3.114	1.886	6.593	4.055
3.283	1.717	5.567	3.162	3.458	1.715	5.556	3.156	3.287	1.713	5.546	3.150
3.456	1.544	4.683	2.215	3.631	1.542	4.674	2.211	3.460	1.540	4.665	2.206
3.629	1.371	3.940	0.063	3.804	1.369	3.932	0.063	3.633	1.367	3.924	0.063
3.802	1.198	3.315	0.000	1.196	3.308	0.000	0.000	3.806	1.194	3.300	0.000
	ผลรวม		148.624		ผลรวม		148.433		ผลรวม		148.245