



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (โรคพืช)

ปริญญา

โรคพืช

สาขา

โรคพืช

ภาควิชา

เรื่อง การแสดงออกของลักษณะทางกายภาพและความแปรปรวนของฝรั่งพันธุ์ทนทาน
'KU-GUARD No.1' ต่อไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*

Phenotypic Expression and Variation of Tolerant Guava 'KU-GUARD No.1' to
Root-knot Nematode, *Meloidogyne incognita*

นามผู้วิจัย นางสาวอรพินท์ ทองอร่าม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์สมชาย สุชะกุล, วท.ม.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ชัยณรงค์ รัตนกริธากุล, Dr.sc.agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์, วท.ค.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชณี สงประยูร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การแสดงออกของลักษณะทางกายภาพและความแปรปรวนของฝรั่งพันธุ์ทนทาน
'KU-GUARD No.1' ต่อไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*

Phenotypic Expression and Variation of Tolerant Guava 'KU-GUARD No.1'
to Root-knot Nematode, *Meloidogyne incognita*

โดย

นางสาวอรพินท์ ทองอร่าม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โรคพืช)

พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรพินท์ ทองอร่าม 2556: การแสดงออกของลักษณะทางกายภาพและความแปรปรวนของ
ฝรั่งพันธุ์หนาน ‘KU-GUARD No.1’ ต่อไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* ปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โรคพืช) สาขาโรคพืช ภาควิชาโรคพืช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
รองศาสตราจารย์สมชาย สุขะกุล, วท.ม. 82 หน้า

ศึกษาลักษณะทางกายภาพที่แสดงออกถึงความทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปมของฝรั่งพันธุ์
‘KU-GUARD No.1’ โดยคัดเลือกต้นกล้าฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ และพันธุ์เป็นสีทอง (พันธุ์อ่อนแอ)
อายุ 4 เดือน จากการเพาะเมล็ดและทำการใส่ตัวอ่อนไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น
ในสภาพโรงเรือน ตรวจผลการทดลองที่อายุ 30 และ 90 วันหลังปลูกเชื้อ และนำรากของต้นฝรั่งที่อายุ 90 วัน
ไปทำการตรวจเนื้อเยื่อรากเพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของฝรั่งทั้ง 2 สายพันธุ์ ผลปรากฏว่า
ฝรั่ง ‘KU-GUARD No.1’ มีค่าเฉลี่ยของผลการทดลองที่แตกต่างอย่างชัดเจน เมื่อเทียบกับพันธุ์เป็นสีทอง
(พันธุ์อ่อนแอ) ได้แก่ ขนาดปม การเจริญของระบบราก น้ำหนักรากสด และความสูงของต้นฝรั่ง โดยฝรั่ง
‘KU-GUARD No.1’ ที่อายุ 90 วันมีขนาดปมเล็กเฉลี่ย 0.19 มิลลิเมตร ฝรั่งเป็นสีทองที่อายุ 90 วัน ขนาดปมใหญ่
เฉลี่ย 0.32 มิลลิเมตร ฝรั่ง ‘KU-GUARD No.1’ มีระบบรากที่เจริญได้ดีเฉลี่ยระดับ 4.00 และมีน้ำหนักรากสด
เฉลี่ย 5.07 กรัม ฝรั่งเป็นสีทอง มีระบบรากเจริญปานกลางมีค่าเฉลี่ย 2.89 และมีน้ำหนักรากสดเฉลี่ย 3.08 กรัม
ฝรั่ง ‘KU-GUARD No.1’ ความสูงของต้นหลังการปลูกเชื้อเฉลี่ยเท่ากับ 40.81 เซนติเมตร และฝรั่งเป็นสีทองมี
ความสูงเฉลี่ย 34.03 เซนติเมตร

ตรวจลักษณะทางกายภาพของเนื้อเยื่อราก พบความแตกต่างของเนื้อเยื่อรากฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD
No.1’ รากอยู่ในระยะการเจริญขั้นที่สองของพืช ซึ่งจะมีเซลล์ขนาดเล็กใหญ่เรียงตัวไม่เป็นระเบียบ พบ xylem
vessel ในบริเวณกลางรากและกระจายตัวออกตามแนวการเกิดของ cambium จำนวนมากกว่าในรากฝรั่งพันธุ์
เป็นสีทอง ส่งผลให้ฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ มีการแสดงออกทางโครงสร้างรากที่แข็งแรง
สามารถทนทานต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยได้ดี

ทดสอบความแปรปรวนที่เกิดขึ้นกับฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ เพื่อศึกษาการถ่ายทอดพันธุกรรม
ความทนทานจากเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากการผสมเปิด พบว่า ความสูงก่อนและหลังปลูกเชื้อ น้ำหนักรากสดและ
ความสมบูรณ์ของระบบราก ไม่แตกต่างทางสถิติของความแปรปรวน มีแนวโน้มของความทนทานที่แสดงออก
ทางการเจริญเติบโตได้ตามปกติของต้นฝรั่งที่ขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ด มีความสม่ำเสมอทางพันธุกรรม
ส่วนจำนวนปม จำนวนกลุ่มไข่และอัตราการฟักของตัวอ่อน มีความผันแปรทางพันธุกรรมของต้นฝรั่งที่ได้จาก
การผสมเปิดพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’

Orapin Thongaram 2013: Phenotypic Expression and Variation of Tolerant Guava
'KU-GUARD No.1' to Root-knot Nematode, *Meloidogyne incognita*. Master of Science
(Plant Pathology) Major Field: Plant Pathology, Department of Plant Pathology. Thesis
Advisor: Associate Professor Somchai Sukhakul, M.S. 82 pages.

The objective of this experiment was to study phenotypic expression of guava cv. 'KU-GUARD No.1' tolerance to *Meloidogyne incognita*. The 4 month old guava seedling 'KU-GUARD No.1' and 'Paen Seethong' were inoculated with 400 second- stage juveniles (J2) of *M. incognita* per plant under the greenhouse condition. The experiment was evaluated at 30 and 90 days and also the histological study of guava root tissues was investigated by the microtome technique. The results revealed that at 90 days, gall sizes of 'KU-GUARD No.1' was 0.19 mm in diameter while gall size of 'Paen Seethong' was 0.32 mm. The growth of root system and root fresh weight of 'KU-GUARD No.1' were 4 (level) and 5.07 g. while 'Paen Seethong' were 2.89 (level) and 3.08 g. Plant height at 90 days after inoculated of 'KU-GUARD No.1' and 'Paen Seethong' were 40.81 cm. and 34.03 cm. respectively.

Histological structure of root tissues revealed the difference in the secondary growth stage of root both cultivars. X-section of 'KU-GUARD No.1' root showed higher density of xylem vessel cells than 'Paen Seethong'. Xylem vessel cells were very important for water - mineral transport and strengthening of root tissues in which affected phenotypic expression on growth and tolerance of 'KU-GUARD No.1' to root knot nematodes.

The experiment on open pollinated – seedling of 'KU-GUARD No.1' to root – knot nematode variation on tolerance found that plant height, root fresh weight and growth of root system were not variable and not significantly different between non – infected and infected seedling. However, they were variable in number of root galls, egg masses and egg hatching rate. So, open – pollinated seedling of 'KU-GUARD No.1' tend to tolerant to root – knot nematode.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ สมชาย สุชะกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ดร. เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์ และอาจารย์ ดร. ชัยณรงค์ รัตนกริธากุล ประธานกรรมการที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์และกรรมการวิชาเอกทั้งสองท่าน รวมถึง อาจารย์อมรศรี ขุนอินทร์
อาจารย์อัคราพรรณ สังขจันทรานนท์ และอาจารย์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์
การปฏิบัติงานวิจัยและงานด้านอื่นๆที่เป็นประโยชน์ต่อข้าพเจ้าให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่และญาติพี่น้องทุกคน ที่เป็นกำลังกายกำลังใจให้
ทุนการศึกษาเลี้ยงดู พร้อมทั้งให้ความรักความเอาใจใส่ ให้คำปรึกษาแนะนำแก่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดี
มาตลอด ขอขอบคุณ คุณพรวิภา โสภณพัฒนะโกศา คุณเทพนม แสงเพลิง คุณเกษศิริ ศรีไพร
รุ่นพี่ห้องปฏิบัติการ ไล่เดือนฝอยที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำดีๆในทุกๆเรื่อง เช่น เรื่องการเรียน
การทำงานเป็นต้น

ขอขอบคุณ คุณสารัมภ์ คำเมฆ คุณฤดิรัตน์ บุญสนิท คุณวัชรา สุวรรณอาสน์ และ
คุณเมทนี พลอยเปลี่ยนแสง คุณบุญณดา ศรีคำผึ้ง คุณขจรวิทย์ มุลกันทาและเพื่อน ๆ น้อง ๆ ทุก
คนที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เป็นกำลังใจทั้งในยามสุขและยามลำบากทำให้ทุกอย่าง
สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และหวังว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะมีประโยชน์ต่อการศึกษาในอนาคตต่อไป

อรพินท์ ทองอร่าม

พฤษภาคม 2556

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	20
อุปกรณ์	20
วิธีการ	23
ผลและวิจารณ์	29
ผล	29
วิจารณ์	53
สรุปและข้อเสนอแนะ	61
สรุป	61
ข้อเสนอแนะ	63
เอกสารอ้างอิง	64
ภาคผนวก	75
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	82

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การประเมินความรุนแรงของการเกิดโรครากปมจาก ไส้เดือนฝอยรากปม <i>Meloidogyne incognita</i> 3 ไอโซเลต	33
2	ประเมินความสม่ำเสมอของปริมาณไส้เดือนฝอยรากปม <i>Meloidogyne incognita</i> ในการเข้าทำลายมะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์ 4 อายุ 1 เดือนที่ระยะเวลา 15 30 และ 45 วัน	35
3	ประเมินความสม่ำเสมอของปริมาณไส้เดือนฝอยรากปม <i>Meloidogyne incognita</i> ในการเข้าทำลายฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง อายุ 3 เดือน ที่ระยะเวลา 30 45 และ 60 วัน	36
4	เปรียบเทียบความทนทานของฝรั่ง 2 สายพันธุ์ อายุ 4 เดือน ต่อการเกิด โรครากปมจากไส้เดือนฝอยรากปม <i>Meloidogyne incognita</i> ที่ปลูกเชื้อ 30 วัน	38
5	ประเมินลักษณะการเกิดโรคของฝรั่งที่ 30 วันหลังการปลูกเชื้อ ด้วยไส้เดือนฝอยรากปม <i>Meloidogyne incognita</i> จำนวน 400 ตัวต่อต้น	41
6	ประเมินลักษณะการเกิดโรคของฝรั่งที่ 60 วันหลังการปลูกเชื้อ ด้วยไส้เดือนฝอยรากปม <i>Meloidogyne incognita</i> จำนวน 400 ตัวต่อต้น	42
7	ประเมินลักษณะการเกิดโรคของฝรั่งที่ 90 วันหลังการปลูกเชื้อ ด้วยไส้เดือนฝอยรากปม <i>Meloidogyne incognita</i> จำนวน 400 ตัวต่อต้น	43
8	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและความแปรปรวนของฝรั่ง 'KU-GUARD No.1' ที่ได้จากลูกผสมเปิด หลังปลูกเชื้อ 60 วัน ด้วยไส้เดือนฝอยรากปม <i>Meloidogyne incognita</i> จำนวน 120 ต้น	51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่

หน้า

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | <p>ข้อมูลจำนวนต้น 100 ต้น (ไม่รวม 20 ต้นของกรรมวิธีควบคุม)</p> <p>เพื่อประเมินความแปรปรวนของฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’</p> <p>ที่ได้จากลูกผสมเปิด ที่ 60 วันหลังการปลูกเชื้อด้วย</p> <p>ไส้เดือนฝอยรากปม <i>Meloidogyne incognita</i> จำนวน 400 ตัวต่อต้น</p> | 76 |
| 2 | <p>ข้อมูลจำนวนต้น 100 ต้น (ไม่รวม 20 ต้นของกรรมวิธีควบคุม)</p> <p>เพื่อประเมินความแปรปรวนของฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’</p> <p>ที่ได้จากลูกผสมเปิด ที่ 60 วันหลังการปลูกเชื้อด้วย</p> <p>ไส้เดือนฝอยรากปม <i>Meloidogyne incognita</i> จำนวน 400 ตัวต่อต้น</p> | 77 |

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วงจรชีวิตของไส้เดือนฝอยรากลุ่ม <i>Meloidogyne</i> spp.	15
2	แสดงลักษณะของ perineal pattern ของไส้เดือนฝอยรากลุ่ม <i>Meloidogyne incognita</i>	30
3	ระยะต่างๆ ของไส้เดือนฝอยรากลุ่ม <i>Meloidogyne incognita</i> isolate ‘Nakhon Pathom 2’	31
4	รากฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ หลังการปลูกเชื้อด้วยไส้เดือนฝอยรากลุ่ม <i>Meloidogyne incognita</i> จำนวน 400 ตัวต่อต้น	44
5	รากฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง หลังการปลูกเชื้อด้วยไส้เดือนฝอยรากลุ่ม <i>Meloidogyne incognita</i> จำนวน 400 ตัวต่อต้น	45
6	การแตกรากแขนงเหนือและใต้ปมของรากฝรั่งที่ 90 วันหลังได้รับการปลูกเชื้อด้วยไส้เดือนฝอยรากลุ่ม <i>Meloidogyne incognita</i>	46
7	เนื้อเยื่อรากฝรั่งปกติและเนื้อเยื่อรากที่ได้รับการปลูกเชื้อด้วยไส้เดือนฝอยรากลุ่ม <i>Meloidogyne incognita</i>	48
8	รากฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ที่ 60 วันหลังการปลูกเชื้อ	52
ภาพผนวกที่		
1	Perineal pattern model	78
2	A-D ไคอะแกรม พัฒนาการของรากพืชใบเลี้ยงคู่	79
3	ลักษณะรากพืชของต้น <i>Tilia cordata</i> ที่มีการเจริญขึ้นที่สองของราก	80
4	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’	81

การแสดงออกของลักษณะทางกายภาพและความแปรปรวนของฝรั่งพันธุ์ทนทาน
'KU-GUARD No.1' ต่อไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*

Phenotypic Expression and Variation of Tolerant Guava 'KU-GUARD No.1'
to Root-knot Nematode, *Meloidogyne incognita*

คำนำ

ฝรั่งเป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดเล็กที่สามารถบริโภคได้ในรูปผลสดและแปรรูปให้เป็นผลไม้อุตสาหกรรม โดยจากข้อมูลการบริโภคภายในประเทศปี 2549 มีการใช้ผลผลิตทั้งหมด 130,843 ตัน การส่งออกของผลผลิตฝรั่งในปี 2549 มีปริมาณการส่งออกของฝรั่งทั้งหมด 3,579 ตัน คิดเป็นมูลค่าของการส่งออกได้ 100.19 ล้านบาท ราคาขายหน้าสวนเฉลี่ยอยู่ที่ 9.04 บาทต่อกิโลกรัม (องค์การตลาดเพื่อเกษตรกร, 2552) และฝรั่งเป็นไม้ผลที่ให้ผลผลิตเกือบตลอดทั้งปี ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้อย่างต่อเนื่อง จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างรวดเร็วภายในช่วงปี 2540-2548 ทำให้พบปัญหาการแพร่กระจายของโรครากปมอย่างกว้างขวางในหลายพื้นที่ เป็นผลมาจากการติดไปของเชื้อสาเหตุโรคกับกิ่งขยายพันธุ์ วัสดุในการเพาะปลูกและพันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นพันธุ์อ่อนแอต่อโรครากปม

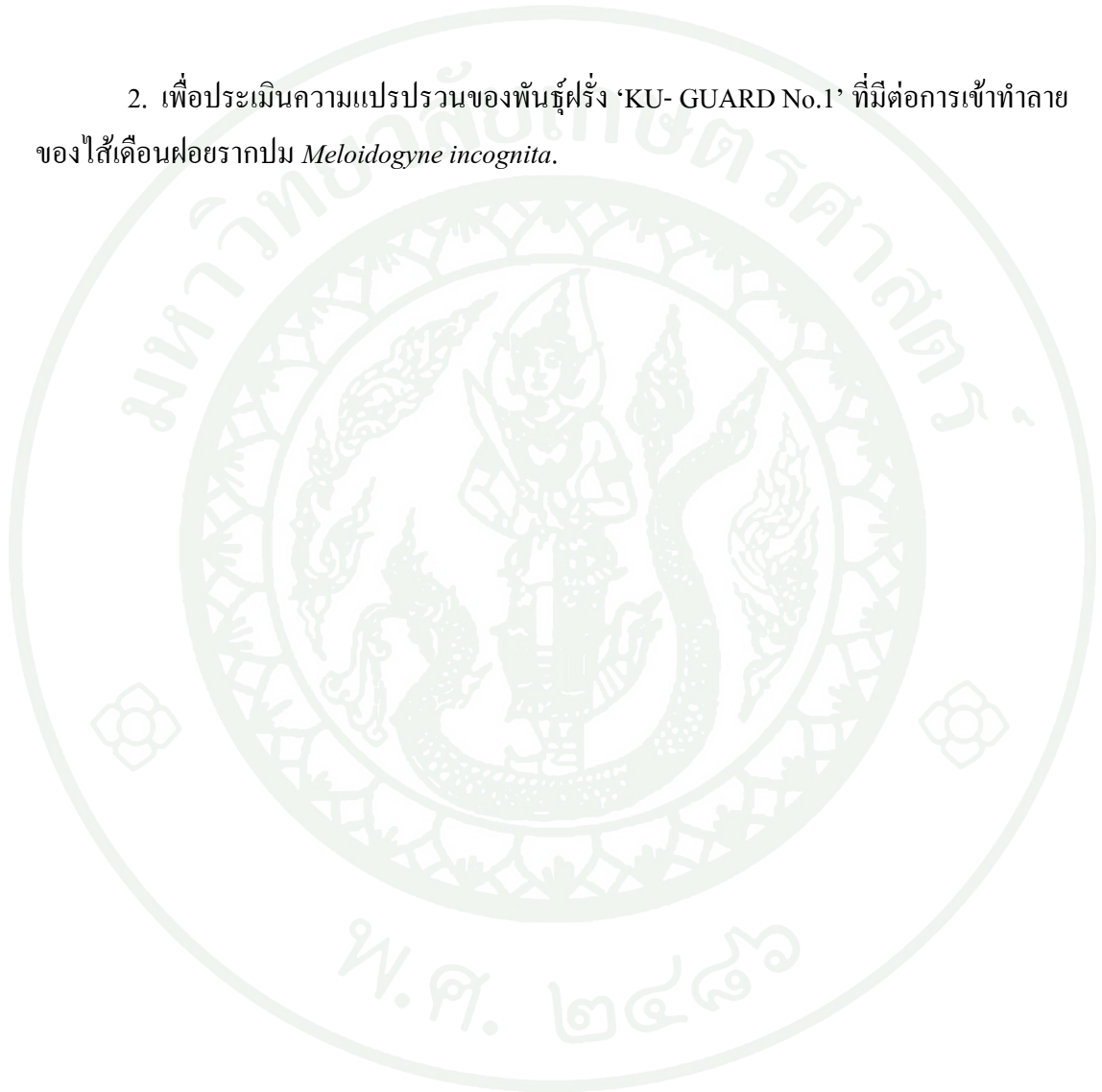
จากการรายงานสำนักเศรษฐกิจการเกษตร (2551) พบว่าพื้นที่ปลูกฝรั่งปี พ.ศ. 2543 มี 81,308 ไร่ แต่ปี 2550 เหลือพื้นที่ปลูกเพียง 41,411 ไร่ ซึ่งสาเหตุหลักของพื้นที่ปลูกลดลงมาก คือสวนฝรั่งในเขตภาคกลางที่เป็นแหล่งผลิตใหญ่ได้รับความเสียหายจากน้ำท่วมและเกิดโรครากปมแพร่ระบาด เกษตรกรจึงหันไปปลูกพืชอื่นทดแทน มีการรายงานความรุนแรงของโรครากปมในฝรั่งอย่างชัดเจนในปี 2549 ว่าไส้เดือนฝอยรากปมทำให้ระบบรากเสียหาย พืชสูญเสียความสามารถในการดูดน้ำ อาหารและแร่ธาตุ เกิดอาการต้นโทรม อายุฝรั่งสั้นลงครึ่งหนึ่งของรุ่นที่ปลูก เกิดระบาดกว้างขวางในสภาพดินทรายและดินเหนียว ทำให้มีการสะสมประชากรของไส้เดือนฝอยรากปมในพื้นที่ปลูกฝรั่งปริมาณมาก (สมชาย, 2549) นอกจากนี้ยังพบโรครากปมของฝรั่งในจังหวัดระยองของประเทศไทย สาเหตุเกิดจากไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* (นิพนธ์, 2542) จากการรายงานของ ศุภวรรณ (2544) ฝรั่งพันธุ์กลมสาเล่ พันธุ์แป้นสีทอง พันธุ์ไทยและพันธุ์เบอมองส์อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* การสุ่มตรวจตัวอย่างดินแปลงปลูกฝรั่งในอำเภอหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี พบไส้เดือนฝอยศัตรูพืชถึง 6 สกุล และพบว่ามีไส้เดือนฝอย

รากปม ปริมาณสูงสุดถึง 24.75 ต่อดิน 300 กรัม (วีระชัย, 2545) ผลการสำรวจไส้เดือนฝอยในกิ่งพันธุ์ฝรั่ง แบ่งการตรวจสอบ 2 ช่วงเวลา คือ การตรวจสอบทันทีและพักไว้ 75 วัน เจนจิรา (2550) พบว่าจาก 3 แหล่งผลิต กิ่งพันธุ์ฝรั่งในจังหวัดนครปฐม กิ่งพันธุ์เกิดโรครากปมจากแหล่งผลิตร้อยละ 26, 18 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหลังพักไว้ 75 วัน ตรวจพบร้อยละ 32, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของกิ่งพันธุ์ทั้งหมด มีการศึกษาการเกิดโรครากปมในกิ่งพันธุ์ฝรั่งที่ขยายพันธุ์โดยวิธีการตอนกิ่ง และวิธีปักชำ ที่ได้จากการสุ่มจากแหล่งจำหน่ายในเขตจังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร ซึ่งขยายพันธุ์ด้วยกิ่งชำเกิดโรครากปมอย่างรุนแรงและปริมาณรากน้อย เป็นเพราะระบบรากกิ่งชำมีขนาดเล็ก สรีรวิทยาของรากอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปมมากกว่ากิ่งตอน (สุเมธ, 2550) มีการรายงานในปี 1992 พบว่า ฝรั่งเป็นพืชอาศัยของไส้เดือนฝอย *M. incognita* ที่เป็น host-parasite โดยพบปมปมที่รากฝรั่งหลังปลูกเชื้อ 4 วันลงในฝรั่งพันธุ์ Webber และ 8 วัน หลังปลูกเชื้อลงในฝรั่งพันธุ์ Branea และพบกลุ่มไข่ที่ 25 วัน และ 31 วันในฝรั่ง 2 พันธุ์ (Babatola and Oyedunmade, 1992) มีการศึกษาประชากรของไส้เดือนฝอยรากปมในไม้ผลเขตร้อน 4 ชนิด ฝรั่งเป็นพืชหนึ่งในการศึกษา พบปริมาณไส้เดือนฝอยศัตรูพืชเฉลี่ยสูงในพืช 2 ชนิด คือ ฝรั่งและโอไวกาโด ส่วนในมะม่วงและมะนาวไม่พบหรือพบในปริมาณน้อยที่สุด (Mcsorley and Parrado, 1982) ในไม้ผลเขตร้อนมีการศึกษาและรายงานการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยศัตรูพืช ซึ่งฝรั่งเป็นพืชชนิดหนึ่งที่ถูกเข้าทำลายเป็น host ที่เหมาะสมของไส้เดือนฝอยรากปมสกุล *Meloidogyne* sp. และมีโรคร่วม เช่น *Fusarium* sp. หรือไส้เดือนฝอยสกุลอื่น เช่น *Hoplostaimus* sp. และ *Tylenchorhynchus* sp. (EL-Borai and Duncan, 2004)

การหาแนวทางในการป้องกันและควบคุมโรครากปมจะคล้ายคลึงกับการควบคุมและป้องกันเชื้อสาเหตุโรคอื่น ๆ แนวทางที่ทำให้เกิดผลดีระยะยาว คือ การผลิตต้นต่อหรือกิ่งพันธุ์ต้านทาน ซึ่งประสิทธิภาพของพันธุ์ต้านทานจะต้องเหมาะสมกับการปลูกได้หลายสภาพพื้นที่และมีความต้านทานโรคอย่างต่อเนื่อง ความสามารถของพันธุ์ต้านทานจะแสดงประสิทธิภาพควบคุมไส้เดือนฝอยได้ดีในระยะยาว พันธุ์พืชต้องมีความแปรปรวนของพันธุกรรมความต้านทานต่ำ และความแปรปรวนของพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อม จะขึ้นอยู่กับพันธุกรรมควบคุมความต้านทาน (genotype) และสภาพแวดล้อมของพืช มีผลโดยตรงต่อลักษณะแสดงออกทางกายภาพของความต้านทาน (phenotype) และความแปรปรวน (variability) ของความต้านทาน โดย สมชาย และคณะ (2550) รายงานระดับความต้านทานของฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ในโรงเรือนที่ระดับ 4 (อ่อนแอ) สภาพแปลงทดลองที่ระดับ 2.5 (ทนทาน) และในสภาพแปลงผลิตเกษตรกรระดับ 0.75 (ต้านทาน) จึงทำให้เกิดหัวข้องานวิจัย ศึกษาลักษณะการแสดงออกทางกายภาพและความแปรปรวนของฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่มีความทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟร้งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่มีความทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*.
2. เพื่อประเมินความแปรปรวนของพันธุ์ฟร้ง 'KU- GUARD No.1' ที่มีต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*.



การตรวจเอกสาร

ฝรั่ง

ฝรั่งอยู่ในวงศ์ Myrtaceae ตามหลักฐานฝรั่งเป็นไม้ถิ่นเขตร้อนของทวีปอเมริกา ระหว่างประเทศเม็กซิโกกับประเทศเปรู และมีการขยายพันธุ์ไปปลูกในแถบโซนร้อน ในประเทศไทยตามการสันนิษฐานฝรั่งเข้ามาสู่ประเทศไทยได้ 2 ช่องทาง คือ จากชาวอินเดียและชาวจีนที่มีการติดต่อค้าขายกับคนไทยเมื่อประมาณ 60 ปีมาแล้ว ฝรั่งมีชื่อไทยตามแต่ละภาคหลากหลาย เช่น มะก้วย (เชียงใหม่) มะปุ่น (สุโขทัย – ตาก) มะมัน (ลำปาง) มะจัน (พายัพ) สีดา (นครพนม) ยามูหรือย่ามู (ใต้) ชมพู (ปัตตานี) มะมูมุดันยา (มลายู นราธิวาส) (หลวงบุเรศบำรุงการ, 2518) ชื่อในต่างประเทศมีชื่อเรียกต่างกันออกไป เช่น ในประเทศอินโดนีเซียเรียกว่า Jambu ในกัมพูชาเรียกว่า Trapack sruck พม่าเรียกว่า Malakapen ในฟิลิปปินส์ เรียก Baysbus เป็นต้น และฝรั่งสามารถปลูกได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายทั้งในสภาพเขตร้อน กึ่งร้อนของซีกโลกเหนือและใต้ (เมทินี, 2552) ฝรั่งเจริญเติบโตได้ในดินเกือบทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นดินเหนียว ดินปนทราย ดินลูกรังสีแดง แต่ดินที่เหมาะสมนั้นควรเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินมูลน้ำไหล ดินตะกอน เพราะจะมีธาตุอาหารช่วยการเจริญเติบโต ฝรั่งเป็นพืชชอบน้ำมากแต่ไม่เหมาะกับน้ำขังและต้องมีการระบายน้ำได้ดี สภาพความเป็นกรดด่างของดินที่เหมาะสมในการเจริญของฝรั่งจะอยู่ที่ pH 4.5 – 8.0 (หลวงบุเรศบำรุงการ, 2518) และสมชาย (2549) รายงานถึงสภาพปัจจุบันพบการปลูกฝรั่งทั้งในพื้นที่ดินร่วนปนทราย ดินทรายจัด ดินตะกอนและดินเหนียวในเขตพื้นที่จังหวัด เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรีและนครปฐม และมีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากฝรั่งเป็นผลไม้ที่ขายได้ตลอดปี มีความต้องการของตลาดสูงทั้งในรูปผลสดและคั้นน้ำ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ฝรั่งเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กหรือไม้ทรงพุ่ม ทรงต้นสูงประมาณ 3 – 10 เมตร แตกกิ่งบริเวณใกล้โคนต้น ลำต้นมีเปลือกสีน้ำตาลหรือน้ำตาลอมเขียว กิ่งอ่อนมีสีเขียวอมเหลืองหรือแดงเข้ม มีขนปกคลุมหนาแน่น ขนมีสีน้ำตาลเข้ม กิ่งแก่ไม่มีขนปกคลุม ใบ เป็นไม้ประเภทใบประกอบคู่ ใบอ่อนสีเขียวไม่เรียบมีขนปกคลุมเมื่อแตกจะแยกเป็นสองแนวตรงกันข้าม ใบด้านบนมีเนื้องอกเล็ก แผ่นใบเป็นรูปไข่ปลายมน ขนาดความกว้าง 3-7 เซนติเมตร ยาว 5-10 เซนติเมตร หลังใบเรียบ ท้องใบมีขนอ่อน ๆ ฐานใบโค้งขอบใบเรียบและขอบใบโปร่งแสง ขอบใบจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ ดอก ดอกเกิดที่ตาข้างไม่เกิดที่ตายอดเป็นดอกเดี่ยวหรือดอกช่อจำนวน 2-3 ดอกต่อ 1 ช่อ ก้านดอกมีสีเขียวอมเหลืองกลีบรองดอกจำนวน 5-6 อันสีเขียวอมเหลือง เมื่อดอกตูมกลีบเลี้ยงจะหุ้มส่วนอื่นของดอก แต่จะแตกออกเมื่อดอกเริ่มบาน กลีบเลี้ยงไม่หลุดร่วงจนผลแก่

ชั้นกลีบดอกสีขาวรูปรางรี มีเกสรตัวผู้จำนวนมากและแทรกอยู่รอบ ๆ จานวงกลมสีขาว เกสรตัวเมีย มีรังไข่ที่มี 4-5 ช่อง ผล มีรูปร่างกลมหรือรูปไข่ป่องตรงปลาย เส้นผ่าศูนย์กลาง 5-9 เซนติเมตร ยาว 5-12 เซนติเมตร เปลือกขรุขระเล็กน้อยเป็นมัน ในขณะผลอ่อนมีสีเขียวเข้ม เมื่อแก่ผิวเป็นสีเขียวอ่อน และเมื่อสุกจะมีสีเหลืองอ่อน เนื้อฉ่ำน้ำ สุกมีรสหวานกลั่นแรง เนื้อชั้นในติดกับเมล็ดมีทั้งสีขาว เหลือง ชมพู เปลือกชั้นกลางมีสีขาว ความหนาของเนื้อแตกต่างกันตามสายพันธุ์ เมล็ด เกาะติดอยู่กับเนื้อชั้นในใจกลางของผลเป็นจำนวนมากน้อยหรือไม่มีขึ้นอยู่กับพันธุ์ เมล็ดมีสีเหลืองอ่อน หรือน้ำตาลอมเหลืองเปลือกแข็ง เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.2-0.3 เซนติเมตร ยาว 0.3-0.5 เซนติเมตร รูปร่างคล้ายไต พรวิภา (2549) ได้รายงานไว้พบเมล็ดฝรั่งคงความงอกได้นานถึง 1 ปี เมื่อเก็บในสภาพอุณหภูมิต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียสและความชื้นต่ำ การออกดอกติดผลขึ้นกับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการแตกกิ่งโดยตรง อาศัยคุณสมบัติดังกล่าว ควบคุมการออกดอกติดผลของฝรั่ง อาศัยการตัดใบ ตัดแต่งกิ่ง กระตุ้นการเกิดตาข้าง แต่ไม่ควรมีตาข้างก่อนสิ้นสุดการพัฒนาของตาดอก และการติดผลมากทำให้การเจริญเติบโตลดลง การแตกตาข้างหยุดชะงัก

การขยายพันธุ์ฝรั่ง โดยทั่วไปฝรั่งมีการขยายพันธุ์ได้หลากหลายวิธีดังต่อไปนี้ การเพาะเมล็ด เป็นการขยายพันธุ์ที่ไม่นิยมของคนไทยแต่เป็นวิธีที่ง่าย ดันมีอายุยืน ไม่กลายพันธุ์ เนื่องจากฝรั่งมีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ฝรั่งจากการเพาะเมล็ดจะออกดอกช้า การเพาะเมล็ดควรเพาะในจี๋เก่าเคลือบหรือในดินลึกประมาณ 2 เซนติเมตร โรยเมล็ดให้ห่างพอสมควรและกลบ เมล็ดสดใช้ชาฆ่าแมลงผสมน้ำราด เมล็ดแห้งรดน้ำธรรมดา 2-3 อาทิตย์ เมล็ดจะงอก การตอนกิ่ง เป็นวิธีที่นิยมมากในหมู่คนไทย เพราะฝรั่งจะออกดอกผลได้เร็วกว่าการเพาะเมล็ด ฝรั่งเป็นไม้เนื้อแข็งรากออกยาก การตอนในฤดูฝน คือ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม - สิงหาคม เลือกกิ่งที่มีสีเขียวปนน้ำตาลไม่อ่อนไม่แก่ กิ่งที่ดี คือ กิ่งกระโดง (กิ่งที่ตั้งตรง) ใช้เวลา 25 – 35 วัน รากจะงอกออกรอบกิ่ง กิ่งที่ใช้ตอนต้องไม่มีโรคมีใบสมบูรณ์ไม่อยู่ในร่มเงาเกินไป เพราะรากจะออกช้าในฤดูหนาวไม่ควรตอนเพราะรากจะไม่งอก การทาบกิ่ง เป็นที่นิยมของชาวสวน เพราะว่าจะได้พันธุ์ตามที่ต้องการออกดอกเร็ว ดันแข็งแรงกว่ากิ่งตอน การทาบกิ่งเหมาะสำหรับต้นที่ตอนยาก การทาบกิ่งฝรั่งไม่จำเป็นต้องเลือกฤดูเหมือนการตอน (สรสวดี, 2531) การตัดชำ เป็นวิธีที่ชาวสวนเมืองไทยนิยมปลูก เพราะกิ่งถูกและโตไว กิ่งฝรั่งตัดชำในสภาพที่มีการพ่นน้ำเป็นฝอยละเอียดยที่เปิด – ปิด เป็นระยะ ออกราก พอใช้สอร์โมนจะช่วยจะออกรากได้ร้อยละ 75 – 90 เมืองไทยนิยมตัดชำจากกิ่งอ่อนในกระบะจี๋เก่าเคลือบพ่นหมอก ฤดูฝนใช้เวลา 35 วัน ออกราก ฤดูหนาวใช้เวลา 40 วันออกราก (ไพโรจน์, 2531)

พันธุ์ฝรั่งที่นิยมปลูกในประเทศไทย

ฝรั่งเป็นผลไม้ในประเทศไทยที่เกษตรกรสามารถปลูกได้หลายพื้นที่และให้ผลผลิตตลอดปี จึงมีพันธุ์ฝรั่งหลายชนิดให้เกษตรกรเลือกปลูกดังต่อไปนี้

1. พันธุ์ฝรั่งไทย มีลักษณะทรงผลเป็นแบบลูกแพร์ สีผิวของผลเมื่อสุกจะมีสีเหลืองผิวเรียบ เนื้อผลสีขาว เนื้อบาง มีน้ำหนักผลเฉลี่ยประมาณ 270 กรัม ใบมีรูปร่างเป็นแบบ oblong คือ มีรูปใบขอบขนาน ปลายใบเป็นติ่งหนาม (mucronate) ฐานใบเป็นรูปหัวใจและขอบใบเรียบ (ศุภวรรณ, 2544)

2. พันธุ์กลมสาเล่ มีผลทรงกลมหรือแบบลูกแพร์ ผิวผลอาจเรียบหรือขรุขระ มีสีเขียวอ่อน เนื้อผลเมื่อสุกสีขาว เนื้อหนา มีรสหวานกรอบ น้ำหนักเฉลี่ยของผลประมาณ 550 กรัม ให้ผลเร็ว และตกเมื่อมีการเจริญเติบโตดี ต้นเป็นพุ่มกว้าง รูปร่างใบเป็นแบบรูปไข่กลับ (oblate) ปลายใบและฐานใบมน ขอบใบเป็นคลื่นไม่เรียบ มีขนละเอียดที่ใบเมื่อจับดูจะรู้สึกนึ่มกว่าพันธุ์ทั่วไป (คลังความรู้ทางการเกษตร, 2535)

3. พันธุ์แป้นสีทอง ทรงผลกลมแป้นถึงกลม ผิวเรียบถึงขรุขระเล็กน้อย เมื่อสุกสีผิวจะเป็นสีเหลืองอ่อน เนื้อผลสีขาว มีน้ำหนักผลประมาณ 784-785 กรัม รูปร่างใบเป็นรูปรี ปลายใบและฐานใบมน ขอบใบเรียบ เป็นฝรั่งที่ได้รับความนิยมในการปลูกเชิงพานิชของเกษตรกร (ศุภวรรณ, 2544)

4. พันธุ์กลมสาเล่ทอง พันธุ์สาเล่ทองหรืออีกชื่อหนึ่งว่า ฝรั่งไร้เมล็ด เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากสวนคริสตอลสตาร์ฟรุท ประเทศมาเลเซียในปี พ.ศ. 2535 เป็นฝรั่งรับประทานสด ผลมีขนาดเฉลี่ย 700-1000 กรัม รูปร่างผลยาวทรงกระบอก ผิวขรุขระสีเขียวอมเหลือง เนื้อในสีขาว เมล็ดน้อยถึงไม่มีเมล็ด รสชาติหวานอมเปรี้ยว (ชมรมเผยแพร่ความรู้ทางการเกษตร, 2556)

5. พันธุ์เย็น 2 เป็นลักษณะของฝรั่งที่มีการผสมข้ามตามธรรมชาติระหว่างพันธุ์กลมสาเล่ และพันธุ์ทุลเกล้า ลักษณะทรงพุ่มค่อนข้างสูงตั้ง ต้นมีการเจริญเติบโตเร็ว ใบเรียวยาวสีเขียวเข้มกว่าพันธุ์กลมสาเล่ ผลขนาดค่อนข้างใหญ่ผิวขรุขระมีกลีบขึ้นบริเวณขั้ว เนื้อสีขาวปริมาณเนื้อมากกว่าพันธุ์กลมสาเล่ รสชาติหวานอมเปรี้ยว (ชมรมเผยแพร่ความรู้ทางการเกษตร, 2556)

6. พันธุ์กิมจู พันธุ์กิมจูหรือพันธุ์เงินจู เป็นชื่อพันธุ์ชนิดเดียวกัน มีลักษณะผลทรงกลมถึงรูปแป้น ขนาดผลเฉลี่ย 180-350 กรัม ปริมาณเมล็ดน้อย ขนาดไส้เมล็ดเท่ากับเหรียญบาท ติดผลคก เนื้อในมีสีขาว ผิวเรียบถึงขรุขระ ผิวสีเขียวอ่อนเกือบขาว รสชาติหวานกรอบ สามารถปลูกในสภาพดินเค็มได้ (ชมรมเผยแพร่ความรู้ทางการเกษตร, 2556)

7. พันธุ์แป้นยอดแดง ลักษณะทรงพุ่มต้นคล้ายกับพันธุ์แป้นสีทอง รูปใบรีปลายใบและฐานใบมน ยอดอ่อนใบอ่อนจะมีสีแดงปนสีเขียวของสีใบ ทรงผลกลมแป้นถึงกลม แต่มีขนาดใหญ่กว่าแป้นสีทอง น้ำหนักผลเฉลี่ย 500-1000 กรัม ผิวขรุขระสีผิวเขียวอ่อน เนื้อหนาเมล็ดมีขนาดปานกลาง รสชาติหวานกรอบ (ชมรมเผยแพร่ความรู้ทางการเกษตร, 2556)

8. พันธุ์หวานพิรุณ เป็นการรวบรวมเมล็ดฝรั่งที่ได้จากการผสมเปิดของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองยักษ์ในปีพ.ศ. 2542 และระหว่างปี พ.ศ. 2545- 2547 โดยมีรหัสทางการทดสอบว่า HORT-D1 มีลักษณะการเจริญเติบโตดี ทรงต้นเป็นพุ่มแฉ่ ผลกลม ผิวเขียวสดใส เนื้อแน่นละเอียด กรอบหวาน ความหวานมีค่า 8- 10 บริกซ์ มีวิตามินซีสูง (เกรียงศักดิ์ และคณะ, 2552)

9. พันธุ์ KU- GUARD No.1 เป็นพันธุ์ที่คัดเลือกได้จากต้นเพาะเมล็ดที่นำมาจากเกาะโอกินาวา ประเทศญี่ปุ่นซึ่งมีรหัสที่ใช้ในการทดลองว่า HORT- R1 มีคุณสมบัติเด่นในการทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม (เกรียงศักดิ์ และคณะ, 2552)

การศึกษาพันธุ์ฝรั่งด้านทานโรคที่เกิดจากไส้เดือนฝอย

จากการค้นคว้าความสำคัญของปัญหาและอาการการเกิดโรครากปมจากไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* หนทางหนึ่งในการป้องกันและควบคุมโรคคือ การใช้พันธุ์ด้านทาน ซึ่งเป็นวิธีป้องกันกำจัดโรคพืชทุกชนิดรวมทั้งไส้เดือนฝอยด้วย ในการศึกษาพันธุ์ฝรั่งด้านทานไส้เดือนฝอย มีการรายงานว่าการใช้พันธุ์ฝรั่งด้านทานไส้เดือนฝอยจะใช้ได้เพียงระยะหนึ่ง เมื่อประชากรไส้เดือนฝอยสามารถพัฒนาสายพันธุ์ต่อการดำรงชีวิตได้ จะสามารถเข้าทำลายพืชด้านทานได้ จึงต้องปรับปรุงพันธุ์อย่างต่อเนื่อง และการศึกษาพันธุ์ด้านทานของฝรั่งในประเทศไทย สมชาย และคณะ (2550) ได้วิจัยพันธุ์ฝรั่งด้านทานไส้เดือนฝอย คือ พันธุ์เชอรี่ (TH34) ด้านทานไส้เดือนฝอย รากปม *M. incognita* ในสภาพโรงเรือน อ. กำแพงแสน ประเทศไทย โดยมีระดับความต้านทานสูงจากมาตรฐานระดับการเกิดรากปม 0-5 และฝรั่งพันธุ์โอกินาวา (TH 16) มีความต้านทานระดับสูงต่อไส้เดือนฝอย *M. incognita* ในสภาพแปลงผลิต จ. เพชรบุรีในประเทศไทย ไพรุ่ง (2549)

ทดสอบหาพันธุ์ฝรั่งต้านทานในฝรั่งคั้นน้ำและพันธุ์รับประทานสด 15 สายพันธุ์ พบว่าฝรั่งพันธุ์ HPSI18 (507) มีความต้านทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ซึ่งมีระดับการเกิดปมร้อยละ 37.3 ในสภาพโรงเรือน อ. กำแพงแสน มีการรายงานฝรั่งพันธุ์พื้นเมืองและฝรั่งรับประทานสด 14 พันธุ์ในประเทศไทยโดย พรวิภา (2459) ทดสอบหาฝรั่งพันธุ์ต้านทานไส้เดือนฝอย *M. incognita* พบว่า พันธุ์อินเดีย (TH13) มีอัตราการเกิดปมร้อยละน้อยที่สุดเฉลี่ย 23 ปมต่อต้น แต่ไม่พบอัตราการฟักไข่ของไส้เดือนฝอยในฝรั่งพันธุ์อินเดีย พันธุ์น้ำสวน (TH7) พันธุ์ขาวอัมพร (TH3) เมทินี (2552) ได้รายงานความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ฝรั่ง 8 พันธุ์ จากการผสมพันธุ์แบบพบกันหมด (diallel crossing) ซึ่งจะได้พันธุ์ที่ควรนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ คือ โอกินาวา และ Xa'Li เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยและให้ค่า GCA (General Combining Ability) ของจำนวนปมและกลุ่มไข่น้อยที่สุด Milan (2007, 2008) รายงานโรครากปมที่เกิดจากไส้เดือนฝอย *M. incognita* ที่เข้าทำลายฝรั่งในประเทศมาเลเซีย ผู้วิจัยได้ทำการศึกษหาพันธุ์กรรมต้านทานโรครากปมของฝรั่งในฝรั่งป่าหรือฝรั่งพันธุ์พื้นเมืองโดยการคัดเลือกจากแหล่งผลิตและนำมาทดสอบทั้งหมด 195 สายพันธุ์ คัดเหลือได้ 68 สายพันธุ์ ที่มีความต้านทานไส้เดือนฝอยรากปม และพบว่า 3 สายพันธุ์ มีความต้านทานปานกลาง มี 1 สายพันธุ์ ที่มีความต้านทานสูงสุด จึงได้นำสายพันธุ์ที่ต้านทานทนบกถึงต่อเข้ากับฝรั่งพันธุ์การค้า เพื่อใช้เป็นต้นตอในการปรับปรุงพันธุ์ จากนั้นเมื่อทำการปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมพันธุ์ฝรั่งที่มีความต้านทานแล้วจะมี 13 พันธุ์กรรมที่เข้ากันได้เป็นรุ่น F_1 มีความจำเพาะของเมล็ดที่สามารถพัฒนาไปเป็นพันธุ์ต้านทานโรครากปม

ประเทศแถบทวีปอเมริกา อย่างเช่น ประเทศบราซิลมีรายงานความเสียหายของฝรั่งพันธุ์ Paluma จากไส้เดือนฝอย *M. mayaguensis* จึงมีการรวบรวมพันธุ์และทดสอบ เพื่อหาพันธุ์ต้านทานพบฝรั่ง 4 สายพันธุ์ โดยฝรั่ง *P. cattaleyanum* มีความต้านทานสูง จึงนำมาเป็นต้นตอในการทนบกถึงเข้ากับพันธุ์ Paluma เพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป (Carneiro *et al.*, 2007b) และในปีเดียวกันมีการรายงานความเสียหายของฝรั่งพันธุ์การค้าในประเทศอเมริกาได้ พบว่าเกิดจากโรครากปมจากไส้เดือนฝอย *M. mayaguensis* จึงทำการหาพันธุ์ต้านทานเพื่อการจัดการโรค ซึ่งได้ฝรั่ง *P. cattaleyanum*, *P. friedrichsthalianum*, *P. guineensis* และ *Acca sellowiana* มีความต้านทานต่อไส้เดือนฝอย จึงนำมาเป็นต้นตอและใช้ฝรั่ง *P. cattaleyanum* และ *P. friedrichsthalianum* ทนบกถึงเข้ากับพันธุ์การค้าทำทั้งหมด 38 กรรมวิธี ภายใต้สภาพโรงเรือน ได้ 26 กรรมวิธี ที่ต้านทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม (Carneiro *et al.*, 2007a) ใน ค.ศ. 2009 Almeida *et al.* ได้ทำการจัดจำแนกพืชตระกูล Myrtaceae เพื่อหาความต้านทานไส้เดือนฝอย *M. mayaguensis* โดยใช้พืช Araca และฝรั่งเป็นตัวแทนในการศึกษา พบว่ามีฝรั่ง 3 พันธุ์และ Eugenia 1 พันธุ์ที่ต้านทานไส้เดือนฝอยในสภาพโรงเรือน Melero *et al.* (2003) มีการรายงานการศึกษาลักษณะทางกายภาพฝรั่ง 7 สายพันธุ์ที่มีความ

ต้านทานต่อไส้เดือนฝอยรากปมในประเทศเวเนซุเอลา โดยมีฝรั่ง *P. guajava* เป็นพันธุ์อ่อนแอเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ จากการคัดเลือกลักษณะดังกล่าวพบว่า *P. friedrichsthalianum* (Cas) มีความต้านทานต่อไส้เดือนฝอย *M. incognita* สูง และ ฝรั่ง *P. guajava* พันธุ์ AGROLUZ-43 และ AGROLUZ-21 มีความทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* มีการรายงานการศึกษาหาฝรั่งต้านทานไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. ทางด้านโครโมโซม เซลล์วิทยาและสัณฐานวิทยาของฝรั่งในเวเนซุเอลามี 4 สายพันธุ์ที่มีความต้านทานได้แก่ AGROLUZ-14 AGROLUZ-42 AGROLUZ-45 และ *P. friedrichsthalianum* (Cas) ต่อ *M. mayaguensis* และ *M. incognita* และ ฝรั่ง *Criolla roja* เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อไส้เดือนฝอยรากปมทั้ง 2 ชนิด ในประเทศเม็กซิโกมีการรายงานปัญหาโรครากปมในสวนฝรั่งที่เกิดจากไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ปลูก นักวิจัยจึงหาพันธุ์กรรมต้านทานของฝรั่งจากการคัดเลือกฝรั่ง 10 สายพันธุ์ พบว่า ในการใช้วิธีตอนกิ่งฝรั่ง No.46 106 และ 45 มีความต้านทานส่วน No.48 มีความอ่อนแอต่อไส้เดือนฝอยรากปมสูง ส่วนในฝรั่งที่ได้จากการเพาะต้นกล้า 4 สายพันธุ์ ได้แก่ No. 51 No. 58 พันธุ์ Boyaca และ พันธุ์ Brazil มีความอ่อนแอต่อไส้เดือนฝอย แต่ในฝรั่ง No.42 และ *Psidium* spp. มีความต้านทานปานกลาง (Gonzalez-Gaona *et al.*, 2008)

ลักษณะการตอบสนองของพืชพันธุ์ต้านทานต่อไส้เดือนฝอย

พืชต้านทานไส้เดือนฝอยศัตรูพืช (Resistance to plant parasitic nematode) มีนิยามของความต้านทาน คือ พืชสามารถยับยั้งการขยายพันธุ์ของประชากรไส้เดือนฝอยได้ เมื่อเทียบกับการสืบพันธุ์ (reproduction) จะมีปริมาณของประชากรไส้เดือนฝอยลดลง หรือเทียบกับพืชที่อ่อนแอต่อการเข้าทำลาย ซึ่งโดยปกติจะเป็นความสามารถของพืชที่ลดหรือยับยั้งการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยศัตรูพืช (Starr and Roberts, 2004) และความต้านทานของพืชที่ถูกเข้าทำลายด้วยไส้เดือนฝอยจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับความต้านทานต่อเชื้อโรคพืชชนิดอื่น ๆ ซึ่งสามารถสังเกตปฏิกิริยาได้จากการแสดงออกก่อนและหลังการเข้าทำลายของเชื้อโรค โดย Roberts (1992) ได้สรุปลักษณะพืชที่ต้านทานไส้เดือนฝอยไว้ 3 ประการ คือ

1. เนื้อเยื่อพืชไม่มีความเหมาะสมไม่มีสารอาหารที่จำเป็น ไส้เดือนฝอยสามารถเข้าสู่พืชที่ต้านทานได้ แต่ไม่สามารถขยายพันธุ์หรือผ่านเข้าสู่แกนรากได้และออกจากรากไป
2. พืชไม่แสดงอาการเมื่อถูกไส้เดือนฝอยเข้าทำลาย เซลล์พืชจะตายอย่างรวดเร็วเพื่อระงับการเคลื่อนที่ของไส้เดือนฝอย
3. พืชสร้างสารพิษหรือสร้างชั้นเซลล์ cork ขึ้นป้องกันการเข้าทำลาย

Taylor and Sasser (1987) ได้รายงานไว้ว่า พันธุ์พืชที่มีความต้านทานไส้เดือนฝอยจะพบตัวอ่อนในรากพืช แต่ตัวอ่อนนั้นไม่สามารถเจริญครบวงจรชีวิตได้เพราะ

1. ไส้เดือนฝอยเจริญเป็นตัวเต็มวัยเพศเมียแต่ไม่สามารถออกไข่
2. ไม่มีหรือถูกยับยั้งการลอกคราบครั้งที่ 2 3 และ 4
3. ตายภายในรากเพราะสารหรือความต้านทานของพืช
4. เจริญไปเป็นตัวเต็มวัยเพศผู้

ปฏิกิริยาทางชีวเคมีของพืชที่มีความต้านทานต่อไส้เดือนฝอย โดย Giebel (1974) ได้สรุปไว้ว่า

1. พืชมีสารพิษฆ่าไส้เดือนฝอยได้
2. พืชบางชนิดขาดสารอาหารที่จำเป็นในการดำรงชีพและการเจริญครบวงจรของไส้เดือนฝอย
3. พืชจะปล่อยสารออกมาไล่ไส้เดือนฝอยบริเวณรอบๆราก
4. เซลล์ที่ถูกไส้เดือนฝอยเข้าทำลายจะตายอย่างรวดเร็ว (hypersensitivity) จำกัดการเจริญและการเกาะคูคินอยู่กับที่ของไส้เดือนฝอย

สปีซัคคี (2541) ได้รายงานไว้ว่า เนื้อเยื่อพืชที่มีความต้านทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. จะมีเซลล์ยักษ์ (giant cell) แต่ผนังเซลล์ค่อนข้างหนาและมีความเข้มข้นของ cytoplasm ในเซลล์น้อย เซลล์ยักษ์มีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับพืชที่อ่อนแอ ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้ไม่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของไส้เดือนฝอย

รากและ ความแข็งแรงของรากพืช

รากเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของต้นพืช โดยถ้าแบ่งตามการกำเนิดรากมี 2 ชนิด คือ รากแก้วและรากพิเศษ (adventitious root) ซึ่งรากแก้วจะมีการแตกรากแขนงเพิ่มเกิดจาก pericycle ของรากแก้ว โดยส่วนใหญ่พืชใบเลี้ยงคู่จะมีรากแก้วและถ้าเป็นไม้ยืนต้นรากจะมีการเจริญขึ้นสอง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงต่อการเจริญเติบโตของพืช (ภูวดล, 2543) ซึ่งโครงสร้างภายในรากสามารถแบ่งคร่าวๆได้ดังนี้

1. หมวกราก เป็นเซลล์เรียงตัวหลวมๆ มีหน้าที่ป้องกันอันตรายให้แก่ปลายราก
2. เซลล์แบ่งตัวและเซลล์ยึดตัว เป็นเขตของเนื้อเยื่อเจริญที่แบ่งตัวแบบไมโทซิส เป็นบริเวณที่เพิ่มความยาวและเกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ เกิด epidermis และเนื้อเยื่ออื่นๆ
3. เซตรากขนอ่อน เป็นเซลล์ที่ยึดตัวมีหน้าที่ดูดน้ำและเนื้อเยื่อด้านในเปลี่ยนแปลงเป็นเนื้อเยื่ออื่นๆ
4. เนื้อเยื่อชั้นแรก ประกอบด้วย epidermis cortex endodermis และ stele ซึ่งจะมี ส่วนประกอบ 3 ชั้น ได้แก่ pericycle vascular bundle และ pith ในกรณีเมื่อรากพืชมีการเจริญชั้นที่สองของพืชใบเลี้ยงคู่ cambium ที่เกิดจาก procambium ที่ไม่เปลี่ยนสภาพอยู่ระหว่าง primary xylem และ phloem จะเกิดการแบ่งตัวจำนวนมากโดยมีขอบเขตติดต่อกันเป็นวง primary xylem และ phloem แบ่งตัวตามเพื่อเพิ่มพื้นที่การดึงน้ำและธาตุอาหารเกิดเป็น secondary xylem และ phloem (เทียมใจ, 2542) ตามไคอะแกรมการเจริญของราก (ภาพผนวกที่ 2 และ 3)

รากพืชที่มีความแข็งแรงย่อมเกิดจากไม่มีศัตรูพืชทั้ง โรคและแมลงรบกวน พืชได้รับธาตุอาหารเหมาะสม การเพาะปลูกได้รับการดูแลเป็นอย่างดี และองค์ประกอบทางด้านฮอร์โมน กลไกกระบวนการสร้างเซลล์ต่าง ๆ เพื่อการเจริญเติบโตของพืช โดย Castro *et al.* (1990) ได้รายงานธาตุอาหารที่เสริมความแข็งแรงให้กับรากพืชด้านทานไส้เดือนฝอย *M. incognita* โดยพบว่า ธาตุอาหารจำพวก K^+ NH_4^+ C_5^- NO_3^- และ Cl^- ที่ให้กับพืช เมื่อธาตุอาหารแตกตัวเป็นไอออนพืชนำไปใช้ได้ทำให้มีผลต่อการเข้าทำลายของตัวอ่อนไส้เดือนฝอยระยะที่ 2 รากพืชเจริญแตกแขนงสาขาใหม่ มีความสามารถแข่งขันกับการเข้าทำลายได้ดี Das *et al.* (2008) รายงานการศึกษาลักษณะของรากที่มีความต้านทานต่อไส้เดือนฝอย *M. incognita* ในถั่วพุ่ม และเปรียบเทียบออกซิเจนที่ช่วยในการทำปฏิกิริยาของเนื้อเยื่อรากพืช โดยพบว่าถั่วพุ่มที่มีความต้านทานไส้เดือนฝอย ตัวไส้เดือนฝอยสามารถเข้าทำลายได้แต่ตัวเมียไม่สามารถฟักไข่ขยายพันธุ์ไม่ได้ และการเกิดปฏิกิริยา hypersensitive response (HR) ของเนื้อเยื่อรากหยุดตัวลง ระดับการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในรากเกิดปกติ แต่ในรากถั่วพุ่มที่อ่อนแอการเกิดปฏิกิริยา hypersensitive response จะเกิดตามปกติการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในรากมีสูงขึ้นและเพิ่มขึ้นที่อายุ 14 วันหลังการปลูกเชื้อด้วยไส้เดือนฝอยรากปม

ไส้เดือนฝอยรากปม

อนุกรมวิธานของไส้เดือนฝอย

Phylum Nemata

Class Secernentea

Order Tylenchida

Family Meloidogynidae (Sasser and Carter, 1985)

Genus *Meloidogyne*

species *M. incognita* , *M. javanica*

Meloidogyne incognita (Kofoed and White, 1919; Chitwood, 1949)

ชื่อเดิม *Oxyuris incognita* (Kofoed and White, 1919)

ไส้เดือนฝอยรากปม จัดเป็นศัตรูพืชที่สำคัญที่ทำความเสียหายต่อพืชเศรษฐกิจหลายชนิด นับตั้งแต่พืชผัก ไม้ดอก ไม้ประดับ พืชไม้ผลและพืชไร่ ทำให้ผลผลิตของพืชที่ถูกทำลายลดลง ได้มาก ไส้เดือนฝอยพบทั้งในเขตร้อน อบอุ่น และเขตหนาวของโลก (Taylor and Sasser, 1987) ไส้เดือนฝอยรากปมทั่วโลกมีประมาณ 55 ชนิด สำหรับประเทศไทยมีการจัดแบ่งไส้เดือนฝอย *M. incognita* โดยใช้พันธุ์พืชทดสอบมาตรฐาน 6 ชนิด พบว่า มี 2 race คือ race 1 และ race 2 ส่วนใหญ่เป็น race 2 จากการศึกษาตัวอย่างดินและพืชของ International Meloidogyne Project ในปี ค.ศ. 1981 พบว่า 72 เปอร์เซ็นต์ ของตัวอย่างทั่วโลกเป็น *M. incognita* ใน race 1 ส่วน race 2 พบในประเทศตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 40 องศาเหนือ ถึง 30 องศาใต้ มีพืชอาศัยกว้างสามารถมีชีวิตรอดใน ดินที่อุณหภูมิเฉลี่ย 18 – 30 องศาเซลเซียส (สปีคคีย์, 2538) ในประเทศไทยพบไส้เดือนฝอยรากปม 7 ชนิด ซึ่ง 90 เปอร์เซ็นต์ ของความเสียหายจากไส้เดือนฝอยรากปมเกิดจาก 4 ชนิด ได้แก่ *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* และ *M. hapla* ซึ่ง *M. incognita* เป็นศัตรูพืชที่สำคัญที่สุด

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ในการจำแนกไส้เดือนฝอยรากปมดูความแตกต่างของรูปร่างลักษณะของ

1. ตัวเมีย ลักษณะของตัวเมียที่ใช้จำแนก คือ

1.1 รั้วรอยย่นส่วนก้น (Perineal pattern)

การตรวจดูไส้เดือนฝอยรากปมตรวจรั้วรอยย่นส่วนก้นของตัวเต็มวัยเพศเมีย ดูเส้นข้างลำตัว รูปแบบการเรียงตัว การขาดตอนและความเรียบของ striae เป็นส่วนที่เห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนที่สุดในแต่ละชนิด *M. incognita* มีรอยย่นส่วนก้นทรงค่อนข้างกลม dorsal arch ยกสูง มีเส้นรอบลำตัวเส้นละเอียดขาดเป็นเส้นสั้น ๆ ขยุกขยิกมากจนถึงน้อย มองเห็นเส้นข้างลำตัว ส่วนเส้นรอบในเป็นเส้นหยาบ ๆ ขาดเป็นเส้นสั้นและขยุกขยิก (สมชาย, 2524)

1.2 รูปร่างของส่วนหัว

รูปร่างของส่วนหัว ริมฝีปากด้านในและริมฝีปากอันกลางรูปร่างคล้าย Dumbbell ริมฝีปากอันกลางกว้างกว่าริมฝีปากด้านใน ริมฝีปากด้านข้างมีขนาดโตกว่าและแยกตัวออกจากริมฝีปากด้านข้าง ซึ่งมีลักษณะกลมสั้น หลอมรวมกันกับรอยย่นส่วนหัว โดยรอยย่นส่วนหัวสังเกตได้จากรอยย่นที่มีรอยแตกไม่เป็นวง

1.3 หลอดดูดอาหาร (Stylet)

Stylet เฉพาะส่วนหัวเป็นรูปกรวยปลายโค้งลงด้านหน้า บริเวณปลายรูปทรงกระบอกค่อย ๆ บานออกเป็นรูปกรวยก้านของ stylet ทางด้านข้างกว้างกว่าด้านหน้า ตุ่มของ stylet กลมรีพองออกจากด้านก้นเห็นเด่นชัด โดยเฉพาะตุ่มที่อยู่ด้านหน้ามีรอยคอดกลางเล็กน้อย

2. ตัวผู้ ลักษณะของตัวผู้ที่ใช้ในการจัดจำแนก คือ

2.1 รูปร่างส่วนหัว (Head)

มีลักษณะพิเศษต่างจาก Species อื่นคือ ริมฝีปากด้านในกลมใหญ่ตรงกลางเว้าและอยู่สูงกว่าริมฝีปากอันกลาง ส่วนริมฝีปากอันกลางนั้นกว้างพอๆกับส่วนหัว สามารถสังเกตได้จากรอยย่นที่ไม่เป็นวงกลม 2-3 รอย

2.2 หลอดดูดอาหาร (Styler)

Styler ของเพศผู้รูปร่างคล้ายกรวยมีรูเปิดของท่อทางเดินอาหารอยู่ด้านล่าง ห่างจากปลายของ styler ประมาณ 1 ใน 4 ของความยาวรูกรวย ก้านของ styler รูปร่างทรงกระบอกค่อยๆ เรียว บริเวณใกล้ปุ่มซึ่งมีปุ่มยื่นออกไปจากก้านเด่นชัด ปุ่มด้านหน้าตรงกลางไว้

2.3 เส้นข้างลำตัว (Lateral line)

มีประโยชน์ในการจำแนกไส้เดือนฝอยรากปมบางชนิดในไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* มี lateral line 4 เส้น

3. ตัวอ่อน ตัวอ่อนสามารถใช้ในการจำแนกไส้เดือนฝอยรากปมโดยดูจาก

3.1 รูปร่างของส่วนหัว มีริมฝีปากด้านในรูปร่างคล้าย Dumbbell ริมฝีปากกลางรูปร่างกลม ริมฝีปากด้านข้างเฉียงลาดไปกับรอยย่นส่วนหัว สังเกตรอยย่นเป็นวงกลม 2-3 รอย

3.2 หลอดดูดอาหาร

3.3 ความยาวของลำตัว

3.4 ความยาวของหาง

3.5 ความยาวของหลอดดูดอาหาร

3.6 ตำแหน่งของ hemizonid excretory pore

3.7 ตำแหน่งของระบบขับถ่าย

วงจรชีวิตของไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*)

ไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* จะมีการขยายพันธุ์แบบ mitotic parthenogenesis อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการขยายพันธุ์อยู่ระหว่าง 24 – 27 องศาเซลเซียส เริ่มจากไส้เดือนฝอยเพศเมียออกลูกเป็นไข่อยู่ภายนอกลำตัวและมีสารวุ้น (gelatinous matrix) ห่อหุ้ม 1 กลุ่มไข่อาจมีไข่ได้ถึง 1500 ฟอง เมื่อไข่ผ่านระยะ metaphase สามารถนับจำนวนโครโมโซมได้ จะพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะที่ 1 ภายในไข่ ตัวอ่อนระยะที่ 1 ลอกคราบครั้งแรกภายในไข่แล้วเจริญกลายเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 เมื่อมีสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะฟักออกจากไข่ เข้าสู่พืชอาศัย ดูดกินสารอาหารและสร้างน้ำย่อยไปกระตุ้นเซลล์พืช ทำให้เกิด giant cell แล้ว ลอกคราบครั้งที่ 2 พัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะที่ 3 อาศัยในราก เริ่มมีลักษณะลำตัวอ้วนขึ้น ไม่สามารถเคลื่อนที่ ดูดกินสารอาหารจากเซลล์ตำแหน่งนั้นๆ ทำลาย ลอกคราบพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะที่ 4 มีการสร้างความแตกต่าง

ต้นพืชจึงทรุดโทรม เกิดอาการแคระแกรน ใบเหลือง เมื่อแสดงอาการมากขึ้น จะก่อให้เกิดใบไหม้ ต้นเหี่ยวเฉา เจริญเติบโตไม่เต็มที่ แต่โดยปกติไส้เดือนฝอยไม่ทำให้ต้นพืชตาย เนื่องจากถ้าต้นพืชตายไส้เดือนฝอยจะขาดแหล่งอาหารในการดำรงชีพ นอกจากกรณีที่ไส้เดือนฝอยจำนวนมากเข้าทำลายกิ่งพันธุ์พร้อมกันสามารถทำให้ต้นพืชตายได้

การแพร่ระบาดและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

ไส้เดือนฝอยรากปม ชอบอาศัยอยู่ในดินร่วน ดินร่วนปนทราย ที่อุณหภูมิประมาณ 25 – 30 องศาเซลเซียส ความชื้นในดินประมาณ 70 – 80 % และค่าความเป็น กรด – ด่างของดินที่ 7 เป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุด (สมชาย, 2549) ซึ่งการแพร่ระบาดของไส้เดือนฝอยรากปม เกิดจากการมีพาหะนำไป เนื่องจากไส้เดือนฝอยเคลื่อนที่ได้ช้า นับเป็นพาหะที่ดีของการแพร่ระบาดไส้เดือนฝอยรากปม หรือติดไปกับส่วนขยายพันธุ์พืชทำให้เกิดการแพร่ระบาดของไส้เดือนฝอยได้อย่างรวดเร็ว

การควบคุมไส้เดือนฝอยศัตรูพืช

1. การเขตกรรม สามารถปฏิบัติได้ในพื้นที่กว้าง ต้นทุนต่ำ ซึ่งมีหลายวิธี

ไถพรวนพลิกดินตากแดด สามารถลดจำนวนประชากรไส้เดือนฝอยได้ทุกชนิด ทำความสะอาดแปลง เพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน ปลุกพืชหมุนเวียน คือ การนำพืชที่ไม่เป็นพืชอาศัยของไส้เดือนฝอยมาปลูกสลับกับพืชอาศัย การให้น้ำท่วมแปลงปลูก เพื่อให้ไส้เดือนฝอยขาดอาหารและขาดอากาศหายใจ การใช้ดินกล้าหรือท่อนพันธุ์ปลอดไส้เดือนฝอย การปลูกพืชล่อ หรือการปลูกพืชที่เป็นพิษ เพื่อไล่ไส้เดือนฝอยศัตรูพืชจากแปลง

2. วิธีการทางกายภาพ

การใช้ความร้อนกำจัดไส้เดือนฝอยศัตรูพืช โดยใช้ความร้อน ไม่ต่ำกว่า 82 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาที ทำให้ไส้เดือนฝอยศัตรูพืชตายได้ การใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาส่วนขยายพันธุ์พืช การใช้รังสี เช่น รังสี Gamma รังสี X และ รังสี Ultraviolet

3. การใช้สารเคมี

การใช้สารเคมีเป็นที่นิยมกันมาก ได้ผลดีและรวดเร็วในการกำจัด สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ อ็อกซามิล (ไวเคตแอล) ใช้จุ่มท่อนพันธุ์ หรือ คาโซเม็ท (บาซามิด – จี) ใช้อบดินก่อนปลูก

4. การใช้ชีววิธี

การควบคุมโดยใช้เชื้อราที่มีรายงานเชื้อรามากกว่า 100 ชนิดที่เป็นปฏิปักษ์กับไส้เดือนฝอย กลุ่มเชื้อราที่ใช้ควบคุมแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ได้ดังนี้

กลุ่ม Nematode parasitic fungi เช่น *Trichoderma* sp. *Pleurotus ostreatus*

กลุ่ม Nematode trapping fungi เช่น *Arthrobotrys dactyloides*

กลุ่ม Egg parasitic fungi เช่น *Paecilomyces lilacinus*

ตัวอย่าง เช่น เชื้อรา *Paecilomyces lilacinus* เป็น non – obligate parasite (Jatala *et al.*, 1979) ของระยะไข่ไส้เดือนฝอยรากปม สามารถใช้ควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมในแปลงมันฝรั่งได้ผลดี และพบว่าเชื้อรา *P. lilacinus* ควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ของผักกาดหอมได้ เมื่อใช้ในปริมาณที่มากขึ้น การควบคุมยังได้ผลดี แต่การควบคุมโรคโดยชีววิธี ใช้เชื้อรา *P. lilacinus* และ *Trichoderma* sp. ยังไม่เหมาะสมกับการใช้ควบคุมในแปลงฝรั่ง เนื่องจากการใช้เชื้อราได้ผลดีในกลุ่มพืชระบบรากคืบ (สมชาย, 2549)

4.1 การควบคุมโดยใช้เชื้อราสกุลเห็ดนางรม

พบว่าเชื้อเห็ด *Pleurotus ostreatus* สามารถควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ได้เมื่อปลูกเชื้อเห็ดก่อนใส่ตัวอ่อนไส้เดือนฝอยรากปม โดยการปลูกเชื้อเห็ดปริมาณ 40 กรัม สามารถควบคุมการเกิดปมได้ดีที่สุด (มหิตล, 2541) มีการทดลองพบว่าเชื้อเห็ดนางรม *P. ostreatus* เมื่อใส่เชื้อเห็ดพร้อมกับตัวอ่อน สามารถลดการเกิดโรครากปมของฝรั่งที่เกิดจากไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ได้ผลดีมาก โดยการใส่ *P. ostreatus* 10 และ 40 กรัมต่อกระถาง 6 นิ้ว มีปริมาณการเกิดปม 8.80 และ 0.40 ปม ขณะที่ control ไม่ใส่เชื้อเห็ดเกิดปม 52.40 ปม จากการศึกษากลไกการกำจัดไส้เดือนฝอยของเชื้อเห็ดนางรม *P. ostreatus* พบว่าเชื้อเห็ดสามารถสร้างสารพิษปล่อยออกมาทำให้ตัวอ่อนเกิดอาการเฉื่อยชาแล้วเป็นอัมพาต จากนั้นเชื้อเห็ดจะสร้างเส้นใยแทงทะลุผนังลำตัวไส้เดือนฝอยหรือแทงเข้าทางปากแล้วดูดกินสารอาหารภายในลำตัวอ่อนทำให้ตายในที่สุด (อมรศรี, 2548) เส้นใยเชื้อเห็ดสามารถสร้างสาร ostreatin บนยางค์ (appendage) ของเส้นใยมองคล้ายหยดน้ำเล็ก ๆ เกาะอยู่ตามยางค์ (Thorn and Barron, 1984)

4.2 การควบคุมโดยแบคทีเรีย

แบคทีเรียที่ศึกษาได้แก่ *Pasteuria penetrans* เป็น obligate parasite ที่เฉพาะเจาะจงกับไส้เดือนฝอยรากปมส่วนใหญ่ (Sayre and Wergin, 1977; Mankau, 1980; Mani, 1988)

4.3 การควบคุมโดยไส้เดือนฝอยตัวห้ำ

ใช้ไส้เดือนฝอยบางสกุลควบคุมไส้เดือนฝอยด้วยตัวเองได้ เป็นไส้เดือนฝอยที่หากินอิสระบางชนิดทำให้ไส้เดือนฝอยที่เป็นเหยื่อตายในระยะเวลาอันสั้น งานวิจัยของน้ำผึ้ง (2550) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างไส้เดือนฝอยตัวห้ำและการเกิดรากปมในกิ่งพันธุ์ฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ จากแหล่งขยายพันธุ์ทางการค้า โดยทำการแยกไส้เดือนฝอยจากดินด้วยวิธี 'Cobb' sieving and funnel technique ผลการตรวจสอบพบไส้เดือนฝอยตัวห้ำ 4 สกุล คือ *Prionchulus* sp. *Dorylaimus* sp. *Tripyla* sp. และ *Mononchoides* sp. ไส้เดือนฝอยตัวห้ำที่พบมากที่สุดคือสกุล *Dorylaimus* sp. รองลงมาคือสกุล *Tripyla* sp. *Prionchulus* sp. และ *Mononchoides* sp. ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาพบว่ากิ่งชำฝรั่งที่พบไส้เดือนฝอยตัวห้ำปริมาณมากจะไม่เกิดรากปมหรือเกิดค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับกิ่งชำฝรั่งที่ไม่พบไส้เดือนฝอยตัวห้ำจะเกิดรากปมค่อนข้างมาก

4.4 การควบคุมโดยไวรัส

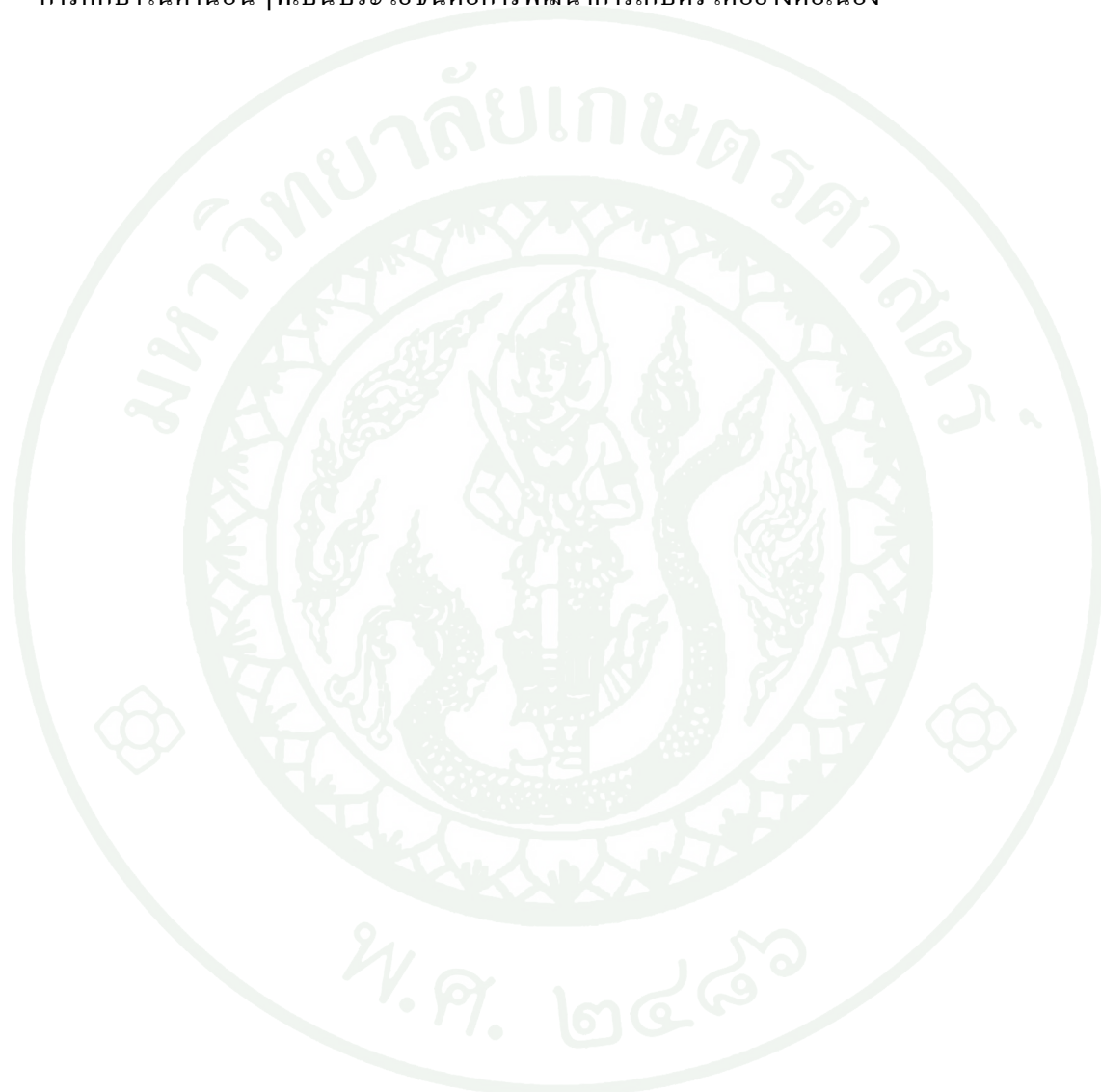
มีไวรัสบางชนิดที่พบในตัวอ่อนของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. ทำให้ไส้เดือนฝอยศัตรูพืชเกิดอาการเฉื่อยชาไม่สามารถเกิดปมได้ นอกจากไวรัสแล้ว สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอื่น ๆ ในดินหลายชนิด กินไส้เดือนฝอยเป็นอาหาร เช่น *Theratomyza meburni* *Onychiurus armatus* (Anonymous, 1981)

5. พันธุ์ต้านทาน

การใช้พันธุ์ต้านทานจะเป็นการป้องกันกำจัดโรคพืชได้ทุกชนิด แต่การใช้พันธุ์ต้านทานจะต้องขึ้นกับความเหมาะสมของพืช ซึ่งส่วนใหญ่จะพบพันธุ์พืชต้านทานในพืชเศรษฐกิจต่างๆ และการแสดงออกของความต้านทานในพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เป็นผลมาจากหลายปัจจัยทั้งพืชและเชื้อสาเหตุโรคที่มีปฏิกริยาร่วมกัน อย่างไรก็ตามสรุปลักษณะความต้านทานของพืชต่อไส้เดือนฝอยได้ 3 ประการ ดังที่กล่าวแล้วเบื้องต้น

1. ขาดสารดึงดูดไส้เดือนฝอยศัตรูพืชหรือเนื้อเยื่อพืชไม่มีความเหมาะสม ไส้เดือนฝอยสามารถเข้าสู่พันธุ์พืชที่ต้านทานได้แต่ไม่สามารถขยายพันธุ์และจะออกจากรากในที่สุด
2. ขาดสารกระตุ้นการฟักไข่ของไส้เดือนฝอยศัตรูพืช
3. พืชมีสารต้านทานจำพวก precursors ของ glycosides ทำให้ไส้เดือนฝอยไม่สามารถเจริญครบชีวิจักรหรือสร้างชั้นเซลล์ cork ขึ้นเพื่อป้องกันการเข้าทำลายทำให้รากพืชมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น

จากพันธุ์พืชที่มีความต้านทานหรือมีความทนทานต่อได้เดือนฝอยและเชื้อสาเหตุโรคอื่น ๆ การศึกษาด้านการแสดงออกทางกายภาพของพืชเป็นสิ่งจำเป็น ในการนำไปสู่การศึกษากลไกและกระบวนการเมตาบอลิซึมที่พืชสร้างขึ้นมาเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อโรค และจะทำให้งานด้านการป้องกันและควบคุมโรคพืชมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ทั้งสามารถนำงานวิจัยต่างๆ ไปต่อยอดการศึกษาในด้านอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเกษตรได้อย่างต่อเนื่อง



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พันธุ์มะเขือเทศ พันธุ์สีดาทิพย์ 4 เป็นพันธุ์การค้าเจริญเติบโตแบบกิ่งเลื้อย ต้นสูงประมาณ 70 – 100 เซนติเมตร ติดผลดีปลูกได้ในสภาพอุณหภูมิสูง ผลสีชมพูสด เนื้อหนา ผลรูปไข่ ก่อนข้างยาน้ำหนักต่อผล 28-32 กรัม (ศูนย์พืชผักเขตร้อน, 2553)
2. พันธุ์พริก พันธุ์มันบางช้าง 365 เป็นพันธุ์การค้า ปลูกได้ตลอดปี ต้นสูงประมาณ 55-60 เซนติเมตร ผลอ่อนสีเขียวเข้ม ผิวมัน ผลตรง ผลแก่สีแดงสด ผลยาวประมาณ 12-13 เซนติเมตร เนื้อหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร (ศูนย์พืชผักเขตร้อน, 2553)
3. พันธุ์ฝรั่ง
 - 3.1 พันธุ์ฝรั่งเป็นสีทองซึ่งเป็นพันธุ์การค้า ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม เมล็ดได้จากการผสมเปิดในแปลงของเกษตรกรทั่วไป
 - 3.2 พันธุ์ 'KU- GUARD No.1' (HORT- R1) พันธุ์ที่มีการรายงานทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม (เมทินี, 2552) ซึ่งได้จากการผสมเปิดจากแปลงทดลอง ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน
4. วัสดุและอุปกรณ์ในการเพาะเมล็ดและเลี้ยงต้นกล้า
 - 4.1 ถาดหลุมขนาด 72 หลุม ลึก 55 มิลลิเมตร
 - 4.2 ดินร่วนปนทรายและจี้เถ้าแกลบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำร้อน

5. วัสดุและอุปกรณ์ในการย้ายปลุกต้นกล้า

- 5.1 กระจกกว้างขนาด 2.5 นิ้วและ 4 นิ้ว
- 5.2 กระดาษขนาด 27.5 x 35 x 10 เซนติเมตร
- 5.3 ดินร่วนปนทรายและขี้เถ้ากลบที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำร้อน

6. อุปกรณ์ในการแยกไส้เดือนฝอยในรากฝรั่งและรากตำแยแมว

- 6.1 น้ำนิ่งฆ่าเชื้อ
- 6.2 โซเดียมไฮโปคลอไรท์ 1%
- 6.3 กล้องจุลทรรศน์แบบ stereoscopic microscope (Olympus รุ่น SZ51, Japan)
- 6.4 เข็มฉีดยา ขนาด 1 cc.

7. อุปกรณ์ในการตรวจนับไส้เดือนฝอยในรากฝรั่ง พริกและมะเขือเทศ

- 7.1 กล้องจุลทรรศน์แบบ stereoscopic microscope (Olympus รุ่น SZ51, Japan)
- 7.2 กล้องจุลทรรศน์แบบ compound microscope (Olympus รุ่น CH30, Japan)
- 7.3 Syracuse watch glass
- 7.4 Pipette
- 7.5 Nematode counting slide
- 7.6 เวอร์เนียคาลิเปอร์

8. สารเคมีในการสไลด์เนื้อเชื้อรากและการย้อมสีเนื้อเชื้อราก

- 8.1 Formaldehyde alcohol
- 8.2 Acetic acid
- 8.3 Ethanol series (30% – 95%)
- 8.4 Tertiary butyl alcohol series (50% – 100%)
- 8.5 Safranin O
- 8.6 Fast green
- 8.7 Xylene

8.8 Piermont media

8.9 Pure paraffin

9. วัสดุและอุปกรณ์การสไลด์เนื้อเยื่อรากและการย้อมสีเนื้อเยื่อราก

9.1 กล้องจุลทรรศน์แบบ compound microscope with camera (Olympus รุ่น Zeiss, Japan)

9.2 Embedding Hot Plate

9.3 Hot Bench Slide Warmer (Retek รุ่น WT1)

9.4 Paraffin oven

9.5 Rotary Microtome (HM รุ่น 335E)

9.6 Water Bath for Histology (FALC)

วิธีการ

1. ประสิทธิภาพฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม

Meloidogyne incognita

1.1 การเตรียม single ไส้เดือนฝอยรากปมและจำแนกชนิดของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*

1.1.1 การแยกกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. ไส้เดือนฝอย ‘Nakhon Pathom 2’ ให้ได้เชื้อบริสุทธิ์

inoculum ไส้เดือนฝอย *M. incognita* ไส้เดือนฝอย ‘Nakhon Pathom 2’ เตรียมจากรากฝรั่งและรากดำแยแอมเวที่เป็นวัชพืชในแปลงทดลองฝรั่ง ภาควิชาโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยขุดรากวัชพืชและรากฝรั่งลึกจากผิวน้ำดินประมาณ 20 เซนติเมตร นำรากที่พบปมมาล้างทำความสะอาด ทำการแยกกลุ่มไข่กรองกลุ่มไข่ผ่านตะแกรง ล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำนิ่งฆ่าเชื้อ ครั้งละ 1 นาที 2 ครั้ง ย้ายกลุ่มไข่ที่ได้ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำนิ่งฆ่าเชื้อปริมาณ 20 มิลลิลิตรลงไป เพื่อเตรียมไว้เป็น inoculum และปิดด้วยพาราฟิล์มบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน กลุ่มไข่จะฟักตัวอ่อนระยะที่ 2 ออกมา นำไป inoculate ลงบนรากต้นมะเขือเทศที่แตกใบจริง 2 คู่ ในกระถางกว้างขนาด 2.5 นิ้ว ลึกลงจากผิวดิน 2 เซนติเมตร inoculate ตัวอ่อนระยะที่ 2 200 ตัวต่อต้น หลังจาก inoculate งดการให้น้ำพืชเป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นให้น้ำตามปกติเป็นระยะเวลา 1 เดือน การเตรียม single egg mass ควรลดปริมาณการให้น้ำลงเพื่อกระตุ้นให้กลุ่มไข่แก่พร้อมนำมาทำ single egg mass (ดัดแปลงจาก Castillo *et al.*, 2003) โดยนำรากมะเขือเทศระยะเวลา 1 เดือนหลังจาก inoculate ตัวอ่อนระยะที่ 2 มาทำการตรวจสอบภายใต้กล้อง stereoscopic microscope กลุ่มไข่ที่พร้อมจะนำมาทำ single egg mass จะต้องมียีสีสัมผัสถึงสีน้ำตาลนำกลุ่มไข่เดี่ยว ๆ มาล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำนิ่งฆ่าเชื้อ 2 นาที และนำกลุ่มไข่ที่ได้ใส่ลงในหลอดทดลองที่เติมน้ำนิ่งฆ่าเชื้อ 2 มิลลิเมตร เตรียมไว้ปิดหลอดทดลองด้วยพาราฟิล์ม บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน เพื่อเป็น single egg mass ตรวจสอบการฟักของตัวอ่อนระยะที่ 2 ภายใต้กล้อง stereo microscope จากนั้นนำตัวอ่อนที่ได้ในแต่ละกลุ่มไข่ inoculate ลงในรากต้นมะเขือเทศที่แตกใบจริง 2 คู่ ในกระถางกว้างขนาด 2.5 นิ้ว ลึกลงจากผิวดิน 2 เซนติเมตร โดย 1 กลุ่มไข่ต่อ 1 ต้นมะเขือเทศ

หลังจาก inoculate งดการให้น้ำพืชเป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นให้น้ำตามปกติเป็นระยะเวลา 1 เดือน และทำซ้ำในรุ่นต่อไปจากต้นมะเขือเทศที่ทดสอบ single egg mass เพื่อตรวจสอบความบริสุทธิ์ของ ไข่เดือนฝอยไอโซเลต ‘Nakhon Pathom 2’ ทำการตรวจสอบสัณฐานวิทยาของ ไข่เดือนฝอยเพศเมีย โดยวิธีการทำ perineal pattern ที่ได้จากรากที่ทดสอบ single egg mass ของ ไข่เดือนฝอยด้วยวิธีการ สุ่มเพศเมีย 10 ตัวต่อมะเขือเทศ 1 ต้น โดยมีการเปรียบเทียบกับลักษณะทางสัณฐานวิทยากับ ไข่เดือน ฝอยรากปม *M. incognita* ไอโซเลต ‘Phetchaburi’ (อมรศรี, 2548) เพื่อคัดเลือกเฉพาะของ ไข่เดือน ฝอย *Meloidogyne incognita* ไอโซเลต ‘Nakhon Pathom 2’ ไปขยายเพิ่มปริมาณสำหรับการทดลอง

1.2 การตรวจความรุนแรงในการเข้าทำลายของ ไข่เดือนฝอยรากปม

Meloidogyne incognita 3 ไอโซเลต

เตรียมต้นพริกพันธุ์มันบางช้าง 365 อายุ 1 เดือนในกระถางขนาด 2.5 นิ้วโดยมีดินอบ ฆ่าเชื้อเป็นวัสดุปลูก วางแผนการทดลองเป็นแบบ CRD (Completely Randomized Design) มี 3 กรรมวิธี 4 ซ้ำการทดลอง ใน 1 ซ้ำการทดลองมีต้นพริกมันบางช้าง 5 ต้น ซึ่งจะมีจำนวนต้นพริก ทั้งหมด 20 ต้นต่อ 1 กรรมวิธีทดลอง โดยกรรมวิธีที่ 1 ใช้ ไข่เดือนฝอยรากปมไอโซเลต ‘Phetchaburi’ 200 ตัวต่อต้น กรรมวิธีที่ 2 ใช้ ไข่เดือนฝอยรากปมไอโซเลต ‘Nakhon Pathom 1’ 200 ตัวต่อต้น ซึ่งไอโซเลตนี้ได้มาจากบริเวณพื้นที่ที่มีสภาพดินเป็นดินเหนียวมีน้ำขังตลอดปี และ กรรมวิธีที่ 3 ใช้ ไข่เดือนฝอยรากปมไอโซเลต ‘Nakhon Pathom 2’ 200 ตัวต่อต้น ไอโซเลตนี้ได้จาก พื้นที่ที่มีสภาพดินเป็นดินร่วนปนทราย น้ำซึมผ่านระบายได้ดี ปลูกเชื้อลงในกระถางลึกจากผิวหน้า ดินประมาณ 2 เซนติเมตร งดการให้น้ำพืชเป็นเวลา 3 วัน เมื่อครบกำหนดจะให้น้ำตามปกติ เก็บผล การทดลองที่อายุ 30 วันหลังการปลูกเชื้อ โดยตรวจปริมาณปม กลุ่มไข่และระดับการเกิดปมที่ราก อ้างอิงตามมาตรฐานของ Schematic of root-knot nematode gall rating system (Hussey and Janssen, 2002) ดังต่อไปนี้ 5 = พบปริมาณปมมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ในระบบรากทั้งหมด 4 = ปริมาณปม 51-75 เปอร์เซ็นต์ ของระบบราก 3 = ปริมาณปม 25-50 เปอร์เซ็นต์ ของระบบราก 2 = ปริมาณปมน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ของระบบราก 1 = พบปมขนาดเล็กในปริมาณเล็กน้อย (2-5 ปม) 0 = ไม่พบปมในระบบรากทั้งหมด

1.3 ทดสอบความสม่ำเสมอของปริมาณไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* ในการเข้าทำลายต่อมะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์ 4 และฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง

เตรียมต้นมะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์ 4 อายุ 1 เดือน และต้นฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองอายุ 3 เดือน ในกระถางขนาด 2.5 นิ้ว โดยมีดินอบฆ่าเชื้อเป็นวัสดุปลูก วางแผนการทดลองเป็นแบบ CRD (Completely Randomized Design) มี 4 กรรมวิธี 3 ซ้ำการทดลอง ใน 1 ซ้ำการทดลองมี 6 ต้น ซึ่งจะใช้ต้นมะเขือเทศและต้นฝรั่งอย่างละ 18 ต้นต่อ 1 ระยะเวลาของการตรวจผลทดลอง โดยกรรมวิธีที่ 1 ใช้ไส้เดือนฝอยไอโซเลต 'Phetchaburi' 100 ตัวต่อต้น กรรมวิธีที่ 2 ใช้ไส้เดือนฝอยไอโซเลต 'Phetchaburi' 200 ตัวต่อต้น และกรรมวิธีที่ 3 ใช้ไส้เดือนฝอย ไอโซเลต 'Phetchaburi' 300 ตัวต่อต้น ทำการปลูกเชื้อลงในกระถางลึกจากผิวหน้าดินประมาณ 2 เซนติเมตร ยกเว้นกรรมวิธีที่ 4 ปลูกเชื้อด้วยน้ำนิ่งฆ่าเชื้อปกติ จากนั้นงดการให้น้ำพืชเป็นเวลา 3 วัน เมื่อครบกำหนดจะให้น้ำตามปกติ ตรวจผลการทดลอง โดยทำการตรวจปริมาณปมและกลุ่มไข่ในมะเขือเทศที่เวลา 15 30 และ 45 วัน ฝรั่งเก็บผลการทดลองที่ 30 45 และ 60 วัน

1.4 การทดสอบเบื้องต้นของฝรั่งพันธุ์ทนทานไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* (ดัดแปลงจาก Hashmi *et al.*, 1994)

เลือกเมล็ดฝรั่งที่ได้จากลูกผสมเปิด พันธุ์ที่มีความทนทาน 1 พันธุ์ พันธุ์อ่อนแอ 1 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ 'KU-GUARD No.1' และ พันธุ์เป็นสีทอง (อ่อนแอ) นำมา 40 เมล็ด ฆ่าเชื้อที่ผิวเมล็ดด้วย 95 เปอร์เซ็นต์ แอลกอฮอล์ 5 นาที และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำนิ่งฆ่าเชื้อ 2 นาที 2 ครั้ง นำไปเพาะลงบนกระเบทรายผสมขี้เถ้าเกลบที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อรดน้ำให้ความชื้นแก่เมล็ด ห้ามชื้นเกินไปจะทำให้เมล็ดเน่าได้ เมื่อเมล็ดงอกแตกใบจริง 1 คู่ใบ ย้ายปลูกลงกระถางกว้างขนาด 4 นิ้ว โดยใช้ดินอบฆ่าเชื้อ เมื่อต้นกล้าฝรั่งสูงประมาณ 15-20 เซนติเมตร อายุประมาณ 4 เดือน ทำการปลูกเชื้อด้วยตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยต้นละ 200 ตัว ตรวจผลการทดลองที่ระยะเวลา 30 วันหลังการปลูกเชื้อ ประเมินประสิทธิภาพความทนทานโดยตรวจจำนวนปม กลุ่มไข่ น้ำหนักรากสด ขนาดปม ปริมาตรปม โดยใช้สูตรการหาพื้นที่ปริมาตรปม $\frac{4}{3} \pi r^3$ และประเมินความสมบูรณ์ของระบบรากอ้างอิงตามมาตรฐานของ Schematic of root-knot nematode gall rating system (Hussey and Janssen, 2002) ดังต่อไปนี้ 5 = พบปริมาณปมมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ในระบบรากทั้งหมด 4 = ปริมาณปม 51-75 เปอร์เซ็นต์ ของระบบราก 3 = ปริมาณปม 25-50 เปอร์เซ็นต์ ของระบบราก 2 = ปริมาณปมน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ของระบบราก 1 = พบปมขนาดเล็กในปริมาณเล็กน้อย (2-5 ปม) 0 = ไม่พบปมในระบบรากทั้งหมด

2. ศึกษาลักษณะความทนทานที่แสดงออกทางกายภาพของฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’

2.1 ลักษณะความทนทานที่แสดงออกทางกายภาพของฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ต่อ ไข่เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* (ดัดแปลงมาจาก Alpizar *et al.*, 2006; Ye *et al.*, 2009)

นำเมล็ดลูกผสมเปิดฝรั่งพันธุ์ทนทานไข่เดือนฝอยรากปมพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ และพันธุ์อ่อนแอเป็นสีทอง จำนวน 40 เมล็ดต่อพันธุ์ มาฆ่าเชื้อด้วย 95% แอลกอฮอล์ 5 นาที ฆ่าเชื้อต่อด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำนิ่งฆ่าเชื้อ 2 นาที 2 ครั้ง นำไปเพาะลงบนกระเพาะยผสมขี้เถ้าแกลบที่ผ่านการฆ่าเชื้อรดน้ำให้ความชื้นแก่เมล็ด ห้ามชื้นเกินไปจะทำให้เมล็ดเน่าได้ เมื่อเมล็ดงอกแตกใบเลี้ยง 2 ใบ เพื่อการจำลองปลูกในสภาพแปลง ย้ายต้นกล้าฝรั่งปลูกลงกระบะกว้างขนาด 27.5 x 35 x 10 เซนติเมตร โดยใช้วัสดุปลูกอัตรา 1:1:2 (ดินร่วน : ทราย : ขี้เถ้าแกลบ) ผ่านการอบฆ่าเชื้อ เมื่อดันฝรั่งสูงประมาณ 15-20 เซนติเมตร อายุประมาณ 4 เดือน วางแผนการทดลองเป็นแบบ CRD (Completely Randomized Design) ซึ่งมี 4 กรรมวิธี 3 ซ้ำการทดลองในแต่ละซ้ำการทดลองมี 3 ต้น โดยกรรมวิธีที่ 1 ใช้ฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองปลูกเชื้อด้วยตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไข่เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ต้นละ 400 ตัว กรรมวิธีที่ 2 ใช้ฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ปลูกเชื้อด้วยตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไข่เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ต้นละ 400 ตัว กรรมวิธีที่ 3 ใช้ฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองปลูกเชื้อด้วยน้ำนิ่งฆ่าเชื้อปกติ กรรมวิธีที่ 4 ใช้ฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ปลูกเชื้อด้วยน้ำนิ่งฆ่าเชื้อปกติ ตรวจสอบการทดลองที่ระยะเวลา 30 60 และ 90 วัน โดยแบ่งการตรวจสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. ตรวจสอบการแสดงออกของฝรั่งระดับเหนือดิน วัดความสูงก่อนและหลังการปลูกเชื้อ 2. ตรวจสอบการแสดงออกของรากฝรั่งระดับใต้ดินทั้งระบบราก โดยตรวจนับปริมาณปม กลุ่มไข่ ขนาดปม น้ำหนักรากสด น้ำหนักรากแห้ง และประเมินความสมบูรณ์ของระบบรากแบบประยุกต์ตามมาตรฐานของ Schematic of root-knot nematode gall rating system (Hussey and Janssen, 2002) แต่เป็นการประเมินแบบแปรผลย้อนกลับดังนี้ 5 = มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ พบปริมาณรากสมบูรณ์ทั้งรากแขนงและรากขนอ่อน 4 = มีรากแขนงและรากขนอ่อนประมาณ 51-75 เปอร์เซ็นต์ ของรากทั้งหมด 3 = มีรากแขนงและรากขนอ่อนประมาณ 25-50 เปอร์เซ็นต์ ของรากทั้งหมด 2 = มีรากแขนงและรากขนอ่อนน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ของรากทั้งหมด 1 = มีรากแขนงและรากขนอ่อนน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ของรากทั้งหมด 0 = รากถูกต้นผู้พรางเสียหายทั้งระบบราก

2.2 การตรวจเนื้อเยื่อราก (ดัดแปลงมาจาก Alpizar *et al.*, 2006)

รากฝรั่งในแต่ละกรรมวิธีของการทดลองที่ 90 วัน นำมาแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ 1. รากปกติบริเวณโคนต้น 2. รากปกติส่วนกลางระบบราก 3. รากปกติบริเวณปลายราก ยกเว้นส่วนของหมวกราก 4. บริเวณรากปม ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อที่ผิวของรากพืชที่ต้องการตรวจสอบ ตัดชิ้นส่วนของรากฝรั่งในแนวตามขวางให้มีขนาดของชิ้นส่วนประมาณ 0.5 – 1 ตารางเซนติเมตร นำตัวอย่างชิ้นส่วนเนื้อเยื่อรากที่ตัดแช่ในน้ำยา FAA (formaldehyde alcohol , acetic acid และน้ำนิ่งฆ่าเชื้อ) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นไปผ่านการดิ่งน้ำออกจากเซลล์ใน ethanol series (30-95 เปอร์เซ็นต์) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และนำไปแช่เพื่อทำความสะอาดเซลล์ใน TBA series (tertiary butyl alcohol 50-100 เปอร์เซ็นต์) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำไปรักษาสภาพเซลล์ใน embedding medium ที่ 60 องศาเซลเซียสข้ามคืน และฝังเนื้อเยื่อพืชลงในพาราฟิน นำชิ้นส่วนเนื้อเยื่อพืชที่ผ่านการรักษาสภาพแล้ว ไปย้อมสีด้วย safranin O และ fast green ประเมินผลที่ได้ของเนื้อเยื่อรากภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา ตรวจสอบการย้อมสีราก รากสมบูรณ์ไม่มีลักษณะ จากนั้นทำการปิดแผ่นสไลด์และยึดแผ่นสไลด์ให้ติดแน่นถาวร

3. ประเมินความแปรปรวนของฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ จากลูกผสมเปิดต่อไต้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* (ดัดแปลงมาจาก พยุดา และคณะ, 2553; Milan, 2007; Olowe, 2010)

นำเมล็ดจากผลของฝรั่ง ‘KU-GUARD No.1’ ที่ได้จากแปลงลูกผสมเปิด มาล้างทำความสะอาดเพื่อเตรียมนำเมล็ดไปเพาะลงกระบะทรายผสมขี้เถ้าแกลบโดยการสุ่มเลือกเมล็ดมา 120 เมล็ด ฆ่าเชื้อด้วย 95 เปอร์เซ็นต์ แอลกอฮอล์ 5 นาที ฆ่าเชื้อต่อด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำนิ่งฆ่าเชื้อ 2 นาที 2 ครั้ง นำไปเพาะลงบนกระบะทรายผสมขี้เถ้าแกลบที่ผ่านการฆ่าเชื้อรดน้ำให้ความชื้นแก่เมล็ด ห้ามขึ้นเกินไปจะทำให้เมล็ดเน่าได้ เมื่อเมล็ดงอกแตกใบเลี้ยง 2 ใบ ขยายต้นกล้าฝรั่งปลูกลงกระถางกว้างขนาด 4 นิ้วโดยใช้ดินอบฆ่าเชื้อ และเมื่อต้นฝรั่งสูงประมาณ 15-20 เซนติเมตรอายุประมาณ 4 เดือน ทำการปลูกเชื้อด้วยตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไต้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ต้นละ 400 ตัว ตรวจสอบผลการทดลองที่ระยะเวลา 2 เดือน โดยตรวจปริมาณปม กลุ่มไข่ อัตราการฟักของตัวอ่อนต่อกลุ่มไข่ น้ำหนักรากสด ความสูงก่อนและหลังปลูกเชื้อ ประเมินความสมบูรณ์ของระบบรากในการเข้าทำลายอ้างอิงตามมาตรฐานของ Schematic of root-knot nematode gall rating system (Hussey and Janssen., 2002) ดังต่อไปนี้ 5 = พบปริมาณปมมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ในระบบรากทั้งหมด 4 = ปริมาณปม 51-75 เปอร์เซ็นต์ ของ

ระบบราก 3 = ปริมาณปม 25-50 เปอร์เซ็นต์ ของระบบราก 2 = ปริมาณปมน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์
 ของระบบราก 1 = พบปมขนาดเล็กในปริมาณเล็กน้อย (2-5 ปม) 0 = ไม่พบปมในระบบรากทั้งหมด
 และนำมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติ

สถานที่ทำการวิจัย

1. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

2. แปลงปลูกพืชทดลอง ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรกำแพงแสน
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ. นครปฐม

3. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

ระยะเวลาทำการวิจัย

เดือน พฤษภาคม ปีการศึกษา 2553 ถึงเดือน กรกฎาคม ปีการศึกษา 2555

ผลและวิจารณ์

ผล

1. ประสิทธิภาพฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม

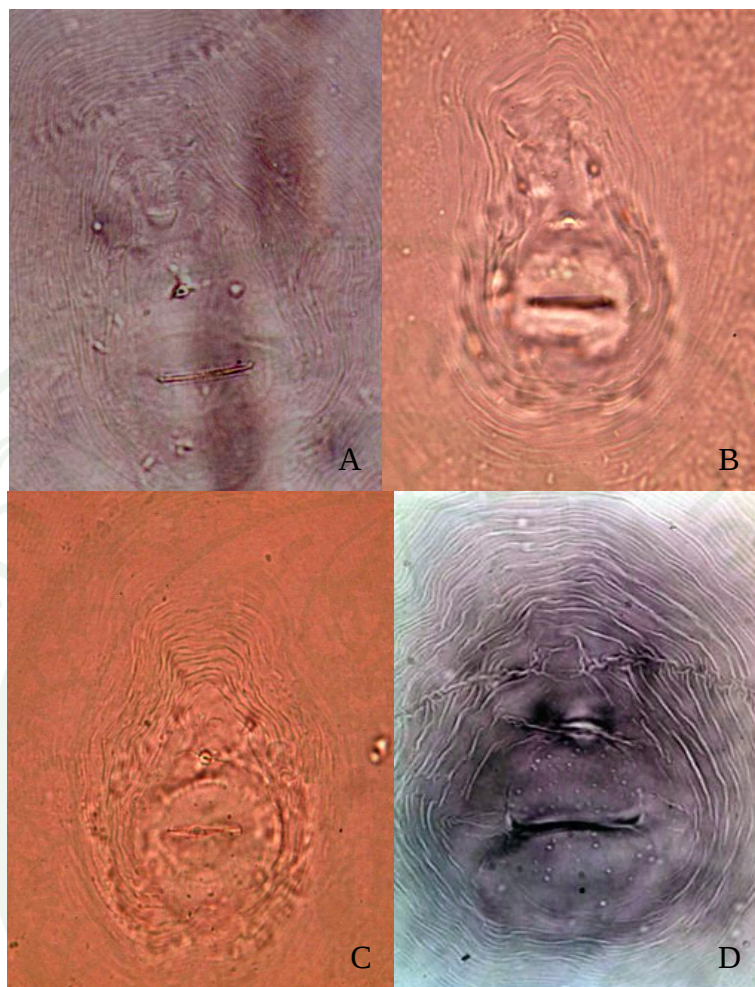
Meloidogyne incognita

1.1 การเตรียมไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*

1.1.1 ความบริสุทธิ์ของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. ไอโซเลต

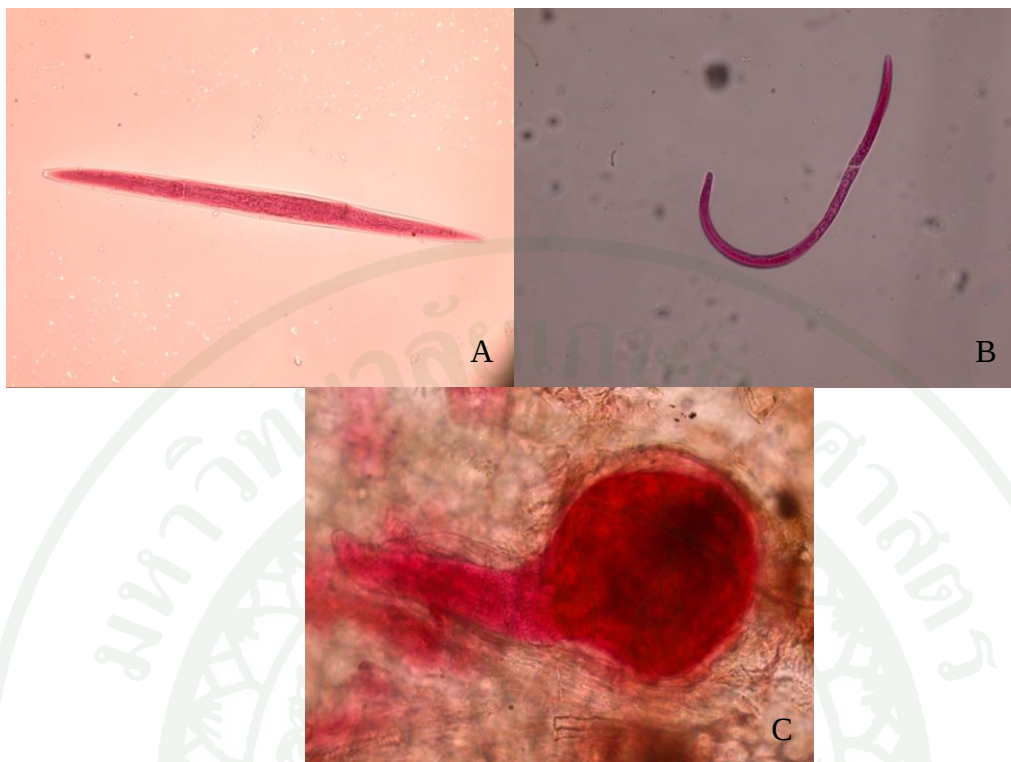
‘Nakhon Pathom 2’

จากการแยกไส้เดือนฝอยรากปมจากบริเวณรากดำแฉะและรากฝรั่งในแปลงทดลอง ภาควิชาโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เมื่อนำมาตรวจรอยย่นส่วนเกินของไส้เดือนฝอยเพศเมีย พบว่ามีลักษณะของ dorsal arch สูง เส้นรอบลำตัวภายนอก (striae) เป็นเส้นละเอียดแต่ไม่ราบเรียบขาดเป็นเส้นสั้น ๆ คล้ายส้อม เส้น lateral line ไม่ชัดเจนขาดออกจากกัน พบ vulva และ anus เด่นชัดใน perineal pattern ซึ่งลักษณะเหล่านี้เป็นลักษณะเฉพาะของไส้เดือนฝอย *M. incognita* ที่เหมือนกับ (Eisenback *et al.*, 1981) และไส้เดือนฝอยเพศเมียเต็มวัยจะมีรูปร่างอ้วนกลมคล้ายลูกแพร์หรือผลน้ำเต้าขนาดความกว้าง 500 ไมโครเมตร และยาว 650 ไมโครเมตร เกาะดูดกินอาหารอยู่กับที่ซึ่งจะพบได้บริเวณปมที่เกิดขึ้นของราก ลักษณะของตัวอ่อนระยะที่ 2 มีรูปร่างเรียวยาว มีความยาวประมาณ 360 ไมโครเมตร เคลื่อนที่ช้าตามลักษณะของไส้เดือนฝอยที่เป็นศัตรูพืช ไส้เดือนฝอยเพศผู้พบได้ทั้งในรากและในดิน ลำตัวยาวเป็นรูปทรงกระบอกมีความยาวประมาณ 1,210 ไมโครเมตร



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะของ perineal pattern ของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*

- A perineal pattern ของ *M. incognita* isolate 'Phetchaburi' Source: อมรศรี (2548)
- B perineal pattern ของ *M. incognita* isolate 'Phetchaburi'
- C perineal pattern ของ *M. incognita* isolate 'Nakhon Pathom 2'
- D perineal pattern ของ *M. javanica* Source: Daulton and Curtis (1964)



ภาพที่ 3 แสดงระยะต่าง ๆ ของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* isolate

‘Nakhon Pathom 2’

A ตัวอ่อนระยะที่ 2

B ไส้เดือนฝอยรากปมเพศผู้

C ไส้เดือนฝอยรากปมเพศเมียตัวเต็มวัย

1.2 ความรุนแรงในการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*

3 ไอโซเลต

จากการทดสอบความรุนแรงของไส้เดือนฝอยรากปม 3 ไอโซเลต ประกอบด้วย ไอโซเลต ‘Phetchaburi’ ไอโซเลต ‘Nakhon Pathom 1’ และไอโซเลต ‘Nakhon Pathom 2’ ใน ต้นพริกพันธุ์มันบางช้าง 365 อายุ 1 เดือน พบว่าไส้เดือนฝอยทุกไอโซเลตเป็นไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* จากการตรวจสอบทางสัณฐานวิทยาโดยการทำ perineal pattern เปรียบเทียบกับ A guide to the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) with a pictorial key (Eisenback *et al.*, 1981) โดยพบลักษณะของ dorsal arch ยกสูง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของไส้เดือนฝอยรากปมชนิดนี้ ขนาดตัวทั้งด้านความกว้างและความยาวของไส้เดือนฝอยเพศเมีย ไอโซเลต ‘Phetchaburi’ มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 0.49 x 0.62 มิลลิเมตร ไอโซเลต ‘Nakhon Pathom 1’ มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 0.53 x 0.66 มิลลิเมตร และไอโซเลต ‘Nakhon Pathom 2’ มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 0.5 x 0.65 มิลลิเมตร ทั้ง 3 ไอโซเลต ขนาดตัวใกล้เคียงกัน เมื่อประเมินความรุนแรงในการเข้าทำลายพืช พบว่าไส้เดือนฝอยรากปม ไอโซเลต ‘Phetchaburi’ มีความรุนแรงในการก่อโรคสูงกว่าไอโซเลต ‘Nakhon Pathom 1’ และ 2 มีจำนวนปมเฉลี่ยอยู่ที่ 24.25 ปมต่อต้น กลุ่มไข่เฉลี่ย 21.55 กลุ่มไข่ต่อต้น และระดับการเกิดปมที่รากอยู่ที่ระดับ 2.15 ปริมาณปมน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานของ Schematic of root-knot nematode gall rating system (Hussey and Janssen., 2002)

ตารางที่ 1 การประเมินความรุนแรงของการเกิดโรครากปมจากไส้เดือนฝอยรากปม

Meloidogyne incognita 3 ไส้เดือนฝอย

ไอโซเลต	ความกว้างลำตัว เพศเมียเต็มวัย	ความยาวลำตัว เพศเมียเต็มวัย	จำนวนปม ต่อต้น	จำนวนกลุ่มไข่ ต่อต้น	ระดับการเกิดปมที่ราก ต่อต้น
T1	0.49	0.62	24.25 a ^{1/}	21.55 a ^{1/}	2.15 a ^{1/}
T2	0.53	0.66	16.35 b	17.30 ab	1.60 b
T3	0.50	0.65	12.85 b	13.60 b	1.40 b
<i>P</i> -value	0.51	0.44	0.0078	0.068	0.013
CV (%)	8.89	7.96	22.20	23.74	16.81

หมายเหตุ T1 คือ กรรมวิธีที่ 1 ไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ไอโซเลต ‘Phetchaburi’

T2 คือ กรรมวิธีที่ 2 ไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ไอโซเลต ‘Nakhon Pathom 1’

T3 คือ กรรมวิธีที่ 3 ไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ไอโซเลต ‘Nakhon Pathom 2’

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรในแนวตั้งของตารางมีความแตกต่างทางสถิติ

เปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดย Duncan’s New Multiple

Range Test ($P \leq 0.05$)

1.3 ความสม่ำเสมอในการเข้าทำลายของปริมาณไส้เดือนฝอยรากปม

Meloidogyne incognita ในการเข้าทำลายต่อมะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์ 4 และฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง

จากการปลูกเชื้อไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ไอโซเลต 'Phetchaburi' ในปริมาณที่ต่างกัน เพื่อศึกษาความสม่ำเสมอของปริมาณการปลูกเชื้อ และระยะเวลาการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปมในมะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์ 4 อายุ 1 เดือน และฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองอายุ 3 เดือน พบว่าในมะเขือเทศอายุ 1 เดือน ความสม่ำเสมอของปริมาณไส้เดือนฝอยรากปมต่อการเข้าทำลายแปรผันตามจำนวนตัวและช่วงเวลาที่เก็บผล โดยที่ปริมาณปลูกเชื้อ 100 ตัว ตรวจผลที่ 15 30 และ 45 วัน จำนวนปมเฉลี่ยเท่ากับ 24.61 25.83 และ 53.84 ปม จำนวนกลุ่มไข่เฉลี่ยเท่ากับ 0.11 7.22 และ 15.39 กลุ่มไข่ ปลูกเชื้อ 200 ตัว ตรวจผลที่ 15 30 และ 45 วัน จำนวนปมเฉลี่ยเท่ากับ 48.83 56.94 และ 45.67 ปม จำนวนกลุ่มไข่เฉลี่ยเท่ากับ 1.56 21 และ 18.72 กลุ่มไข่ ปลูกเชื้อ 300 ตัว ตรวจผลที่ 15 30 และ 45 วัน จำนวนปมเฉลี่ยเท่ากับ 55.72 54.67 และ 60.39 ปม จำนวนกลุ่มไข่เฉลี่ยเท่ากับ 0.22 17.39 และ 25.50 กลุ่มไข่ และปริมาณการปลูกเชื้อในฝรั่งเป็นสีทองอายุ 3 เดือน ปลูกเชื้อ 100 ตัว ตรวจผลที่ 30 45 และ 60 วัน จำนวนปมเฉลี่ยเท่ากับ 8.11 12.39 และ 21.83 ปม จำนวนกลุ่มไข่เฉลี่ยเท่ากับ 5.89 6.22 และ 13.28 กลุ่มไข่ ปลูกเชื้อ 200 ตัว ตรวจผลที่ 30 45 และ 60 วัน จำนวนปมเฉลี่ยเท่ากับ 10.78 12.33 และ 33.83 ปม จำนวนกลุ่มไข่เฉลี่ยเท่ากับ 7.67 6.50 และ 15.5 กลุ่มไข่ ปลูกเชื้อ 300 ตัว ตรวจผลที่ 30 45 และ 60 วัน จำนวนปมเฉลี่ยเท่ากับ 14.11 25.17 และ 23.83 ปม จำนวนกลุ่มไข่เฉลี่ยเท่ากับ 10.50 12.39 และ 13.22 กลุ่มตามลำดับ โดยเมื่อปริมาณการปลูกเชื้อตัวอ่อนระยะที่ 2 เพิ่มขึ้นช่วงเวลาในการเก็บผลนานจะทำให้ระบบรากถูกทำลายสูง พบรากกุดสั้น รากเน่าขาด ต้นโทรมจนถึงตายในที่สุด และกลุ่มไข่ที่พบมีสีส้มถึงน้ำตาลเป็นกลุ่มไข่แก่ที่สามารถนำไปฟักขยายพันธุ์ต่อได้ทันที

ตารางที่ 2 ประเมินความสม่ำเสมอของปริมาณไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* ในการเข้าทำลายมะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์ 4 อายุ 1 เดือน ที่ระยะเวลา 15 30 และ 45 วัน

กรรมวิธี	15 วัน		30 วัน		45 วัน	
	จำนวนปม ^{1/}	จำนวนกลุ่มไข่ ^{2/}	จำนวนปม	จำนวนกลุ่มไข่	จำนวนปม	จำนวนกลุ่มไข่
	ต่อต้น	ต่อต้น	ต่อต้น	ต่อต้น	ต่อต้น	ต่อต้น
T1	24.61 b ^{3/}	0.11	25.83 b	7.22 ab	53.84	15.39 ab
T2	48.83 a	1.56	56.94 a	21.00 a	45.67	18.72 ab
T3	55.72 a	0.22	54.67 a	17.39 ab	60.39	25.50 a
T4	0.00 c	0	0.00 c	0.00 b	0.00 b	0.00 b
P-value	0.0018	0.46	0.00062	0.088	0.052	0.087
CV (%)	37.55	273.75	31.83	82.28	59.27	70.85

หมายเหตุ T1 คือ ใช้ตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* 100 ตัว

T2 คือ ใช้ตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* 200 ตัว

T3 คือ ใช้ตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* 300 ตัว

T4 คือ กรรมวิธีควบคุมใช้น้ำนิ่งมาเชื้อปกติ

^{1/} ค่าเฉลี่ยจำนวนปมจาก 3 ซ้ำการทดลอง

^{2/} ค่าเฉลี่ยจำนวนกลุ่มไข่จาก 3 ซ้ำการทดลอง

^{3/} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรในแนวดิ่งของตารางมีความแตกต่างทางสถิติ

เปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดย Duncan's New Multiple Range Test ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ประเมินความสม่ำเสมอของปริมาณไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* ในการเข้าทำลายฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง อายุ 3 เดือน ที่ระยะเวลา 30 45 และ 60 วัน

กรรมวิธี	30 วัน		45 วัน		60 วัน	
	จำนวนปม ^{1/}	จำนวนกลุ่มไข่ ^{2/}	จำนวนปม	จำนวนกลุ่มไข่	จำนวนปม	จำนวนกลุ่มไข่
	ต่อต้น	ต่อต้น	ต่อต้น	ต่อต้น	ต่อต้น	ต่อต้น
T1	8.11 ab ^{3/}	5.89 ab	12.39 ab	6.22 ab	21.83	13.28
T2	10.78 ab	7.67 ab	12.33 ab	6.50 ab	33.83	15.5
T3	14.11 a	10.50 a	25.17 a	12.39 a	23.83	13.22
T4	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0 b	0 b
P-value	0.11	0.072	0.079	0.12	0.24	0.28
CV (%)	75.07	68.89	78.60	85.90	94.63	94.80

หมายเหตุ T1 คือ ใช้ตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* 100 ตัว

T2 คือ ใช้ตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* 200 ตัว

T3 คือ ใช้ตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* 300 ตัว

T4 คือ กรรมวิธีควบคุมใช้น้ำนิ่งฆ่าเชื้อปกติ

^{1/} ค่าเฉลี่ยจำนวนปมจาก 3 ซ้ำการทดลอง

^{2/} ค่าเฉลี่ยจำนวนกลุ่มไข่จาก 3 ซ้ำการทดลอง

^{3/} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรในแนวตั้งของตารางมีความแตกต่างทางสถิติ

เปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดย Duncan's New Multiple Range Test ($P \leq 0.05$)

1.4 ทดสอบเบื้องต้นของฝรั่งพันธุ์ทนทานไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*

จากการทดลองใส่ตัวไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ไอโซเลต ‘Phetchaburi’ 200 ตัวในกระถางขนาด 4 นิ้ว ของฝรั่ง 2 สายพันธุ์ อายุ 4 เดือน ได้แก่ พันธุ์เป็นสีทองและพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ซึ่งพันธุ์เป็นสีทองจะเป็นตัวเปรียบเทียบความอ่อนแอของฝรั่งต่อไส้เดือนฝอยรากปม พบว่า ฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองมีจำนวนปมเฉลี่ยเท่ากับ 11.55 ปม จำนวนกลุ่มไข่เฉลี่ย 8.4 กลุ่มไข่ น้ำหนักรากสดเฉลี่ย 0.24 กรัม อัตราการฟักของตัวอ่อนเฉลี่ย 73.54 ตัวต่อ 1 กลุ่มไข่ ขนาดปมมีขนาดเฉลี่ย 0.13 มิลลิเมตร และความสมบูรณ์ของระบบรากเฉลี่ยเท่ากับ 2.33 ฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ มีจำนวนปมเฉลี่ยเท่ากับ 10.35 ปม จำนวนกลุ่มไข่เฉลี่ยเท่ากับ 7.03 กลุ่มไข่ น้ำหนักรากสดเฉลี่ย 0.25 กรัม อัตราการฟักของตัวอ่อนเฉลี่ย 73.66 ตัวต่อ 1 กลุ่มไข่ ขนาดปมมีขนาดเฉลี่ย 0.11 มิลลิเมตร และความสมบูรณ์ของระบบรากเฉลี่ยเท่ากับ 2.28 ตามลำดับ จากค่าทางสถิติทุกค่าที่วิเคราะห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเพื่อต้องการหาความทนทานของฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ที่มีพันธุ์กรรมความทนทานอยู่ในเมล็ดที่ได้จากลูกผสมเปิด ซึ่งจะต้องมีความทนทานแตกต่างไปจากฝรั่งพันธุ์อ่อนแอ แม้จะตรวจผลการทดลองที่ 30 วันหลังการปลูกเชื้อก็ตาม จึงเลือกวัดปริมาตรปม เพราะเมื่อประเมินด้วยสายตา พบว่า ปมมีขนาดแตกต่างกัน จึงนำข้อมูลของขนาดปมที่ได้ มาคำนวณหาปริมาตรปม ตามสูตรการหาปริมาตรปม $\frac{4}{3} \pi r^3$ พบว่า ฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองมีปริมาตรปมเฉลี่ยรวมเท่ากับ 15.95×10^{-4} ลูกบาศก์เซนติเมตร ฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ มีปริมาตรปมเฉลี่ยรวมเท่ากับ 8.59×10^{-4} ลูกบาศก์เซนติเมตร แสดงให้เห็นว่า ปริมาตรการเกิดปม มีปริมาตรแตกต่างกันของปมใดปมหนึ่ง แต่ไม่มีผลแสดงออกถึงความทนทานของฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความทนทานของฝูง 2 สายพันธุ์ อายุ 4 เดือน ต่อการเกิดโรครากปมจากไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* หลังปลูกเชื้อ 30 วัน

พันธุ์	ประเมินการเกิดโรครากปมหลังการปลูกเชื้อ 30 วัน ^{1/}					
	จำนวนปม	จำนวนกลุ่มไข่	น้ำหนักรากสด(กรัม)	อัตราการพักตัวอ่อน	ขนาดปม(มิลลิเมตร)	ความสมบูรณ์ระบบราก(เช่นติ่งเมตร)
เป็นสีทอง	11.55	8.4	0.24	73.54	0.13	2.33
'KU-GUARD No.1'	10.35	7.03	0.25	73.66	0.11	2.28
P-value	0.41	0.28	0.76	0.98	0.05	0.76

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยประเมินการเกิดโรครากปมหลังการปลูกเชื้อที่ 30 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เปรียบเทียบพืช 2 สายพันธุ์ โดย T-test

2. ศึกษาลักษณะความทนทานที่แสดงออกทางกายภาพของฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’

2.1 ลักษณะความทนทานที่แสดงออกทางกายภาพของฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ต่อไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*

ลักษณะทางกายภาพของฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ และฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง ที่แสดงผลตอบสนองต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ที่ระยะเวลา 30 60 และ 90 วันหลังการปลูกเชื้อ โดยมีความแตกต่างกันชัดเจนของ

1. ค่าเฉลี่ยระดับความสมบูรณ์ของระบบราก โดยพบว่าที่ 30 วัน ฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ที่มีการปลูกเชื้อด้วยไส้เดือนฝอยรากปม มีค่าเฉลี่ยระดับความสมบูรณ์ของระบบรากเท่ากับ 5.00 ต่อต้น ฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองปลูกเชื้อ ค่าเฉลี่ยระดับความสมบูรณ์ของระบบรากเท่ากับ 2.56 ต่อต้น ที่ 60 วัน ฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ปลูกเชื้อ ค่าเฉลี่ยความสมบูรณ์ของระบบรากเท่ากับ 3.78 ต่อต้น พันธุ์เป็นสีทองปลูกเชื้อ ค่าเฉลี่ยความสมบูรณ์ของระบบรากเท่ากับ 3.00 ต่อต้น ที่ 90 วัน ฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ปลูกเชื้อ ค่าเฉลี่ยความสมบูรณ์ของระบบรากเท่ากับ 4.00 ต่อต้น พันธุ์เป็นสีทองปลูกเชื้อ ค่าเฉลี่ยความสมบูรณ์ของระบบรากเท่ากับ 2.89 ต่อต้น

2. ขนาดปม โดยพบว่าฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ที่ 30 วันมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปมเฉลี่ย 0.08 มิลลิเมตรต่อปม พันธุ์เป็นสีทองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปมเฉลี่ย 0.12 มิลลิเมตรต่อปม ที่ 60 วัน ฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปมเฉลี่ย 0.11 มิลลิเมตรต่อปม พันธุ์เป็นสีทองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปมเฉลี่ย 0.17 มิลลิเมตรต่อปม และที่ 90 วัน ฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปมเฉลี่ย 0.19 มิลลิเมตรต่อปม พันธุ์เป็นสีทองมีขนาดปมใหญ่เฉลี่ย 0.32 มิลลิเมตร

3. น้ำหนักรากสด โดยพบว่าฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ที่ 30 วันมีน้ำหนักรากสดเฉลี่ย 2.39 กรัมต่อต้น พันธุ์เป็นสีทองน้ำหนักรากสดเฉลี่ย 1.35 กรัมต่อต้น ที่ 60 วัน ฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ น้ำหนักรากสดเฉลี่ย 3.02 กรัมต่อต้น พันธุ์เป็นสีทองน้ำหนักรากสดเฉลี่ย 2.00 กรัมต่อต้น และที่ 90 วันฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ น้ำหนักรากสดเฉลี่ย 5.07 กรัมต่อต้น พันธุ์เป็นสีทองน้ำหนักรากสดเฉลี่ย 3.08 กรัมต่อต้น

4. น้ำหนักรากแห้ง โดยพบว่าฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ที่ 30 วันมีน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ย 1.50 กรัมต่อต้น พันธุ์เป็นสีทองน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ย 0.66 กรัมต่อต้น ที่ 60 วัน ฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ มีน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ย 1.42 กรัมต่อต้น พันธุ์เป็นสีทองน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ย 0.93 กรัมต่อต้น และที่ 90 วันฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ มีน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ย 2.23 กรัมต่อต้น พันธุ์เป็นสีทองน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ย 0.87 กรัมต่อต้น ส่วนผลการทดลองที่

แสดงให้เห็นความแตกต่างเด่นชัดอีก 1 ลักษณะ คือ การแตกรากแขนงบริเวณเหนือและใต้ของราก ปมเมื่อฝรั่งมีอายุมากขึ้น พันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ 30 และ 90 วัน แตกรากแขนงเหนือและใต้ ปมปกติ ฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองที่ 30 วัน แตกรากแขนงปกติ แต่ที่ 90 วัน แตกรากแขนงเหนือและใต้ ปมน้อยมาก

ผลตรวจปริมาณการเกิดปม กลุ่มไข่ และความสูง แสดงผลแตกต่างไม่ชัดเจน หลังการปลูกเชื้อ 30 60 และ 90 วัน โดยฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ 30 วัน มีจำนวนปมเฉลี่ย 50.33 ปมต่อต้น และมีกลุ่มไข่เฉลี่ย 47.22 กลุ่มไข่ต่อต้น พันธุ์เป็นสีทองมีจำนวนปมเฉลี่ย 13.77 ปมต่อต้น และจำนวนกลุ่มไข่เฉลี่ย 13.67 กลุ่มไข่ต่อต้น ฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ 60 วัน มีจำนวนปมเฉลี่ย 190.99 ปมต่อต้น และจำนวนกลุ่มไข่เฉลี่ย 97.55 กลุ่มไข่ต่อต้น พันธุ์เป็นสีทอง มีจำนวนปมเฉลี่ย 145.56 ปมต่อต้น และจำนวนกลุ่มไข่เฉลี่ย 81.33 กลุ่มไข่ต่อต้น และฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ 90 วัน มีจำนวนปมเฉลี่ย 333 ปมต่อต้น และจำนวนกลุ่มไข่เฉลี่ย 240.33 กลุ่มไข่ต่อต้น พันธุ์เป็นสีทองมีจำนวนปมเฉลี่ย 228 ปมต่อต้น และจำนวนกลุ่มไข่เฉลี่ย 181.44 กลุ่มไข่ต่อต้น ความสูงของฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ 30 วัน มีความสูงเฉลี่ย 30.72 เซนติเมตรต่อต้น พันธุ์เป็นสีทองความสูงเฉลี่ย 25.95 เซนติเมตรต่อต้น ที่ 60 วัน ฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' มีความสูงเฉลี่ย 33.68 เซนติเมตรต่อต้น พันธุ์เป็นสีทองความสูงเฉลี่ย 32.15 เซนติเมตรต่อต้น และที่ 90 วัน ฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' มีความสูงเฉลี่ย 40.81 เซนติเมตรต่อต้น พันธุ์เป็นสีทองความสูงเฉลี่ย 34.03 เซนติเมตรต่อต้น

ตารางที่ 5 ประเมินลักษณะการเกิดโรคของฝรั่งที่ 30 วันหลังการปลูกเชื้อ ด้วยไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น

ลักษณะการเกิดโรคของฝรั่งที่ 30 วัน หลังการปลูกเชื้อ									
กรรมวิธี	จำนวนปม	จำนวนกลุ่มไข่	อัตราการฟัก	ความสมบูรณ์	ขนาดปม	น. รากสด	น. รากแห้ง	ความสูงก่อนปลูกเชื้อ	ความสูงหลังปลูกเชื้อ
	ต่อต้น	ต่อต้น	ตัวอ่อน	ระบบราก	(มิลลิเมตร)	(กรัม)	(กรัม)	(เซนติเมตร)	(เซนติเมตร)
T1	13.77 b ^{1/}	13.67 b	139.47 b	2.56 c	0.12 a	1.35 b	0.66 b	12.71 ab	25.95
T2	50.33 a	47.22 a	161.67 a	5.00 a	0.08 b	2.39 a	1.50 a	16.39 a	30.72
T3	0 b	0 b	0 c	3.67 b	0 c	0.90 b	0.60 b	10.33 b	26.67
T4	0 b	0 b	0 c	5.00 a	0 c	2.99 a	2.08 a	16.8 a	31.00
P-value	0.0029	0.0014	9.91 x 10 ⁻⁹	0.00063	9.11 x 10 ⁻⁶	0.00049	0.0036	0.041	0.697
CV (%)	75.78	66.7	11.03	11.85	27.51	19.58	30.97	18.11	22.86

หมายเหตุ T1 คือ พันธุ์เป็นสีทอง ปลูกเชื้อด้วยตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น
T2 คือ พันธุ์ 'KU-GUARD' ปลูกเชื้อด้วยตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น
T3 คือ พันธุ์เป็นสีทองไม่ปลูกเชื้อ
T4 คือ พันธุ์ 'KU-GUARD' ไม่ปลูกเชื้อ

^{1/}ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรในแนวตั้งของตารางมีความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

โดย Duncan's New Multiple Range Test ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ประเมินลักษณะการเกิดโรคของฝรั่งที่ 60 วันหลังการปลูกเชื้อ ด้วยไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น

ประเมินลักษณะการเกิดโรคของฝรั่งที่ 60 วัน หลังการปลูกเชื้อ									
กรรมวิธี	จำนวนปม	จำนวนกลุ่มไข่	อัตราการฟัก	ความสมบูรณ์	ขนาดปม	น. รากสด	น. รากแห้ง	ความสูงก่อนปลูกเชื้อ	ความสูงหลังปลูกเชื้อ
	ต่อต้น	ต่อต้น	ตัวอ่อน	ระบบราก	(เซนติเมตร)	(กรัม)	(กรัม)	(เซนติเมตร)	(เซนติเมตร)
T1	145.56 a ^{1/}	81.33 a	140.40 a	3.00 bc	0.17 a	2.00 ab	0.93 ab	12.52 bc	32.15
T2	190.99 a	97.55 a	82.33 ab	3.78 ab	0.11 b	3.02 a	1.42 a	18.17 a	33.68
T3	0 b	0 b	0 b	2.67 c	0 c	0.84 b	0.59 b	10.16 c	31.10
T4	0 b	0 b	0 b	4.00 a	0 c	2.00 ab	1.15 ab	17.17 ab	33.40
P-value	0.005	0.006	0.028	0.014	1.25x10 ⁻⁶	0.063	0.136	0.02	0.952
CV (%)	65.89	67.08	93.94	12.47	21.04	41.91	37.93	18.83	19.11

หมายเหตุ T1 คือ พันธุ์เป็นสีทอง ปลูกเชื้อด้วยตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น
T2 คือ พันธุ์ ‘KU-GUARD’ ปลูกเชื้อด้วยตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น
T3 คือ พันธุ์เป็นสีทองไม่ปลูกเชื้อ
T4 คือ พันธุ์ ‘KU-GUARD’ ไม่ปลูกเชื้อ

^{1/}ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรในแนวตั้งของตารางมีความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

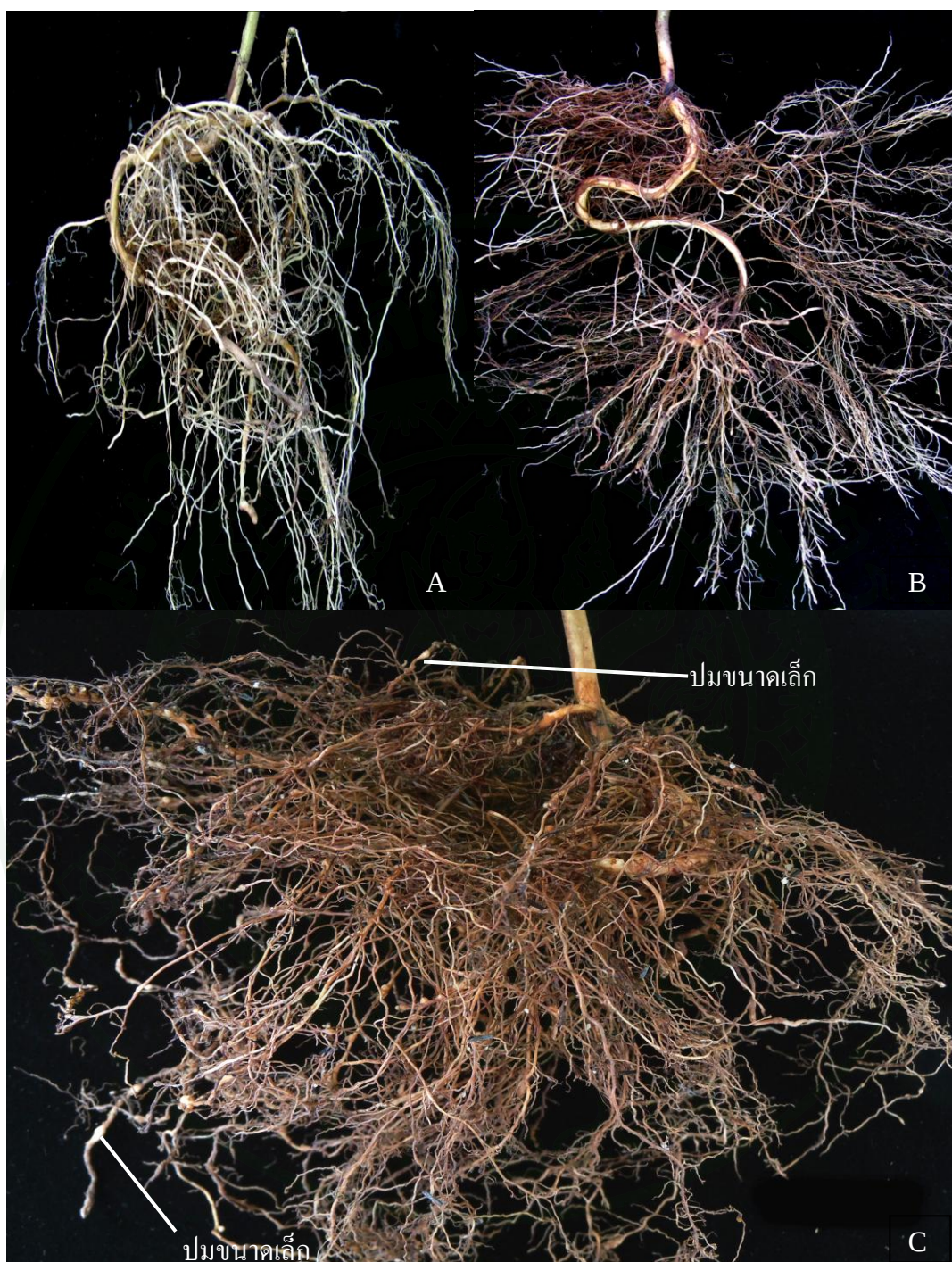
โดย Duncan’s New Multiple Range Test ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 7 ประเมินลักษณะการเกิดโรคของฝรั่งที่ 90 วันหลังการปลูกเชื้อ คั่วได้เดือนฝอยราจาก *Meloidogyne incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น

ประเมินลักษณะการเกิดโรคของฝรั่งที่ 90 วัน หลังการปลูกเชื้อ									
กรรมวิธี	จำนวนปม	จำนวนกลุ่มไข่	อัตราการฟัก	ความสมบูรณ์	ขนาดปม	น.น. รากสด	น.น. รากแห้ง	ความสูงก่อนปลูกเชื้อ	ความสูงหลังปลูกเชื้อ
	ต่อต้น	ต่อต้น	ตัวอ่อน	ระบบราก	(มิลลิเมตร)	(กรัม)	(กรัม)	(เซนติเมตร)	(เซนติเมตร)
T1	228 a ^{1/}	181.44 a	61.03 a	2.89 bc	0.32 a	3.08 b	0.87 b	11.09 b	34.03 b
T2	333 a	240.33 a	69.67 a	4.00 ab	0.19 b	5.07 a	2.23 a	17.44 a	40.81 ab
T3	0 b	0 b	0 b	2.67 c	0 c	1.46 c	0.41 b	8.67 b	38.7 ab
T4	0 b	0 b	0 b	4.33 a	0 c	3.08 ab	1.68 a	17.93 a	51.67 a
P-value	0.0002	0.0001	3.82x10 ⁻⁵	0.025	2.18x10 ⁻⁶	0.002	0.0003	0.0004	0.086
CV (%)	41.9	38.57	31.95	17.53	23.13	21.66	23	13.16	17.13

หมายเหตุ T1 คือ พันธุ์เป็นสีทอง ปลูกเชื้อด้วยตัวอ่อนระยะที่ 2 ของได้เดือนฝอยราจาก *M. incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น
T2 คือ พันธุ์ 'KU-GUARD' ปลูกเชื้อด้วยตัวอ่อนระยะที่ 2 ของได้เดือนฝอยราจาก *M. incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น
T3 คือ พันธุ์เป็นสีทองไม่ปลูกเชื้อ
T4 คือ พันธุ์ 'KU-GUARD' ไม่ปลูกเชื้อ

^{1/}ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรในแนวตั้งของตารางมีความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
โดย Duncan's New Multiple Range Test ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 4 รากฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' หลังการปลูกเชื้อ ด้วยไส้เดือนฝอยรากปม

Meloidogyne incognita จำนวน 400 ตัวต่อต้น

A รากฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ 30 วัน หลังการปลูกเชื้อ

B รากฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ 60 วัน หลังการปลูกเชื้อ

C รากฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ 90 วัน หลังการปลูกเชื้อ



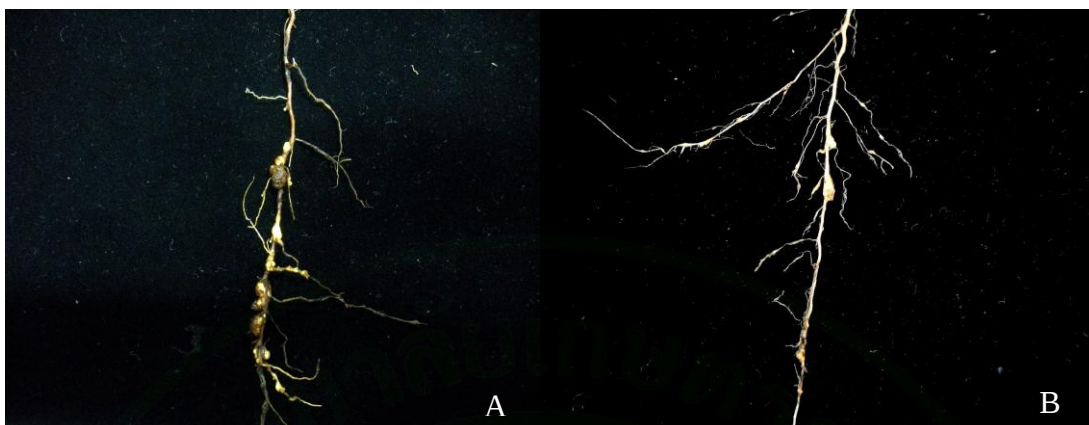
ภาพที่ 5 รากฝรั่งพันธุ์ เป็นสีทอง หลังการปลูกเชื้อ ด้วยไส้เดือนฝอยรากปม

Meloidogyne incognita จำนวน 400 ตัวต่อต้น

A รากฝรั่งพันธุ์ เป็นสีทอง ที่ 30 วัน หลังการปลูกเชื้อ

B รากฝรั่งพันธุ์ เป็นสีทอง ที่ 60 วัน หลังการปลูกเชื้อ

C รากฝรั่งพันธุ์ เป็นสีทอง ที่ 90 วัน หลังการปลูกเชื้อ



ภาพที่ 6 การแตกรากแขนงเหนือและใต้ปมของรากฝรั่งที่ 90 วัน หลังได้รับการปลูกเชื้อด้วย
ไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*

A การแตกแขนงรากของฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองที่ 90 วัน หลังการปลูกเชื้อ

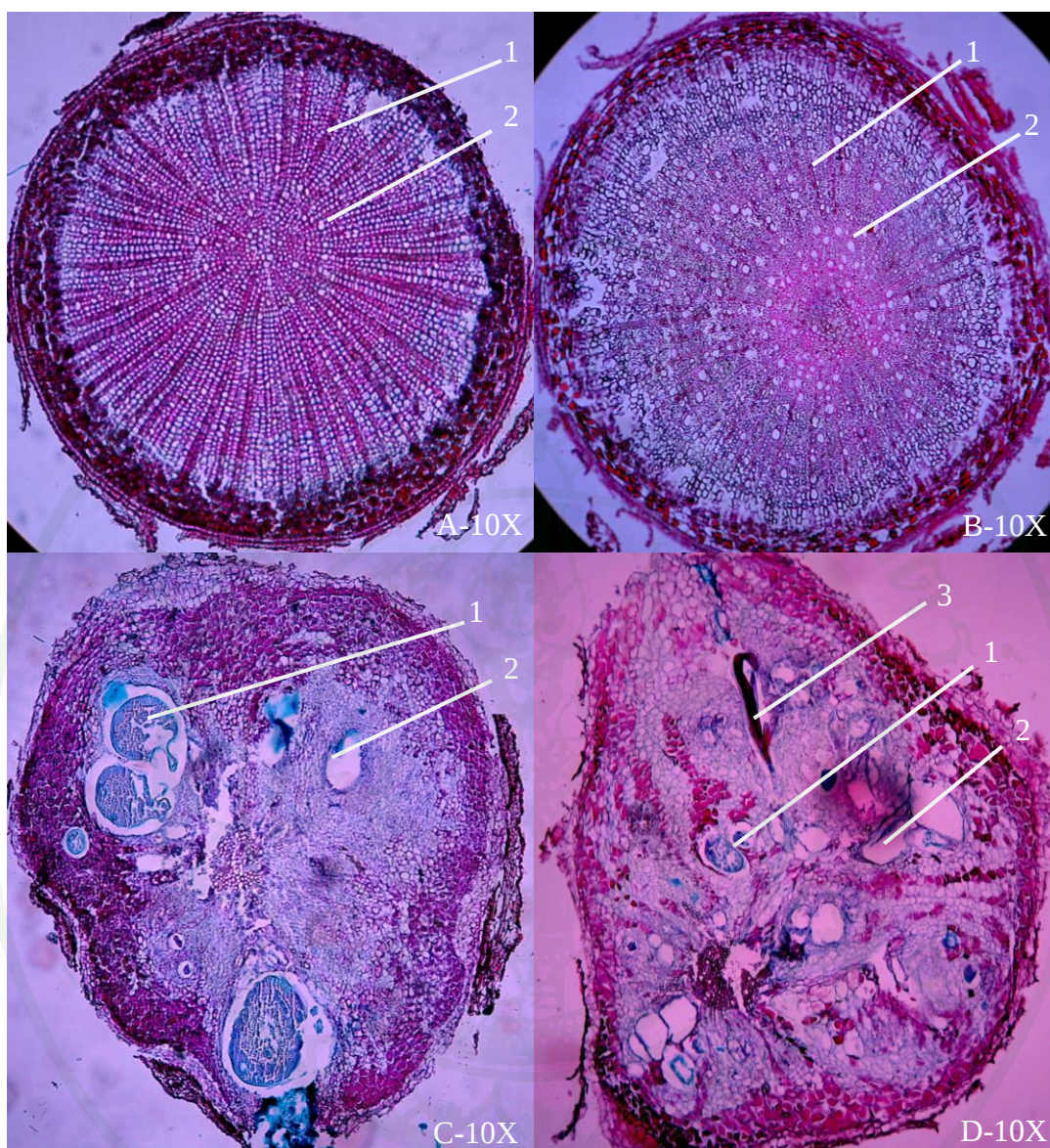
B การแตกแขนงรากของฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ 90 วัน หลังการปลูกเชื้อ

2.2 การแสดงออกของเนื้อเยื่อรากฝรั่งต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม

Meloidogyne incognita

จากการศึกษาเนื้อเยื่อรากฝรั่งต้นปกติและต้นที่มีการปลูกเชื้อด้วยไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* โดยการทำสไลด์เนื้อเยื่อพาราฟินและตัดด้วยเครื่อง microtome จากรากแขนงขนาด 0.25-0.1 เซนติเมตรของพืชที่นำมาศึกษา พบว่าเป็นการเจริญในชั้นที่สองของรากซึ่งจะพบได้ในพีช ใบเลี้ยงคู่และจิมโนสเปิร์ม เนื้อเยื่อรากฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองต้นปกติมีการเจริญในชั้นที่สองของราก (ภูวดล, 2543) จากเนื้อเยื่อรากจะพบเซลล์ epidermis มีลักษณะเป็นเซลล์ชั้นเดียวเรียงตัวต่อเนื่องซึ่งจะอยู่บริเวณชั้นนอกสุด ถัดจากชั้น epidermis จะพบเนื้อเยื่อชั้น periderm เป็นเนื้อเยื่อที่มีหน้าที่ป้องกันเนื้อเยื่อภายใน ต่อมาส่วนของ vascular cambium จะเป็นส่วนที่พัฒนาเพื่อเจริญเป็นเนื้อเยื่อชั้นที่สองของราก จะเกิดตั้งแต่บริเวณกึ่งกลางเนื้อเยื่อรากถึงชั้น periderm ซึ่งในเนื้อเยื่อรากฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง เซลล์เรียงตัวเป็นระเบียบแต่ละเซลล์มีขนาดใกล้เคียงกัน รูปร่างเซลล์เป็นแบบรูปหลายเหลี่ยมด้านเท่า และพบเซลล์กลวงขนาดใหญ่ที่แทรกอยู่ระหว่างเซลล์ปกติ ซึ่งจะพบชัดเจนบริเวณรอบกึ่งกลางเนื้อเยื่อรากและมีการกระจายตัวออกไปรอบ ๆ ตามแนวการเกิดของ vascular cambium โดยเซลล์กลวงขนาดใหญ่นั้นเป็นเซลล์ของ xylem vessel ซึ่ง xylem vessel ในรากฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองจะพบน้อยกว่าในรากพันธุ์ฝรั่ง 'KU-GUARD No.1' และพบเซลล์ parenchyma ray เรียงตัวเป็นระเบียบตามแนวระนาบกับเนื้อเยื่อรากฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง รูปร่างเซลล์มีลักษณะคล้าย

สีเหลือง ภายในเซลล์มีลักษณะคล้ายเม็ดแป้งหรือสารรงควัตถุอยู่ภายในจึงติดสีเข้มชัดเจน ส่วนเนื้อเยื่อรากฝรั่ง 'KU-GUARD No.1' ต้นปกติจะพบเซลล์ epidermis มีลักษณะเป็นเซลล์ชั้นเดียวเรียงตัวต่อเนื่องซึ่งจะอยู่บริเวณชั้นนอกสุด ถัดจากชั้น epidermis จะพบเนื้อเยื่อชั้น periderm เป็นเนื้อเยื่อที่มีหน้าที่ป้องกันเนื้อเยื่อภายในซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจาก cork cambium (ภูวดล, 2543) ต่อมาส่วนของ vascular cambium จะเป็นส่วนที่พัฒนาเพื่อเจริญเป็นเนื้อเยื่อชั้นที่สองของราก ซึ่งจะมีการเจริญของ secondary xylem และ secondary phloem เกิดขึ้น และพบเซลล์กลวงขนาดใหญ่รูปร่างคล้ายวงกลมแทรกตัวอยู่ระหว่างเซลล์ปกติ แต่จะพบมากบริเวณใกล้แกนกลางเนื้อเยื่อ และกระจายตัวออกไปรอบ ๆ ตามแนวการเกิดของ vascular cambium เซลล์ที่พบนั่นเรียกว่า xylem vessel มีหน้าที่สำคัญในการลำเลียงน้ำแร่ธาตุและช่วยเสริมโครงสร้างเนื้อเยื่อรากให้แข็งแรง ส่วนการเรียงตัวของเซลล์ในเนื้อเยื่อรากฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' จะเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ มีเซลล์ขนาดเล็กใหญ่ปะปนกัน และพบ parenchyma ray ตามแนวตัดขวางของเนื้อเยื่อราก ซึ่งมีรูปร่างเซลล์เป็นสี่เหลี่ยมเรียงต่อกันภายใน parenchyma ray จะมีสีเข้มมีลักษณะคล้ายเม็ดแป้งอยู่ภายในเซลล์ แต่ในเนื้อเยื่อรากปมของฝรั่งทั้ง 2 พันธุ์ไม่พบความแตกต่างของเนื้อเยื่อ ไม้เลื้อยฝอย รากปม สามารถสร้างเซลล์ยักษ์ (giant cell) ได้ทั้งสองพันธุ์ พบการเจริญในระยะตัวเต็มวัยของ ไม้เลื้อยฝอยเพศเมียในรากปม เซลล์ parenchyma ray xylem vessel และ vascular cambium ที่เป็น ส่วนพัฒนาเพื่อเจริญเป็นชั้นที่สองของราก เรียงตัวไม่เป็นระเบียบ เซลล์เปลี่ยนแปลงรูปร่าง บางเซลล์ ถูกชักนำทำให้เกิดการแบ่งเซลล์โดยไม่มีการสร้างผนังเซลล์ที่เรียกว่า เซลล์ยักษ์ (giant cell) บริเวณ ส่วนหัวของไม้เลื้อยฝอยเพศเมีย



ภาพที่ 7 เนื้อเยื่อรากฝรั่งปกติ และเนื้อเยื่อรากที่ได้รับการปลูกเชื้อ ด้วยไส้เดือนฝอยรากปม

Meloidogyne incognita

- A เนื้อเยื่อรากปกติฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง 1 = parenchyma ray 2 = xylem vessel
- B เนื้อเยื่อรากปกติฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' 1 = parenchyma ray 2 = xylem vessel
- C เนื้อเยื่อรากฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง ที่ถูกไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* เข้าทำลาย
1 = ตัวไส้เดือนฝอยเพศเมีย 2 = เซลล์ยักษ์
- D เนื้อเยื่อรากฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ถูกไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita*
เข้าทำลาย 1 = ตัวไส้เดือนฝอยเพศเมีย 2 = เซลล์ยักษ์
3 = ตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม

3. ความแปรปรวนของฝรั่ง 'KU-GUARD No.1' ที่ได้จากลูกผสมเปิด ต่อไส้เดือนฝอยรากปม

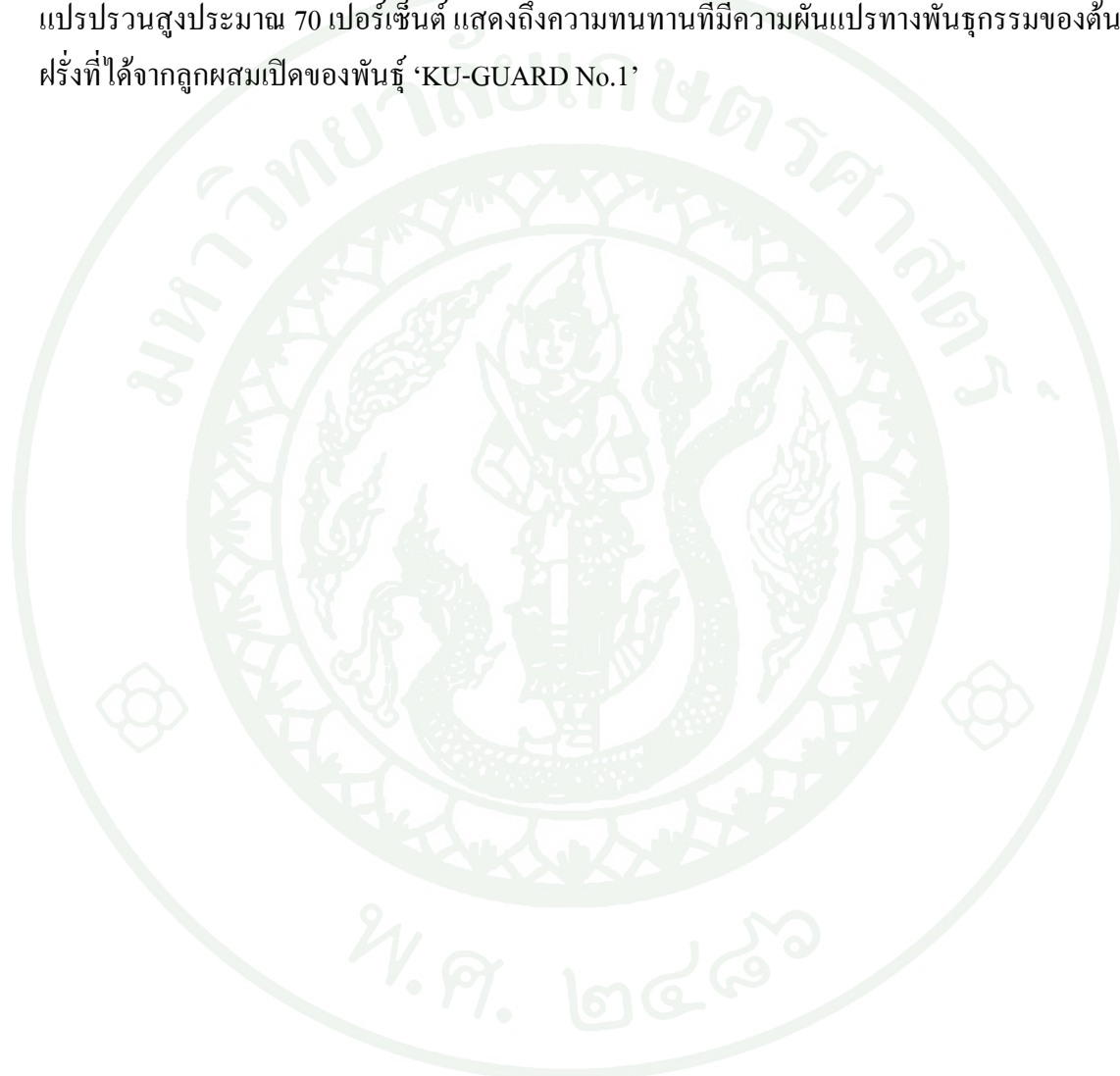
Meloidogyne incognita

จากการประเมินความแปรปรวนของฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ได้จากการเพาะเมล็ดของลูกผสมเปิด ต่อไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ที่ระยะเวลา 60 วันหลังการปลูกเชื้อ พบว่า ในกรรมวิธีทดลอง ฝรั่งจำนวน 100 ต้นที่ปลูกเชื้อด้วยตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* 400 ตัวต่อต้น มีค่าความแปรปรวนของความสูงก่อนการปลูกเชื้อเท่ากับ

12.5 เซนติเมตร มีค่าความแปรปรวนความสูงหลังการปลูกเชื้อเท่ากับ 43.0 เซนติเมตร ค่าความแปรปรวนของน้ำหนักรากสดเท่ากับ 1.2 กรัม ค่าความแปรปรวนของความสมบูรณ์ระบบรากเท่ากับ 0.5 ค่าความแปรปรวนของจำนวนปมเท่ากับ 9992.3 ปม ค่าความแปรปรวนของจำนวนกลุ่มไข่เท่ากับ 3516.5 กลุ่มไข่ และความแปรปรวนของอัตราการฟักตัวอ่อนเท่ากับ 2247.4 เมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนในกรรมวิธีทดลอง พบว่า ความสูงก่อนการปลูกเชื้อมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเท่ากับ 12.12 เปอร์เซ็นต์ ความสูงหลังการปลูกเชื้อมีค่าเท่ากับ 16.01 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักรากสดเท่ากับ 38.85 เปอร์เซ็นต์ ความสมบูรณ์ระบบรากเท่ากับ 28.55 เปอร์เซ็นต์ จำนวนปม 66.13 เปอร์เซ็นต์ จำนวนกลุ่มไข่ 67.16 และอัตราการฟักตัวอ่อน 73.16 เปอร์เซ็นต์

ส่วนกรรมวิธีควบคุม ฝรั่งจำนวน 20 ต้นที่ปลูกเชื้อด้วยน้ำนิ่งฆ่าเชื้อปกติ พบว่า มีค่าความแปรปรวนของความสูงก่อนการปลูกเชื้อเท่ากับ 5.3 เซนติเมตร มีค่าความแปรปรวนความสูงหลังการปลูกเชื้อเท่ากับ 20.6 เซนติเมตร ค่าความแปรปรวนของน้ำหนักรากสดเท่ากับ 0.7 กรัม ค่าความแปรปรวนของความสมบูรณ์ระบบราก จำนวนปม กลุ่มไข่และอัตราการฟักตัวอ่อนเท่ากับ 0 และเมื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความสมบูรณ์ของระบบรากจำนวนปม กลุ่มไข่ และอัตราการฟักตัวอ่อนเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากไม่มีการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม รากมีการแตกรากแขนงสมบูรณ์ทำให้มีการเจริญเติบโตตามปกติ แต่ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความสูงก่อนปลูกเชื้อเท่ากับ 7.72 เปอร์เซ็นต์ หลังปลูกเชื้อ 11.35 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักรากสดเท่ากับ 31.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนโดยรวม พบว่าความสูงก่อนและหลังปลูกเชื้อ น้ำหนักรากสด และความสมบูรณ์ของระบบรากจากสองกรรมวิธี มีสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่ำประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ แสดงถึงระดับความทนทานที่แสดงออกทางการเจริญเติบโตได้ตามปกติของต้นฝรั่งที่ขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ด มีความสม่ำเสมอทางพันธุกรรม แต่ค่าความแปรปรวนของจำนวนปม จำนวนกลุ่มไข่และอัตราการฟักของตัวอ่อนในกรรมวิธีทดลอง มีค่าความแปรปรวนสูงประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ แสดงถึงความทนทานที่มีความผันแปรทางพันธุกรรมของต้นฝรั่งที่ได้จากลูกผสมเปิดของพันธุ์ 'KU-GUARD No.1'



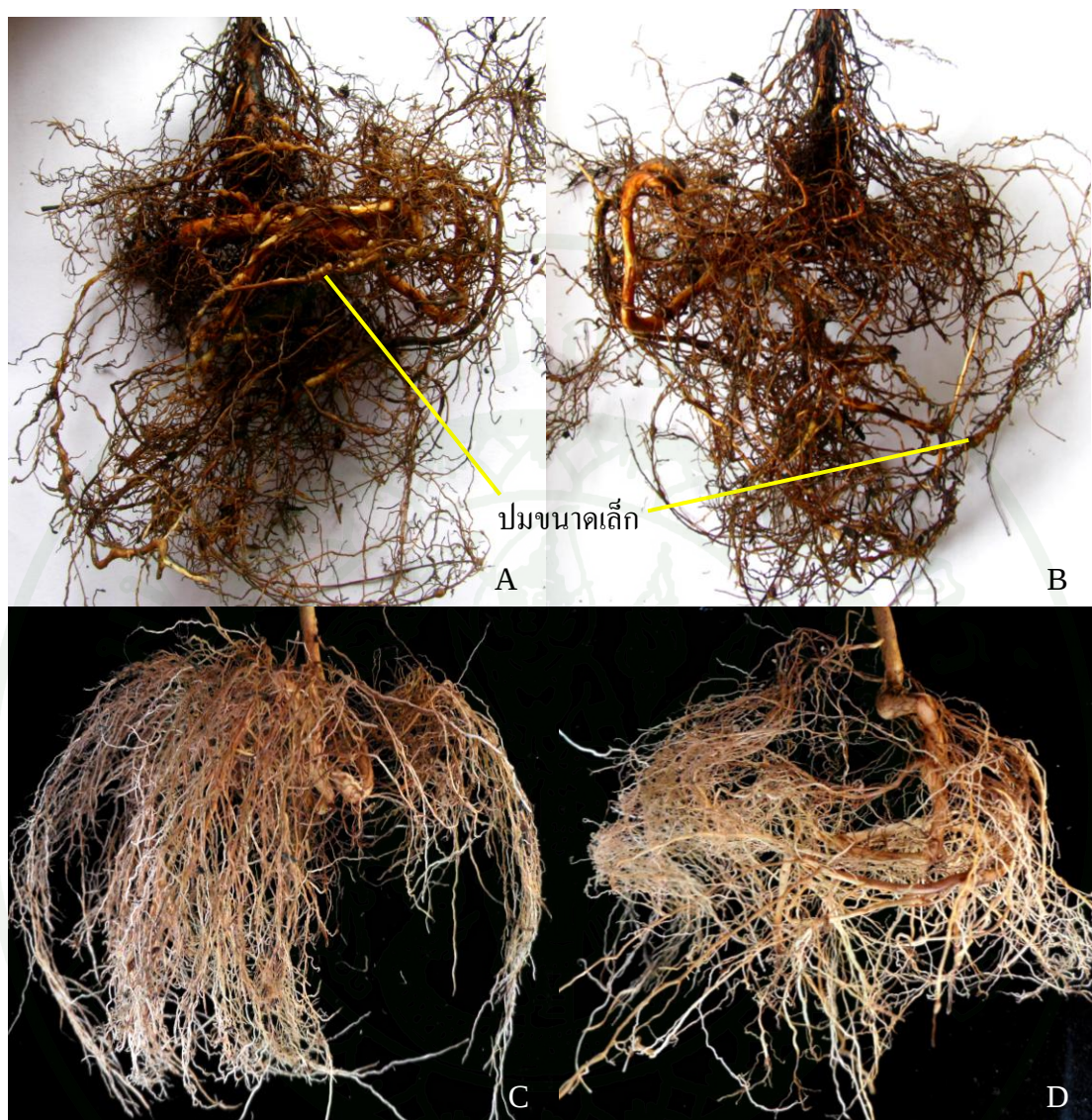
ตารางที่ 8 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและความแปรปรวนของฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ที่ได้จากลูกผสมเปิด หลังปลูกเชื้อที่อายุ 60 วัน ด้วยไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* จำนวน 120 ต้น

กรรมวิธี	ความสูงก่อน ปลูกเชื้อ (เซนติเมตร)	ความสูงหลัง ปลูกเชื้อ (เซนติเมตร)	นน. รากสด (กรัม)	ความสมบูรณ์ ระบบราก	จำนวน ปม	จำนวน กลุ่มไข่	อัตราการฟัก ตัวอ่อน
ค่าเฉลี่ย ^{1/}	29.2	41.0	2.9	2.4	151.2	88.3	64.8
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	3.5	6.6	1.1	0.7	100.0	59.3	47.4
ค่าความแปรปรวน (SD ²)	12.5	43.0	1.2	0.5	9992.3	3516.5	2247.4
CV (%)	12.12	16.01	38.85	28.55	66.13	67.16	73.16
ค่าเฉลี่ย	29.8	40.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	2.3	4.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
ค่าความแปรปรวน (SD ²)	5.3	20.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
CV (%)	7.72	11.35	31.11	0.0	0.0	0.0	0.0

หมายเหตุ ^{1/}วิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย (X) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าความแปรปรวน (SD²) และ CV (%) โดยโปรแกรม Microsoft Office Excel 2007

^{2/} กรรมวิธีทดลอง ฝรั่ง 100 ต้น ปลูกเชื้อด้วยตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอย *Meloidogyne incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น

^{3/} กรรมวิธีควบคุม ฝรั่ง 20 ต้น ปลูกเชื้อด้วยน้ำนิ่งฆ่าเชื้อปกติ



ภาพที่ 8 รากฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ 60 วัน หลังการปลูกเชื้อ

- A รากฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ 60 วันหลังการปลูกเชื้อ ด้วยไส้เดือนฝอย
รากปม *Meloidogyne incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น
- B รากฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ 60 วันหลังการปลูกเชื้อด้วยไส้เดือนฝอย
รากปม *Meloidogyne incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น
- C รากฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ 60 วันหลังการปลูกเชื้อด้วยน้ำนิ่งมาเชื้อ
(ชุดควบคุม)
- D รากฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' อายุ 60 วันหลังการปลูกเชื้อด้วยน้ำนิ่งมาเชื้อ
(ชุดควบคุม)

วิจารณ์

จากการแยกไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* isolate ‘Nakhon Phatom 2’ จากรากตำแยแมว (*Acalypha indica*) ที่ได้จากบริเวณแปลงทดลอง ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน และแปลงทดลองฝรั่ง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับความบริสุทธิ์ของชนิดไส้เดือนฝอยรากปม ด้วยวิธีรอยย่นส่วนกัน (perineal pattern) พบว่ามีความเหมือนกับไส้เดือนฝอย *M. incognita* โดย Eisanback *et al.* (1981) ได้รายงานไว้ว่า ลักษณะรอยย่นส่วนกันของ *M. incognita* มีเส้นด้านหลัง (dorsal arch) ยกสูงเส้นเรียงตัวไม่เรียบ ขาดเป็นช่วงซ้อนกันคล้ายซ้อนส้อม มีความหนาของเส้นชัดเจนไม่มีร่องขาดบริเวณ dorsal arch ส่วนเส้นรอบลำตัวเรียงตัวเรียบมี striae ใกล้เส้นรอบลำตัวและโค้งไปตามแนวของช่องสืบพันธุ์ (vulva) ซึ่งมีความแตกต่างจาก *M. javanica* ที่พบได้ในตำแยแมวเช่นกัน โดยมีลักษณะของ perineal pattern กลม เส้นด้านหลัง (dorsal arch) ต่ำและเส้นเรียบมน แต่จะมีรอยบากชัดเจนแยกระหว่างเส้นด้านหลังและเส้นรอบลำตัว รอยย่นรอบลำตัวเป็นเส้นละเอียด เรียบ ไม่ขาดตอนทั้งวงนอกและวงใน มี striae ไม่ชัดเจนและโค้งไปตามแนวของช่องสืบพันธุ์ (vulva) อมรศรี (2548) ได้รายงานไว้ถึงไส้เดือนฝอยรากปมที่แยกได้จากรากมะเขือเทศจากแปลงปลูก อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี โดยมีลักษณะของรอยย่นส่วนกันเหมือนกับไส้เดือนฝอย *M. incognita* เกษศิณี (2555) ได้รายงานถึงการสร้าง pure species ของไส้เดือนฝอย *M. javanica* ซึ่งได้จากต้นตำแยแมวในแปลงบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ซึ่งสามารถแยกชนิดไส้เดือนฝอยได้จากวิธีรอยย่นส่วนกัน ซึ่งพบลักษณะที่เด่นชัด คือ dorsal กลม เรียบแบน มีเส้น lateral line ชัดเจน Rich *et al.* (2008) ได้ศึกษาวัชพืชที่เป็นพืชอาศัยของไส้เดือนฝอยตระกูล *Meloidogyne* และพบว่าในวัชพืชทั้งหมด 226 ชนิด 43 วงศ์ เป็นพืชอาศัยของ *M. incognita* 138 ชนิด โดยมี *Acalypha australis* และ *Acalypha setosa* รวมอยู่ด้วย ซึ่งไส้เดือนฝอยชนิดนี้มีวัชพืชเป็นพืชอาศัยมากที่สุด เมื่อเทียบกับไส้เดือนฝอยชนิดอื่น ๆ ใน ค.ศ. 2010 Rich *et al.* ศึกษาวัชพืชที่เป็นพืชอาศัยของไส้เดือนฝอย 3 ชนิด ได้แก่ *M. arenaria* *M. javanica* และ *M. incognita* ซึ่งเป็นปัญหาหลักของโรครากปมในแปลงปลูกพืชของรัฐฟลอริดาประมาณ 95% โดยจากการสำรวจวัชพืชในแปลงพบว่ามีวัชพืช *Acalypha australis* เป็นพืชอาศัยของ *M. incognita* และ *A. setosa* เป็นพืชอาศัยของ *M. arenaria* และ *M. incognita* ต่อมาในปี 2012 มีการรายงานการสำรวจวัชพืชเขตร้อนจากแปลงปลูกพืช รัฐฟลอริดา ที่อ่อนแอต่อไส้เดือนฝอย *M. arenaria* *M. javanica* และ *M. incognita* และมีการทดสอบในสภาพโรงเรือนทดลอง โดยพบว่า วัชพืช *Portulaca oleracea* เป็นพืชอาศัยอย่างดีของไส้เดือนฝอยทั้ง 3 ชนิด หลังจากทดลองปลูกเชื้อพบว่า มีระบบรากดี มีการแตกรากใหม่ปมอยู่ใน

ระดับต่ำ แต่กลุ่มไข่มีปริมาณสูงเมื่อเทียบกับวัชพืชชนิดอื่น ซึ่งในแปลงปลูกพืชพบวัชพืชนี้จำนวนมากจะเป็นแหล่งขยายพันธุ์ของไส้เดือนฝอยได้เป็นอย่างดี (Burelle and Rosskopf, 2012)

แยกชนิดของไส้เดือนฝอยรากปมจากวัชพืชได้ ไอโซเลต 'Nakhon Pathom 2' จากนั้นทดสอบความรุนแรงและปริมาณของ inoculum ในการเข้าทำลายต่อมะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์ 4 และฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองอายุ 3 เดือน ซึ่งเป็นพืชอาศัยของไส้เดือนฝอยรากปมในประเทศไทย พบว่ามีไส้เดือนฝอย *M. incognita* 2 race โดย race 2 มีรายงานการเข้าทำลายสูง พืชอาศัยกว้าง และจากการทดลอง พบว่า ความรุนแรงในการเข้าทำลายและการเกิดโรคแปรตามปริมาณของ inoculum และระยะเวลาในการเข้าทำลายพืชของไส้เดือนฝอย สอดคล้อง Khan *et al.* (2000) ได้ศึกษาความแตกต่างของปริมาณไส้เดือนฝอย *M. incognita* ที่ 2,000 4,000 และ 6,000 ตัวต่ออายุ และการเข้าทำลายมะเขือเทศ โดยพบว่าต้นมะเขือเทศที่มีอายุ 5 สัปดาห์ จากแปลงเพาะกล้าสามารถเกิดโรคได้ไม่น้อยกว่าต้นกล้าที่อายุ 3 หรือ 4 สัปดาห์ และเมื่อปริมาณ inoculum ไส้เดือนฝอยรากปมสูงขึ้น การเกิดโรค อาการรากปมและกลุ่มไข่เพิ่มขึ้นตามจำนวนของ inoculum สอดคล้องกับ Sherif *et al.* (2007) ศึกษาความแตกต่างของระดับ inoculum ไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ที่ 0-2,000 eggs/850 soil/pot เพื่อต้องการทดสอบความรุนแรงและจำนวนประชากรของไส้เดือนฝอยรากปมในการเข้าทำลายพริกและมะเขือเทศ โดยพบว่า น้ำหนักสดของพืชทั้งต้นจะลดลง เมื่อปริมาณอยู่ที่ 250-1000 eggs/pot และอาการรากปม กลุ่มไข่จะเกิดขึ้นทั้งระบบราก และการเพิ่ม inoculum เป็น 2000 eggs/pot ให้ผลไม่แตกต่างกัน Maleita *et al.* (2012) ได้ศึกษาระดับของ inoculum และประสิทธิภาพการขยายพันธุ์ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. hispanica* และ *M. javanica* ต่อมะเขือเทศ 4 สายพันธุ์ที่มีความต้านทานไส้เดือนฝอย พบว่า มะเขือเทศพันธุ์ Easypeel และ MoneyMaker มีการเจริญเติบโตลดลงเมื่อระดับ inoculum เพิ่มขึ้นที่ 10,000 eggs แต่มะเขือเทศพันธุ์ Motelle และ VFNT-Cherr จะมีการเจริญเติบโตตามปกติ มีการแตกรากและแตกยอดใหม่ ส่วนระดับการขยายพันธุ์ของ *M. javanica* มีมากกว่า *M. hispanica* ในมะเขือเทศทั้ง 4 สายพันธุ์ โดยมะเขือเทศที่มียีน *Mi-gene* ซึ่งเป็นยีนต้านทานไม่มีความจำเพาะกับชนิดของไส้เดือนฝอยรากปมที่เข้าทำลายพืช

พืชทนทาน (tolerant plant) คือ ลักษณะการตอบสนองของพืชต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย มีความแตกต่างไปจากพืชต้านทาน ซึ่งพืชต้านทานจะยับยั้งการขยายพันธุ์ของประชากรไส้เดือนฝอย พืชทนทานนั้นสามารถเกิดโรคได้เท่ากับหรือมากกว่าพืชอ่อนแอ (susceptible plant) หรือพืชไม่ทนทาน (intolerant plant) แต่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเป็นปกติหรือใกล้เคียงปกติได้ (Starr and Roberts, 2004) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าการเจริญ

ทางด้านความสูง ปริมาณปมและกลุ่มไข่ของฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์เป็นสีทอง อาจเป็นผลมาจากการผสมเปิดของเมล็ดพันธุ์ฝรั่งและอายุของต้นต่อฝรั่งที่นำมาศึกษา เมทินี (2552) ได้รายงานไว้ ถึงฝรั่งสายพันธุ์ใหม่ที่เหมาะสมในการสร้างสายพันธุ์ทนทานไล่เดือนฝอย คือ พันธุ์ โอกินาวา(HORT-R1) และพันธุ์ ‘Xa’li’ โดยมีลักษณะพันธุ์กรรมในเชิงปริมาณ แต่สามารถเกิดความแปรปรวนต่อความทนทานไล่เดือนฝอยรากปม ซึ่งเมล็ดฝรั่งที่ได้จากลูกผสมเปิดตามธรรมชาติมีโอกาสที่จะเกิดความแปรปรวนขึ้นได้ และมีรายงานการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าฝรั่ง *Psidium friedrichsthalianum* ใ้ว่ามีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและระบบรากในช่วงอายุ 90 วันขึ้นไปของต้นกล้าที่ได้จากเพาะเมล็ด (Sánchez-Urdaneta *et al.*, 2010) สอดคล้องกับ กนกวรรณ (2554) รายงานไว้ว่า อายุของต้นต่อฝรั่งพันธุ์โอกินาวา (HORT-R1) ที่ได้รับการเพาะเมล็ด มีผลต่อการแสดงออกของความทนทานต่ำ และจากการทดลองศึกษาลักษณะการแสดงออกทางกายภาพ พบว่า เมื่อวัดขนาดปมฝรั่ง ‘KU-GUARD No.1’ มีขนาดปมเล็กกว่ามีระบบรากที่มากกว่า การแตกรากแขนงและรากได้ปมเจริญได้ตามปกติ ระบบการลำเลียงดี พืชมี xylem vessel จำนวนมากรวมทั้งมีโครงสร้างเนื้อเยื่อรากที่แข็งแรง ทำให้รากปมที่เกิดขึ้นขัดขวางการลำเลียงน้ำ แร่ธาตุ และ hormone ได้เพียงบางส่วน ส่วนฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองมีโครงสร้างเนื้อเยื่อรากอ่อนแอและระบบรากที่ไม่สมบูรณ์ การแตกรากแขนงน้อย ปริมาณปมและกลุ่มไข่ที่ตรวจนับได้น้อยกว่า แต่ขนาดปมมีขนาดใหญ่เกิดปมเดี่ยว ๆ และปมต่อเนื่องชัดเจน จึงทำให้น้ำแร่ธาตุ และ hormone ที่จำเป็นต่อการแตกรากใหม่ถูกดึงไปใช้บริเวณรากปมเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับ สมชายและคณะ (2550) ได้รายงานว่า ความต้านทานของรากกิ่งตอนฝรั่ง 4 สายพันธุ์ในสภาพแปลงทดลองพันธุ์ TH 16 ‘KU-GUARD No.1’ มีความต้านทานปานกลาง ระดับการเกิดโรครากปมเฉลี่ย 2.25 แต่ในสภาพโรงเรือนทดลอง TH 16 มีความต้านทานระดับต่ำมีระดับการเกิดปม 4.00 เส้นผ่าศูนย์กลางรากปมมีขนาด 0.92 มิลลิเมตร ฝรั่งเป็นสีทองปม 1.26 มิลลิเมตร แต่ในสภาพแปลงผลิตของเกษตรกรในจังหวัดเพชรบุรีฝรั่งพันธุ์ TH 16 มีความต้านทานสูงระดับการเกิดโรครากปมเฉลี่ย 0.75 แต่มีความแตกต่างจากของ เมทินี (2552) ที่ได้รายงานไว้ว่า ฝรั่งพันธุ์ไทย HORT-R1 ‘Xa’li’ และ อินเดีย มีจำนวนปมและกลุ่มไข่น้อยจากฝรั่งทั้งหมด 8 พันธุ์ (ลูกผสมตัวเอง) อายุ 11 เดือนที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ได้ และสอดคล้องกับ Carneiro *et al.* (2007b) ได้ทำการคัดเลือกฝรั่ง 4 สายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อไล่เดือนฝอย *M. mayaguensis* และเป็นต้นต่อทาบกิ่งกับพันธุ์การค้า พบว่า *P. friedrichsthalianum* และ *P. cattleyanum* มีน้ำหนักรากและการแตกรากใหม่สมบูรณ์ดีกว่าสายพันธุ์อื่นที่ทดสอบ Rahman *et al.* (2008) พบฝรั่ง 3 พันธุ์มีความต้านทานโดย *P. littoralle* var. *longipes* มีการแตกรากใหม่อยู่ในเกณฑ์น้ำหนักรากเท่ากับ 7.90 กรัม และ มีกลุ่มไข่ปริมาณปมน้อยที่สุด

ฝรั่ง 2 พันธุ์แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างที่แสดงออกทางกายภาพของฝรั่ง จึงนำไปสู่การศึกษาเนื้อเยื่อราก โดยเนื้อเยื่อรากฝรั่งที่ศึกษามีลักษณะเป็นการเจริญขึ้นที่สองของรากพืช และพบข้อแตกต่างของ xylem vessel ในเนื้อเยื่อรากฝรั่งทั้ง 2 สายพันธุ์จึงมีผลต่อการเจริญเติบโต และการแตกรากใหม่ เทียมใจ (2542) ได้รายงานไว้ว่า การเจริญขึ้นที่สองของรากพบมากในพืชใบเลี้ยงคู่และจิมโนสเปิร์ม เกิดขึ้นโดยเกิดการแบ่งตัวของ cambium ซึ่งเกิดมาจาก procambium ที่ไม่ได้เปลี่ยนสภาพไปและอยู่ระหว่าง primary phloem และ primary xylem จากนั้น cambium ที่อยู่รอบ phloem จึงเกิดการแบ่งตัวก่อนและเกิด secondary xylem ซึ่งมี vessel member เป็นเนื้อเยื่อหนึ่งใน xylem มีหน้าที่ในการลำเลียงน้ำและเกลือแร่พร้อมทั้งมี fiber-tracheid และ libriform fiber ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงหรืออาจจะเก็บสะสมอาหารได้มากขึ้น ต่อมา cambium จะถูกดันออกไปด้านนอกแบ่งตัวแบบขนานเกิดเป็น secondary phloem และ xylem ทำให้รากกว้างขึ้นมีจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นและดันชั้น cortex ออกไปทางด้านนอกติดกับชั้น epidermis ทำให้เกิดเป็นลักษณะวงปีของรากเมื่ออายุมากขึ้น จึงส่งผลให้ต้นฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ที่พบจำนวนของ xylem vessel มากกว่าพันธุ์เป็นสีทอง 3 เท่า มีการเจริญทางด้านความสูงได้ดีและระบบรากมีความสมบูรณ์อย่างเห็นได้ชัด รวมทั้งขนาดปมที่ถูกไส้เดือนฝอยเข้าทำลายมีขนาดเล็กกว่าอาจจะเป็นผลมาจาก fiber ทั้งสองชนิดที่ทำให้รากฝรั่ง ‘KU-GUARD No.1’ มีความแข็งแรงและเหนียวกว่ารากฝรั่งเป็นสีทอง ขนาดปมที่ขยายได้อย่างจำกัด จึงเกิดปมเดี่ยวขนาดเล็ก ๆ และอาจจะเกิดหรือไม่เกิดปมต่อเนื่อง (finger-like gall) ได้ทั้งสองลักษณะ นอกเหนือจาก vessel member ที่ช่วยในการเจริญเติบโต พืชจะมีโครงสร้างเนื้อเยื่อเซลล์อื่น ๆ ที่ช่วยในการป้องกันตัวเองเพื่อลดหรือยับยั้งเชื้อก่อโรคให้ต้นพืชเติบโตได้ตามปกติ โดยจะมีเซลล์ vessel parenchyma tylose gum resin และสารอื่นๆเข้ามาเกี่ยวข้องกับ ใน ก.ศ. 1986 Kim *et al.* ได้รายงานลักษณะการเกิด syncytia ที่เกิดจากการเข้าทำลายของ ไส้เดือนฝอย *Heterodera glycines* ในพืชอาศัย พบว่าในพืชอาศัยบางชนิด syncytia จะเกิดในชั้นของ vascular bundle หรือบริเวณชั้น cortex แต่ไม่เกิดใน phloem และ xylem เกิดบริเวณรอบ ๆ ท่อลำเลียงแทน เป็นเพราะผนังเซลล์ของท่อลำเลียงน้ำแร่ธาตุหนาและสารอาหารมีการเปลี่ยนแปลงต่ำ อาจจะเป็นลักษณะทางพันธุกรรมของพืชที่ทำให้ความรุนแรงในการเข้าทำลายน้อยลง Sun *et al.* (2006) ได้ศึกษาการป้องกันตัวเองของพืชเมื่อถูกเชื้อเข้าทำลาย โดยพบว่าพืชจะสร้าง tylose ในเซลล์ xylem vessel ซึ่งสิ่งแวดล้อมจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาของ tylose และพบว่าในบริเวณยอด tylose จะพัฒนาได้รวดเร็วไปมีผลต่อการเคลื่อนที่ของเชื้อโรคและการซ่อมแซมแผลของพืช แต่ tylose จะถูกยับยั้งกระบวนการเกิดขึ้นเมื่อไส้เดือนฝอยเข้าทำลายพร้อมกับเชื้อรา *Fusarium spp.* เพราะเชื้อราจะเข้าทำลาย vascular tissue ในส่วนของ xylem elements (Karssen and Moens, 2006) นอกจากนี้มีรายงานถึง gum resin ซึ่งเป็นสารจากพืชชนิดหนึ่งที่สร้างเพื่อวัตถุประสงค์คล้ายคลึงกับ tylose โดย Rajput *et al.* (2009) ได้ศึกษา gum resin ที่สร้างใน xylem

ของสเคเลที่ตอบสนองต่อการเข้าทำลายของเชื้อราที่ลำต้น โดยพบว่าเส้นใยเชื้อราจะเจริญเข้าสู่ท่อ xylem vessel และ parenchyma ต้นพืชจะสร้างสารจำพวก gum ออกมาขัดขวางการเจริญของเส้นใย พืชตระกูลสะเดาถ้ามีการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรค เซลล์ parenchyma และ xylem จะแสดงอาการชัดเจนและการสะสมแป้ง โปรตีน ไขมัน ในเซลล์ parenchyma จะลดลง มีการสะสมสารในกลุ่ม phenolic สูงขึ้น อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าเซลล์เนื้อเยื่อรากพืชทุกเซลล์มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของต้นพืชเพื่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะพืชที่ประสบปัญหาโรครากปมถูกไส้เดือนฝอยเข้าทำลายราก Rahman (2003) ได้รายงานไว้ในการควบคุมโรครากปมจากไส้เดือนฝอย ถ้าระบบรากมีความแข็งแรงจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและลดผลกระทบจากไส้เดือนฝอยช่วยเสริมสร้างความทนทานให้กับพืชได้

ความทนทานที่แสดงออกทางกายภาพของฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ย่อมมีความผันแปรเกิดขึ้นทางพันธุกรรม จึงทดสอบความแปรปรวนของต้นกล้าฝรั่งที่ได้จากเมล็ดลูกผสมเปิด และจากการทดลองพบว่า ฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' หลังการปลูกเชื้ออายุ 60 วัน จำนวน 120 ต้น เกิดความแปรปรวนของปริมาณปม และกลุ่มไข่ แต่ในด้านการเจริญเติบโตทางลำต้นและความสมบูรณ์ของระบบรากไม่เกิดความแปรปรวนทางพันธุกรรม พิจารณาจากค่าความแปรปรวน (SD^2) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน CV (%) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บอกถึงความแปรปรวนและการกระจายตัวของความทนทานทางพันธุกรรมในฝรั่ง โดยในกรรมวิธีควบคุม ค่าที่แสดงออกเป็น 0 แสดงถึงระดับความทนทานที่เท่ากันเนื่องจากไม่มีการปลูกเชื้อด้วยไส้เดือนฝอยรากปม แต่ในกรรมวิธีการทดลองมีการปลูกเชื้อด้วยไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น ค่าของข้อมูลที่ได้นั้น แสดงถึงกระจายตัวของความทนทานในฝรั่งผสมเปิดมีความแปรปรวนสูง เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ย และระหว่างกรรมวิธีทดลองกับกรรมวิธีควบคุม เปอร์เซ็นต์ของการเจริญเติบโตทางด้านความสูงหลังการปลูกเชื้อเท่ากับ 16.01 และ 11.35 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักรากสดหลังการปลูกเชื้อเท่ากับ 38.85 และ 31.11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทั้งสองค่านี้มีความใกล้เคียงกัน จึงแสดงให้เห็นว่าพืชสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติในสภาพการถูกไส้เดือนฝอยรากปมเข้าทำลาย อีกนัยหนึ่ง ไส้เดือนฝอยที่เข้าทำลายอาจจะไปกระตุ้นให้เกิดความทนทาน เร่งกระบวนการเจริญเติบโตให้กับพืชได้เร็วขึ้น หรือไส้เดือนฝอยอาจจะไม่ aggressive ต่อสภาพแวดล้อมการเข้าทำลายพืช และจากการประเมินความแปรปรวนของต้นฝรั่งที่ได้จากเมล็ดผสมเปิด จะเป็นขั้นตอนหนึ่งของการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้พืชตามที่ต้องการ ซึ่งความแปรปรวนนั้นสามารถเกิดขึ้นได้กับพืชทั่วไป และพืชที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ โดยแบ่งวิธีการปรับปรุงพันธุ์ออกได้ 2 วิธี คือ 1. การปรับปรุงพันธุ์พืชที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างยีน 2. การปรับปรุงพันธุ์พืชที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างยีน (อดิศร, 2533) โดยการปรับปรุงพันธุ์พืชในของลักษณะเชิงปริมาณ

ขึ้นอยู่กับความสามารถในการคัดเลือกพันธุ์ให้ได้เฉพาะต้นที่มีลักษณะดี สำหรับใช้ขยายพันธุ์ต่อ ซึ่งก็คือคัดเลือกต้นที่มีค่าจีโนไทป์ (genotypic value) สูงๆจากกลุ่มของพืชที่มี ค่าจีโนไทป์ที่แตกต่างกันของลักษณะใดลักษณะหนึ่ง แสดงให้เห็นถึงความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic variability) ของลักษณะดังกล่าวในประชากรของพืช ที่วัดในรูปของค่าของวาเรียนซ์ทางพันธุกรรม (genetic variance) ของลักษณะต่างๆที่ประชากรนั้นมีอยู่ นอกจากความแปรปรวนทางพันธุกรรมของพืช ความแปรปรวนสามารถเกิดขึ้นได้จากสภาพแวดล้อม แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ 1. ความแปรปรวนแบบคาดหมายได้ ได้แก่ ปัจจัยบางอย่างที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบและอยู่ภายใต้การควบคุมของคน เช่น ชนิดของดิน วันปลูก ระยะปลูก อัตราปลูก ระดับปุ๋ย และวิธีเก็บเกี่ยวผล เป็นต้น 2. แบบที่คาดหมายไม่ได้ ได้แก่ ปัจจัยที่เกิดขึ้นอย่างไม่เป็นระบบ และควบคุมได้ยาก ตัวอย่างเช่น การกระจายของฝน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้น (นิรนาม, 2554) โดยสอดคล้องกับ อันธิกา (2554) ได้รายงานถึงการทดสอบความแปรปรวนของฝรั่งพันธุ์ HORT-R1 พบว่า ฝรั่งพันธุ์ HORT-R1 ที่อายุ 4 เดือนเกิดปมน้อยมากทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนได้ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมหรือปัจจัยบางประการในการทดสอบ และ El-Agamy *et al.* (1976) ได้ศึกษาความแปรปรวนของผลิตผลฝรั่งพันธุ์ Balady ที่ปลูกใน 2 พื้นที่ของประเทศอียิปต์ เพื่อคัดเลือกนำมาปรับปรุงพันธุ์ให้ได้ฝรั่งที่มีคุณภาพ และพบว่า น้ำหนักและความแน่นเนื้อของฝรั่งจากทั้ง 2 แหล่งปลูกไม่แตกต่าง แต่ขนาดผล ความกว้างของผล จำนวนเมล็ด ความหนาของเปลือก กรดวิตามินนั้นมีความแตกต่างกัน ซึ่งความแปรปรวนที่แสดงออกทางลักษณะของผลฝรั่งอาจขึ้นกับอยู่สภาพแวดล้อมและพื้นที่ปลูก ใน ค.ศ. 2005 Thaipong and Boonprakob ได้ศึกษาลักษณะของยีนจีโนไทป์และสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความแปรปรวนของคุณภาพผลฝรั่ง โดยพบว่าความแปรปรวนของจีโนไทป์ฝรั่งมีค่าที่ 4.2-65.1 เปอร์เซ็นต์ ความแปรปรวนของฤดูกาลมีค่า 0-61.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากลักษณะพันธุกรรมมีค่าสูงกว่าปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมส่งผลต่อการคัดเลือกคุณภาพของต้นฝรั่งที่จะนำไปปรับปรุงพันธุ์ รุ่งทิพย์ และคณะ (2546) ได้รายงานการประเมินสัดส่วนความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะเศรษฐกิจในมะม่วงแก้ว คุณภาพผลของมะม่วงแก้วที่แสดงออกเกือบทั้งหมดได้รับอิทธิพลของพันธุกรรมร่วมกับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมในสัดส่วนสูง ยกเว้นค่า pH ของผลสุกในปี 2541 ค่าเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดและค่า TSS (Total Soluble Solid) ในผลสุกปี 2543 ที่ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมอย่างชั่วคราว ต่อมา Miranda *et al.* (2010) ได้ศึกษาวิธีการคัดเลือกฝรั่งและ “ARACA” ที่มีจีโนไทป์ต้านทานไส้เดือนฝอยรากปม *M. enterolobii* พบว่า เมื่อประเมินระบบรากจะมีรากส่วนหนึ่งของต้นฝรั่งไม่ถูกเข้าทำลายและในฝรั่งทั้ง 22 สายพันธุ์มีความแตกต่างกันของค่าอัตราการขยายพันธุ์ (Reproduction factor) ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างพืชสายพันธุ์เดียวกันที่ใช้ทดสอบ ทำให้เกิดความผันแปรของจีโนไทป์ ที่สร้างความต้านทานจากการผสมเปิดในธรรมชาติของฝรั่งและ

“ARACA” และมีการรายงานโดย Ye *et al.* (2009) ได้ศึกษากระบวนการความต้านทานของต้น “Prunus” ที่ทำเป็นต้นตอต่อไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ซึ่งไส้เดือนฝอยไม่สามารถทำลายสายพันธุ์ Tsukuba-4 และ Tsukuba-5 ได้ เกิดลักษณะความต้านทานแบบ immune แต่พันธุ์ Nanking cherry มีความต้านทานสูงเมื่อเทียบกับต้นพีชป่าที่อ่อนแอ ความแตกต่างของความต้านทานของต้นตอ มีผลมาจากลักษณะของรากที่มีเนื้อเยื่อโครงสร้างและกระบวนการภายในเนื้อเยื่อปลายรากที่ต่างกัน ต้นสายพันธุ์ Tsukuba-4 Tsukuba-5 ไส้เดือนฝอยเข้าทำลายได้เพียงชั้น epidermal cell ในสายพันธุ์ Nanking cherry ไส้เดือนฝอยเข้าทำลายได้แต่ไม่พัฒนาจนครบวงจรชีวิต Mckenry and Anwar (2007) ศึกษาความรุนแรงของไส้เดือนฝอยที่ชักนำให้เกิดความต้านทานในต้นตอรุ่นพันธุ์ฮาร์โมนี แต่ความต้านทานที่เกิดขึ้นต้องได้รับการกระตุ้น ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษากับไส้เดือนฝอยรากปม 2 ชนิด คือ *M. incognita* และ *M. arenaria* ความรุนแรงของไส้เดือนฝอยทั้ง 2 ชนิด จะแสดงอาการชัดเจนที่ 63 วันหลังการปลูกเชื้อ แต่การชักนำให้เกิดความต้านทานจะเกิดขึ้นที่ 7 วันหลังการปลูกเชื้อ โดยระดับการชักนำความต้านทานจะเพิ่มขึ้นตามระดับ inoculum ส่งผลให้ระบบรากเจริญได้ตามปกติ ความรุนแรงที่เกิดขึ้นจากไส้เดือนฝอยเพียงหนึ่งหรือสองชนิดจะเป็นตัวชักนำให้เกิดกระบวนการความต้านทานในต้นตอรุ่น อย่างไรก็ตาม ความแปรปรวนของความต้านทานหรือความทนทานเกิดขึ้นได้ทั้งพืชและเชื้อสาเหตุโรค ซึ่ง Olowe (2010) ได้รายงานความแปรปรวนของความรุนแรงในการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย *M. incognita* race 1 2 3 และ 4 ต่อถั่วพุ่มในสภาพโรงเรือน พบว่า ไส้เดือนฝอย race 2 มีความรุนแรงสูงที่สุดใน 4 race และสามารถเข้าทำลายถั่วพุ่มสายพันธุ์ Acc 64298 ให้เกิดความอ่อนแอได้ ซึ่งถั่วพุ่มสายพันธุ์ดังกล่าวสามารถต้านทานการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย race 1 3 และ 4 ได้ มีรายงานในประเทศญี่ปุ่นถึงความแปรปรวนของประชากรไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ต่อการก่อโรคในมันเทศ โดยใช้มันเทศที่มีความสามารถต้านทานไส้เดือนฝอยรากปม 5 สายพันธุ์ เพื่อความแตกต่างความรุนแรงของไส้เดือนฝอยทั้ง 129 race ซึ่งคัดเหลือ 9 race ที่ต่างกัน ซึ่งไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* SP1 เข้าทำลายมันเทศพันธุ์ Norin-1 ส่วน *M. incognita* SP2 เข้าทำลาย Norin1-2 และ *M. incognita* SP4 เข้าทำลายได้ 4 สายพันธุ์ แต่ไม่เข้าทำลายพันธุ์ J-red (Sano and Iwahori, 2005) ขณะเดียวกัน Jacquet *et al.* (2005) ได้ศึกษาความแปรปรวนของยีน *Mi* ที่สามารถสร้างความต้านทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ซึ่งยีน *Mi* นี้มีการรายงานไว้ถึงความสามารถสร้างต้านทานต่อไส้เดือนฝอย 3 ชนิด คือ *M. incognita* *M. javanica* และ *M. arenaria* แต่ความต้านทานที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับความรุนแรงในการเข้าทำลายของพืช โดยนักวิจัยได้ทำการคัดเลือกต้นมะเขือเทศจากต้นที่มี *Mi gene* เป็นแบบ heterozygous และ homozygous มาทดสอบ จึงพบว่าความแปรปรวนของยีนพื้นฐานที่เป็น heterozygous และ homozygous มีผลต่อความต้านทานและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนฝอย โดยเฉพาะมะเขือเทศที่เป็น heterozygous และจากการทดลองนี้ ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นกับฝรั่งพันธุ์

‘KU-GUARD No.1’ สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งจากตัวพันธุ์กรรมของพืช สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องหรือเชื้อสาเหตุโรค ที่กระตุ้นให้เกิดความทนทานและแสดงออกมาทางกายภาพทำให้เห็นความแตกต่างระหว่างพันธุ์ที่ทนทานกับพันธุ์ที่อ่อนแอต่อไส้เดือนฝอยรากปม



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การแยกชนิดของไส้เดือนฝอยรากปมจากรากวัชพืชและฝรั่ง ในพื้นที่แปลงทดลองภาควิชาโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งมีสภาพดินเป็นดินร่วนปนทราย ระบายน้ำได้ดี และตรวจลักษณะ perinal pattern ไส้เดือนฝอยรากปมที่แยกได้ คือ *Meloidogyne incognita* ชัดเจน และเมื่อเทียบความรุนแรงในการเข้าทำลายพืชกับไส้เดือนฝอยรากปมไอโซเลต ‘Phetchaburi’ ไอโซเลต ‘Nakhon Pathom1’ และไอโซเลต ‘Nakhon Pathom2’ ไส้เดือนฝอยรากปมทั้ง 3 ไอโซเลตมีความรุนแรงในการเข้าทำลายพืชไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ไอโซเลตที่แสดงออกถึงความรุนแรงสูง (aggressive) คือ ไส้เดือนฝอยรากปมไอโซเลต ‘Phetchaburi’ เนื่องจากเป็นไส้เดือนฝอยที่มีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม สังเกตได้จากการปักไว้ในน้ำมาเชื้อปกติ ที่ตัวอ่อนระยะที่ 2 สามารถอยู่ในน้ำได้นานเกิน 5 วันขึ้นไปเมื่อเทียบกับไส้เดือนฝอยไอโซเลตอื่นๆ

ไส้เดือนฝอยรากปมไอโซเลต ‘Phetchaburi’ มีความรุนแรงในการเข้าทำลายพืชสูง จึงต้องหาปริมาณ inoculum และระยะเวลาการก่อโรคที่แสดงอาการชัดเจน เหมาะสมกับการทดลองอื่นๆ ต่อไป โดยจากการทดสอบกับมะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์ 4 และฝรั่งเป็นสีทอง พบว่า ในมะเขือเทศ ปริมาณ inoculum ที่เหมาะสมกับการทดสอบอยู่ที่ 200 ตัวขึ้นไปของตัวอ่อนระยะที่ 2 ในระยะเวลา 30 วันของการเกิดโรค และในฝรั่งเป็นสีทองที่อ่อนแอต่อไส้เดือนฝอยรากปม ปริมาณ inoculum ที่เหมาะสมกับการทดสอบอยู่ที่ 300 ตัวขึ้นไปของตัวอ่อนระยะที่ 2 ในระยะเวลาการแสดงออกของอาการรากปมอยู่ที่ 45 วันขึ้นไป เมื่อทดสอบประสิทธิภาพความต้านทานของฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’ ในระยะเวลาการก่อโรคที่ 30 วันของไส้เดือนฝอยไอโซเลต ‘Phetchaburi’ เทียบกับฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง ค่าของข้อมูลที่ได้ ถึงการแสดงออกความต้านทานระดับเหนือดินและใต้ดินของฝรั่ง 2 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากอาการโรครากปมที่แสดงออกไม่ชัดเจนและอายุพืชที่ทดสอบในช่วงเวลา 4 เดือนของต้นฝรั่งนั้น เป็นระยะเพิ่มการเจริญเติบโตซึ่งจะเกิดในช่วง 90 วันของฝรั่งที่ได้จากการเพาะเมล็ด จึงต้องเพิ่มระยะการก่อโรคของไส้เดือนฝอยควบคู่ไปกับการเจริญเติบโตของต้นฝรั่ง เพื่อต้องการศึกษาความทนทานของฝรั่งพันธุ์ ‘KU-GUARD No.1’

ความทนทานที่แสดงออกทางกายภาพ ฝรั่งพันธุ์ KU-GUARD No.1 ที่ 30 60 และ 90 วัน หลังจากการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* เกิดโรครากปมมากเช่นเดียวกับพันธุ์ เป็นสีทอง แต่จะแสดงให้เห็นถึงความทนทาน (tolerant cultivar) ทางกายภาพที่ระดับเหนือดินและความสมบูรณ์ของระบบรากได้ดีกว่าฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง (susceptible cultivar) ฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ปลูกเชื่อมีการเจริญของระบบรากในระดับ 4 ส่วนฝรั่งพันธุ์เป็นสีทองการเจริญของระบบรากในระดับ 2 และลักษณะทางกายวิภาคของเนื้อเยื่อรากเป็นการเจริญขึ้นที่สองของรากพืช โดยฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' มีการเรียงตัวของเซลล์ไม่เป็นระเบียบ ขนาดเซลล์มีขนาดเล็กใหญ่ปะปนกันในเนื้อเยื่อและพบจำนวน xylem vessel จำนวนมากกว่าฝรั่งพันธุ์ เป็นสีทองจึงทำให้พืชเจริญเติบโตได้ตามปกติ

ความแปรปรวนของฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ในการเจริญเติบโตทางด้านความสูง น้ำหนักราก ความสมบูรณ์ของระบบราก การแตกรากใหม่มีความสม่ำเสมอทางพันธุกรรม ความผันแปรทางพันธุกรรมต่ำประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เดียวกันการเกิดโรครากปม จำนวนกลุ่มไข่ อัตราการฟักของตัวอ่อนไส้เดือนฝอยรากปม ความแปรปรวนและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง ทำให้เกิดความผันแปรทางพันธุกรรมสูงประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ จากประชากรฝรั่งทั้งหมด 120 ต้น อายุ 60 วันหลังการปลูกเชื่อ ซึ่งเป็นเมล็ดที่ได้จากลูกผสมเปิดตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม จากการทดลองทั้งหมดของการศึกษานี้ สามารถสรุปได้ตามวัตถุประสงค์ว่า ฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' สามารถทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ได้ จากการเจริญทางกายภาพที่แสดงออกของฝรั่ง โดยไส้เดือนฝอยสามารถเข้าสู่รากพืชเจริญครบชีวิจักรได้แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการแตกแขนงราก การเจริญเติบโตของต้นฝรั่งเป็นปกติ มีความสม่ำเสมอทางพันธุกรรมทางกายภาพ แต่อาการรากปมและจำนวนกลุ่มไข่ของไส้เดือนฝอยที่เข้าทำลายฝรั่งมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูง ดังนั้น หากจะนำจุดเด่นของฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่แสดงออกได้ดีทางกายภาพไปปรับปรุงพันธุ์เพื่อสร้างพันธุ์ทนทานโรครากปมจะส่งผลดีต่อการเกษตรไทยต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' เป็นฝรั่งที่มีความทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* จากการแสดงออกทางกายภาพ ที่มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและความสมบูรณ์ของระบบรากดี ซึ่งจุดเด่นในการเจริญเติบโตนี้สามารถนำไปใช้ในงานปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งเพื่อทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม โดยเกรียงศักดิ์ และคณะ(2552) ได้รายงานไว้ถึงฝรั่งพันธุ์ HORT-R1 'KU-GUARD No.1' เหมาะสำหรับการใช้เป็นต้นตอ เพราะมีความทนทานต่อไส้เดือนฝอยรากปมที่มีการระบาดในเขตพื้นที่ดินเหนียวและดินทราย ต้นมีการเจริญเติบโตดี มีจำนวนเมล็ดต่อผล 200-300 เมล็ด มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูง ซึ่งการนำไปใช้ควรใช้ฝรั่งที่ได้จากการเพาะเมล็ดที่มีอายุ 6-7 เดือนขึ้นไป เลือกต้นที่มีระบบรากสมบูรณ์แข็งแรง ไม่มีการแตกกิ่งแขนง ต้นตั้งตรง ไม่มีโรคหรือแมลงรบกวนต้นตอ และประมาณ 90 % ของเนื้อเยื่อสามารถเชื่อมติดได้ดีเมื่อนำไปทาบกิ่งกับพันธุ์ที่เป็นพันธุ์การค้า

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กนกวรรณ จวงเนียม. 2554. ความทนทานของฝรั่งพันธุ์ Okinawa ต่อไส้เดือนฝอยรากปม.

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาโรคพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กนิรี ทัพพงษ์. 2544. ความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะผลและใบในประชากรผสม

ตัวเองของฝรั่งพันธุ์ เป้นยักษ์ และ เย็นสอง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกษศิณี ศรีไพร. 2555. ชีววิทยาไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne javanica* ในมะเขือเทศและ

การควบคุมโดยชีววิธีด้วยเชื้อราปฏิปักษ์สกุลเห็ดนางรมอังกา (Pleurotus ostreatus)

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์. 2545. อัตราเข้าของลักษณะและคุณภาพผลที่สำคัญของฝรั่ง. วิทยานิพนธ์

ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. สมชาย สุชะกุล และ อุนารุจ บุญประกอบ. 2552. สอรัท-ดีวัน (HORT-D1) ฝรั่งเพื่อ

รับประทานผลสดพันธุ์ใหม่และสอรัท-อาร์วัน (HORT-R1) ฝรั่งต้นต่อทนทาน

ไส้เดือนฝอยรากปม. แก่นเกษตร37 (พิเศษ): 67-70.

คลังความรู้ทางการเกษตร. 2554. ฝรั่ง. แหล่งที่มา:

<http://blog.taradkaset.com/%E0%B8%9D%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B9%88%E0%B8%87/>, 10 มกราคม 2555.

เจนจิรา รุ่งวราภรณ์. 2550. การศึกษาเวลาตรวจและปริมาณตัวอย่างกิ่งพันธุ์เพื่อการตรวจโรค

รากปมของกิ่งพันธุ์ฝรั่ง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาโรคพืช,

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชมรมเผยแพร่ความรู้ทางการเกษตร จ. พิจิตร. 2556. การปลูกฝรั่งแบบมืออาชีพ.

ว. เส้นทางกสิกรรม18 (210): 22-33.

เทียมใจ คมกฤต. 2542. กายวิภาคของพฤษภ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ วิจารณ์. 2542. โรคฝรั่ง เอกสารเผยแพร่หมอพืช-ไม้ผล ฉบับที่ 7. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นรินทร. 2554. วิธีการหาว่าเรียนช้ทางพันธุกรรม. แหล่งที่มา:

<http://lms.thaicyberu.go.th/officialtcu/upload/tcu254901/TCU-2549091/text/c4/c432.html>
8 มิถุนายน 2555.

น้ำผึ้ง จันทะกัง. 2550. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างไส้เดือนฝอยตัวห้ำ (predatory nematode) และการเกิดโรครากปมในกิ่งพันธุ์ฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ จากแหล่งขยายพันธุ์ทางการค้าในจังหวัดนครปฐม. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาโรคพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พุดา ยอดจัน, รังสฤษดิ์ กาวิตะ, จุฑามาศ ร่มแก้ว. 2553. การประเมินความแปรปรวนของลักษณะฟีโนไทป์ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเด่น. ว. วิทย. กษ. 41(3/1) พิเศษ: 97-100.

ไพรุ้ง บุญเลิศ. 2549. ผลของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* ที่มีผลต่อฝรั่งคั้นน้ำบางพันธุ์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาโรคพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์. 2531. การปลูกฝรั่งเพื่ออุตสาหกรรม. ห้างหุ้นส่วนจำกัดพืชน้ำปลั๊บลีซิ่ง, กรุงเทพฯ.

พรวิภา โสภณพัฒนะโกศา. 2549. ระดับการเกิดปมของฝรั่งพันธุ์พืชเมืองและพันธุ์รับประทานสดต่อไส้เดือนรากปม *Meloidogyne incognita* isolate 'Phetchaburi'. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาโรคพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พลอยชนกพร ใจหาญ. 2551. การตรวจสอบไส้เดือนฝอยรากปมแปลงทดลองฝรั่งภาควิชาพืชสวน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาโรคพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภูวดล บุตรรัตน์. 2543. โครงสร้างภายในของพืช. ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

มหิดล แน่นแพน. 2541. อิทธิพลของเห็ดนางฟ้า (*Pleurotus ostreatus*) ต่อไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาโรคพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เมทินี พลอยเปลี่ยนแสง. 2552. การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะทนทานต่อไส้เดือนฝอยในฝรั่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์, ธวัชชัย รัตนกุล และ พฤกษ์ ยิบมันตะศิริ. 2546. การประเมินสัดส่วนความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะเศรษฐกิจในมะม่วงแก้ว. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วีระชัย แซ่โจ้ว. 2545. ไส้เดือนฝอยศัตรูฝรั่งและการควบคุมเบื้องต้น. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาโรคพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภวรรณ ห่วงมาก. 2544. พันธุ์ฝรั่งต้านทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาโรคพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน. 2555. มะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์ 4. แหล่งที่มา: <http://www.rdi.kps.ku.ac.th/tvrc/Sidathip4.html>, 5 มกราคม 2556.

_____. 2555. พริกมันบางช้าง TRVC 365. แหล่งที่มา: <http://www.rdi.kps.ku.ac.th/tvrc/Banchang365.html>, 5 มกราคม 2556.

สร้อยสวัสดิ์ ผีอกสกนธ์. 2531. ฝรั่ง (*Guava*). สหมิตรออฟเซต, กรุงเทพฯ.

สืบศักดิ์ สันธิรัตน์. 2538. ไส้เดือนฝอยศัตรูพืชในประเทศไทย. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ไร่เขียว, กรุงเทพฯ.

_____. 2541. ไล่เดือนฝอยศัตรูพืช: โรคและการจัดการ. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.

สุเมธ วงษ์สีทอง. 2550. การศึกษาเปรียบเทียบอัตราการเกิดโรครากปมในกิ่งพันธุ์ฝรั่งที่ขยาย
พันธุ์ด้วยการตอนกิ่งและการปักชำ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาโรคพืช,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมชาย สุขะกุล. 2524. การศึกษาอนุกรมวิธานของไล่เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne* spp.)
ของเยอบีร่า (*Gerber jamesonii*). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2549. ไล่เดือนฝอยศัตรูพืชและการควบคุม. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____, อุนารุจ บุญประกอบ, นवलวรรณ ฟ่ำรุ่งแสง, อมรศรี ขุนอินทร์ และ สมนึก
เชื้อวงศ์สกุล. 2550. รายงานประจำปี 2551 โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. 13 หน้า

สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. ฝรั่ง. แหล่งที่มา:
http://www.oae.go.th/fruits/index.php?option=com_content&view=article&id=118, 20
เมษายน 2556.

หลวงบุเรศบำรุงการ. 2518. การทำไร่ฝรั่ง. แพรวพิทยา, กรุงเทพฯ.

อดิศร กระแสชัย. 2533. การปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกโดยวิธีกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์.
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อมรศรี ขุนอินทร์. 2548. อิทธิพลของเห็ดบางชนิดที่มีผลต่อไล่เดือนฝอยรากปม
Meloidogyne incognita. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัมภิกา นาคปฐม. 2554. ความแปรปรวนของความต้านทานของฝรั่งพันธุ์ Hort-R1

ต่อไส้เดือนฝอยรากปม. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาโรคพืช,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

องค์การตลาดเพื่อเกษตรกร. 2552. ข้อมูลเกษตร. แหล่งที่มา: <http://www.mof.or.th/web/agriculture.php?id=68&cat=25>, 10 มิถุนายน 2554.

Abad, P., J. Gouzy and J. M. Aury. 2008. Genome sequence of the metazoan plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. **Nature Biotechnology** 26 (8): 909-915.

Almeida, E.J.de., S.J.M. dos and Martins. 2009. Resistance of guava and araca to *Meloidogyne mayaguensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 44 (4): 421-423.

Alpizar, E., H. Etienne and B. Bertrand. 2006. Intermediate resistance to *Meloidogyne exigua* root-knot nematode in *Coffea Arabica*. **Crop Protection** 26: 903-910.

Anonymous. 1981. Animals inimical to nematode, pp. 81-83. In H. Decker. eds. **Plant nematodes and their control (phytonematology)**. Amerind publishing, New Delhi.

Babatola, J.O. and Oyedunmade. 1992. Host-parasite relationships of *Psidium guajava* cultivars and *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Mediterranea** 20: 233-235.

Bowes, B. G. and J. D. Mauseth. 2008. **Plant structure – a color guide**. 2th ed. Manson publishing, UK.

Burelle, N.K. and E. N. Roskopf. 2012. Susceptibility of several common subtropical weeds to *Meloidogyne arenaria*, *M. incognita* and *M. javanica*. **Journal of Nematology** 44 (2): 142-147.

- Callahan, F.E., J. N. Jenkins, R. G. Creech and G. W. Lawrence. 1997. Changes in cotton root proteins correlated with resistance to root knot nematode development. **The Journal of Cotton Science** 1: 38-47
- Carneiro, R.M.D.G., C.B.G. Gomes and R.G. Carneiro. 2007a. Management strategies of *Meloidogyne mayaguensis* the major root-knot nematodes parasitizing guava in Brazil. **Genéticose Biotecnologia** : 70849-979.
- _____, P.A. Ciroto, A.P. Quintanilha, D.B. Silva and R.G. Carneiro. 2007b. Resistance to *Meloidogyne mayaguensis* in *Psidium* spp.accessions and their grafting compatibility with *P. guajava* cv. paluma. **Fitopatologia Brasileira** 32 (4): 281-284.
- Castillo, P., N. Vovlas, S. Subbtin and A. Troccoli. 2003. A new root-knot nematode *Meloidogyne baetica* n. sp. (nematode: heteroderidae) parasitizing wild olive in southern spain. **Nematology** 93 (9): 1093-1102.
- Castro, C.E., N.O. Belser, H.E. Mckinney and I.J.Thomason. 1990. Strong repellency of the root knot nematode, *Meloidogyne incognita* by specific inorganic ions. **Journal of Chemical Ecology** 16 (4): 1199-1205.
- Chitwood. 1949. *Meloidogyne incognita*. **Meloidogyne incognita Species page**. Available Source: <http://nematode.unl.edu/mincog.htm>, May 6, 2011.
- Das, S., D.A. Demason, J.D. Ehlers, T.J. Close and P.A. Roberts. 2008. Histological characterization of root-knot nematode resistance in cowpea and its relation to reactive oxygen species modulation. **Journal of Experimental Botany** 59 (6): 1305–1313.
- Eisenback, J.D., H. Hirschmann, J.N. Sasser and A.C. Triantaphyllou. 1981. A guide to the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) with a pictorial key. **National Meloidogyne Project**. USA.

- El-Agamy, S.Z.A., M.M. El-Azzouni and A.M. Badawi. 1976. Variability in fruit Characters among guava seedlings in Egypt. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 89: 249-250.
- El-Borai, F.E and L.W. Duncan. 2004. Nematode parasites of subtropical and topical fruit tree crops: **Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture**. chapter 12: 467-492.
- Giebel, J. 1974. Biochemical mechanisms of plant resistance to nematode: a review. **J. Nematol** 6 (4): 175-184.
- González-Gaona, E., J.S. Padilla-Ramírez, J. Lozano-Gutiérrez, M.P. España-Luna, R.Velásquez-Valle, G. Gallegos-Morales and M. Cepeda-Siller. 2008. Evaluation of mexican guava germplasm Against root knot nematodes. **Acta Horticulturae** 849.
- Hashmi, G., R.N. Hauettel, F.A. Hammerschlag and L.R. Kurusberg. 1994. Optimal levels of *Meloidogyne incognita* inoculum for infection of tomato and in vitro. **J. Nematol** 26 (4): 531-534.
- Hussey, R.S and G.J.W. Janssen. 2002. Root-knot nematode: *Meloidogyne* species, pp. 43-70. In J.L. Starr, R. Cock and J. Bridge, eds. **Plant Resistance to Parasitic Nematode**. CABI Publishing, UK.
- Jacquet, M., M. Bongiovanni, M. Martinez, P. Verschave, E. Wajnberg and P. Castagnone-Sereno. 2005. Variation in resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato genotypes bearing the Mi gene. **Plant Pathology** 54: 93– 99.
- Jansen, H., I.S. Cook and Bridge. 2002. **Plant resistance to parasitic nematodes**. CABI Publishing, UK.

- Jatala, P., R. Kaltenback and M. Bocangel. 1979. Biological control of *Meloidogyne incognita* *acrita* and *Globodera palida* on potatoes. **J. Nematol** 11: 303.
- Karssen, G. and M. Moens. 2006. Effects of *Meloidogyne* on host susceptibility, pp. 87 In R. Perry and M. Moens., eds. **Plant Nematology**. CABI Publishing, UK.
- Khan, H., R. Ahmad, A.S. Akhtar, A. Mahmood, T. Basit and T. Niaz. 2000. Effect of inoculum density of *Meloidogyne incognita* and plant age on the severity of root-knot disease in tomato. **International Journal of Agriculture & Biology** 2 (4): 360-363
- Kim, Y.H., K.S. Kim and R.D. Riggs. 1986. Morphological characteristics of Syncytia in susceptible host Infected by the soybean cyst nematode. **Cytology and Histology** 76: 913-917.
- Kofoed and White. 1919. *Meloidogyne incognita* species page. Available Source: <http://nematode.unl.edu/mincog.htm>, May 6, 2011.
- Maleita, C.M.N., R.N.H.C. Curtis, S.N.J. Powers and M.O. Abrantes. 2012. Inoculum levels of *Meloidogyne hispanica* and *M. javanica* affect nematode reproduction and growth of tomato genotypes. **Phytopathologia Mediterranea** 51 (3): 566-576.
- Mani, A. 1988. Studies on the bacterial parasite *Pasteuria penetrans*: I. Spore viability after storage: II. Culture on citrus nematode *Tylenchulus semipenetrans*. **International Nematology Network Newsletter** 5: 24-25.
- Mankau, R. 1980. Biological control of nematode pest by natural enemies. **Ann. Rev. Phytopath.** 18: 415-440.
- Mckenry, M.V. and S.A. Anwar. 2007. Virulence of *Meloidogyne* spp. and induced resistance in grape rootstocks. **J. Nematol** 39 (1): 50-54.

- Mcsorley, R. and J.L. Parrado. 1982. Spatical arrangement of nematodes around four species of tropical fruit trees. **Nematropica** 12 (2): 247-255.
- Melero, T., J. Molina and A. Casassa-Padron. 2003. Morphological description of selection of *Psidium Guajava* L. tolerant and *Psidium friedrichsthalianum*(Berg.) nied resistant to *Meloidogyne incognita* in Zulia state Venezuela. **Agron(LUZ)** 20: 478.
- _____. 2008. Avances en el estudio genetico de la resistencia de cultivares de *Psidium spp.* a *Meloidogyne spp.* en un bosque seco tropical. **Acta Horticulturae** 849.
- Milan, A.R. 2007. Breeding of *Psidium* species for root knot nematode resistance in Malaysia. **Acta Horticulturae** 735: 61-69.
- _____. 2008. Collection and evaluation of guava (*Psidium guajava* L.) for nematode resistance in Malaysia. **Acta Horticulturae** 849.
- Miranda, G.B., R.M. Souza and A.P. Viana. 2010. Assessment of methods and criteria for screening *Psidium* spp. for resistance to *Meloidogyne enterolbii*. **Nematologia Brasileira** 34 (4): 211-219.
- Olowe, T. 2010. Variation in virulence of *Meloidogyne incognita* race 1, 2, 3, and 4 on cowpea genotypes. **European Journal of Scientific Research** 43 (3): 340-350.
- Pommer, C.V. and K.R.N. Murakami. 2009. Breeding guava (*Psidium guajava* L.), pp. 83-120. In S.M. Jain and P.M. Priyadarshan, eds. **Breeding Plantation Tree Crop**. Springer Science, USA.
- Rajput, K.S., G.V. Sanghi, R.D. Koyani and K.S. Kao. 2009. Anatomical changes in the stems of *Azadirachta indica* (Meliaceae) infected by pathogenic fungi. **J. IAWA** 30 (1): 27-36.
- Rahman, L. 2003. Root knot diseases and its control. **NSW Agriculture: Agfact AB** 1: 1-10.

- _____, M. Abd, Y. Najah and M.B. Kmikalsum. 2008. Preliminary screening for *Meloidogyne incognita* resistance in selected Psidium species. **Journal Tropical Agriculture and Food Science** 36 (2): 197- 204.
- Rich, J.R., J.A. Brito, R. Raur and J.A. Ferrell. 2008. Weed species as hosts of *Meloidogyne*. **Nematropica** 39: 157-185.
- _____, J., J. Brito, J. Ferrell and R. Kaur. 2010. Weed hosts of root-knot nematodes common to Florida. University of Florida, **ENY**: 60.
- Roberts, P.A. 1992. Current status of the availability development and use of host plant resistance to nematode. **J. Nematol** 24 (2): 213-227.
- Sánchez-Urdaneta, A.B., C. Colmenares, D. Esparza, M. Marin and Z. Viloria. 2010. Root growth and development of 'Cas' guava (*Psidium friedrichsthalianum* berg-nied.) seedlings during nursery stage, pp.369-374. In W. Rohde and G. Fermin, eds. **Proceeding of the second international symposium on guava and other Myrtaceae**. ISHS, Acta Hort. 849.
- Sano, Z. and H. Iwahori. 2005. Regional variation in pathogenicity of *Meloidogyne incognita* populations on sweetpotato in Kyushu Okinawa, Japan. **Japanese Journal of Nematology** 35 (1): 1-12.
- Sasser, J.N. and C.C. Carter. 1985. **An Advanced Treatise on Meloidogyne** Vol. 1. North Carolina State University, North Carolina.
- Sayre, R.M. and W.P. Wergin. 1977. Bacterial parasite of a plant nematode morphology and Ultrastructure. **J. Bacteriol** 129: 1091-1101.

- Sherif-El, A.G., A.R. Refaei, M.E. El-Nagar and H.M.M. Salem. 2007. The role of eggs inoculum level of *Meloidogyne incognita* on their reproduction and host reaction. **African Journal of Agricultural Research** 2 (4): 159-163.
- Starr, J.L. and P.A. Roberts. 2004. Resistance to plant-parasitic nematodes, pp. 779-880. *In* Z.X. Chen, S.Y. Chen and D.W. Dickson, eds. **Nematology-advances and perspectives vol. II: nematode management and utilization**. CABI publishing, UK.
- Sun, Q., T.L. Rost and M.A. Matthews. 2006. Pruning-induced tylose development in stems of current-year shoot of *Vitis vinifera* (Vitaceae). **American Journal of Botany** 93 (11): 1567–1576.
- Taylor, A.L. and J.N. Sasser. 1987. **Biology identification and control of root-knot nematode (Meloidogyne Species)**. North Carolina State University, North Carolina.
- Thaipong, K. and U. Boonprakob. 2005. Genetic and environmental variance components in guava fruit qualities. **Sci Hort** 104: 37- 47.
- Thorn, R.G. and G. L. Barron. 1984. Carnivorous mushroom. **Science**. 244: 76-78
- YE, H., W.Wen-jun, L.Guo-jie, Z. Li-xin and J. Ke-gong. 2009. Resistance mechanisms of *Prunus* rootstocks to root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. **Journal of Fruits** 64 (5): 295-303.
- Yu, M.H. 1995. Root-Knot nematode development and root gall formation in sugar beet. **Journal of Sugar Beet Research** 1 (32): 47-58.

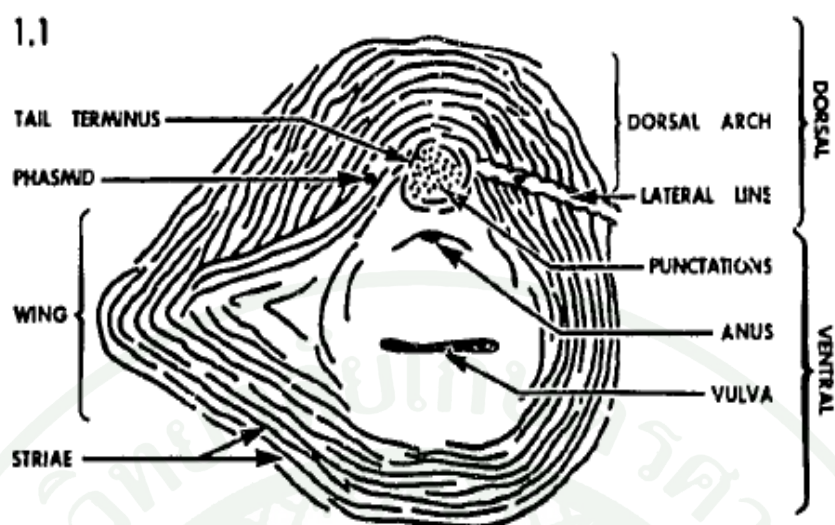


ตารางผนวกที่ 1 ข้อมูลจำนวนต้น 100 ต้น (ไม่รวม 20 ต้นของกรรมวิธีความคุม) เพื่อประเมินความแปรปรวนของฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ได้จากลูกผสมเปิด ที่ 60 วัน หลังการปลูกเชื้อ ด้วยไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น

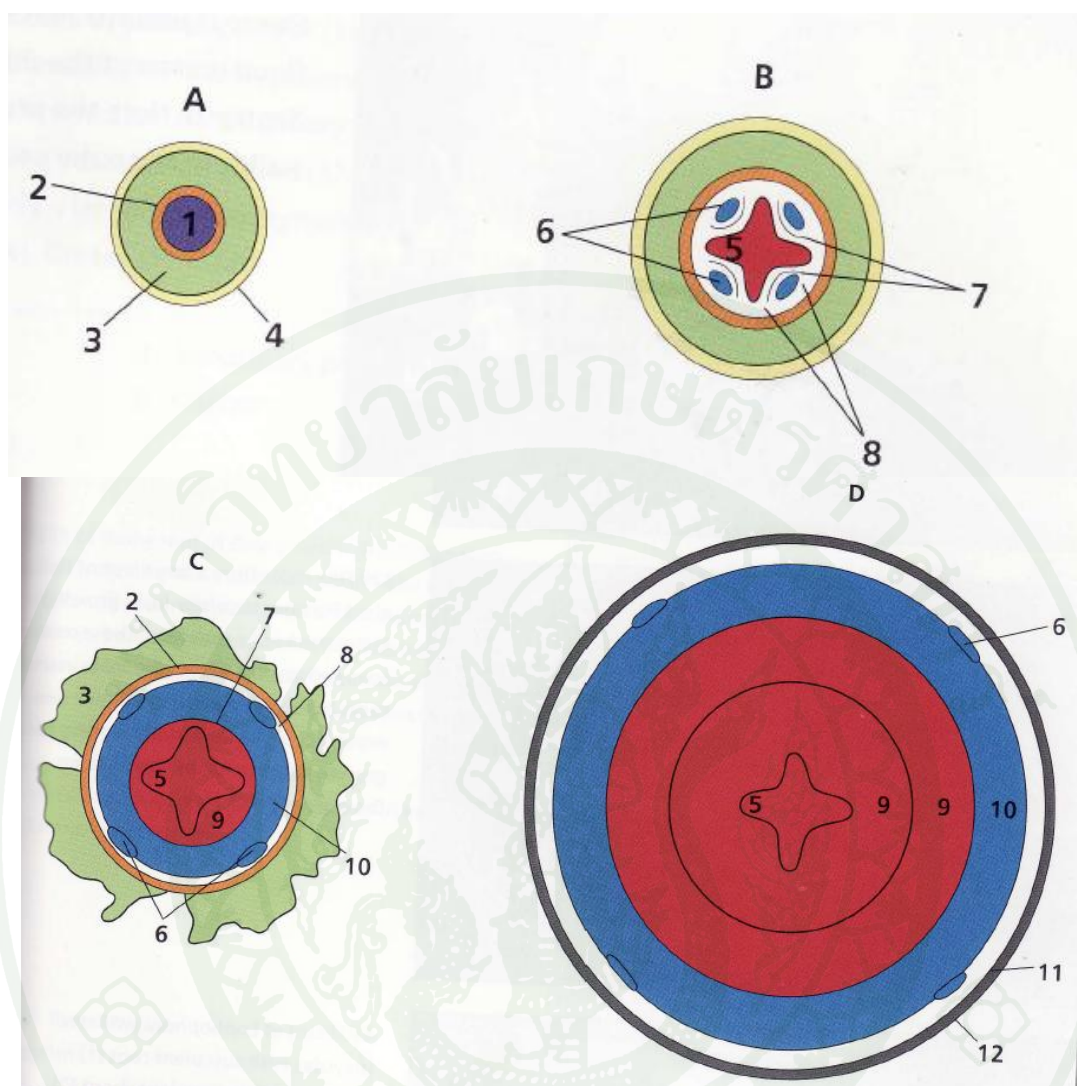
จำนวน ต้น	จำนวน ปม	จำนวน ต้น	จำนวน กลุ่มไข่	จำนวน ต้น	อัตราฟัก ตัวอ่อน
13	0-40	23	0-40	33	0-40
10	41-80	26	41-80	26	41-80
21	81-120	26	81-120	27	81-120
20	121-160	11	121-160	14	121-160
10	161-200	10	161-200		161-200
4	201-240	2	201-240		201-240
9	241-280	2	241-280		241-280
6	281-320		281-320		281-320
4	321-360		321-360		321-360
1	361-400		361-400		361-400
1	401-440		401-440		401-440
1	441-480		441-480		441-480

ตารางผนวกที่ 2 ข้อมูลจำนวนต้น 100 ต้น (ไม่รวม 20 ต้นของกรรมวิธีความคุม) เพื่อประเมินความแปรปรวนของฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1' ที่ได้จากลูกผสมเปิด ที่ 60 วัน หลังการปลูกเชื้อ ด้วยไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* จำนวน 400 ตัวต่อต้น

จำนวน ต้น	ความสมบูรณ์ ระบบราก	จำนวน ต้น	ความสูงหลังปลูกเชื้อ (เซนติเมตร)	จำนวน ต้น	นน.รากสด (กรัม)
0	0	9	20-30	19	0-2.00
10	1	34	31-40	69	2.01-4.00
44	2	50	41-50	10	4.01-6.00
45	3	7	51-60	2	6.01-8.00
1	4				



ภาคผนวกที่ 1 Perineal pattern model. Source: Eisenback *et al.* (1981)



ภาคผนวกที่ 2 A-D ไคอะแกรม พัฒนาการของรากพืชใบเลี้ยงคู่

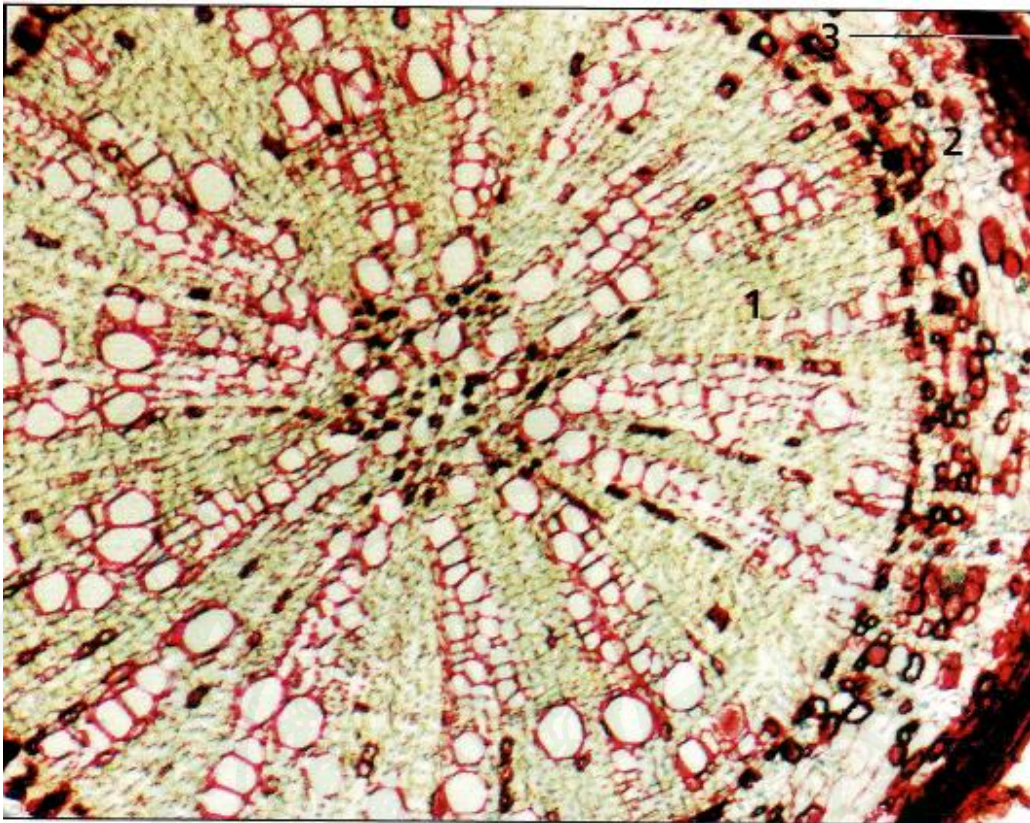
1 = procambium 2 = endodermis 3 = cortex 4 = epidermis

5 = primary xylem 6 = primary phloem 7 = vascular

8 = pericycle 9 = secondary xylem 10 = secondary phloem

11 = cork cambium และ 12 = cork layer

ที่มา: Bowes and Mauseth (2008)



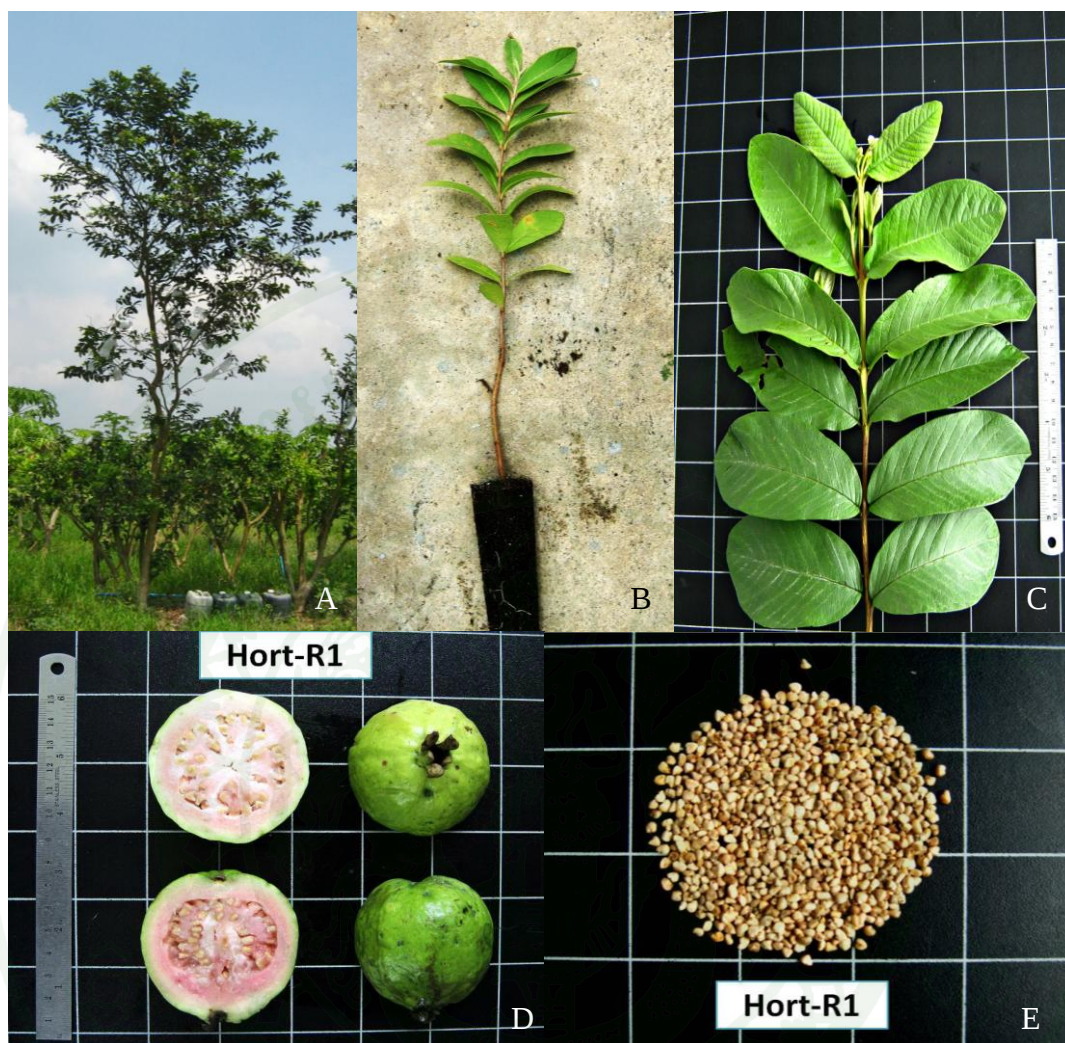
ภาคผนวกที่ 3 ลักษณะรากพืชของต้น *Tilia cordata* ที่มีการเจริญขึ้นที่สองของราก

1 = secondary xylem

2 = secondary phloem

3 = cork

ที่มา: Bowes and Mauseth (2008)



ภาคผนวกที่ 4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1'

- A คือ ลักษณะทรงต้น
- B คือ ต้นกล้าจากการเพาะเมล็ดอายุประมาณ 4 เดือน
- C คือ ลักษณะกิ่งและการเรียงตัวของใบ
- D คือ ลักษณะผลและเนื้อในฝรั่ง
- E คือ เมล็ดฝรั่งพันธุ์ 'KU-GUARD No.1'

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาว อรพินท์ ทองอร่าม
วัน เดือน ปี ที่เกิด	7 ธันวาคม 2529
สถานที่เกิด	จังหวัดสระบุรี
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	พนักงานราชการ ตำแหน่ง นักวิชาการเกษตร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-