ผลของการใช้น้ำหมักอีเอ็มในการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และการเจริญเติบโตของแตงกวา

Effects of Effective Microorganisms Culture on Peroxidase Production and Growth of Cucumber

ศิริพร กลอดแก้ว

Siriporn Klodkaew

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University
2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์	ผลของการใช้น้ำหมักอีเอ็มในการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและการเจริญเติบโตของแตงกวา
ผู้เขียน	นางสาวศิริพร กลอดแก้ว
สาขาวิชา	การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(ดร.ธันวดี เตชะภัททวรกุล สุขสาโรจน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร คันธโชติ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรจง วิทยวีรศักดิ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ งามผ่องใส)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุกูล อินทระสังขา)

.....กรรมการ
(ดร.ธันวดี เตชะภัททวรกุล สุขสาโรจน์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร คันธโชติ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของการใช้น้ำหมักอีเอ็มในการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและการเจริญเติบโตของแตงกวา
ผู้เขียน นางสาวศิริพร กลอดแก้ว
สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของน้ำหมักอีเอ็มในการกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคของพืชด้วยการตรวจวัดปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในใบพืชและศึกษาการเจริญเติบโตของพืชทดสอบหรือแตงกวา โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง ทำการทดลองชุดละ 4 ซ้ำ ได้แก่ การฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบ (leaf infiltration) การพ่นน้ำหมักอีเอ็มที่ใบ (solution vaporization) การแช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม (grain preparation) การรดที่โคนต้น (soil treatment) และการรดด้วยน้ำเปล่า (ชุดควบคุม) โดยทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลองกับชุดควบคุม และเปรียบเทียบวิธีการใช้น้ำหมักอีเอ็มเพื่อกระตุ้นการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในพืช ผลการศึกษาพบว่า น้ำหมักอีเอ็มมีคุณสมบัติช่วยกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคให้แก่พืชที่ทดสอบ การฉีดทางหลังใบและการพ่นน้ำหมักอีเอ็มที่ใบสามารถกระตุ้นการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ทันที ส่วนการรดที่โคนต้นกระตุ้นให้พืชสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลาในการดูดซึมน้ำหมักอีเอ็ม ซึ่งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในใบแตงกวาเพิ่มสูงสุดในวันที่ 20 หลังการสร้างเอนไซม์เพิ่มขึ้นครั้งแรกในพืช แต่การแช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็มให้ผลไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($p>0.05$) สำหรับอัตราการเจริญเติบโตของต้นและรากแตงกวาในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($p>0.05$) ส่วนแมลงศัตรูพืชของแตงกวาที่พบระหว่างทำการทดลอง คือ หนอนกัดกินใบ แมลง และเพลี้ยเกาะที่ใบอ่อนของแตงกวา ทำให้ต้นแตงกวามีใบเหลือง และเริ่มเหี่ยว จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า น้ำหมักอีเอ็มมีคุณสมบัติในการกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคโดยการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นให้แก่พืชที่ทดสอบได้ ซึ่งวิธีการพ่นและรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการกระตุ้นความต้านทานในพืช และการใช้น้ำหมักอีเอ็มในอัตราส่วน 1:500 (อีเอ็ม:น้ำ) และใช้ซ้ำทุก 20 วัน สามารถกระตุ้นความต้านทานให้แก่พืชได้อย่างต่อเนื่อง แต่น้ำหมักอีเอ็มไม่มีคุณสมบัติในการกระตุ้นการเจริญเติบโตและไม่มีฤทธิ์ในการกำจัดศัตรูพืชที่ทดสอบ

Thesis Title	Effects of Effective Microorganisms Culture on Peroxidase Production and Growth of Cucumber
Author	Miss Siriporn Klodkaew
Major Program	Environmental Management
Academic Year	2008

ABSTRACT

The aims of this study were to determine the non-specific plant diseases resistance stimulated by peroxidase increased measurement and plant growth promoter abilities of effective microorganisms (EM). The experimental plan consisted of 5 treatments namely, leaf infiltration, vaporization, grain preparation (cucumber seed immersed in EM culture), soil treatment (poured EM culture to soil) and control (poured with fresh water). The results showed that EM culture had ability of plant diseases resistance stimulator. Leaf infiltration and vaporization methods could induce peroxidase production immediately after treatment whereas the amount of peroxidase was increased in 5^{th} day in soil treatment method because plant need the time to absorb EM culture from soil into plant. EM culture could increase peroxidase in plant until reach the highest concentration in 20^{th} day, except grain preparation treatment that there was not difference from the control. For plant growth promoter ability, the trunk and root growth of all EM culture treatments were not significant difference from the control. During experiment the pests of cucumber were also found namely worm, insect and aphid. These results could be summarized that EM culture had ability to stimulate non- specific plant disease resistance. The use of EM culture in EM solution (at 1:500 of distilled water mixture) to vaporize or pour in soil repeatedly every 20 days could stimulate plant disease resistance continuously. But EM culture had not plant growth promoter and also plant pest defense properties.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณอย่างสูงในความกรุณาของ ดร.ธันวดี เตชะภัททวรกุล สุขสาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร คันธโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรจง วิทยวีรศักดิ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ งามผ่องใส และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุกูล อินทระสังขา คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา วิจารณ์ ชี้แนะ ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จนสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้เงินอุดหนุนการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัว ที่สนับสนุนเงินทุนในการศึกษา และให้กำลังใจ และความห่วงใยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณสุนทร บุญมาทัต และภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์ในการทำวิจัย ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ ศูนย์ปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องเครื่องมือและอุปกรณ์

ขอบคุณคุณอรกัญญา เม่งหยู ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และกำลังใจดีๆ ที่มีให้มาโดยตลอด คุณสินสินี แก้วจร คุณสุกานดา สุจินโน คุณญฏารัตน์ สุวรรณมณี คุณอนงค์ทิพย์ เอสเอ คุณสุกัญญา เศรษฐรักษา และคุณเอกวิทย์ จูมิ สำหรับกำลังใจดีๆ ที่มีให้เสมอมา

ขอขอบคุณ คุณกัญญารัตน์ หลงเศษ คุณปิ่นรัตน์ สิริพันธ์พงศ์ คุณธัญลักษณ์ หลักแหลม คุณคันธรัตน์ เพ็ชรมุณี คุณธนกฤต พรหมทอง คุณวธิดา คะนะแนม คุณอิสรา สังขรัตน์ รวมทั้งเพื่อนๆ น้องๆ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อมที่มิได้เอ่ยนามไว้ สำหรับมิตรภาพ กำลังใจ และความช่วยเหลือที่มีให้ตลอดมา

ศิริพร กลอดแก้ว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(7)
รายการตารางภาคผนวก	(8)
รายการภาพประกอบ	(11)
นิยามศัพท์เฉพาะ	(13)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	3
วัตถุประสงค์	20
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	20
2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	21
3.ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	28
4. สรุปผลการทดลอง	51
ข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก	62
ประวัติผู้เขียน	95

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	สารประกอบฟีนอลที่พืชสร้างขึ้นเพื่อตอบโต้การเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค	14
2.	จำนวนจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ในหัวเชื้ออีเอ็มคิวเซ	29
3.	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ในหัวเชื้ออีเอ็มคิวเซ	29
4.	จำนวนจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ในน้ำหมักอีเอ็ม	31
5.	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ในน้ำหมักอีเอ็ม	31
6.	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่ตรวจวัดจากใบเลี้ยงแตงกวาโดยวิธีการใช้น้ำหมักอีเอ็มต่างกัน	39
7.	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่ตรวจวัดจากใบเลี้ยงแตงกวาโดยใช้น้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้นแตกต่างกัน	40
8.	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงและความยาวรากของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นโดยวิธีการใช้น้ำหมักอีเอ็มต่างกัน	47
9.	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงและความยาวรากของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นโดยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้นต่างกัน	48

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวก		หน้า
ก 1	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ	64
ก 2	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดควบคุมที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา	65
ก 3	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการพ่นน้ำหมักอีเอ็มทางใบแตงกวา	66
ก 4	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม	67
ก 5	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวา	68
ก 6	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแตงกวาของชุดควบคุม	69
ก 7	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50%	70
ก 8	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 75%	71
ก 9	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดควบคุมที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 75% และ 50%	72
ก 10	ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา	73
ก 11	ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาชุดควบคุมที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา	74
ก 12	ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบแตงกวา	75
ก 13	ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการแช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม	76

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวก		หน้า
ก 14	ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวา	77
ก 15	ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาของชุดควบคุม	78
ก 16	ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50%	79
ก 17	ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 75%	80
ก 18	ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาชุดควบคุมที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% และ 75%	81
ข 1	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาระหว่างวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ การพ่นน้ำหมักอีเอ็มทางใบ การแช่เมล็ดพันธุ์การรดด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และชุดควบคุม	83
ข 2	การเปรียบเทียบความแตกต่างของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาระหว่างวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ การพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบ การแช่เมล็ดพันธุ์การรดด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และชุดควบคุมโดยใช้วิธี least-significant different (LSD)	84
ข 3	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% 75% และชุดควบคุม	85
ข 4	การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% 75% และชุดควบคุมโดยใช้วิธี least-significant different (LSD)	85
ข 5	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ความสูงของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ การพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบ การแช่เมล็ดพันธุ์การรดด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และชุดควบคุม	86

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวก		หน้า
ข 6	การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความสูงของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ การพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบ การแช่เมล็ดพันธุ์ การรดด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และชุดควบคุมโดยใช้วิธี least-significant different (LSD)	87
ข 7	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ความยาวรากแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ การพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบ การแช่เมล็ดพันธุ์ การรดด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และชุดควบคุม	88
ข 8	การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความยาวรากแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ การพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบ การแช่เมล็ดพันธุ์ การรดด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และชุดควบคุมโดยใช้วิธี least-significant different (LSD)	89
ข 9	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ความสูงของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมัก อีเอ็มความเข้มข้น 50% และ 75% กับชุดควบคุม	90
ข 10	การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความสูงของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% และ 75% กับชุดควบคุมโดยใช้วิธี least-significant different (LSD)	90
ข 11	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ความยาวรากของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% และ 75% กับชุดควบคุม	91
ข 12	การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความยาวรากของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% และ 75% กับชุดควบคุมโดยใช้วิธี least-significant different (LSD)	91

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่		หน้า
1	การเตรียมต้นพืช	24
2	วิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา	24
3	วิธีการพ่นน้ำหมักอีเอ็มบบนใบแตงกวา	25
4	วิธีการแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม	25
5	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ	34
6	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบ	35
7	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการแช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม	36
8	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้น	37
9	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มที่เข้มข้น 50% 75% กับชุดควบคุม	40
10	ความสูงของต้นแตงกวาระหว่างชุดทดลองการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวากับชุดควบคุม	41
11	ความยาวของรากแตงกวาระหว่างชุดทดลองการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบกับชุดควบคุม	42
12	ความสูงของต้นแตงกวาระหว่างชุดทดลองการพ่นด้วยน้ำหมักอีเอ็มบนใบกับชุดควบคุม	42
13	ความยาวของรากแตงกวาระหว่างชุดทดลองการพ่นด้วยน้ำหมักอีเอ็มบนใบกับชุดควบคุม	43
14	ความสูงของต้นแตงกวาระหว่างชุดทดลองการแช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็มกับชุดควบคุม	43
15	ความยาวของรากแตงกวา ระหว่างชุดทดลองการแช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็มกับชุดควบคุม	44

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่		หน้า
16	ความสูงของต้นแตงกวาระหว่างชุดทดลองการรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นกับชุดควบคุม	44
17	ความยาวของรากแตงกวาระหว่างชุดทดลองการรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นกับชุดควบคุม	45
18	ความสูงของต้นแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% และ 75% กับชุดควบคุม	45
19.	ความยาวของรากแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% และ 75% กับชุดควบคุม	46
20	ลักษณะของหนอนคืบที่กัดกินใบและลำต้นแตงกวา	49
21	การกัดกินใบและลำต้นของหนอนคืบ	49
22	เพลี้ยอ่อนบนใบแตงกวา	50

นิยามศัพท์เฉพาะ

น้ำหมักอีเอ็ม หมายถึง การนำอีเอ็มคิวเซมาทำการขยายโดยการเติมกากน้ำตาลและน้ำในอัตราส่วน 1:1:20 (อีเอ็มคิวเซ:กากน้ำตาล:น้ำ) เมื่อนำไปใช้ทดสอบการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในพืชต้องนำไปขยายกับน้ำในอัตราส่วน 1:500 (น้ำหมักอีเอ็ม:น้ำ)

systemic induced resistance หมายถึง สิ่งกระตุ้นสามารถกระตุ้นให้พืชทดสอบสร้างความต้านทานเพิ่มขึ้น ซึ่งความต้านทานที่เพิ่มขึ้นสามารถตรวจพบได้ในส่วนอื่นๆ ที่ไม่ใช่เฉพาะส่วนที่ถูกกระตุ้น

local induced resistance หมายถึง พืชจะสร้างสารออกมาต้านทานการถูกกระตุ้นหรือโดนทำลายเฉพาะส่วนที่ถูกกระตุ้นหรือโดนทำลายเท่านั้นหรือทำให้เซลล์เฉพาะส่วนที่โดนทำลายหรือถูกกระตุ้นนั้นตาย เพื่อป้องกันการติดเชื้อหรือโดนทำลาย

Ktal หมายถึง จำนวนของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนสารตั้งต้นไป 1 โมลต่อวินาที

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

การทำการเกษตรแผนใหม่ในปัจจุบันมุ่งเน้นเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพตามความต้องการของตลาด เกษตรกรมักจะมีการดูแลบำรุงรักษาผลผลิต โดยการใช้สารเคมีสังเคราะห์ที่ผลิตขึ้นอย่างแพร่หลาย เช่น ปุ๋ยเคมี สารเร่งการเจริญเติบโต สารเคมีกำจัดวัชพืช แมลงศัตรูพืช และโรคพืช เป็นต้น (นิพนธ์ ทวีชัย และคณะ, 2539) การใช้สารเคมีเหล่านี้มีปริมาณการใช้เพิ่มมากขึ้นทุกปี (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2550) ในขณะเดียวกันการใช้สารเคมีเพื่อการกำจัดศัตรูพืชก่อให้เกิดปัญหาด้านต่างๆ ตามมา เช่น การปนเปื้อนของสารเคมีในแหล่งน้ำและดิน ปัญหาความปลอดภัยต่อสุขภาพของเกษตรกร เนื่องจากได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมากเกินไป ตลอดจนปัญหาสารเคมีตกค้างในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ซึ่งส่งผลต่อผู้บริโภค (โสภิษฐ์ เวทยสุภรณ์, 2548) จากผลกระทบดังกล่าวจึงทำให้มีผู้ศึกษาและเผยแพร่แนวความคิดเกษตรอินทรีย์หรือเกษตรธรรมชาติเพื่อเป็นทางเลือกในการลดปริมาณการใช้สารเคมีในการเกษตร แนวคิดนี้เป็นแนวคิดที่ใช้สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติมาเป็นเครื่องมือในการควบคุมสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นที่ก่อให้เกิดโทษแก่ผลผลิตทางการเกษตร จุลินทรีย์ที่เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการประยุกต์ใช้แนวความคิดดังกล่าวคือ กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganisms) หรือที่รู้จักกันดีในชื่อของอีเอ็ม (EM) อีเอ็มเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ประกอบด้วยแบคทีเรีย รา และยีสต์ ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ และเป็นพวกที่มีประโยชน์ จากจุดริเริ่มในประเทศญี่ปุ่น ความรู้ได้ถูกถ่ายทอดไปทั่วโลก อีเอ็มได้ถูกนำมาใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติหลายรูปแบบ มีวัตถุประสงค์ตั้งแต่ การเป็นปุ๋ยอินทรีย์ สารอาหาร ผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อโรค สารไล่แมลง สารบำบัดมลพิษในสิ่งแวดล้อม ฯลฯ สำหรับการประยุกต์ใช้ในการเกษตร อีเอ็มได้รับความนิยมอย่างสูง ทั้งในการนำมาหมักกับขยะอินทรีย์เพื่อผลิตเป็นน้ำสกัดชีวภาพหรือปุ๋ยน้ำ การนำมาผสมกับส่วนผสมต่างๆ เพื่อผลิตเป็นสารกำจัดและไล่ศัตรูพืช หรือนำมาเป็นหัวเชื้อในการหมักปุ๋ย แต่จากการทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูพืชและการเร่งการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดในแปลงทดลองด้วยผลิตภัณฑ์จากอีเอ็ม พบว่าผลิตภัณฑ์เหล่านี้ไม่มีประสิทธิภาพในเรื่องดังกล่าว หรือมีความแตกต่างน้อยมากกับชุดควบคุม

และไม่มีการอธิบายถึงเหตุผลของปรากฏการณ์ดังกล่าว เช่น การใช้สารอีเอ็มผสมของน้ำส้มสายชูสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและเชื้อราได้ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับสารเคมีและน้ำไม่มีผลในการควบคุมโรคพืช (นิพนธ์ ทวีชัย และคณะ, 2539) สุโตจูที่มีส่วนประกอบของน้ำส้มสายชูและน้ำยาฉุน มีผลต่อการตายของหนอนใยผักประมาณร้อยละ 54-69 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมแล้วไม่มีความแตกต่างกัน (สุรัตน์วดี จิวะจินดา และคณะ, 2539) สารอีเอ็มไม่มีผลในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้าย และการป้องกันกำจัดเพลี้ยไก่แจ้ส้ม (กนกพร อุ่นใจชน และคณะ, 2539; ชลิดา อุณหวุฒิ และคณะ, 2539) แต่ในขณะเดียวกันอีเอ็มก็ยังได้รับความนิยมและจำหน่ายอย่างแพร่หลาย เกษตรกรจำนวนมากยังยืนยันถึงผลผลิตที่เป็นที่น่าพอใจจากการใช้ผลิตภัณฑ์อีเอ็ม

ในประเทศไทยยังไม่มีรายงานการศึกษาเรื่องการกระตุ้นความต้านทานในพืชโดยใช้อีเอ็มเป็นตัวกระตุ้น ดังนั้นการวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาเบื้องต้นในเรื่องการกระตุ้นความต้านทานในพืชโดยใช้อีเอ็มเป็นตัวกระตุ้น การกระตุ้นความต้านทานในพืชเป็นกลไกอย่างหนึ่งในการป้องกันตัวของพืชจากการถูกกระตุ้นทั้งทางกายภาพและชีวภาพ (Oostendorp *et al*., 2001)เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย ไวรัส แสงแดด และอุณหภูมิ เป็นต้น (Alvarez *et al*.,1998; Passardi *et al*., 2005) การวัดการเกิดความต้านทานในพืชส่วนใหญ่จะทำการตรวจวัดปริมาณเอนไซม์ที่พืชสร้างขึ้น เช่น peroxidase polyphenoloxidase (PPO) phenylalanine ammonia-lyase (PAL) และchitinase เป็นต้น (Fofana *et al*., 2005; Zhao *et al*., 2005) ซึ่งพืชที่ใช้เป็นพืชทดสอบความต้านทานส่วนใหญ่เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ เช่น แตงกวา มะเขือเทศ เป็นต้น

การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาถึงคุณสมบัติของอีเอ็มในการกระตุ้นความต้านทานและการเจริญเติบโตของพืช โดยใช้แตงกวาเป็นพืชทดสอบ เนื่องจากเป็นพืชที่ไวต่อจุลินทรีย์และแมลง (Zhao *et al*., 2005) ทำการวัดความต้านทานที่พืชสร้างขึ้นโดยการตรวจวัดปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ในต้นพืชทดสอบที่เปลี่ยนแปลง เมื่อใช้น้ำหมักอีเอ็มเป็นตัวกระตุ้น เนื่องจากเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่พืชสามารถสร้างเพิ่มขึ้นเพื่อป้องกันตัวเองจากการถูกกระตุ้นทั้งทางกายภาพและชีวภาพ (Cipollni 1998; Marinescu *et al*. 1999) และศึกษาถึงรูปแบบการใช้น้ำหมักอีเอ็มที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกระตุ้นความต้านทานและการเจริญเติบโตของพืช การศึกษาครั้งนี้จึงให้ความรู้ที่ช่วยอธิบายศักยภาพของอีเอ็ม สำหรับการใช้เป็นสารทดแทนผลิตภัณฑ์เคมีเพื่อการเกษตร และอาจนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากอีเอ็ม สำหรับการเกษตรต่อไป

1.2 บทตรวจเอกสาร

1.2.1 อีเอ็ม

ปัจจุบันกระแสการต่อต้านการใช้สารเคมีในการเกษตรทั้งในประเทศและต่างประเทศเกิดจากความหวาดกลัวของสารพิษตกค้างในอาหาร และสภาพแวดล้อมหรือการเกิดอันตรายต่อตัวผู้ใช้ สาเหตุดังกล่าวก่อให้เกิดแรงกระตุ้นให้มีการศึกษาวิจัยทางชีววิธีในการกำจัดศัตรูพืชกันอย่างกว้างขวาง นับตั้งแต่การใช้เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus thuringiensis* กำจัดหนอนไส้เดือนฝอยกำจัดหนอน ไวรัสเอ็นพีวี (Nuclear polyhedrosis virus; NPV) กำจัดหนอนในส่วนของโรคพืชก็มีการพัฒนาหาเชื้อจุลินทรีย์เพื่อกำจัดโรคพืชหลายๆ ชนิดเช่นกัน (เปรมปรี ณ สงขลา, 2537) แนวคิดนี้เป็นแนวคิดที่ใช้สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่มีอยู่ในธรรมชาติมาเป็นตัวควบคุมสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นที่ก่อให้เกิดโทษแก่ผลผลิตทางการเกษตร เพื่อเป็นทางเลือกในการลดปริมาณการใช้สารเคมี ซึ่งจุลินทรีย์ที่เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการประยุกต์ใช้แนวความคิดนี้ คือ กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ หรืออีเอ็ม

ศ. ดร. เทรูโอะ ฮิหงะ เป็นผู้คิดค้นการนำจุลินทรีย์มาใช้ทดแทนสารเคมีเกษตรและตั้งชื่อจุลินทรีย์ที่ค้นพบว่า จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganisms; EM) องค์ประกอบและลักษณะการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์อีเอ็ม ประกอบด้วยจุลินทรีย์อยู่รวมกันกว่า 5 วงศ์ (families) 10 สกุล (genera) 80 ชนิด (species) มีทั้งจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ (aerobic micro-organisms) และกลุ่มที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerobic microorganisms) อาศัยอยู่รวมกัน จุลินทรีย์ทั้งสองชนิดอยู่ด้วยกันได้ เพราะในดินมีจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (photosynthetic microorganisms) ที่ไม่ชอบออกซิเจนและจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจน (nitrogen-fixing microorganisms) ที่ชอบออกซิเจนอยู่ร่วมกันโดยการแลกอาหารซึ่งกันและกัน

อีเอ็ม เป็นการรวบรวมเอาเฉพาะกลุ่มจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดผลดี (probiotics) ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มจุลินทรีย์มากกว่า 80 ชนิด นำมาเพาะเลี้ยงรวมอยู่ในที่เดียวกัน เมื่อกลุ่มจุลินทรีย์เพิ่มจำนวนมากขึ้นทำให้กระบวนการแอนติออกซิเดชั่น (anti-oxidation) มีเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้การรวมพลังในดินสูงขึ้น นอกจากนี้สารต่างๆ ที่กลุ่มจุลินทรีย์เหล่านี้สร้างขึ้น เช่น กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ กลูโคส และวิตามิน เป็นธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นเมื่อนำเอาอีเอ็มมาใช้ในงานเกษตร จึงสามารถเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีหลายเท่า (คาซูฮิโกะ วาคุกามิ, 2537 อ้างถึงใน สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์, 2547)

1.2.1.1 ลักษณะทั่วไปของอีเอ็ม

- เป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้ม กลิ่นเปรี้ยว
- ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น คน สัตว์ พืช และแมลง ที่เป็นประโยชน์
- ช่วยปรับสภาพความสมดุลของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
- สามารถนำไปเพาะขยาย เพื่อช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ในการผลิตที่เกี่ยวกับการเกษตร ประมง ปศุสัตว์ และสิ่งแวดล้อม (สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์, 2547)

1.2.1.2 กลุ่มจุลินทรีย์ในองค์ประกอบของอีเอ็ม

1. กลุ่มจุลินทรีย์พวกราที่เป็นเส้นใย (filamentous fungi) ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งการย่อยสลายอินทรีย์สาร ช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุให้มีอนุภาคเล็กลง ทำให้พืชสามารถดูดไปใช้เป็นอาหารได้ง่าย ช่วยให้พืชเจริญเติบโต โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้ทำงานได้ดีในสภาวะที่มีออกซิเจน มีคุณสมบัติต้านทานความร้อนได้ดี ปกติใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตเหล้า ผลิตปุ๋ยหมัก จุลินทรีย์กลุ่มรามีเส้นใยที่สำคัญได้แก่ *Penicillium* spp. *Trichoderma* spp. *Fusarium* spp. *Mucor* spp. และ *Aspergillus* spp. เป็นต้น

2. กลุ่มจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ทำหน้าที่สังเคราะห์สารอินทรีย์ให้แก่ดิน เช่น กรดอะมิโน และอื่นๆ เพื่อประสิทธิภาพและความสมบูรณ์ให้แก่ดิน รวมทั้งสามารถบำบัดมลพิษในน้ำเสีย และช่วยสร้างความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกันกับจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ กลุ่มจุลินทรีย์ที่สำคัญ ได้แก่ *Chlorobium* spp. *Chromatium* spp. *Rhodospirillum* spp. และ *Rhodopseudomonas* spp.

3. กลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก (zymogenic or fermentative micro-organisms) ทำหน้าที่ป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชบางชนิด ช่วยบำบัดมลพิษในน้ำเสียที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ จุลินทรีย์กลุ่มหลักที่สำคัญ ได้แก่ ยีสต์ เช่น *Saccharomyces cereviseae Schizosaccharomyces* spp. และ *Pichia* spp.

4. กลุ่มจุลินทรีย์ตรึงธาตุไนโตรเจน ทำหน้าที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศสู่ดิน ผลิตสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ แป้ง น้ำตาล กลุ่มจุลินทรีย์กลุ่มนี้มีทั้งพวกสาหร่ายและแบคทีเรีย จุลินทรีย์ที่สำคัญ ได้แก่ *Azotobacter* spp. *Anabaena* spp. *Clostridium* spp. และ *Rhizobium* spp. เป็นต้น

5. กลุ่มจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติคหรือกรดน้ำนม (lactic acid bacteria) มีประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อราและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดผลเสีย จุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถดำรงชีพอยู่ได้โดยไม่ต้องการอากาศ ทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพดินเน่าเปื่อย หรือดินก่อโรคให้กลายเป็นดินที่

ต้านทานโรค โดยช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชให้มีจำนวนน้อยลง ทำให้อินทรีย์สารในดินอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน เป็นประโยชน์ต่อพืชมาก นอกจากนี้ยังช่วยย่อยสลายเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์พืชทำให้อัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์พืชสูงและเร็วกว่าปกติ จุลินทรีย์กลุ่มนี้ประกอบด้วยแบคทีเรียจำพวก *Lactobacillus* spp. เป็นส่วนใหญ่ (รัช รุจิรวรรธน์, 2544 อ้างถึงใน สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์, 2547; การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2550)

จากการศึกษากลุ่มจุลินทรีย์ต่างๆ ในอีเอ็ม พบว่าไม่พบแบคทีเรียสังเคราะห์แสงทั้งในกลุ่ม purple bacteria และ green bacteria (นภาวรรณ นพรัตนราภรณ์ และ กฤตวรรณ วงศ์ศิริเดช, 2539) เชื้อรามีปริมาณอยู่ในช่วง 10^3-10^4 CFU/ml และเมื่อทำการเทียบเคียงชนิด (identify) ปรากฏว่าเป็นเชื้อ *Aspergillus niger Penicillium* spp. *Emericella* spp. และ *Fusasium* spp. (พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์ และคณะ, 2539) ส่วนเชื้อกลุ่มแอคติโนมัยสีท (Actinomycetes) มีปริมาณน้อยในตัวอย่างอีเอ็ม ซึ่งเชื้อแอคติโนมัยสีทช่วยในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ในธรรมชาติหรือระบบนิเวศ (ธงชัย คัมภีร์ และคณะ, 2539) และเมื่อทำการเทียบเคียงเชื้อยีสต์ในตัวอย่างอีเอ็มพบว่าเป็นยีสต์กลุ่ม *Candida* spp. *Klockera* spp. และ *Rhodotorula* spp. ซึ่งมีปริมาณ 10^5-10^6 CFU/ml และเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องพบว่าจำนวนเชื้อยีสต์ มีการเปลี่ยนแปลง (สาวิตรี ลิ่มทอง และคณะ, 2539)

1.2.1.3 การเก็บรักษาอีเอ็ม

อีเอ็มเป็นสิ่งมีชีวิต จึงมีข้อพึงระวังในการเก็บรักษา เพื่อให้ผลการใช้เต็มประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ มีวิธีการเก็บรักษาดังนี้ คือ

- อีเอ็มสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานประมาณ 1 ปี หรืออย่างน้อย 6 เดือน ในกรณีที่ยังไม่เปิดฝาทั้งสองชั้นของภาชนะที่ใช้บรรจุ เก็บในอุณหภูมิปกติไม่เกิน 45-60 องศาเซลเซียส อย่าเก็บในตู้เย็น
- ทุกครั้งที่แบ่งใช้ต้องรีบปิดฝาให้สนิท
- การนำอีเอ็มไปขยายต่อ ควรใช้ภาชนะที่สะอาด และใช้ให้หมดภายในเวลาที่เหมาะสม
- การเก็บไว้หลายๆ วันโดย ไม่มีการเคลื่อนไหว ในภาชนะจะมีฝ้าขาวเหนือผิวน้ำ นั่นคือการทำงานของจุลินทรีย์ที่พักตัว เมื่อเขย่าแล้วทิ้งไว้ชั่วขณะ ฝ้าสีขาวจะสลายตัวกลับไปอยู่ในจุลินทรีย์เหมือนเดิม
- เมื่อนำไปขยายเชื้อในน้ำและกากน้ำตาล จุลินทรีย์จะมีกลิ่นหอมและมีฟองสีขาวๆ ภายใน 2-3 วัน ถ้าไม่มีฟองดังกล่าวแสดงว่า การหมักขยายเชื้อยังไม่ได้ผล

- อีเอ็ม เมื่อนำไปขยายเชื้อแล้วควรใช้ภายใน 7 วัน หลังจากการหมักได้ที่แล้ว ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเสื่อมคุณภาพที่อาจเกิดขึ้นจากความไม่สะอาดของน้ำ ภาชนะ และสิ่งแปลกปลอมจากอากาศ เพราะจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่ต้องการอากาศ

- ถ้าใช้ไม่หมดภายใน 3 วัน ต้องปิดฝาให้สนิทด้วยพลาสติก เพื่อไม่ให้อากาศเข้าก่อนใช้ทุกครั้ง ต้องตรวจดูก่อนว่ายังมีกลิ่นหอมอมเปรี้ยวหรือไม่ ถ้ามีแสดงว่ายังใช้ได้ (สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์, 2547)

1.2.1.4 ประโยชน์ของอีเอ็ม

มูลนิธิบำเพ็ญสาธารณประโยชน์ด้วยกิจกรรมทางศาสนา และอนิวรรต เฉลิมพงษ์ (2537) อ้างถึงใน สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์ (2547) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของอีเอ็มไว้ดังนี้

ด้านเกษตรกรรม

- ช่วยปรับความเป็นกรด-ด่างในดินและน้ำ
- ช่วยแก้ปัญหาแมลงศัตรู และโรคระบาดต่างๆ
- ใช้ผสมน้ำและกากน้ำตาลรดดิน ช่วยปรับสภาพดินให้ร่วนซุย อุ้มน้ำ และอากาศผ่านได้ดี
- ช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุ เพื่อให้เป็นอาหารแก่พืช พืชสามารถดูดซึมไปเป็นอาหารได้ดี ไม่ต้องใช้พลังงานมาก เหมือนกับการใช้ปุ๋ยเคมี
- ช่วยสร้างฮอร์โมนพืช ทำให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดี
- ช่วยกำจัดกลิ่นเหม็นในฟาร์มปศุสัตว์
- ช่วยกำจัดน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ เช่น ปศุสัตว์ บ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม
- ช่วยกำจัดแมลงวัน โดยตัดวงจรชีวิตของแมลงวัน ไม่ให้เข้าดักแด้
- ใช้ผสมน้ำรดพืชผัก และต้นไม้ ทำให้พืชผักเจริญเติบโตงอกงาม ได้ผลผลิตมากมีคุณภาพดี
- ใช้ผสมน้ำแช่เมล็ดพันธุ์ ทำให้อัตราการงอกของเมล็ดดี และช่วยป้องกันโรคอันเกิดจากเมล็ด

ด้านการประมง

- ช่วยควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้
- ช่วยแก้ปัญหาโรคพยาธิในน้ำ ซึ่งเป็นอันตรายต่อกุ้ง ปลา กบ หรือสัตว์น้ำที่เลี้ยง

- ช่วยลดปริมาณขี้เลนในบ่อ และทำให้เลนไม่เน่าเหม็น สามารถนำไปผสมเป็นปุ๋ยหมักใช้กับพืชต่างๆ ได้

ด้านสิ่งแวดล้อม

- ช่วยปรับสภาพเศษอาหารจากครัวเรือน ให้กลายเป็นปุ๋ย
- ช่วยปรับสภาพน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน โรงงาน โรงแรมหรือแหล่งน้ำเสีย
- ช่วยดับกลิ่นเหม็นจากกองขยะที่หมักมานาน

จากประโยชน์ดังกล่าวของจุลินทรีย์อีเอ็ม สามารถนำมาใช้หมักวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อผลิตปุ๋ยชีวภาพและสารฆ่าแมลง ที่เรียกว่า น้ำสกัดชีวภาพ หรือ น้ำหมักชีวภาพ หรืออาจมีชื่อเรียกได้ต่างๆ กันไป เช่น น้ำจุลินทรีย์หรือน้ำเอนไซม์จากผลไม้ (enzyme ionic plasma) น้ำสกัดชีวภาพ (ดวงพร คันธโชติ และคณะ, 2548) และปุ๋ยอินทรีย์น้ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2549) น้ำสกัดชีวภาพมีทั้งที่ผลิตเป็นการค้าในชุมชน และผลิตใช้เองตามครัวเรือน น้ำสกัดชีวภาพเป็นการนำเอาเศษพืชผักผลไม้ รวมทั้งวัสดุอื่นๆ เช่น ปลา ก้างปลา กระดูกสัตว์ เป็นต้น มาหมักกับน้ำตาลหรือกากน้ำตาลโดยใช้อีเอ็มเป็นเชื้อตั้งต้น ซึ่งน้ำตาลหรือกากน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ น้ำสกัดชีวภาพสามารถแบ่งตามวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตได้เป็น 2 ประเภท คือ น้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตจากพืช และน้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตจากสัตว์ การหมักน้ำสกัดชีวภาพมี 2 แบบ คือ หมักแบบต้องการออกซิเจน (หมักแบบเปิดฝา) และหมักแบบไม่ต้องการออกซิเจน (หมักแบบปิดฝา) จะได้สารละลายเข้มข้นซึ่งอาจจะมีสีน้ำตาลเข้ม กรณีที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวหมัก หรือมีสีน้ำตาลอ่อนเมื่อใช้น้ำตาลชนิดอื่นเป็นตัวหมัก ซึ่งถ้าผ่านการหมักที่สมบูรณ์แล้วจะพบสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมน เอนไซม์ ในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ว่าเป็นพืชหรือสัตว์ (กรมวิชาการเกษตร, 2549) การหมักกับกากน้ำตาลหรือน้ำตาลเพื่อให้เกิดกระบวนการคัดสรรและเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อพืช และให้จุลินทรีย์ไปปลดปล่อยธาตุอาหารที่จำเป็นและฮอร์โมนที่มีประโยชน์ต่อการเจริญของพืช ช่วยทำให้พืชเจริญงอกงาม เติบโตแข็งแรง ผลิดอกออกผลได้ดี ซึ่งประโยชน์ของน้ำสกัดชีวภาพมี 3 ด้านหลักๆ ได้แก่ ทางการเกษตรเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมี หรือทดแทนสารฆ่าแมลง ทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นการบำบัดน้ำเสียกำจัดกลิ่นเหม็นของมูลสัตว์ และใช้ปรับสภาพน้ำเสีย น้ำสกัดชีวภาพได้รับการยอมรับว่าใช้ได้ผลดี จึงเป็นที่น่าสนใจและต้องการของเกษตรกรและผู้ทำการเกษตรปลอดสารเคมี (อาณัติ ตันโช, 2548)

1.2.2 การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี (Biocontrol)

โรคพืชเป็นปัญหาสำคัญในการเพาะปลูกพืช และจัดเป็นศัตรูพืชชนิดหนึ่งที่สามารถทำความเสียหายให้แก่เกษตรกรผู้ปลูก ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งหลังการเก็บเกี่ยว สาเหตุของโรคพืช เช่น ไวรัส แบคทีเรีย รา โปรโตซัว สภาวะทางสิ่งแวดล้อม เช่น ความชื้น แสง สารพิษในอากาศและดิน และความเสียหายต่างๆ ที่เกิดจาก มนุษย์ สัตว์ และแมลง การควบคุมโรคพืชมีหลายวิธี แต่วิธีที่ง่ายและได้ผลเร็วก็คือการใช้สารเคมี ซึ่งสารเคมีที่ใช้ในการควบคุมโรคพืชไม่ได้ส่งผลเฉพาะพืชอย่างเดียว แต่จะมีผลต่อดิน ซึ่งมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ (Agrios, 2005) จะทำให้จุลินทรีย์สร้างความต้านทานต่อสารเคมี และจะเกิดปัญหาตามมา คือ การปนเปื้อนและตกค้างของสารเคมีในผลิตผลการเกษตรและในสิ่งแวดล้อม และมีผลต่อสุขภาพของเกษตรกรผู้ใช้และผู้บริโภคด้วย

ในปัจจุบันได้มีการค้นคว้าหาวิธีควบคุมโรคพืชใหม่ๆ เพื่อลดอันตรายจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรที่เพิ่มขึ้น โดยใช้การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี (biocontrol) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ยอมรับว่าใช้ได้ผลดี ได้มีการศึกษาถึงกลไกการควบคุมโรคและระบบการควบคุมโรคโดยวิธีต่างๆ โดยเฉพาะการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (antagonist) ที่เป็นเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา เชื้อแบคทีเรียมักเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อโรคพืชโดยการแก่งแย่งอาหาร การยับยั้ง ทำลาย และการเป็นปรสิต ปัจจุบันวิธีนี้เป็นที่ยอมรับว่าเป็นวิธีที่มีโอกาสสูงในการนำไปเป็นกลยุทธ์ในการป้องกันกำจัดโรค เพราะใช้ได้ผลดีจนถึงขั้นทำในระดับการค้า (นิพนธ์ ทวีชัย, 2539)

ในธรรมชาติมีเชื้อจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการนำมาใช้ควบคุมโรคพืชได้ เรียกว่าเชื้อปฏิปักษ์ โดยมีกลไกควบคุมเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคได้ 4 ลักษณะ คือ

1. การแข่งขัน (competition) เชื้อปฏิปักษ์มีความสามารถแข่งขันกับเชื้อโรคพืชในด้านต่างๆ เช่น การใช้ธาตุอาหาร อากาศ และการครอบครองพื้นที่ได้ดีกว่า ทำให้เชื้อโรคพืชไม่สามารถเจริญเติบโต หรืออาศัยอยู่ในบริเวณที่มีเชื้อปฏิปักษ์ พืชจะเจริญเติบโตแข็งแรง มีผลผลิตสูงขึ้น การแข่งขันที่พบมาก คือการนำเอาธาตุอาหารหรือสารต่างๆ ที่มีอยู่ในดินหรือในสภาพแวดล้อมนั้นมาใช้ประโยชน์ในการเติบโต ทำให้เชื้อโรคขาดสารอาหารไม่สามารถเจริญเติบโตเข้าทำลายพืช เช่น เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Pseudomonas fluorescens* ผลิตสาร siderophore ช่วยในการจับยึดธาตุเหล็กในธรรมชาติมาใช้ได้ดีกว่าเชื้อรา *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* สาเหตุโรค Take-all ของ ข้าวสาลี (Schippers *et al*., 1987 อ้างถึงใน นิพนธ์ ทวีชัย, 2539) ทำให้เชื้อรานี้ไม่สามารถทำลายราก ช่วยให้ข้าวสาลีเจริญเป็นปกติ ให้ผลผลิตดีขึ้น

2. การทำลายชีวิต (antibiosis) เชื้อปฏิปักษ์มีคุณสมบัติการทำลายชีวิตของเชื้อโรค โดยเชื้อปฏิปักษ์นี้มีความสามารถผลิตสารที่มีคุณสมบัติยับยั้งหรือทำลายเชื้อโรคได้ เช่น สารพิษ (toxin) หรือสารปฏิชีวนะ (antibiotic) พบว่ากลไกชนิดนี้เป็นการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีที่สำเร็จเป็นครั้งแรกโดยเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Agrobacterium radiobacter* สายพันธุ์ K84 ผลิตสาร bacteriocin ที่มีชื่อว่า agrocin 84 ไปยับยั้งหรือทำลายเชื้อ *Agrobacterium tumefaciens* biotype 1 และ 2 สาเหตุโรคปุ่มปม (crown gall) ของพืช (Thomson, 1987 อ้างถึงใน นิพนธ์ ทวีชัย, 2539)

3. การเป็นปรสิต (parasitism) เชื้อแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติเป็นปรสิตเข้าไปเจริญอาศัยทำลายสิ่งมีชีวิตอื่นนั้นพบไม่มาก การใช้ควบคุมโรคพืชยังไม่ประสบความสำเร็จเหมือนปฏิกิริยาแบบการทำลายชีวิต เช่น *Erwinia urediniolytica* เข้าทำลาย pedicel ของเชื้อราสนิมหรือเชื้อแบคทีเรีย *Pasteuria penetrans* ที่เป็นปรสิตของไส้เดือนฝอย *Meloidogyne incognita* สาเหตุโรครากปม (Cook and Baker, 1983 อ้างถึงใน นิพนธ์ ทวีชัย, 2539)

4. การชักนำให้เกิดความต้านทานโรค (induced disease resistance) เป็นกลไกที่น่าศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ เช่น เชื้อราหรือแบคทีเรีย โดยเฉพาะพวกที่เคยเป็นเชื้อโรค เมื่อนำมาทำให้เสียความสามารถในการทำให้เกิดโรคแล้ว สามารถจะชักนำหรือกระตุ้นให้พืชสร้างความต้านทานต่อการทำลายของเชื้อโรคได้ เช่น การเกิดกลายพันธุ์ในยีนเดียวของเชื้อรา *Colletotrichum magna* สาเหตุของโรคแอนแทรคโนสในพืชพวกแตง จะไม่ทำให้เกิดโรคแต่จะเจริญอยู่ในพืช ช่วยให้พืชทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคดั้งเดิมได้ หรือในกรณีของเชื้อแบคทีเรีย *P. solanacearum* สายพันธุ์ไม่รุนแรงที่มีชีวิตอยู่สามารถชักนำให้พืชสร้างสาร tomatine ปลดปล่อยออกมาที่บริเวณรากทำให้มะเขือเทศต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อ *P. solanacearum* สายพันธุ์ดั้งเดิมได้ (Arwiyanto *et al*., 1994 อ้างถึงใน นิพนธ์ ทวีชัย, 2539)

การชักนำให้เกิดความต้านทานที่เกิดขึ้นกับพืชมี 2 แบบ คือ systemic induced resistance คือ สิ่งกระตุ้นสามารถกระตุ้นให้พืชทดสอบสร้างความต้านทานเพิ่มขึ้น ซึ่งความต้านทานที่เพิ่มขึ้นสามารถตรวจพบได้ในส่วนอื่นๆ ไม่ใช่เฉพาะส่วนที่ถูกกระตุ้นเท่านั้น เช่น การใช้เชื้อแบคทีเรีย *Serratia marcescens* NBRI1213 ในการชักนำให้พลูสร้างเอนไซม์ในการป้องกันการทำลายเชื้อก่อโรคในพลูโดยการนำเชื้อรดที่ดินแล้วนำใบพลูมาหาค่าปริมาณเอนไซม์เหล่านี้คือ เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) polyphenoloxidase และ phenylalanine ammonia-lyase พบว่าเอนไซม์ดังกล่าวมีปริมาณเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรียสามารถการชักนำให้เกิดการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์และสามารถสร้างเอนไซม์ได้ในส่วนอื่นๆ ของพืชแม้จะถูกกระตุ้นโดยใช้แบคทีเรียรดที่ดิน และ local induced resistance คือ พืชจะสร้างสารออกมาต้านทานการถูกกระตุ้นหรือโดนทำลายเฉพาะส่วนที่ถูกกระตุ้นหรือโดนทำลายเท่านั้น หรือทำให้เซลล์เฉพาะส่วนที่โดนทำลายหรือ

ถูกกระตุ้นนั้นตาย เพื่อป้องกันการติดเชื้อหรือโดนทำลาย เช่น สารละลาย 6-pentyl alpha pyrone ซึ่งเป็นสารหอมระเหยกลิ่นคล้ายมะพร้าวซึ่งผลิตจากจุลินทรีย์ควบคุม (biocontrol agent) เมื่อใช้กระตุ้นความต้านทานในต้นอ่อนของแตงเมลอน พบว่า ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นเฉพาะส่วนที่ถูกฉีดสารละลายเข้าไปเท่านั้น (Tachapattraworakul, 2006) การชักนำให้เกิดความต้านทานในพืชจะแตกต่างกันตามเชื้อก่อโรคและสารเคมี (Oka *et al*., 1999)

1.2.3 กลไกการป้องกันตัวของพืช

การชักนำให้เกิดความต้านทานในพืช หรือการกระตุ้นให้พืชเกิดความเครียดเรียกว่า การสร้างภูมิคุ้มกันของพืช (John, 1999) หรือการที่พืชมีกลไกในการป้องกันตัว ซึ่งการป้องกันตัวของพืชสามารถแสดงออกได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านกายภาพและชีวภาพด้วย (Chamnogpol *et al*., 1998) ปัจจัยทางด้านกายภาพ เช่น โลหะหนัก แสง อุณหภูมิ (Al-kaff *et al*. 1998 ; Alvarez *et al*.,1998) ปัจจัยทางด้านชีวภาพ เช่น รา แบคทีเรีย ไวรัส และการเกิดบาดแผล (Passardi *et al*., 2005) พืชชนิดหนึ่งๆ อาจเกิดโรคหลายโรคในขณะเดียวกัน ซึ่งมีรายงานว่าในอเมริกาเหนือพบว่ามีราถึง 8,000 ชนิด ทำให้เกิดโรคแก่พืชและจำนวนนี้ทำให้เกิดโรคได้ถึง 80,000 โรค เชื้อแบคทีเรียไม่น้อยกว่า 180 ชนิด เชื้อไวรัสมีมากกว่า 500 ชนิด และไส้เดือนฝอยมากกว่า 500 ชนิดที่ทำลายพืช เช่น มะเขือเทศ มีรามากกว่า 80 ชนิด แบคทีเรีย 11 ชนิด ไวรัส 16 ชนิด และไส้เดือนฝอยอีกหลายชนิดที่ทำให้เกิดโรค การป้องกันตนเองของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน พืชแต่ละชนิดอาจมีกลไกในการป้องกัน (defense mechanism) หลายอย่าง สำหรับการต่อต้านการจู่โจมของเชื้อโรค ปฏิกิริยาของพืชที่มีต่อเชื้ออาจจะขึ้นกับชนิดของเชื้อโรค และสิ่งแวดล้อม โดยกลไกเหล่านี้ต้องมีความสัมพันธ์กันด้วย ในพืชที่ต้านทานโรคนั้นอาจมีกลไกหลายอย่างร่วมกันที่ช่วยให้เกิดความต้านทานแก่พืช

พืชที่เป็นโรค หมายถึง พืชที่ถูกรบกวนหรือทำลายระบบต่างๆ ให้ปรวนแปรไป สิ่งที่เป็นสาเหตุของโรค อาจเป็นสภาวะแวดล้อมที่พืชขึ้นอยู่ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากน้ำหรืออากาศ สำหรับสิ่งแวดล้อมที่มีชีวิตได้แก่ เชื้อรา แบคทีเรีย ไวรัส ไฟโตพลาสมา (Phytoplasma) หรือไส้เดือนฝอย เมื่อแรกเข้าทำลายพืชไม่ปรากฏอาการให้เห็น แต่เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของพืชมากขึ้น อาการจึงจะแสดงออกมา เนื้อเยื่อของพืชมักจะอ่อนแอหรือถูกทำลายไป ซึ่งทำให้ความสามารถในการทำงานของเซลล์ต่างๆ ในเนื้อเยื่อนั้นลดน้อยลง หรือหมดประสิทธิภาพในการทำงาน เช่น หากการทำลายเกิดขึ้นที่ราก เช่น เกิดรากเน่าที่ท่อน้ำท่ออาหารก็จะส่งผลกระทบต่อกลไกในการขนส่งน้ำและอาหารภายในต้นพืช หากการทำลายเกิดขึ้นที่ใบก็จะมีผลกระทบต่อการ

สังเคราะห์แสง และหากการทำลายเกิดขึ้นที่ดอกก็จะส่งผลกระทบต่อการผสมพันธุ์ ซึ่งจะส่งผลไปยังผลผลิตด้วย

เมื่อเชื้อราสาเหตุเข้ารบกวนพืชทำให้เกิดผลที่สามารถมองเห็นได้ คือ พืชจะแสดงอาการต่างๆ เช่น เกิดอาการเหี่ยว บวมพองหรือเป็นปุ่มปมของเนื้อเยื่อส่วนใดส่วนหนึ่งหรือทำให้เนื้อเยื่อเจริญไม่สม่ำเสมอเกิดเป็นลักษณะตะปุ่มตะป่ำขึ้น หรืออาจทำให้พืชแสดงอาการแคระเกร็นหรือต้นเล็ก บางครั้งพืชแสดงอาการโคนเน่าในระยะกล้า หรือเกิดอาการตายของเนื้อเยื่อเป็นแห่งๆ หรือทำให้เกิดอาการด่าง หรือทำให้การเจริญผิดรูปร่างไป เป็นต้น

เมื่อเชื้อโรคเข้าไปในพืชจะรบกวนพืชด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้

- แย่งอาหารจากเซลล์ของพืชมาเลี้ยงตัวมันเองทำให้อาหารที่พืชสังเคราะห์ขึ้นไม่เพียงพอที่จะเลี้ยงต้นพืช ซึ่งส่งผลให้พืชอ่อนแอไม่เจริญเติบโต กระทบถึงการผลิตดอกออกผลด้วย

- ฆ่าเซลล์หรือทำลายระบบต่างๆ ทำให้ metabolism ภายในพืชเปลี่ยนแปลงโดยที่มันสร้างสารพิษ น้ำย่อย หรือพวกสารที่เป็นตัวกระตุ้นต่างๆ

- ทำลายท่อน้ำท่ออาหารทำให้การขนส่งอาหาร แร่ธาตุและอาหารที่สังเคราะห์แล้วไม่เป็นไปตามปกติ (ประสาทพร สมิตะมาน, 2534)

1.2.3.1 การป้องกันโดยวิธีทางกายภาพ (physical defense)

การป้องกันตนเองของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยอาจมีกลไกในการป้องกันหลายอย่าง สำหรับการต่อต้านการจู่โจมของเชื้อโรค ปฏิกิริยาของพืชที่มีต่อเชื้ออาจขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อโรค และสิ่งแวดล้อม กลไกการป้องกันของตนเองของพืชมีหลายอย่างที่มีความสัมพันธ์กัน ในพืชที่ต้านทานโรคนั้นอาจมีกลไกหลายอย่างที่ช่วยให้เกิดความต้านทานแก่พืช แต่เชื้อโรคมีความสามารถในการสร้างสายพันธุ์ใหม่ ให้รุนแรงกว่าเดิม เพื่อจะได้ผ่านกลไกการป้องกันและผลของสภาวะแวดล้อมที่มีต่อสรีรวิทยาของพืชได้

กลไกการป้องกันตนเองของพืชนั้น ควรพิจารณาที่โครงสร้างต่างๆ ของพืช โดยขั้นแรกที่เชื้อจะเข้าสู่พืช คือ ทางผิวของพืช โดยอาจจะทำลายที่ใดที่หนึ่งเฉพาะบริเวณที่มันเข้าไป (localized infection) หรือไปเจริญในท่อน้ำท่ออาหาร (vascular bundle) แล้วทำให้อาการของโรคไปแสดงที่อื่นด้วย (systemic infection) ลักษณะของการทำลายต่างๆ เป็นผลจากเชื้อโรค

โครงสร้างป้องกันตนเองก่อนการเข้าทำลายของเชื้อโรค (preexisting defense structures) ได้แก่ ไข (wax) ที่คลุมผิวพืช ขนของพืช ความหนาของ cuticle เหล่านี้ช่วยในการป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อโรค ความหนา (thickness) และความเหนียว (toughness) ของเซลล์ผิวของพืชก็เป็นปัจจัยในการทำให้พืชต้านทานโรค ช่องเปิดธรรมชาติ เช่น ปากใบ (stomata) ซึ่งเป็น

ช่องทางที่พืชใช้คายน้ำ เชื้อโรคก็สามารถผ่านเข้าไปได้ พืชบางชนิดต้านทานโรคได้เพราะมีปากใบแคบเล็ก และยังมีขอบยกสูงขึ้นหนา ทำให้น้ำหรือเชื้อที่แขวนลอยอยู่ในน้ำไม่สามารถผ่านเข้าไปได้ ตัวอย่างเช่น ในส้มแมนดารินพันธุ์ Szinkum ซึ่งมีความต้านทานต่อโรคแคงเคอร์ (canker) ระยะเวลาปิดเปิดของปากใบก็มีส่วนทำให้พืชต้านทานโรคได้ ตัวอย่างที่เห็นได้คือ ข้าวสาลีพันธุ์ต้านทานบางพันธุ์ ปากใบของมันจะเปิดสายมาก เป็นเหตุให้สปอร์ที่อยู่ในหยดน้ำใกล้ปากใบซึ่งงอกตั้งแต่เช้าถูกแดดเผาตายไป เพราะเมื่อสปอร์งอกแล้วไม่สามารถเข้าไปในพืชได้ นอกจากนั้น ลักษณะของช่องหายใจที่ต้นพืช (lenticles) ก็มีผลโดยเชื้อโรคหลายชนิดทั้งเชื้อราและแบคทีเรียสามารถเข้าทำลายพืชได้ทางนี้ แต่ในพืชต้านทานบางชนิดมีช่องหายใจขนาดเล็กมาก เช่นที่พบในผลของแอปเปิ้ลพันธุ์ต้านทาน จึงสามารถป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas papolosum* ลักษณะการต้านทานอีกแบบหนึ่ง คือ พืชต้านทานบางชนิดจะสร้าง cork layer ที่ฐานของช่องหายใจได้เร็วกว่าพืชพันธุ์ที่อ่อนแอ

โครงสร้างภายในหรือภายใต้ผิวของพืช จะมีผลต่อการเจริญรุกเข้าไปภายในพืชได้หรือไม่ เช่น เมื่อเชื้อเข้าไปถึงภายในพืชแล้วแต่ไม่พบกลุ่มเซลล์ sclerenchyma มาก ลักษณะเช่นนี้พบในธัญพืช ทำให้การเจริญของโรคหยุดลง sclerenchyma cells ในเนื้อเยื่อของพืชมักจะขัดขวางการเจริญ หรือแผ่ขยายโรคที่เกิดจากแบคทีเรีย มีผลให้เกิดอาการที่เรียกว่า angular leaf spots ขึ้น

การตอบสนองต่อการจู่โจมของเชื้อโรคนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน ทั้งการสร้างสิ่งต่างๆ ขึ้นมา เช่นสร้าง cork layer abscission layer tyloses และ gum ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นการตอบสนองโดยการสร้างสิ่งที่จะระงับยับยั้งการทำลายของโรค นอกจากนี้ยังมีการตอบสนองในลักษณะอื่นๆ เช่น การบวมพองของผนังเซลล์ การสร้างสิ่งห่อหุ้มเส้นใย การเปลี่ยนแปลงของ cytoplasm เพื่อขจัดการเจริญของเชื้อโรค การเกิด hyper sensitivity การตอบโต้ในลักษณะนี้เรียกว่า necrotic defense ซึ่งเป็นการตอบสนองที่พบเป็นประจำ โดยเฉพาะกับเชื้อโรคที่เป็น obligate parasite เช่น รา แบคทีเรีย และไส้เดือนฝอยบางชนิด (ประสาทพร สมิตะมาน, 2534)

1.2.3.2 การป้องกันตนเองโดยวิธีทางชีวเคมี (Biochemical defense)

พืชบางชนิดอาจมีการผลิตสารต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเซลล์อยู่ก่อนแล้ว หรือสร้างขึ้นเนื่องจากการกระตุ้นของเชื้อที่เข้าทำลาย เช่น เชื้อบางชนิดไม่สามารถเข้าทำลายพืชบางพันธุ์ได้ทั้งๆ ที่พืชนั้นไม่มีลักษณะโครงสร้างที่สามารถกีดกั้น ขัดขวางการเข้าทำลายเชื้อหรืออีกนัยหนึ่ง พืชพันธุ์ต้านทานโรคมีอัตราการเจริญของเชื้อช้า ทั้งๆ ที่ไม่มีโครงสร้างที่ขัดขวางการเจริญของเชื้อ และการปลูกเชื้อสาเหตุโรคกับพืชที่ไม่ใช่พืชอาศัยของเชื้อด้วยวิธีฉีดผ่านโครงสร้างต่างๆ ของพืช

เข้าไป ก็ไม่สามารถทำให้พืชเป็นโรคได้ เป็นต้น จากตัวอย่างดังกล่าวเป็นสาเหตุที่สนับสนุนได้ว่ากลไกทางชีวเคมีมีส่วนทำให้พืชมีความต้านทานโรค การเข้าทำลายของเชื้อโรค มากกว่าลักษณะโครงสร้างของพืชที่มีอยู่ตามปกติธรรมชาติ กลไกที่เกิดทางชีวเคมี คือ การป้องกันที่มีอยู่ก่อนเชื้อเข้าสู่พืช (preexisting biochemical defense) ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

1. พืชปล่อยสารยับยั้งการเจริญของเชื้อ (inhibitor) ออกมาทางผิวพืช ราก และใบ สารดังกล่าวอาจมีคุณสมบัติออกฤทธิ์กับเชื้อใดเชื้อหนึ่งโดยเฉพาะ โดยสารที่ออกมาทางใบก็จะละลายอยู่ในหยดน้ำฝนหรือน้ำค้างบนใบ และสารที่ออกจากพืชทางราก ก็จะอยู่ในน้ำของช่องว่างระหว่างอนุภาคของดินจนได้สารที่มีความเข้มข้นสูงพอต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์ (conidia) ทำให้เชื้อไม่สามารถเข้าทำลายได้

2. พืชมีสารยับยั้งการเจริญอยู่ในเซลล์ เช่น กรด chlorogenic สารประกอบฟีนอลต่างๆ ที่มีพิษต่อเชื้อสามารถยับยั้งการเกิดโรค เช่น โรค scab ของมันฝรั่ง เป็นต้น

3. พืชขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อเชื้อโรค พืชบางพันธุ์ไม่สร้างสารที่จำเป็นให้เชื้อปรสิตแบบถาวรมีชีวิตอยู่ได้ หรือเป็นสารที่จำเป็นต่อการเจริญของโรคที่เกิดจากเชื้อสาเหตุแบบอื่นๆ เช่น เชื้อรา *Rhizoctonia* spp. ต้องการสารบางชนิดเพื่อให้เส้นใยของเชื้อเจริญเป็นตุ่มคล้ายหมอนตรงจุดสัมผัสของเชื้อกับโรค ในการแทงเข้าสู่พืช หากไม่มีตุ่มดังกล่าวเกิดขึ้น เชื้อจะไม่สามารถแทงผ่านเขาสู่พืชและทำให้พืชเป็นโรคได้ เป็นต้น

4. พืชมีอัตราการหายใจเปลี่ยนไป (altered respiration) พืชพันธุ์ต้าน ทานโรคหลังติดเชื้อแล้ว มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นในระยะแรกๆ มากกว่าพันธุ์พืชที่เป็นโรคง่าย แล้วอัตราการหายใจจะลดลงภายใน 2-3 วัน เนื่องจากการหายใจที่เพิ่มขึ้นเพื่อไปเพิ่มการ metabolism ต่างๆ ของพืชที่จำเป็นในปฏิกิริยาการป้องกันต่างๆ ของพืชต่อโรค

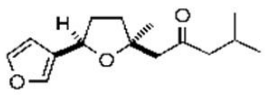
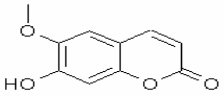
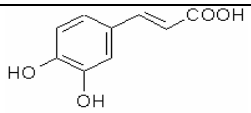
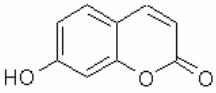
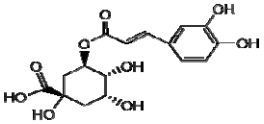
5. พืชมีการเปลี่ยนแปลง pathway ของการสังเคราะห์ต่างๆ (altered biosynthetic pathway) การที่พืชมีแผลหรือเป็นโรค พืชจะหายใจเพิ่มขึ้นและเกิดกิจกรรมของเอนไซม์หลายชนิด ได้โปรตีนเอนไซม์ใหม่และมีการสังเคราะห์ สะสมสารประกอบที่มีพิษต่อเชื้อจุลินทรีย์ จนมีปริมาณความเข้มข้นที่มากพอ การที่พืชติดเชื้อหรือมีแผล เป็นสาเหตุให้มีการเปลี่ยนปฏิกิริยา glycolytic pathway ไปสู่ pentose pathway เกิดเป็นสารที่จำเป็นในการสร้างสารประกอบฟีนอลที่เป็นพิษต่อเชื้อโรคได้มากที่สุด

6. พืชมีปฏิกิริยาแบบ hypersensitivity (hypersensitivity reaction) เป็นปฏิกิริยาของกลไกป้องกันโรคที่สำคัญมากที่สุดแบบหนึ่ง พืชพยายามที่จะกำจัดเชื้อที่มาทำลายอย่างรวดเร็วโดยการชักนำให้เกิดการป้องกันเซลล์ที่โดนทำลายโดยการทำให้เซลล์นั้นตาย (Maleck and Lawton, 1998; Vasyukova and Ozeretskovskaya, 2007) การเปลี่ยนแปลงจะมีการสูญเสีย

ความสามารถในการยอมให้ของเหลวไหลผ่านเข้าออกเยื่อหุ้มเซลล์ การหายใจที่เพิ่มขึ้น มีการสะสมและการออกซิไดซ์ (oxidized) สารประกอบ ฟีนอล การเกิด phytoalexin เช่นในตารางที่ 1 ซึ่งในที่สุดเชื้อโรคจะจำกัดอยู่เฉพาะในขอบเขตของแผลเท่านั้น ทำให้เชื้อตายอย่างรวดเร็ว (ไพโรจน์ จ๋วงพานิช, 2522)

สารเคมีต่างๆ จะเป็นสารประเภท stimulants inhibitors enzymes หรือ toxins อื่นๆ ก็ตาม โดยมีอยู่ในพืชบ้างแล้ว ปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และยังถูกกระตุ้นให้สร้างขึ้นมาอีกโดยพืชสร้างเอง เพื่อป้องกันการทำลายของเชื้อโรค (ผลจากการตอบสนอง) ขณะเดียวกันเชื้อจะสามารถสร้างสารเคมีต่างๆ ดังกล่าวได้เช่นกัน เพื่อใช้ในการทำลาย ดังนั้นเมื่อนำพืชที่เป็นโรคไปวิเคราะห์ทางเคมีก็จะพบสิ่งต่างๆ ซึ่งส่วนหนึ่งของการตอบสนองต่อการทำลายส่วนที่เป็นของเชื้อโรคที่สร้างขึ้นและส่วนที่พืชมีอยู่เดิม

ตารางที่ 1 สารประกอบฟีนอลที่พืชสร้างขึ้นเพื่อตอบโต้การเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค

สารประกอบ	โครงสร้าง	พืชอาศัย
Ipomeamarone	 ที่มา:http://www.sci.osaka-cu.ac.jp/grad/ipomeamarone.jpg	มันเทศ
Scopoletin	 ที่มา:http://www.steve.gb.com/images/molecules/esters/scopoletin.png	มันเทศ
Caffeic acid	 ที่มา:http://www.steve.gb.com/images/molecules/phenols/caffeic_acid.png	มันเทศ
Umbelliferone	 ที่มา:http://www.steve.gb.com/images/molecules/esters/scopoletin.png	มันเทศ
Chlorogenic acid	 ที่มา:http://www.pherobase.com/pherobase/gif/chlorogenic%20acid.GIF	มันเทศ มันฝรั่ง และ แครอท

(ที่มา : Goodman, *et al*., 1967 และ Paxton, 1974 อ้างถึงใน ไพโรจน์ จ๋วงพานิช, 2522)

การวัดการเกิดความต้านทานในพืชมักจะทดสอบโดยใช้พืชใบเลี้ยงคู่ เช่น แตงกวา แตงเมลอน และมะเขือเทศ เป็นต้น(Tachapattraworakul, 2006) และส่วนใหญ่จะทำการตรวจวัดปริมาณเอนไซม์ที่พืชสร้างขึ้น เอนไซม์ที่ทำการตรวจวัดเช่น peroxidase polyphenoloxidase (PPO) และ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) และไคติเนส (chitinase) เป็นต้น (Fofana *et al*., 2005; Zhao *et al*., 2005; Zhao *et al*., 2005a; Zhao *et al*., 2005b) ซึ่งความต้านทานที่พืชสร้างขึ้นอาจมาจากการถูกกระตุ้นต่างๆ เช่น การใช้เชื้อรา *Cladosporium cucumerinum* ในแตงกวา ทำให้แตงกวาสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส polyphenoloxidase และ phenylalanine ammonialyase เพิ่มมากขึ้นเพื่อต่อต้านการโดนทำลายจากเชื้อรา (Zhao *et al*., 2005) หรือการกระตุ้นแตงกวาให้เกิดความเครียดโดยการกดทับที่ใบทำให้แตงกวาเกิดความต้านทาน ความเครียดนั้นโดยการสร้างเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase ไคติเนส และ ß-1,3-glucanase ซึ่งความเครียดที่ถูกกระตุ้นจะขึ้นกับ plasma membrane ผนังเซลล์ของพืช ความเครียดที่พบจากการศึกษาส่วนใหญ่ที่เด่นชัดสุดถูกกระตุ้นมาจากการสังเคราะห์ของลิกนิน (Zhao *et al*., 2005b) ความเครียดไม่ได้ส่งผลให้พืชเกิดความต้านทานเพียงอย่างเดียว แต่จะขึ้นกับเชื้อจุลินทรีย์และสารเคมีในพืชด้วย ซึ่งสัมพันธ์กับการศึกษาผลของความเครียดที่เกิดเฉพาะส่วนที่ถูกกระตุ้น (local stress) จะชักนำให้แตงกวาเกิดความต้านทานหรือการสร้างเอนไซม์เพื่อต่อต้านเพิ่มมากขึ้น (Zhao *et al*., 2005a) และจากการศึกษาการใช้จุลินทรีย์ในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช พบว่าจุลินทรีย์มีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของพืช เช่น การใช้ แบคทีเรีย *Serratia marcescens* NBRI1213 ในการชักนำให้พลูสร้างเอนไซม์ในการป้องกันการทำลายโดยเชื้อก่อโรคและกระตุ้นการเจริญเติบโตของพลู พบว่าปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส polyphenoloxidase และ phenylalanine ammonia-lyase ที่ช่วยในการต้านทานโรคเพิ่มขึ้น และช่วยในการเจริญเติบโตของพลูโดยพลูที่ทดสอบมีความสูงและน้ำหนักแห้งของรากเพิ่มขึ้น (Lavania *et al*., 2005)

1.2.4 เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานในพืช

เอนไซม์เป็นโปรตีน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-100 มิลลิไมครอน ทำหน้าที่เป็นตัวเร่ง (catalyst) ของปฏิกิริยาต่างๆ ในการสร้างโมเลกุลที่เล็กกว่า และเปลี่ยนแปลงโมเลกุลต่างๆ โดยการเคลื่อนย้ายอะตอมไปสู่ตำแหน่งอื่นๆ ในโมเลกุล หรือแตกตัวไปเป็นส่วนประกอบโมเลกุลที่เล็กกว่า รวมทั้งการทวีจำนวนสารที่ถ่ายทอดพันธุกรรม จากปฏิกิริยาดังกล่าว จะได้สารที่เป็นโครงสร้างและพลังงานเพื่อเกิดสารใหม่ และสังเคราะห์สารโปรตีน เอนไซม์บางชนิดจะมีสารที่ไม่ใช่เอนไซม์ร่วมอยู่ด้วยเป็น coenzyme สำหรับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดใน

เซลล์ทั่วไปจะมีเอนไซม์ต่างๆ ที่เป็นตัวเร่งอยู่ ซึ่งคาดว่ามีเอนไซม์นับหมื่นชนิดที่ประกอบด้วยหลายร้อยล้านโมเลกุล การเกิดเอนไซม์แต่ละชนิดจะถูกควบคุมโดยสารถ่ายทอดพันธุกรรม ซึ่งขั้นสุดท้ายเป็นกิจกรรมของ messenger ribonucleic acid (mRNA) กับไรโบโซม (ribosome) ด้วยความช่วยเหลือของโมเลกุลของเอนไซม์บางชนิดที่เหมาะสม

เอนไซม์แม้ว่าจะเกิดใน cytoplasm nucleus mitochondria และในเยื่อหุ้มของ cytoplasm แต่เอนไซม์อาจสะสมอยู่ในสารที่เป็นส่วนประกอบพื้นฐาน เช่น cytoplasm และผนังเซลล์ หรือปล่อยออกภายนอก เชื้อโรคที่ต้องการอาหารจากภายนอก อาจปล่อยเอนไซม์ออกมาจำนวนหนึ่ง เพื่อย่อยสารที่ไม่ละลายให้เป็นสารที่เชื้อนำไปใช้ได้ การปล่อยเอนไซม์และสารอื่นๆ ของเชื้อจะมีอิทธิพลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ ของเซลล์พืช

เอนไซม์จำแนกได้โดยอาศัยคุณสมบัติเฉพาะเป็น 6 กลุ่ม

1. Oxidoreductases เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับ oxidation reduction ใน metabolism ของพืช โดยการย้ายอิเล็กตรอน เกิดสารที่อยู่ในรูปออกซิไดซ์ และในรูปรีดิวซ์ (reduced form)

2. Hydrolases เป็นเอนไซม์ที่แตกตัว ester glycosidic ฯลฯ โดยเชื่อมต่อโมเลกุลของน้ำที่ต้องใช้ในปฏิกิริยา

3. Lyases เป็นเอนไซม์แตกตัวที่เชื่อมต่อของ C-C หรือ O-O หรือ C-N

4. Transferases เป็นเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายกลุ่ม จากสารหนึ่งไปยังสารอื่นๆ

5. Isomerases เป็นเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการจัดอะตอมหรือกลุ่มในโมเลกุลใหม่

6. Lygases เป็นเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเชื่อมของสองโมเลกุล โดยใช้พลังงานที่ได้จากการแตกตัวของ energy-rich phosphate bond (ไพโรจน์ จ๋วงพานิช, 2522)

มีเอนไซม์หลายชนิดที่ช่วยป้องกันและต่อต้านเชื้อก่อโรค เช่น peroxidase และ polyphenoloxidase (Avdiushko *et al*.,1993 อ้างถึงใน Lavania *et al*., 2005) เอนไซม์ที่ช่วยในการเพิ่มขึ้นของโครงสร้างเซลล์ เช่น phenylalanine ammonia-lyase รวมทั้งใน phytoalexin หรือ phenolic compound ซึ่งเอนไซม์เหล่านั้นจะมีความสัมพันธ์ในการป้องกันเชื้อโรคในพืชหลายๆ ชนิด (Binutu และ Cordell, 2000 อ้างถึงใน Lavania *et al*., 2005)

1.2.4.1 เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส เป็นฮีโมโปรตีน (hemoprotein) (Marinescu *et al*., 1999) ที่มีฮีมเกาะติดอยู่หรือเป็นหมู่พรอสเตติก (prosthetic group) จับกับเอนไซม์อย่างหนาแน่น

ด้วยพันธะโควาเลนต์ มีลักษณะเป็นวงแหวนเตตระไพรอล (tetrapyrole) จัดเป็นโปรโตพอร์ไฟรีน IX (protoporphyrin IX) มีรูปร่างแบนราบ (planar) ภายในโครงสร้างของวงแหวนจะประกอบด้วยไอออนของเหล็กหนึ่งอะตอม โดยทั่วไปเหล็กจะมีตำแหน่งที่สามารถเกิดพันธะได้ 6 ตำแหน่ง ด้วยกัน โดย 4 ตำแหน่งของเหล็กจะสร้างพันธะกับอะตอมของไนโตรเจนของวงแหวนพอร์ไฟรีน พันธะที่ 5 และ 6 ตั้งฉากกับระนาบของฮีม ซึ่งตำแหน่งที่ 5 จะสร้างพันธะกับอะตอมไนโตรเจนของกรดอะมิโนฮิสติดีนของโปรตีน และเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสสามารถแสดงกิจกรรมต่างๆ ได้ โดยการแลกเปลี่ยนหมู่ต่างๆ ที่ตำแหน่งที่ 6 ของเหล็กทำให้เปอร์ออกซิเดสสามารถใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซม์ (H_2O_2) เป็นตัวรับอิเล็กตรอนและออกซิไดซ์สารประกอบที่ให้อิเล็กตรอนกลายเป็นผลผลิตที่ได้ออกมา ดังสมการ

$$2HA + H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + 2A \text{ (Aให้สี)}$$

กลไกการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส มีดังนี้

$$E + H_2O_2 \longrightarrow \text{compound I} + H_2O \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\text{Compound I} + AH_2 \longrightarrow \text{compound II} + AH \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

$$\text{Compound II} + AH_2 \longrightarrow E + AH + H_2O \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

โดยที่ E คือ ferric enzyme ที่เป็นรูปแบบในระยะพัก (resting)

AH_2 คือ สับสเตรทในสภาวะที่ถูกรีดิวซ์

AH คือ สับสเตรทที่ถูกออกซิไดซ์

เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจะออกซิไดซ์สับสเตรทได้ในสภาวะที่มี H_2O_2 และสามารถใช้สับสเตรทหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก สารประกอบในกลุ่มอะโรมาติกเอมีน และสารประกอบอนินทรีย์ (Sakharov and Sakharova, 2002) ส่วนการเรียกชื่อเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจะเรียกตามสับสเตรทที่ใช้ เช่น ถ้าใช้ guaiacol ซึ่งอยู่ในสารประกอบฟีนอลิกเป็นสับสเตรท ก็จะเรียกว่า guaiacol peroxidase (Vianello *et al*., 1997) เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสพบได้ในสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ เช่น เชื้อรา โปรโตซัว สาหร่ายเซลล์เดียวจนถึงพืชขั้นสูงและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สามารถแบ่งกลุ่มเปอร์ออกซิเดสตามการจัดเรียงลำดับกรดอะมิโนและความสามารถในการจับไอออนของโลหะได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือ intracellular peroxidase กลุ่มที่ 2 extracellular fungal peroxidase กลุ่มที่ 3 secretory peroxidase จากพืชชั้นสูง (Welinder, 1992)

1.2.4.2 เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในพืช

ในพืชสามารถพบเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในส่วนต่างๆ เช่น เมล็ด ราก ลำต้น เปลือกของลำต้น ใบ ผล และในส่วนต่างๆ ของเซลล์ เช่น ในผนังเซลล์ ไซโตซอล คลอโรพลาส

โดยอาจอยู่ในรูปของสารละลายอิสระหรือจับกับผนังเซลล์ด้วยพันธะไอออนิกหรือโควาเลนต์ ซึ่งปล่อยออกมาจากเซลล์หรือภายในเซลล์ ไอโซไซม์ของเปอร์ออกซิเดสเหล่านี้มีความจำเพาะต่อสับสเตรทต่างๆ กัน เช่น ascorbate pyrogallol *o*-dianisidine และ guaiacol เป็นต้น

ในรายงานของ Shivakumar และคณะ (2003) แบ่งประเภทเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในพืชออกเป็น 2 ประเภท คือ เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในผนังเซลล์เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา oxidative burst ซึ่งนำไปสู่การเกิด hypersensitive cell death และเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในไซโตซอล เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา oxidative cross-linking ในกระบวนการสร้างลิกนินของเซลล์ การทดลองเดียวกันนี้ได้แสดงให้เห็นว่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในไซโตซอลมีความว่องไวเพิ่มขึ้นหลังจากบ่มด้วยเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคราน้ำค้าง (downy mildew) ซึ่งค่าความว่องไวของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เพิ่มขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับลิกนิน จึงสามารถหยุดเชื้อในการเข้าทำลายเซลล์ของพืช ดังนั้นกระบวนการนี้ทำให้พืชต้านทานโรคได้ นอกจากนี้เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสยังเกี่ยวข้องในหลายๆ กระบวนการ เช่น auxin catabolism การป้องกันโรค การสร้างลิกนินและซูเบอริน เป็นต้น เมื่อพิจารณาค่า pI ของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส สามารถจัดได้เป็น 2 กลุ่ม คือ แอนไอออนิก (anionic) และแคทไอออนิก (cationic) โดยไอโซไซม์ของเปอร์ออกซิเดสในกลุ่มแคทไอออนิกเกี่ยวข้องกับกระบวนการเร่งการสลาย indole-3-acetic acid (IAA) ในสภาวะที่มีออกซิเจน ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของเซลล์พืช (Christensen *et al*., 1998 อ้างถึงใน นุรอามาลี ดีนามอ, 2548)

เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่มีส่วนในการสร้างลิกนินของผนังเซลล์ ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการโพลิเมอร์ไรซ์สารประกอบฟีนอล ซึ่งมีสารตั้งต้น คือ hydroxycinnamyl alcohol หลังจากนั้นเกิดปฏิกิริยาการรวมตัวเป็นหน่วยของ phenylpropanoid แล้วสร้างลิกนินในช่วงที่พืชตอบสนองต่อการเกิดโรค การสะสมลิกนินและสารประกอบฟีนอลิกสัมพันธ์กับการต้านทานโรคของพืช (นุรอามาลี ดีนามอ, 2548)

1.2.5 คุณสมบัติของอีเอ็มในด้านการป้องกันกำจัดศัตรูพืช

เมื่อนำอีเอ็มมาใช้ในการเกษตรจะทำให้ดินมีชีวิตในทางสร้างสรรค์ พืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ พืชสามารถดูดธาตุอาหารต่างๆ ที่เป็นธาตุหลักธาตุรองไปใช้ได้ง่าย โดยมีน้ำในดินเป็นตัวนำพาดูดซึมเข้าสู่รากพืชได้ทันที ไม่ต้องสูญเสียพลังงานในการสร้างอาหารเอง พืชจึงนำพลังงานที่เหลือไปใช้ในการเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ และมีปริมาณมาก

ในดินเมื่อมีกลุ่มจุลินทรีย์อีเอ็มเข้ามาทำงานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นจากดินละเอียดและแข็งเป็นดินที่มีมวลใหญ่ขึ้น ทำให้ดินร่วนซุยสามารถระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี

ทำให้ออกซิเจนผ่านเข้าไปในดินและบริเวณรากพืชได้มากขึ้น เกิดการแลกเปลี่ยนแร่ธาตุและออกซิเจนดีขึ้น

กลุ่มอีเอ็มจำพวกจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจะช่วยย่อยสลายสารพิษ อินทรียวัตถุต่างๆ ให้เป็นธาตุอาหารและไม่ก่อให้เกิดพิษแก่พืช ยีสต์ช่วยย่อยสารอาหารให้วิตามินบี 6 และบี 12 จุลินทรีย์แลคโตบาซิลลัสช่วยย่อยสลายสารตกค้างในดินที่ไม่ละลายน้ำให้เกิดการสลายตัว และละลายน้ำได้เป็นธาตุอาหารแก่พืช จุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจน จะช่วยตรึงเอาธาตุไนโตรเจนในอากาศให้เป็นปุ๋ยแก่พืชทางราก แบคทีเรียกลุ่มแอคติโนมัยซีส จะทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุที่ย่อยสลายยากให้กลายเป็นฮิวมัสในดิน และสร้างสารปฏิชีวนะที่มีผลต่อการฆ่าเชื้อโรคในดิน ส่วนจุลินทรีย์ประเภทเชื้อราที่เป็นประโยชน์ ก็จะสานตัวเป็นตาข่ายห่อหุ้มเม็ดดินเป็นก้อนๆ ไว้ ทำให้ ดินโปร่ง ร่วนซุย อุ้มน้ำได้ดี

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารอีเอ็มในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชพบว่า อีเอ็มหรือสุโตจู (สารป้องกันศัตรูพืช) ไม่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อราสาเหตุโรคพืช คือโรคแคงเกอร์ของมะนาว โรครากเน่าของส้มที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* spp. โรคโคนเน่าของมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อรา *Sclerotium* spp. และโรคใบด่างจุดวงแหวนที่เกิดจากเชื้อไวรัสของมะละกอ แต่ในสิ่งทดลองที่เป็นสารกำจัดโรคพืชจะมีประสิทธิภาพดีกว่าในการควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อราและแบคทีเรีย (นิพนธ์ ทวีชัย และคณะ, 2539) สารอีเอ็มที่มีส่วนผสมของน้ำส้มสายชู สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและเชื้อราได้ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับสารเคมีและน้ำ จะไม่มีผลในการควบคุมโรคพืช (นิพนธ์ ทวีชัย และคณะ, 2539) สุโตจูที่มีส่วนประกอบของน้ำส้มสายชูและน้ำยาฉุน มีผลต่อการตายของหนอนใยผักประมาณร้อยละ 54-69 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมแล้วไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้น สุโตจู จึงไม่มีสารออกฤทธิ์ในทางฆ่าแมลงเป็นส่วนประกอบอยู่ในอีเอ็ม (สุรัตน์วดี จิวะจินดา และคณะ, 2539) สารอีเอ็มไม่มีผลในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะ สมอฝ้าย (กนกพร อุ่นใจชน และคณะ, 2539) การป้องกันกำจัดเพลี้ยไก่แจ้ส้ม (ชลิดา อุณหวุฒิ และคณะ, 2539) และการป้องกันกำจัดหนอนม้วนใบ *Lamprosema diemenalis* ในถั่วเขียว (เกรียงไกร จำเริญมา และคณะ, 2539)

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของน้ำหมักอีเอ็มในการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและการเจริญเติบโตในแตงกวา

2. เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการนำน้ำหมักอีเอ็มมาใช้ในการกระตุ้นความต้านทานและการเจริญเติบโตในแตงกวา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบคุณสมบัติของน้ำหมักอีเอ็มในด้านการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสซึ่งช่วยในการสร้างความต้านทานโรคให้แก่พืช

2. ทราบคุณสมบัติของน้ำหมักอีเอ็มในด้านการเจริญเติบโตของพืช

3. ทราบวิธีการที่เหมาะสมในการนำเอาน้ำหมักอีเอ็มไปใช้ประโยชน์หรือลดสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินทดลอง

2.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

2.1.1 วัสดุอุปกรณ์ในการเตรียมน้ำหมักอีเอ็มและการตรวจหาจุลินทรีย์ในน้ำหมักอีเอ็ม

1) ถังหมักแบบมีฝาปิด ขนาด 1.5 ลิตร

2) หัวเชื้ออีเอ็ม ยี่ห้อ คิวเซ

3) กากน้ำตาล

4) น้ำสะอาดที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

5) กระบอกตวง

2.1.2 วัสดุอุปกรณ์ในการตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์

1) อาหารเลี้ยงเชื้อ

- Deman Rogosa and Sharpe agar (MRS agar) สำหรับวิเคราะห์แลคติก แอสิดแบคทีเรีย (lactic acid bacteria)

- Potato dextrose agar (PDA) สำหรับวิเคราะห์ รา และยีสต์

-Plate count agar (PCA) สำหรับวิเคราะห์แบคทีเรียทั้งหมด (total bacterial count)

2) ขวดแก้วขนาด 0.25, 0.5 และ 1 ลิตร

3) ช้อนพลาสติกสำหรับตักอาหารเลี้ยงเชื้อ

4) ปิเปตแก้ว ขนาด 1, 5, และ 10 มิลลิลิตร

5) จานเลี้ยงเชื้อ (petri dish) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร

6) spreader

7) หลอดทดลอง

8) เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

9) กระบอกใส่จานเลี้ยงเชื้อ

10) Anaerobic jar และ gas pack

11) Hot air oven ยี่ห้อ Contherm

12) Microwave ยี่ห้อ Sharp รุ่น R-311

13) Incubator ยี่ห้อ Memmet รุ่น BM 700

14) หม้อนึ่งฆ่าเชื้อด้วยความดันไอน้ำ (autoclave) ยี่ห้อ Tomy รุ่น SS-325

15) ตู้กรองอากาศบริสุทธิ์ (Lamina Flow) ยี่ห้อ Microflow super clean

16) อ่างเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิด้วยของเหลว (Shaking Water Bath) ยี่ห้อ HELO รุ่น SBD 50 Bio-1

2.1.3 วัสดุอุปกรณ์ในการปลูกพืช

1) เมล็ดพันธุ์แตงกวา

2) ถุงเพาะสำหรับปลูก

3) ดิน

4) หลอดฉีดยา

5) Atomixer

2.1.4 วัสดุอุปกรณ์ในการตรวจวัดเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

1) เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV 1601

2) เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ยี่ห้อ Eppendorf รุ่น 5417 R

3) สารเคมีสำหรับวิเคราะห์เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

4) บีกเกอร์ขนาด 0.1, 0.25, 0.5 และ 1 ลิตร

5) เครื่องชั่งละเอียด 3 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น PB 303-5

6) เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น AB 204

7) ไม้บรรทัด

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

2.2.1 การเตรียมน้ำหมักอีเอ็ม

นำหัวเชื้ออีเอ็มคิวเซมาขยายโดยการเติมกากน้ำตาลและน้ำในอัตราส่วน 1:1:20 จากนั้นทำการกวนผสม ปิดฝาให้แน่น และทำการหมักไว้เป็นเวลา 7 วัน เมื่อครบกำหนด นำไป

ทดสอบความเป็นพิษในพืชทดสอบ ทดสอบความเป็นพิษโดยนำหมักอีเอ็มฉีดเข้าทางหลังใบพืชทดสอบ ซึ่งใช้ความเข้มข้นของน้ำหมักอีเอ็มเป็น 100% 75% 50% และ 25%

เมื่อนำไปใช้ทดสอบการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในพืชต้องนำไปขยายกับน้ำในอัตราส่วน 1:500 (น้ำหมักอีเอ็ม:น้ำ)

2.2.2 การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ทำการวิเคราะห์ คือ แบคทีเรียทั้งหมด (U.S.FDA,BAM, 2001) รา ยีสต์ (U.S.FDA,BAM, 2001) และแลคติก แอสิด แบคทีเรีย (De Man *et al*., 1960) โดยนำหัวเชื้ออีเอ็มคิวเซและน้ำหมักอีเอ็มที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมน้ำหมักอีเอ็ม ข้อ 2.2.1 มาทำการเจือจาง และนับจำนวนจุลินทรีย์ด้วยวิธี spread plate method (ภาคผนวก ค) ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหล่านี้

การวิเคราะห์แบคทีเรียทั้งหมด เลี้ยงบนอาหาร PCA (ภาคผนวก ค) บ่มที่ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 วัน

ราและยีสต์เลี้ยงบนอาหาร PDA (ภาคผนวก ค) ซึ่งทำการยับยั้งแบคทีเรียโดยการเติมยาปฏิชีวนะ (gentamycin) บ่มที่ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1-5 วัน ซึ่งการตรวจเชื้อรามีชุดควบคุม คือ อาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีตัวอย่างเพื่อป้องกันเชื้อราที่มาจากอากาศปนเปื้อน

แลคติก แอซิด แบคทีเรีย เลี้ยงบนอาหาร MRS agar (ภาคผนวก ค) บ่มในสภาวะไม่มีอากาศโดยการบ่มใน anaerobic jar บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วัน

การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์โดยตรวจนับจำนวนโคโลนี (colony) ระหว่าง 30-300 โคโลนี สังเกตลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยการสังเกตลักษณะโคโลนี รูปร่างการติดสีแกรม ลักษณะเส้นใยและสปอร์ ของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในแต่ละจานเพาะเชื้อ

2.2.3 การเตรียมต้นพืช

นำเมล็ดแตงกวาแช่น้ำเป็นเวลา 1 คืน และนำมาปลูกในถุงเพาะๆ ละ 4 ต้น เป็นจำนวน 30 ถุงต่อ 1 ชุดการทดลอง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1 และปล่อยให้เจริญเติบโตในแสงธรรมชาติ รดน้ำวันละ 1 ครั้งตอนเย็น ซึ่งการปลูกพืชจะทำภายในโรงเรือนชั่วคราว คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม (จำนวนถุงเป็นตัวแทนของจำนวนวันที่ทำการเก็บพืชมาวิเคราะห์ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส)

ภาพประกอบที่ 1 การเตรียมต้นพืช

2.2.4 การศึกษาประสิทธิภาพในการกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคในพืชด้วยน้ำหมักอีเอ็ม

เป็นการศึกษาเปรียบเทียบการกระตุ้นความต้านทานในพืชในรูปแบบต่างๆจากการใช้น้ำหมักอีเอ็มที่ได้จากการเตรียมในข้อ 2.2.1 ซึ่งนำมาขยายกับน้ำในอัตราส่วน 1:500 เพื่อศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการประยุกต์ใช้ต่อประสิทธิภาพของอีเอ็ม ซึ่งการทดลองมีทั้งหมด 5 ชุดการทดลอง คือ

ชุดทดลองที่ 1 left infiltration หรือการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา

เมื่อต้นแตงกวามีอายุ 7 วัน ฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าไปทางหลังใบเลี้ยงบริเวณใกล้เส้นใบของใบแตงกวา (ภาพประกอบที่ 2) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรต่อใบ ซึ่งน้ำหมักอีเอ็มจะแพร่กระจายเต็มใบ จากนั้นปล่อยให้เจริญเติบโตในแสงธรรมชาติ รดน้ำวันละ 1 ครั้ง ทำการเก็บใบเลี้ยงทุกวันจนครบ 30 วัน ซึ่งชุดควบคุมจะทำการฉีดด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลา 15 นาที

ภาพประกอบที่ 2 วิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา

ชุดทดลองที่ 2 solution vaporization หรือการฉีดพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบแตงกวา

เมื่อต้นแตงกวามีอายุ 7 วัน พ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบของแตงกวาปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรต่อใบ ด้วยเครื่อง atomixer (ภาพประกอบที่ 3) จากนั้นปล่อยให้เจริญเติบโตในแสงธรรมชาติ รดน้ำวันละ 1 ครั้ง และทำการเก็บใบเลี้ยงทุกวันจนครบ 30 วัน

ภาพประกอบที่ 3 วิธีการพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบแตงกวา

ชุดทดลองที่ 3 grain preparation หรือการแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม

นำเมล็ดแตงกวาแช่ด้วยน้ำหมักอีเอ็มที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมน้ำหมักอีเอ็มข้อ 2.2.1 ปริมาตร 120 มิลลิลิตร แช่เป็นเวลา 1 คืน (ภาพประกอบที่ 4) และนำมาปลูกเช่นเดียวกับขั้นตอนการเตรียมต้นพืชในข้อ 2.2.3 และเมื่อต้นแตงกวามีอายุ 7 วัน เริ่มทำการเก็บใบเลี้ยงจนครบ 30 วัน เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

ภาพประกอบที่ 4 วิธีการแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม

ชุดทดลองที่ 4 soil treatment หรือการรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวา

เมื่อต้นแตงกวามีอายุ 7 วัน รดด้วยน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นของแตงกวา ปริมาตรต้นละ 1 มิลลิลิตร จากนั้นปล่อยให้เจริญเติบโตในแสงธรรมชาติ รดน้ำวันละ 1 ครั้ง และทำการเก็บใบเลี้ยงทุกวันจนครบ 30 วัน

ชุดทดลองที่ 5 ชุดควบคุม

ปล่อยให้แตงกวาเจริญเติบโตในแสงธรรมชาติ รดน้ำวันละ 1 ครั้ง และทำการเก็บใบเลี้ยงทุกวันจนครบ 30 วัน

2.2.5 การศึกษาประสิทธิภาพในการกระตุ้นความต้านทานของพืชที่ความเข้มข้นต่างกัน

เป็นการศึกษาเปรียบเทียบการกระตุ้นความต้านทานในพืชจากการใช้น้ำหมักอีเอ็มที่ขยายกับน้ำอัตราส่วน 1:500 (น้ำหมักอีเอ็ม:น้ำ) โดยนำมาเจือจางที่ความเข้มข้น 50% และ 75% และทำการทดลองเช่นเดียวกับชุดการทดลองที่ 1 ข้อ 2.2.4

ตัวอย่างใบเลี้ยงที่เก็บจากแต่ละชุดการทดลองนำมาชั่งและทำการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสก่อนนำไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

2.3 วิธีเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

2.3.1 การตรวจวัดเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Martinez *et al*., 2001)

ตัดใบแตงกวาชั่งน้ำหนัก ทำการบด แล้วเติมสารละลาย ซิเตรต-ฟอสเฟต บัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.05 M (citrate-phosphate buffer) pH 6 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วนำมา 1.5 มิลลิลิตร เพื่อทำการหมุนเหวี่ยงที่ 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที นำตัวอย่างน้ำใสส่วนบน 20 ไมโครลิตร มาเติมสารละลาย reaction buffer (ภาคผนวก ค) 980 ไมโครลิตร ทำการวัดปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร รายงานผลในเวลา 1 นาที รายงานผลเป็น Katal/ กรัมน้ำหนักสด (Katal/gFM) โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Katal/gFM)} = \frac{\Delta D_0 \times V_1 \times 4 \times V_2}{\Delta t \times P_2 \times y \times 1 \times FM}$$

ΔD_0 = ค่าการดูดกลืนแสง

V_1 = ปริมาตรตัวอย่างที่วัดการดูดกลืนแสง

V_2 = ปริมาตรตัวอย่างที่นำมาสกัด

P_2 = 2 μL ของตัวอย่างที่นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง

Δt = 1 นาที

Y = Coefficient 26.6×10^3 L• $mol^{-1}cm^{-1}$

l = ความกว้างของหลอดคิวเวต (cuvette 1 cm)

FM = น้ำหนักสดของพืช (g)

2.3.2 การวัดอัตราการเจริญเติบโต

วัดความสูงของลำต้น ความยาวใบ และราก ของพืชทุกวัน

2.3.3 การประเมินการเกิดโรคและการป้องกันแมลงศัตรูในแตงกวา

จดบันทึกการเจริญเติบโต สังเกตลักษณะ ใบ ลำต้น และแมลงศัตรูของต้นแตงกวาทุกวัน

2.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การรายงานผลจะใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows versions 11.5 (Statistical Package for the Social Science for Window) (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2548) สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ

2.3.4.1 การวิเคราะห์ทางสถิติเชิงพรรณนา

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ความสูงลำต้น และความยาวรากแตงกวา

2.3.4.2 การวิเคราะห์ทางสถิติเชิงวิเคราะห์

วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสระหว่างชุดการทดลอง ด้วยวิธี least-significant different (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ p= 0.05

บทที่ 3

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ในน้ำหมักอีเอ็ม

อีเอ็มมีจุลินทรีย์กลุ่มหลักอยู่ด้วยกัน 5 กลุ่ม คือ กลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นเส้นใย กลุ่มจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง กลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก กลุ่มจุลินทรีย์ตรึงธาตุไนโตรเจน และกลุ่มจุลินทรีย์สร้างกรดแลคติก แต่การศึกษาในครั้งนี้ทำการวิเคราะห์เพียงกลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นเส้นใยโดยศึกษาเชื้อรา กลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักโดยศึกษาเชื้อยีสต์ และกลุ่มจุลินทรีย์สร้างกรดแลคติกโดยศึกษาเชื้อแลคติก แอซิด แบคทีเรีย รวมทั้งศึกษาเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด ไม่ทำการศึกษาจุลินทรีย์กลุ่มสังเคราะห์แสงเนื่องจากโดยปกติจะไม่พบจุลินทรีย์กลุ่มสังเคราะห์แสงในอีเอ็ม (นภาวรรณ นพรัตนราภรณ์ และกฤตวรรณ วงศ์ศิริเดช, 2539) และไม่ทำการศึกษากลุ่มจุลินทรีย์ตรึงธาตุไนโตรเจนเนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ไม่ได้ศึกษาถึงผลของแร่ธาตุในดินจากการใช้น้ำหมักอีเอ็ม ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มตรึงธาตุไนโตรเจนสามารถสังเคราะห์สารอินทรีย์หรือตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศสู่ดินผลิตสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2550)

3.1.1 การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ในหัวเชื้ออีเอ็มคิวเซ

เมื่อนำหัวเชื้ออีเอ็มคิวเซมาทำการเจือจางและนับจำนวนด้วยวิธี spread plate method และนับจำนวนโคโลนีระหว่าง 30-300 โคโลนี ผลการนับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ทั้ง 4 กลุ่ม ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2 และจากการสังเกตลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยการสังเกตลักษณะโคโลนี รูปร่างการติดสีแกรม ลักษณะเส้นใยและสปอร์ สามารถแบ่งกลุ่มของจุลินทรีย์ได้ดังแสดงในตารางที่ 3

แบคทีเรียทั้งหมดมีจำนวน $1.4x10^2$ CFU/ml มี 4 กลุ่ม และจากการสังเกตลักษณะทางสัณฐานวิทยา แบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ซึ่งทั้งหมดติดสีแกรมบวก รูปแท่งเรียงตัวเป็นสาย ซึ่งเป็นพวกแลคติก แอซิด แบคทีเรีย เป็นส่วนใหญ่ กลุ่มยีสต์มีจำนวน $6.6x10^2$ CFU/ml พบเพียง 1 กลุ่ม และ

แลคติก แอซิด แบคทีเรีย มีเพียง 1 กลุ่ม ติดสีแกรมบวก รูปแท่ง เรียงตัวเป็นสายยาว มีจำนวน $1.2x10^5$ CFU/ml จุลินทรีย์กลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่ไม่ต้องการอากาศ และพบเป็นส่วนใหญ่ในอีเอ็ม (สถาบันส่งเสริมเกษตรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550) และเนื่องจากบรรจุภัณฑ์ของหัวเชื้ออีเอ็มเป็นแบบปิด ส่วนยีสต์และราพบเป็นจำนวนน้อย โดยเฉพาะเชื้อราพบน้อยกว่า 30 โคโลนี เนื่องจากราและยีสต์เจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีอากาศ (สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์, 2547; ดวงพร คันธโชติ, 2545) จึงเห็นได้ว่าจำนวนจุลินทรีย์ที่วิเคราะห์ได้จากหัวเชื้ออีเอ็มมีประมาณน้อยกว่ากลุ่มแลคติก แอซิด แบคทีเรีย โดยเมื่อสังเกตลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราที่ตรวจพบโดยการสังเกตลักษณะโคโลนี ลักษณะเส้นใยและสปอร์ สามารถแบ่งกลุ่มของของราได้เป็น 4 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 จำนวนจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ในหัวเชื้ออีเอ็มคิวเซ

กลุ่มจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/ml)
แบคทีเรียทั้งหมด	1.4×10^2
ยีสต์	6.6×10^2
รา	N/A
แลคติก แอสิด แบคทีเรีย	1.2×10^5

N/A – จำนวนที่ตรวจนับได้น้อยกว่า 30โคโลนี

ตารางที่ 3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ในหัวเชื้ออีเอ็มคิวเซ

กลุ่มจุลินทรีย์ในหัวเชื้ออีเอ็ม	ลักษณะทางสัณฐานวิทยา
แบคทีเรียทั้งหมด	- กลม แบน ขอบเรียบ สีขาวครีม มันวาว เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 มิลลิเมตร ติดสีแกรมบวก รูปแท่ง - กลม นูน ขอบเรียบ สีขาวครีม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-1 มิลลิเมตร ติดสีแกรมบวก รูปแท่ง เรียงตัวเป็นสายยาว - กลม แบน ขอบเรียบ สีขาวครีม ลักษณะแบบ pin point เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-1 มิลลิเมตร ติดสีแกรมบวก รูปแท่ง - กลม แบน ขอบไม่เรียบ สีขาวครีม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ติดสีแกรมบวก รูปแท่ง

ตารางที่ 3 (ต่อ) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ในหัวเชื้ออีเอ็มคิวเซ

กลุ่มจุลินทรีย์ในหัวเชื้ออีเอ็ม	ลักษณะทางสัณฐานวิทยา
ยีสต์	- กลม นูน ขอบเรียบ สีขาวครีม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 มิลลิเมตร
รา	- เส้นใย แผ่กว้าง สีขาว ฟู ลักษณะเส้นใยแบบ non septate hypha ลักษณะสปอร์แบบ sporangiospore เป็นรากลุ่ม Zygomycetes - เส้นใย กลม แบน สีน้ำตาลเข้ม ลักษณะเส้นใยแบบ septate hypha ลักษณะสปอร์แบบ conidiospore เป็นรากลุ่ม Deuteromycetes - เส้นใย กลม นูน ฟู สีเทา ลักษณะเส้นใยแบบ non septate hypha ลักษณะสปอร์แบบ sporangiospore เป็นรากลุ่ม Zygomycetes - เส้นใย กลม นูน สีเทา ลักษณะเส้นใยแบบ septate hypha ลักษณะสปอร์แบบ conidiospore เป็นรากลุ่ม Deuteromycetes
แลคติก แอสิด แบคทีเรีย	- กลม นูนขอบเรียบ สีขาวขุ่น เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-2 มิลลิเมตร ให้ผลคาตาเลสเป็นลบ ติดสีแกรมบวก รูปแท่ง เรียงตัวเป็นสายยาว

3.1.2 การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ในน้ำหมักอีเอ็ม

หลังจากนำหัวเชื้ออีเอ็มคิวเซมาทำการขยายโดยการเติมกากน้ำตาลและน้ำในอัตราส่วน 1:1:20 (อีเอ็มคิวเซ:กากน้ำตาล:น้ำ) และหมักไว้เป็นเวลา 7 วัน ตามคำแนะนำของผลิตภัณฑ์ นำมาวิเคราะห์จุลินทรีย์ซ้ำว่ามีความแตกต่างกับจุลินทรีย์ในหัวเชื้ออีเอ็มคิวเซหรือไม่ โดยจุลินทรีย์ที่ทำการวิเคราะห์ คือ แบคทีเรียทั้งหมด รา ยีสต์ และแลคติก แอซิด แบคทีเรีย ซึ่งทำการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์โดยวิธี spread plate method ผลการวิเคราะห์จุลินทรีย์ในน้ำหมักอีเอ็ม พบว่ามีจำนวนเพิ่มขึ้นจากหัวเชื้ออีเอ็มคิวเซ ดังแสดงในตารางที่ 4 เนื่องจากมีการเติมสารอาหาร

หรือกากน้ำตาลเพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้แก่จุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น (สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์, 2547) โดยพบแบคทีเรียทั้งหมดมีจำนวนเพิ่มขึ้นจาก $1.4x10^2$ CFU/ml เป็น $6.5x10^6$ CFU/ml และจากการสังเกตลักษณะทางสัณฐานวิทยา ดังแสดงในตารางที่ 5 สามารถแบ่งแบคทีเรียได้เป็น 4 กลุ่ม ซึ่งทั้งหมดติดสีแกรมบวก รูปแท่ง ซึ่งเป็นพวกแลคติก แอซิด แบคทีเรีย เป็นส่วนใหญ่ ยีสต์มีจำนวนเพิ่มขึ้นจาก $6.6x10^2$ CFU/ml เป็น $1.5x10^6$ CFU/ml แบ่งได้ 4 กลุ่ม และแลคติก แอซิด แบคทีเรียมีเพียง 1 กลุ่ม มีจำนวนเพิ่มขึ้นจาก $1.2x10^5$ CFU/ml เป็น $3.8x10^6$ CFU/ml เชื้อรามีจำนวนน้อยกว่า 30 โคโลนี สามารถแบ่งกลุ่มของของราได้เป็น 4 กลุ่ม โดยการสังเกตลักษณะโคโลนี ลักษณะเส้นใยและสปอร์ ดังแสดงในตารางที่ 5 และจากการสังเกตลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์ในน้ำหมักอีเอ็มพบว่ามีลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์เหมือนกับจุลินทรีย์ในหัวเชื้ออีเอ็มคิวเซ

ตารางที่ 4 จำนวนจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ในน้ำหมักอีเอ็ม

กลุ่มจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/ml)
แบคทีเรียทั้งหมด	6.5×10^6
ยีสต์	1.5×10^6
รา	N/A
แลคติก แอสิด แบคทีเรีย	3.8×10^6

N/A – จำนวนที่ตรวจนับได้น้อยกว่า 30โคโลนี

ตารางที่ 5 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ในน้ำหมักอีเอ็ม

กลุ่มจุลินทรีย์ในน้ำหมักอีเอ็ม	ลักษณะทางสัณฐานวิทยา
แบคทีเรียทั้งหมด	- กลม แบน ขอบเรียบ สีขาวครีม มันวาว เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 มิลลิเมตร ติดสีแกรมบวก รูปแท่ง - กลม นูน ขอบเรียบ สีขาวครีม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-1 มิลลิเมตร ติดสีแกรมบวก รูปแท่งเรียงตัวเป็นสาย - กลม แบน ขอบเรียบ สีขาวครีม ลักษณะแบบ pin pointเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-1 มิลลิเมตร ติดสีแกรมบวก รูปแท่ง - กลม แบน ขอบไม่เรียบ สีขาวครีม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ติดสีแกรมบวก รูปแท่ง

ตารางที่ 5 (ต่อ) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ในน้ำหมักอีเอ็ม

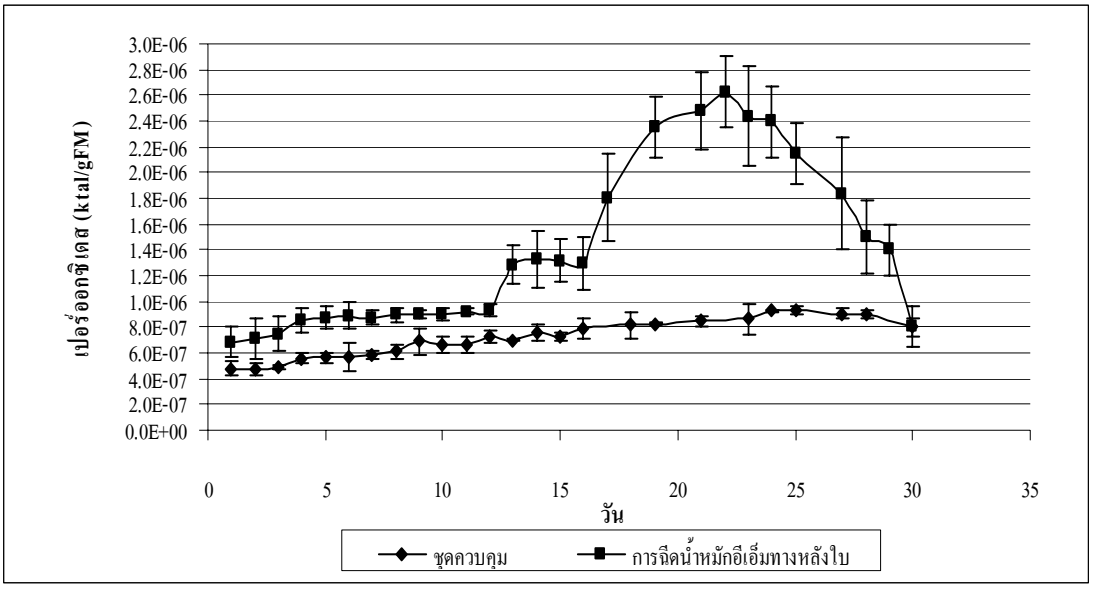
กลุ่มจุลินทรีย์ในน้ำหมักอีเอ็ม	ลักษณะทางสัณฐานวิทยา
ยีสต์	- กลม นูน ขอบเรียบ สีขาวครีม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 มิลลิเมตร - กลม แบน สีขาวครีม ผิวด้าน ขอบไม่เรียบ - กลม นูน สีชมพู ขอบเรียบ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-2 มิลลิเมตร ลักษณะเป็นเมือก - กลม สีเหลือง ผิวด้าน ขอบไม่เรียบ
รา	- เส้นใย แผ่กว้าง สีขาว ฟู ลักษณะเส้นใยแบบ non septate hypha ลักษณะสปอร์แบบ sporangiospore เป็นรากลุ่ม Zygomycetes - เส้นใย กลม แบน สีน้ำตาลเข้ม ลักษณะเส้นใยแบบ septate hypha ลักษณะสปอร์แบบ conidiospore เป็นรากลุ่ม Deuteromycetes - เส้นใย กลม นูน ฟู สีเทา ลักษณะเส้นใยแบบ non septate hypha ลักษณะสปอร์แบบ sporangiospore เป็นรากลุ่ม Zygomycetes - เส้นใย กลม นูน สีเทา ลักษณะเส้นใยแบบ septate hypha ลักษณะสปอร์แบบ conidiospore เป็นรากลุ่ม Deuteromycetes
แลคติก แอสิด แบคทีเรีย	- กลม นูนขอบเรียบ สีขาวขุ่น เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-2 มิลลิเมตร ให้ผลคาตาเลสเป็นลบ ติดสีแกรมบวก รูปแท่ง เรียงตัวเป็นสายยาว

3.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคในพืชด้วยน้ำหมักอีเอ็มในรูปแบบต่างๆ

นำหัวเชื้ออีเอ็มมาขยายเป็นน้ำหมักอีเอ็มโดยการเติมกากน้ำตาลและน้ำในอัตราส่วน 1:1:20 แล้วนำนำนำหมักอีเอ็มที่ได้จากการขยายมาทดสอบในพืช ทำการทดสอบโดยฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา โดยน้ำหมักอีเอ็มเริ่มต้นเทียบเป็น 100% และทำการเจือจางน้ำหมักอีเอ็มให้มีความเข้มข้นเป็น 75% 50% และ 25% พบว่าที่ความเข้มข้นน้ำหมักอีเอ็ม 100% 75% และ 50% อัตราการตายของพืชเท่ากับ 100% ส่วนที่ความเข้มข้น 25% มีอัตราการตายเท่ากับ 80% จากจำนวนต้นพืชที่ทำการทดสอบทั้งหมด ด้วยเหตุนี้จึงนำน้ำหมักอีเอ็มมาทำการเจือจางกับน้ำก่อนใช้ในอัตราส่วน 1:500 (ความเข้มข้นสุทธิ 2%) ตามคำแนะนำข้างผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพในการกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคในแตงกวาด้วยน้ำหมักอีเอ็ม ซึ่งวัดปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจากใบเลี้ยงแตงกวาโดยทำการทดสอบในรูปแบบต่างๆ ผลการทดลองเป็นดังนี้

3.2.1 การฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา

ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของการกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคโดยการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา (ตารางภาคผนวก ก 1) พบว่าปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีค่าเพิ่มขึ้นทันทีที่ถูกกระตุ้น นับตั้งแต่วันแรกที่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองกับชุดควบคุม (ตารางภาคผนวก ก 2) ซึ่งปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีค่าสูงสุดในวันที่ 22 นับตั้งแต่เริ่มทำการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา และหลังจากวันที่ 22 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในภาพประกอบที่ 5 และจากการศึกษาพบว่าปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในชุดทดลองที่ใช้การกระตุ้นความต้านทานด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวามีความแตกต่างกับปริมาณเปอร์ออกซิเดสของชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



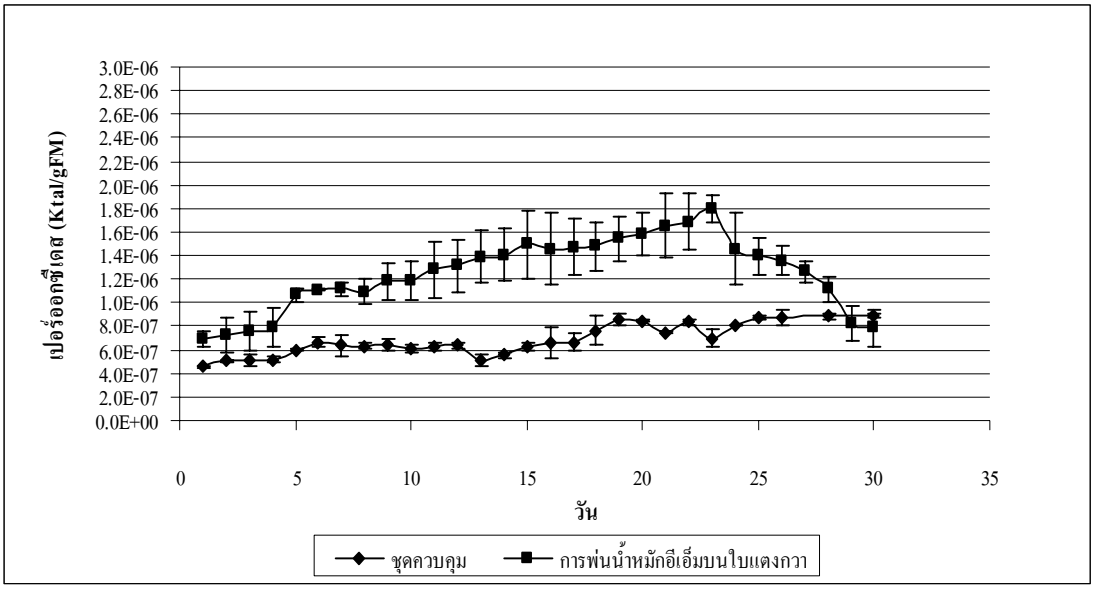
ภาพประกอบที่ 5 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ

การฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบเลี้ยงของแตงกวาเป็นวิธีการทดสอบโดยใช้น้ำหมักอีเอ็มกระตุ้นความต้านทานเข้าไปในใบเลี้ยงพืชโดยตรง (Fecht *et al*., 2001) และพบว่าการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบจะทำให้ใบพืชทดสอบเกิดแผลตรงรอยที่ฉีด ซึ่งเกิดจากการถูกกดทับ แต่เนื่องจากการทดลองนี้มีชุดควบคุมซึ่งใช้วิธีการฉีดเหมือนกันแต่เปลี่ยนจากน้ำหมักอีเอ็มเป็นน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อฉีดเข้าทางหลังใบเลี้ยงแทน ซึ่งพืชทดสอบสามารถให้ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นหลังจากกระตุ้นโดยการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบ เนื่องจากน้ำหมักอีเอ็มซึ่งเป็นปัจจัยทางด้านชีวภาพชนิดหนึ่ง (Passardi *et al*., 2005) สามารถกระตุ้นให้พืชเกิดความเครียดและสร้างกลไกป้องกัน โดยการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มมากขึ้น (Zhao *et al*, 2005a; Zhao *et al*, 2005b) ซึ่งพบว่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในชุดควบคุมที่ทำการฉีดด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ส่วนชุดทดลองซึ่งฉีดด้วยน้ำหมักอีเอ็มเห็นได้ชัดว่าปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นทันทีและมีค่าสูงสุดในวันที่ 22 ดังแสดงในภาพประกอบที่ 5

3.2.2 การพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบแตงกวา

ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของการกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคโดยวิธีการพ่นทางใบแตงกวา (ตารางภาคผนวก ก 3) พบว่าปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีค่าเพิ่มขึ้นทันทีที่ถูกกระตุ้นอย่างเห็นได้ชัด นับตั้งแต่วันแรกที่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองกับชุดควบคุม (ตารางภาคผนวก ก 6) ซึ่งปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิ

เดสมีค่าสูงสุดในวันที่ 23 และหลังจากวันที่ 23 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในภาพประกอบที่ 6 และจากการศึกษาพบว่าปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในชุดทดลองที่ใช้การกระตุ้นความต้านทานด้วยวิธีการพ่นใบแตงกวาด้วยน้ำหมักอีเอ็มทางใบแตงกวา มีความแตกต่างกับปริมาณเปอร์ออกซิเดสของชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

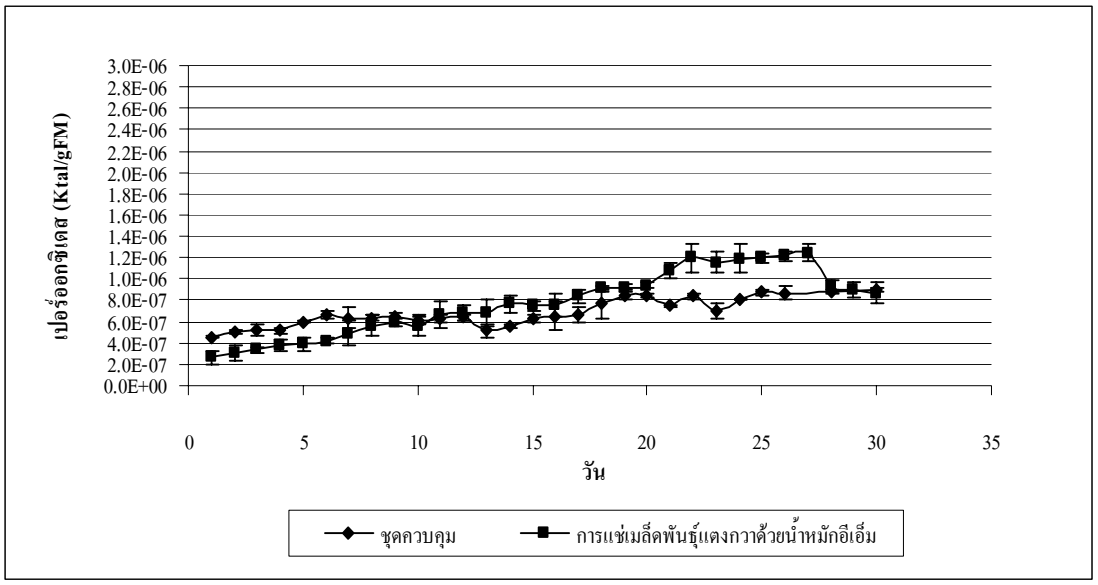


ภาพประกอบที่ 6 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบ

เมื่อพิจารณาปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในชุดการทดลองซึ่งพ่นด้วยน้ำหมักอีเอ็มจะเห็นได้ว่าเป็นการกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มโดยตรงสู่พืชทดสอบเช่นเดียวกับการฉีดเข้าทางหลังใบ (Fecht *et al*., 2001) วิธีการพ่นเป็นวิธีการที่ใช้ทั่วไปในแปลงเกษตรและเป็นวิธีแนะนำของผลิตภัณฑ์ (สถาบันส่งเสริมเกษตรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550) และปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่ทำการตรวจวัดได้ในใบเลี้ยงแตงกวาระหว่างทั้งสองชุดการทดลองคือ การพ่นด้วยน้ำหมักอีเอ็มและการฉีดด้วยน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบเลี้ยงแตงกวา ปรากฏว่าปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในชุดการทดลองการพ่นด้วยน้ำหมักอีเอ็มสามารถกระตุ้นพืชให้สร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นในปริมาณที่ไม่แตกต่างจากการกระตุ้นเต็มรูปแบบ คือ การฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบ(ภาพประกอบที่ 5 และ 6) แต่การฉีดพ่นด้วยน้ำหมักอีเอ็มต้องใช้เวลาให้สารละลายซึมผ่านเข้าใบหรือปากใบ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2549) จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าน้ำหมักอีเอ็มมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสซึ่งช่วยในการสร้างความต้านทานโรคให้แก่พืช

3.2.3 การแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม

ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของการกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคโดยวิธีการแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม (ตารางภาคผนวก ก 4) พบว่าปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในชุดทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 9 เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ตารางภาคผนวก ก 6) มีค่าสูงสุดในวันที่ 27 และหลังจากนั้นก็มีค่าลดลง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 7 และจากการศึกษาพบว่าปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในชุดทดลองที่ใช้การกระตุ้นความต้านทานด้วยวิธีการแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็มไม่แตกต่างกับปริมาณเปอร์ออกซิเดสของชุดควบคุม ($p>0.05$) ดังนั้นวิธีการแช่เมล็ดแตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็มไม่มีผลในการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสซึ่งช่วยในการสร้างความต้านทานโรคให้แก่พืช

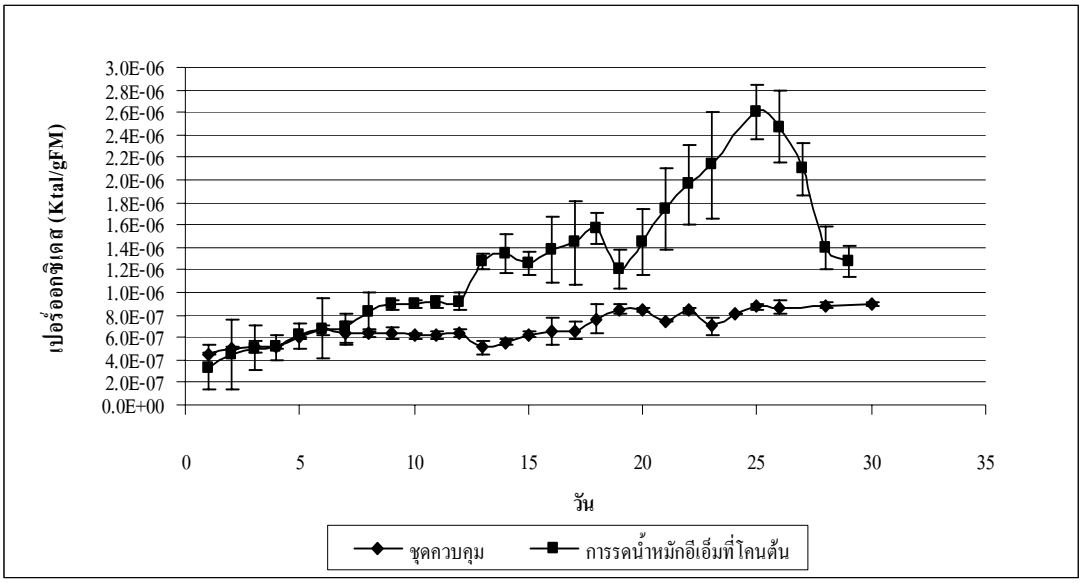


ภาพประกอบที่ 7 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการแช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม

3.2.4 การรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวา

ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของการกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคโดยวิธีการรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวา (ตารางภาคผนวก ก 5) พบว่าปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของวิธีการรดด้วยน้ำหมักอีเอ็มเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ตารางภาคผนวก ก 6) มีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 5 และมีปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสสูงสุดในวันที่ 25 และหลังจากวันที่ 25 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ดังแสดงใน

ภาพประกอบที่ 8 และจากการศึกษาพบว่าปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในชุดทดลองที่ใช้การกระตุ้นความต้านทานด้วยวิธี การรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวามีความแตกต่างกับปริมาณเปอร์ออกซิเดสของชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพประกอบที่ 8 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้น

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นสามารถกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคให้แก่พืชโดยการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นและสามารถกระตุ้นให้พืชสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นในปริมาณที่ไม่แตกต่างจากการกระตุ้นเต็มรูปแบบ คือ การฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบ แต่การรดที่โคนต้นนั้นต้นแตงกวาที่ถูกทดสอบสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในวันที่ 5 หลังจากการรด ดังแสดงในภาพประกอบที่ 8 ทั้งนี้เป็นเพราะพืชต้องดูดซับน้ำหมักอีเอ็มจากดิน ซึ่งเป็นกระบวนการขนส่งไอออน (ion transport) หรือการดูดซับไอออน (ion absorption) ที่ต้องใช้เวลา (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546) ซึ่งปริมาณของแร่ธาตุหรือน้ำหมักอีเอ็มก็มีผลในการดูดซึมด้วยเช่นกัน (Natural Resources Conservation Service, 2001) ต่างจากการแพร่ผ่านเข้าสู่พืชโดยตรง เช่น การฉีดสารละลายทางหลังใบซึ่งพบว่าใบแตงกวามีปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นในทันที สำหรับปริมาณเอนไซม์ที่เพิ่มสูงขึ้นพบว่าเพิ่มขึ้นจนมีปริมาณสูงสุดในวันที่ 20 นับตั้งแต่วันแรกที่มีความแตกต่างระหว่างชุดทดลองกับชุดควบคุม (วันที่ 5) หรือวันที่ 25 นับตั้งแต่เริ่มการทดลอง นอกจากนี้การตรวจพบปริมาณเอนไซม์ที่ใบแม้จะทำการทดลองด้วยการรดที่โคนต้นแตงกวาแสดงให้เห็นว่า ความต้านทานที่เพิ่มขึ้นเป็นชนิด

systemic induced resistance คือ น้ำหมักอีเอ็มสามารถกระตุ้นให้พืชทดสอบมีความต้านทานเพิ่มขึ้นทั้งต้น (Vallad and Goodman, 2004; Maleck and Lawton, 1998) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Lavania และคณะ (2005) ซึ่งได้ทำการทดสอบโดยการใช้เชื้อแบคทีเรีย *Serratia marcescens* NBRI1213 ในการชักนำให้พลูสร้างเอนไซม์ในการป้องกันการทำลายเชื้อก่อโรคในพลูโดยการนำเชื้อรดที่ดินแล้วนำใบพลูมาหาค่าปริมาณเอนไซม์เหล่านี้คือ เปอร์ออกซิเดส polyphenoloxidase และ phenylalanine ammonia-lyase พบว่าเอนไซม์ดังกล่าวมีปริมาณเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรียสามารถการชักนำให้เกิดการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์และสามารถสร้างเอนไซม์ได้ในส่วนอื่นๆ ของพืชแม้จะถูกกระตุ้นโดยใช้แบคทีเรียรดที่ดิน

การกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคโดยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา เป็นการกระตุ้นความตานทานแบบเต็มรูปแบบ (Fecht *et al*., 2001) คือ การฉีดเข้าทางหลังใบพืช พืชจะได้รับการกระตุ้นทันทีเมื่อฉีดน้ำหมักอีเอ็ม ซึ่งพบว่าปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Zhao *et al*, 2005a; Zhao *et al*, 2005b) ส่วนการกระตุ้นด้วยวิธีอื่นๆ คือ การรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวา การแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และการฉีดพ่นน้ำหมักอีเอ็มทางใบแตงกวา ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในแปลงเกษตร เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เพิ่มขึ้นของทั้ง 3 วิธีการนี้กับชุดการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบ พบว่าน้ำหมักอีเอ็มสามารถกระตุ้นพืชให้สร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นในปริมาณที่ไม่แตกต่างจากการกระตุ้นแบบฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบ แต่วิธีการพ่นและรดต้องใช้ระยะเวลาในการดูดซึมและขนส่งไอออน (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2548; ยงยุทธ โอสถสภา, 2546) และวิธีการแช่เมล็ดแตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็มไม่มีผลในการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสซึ่งช่วยในการสร้างความต้านทานโรคให้แก่พืช

จากการศึกษาความแตกต่างของวิธีการกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคของทั้ง 5 วิธี คือวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา การรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวา การแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม การฉีดพ่นน้ำหมักอีเอ็มทางใบแตงกวา และการรดน้ำตามปกติซึ่งเป็นชุดควบคุม โดยการตรวจวัดปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส พบว่า น้ำหมักอีเอ็มมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นความต้านทานโรคของแตงกวา โดยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา การพ่นน้ำหมักอีเอ็มทางใบแตงกวา และการรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวา ทำให้เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีค่าสูงไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งหมายถึงว่าน้ำหมักอีเอ็มมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นความต้านทานโรคของแตงกวาไม่แตกต่างกัน และให้ประสิทธิภาพดีกว่าการแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม ซึ่งผลที่ได้ไม่ได้แตกต่างกับชุดควบคุมที่ทำการรดน้ำเพียงอย่างเดียว ($p>0.05$) ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

ที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อถูกกระตุ้นจากน้ำหมักอีเอ็มด้วยวิธีการต่างๆ แสดงให้เห็นว่าน้ำหมักอีเอ็มสามารถกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคโดยการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นให้แก่พืชที่ทดสอบและวิธีการที่ดีที่สุดที่ควรใช้ในแปลงเกษตร คือ การพ่นและการรดด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และจากปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสสูงสุดที่ตรวจพบในแต่ละรูปแบบการใช้น้ำหมักอีเอ็ม แสดงให้เห็นว่าควรใช้น้ำหมักอีเอ็มในการกระตุ้นความต้านทานโรคซ้ำทุก 20 วัน เพื่อช่วยในการกระตุ้นความต้านทานอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่ตรวจวัดจากใบเลี้ยงแตงกวาโดยวิธีการใช้น้ำหมักอีเอ็มต่างกัน

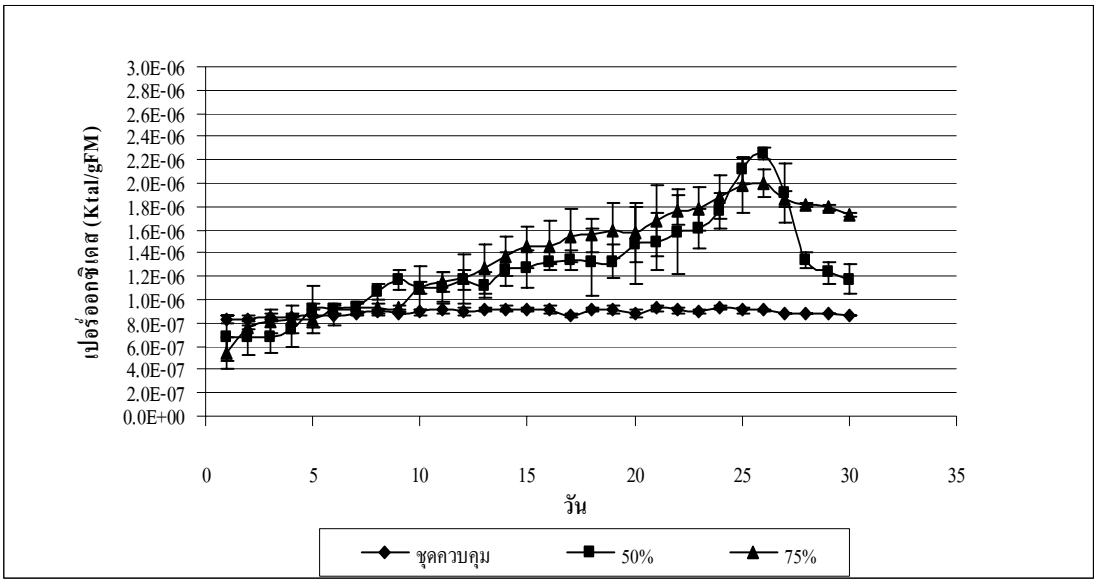
วิธีการ	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Ktal/gFM)
ฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ	1.38E-06[a] ± 1.25E-01
พ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบ	1.25E-06[a] ± 7.63E-08
แช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูก	7.73E-07[b] ± 3.40E-08
รดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้น	1.24E-06[a] ± 1.14E-07
ชุดควบคุม	6.83E-07[b] ± 3.37E-08

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3.3 การศึกษาประสิทธิภาพในการกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคของพืชที่ความเข้มข้นต่างกัน

การศึกษาประสิทธิภาพในการกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคของพืชที่ความเข้มข้นต่างกันเป็นการศึกษาเปรียบเทียบการกระตุ้นความต้านทานในพืชจากการใช้น้ำหมักอีเอ็มที่ทำการขยายกับน้ำอัตราส่วน 1:500 (น้ำหมักอีเอ็ม:น้ำ) มาทำการเจือจางที่ความเข้มข้น 50% และ 75% และทดสอบด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา และตรวจวัดปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เพิ่มขึ้น ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของการกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคที่ความเข้มข้น 50% และ 75% (ตารางภาคผนวก ก 7 และ ก 8) พบว่าปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของทั้งสองความเข้มข้นมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 5 ของการถูกกระตุ้นนับตั้งแต่เริ่มทำการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา ซึ่งทั้งสองความเข้มข้นมีค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 26 และหลังจากวันที่ 26 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีค่าลดลง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 9 และจากการศึกษาพบว่าการกระตุ้นความ

ต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคของพืชที่ความเข้มข้น 50% และ 75% ด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสทั้งสองความเข้มข้นมีความแตกต่างกับปริมาณเปอร์ออกซิเดสของชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7 แต่ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของทั้งสองความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ซึ่งแสดงว่าการเจือจางที่ความเข้มข้น 50% และ 75% น้ำหมักอีเอ็มที่เจือจางมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นความต้านทานโรคของแตงกวาไม่แตกต่างกัน



ภาพประกอบที่ 9 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มที่เข้มข้น 50% 75% กับชุดควบคุม

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่ตรวจวัดจากใบเลี้ยงแตงกวาโดยใช้น้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้นแตกต่างกัน

ความเข้มข้นน้ำหมักอีเอ็ม	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Ktal/gFM)
50%	1.269E-06[a] ± 8.449E-08
75%	1.368E-06[a] ± 8.640E-08
ชุดควบคุม	8.907E-07[b] ± 2.180E-08

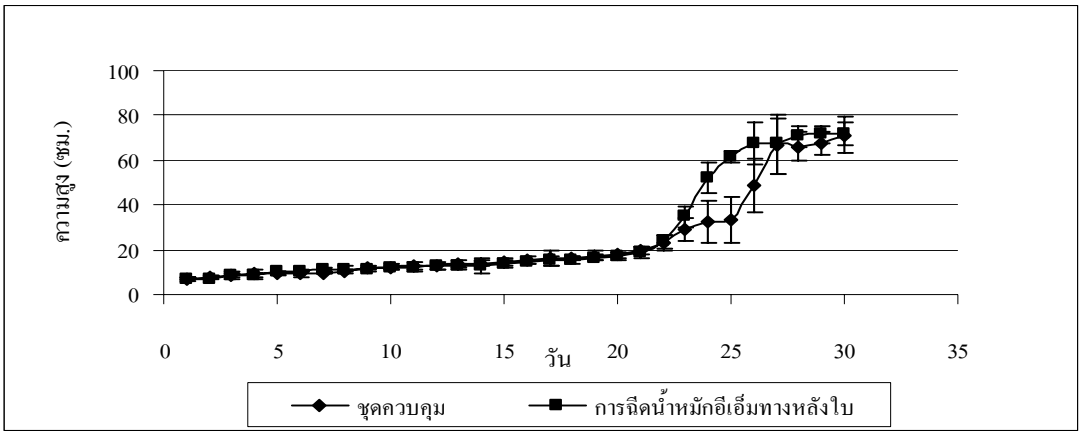
หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3.4 การวัดอัตราการเจริญเติบโต การประเมินการเกิดโรคและการป้องกันแมลงศัตรูในแตงกวา

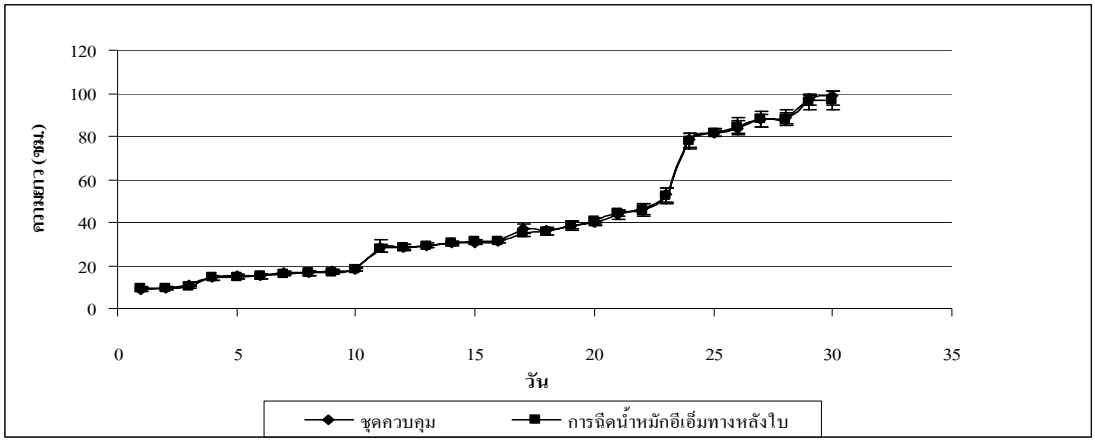
การศึกษาผลของน้ำหมักอีเอ็มต่อการเจริญเติบโตของแตงกวา โดยการวัดความสูงของลำต้น ความยาวรากของแตงกวาทุกวัน เปรียบเทียบการเจริญเติบโตกับชุดควบคุม การประเมินการเกิดโรคและการป้องกันแมลงศัตรูในแตงกวา ทำโดยสังเกตลักษณะ ใบ และลำต้นและแมลงศัตรูของต้นแตงกวาทุกวัน ผลการเจริญเติบโตและการเกิดโรคในแตงกวา ในแต่ละชุดการทดลองเป็นดังนี้

3.4.1 การฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา

การฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา ทำให้แตงกวามีการเจริญเติบโตของลำต้นและรากอย่างต่อเนื่อง (ตารางภาคผนวก ก 10) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 10 และ 11 เมื่อเปรียบเทียบความสูงของลำต้นและความยาวรากกับชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ศัตรูพืชของแตงกวาขณะที่ทำการทดลองพบ หนอนคืบ แมลง และเพลี้ยอ่อนกัดกินใบเลี้ยงไปเพียงบางต้นของการทดลอง และกัดกินใบเลี้ยงและลำต้นจนหมดในบางวัน จึงไม่นำมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในวันที่ถูกหนอนกัดกินใบเลี้ยง ส่วนเพลี้ยอ่อนเริ่มเกาะที่ใบอ่อนของแตงกวาเมื่อผ่านไปประมาณ 3-4 วัน มีเพิ่มปริมาณมากขึ้น ทำให้ใบแตงกวาเหลือง และเริ่มเหี่ยว



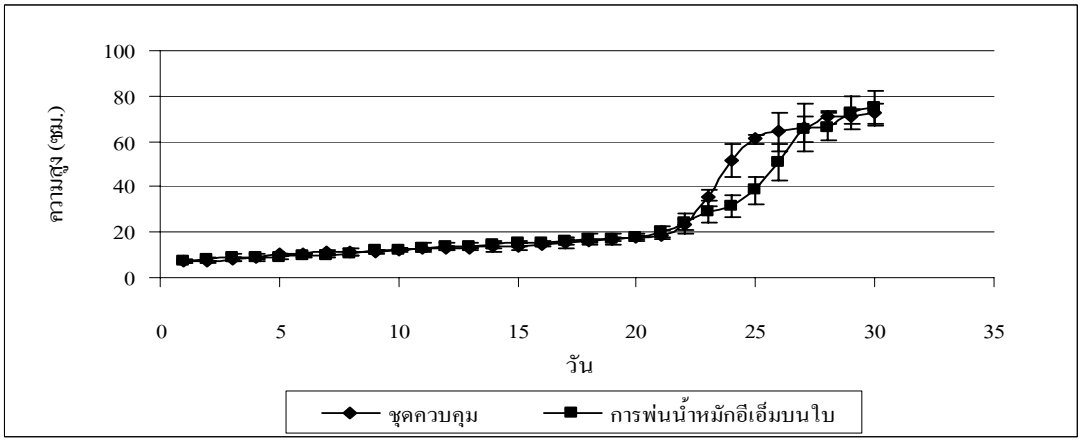
ภาพประกอบที่ 10 ความสูงของต้นแตงกวาระหว่างชุดทดลองการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบกับชุดควบคุม



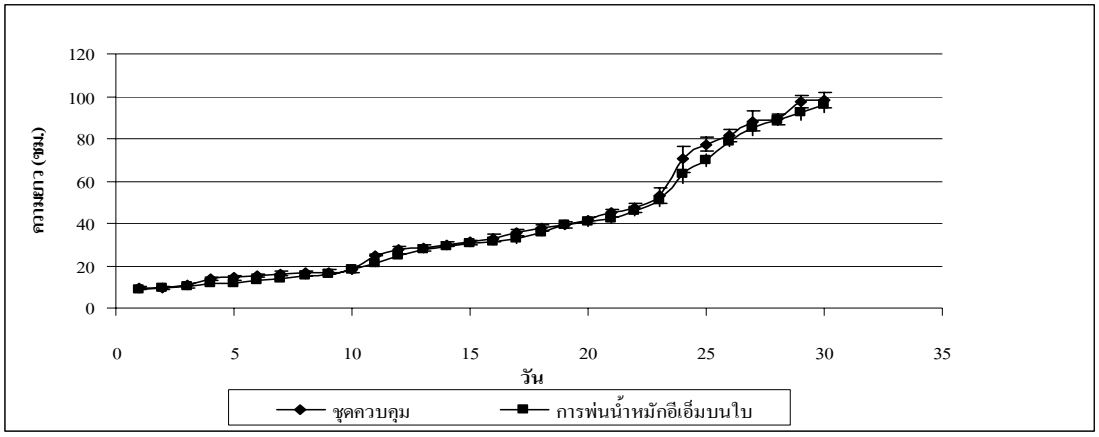
ภาพประกอบที่ 11 ความยาวของรากแตงกวาระหว่างชุดทดลองการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบกับชุดควบคุม

3.4.2 การพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบแตงกวา

อัตราการเจริญเติบโตของแตงกวาในชุดทดลองการพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบแตงกวาโดยการวัดความสูงของลำต้นและความยาวของราก พบว่าแตงกวามีอัตราการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง (ตารางภาคผนวก ก 12) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 12 และ13 เมื่อทำการเปรียบเทียบความสูงของลำต้นและความยาวรากกับชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ศัตรูพืชของแตงกวาขณะที่ทำการทดลองพบ หนอนคืบ แมลง และเพลี้ยอ่อน หนอนกัดกินใบเลี้ยงไปเพียงบางต้นของการทดลอง ส่วนเพลี้ยเริ่มเกาะที่ยอดแตงกวาเมื่อผ่านไปประมาณ 3-4 วัน มีปริมาณมากขึ้นทำให้ต้นแตงกวามีใบเหลือง และเหี่ยว



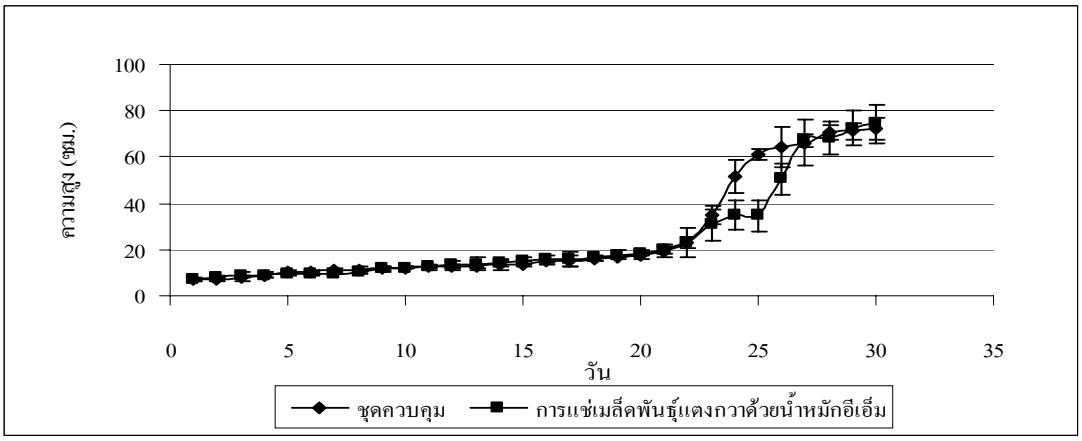
ภาพประกอบที่ 12 ความสูงของต้นแตงกวาระหว่างชุดทดลองการพ่นด้วยน้ำหมักอีเอ็มบนใบกับชุดควบคุม



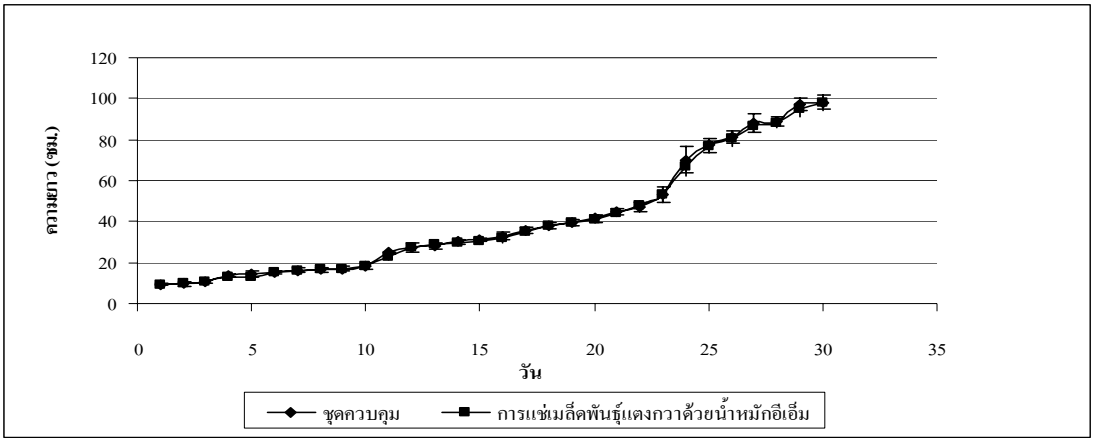
ภาพประกอบที่ 13 ความยาวของรากแตงกวาระหว่างชุดทดลองการพ่นด้วยน้ำหมักอีเอ็มบนใบกับชุดควบคุม

3.4.3 การแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม

อัตราการเจริญเติบโตของแตงกวาของชุดทดลองการแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็มโดยการวัดความสูงของลำต้นและความยาวของราก พบว่าแตงกวามีอัตราการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง (ตารางภาคผนวก ก 13) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 14 และ 15 เมื่อทำการเปรียบเทียบความสูงของลำต้นกับชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ศัตรูพืชของแตงกวาขณะที่ทำการทดลองพบ หนอนคืบ แมลง และเพลี้ยอ่อนกัดกินใบเลี้ยง



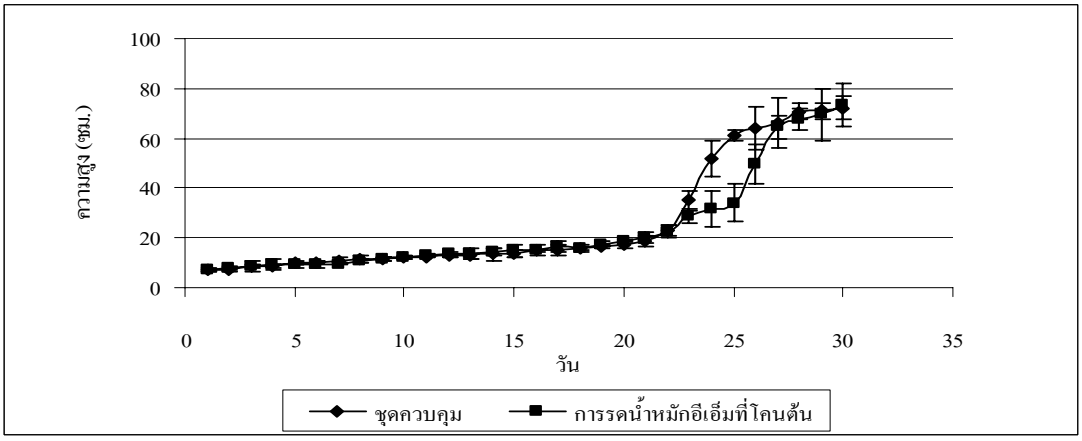
ภาพประกอบที่ 14 ความสูงของต้นแตงกวาระหว่างชุดทดลองการแช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็มกับชุดควบคุม



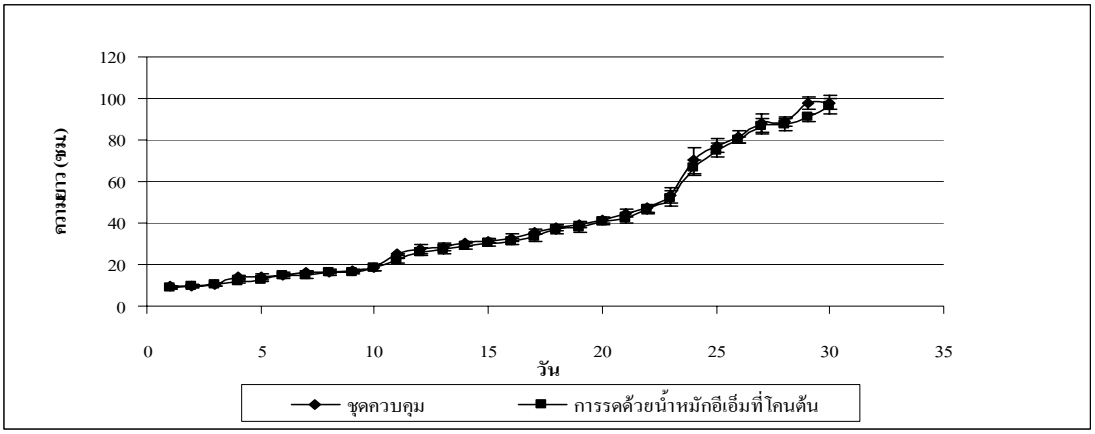
ภาพประกอบที่ 15 ความยาวของรากแตงกวาระหว่างชุดทดลองการแช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็มกับชุดควบคุม

3.4.4 การรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวา

อัตราการเจริญเติบโตของแตงกวาของชุดทดลองการรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวาโดยการวัดความสูงของลำต้นและความยาวของราก พบว่าแตงกวามีอัตราการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง (ตารางภาคผนวก ก 14) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 16 และ 17 เมื่อทำการเปรียบเทียบความสูงของลำต้นกับชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ศัตรูพืชของแตงกวาขณะที่ทำการทดลองพบ หนอนคืบ แมลง และเพลี้ยอ่อน



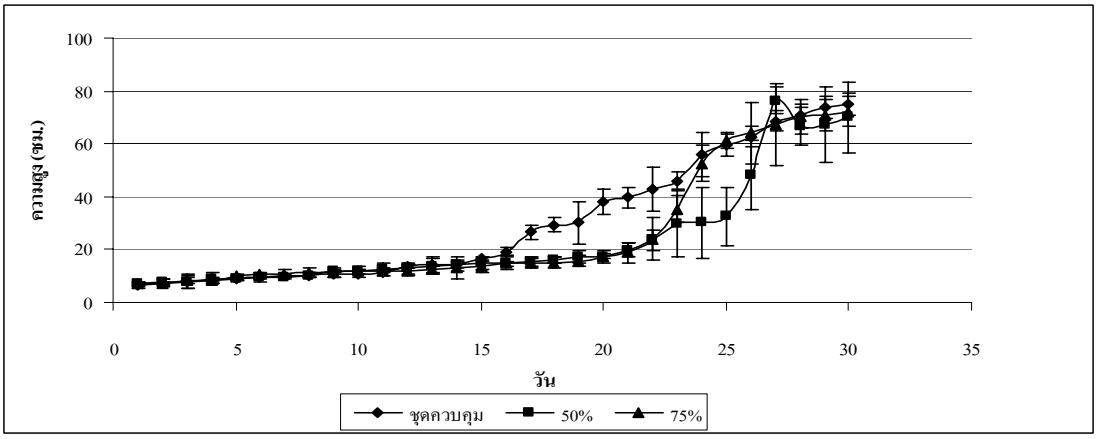
ภาพประกอบที่ 16 ความสูงของต้นแตงกวาระหว่างชุดทดลองการรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นกับชุดควบคุม



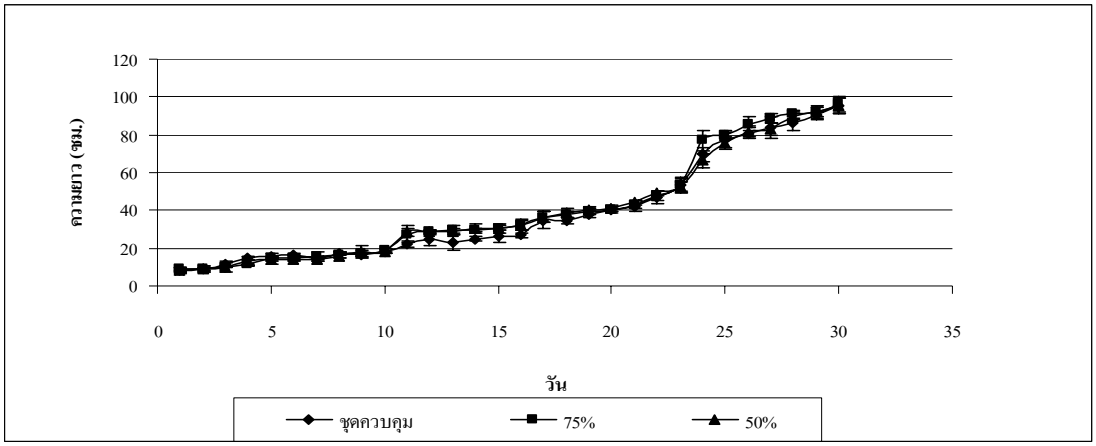
ภาพประกอบที่ 17 ความยาวของรากแตงกวาระหว่างชุดทดลองการรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นกับชุดควบคุม

3.4.5 อัตราการเจริญเติบโตของแตงกวาโดยใช้น้ำหมักอีเอ็มที่ความเข้มข้น 50% และ 75%

อัตราการเจริญเติบโตของแตงกวาโดยใช้น้ำหมักอีเอ็มที่ขยายกับน้ำอัตราส่วน 1:500 (น้ำหมักอีเอ็ม:น้ำ) โดยนำมาเจือจางที่ความเข้มข้น 50% และ 75% โดยการวัดความสูงของลำต้นและความยาวของราก พบว่าแตงกวามีอัตราการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง (ตารางภาคผนวก ก 16 และ ก 17) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 18 และ19 เมื่อทำการเปรียบเทียบความสูงของลำต้นกับชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ศัตรูพืชของแตงกวาขณะที่ทำการทดลอง พบ หนอนคืบ แมลง และเพลี้ยอ่อนกัดกินใบ



ภาพประกอบที่ 18 ความสูงของต้นแตงกวาที่ถูกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% และ 75% กับชุดควบคุม



ภาพประกอบที่ 19 ความยาวของรากแตงกวาที่ถูกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% และ 75% กับชุดควบคุม

จากผลการเจริญเติบโตของแตงกวาใน 4 ชุดการทดลอง คือ การฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบ การพ่นน้ำหมักอีเอ็มทางใบ การแช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และการรดด้วยน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้น (ภาคผนวก ก) ผลการเจริญเติบโตของทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 8 และ 9 แสดงให้เห็นว่าน้ำหมักอีเอ็มไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแตงกวา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติด้านการเจริญเติบโตของอีเอ็มในพืชต่างๆ เช่น การศึกษาถึงประสิทธิภาพของอีเอ็มไม่มีผลในการเพิ่มผลผลิตข้าว (วราภรณ์ คำบุญเรือง และคณะ, 2539 ; บรรหาญ แตงฉ่ำ และสมพร ชุนห์ลือชานนท์, 2539) ไม่ช่วยในการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตถั่วเหลือง (วิทยา ธนานุสนธิ์, 2539) ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต เพิ่มน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และผลผลิตของข้าวโพดและข้าวฟ่าง (ณรงค์ศักดิ์ เสนาณรงค์ และคณะ, 2539 ; บรรหาญ แตงฉ่ำ และสมพร ชุนห์ลือชานนท์, 2539) แต่หากนำอีเอ็มไปผสมสารอื่นๆ จะช่วยให้การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เช่นการใช้อีเอ็มหมักกับปุ๋ยคอก และอีเอ็มหมักกับกากน้ำตาลและปุ๋ยคอกเพื่อช่วยเจริญเติบโตทางกิ่งก้านและความสูงของต้นมะเขือเทศ พบว่าในช่วง 25-55 วัน อีเอ็มที่ทำการผสมมีผลช่วยในการเจริญเติบโตทางกิ่งก้านและความสูงได้ดีเช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยคอกอย่างเดียว ที่เป็นเช่นนี้น่าจะเป็นผลมาจากการสลายตัวของปุ๋ยคอกที่ใส่ซึ่งจะถูกย่อยสลายให้ธาตุไนโตรเจนแก่พืชได้ (สุมาลี สุวรรณบุตร และคณะ, 2539) ซึ่งจุลินทรีย์ในดินที่มีการเพิ่มจากการใส่อีเอ็มมีผลต่อการช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุแล้วให้ธาตุไนโตรเจนแก่พืชนำไปใช้ได้ (ชวนพิศ แดงสวัสดิ์, 2544) แต่อัตราความเร็วในการย่อยอาจแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับอินทรียวัตถุด้วย และการให้ผลผลิตของมะเขือเทศที่ทำการทดลองโดยการใส่อีเอ็มหมักกับกากน้ำตาลและปุ๋ยคอก และอีเอ็มหมักกับปุ๋ยคอกสามารถให้จำนวนผลผลิตและน้ำหนักผลที่

ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีผสมปุ๋ยคอกซึ่งแสดงว่าจุลินทรีย์ในสารอีเอ็มนอกจากจะช่วยย่อยอินทรียวัตถุแล้วให้ธาตุไนโตรเจนแล้วยังอาจจะให้ธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์แก่พืชได้บ้างจึงทำให้ต้นมีความสมบูรณ์และพร้อมที่จะให้ผลผลิตเช่นเดียวกับการใช้ปุ๋ยเคมี แต่การใช้อีเอ็มสามารถเพิ่มความสมบูรณ์ในดินในระยะสั้นเท่านั้น (สุมาลี สุวรรณบุตร และคณะ, 2539) หรือการใช้น้ำหมักชีวภาพลูกยอป่าในการช่วยในการเจริญเติบโตของมะเขือเทศราชินี ซึ่งมะเขือเทศราชีนีที่ได้รับน้ำหมักมีการเจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดทรงพุ่ม และขนาดของลำต้นเนื่องจากน้ำหมักชีวภาพลูกยอป่ามีธาตุอาหารหลากหลายอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ที่พืชสามารถจะดูดไปใช้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ใบ กิ่ง และยังมีฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ซึ่งตรวจพบตั้งแต่วันที่ 14 ของการหมัก (กาญจนา ขาวผ่อง, 2551) กล่าวได้ว่าเมื่อนำอีเอ็มไปผสมหรือใช้ร่วมกับสารอื่นๆ เช่น ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยเคมี หรือเป็นหัวเชื้อในหมักน้ำหมักชีวภาพจะเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืช การวัดอัตราการเจริญเติบโตของรากมีข้อจำกัดเนื่องจากปลูกแตงกวาในถุงเพาะซึ่งทำให้การชอนไชของรากลดน้อยลง

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงและความยาวรากของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นโดยวิธีการใช้น้ำหมักอีเอ็มต่างกัน

วิธีการ	ความสูงลำต้น (ซม.)	ความยาวราก (ซม.)
ฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ	26.00[a] ± 2.63	40.86 [a] ± 1.76
พ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบ	24.11 [a] ± 2.74	38.39 [a] ± 1.81
แช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูก	24.14 [a] ± 2.97	39.96 [a] ± 1.81
รดด้วยน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้น	23.66 [a] ± 2.82	39.10 [a] ± 1.94
ชุดควบคุม	25.89 [a] ± 2.23	40.56 [a] ± 1.90

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงและความยาวรากของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นโดยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้นน้ำหมักอีเอ็ม	ความสูงลำต้น (ซม.)	ความยาวราก (ซม.)
50%	23.62 [a] ± 4.46	40.04 [a] ± 1.96
75%	25.78 [a] ± 3.22	40.74 [a] ± 2.25
ชุดควบคุม	29.93 [a] ± 2.90	38.76 [a] ± 2.33

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การประเมินการเกิดโรคและการป้องกันแมลงศัตรูในแตงกวาโดยการใช้น้ำหมักอีเอ็มเป็นตัวกระตุ้นความต้านทานซึ่งทำโดยสังเกตลักษณะ ใบ และลำต้นของแตงกวาทุก ชุดการทดลอง คือ การฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบ การพ่นน้ำหมักอีเอ็มทางใบ การแช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และการรดด้วยน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้น พบแมลงศัตรูคือ หนอนคืบแมลง และ เพลี้ยอ่อน มากัดกินใบและลำต้นของแตงกวา ดังแสดงในภาพประกอบที่ 20-22 ซึ่งคิดเป็น 8% ของจำนวนต้นทั้งหมดที่โดนกัดกิน และคิดเป็น 23% ของจำนวนใบที่โดนกัดกินซึ่งไม่สามารถนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส เห็นได้ว่าน้ำหมักอีเอ็มไม่มีผลในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติของอีเอ็มในด้านการป้องกันกำจัดศัตรูผักและโรคพืช เช่น การใช้อีเอ็มในการป้องกันและกำจัดหนอนใยผัก ด้วงหมัก หนอนคืบกะหล่ำ หนอนกระทู้หอมในคะน้า (กอบเกียรติ์ บันสิทธิ์ และคณะ, 2539) หนอนม้วนใบ *Lamproma diemenalis* (Guenee) ในถั่วเขียว (เกรียงไกร จำเริญมา และคณะ, 2539) ไรแดงแอฟริกัน *Eutetranychus africanus* (Tucker) ไรสนิมส้ม *Phyllcoptruta oleivora* (Ashamead) ไรเหลืองส้ม *Eotetranychus cendanai* (Rimando) (มานิต คงชื่นสิน และเทวินทร์ กุลปิยะวัฒน์, 2539) เพลี้ยไก่แจ้ส้มในส้มเขียวหวาน (ชลิดา อุณหวุฒิ และคณะ, 2539) และหนอนเจาะสมอฝ้าย (กนกพร อุ่นใจชน และคณะ, 2539) ซึ่งอีเอ็มไม่มีผลในการป้องกันกำจัดศัตรูผักและโรคพืชเหล่านี้ได้ เนื่องจากไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างสารยับยั้งเชื้อโรคพืช ซึ่งอาจเกิดจากการที่อีเอ็มมีสภาพเป็นกรด (ธงชัย คัมภีร์ และคณะ, 2539) ทำให้จุลินทรีย์ที่เจริญได้นั้นไม่ค่อยสร้างสารยับยั้ง ซึ่งเชื้อแบคทีเรียที่เป็นจุลินทรีย์กลุ่มปฏิปักษ์มักเป็นเชื้อพวก fluorescens pseudomonas และเชื้อ *Bacillus* spp. ซึ่งเชื้อเหล่านี้ไม่สามารถเจริญได้ในที่เป็นกรดจัด ดังนั้นเชื้ออีเอ็มจึงไม่สร้างสารยับยั้งโรคพืช อย่างไรก็ตามเนื่องจากน้ำหมักอีเอ็มมีคุณสมบัติค่อนข้างเป็นกรดจัด จึงอาจมีผลในการยับยั้งเชื้อราและแบคทีเรียโรคพืชบางสายพันธุ์ที่ไม่ค่อยทนกรด (นิพนธ์ ทวีชัย และคณะ, 2539) แต่หากนำน้ำหมัก

อีเอ็มมาผสมสารอื่นๆ เช่น น้ำส้มสายชู เหล้าขาว น้ำยาฉุน เป็นต้น จะช่วยในการกำจัดแมลงศัตรูพืชได้ เช่น ทำให้หนอนใยผักตายในปริมาณ 54%-69% (สุรัตน์วดี จิวะจินดา และคณะ, 2539) หรือยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อราบางสายพันธุ์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืช (นิพนธ์ ทวีชัย และคณะ, 2539) และพบว่าต้นแตงกวาที่ถูกหนอนกัดกินเมื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสซึ่งให้ค่าปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกออกซิเดสสูงมาก เนื่องจากบาดแผลของพืชที่เกิดจากการกัดกินเป็นตัวชักนำให้เกิดการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในปริมาณมาก เพื่อเป็นกลไกในการป้องกันตัวของพืช (Loukili *et al*., 1999) และต้นแตงกวาที่ใช้น้ำหมักอีเอ็มมีมดมาอาศัยอยู่ อาจเพราะกากน้ำตาลที่ตกค้างบนดินและบนใบแตงกวา (ชลิดา อุณหวุฒิ และคณะ, 2539) การทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรสามารถใช้น้ำหมักอีเอ็มในการรดหรือพ่นเพื่อกระตุ้นความต้านทานโรคให้แก่พืชได้แต่ควรมีใช้ปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น ใช้มุ้งหรือตาข่ายเพื่อป้องกันแมลงมาทำลายผลผลิต

ภาพประกอบที่ 20 ลักษณะของหนอนคืบที่กัดกินใบและลำต้นแตงกวา

ภาพประกอบที่ 21 การกัดกินใบและลำต้นแตงกวาของหนอนคืบ

ภาพประกอบที่ 22 เพลี้ยอ่อนบนใบแตงกวา

บทที่ 4

สรุปผลการทดลอง

4.1 สรุปผลการทดลอง

1. การฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบสามารถกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคในพืชได้ โดยการสร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้น การฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบเป็นการกระตุ้นแบบเต็มรูปแบบ ดังนั้นเมื่อฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบ พืชจะได้รับการกระตุ้นทันที ซึ่งทำให้ค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในใบพืช มีค่าแตกต่างจากชุดควบคุมและมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันแรกที่ทำการทดลอง ซึ่งให้ค่าสูงสุดในวันที่ 22 ของการทดลอง

2. วิธีการพ่นด้วยน้ำหมักอีเอ็มบนใบแตงกวา พืชได้รับการกระตุ้นทันทีแต่ก็ต้องใช้ระยะเวลาในการดูดซึม ซึ่งค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่วัดได้แตกต่างกับชุดควบคุม และให้ค่าสูงสุดวันที่ 23 ของการทดลอง

3. การรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นให้ค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสแตกต่างจากชุดควบคุมหลังจากวันที่ 5 ของการทดลอง เนื่องจากต้องใช้เวลาในการดูดซึมน้ำหมักอีเอ็ม ซึ่งค่าเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสสูงสุดวันที่ 25 ของการทดลอง

4. การแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็มไม่มีผลในการกระตุ้นความต้านทานโรคให้แก่แตงกวา

5. การใช้น้ำหมักอีเอ็มโดยวิธีการ ฉีด พ่น และรด ให้ค่าปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสไม่แตกต่างกันและมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นความต้านทานโรคของแตงกวาไม่แตกต่างกัน น้ำหมักอีเอ็มสามารถกระตุ้นความต้านทานให้แก่พืชที่ทดสอบและวิธีการที่ดีที่สุดที่ควรใช้ในแปลงเกษตร คือ การพ่นและการรดด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และควรใช้น้ำหมักอีเอ็มในการกระตุ้นความต้านทานโรคซ้ำทุก 20 วัน เพื่อช่วยในการกระตุ้นความต้านทานอย่างต่อเนื่อง

6. การรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นสามารถตรวจพบเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่ใบแสดงให้เห็นว่าความต้านทานที่เพิ่มขึ้นเป็นชนิด systemic induced resistance

7. การศึกษาประสิทธิภาพในการกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคของพืชที่ความเข้มข้นต่างกัน โดยการศึกษาเปรียบเทียบการกระตุ้นความต้านทานในพืชจากการใช้น้ำหมักอีเอ็มที่ทำการขยายกับน้ำอัตราส่วน 1:500 (น้ำหมักอีเอ็ม:น้ำ) และนำมาทำการเจือจางที่ความเข้มข้น 50% และ 75% ทดสอบโดยการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา พบว่ามีน้ำหมักอีเอ็มทั้งสองความเข้มข้นมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นความต้านทานไม่แตกต่างกัน

8. อัตราการเจริญเติบโตของลำต้นและรากของแตงกวาในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุม ดังนั้นน้ำหมักอีเอ็มจึงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแตงกวา

9. ศัตรูพืชที่พบระหว่างการทดลองคือ หนอนคืบ เพลี้ยอ่อน และแมลง ซึ่งมากัดกินใบและลำต้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่า น้ำหมักอีเอ็มไม่มีผลต่อการป้องกันศัตรูพืชของแตงกวาในทุกชุดการทดลองเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาน้ำหมักอีเอ็มสูตรต่างๆ เช่น สุโตจู (EM5) ซุปเปอร์สุโตจู สารสกัดพืชหมัก เป็นต้น เพื่อใช้ในการกระตุ้นความต้านทานโรค

2. ศึกษาการกระตุ้นความต้านทานโรคโดยการศึกษาเชื้อที่จำเพาะต่อโรค เช่น โรคราน้ำค้าง โรคใบด่างในแตงกวา โดยการนำเชื้อโรคนั้นมาทดสอบในพืชทดสอบโดยตรง

บรรณานุกรม

กาญจนา ขาวผ่อง. 2551. ลักษณะของน้ำหมักลูกยอป่า(*Morinda coreia Ham*) และผลผลิตต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศราชินี (*Lycopersicon esculentum Mill*). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2550. **ชีววิถีเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนสู่เศรษฐกิจพอเพียง**. พิมพ์ครั้งที่ 26. กองผลิตสื่อประชาสัมพันธ์ กองประชาสัมพันธ์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

กนกพร อุ่นใจชน, เกศรา จีระจรรยา และสาทร สิริสิงห์. 2539. ผลของสาร EM ที่มีต่อหนอนเจาะสมอฝ้าย. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 83-86.

เกรียงไกร จำเริญมา, วรัญญา ตันติยุทธ และเตือนจิตต์ สัตยาวิรุฑธ์. 2539. ประสิทธิภาพของ EM เพื่อป้องกันกำจัดหนอนม้วนใบ *Lamprosema diemenalis* (Guenee) ในถั่วเขียว. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 92-96.

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2548. **การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows**. กรุงเทพฯ: ธรรมสาร. 260 หน้า.

กอบเกียรติ์ บันสิทธิ์, สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น, ลัดดาวัลย์ งามวงศ์ธรรม และณัฐวัฒน์ แย้มยิ้ม. 2539. การศึกษาประสิทธิภาพของ EM ในการป้องกันกำจัดศัตรูคะน้า. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 77-82.

ชลิดา อุณหวุฒิ, สราญจิต ไกรฤกษ์ และสาทร สิริสิงห์. 2539. ประสิทธิภาพของ EM ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไก่แจ้ส้ม *Diaphorina citri* (Kuwayama) ในส้มเขียวหวาน. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 87-91.

ชวนพิศ แดงสวัสดิ์. 2544. **สรีรวิทยาของพืช**. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ: ธนธัชการพิมพ์. 380 หน้า.

ณรงค์ศักดิ์ เสนาณรงค์, เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง และสาธิต อารีรักษ์. 2539. ผลของสาร EM ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวฟ่าง. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 148-150.

ณรงค์ศักดิ์ เสนาณรงค์, สาธิต อารีรักษ์, อำนาจ ชินเชษฐ, วันเพ็ญ ศรีทองชัย และบรรหาร แตงฉ่ำ. ผลของสาร EM ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 143-147.

ดวงพร คันธโชติ. 2545. **นิเวศวิทยาของจุลินทรีย์**. กรุงเทพฯ. โอเดียนสโตร์. 216 หน้า.

ดวงพร คันธโชติ, วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล และณรงค์ฤทธิ์ อัศวเรืองพิภพ. 2548. ลักษณะของน้ำสกัดชีวภาพจากพืชในภาคใต้ของประเทศไทย. **ว. สงขลานครินทร์** 27(3): 601-615.

ธงชัย คัมภีร์, มาลินี สมัยกุล, สุเทพ ญาดี, จงกลนี สุนทรสีมะ และพูนพิไล สุวรรณฤทธิ์. 2539. เชื้อแอคติโนมัยสีทในสาร EM. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 36-46.

นภาวรรณ นพรัตนราภรณ์ และกฤตวรรณ วงศ์ศิริเดช. 2539. การศึกษาแบคทีเรียสังเคราะห์แสงในEM. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 32-35.

นิพนธ์ ทวีชัย. 2539. งานวิจัยด้านการใช้แบคทีเรียบางชนิดควบคุมโรคพืชโดยวิธีชีวภาพในปัจจุบัน. **ว. แก่นเกษตร** 24(2): 53-62.

นิพนธ์ ทวีชัย, ณัฏฐิมา บุญวัฒน์, ธนวัฒน์ กำแหงฤทธิรงค์, อำไพวรรณ ภราดร์นุวัฒน์, ปรีชา สุรินทร์, วิชัย โฆษิตรัตน, สุเนตร ภาวิจิตร และอดิศักดิ์ บ้วนกียาพันธุ์. 2539. การทดสอบประสิทธิภาพของสาร EM ในการป้องกันกำจัดโรคพืช. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 67-76.

นุรอามาลี ดีนามอ. 2548. ไอโซไซม์ของเปอร์ออกซิเดสที่เกี่ยวข้องกับการต้านทานโรคของยางพารา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีวเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บรรหาญ แตงฉ่ำ และสมพร ชุนห์ลือชานนท์. 2539. ผลของ EM ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว ข้าวโพด และข้าวฟ่างในแปลงทดลอง. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 151-155.

ประสาทพร สมิตะมาน. 2534. **โรคพืชวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่: ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 338 หน้า.

เปรมปรี ณ สงขลา. 2537. การใช้จุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชไฮเทคที่ต้องทำความเข้าใจ ตอนที่ 1. **ว. เคหการเกษตร** 18(12): 175-183.

ไพโรจน์ จ๋วงพานิช. 2522. **หลักวิชาโรคพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สารมวลชน. 344 หน้า.

ไพโรจน์ ศรีจันทรา. 2544. **น้ำสกัดชีวภาพ พืชสมุนไพร อินทรียวัตถุ และงานชีวภาพ**. สถาบันส่งเสริมเกษตรชีวภาพและโรงเรียนเกษตรกร กรมส่งเสริมการเกษตร. 33 หน้า.

พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์, ชุลี ชัยศรีสุข, ภาสนันท์ ดอกไม้ และสุทธิศักดิ์ จาดเจริญ. 2539. ชนิดและปริมาณของเชื้อราในสาร EM. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 47-57.

ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2541. **คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยาทั่วไป**. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 116 หน้า.

มานิต คงชื่นสิน และเทวินทร์ กุลปิยะวัฒน์. 2539. ประสิทธิภาพของ EM ที่มีต่อไรแดงแอฟริกัน *Eutetranychus africanus* (Tucker) ไรสนิมส้ม *Phyllcoptruta oleivora* (Ashamead) ไรเหลืองส้ม *Eotetranychus cendanai* (Rimando). **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 97-103.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. **ธาตุอาหารพืช.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 424 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2549. **การให้ปุ๋ยทางใบ.** พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 164 หน้า.

วิทยา ธนานุสนธิ์. 2539. ประสิทธิภาพของ EM และเชื้อไรโซเบียมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 165-170.

วราภรณ์ คำบุญเรือง, วลัยพร แสนวงษ์, สมศักดิ์ ศิริพานิชเจริญ และพิสิฐ พรมนารถ. 2539. ประสิทธิภาพของ EM ในการเพิ่มผลผลิตข้าว. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 135-142.

โศภิษฐ์ เวทยสุภรณ์ และปริยาภรณ์ อิศรานุวัฒน์. 2548. จุลินทรีย์ EM (Effective Microorganisms) เพื่อการเกษตรธรรมชาติ. **ว. แก่นเกษตร** 33(3): 175-183.

สาวิตรี ลิ่มทอง, พัชรี ฐิตะสัจจา และพูนพิไล สุวรรณฤทธิ์. 2539. การศึกษาเชื้อยีสต์ในอีเอ็ม. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 58-66.

สถาบันส่งเสริมเกษตรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. **คู่มือการประยุกต์ใช้ EM**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ก. พล (1996). 32 หน้า.

สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์. 2547. รายงานประสบการณ์ การใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในวิถีการผลิตของชุมชนบางขุนไทร: กรณีทำนาโดยการใช้ปุ๋ยโบกาฉิ.สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยศิลปากร. เพชรบุรี.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. **สรีรวิทยาของพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์. 252 หน้า.

สุมาลี สุวรรณบุตร, สุธน สุวรรณบุตร, ชำนาญ ทองกลัด และนภดล นภาพรอมรจิตติ. 2539. ทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพ EM ต่อการให้ผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศ. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 171-178.

สุรัตน์วดี จิวะจินดา, ศรีพรรณ มุขสมบัติ, ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล, และสมพิศ ไม้เรียง. 2539. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและชีวเคมีของอีเอ็ม ตอนที่ 1: การศึกษาองค์ประกอบที่มีฤทธิ์ในทางป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ธาตุอาหารและองค์ประกอบชนิดอื่นๆ. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 30(5): 9-16.

อาณัติ ตันโช. 2548. น้ำหมักจุลินทรีย์. **ว. เกษตรธรรมชาติ**. 3: 19.

ออมทรัพย์ นพอมรบดี, สมพร อิศรานุรักษ์, สุนันทา ชมพูนิช, ภาวนา ลิกขนานนท์, นิตยา กันหลง, รังสี เจริญสถาพร และรัตนาภรณ์ พรหมศรัทธา. 2547. ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์น้ำสกัดชีวภาพ (ตอนที่ 1). เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2547. กองทุนสนับสนุนงานวิจัยด้านเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2550**. ปี๋ยเคมีปี'50 : เงินบาทแข็งค่า ราคานำเข้าลดลง (มองเศรษฐกิจ ฉบับที่ 2016 วันที่ 20 กรกฎาคม 2550)**.
http://www.kasikornresearch.com/portal/site/KResearch/menuitem.458591694986660a9e4e1262658f3fa0/?id=9552&cid=5. (สืบค้นเมื่อ 28 มิถุนายน 2551).

ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร.2549**. น้ำสกัดชีวภาพ**.
http://www.nrru.ac.th/knowledge/agr013.asp. (สืบค้นเมื่อ 21 ธันวาคม 2549).

Agrios, G. N. 2005. **Plant pathology**. 5th edition, USA.: Elsevier Academic Press. 922 pp.

Al-kaff, N. S., Govey, S. N., Kreike, M. M. and Page, A. M. 1998. Transcriptional and posttranscriptional plant gene silencing in response to a pathogen. **Science**. 279: 2113-2115.

Alvarez, M. E., Pennell, R. I., Meijer, P. J., Ishikawa, A., Dixon, R. A. and Lamp, C. 1998. Reaction oxygen intermediates mediate a systemic signal network in the establishment of plant immunity. **Cell** 92: 773-784.

Chamnogpol, S., Willekens, H., Moeder, W., Langebartels, C., Sandermann, H. and Iaze, D. 1998. Defense activation and enhanced pathogen tolerance induced by H_2O_2 in transgenic tobacco. **Proc. Natl. Acad. Sci**. U.S.A. 95: 5818-5823.

Cipollini D. F. 1998. The induction of soluble peroxidase activity in bean leaves by wind-induced mechanical perturbation. **American Journal of Botany**. 85(11): 1586-1591.

De Man, J. C, Rogosa, H., Sharpe, M. E. 1960. A medium for the cultivation of the lactobacilli. **J. Appl. Bacteriol**. 7: 130-145.

Fecht, M., Maier, P. and Horst, W. J. 2001. Peroxidase activity in the leaf apoplast is a sensitive marker for Mn toxicity and tolerance in *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Plant Nutrition Food Security and Sustainability of Agro-ecosystems**. 264-265.

Fofana, B., Benhamou, N., Macnally, D. J., Labbe, C., Seguin, A. and Belanger, R. R. 2005. Suppression of induced resistance in cucumber through disruption of the flavonoid pathway. **Biochemistry and Cell Biology**. 95(1): 114-123.

John, A. L. 1999. Plant immunization: from myth to SAR [J]. **Pestic Sci**. 55: 193-196.

Lavania, M., Chauhan, P. S., Chauhan, S. V. S., Singh, H. B. and Nautiyal, C. S. 2005. Induction of plant defense enzymes and phenolics by treatment with plant growth–promoting Rhizobacteria *Serratia marcescens* NBRI1213. **Current Microbiology**. 52: 363–368.

Loukili, A, Liman, L., Ayadi, A., Boyer, N. and Ouelhazi, L. 1999. Purification and characterization of a neutral peroxidase induced by rubbing tomato internodes. **Physiologia Plantarum**. 105: 24-31.

Marinescu, G., Badea, E., Babeanu, C. and Glodeanu, E. 1999. Peroxidase system activity in leaves of cucumber plants as marker of growth stimulant treatment. **Plant Peroxidase Newstetter**. 14: 79-85.

Martinez, C., Blanc, F., Claire, E., Besnard, O., Nicole, M. and Baccou, J. C. 2001. Salicylic acid and ethylene pathways are differentially activated in melon cotyledons by active or heat-denatured cellulase from *Trichoderma longibrachiatum*. **J. Plant Physiolo**. 127: 334–344.

Maleck, K. and Lawton, K. 1998. Plant strategies for resistance to pathogens. **Current Opinion in Biotecnology** 9: 208-213.

Natural Resources Conservation Service. 2001. **Rangeland Soil Quality-Infiltration,** Rangeland Sheet 5. USDA (The United States Department of Agriculture). 2 pp.

Oka, Y., Cohen, Y. and Spiegel, Y. 1999. Local and systemic induced resistance to the root-knot nematode in tomato by dl-amino-n-butyric acid. **Phytopathology** 89: 1138-1143.

Oostendor, M., Kunz, W., Dietrich, B. and Staub, T. 2001. Induced disease resistance in plant by chemical. **European Journal of Plant Pathology**. 107: 19-28.

Passardi, F., Cosio, C., Penel, C. and Dunand, C. 2005. Peroxidases have move functions than a Swiss army knife (review). **Plant Cell Rep**. 24: 255-265.

Sakharov, I. Y. and Sakharova, I. V. 2002. Extremely high stability of African oil plam tree peroxidase. **Biochimica et Biophysica Acta** 1598: 108-114.

Shivakumar, P. D., Getha, H. M. and Shetty, H. S. 2003. Peroxidase activity and isozyme analysis of pearl millet seedling and their implication in downy mildew disease resistance. **Plant Science** 164: 85-93.

Tachapattraworakul, T. 2006. Optimization of Trichoderma atroviride Culture and Tracability Using as Biocontrol Agent. Ph.D. Thesis. Montpellier II University.

U.S. Food and Drug Administration. 2001. **Bacteriological Analytical Manaul**. chapter 3. "Aerobic Plate Count". (online). Avaiable http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-3.html (15/10/2007)

U.S. Food and Drug Administration. 2001. **Bacteriological Analytical Manaul**. chapter 18. "Yeasts, Molds and Mycotoxins". (online). Avaiable http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-18.html (15/10/2007)

Valled, E. G. and Goodman, M. R. 2004. Review & Interpretation: Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in convention agriculture. **Crop Sci**. 44: 1920-1934.

Vasyukova, N. I. and Ozeretskovskaya, O. L. 2007. Induced plant resistance and salicylic acid : a review. **Applied Biochemistry and Microbiology**. 43(4): 367-373.

Vianello, A., Zancani, M., Nagy, G. and Macri, F. 1997. Guaiacol peroxidase associated to soybean root plasma membrane oxidizes ascorbate. **J. Plant Physiol**. 150: 573-577.

Welinder, K. G. 1992. Superfamily of plant, fungal and bacterial peroxidases. **Current Opinion in Structural Biology**. 2: 388-393.

Zhao, H., Wang, B., Zhao, H. and Wang, J. 2005. Stress stimulus induced resistance to *Cladosporium cucumerinum* in cucumber seeding. **Colloid and Surfaces B: Biointerface** 44: 36-40.

Zhao, H., Zhao, H., Wang, B. and Wang, J. 2005a. Effect of local stress induction on resistance-related enzymes in cucumber seeding. **Colloid and Surfaces B: Biointerface** 43: 37-42.

Zhao, H., Zhao, H., Wang, J., Wang, B. and Wang, Y. 2005b. Stress stimulation induced resistance of plant. **Colloid and Surfaces B: Biointerface** 43: 174-178.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและ
อัตราการเจริญเติบโตของลำต้นและรากของแตงกวา

ตารางภาคผนวก ก 1 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ

วันที่	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (ktal/gFM)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	7.10E-07	6.33E-07	8.30E-07	5.49E-07	6.81E-07 ± 1.20E-07
2	2.01E-06	5.29E-07	7.49E-07	8.37E-07	7.05E-07 ± 1.59E-07
3	2.07E-06	6.23E-07	8.88E-07	7.34E-07	7.48E-07 ± 1.33E-07
4	2.05E-06	7.87E-07	9.59E-07	8.01E-07	8.49E-07 ± 9.57E-08
5	8.72E-07	9.92E-07	7.73E-07	8.59E-07	8.74E-07 ± 8.99E-08
6	7.89E-07	8.21E-07	9.68E-07	9.78E-07	8.89E-07 ± 9.80E-08
7	8.59E-07	7.99E-07	8.96E-07	9.39E-07	8.73E-07 ± 5.96E-08
8	8.70E-07	9.37E-07	9.50E-07	8.28E-07	8.96E-07 ± 5.71E-08
9	8.86E-07	8.63E-07	9.28E-07	9.33E-07	9.02E-07 ± 3.37E-08
10	8.62E-07	8.96E-07	8.91E-07	9.67E-07	9.04E-07 ± 4.46E-08
11	9.10E-07	8.93E-07	9.52E-07	9.37E-07	9.23E-07 ± 2.65E-08
12	9.50E-07	9.95E-07	8.74E-07	9.07E-07	9.32E-07 ± 5.26E-08
13	1.19E-06	1.13E-06	1.46E-06	1.35E-06	1.28E-06 ± 1.50E-07
14	1.57E-06	1.26E-06	7.74E-07	1.15E-06	1.33E-06 ± 2.19E-07
15	1.25E-06	1.13E-06	1.52E-06	1.37E-06	1.32E-06 ± 1.68E-07
16	8.26E-07	1.27E-06	1.51E-06	1.09E-06	1.29E-06 ± 2.08E-07
17	1.46E-06	1.83E-06	2.13E-06	9.81E-07	1.81E-06 ± 3.39E-07
18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
19	2.24E-06	2.60E-06	2.07E-06	251E-06	2.35E-06 ± 2.42E-07
20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
21	2.55E-06	2.16E-06	2.74E-06	3.55E-06	2.48E-06 ± 2.96E-07
22	2.45E-06	2.95E-06	2.76E-06	2.35E-06	2.63E-06 ± 2.79E-07
23	2.16E-06	2.27E-06	2.88E-06	2.85E-07	2.44E-06 ± 3.90E-07
24	6.22E-07	2.65E-06	2.11E-06	2.41E-06	2.39E-06 ±2.72E-07
25	2.34E-06	2.00E-06	1.88E-06	2.37E-06	2.15E-06 ±2.43E-07
26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
27	2.34E-06	1.57E-06	1.60E-06	0.00E+00	1.83E-06 ± 4.35E-07
28	1.57E-06	1.75E-06	1.20E-06	N/A	1.50E-06 ± 2.82E-07
29	1.28E-06	1.26E-06	1.37E-06	1.68E-06	1.40E-06 ±1.95E-07
30	9.52E-07	7.93E-07	8.84E-07	5.86E-07	8.04E-07 ±1.59E-07

หมายเหตุ N/A – not applicable

ตารางภาคผนวก ก 2 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดควบคุมที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา

วันที่	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (ktal/gFM)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	4.01E-07	4.79E-07	5.39E-07	4.83E-07	4.75E-07 ± 5.68E-08
2	4.65E-07	5.53E-07	4.41E-07	4.49E-07	4.77E-07 ± 5.15E-08
3	5.16E-07	4.82E-07	4.81E-07	4.80E-07	4.90E-07 ± 1.76E-08
4	5.48E-07	5.62E-07	5.19E-07	6.06E-07	5.59E-07 ± 3.63E-08
5	5.25E-07	5.44E-07	6.05E-07	5.70E-07	5.61E-07 ± 3.47E-08
6	5.76E-07	7.13E-07	4.93E-07	4.91E-07	5.68E-07 ± 1.05E-07
7	5.81E-07	6.19E-07	6.03E-07	5.42E-07	5.86E-07 ± 3.31E-08
8	6.27E-07	5.26E-07	6.60E-07	6.24E-07	6.09E-07 ± 5.81E-08
9	7.53E-07	2.74E-06	7.43E-07	5.67E-07	6.88E-07 ± 1.05E-07
10	3.27E-07	5.96E-07	6.60E-07	7.24E-07	6.60E-07 ± 6.41E-08
11	1.12E-06	6.94E-07	5.97E-07	7.12E-07	6.68E-07 ± 6.18E-08
12	6.75E-07	2.74E-06	7.43E-07	7.67E-07	7.29E-07 ± 4.80E-08
13	7.11E-07	7.03E-07	1.22E-06	6.88E-07	7.01E-07 ± 1.16E-08
14	6.85E-07	7.93E-07	7.90E-07	1.30E-06	7.56E-07 ± 6.12E-08
15	1.03E-06	7.19E-07	7.68E-07	6.97E-07	7.28E-07 ± 3.65E-08
16	1.35E-06	8.61E-07	7.99E-07	7.03E-07	7.88E-07 ± 7.97E-08
17	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
18	9.11E-07	1.47E-06	7.13E-07	8.19E-07	8.14E-07 ± 9.93E-08
19	1.75E-06	8.18E-07	8.36E-07	1.02E-06	8.27E-07 ± 1.32E-08
20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
21	8.69E-07	8.21E-07	0.00E+00	0.00E+00	8.45E-07 ± 3.43E-08
22	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00 ± 0.00E+00
23	7.64E-07	9.95E-07	8.39E-07	2.02E-06	8.66E-07 ± 1.18E-07
24	1.76E-06	1.82E-06	9.26E-07	9.22E-07	9.24E-07 ± 3.38E-09
25	9.61E-07	9.22E-07	8.96E-07	0.00E+00	9.26E-07 ± 3.25E-08
26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
27	2.02E-07	8.59E-07	9.49E-07	9.16E-07	9.08E-07 ± 4.54E-08
28	1.97E-06	3.76E-06	9.18E-07	8.83E-07	9.00E-07 ± 2.52E-08
29	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
30	7.31E-07	1.12E-06	8.68E-07	7.97E-07	7.98E-07 ± 6.87E-08

หมายเหตุ N/A – not applicable

ตารางภาคผนวก ก 3 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบแตงกวา

วันที่	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (ktal/gFM)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	6.39E-07	7.79E-07	6.34E-07	6.93E-07	6.86E-07 ± 6.73E-08
2	6.63E-07	7.01E-07	9.33E-07	5.89E-07	7.22E-07 ± 1.49E-07
3	9.95E-07	7.09E-07	6.70E-07	6.32E-07	7.51E-07 ± 1.65E-07
4	9.10E-07	6.27E-07	9.45E-07	6.71E-07	7.88E-07 ± 1.62E-07
5	1.15E-06	1.06E-06	1.01E-06	1.05E-06	1.06E-06 ± 5.98E-08
6	1.13E-06	1.10E-06	1.10E-06	1.11E-06	1.11E-06 ± 1.18E-08
7	1.16E-06	1.06E-06	1.18E-06	1.06E-06	1.12E-06 ± 6.24E-08
8	1.10E-06	1.01E-06	1.23E-06	1.02E-06	1.09E-06 ± 1.05E-07
9	1.37E-06	1.12E-06	1.24E-06	1.01E-06	1.18E-06 ± 1.55E-07
10	1.41E-06	1.19E-06	1.06E-06	1.07E-06	1.18E-06 ± 1.62E-07
11	1.11E-06	1.05E-06	1.51E-06	1.46E-06	1.28E-06 ± 2.36E-07
12	1.45E-06	1.04E-06	1.55E-06	1.21E-06	1.31E-06 ± 2.28E-07
13	1.59E-06	1.56E-06	1.15E-06	1.26E-06	1.39E-06 ± 2.21E-07
14	1.18E-06	1.42E-06	1.32E-06	1.71E-06	1.41E-06 ± 2.25E-07
15	1.35E-06	1.76E-06	1.38E-06	1.05E-06	1.50E-06 ± 2.92E-07
16	1.67E-06	1.24E-06	N/A	N/A	1.46E-06 ± 3.09E-07
17	1.31E-06	1.64E-06	N/A	N/A	1.47E-06 ± 2.36E-07
18	1.32E-06	1.57E-06	1.28E-06	1.72E-06	1.48E-06 ± 2.09E-07
19	1.32E-06	1.57E-06	1.49E-06	1.79E-06	1.54E-06 ± 1.93E-07
20	1.78E-06	1.35E-06	1.60E-06	1.61E-06	1.59E-06 ± 1.76E-07
21	1.81E-06	1.25E-06	1.75E-06	1.80E-06	1.65E-06 ± 2.73E-07
22	1.77E-06	1.66E-06	1.94E-06	1.38E-06	1.69E-06 ± 2.35E-07
23	1.78E-06	1.69E-06	1.91E-06	3.26E-06	1.79E-06 ± 1.13E-07
24	1.67E-06	1.24E-06	N/A	N/A	1.46E-06 ± 3.09E-07
25	1.63E-06	1.29E-06	1.33E-06	1.33E-06	1.40E-06 ± 1.60E-07
26	1.38E-06	1.32E-06	1.52E-06	1.21E-06	1.36E-06 ± 1.30E-07
27	1.21E-06	1.19E-06	1.27E-06	1.38E-06	1.26E-06 ± 8.64E-08
28	1.10E-06	7.81E-07	1.23E-06	1.02E-06	1.12E-06 ± 1.10E-07
29	9.13E-07	6.24E-07	9.53E-07	7.78E-07	8.17E-07 ± 1.49E-07
30	9.88E-07	8.21E-07	6.79E-07	6.54E-07	7.85E-07 ± 1.54E-07

หมายเหตุ N/A – not applicable

ตารางภาคผนวก ก 4 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการแช่เมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม

วันที่	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (ktal/gFM)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	1.93E-07	3.25E-07	2.27E-07	2.74E-07	2.64E-07 ± 5.76E-08
2	3.16E-07	2.97E-07	4.49E-07	2.98E-07	3.04E-07 ± 7.32E-08
3	3.03E-07	3.06E-07	3.55E-07	3.69E-07	3.33E-07 ± 3.35E-08
4	4.38E-07	3.55E-07	3.24E-07	3.86E-07	3.76E-07 ± 4.85E-08
5	3.78E-07	4.23E-07	4.43E-07	3.10E-07	3.89E-07 ± 5.91E-08
6	4.32E-07	3.97E-07	4.49E-07	3.91E-07	4.17E-07 ± 2.81E-08
7	5.99E-07	3.84E-07	5.80E-07	4.03E-07	4.91E-07 ± 1.14E-07
8	5.41E-07	4.79E-07	5.40E-07	6.97E-07	5.64E-07 ± 9.31E-08
9	5.49E-07	5.93E-07	5.83E-07	6.33E-07	5.89E-07 ± 3.45E-08
10	5.41E-07	4.79E-07	5.40E-07	6.97E-07	5.64E-07 ± 9.31E-08
11	6.34E-07	5.26E-07	6.92E-07	8.20E-07	6.68E-07 ± 1.22E-07
12	7.56E-07	6.21E-07	1.05E-06	6.81E-07	6.86E-07 ± 6.76E-08
13	7.73E-07	5.23E-07	7.92E-07	6.49E-07	6.84E-07 ± 1.25E-07
14	7.81E-07	7.56E-07	8.59E-07	6.73E-07	7.67E-07 ± 7.65E-08
15	7.03E-07	7.76E-07	7.97E-07	7.28E-07	7.51E-07 ± 4.32E-08
16	6.10E-07	7.67E-07	7.75E-07	8.83E-07	7.59E-07 ± 1.12E-07
17	8.76E-07	8.74E-07	7.60E-07	1.18E-06	8.37E-07 ± 6.62E-08
18	9.01E-07	9.42E-07	1.71E-06	8.90E-07	9.11E-07 ± 2.72E-08
19	9.11E-07	8.73E-07	9.31E-07	9.45E-07	9.15E-07 ± 3.14E-08
20	9.07E-07	9.58E-07	9.50E-07	N/A	9.38E-07 ± 2.75E-08
21	1.03E-06	8.02E-07	1.15E-06	1.05E-06	1.08E-06 ± 6.49E-08
22	1.35E-06	1.10E-06	6.52E-07	1.14E-06	1.20E-06 ± 1.32E-07
23	1.06E-06	9.79E-07	1.26E-06	1.16E-06	1.16E-06 ± 1.02E-07
24	1.35E-06	1.02E-06	1.23E-06	1.16E-06	1.19E-06 ± 1.37E-07
25	1.05E-06	1.10E-06	6.52E-07	1.44E-06	1.20E-06 ± 4.11E-08
26	1.17E-06	1.26E-06	1.22E-06	N/A	1.22E-06 ± 4.39E-08
27	1.24E-06	1.35E-06	1.17E-06	1.24E-06	1.25E-06 ± 7.32E-08
28	9.21E-07	9.82E-07	1.91E-06	8.77E-07	9.27E-07 ± 5.26E-08
29	1.09E-06	8.11E-07	9.45E-07	9.39E-07	8.99E-07 ± 7.57E-08
30	8.46E-07	9.69E-07	7.73E-07	1.23E-06	8.63E-07 ± 9.90E-08

หมายเหตุ N/A – not applicable

ตารางภาคผนวก ก 5 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวา

วันที่	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (ktal/gFM)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	6.07E-07	2.78E-07	3.31E-07	1.22E-07	3.34E-07 ± 2.02E-07
2	4.74E-07	4.36E-07	4.40E-07	4.32E-07	4.46E-07 ± 1.93E-08
3	3.43E-07	6.39E-07	7.07E-07	3.41E-07	5.08E-07 ± 1.93E-07
4	4.05E-07	4.34E-07	5.55E-07	6.44E-07	5.09E-07 ± 1.11E-07
5	7.50E-07	4.87E-07	6.40E-07	5.74E-07	6.13E-07 ± 1.11E-07
6	5.83E-07	9.70E-07	8.16E-07	3.50E-07	6.80E-07 ± 2.72E-07
7	8.02E-07	5.94E-07	5.59E-07	8.00E-07	6.89E-07 ± 1.30E-07
8	8.39E-07	9.14E-07	9.74E-07	5.97E-07	8.31E-07 ± 1.65E-07
9	9.19E-07	9.08E-07	9.14E-07	8.12E-07	8.88E-07 ± 5.08E-08
10	8.82E-07	9.53E-07	8.83E-07	8.67E-07	8.96E-07 ± 3.86E-08
11	9.22E-07	9.14E-07	9.59E-07	8.37E-07	9.08E-07 ± 5.11E-08
12	8.13E-07	9.59E-07	9.85E-07	9.16E-07	9.18E-07 ± 7.55E-08
13	1.22E-06	1.21E-06	1.33E-06	1.33E-06	1.27E-06 ± 6.85E-08
14	1.26E-06	1.55E-06	1.22E-06	8.20E-07	1.34E-06 ± 1.80E-07
15	1.23E-06	4.87E-07	1.16E-06	1.38E-06	1.26E-06 ± 1.10E-07
16	1.57E-06	9.03E-07	1.03E-06	1.51E-06	1.37E-06 ± 2.94E-07
17	1.72E-06	1.81E-06	1.14E-06	1.10E-06	1.44E-06 ± 3.72E-07
18	1.44E-06	1.64E-06	1.48E-06	1.72E-06	1.57E-06 ± 1.34E-07
19	8.89E-07	1.33E-06	1.02E-06	1.27E-06	1.20E-06 ± 1.66E-07
20	1.23E-06	1.19E-06	1.57E-06	1.80E-06	1.45E-06 ± 2.88E-07
21	1.71E-06	1.99E-06	2.01E-06	1.24E-06	1.74E-06 ± 3.60E-07
22	1.75E-06	1.58E-06	2.26E-06	2.26E-06	1.96E-06 ± 3.49E-07
23	2.67E-06	1.83E-06	1.89E-06	N/A	2.13E-06 ± 4.71E-07
24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
25	2.46E-06	2.35E-06	2.77E-06	2.86E-06	2.61E-06 ± 2.42E-07
26	2.76E-06	2.10E-06	2.32E-06	2.71E-06	2.47E-06 ± 3.16E-07
27	2.34E-06	1.89E-06	2.06E-06	0.00E+00	2.10E-06 ± 2.29E-07
28	4.98E-07	1.82E-06	1.70E-06	2.08E-06	1.40E-06 ± 1.93E-07
29	1.07E-06	1.32E-06	1.35E-06	1.36E-06	1.27E-06 ± 1.38E-07
30	1.19E-06	1.20E-06	1.40E-06	1.11E-06	1.22E-06 ± 1.24E-07

หมายเหตุ N/A – not applicable

ตารางภาคผนวก ก 6 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแตงกวาของชุดควบคุม

วันที่	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (ktal/gFM)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	4.50E-07	4.46E-07	4.72E-07	4.57E-07	4.56E-07 ± 1.16E-08
2	5.12E-07	4.91E-07	5.11E-07	4.99E-07	5.03E-07 ± 1.01E-08
3	4.59E-07	5.82E-07	5.01E-07	5.23E-07	5.16E-07 ± 5.14E-08
4	4.91E-07	5.35E-07	5.02E-07	5.41E-07	5.17E-07 ± 2.41E-08
5	5.95E-07	5.94E-07	6.11E-07	6.03E-07	6.01E-07 ± 8.14E-09
6	5.93E-07	6.32E-07	6.49E-07	6.85E-07	6.67E-07 ± 3.81E-08
7	7.45E-07	7.30E-07	6.13E-07	5.45E-07	6.37E-07 ± 9.60E-08
8	6.59E-07	5.94E-07	6.51E-07	6.27E-07	6.33E-07 ± 2.91E-08
9	7.00E-07	6.05E-07	5.91E-07	6.60E-07	6.39E-07 ± 5.02E-08
10	5.98E-07	5.83E-07	6.18E-07	6.55E-07	6.13E-07 ± 3.12E-08
11	6.42E-07	5.78E-07	6.65E-07	6.12E-07	6.24E-07 ± 3.79E-08
12	6.41E-07	6.35E-07	5.92E-07	6.61E-07	6.38E-07 ± 2.89E-08
13	1.37E-06	5.76E-07	4.74E-07	4.86E-07	5.12E-07 ± 5.59E-08
14	5.86E-07	5.71E-07	5.32E-07	5.42E-07	5.58E-07 ± 2.53E-08
15	6.21E-07	1.43E-06	6.04E-07	6.63E-07	6.29E-07 ± 3.06E-08
16	1.53E-06	6.13E-07	7.99E-07	5.53E-07	6.55E-07 ± 1.29E-07
17	7.34E-07	6.83E-07	6.68E-07	5.61E-07	6.62E-07 ± 7.31E-08
18	1.36E-06	8.88E-07	7.75E-07	6.31E-07	7.65E-07 ± 1.29E-07
19	1.01E-06	8.43E-07	9.05E-07	8.11E-07	8.53E-07 ± 4.75E-08
20	1.57E-06	8.55E-07	8.37E-07	8.38E-07	8.43E-07 ± 1.03E-08
21	7.44E-07	7.44E-07	7.54E-07	1.31E-06	7.47E-07 ± 5.76E-09
22	8.23E-07	8.66E-07	1.28E-06	8.20E-07	8.36E-07 ± 2.61E-08
23	6.98E-07	6.26E-07	1.44E-06	7.76E-07	7.00E-07 ± 7.51E-08
24	8.16E-07	8.10E-07	8.08E-07	1.38E-06	8.11E-07 ± 4.04E-09
25	8.88E-07	8.56E-07	N/A	N/A	8.72E-07 ± 2.27E-08
26	9.37E-07	8.46E-07	7.74E-07	9.11E-07	8.67E-07 ± 6.49E-08
27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
28	9.03E-07	1.18E-06	8.61E-07	8.89E-07	8.84E-07 ± 2.13E-08
29	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
30	8.81E-07	9.05E-07	N/A	N/A	8.93E-07 ± 1.67E-08

หมายเหตุ N/A – not applicable

ตารางภาคผนวก ก 7 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50%

วันที่	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (ktal/gFM)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	9.50E-07	5.08E-07	5.80E-07	6.55E-07	6.73E-07 ± 1.94E-07
2	7.03E-07	8.24E-07	4.74E-07	7.24E-07	6.81E-07 ± 1.48E-07
3	1.03E-06	8.54E-07	6.20E-07	5.76E-07	6.83E-07 ± 1.50E-07
4	7.15E-07	5.52E-07	8.32E-07	8.67E-07	7.41E-07 ± 1.42E-07
5	1.06E-06	1.11E-06	8.28E-07	6.68E-07	9.17E-07 ± 2.07E-07
6	9.45E-07	8.46E-07	9.50E-07	9.31E-07	9.18E-07 ± 4.86E-08
7	9.19E-07	9.36E-07	8.74E-07	9.86E-07	9.29E-07 ± 4.64E-08
8	1.00E-06	1.03E-06	1.09E-06	1.16E-06	1.07E-06 ± 7.05E-08
9	1.29E-06	1.15E-06	1.07E-06	1.18E-06	1.17E-06 ± 8.92E-08
10	9.78E-07	1.36E-06	1.07E-06	9.79E-07	1.10E-06 ± 1.83E-07
11	1.20E-06	1.24E-06	9.85E-07	1.01E-06	1.11E-06 ± 1.27E-07
12	1.20E-06	1.19E-06	1.25E-06	1.05E-06	1.17E-06 ± 8.86E-08
13	7.52E-07	1.01E-06	1.24E-06	1.11E-06	1.12E-06 ± 1.12E-07
14	1.11E-06	1.28E-06	5.71E-07	1.39E-06	1.26E-06 ± 1.39E-07
15	1.04E-06	1.36E-06	1.28E-06	1.38E-06	1.26E-06 ± 1.56E-07
16	1.44E-06	1.42E-06	9.30E-07	1.09E-06	1.32E-06 ± 1.45E-08
17	1.44E-06	1.36E-06	1.33E-06	1.23E-06	1.34E-06 ± 8.57E-08
18	1.06E-06	1.27E-06	1.21E-06	1.74E-06	1.32E-06 ± 2.92E-07
19	1.21E-06	1.43E-06	1.20E-06	1.47E-06	1.33E-06 ± 1.42E-07
20	1.04E-06	1.81E-06	1.65E-06	1.38E-06	1.47E-06 ± 3.34E-07
21	1.41E-06	1.52E-06	1.23E-06	1.83E-06	1.50E-06 ± 2.50E-07
22	1.21E-06	1.93E-06	9.11E-07	1.61E-06	1.58E-06 ± 3.65E-07
23	1.83E-06	1.51E-06	1.64E-06	1.46E-06	1.61E-06 ± 1.66E-07
24	1.90E-06	1.74E-06	1.87E-06	1.57E-06	1.77E-06 ± 1.51E-07
25	2.19E-06	2.04E-06	0.00E+00	0.00E+00	2.11E-06 ± 1.11E-07
26	2.26E-06	2.19E-06	2.31E-06	N/A	2.25E-06 ± 5.83E-08
27	1.62E-06	2.19E-06	2.03E-06	1.83E-06	1.92E-06 ± 2.49E-07
28	1.38E-06	1.40E-06	1.27E-06	1.29E-06	1.33E-06 ± 6.44E-08
29	1.26E-06	1.33E-06	1.22E-06	1.11E-06	1.23E-06 ± 9.21E-08
30	1.19E-06	1.33E-06	1.15E-06	1.01E-06	1.17E-06 ± 1.28E-07

หมายเหตุ N/A – not applicable

ตารางภาคผนวก ก 8 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 75%

วันที่	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (ktal/gFM)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	7.37E-07	5.29E-07	4.11E-07	5.13E-07	5.47E-07 ± 1.37E-07
2	7.42E-07	7.37E-07	7.53E-07	8.19E-07	7.63E-07 ± 1.12E-08
3	6.66E-07	9.15E-07	8.54E-07	8.08E-07	8.11E-07 ± 1.06E-07
4	9.37E-07	9.05E-07	6.79E-07	8.19E-07	8.35E-07 ± 1.15E-07
5	8.09E-07	9.03E-07	8.94E-07	7.48E-07	8.39E-07 ± 7.34E-08
6	9.00E-07	9.41E-07	9.11E-07	8.75E-07	9.07E-07 ± 2.73E-08
7	9.14E-07	9.60E-07	8.80E-07	9.56E-07	9.28E-07 ± 3.79E-08
8	9.38E-07	8.95E-07	8.97E-07	9.89E-07	9.30E-07 ± 4.40E-08
9	9.03E-07	9.30E-07	9.59E-07	9.42E-07	9.33E-07 ± 2.35E-08
10	1.11E-06	1.11E-06	1.14E-06	1.03E-06	1.10E-06 ± 4.64E-08
11	1.10E-06	1.15E-06	1.08E-06	1.27E-06	1.15E-06 ± 8.90E-08
12	1.04E-06	1.05E-06	1.14E-06	1.49E-06	1.18E-06 ± 2.13E-07
13	1.58E-06	1.19E-06	1.12E-06	1.18E-06	1.27E-06 ± 2.11E-07
14	1.42E-06	1.43E-06	1.51E-06	1.13E-06	1.37E-06 ± 1.66E-07
15	1.67E-06	1.29E-06	1.32E-06	1.52E-06	1.45E-06 ± 1.76E-07
16	1.45E-06	1.76E-06	1.34E-06	1.29E-06	1.46E-06 ± 2.11E-07
17	1.54E-06	1.24E-06	1.62E-06	1.79E-06	1.55E-06 ± 2.29E-07
18	1.43E-06	1.43E-06	1.73E-06	1.63E-06	1.55E-06 ± 1.46E-07
19	1.91E-06	1.35E-06	1.57E-06	1.54E-06	1.59E-06 ± 2.33E-07
20	1.72E-06	1.72E-06	1.27E-06	N/A	1.57E-06 ± 2.58E-07
21	1.97E-06	1.26E-06	1.63E-06	1.85E-06	1.68E-06 ± 3.12E-07
22	1.90E-06	1.76E-06	1.65E-06	N/A	1.77E-06 ± 1.28E-07
23	1.92E-06	N/A	1.57E-06	1.87E-06	1.79E-06 ± 1.87E-07
24	1.84E-06	2.16E-06	1.71E-06	1.82E-06	1.88E-06 ± 1.94E-07
25	1.95E-06	1.79E-06	2.32E-06	1.84E-06	1.98E-06 ± 2.39E-07
26	2.14E-06	1.95E-06	7.53E-07	1.92E-06	2.00E-06 ± 1.17E-07
27	1.85E-06	1.89E-06	1.78E-06	1.94E-06	1.87E-06 ± 6.74E-08
28	1.84E-06	1.81E-06	1.80E-06	1.79E-06	1.81E-06 ± 1.98E-08
29	1.79E-06	N/A	1.77E-06	1.82E-06	1.79E-06 ± 2.36E-08
30	1.72E-06	1.76E-06	1.71E-06	N/A	1.73E-06 ± 2.24E-08

หมายเหตุ N/A – not applicable

ตารางภาคผนวก ก 9 ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดควบคุมที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 75% และ 50%

วันที่	ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (ktal/gFM)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	8.06E-07	8.11E-07	8.26E-07	8.89E-07	8.33E-07 ± 3.79E-08
2	8.04E-07	8.41E-07	8.23E-07	8.75E-07	8.36E-07 ± 3.03E-08
3	8.53E-07	8.83E-07	8.01E-07	8.63E-07	8.50E-07 ± 3.49E-08
4	8.43E-07	8.66E-07	8.45E-07	8.50E-07	8.51E-07 ± 1.02E-08
5	8.11E-07	7.38E-07	9.61E-07	9.24E-07	8.58E-07 ± 1.02E-07
6	7.48E-07	8.99E-07	9.43E-07	8.73E-07	8.66E-07 ± 8.38E-08
7	8.89E-07	8.71E-07	8.68E-07	8.97E-07	8.81E-07 ± 1.42E-08
8	8.73E-07	9.20E-07	9.10E-07	8.62E-07	8.91E-07 ± 2.80E-08
9	8.89E-07	8.71E-07	8.98E-07	8.97E-07	8.89E-07 ± 1.27E-08
10	8.73E-07	9.20E-07	9.10E-07	8.62E-07	8.91E-07 ± 2.80E-08
11	9.51E-07	9.35E-07	8.58E-07	9.35E-07	9.20E-07 ± 4.15E-08
12	8.70E-07	8.68E-07	9.17E-07	9.46E-07	9.00E-07 ± 3.77E-08
13	9.27E-07	9.39E-07	9.00E-07	9.08E-07	9.19E-07 ± 1.77E-08
14	9.10E-07	9.32E-07	8.91E-07	9.59E-07	9.23E-07 ± 2.95E-08
15	9.22E-07	9.46E-07	9.06E-07	9.14E-07	9.22E-07 ± 1.72E-08
16	8.78E-07	9.50E-07	8.86E-07	9.39E-07	9.13E-07 ± 3.64E-08
17	8.79E-07	8.73E-07	8.46E-07	8.77E-07	8.69E-07 ± 1.52E-08
18	8.97E-07	9.16E-07	9.10E-07	9.34E-07	9.14E-07 ± 1.56E-08
19	9.46E-07	9.26E-07	8.66E-07	9.14E-07	9.13E-07 ± 3.41E-08
20	8.69E-07	8.53E-07	9.34E-07	8.64E-07	8.80E-07 ± 3.69E-08
21	9.02E-07	9.20E-07	9.25E-07	9.68E-07	9.29E-07 ± 2.79E-08
22	9.28E-07	8.76E-07	9.18E-07	N/A	9.07E-07 ± 2.75E-08
23	9.12E-07	9.08E-07	9.16E-07	8.70E-07	9.01E-07 ± 2.13E-08
24	9.62E-07	9.05E-07	9.38E-07	9.25E-07	9.33E-07 ± 2.38E-08
25	9.12E-07	9.07E-07	9.47E-07	8.89E-07	9.14E-07 ± 2.43E-08
26	9.10E-07	9.13E-07	9.04E-07	9.12E-07	9.09E-07 ± 4.07E-09
27	8.79E-07	8.84E-07	8.82E-07	8.91E-07	8.84E-07 ± 4.85E-09
28	8.81E-07	8.80E-07	8.83E-07	8.85E-07	8.82E-07 ± 2.05E-09
29	8.78E-07	8.74E-07	8.75E-07	8.77E-07	8.76E-07 ± 1.81E-09
30	8.67E-07	8.68E-07	8.65E-07	8.66E-07	8.66E-07 ± 1.29E-09

หมายเหตุ N/A – not applicable

ตารางภาคผนวก ก 10 ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา

วันที่	ความสูงลำต้น (ซม.)					ความยาวราก (ซม.)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	6.50	7.40	7.60	7.10	7.15 ± 0.48	8.20	9.20	10.50	9.30	9.30 ± 0.94
2	7.50	6.80	7.70	6.80	7.20 ± 0.47	8.50	9.80	9.40	10.50	9.55 ± 0.83
3	9.10	8.30	7.60	8.50	8.38 ± 0.62	10.30	11.50	10.20	9.50	10.38 ± 0.83
4	9.00	9.10	8.50	7.50	8.53 ± 0.73	13.30	15.50	14.00	14.70	14.38 ± 0.94
5	9.40	9.50	9.50	11.00	9.85 ± 0.77	13.50	15.00	14.20	15.70	14.60 ± 0.96
6	11.00	9.70	10.60	10.50	10.45 ± 0.54	15.70	16.20	14.00	14.70	15.15 ± 0.99
7	12.20	9.40	10.90	11.00	10.88 ± 1.15	16.30	17.30	15.70	16.00	16.33 ± 0.69
8	13.10	11.50	9.50	11.30	11.35 ± 1.47	15.80	17.50	15.50	17.50	16.58 ± 1.08
9	13.00	11.50	9.50	11.30	11.33 ± 1.43	15.80	17.80	16.90	17.80	17.08 ± 0.95
10	11.80	12.50	12.40	10.86	11.89 ± 0.75	19.00	17.50	18.90	17.80	18.30 ± 0.76
11	12.00	11.00	13.30	12.50	12.20 ± 0.96	25.50	30.00	27.60	28.50	27.90 ± 1.88
12	10.40	13.10	13.40	12.80	12.43 ± 1.37	27.50	28.30	27.80	30.50	28.53 ± 1.36
13	12.90	14.10	11.60	11.90	12.63 ± 1.13	28.50	30.00	29.50	28.80	29.20 ± 0.68
14	10.60	10.20	17.00	14.60	13.10 ± 3.27	29.50	31.60	30.40	29.70	30.30 ± 0.95
15	12.50	11.90	16.50	13.50	13.60 ± 2.04	31.50	29.50	31.70	31.50	31.05 ± 1.04
16	14.80	14.50	15.20	13.90	14.60 ± 0.55	30.60	32.30	30.90	31.00	31.20 ± 0.75
17	13.60	17.40	16.40	12.90	15.08 ± 2.17	33.50	37.80	34.50	34.60	35.10 ± 1.87
18	15.70	13.80	14.51	17.80	15.45 ± 1.75	35.30	37.20	33.50	36.60	35.65 ± 1.64
19	17.00	17.50	16.70	15.20	16.60 ± 0.99	36.50	37.80	41.00	39.50	38.70 ± 1.96
20	15.50	19.50	15.70	17.30	17.00 ± 1.85	40.00	39.50	41.30	42.70	40.88 ± 1.43
21	19.50	20.70	15.70	19.30	18.80 ± 2.16	42.60	45.50	45.70	43.60	44.35 ± 1.50
22	19.80	24.30	23.30	27.30	23.68 ± 3.09	42.50	46.00	46.30	49.70	46.13 ± 2.94
23	34.30	35.30	29.40	40.60	34.90 ± 4.59	49.50	51.30	50.70	57.50	52.25 ± 3.58
24	57.80	58.50	46.40	46.50	52.30 ± 6.76	73.20	77.40	81.00	80.70	78.08 ± 3.64
25	62.50	58.60	60.50	64.90	61.63 ± 2.70	83.20	81.00	80.73	81.00	81.48 ± 1.15
26	70.00	57.60	75.40	N/A	67.67 ± 9.13	84.30	87.50	81.80	N/A	84.53 ± 2.86
27	62.70	74.50	51.00	80.50	67.18 ± 13.08	87.60	83.20	91.50	90.30	88.15 ± 3.68
28	65.00	75.00	69.60	72.50	70.53 ± 4.29	84.30	87.70	91.00	90.00	88.25 ± 2.97
29	68.50	75.30	68.40	73.70	71.48 ± 3.55	92.60	100.00	97.70	93.50	95.95 ± 3.50
30	68.10	77.50	67.20	75.50	72.08 ± 5.19	96.70	90.60	101.00	98.00	96.58 ± 4.37

หมายเหตุ N/A – not applicable

ตารางภาคผนวก ก 11 ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาชุดควบคุมที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มเข้าทางหลังใบแตงกวา

วันที่	ความสูงลำต้น (ซม.)					ความยาวราก (ซม.)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	7.10	7.80	6.70	6.00	6.90 ± 0.75	8.30	10.20	8.50	8.80	8.95 ± 0.86
2	7.30	8.50	7.90	8.00	7.93 ± 0.49	8.30	8.80	10.40	9.70	9.30 ± 0.93
3	7.70	9.10	6.30	10.60	8.43 ± 1.85	10.50	12.50	11.20	9.70	10.98 ± 1.19
4	8.10	7.50	12.10	8.50	9.05 ± 2.07	13.30	15.50	14.00	14.70	14.38 ± 0.94
5	9.70	9.60	8.40	8.70	9.10 ± 0.65	14.50	14.00	15.20	16.30	15.00 ± 1.00
6	7.80	9.80	8.90	10.10	9.15 ± 1.03	15.70	16.20	14.00	14.70	15.15 ± 0.99
7	9.70	9.40	10.10	9.30	9.63 ± 0.36	17.30	15.70	16.80	16.70	16.63 ± 0.67
8	10.10	9.50	10.20	11.30	10.28 ± 0.75	16.30	16.10	17.50	16.70	16.65 ± 0.62
9	11.50	11.00	12.40	12.10	11.75 ± 0.62	16.80	17.70	17.90	16.80	17.30 ± 0.58
10	10.80	13.70	11.70	12.30	12.13 ± 1.22	18.90	18.50	16.90	18.80	18.28 ± 0.93
11	10.10	15.50	11.10	13.40	12.53 ± 2.42	22.50	31.00	30.00	29.50	28.25 ± 3.88
12	11.50	15.10	11.20	14.20	13.00 ± 1.94	28.50	27.60	28.10	30.70	28.73 ± 1.37
13	13.30	15.80	12.50	12.70	13.58 ± 1.52	28.60	31.20	28.50	28.40	29.18 ± 1.35
14	12.80	15.30	14.20	13.70	14.00 ± 1.04	29.50	30.60	31.10	31.20	30.60 ± 0.78
15	13.70	16.10	13.00	16.30	14.78 ± 1.67	31.70	29.50	31.00	31.30	30.88 ± 0.96
16	17.50	14.90	14.70	13.30	15.10 ± 1.75	31.60	30.30	30.60	31.90	31.10 ± 0.77
17	14.70	14.60	20.60	N/A	16.63 ± 3.44	34.30	36.80	39.70	N/A	36.93 ± 2.70
18	17.20	16.50	16.50	14.90	16.28 ± 0.97	34.30	35.10	37.50	37.60	36.13 ± 1.68
19	15.90	20.20	15.50	17.30	17.23 ± 2.13	35.50	38.50	40.50	38.80	38.33 ± 2.08
20	17.40	18.60	16.70	N/A	17.57 ± 0.96	39.80	39.50	40.80	N/A	40.03 ± 0.68
21	20.60	19.90	17.30	21.70	19.88 ± 1.87	41.40	44.50	46.70	40.60	43.30 ± 2.82
22	27.00	20.70	19.70	24.00	22.85 ± 3.32	43.60	45.30	47.80	48.70	46.35 ± 2.33
23	23.50	28.40	35.50	29.70	29.28 ± 4.93	49.00	51.00	54.70	56.50	52.80 ± 3.41
24	38.80	24.50	42.90	24.30	32.63 ± 9.64	74.70	78.60	80.20	81.40	78.73 ± 2.92
25	48.00	27.70	25.00	31.50	33.05 ± 10.32	84.30	81.20	80.30	79.60	81.35 ± 2.07
26	45.00	55.10	33.20	60.50	48.45 ± 12.03	82.30	81.50	80.80	90.70	83.83 ± 4.62
27	70.00	77.90	69.00	49.00	66.48 ± 12.31	85.60	86.30	90.50	89.30	87.93 ± 2.35
28	62.00	59.50	72.00	71.00	66.13 ± 6.30	83.30	89.70	91.30	90.00	88.58 ± 3.58
29	63.70	75.30	66.00	65.70	67.68 ± 5.18	97.60	96.30	97.70	99.50	97.78 ± 1.31
30	79.20	76.20	67.80	62.00	71.30 ± 7.86	96.70	100.60	101.00	98.00	99.08 ± 2.07

หมายเหตุ N/A – not applicable

ตารางภาคผนวก ก 12 ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบแตงกวา

วันที่	ความสูงลำต้น (ซม.)					ความยาวราก (ซม.)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	7.40	8.50	6.70	7.30	7.48 ± 0.75	8.40	9.50	8.50	8.60	8.75 ± 0.51
2	7.00	8.00	8.30	9.00	8.08 ± 0.83	9.20	9.10	8.70	9.80	9.20 ± 0.45
3	7.50	10.60	7.50	9.60	8.80 ± 1.56	10.10	9.50	11.00	9.50	10.03 ± 0.71
4	8.20	7.80	11.10	8.50	8.90 ± 1.49	10.50	11.50	12.50	12.30	11.70 ± 0.91
5	10.50	9.70	8.00	8.50	9.18 ± 1.14	13.00	12.20	11.50	11.00	11.93 ± 0.87
6	9.80	8.50	9.10	11.10	9.63 ± 1.12	13.50	13.90	14.50	11.50	13.35 ± 1.30
7	9.10	9.40	10.20	10.70	9.85 ± 0.73	14.30	15.00	12.50	13.80	13.90 ± 1.06
8	10.50	9.70	10.90	11.00	10.53 ± 0.59	14.30	16.60	15.50	13.30	14.93 ± 1.43
9	11.00	11.80	12.00	12.40	11.80 ± 0.59	15.50	15.30	16.00	17.00	15.95 ± 0.76
10	11.80	13.00	11.60	12.00	12.10 ± 0.62	16.50	16.50	18.70	20.00	17.93 ± 1.73
11	15.70	11.50	12.10	13.70	13.25 ± 1.88	20.50	19.60	21.50	22.30	20.98 ± 1.18
12	15.60	13.30	11.20	14.20	13.58 ± 1.84	23.50	25.00	24.80	26.40	24.93 ± 1.19
13	13.70	16.00	14.20	12.30	14.05 ± 1.53	25.50	28.30	30.00	27.80	27.90 ± 1.86
14	13.30	15.00	16.20	13.70	14.55 ± 1.32	29.70	27.80	28.50	30.20	29.05 ± 1.10
15	13.70	16.10	14.00	16.30	15.03 ± 1.36	30.60	31.90	30.00	28.50	30.25 ± 1.41
16	14.50	16.90	14.90	15.30	15.40 ± 1.05	30.40	31.50	29.70	32.50	31.03 ± 1.23
17	17.10	14.90	18.20	15.30	16.38 ± 1.55	33.70	35.60	29.50	32.40	32.80 ± 2.56
18	15.00	16.50	19.90	15.90	16.83 ± 2.14	33.50	35.40	36.50	38.00	35.85 ± 1.89
19	20.70	15.90	15.70	16.40	17.18 ± 2.37	40.50	37.60	39.00	38.70	38.95 ± 1.20
20	17.50	17.70	16.30	18.50	17.50 ± 0.91	41.00	37.80	40.70	43.50	40.75 ± 2.33
21	20.90	20.00	17.30	22.50	20.18 ± 2.18	44.60	39.70	41.00	43.40	42.18 ± 2.23
22	30.00	20.10	21.30	24.00	23.85 ± 4.41	43.50	45.30	45.80	47.30	45.48 ± 1.57
23	23.40	28.20	35.50	29.70	29.20 ± 4.99	49.70	47.60	51.60	53.40	50.58 ± 2.49
24	35.30	25.70	35.90	29.30	31.55 ± 4.91	60.20	59.40	65.90	67.50	63.25 ± 4.05
25	46.70	37.50	37.40	31.80	38.35 ± 6.17	70.50	72.50	65.70	69.50	69.55 ± 2.85
26	45.90	53.70	43.20	60.70	50.88 ± 7.92	81.30	75.50	80.10	78.50	78.85 ± 2.51
27	71.60	68.90	62.50	59.00	65.50 ± 5.77	83.60	80.70	87.30	89.30	85.23 ± 3.83
28	63.00	60.00	72.10	70.40	66.38 ± 5.80	88.30	85.70	90.20	89.40	88.40 ± 1.96
29	80.90	76.00	65.50	67.30	72.43 ± 7.28	91.20	89.50	90.50	97.50	92.18 ± 3.62
30	83.20	79.10	67.40	69.70	74.85 ± 7.52	95.60	91.60	100.30	95.50	95.75 ± 3.56

ตารางภาคผนวก ก 13 ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม

วันที่	ความสูงลำต้น (ซม.)					ความยาวราก (ซม.)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	7.20	7.70	6.70	6.60	7.05 ± 0.51	8.50	8.70	9.70	9.30	9.05 ± 0.55
2	7.00	8.90	7.50	8.00	7.85 ± 0.81	9.50	9.70	8.80	10.30	9.58 ± 0.62
3	7.00	10.10	6.40	10.50	8.50 ± 2.10	10.30	10.00	11.40	9.80	10.38 ± 0.71
4	8.50	7.90	11.00	8.50	8.98 ± 1.38	12.50	11.50	13.50	13.40	12.73 ± 0.93
5	9.90	10.00	8.50	8.90	9.33 ± 0.74	14.50	13.20	12.20	11.30	12.80 ± 1.37
6	8.90	9.70	8.50	11.00	9.53 ± 1.10	15.50	16.00	13.70	14.53	14.93 ± 1.02
7	9.00	9.70	10.20	10.20	9.78 ± 0.57	15.00	17.50	14.50	16.00	15.75 ± 1.32
8	10.80	9.50	10.00	11.30	10.40 ± 0.80	15.80	17.00	16.50	17.30	16.65 ± 0.66
9	11.50	11.00	12.30	12.80	11.90 ± 0.80	16.80	17.00	16.40	17.80	17.00± 0.59
10	11.80	13.00	11.70	12.10	12.15 ± 0.59	18.50	16.50	18.00	20.20	18.30 ± 1.53
11	12.10	13.50	11.00	13.50	12.53 ± 1.21	23.50	22.00	24.50	21.50	22.88 ± 1.38
12	11.50	15.50	11.40	14.60	13.25 ± 2.11	26.00	25.80	27.80	29.00	27.15 ± 1.53
13	13.70	17.50	11.60	12.00	13.70 ± 2.69	27.50	30.00	28.50	29.80	28.95 ± 1.17
14	12.30	14.30	15.20	14.80	14.15 ± 1.29	28.70	29.30	31.00	29.40	29.60 ± 0.98
15	13.00	16.00	14.00	16.30	14.83 ± 1.59	31.50	29.00	31.20	30.50	30.55 ± 1.12
16	18.50	15.90	14.70	13.30	15.60 ± 2.21	34.40	29.30	31.50	33.50	32.18 ± 2.27
17	15.70	14.80	20.60	12.30	15.85 ± 3.48	35.00	36.60	33.50	34.60	34.93 ± 1.28
18	17.00	16.70	17.00	15.00	16.43 ± 0.96	36.50	37.00	38.50	39.30	37.83 ± 1.30
19	16.00	20.50	16.70	17.50	17.68 ± 1.98	38.50	38.10	41.00	40.70	39.58 ± 1.49
20	17.50	18.80	19.70	17.50	18.38 ± 1.08	41.40	39.80	40.70	43.50	41.35 ± 1.58
21	20.50	20.00	17.30	22.70	20.13 ± 2.22	44.60	46.50	42.70	43.70	44.38 ± 1.62
22	16.90	32.00	20.00	24.00	23.23 ± 6.53	44.50	47.00	48.80	50.00	47.58 ± 2.39
23	40.50	28.60	25.80	27.70	30.65 ± 6.67	49.00	51.40	54.60	57.30	53.08 ± 3.63
24	38.80	27.50	40.90	31.40	34.65 ± 6.27	60.20	67.40	68.90	70.70	66.80 ± 4.60
25	45.00	30.50	31.50	32.00	34.75 ± 6.86	73.00	80.60	76.70	77.50	76.95 ± 3.12
26	45.70	55.00	43.70	57.70	50.53 ± 6.86	83.30	75.50	81.80	80.50	80.28 ± 3.38
27	65.50	68.00	71.00	65.00	67.38 ± 2.75	83.60	85.00	90.00	87.30	86.48 ± 2.80
28	65.00	60.30	73.00	75.10	68.35 ± 6.91	85.30	87.70	91.50	89.40	88.48 ± 2.63
29	81.60	75.50	65.50	67.00	72.40 ± 7.55	93.60	91.00	98.50	95.50	94.65 ± 3.16
30	83.00	79.00	64.00	71.00	74.25 ± 8.46	96.70	93.60	100.30	101.50	98.03 ± 3.59

ตารางภาคผนวก ก 14 ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวา

วันที่	ความสูงลำต้น (ซม.)					ความยาวราก (ซม.)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	8.00	7.50	7.10	6.20	7.20 ± 0.76	9.40	8.50	8.70	8.30	8.73 ± 0.48
2	7.20	8.70	8.20	8.00	8.03 ± 0.62	9.60	9.80	8.50	10.00	9.48 ± 0.67
3	7.00	10.00	6.70	10.60	8.58 ± 2.01	10.40	9.70	11.30	9.80	10.30 ± 0.73
4	8.00	7.50	8.70	12.30	9.13 ± 2.17	11.50	12.50	10.50	13.00	11.88 ± 1.11
5	10.50	9.70	8.00	9.00	9.30 ± 1.06	13.50	14.20	12.50	11.60	12.95 ± 1.14
6	8.00	9.50	8.90	11.00	9.35 ± 1.26	15.50	15.90	14.70	12.50	14.65 ± 1.52
7	9.00	9.50	10.50	9.50	9.63 ± 0.63	15.30	17.00	13.50	14.80	15.15 ± 1.45
8	10.60	10.50	10.20	11.50	10.70 ± 0.56	15.40	17.60	14.50	16.30	15.95 ± 1.32
9	11.00	11.90	11.40	12.40	11.68 ± 0.61	16.50	15.70	16.30	17.30	16.45 ± 0.66
10	13.00	11.20	11.60	12.50	12.08 ± 0.82	16.70	17.50	19.00	20.50	18.43 ± 1.68
11	12.00	13.50	12.10	13.40	12.75 ± 0.81	21.50	20.60	23.50	22.50	22.03 ± 1.25
12	12.50	14.30	12.00	14.62	13.36 ± 1.30	24.50	25.40	26.80	28.40	26.28 ± 1.70
13	15.00	15.80	12.00	12.00	13.70 ± 1.99	26.50	25.30	30.50	28.80	27.78 ± 2.33
14	12.00	15.70	14.50	15.00	14.30 ± 1.61	26.70	29.00	29.50	30.40	28.90 ± 1.58
15	12.70	16.10	13.00	17.30	14.78 ± 2.28	30.50	32.90	30.20	28.50	30.53 ± 1.81
16	14.90	18.00	14.70	13.30	15.23 ± 1.98	32.40	31.30	29.50	31.50	31.18 ± 1.21
17	15.00	14.60	19.60	16.30	16.38 ± 2.27	34.70	34.60	30.50	32.60	33.10 ± 1.98
18	17.00	16.50	16.90	13.90	16.08 ± 1.47	34.50	36.40	37.50	39.00	36.85 ± 1.89
19	16.00	19.50	16.70	17.40	17.40 ± 1.51	37.50	35.10	40.00	39.70	38.08 ± 2.28
20	18.90	17.70	18.30	19.50	18.60 ± 0.77	40.00	38.80	41.70	42.50	40.75 ± 1.67
21	21.00	19.90	17.30	22.50	20.18 ± 2.19	45.60	39.50	41.70	43.00	42.45 ± 2.55
22	25.00	21.50	19.70	24.00	22.55 ± 2.40	45.50	44.00	47.80	49.30	46.65 ± 2.36
23	32.00	30.30	27.50	25.00	28.70 ± 3.09	47.70	50.40	53.60	56.40	52.03 ± 3.78
24	36.40	27.50	38.90	24.30	31.78 ± 6.98	62.20	65.40	67.90	70.50	66.50 ± 3.54
25	45.00	27.00	32.70	31.80	34.13 ± 7.67	71.00	79.50	75.70	74.50	75.18 ± 3.51
26	46.70	55.30	39.80	56.30	49.53 ± 7.78	80.30	77.50	80.10	81.50	79.85 ± 1.68
27	59.80	70.90	62.30	65.30	64.58 ± 4.78	85.60	81.70	90.30	88.30	86.48 ± 3.72
28	65.00	63.20	69.00	72.70	67.48 ± 4.24	84.30	85.70	91.20	87.40	87.15 ± 2.98
29	81.20	73.20	66.10	57.30	69.45 ± 10.18	93.20	88.70	91.50	90.50	90.98 ± 1.88
30	81.60	80.20	67.80	63.80	73.35 ± 8.89	97.60	95.60	100.30	91.50	96.25 ± 3.71

ตารางภาคผนวก ก 15 ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาของชุดควบคุม

วันที่	ความสูงลำต้น (ซม.)					ความยาวราก (ซม.)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	6.30	7.20	7.50	7.10	7.03 ± 0.51	8.50	9.70	9.50	9.70	9.35 ± 0.57
2	7.50	6.90	7.50	6.48	7.10 ± 0.50	8.50	9.50	9.80	10.60	9.60 ± 0.87
3	9.20	8.10	7.50	8.40	8.30 ± 0.71	11.30	10.50	11.20	9.50	10.63 ± 0.83
4	8.90	9.10	8.50	7.70	8.55 ± 0.62	12.50	14.50	14.50	13.70	13.80 ± 0.95
5	9.50	9.90	10.20	11.00	10.15 ± 0.64	15.50	13.00	13.20	15.30	14.25 ± 1.33
6	10.00	9.90	10.80	10.70	10.35 ± 0.47	15.50	16.00	14.70	14.30	15.13 ± 0.77
7	12.50	9.70	11.10	10.50	10.95 ± 1.18	16.00	17.50	15.60	16.00	16.28 ± 0.84
8	13.00	11.50	9.50	11.50	11.38 ± 1.44	15.00	17.50	16.50	17.50	16.63 ± 1.18
9	12.80	11.50	10.50	11.30	11.53 ± 0.95	16.80	17.80	15.90	17.60	17.03 ± 0.87
10	11.90	12.50	12.40	11.80	12.15 ± 0.35	19.00	16.50	17.90	20.00	18.35 ± 1.50
11	12.50	11.90	13.20	12.50	12.53 ± 0.53	24.50	25.00	24.60	25.50	24.90 ± 0.45
12	11.90	12.70	13.50	12.90	12.75 ± 0.66	26.50	25.30	27.50	30.00	27.33 ± 2.00
13	13.00	14.10	12.60	11.70	12.85 ± 0.99	26.50	30.00	28.50	27.80	28.20 ± 1.46
14	11.60	11.20	15.00	15.60	13.35 ± 2.27	29.00	30.00	31.50	29.80	30.08 ± 1.04
15	12.50	12.90	15.50	14.50	13.85 ± 1.40	31.50	29.50	31.70	31.50	31.05 ± 1.04
16	14.50	15.50	15.00	14.00	14.75 ± 0.65	33.40	31.30	31.50	35.50	32.93 ± 1.96
17	13.70	17.20	16.40	13.00	15.08 ± 2.04	35.50	37.60	34.50	35.60	35.80 ± 1.30
18	16.00	14.80	16.50	15.70	15.75 ± 0.71	36.80	36.20	38.50	39.60	37.78 ± 1.56
19	17.00	17.50	16.70	16.20	16.85 ± 0.54	37.50	38.80	41.00	40.50	39.45 ± 1.61
20	15.70	19.50	16.70	17.50	17.35 ± 1.61	41.00	39.50	41.70	43.70	41.48 ± 1.74
21	20.00	20.50	15.50	19.50	18.88 ± 2.29	43.60	45.50	46.70	43.30	44.78 ± 1.61
22	20.00	24.50	22.30	25.30	23.03 ± 2.38	45.50	46.00	46.80	50.20	47.13 ± 2.12
23	34.50	35.50	30.40	40.00	35.10 ± 3.94	49.50	51.00	54.70	57.50	53.18 ± 3.62
24	57.50	58.20	47.40	43.50	51.65 ± 7.34	63.20	70.40	68.60	78.70	70.23 ± 6.43
25	60.50	58.80	61.50	63.90	61.18 ± 2.13	73.20	81.00	78.70	76.00	77.23 ± 3.37
26	69.50	57.50	73.40	56.10	64.13 ± 8.63	84.30	77.50	81.80	81.50	81.28 ± 2.81
27	N/A	73.50	59.00	N/A	66.25 ± 10.25	N/A	85.20	91.50	N/A	88.35 ± 4.45
28	67.00	73.00	69.00	73.50	70.63 ± 3.15	86.30	88.70	91.70	90.00	89.18 ± 2.28
29	69.00	75.50	68.20	71.70	71.10 ± 3.29	94.60	101.00	98.70	95.50	97.45 ± 2.95
30	69.00	77.00	67.50	75.50	72.25 ± 4.70	95.70	94.60	101.60	100.50	98.10 ± 3.47

หมายเหตุ N/A – not applicable

ตารางภาคผนวก ก 16 ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50%

วันที่	ความสูงลำต้น (ซม.)					ความยาวราก (ซม.)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	7.00	8.00	6.70	6.00	6.93 ± 0.83	7.40	8.50	7.90	8.70	8.13 ± 0.59
2	7.00	9.00	7.90	8.00	7.98 ± 0.82	9.20	9.80	8.50	8.30	8.95 ± 0.69
3	7.00	10.10	4.30	10.60	8.00 ± 2.94	8.30	12.60	7.20	11.40	9.88 ± 2.54
4	8.10	7.50	12.10	8.50	9.05 ± 2.07	14.40	12.60	15.20	10.10	13.08 ± 2.26
5	9.70	10.10	8.00	8.70	9.13 ± 0.95	13.10	13.90	14.20	14.70	13.98 ± 0.67
6	7.90	9.80	8.50	11.10	9.33 ± 1.42	13.50	13.70	14.30	14.80	14.08 ± 0.59
7	8.70	9.40	10.20	9.20	9.38 ± 0.62	15.60	14.20	13.40	13.50	14.18 ± 1.01
8	10.60	9.00	10.20	11.40	10.30 ± 1.00	17.00	16.30	14.70	14.90	15.73 ± 1.11
9	11.80	11.00	12.40	12.40	11.90 ± 0.66	17.50	15.80	23.30	15.90	18.13 ± 3.54
10	10.80	14.00	11.60	12.20	12.15 ± 1.36	18.90	16.50	18.90	18.43	18.18 ± 1.14
11	10.10	15.50	11.10	13.40	12.53 ± 2.42	24.70	29.00	31.00	30.50	28.80 ± 2.86
12	11.60	15.30	11.00	14.20	13.03 ± 2.06	28.50	29.60	28.10	29.20	28.85 ± 0.68
13	13.30	17.80	11.00	12.00	13.53 ± 3.00	27.50	29.60	30.10	28.50	28.93 ± 1.16
14	11.80	15.30	16.20	13.00	14.08 ± 2.03	29.70	28.30	31.50	33.40	30.73 ± 2.21
15	12.70	16.10	13.00	17.30	14.78 ± 2.28	29.70	31.50	29.50	32.50	30.80 ± 1.45
16	18.50	14.90	14.70	12.30	15.10 ± 2.56	29.60	32.30	31.60	34.90	32.10 ± 2.19
17	14.70	14.60	17.60	N/A	15.63 ± 1.70	35.50	34.50	39.50	N/A	36.50 ± 2.65
18	17.00	16.50	16.90	13.90	16.08 ± 1.47	35.30	38.50	39.60	40.60	38.50 ± 2.30
19	15.20	20.50	15.70	17.40	17.20 ± 2.39	39.50	41.90	39.70	40.60	40.43 ± 1.09
20	17.30	18.70	16.30	17.50	17.45 ± 0.98	40.80	39.50	42.80	41.50	41.15 ± 1.38
21	20.60	19.90	16.30	22.70	19.88 ± 2.66	43.50	44.50	46.00	42.60	44.15 ± 1.46
22	35.00	16.70	19.70	24.00	23.85 ± 8.01	47.60	49.30	48.40	50.70	49.00 ± 1.33
23	23.40	28.20	38.50	29.70	29.95 ± 6.30	50.00	51.50	54.50	55.40	52.85 ± 2.53
24	38.80	34.50	29.90	24.30	31.88 ± 6.22	69.00	64.60	70.20	62.00	66.45 ± 3.82
25	38.00	27.50	33.00	31.80	32.58 ± 4.32	75.30	73.50	80.20	72.50	75.38 ± 3.42
26	45.20	52.20	51.20	46.70	48.83 ± 3.40	80.30	81.00	85.60	79.50	81.60 ± 2.74
27	60.00	57.90	62.00	73.00	63.23 ± 6.73	84.60	87.30	81.10	79.53	83.13 ± 3.49
28	62.00	59.30	73.00	72.10	66.60 ± 6.97	89.30	92.50	87.70	90.50	90.00 ± 2.02
29	70.70	65.40	65.50	68.00	67.40 ± 2.51	89.50	93.30	94.20	91.20	92.05 ± 2.11
30	73.20	70.20	67.80	75.00	71.55 ± 3.19	95.70	100.70	91.60	93.70	95.43 ± 3.89

หมายเหตุ N/A – not applicable

ตารางภาคผนวก ก 17 ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 75%

วันที่	ความสูงลำต้น (ซม.)					ความยาวราก (ซม.)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	6.40	7.40	7.50	7.20	7.13 ± 0.50	7.80	8.20	9.30	10.60	8.98 ± 1.26
2	7.30	6.80	7.90	6.80	7.20 ± 0.52	7.40	7.90	10.40	9.40	8.78 ± 1.38
3	9.00	9.10	8.50	6.50	8.28 ± 1.21	9.70	10.40	9.80	10.00	9.98 ± 0.31
4	9.00	9.10	8.50	6.50	8.28 ± 1.21	11.50	11.70	11.20	10.50	11.23 ± 0.53
5	9.70	9.50	9.40	11.00	9.90 ± 0.74	12.30	11.70	17.80	16.10	14.48 ± 2.95
6	11.10	9.80	10.70	10.60	10.55 ± 0.54	13.50	14.20	15.30	15.70	14.68 ± 1.01
7	12.00	9.00	11.90	11.00	10.98 ± 1.39	13.70	19.30	14.10	15.10	15.55 ± 2.57
8	13.20	11.50	9.20	11.30	11.30 ± 1.64	18.50	17.90	14.70	15.20	16.58 ± 1.90
9	13.20	11.50	9.20	11.30	11.30 ± 1.64	16.70	20.10	15.10	15.90	16.95 ± 2.20
10	11.80	12.80	12.20	10.60	11.85 ± 0.93	20.00	17.50	18.20	18.30	18.50 ± 1.06
11	12.50	11.00	13.00	12.00	12.13 ± 0.85	23.70	25.60	32.00	27.40	27.18 ± 3.55
12	9.50	13.00	13.70	12.50	12.18 ± 1.85	27.90	28.60	29.10	30.20	28.95 ± 0.97
13	12.70	14.20	11.70	11.80	12.60 ± 1.16	28.70	27.30	28.50	33.40	29.48 ± 2.69
14	10.60	9.20	18.00	14.60	13.10 ± 3.99	29.50	28.60	31.10	28.20	29.35 ± 1.29
15	12.80	11.80	16.50	13.00	13.53 ± 2.05	28.70	32.30	28.50	33.40	30.73 ± 2.50
16	14.90	14.30	15.30	13.90	14.60 ± 0.62	27.60	34.30	29.60	35.90	31.85 ± 3.90
17	12.60	15.40	16.40	N/A	14.80 ± 1.97	33.70	36.80	39.20	N/A	36.57 ± 2.76
18	15.20	13.40	14.10	17.80	15.13 ± 1.93	37.30	36.10	38.20	39.60	37.80 ± 1.48
19	18.80	14.40	15.50	14.20	15.73 ± 2.13	39.70	40.90	39.20	37.60	39.35 ± 1.37
20	15.20	20.50	15.70	17.40	17.20 ± 2.39	39.80	39.60	40.80	41.30	40.38 ± 0.81
21	19.70	22.70	13.70	19.30	18.85 ± 3.75	42.10	43.50	45.90	40.60	43.03 ± 2.25
22	18.60	24.20	23.20	28.30	23.58 ± 3.98	45.60	46.30	49.80	50.20	47.98 ± 2.36
23	35.30	36.30	28.40	40.60	35.15 ± 5.05	49.80	50.50	55.80	56.80	53.23 ± 3.59
24	58.80	58.30	46.20	46.80	52.53 ± 6.96	69.70	76.60	80.20	81.40	76.98 ± 5.26
25	62.60	57.60	60.30	63.90	61.10 ± 2.77	77.30	80.50	82.60	79.60	80.00 ± 2.20
26	70.00	54.60	67.40	64.10	64.03 ± 6.73	82.30	84.40	85.80	90.50	85.75 ± 3.48
27	61.70	74.00	69.00	64.50	67.30 ± 5.38	85.60	88.30	91.10	89.30	88.58 ± 2.30
28	64.00	78.00	65.60	72.50	70.03 ± 6.47	88.30	92.50	93.30	89.50	90.90 ± 2.38
29	65.30	78.30	67.40	72.70	70.93 ± 5.82	89.30	96.30	93.20	90.20	92.25 ± 3.17
30	67.10	79.50	68.20	73.50	72.08 ± 5.68	100.70	98.70	91.90	93.70	96.25 ± 4.13

หมายเหตุ N/A – not applicable

ตารางภาคผนวก ก 18 ความสูงของลำต้นและความยาวรากเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแตงกวาชุดควบคุมที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% และ 75%

วันที่	ความสูงลำต้น (ซม.)					ความยาวราก (ซม.)				
	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1	2	3	4	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	5.50	6.10	6.40	7.80	6.45 ± 0.97	7.30	7.80	7.40	10.70	8.30 ± 1.61
2	7.00	9.20	7.80	5.30	7.33 ± 1.63	8.90	11.20	8.00	8.40	9.13 ± 1.43
3	5.60	11.00	6.40	7.50	7.63 ± 2.38	10.30	13.40	11.20	9.80	11.18 ± 1.59
4	7.30	8.20	8.50	9.00	8.25 ± 0.71	14.30	15.20	15.00	13.70	14.55 ± 0.69
5	9.40	8.30	8.50	9.20	8.85 ± 0.53	15.40	15.00	16.20	15.30	15.48 ± 0.51
6	9.40	10.50	10.20	8.90	9.75 ± 0.73	16.30	16.70	17.40	16.20	16.65 ± 0.54
7	9.40	10.70	9.60	10.60	10.08 ± 0.67	14.30	15.20	15.00	13.70	14.55 ± 0.69
8	11.00	11.20	8.80	10.60	10.40 ± 1.10	17.30	17.10	18.10	16.90	17.35 ± 0.53
9	12.30	9.20	9.90	11.40	10.70 ± 1.41	16.30	17.30	17.10	15.80	16.63 ± 0.70
10	8.90	11.40	12.00	11.50	10.95 ± 1.39	17.90	17.50	17.90	18.30	17.90 ± 0.33
11	10.60	10.20	12.10	12.80	11.43 ± 1.23	23.70	21.40	22.00	20.20	21.83 ± 1.46
12	14.20	14.00	13.20	13.30	13.68 ± 0.50	27.50	25.60	21.10	23.40	24.35 ± 2.79
13	18.20	15.00	10.30	12.50	14.00 ± 3.40	28.70	22.30	18.50	23.40	23.23 ± 4.21
14	12.70	14.90	15.50	13.90	14.25 ± 1.23	26.50	23.60	24.10	25.20	24.85 ± 1.29
15	14.00	16.70	17.20	0.00	16.67 ± 0.55	28.70	22.30	27.50	0.00	26.17 ± 3.40
16	19.90	17.90	16.90	21.00	18.93 ± 1.86	25.60	29.30	25.60	28.90	27.35 ± 2.03
17	24.40	27.60	29.80	24.50	26.58 ± 2.61	30.30	37.80	39.20	32.00	34.83 ± 4.34
18	26.40	30.00	31.50	N/A	29.30 ± 2.62	33.30	36.10	34.20	N/A	34.53 ± 1.43
19	32.70	40.00	21.00	27.10	30.20 ± 8.09	35.70	37.90	40.20	37.80	37.90 ± 1.84
20	36.70	42.20	41.00	32.00	37.98 ± 4.63	37.80	39.70	41.80	40.30	39.90 ± 1.66
21	39.70	44.60	39.00	35.20	39.63 ± 3.86	40.10	43.50	45.70	39.60	42.23 ± 2.89
22	52.60	45.60	33.70	39.30	42.80 ± 8.14	42.60	47.30	48.80	49.60	47.08 ± 3.13
23	45.00	49.00	47.80	41.50	45.83 ± 3.34	49.20	50.30	55.70	57.80	53.25 ± 4.16
24	58.70	43.50	61.30	59.80	59.58 ± 4.50	64.70	69.60	71.20	72.40	69.48 ± 3.38
25	62.00	55.80	55.80	64.70	62.78 ± 4.04	72.30	80.20	81.30	74.60	77.10 ± 4.34
26	66.50	65.00	57.30	62.30	68.63 ± 3.51	80.30	77.40	81.80	83.70	80.80 ± 2.66
27	73.80	66.30	69.40	65.00	70.63 ± 4.29	84.60	85.30	89.10	76.30	83.83 ± 5.39
28	75.90	69.20	71.70	65.70	73.85 ± 4.22	80.30	90.70	87.30	88.40	86.68 ± 4.48
29	76.20	67.80	74.20	77.20	75.10 ± 4.11	90.30	92.30	87.20	91.20	90.25 ± 2.19
30	81.20	73.20	72.30	73.70	84.10 ± 8.68	100.70	96.70	92.90	91.70	95.50 ± 4.07

หมายเหตุ N/A – not applicable

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวก ข 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาระหว่างวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ การพ่นน้ำหมักอีเอ็มทางใบ การแช่เมล็ดพันธุ์การรดด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และชุดควบคุม

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		.000	4	.000	14.524	.000
	Linear Term	Unweighted	.000	1	.000	28.329	.000
		Weighted	.000	1	.000	27.919	.000
		Deviation	.000	3	.000	10.059	.000
Within Groups			.000	139	.000		
Total			.000	143			

* The mean difference is significant at the .05 level

ตารางผนวก ข 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาระหว่างวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ การพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบ การแช่เมล็ดพันธุ์การรดด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และชุดควบคุมโดยใช้วิธี least-significant different (LSD)

Dependent Variable	(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส	1	2	1.34E-07	1.17E-07	.254	-9.71E-08	3.65E-07
		3	6.09E-07(*)	1.17E-07	.000	3.78E-07	8.40E-07
		4	1.40E-07	1.183E-07	.236	-9.27E-08	3.73E-07
		5	6.99E-07(*)	1.19E-07	.000	4.64E-07	9.34E-07
	2	1	-1.34E-07	1.17E-07	.254	-3.65E-07	9.71E-08
		3	4.75E-07(*)	1.14E-07	.000	2.50E-07	6.99E-07
		4	6.23E-09	1.15E-07	.957	-2.21E-07	2.33E-07
		5	5.65E-07(*)	1.16E-07	.000	3.36E-07	7.94E-07
	3	1	-6.09E-07(*)	1.172E-07	.000	-8.40E-07	-3.78E-07
		2	-4.75E-07(*)	1.14E-07	.000	-6.99E-07	-2.50E-07
		4	-4.69E-07(*)	1.15E-07	.000	-6.96E-07	-2.42E-07
		5	8.99E-08	1.16E-07	.438	-1.39E-07	3.19E-07
	4	1	-1.40E-07	1.18E-07	.236	-3.73E-07	9.27E-08
		2	-6.23E-09	1.15E-07	.957	-2.33E-07	2.21E-07
		3	4.69E-07(*)	1.15E-07	.000	2.42E-07	6.96E-07
		5	5.59E-07(*)	1.17E-07	.000	3.28E-07	7.89E-07
	5	1	-6.99E-07(*)	1.19E-07	.000	-9.34E-07	-4.64E-07
		2	-5.65E-07(*)	1.16E-07	.000	-7.94E-07	-3.36E-07
		3	-8.99E-08	1.16E-07	.438	-3.19E-07	1.39E-07
		4	-5.59E-07(*)	1.17E-07	.000	-7.89E-07	-3.28E-07

* The mean difference is significant at the .05 level

1 = การฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบแตงกวา

2 = การพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบแตงกวา

3 = การแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม

4 = การรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวา

5 = ชุดควบคุม

ตารางภาคผนวก ข 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% 75% และชุดควบคุม

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	2	.000	16.891	.000
Within Groups	.000	87	.000		
Total	.000	89			

* The mean difference is significant at the .05 level

ตารางภาคผนวก ข 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% 75% และชุดควบคุมโดยใช้วิธี least-significant different (LSD)

Dependent Variable	(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส	1	2	-4.77E-07(*)	8.66E-08	.00	-6.49E-07	-3.05E-07
		3	-3.78E-07(*)	8.66E-08	.00	-5.50E-07	-2.05E-07
	2	1	4.77E-07(*)	8.66E-08	.00	3.05E-07	6.49E-07
		3	9.94E-08	8.66E-08	.25	-7.28E-08	2.72E-07
	3	1	3.77E-07(*)	8.66E-08	.00	2.06E-07	5.50E-07
		2	-9.94E-08	8.66E-08	.25	-2.72E-07	7.28E-08

* The mean difference is significant at the .05 level

1 = ชุดควบคุม

2 =น้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 75%

3 =น้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50%

ตารางผนวก ข 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ความสูงของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ การพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบ การแช่เมล็ดพันธุ์ การรดด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และชุดควบคุม

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		144.679	4	36.170	.077	.989
	Linear Term	Contrast	119.549	1	119.549	.256	.614
		Deviation	25.130	3	8.377	.018	.997
Within Groups			67822.730	145	467.743		
Total			67967.409	149			

* The mean difference is significant at the .05 level

ตารางผนวก ข 6 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความสูงของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ การพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบ การแช่เมล็ดพันธุ์การรดด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และชุดควบคุมโดยใช้วิธี least-significant different (LSD)

(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.1050	5.58416	.985	-11.1419	10.9319
	3	1.7843	5.58416	.750	-9.2525	12.8212
	4	1.7537	5.58416	.754	-9.2832	12.7905
	5	2.2270	5.58416	.691	-8.8099	13.2639
2	1	.1050	5.58416	.985	-10.9319	11.1419
	3	1.8893	5.58416	.736	-9.1475	12.9262
	4	1.8587	5.58416	.740	-9.1782	12.8955
	5	2.3320	5.58416	.677	-8.7049	13.3689
3	1	-1.7843	5.58416	.750	-12.8212	9.2525
	2	-1.8893	5.58416	.736	-12.9262	9.1475
	4	-.0307	5.58416	.996	-11.0675	11.0062
	5	.4427	5.58416	.937	-10.5942	11.4795
4	1	-1.7537	5.58416	.754	-12.7905	9.2832
	2	-1.8587	5.58416	.740	-12.8955	9.1782
	3	.0307	5.58416	.996	-11.0062	11.0675
	5	.4733	5.58416	.933	-10.5635	11.5102
5	1	-2.2270	5.58416	.691	-13.2639	8.8099
	2	-2.3320	5.58416	.677	-13.3689	8.7049
	3	-.4427	5.58416	.937	-11.4795	10.5942
	4	-.4733	5.58416	.933	-11.5102	10.5635

* The mean difference is significant at the .05 level

1 = ชุดควบคุม

2 = การฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบแตงกวา

3 = การพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบแตงกวา

4 = การแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม

5 = การรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวา

ตารางผนวก ข 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ความยาวรากแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ การพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบ การแช่เมล็ดพันธุ์ การรดด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และชุดควบคุม

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		126.857	4	31.714	.040	.997
	Linear Term	Contrast	44.091	1	44.091	.056	.813
		Deviation	82.766	3	27.589	.035	.991
Within Groups			113569.461	145	783.238		
Total			113696.318	149			

* The mean difference is significant at the .05 level

ตารางผนวก ข 8 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความยาวรากแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยวิธีการฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบ การพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบ การแช่เมล็ดพันธุ์การรดด้วยน้ำหมักอีเอ็ม และชุดควบคุมโดยใช้วิธี least-significant different (LSD)

(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.2983	7.22605	.967	-14.5803	13.9837
	3	2.1783	7.22605	.763	-12.1037	16.4603
	4	.6027	7.22605	.934	-13.6793	14.8847
	5	1.4663	7.22605	.839	-12.8157	15.7483
2	1	.2983	7.22605	.967	-13.9837	14.5803
	3	2.4767	7.22605	.732	-11.8053	16.7587
	4	.9010	7.22605	.901	-13.3810	15.1830
	5	1.7647	7.22605	.807	-12.5173	16.0467
3	1	-2.1783	7.22605	.763	-16.4603	12.1037
	2	-2.4767	7.22605	.732	-16.7587	11.8053
	4	-1.5757	7.22605	.828	-15.8577	12.7063
	5	-.7120	7.22605	.922	-14.9940	13.5700
4	1	-.6027	7.22605	.934	-14.8847	13.6793
	2	-.9010	7.22605	.901	-15.1830	13.3810
	3	1.5757	7.22605	.828	-12.7063	15.8577
	5	.8637	7.22605	.905	-13.4183	15.1457
5	1	-1.4663	7.22605	.839	-15.7483	12.8157
	2	-1.7647	7.22605	.807	-16.0467	12.5173
	3	.7120	7.22605	.922	-13.5700	14.9940
	4	-.8637	7.22605	.905	-15.1457	13.4183

* The mean difference is significant at the .05 level

1 = ชุดควบคุม

2 = การฉีดน้ำหมักอีเอ็มทางหลังใบแตงกวา

3 = การพ่นน้ำหมักอีเอ็มบนใบแตงกวา

4 = การแช่เมล็ดพันธุ์แตงกวาก่อนปลูกด้วยน้ำหมักอีเอ็ม

5 = การรดน้ำหมักอีเอ็มที่โคนต้นแตงกวา

ตารางผนวก ข 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ความสูงของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมัก อีเอ็มความเข้มข้น 50% และ 75% กับชุดควบคุม

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		618.521	2	309.260	.613	.544
	Linear Term	Contrast	259.251	1	259.251	.514	.475
		Deviation	359.269	1	359.269	.712	.401
Within Groups			43883.631	87	504.410		
Total			44502.151	89			

* The mean difference is significant at the .05 level

ตารางผนวก ข 10 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความสูงของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% และ 75% กับชุดควบคุมโดยใช้วิธี least-significant different (LSD)

Dependent Variable	(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
ความสูงของแตงกวา	1	2	6.3170	5.79891	.279	-5.2090	17.8430
		3	4.1573	5.79891	.475	-7.3686	15.6833
	2	1	-6.3170	5.79891	.279	-17.8430	5.2090
		3	-2.1597	5.79891	.710	-13.6856	9.3663
	3	1	-4.1573	5.79891	.475	-15.6833	7.3686
		2	2.1597	5.79891	.710	-9.3663	13.6856

* The mean difference is significant at the .05 level

1 = ชุดควบคุม

2 =น้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50%

3 =น้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 75%

ตารางผนวก ข 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ความยาวรากของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% และ 75% กับชุดควบคุม

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		60.517	2	30.259	.039	.962
	Linear Term	Contrast	58.885	1	58.885	.075	.784
		Deviation	1.632	1	1.632	.002	.964
Within Groups			67870.366	87	780.119		
Total			67930.883	89			

* The mean difference is significant at the .05 level

ตารางผนวก ข 12 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความยาวรากของแตงกวาที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50% และ 75% กับชุดควบคุมโดยใช้วิธี least-significant different (LSD)

Dependent Variable	(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
ความยาวรากแตงกวา	1	2	-1.2763	7.21165	.860	-15.6103	13.0576
		3	-1.9813	7.21165	.784	-16.3153	12.3526
	2	1	1.2763	7.21165	.860	-13.0576	15.6103
		3	-.7050	7.21165	.922	-15.0389	13.6289
	3	1	1.9813	7.21165	.784	-12.3526	16.3153
		2	.7050	7.21165	.922	-13.6289	15.0389

* The mean difference is significant at the .05 level

1 = ชุดควบคุม

2 =น้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 50%

3 =น้ำหมักอีเอ็มความเข้มข้น 75%

ภาคผนวก ค
การเตรียมสารเคมีและวิธีการทดลอง

ภาคผนวก ค

การเตรียมสารเคมีและวิธีการทดลอง

Plate count agar (PCA) Himedia

casein enzymic hydrolysate	5.00	กรัมต่อลิตร
yeast extract	2.50	กรัมต่อลิตร
dextrose	1.00	กรัมต่อลิตร
agar	15.00	กรัมต่อลิตร

ละลาย PCA 23.5 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร แล้วนำไป autoclave ที่ 121 °C ภายใต้ความดันไอน้ำนาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 50-60 °C ก่อนเทใส่จานอาหารเลี้ยงเชื้อ

Potato dextrose agar (PDA) (Lab-scan)

potato infusion	4.0	กรัมต่อลิตร
dextrose	20.0	กรัมต่อลิตร
bacteriological agar	15.0	กรัมต่อลิตร

ละลาย PDA 39 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร แล้วนำไป autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันไอน้ำนาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 50°C จากนั้นทำการเติมยาปฏิชีวนะ โดยใช้ที่ความเข้มข้นสุดท้ายของ gentamycin 0.05 mg ต่อปริมาตรอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ก่อนเทใส่จานอาหารเลี้ยงเชื้อ

Deman Rogosa and Sharpe agar (MRS agar) (Lab-scan)

dextrose	20.0	กรัมต่อลิตร
bacteriological peptone	10.0	กรัมต่อลิตร
beef extract	8.0	กรัมต่อลิตร
sodium acetate	5.0	กรัมต่อลิตร
yeast extract	4.0	กรัมต่อลิตร
dipotassium phosphate	2.0	กรัมต่อลิตร
ammonium citrate	2.0	กรัมต่อลิตร
tween 80	1.0	กรัมต่อลิตร

magnesium sulfate	0.2	กรัมต่อลิตร
manganese sulfate	0.05	กรัมต่อลิตร
bacteriological agar	10.0	กรัมต่อลิตร

ละลาย PCA 62 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร แล้วนำไป autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน ไอน้ำนาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส ก่อนเทใส่จานอาหารเลี้ยงเชื้อ

การเตรียมสารละลาย ซิเตรท – ฟอสเฟต บัฟเฟอร์

กรดซิตริก เข้มข้น 0.5 M 40 มิลลิลิตร + 0.5 M Na_2HPO_4 100 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลาย reaction buffer

ซิเตรท-ฟอสเฟต บัฟเฟอร์ 100 มิลลิลิตร + 200 ไมโครลิตรของ guaiacol + 100 ไมโครลิตรของ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

Spread plate method (ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2541)

1. ทำการเจือจางตัวอย่างหัวเชื้ออีเอ็มและน้ำหมักอีเอ็มที่ระดับความเข้มข้นที่ต้องการ

2. จากนั้นดูดตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตรด้วยปิเปต ใส่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ซึ่งใช้ทดสอบราและยีสต์ และ MRS agar ใช้ทดสอบ แลคติก แอสิด แบคทีเรีย และ PCA ใช้ทดสอบแบคทีเรียทั้งหมด

3. จุ่ม spreader ในบีกเกอร์ที่มีแอลกอฮอล์ นำมาเผาไฟ รอจนเย็น ใช้ spreader กวาดไปบนอาหารที่มีตัวอย่างให้ทั่ว

4.จากนั้นนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อ (incubator) โดยอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส PCA บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส และอาหาร MRS agar บ่มที่ 35 องศาเซลเซียสในสภาวะไร้อากาศ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวศิริพร กลอดแก้ว

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4910920041

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยา)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2548

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ศิริพร กลอดแก้ว, ธันวดี เตชะภัททวรกุล และดวงพร คันธโชติ. 2551. **การกระตุ้นความต้านทานแบบไม่จำเพาะต่อโรคในแตงกวาด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม**. บทความการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 10 ระหว่างวันที่ 11-12 กันยายน 2551. ณ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช