

589.79

๕ ๑๓ ก

๑. ๕

การศึกษาลักษณะกายวิภาคของมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยวซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย

Pseudomonas solanacearum

ปริณามินท์

ของ

ยงยุทธ ศิริธำธรกุล

๑๑ พ.ค. ๒๕๓๕

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตร

ปริญญาการศึกษาตามแบบวิชา

ตุลาคม ๒๕๒๗

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

178729

การศึกษาลักษณะทางวิภาคของมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยวซึ่งเกิดจาก

เชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum

บทคัดย่อ

ของ

ยงยุทธ ธีรธำธรรมกุล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

ตุลาคม 2527

การศึกษาทางวิทยาของมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยวอันเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanaccarum ได้กระทำโดยการทดลอง ใต้โรคเชื้อ Pseudomonas solanacearum ให้แก่ มะเขือเทศที่มีอายุ 7 วัน หลังจากนั้นได้ทำการเก็บส่วนต่าง ๆ ของพืชในอายุต่าง ๆ กัน มาตัดเป็น แผ่นบาง ย้อมสีแล้วตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ ผลการศึกษาพบว่า

ในรากพบแบคทีเรียสฟอกเกิดเกิดขึ้นได้ขึ้นเซลล์ผิวเป็นวงโคจรรอบราก เมื่อมะเขือเทศมีอายุ 13 วัน พบแบคทีเรียเป็นกลุ่มในเซลล์ของระบบลำเลียงของรากเมื่อพืชมีอายุ 19 วัน เมื่อพืชอายุได้ 25 วัน พบว่า แบคทีเรียได้กระจายเข้าสู่เซลล์ชั้นคอร์เท็กซ์ และเข้าสู่เซลล์ของระบบลำเลียง โดยเฉพาะในไซเลมเวสเซล จะพบแบคทีเรียเป็นกลุ่มอัดแน่นเต็มช่องว่างของเซลล์ เมื่อพืชอายุได้ 34 วัน พบแบคทีเรียกระจายเข้าไปทั่วระบบของราก

ในลำต้นจะพบแบคทีเรียสฟอกเกิดขนาดเล็กในชั้นคอร์เท็กซ์และรอบ ๆ ไซเลมเวสเซล เมื่อ มะเขือเทศมีอายุได้ 19 วัน และเมื่อพืชอายุ 22 วัน พบแบคทีเรียในระบบลำเลียง เมื่อพืชอายุ 25 วัน พบแบคทีเรียเต็มเซลล์ท่อน้ำท่ออาหาร และเกิดเมอริสเทมของรากพิเศษขึ้นตรงด้านนอกของมัด ท่อน้ำท่ออาหาร เมื่อพืชอายุ 34 วัน พบว่าเกิดการสลายตัวของเมอริสเทมของรากพิเศษในเซลล์ชั้นคอร์เท็กซ์

ส่วนในใบนั้นพบว่าใบจะเริ่มเหี่ยว เมื่อพืชมีอายุได้ 16 วัน อายุได้ 19 วัน พบแบคทีเรีย ในกลุ่มเซลล์บันเดิลชีท และเซลล์พาเรนไคมาในชั้นฟองน้ำ อายุ 25 วันพบแบคทีเรียในระบบลำเลียง อายุ 28 วัน พบแบคทีเรียกระจายเข้าไปในชั้นพาโลเลก อายุ 34 วันพบแบคทีเรียกระจายอยู่ทั่ว เนื้อเยื่อของใบ และพบว่าการสลายตัวของเซลล์ชั้นมีโซฟิล และเกิดช่องว่างใหญ่ขึ้นทั่วไป

ไม่มีความแตกต่างในทางกายวิภาคของโครงสร้างของเซลล์และเนื้อเยื่อของราก และ ลำต้นระหว่างพืชปกติ (กลุ่มควบคุม) กับพืชที่เป็นโรค แต่พบว่าพืชที่เป็นโรคมีแบคทีเรียอยู่มาก ในเซลล์โดยเฉพาะเซลล์ท่อน้ำท่ออาหาร และมีรากพิเศษเกิดขึ้นในบริเวณลำต้น ส่วนในใบนั้นพบว่า ในระยะที่พืชใกล้จะตาย จะมีการสลายตัวของเซลล์ชั้นมีโซฟิลเกิดเป็นช่องว่างใหญ่ทั่วไป

A STUDY ON THE ANATOMY OF TOMATO
WITH BACTERIAL WILT DISEASE,
PSEUDOMANAS SOLANACEARUM

AN ABSTRACT

BY

YONGYUTH SATTATUMGUL

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree
at Srinakharinwirot University
October 1984

Anatomical study of tomato plants infected with Bacterial Wilt disease Pseudomonas solanacearum was made experimentally. Tomato plants were innoculated with Pseudomonas solanacearum at the age of 7 days. Plant parts collected at different ages were sectioned, stained and examined with compound microscope. The following results were obtained.

In root, bacterial pockets were found, under the epidermis at the age of 13 days. At the age of 25 days, the bacteria invaded the cortex and the vascular system especially the vessels were found to be filled with bacteria. The whole root system of plants were infected with bacteria at the age of 34 days.

In stem, a small bacterial pockets were found in the cortex and in cells around the vascular tissue at the age of 19 days. When the plant was 22 days of age, the bacteria were found in vascular tissue. The xylem vessel were filled with bacteria and adventitious root's meristems originated beside the vascular tissue when the plant was 25 days old. The degradation of chloroplasts in the cortex of stem occurred at 34 days of age.

Wilting of the leaves began at the age of 16 days but bacteria in bundle sheath and in spongy parenchyma were found at the age of 19 days. The invasion of bacteria into the xylem tissue occurred at the age of 25 days. At the age of 28 days, the invasion expanded into the palisade tissue. At the age of 34 days the bacteria were found in all tissue of leaves in association with degradation of mesophyll cells forming many large cavities.

No difference in anatomy and structure of cells and tissues of root and stem between the normal plants (control group) and the infected plants was observed, except that the infected plants were found to have bacteria especially in the cells of vascular tissue and to produce adventitious roots along the stem. The other difference was the degradation of the cells of the leaves forming the large cavities all over the leave's tissue before the dying of the infected plant.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำคณะนิติและคณะกรรมการสอบ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษากฎหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา

... ..เสวิมสันไฉริชญาประธาน

... ..ดร.ดร.กรรมการ

คณะกรรมการสอบ

เสวิมสันไฉริชญาประธาน

... ..ดร.ดร.กรรมการ

เสวิมสันดร.กรรมการ

ประกาศนุญการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้โดยได้รับความช่วยเหลือ คำแนะนำ และตรวจแก้ไข
จากอาจารย์เสริมสัน กิรวิวัฒนา และ รองศาสตราจารย์สาคร ตรีนันทวัน ผู้เขียนขอกราบ
ขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้งสองไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คุณสมชัย เบนจตุราธิกุล กองวิจัยโรคหีบ และเจ้าหน้าที่กองช่างสวน
กรมวิชาการเกษตร ที่ได้มอบข้อมูลเบื้องต้น และเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการทดลอง

ผู้วิจัยขอขอบรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา และ รองศาสตราจารย์สมศักดิ์ แสนสุข
ที่ได้ให้การสนับสนุนการศึกษาโดยตลอด ขอขอบคุณเพื่อนและน้อง ๆ ที่ได้มีส่วนช่วยเหลือให้
ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขจรฤทธิ์ ธีระธำมรรณกุล

สารบัญ

บทที่

หน้า

1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	จุดมุ่งหมายของการศึกษา	3
	ความสำคัญของการศึกษา	3
2	เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะเขือเทศ	4
	ลักษณะและคุณสมบัติของเชื้อแบคทีเรีย	4
	การจําแนกเชื้อแบคทีเรีย	5
	ลักษณะอาการของมะเขือเทศซึ่งเป็นโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย	6
	ขบวนการต่าง ๆ ที่เชื้อแบคทีเรียทำให้มะเขือเทศแสดงอาการเหี่ยว	6
	การเข้าสู่ต้นมะเขือเทศของเชื้อแบคทีเรีย	7
3	วิธีดำเนินการศึกษากันคว้า	9
	วัสดุในการศึกษา	9
	วิธีการศึกษา	9
4	ผลการศึกษา	11
	การแสดงอาการของมะเขือเทศ	11
	กายวิภาคของลำต้นมะเขือเทศตั้งแต่เพาะเชื้อจนถึงแสดงอาการในระยะ ต่าง ๆ กัน	11
	กายวิภาคของรากมะเขือเทศตั้งแต่เพาะเชื้อจนถึงแสดงอาการในระยะ ต่าง ๆ กัน	14
	กายวิภาคของใบมะเขือเทศตั้งแต่เพาะเชื้อจนถึงแสดงอาการในระยะ ต่าง ๆ กัน	17

5 บทย่อ สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	19
บทย่อ	19
สรุปผลการศึกษา	19
อภิปรายผล	21
การแสดงอาการให้ขบถของมะเขือเทศ	21
การวิเคราะห์ผลมะเขือเทศ	22
ข้อเสนอแนะ	24
บรรณานุกรม	25
ภาคผนวก	30

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

- 1 ลักษณะต้นมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยวซึ่งเกิดจากแบคทีเรีย 31
- 2 ลักษณะต้นมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยวซึ่งเกิดจากแบคทีเรีย 32
- 3 เนื้อเยื่อภายในลำต้นมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยว 33
- 4 ลำต้นมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยวแสดงรากพิเศษ 33
- 5 ลำต้นมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยว แสดงรากพิเศษที่งอกออกจากลำต้น . 34
- 6 ลำต้นมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยว แสดงลักษณะของ Callus ของ .
Root primordia 35
- 7 ลำต้นมะเขือเทศกลุ่มควบคุมอายุ 19 วัน 36
- 8 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum .
อายุ 19 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกิดในโนดอร์เทกซ์ 36
- 9 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ..
อายุ 22 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกิดในกุ่มเซลล์เมื่อเปิดลำเลียง . 37
- 10 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 22 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกิดรอบไซเลมเวสเซลล์ 37
- 11 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 22 วัน แสดงเซลล์รอบไซเลมเวสเซลล์ที่มีแบคทีเรีย และกลุ่มเซลล์
เมอริสเต็ม 38
- 12 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 22 วัน แสดงรากพิเศษจากกลุ่มท่อน้ำ ท่ออาหาร 38
- 13 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 25 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกิดในคอร์เทกซ์ขยายขนาดใหญ่ขึ้น . 39
- 14 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 25 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกิดรอบ ๆ ไซเลมเวสเซลล์ 39

- 15 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 28 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกศขยายขนาดใหญ่ขึ้นในชั้นคอร์เท็กซ์ 40
- 16 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 28 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกศรอบ ๆ กลุ่มไขเค็ม 40
- 17 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 37 วัน แสดงแบคทีเรียแทรกตัวเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์
ของกลุ่มเซลล์ท่อน้ำท่ออาหาร 41
- 18 รากกลุ่มควบคุม อายุ 16 วัน 41
- 19 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 13 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกศรอบวงใต้ชั้นเซลล์คิวตินคอร์เท็กซ์ 42
- 20 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 16 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกศภายในระบบลำเลียงของราก
แขนง 42
- 21 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 19 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกศของระบบลำเลียงของรากแขนง 43
- 22 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 28 วัน แสดงระบบลำเลียงของรากแขนงที่ประกอบด้วยแบคทีเรีย 43
- 23 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 28 วัน แสดงจุดกำเนิดของระบบลำเลียงของรากแขนง 44
- 24 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 31 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกศที่ขยายขนาดใหญ่อ้อม ๆ
ไขเค็มเวกเซลล์ 44
- 25 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 34 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกศที่แทรกตัวอยู่รอบท่อลำเลียงน้ำ
ของรากแขนง 45

- 26 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 34 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกศขยายขนาดจนรากตัวเข้าไปในช่อง
ว่างของท่อลำเลียงน้ำ 45
- 27 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 34 วัน แสดงรากบนตรงรอยแตกของไซเลม และ
Infected cell 46
- 28 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 37 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกิดที่กระจายตัวเข้าไปใน
ไซเลมเรย์ บดเนื้อเมื่อผ่าเรนไคมาภายในกลุ่มหลอดเนื้อเยื่อลำเลียง 46
- 29 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ..
อายุ 37 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกิดในช่องว่างระหว่างกลุ่มเซลล์
ของท่อลำเลียงน้ำ 47
- 30 ใบมะเขือเทศในกลุ่มควบคุมอายุ 13 วัน 47
- 31 ใบมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ..
อายุ 13 วัน แสดงแบคทีเรียลรอบ ๆ ช่องว่างระหว่างเซลล์
พารานไคมา... 48
- 32 ใบมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 25 วัน แสดงเชื้อแบคทีเรียที่ฝังตัวในชั้นของมักเคิลเซลล์ 48
- 33 ใบมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 31 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกิดภายในเซลล์พารานไคมา 49
- 34 ใบมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum ...
อายุ 37 วัน แสดงแบคทีเรียลพอกเกิดขยายขนาดขึ้นในท่อไซเลม
และกระจายเข้าไปในชั้นมีทิลของใบ 49

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

มะเขือเทศจัดเป็นพืชที่ได้รับความเสียหายสูง นิยมปลูกกันมากในประเทศไทย แต่การปลูกมะเขือเทศมักมีปัญหาในเรื่องของโรคเสมอ (อนงค์ จันทร์เรีกุล 2516 : 279) โรคที่นับว่าสำคัญโรคหนึ่งของมะเขือเทศได้แก่ โรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย โรคนี้เข้าทำลายมะเขือเทศตั้งแต่ระยะงอกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว โรคที่เชื้อแบคทีเรียเข้าไปเจริญในท่อน้ำท่ออาหาร ทำให้ใบและอาหารไม่สามารถไปหล่อเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของลำต้นได้ ต้นมะเขือเทศจะมีอาการเหี่ยวอย่างรวดเร็ว และถึงตายในที่สุดถ้าไม่มีการป้องกันกำจัด (เสริมสิน ศิริวัฒนา 2513 : 1 , จีระเนม แฉ่มสว่าง 2521 , 23 , Walker. 1969 : 139)

โรคเหี่ยวของมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียนี้ นอกจากจะเป็นกับมะเขือเทศแล้วยังพบว่ามีพืชอื่น ๆ อีกมากกว่า 60 ชนิดเป็นโรคนี้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตระกูลขี้เหล็ก มะเขือ (Solanaceae) (ไพโรจน์ พวงสุวรรณ 2517 : 91 , Dowson. 1949 : 102 , Walker. 1969 : 129 , Agrios. 1978 : 473 , Sain Tien Hsu. 1980 : 38) ด้วยเหตุที่เชื้อโรคนี้สามารถทำลายพืชอื่น ๆ ได้ จึงมีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน (Walker. 1952 : 443) เช่น Southern bacterial wilt, crown rot ถ้าเป็นกับมันฝรั่ง bacterial wilt, bacterial ring disease, granville wilt ถ้าเป็นกับต้นยาสูบ (Walker. 1952 : 443, 1969 : 139)

ในสหรัฐอเมริกาเคยมีโรคโรไลนา ของลอริคา พบว่าในทวีปอเมริกา มะเขือยักษ์ มันฝรั่ง ถั่วลิสง เป็นโรคนี้นับมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งมะเขือเทศเป็นโรคนี้นานที่สุด และได้รับความเสียหายมากที่สุดด้วย (สถิต ปฐมรัตน์ 2515 : 2 Walker. 1969 : 139) นอกจากนั้นประเทศอินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ ยังพบว่า โรคนี้จะทำลายยาสูบและกล้วยได้อีกด้วย (เสริมสิน ศิริวัฒนา 2513 : 1 , Walker. 1952 : 443)

จากรายงานปรากฏว่าพบโรคนี้เกิดขึ้นกับมะเขือเทศเป็นครั้งแรกในประเทศไทยในปี

ค.ศ. 1882 ถูกรวบรวมงานว่าพบโรคนี้ในประเทศญี่ปุ่น อินเดีย ลังกา ออสเตรเลียเหนือ
แอฟริกาใต้ และซอลแกนค์ (Walker. 1969 : 169)

ประเทศไทยมีการค้นพบโรคเหี่ยวของมะเขือเทศ และยาสูบในปี ค.ศ. 1954
(อนงค์ จันทร์กรกุล 2501) ปัจจุบันพบโรคนี้แทบทุกแหล่งที่มีการปลูกมะเขือเทศ ยาสูบ และ
มันฝรั่ง (กรมส่งเสริมการเกษตร 2525 : 10 , Saranark and Chandrasrikul.
1980 : 36)

การศึกษาเรื่องราวของโรคเหี่ยวของมะเขือเทศอย่างจริงจังนั้น เริ่มในปี ค.ศ.
1896 โดย E.F. Smith ,พบว่าแบคทีเรีย ที่ทำให้เกิดโรคเหี่ยวเกิดจากเชื้อ
Pseudomonas solanacearum (Walker. 1969 : 123) ซึ่งแบคทีเรียที่อาศัยอยู่
ในดินโดยจะเข้าสู่ต้นพืชทางบาดแผลที่เกิดขึ้นในส่วนล่าง ๆ เช่น ใต้อาซงราก และลำต้นใต้ดิน
ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อพืช โดยที่เชื้อแบคทีเรียจะเข้าไปอยู่ในไซเลม สำหรับ
ต้นพืชที่ฉ่ำน้ำ เชื้อแบคทีเรียจะเข้าไปอยู่ในระหว่างคอร์เทกซ์กับไซเลม ทำให้เกิดช่องว่าง
(lysigenous cavity) ขึ้น ถ้าเชื้อเจริญเข้าไปในท่อน้ำท่ออาหารทั้งหมดของต้นพืชจะทำให้
ทั้งต้นเกิดอาการเหี่ยวขึ้น (เสริมสิน ศิริวัฒนา 2513 : 5 - 7 , Walker. 1952 :
443 - 444 , Walker. 1969 : 141 , Agrlos 1978 : 473)

การศึกษาเรื่องโรคเหี่ยวของมะเขือเทศซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรียในประเทศไทย ส่วน
ใหญ่ที่ศึกษาในด้านการคัดเลือ่มะเขือเทศที่มีความต้านทานต่อโรค และการป้องกันกำจัดโรคนี้ ส่วน
การศึกษาทางด้านกายวิภาคของมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยวซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย ยังไม่มี
ผู้ใดศึกษา

การทดลองนี้เพื่อศึกษาว่าเมื่อเพาะเชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum
ลงในมะเขือเทศในสภาพที่ปราศจากเชื้อแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ ในดินแล้ว เชื้อโรคนี้นี้จะก่อให้เกิดการ
เปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต้นมะเขือเทศได้อย่างไรบ้างตั้งแต่ระยะ 3 วัน หลังจากเพาะเชื้อ
แบคทีเรียจนกระทั่งถึงอาการเหี่ยวตายในที่สุด วันจะนับเวลาทางอย่างหนึ่งสำหรับการพิสูจน์
โรคเหี่ยวของมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย เพื่อประโยชน์ทางด้านป้องกันกำจัด และ
การกำจัดพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวทางด้านกรมการเกษตรต่อไป

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

เพื่อศึกษาลักษณะกายวิภาคของแนวเนื้อเยื่อภายในลำต้นของมะแว้งเทศระหว่างที่เป็นโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย

ความสำคัญของการศึกษา

ผลจากการศึกษาทำให้ทราบถึง

ลักษณะกายวิภาคของราก ลำต้น และใบของมะแว้งเทศที่เชื้อแบคทีเรียเข้าทำลายในระยะเวลาต่าง ๆ กัน เพื่อจะได้เป็นแนวทางในด้านการกักกันโรคมะแว้งเทศที่มีความต้านทาน ตลอดจนวิธีการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของมะแว้งเทศที่มีประสิทธิภาพต่อไป

เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะเขือเทศ

มะเขือเทศมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ Lycopersicon esculentum. Mill. จัดอยู่ในตระกูล Solanaceae (Kroott. 1949 : 260 ,Lawrence. 1951 : 693 , Bailey. 1953 : 1931 , Anong 1962 . ๙) มะเขือเทศเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ และเป็นพืชเถาเลื้อย ลำต้นสูงประมาณ 1 - 2 เมตร (เทอดจ. เจริญวัฒนา 2504 : 14) มีระบบรากแก้วที่แข็งแรง รากแขนงแตกออกตามแนวเลื้อย สำหรับการย้ายปลูกรากแก้วจะขาด และจะเกิดรากแขนงขึ้นมาใหม่ เจริญอยู่ในระดับต่ำกว่าผิวดินประมาณ 2 - 10 นิ้ว (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 2520 : 495 , Hawthorn. 1954 : 444)

ลำต้นของมะเขือเทศมีลักษณะกลมอ่อน เปราะ ตั้งตรง มีขนปกคลุม เมื่อลำต้นสูงประมาณ 1 - 2 ฟุต จะเริ่มทอกลงสู่ดิน ฟูยอกขึ้น ลำต้นที่สัมผัสกับดินจะเลื้อยพันตามดิน ลำต้นที่เกาะเกี่ยวเป็นเหลี่ยม ใบเป็นใบรวมประกอบด้วยใบย่อย 7 - 9 ใบ ใบคู่แบบตรงยาว (odd pinnate) ด้านบนใบมีสีเขียวเข้ม ด้านด้านล่างสีจางกว่าเล็กน้อย ผิวใบปกคลุมใบทั้งสองด้าน ขอบใบหยัก (เทอดจ. เจริญวัฒนา 2504 : 14 , Bailey. 1953 : 193) รากออกเป็นข้อ ปลายดอกประกอบด้วยก้านดอกใหญ่ มีก้านดอกย่อยแยกออก ข้างใต้ใบ รากตรงข้าม แต่ละดอกจะมีดอกประมาณ 3 - 8 ดอก แต่ละดอกประกอบด้วยเกสรตัวผู้ 5 อัน มีคัมเบรียเป็นรูปกรวยหุ้ม รอบข้างเกสรตัวเมียที่อยู่ 1 อัน กลีบเลี้ยงมี 5 - 10 กลีบ ขยายลงกลีบเลี้ยงจะขยายใหญ่ขึ้นเมื่อมะเขือเทศติดผล กลีบดอกมี 5 กลีบ เรือนมากกว่า กลีบเป็นหลอดสี่เหลี่ยม เมื่อดอกบานกลีบจะโค้งงอ (Hawthorn. 1954 : 444) ขนาดของผลแตกต่างกันตามพันธุ์ มีขนาดเล็กตั้งแต่ผลเล็ก ๆ จนกระทั่งถึงผลขนาดใหญ่ รูปร่างจากยาวจนถึงสั้นอาจมีรูปกลม รูปกลมรี หรือเป็นรูปไข่ เป็นต้น (The Reader's Digest Association. 1973 : 705)

ลักษณะและคุณสมบัติของเชื้อแบคทีเรีย

เชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum รูปร่างลักษณะเป็นท่อนรูปทรงกระบอก

ยาวประมาณ 0.5 - 1.5 ไมครอน เคลื่อนที่โดยใช้แฟลเจลลัมซึ่งมีเพียง 1 เส้น ไม่สร้างสปอร์ ไม่
มีปลอกหุ้ม เป็นพวกที่ต้องการอากาศในการเจริญ และไวต่ออุณหภูมิรอบ โคลิฟอร์มที่ขึ้นบนอาหารเลี้ยง
เชื้อจะมีลักษณะค่อนข้างกลม ผิวของโคลิฟอร์มเรียบเป็นมัน สะท้อนแสง สีขาวอมเขียว จนถึง
สีครีมอ่อน ๆ และถ้าจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจนกระทั่งดำ (เบรจสัน คีรีวัฒนา 2513 .

4 , จีรเดฟ บังสว้าง 2521 : 124 , Dowson. 1949 : 13 , Walker.
1952 : 443 , Mehrotra 1980 : 642) อุณหภูมิที่เชื้อสามารถเจริญได้ดีที่สุด
ที่ 35 - 37 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดที่เชื้อเจริญได้ที่ 41 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดที่
เชื้อเจริญได้ที่ 10 องศาเซลเซียส (Brood, Murray and Smith. 1957 : 88)

การเจริญที่ช้าของอาหารเหลวมีลักษณะเป็นวงขาวขุ่นผิว และอาหารขุ่นเล็กน้อย
(เบรจสัน บังสว้าง 2519 : 27 , Brood, Murray and Smith 1957 : 88) ใน
อาหารที่สามารถเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเป็นในอัตราที่ไม่สามารถมองเห็นการเกิด ไม่เกิดปฏิกิริยา
และสามารถใช้ประโยชน์จากกลูโคส ซูโครส กลีเซอรอล โพรพิลีนไกลคอล เปปไทด์ ไทโรซีน
และสารอื่น ๆ และกรดกลูตามิก ไม่ค่อยพบขบวนการ (Brood, Murray and Smith.
1957 : 88)

โคลิฟอร์มที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวใช้เทคนิคเฉพาะในแก้วหลอดรูปรี (tetrastium
chloride, 250) ซึ่ง จะกล่าวถึงภายหลัง และพบว่าอุณหภูมิการเจริญประมาณ 2 - 4 มิลลิเมตร
ผิวเรียบค่อนข้างกลม สีขาว ครึ่งกลางมีสีเข้ม (เบรจสัน บังสว้าง 2519 : 28 ,
Belmar. 1974 : 69 , Nesmith and Jekel. 1970 : 102)

การจำแนกโดยใช้ปฏิกิริยา

จำแนกตาม Bergey's Manual of Determinative Bacteriology
(Buchanan and Gibbons. 1974 : 217)

Class Schizomycetes

Order Pseudomonadales

Family Pseudomonadaceae

Genus Pseudomonas

Species solanacearum

ลักษณะอาการของมะเขือเทศซึ่งเป็นโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย

บนต้นมะเขือเทศ อาการเริ่มแรกของต้นที่เป็นโรค ใบที่อยู่ส่วนล่าง ๆ ของลำต้นจะห้อยปรกลงก่อนที่จะเกิดอาการเหี่ยวขึ้น ใบมีสีเหลืองเล็กน้อย และใบอ่อนจะเหี่ยว ตอนแรกอาการเหี่ยวจะเป็นเฉพาะกลางวันที่อากาศร้อนจัด ต่อมาอาการเหี่ยวของมะเขือเทศจะปรากฏอยู่ตลอดเวลาจนเหี่ยวตลอดทั้งวันในที่สุด อาการเหี่ยวจะลามไปถึงยอด ใบแก่ตอนล่าง ๆ จะมีสีเหลืองซีด เส้นแกนใบจะขยายตัวตามยาวเป็นผลให้ขอบใบปรกลงด้านล่างกลายรวม ใบจะมีลักษณะเป็นเช่นนี้ แล้วจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแห้งไปก็ตาม ใบที่เหลืองหากเป็นเวลาที่อากาศร้อนจัด ส่วนริมขอบใบอาจแห้งกรอบและหลุดร่วงจากใบได้ ตามลำต้นมีการสร้างรากพิเศษออกจากเนื้อเยื่อของเซลล์ที่น้ำที่อาหารที่ถูกทำลาย ลำต้นมะเขือเทศจะแตกแตร (เสริมสินศิริวัฒนา 2513 : 5, Walker. 1969 : 139) ถ้าถอนต้นพืชที่เป็นโรคขึ้นมาเพื่อตรวจสอบดูลักษณะของรากและลำต้นใต้ดิน จะพบว่าลักษณะภายนอกเปื่อยปรกตั้งแต่ถ้าตัดลำต้นตามขวางดูจะเห็นเป็นวงแหวนสีน้ำตาล และเนื้อเยื่อบริเวณที่น้ำที่อาหารของพืชจะมีเมือกของแบคทีเรียเยิ้มออกมา (จิระเดช แจ่มสว่าง 2521 : 123, กรมส่งเสริมการเกษตร 2525 : 10, Walker. 1969 : 139, Agrios. 1978 : 143) โดยตอนแรกเมือกจะมีสีขาว ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีเทาหรือดำ ส่วนแกนของลำต้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเช่นกัน อาการเหี่ยวและการตายมักจะเกิดขึ้นร่วมกัน (สถิต ปรุมิตร 2513 : 5, Walker. 1952 : 443)

ขบวนการต่าง ๆ ที่เชื้อแบคทีเรียทำให้มะเขือเทศแสดงอาการเหี่ยว

ภายหลังจากเชื้อแบคทีเรียเข้าสู่ต้นมะเขือเทศจะเข้าไปอยู่ในท่อลำเลียงน้ำที่อาหารของพืชที่อ่อนแอต่อโรค (Susceptible plant) เชื้อแบคทีเรียจะเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วและผลิตสารเมือกออกมา (Winstead and Walker. 1954 : 153, Husian and Kelman. 1958 : 155, Nelson and Dickey. 1964 : 261, Mehrotra. 1980 : 641 - 642) สารนี้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนพอลิแซ็กคาไรด์ (Complex polysaccharide) และการ poly merized ของสารเมือกจะเพิ่มความเหนียวของของเหลวที่หมุนเวียนในท่อลำเลียงน้ำที่อาหาร และไปอุดตันดังกล่าว พืชจึงแสดงอาการเหี่ยว

(Winstead and Walker. 1954 : 57, Nelson and Dickey. 1964 : 270, Mehrotra. 1980 : 507)

การสลายตัวของเนื้อเยื่อ เนื่องมาจากแบคทีเรียจะขับพวกเพคตินและเซลลูโลสไลติก เอนไซม์ ออกมา (Husian and Kelman. 1957 : 111 - 112, Goto and Okabe. 1958 : 1516, Kelman and Cowling. 1965 : 148, Sequeira and William. 1964 : 1240, Mehrotra. 1980 : 63 - 68) พวกเพคตินเอนไซม์ ได้แก่ เพคตินเมทิลเอสเทอเรส (Pectin-methyl esterase, PME) เพคตินโพลีแกลกทูโรเนส (Pectin polygalacturonase, PG) เอนไซม์ดังกล่าวนี้จะไปย่อยเซลของห่อหุ้มอาหาร ทำให้เซลเหล่านั้นตายไปทำหน้าที่ส่งน้ำและอาหารไม่ได้ และผลที่เกิดขึ้นจากการย่อยเซล ทำให้เกิดสารต่าง ๆ เช่น โทโลสในช่องว่างของท่อเวสเซล (Buddenhagen and Kelman. 1964 : 216 - 217) สารเหล่านี้มีลักษณะคล้ายรู้น และเหนียวขึ้นไปอุดตันท่อน้ำอีกด้วย ทำให้พืชแสดงอาการเหี่ยวเฉาขึ้น (Winstead and Walker. 1954 : 153, Buddenhagen and Kelman. 1964 : 219)

นอกจากนี้พืชที่เป็นโรคนี้อย่างแสดงอาการที่เกิดจากราก ความไม่สมดุลย์ของระดับออกซินที่มักพบกันเสมอคือ พืชที่เป็นโรคจะมีระดับอินโดลอะเซติกแอซิด (Indole acetic acid, IAA) เพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณของ IAA นี้มีความสำคัญเกี่ยวกับการสร้างโทโลส การสลายตัวของท่อเวสเซลและการเพิ่มปริมาณของพาราไคมา IAA นี้จะถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยพืชอาศัยและเชื้อโรคนี (Winstead and Walker. 1954 : 153 - 158, Sequeira and William. 1964 : 1240, Buddenhagen and Kelman. 1964 : 217 - 219)

นอกจากนี้ยังได้มีผู้พบว่าเชื้อแบคทีเรียนี้จะขับสารพิษออกมาซึ่งสารพิษนี้จะเคลื่อนที่ไปกับน้ำในลำต้นไปสู่ใบ และก่อให้เกิดการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ในของพืช ทำให้การระเหยของน้ำออกจากเซลเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก ทำให้พืชแสดงอาการเหี่ยวเฉาได้

การเข้าสู่ต้นมะเขือเทศของเชื้อแบคทีเรีย

ด้วยเหตุที่เชื้อแบคทีเรียนี้อาศัยอยู่ในดิน ซึ่งอาจมีชีวิตรอดได้นานถึง 6 ปี (เสริมสันศิริวัฒนา 2513 : 5, Walker. 1969 : 141) เชื้อแบคทีเรียจะเข้าทำลายพืชทาง

บาดแผลที่อยู่ใต้ดิน (Walker. 1952 : 443, Walker. 1969 : 141) หรือ เข้า - ทำลายพืชทางรากแขนง (Kelman and Sequeira. 1965 : 260) บางครั้งพบว่า เชื้อแบคทีเรียนี้จะผ่านเข้าทางปากใบ โดยเข้าในช่องว่างภายในปากใบ (Dowson. 1957, Nelson and Dickey. 1954 : 260) เชื้อโรคนี้สามารถผ่านเข้าทางรอยแตกของลำต้น ซึ่งเป็นช่องเปิดตามธรรมชาติได้ด้วย (Nelson and Dickey. 1954 : 206) และเมื่อรากพืชตาย เชื้อแบคทีเรียจะถูกสะสมอยู่ภายในดินและเข้าทำลายรากพืชที่อยู่ใกล้เคียงได้ใหม่อีก (โรเจอร์ส จวงสุวรรณ 2520 : 9.2 Walker. 1952 : 443, Kelman and Sequeira. 1962 : 16)

ลูคัส (Lucas G.B., et. al. 1955 : 527) ได้รายงานในปี ค.ศ. 1955 ว่า ไรส์เค๊อตเฟอมนรากปม (root-knot nematode) สามารถนำไรส์เค๊อตแบคทีเรียเข้าทำลายพืชได้เร็วขึ้น เพราะไรส์เค๊อตเฟอมนรากปมทำให้เกิดแผลรากก่อนเปิดโอกาสให้เชื้อแบคทีเรียเข้าไปได้ง่ายขึ้น

เนเปียร์ และ ควินิโอ (Napier and Quirio. 1982) ได้ทดลองหาอิทธิพลของไส้เดือนฝอยที่มีต่อโรคเหี่ยวของมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย พบว่า ดินที่มีเชื้อ Pseudomonas solanacearum และไส้เดือนฝอยรากปมอยู่ด้วยกันจะทำให้ต้นมะเขือเทศแสดงอาการเหี่ยว ตาย และผลผลิตลดลงมากขึ้นทั้งในฤดูที่น้ำท่วมและในฤดูที่ค่อนข้างแล้ง โรค

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

1. วัสดุในการศึกษา

1.1 เมล็ดมะเขือเทศพันธุ์ SVRDC 4 จากการวิจัยการเกษตร

1.2 เชื้อแบคทีเรียของ Pseudomonas solanacearum จากกรมวิชาการเกษตร

1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อไนโตร Tetrazolium chloride (TZC) (Kelman, 1954 : 693)

2. วิธีการศึกษา

2.1 การปลูกมะเขือเทศ

การทดลองครั้งนี้ปลูกมะเขือเทศในกระถางขนาด 8 นิ้ว จำนวนทั้งหมด 180 กระถาง แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 90 กระถาง และกลุ่มควบคุม 90 กระถาง โดยเพาะเมล็ดมะเขือเทศในกระถาง 5 เมล็ดต่อ 1 กระถาง เพาะลึกประมาณ 0.5 เซนติเมตร เมื่อต้นกล้าอายุ 7 วัน ทอนต้นกล้าทิ้งให้เหลือไว้เพียง 1 ต้น โดยตัดเอาต้นกล้าที่สมบูรณ์และแข็งแรงไว้ การให้น้ำในระหว่างก่อนงอกจนต้นกล้าอายุ 7 วัน จะให้น้ำวันละ 2 ครั้ง หลังจากนั้นจะให้น้ำเพียงวันละ 1 ครั้ง

ดินที่ใช้ในการปลูกมะเขือเทศครั้งนี้เป็นดินเค็มเค็มมาที่จังหวัดอ่างทอง 121 องค์การบริหารส่วนตำบล ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์การระบายน้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

2.2 การเพาะเชื้อ

เพาะเชื้อแบคทีเรียให้กับมะเขือเทศในระยะต้นกล้าอายุ 7 วัน โดยการทำแผลที่รากด้วยมีดที่จุ่มน้ำเชื้อไว้ นำเชื้อแบคทีเรียที่จำเพาะจากเชื้อในน้ำกลั่นหนึ่งหยดเชื้อแล้วอัตราส่วน 1 : 100 โดยปริมาตร ปริมาณ 180 มิลลิลิตร ราดในรอบ ๆ โคนต้นหลังจากเพาะเชื้อใช้พลาสติกคลุมโคนต้นไว้ประมาณ 7 วัน เพื่าวางบ่มความชื้นของดินไว้ข้างที่

2.3 สถานที่ทดลอง

การทดลองครั้งนี้กระทำ ณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน นคร

2.4 การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างพืชครึ่งแรกหลังจากการดูแลปกติเริ่มไป 3 วัน ถัดต่อไปเก็บตัวอย่าง
ทุก ๆ 3 วัน คัด ในวันที่ต้นมะเขือเทศอายุ 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 34,
37, 40, 43, 46, 49, 52, 55, 58, 60 วัน ตามลำดับของการทดลอง

2.5 การรักษาลักษณะกายวิภาค

ตัดราก ลำต้น ใบของมะเขือเทศ ออกเป็นช่วง ๆ โดยรากย่นละใบตัดช่วงละ 1
เซนติเมตร ลำต้นตัดช่วงละ 1 นิ้ว แช่ในน้ำยา Craff III (Sass 1958 : 18)
ทำเป็นสไลด์ถาวรทางไมโครเทคนิคใช้วิธีพาราฟิน (Paraffin method) (Johansen.
1940 : 126 - 154) ย้อมด้วยสี Johansen's Quadruple Stain (Sass.
1958 : 73) ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ และบันทึกผลโดยถ่ายรูปภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์

ผลการศึกษา

การแสดงอาการของมะเขือเทศ

จากการศึกษาพบว่า หลังจากเพาะเมื่อ *Pseudomonas solanacearum* แก้วมะเขือเทศ มะเขือเทศจะปรากฏอาการเมื่ออายุได้ 16 วัน โดยในตอนล่าง ๆ ของลำต้น เริ่มมีอาการสีเหลืองซีด เมื่อมะเขือเทศอายุ 19, 22 และ 25 วัน จะมีจำนวนใบที่เหลืองซีดมากขึ้น ใบบางส่วนจะแห้งเป็นสีน้ำตาล ใบที่อยู่ตอนบน (แต่ไม่ใช่ยอด) จะเริ่มเหี่ยว ควบใบมีวน และเป็นสีน้ำตาล เริ่มห้อยปรกลง และเมื่อมะเขือเทศอายุ 37 วัน ใบมะเขือเทศที่อยู่ตอนบนจะแห้งเป็นสีน้ำตาลห้อยปรกลงมากขึ้น ลำต้นจะสร้าง root primordia ระบบรากเจริญไม่ถี่ มีรากฝอยน้อย ส่วนต้นมะเขือเทศในกลุ่มควบคุมลำต้นมีขนาดใหญ่ ใบมีสีเขียวเข้ม มีการเจริญตามปกติ ไม่ปรากฏอาการใบเหลืองซีด ควบใบมีวน ใบเป็นสีน้ำตาล หรืออาการห้อยปรกลงของใบแต่อย่างใดเลย (ภาพประกอบที่ 1, 2)

ลักษณะเนื้อเยื่อภายในลำต้นเริ่มพบความผิดปกติครั้งแรกเมื่อมะเขือเทศอายุ 19 วัน หลังจากเพาะเชื้อ *Pseudomonas solanacearum* และเมื่อลำต้นมะเขือเทศอายุมากขึ้น พบว่าเนื้อเยื่อภายในลำต้นตัดตามขวางจะเป็นวงสีน้ำตาลรอบ ๆ กลุ่มเนื้อเยื่อวงในสุดของลำต้น (ภาพประกอบที่ 3)

ลักษณะของลำต้นที่เป็นโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas solanacearum* ในการทดลองนี้ พบว่าลำต้นมะเขือเทศโดยทั่วไปมีรากพิเศษ (adventitious root) และมีเป็นจำนวนมากบริเวณโคนต้นใกล้กับส่วนราก (ภาพประกอบที่ 4, 5, 6)

กายวิภาคของลำต้นมะเขือเทศตั้งแต่เริ่มเพาะเชื้อจนถึงแสดงอาการในระยะต่าง ๆ กัน

จากการศึกษาจำต้นมะเขือเทศในกลุ่มควบคุมที่มีอายุ 10, 13, 16 และ 19 วัน โดยเก็บตัวอย่างลำต้นมะเขือเทศมาตัดตามขวาง และตามยาว พบว่าเนื้อเยื่อภายในลำต้นมีการจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อดังนี้ คือ ชั้นนอกสุดเป็นเซลล์ผิว (Epidermis) ซึ่งประกอบด้วย

เซลพาเรนไคมา ขนาดเล็กเรียงตัวกันอยู่และมีความหนาเพียง 1 ชั้นเซล คอรัเทกซ์ประกอบ ด้วยเซลพาเรนไคมาขนาดใหญ่เรียงตัวกันอย่างหลวม ๆ หนาประมาณ 5 - 8 ชั้นเซล และ ไม่พบว่ามีเซลที่มีแบคทีเรียอาศัยอยู่ในชั้นนี้ ชั้นในเป็นระบบลำเลียงประกอบด้วยไพรมารีโฟลเอ็ม (Primary phloem) อยู่รอบนอกล้อมรอบไพรมารีไซเลม (Primary xylem) ซึ่งมี ทั้งโปรโตไซเลม (Protoxylem) และเมตาไซเลม (Metaxylem) ระหว่างโฟลเอ็ม กับไซเลมมีเนื้อเยื่อเจริญพาสคิวลาร์แคมเบียม (Fascicular cambium) ซึ่งมีความหนา เพียงชั้นเดียวตัวกลางอยู่และเป็นแถบยาวรอบลำต้น พิช (Pith) เป็นชั้นในสุดประกอบด้วยเซลพาเรนไคมาขนาดใหญ่เรียงตัวกันอย่างหลวม ๆ กลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงในลำต้นกลุ่ม ควบคุมไม่ปรากฏว่ามีแบคทีเรียเกิดขึ้น (ภาพประกอบที่ 7)

การศึกษาลำต้นที่เพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum เมื่อมะเขือเทศอายุ 10, 13, 16, และ 19 วัน ให้เก็บตัวอย่างลำต้นมาตัดตามขวาง และตามยาวพบว่าเนื้อเยื่อ ภายในลำต้นมีการเจริญและเรียงตัวตามปกติเช่นเดียวกับลำต้นในกลุ่มควบคุม เริ่มพบความผิดปกติของเนื้อเยื่อภายในลำต้นมะเขือเทศอายุ 19 วัน โดยพบว่ากลุ่มเซลพาเรนไคมาในชั้น คอรัเทกซ์กลุ่มหนึ่งเริ่มมีแบคทีเรียอัดแน่นอยู่ตามบริเวณขอบเซลใกล้กับช่องว่างระหว่างเซล (Intercellular space) ที่เรียกว่า แบคทีเรียพอคเกต (Bacterial pocket) (ภาพประกอบที่ 8) และชั้นในสุดของลำต้น บริเวณกลุ่มเซลเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำจะมีแบคทีเรียล- พอคเกตอัดแน่น (ภาพประกอบที่ 9) เมื่อมะเขือเทศอายุ 22 วัน พบว่า แบคทีเรียลพอคเกตที่ อยู่รอบ ๆ ท่อลำเลียงน้ำจะมีขนาดใหญ่ขึ้น (ภาพประกอบที่ 10) ตัวอย่างในระยะเดียวกันนี้ นำมาตัดตามยาวพบว่า รอบ ๆ ท่อไซเลมเวสเซล (Xylem Vessel) และท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่ที่มีแบคทีเรียลพอคเกตล้อมรอบ รากพิเศษจะเกิดจากกลุ่มเซลพาเรนไคมาในกลุ่มเซลเนื้อเยื่อ ลำเลียงขยายตัวออกสู่ด้านนอก โดยบริเวณใกล้ ๆ กับเซลล์ของท่อน้ำท่ออาหารจะเปลี่ยนแปลงเป็น เมอริสเต็ม (Meristem) ทำให้เกิดกลุ่มเซลหนา 6 - 8 ชั้นเซลล์ตรงบริเวณเซลล์ของท่อน้ำท่อ- อาหารขยายตัวสู่คอรัเทกซ์ด้านนอก เซลในกลุ่มเมอริสเต็มนี้มีรูปร่างค่อนข้างกลม มีนิวเคลียสขนาด ใหญ่ และเห็นนิวคลีโอลัสชัดเจน เซลในกลุ่มนี้ระบบลำเลียงต่อเนื่องกับเซลล์ของระบบลำเลียงเดิม ขวงลำต้น ประกอบด้วยเซลที่เรียงตัวเป็นมัด เซลที่อยู่บริเวณกลางมัดมีรูปร่างยาวกว่าเซลที่ อยู่บริเวณรอบนอก (ภาพประกอบที่ 11, 12) เมื่อมะเขือเทศอายุ 25 วัน เก็บตัวอย่าง

มาตัดตามขวางพบว่า แผลที่เรียวพอกเกิดในชั้นคอร์เทกซ์ขยายใหญ่ขึ้น แต่กระจายไปในกลุ่มเซลล์parenchyma และพบมากได้ชั้นเซลล์ผิว แผลที่เรียวพอกเกิดแทรกตัวเข้าไปตามช่องว่างระหว่างเซลล์ของกลุ่มเซลล์parenchyma และขนาดของแผลที่เรียวพอกจะใหญ่ขึ้น รอบ ๆ ไซเลมเวสเซลล์จะเกิดแผลที่เรียวพอกแตกขยายใหญ่ขึ้น 2 - 3 เท่าของแผลที่เรียวพอกเกิดที่พบในลำต้นมะเขือเทศอายุ 22 วัน (ภาพประกอบที่ 13, 14) เมื่อมะเขือเทศอายุ 28 วัน พบว่า แผลที่เรียวที่แทรกตัวเข้าไปในช่องว่างระหว่างเซลล์ในคอร์เทกซ์จะเพิ่มขนาดและจำนวนมากขึ้นเกิดเป็นแผลที่เรียวพอกแตกขยายใหญ่เป็น 4 - 5 เท่าของแผลที่เรียวพอกเกิดที่เกาะบนในคอร์เทกซ์ในลำต้นอายุ 25 วัน อยู่ภายในคอร์เทกซ์ (ภาพประกอบที่ 15) แผลที่เรียวพอกเกิดที่อัดกันแน่นรอบ ๆ ไซเลมเวสเซลล์จะแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างของท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่ เทรชีต (Tracheid) และเวสเซลล์อื่น ๆ จากภาพตัดขวางจะมองเห็นแผลที่เรียวพอกเกิดในช่องว่างภายในท่อไซเลมเวสเซลล์ การศึกษาลำต้นมะเขือเทศในระยะนี้พบว่า แผลที่เรียวพอกแตกขยายขนาดใหญ่ขึ้น และดักสีเข้มขึ้น เริ่มสังเกตเห็นความแตกต่างของเซลล์ที่ดักสีเข้มขึ้นอยู่รอบ ๆ ไซเลมเวสเซลล์ และในกลุ่มเซลล์parenchyma ในคอร์เทกซ์ (ภาพประกอบที่ 16) ตัวอย่างในระยะเดียวกันนี้นำมาตัดตามยาวพบว่า ตอนกลางของรากพิเศษที่ขยายคั่นออกจากคอร์เทกซ์นั้นเป็นมัดของเซลล์เมอริสเต็มที่มีรูปร่างของเซลล์ยาวกว่าเซลล์ที่อยู่บริเวณรอบ ๆ นอก และแกนของมัดนี้ (Dichotomous branching) ออกไปทั้ง 2 ข้างของรากพิเศษเช่นบริเวณตรงกลางมัดของรากพิเศษนี้จะ เป็นบริเวณที่ติดต่อกับระบบลำเลียงของลำต้น จอมจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นท่อน้ำท่ออาหาร และบริเวณรอบ ๆ ไซเลมเวสเซลล์ มีแผลที่เรียวพอกแตกขนาดเล็ก ๆ เกิดขึ้น

การศึกษาลำต้นมะเขือเทศเมื่ออายุ 36 วัน พบว่าเนื้อเยื่อภายในลำต้นมีลักษณะคล้ายคลึงกับลำต้นที่เก็บตัวอย่างเมื่ออายุ 31 วัน โดยได้ชั้นเซลล์ผิวเริ่มพบเซลล์คอลเลนไคมา (Collenchyma) รอบ ๆ ลำต้น ไม่พบเม็ดคลอโรพลาสต์ในชั้นคอร์เทกซ์ นิวเคลียสในกลุ่มเซลล์เมอริสเต็มในรากพิเศษสลายตัวหมดภายในช่องว่างของไซเลมเวสเซลล์ และเตรีชีตมีแผลที่เรียว *Pseudomonas solanacearum* อยู่เต็มและอัดกันแน่นกระจายไปทั่วในระบบไซเลมเรย์ (Xylem rays) ของลำต้น

การศึกษาลำต้นมะเขือเทศเมื่อมะเขือเทศอายุ 37 วัน พบว่าภายในช่องว่างของ

ท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่ลงลำต้นมะเขือเทศบริเวณส่วนยอดเต็มไปด้วยเชื้อแบคทีเรีย และบริเวณรอบ ๆ กลุ่มเซลล์ท่อลำเลียงน้ำขนาดเล็กมีแบคทีเรียสฟอกเกิด เกิดแทรกอยู่ตามช่องว่างระหว่างเซลล์ในกลุ่มเซลล์ลำเลียงน้ำ เวสสิคูลาร์แคมเบียมที่กั้นระหว่างท่อลำเลียงน้ำท่ออาหารมีแบคทีเรียสฟอกเกิดแทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างระหว่างเซลล์รอบ ๆ กลุ่มเนื้อเยื่อ (ภาพประกอบที่ 17) ตัวอย่างในระยะเกี่ยวกันนี้มาตัดตามยาวพบว่า ตลอดความยาวของท่อลำเลียงน้ำ และเทรกีมีเชื้อแบคทีเรียเข้าไปอยู่ภายในเต็มช่องว่างของท่อลำเลียงน้ำ ส่วนเซลล์พาเรนไคมาในชั้นคอร์เทกซ์มีเชื้อแบคทีเรียเข้าไปอยู่จนเต็มช่องว่างระหว่างเซลล์ และยังคงติดสีเขียว

การวิเคราะห์การสะสมเชื้อเห็ด ตั้งแต่เริ่มเพาะเชื้อจนถึงแสดงอาการในระยะต่าง ๆ กัน

จากการศึกษาการสะสมเชื้อเห็ดในกลุ่มควบคุมเนื้อเยื่ออายุ 10, 13, 16 และ 19 วัน ได้เก็บตัวอย่างมาตัดตามขวาง เพื่อศึกษาลักษณะเนื้อเยื่อภายในรากพบว่า การเจริญและการจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อภายในราก ดังนี้ คือ ชั้นนอกสุดเป็นเปลือกซึ่งประกอบด้วย เซลล์พาเรนไคมาขนาดเล็กเรียงตัวหนาเพียงชั้นเดียว ถัดเข้ามาเป็นชั้นคอร์เทกซ์ ประกอบด้วยเซลล์พาเรนไคมาขนาดใหญ่เรียงตัวหนาถึงสองชั้น 6 - 8 ชั้น และในชั้นแบคทีเรียสฟอกเกิดเกิดขึ้นในชั้นนี้ ชั้นในเป็นระบบลำเลียงประกอบด้วย ไซเลม ไซเลม และไซเลม และไม้ปรากฏว่ามีแบคทีเรียอยู่ภายในช่องว่างของเวสเซลตรงท่อลำเลียงน้ำต่อบาง (ภาพประกอบที่ 18)

การศึกษาการสะสมเชื้อเห็ดที่เพาะเชื้อ *Pseudomonas solanacearum* เมื่อจะเชื้อเห็ดอายุ 10 และ 13 วัน นำตัวอย่างมาตัดตามขวาง เพื่อศึกษาลักษณะเนื้อเยื่อภายในรากพบว่า เนื้อเยื่อภายในรากมีการเจริญ และเรียงตัวตามปกติเช่นเดียวกับรากในกลุ่มควบคุม เริ่มพบความผิดปกติของเนื้อเยื่อภายในรากมะเขือเทศ เมื่อจะเชื้อเห็ดอายุ 13 วัน โดยพบว่ากลุ่มเซลล์พาเรนไคมาใต้ชั้นเซลล์ผิวในส่วนของคอร์เทกซ์ จะมีแบคทีเรียสฟอกเกิดล้อมรอบเซลล์พาเรนไคมา ในกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงใกล้ ๆ กับท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่ มีแบคทีเรียสฟอกเกิดเกิดขึ้นภายในเซลล์กลุ่มนี้ เซลล์ลำเลียงน้ำที่อัดกันแน่นนี้เบียดกลุ่มเซลล์ของไซเลม (ภาพประกอบที่ 19) มะเขือเทศอายุ 16 วัน พบว่า แบคทีเรียสฟอกเกิดในชั้นคอร์เทกซ์เริ่มขยายตัวมากขึ้น และแผ่กระจายทั่วไปในชั้นคอร์เทกซ์ แบคทีเรียสฟอกเกิดรวม ๆ ท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่

ใหญ่เริ่มขยายขนาดใหญ่เป็น 2 - 3 เท่าของแบคทีเรียพอกเกิดรอบ ๆ เซลล์ลำเลียงน้ำในรากมะเขือเทศอายุ 13 วัน และแทรกตัวอยู่ในช่องว่างของท่อไซเลมเวสเซลล์ รากแขนงเริ่มเกิดขึ้นตรงที่นเพอริไซเคล (Pericycle) โดยเซลล์เรโนไมมาในเพอริไซเคลเปลี่ยนแปลงเป็นกลุ่มเซลล์เมอริสเต็ม กลุ่มนี้ขยายตัวดันออกทางด้านนอกคอร์เทกซ์ ตัวอย่างในระยะเดียวกันนี้นำมาตัดตามยาวพบว่า แบคทีเรียพอกเกิดรอบ ๆ ไซเลมเวสเซลล์ซึ่งเห็นเป็นท่อลำเลียงน้ำยาวจะมีขนาดใหญ่ บางเวสเซลล์เริ่มมีแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum แทรกตัวเข้าไปอยู่ในช่องว่างของท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่ (ภาพประกอบที่ 20) ตรงบริเวณเซลล์เรโนไมมาใกล้กับท่อน้ำท่ออาหาร เปลี่ยนแปลงเป็นกลุ่มเซลล์เมอริสเต็มขนาดเล็ก เซลล์กลุ่มนี้มีรูปร่างค่อนข้างกลมยาว มีนิวเคลียสขนาดใหญ่อยู่ภายในมองเห็นนิวคลีโอลัสชัดเจน เซลล์กลุ่มนี้ขยายยาวออกทางชั้นคอร์เทกซ์ตรงรอบนอกของไซเลมของรากเป็นรากแขนง บริเวณตรงกลางมัดของกลุ่มเซลล์เมอริสเต็มมีระบบลำเลียงแตกออกเป็น 2 ออกไปทั้ง 2 ข้างของรากแขนง ตรงเซลล์ที่มีรูปร่างยาวที่อยู่กลางมัดของเมอริสเต็มจะเป็นบริเวณที่ติดต่อกับระบบลำเลียงเดิมของราก ซึ่งเปลี่ยนแปลงเป็นท่อน้ำท่ออาหาร เมื่อมะเขือเทศอายุ 19 วัน พบว่ามีแบคทีเรียพอกเกิดเกิดขึ้นล้อมรอบไซเลมเวสเซลล์ของรากแขนง (ภาพประกอบที่ 21) เมื่อมะเขือเทศอายุ 22 วัน พบว่าเซลล์เรโนไมมาในคอร์เทกซ์ชั้นนอกผิวมีแบคทีเรียพอกเกิดขยายขนาดใหญ่ขึ้น 2 - 3 เท่าของแบคทีเรียพอกเกิดในคอร์เทกซ์ที่เคยพบในรากเมื่ออายุ 16 วัน แทรกตัวอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์เรโนไมมา ไซเลมเวสเซลล์และเพอริไซเคลของรากในระยะนี้ ช่องว่างของท่อไซเลมเวสเซลล์มีแบคทีเรียอยู่จนเกือบเต็มช่องว่างของท่อลำเลียงน้ำ รากแขนงที่แตกออกตรงรอยแตกของท่อลำเลียงน้ำ และจากเพอริไซเคลพบว่า มีแบคทีเรียพอกเกิดรอบ ๆ ไซเลมเวสเซลล์แทรกตัวอัดแน่นขยายขนาดใหญ่ขึ้นเป็น 2 - 3 เท่าของที่เคยเป็นในระยะมะเขือเทศอายุ 19 วัน ท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่ของรากแขนงมีแบคทีเรียแทรกตัวอัดแน่นเข้าไปในช่องว่างของท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่ แบคทีเรียพอกเกิดจะขยายขนาดใหญ่อขึ้นเป็น 4 - 5 เท่าของที่เคยเป็นในรากเมื่ออายุ 19 วัน แทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างระหว่างเซลล์เรโนไมมามากขึ้น และกระจายไปทั่วชั้นคอร์เทกซ์ ในรากมะเขือเทศที่เก็บตัวอย่างเมื่ออายุ 28 วัน พบว่า ในระบบลำเลียงของรากแขนงมีแบคทีเรียอัดกันแน่นอยู่จนเต็มช่องว่างของท่อลำเลียงน้ำ และเพอริไซเคล (ภาพประกอบที่ 22) ตัวอย่างระยะเดียวกันนี้นำมาตัดตามยาว

จะพบเห็นจุดกำเนิดของรากแขนง และเชื้อแบคทีเรียที่ฝังตัวแน่นตามความยาวของท่อไซเลม (ภาพประกอบที่ 23)

รากมะเขือเทศที่เก็บตัวอย่างมาศึกษาเมื่ออายุ 31 วัน พบว่า เซลล์พาเร็นไคมาในชั้นคอร์เทกซ์มีแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum ฝังแน่นเข้าไปอาศัยอยู่ภายในเซลล์แบคทีเรียลพอกเกร็ดรอบ ๆ ไซเลมเวสเซลล์ขยายขนาดใหญ่อขึ้นเป็น 3 - 4 เท่าของที่พบในรากเมื่ออายุ 28 วัน เริ่มอัดแน่นเข้ากับท่อลำเลียงน้ำ ขณะที่บางเวสเซลล์พบว่ามีแบคทีเรียแทรกตัวอยู่ในช่องว่างของท่อไซเลมเวสเซลล์ (ภาพประกอบที่ 24) ตัวอย่างในระยะเดียวกันนี้นำมาตัดตามยาว พบว่าท่อไซเลมเวสเซลล์ และคอร์เทกซ์มีแบคทีเรียเข้าไปอัดแน่นจนเต็มช่องว่างภายในท่อลำเลียงน้ำ ขณะที่บริเวณลำเลียงของรากแขนงมีแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum อัดแน่นจนเต็มความยาวของท่อไซเลมเวสเซลล์ แบคทีเรียลพอกเกร็ดรอบ ๆ กลุ่มเซลล์ลำเลียงน้ำขยายขนาดใหญ่อขึ้นเป็น 2 - 3 เท่าของขนาดในรากเมื่ออายุ 28 วัน แทรกตัวระหว่างช่องว่างระหว่างเซลล์พาเร็นไคมา รวมทั้งน้ำที่อาหารของรากแขนง (ภาพประกอบที่ 25)

รากมะเขือเทศที่เก็บตัวอย่างมาศึกษาเมื่ออายุ 34 วัน พบว่าลักษณะเนื้อเยื่อภายในรากมีลักษณะคล้ายคลึงกับรากที่เก็บตัวอย่างเมื่ออายุ 28 วัน และ 31 วัน โดยพบว่าช่องว่างภายในท่อลำเลียงน้ำมีเชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum เข้าไปอยู่จนเต็ม และปริมาณมากตามริมขอบเซลล์ของท่อลำเลียงน้ำ เพราะเป็นบริเวณที่ค้ำสึซึมกับมาก (ภาพประกอบที่ 26) ในระยะนี้กลุ่มเซลล์เมอริสเต็มที่เจริญมาจากรากแขนงนั้น พบว่าเมื่อกลอรอพลาสต์เริ่มสลายตัวเกือบหมดกลายเป็นเนื้อเยื่อพาเร็นไคมาในคอร์เทกซ์ เซลล์พาเร็นไคมาในรากแขนง และรากที่เพิ่มบางส่วนมีเชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum อยู่จนเต็มเซลล์กลายเป็นเซลล์ที่มีแบคทีเรียจนเต็มเซลล์เรียกว่า วินเฟกเทดเซลล์ (Infected cells) (ภาพประกอบที่ 27)

การศึกษารากมะเขือเทศที่เก็บตัวอย่างเมื่ออายุได้ 37 วัน พบว่าภายในช่องว่างของท่อไซเลมเวสเซลล์ และพื้นที่จะมีแบคทีเรียเต็มช่องว่างของท่อลำเลียงน้ำ และแผ่กระจายไปทุก ๆ ไซเลมเวสเซลล์ และไซเลมเรย์ (ภาพประกอบที่ 28) แบคทีเรียลพอกเกร็ดที่ล้อมรอบไซเลมเวสเซลล์เริ่มขยายขนาดใหญ่อขึ้นแผ่ขยายอัดแน่นเข้าไปในเซลล์พาเร็นไคมาที่แทรกตัวอยู่

ระหว่างไซเลมเรย์ ในเนื้อเยื่อฟาสซิкулярแอมเบียนของรากเริ่มพบแถบที่เรียงพอกเกิดแทรกตัว
อยู่รอบ ๆ ช่องว่างระหว่างเซลล์ของฟาสซิкулярแอมเบียน (ภาพประกอบที่ 29)

กายวิภาคของใบมะเขือเทศตั้งแต่เริ่มเพาะเชื้อ

การศึกษาใบมะเขือเทศในกลุ่มควบคุม เมื่ออายุ 10, 13 และ 16 วัน โดยเก็บตัวอย่าง
ใบมะเขือเทศมาตัดตามแนวขวางของใบ และขวางตามแนวยาวของใบ พบว่าเนื้อเยื่อภายใน
ใบมีการจัดเรียงตัวดังนี้คือ ชั้นนอกสุดเป็นเซลล์ผิว ซึ่งกลุ่มนี้อยู่ทั้งทางด้านบนใบ (Upper
epidermis) และทางด้านล่างของใบ (Lower epidermis) เซลล์ผิวทั้ง 2 แห่งนี้เป็น
เซลล์parenchymaขนาดเล็กเรียงตัวหนาแน่นขึ้นด้วยช่องว่างขึ้นเป็นคู่ทั้งสองเป็นเนื้อเยื่อ
มีไซฟิล (Mesophyll) ซึ่งเป็นเซลล์parenchyma ประกอบด้วยเซลล์parenchymaที่มีเมือก
กลอโรพลาสต์อยู่ภายในเป็นเซลล์ที่มีรูปร่างค่อนข้างยาวเรียงตัวแบบก้นแตร มีความหนาเพียง
ชั้นเดียวอยู่ทางด้านบนใบ เรียกว่าพาลิเสตพาราไคมา (Palisade parenchyma) และ
มีเซลล์parenchymaที่มีรูปร่างไม่แน่นอน เรียงตัวกันอย่างหลวม ๆ ไม่เป็นระเบียบ มีช่องว่าง
ระหว่างเซลล์เป็นจำนวนมาก มีความหนาประมาณ 3 - 4 ชั้นเซลล์อยู่ทางเซลล์ผิวด้านล่าง
เรียกว่าสฟันจีพาราไคมา (Spongy parenchyma) ช่องว่างระหว่างเซลล์
พาราไคมา และสฟันจีพาราไคมา เป็นระบบลำเลียง ซึ่งทำหน้าที่นำน้ำจากด้านบนของเส้นใบ
ที่มีท่อลำเลียงอาหารอยู่ทางด้านล่าง มีบันเดิลชีต (Bundle sheath) ล้อมรอบกลุ่มเซลล์ท่อ
น้ำที่อาหาร (ภาพประกอบที่ 30)

การศึกษาใบมะเขือเทศที่เพาะเชื้อ *Pseudomonas solanacearum* เมื่อ
มะเขือเทศมีอายุ 16 และ 19 วัน ได้เก็บตัวอย่างใบมาตัดตามขวาง พบว่าเนื้อเยื่อภายใน
ใบมีการเจริญ และเรียงตัวตามปกติเช่นเดียวกับใบในกลุ่มควบคุม เริ่มพบความผิดปกติทางเนื้อ
เยื่อภายในใบ เมื่ออายุ 19 วัน โดยพบว่ารอบ ๆ บริเวณเวกเซลล์ของก้านใบมีแถบที่เรียง
หนาเกิดขนาดเล็กล้อมรอบอยู่ตามช่องว่างระหว่างเซลล์ของลุ่มเซลล์ลำเลียงน้ำ ในพาลิเสต-
พาราไคมาของใบ ที่อยู่ติดกับเซลล์ผิวทางด้านบน มีขนาดที่เรียวรอบ ๆ ช่องว่างระหว่าง
เซลล์พาลิเสตพาราไคมา (ภาพประกอบที่ 31) เมื่อมะเขือเทศมีอายุ 22 วัน พบว่าบริเวณ
บางส่วนของสฟันจีพาราไคมาใกล้ ๆ กับบันเดิลชีต แถบที่เรียวออกเหล่านี้จะเพิ่มขนาด

ใหญ่ขึ้นเป็น 3 - 4 เท่า ในใบมะเขือเทศที่มีอายุ 25 และ 28 วัน พบว่าเชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum จะอัดแน่นเข้ากับกลุ่มเซลล์ลำเลียงน้ำ และเริ่มฝังตัวเข้าไปในเซลล์ของมันเกิดรูจนเต็มเซลล์ ภายในช่องว่างของท่อลำเลียงน้ำจึงเป็นโพรงที่ขยายตัวขึ้น ๆ มีเยื่อที่เรียงอยู่จนเต็มช่องว่างและเต็มเซลล์ของท่อลำเลียงน้ำ (ภาพประกอบที่ 32) เมื่อมะเขือเทศอายุ 31 วัน พบว่าพาสาเสตพาเรนาเมาเป็นโรคเริ่มเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์ที่มีเชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum อยู่จนเต็มเซลล์ ภายในสันสันจีวาเรนาเมาเป็นโรคพบแบคทีเรียลพอกเกณยยาขนาดใหญ่มาก 4 - 5 เท่า ของที่พบในใบมะเขือเทศอายุ 25 วัน แบคทีเรียอยู่ทั่วไปในช่องว่างของเซลล์เรนาเมาเป็นโรค (ภาพประกอบที่ 33) กลุ่มเซลล์ลำเลียงน้ำมีแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum อยู่เต็มเซลล์เห็นติดกับเซลล์ข้างเคียงช่องว่างภายในท่อลำเลียงน้ำ

การศึกษาใบมะเขือเทศที่เก็บตัวอย่างเมื่อวันที่ 31 วัน ของการทดลองพบว่าเนื้อเยื่อภายในใบมะเขือเทศมีลักษณะคล้ายคลึงกับใบมะเขือเทศอายุ 31 วัน โดยพบว่าภายในเซลล์ของพาสาเสตพาเรนาเมาเป็นโรคสันจีวาเรนาเมาเป็นโรคมีแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum เข้าไปอยู่ในช่องว่างจนเต็ม เซลล์ที่เรียงลพอกเกณยยาขนาดใหญ่ แบคทีเรียกระจายอยู่ทั่วไปในสันจีวาเรนาเมาเป็นโรคเห็นติดกับเซลล์ข้างเคียงทั่วใบในสันจีวาเรนาเมาเป็นโรคเห็นติดกับเซลล์ข้างเคียงทั่วใบในสันจีวาเรนาเมาเป็นโรค ช่องว่างของท่อลำเลียงน้ำของเส้นใบมีแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum เต็มช่องว่าง แบคทีเรียลพอกเกณยยาขนาดใหญ่มาก กลุ่มเซลล์ลำเลียงน้ำขยายขนาดเข้าไปในส่วนของกลุ่มเซลล์ลำเลียงอาหารของเส้นใบและอัดแน่นเข้าไปในช่องว่างของท่อลำเลียงอาหาร ในระยะนี้เริ่มมีอาการโรคราสน้ำในสันจีวาเรนาเมาเป็นโรคทั่วทั้งใบ (ภาพประกอบที่ 34) บริเวณที่มีเชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum คือบริเวณที่อยู่ใกล้ ๆ กับสันจีวาเรนาเมาเป็นโรคที่เริ่มลพอกเกณยยาขนาดใหญ่มาก และสีลักษณะเช่นเดียวกับที่พบในเนื้อเยื่อที่ติดกับเยื่อของเส้นใบบริเวณอื่น ๆ ด้วย

ผลจากการศึกษาสามารถเก็บตัวอย่างมะเขือเทศที่เป็นโรคได้ตั้งอายุ 37 วันเท่านั้น เนื่องจากมะเขือเทศเป็นโรคที่เร็วซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรียลพอกเกณยยา

บทย่อ สรุปผลการศึกษา อภิปราย และข้อเสนอนะ

บทย่อ

การศึกษาลักษณะกายวิภาคของมะเขือเทศพันธุ์ SVRDC - 4 ที่เป็นโรคเหี่ยวซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum นี้จะมุ่งหมายเพื่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อภายในของมะเขือเทศตั้งแต่เริ่มเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum จนถึงแสดงอาการในระยะต่าง ๆ กัน

วิธีการทดลอง โดยปลูกมะเขือเทศในดินที่ปราศจากเชื้ออื่น ๆ แล้ว เมื่อต้นกล้ามะเขือเทศอายุได้ 7 วัน จึงทำการเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum โดยวิธีตำแยที่ราก ด้วยมีดที่หนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว นำเชื้อ Pseudomonas solanacearum ที่ทำเป็นสารแขวนลอยในน้ำกลั่นที่หนึ่งฆ่าเชื้อแล้วในอัตราส่วน 1 : 100 ควบคุมปริมาตร ปริมาณ 180 มิลลิลิตร รดโดยรอบ ๆ ต้น จากนั้นเก็บตัวอย่าง ราก ลำต้น และใบมะเขือเทศมาศึกษาเป็นระยะ ๆ โดยการทำสไลด์ถาวรโดยวิธีมาราฟ (Johansen, 1940 : 126) ศึกษากายวิภาคของราก ลำต้น และใบมะเขือเทศที่แสดงอาการในระยะต่าง ๆ กัน

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาอาการของมะเขือเทศที่เกิดการเหี่ยวจากเชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum พบว่ามะเขือเทศจะแสดงอาการในลักษณะต่าง ๆ ของลำต้นมีสีเหลืองซีดเมื่อมะเขือเทศอายุ 16 วัน ซึ่งเป็นอาการเริ่มแรกของโรคเหี่ยว หลังจากนั้นใบจะแห้งเป็นสีน้ำตาลใบที่อยู่ตอนบนเริ่มเหี่ยว ขอบใบมีนูน หัวยปรกลง ลำต้นพองบวม ใบมีสีเหลืองซีด เกิดรากพิเศษตามลำต้นทั่วไป

เนื้อเยื่อภายในลำต้นมะเขือเทศที่เก็บตัวอย่างมาศึกษา เมื่อลำต้นมีอายุ 19 วัน หลังจากเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum พบว่ากลุ่มเซลล์พาราเรนไคมาในอาร์เทกซ์กลุ่มหนึ่งเริ่มมีแบคทีเรียจัดแน้อยู่ตามช่องว่างระหว่างเซลล์ การเจริญต่อมาพบว่าเนื้อเยื่อภายในลำต้นเปลี่ยนเป็นวงสีน้ำตาลรอบ ๆ กลุ่มเนื้อเยื่อวงในของลำต้น จากการ

ศึกษากายวิภาคของลำต้นพบว่าเนื้อเยื่อลำต้นมีแบคทีเรียลพอก เกศขนาดเล็กเกิดขึ้นในช่องว่างระหว่างเซลล์ในคอร์เทกซ์ และบริเวณรอบ ๆ ท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่ของเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ ซึ่งจะเป็นบริเวณที่มีเชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum ภายในเซลล์ลำต้น และมีรากพิเศษเจริญจากส่วนของกลุ่มเซลล์ท่อน้ำที่อาหารขยายคั่นออกสู่ทางด้านนอก ระบบลำเลียงของรากพิเศษจะติดต่อกับระบบลำเลียงของลำต้น ระบบลำเลียงของรากพิเศษประกอบด้วยท่อน้ำอยู่กลางมัดของกลุ่มเซลล์เมอริสเทมที่ยื่นขยายออกทางด้านนอกชั้นคอร์เทกซ์ และล้อมรอบด้วยเซลล์พาเร็นไคมาที่มีรูปร่างยาว บริเวณรอบ ๆ ท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่ของรากพิเศษจะมีแบคทีเรียลพอก เกศขนาดเล็กเกิดขึ้น ในการเจริญของลำต้นพบว่าแบคทีเรียลพอก เกศในคอร์เทกซ์ขยายขนาดขึ้น และแผ่กระจายมากขึ้นได้ขึ้นเซลล์ผิว และในบริเวณระบบลำเลียง หลังจากนั้นแบคทีเรียลพอก เกศขยายขนาดแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างของท่อลำเลียงน้ำ เทรชีต และไซเลม-เวสเซลล์ นอกจากนั้นพบว่าเกิดเซลล์คอลเลโนมารอบ ๆ ลำต้น พร้อมกับการสลายตัวของเม็คกลอโรพลาสต์ในคอร์เทกซ์

เนื้อเยื่อภายในลำต้นมะเขือเทศอายุ 34 และ 37 วัน หลังจากเพาะเชื้อพบว่าแบคทีเรียจะแทรกตัวเข้าไปในกลุ่มของไซเลมเรย์ซึ่งเป็นระบบลำเลียงให้ออกทางด้านข้าง และฟาสสิคิวลาร์แคมเบียม ส่วนแบคทีเรียลพอก เกศในชั้นคอร์เทกซ์เริ่มขยายแทรกตัวเข้าไปในกลุ่มเซลล์พาเร็นไคมา และช่องว่างระหว่างเซลล์ แบคทีเรียลพอก เกศจะแผ่ขยายทั่วไปในชั้นคอร์เทกซ์ จากการศึกษากายวิภาคของรากพบว่าได้ขึ้นเซลล์ผิวและบริเวณรอบ ๆ ท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่มีแบคทีเรียลพอก เกศขนาดเล็กเกิดขึ้นในรากเมื่ออายุ 13 วัน การเจริญของรากมะเขือเทศต่อมาจะพบแบคทีเรียลพอก เกศในชั้นคอร์เทกซ์ของราก แบคทีเรียลพอก เกศรอบท่อลำเลียงน้ำจะขยายขนาดใหญ่และแทรกตัวเข้าไปอยู่ในช่องว่างของท่อไซเลมเวสเซลล์ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีเชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum ภายในเซลล์ราก รากแขนงที่เกิดขึ้นจะขยายคั่นออกสู่ทางคอร์เทกซ์ ตรงขึ้นของกลุ่มเซลล์หลอดเลือด และตรงรอยแตกของไซเลม ระบบลำเลียงของรากแขนงจะติดต่อกับระบบลำเลียงของรากเดิม บริเวณรอบ ๆ กลุ่มเซลล์ท่อน้ำขนาดใหญ่ของรากแขนงจะมีแบคทีเรียลพอก เกศเกิดขึ้น ในการเจริญของรากพบว่าแบคทีเรียลพอก เกศจะขยายขนาดขึ้นเป็น 2 - 3 เท่าของที่พบในรากมะเขือเทศอายุ 16 วัน และแบคทีเรียลพอก เกศเริ่มแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างของท่อไซเลมเวสเซลล์

และแทรกตัวอยู่ตามช่องว่างระหว่างเซลล์พาราเอนไคมาในคอร์เคกซ์และเนื้อเยื่อ นอกจากนั้นพบว่า
 จีการสลายตัวของเมล็ดคลอโรพลาสต์ในคอร์เคกซ์ เมื่อเก็บข้าวโพดมะเขือเทศเมื่ออายุ 34 วัน
 และ 37 วัน แบคทีเรียจะขยายตัวแทรกเข้าไปในกลุ่มไซเลมเรย์ ซึ่งเป็นระบบลำเลียงทางด้าน
 ข้าง และขยายแทรกเข้าไปในพาสคิวเลชันแคมเบียมภายในเนื้อเยื่อรากมากขึ้นด้วย จากการ
 ศึกษาทางวิทยาการของใบไม้เนื้ออ่อนภายในประกอบด้วยแบคทีเรียสเตรปโทมัยซิสขนาดเล็กกลมรอบ
 ไซเลมเวสเซลของก้านใบ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีเชื้อ *Pseudomonas solanacearum*
 ภายในเซลล์ใบไม้ในมะเขือเทศอายุ 19 วัน และมีแบคทีเรียอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ใน
 พาสคิวเลชันพาราเอนไคมา ส่วนในสปีนพีพาราเอนไคมาเป็นบริเวณที่ไม่มีแบคทีเรีย ในการเจริญของ
 ใบ, ช่องว่างของวงกลุ่มเซลล์ที่เกิดมีแบคทีเรียสเตรปโทมัยซิสและเริ่มขยายขนาดที่ใหญ่ขึ้น
 พร้อม ๆ กับการเพิ่มจำนวนเซลล์แบคทีเรียในช่องว่างระหว่างเซลล์พาราเอนไคมา แบคทีเรียขยาย
 ขนาดวัดแน่นอนเข้าพร้อมกับการแทรกตัวเข้าจนเต็มช่องว่างของท่อลำเลียงน้ำในระบบลำเลียง
 เมื่อมะเขือเทศอายุ 34 วัน ในใบมะเขือเทศที่เก็บตัวอย่างช้า ๆ เมื่ออายุ 37 วัน พบว่าช่องว่าง
 ของท่อลำเลียงอาหารที่อยู่ทางด้านล่างของท่อลำเลียงน้ำเต็มไปด้วยแบคทีเรียพร้อมกับเกิดการ
 สลายตัวของเมล็ดคลอโรพลาสต์ในระยณะนี้ด้วย

ข้อสรุป

จากการศึกษาการระบาดของอาการเหี่ยวของมะเขือเทศ พบว่ามะเขือเทศแสดงอาการ
 หลังจากเพาะเชื้อ *Pseudomonas solanacearum* เมื่อมะเขือเทศมีอายุได้ 16 วัน ผล
 การทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ เสริมสิน ศรีวัฒนา (เสริมสิน ศรีวัฒนา
 2513 : 5) วอล์คเกอร์ (Walker 1969 : 139) อากรียอส (Agrios. 1978 :
 143) ซึ่งได้ศึกษาปฏิกิริยาของมะเขือเทศหลายพันธุ์กับโรคเหี่ยวซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย
 เมื่อมะเขือเทศมีอายุ 25 วัน เนื้อเยื่อภายในลำต้นจะเริ่มเปื่อยยุ่ยน้ำตาจรรอ ๆ กลุ่มเนื้อเยื่อ
 วงในสุดของลำต้น เนื้อเยื่อภายในลำต้นที่เก็บตัวอย่างมาศึกษาจะเป็นวงสีน้ำตาลมากขึ้น เมื่อ
 มะเขือเทศมีอายุมากขึ้น วินสตีต และ วอล์คเกอร์ (Winstead and Walker. 1954
 153) เนลสัน และ ดิกคีย์ (Nelson and Dickey. 1961 : 261) อากรียอส
 (Agrios. 1978 : 143) และเมเนโรรา (Menorah) ได้ศึกษาเนื้อเยื่อภายใน

ลำต้นที่มีสีน้ำตาล พบว่า เกิดจากการสร้างเพคติน และเซลลูโลสไลติกเอนไซม์ของแบคทีเรีย ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำลายเซลล์ของท่อน้ำท่ออาหารของพืช

การศึกษากาการเหี่ยวของมะเขือเทศพันธุ์ SVRDC - 4 ในการทดลองครั้งนี้ สังเกตเห็นรากพิเศษเกิดขึ้นตามลำต้นโดยทั่ว ๆ ไป เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาทดลองของ จีระเดช แจ่มสว่าง (จีระเดช แจ่มสว่าง 2521 : 123), จีรพ ลำยอง (จีรพ ลำยอง 2525 : 663), วอล์คเกอร์ (Walker. 1969 : 139), อากรียอส (Agrios. 1978 : 143) ซึ่งศึกษาลักษณะภายนอกของพืชในตระกูล Solanaceae หางชนิด พบว่ามีรากพิเศษ ถูกสร้างออกจากกลุ่มเซลล์พาเรไคมาในกลุ่มเซลล์เนื้อเยื่อลำเลียงใต้อ่าง ๆ กับเซลล์ท่อน้ำท่ออาหารที่มีเชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum เข้าทำลาย

กายวิภาคของราก ลำต้น และใบมะเขือเทศตั้งแต่เริ่มเพาะเชื้อ

ราก ลำต้นมะเขือเทศที่เก็บตัวอย่างหลังจากเพาะเชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum เมื่อมะเขือเทศอายุ 10 วัน และราก ลำต้นมะเขือเทศในกลุ่มควบคุมที่มีอายุเท่ากัน มีลักษณะการเจริญของเนื้อเยื่อบริเวณต่าง ๆ คล้ายคลึงกัน แสดงว่าในช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างมาศึกษาเชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum ยังไม่เข้าสู่ราก ลำต้นแต่เป็นระยะที่เชื้อแบคทีเรียมีการเพิ่มจำนวนรอบเซลล์ผิวด้านนอก รื้อเชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum เข้าสู่ราก ลำต้นแล้วแต่เพิ่งเข้าสู่เซลล์ผิว และยังไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อภายในรากและลำต้น ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการทดลองของเคลมาน และ ซีเคเวียรา (Kelman and Sequeira. 1965 : 304) ซึ่งพบการเพิ่มพื้จำนวนของเชื้อแบคทีเรียในกลุ่มเซลล์เนื้อเยื่อพาเรไคมาก่อนที่เชื้อแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum จะแพร่เข้าสู่ท่อน้ำท่ออาหาร

เริ่มพบการเปลี่ยนแปลงในรากมะเขือเทศที่เก็บตัวอย่างหลังจากเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum เมื่อมะเขือเทศอายุ 13 วัน โดยพบแบคทีเรียลพอกเกิดในคอร์เท็กซ์ และพบแบคทีเรียลพอกเกิดรอบท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่ อันเป็นกลุ่มเซลล์กลุ่มแรกที่มีเชื้อแบคทีเรียเข้าไปอาศัยอยู่ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของเนลสัน และ ดิกกี (Nelson and Dickey. 1964 : 267) ซึ่งพบการสร้างแบคทีเรียลพอกเกิด กระจาย

เจ้าบ้านขึ้นคอร์เทกซ์ในการทดลองนี้พบว่าแบคทีเรียสโกลอปอดิยาซนาซัน พร้อมกับแทรกตัวเข้าไปอาศัยอยู่ในช่องว่างของท่อลำเลี้ยงน้ำ และท่อลำเลี้ยงอาหาร พร้อมกับเกิดกลุ่มเซลล์ เมื่อเวลาผ่านไปเปลี่ยนแปลงมาจากเจ้าบ้านเดิมมา ไปเป็นเวลิกัส ๆ กับกลุ่มเซลล์ท่อลำเลี้ยงน้ำของท่อลำเลี้ยงอาหาร ซึ่งกลุ่มเซลล์เมอริสเทมนี้จะแบ่งตัวเพื่อจำนวนอยู่ตรงปลายแฉกหนึ่งของท่อลำเลี้ยงน้ำ เมื่อช่องระหว่างระบบลำเลี้ยงของรากกับระบบลำเลี้ยงของรากพิเศษ ส่วนรากจะเชื่อมกันกับท่อน้ำที่เก็บตัวอย่างมาศึกษาในระยะเดียวกันนี้ พบกลุ่มเซลล์เมอริสเทมในกลุ่มเซลล์ท่อลำเลี้ยงอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากในกรุปรากจะไม่มีรากพิเศษ

จากการศึกษาทางวิทยาของรากมะเขือเทศ พบว่ารากแขนงที่แตกออกจากต้นเพอร์โซวัล และตรงปลายของรากเหล่านั้นจะมียูบิลาลอยติดตัวกับระบบลำเลี้ยงของรากเดิม แบคทีเรียสโกลอปอดิยาซนาซันจะรวมเซลล์ของท่อลำเลี้ยงน้ำให้สูงขึ้น และกระจายเข้าไปจนเต็มช่องว่างของท่อลำเลี้ยงน้ำ หลังจากนั้นจะแตกตัวเข้าไปถึงช่องว่างของเนื้อเยื่อพาราไคม่าในคอร์เทกซ์ ไซเลมเรย์ และฟาสซิคลาร์คอมเพลกซ์ ทำให้เห็นเป็นบริเวณที่ติดเชื้อมากขึ้น จะจะมีกรสลายตัวของเมือกคลอโรพลาสต์ (Gillis and Truter, 1976 : 307) ระยะนี้จะเป็นระยะที่แบคทีเรียสโกลอปอดิยาซนาซันจะเพิ่มจำนวนขึ้นและเริ่มแทรกตัวกระจายอยู่ทั่วไปในชั้นคอร์เทกซ์เข้าไปในจุดต้นช่องว่างของระบบลำเลี้ยงของรากโดยทั่วไป การที่แบคทีเรียสโกลอปอดิยาซนาซันต่าง ๆ กัน นั้นเกิดมาจากการแบ่งเซลล์และการสร้างสารต่าง ๆ ของแบคทีเรีย Pseudomonas solanacearum ที่อาศัยอยู่ภายในเซลล์ (Winstead and Walker, 1954 : 153, Husian and Kelman, 1954 : 155, Mehrotra, 1980 : 641)

การศึกษากายวิภาคของลำต้นมะเขือเทศ พบว่าเมื่อมะเขือเทศงอกขึ้นแบคทีเรียสโกลอปอดิยาซนาซันจะเพิ่มจำนวนขึ้นพร้อมกับเกิดรากพิเศษแตกแขนงออกจากบริเวณกลุ่มเซลล์เนื้อเยื่อลำเลี้ยงน้ำแล้วแบคทีเรียเข้าไปยึดเกาะนั้น สาเหตุของสภาวะทางกายวิภาคคอร์เทกซ์ อันเป็นลักษณะเดียวกับที่พบในราก แบคทีเรียจะเข้ามารวมตัวกันหรือทั้งจะมีการแบ่งเซลล์ของแบคทีเรียควบคู่กับการสะสมสารต่าง ๆ ของแบคทีเรียเพิ่มขึ้น ก่อนกระจายเข้าไปตามช่องว่างระหว่างเซลล์ของเนื้อเยื่อพาราไคม่าและฟาสซิคลาร์คอมเพลกซ์ของท่อลำเลี้ยงน้ำและท่อลำเลี้ยงอาหาร ลักษณะทั้งจำพวกที่พบในลำต้นจะสอดคล้องกับวิธีที่มะเขือเทศ โดยเริ่มมีแบคทีเรีย

ระยะภายในบริเวณเนื้อเมื่อลำเลียงและในออร์เทกมั่ว. ผลที่จะจำแนกกลุ่มบริเวณข้างเคียงเช่น
เดียวกัน

การที่เซลล์บริเวณที่มีเขตที่เรียกว่าเข็มเข็มอาจเนื่องมาจากการระดมการที่แบบที่เรีย
ถาวรขึ้น และการเพิ่มจำนวนเซลล์ของเขตที่เรีย การเคลื่อนที่เข้าสู่วิถีชีวิตที่สัมพันธ์ทำให้
บริเวณดังกล่าวติดต่อกับเข็มขึ้น ส่วนบริเวณที่ไม่มีเข็มเขตที่เรียจะอยู่ และเซลล์รอบ ๆ
กลุ่มของลำเลียงน้ำของกลุ่มควบคุมไม่ปรากฏลักษณะการติดต่อกัน

การที่การเปลี่ยนแปลงของใบพบเขตที่เรียตามรอบ ๆ ใบเขตเขตแสดงของ
กลุ่มเซลล์ชั้นเคลือบชั้นล่างจากนั้นเขตที่เรียจะแตกออกเริ่มแผ่ขยายเข้าไปในพาราน-
ไคมาชั้นของชั้นผิวพารานไคมา เมื่อเซลล์เหล่านี้มีจำนวนเขตที่เรียเริ่มแผ่ขยายเข้า
จนกระทั่งช่องว่างของใบเล็กลง เซลล์ตรงใบต่อไป และเมื่อเขตที่เรียเข้าไปถึงช่องว่างที่มีเซลล์ พร้อมกับ
การแผ่ขยายของเขตที่เรียจะแตกออกอีกแผ่เข้าไปในช่องว่างของใบ และในขณะนี้เมื่อเซลล์โรลลอสต์
ภายใน เซลล์ไซโตสลายตัวเกือบหมด ผลจากการศึกษาในระยะ ๖๐ ไมครอนว่าในใบมะเขือเทศที่
เจริญระยะต่อ ๆ ไป จำนวนโรลลอสต์ลดลง การที่ใบจะแผ่ขยายโรลลอสต์ลดลง
เมื่อระยะเมื่อพบว่ามีมากขึ้น เนื่องจากเมื่อโรลลอสต์ถูกทำลายไปแล้ว จึงงานให้แก่เซลล์
ภายในเขตที่เรีย Pseudomonas solanacearum ทำให้เมื่อมีการระบาดทั่วเร็วจำนวนอย่าง
รวดเร็ว

ข้อเสนอแนะ

สำหรับผู้ที่สนใจจะทำการศึกษาต่อไป ผู้วิจัยขอเสนอแนะดังนี้

1. ควรมีการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และลักษณะทางกายภาพของ
และเมื่อเวลาที่ใบไม้โรคเหี่ยววันเกิดจากเชื้อ Pseudomonas solanacearum ที่เกิดขึ้นใน
ใบ ในระยะอายุต่าง ๆ กัน

2. ควรมีการศึกษาวรรณวิทยาเปรียบเทียบระหว่าง และเมื่อเวลาที่ใบไม้โรคเหี่ยวที่เกิด
จากเชื้อ Pseudomonas solanacearum กับเมื่อเวลาที่ใบไม้โรคเหี่ยวที่เกิด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, สำนักงาน หลักวิชาพืชสวน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

2520, 569 หน้า

จิระเดช แจ่มสว่าง โรคพืชและการป้องกันกำจัดโรคพืช อภาดาโรจน์ มหาวิทยาลัย

เกษตรศาสตร์ 2521, 425 หน้า

เทอด เจริญวัฒนา การศึกษาลักษณะประจำมะเขือเทศชนิดต่าง ๆ วิทยานิพนธ์คณะ

ศิลปกรรมและสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2504, 42 หน้า อัสวีนา
ฉีกุล ล้ายอง "ปฏิกริยาของมะเขือเทศบางพันธุ์ต่อโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย"

วิทยาศาสตร์ 36 : 663 - 668 กันยายน 2525

ไพโรจน์ วงศ์สุวรรณ ปฏิบัติการโรคพืชเบื้องต้น วงศ์การไกรสุภา 2517, 258 หน้า

สถิต ประมัตน์ วิทยาโรคพืช 471 หลักการป้องกันกำจัดโรคพืช อภาดาโรจน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2513

สงเสริมการเกษตร, กรม มะเขือเทศ กรมส่งเสริมการเกษตร 2525, 13 หน้า

โสมณ วงศ์แก้ว "การศึกษาโรคของมะเขือเทศซึ่งแสดงอาการคล้ายโรตาแดงเคอร์
ที่เกิดจากแบคทีเรียบางชนิด" แก่นเกษตร 5 26 - 29 มกราคม - กุมภาพันธ์

2519

เสริมสิน ศิริวัฒนา การศึกษาโรคเหี่ยวของมะเขือเทศซึ่งเกิดจากแบคทีเรีย วิทยานิพนธ์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2513, 72 หน้า อัสวีนา
อนงค์ จันทร์ศรีกุล "โรคของมะเขือเทศ" กสิกร ปีที่ 31 เล่ม 2 2501,

121 หน้า

_____ "ทว่าอย่างไรก็สรุปมะเขือเทศให้ตรวจพบโดยไม่มีโรคสำคัญระบาด"

กสิกร 4 279 - 286 กรกฎาคม 2516

Agrios, George W. Plant Pathology. 7th ed., New - York, McGraw-Hill, 1978. 703 p

Bailey, I.F. The Standard Cyclopedic of Horticulture Vol II.
New - York, The Macmillan Company, 1953. p. 1931 - 1932.

- Breed, Robert S., E.G.D. Murray and Nathan R. Smith. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 7th. ed., Baltimore The Williams and Wilkins Company, 1957. 1094 p.
- Buchanan, R. E. and N.E. Gibbons Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 8th. ed., Baltimore The Williams and Wilkins Company, 1974. 1268 p.
- Buddenhagen, Ivan and A. Kelman. "Biological and Physiological Aspects of Bacterial Wilt Caused by Pseudomonas solanacearum" Annual Review of Phytopathology. 2 203 - 230, 1964.
- Chandrasrikul, Anong "A preliminary Host List of Plant Disease in Thailand" Technical Bulletin No. 6. Department of Agriculture, Bangkok, 1962. 23 p.
- Dowson, W.J. Manual of Bacterial Plant Disease P & R Clark Ltd., Edinberg, 1949. 183 p
- Goto, Masao and Nario Okabe "Cellulolytic Activity of Phytopathogenic bacteria" Nature. 182 1516, 1958
- Hawthorn, L.R. and L.H. Pollard Vegetable and Flower Seed Production. New - York, The Balchiston Company Inc , 1954. 636 p.
- Hsu, Shin-Tien. "Bacterial Wilt of Tomato in Taiwan," The Second Southeast Asian Symposium of Plant Diseases in the Tropics Program and Abstracts. Bangkok, Thailand 1980. p. 38.
- Husian, A. and A. Kelman "Presence of Pectic and Cellulolytic Enzyme in Tomato Plant Infected by Pseudomonas solanacearum" Phytopathology. 47 111 - 112, 1957.
- Husian A. and A. Kelman. "Relation of Slime Production to Mechanism of Wilting and Pathogenicity of Pseudomonas solanacearum" Phytopathology. 48 155 - 165, 1958.
- Johansen, Donald Alexander. Plant Microtechnique New - York McGraw-Hill Book Company 1940. 523 p.
- Kelman, Arthur. "The Relationship of Pathogenicity in Pseudomonas solanacearum Colony Appearance on a 'Tetrazolium Media'" Phytopathology. 44 693 - 695, 1954.
- Kelman, A. and Ellis B. Cowling. "Cellulase of Pseudomonas solanacearum in Relation of Pathogenesis," Phytopathology. 55 148 - 155, 1965.
- Kelman, A. and L. Sequeira. "Root-to - Root Spread of Pseudomonas solanacearum," Phytopathology 55 304 - 309 1965.

- Kelman, A. and L. Sequeira "Root Infection in Relation to Spread of Pseudomonas solanacearum" Phytopathology. 52 16, 1962.
- Knott, Jame Edward. Vegetable Growing. 4th. ed., Thoroughly, Rev. Lea and Febiger, Philadelphia, 1949. 314 p.
- Lawrence, George H.M. Taxonomy of Vascular Plants. New - York, The Macmillan Company, 1951. 823 p.
- Licus et. al "The Relationship of Root-knot Nematode to Granville Wilt Resistance in Tobacco," Phytopathology. 45 537 - 540, 1955.
- Mehrotra, R S. Plant Pathology New - delhi, Tata McGraw-Hill Publishing Company, 1980. 771 p.
- Napier, C.M. and Quimio, A.J. "Influence of Root-knot Nematode on Bacterial Wilt Severity in Tomato," Phytopathology. 1982
- Nelson, Paul E and Robert S. Dickey. "Histopathology of Plants Infected with Vascular Bacterial Pathogens," Annual Review of Phytopathology. 81259 - 280, 1964.
- Nesmith, W C. and S.F. Jenkins. "A Selective Medium for the Isolation and Quantification of Pseudomonas solanacearum from Soil," Phytopathology. 69 182 - 185, 1979.
- Saranark, Jompol and Anong Chandrasrekul. "Tomato Diseases in Thailand." in The second Southeast Asian Symposium of Plant Diseases in the Tropical Program and Abstracts. Bangkok, 1980. p. 36.
- Sass, J E Botanical Microtechnique. 2nd, ed., Ames Iowa State Collage Press, 1951. 223 p.
- Sequeira, L. and A. Kelman. "The Accumulative of Growth Substance in Plants Infected by Pseudomonas solanacearum," Phytopathology. 52 439 - 448, 1962.
- Sequeira, L, and P.H Williams "Synthesis of Indole Acetic Acid by Pseudomonas solanacearum," Phytopathology. 54 1240 - 1246, 1964
- Walker, J.C Disease of Vegetable Crops. New - York McGraw-Hill, 1952. 529 p.
- Walker J.C. Plant Pathology. New - York, McGraw-Hill, 1969.

Wallis, F.M. and S.J. Fruter "Histopathology of Tomato Plants Infected with *Pseudomonas solanacearum*, with Emphasis on Ultrastructures," Physiological Plant Pathology 3 307 -317, 1976.

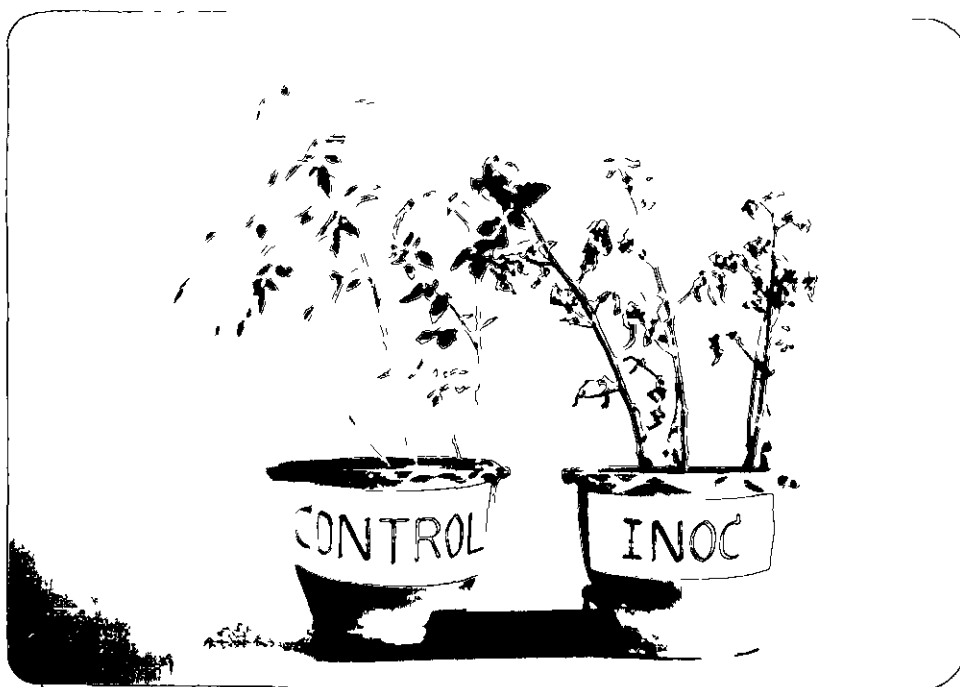
Winstead, N N and A.Kelman. "Inoculation Techniques for Evaluating Resistance to *Pseudomonas solanacearum*" Phytopathology. 42 628 -634, 1952.

Winstead, N.N. and J C.Walker. "Production of Vascular Browning by Metabolites from Several Pathogen," Phytopathology. 44 153 -158, 1954.

הצגות



ภาพประกอบ 1 ลักษณะของต้นมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยว ซึ่งเกิดจากแบคทีเรีย



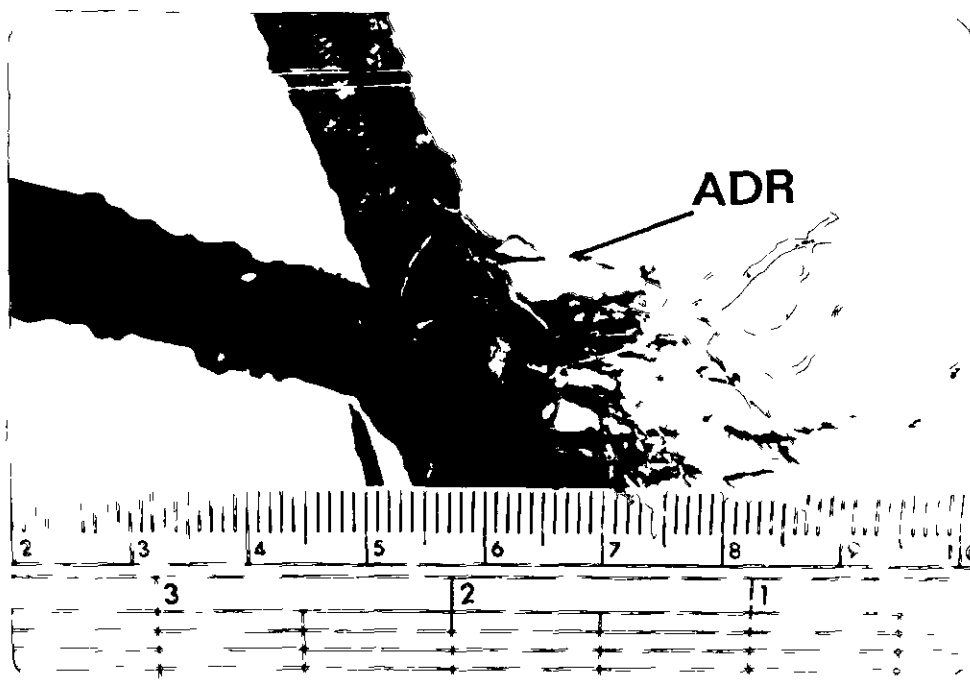
ภาพประกอบ 2 ลักษณะของต้นมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยว ซึ่งเกิดจากแบคทีเรีย

ซ้าย = ต้นที่ไม่เป็นโรค (CONTROL)

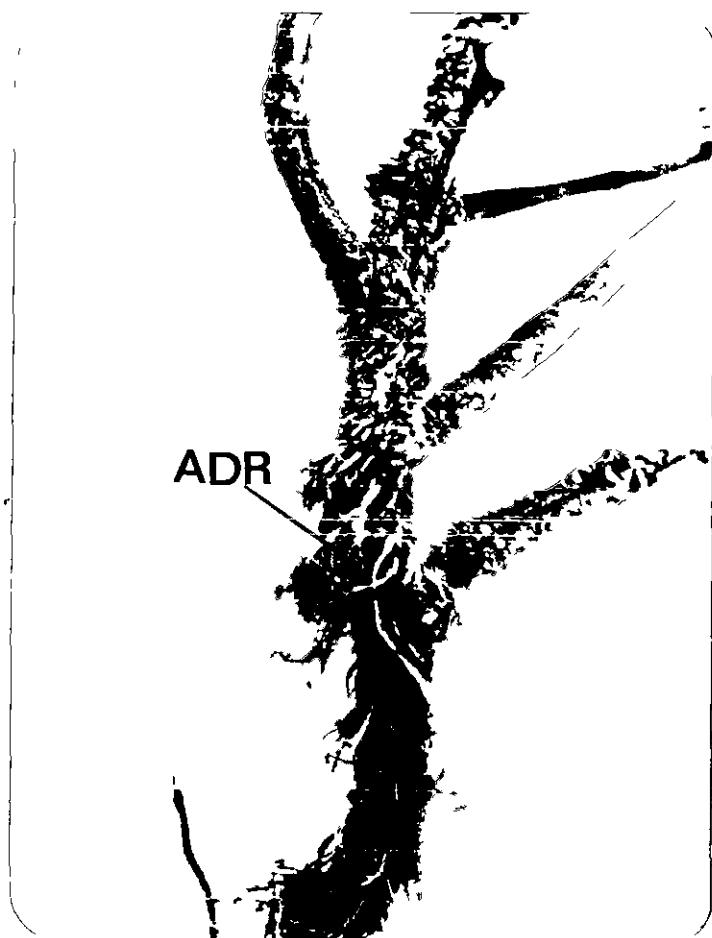
ขวา = ต้นที่เป็นโรค (INOC)



ภาพประกอบ 3 เนื้อเยื่อภายในจากต้นมะม่วงเทศที่เป็นโรคใบร่วง ซึ่งเกิดจากสาเหตุที่เรื้อรัง

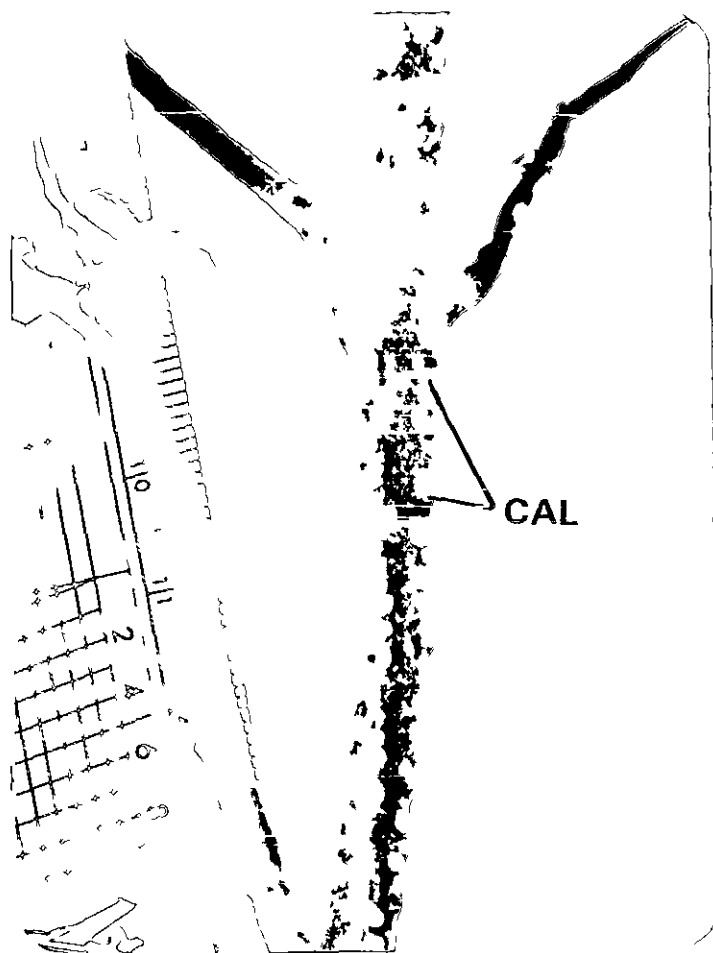


ภาพประกอบ 4 การสัมผัสมะม่วงเทศที่เป็นโรคใบร่วง ที่อำเภอเวียงชัย จังหวัดเชียงราย ซึ่งพบการเกิดอาการลำต้น
 กว้างผิดปกติ ADR, Advantitions Root



ภาพประกอบ 5 ลำต้นมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยว ซึ่งเกิดจาก วนาพีเรีย มีรากรากพิเศษซึ่งงอกออกจาก
ลำต้น ตั้งแต่โคนต้น

คำอธิบายภาพ ADR, Adventitious Root.

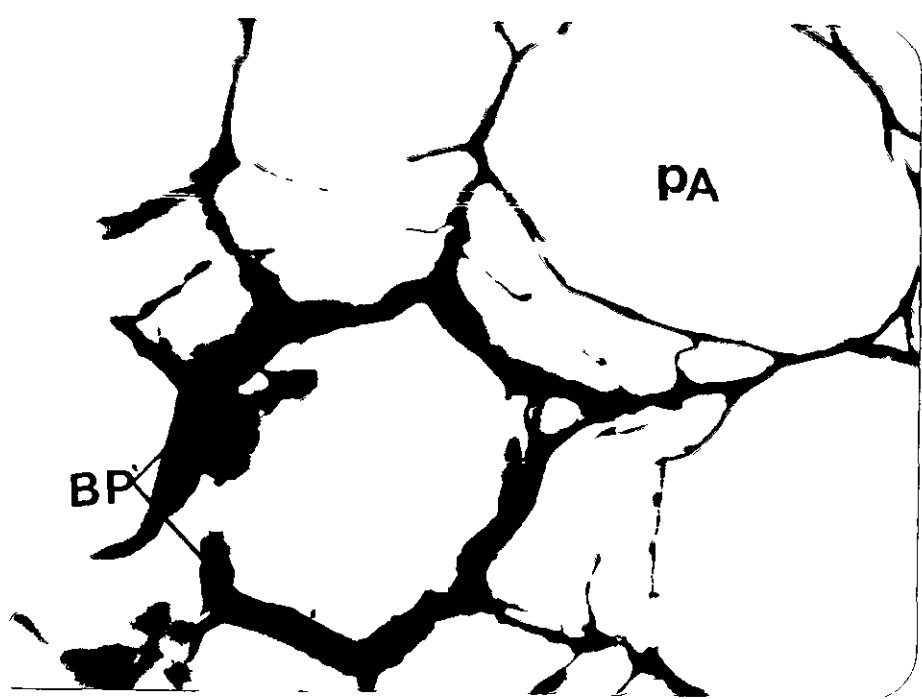


ภาพประกอบ 6 ลำต้นมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยว ซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย แสดงลักษณะของ Callus
ของ root primordia

คำอธิบายภาพ CAL , Callus

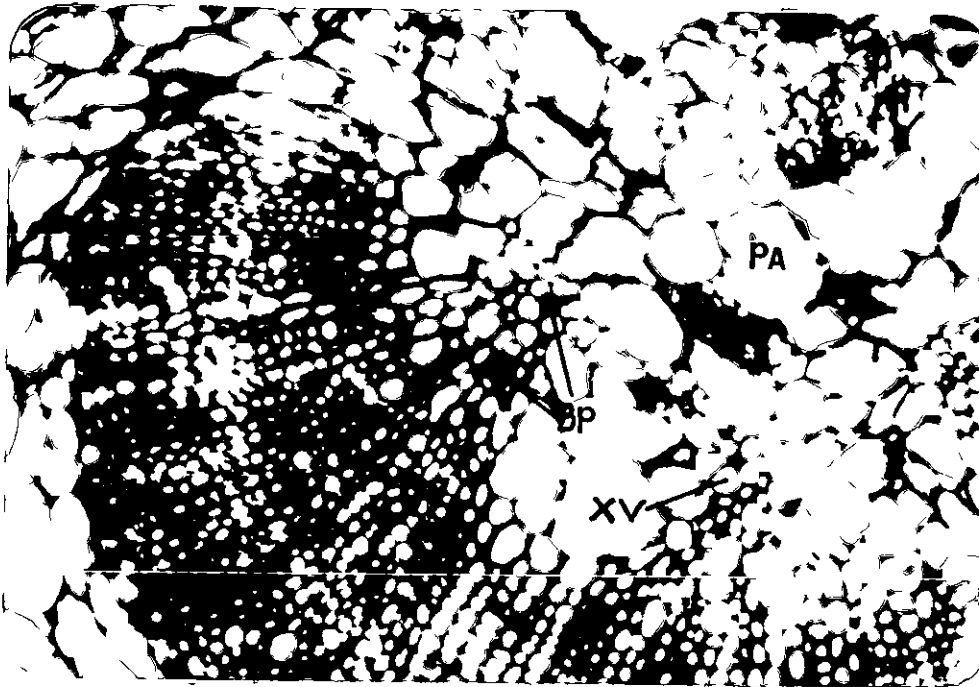


ภาพประกอบ 7 ลำต้นมะเขือเทศในกลุ่มควบคุม อายุ 19 วัน (4x)

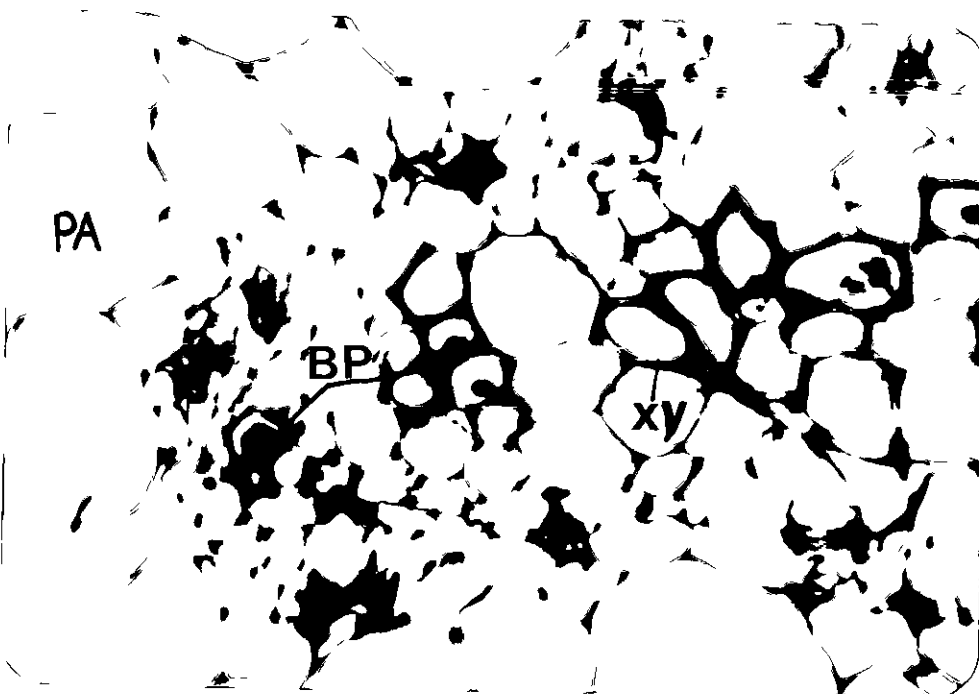


ภาพประกอบ 8 ลำต้นมะเขือเทศหลังจากเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 19 วัน แสดงแบคทีเรียในหลอดเลือด (10x)

คำอธิบายภาพ E, Epidermis, C, Cortex, X, Xylem, PA, Parenchyma, P, Pith, BP, Bacterial Pocket.

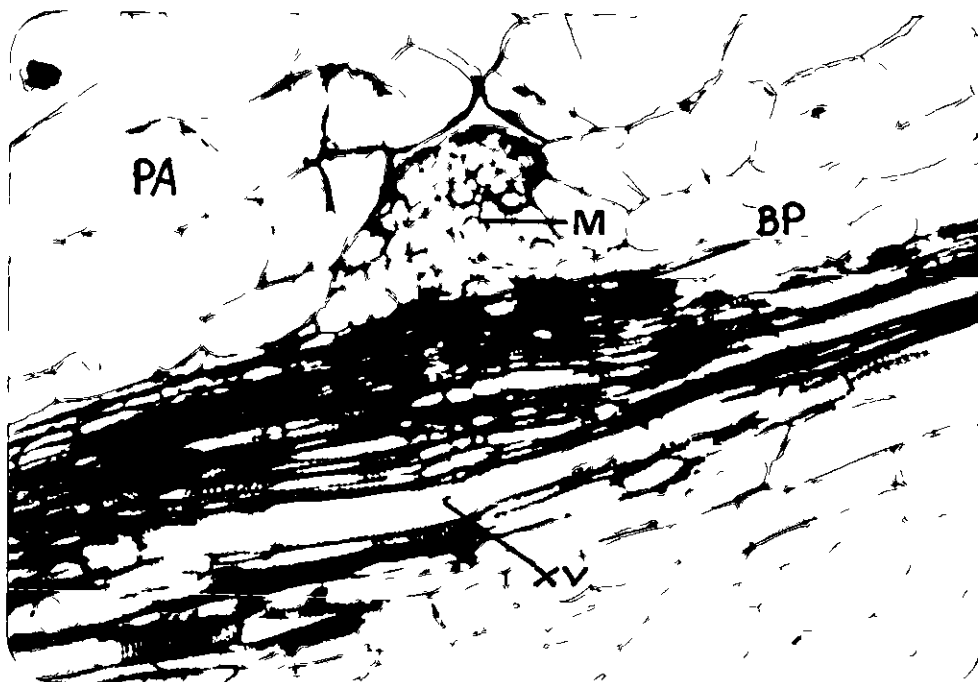


ภาพประกอบ 9 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 22 วัน
แสดงแบคทีเรียลพอกเกิดในกลุ่มเซลล์เนื้อเยื่อลำเลียง (10x)

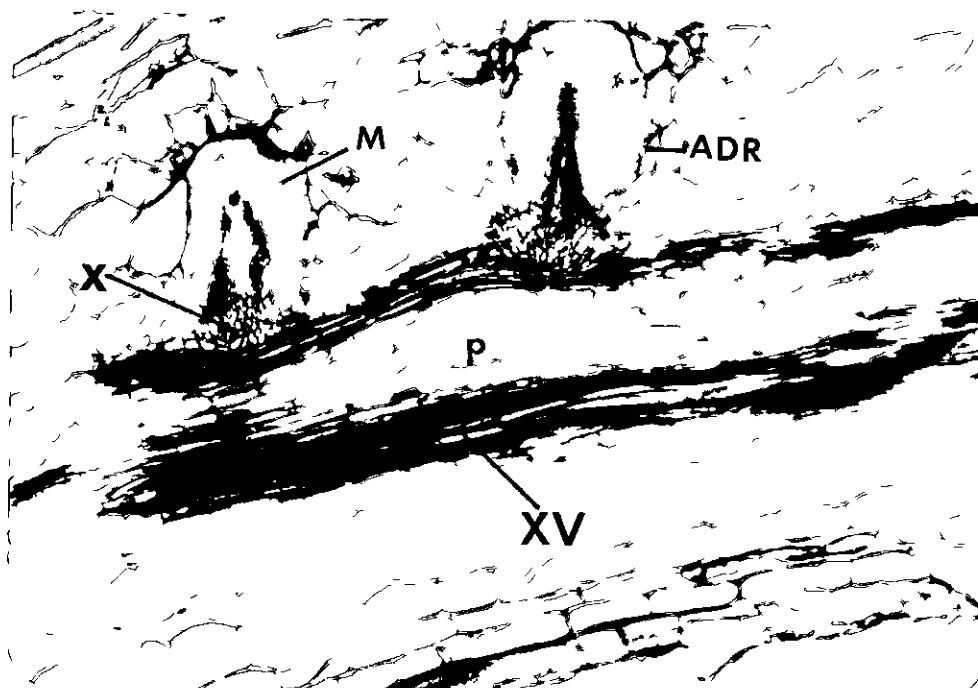


ภาพประกอบ 10 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 22 วัน
แสดงแบคทีเรียลพอกเกิดรวมไขเลมเวสเลจ (40x)

คำอธิบายภาพ BP Bacterial Pocket , XV, Xylem Vessel



ภาพประกอบ 11 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 22 วัน
ตัดตามขวาง แสดงเซลล์รอบไซเลมเวสเซลล์ที่มีแบคทีเรีย และกลุ่มเซลล์เมอริสเทมิกัส
ท่อน้ำท่ออาหาร (10x)

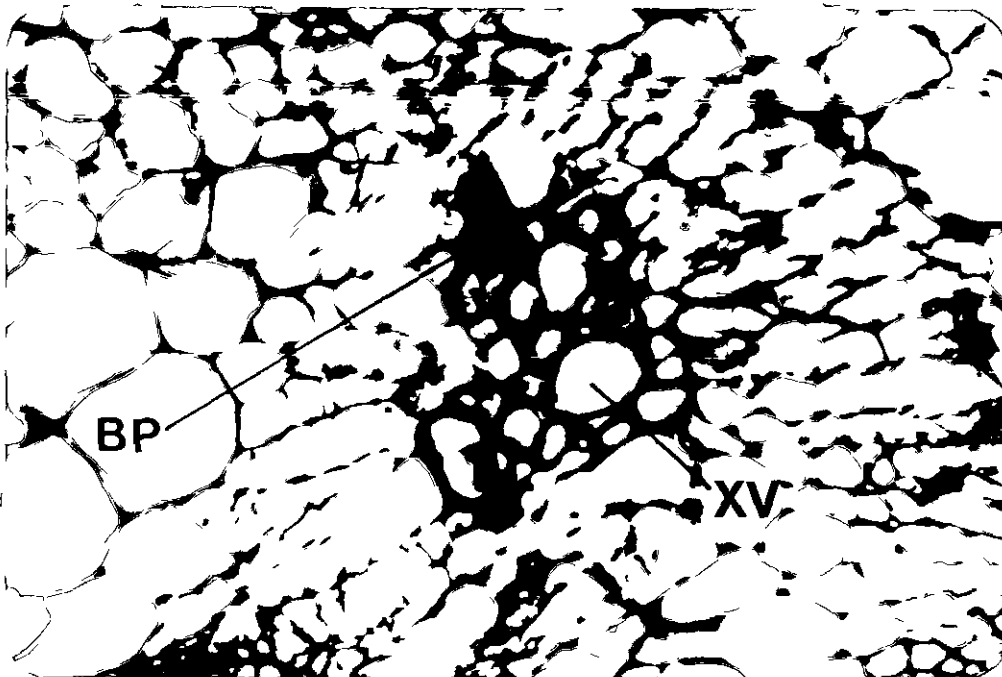


ภาพประกอบ 12 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 22 วัน
ตัดตามยาว แสดงรากพิเศษจากกลุ่มท่อน้ำท่ออาหาร (10x)

คำอธิบายภาพ M, Meristem, X, Xylem, N, Nucleolus, ADR, Adventitious Root



ภาพประกอบ 13 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 25 วัน
ตัดตามขวาง แสดงแบคทีเรียสพดที่เกิดโรครากเน่าและเน่าในลำต้น (40x)

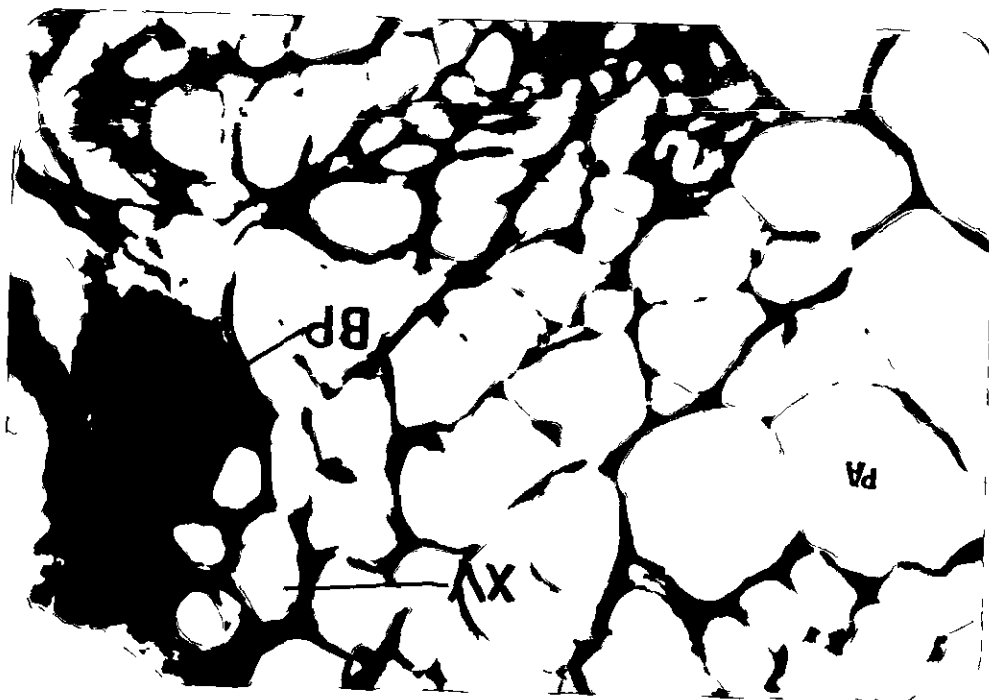


ภาพประกอบ 14 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 25 วัน
ตัดตามขวาง แสดงแบคทีเรียสพดที่เกิดโรครากเน่าและเน่าในลำต้น (20x)

คำอธิบายภาพ BP, Bacterial Pocket XV, Xylem vessel

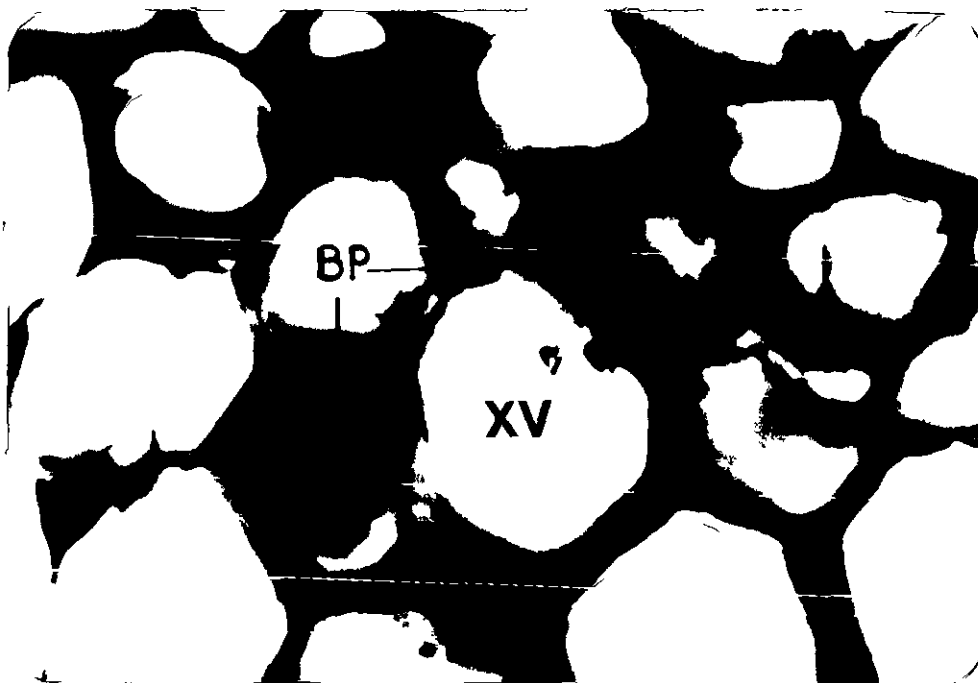


ภาพประกอบ 15 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 28 วัน
แสดงแบคทีเรียหลอดกึ่งขยายขนาดใหญ่ในเนื้อเยื่อ (40x)



ภาพประกอบ 16 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 28 วัน
แสดงแบคทีเรียหลอดกึ่งขยายใหญ่รวมกลุ่มในเนื้อเยื่อ (100x)

คำอธิบายภาพ XY, Xylem ; BP Bacterial Pycnet , C. Cortex

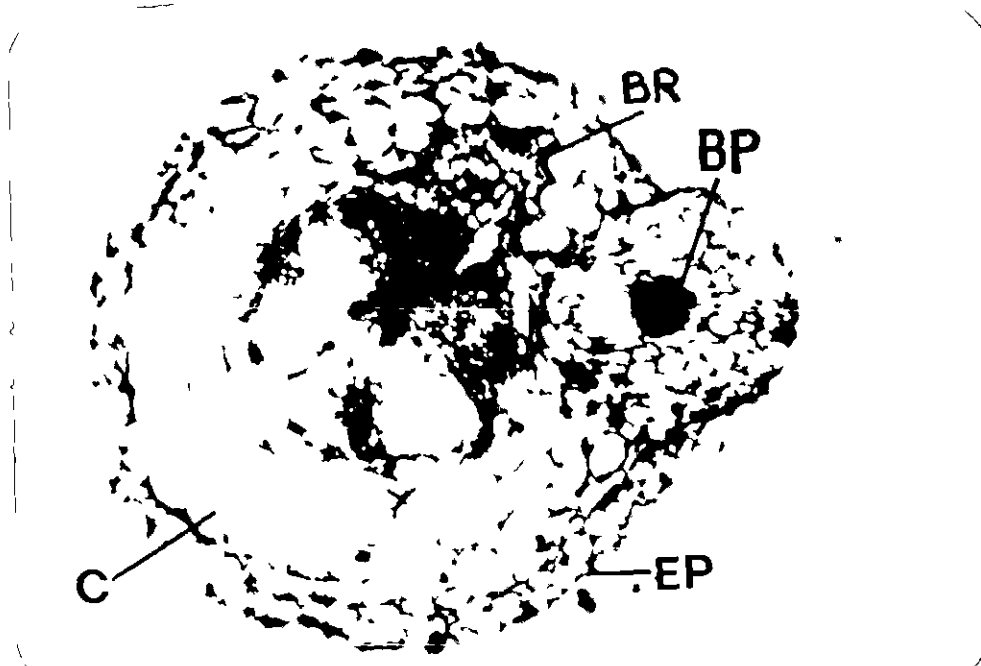


ภาพประกอบ 17 ลำต้นมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อแบคทีเรีย อายุต้น 37 วัน แสดงแบคทีเรียที่แทรกตัวเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ของกลุ่มเซลล์น้ำท่ออาหาร (40x)



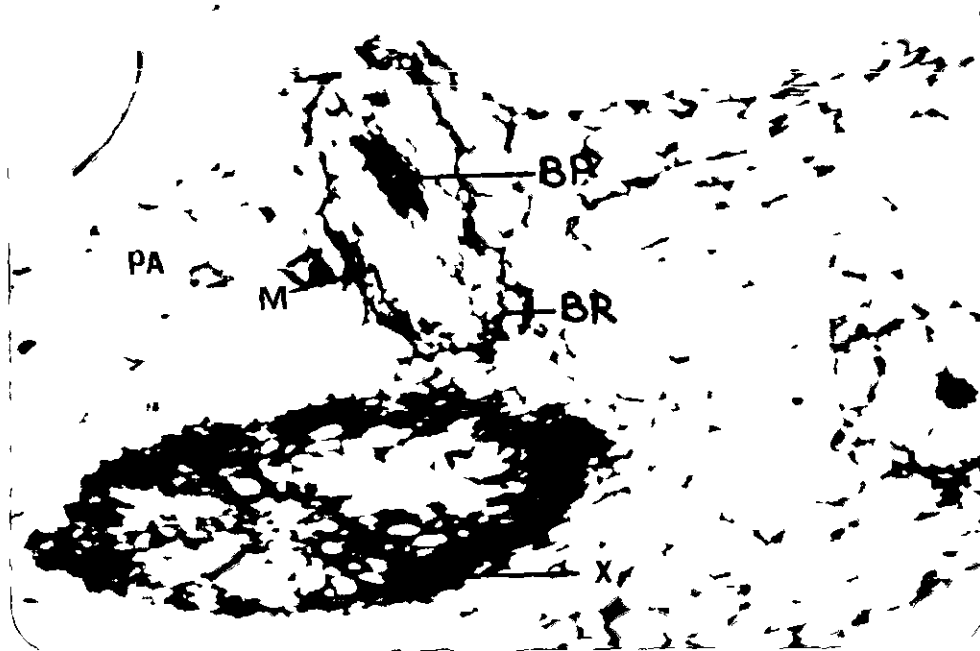
ภาพประกอบ 18 รากกลุ่มควบคุม อายุ 16 วัน ตัดตามขวาง (4x)

คำอธิบายภาพ E, Epidermis, C, - Cortex, X, Xylem, P Pericycle



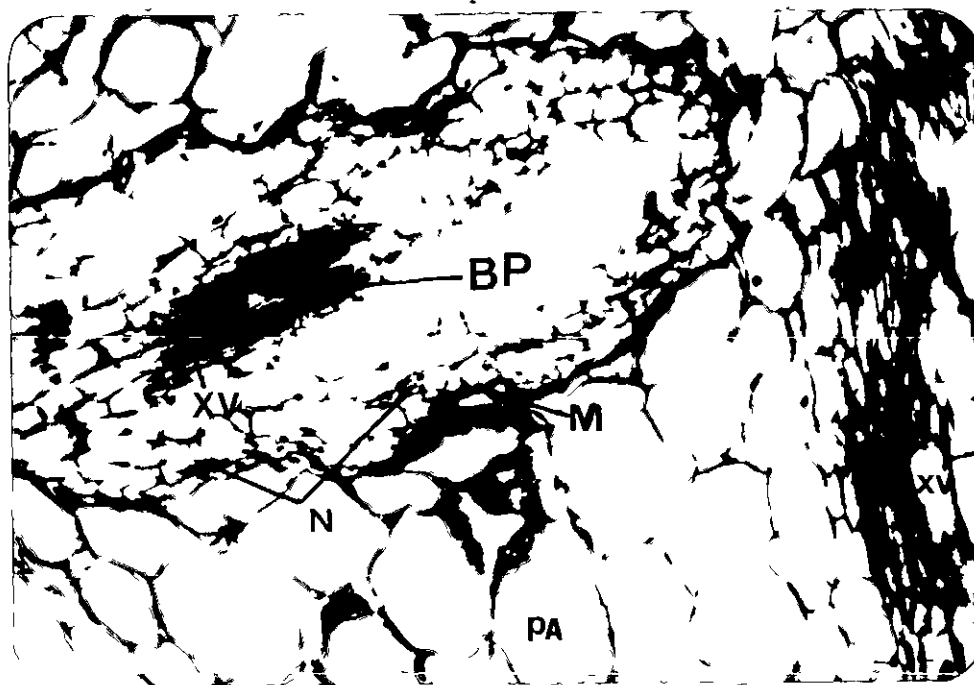
ภาพประกอบ 19 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 13 วัน
แสดงแบคทีเรียลพอกเกิดรอบวงได้ขึ้นเซลล์ผิวในชั้นคอร์เทกซ์ (4x)

คำอธิบายภาพ C, Cortex, BP, Bacterial pocket, EP, Epidermis



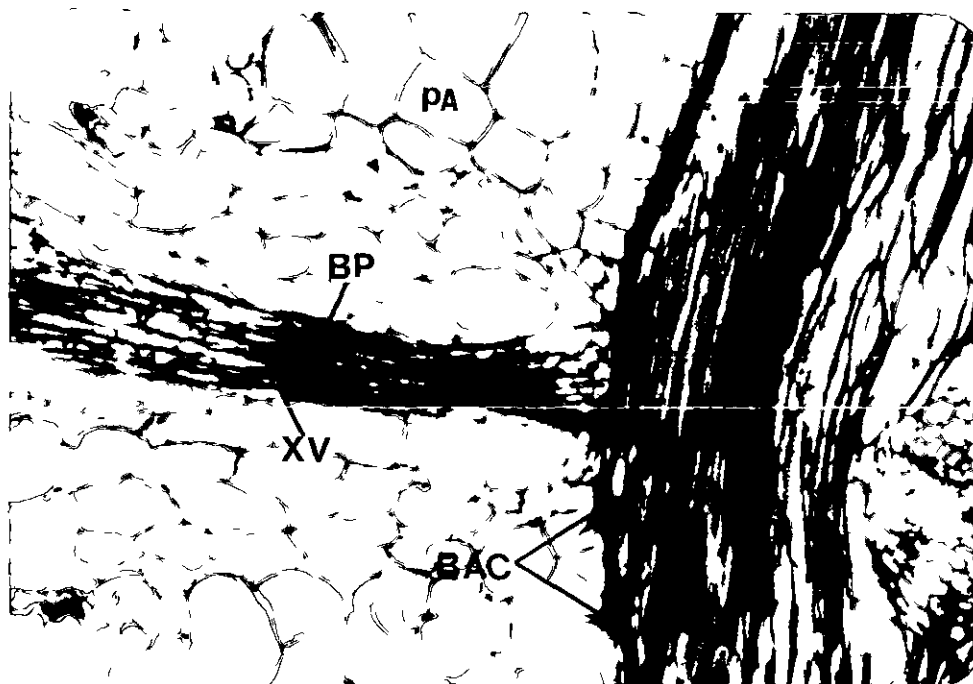
ภาพประกอบ 20 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 16 วัน
ตัดตามยาว แสดงแบคทีเรียลพอกเกิด ภายในระบบลำเลียงของรากแขนง (10x)

คำอธิบายภาพ BP, Bacterial Pocket, M, Meristem, BR, Branching Root



ภาพประกอบ 21 รากมะเขือเทศหลังเนาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 19 วัน
แสดงแบคทีเรียลพอกเกิดของระบบลำเลียงของรากแขนง (10x)

คำอธิบายภาพ N, Nucleolus, M, Meristem Y, Ylem, BP, Bacterial pocket,
PA, Parenchyma, XV, Xylem Vessel



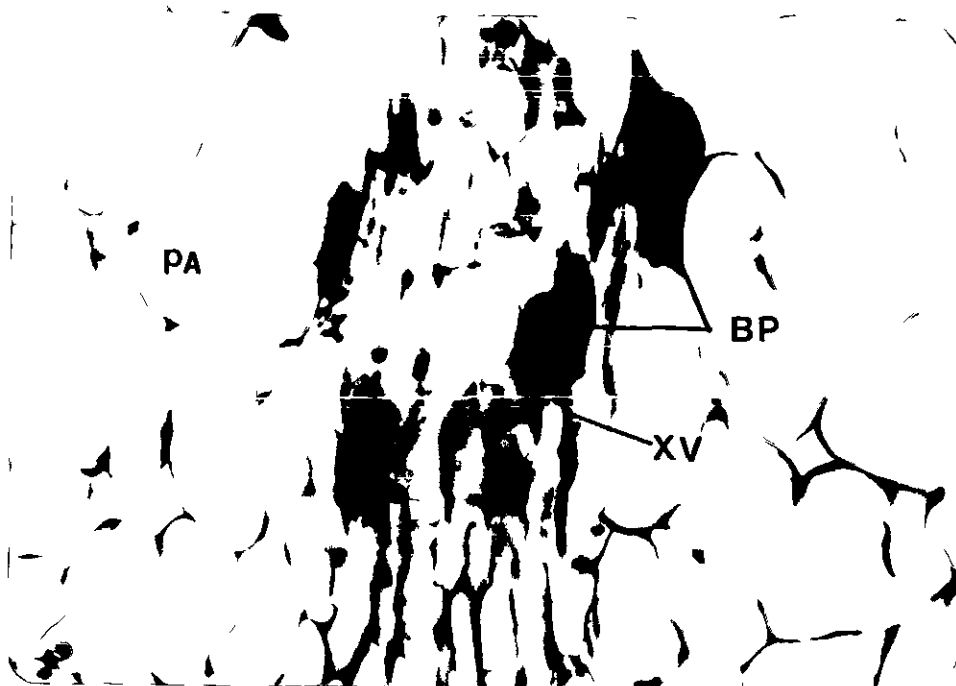
ภาพประกอบ 22 รากมะเขือเทศหลังเนาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 28 วัน
ตัดตามยาว แสดงระบบลำเลียงของรากแขนงที่ประกอบด้วยแบคทีเรีย (10x)

คำอธิบายภาพ BP, Bacterial Pocket, BAC, Bacteria



ภาพประกอบ 23 รากมะเขือเทศที่ลงเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 28 วัน
แสดงจุลชีพในช่อง ระบบลำเลียงของรากแขนง (10x)

คำอธิบายภาพ BR, Branching Root, XV, Xylem Vessel



ภาพประกอบ 24 รากมะเขือเทศที่ลงเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 31 วัน
ตัดตามยาว แสดงแบคทีเรียลพอก เกิดขึ้นตามขนาดใหญ่อรอบ ๆ ไซเลมเวสเซลล์ (20x)

คำอธิบายภาพ BP, Bacterial Pocket, XV, Xylem Vessel



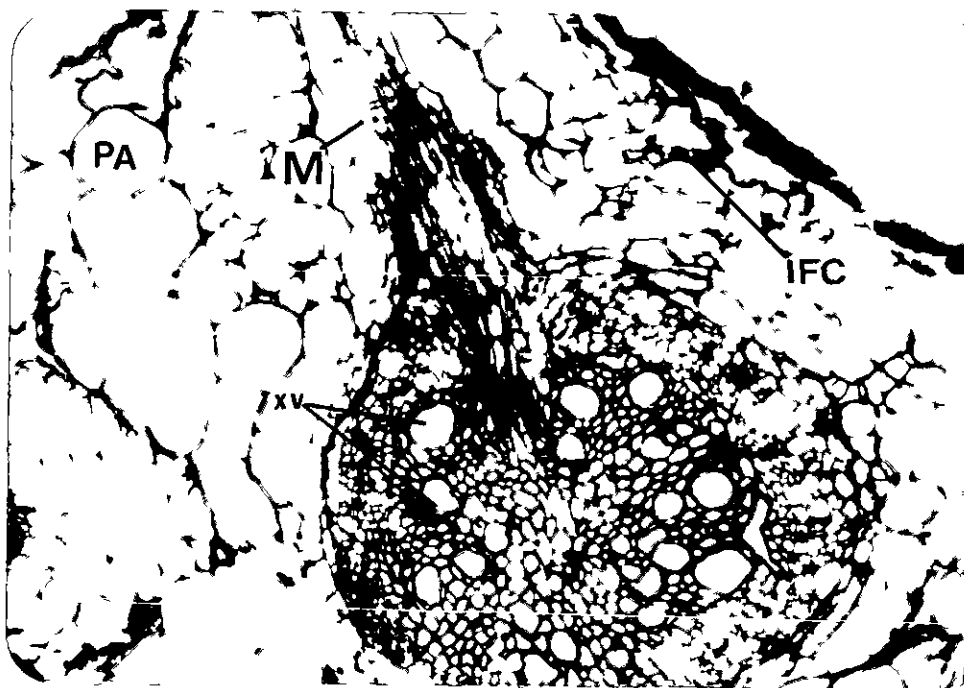
ภาพประกอบ 25 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 34 วัน
แสดงแบคทีเรียสฟลอคเกิดที่แทรกตัวอยู่รอบท่อลำเลียงน้ำของรากแขนง (10x)

คำอธิบายภาพ BP, Bacterial Pocket, XV, Xylem Vessel



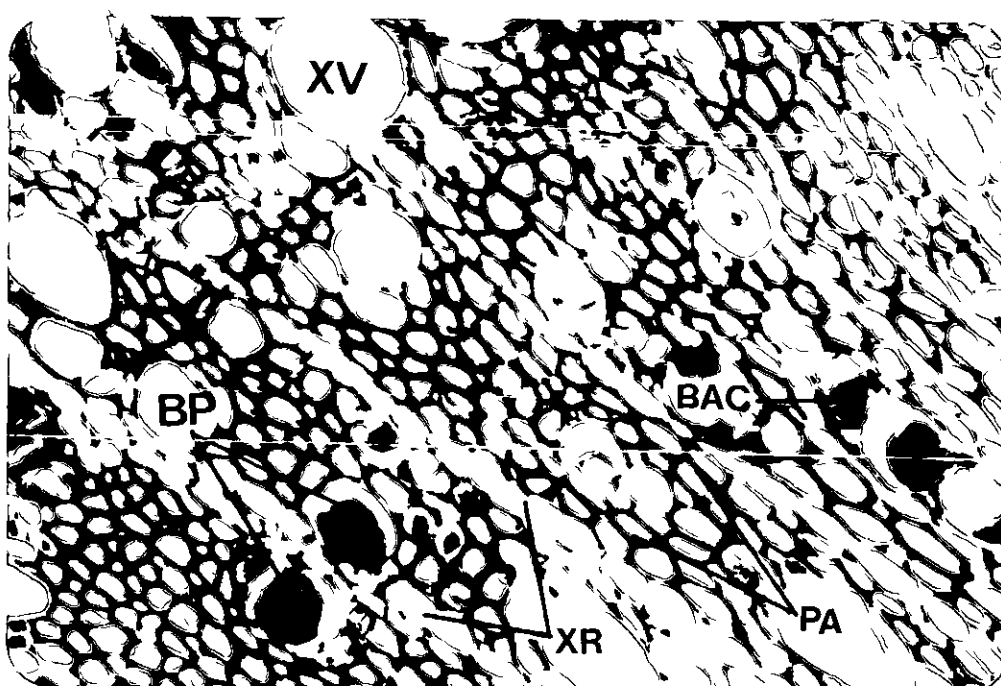
ภาพประกอบ 26 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 34 วัน
ตัดตามยาว แสดงแบคทีเรียสฟลอคเกิดขยายขนาดแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างของท่อ
ลำเลียงน้ำ (100x)

คำอธิบายภาพ BP, Bacterial Pocket, XV, Xylem Vessel, PA, Parenchyma



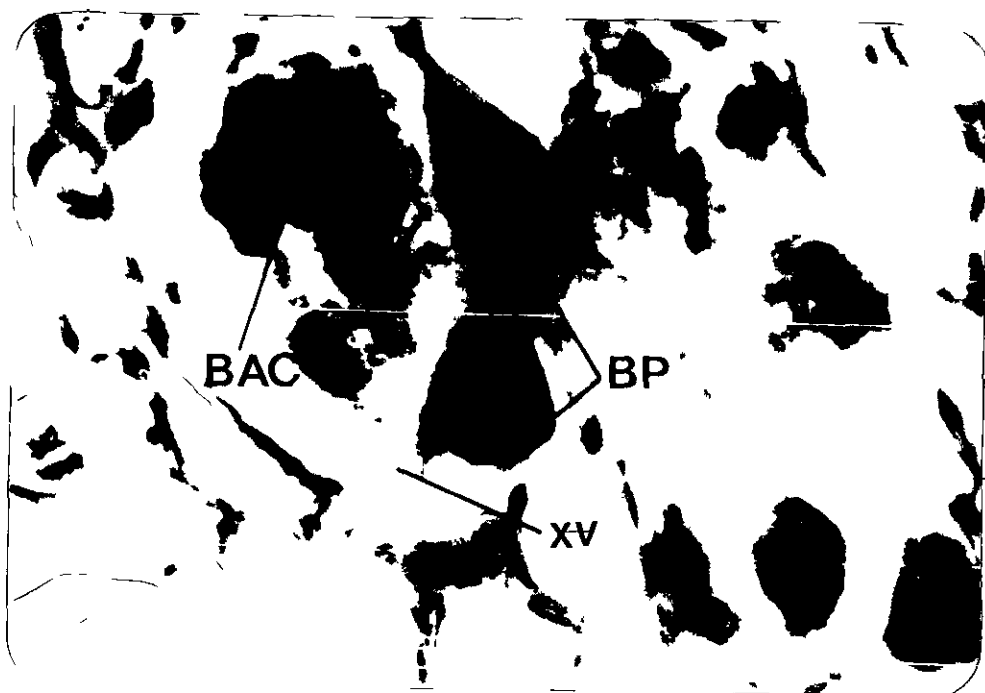
ภาพประกอบ 27 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 34 วัน
ตัดตามขวางแสดงรากแขนงตรงรอยแตกของไซเลม และ Infected cell (4x)

คำอธิบายภาพ: M, Meristem, X, Xylem, IFC, Infected cell



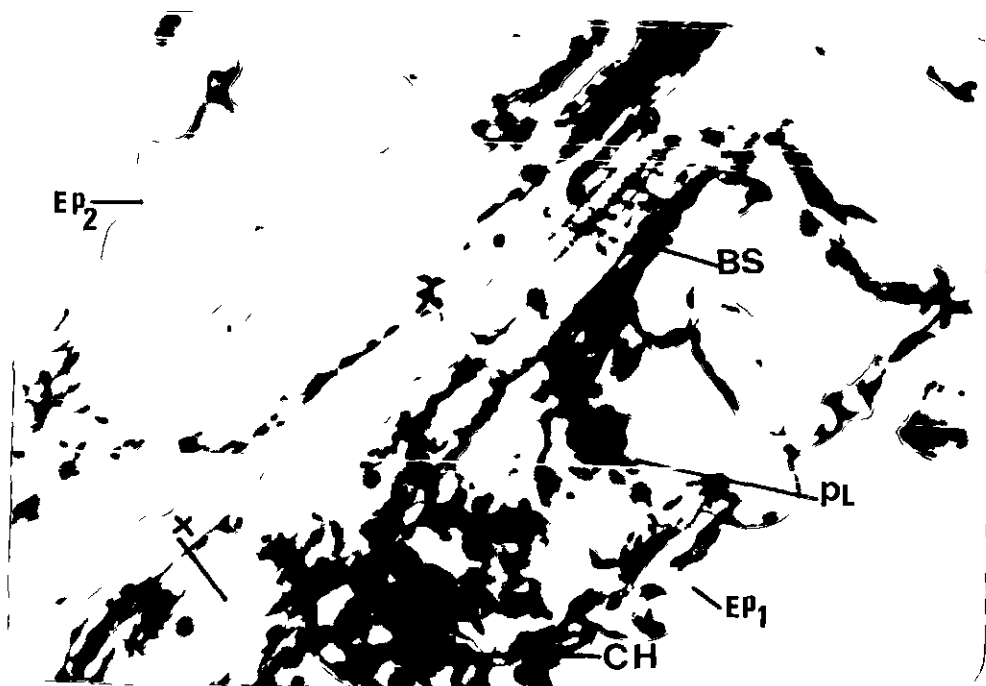
ภาพประกอบ 28 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 37 วัน
ตัดตามขวาง แสดงแบคทีเรียสฟอกเกิดที่กระจายเข้าไปในไซเลมเรย์ และเนื้อเยื่อ
พาเรนไคมาภายในกลุ่มท่อน้ำเนื้อเยื่อลำเลียง (40x)

คำอธิบายภาพ: XR, Xylem Rays, PA, Parenchyma



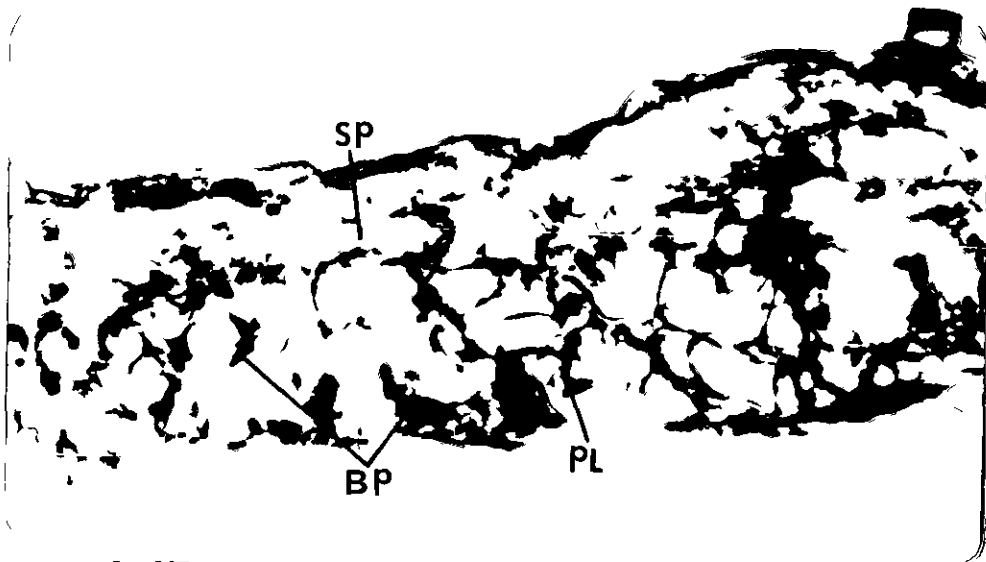
ภาพประกอบ 29 รากมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 37 วัน
แสดงแบคทีเรียที่เริ่มก่อเกิดในช่องว่างระหว่างกลุ่มเซลล์ของท่อลำเลียงน้ำ (100x)

คำอธิบายภาพ XR, Xylem Rays, BP, Bacterial Pocket, XV, Xylem Vessel



ภาพประกอบ 30 ใบมะเขือเทศในกลุ่มควบคุมอายุ 16 วัน ตัดตามขวาง (20x)

คำอธิบายภาพ PL, Palisade parenchyma, SF, Spongy parenchyma, X, Xylem,
BS, Bundle sheath, CH, Chloroplast EP₁, Upper Epidermis,
EP₂, Lower Epidermis



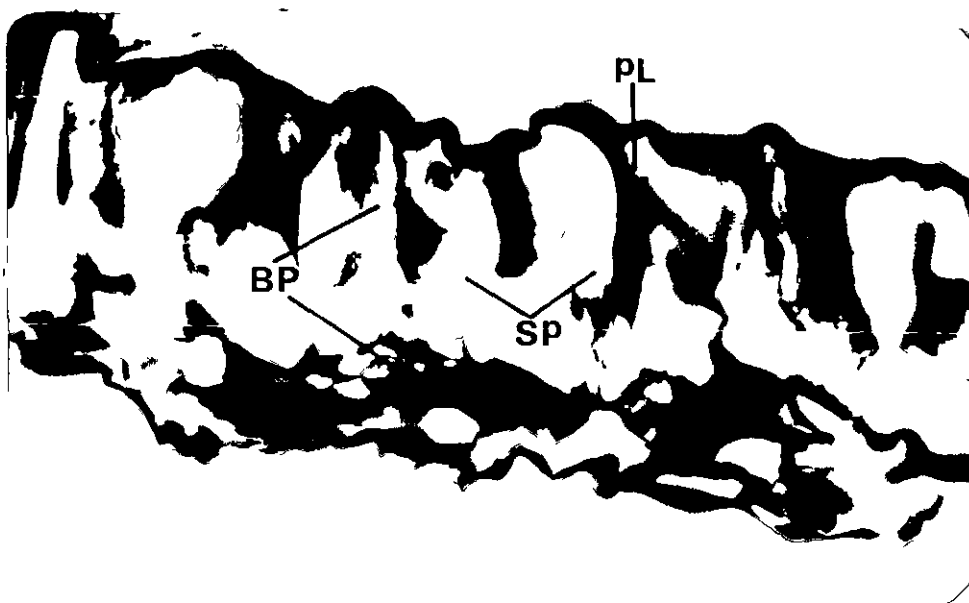
ภาพประกอบ 31 ใบมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 19 วัน
แสดงแบคทีเรียรอบ ๆ ช่องว่างระหว่างเซลล์สpongyparenchyma (20x)

คำอธิบายภาพ BP, Bacterial pocket PL Palisade parenchyma, SP, Spongy parenchyma



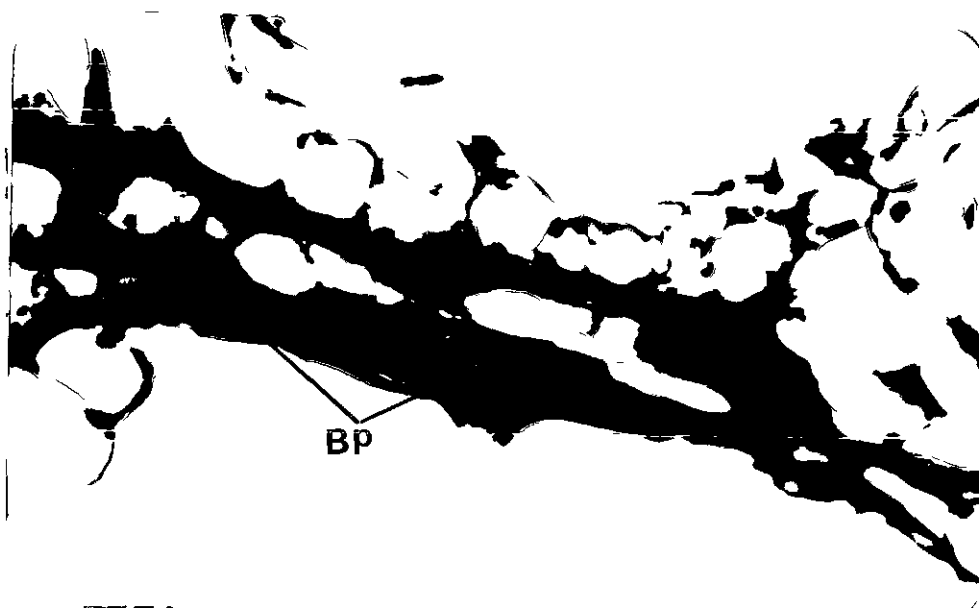
ภาพประกอบ 32 ใบมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 25 วัน
แสดงเชื้อแบคทีเรียที่ฝังตัวในชั้นของบับเกิลชีธ (40x)

คำอธิบายภาพ BS, Bundle sheath, BP, Bacterial pocket



ภาพประกอบ 33 ใบมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 31 วัน
แสดงแบคทีเรียลพอกเกิดภายในเซลล์ลาลิสาดะพาราไคนไมา (40x)

คำอธิบายภาพ BP, Bacterial pocket, PL, Lalissade parenchyma, Sp, Spongy parenchyma



ภาพประกอบ 34 ใบมะเขือเทศหลังเพาะเชื้อ Pseudomonas solanacearum อายุต้น 37 วัน
แสดงแบคทีเรียลพอกเกิดขยายขนาดอัดแน่นในท่อไซเลม และกระจายเข้าไปในชั้น
มีโซฟิลของใบ (40x)

คำอธิบายภาพ BP, Bacterial pocket, SP, Spongy parenchyma