รหัสโครงการ FF3-303-64-12-01(1)

รายงานการวิจัย

การประเมินพันธุ์มันสำปะหลังในแปลงเกษตรกรที่มีการจัดการแบบผสมผสานเพื่อแก้ปัญหาโรคโคนเน่าหัวเน่าและสุขภาพมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา

(Evaluating of Cassava Varieties on Integrated Management of Root Rot Disease and Cassava Plant Health in Farmer Field at Nakhon Ratchasima Province)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ FF3-303-64-12-01(1)

รายงานการวิจัย

การประเมินพันธุ์มันสำปะหลังในแปลงเกษตรกรที่มีการจัดการแบบผสมผสานเพื่อแก้ปัญหาโรคโคนเน่าหัวเน่าและสุขภาพมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา

(Evaluating of Cassava Varieties on Integrated Management of Root Rot Disease and Cassava Plant Health in Farmer Field at Nakhon Ratchasima Province)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐธิญา เบือนสันเทียะ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

ดร. Narendra Kumar

นายไพโรจน์ ขำแจง

ดร. กาญจนา ธรรมนู

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มีนาคม 2565

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและให้ความช่วยเหลือทางด้านวิชาการ และการดำเนินงานวิจัยเป็นอย่างดี อันได้แก่

ดร. Narendra Kumar ผู้ร่วมโครงการวิจัย ที่ร่วมวิจัย คอยดูแลและให้คำแนะนำ ตรวจสอบติดตามงานอย่างสม่ำเสมอ

นายไพโรจน์ ขำแจง ผู้ร่วมโครงการวิจัย ที่ร่วมวิจัย ให้การอำนวยความสะดวก ติดต่อประสานงานอย่างเต็มความสามารถ และช่วยให้งานสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ดร. กาญจนา ธรรมนู ผู้ร่วมโครงการวิจัย ที่ร่วมวิจัย ดูแลและติดตามงาน และช่วยตรวจแก้ไขโครงการวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณอรทัย นาชิน และคุณณัฐพล ประเสริฐ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกีฏวิทยาและโรคพืช ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ และคอยอำนวยความสะดวกในทุก ๆ ด้าน

ขอขอบพระคุณ คุณศุภกาญจน์ บุญอยู่ เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการประสานงาน และเตรียมเอกสารต่าง ๆ

ณัฐธิญา เบือนสันเทียะ
หัวหน้าโครงการวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถแปรรูปและนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โรคและแมลงถือเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลกระทบต่อผลผลิตของมันสำปะหลังอย่างมาก โดยเฉพาะโรคโคนเน่าหัวเน่าและใบด่างมันสำปะหลังที่พบการระบาดมากในปัจจุบัน และสามารถสร้างความเสียหายต่อผลผลิตได้สูง 80-100% การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินพันธุ์มันสำปะหลังที่มีการจัดการแบบผสมผสานในการแก้ปัญหาโรคโคนเน่าหัวเน่าและสุขภาพมันสำปะหลัง ดำเนินการทดลองในแปลงเกษตรกร อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี ได้แก่ นาโนอิลิซิเตอร์สูตร 1 นาโนอิลิซิเตอร์สูตร 2 นาโนซิงค์ออกไซด์® กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร และกรรมวิธีควบคุม โดยทดสอบในมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ได้แก่ ซีเอ็มอาร์ 89 ระยอง 72 และพิรุณ 6 ผลการทดลองพบว่า มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ มีความต้านทานต่อโรคใบด่างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดย มันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6 มีความรุนแรงของการเกิดโรคใบด่างมันสำปะหลังต่ำกว่าพันธุ์ ระยอง 72 และ พันธุ์ซีเอ็มอาร์ 89 นอกจากนี้ยังพบว่า การฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์ทางชีวภาพทั้งสองสูตร สามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบไหม้ แอนแทรคโนส และใบด่างในมันสำปะหลังอายุ 2 เดือนได้ และในมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน พบว่า นาโนอิลิซิเตอร์ทางชีวภาพทั้งสองสูตรสามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบด่างในมันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 ได้ ในขณะที่พันธุ์ ระยอง 72 มีเพียงนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 เท่านั้นที่สามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ ในขณะที่มันสำปะหลังอายุ 8 เดือน พบว่ามีความรุนแรงของโรคใบด่างเพิ่มขึ้น แต่การฉีดพ่นนาโนอิลิซิเตอร์ทางชีวภาพทั้งสองสูตรสามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบด่างในมันสำปะหลังได้ทั้ง 3 พันธุ์ นอกจากนี้ยังพบว่า นาโนอิลิซิเตอร์ทางชีวภาพสามารถส่งเสริมให้มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ มีความสูง ผลผลิตและปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ส่งผลให้ผลผลิตแป้งในมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 มีการตอบสนองต่อนาโนอิลิซิเตอร์ทางชีวภาพได้ดีที่สุด ซึ่งมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตแป้งสูงที่สุด เท่ากับ 2.18 ตันต่อไร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is an important economic crop of Thailand. It can be processed and used in a variety of industries. Diseases and insects are important problems that greatly affect cassava yields, especially root rot disease and cassava mosaic disease (CMD) that found in many outbreaks at present and leading to productivity losses of 80- 100%. The objective of this study was evaluated cassava varieties on integrated root rot disease management and cassava plant health. The experiment was conducted in farmer plots, Pak Chong District, Nakhon Ratchasima province. Using the randomized complete block design, consisted of 5 treatments, namely Nanoelicitor Formula 1, Nanoelicator Formula 2, Nano Zinc Oxide®, traditional methods and Control, tested on 3 cassava varieties, namely CMR 89, Rayong 72 and Pirun 6. The results showed that, the three cultivars showed significantly resistance of CMD. Cassava varieties Pirun 6 had lower incidence than Rayong 72 and CMR 89. In addition, when sprayed with both formulations of nanoelicitor were able to reduce the disease severity of leaf blight, anthracnose and CMD in cassava 2 months after planting. Cassava was 4 months old, it was found that both formulations of nanoelicitor were able to reduce CMD severity in CMR 89 varieties, whereas in Rayong 72 varieties only formula 1 were able to reduce disease severity. When the cassava was 8 months old, the CMD was more severe. However, both formulations of nanoelicitor were also able to reduce the severity of disease in the three cassava varieties. It was also found that the nanoelicitor were able to promote the height, yield, and starch content of all 3 cassava varieties when compared with control, resulting increase in starch yield. The Rayong 72 variety had the best response to nanoelicitor, which is highest growing and starch yield was 2.18 tons per rai.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความสำคัญและปัญหาของการผลิตมันสำปะหลัง	3
2.2 พันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกในประเทศไทย	3
2.3 โรคมันสำปะหลังที่สร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจ	6
2.4 โรคโคนเน่าหัวเน่ามันสำปะหลัง	9
2.5 การจัดการโรคโคนเน่าหัวเน่ามันสำปะหลังแบบผสมผสาน	13
2.6 การพัฒนาอนุภาคนาโนทางชีวภาพเพื่อการจัดการโรคพืช	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การคัดแยกเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคในมันสำปะหลัง และการเตรียมเชื้อสาเหตุโรค	18
3.2 การประเมินพันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ จากการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคโคนเน่าหัวเน่ามันสำปะหลังในระดับห้องปฏิบัติการ	18
3.3 การประเมินพันธุ์มันสำปะหลังที่มีการจัดการแบบผสมผสานเพื่อแก้ปัญหาโรคโคนเน่าหัวเน่าและสุขภาพมันสำปะหลังในระดับในแปลงทดลอง	19
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	20
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 การคัดแยกเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคในมันสำปะหลัง	21
4.2 การประเมินพันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ จากการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคโคนเน่าหัวเน่ามันสำปะหลังในระดับห้องปฏิบัติการ	22
4.3 การประเมินพันธุ์มันสำปะหลังที่มีการจัดการแบบผสมผสานเพื่อแก้ปัญหาโรคโคนเน่าหัวเน่าและสุขภาพมันสำปะหลังในระดับในแปลงทดลอง	23

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 40
บรรณานุกรม 43
ภาคผนวก 48
ประวัติผู้วิจัย 51

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ผลการประเมินพันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ จากการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคโคนเน่าหัวเน่า หลังการปลูกเชื้อเป็นระยะเวลา 14 วัน	22
4.2	ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตด้านความสูงของมันสำปะหลังอายุ 2, 4 และ 8 เดือนหลังปลูก.....	26
4.3	แสดงดัชนีการเกิดโรคของมันสำปะหลังแต่ละสายพันธุ์ที่อายุ 2 เดือน.....	29
4.4	แสดงดัชนีการเกิดโรคของมันสำปะหลังแต่ละสายพันธุ์ที่อายุ 4 เดือน.....	29
4.5	แสดงดัชนีการเกิดโรคของมันสำปะหลังแต่ละสายพันธุ์ที่อายุ 8 เดือน.....	30
4.6	ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพในการลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบจุด ใบไหม้ แอนแทรคโนส และใบด่างในมันสำปะหลังอายุ 2 เดือนหลังปลูก	35
4.7	ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพในการลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบจุด ใบไหม้ แอนแทรคโนส และใบด่างในมันสำปะหลังอายุ 4 เดือนหลังปลูก	36
4.8	ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพในการลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบจุด ใบไหม้ แอนแทรคโนส ใบด่างและโคนเน่าหัวเน่าในมันสำปะหลังอายุ 8 เดือนหลังปลูก.....	37
4.9	ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพต่อจำนวนหัว น้ำหนักหัวสด ปริมาณเปอร์เซ็นต์แป้ง และผลผลิตแป้งในมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน.....	39

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะสัณฐานวิทยาของมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 72	4
2.2	ลักษณะสัณฐานวิทยาของมันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89.....	5
2.3	ลักษณะสัณฐานวิทยาของมันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6.....	5
2.4	แสดงลักษณะอาการของโรคใบไหม้ ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. *Manihotis*.....	6
2.5	แสดงลักษณะอาการของโรคใบจุดสีน้ำตาลที่เกิดจากเชื้อรา *Cercosporidium ingsii.*	7
2.6	แสดงลักษณะอาการของโรคแอนแทรคโนส ที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum* spp.	8
2.7	แสดงลักษณะอาการของโรคไวรัสใบด่างของมันสำปะหลัง.....	9
2.8	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ *Fusarium solani*. (A) โคโลนีอายุ 2 วัน ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA, (B, C) ลักษณะของเส้นใยเชื้อราอายุ 7 วัน ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA (D) microconidia (E) macroconidia (F) และ chlamydospores.	10
2.9	โคโลนีของเชื้อรา *Lasiodiplodia* (ก) pycnidia (ข) ลักษณะโคนิเดียของเชื้อรา *L. theobromae* (ค) *L. pseudotheobromae* (ง) *L. parva* (จ) *L. lignicola* (ฉ)	11
2.10	แสดงลักษณะอาการของโรคหัวเน่ามันสำปะหลังที่พบในจังหวัดนครราชสีมา.....	12
4.1	แสดงลักษณะเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae*. (A) และ conidia ในระยะ immature conidia (B) และ mature conidia (C) ที่แยกได้จากแปลงปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา.....	21
4.2	แสดงลักษณะเชื้อรา *Fusarium solani*. (A) microconidia (B) และ macroconidia (C) ที่แยกได้จากแปลงปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา.....	22
4.3	ผลการประเมินพันธุ์มันสำปะหลัง พันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 ระยอง 72 และพิรุณ 6 จากการเข้าทำลายของเชื้อ *Lasiodiplodia theobromae* และ *Fusarium solani* หลังจากการปลูกเชื้อ 14 วัน.....	23
4.4	ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตในลักษณะความสูงที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ของมันสำปะหลังอายุ 2 เดือนหลังปลูก.....	27
4.5	ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตในลักษณะความสูงที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ของมันสำปะหลังอายุ 4 เดือนหลังปลูก.....	27

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.6 ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต ในลักษณะความสูงที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ของมันสำปะหลัง อายุ 8 เดือนหลังปลูก..... 28

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตมันสำปะหลังอันดับ 2 ของโลก มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 8.6 ล้านไร่ จำนวน 523,589 ครัวเรือน ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 30 ล้านตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 9 ของผลผลิตทั่วโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ไทยจึงเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก คิดเป็นมูลค่าประมาณแสนล้านบาทต่อปี ในช่วงระหว่างปี 2553 – 2558 ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังราคาอยู่ในเกณฑ์ดีมาอย่างต่อเนื่อง ราคาหัวมันสดคละเฉลี่ย 2.19 บาท/กก. มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยเนื่องจากปลูกง่าย ทนทานต่อความแห้งแล้ง ดูแลรักษาง่าย และมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีศัตรูพืชรบกวนน้อย แต่ในปี พ.ศ. 2556 พบการระบาดของโรคโคนเน่าหัวเน่าในหลายพื้นที่ โรคนี้มีเชื้อสาเหตุหลายชนิด ได้แก่ เชื้อรา 36 ชนิด และ แบคทีเรีย 4 ชนิด (อรุณี, 2547) จากการวินิจฉัยพบว่า เชื้อสาเหตุสำคัญ คือ *Lasiodiplodia* sp., *Fusarium* sp. และ *Phytophthora* sp. ซึ่งสามารถทำความเสียหายได้มากกว่า 80 % และนอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2562 พบโรคใบด่างมันสำปะหลังในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง จากการวินิจฉัยพบว่า เชื้อสาเหตุสำคัญ คือ Cassava mosaic virus เป็นโรคที่มีความสำคัญ ก่อให้ผลผลิตเสียหาย 80–100% สร้างความเสียให้แก่ผลผลิตมันสำปะหลังจำนวนมาก ส่งผลให้เกษตรกรขาดรายได้ รายงานล่าสุดพบการระบาดใน 15 จังหวัด ได้แก่ อุบลราชธานี, ศรีสะเกษ, สุรินทร์, บุรีรัมย์, นครราชสีมา, ปราจีนบุรี, ฉะเชิงเทรา, ชลบุรี, กาญจนบุรี, สระแก้ว, ระยอง, นครสวรรค์, ลพบุรี, ขอนแก่น และมหาสารคาม คิดเป็นพื้นที่ 55,924 ไร่ ได้ทำลายต้นมันสำปะหลังที่เป็นโรคไปแล้ว 13,111 ไร่ ซึ่งจังหวัดที่พบการระบาดเพิ่มขึ้น มีสาเหตุมาจากการใช้ท่อนพันธุ์ติดโรคที่มาจากแหล่งระบาดของโรค โดยการที่จะป้องกันกำจัดวงจรการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องแก้ที่สาเหตุสำคัญของการระบาดที่เพิ่มขึ้น กรมวิชาการเกษตรได้มีการแนะนำให้เกษตรกรทั้ง 53 จังหวัดที่ปลูกมันสำปะหลัง ให้เลือกซื้อท่อนพันธุ์มันสำปะหลังจากแหล่งที่ไม่มีการระบาดตามที่แนะนำ และไม่ควรใช้พันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 ที่อ่อนแอต่อโรคใบด่าง ให้ปลูกพันธุ์ ระยอง 72, KU 50 หรือ พิรุณ 2 ซึ่งจะมีความทนทานต่อโรคใบด่างมากกว่ามันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 Howeler (2013) และ Emmanuel (2007) ได้แนะนำหลักปฏิบัติการแก้ปัญหาโรคโคนเน่าหัวเน่าโดยการปรับเปลี่ยนพืชปลูก เก็บเศษพืชที่เป็นโรคออกจากแปลงและเผาทำลาย เลือกพื้นที่ปลูกที่มีการระบายน้ำดีและ มีหน้าดินลึก กรณีปลูกในดินเหนียวควรยกร่องปลูก เลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่ดีและแข็งแรงมาปลูก ถ้าจำเป็นต้องใช้ท่อนพันธุ์จากแหล่งที่มีการระบาดของโรค ควรแช่ท่อนพันธุ์ ในสารเคมีเมทาแลกซิล (metalaxyl), ไตรโคเดอร์มา หรือแช่ท่อนพันธุ์ในน้ำร้อน 49 องศาเซลเซียส นาน 49 นาที ก่อนปลูก นอกจากนี้แนวทางในการแก้ปัญหาโรคใบด่าง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้แนะนำไม่ให้เกษตรกรนำเข้าท่อนพันธุ์หรือส่วนขยายพันธุ์จากต่างประเทศ ยกเว้นมันเส้นและหัวมันสด ที่ไม่ติดเหง้าหรือส่วนขยายพันธุ์มาด้วย เลือกใช้ท่อนพันธุ์ที่ปลอดโรคและทราบแหล่งที่มา สำรวจแปลงมันสำปะหลังอย่างสม่ำเสมอ กำจัดแมลงพาหะนำโรค นอกจากนี้การเปลี่ยนพันธุ์และการปรับเปลี่ยน

พืชปลูกเป็นวิธีการที่เกษตรกรยอมรับมากที่สุดและได้ผลดีที่สุด เพราะเป็นการตัดวงจรของเชื้อโรค ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินพันธุ์มันสำปะหลังที่สามารถตอบสนองได้ดีในสภาพแปลงเกษตรกรที่มีการจัดการแบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมให้สุขภาพมันสำปะหลังแข็งแรง (cassava plant health) เพื่อควบคุมโรคและแก้ปัญหาโรคใบด่างและโคนเน่าหัวเน่ามันสำปะหลัง เพื่อเพิ่มผลผลิตในไร่เกษตรกรจังหวัดนครราชสีมา

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินพันธุ์มันสำปะหลังที่มีการจัดการแบบผสมผสานในการแก้ปัญหาโรคโคนเน่าหัวเน่าและสุขภาพมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

โครงการวิจัยและพัฒนานี้เป็นการสรรค์สร้างนวัตกรรมด้านการจัดการโรคมันสำปะหลังที่เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมมันสำปะหลังเพื่อยกระดับรายได้เกษตรกรชุมชนและผู้ประกอบการนวัตกรรมในท้องถิ่น โดย ห้องปฏิบัติการโรคพืชและชีวภัณฑ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี มีบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถในด้านต่าง ๆ อีกทั้งยังมีประสบการณ์ในการทำงานวิจัยทั้งในห้องปฏิบัติการ โรงเรือนทดลอง หรือแปลงทดสอบจริงของเกษตรกร รวมถึงการเผยแพร่องค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีการเกษตรให้แก่เกษตรกรผู้มีความสนใจ ทำให้การทำงานในแต่ละโครงการย่อยมีศักยภาพมากขึ้นและอยู่ภายใต้จุดมุ่งหมายของแผนงานเดียวกัน โดยแผนงานนี้จะเป็นการพัฒนางานวิจัยด้านการจัดการโรคมันสำปะหลังที่จะนำไปสู่การถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรมสู่ผู้ประกอบการ IDE ในท้องถิ่น

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. เกษตรกรได้ทราบว่ามันสำปะหลังพันธุ์ใดเหมาะสมที่มีความทนทานต่อโรคใบด่างและโคนเน่าหัวเน่ามันสำปะหลัง และพันธุ์ที่เหมาะสมในการปลูกในระหว่างที่มีการแพร่ระบาดของโรคมันสำปะหลังระหว่างรอพันธุ์ต้านทานจากหน่วยงานราชการ จำนวน อย่างน้อย 1 พันธุ์

2. การประเมินพันธุ์มันสำปะหลังในแปลงเกษตรกรที่มีการจัดการแบบผสมผสานเพื่อแก้ปัญหาโรคโคนเน่าหัวเน่าและสุขภาพมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา อย่างน้อย 1 เทคนิค

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญและปัญหาของการผลิตมันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถแปรรูปและนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมผงชูรส อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมไม้อัด กระดาษ กาว อุตสาหกรรมการผลิตแอลกอฮอล์ ตลอดทั้งการใช้ประโยชน์ทางด้านการแพทย์ ที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวเจือจางในยาประเภทแคปซูลและยาเม็ด (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, มมป) เนื่องจากไทยเป็นประเทศที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเป็นอันดับที่ 3 ของโลก รองจากประเทศไนจีเนียและบราซิล นอกจากนั้นแล้วประเทศไทยยังเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลกมายาวนาน และสร้างรายได้เข้าประเทศมากกว่าปีละ 3 หมื่นล้านบาท จากการสำรวจการปลูกมันสำปะหลังประจำปี 2563 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 9,439,009 ไร่ ผลผลิตต่อไร่ 3,252 ตัน ผลผลิตรวม 28,999,122 ตัน เปรียบเทียบกับปี 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 8,823,412 ไร่ ผลผลิตต่อไร่ 3,586 ตัน ผลผลิตรวม 31,079,966 ตัน พื้นที่เก็บเกี่ยวในปี 2563 เพิ่มขึ้นจากปี 2562 แต่มีผลผลิตต่อไร่ลดลง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) แสดงถึงการเพิ่มผลผลิตโดยรวมของประเทศมาจากการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มมากขึ้นมากกว่าเพิ่มผลผลิตต่อไร่ มันสำปะหลังจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่จะต้องมีการพัฒนาและส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสู่เกษตรกรให้สามารถปลูกให้มีผลผลิตหัวสดต่อไร่สูงขึ้นและลดต้นทุนการในการผลิตให้ลดลง เพื่อให้เกษตรกรมีผลตอบแทนสูงขึ้น ปัญหาของเกษตรกรผู้ผลิตมันสำปะหลังในปัจจุบันที่สำคัญคือดินเสื่อมโทรม การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้น จึงจำเป็นต้องปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินและการบำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินอย่างสม่ำเสมอ เช่น การใส่วัสดุปรับปรุงดินหรือปุ๋ยอินทรีย์รองพื้นก่อนปลูก การปลูกพืชเพื่อเป็นปุ๋ยพืชสดในการไถกลบก่อนปลูก เป็นต้น นอกจากปัญหาดินเสื่อมโทรมแล้ว โรคและแมลงถือเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลระทบต่อผลผลิตของมันสำปะหลังอย่างมาก โดยเฉพาะโรค โคนเน่าหัวเน่า และใบด่างมันสำปะหลัง ที่พบการระบาดมากในปัจจุบัน และสามารถสร้างความเสียหายต่อผลผลิตได้สูง 80- 100 % (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) การปลูกมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี ยังส่งผลทำให้เกิดการแพร่ระบาดของศัตรูมันสำปะหลังมีความรุนแรงขึ้น การเลือกใช้พันธุ์มันสำปะหลังที่มีความต้านต่อการเข้าทำลายของโรคโดยเฉพาะโรคใบด่างและโคนเน่าหัวเน่ามันสำปะหลังจึงเป็นปัจจัยอีกอย่างที่สามารถลดความเสียหายจากการเกิดโรคได้

2.2 พันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกในประเทศไทย

มันสำปะหลังที่เกษตรกรปลูกสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ มันสำปะหลังชนิดหวาน (sweet type) และ ชนิดขม (bitter type) โดยมันสำปะหลังชนิดหวาน จะมีปริมาณสารไซยาไนด์ในหัวสดต่ำ ไม่ขม สามารถนำมาบริโภคได้โดยตรง มันสำปะหลังชนิดหวานในประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์ ห้านาที ระยอง 2 พิรุณ 2 และ พิรุณ 4 (สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร, 2563) ซึ่งเป็นพันธุ์รับรองที่กรมวิชาการ

เกษตรปรับปรุงขึ้น รวมถึงพันธุ์ พิรุณ 6 ที่กำลังมีการศึกษาและพัฒนาเพื่อให้ได้มันสำปะหลังรับรองพันธุ์ใหม่ที่มีผลผลิตดีและต้านทานต่อโรค มันสำปะหลังชนิดขม เป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณสารไซยาไนด์ในหัวสดสูง มีความเป็นพิษและมีรสขม ไม่เหมาะสำหรับการบริโภคโดยตรง เนื่องจากมีปริมาณแป้งสูง จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปต่างๆ เช่น แป้งมัน มันเส้น มันอัดเม็ด และแอลกอฮอล์ มันสำปะหลังชนิดขมในประเทศไทย ได้แก่ ระยอง 1 ระยอง 3 ระยอง 5 ระยอง 60 ระยอง 72 ระยอง 90 เกษตรศาสตร์ 50 ศรีราชา 1 และห้วยบง 60 ฯลฯ (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, มมป) พันธุ์มันสำปะหลังที่กรมส่งเสริมเกษตรแนะนำให้เกษตรกรปลูก ได้แก่ เกษตรศาสตร์ 50 ระยอง 72 และ ห้วยบง 60 เนื่องจากต้านทานต่อโรคใบด่างที่ระบาดมากในปัจจุบัน และเลิกปลูกพันธุ์ที่อ่อนแอ เช่น พันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89

2.2.1 ลักษณะสัณฐานวิทยาของมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 72

มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 เป็นพันธุ์ที่ได้รับการรับรองพันธุ์เมื่อปี 2543 เกิดจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ ระยอง 1 กับ ระยอง 5 พันธุ์ระยอง 72 เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม มีความงอกดี ท่อนพันธุ์มีความทนแล้งมากกว่าพันธุ์อื่น ไม่พบปัญหาโรคต้นเน่าจนถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต ต้านทานต่อโรคใบด่าง และให้ผลผลิตหัวสดสูงเฉลี่ย 5.17 ตันต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้งในฤดูฝน เฉลี่ย 21.2 เปอร์เซ็นต์ และในฤดูแล้งเฉลี่ย 24-26 เปอร์เซ็นต์ (รวีวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์, มมป) โดยมีลักษณะประจำพันธุ์ คือ ลำต้นอ่อนมีสีเขียว ลำต้นตั้งตรงสูงประมาณ 200 เซนติเมตร มีระดับการแตกกิ่ง 0-1 ระดับ ที่ความสูง 130-140 เซนติเมตร ยอดอ่อนมีสีม่วง เมื่อใบแก่จะมีสีเขียวเข้ม ก้านใบสีแดงเข้ม ยาวประมาณ 25-30 เซนติเมตร เปลือกนอกของหัวมีสีน้ำตาลอ่อน และเนื้อสีขาว

ภาพที่ 2.1 ลักษณะสัณฐานวิทยาของมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 72 (ที่มา: รวีวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์, มมป)

2.2.2 ลักษณะสัณฐานวิทยาของมันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89

มันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 ผสมขึ้นมาในปี 2543 ปัจจุบันยังไม่ได้เป็นพันธุ์รับรอง เนื่องจาก มีความอ่อนแอต่อหลายโรคโดยเฉพาะ โคนเน่าหัวเน่า และใบด่างมันสำปะหลัง แต่เกษตรกรในภาค

ตะวันออกเฉียงเหนือมีการนำมาปลูกเป็นจำนวนมากรองจากพันธุ์ ระยอง 72 เนื่องจากให้ผลผลิตหัวสดสูงมาก โดยได้มีการทดลองปลูกในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่ามีผลผลิตหัวสดสูงถึง 15.20 ตันต่อไร่ แต่มีเปอร์เซ็นต์แป้งค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 22.50 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะประจำพันธุ์ คือ ลำต้นอ่อนมีสีเขียว ลำต้นตั้งตรงสูง มีระดับการแตกกิ่ง ที่ความสูง 2 เมตร ยอดอ่อนมีสีเขียว เมื่อใบแก่จะมีสีเขียวเข้ม ก้านใบสีเขียว มีใบหนาแน่น ช่วยลดการแข่งขันของวัชพืชได้ดี หัวของมันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 มีความยาวมาก และให้หัวดก เปลือกนอกของหัวมีสีขาวนวล และเนื้อสีขาว

ภาพที่ 2.2 ลักษณะสัณฐานวิทยาของมันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89

2.2.3 ลักษณะสัณฐานวิทยาของมันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6

มันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6 เกิดจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ ห้วยบง 60 กับ ห้านาที เป็นมันสำปะหลังชนิดหวานที่อยู่ระหว่างการศึกษาการให้ผลผลิตในแต่ละพื้นที่ ซึ่งพันธุ์ พิรุณ 6 มีความน่าสนใจคือเป็นพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อการเกิดโรคใบด่าง ให้ผลผลิตดี หัวสดมีปริมาณไซยาไนด์ในระดับต่ำ เหมาะแก่การนำมาบริโภคโดยตรง เช่น การนำไปเชื่อม ทอด ปิ้ง หรือแปรรูปเป็นแป้งฟลาร์วที่ปราศจากสารกลูเต็นเพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเบเกอรี่ โดยมันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6 มีลักษณะประจำพันธุ์ คือ ยอดอ่อนมีสีแดง เมื่อใบแก่จะมีสีเขียวเข้ม ก้านใบสีแดง ลำต้นอ่อนมีสีเขียวปนแดง ความสูงเฉลี่ยประมาณ 2 เมตร ให้หัวจำนวนมาก เปลือกนอกของหัวมีสีน้ำตาลขรุขระ เปลือกในสีชมพู และมีเนื้อสีขาว

ภาพที่ 2.3 ลักษณะสัณฐานวิทยาของมันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6

2.3 โรคมันสำปะหลังที่สร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจ

2.3.1 โรคใบไหม้ (Cassava Bacterial Blight: CBB) เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* สามารถพบการระบาดได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งสามารถสร้างความเสียหายให้มันสำปะหลังตั้งแต่ 30-80 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และความเสียหายอาจรุนแรงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีเชื้อโรค เช่น เชื้อ *Colletrotrichum* spp. และ *Choanephora cucurbitarum* ร่วมเข้าทำลาย เชื้อก่อโรคใบไหม้สามารถแพร่ระบาดได้โดยการติดไปกับท่อนพันธุ์ แพร่กระจายไปโดยฝนหรือดิน หรือเครื่องมือที่ใช้ในการเกษตร ในบางประเทศมีรายงานว่า แมลงเป็นตัวการในการแพร่ระบาดเชื้อสาเหตุของโรคสามารถอยู่รอดบนเศษซากพืชได้นานกว่า 2 ปี ลักษณะอาการของโรค เริ่มแรกใบจะมีจุดเหลี่ยมฉ่ำน้ำกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ใบ อาจมีวงสีเหลืองล้อมรอบจุดเหลี่ยม อาการจะพัฒนาขึ้นทำให้จุดเหลี่ยมขยายตัวติดกันเป็นอาการใบไหม้สีน้ำตาล แห้ง แล้วหลุดร่วง บางครั้งพบอาการที่เส้นกลางใบและแผ่ขยายสู่พื้นที่ใบ ในส่วนของลำต้นที่ถูกเชื้อเข้าทำลายจะแสดงอาการเป็นแผลรูปร่างคล้ายกระสวยสีน้ำตาลเข้มถึงสีดำ ขอบแผลฉ่ำน้ำ และพบก้อนสีเหลืองขนาดเล็กติดอยู่บริเวณแผล เมื่อแผลขยายตัวจะลงลึกถึงเนื้อลำต้นทำให้เปราะและเกิดการหักได้ ส่วนยอดที่ติดเชื้อจะแสดงอาการตายจากยอดลามลงมาตามลำต้นส่วนล่าง ในที่สุดใบที่ยอดจะหลุดร่วงและแห้งตาย นอกจากนี้ยังทำให้ระบบท่อน้ำท่ออาหารของลำต้นและรากเน่า การควบคุมโรคสามารถทำได้โดยการใช้พันธุ์ต้านทาน หรือใช้ท่อนพันธุ์ที่ปราศจากเชื้อ หลีกเลี่ยงการปลูกมันสำปะหลังในแปลงที่เคยมีการระบาดรุนแรง หากจะต้องปลูกควรไถกลบเศษซากมันสำปะหลังให้ลึกและไถดินตากแดดอย่างน้อย 2-4 สัปดาห์ก่อนปลูก หรือปลูกพืชอายุสั้นเป็นพืชหมุนเวียน นอกจากนี้การฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ เช่น *Pseudomonas fluorescens* ทำให้จำนวนจุดบนใบและจำนวนใบไหม้ต่อต้นลดลง และทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 2.7 เท่า และการใช้สารเคมี ได้แก่ สารประกอบทองแดงชนิด ต่างๆ ควรใช้ร่วมกับการตัดแต่งกิ่งที่ปรากฏอาการของโรค

ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะอาการของโรคใบไหม้ ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. *Manihotis* (ที่มา: Taylor et al., 2017)

2.3.2 โรคใบจุดสีน้ำตาล (Brown Leaf Spot) เกิดจากเชื้อรา *Cercosporidium ingsii* เป็นโรคที่พบในมันสำปะหลังเกือบทุกพันธุ์ ความรุนแรงของโรคขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม พันธุ์และอายุพืช มันสำปะหลังที่มีอายุ 3-5 เดือนจะมี ความต้านทานต่อโรคนี้มากกว่ามันสำปะหลังที่มีอายุ 14-16 เดือน และสามารถพบโรคในแหล่งที่มี ความชื้นต่ำและแห้งแล้งได้ โรคใบจุดสีน้ำตาลจะไม่ทำให้ผลผลิตของ

มันสำปะหลังลดลงมากนัก ผลผลิตจะแตกต่างเฉพาะในพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรค สำหรับในพันธุ์ระยอง 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เป็นโรคในระดับปานกลาง พบว่า ทำให้ผลผลิตลดลงตั้งแต่ 14-20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากทำให้ใบล่างร่วงเร็วกว่าปกติ ลักษณะอาการโดยทั่วไป ต้นที่เป็นโรคมีการเจริญเติบโตเป็นปกติ จะพบอาการของโรคบนใบล่างมากกว่าใบบน โดยเกิดอาการใบจุดค่อนข้างเหลี่ยมตามเส้นใบ แผลสีน้ำตาลมีขอบชัดเจน จุดแผลด้านหลังใบมีสีเทาซึ่งเป็นเส้นใยและส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อสาเหตุโรค ในมันสำปะหลังพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรค แผลจะล้อมรอบด้วยวงสีเหลือง และตรงกลางแผลอาจจะแห้งและหลุดเป็นรู เชื้อราสาเหตุของโรคสามารถอาศัยอยู่ได้บนใบมันสำปะหลังที่ร่วงอยู่ในไร่ และสร้างสปอร์เมื่อมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สปอร์เหล่านี้จะแพร่กระจายไปโดยลมหรือเม็ดฝนพาไปตกบนใบปกติ ทำให้เกิดการแพร่โรคได้ต่อไป การป้องกันโรคสามารถทำได้โดยการเลือกใช้พันธุ์แนะนำซึ่งมีความต้านทานโรคปานกลาง ยกเว้นพันธุ์ห้วยบง 80 เมื่อพบโรคระบาดมากในต้นมันสำปะหลังอายุ 2-5 เดือน อาจใช้สารเคมีพวกสารประกอบทองแดง (copper) หรือสารคาร์เบนดาซิม (carbendazim) หรือ เบโนมิล (benomyl) ในการควบคุมความรุนแรง

ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะอาการของโรคใบจุดสีน้ำตาลที่เกิดจากเชื้อรา *Cercosporidium ingsii* (ที่มา: Pei et al., 2014; Prasad et al., 2021)

2.3.3 โรคแอนแทรคโนส (Cassava Anthracnose Disease, CAD) เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum* spp. โรคนี้จะพบทุกแหล่งปลูกมันสำปะหลังหลังจากมีฝนตกติดต่อกันเป็นเวลานาน สามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตได้ 10-80 เปอร์เซ็นต์ สำหรับมันสำปะหลังที่มีอายุประมาณ 1 เดือน จะทำให้ต้นตายได้ โดยใบจะแสดงอาการขอบใบและปลายใบไหม้ แล้วลุกลามเข้าสู่กลางใบ ทำให้ใบแห้งมีสีน้ำตาลและหลุดร่วง ในบริเวณแผลไหม้จะพบเม็ดสีดำขนาดเล็กกระจายอยู่เต็มพื้นที่ใบ ซึ่งเป็นกลุ่มของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรค ที่ก้านใบจะแสดงอาการตรงบริเวณที่ติดกับลำต้นและที่ติดกับตัวใบเป็นแผลสีน้ำตาล เนื้อเยื่อบริเวณนี้ถูกทำลายจะอ่อนตัวลง ทำให้ใบหักลู่ลงตามลำต้น นอกจากนี้บริเวณกลางก้านใบจะเป็นแผลรูปกระสวยสีน้ำตาล และมีของเหลวสีชมพูหรือสีส้มคลุมพื้นที่แผล ส่วนของลำต้น เชื้อราเข้าทำลายตรงรอยแผลที่เกิดจากการหลุดร่วงของก้านใบทำให้เกิดแผลสีน้ำตาล มีขนาดรูปร่างไม่แน่นอน และแผลจะขยายตัวไปสู่ยอดมากกว่าขยายตัวลงลำต้นส่วนล่าง นอกจากนี้จะพบก้อนสีเหลืองที่บริเวณแผลด้วย ส่วนยอดของมันสำปะหลัง เริ่มแรกยอดอ่อนจะเหี่ยวแล้วค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลถึงสีดำ และอาการจะลุกลามลงมาสู่ลำต้นส่วนกลาง ในที่สุดยอดจะแห้งตาย ใบหลุดร่วง พบเม็ดสีดำขนาดเล็กกระจายเต็มพื้นที่ส่วนยอดที่แห้งตาย และอาจพบก้อนสีเหลืองของยางมันสำปะหลังด้วย เชื้อก่อโรคสามารถแพร่ระบาด

ไปกับท่อนพันธุ์ การกระจายเม็ดฝน ดิน แมลงปากกัด เครื่องมือที่ใช้ในทางการเกษตร และพืชอาศัยชนิดต่างๆ มักมีการระบาดเมื่ออากาศมีความชื้นสูง และอุณหภูมิไม่สูงมาก ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนที่ฝนตกติดต่อกันนาน 1-2 สัปดาห์ การระบาดของโรคจะมีความรุนแรงขึ้นเมื่อมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงในช่วงที่เหมาะสมต่อการระบาดของโรค การป้องกันกำจัดสามารถทำได้โดยการเลือกใช้พันธุ์ต้านทาน และปลอดเชื้อสาเหตุโรค ในพื้นที่ที่ปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันเป็นเวลานาน ควรไถดินกลบเศษซากมันสำปะหลังที่ติดเชื้อและไถตากดินก่อนปลูกในรอบถัดไป ควรลดอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตเจนและเพิ่มอัตราปุ๋ยโปแทสเซียม หรือหากมีความรุนแรงมากสามารถใช้สารเคมีประเภทสารประกอบทองแดง หรือ สารคาร์เบนดาซิมในการควบคุมโรคร่วมกับการตัดแต่งส่วนที่แสดงอาการโรคทิ้ง

ภาพที่ 2.6 แสดงลักษณะอาการของโรคแอนแทรคโนส ที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum* spp. (ที่มา: รังษี เจริญสถาพร และ อมรรัชฎ์ คิดใจเดียว, 2553)

2.3.4 โรคไวรัสใบด่างของมันสำปะหลัง (Cassava Mosaic Disease, CMD) เกิดจากเชื้อไวรัส Sri Lankan cassava mosaic virus (SLCMV) จัดอยู่ใน Genus *Begomovirus, Geminiviridae* Family สามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตได้ 80-100% (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2561) ขึ้นอยู่กับความต้านทานของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ โดยมันสำปะหลังจะแสดงอาการใบด่างเหลือง ใบเสียรูปทรง ยอดที่แตกใหม่จะแสดงอาการด่างเหลือง ลำต้นแคระแกร็น หัวมันสำปะหลังมีขนาดเล็กกว่าปกติ เชื้อก่อโรคสามารถแพร่ระบาดโดยท่อนพันธุ์ และแมลงพาหะ คือ แมลงหวี่ขาวยาสูบ โดยในท่อนพันธุ์ที่ติดเชื้อเมื่อนำไปปลูก ใบชุดแรกจะแสดงอาการให้เห็นทันทีที่เริ่มแตกออกมา ในกรณีที่เป็นท่อนพันธุ์ปลอดเชื้อแมลงหวี่ขาวจะเริ่มเข้าทำลายในช่วง 2-3 สัปดาห์หลังงอกและหากแมลงที่ลงดูดกินเป็นแมลงติดเชื้อมันสำปะหลังจะเริ่มแสดงอาการในสัปดาห์ถัดไป การถ่ายทอดโรคโดยแมลงจะเกิดได้ยากขึ้นเมื่อมันสำปะหลังมีอายุมากขึ้น การแพร่ระบาดของโรค CMD จึงเกิดขึ้นได้รวดเร็วและกว้างไกลมากหากไม่มีการตรวจสอบความปลอดโรคในท่อนพันธุ์ เชื้อก่อโรค CMD มีพืชอาศัยอยู่ในตระกูล Euphorbiaceae และ Solanaceae บางชนิด ตัวอย่างของพืชอาศัยตระกูล Euphorbiaceae ได้แก่ ละหุ่ง มันสำปะหลัง และสบู่ดำ และตระกูล Solanaceae ได้แก่ *Nicotiana clevelandii, N. benthamiana* และ *Datura stramonium* (โสภณ วงศ์แก้ว, 2560) การป้องกันการแพร่ระบาดสามารถทำได้โดยการเลือกใช้พันธุ์ที่ปลอดโรคไม่ใช้ท่อนพันธุ์จากแหล่งที่พบการระบาดของโรค หรือใช้พันธุ์ต้านทานที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำ เช่น ระยอง 72 หลังจากปลูกแล้วควรสำรวจแปลงมันสำปะหลังอย่างสม่ำเสมออย่างน้อย

สัปดาห์ละครั้ง เมื่อพบการเกิดโรคให้ทำการถอนและทำลายโดยการเผาหรือฝัง กำจัดแมลงพาหะโดยการฉีดพ่นไวท์ออย หรือใช้เชื้อราปฏิปักษ์บิววาเรีย หลีกเลี่ยงการปลูกพืชอาศัยของแมลงหวี่ขาวยาสูบ เช่น โหระพา กะเพรา ผักชีฝรั่ง พริก มะเขือ มันฝรั่ง และพืชตระกูลถั่ว และพืชอาศัยของเชื้อไวรัสใบด่างมันสำปะหลัง เช่น สบู่ดำ ละหุ่ง บริเวณแปลงปลูกมันสำปะหลัง

ภาพที่ 2.7 แสดงลักษณะอาการของโรคไวรัสใบด่างของมันสำปะหลัง

2.3.5 โรคโคนเน่าหัวเน่า (Cassava root rot disease: CRRD) เป็นโรคที่เกิดจากสาเหตุหลายชนิด เช่น *Lasiodiplodia* spp. และ *Fusarium* spp. เป็นโรคที่ทำให้ผลผลิตสูญเสียโดยตรง โดยเฉพาะในแหล่งที่ดินระบายน้ำได้ยาก ฝนตกชุกเกินไปหรือในพื้นที่ที่เคยปลูกกาแฟ ยาง หรือเป็นป่าไม้มาแล้ว ในบางครั้งสามารถพบได้ในแหล่งที่ดินมีการชะล้างสูง โรคนี้สามารถเกิดได้ทั้งระยะต้นกล้าและระยะที่ลงหัวแล้ว

2.4 โรคโคนเน่าหัวเน่ามันสำปะหลัง

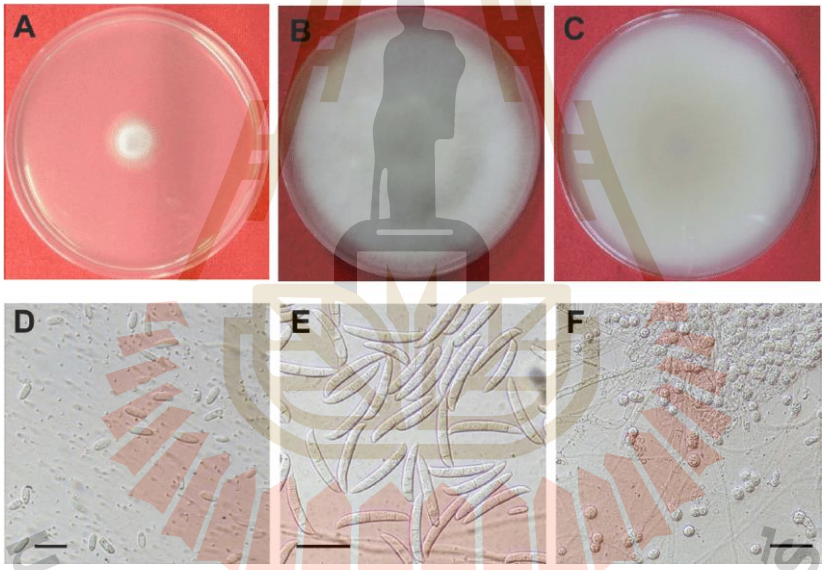
2.4.1 เชื้อสาเหตุโรคโคนเน่าหัวเน่ามันสำปะหลัง

โรคโคนเน่าและหัวเน่าเกิดจากสาเหตุหลายชนิด ในประเทศไทยรายงานว่าโรคโคนเน่าหัวเน่าเกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* sp. ในปี พ.ศ.2558 สุทธิสา ดัชนีย์ รายงานว่าโรคโคนและรากเน่าของมันสำปะหลังเกิดจากเชื้อรา 5 สกุล คือ *Lasiodiplodia* spp. ที่พบมากที่สุด รองลงมาคือ *Fusarium* spp., *Neoscytalidium sp.*, *Phytophthora* spp., *Sclerotium* sp. ในปี 2562 พรปวีณ์ และคณะ ได้เก็บรวบรวมตัวอย่างดินและมันสำปะหลังที่เป็นโรคโคนเน่าหัวเน่าจากแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญในจังหวัดนครราชสีมา ระยอง และตาก พบว่าสามารถจำแนกเชื้อราได้ทั้งหมด 3 สกุล ได้แก่ *Pythium* spp. (*P. acanthicum* และ *P. graminicola*) เชื้อรา *F. solani* และเชื้อรา *N. hyalinum* ในต่างประเทศมีรายงานว่าโรคโคนเน่าและหัวเน่ามันสำปะหลังเกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อราหลายชนิด ได้แก่ *Phytophthora* spp. , *Scytalidium* spp. , *Botryodiplodia theobromae*, *Armillaria mellea*, *S. rolfsii*, *Nattrassia mangiferae*, *Diplodia* sp. และ *Fusarium* spp. (Oliveira et al., 2017; Msikita et al., 1998, 2005; Onyeka et al., 2004) โดยในประเทศบราซิลมีรายงานว่า โรคหัวเน่าเละมันสำปะหลังเกิดจากเชื้อรา *P. drechsleri* และโรคหัวเน่าแห้งมันสำปะหลังเกิดจากเชื้อรา *Fusarium* spp.

(Bandyopadhyay et al., 2006; Muniz et al., 2006) โรคนี้สร้างความเสียหายต่อผลผลิตมันสำปะหลังเป็นอันดับต้นๆ ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังลดลงถึง 80-100% ของผลผลิตรวม (Msikita et al., 2005) ลักษณะอาการหลักที่พบส่วนใหญ่จะมีกลิ่นเหม็น ถ้าเกิดจากเชื้อรา *Fusarium* spp. เนื้อเยื่อจะมีสีชมพูหรือสีเหลือง แต่ถ้าเกิดจากเชื้อรา *L. theobromae* เนื้อเยื่อจะมีสีเทาดำ ในบางอาการจะพบเส้นใย sclerotia หรือ pycnidia บริเวณรอบโคนต้น (Onyeka., 2002)

2.4.1.1 ข้อมูลทั่วไปของเชื้อรา *Fusarium* spp.

โคโลนีของเชื้อบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) มีลักษณะฟูสีขาวครีม เส้นใยใสมีผนังกั้น (Septate hypha) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อเมื่อตรวจดูใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 200 เท่า และ 400 เท่า พบว่า macroconidia มีลักษณะค่อนข้างสั้น โค้ง โดยมี 3-4 septam มีขนาด 27.7×4.0 ไมครอน ส่วน microconidia มีลักษณะคล้ายรูปไข่หรือกระสวย มี 0-1 septum มีขนาด 8.0×5.0 ไมครอน และพบ chlamydospore ลักษณะกลมผนังหนามี 1- 3 septum

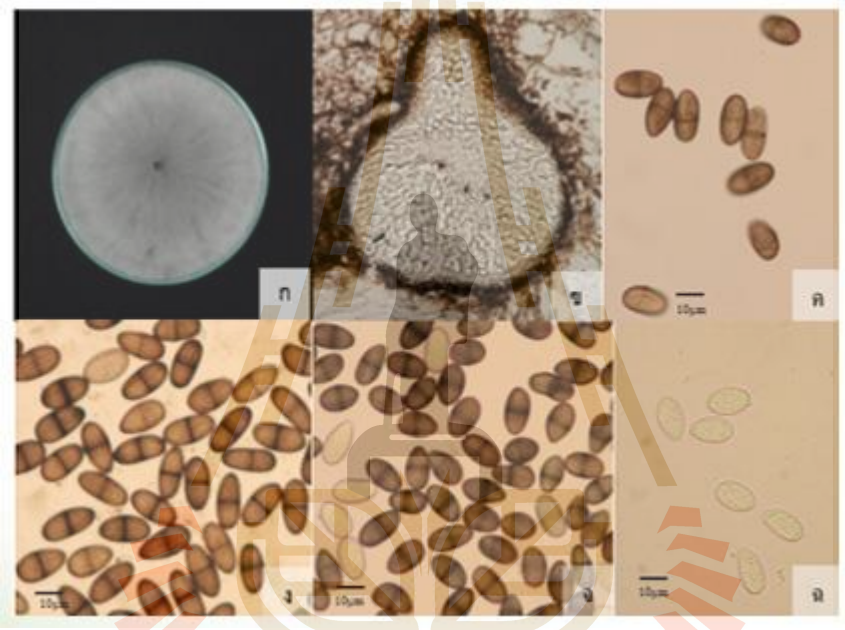


ภาพที่ 2.8 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ *Fusarium solani*. (A) โคโลนีอายุ 2 วัน ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA, (B, C) ลักษณะของเส้นใยเชื้อราอายุ 7 วัน ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA (D) microconidia (E) macroconidia (F) และ chlamydospores. (ที่มา: Jeon et al., 2013)

2.4.1.2 ข้อมูลทั่วไปของเชื้อรา *Lasiodiplodia* spp.

เส้นใยเชื้อรา *Lasiodiplodia* spp. เจริญได้ดีบนอาหาร PDA เส้นใยเมื่อยังอายุน้อยมีสีขาวละเอียดและค่อนข้างฟู ซึ่งจะเจริญเต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อหลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 2 วัน เมื่อโคโลนีแก่เส้นใยจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเทาดำ เส้นใยมีผนังกั้น (septate hyphae) มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยเส้นใยของเชื้อราเมื่ออายุมากจะสร้าง fruiting body ที่เรียกว่า conidiomata แบบ pycnidia ซึ่งมีโครงสร้าง

เป็น flask shape ภายในมีการสร้างโคนิเดียในระยะ immature ซึ่งมีลักษณะใสไม่มีสีและไม่มีผนังกั้นตามขวาง จากนั้นเปลี่ยนเป็นระยะ mature ที่มีสีน้ำตาลถึงดำมี 1 septum รอยขีดลักษณะขรุขระตามยาวที่ผิวด้านนอก โดยลักษณะรูปร่างและขนาดของโคนิเดียสามารถจำแนกชนิดของเชื้อราได้ดังนี้ *L. theobromae* โคนิเดียรูปร่าง subovoid ถึง ellipsoid-ovoid ขนาด 22.24-26.68 x12.24-13.66 µm มี 1 septum *L. pseudotheobromae* โคนิเดียรูปร่าง ellipsoid ขนาด 21.32-27.71×9.57-13.64 µm มี 1-2 septum และ *L. parva* โคนิเดียรูปร่าง ovoid ขนาด 13-24.01×8.82-13.79 µm และ พบ 1 ไอโซเลท ใกล้กับเชื้อรา *L. lignicola* ขนาดเท่ากับ 26.13-28.68x 14.16-16.21 µm และพบว่าไม่เปลี่ยนเป็นระยะ mature conidia (ภาพที่ 2.5)



ภาพที่ 2.9 โคโลนีของเชื้อรา *Lasiodiplodia* (ก) pycnidia (ข) ลักษณะโคนิเดียของเชื้อรา *L. theobromae* (ค) *L. pseudotheobromae* (ง) *L. parva* (จ) *L. lignicola* (ฉ) (ที่มา: รังสิมันต์ และคณะ 2564)

2.4.2 ลักษณะอาการของโรคโรคโคนเน่าหัวเน่ามันสำปะหลัง

ในประเทศไทยพบการระบาดของโรคโคนและหัวเน่าในมันสำปะหลังในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาและหลายพื้นที่ปลูกสำคัญ โดยพบโรคโคนต้นเน่า (stem rot) เกิดจาก เชื้อรา *Glomerella cingulate* และ*Lasiodiplodia theobromae* ซึ่งเกิดกับส่วนของท่อนพันธุ์และลำต้น และโรครากเน่า (root rot) พบได้ 4 ลักษณะ คือ **โรคหัวเน่าเละ** (cassava soft root rot disease) เกิดจากเชื้อ *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* และเกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* sp., *Pythium* sp.และ *Fusarium* sp. *Phytophthora drechsleri* (Muniz et al., 2006) พบในระยะกล้าและระยะลงหัวแล้ว

มีอาการต้นเหี่ยวเฉาใบล่างมีสีเหลือง และเหี่ยวแห้งหลุดร่วงลงมา ส่วนใบที่บริเวณยอดมีขนาดเล็ก ต้นแคระแกร็น ไม่เจริญเติบโต เมื่อขุดรากดูพบรากเน่าเละสีน้ำตาล มีกลิ่นเหม็น **โรคหัวเน่าแห้ง** (cassava dry root rot disease) เกิดจากเชื้อรา *Fusarium* spp. *Rigidoporus* sp., *Armillariella* sp., และ *S. rolfsii* (Oliveira et al., 2017; Bandyopadhyay et al., 2006). ในประเทศไทยมีรายงานพบเชื้อรา *F. solani* เป็นสาเหตุของโรคหัวเน่าแห้ง (พรปวีณ์ ธิวัฒน์วรานิกุล และคณะ, 2562) พบในระยะลงหัวแล้ว รากและหัวมีอาการเน่าแห้ง ฝ่อ มีกลิ่นเหม็นคล้ายไม้เน่า พบเส้นใยเชื้อราสีขาวคล้ายเส้นด้ายและดอกเห็ดสีต่างๆ เช่น สีขาว สีเหลือง หรือส้มเจริญปกคลุมบริเวณโคนต้น ต้นเหี่ยวเหลือง นอกจากนี้โคนต้นจะบวม เนื่องจากมีการสร้างเนื้อเยื่อขึ้นมาทดแทนส่วนที่ถูกทำลายไปและอาจเกิดรากใหม่ตรงบริเวณเนื้อเยื่อที่บวม ทำให้เกิดหัวมันสำปะหลังใหม่ขึ้นมาแต่มีขนาดเล็ก **โรคหัวเน่าดำ** (cassava black root rot disease) เกิดจากเชื้อรา ได้แก่ *Lasiodiplodia euphorbicola, L. pseudotheobromae* และ *Neoscytalidium hyalinum* (Machado et al. 2014) พบในทุกระยะ โดยท่อนพันธุ์ ต้น ราก และหัวมีอาการเน่าสีดำหรือสีน้ำตาลเข้ม เนื่องจากเป็นสีที่เกิดจากเส้นใยของเชื้อรา หรือส่วนขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของเชื้อรา **โรคเน่าคอดิน** (damping-off or root rot) เกิดจากเชื้อรา *Sclerotium* sp. และ *Rhizoctonia* sp. พบในทุกระยะตั้งแต่ท่อนพันธุ์ ต้นกล้า ราก และลงหัว ลักษณะต้นมันสำปะหลังจะเหี่ยวเฉาตายและมีเม็ดผักกาด (sclerotia) พร้อมกับเส้นใยสีขาวปกคลุมส่วนของโคนต้นที่ติดอยู่กับผิวดิน มักพบอาการในต้นกล้า (สุทธิสา ดัชนีย์. 2558)

ภาพที่ 2.10 แสดงลักษณะอาการของโรคหัวเน่ามันสำปะหลังที่พบในจังหวัดนครราชสีมา

2.5 การจัดการโรคโคนเน่าหัวเน่ามันสำปะหลังแบบผสมผสาน

การแก้ปัญหาโรคโคนเน่าหัวเน่ามันสำปะหลังแบบผสมผสาน คือการเลือกใช้หลายๆวิธีร่วมกันอย่างเหมาะสมในการควบคุมโรคให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายของผลผลิตในระดับเศรษฐกิจ เพื่อให้การควบคุมศัตรูพืชมีประสิทธิภาพสูงสุด ประหยัดและปลอดภัยที่สุด หลักการที่สำคัญของการจัดการโรคพืชแบบผสมผสานที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการควบคุมโรคพืช มีแนวคิดหลัก 4 ประการ คือ 1. ปลูกพืชให้แข็งแรง จะสามารถต้านทานเชื้อสาเหตุโรคพืชรวมถึงศัตรูพืชชนิดต่างๆ ได้ เช่น การใช้พันธุ์ที่ดี แข็งแรง การเตรียมดินที่เหมาะสม การให้ปุ๋ยและน้ำอย่างเป็นระบบและการปลูกพืชหมุนเวียน 2. รักษาสมดุลทางนิเวศเกษตรซึ่งได้แก่ จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมประชากรของเชื้อสาเหตุโรคให้อยู่ในในสภาพสมดุล และสร้างสภาพที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตและเพิ่มปริมาณของศัตรูธรรมชาติ เช่น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยไม่จำเป็น 3. ตรวจสอบสภาพแปลงอย่างสม่ำเสมอ คอยติดตามสังเกตความผิดปกติของพืชที่อาจเกิดขึ้นในแปลงปลูกพืช เช่น การเกิดโรค หรือมีการระบาดของแมลงพาหะของโรค เพื่อที่จะสามารถตัดสินใจหาวิธีการที่จะแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและทันท่วงที 4. กำหนดวิธีการในการจัดการหรือควบคุมโรคพืชได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ โดยวิธีการที่จะนำมาใช้ในการจัดการโรคพืชนั้นมีหลายวิธี โดยแบ่งเป็นวิธีต่าง ๆ ได้แก่ 1) **วิธีเขตกรรม** (Cultural Control) คือ การปรับปรุงสภาพแวดล้อมเพื่อให้พืชเจริญเติบโต แข็งแรง ทนทานต่อการเข้าทำลายของศัตรูพืช โดยใช้วิธีการและปัจจัยในการปลูกพืชอย่างถูกต้อง เช่น การปลูกพืชหมุนเวียน การปลูกพืชแบบผสมผสาน และการเลื่อนเวลาปลูกเพื่อหลีกเลี่ยงการระบาดของโรค โดย Howeler (2013) และ Emmanuel (2007) ได้แนะนำหลักปฏิบัติ คือ การปรับเปลี่ยนพืชปลูก เก็บเศษพืชที่เป็นโรคออกจากแปลงและเผาทำลาย ซึ่งสามารถตัดวงจรของเชื้อก่อโรคและลดความรุนแรงของโรคโคนเน่าหัวเน่ามันสำปะหลังได้ 2) **วิธีกล** (Mechanical control) คือ การลดปริมาณศัตรูพืชด้วยวิธีหรือเครื่องมือง่ายๆ เมื่อมีศัตรูพืชเข้าทำลาย ถ้าพบจำนวนน้อยสามารถใช้แรงงานคนเครื่องมือหรืออุปกรณ์ช่วยในการทำลาย 3) **วิธีทางกายภาพ** (Physical control) คือ การใช้วิธีการหรือเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการควบคุมโรค เช่น การใช้น้ำร้อนแช่ท่อนพันธุ์ก่อนปลูกเพื่อลดปริมาณเชื้อก่อโรค 4) **ชีววิธี** (Biological Control) คือ การใช้สิ่งมีชีวิตที่เป็นเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการลดปริมาณประชากรของเชื้อโรคพืชหรือลดกิจกรรมของเชื้อก่อโรคอันจะก่อให้เกิดโรคกับพืชให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จะมีกลไกควบคุมเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรค 4 ลักษณะ คือ 1.การทำลายชีวิต (Antibiosis) เป็นภาวะที่สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งหลั่งสารเคมีออกมายับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง ยกตัวอย่างเช่น แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. solani* ซึ่งเป็นเชื้อสาเหตุของโรคโคนเน่าหัวเน่าในมันสำปะหลัง (Saengchan et al., 2022) 2. การเป็นปรสิต (Parasitism) เป็นภาวะที่สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งแย่งหรือกินอาหารจากสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง ยกตัวอย่างเช่น เชื้อรา *Bionectria* sp. และ *Trichoderma* spp. ที่สามารถพันรัดเส้นใยของเชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคพืช และแทงส่วนของเส้นใยเข้าไปภายในและใช้อาหารจากเส้นใยของเชื้อรา ทำให้เชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคพืชนั้นไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ 3. การชักนำให้เกิดความต้านทานโรค (induced resistance) โดยจุลินทรีย์มีการสร้างสารที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เช่น plant growth promoting

rhizobacteria: PGPR หรือกระตุ้นให้พืชมีภูมิต้านทาน (Induced systemic resistance: ISR) 4. การแข่งขัน (Competition) เป็นภาวะที่สิ่งมีชีวิตสองชนิดอาศัยอยู่ร่วมกันและมีการแข่งขันกันเพื่อใช้ปัจจัยในการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิตที่มีความสามารถในการแข่งขันมากกว่าจะเจริญเติบโตได้ดีกว่า (ศิริพรรณ สุขขัง, 2560) ยกตัวอย่างเช่น เชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่ตอนนี้มีการแนะนำให้ใช้อย่างแพร่หลายในการควบคุมโรคพืช เป็นเชื้อราที่มีความสามารถในการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วในดิน เนื่องจากสามารถทนทานต่อสารพิษต่างๆ ในดิน เช่น สารกำจัดวัชพืช สารประกอบฟีนอลิก เป็นต้น นอกจากนี้ *Trichoderma* spp. ยังมีความสามารถเคลื่อนย้ายและดูดซึมธาตุอาหารจากดินได้อย่างดีเมื่อเทียบกับสิ่งมีชีวิตอื่น (Benítez et al., 2004) และยังสามารถทำลายเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ การใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ควบคุมโรคพืชมีข้อดีหลายอย่าง คือ ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่ยังมีข้อจำกัด คือ ต้องใช้อย่างต่อเนื่องจึงจะเห็นผล และสภาพแวดล้อมต้องเหมาะสมในการเจริญและการทำกิจกรรมต่างๆ ของเชื้อจุลินทรีย์ 5) **วิธีทางเคมี (Chemical control)** เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพวิธีการหนึ่งที่เกษตรกรนิยมใช้ เนื่องจากเห็นผลเร็ว แต่บ่อยครั้งที่มีรายงานว่าเชื้อโรคสามารถแสดงอาการดื้อต่อสารเคมีได้ ซึ่งมีสาเหตุหลายประการที่พ่นสารเคมีแล้วไม่ได้ผล เช่น การผสมสารเคมีหลาย ๆ ชนิดเข้าด้วยกัน สารบางชนิดเมื่อผสมกันแล้วจะไปทำลายหรือลดประสิทธิภาพของสารทำให้ไม่ได้ผล เช่น การผสมสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรากับปุ๋ยทางใบ หรือการผสมปุ๋ยทางใบกับสารเคมีป้องกันโรคพืชที่มีองค์ประกอบทองแดง (copper) จะทำให้เป็นพิษกับต้นพืช เป็นต้น อย่างไรก็ตามการพ่นสารเคมีที่มีลักษณะกลไกออกฤทธิ์เหมือนกันซ้ำหลายๆ ครั้ง อาจทำให้เชื้อโรคมีการดื้อต่อสารเคมีโดยเฉพาะสารเคมีประเภทดูดซึมไม่ควรพ่น 2 ครั้งติดต่อกัน ควรมีการพ่นสารเคมีสลับกันระหว่างสารเคมีประเภทสัมผัส 2 ครั้ง สลับกับสารเคมีประเภทดูดซึม 1 ครั้ง ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพที่ดีและป้องกันการดื้อสารเคมีของเชื้อได้ดีขึ้น แต่การใช้สารเคมียังมีข้อจำกัดอีกอย่าง คือ สารพิษมักตกค้างในผลผลิต ซึ่งเป็นอันตรายทั้งในผู้ผลิตและผู้บริโภค รวมถึงก่อให้เกิดการตกค้างในสิ่งแวดล้อมและส่งผลเสียต่อระบบนิเวศ ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาทางด้านนาโนเทคโนโลยีในการผลิตอนุภาคนาโนนำมาประยุกต์ใช้ทางการเกษตร เพื่อช่วยให้พืชสามารถต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อก่อโรค และสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้แม้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม รวมทั้งไม่ส่งผลเสียสิ่งแวดล้อม ซึ่งอนุภาคนาโนที่นิยมนำมาใช้ในทางการเกษตร เช่น อนุภาคซิงค์ออกไซด์ และอนุภาคนาโนเงิน เป็นต้น

2.6 การพัฒนาอนุภาคนาโนทางชีวภาพเพื่อการจัดการโรคพืช

2.6.1 อนุภาคนาโน (Nanoparticle)

อนุภาคนาโน หมายถึง วัตถุนาโนที่มีมิติภายนอกทั้งสามมิติอยู่ในระดับนาโนสเกล คือ มีขนาดในช่วง 1 นาโนเมตร ถึง 100 นาโนเมตร โดยประมาณ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) นาโนแมททีเรียลในธรรมชาติ เช่น ดีเอ็นเอ (Deoxyribonucleic acid: DNA) อาร์เอ็นเอ (Ribonucleic acid: RNA) ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 นาโนเมตร และเอนไซม์เอทีพีซินเทส (ATP synthase) มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 นาโนเมตร เป็นต้น 2) นาโนแมททีเรียลสังเคราะห์ องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD) ได้แจกแจง

รายชื่อ nanomaterial ที่ถูกผลิตขึ้น ดังนี้ ฟลูเลอลีน (Fullerenes, C60) ซิงเกิลวอลล์คาร์บอนนาโนทิวป์ (Single-walled carbon nanotubes: SWCNTs) มัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวป์ (Multi-walled carbon nanotubes: MWCNTs) อนุภาคนาโนเหล็ก (Iron iron oxide nanoparticles: Fe_3O_4NPs) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide: TiO_2) อลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminium oxide: Al_2O_3) ซีเรียมออกไซด์ (Cerium oxide: CeO_2) อนุภาคซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide nanoparticles: ZnONPs) ซิลิคอนไดออกไซด์ (Silicon dioxide: SiO_2) เดนไดร์เมอร์ (Dendrimer) นาโนเคย์ (Nanoclays) อนุภาคนาโนทองคำ (Gold nanoparticles) เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (Zirconium: ZrO_2) ไลโพโซม (Liposome) เอ็กโซโซม (Exosome) กรดโพลีแลคติคโคไกลโคลิก (poly (lactic-co-glycolic acid): PLGA) โพลีเอทิลลีนไกลคอล (Polyethylene glycol: PEG) และอนุภาคซิลเวอร์นาโน (Silver NPs: AgNPs) (Amer, 2019; ณยา และคณะ, 2557)

2.6.2 การสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโน

อนุภาคซิลเวอร์นาโนสามารถสังเคราะห์ได้ 3 วิธี คือ 1) **วิธีการทางเคมี** (Chemical approach) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากสามารถสังเคราะห์ได้ในปริมาณมาก ควบคุมขนาดและรูปร่างได้ง่าย แต่การสังเคราะห์ด้วยวิธีนี้ใช้สารเคมีค่อนข้างมาก ซึ่งสารเคมีเหล่านี้มีความเป็นพิษส่งผลให้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต สิ่งแวดล้อม และมีต้นทุนในการผลิตสูง 2) **วิธีการทางกายภาพ** (Physical approach) เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ได้รับความนิยม เนื่องจากอนุภาคนาโนที่สังเคราะห์ได้มีความบริสุทธิ์สูง สามารถควบคุมขนาด รูปราง และปริมาณของอนุภาคนาโนได้ง่าย (Mafuné et al., 2002) แต่มีข้อเสียคือ เครื่องมือที่ใช้มีราคาแพงทำให้มีต้นทุนในการผลิตสูง และ 3) **วิธีการทางชีวภาพ** (Biological approach) เป็นการสังเคราะห์อนุภาคนาโนโดยใช้สารจากธรรมชาติที่ได้จากพืชและจุลินทรีย์เป็นตัวรีดิวซ์ ได้แก่ proteins, polypeptides, nucleic acids และ plant extract ซึ่งเป็นวิธีที่นักวิจัยในปจจุบันให้ความสนใจ เนื่องจากเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีการใช้สารเคมีในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการสังเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพ ซึ่งส่วนประกอบหลักในการสังเคราะห์มี 3 ส่วน คือ สารละลายตัวกลางในการสังเคราะห์ ตัวรีดิวซที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสารให้ความคงตัวที่ไม่เป็นพิษ และเนื่องจากสารชีวโมเลกุล เช่น ที่อยู่ในจุลินทรีและสารสกัดจากพืชสามารถเป็นได้ทั้งตัวรีดิวซ และสารให้ความคงตัว ทำให้วิธีการทางชีวภาพมีต้นทุนในการผลิตต่ำ แต่ข้อเสียคือควบคุมขนาด รูปร่าง ความเป็นผลึกได้ยาก

2.6.3 การสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนจากจุลินทรีย์

การสังเคราะห์อนุภาคนาโนด้วยจุลินทรีย์เป็นกลุ่มที่น่าสนใจมากที่สุด เนื่องจากเซลล์ของจุลินทรีย์สามารถสร้างสารแมทาบอไลท์และสารประกอบหลากหลายชนิด ได้แก่ วิตามิน, กรดอินทรีย์, proteins, polypeptides, nucleic acids ที่มีคุณสมบัติรีดิวซ์ไอออน Ag^+ กลายเป็นอนุภาค Ag-NPs และทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัว (Ahmad et al., 2010) ซึ่งช่วยให้อนุภาคซิลเวอร์นาโนมีความเสถียรมากขึ้นและช่วยไม่ให้เกิดการรวมตัวของอนุภาคซิลเวอร์นาโนกลายเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ โดยการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนชีวภาพของเซลล์จุลินทรีย์ได้มีการอธิบายกลไกการสังเคราะห์ เป็น 2 แบบ คือ

แบบที่อาศัยเอนไซม์เป็นตัวตัวรีดิวซ์ (Enzymatic reduction) และแบบที่ไม่อาศัยเอนไซม์เป็นตัวรีดิวซ์ (Non-enzymatic reduction) การสังเคราะห์ที่อาศัยเอนไซม์นั้นเกิดจากเอนไซม์ nicotinamide adenine dinucleotide phosphate dependent reductase ที่สร้างจากเซลล์ที่สามารถรีดิวซ์ไอออนของโลหะเงิน (Ag^+) เป็นอนุภาคซิลเวอร์นาโนได้ โดยพบว่าจะปฏิกิริยาที่เกิดการสังเคราะห์จะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ภายในระยะเวลา 24-120 ชั่วโมง ในขณะที่มีการอธิบายกลไกของการสังเคราะห์อนุภาคนาโนโดยไม่อาศัยเอนไซม์คล้ายกับการสังเคราะห์แบบ chemical reduction แต่สารที่ทำหน้าที่เป็นตัว reducing agents และ stabilizing agents สร้างและปล่อยออกมาจากจุลินทรีย์ ซึ่งจะใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนที่เร็วกว่า ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ดีภายใต้สภาวะและปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ เช่น pH อุณหภูมิ และระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือ $AgNO_3$ (Gurunathan et al., 2009) เซลล์จุลินทรีย์ยังสามารถนำธาตุโลหะเหล่านั้นไปใช้ในกระบวนการเมทาบอลิซึมและการเจริญของเซลล์ช่วยบำบัดย่อยสลายโลหะที่เป็นพิษในสิ่งแวดล้อม (Sintubin et al., 2009) จุลินทรีย์ต่างชนิดกันส่งผลต่อกลไกในเกิดอนุภาคนาโนได้ต่างกัน ซึ่งทั่วไปมีกลไกในการสร้างโดยเริ่มต้นที่ไอออนของโลหะจะยึดจับบริเวณพื้นผิวของเซลล์หรือบริเวณภายในเซลล์ หลังจากนั้นไอออนของโลหะจะถูกรีดิวซ์เป็นอนุภาคนาโนในสภาวะที่มีเอนไซม์เข้ามาช่วยเร่งปฏิกิริยา ซึ่งอนุภาคของซิลเวอร์นาโนที่สังเคราะห์ได้ จะมีพื้นที่ผิวมากทำให้โอกาสการสัมผัสกับเชื้อจุลินทรีย์มีมากเป็นผลให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มสูงขึ้น อนุภาคซิลเวอร์นาโนจะมีปฏิกิริยาต่อโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบหลักของเซลล์จุลินทรีย์ ดังนั้นเมื่ออนุภาคซิลเวอร์นาโนสัมผัสกับจุลินทรีย์มันจะไปเกาะที่ผนังเซลล์และแทรกเข้าไปภายในโดยจะไปเกาะกับหมู่ –SH (Sulfphydryl) ของเอนไซม์ ซึ่งจะมีผลต่อระบบเมทาบอลิซึม ทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์และเกิดการทำลายระบบหายใจ ระบบการขนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการเมทาบอลิซึม และระบบขนย้ายซับสเตรทในเยื่อหุ้มเซลล์ (Zhang et al., 2018; Kalishwaralal et al., 2010)

2.6.4 การใช้ประโยชน์ของอนุภาคซิลเวอร์นาโนในทางเกษตรกรรม

เนื่องจากขนาดอนุภาคที่เล็กสงผลให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสที่สูง จึงสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีบริเวณพื้นผิวได้ดี (Wang et al., 2006) อนุภาคนาโนจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ยา ผลิตภัณฑ์เครื่องมือแพทย์ ผลิตภัณฑ์อาหาร ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายที่ใช้ในบ้านเรือนหรือทางสาธารณสุข และผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เป็นต้น ในด้านโรคพืช อนุภาคนาโนซิลเวอร์ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปจจุบัน เนื่องจากมีสมบัติที่พิเศษคือ สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรียได ในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชได้มีการศึกษาใช้อนุภาคซิลเวอร์นาโนเพื่อใช้เป็น biocontrol agent ในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืช (Phytopathogenic fungi) หลายหลายชนิด อาทิ มีการรายงานการยับยั้ง *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Sclerotinia sclerotiorum* และ *Pythium aphanidermatum* (Mahdizadeh et al., 2015) นอกจากนี้ยังมีการรายงานการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืชจากอนุภาคซิลเวอร์นาโนที่สังเคราะห์จากสารละลายภายนอกเซลล์ (Extracellular) ของเชื้อรา *Trichoderma longibrachiatum* ในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืช ได้แก่ *Fusarium verticillioides*, *Fusarium moniliforme*, *Penicillium brevicompactum*, *Helminthosporium oryzae* และ *Pyricularia grisea* ได้ประสิทธิภาพการยับยั้ง

สูงถึง 90% (Elamawi et al., 2018) มีการศึกษาอนุภาคนาโนของนาโนซิงค์ออกไซด์ต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคพืช 3 ชนิด คือ *Fusarium* sp., *Alternaria* sp. และ *Colletotrichum* sp. โดยใช้นาโนซิลเวอร์ซิงค์ออกไซด์รูปแผ่นที่ความเข้มข้น 500 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใย *Alternaria* sp. ได้ดีที่สุดที่เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 64.50 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือยับยั้งเชื้อ *Colletotrichum* sp. ได้ 51.67 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำมาเปรียบเทียบฤทธิ์การยับยั้งกับสารเคมีแมนโคเซบ พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งใกล้เคียงกัน จากนั้นทำการศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใย *Alternaria* sp. โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงธรรมดาและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า นาโนซิลเวอร์ซิงค์ออกไซด์รูปแผ่นสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยโดยมีผลต่อกลไกการทำงานภายในเซลล์ทำให้เส้นใยเชื้อรามีรูปร่างผิดปกติและยังมีฤทธิ์ยับยั้งการสร้างสปอร์ของ *Alternaria* sp. (Boxi et al., 2016) นอกจากนั้น อนุภาคนาโนยังส่งผลให้พืชเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา สัณฐานวิทยา และพันธุกรรมหลายอย่าง การตอบสนองของอนุภาคนาโนต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืชเป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุนาโน รูปแบบการใช้งาน ตลอดจนชนิดของพืช เช่น การใช้ AgNPs มีผลให้ความยาวรากของข้าวบาร์เลย์เพิ่มขึ้น แต่ในผักกาดหอมกลับมีผลยับยั้งความยาวของรากอย่างมาก (Gruyer et al., 2013) การประยุกต์ใช้อนุภาคนาโนทางการเกษตร ถือเป็นนวัตกรรมใหม่ที่นำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในรูปแบบของการกระตุ้นภูมิคุ้มกันพืช กระตุ้นการสังเคราะห์เมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่จะช่วยให้พืชผลิตสารที่เสริมความแข็งแรงต้านทานต่อการเข้าทำลายจากสิ่งก่อโรคทั้งมีชีวิตและไม่มีชีวิต ลดความเสียหายของปริมาณและคุณภาพของผลผลิต โดยอนุภาคนาโนจะถูกสังเคราะห์โดยใช้เทคนิคทางชีวภาพ เพื่อทำให้อนุภาคของสารมีขนาดเล็กระดับนาโนเมตร (Nanoparticle) คุณลักษณะความเป็นอนุภาคนาโนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมเข้าสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืชได้ดี มีคุณสมบัติทำให้พืชมีความต้านทานโรคสูง สามารถทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโต พืชจึงเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ มีคุณภาพสูงขึ้น และมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ลดการสะสมของสารเคมีที่ดิน น้ำ และอากาศ โดยมีรายงานการวิจัยของ สมหมาย และ กิ่งแก้ว (2557) พบว่า สารนาโนอินทรีย์ และนาโนโลหะอินทรีย์ที่มีผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติเป็นตัวรีดิวซ์ สามารถออกฤทธิ์ต้านเพลี้ยแป้ง เพลี้ยกระโดด เชื้อราโรคพืช คือ *A. niger*, *C. circinans* และ *S. sclerotiorum* และช่วยต้านอนุมูลอิสระได้ดี มีรายงานการใช้ MgONP สามารถกระตุ้นให้มะเขือเทศต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อ *R. solanacearum* ซึ่งเป็นสาเหตุโรคเหี่ยวเขียว (Imada et al., 2016)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การคัดแยกเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคในมันสำปะหลัง และการเตรียมเชื้อสาเหตุโรค

คัดแยกเชื้อราก่อโรคสายพันธุ์รุนแรง ได้แก่ *L. theobromae* และ *F. solani* จากแปลงปลูกมันสำปะหลังในอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ด้วยวิธี Soil dilution plating โดยชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัม ใส่ในน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 90 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่านาน 30 นาที นำสารละลายดินที่ได้ไปเจือจางในน้ำนึ่งฆ่าเชื้อให้ได้ความเข้มข้น 10^{-2},10^{-3} และ 10^{-4} ตามลำดับ ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างดินที่เจือจาง 10^{-3} และ 10^{-4} ใส่จานเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) ผสมยาปฏิชีวนะ streptomycin ที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จานละ 100 ไมโครลิตร ทำการเกลี่ยให้ทั่วผิวหน้าอาหารในจานเลี้ยงเชื้อ บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3-7 วัน เมื่อเชื้อราเจริญขึ้นมา ใช้เข็มเขี่ยย้ายโคโลนีเชื้อราแต่ละโคโลนีลงใน PDA บ่มไว้เป็นเวลา 7 วัน คัดเลือกเชื้อรา *L. theobromae* และ *F. solani* โดยสังเกตลักษณะเส้นใยและสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (ดัดแปลงจาก ปรียาพร และคณะ, มมป)

3.2 การประเมินพันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ จากการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคโคนเน่าหัวเน่ามันสำปะหลังในระดับห้องปฏิบัติการ

ประเมินพันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 ระยอง 72 และ พันธุ์ พิรุณ 6 จากการเข้าทำลายของเชื้อ *L. theobromae* และ *F. solani* ในระดับห้องปฏิบัติการ โดยคัดเลือกหัวมันสำปะหลังที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-5 เซนติเมตร มาทำความสะอาด และฉีดพ่นด้วยแอลกอฮอล์ 75 % เพื่อทำการฆ่าเชื้อบริเวณพื้นผิว ผึ่งไว้ให้แห้ง หลังจากนั้นทำการเจาะหัวมันสำปะหลังด้วยอุปกรณ์ cork borer ให้เกิดแผลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ลึก 2-3 มิลลิเมตร จากนั้นนำเชื้อก่อโรคที่เลี้ยงไว้ในอาหาร PDA อายุ 7 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ใช้ cork borer เจาะชิ้นวุ้นบริเวณของโคโลนีมาทำการปลูกเชื้อลงในหลุมที่เจาะบนมันสำปะหลัง เก็บไว้ในสภาพกล่องชื้น (ดัดแปลงจาก สุทธิสา ดัชนีย์, 2558) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน บันทึกผลการทดลองโดยทำการตรวจวัดขนาดแผลโดยการใช้มีดผ่าตามแนวขวางบริเวณกลางชิ้นวุ้นที่ทำการปลูกเชื้อ วัดขนาดแผลตามเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวมันสำปะหลัง และประเมินความรุนแรงของโรคโคนเน่าหัวเน่า โดยให้คะแนนความรุนแรงของโรค (disease severity) 0-4 คะแนน ดังนี้ 0 = ไม่พบการเกิดแผลหรืออาการเน่า 1 = พบอาการเน่า มีแผล 1-25 เปอร์เซ็นต์ของขนาดหัว 2 = พบอาการเน่า มีแผล 26-50 เปอร์เซ็นต์ของขนาดหัว 3 = พบอาการเน่า มีแผล 51-75 เปอร์เซ็นต์ของขนาดหัว และ 4 = พบอาการเน่า มีแผล >75 เปอร์เซ็นต์ของขนาดหัว (Harveson et al., 2005)

3.3 การประเมินพันธุ์มันสำปะหลังที่มีการจัดการแบบผสมผสานเพื่อแก้ปัญหาโรคโคนเน่าหัวเน่าและสุขภาพมันสำปะหลังในระดับในแปลงทดลอง

ประเมินพันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ได้แก่ ซีเอ็มอาร์ 89, ระยอง 72 และพิรุณ 6 ในแปลงเกษตรกร อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี ได้แก่ 1) นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1, 2) นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2, 3) นาโนซิงค์ออกไซด์® , 4) กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร (สารเคมีมิดาคลอพริด+ฟอสอีทิลอะลูมินัม) และ 5) กรรมวิธีควบคุม

3.3.1 การเตรียมท่อนพันธุ์

ใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ได้แก่ ซีเอ็มอาร์ 89 ระยอง 72 และพิรุณ 6 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมต่อพื้นที่และเกษตรกรในพื้นที่นิยมปลูก โดยใช้ท่อนพันธุ์ที่มีอายุประมาณ 11 เดือน ตัดท่อนพันธุ์ความยาว 20 เซนติเมตร และแช่ด้วยไตรโคเดอร์มา อัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร นาน 5 นาที ก่อนปลูก

3.3.2 การเตรียมแปลงปลูกและดูแลรักษา

เตรียมแปลงปลูกโดยการไถและยกร่องปลูกสูงในทิศทางเดียวกับความลาดเอียงของพื้นที่ ตัดร่องน้ำในบริเวณที่มีน้ำขังเพื่อให้มีการระบายน้ำดี จากนั้นปลูกมันสำปะหลังโดยปักท่อนพันธุ์แบบตรง ระยะห่าง 1.0x0.8 เมตร ทำการฉีดพ่นสารตามกรรมวิธีการทดลองในข้อ 3.3 จำนวน 3 ครั้ง ที่อายุพืช 1, 2 และ 3 เดือนหลังปลูก และกำจัดวัชพืชตามความเหมาะสม

3.3.3 การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ในลักษณะความสูงต้นที่อายุ 2, 4 และ 8 เดือนหลังปลูก โดยวัดความสูงจากโคนต้นจนถึงยอดของมันสำปะหลัง เก็บผลการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น

2. บันทึกข้อมูลการเกิดโรคของมันสำปะหลัง ได้แก่ โรคใบจุด ใบไหม้ แอนแทรคโนส ใบด่าง และโคนเน่าหัวเน่า ที่อายุ 2, 4 และ 8 เดือนหลังปลูก โดยเก็บผลการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น โดยให้คะแนนความรุนแรงของการเกิดโรค ดังข้อ 3.1 และนำค่าที่ได้มาคำนวนดัชนีการเกิดโรค (disease index, DI) ตามสูตรการคำนวน ดังนี้

$$\% \text{ DI} = \frac{(0xN_0) + (1xN_1) + (2xN_2) + (3xN_3) + (4xN_4)}{N \times C} \times 100$$

0-4	= คะแนนความรุนแรงของโรค
N_0-N_4	= จำนวนต้นที่เกิดโรคในแต่ละระดับ
N	= จำนวนพืชที่ประเมินโรคทั้งหมด
C	= ระดับคะแนนความรุนแรงของโรคสูงสุด

3. บันทึกข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ เปอร์เซ็นต์หัวดี ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งในหัวมันสำปะหลัง 8 เดือนหลังปลูก

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ completely random design (CRD) ในการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ และวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ในการทดลองระดับแปลงทดลอง วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยโปรแกรม SPSS V.16.0 เพื่อหาความแตกต่างและค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

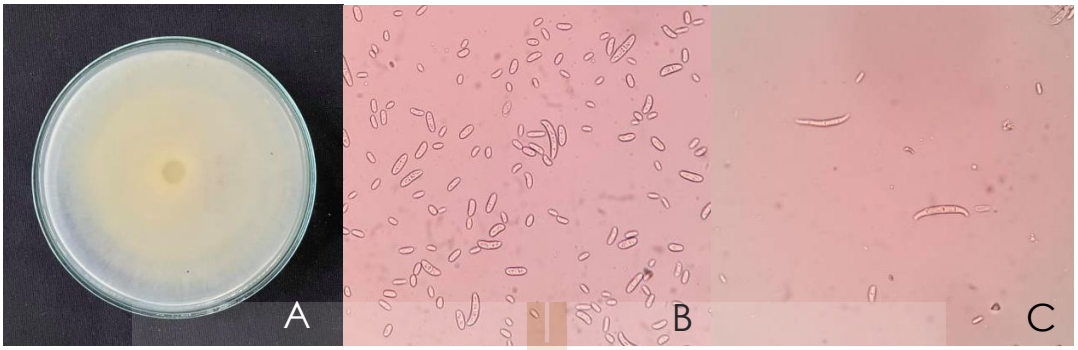
ผลการวิจัย

4.1 การคัดแยกเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคในมันสำปะหลัง

จากการคัดแยกเชื้อราก่อโรคสายพันธุ์รุนแรง ได้แก่ *L. theobromae* และ *F. solani* จากแปลงปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา เชื้อราแต่ละชนิดมีลักษณะทางสัณฐานวิทยา ดังนี้ 1) *Lasiodiplodia* spp.โคโลนีบนอาหาร PDA มีสีดำเทา ฟู ลักษณะของ conidia ในระยะอ่อน (immature conidia) มีลักษณะเซลล์เดียว ใส ไม่มีสี รูปไข่ถึงยาวรี จนถึงค่อนข้างกลม ปลายด้านหนึ่งกลมมน อีกด้านสอบลงคล้ายกรวย ต่อมาระยะแก่ (mature conidia) สร้างเม็ดสีเมลานินบนผิวเซลล์ด้านในเรียงตัวเห็นเป็นริ้วใน แนวยาว และผนังกั้น (septum) 1 ชั้นตรงกลาง มีรูปร่างรีคล้ายไข่ (ภาพที่ 4.1) 2) *Fusarium* spp. โคโลนีบนอาหาร PDA มีสีขาวเหลือง เส้นใยใสมีเส้นกั้น พบสปอร์ใสขนาดใหญ่ (macroconidia) หัวท้ายเรียวแหลม มีทั้งลักษณะตรง โค้งคล้ายรูปพระจันทร์เสี้ยว 1-4 เซลล์ สปอร์ขนาดเล็กลงมา (microconidia) มีลักษณะใส 1-2 เซลล์ และสปอร์ ระหว่างเส้นใย (chlamydospore) ลักษณะกลมผนังหนา 1-3 เซลล์ ดังแสดงในภาพที่ 4.2

ภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae*. (A) และ conidia ในระยะ immature conidia (B) และ mature conidia (C) ที่แยกได้จากแปลงปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 4.2 แสดงลักษณะเชื้อรา *Fusarium solani*. (A) microconidia (B) และ macroconidia (C) ที่แยกได้จากแปลงปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา

4.2 การประเมินพันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์จากการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคโคนเน่าหัวเน่าในระดับห้องปฏิบัติการ

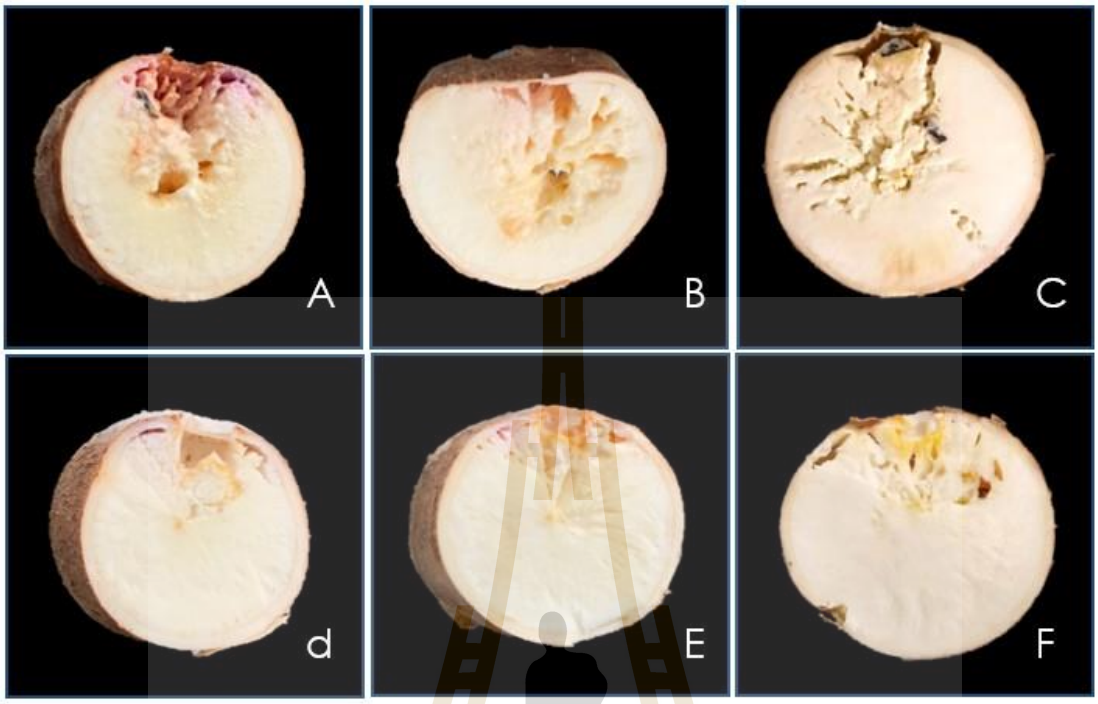
การประเมินพันธุ์มันสำปะหลัง หลังการปลูกเชื้อรา *L. theobromae* 14 วัน พบว่า มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ มีรัศมีของแผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดย พันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 แสดงรัศมีของแผลต่ำที่สุด เท่ากับ 2.46 เซนติเมตร รองลงมาเป็นพันธุ์ ระยอง 72 เท่ากับ 3.03 เซนติเมตร และ พิรุณ 6 ซึ่งมีรัศมีของแผลสูงที่สุด เท่ากับ 4.38 เซนติเมตร และเมื่อพิจารณาจากคะแนนการเกิดโรคในมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และจากการปลูกเชื้อรา *F. solani* พบว่า มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ มีรัศมีของแผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดย พันธุ์ ระยอง 72 แสดงรัศมีของแผลต่ำที่สุด เท่ากับ 2.06 เซนติเมตร รองลงมาเป็นพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 เท่ากับ 2.11 เซนติเมตร และ พิรุณ 6 ซึ่งมีรัศมีของแผลสูงที่สุด เท่ากับ 2.87 เซนติเมตร ในขณะที่มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์แสดงคะแนนการเกิดโรคที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินพันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ จากการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคโคนเน่าหัวเน่าหลังการปลูกเชื้อเป็นระยะเวลา 14 วัน

พันธุ์มันสำปะหลัง	*Lasiodiplodia theobromae*		*Fusarium solani*	
	รัศมีของแผลเฉลี่ย[1/] (เซนติเมตร)	คะแนนการเกิดโรค	รัศมีของแผลเฉลี่ย[1/] (เซนติเมตร)	คะแนนการเกิดโรค
ซีเอ็มอาร์ 89	2.46±0.36[c]	3.11±0.33	2.11±0.58[b]	2.44±0.53
ระยอง 72	3.03±0.63[b]	3.33±0.71	2.06±0.37[b]	2.56±0.53
พิรุณ 6	4.38±0.46[a]	3.80±0.45	2.87±0.48[a]	3.00±0.50
f-test	**	ns	**	ns
%CV	16.19	15.92	20.69	19.45

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ $P < 0.01$ ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ $P < 0.01$

1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)



ภาพที่ 4.3 ผลการประเมินพันธุ์มันสำปะหลัง พันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 (A, D) ระยอง 72 (B, E) และพิรุณ 6 (C, F) จากการเข้าทำลายของเชื้อ *Lasiodiplodia theobromae* (A, B, C) และ *Fusarium solani* (D, E, F) หลังจากการปลูกเชื้อเป็นระยะเวลา 14 วัน

4.3 การประเมินพันธุ์มันสำปะหลังที่มีการจัดการแบบผสมผสานเพื่อแก้ปัญหาโรคโคนเน่าหัวเน่าและสุขภาพมันสำปะหลังในระดับในแปลงทดลอง

4.3.1 การส่งเสริมการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่ฉีดพ่นสารที่แตกต่างกัน

4.3.1.1 การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 ที่ฉีดพ่นสารที่แตกต่างกันในลักษณะความสูงต้นที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้านความสูงต้นสูงที่สุด เท่ากับ 62.20 เซนติเมตร รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 เท่ากับ 55.40 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับ กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์® กรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ที่มีความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 45.90, 39.90 และ 38.20 เซนติเมตร ตามลำดับ ความสูงต้นที่อายุ 4 เดือนหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 ให้ค่าความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 84.50 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์® นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 กรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ที่มีความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 84.00, 83.00, 78.50 และ 72.50 เซนติเมตร ตามลำดับ และความสูงต้นที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์® ให้ค่าความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 104.00 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2

นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และกรรมวิธีควบคุมที่มีความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 101.00, 100.00 และ 94.00 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร เท่ากับ 80.00 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.2)

4.3.1.2 การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 72

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 72 ที่ฉีดพ่นสารที่แตกต่างกันในลักษณะความสูงต้นที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้านความสูงต้นสูงที่สุด เท่ากับ 97.50 เซนติเมตร รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 และนาโนซิงค์ออกไซด์® เท่ากับ 95.90 และ 84.33 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับ กรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ที่มีความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 57.70 และ 48.30 เซนติเมตร ตามลำดับ ความสูงต้นที่อายุ 4 เดือนหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 ให้ค่าความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 127.00 เซนติเมตร รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 และนาโนซิงค์ออกไซด์® เท่ากับ 125.00 และ 124.50 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับ กรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ที่มีความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 98.00 และ 94.00 เซนติเมตร ตามลำดับ และความสูงต้นที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 ให้ค่าความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 142.50 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 และนาโนซิงค์ออกไซด์® ที่มีความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 138.50 และ 127.50 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร โดยมีค่าความสูงเฉลี่ยที่ 103.00 และ 96.00 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

4.3.1.3 การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6 ที่ฉีดพ่นสารที่แตกต่างกันในลักษณะความสูงต้นที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้านความสูงต้นสูงที่สุด เท่ากับ 112.40 เซนติเมตร รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 เท่ากับ 106.00 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับ กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์® กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร และกรรมวิธีควบคุม ที่มีความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 91.00, 82.90 และ 75.80 เซนติเมตร ตามลำดับ ความสูงต้นที่อายุ 4 เดือนหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วย นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 ให้ค่าความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 129.00 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์® กรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ที่มีความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 126.00, 123.00, 116.70 และ 115.00 เซนติเมตร ตามลำดับ และความสูงต้นที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 ให้ค่าความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 139.50 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 นาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีควบคุม ที่มีความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 138.00,

130.00 และ 129.50 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร มีค่าความสูงเฉลี่ย 118.00 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.2)

4.3.1.4 การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังเปรียบเทียบทั้ง 3 พันธุ์

การเจริญเติบโตในลักษณะของความสูง เมื่อเปรียบเทียบในมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ ที่มีการฉีดพ่นสารที่แตกต่างกัน ที่อายุ 2, 4 และ 8 เดือนหลังปลูก พบว่า นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และนาโนซิงค์ออกไซด์® มีผลให้มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ มีความสูงที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ยกเว้นพันธุ์ พิรุณ 6 อายุ 4 เดือนหลังปลูก ที่การฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 ให้ค่าความสูงที่น้อยลงเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม เช่นเดียวกันกับกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร มีผลให้มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ มีความสูงน้อยลงเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และเมื่อเปรียบเทียบความสูงที่เพิ่มขึ้นระหว่างพันธุ์ พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 72 มีการตอบสนองต่อการฉีดพ่นนาโนอิลิซิเตอร์ได้ดีที่สุด (ภาพที่ 4.2 และ 4.3)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตด้านความสูงของมันสำปะหลังอายุ 2, 4 และ 8 เดือนหลังปลูก

พันธุ์มันสำปะหลัง	ทรีทเมนท์	ความสูงต้น (เซนติเมตร) [1/]		
		2 เดือน	4 เดือน	8 เดือน
ซีเอ็มอาร์ 89	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1	62.20[a]	83.00	100.00[a]
	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2	55.40[a]	84.50	101.00[a]
	นาโนซิงค์ออกไซด์®	45.90[b]	84.00	104.00[a]
	กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร[2/]	38.20[b]	72.50	80.00[b]
	กรรมวิธีควบคุม	39.90[b]	78.00	94.00[a]
f-test		**	ns	**
%CV		17.04	14.42	12.94
ระยอง 72	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1	97.50[a]	127.00[a]	142.50[a]
	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2	95.90[a]	125.00[a]	138.50[a]
	นาโนซิงค์ออกไซด์®	84.33[a]	124.50[a]	127.50[a]
	กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร	48.30[b]	94.00[b]	96.00[b]
	กรรมวิธีควบคุม	57.70[b]	98.00[b]	103.00[b]
f-test		**	**	**
%CV		19.45	19.68	15.73
พิรุณ 6	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1	106.00[a]	116.70	139.50[a]
	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2	112.40[a]	129.00	138.00[a]
	นาโนซิงค์ออกไซด์®	91.00[b]	126.00	130.00[ab]
	กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร	82.90[bc]	115.00	118.00[b]
	กรรมวิธีควบคุม	75.80[c]	123.00	129.50[ab]
	f-test	**	ns	*
	%CV	22.12	23.99	17.55

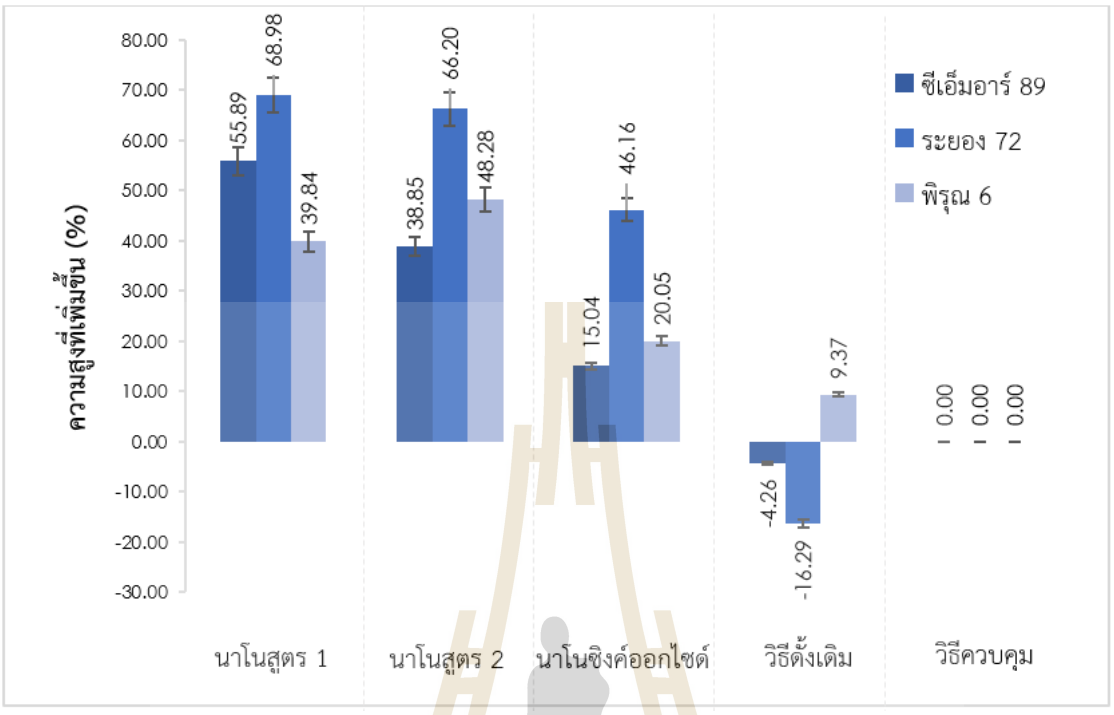
ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ $P < 0.01$ * = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ $P < 0.05$

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ $P < 0.01$

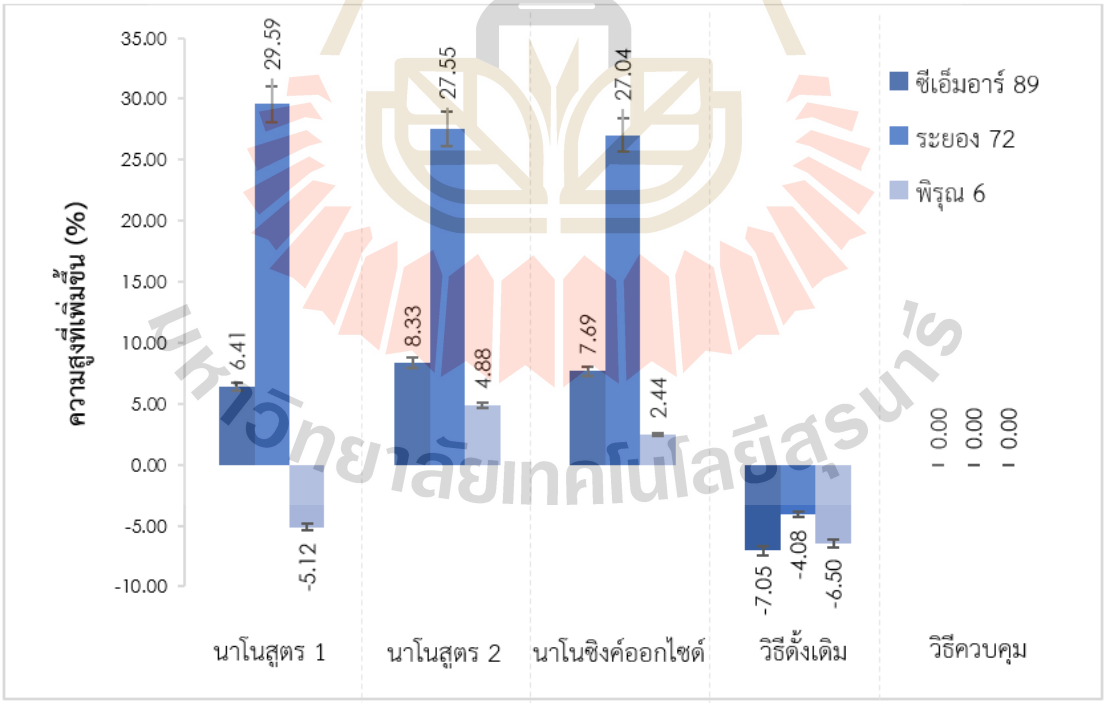
1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

2/ = กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรที่มีการฉีดพ่นสารเคมีอิมิดาคลอพริดร่วมกับฟอสอีทิลอะลูมินัม

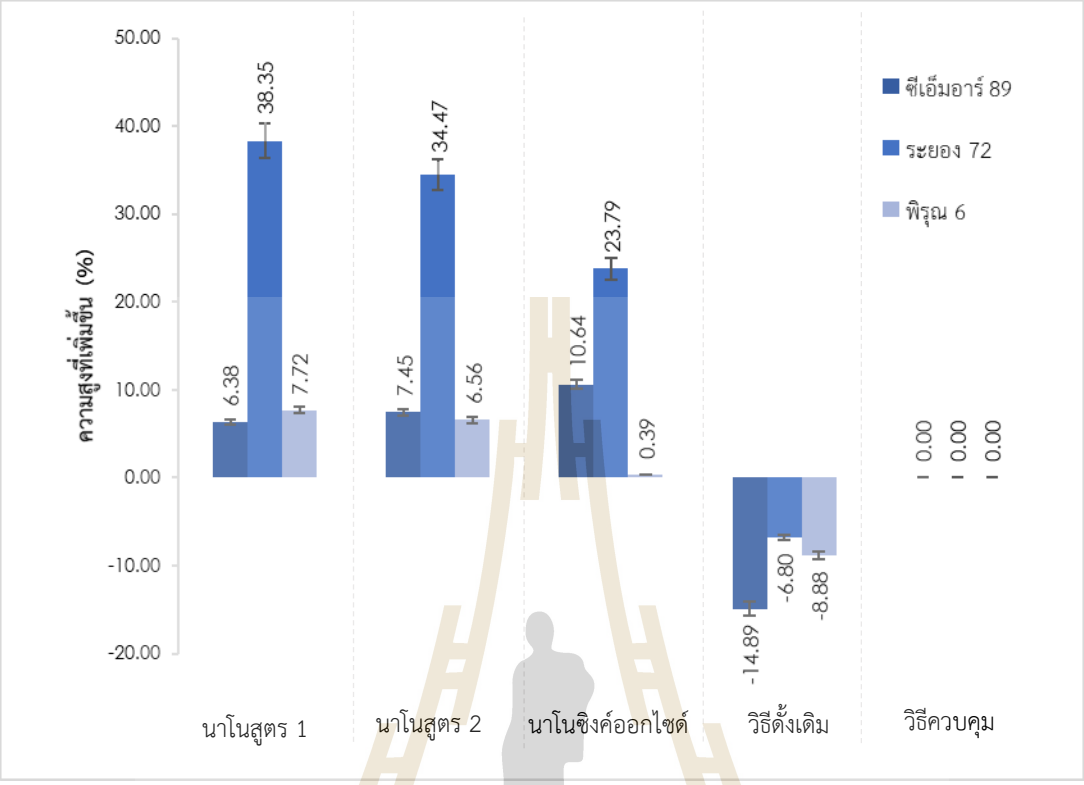
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 4.4 ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตในลักษณะความสูงที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ของมันสำปะหลังอายุ 2 เดือนหลังปลูก



ภาพที่ 4.5 ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตในลักษณะความสูงที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ของมันสำปะหลังอายุ 4 เดือนหลังปลูก



ภาพที่ 4.6 ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตในลักษณะความสูงที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ของมันสำปะหลังอายุ 8 เดือนหลังปลูก

4.3.2 การควบคุมโรคมันสำปะหลังระดับแปลงทดลอง

4.3.1.1 การเกิดโรคของมันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 ระยอง 72 และ พิรุณ 6

จากการประเมินโรคมันสำปะหลังที่ระบาดโดยธรรมชาติในพื้นที่ปลูก อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ได้แก่ โรคใบจุด ใบไหม้ แอนแทรคโนส ใบด่าง และโคนเน่าหัวเน่า โดยประเมินดัชนีการเกิดโรคในมันสำปะหลังทั้งหมด 3 พันธุ์ ได้แก่ ซีเอ็มอาร์ 89 ระยอง 72 และ พิรุณ 6 ในระยะแรกจากการเก็บผลที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 และ ระยอง 72 มีระดับความรุนแรงของการเกิด**โรคใบจุดและโรคแอนแทรคโนส**ต่ำกว่า พันธุ์ พิรุณ 6 โดยมีค่าดัชนีการเกิดโรคที่ 3.33, 3.33 และ 5.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในลักษณะของการเกิด**โรคใบไหม้** พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 มีระดับความรุนแรงของการเกิดโรคต่ำกว่า พันธุ์ ระยอง 72 และพิรุณ 6 โดยมีค่าดัชนีการเกิดโรคที่ 5.00, 8.33 และ 18.33% ตามลำดับ ในขณะที่มันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6 มีระดับความรุนแรงของการเกิด**โรคใบด่าง**ต่ำกว่า พันธุ์ ระยอง 72 และ ซีเอ็มอาร์ 89 โดยมีค่าดัชนีการเกิดโรคที่ 5.00, 16.67 และ 26.67% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) จากการเก็บผลที่อายุ 4 เดือนหลังปลูก พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 มีระดับความรุนแรงของการเกิด**โรคใบจุดและโรคแอนแทรคโนส**ต่ำกว่าพันธุ์ ระยอง 72 และ พิรุณ 6 โดยมีค่าดัชนีการเกิดโรค 15.00, 18.33 และ 68.33 % ตามลำดับ และ 11.67, 15.00 และ 33.33% ตามลำดับ ในลักษณะของการเกิด**โรคใบไหม้และใบด่าง** พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6 มีระดับความรุนแรงของการเกิดโรคต่ำกว่า พันธุ์ ระยอง 72 และซีเอ็มอาร์ 89 ตามลำดับ โดยมีค่าดัชนีการ

เกิดโรคที่ 1.67, 13.33 และ 30.00% ตามลำดับ และ 21.67, 11.67, 0.00% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) และจากการเก็บผลที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6 มีระดับความรุนแรงของการเกิดโรคใบจุด ใบไหม้ แอนแทรคโนส และใบด่างต่ำที่สุด โดยมีค่าดัชนีการเกิดโรค เท่ากับ 26.67, 6.67, 5.00 และ 25.00% ตามลำดับ ในขณะที่มันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 72 มีระดับความรุนแรงของการเกิดโรคใบจุดและแอนแทรคโนสสูงที่สุด เท่ากับ 41.6 และ 26.67 % ตามลำดับ และพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 พบความรุนแรงของการเกิดโรคใบไหม้และใบด่างสูงที่สุด เท่ากับ 8.33 และ 40.00% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.3 แสดงดัชนีการเกิดโรคของมันสำปะหลังแต่ละสายพันธุ์ที่อายุ 2 เดือน

พันธุ์มันสำปะหลัง	ดัชนีการเกิดโรค (Desease Index; %)[1/]			
	ใบจุด	ใบไหม้	แอนแทรคโนส	ใบด่าง
ซีเอ็มอาร์ 89	3.33[a]	5.00[a]	3.33[a]	26.67[c]
ระยอง 72	3.33[a]	8.33[a]	3.33[a]	16.67[b]
พิรุณ 6	5.00[b]	18.33[b]	5.00[b]	5.00[a]
f-tast	12.12	16.10	9.59	23.13
%CV	**	**	**	**

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ P < 0.01

1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.4 แสดงดัชนีการเกิดโรคของมันสำปะหลังแต่ละสายพันธุ์ที่อายุ 4 เดือน

พันธุ์มันสำปะหลัง	ดัชนีการเกิดโรค (Desease Index; %)[1/]			
	ใบจุด	ใบไหม้	แอนแทรคโนส	ใบด่าง
ซีเอ็มอาร์ 89	15.00[a]	30.00[c]	11.67[a]	21.67[c]
ระยอง 72	18.33[a]	13.33[b]	15.00[a]	11.67[b]
พิรุณ 6	68.33[b]	1.67[a]	33.33[b]	0.00[a]
f-tast	6.96	11.17	11.79	21.21
%CV	**	**	**	**

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ P < 0.01

1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.5 แสดงดัชนีการเกิดโรคของมันสำปะหลังแต่ละสายพันธุ์ที่อายุ 8 เดือน

พันธุ์มันสำปะหลัง	ดัชนีการเกิดโรค (Desease Index; %)[1/]			
	ใบจุด	ใบไหม้	แอนแทรคโนส	ใบด่าง
ซีเอ็มอาร์ 89	31.67[a]	8.33	20.00[b]	40.00
ระยอง 72	41.67[b]	6.67	26.67[c]	31.67
พิรุณ 6	26.67[a]	6.67	5.00[a]	25.00
f-tast	12.25	28.82	19.35	20.69
%CV	*	ns	**	ns

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ P < 0.01 * = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ P < 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ P < 0.01 1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

4.3.1.2 การควบคุมโรคในมันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 ที่ฉีดพ่นสารที่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของการเกิดโรคต่างๆ ในมันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 ที่ปลูกร่วมกับการฉีดพ่นอนุภาคนาโนอิลิซิเตอร์ 2 สูตร นาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม จากการเก็บผลที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก พบว่า มีดัชนีการเกิด**โรคใบจุด** ที่ 0.00-5.00% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วย นาโนซิงค์ออกไซด์® สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 0.00% รองลงมาเป็น นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 เท่ากับ 1.67% ในขณะที่กรรมวิธีที่ใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ไม่สามารถลดการเกิดโรคใบจุดได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 3.33% ในลักษณะความรุนแรงของการเกิด**โรคใบไหม้** พบว่า มีดัชนีการเกิดโรคที่ 1.67-5.00% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วย นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 1.67% รองลงมาเป็นนาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากันที่ 3.33% ในขณะที่กรรมวิธีที่ใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 ไม่สามารถลดการเกิดโรคใบจุดได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากันที่ 5.00% ความรุนแรงของการเกิด**โรคแอนแทรคโนส** พบดัชนีการเกิดโรคที่ 0.00-3.33% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 นาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ให้ระดับความรุนแรงของการเกิดโรคต่ำที่สุด ซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากันที่ 0.00% รองลงมาเป็นโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 เท่ากับ1.67% และ**โรคใบด่าง** พบดัชนีการเกิดโรคที่ 6.67-26.67% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และ 2 สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากันที่ 6.67% รองลงมาเป็น นาโนซิงค์ออกไซด์® เท่ากับ 20.00% ในขณะที่กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรไม่สามารถลดการเกิดโรคใบด่างได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 26.67% (ตารางที่ 4.6) การเก็บผลที่อายุ 4 เดือนหลังปลูก พบดัชนีการเกิด**โรคใบจุด**ที่ 15.00-30.00% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์ทั้งสองสูตร นาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ไม่สามารถลดการเกิดโรคใบจุดได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 15.00%

ในลักษณะความรุนแรงของการเกิด**โรคใบไหม้** พบว่า มีดัชนีการเกิดโรคที่ 0.00-30.00% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์® สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 0.00% รองลงมาเป็น กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 สูตรที่ 1 และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 5.00, 10.00 และ 23.00% ตามลำดับ **โรคแอนแทรคโนส** พบดัชนีการเกิดโรคที่ 10.00-30.00% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 10.00% ในขณะที่กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วย นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 นาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ไม่สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรคโนสได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 11.67% และการเกิด**โรคใบด่าง** พบดัชนีการเกิดโรคที่ 3.33-21.67% โดยกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรสามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 3.33% รองลงมาเป็น กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์® นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ตามลำดับ ซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 10.00, 11.67 และ 11.67% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) และการเก็บผลที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ฉีดพ่นนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบด่างได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากับ 16.67% ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร กรรมวิธีที่ใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 และนาโนซิงค์ออกไซด์® ซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 18.33, 21.67 และ 23.33% ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 40.00% ในขณะที่การใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคแอนแทรคโนสได้ดีที่สุดเช่นเดียวกัน โดยมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากับ 6.67% ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 เท่ากับ 10.00% แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่มีดัชนีการเกิดโรคเท่ากับ 20.00% อย่างไรก็ตามการฉีดพ่นนาโนอิลิซิเตอร์ ยังไม่พบการลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบจุดและใบไหม้ในมันสำปะหลังอายุ 8 เดือนได้ (ตารางที่ 4.8)

4.3.1.3 การควบคุมโรคในมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 72 ที่ฉีดพ่นสารที่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของการเกิดโรคต่างๆ ในมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 72 ที่ปลูกร่วมกับการฉีดพ่นอนุภาคนาโนอิลิซิเตอร์ 2 สูตร นาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม จากการเก็บผลที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก พบว่า มีดัชนีการเกิดโรค**โรคใบจุด** ที่ 1.67- 6.67% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 1.67% ในขณะที่กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วย นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 นาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ไม่สามารถลดการเกิดโรคใบจุดได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 3.33% ในลักษณะความรุนแรงของการเกิด**โรคใบไหม้** พบดัชนีการเกิดโรคที่ 5.00-8.33% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และ 2 สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากันที่ 5.00% รองลงมาเป็นกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรเท่ากับ 6.67% ในขณะที่กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์®ไม่สามารถลดการเกิดโรคใบไหม้ได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 8.33% ในส่วนของการเกิด**โรคแอนแทรคโนส** พบดัชนีการเกิดโรคที่ 0.00-3.33% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วย นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 สามารถลดความรุนแรง

ของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 0.00% รองลงมาเป็น กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 นาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากันที่ 1.67% และ**โรคใบด่าง** พบดัชนีการเกิดโรคที่ 0.00-20.00% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วย นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และ 2 สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากันที่ 0.00% ในขณะที่กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ไม่สามารถลดการเกิดโรคใบด่างได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 16.67% (ตารางที่ 4.6) การเก็บผลที่อายุ 4 เดือนหลังปลูก พบว่า มีดัชนีการเกิด**โรคใบจุด**ที่ 18.33-38.33% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วย นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 นาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ไม่สามารถลดการเกิดโรคใบจุดได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 18.33% ในลักษณะความรุนแรงของการเกิด**โรคใบไหม้** พบดัชนีการเกิดโรคที่ 1.67-13.33% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วย นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 1.67% รองลงมาเป็นกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 และนาโนซิงค์ออกไซด์® ซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 8.33, 10.00 และ 10.00% ตามลำดับ ในลักษณะความรุนแรงของการเกิด**โรคแอนแทรคโนส** พบดัชนีการเกิดโรคที่ 10.00-23.33% โดยกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 10.00% รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์® เท่ากับ 13.33% ในขณะที่กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ไม่สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรคโนสได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 15.00% และ**โรคใบด่าง** พบดัชนีการเกิดโรคที่ 8.33-23.33% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วย นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 8.33% รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์® เท่ากับ 10.00% ในขณะที่กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ไม่สามารถลดการเกิดโรคใบด่างได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 11.67% (ตารางที่ 4.7) และการเก็บผลที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ฉีดพ่นนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบด่างได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากับ 8.33% ซึ่งมีประสิทธิภาพควบคุมโรคได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 31.67% รองลงมาได้แก่กรรมวิธีที่ใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร เท่ากับ 13.33 และ 20.00% ตามลำดับ ในขณะที่โรคใบจุด พบว่า กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรสามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากับ 30.00% ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 41.67% รองลงมาได้แก่กรรมวิธีที่ใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และนาโนซิงค์ออกไซด์® เท่ากับ 31.67 และ 35.00% ตามลำดับ และยังพบว่ากรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรสามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคแอนแทรคโนสได้ดีที่สุดเช่นเดียวกัน โดยมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากับ 13.33% รองลงมาได้แก่กรรมวิธีที่ใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 16.67 และ 23.33% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการฉีดพ่นนาโนอิลิซิเตอร์ ยังไม่พบการลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบไหม้ในมันสำปะหลังอายุ 8 เดือนได้ (ตารางที่ 4.8)

4.3.1.4 การควบคุมโรคในมันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6 ที่ฉีดพ่นสารที่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของการเกิดโรคต่างๆ ในมันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6 ที่ปลูกร่วมกับการฉีดพ่นอนุภาคนาโนอิลิซิเตอร์ 2 สูตร นาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม จากการเก็บผลที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก พบว่า มีดัชนีการเกิด**โรคใบจุด**ที่ 3.33-11.67% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วย นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 3.33% ในขณะที่กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 นาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ไม่สามารถลดการเกิดโรคใบจุดได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 5.00% ในลักษณะความรุนแรงของการเกิด**โรคใบไหม้** มีดัชนีการเกิดโรคที่ 6.67-18.33% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วย นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และ 2 สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากันที่ 6.67% รองลงมาเป็นกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร และนาโนซิงค์ออกไซด์® ที่มีดัชนีการเกิดโรคเท่ากับ 8.33 และ 16.67% ตามลำดับ ในลักษณะความรุนแรงของการเกิด**โรคแอนแทรคโนส** มีดัชนีการเกิดโรคที่ 1.67-10.00% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากันที่ 1.67% ในขณะที่กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์® ไม่สามารถลดการเกิดโรคใบด่างได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 5.00% และ**โรคใบด่าง** มีดัชนีการเกิดโรคที่ 0.00-5.00% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วย นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และนาโนซิงค์ออกไซด์® สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากันที่ 0.00% รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 เท่ากับ 1.67% ในขณะที่กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรไม่สามารถลดการเกิดโรคใบด่างได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 5.00% (ตารางที่ 4.6) การเก็บผลที่อายุ 4 เดือนหลังปลูก พบดัชนีการเกิด**โรคใบจุด**ที่ 48.33-68.33% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์® สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 48.33% รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร และนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 53.33, 55.00 และ 58.33% ตามลำดับ ในลักษณะความรุนแรงของการเกิด**โรคใบไหม้** มีดัชนีการเกิดโรคที่ 0.00-1.67% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วย นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 นาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากันที่ 0.00% ในขณะที่กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 ไม่สามารถลดการเกิดโรคใบไหม้ได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 1.67% ในส่วนของ**โรคแอนแทรคโนส** พบดัชนีการเกิดโรคที่ 23.33-50.00% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพนด้วยนา โนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 23.33% ในขณะที่กรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 นาโนซิงค์ออกไซด์®และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรไม่สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรคโนสได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 33.33% และ**โรคใบด่าง** มีดัชนีการเกิดโรคที่ 0.00-8.33% โดยกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วย นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 นาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร ให้ระดับความรุนแรงของการเกิดโรคไม่แตกต่างกันกับกรรมวิธีควบคุม โดยมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากันที่ 0.00% ในขณะที่การฉีดพ่นด้วย นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 มีดัชนีการเกิดโรคที่ 8.33% (ตารางที่ 4.7) และการเก็บผลที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ฉีดพ่นนาโนซิงค์ออกไซด์® สามารถ

ลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบด่างได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากับ 8.33% ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 25.00% รองลงมาได้แก่ กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร กรรมวิธีที่ใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 เท่ากับ 10.00, 13.33 และ 20.00% ตามลำดับ ในขณะที่โรคโคนเน่าหัวเน่ามันสำปะหลัง ไม่พบการเกิดโรคยกเว้นในกรรมวิธีที่ใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 เท่านั้น ที่มีดัชนีการเกิดโรคเท่ากับ 1.67% ส่วนโรคใบไหม้ พบว่า กรรมวิธีที่ฉีดพ่นนาโนซิงค์ออกไซด์® และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรสามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีการเกิดโรคเท่ากับ 3.33% ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคที่ 6.67% รองลงมาได้แก่กรรมวิธีที่ใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 เท่ากับ 5.00% เท่ากัน และยังพบว่ากรรมวิธีใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 มีประสิทธิภาพควบคุมโรคใบจุดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยมีดัชนีการเกิดโรคที่ 16.67 และ 26.67% ตามลำดับ รองลงมาได้แก่กรรมวิธีที่ใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 เท่ากับ 21.67% (ตารางที่ 4.8)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพในการลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบจุด ใบไหม้ แอนแทรคโนส และใบด่างในมันสำปะหลังอายุ 2 เดือนหลังปลูก

พันธุ์มันสำปะหลัง	ทรีตท์เมนท์	ดัชนีการเกิดโรค (Disease Index; %)[1/]			
		ใบจุด	ใบไหม้	แอนแทรคโนส	ใบด่าง
ซีเอ็มอาร์ 89	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1	5.00^{d}	5.00^{c}	1.67^{b}	6.67^{a}
	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2	1.67^{b}	1.67^{a}	0.00^{a}	6.67^{a}
	นาโนซิงค์ออกไซด์®	0.00^{a}	3.33^{b}	0.00^{a}	20.00^{b}
	กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร[2/]	5.00^{d}	3.33^{b}	0.00^{a}	26.67^{b}
	กรรมวิธีควบคุม	3.33^{c}	5.00^{c}	3.33^{c}	26.67^{b}
	f-tast	**	**	**	**
	%CV	12.16	12.20	18.17	23.55
ระยอง 72	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1	6.67^{d}	5.00^{a}	1.67^{b}	0.00^{a}
	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2	1.67^{a}	5.00^{a}	0.00^{a}	0.00^{a}
	นาโนซิงค์ออกไซด์®	3.33^{b}	8.33^{c}	1.67^{b}	20.00^{c}
	กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร	5.00^{c}	6.67^{b}	1.67^{b}	20.00^{c}
	กรรมวิธีควบคุม	3.33^{b}	8.33^{c}	3.33^{c}	16.67^{b}
	f-tast	**	**	**	**
	%CV	12.92	21.21	27.95	11.43
พิรุณ 6	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1	11.67^{b}	6.67^{a}	1.67^{a}	0.00^{a}
	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2	3.33^{a}	6.67^{a}	1.67^{a}	1.67^{b}
	นาโนซิงค์ออกไซด์®	5.00^{a}	16.67^{b}	10.00^{c}	0.00^{a}
	กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร	5.00^{a}	8.33^{a}	1.67^{a}	5.00^{c}
	กรรมวิธีควบคุม	5.00^{a}	18.33^{b}	5.00^{b}	5.00^{c}
	f-tast	**	**	**	**
	%CV	21.94	25.47	11.18	11.09

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ $P < 0.01$

1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

2/ = กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรที่มีการฉีดพ่นสารเคมีอิมิดาคลอพริดร่วมกับฟอสอีทิลอะลูมินัม

ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพในการลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบจุด ใบไหม้ แอนแทรคโนส และใบด่างในมันสำปะหลังอายุ 4 เดือนหลังปลูก

พันธุ์มันสำปะหลัง	ทรีตท์เมนท์	ดัชนีการเกิดโรค (Disease Index; %)[1/]			
		ใบจุด	ใบไหม้	แอนแทรคโนส	ใบด่าง
ซีเอ็มอาร์ 89	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1	21.67^{b}	10.00^{c}	10.00^{a}	11.67^{b}
	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2	15.00^{a}	5.00^{b}	26.67^{b}	11.67^{b}
	นาโนซิงค์ออกไซด์®	16.67^{a}	0.00^{a}	30.00^{b}	10.00^{b}
	กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร[2/]	30.00^{c}	23.33^{d}	15.00^{a}	3.33^{a}
	กรรมวิธีควบคุม	15.00^{a}	30.00^{e}	11.67^{a}	21.67^{c}
	f-tast	**	**	**	**
	%CV	9.28	9.45	19.56	22.13
ระยอง 72	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1	38.33^{d}	1.67^{a}	18.33^{c}	8.33^{a}
	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2	31.67^{cd}	10.00^{bc}	23.33^{d}	11.67^{a}
	นาโนซิงค์ออกไซด์®	21.67^{ab}	10.00^{bc}	13.33^{ab}	10.00^{a}
	กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร	26.67^{bc}	8.33^{b}	10.00^{a}	23.33^{b}
	กรรมวิธีควบคุม	18.33^{a}	13.33^{c}	15.00^{bc}	11.67^{a}
	f-tast	**	**	**	**
	%CV	15.66	25.80	13.98	19.86
พิรุณ 6	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1	53.33a^{b}	0.00^{a}	23.33^{a}	0.00^{a}
	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2	58.33^{b}	1.67^{b}	38.33^{b}	8.33^{b}
	นาโนซิงค์ออกไซด์®	48.33^{a}	0.00^{a}	33.33^{b}	0.00^{a}
	กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร	55.00^{ab}	0.00^{a}	50.00^{c}	0.00^{a}
	กรรมวิธีควบคุม	68.33^{c}	1.67^{b}	33.33^{b}	0.00^{a}
	f-tast	**	**	**	**
	%CV	8.21	27.25	14.48	19.56

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ $P < 0.01$

1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

2/ = กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรที่มีการฉีดพ่นสารเคมีอิมิดาคลอพริดร่วมกับฟอสอีทิลอะลูมินัม

ตารางที่ 4.8 ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพในการลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบจุด ใบไหม้ แอนแทรคโนส ใบด่างและโคนเน่าหัวเน่าในมันสำปะหลังอายุ 8 เดือนหลังปลูก

พันธุ์มันสำปะหลัง	ทรีตท์เมนท์	ดัชนีการเกิดโรค (Disease Index; %)[1/]				
		ใบจุด	ใบไหม้	แอนแทรคโนส	ใบด่าง	โคนเน่าหัวเน่า
ซีเอ็มอาร์ 89	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1	35.00 ^{a}	18.33^{c}	6.67^{a}	16.67^{a}	0.00
	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2	31.67 ^{a}	10.00^{ab}	10.00^{ab}	21.67^{a}	0.00
	นาโนซิงค์ออกไซด์®	33.33 ^{a}	13.33^{b}	23.33^{d}	23.33^{a}	0.00
	กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร[2/]	46.60 ^{b}	10.00^{ab}	15.00^{bc}	18.33^{a}	0.00
	กรรมวิธีควบคุม	31.67 ^{a}	8.33^{a}	20.00^{cd}	40.00^{b}	0.00
	f-tast	**	**	**	**	ns
	%CV	10.08	18.63	24.34	21.52	0.00
ระยอง 72	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1	31.67^{a}	15.00^{b}	16.67^{a}	8.33^{a}	0.00
	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2	41.67^{b}	15.00^{b}	23.33^{b}	13.33^{ab}	0.00
	นาโนซิงค์ออกไซด์®	35.00^{ab}	16.67^{b}	26.67^{b}	33.33^{c}	0.00
	กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร	30.00^{a}	16.67^{b}	13.33^{a}	20.00^{b}	0.00
	กรรมวิธีควบคุม	41.67^{b}	6.67^{a}	26.67^{b}	31.67^{c}	0.00
	f-tast	*	*	**	**	ns
	%CV	13.89	22.59	13.53	19.14	0.00
พิรุณ 6	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1	16.67^{a}	5.00^{b}	5.00^{a}	13.33^{bc}	1.67^{b}
	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2	21.67^{ab}	5.00^{b}	15.00^{b}	20.00^{cd}	0.00^{a}
	นาโนซิงค์ออกไซด์®	26.67^{b}	3.33^{a}	20.00^{c}	5.00^{a}	0.00^{a}
	กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร	30.00^{b}	3.33^{a}	20.00^{c}	10.00^{ab}	0.00^{a}
	กรรมวิธีควบคุม	26.67^{b}	6.67^{c}	5.00^{a}	25.00^{d}	0.00^{a}
	f-tast	*	**	**	**	**
	%CV	19.13	16.60	17.20	27.84	16.43

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ P < 0.01 * = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ P < 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ P < 0.01 1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

2/ = กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรที่มีการฉีดพ่นสารเคมีอิมิดาคลอพริดร่วมกับฟอสอีทิลอะลูมินัม

4.3.3 ผลผลิตมันสำปะหลังหลังการฉีดพ่นสารที่แตกต่างกัน

4.3.3.1 ผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89

เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 8 เดือน พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 หลังการฉีดพ่นสารที่แตกต่างกัน ให้น้ำหนักหัวสดและผลผลิตแป้งที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่มีปริมาณจำนวนหัวและเปอร์เซ็นต์แป้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 ให้จำนวนหัว น้ำหนักหัวสด และผลผลิตแป้งสูงที่สุด เท่ากับ 8.20 หัว/ต้น 4.71 และ 1.35 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ให้จำนวนหัว 6.87 หัว/ต้น น้ำหนักหัวสด 4.33 ตัน/ไร่ และผลผลิตแป้ง 1.12 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 ให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุด เท่ากับ 28.03% รองลงเป็นมากรรมวิธีที่ใช้ นาโนซิงค์ออกไซด์® และนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์แป้งที่ 27.67 และ 27.03% ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำที่สุด เท่ากับ 25.7%

4.3.3.2 ผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 72

ผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 72 หลังการฉีดพ่นสารที่แตกต่างกัน พบว่า ให้น้ำหนักหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้ง และผลผลิตแป้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่มีจำนวนหัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 ให้เปอร์เซ็นต์แป้งและผลผลิตแป้งสูงที่สุดที่ 32.50% และ 2.18 ตัน/ไร่ ตามลำดับ รองลงมาเป็นมากรรมวิธีที่ใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 และนาโนซิงค์ออกไซด์® ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่ากรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร และกรรมวิธีควบคุม ดังตารางที่ 4.9 ในขณะที่นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนหัวและน้ำหนักหัวสด สูงที่สุด เท่ากับ 8.20 หัว/ต้น และ 6.85 ตัน/ไร่

4.3.3.3 ผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6

ผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6 หลังการฉีดพ่นสารที่แตกต่างกัน พบว่า นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 ให้น้ำหนักหัวสดและผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 5.16 และ 1.36 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งน้ำหนักหัวสดและผลผลิตแป้งเฉลี่ยที่ 4.53 และ 1.08 ตัน/ไร่ ตามลำดับ และการใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนหัวสูงที่สุดเท่ากับ 8.87 หัว/ต้น แต่ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีจำนวนหัวที่ 7.93 หัว/ต้น เช่นเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์แป้งที่การฉีดพ่นสารที่แตกต่างกันไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยที่ได้แตกต่างกันทางสถิติ ดังตารางที่ 4.9

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.9 ประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพต่อจำนวนหัว น้ำหนักหัวสด ปริมาณเปอร์เซ็นต์แป้ง และผลผลิตแป้งในมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน

พันธุ์มันสำปะหลัง	ทรีทเมนท์	จำนวนหัวต่อต้น	น้ำหนักหัวสด (ตัน/ไร่)	ปริมาณแป้ง (%)	ผลผลิตแป้ง (ตัน/ไร่)
ซีเอ็มอาร์ 89	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1	8.20	4.71^{a}	27.03	1.35^{a}
	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2	5.47	2.09^{b}	28.03	0.48^{c}
	นาโนซิงค์ออกไซด์®	6.20	2.72^{b}	27.67	0.76^{bc}
	กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร	7.33	2.77^{b}	26.30	0.73^{c}
	กรรมวิธีควบคุม	6.87	4.33^{a}	25.97	1.13^{ab}
	f-test	ns	**	ns	**
	%CV	24.47	17.93	7.91	21.96
ระยอง 72	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1	8.07	6.72 ^{a}	32.50^{a}	2.18^{a}
	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2	8.20	6.85^{a}	30.33^{b}	2.08^{a}
	นาโนซิงค์ออกไซด์®	7.80	5.63^{ab}	30.13^{b}	1.70^{ab}
	กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร	6.93	2.88^{c}	25.83^{c}	0.74^{c}
	กรรมวิธีควบคุม	8.13	4.97^{b}	25.80^{c}	1.28^{b}
	f-test	ns	**	**	**
	%CV	26.63	15.05	2.53	17.14
พิรุณ 6	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1	8.87	4.23^{bc}	26.27	1.11^{b}
	นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2	7.80	5.16^{a}	26.30	1.36^{a}
	นาโนซิงค์ออกไซด์®	8.40	4.37^{bc}	26.67	1.16^{b}
	กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร	8.20	3.91^{c}	25.77	1.01^{b}
	กรรมวิธีควบคุม	7.93	4.53^{b}	23.83	1.08^{b}
	f-test	ns	**	ns	*
	%CV	17.75	6.45	6.50	8.75

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ P < 0.01 * = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ P < 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ P < 0.01 1/ = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

2/ = กรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรที่มีการฉีดพ่นสารเคมีอิมิดาคลอพริดร่วมกับฟอสอีทิลอะลูมินัม

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. การประเมินความรุนแรงในการเข้าทำลายของเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. และ *Fusarium* sp. สาเหตุโรคโคนเน่าหัวเน่าในมันสำปะหลังระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ คือ ซีเอ็มอาร์ 89 ระยอง 72 และพิรุณ 6 มีระดับคะแนนความรุนแรงในการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน โดยเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. สามารถสร้างความรุนแรงในหัวมันสำปะหลังได้มากกว่าเชื้อรา *Fusarium* sp. เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์เดียวกัน

2. การประเมินพันธุ์มันสำปะหลังร่วมกับการจัดการแบบผสมผสานในระดับแปลงทดลอง ผลการส่งเสริมการเจริญเติบโตด้านความสูง พบว่า มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ มีความสูงที่เพิ่มขึ้น เมื่อมีการฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์สูตร 1 นาโนอิลิซิเตอร์สูตร 2 และนาโนซิงค์ออกไซด์® โดยมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 72 มีความสูงที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด ซึ่งแสดงถึงการตอบสนองต่อนาโนอิลิซิเตอร์ได้ดีที่สุด โดยนาโนอิลิซิเตอร์จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา สัณฐานวิทยา และพันธุกรรมหลายอย่าง รวมถึงมีผลให้สารตั้งต้นในการผลิตเอธิลีนที่เป็นฮอร์โมนยับยั้งการเติบโตของพืช เช่น 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) และ 2-chloroethylphosphonic acid (CEPA) มีปริมาณลดลงด้วย พืชจึงเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ (Fincheira et al., 2019; Saha and Gupta , 2018) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Salachna และคณะ (2019) พบว่า อนุภาคซิลเวอร์นาโนความเข้มข้น 50 ppm สามารถช่วยกระตุ้นลิลลี่ให้มีการเจริญเติบโตในลักษณะของความสูง จำนวนใบ ขนาดของหัว และจำนวนดอกที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Sharma และคณะ (2012) พบว่า อนุภาคซิลเวอร์นาโนที่สังเคราะห์โดยใช้เทคนิคทางชีวภาพสามารถกระตุ้นให้ผักกาดเขียว มีการเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนใบ และความยาวรากเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ รวมถึง Gruyer และคณะ (2013) ที่พบว่า การใช้อนุภาคซิลเวอร์นาโนมีผลให้ความยาวรากของข้าวบาร์เลย์เพิ่มขึ้น

3. เมื่อประเมินความรุนแรงของการเกิดโรคในมันสำปะหลังที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารใดๆ ในระดับแปลงทดลอง พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ พิรุณ 6 มีความต้านทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลังได้ดีกว่าพันธุ์ ระยอง 72 และซีเอ็มอาร์ 89 ตามลำดับ และเมื่อมีการฉีดพ่นนาโนอิลิซิเตอร์ทางชีวภาพ 1 ครั้ง ที่อายุ 1 เดือน และเก็บผลที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก พบว่า นาโนอิลิซิเตอร์ทางชีวภาพสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 สามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรคแอนแทรคโนสและใบด่างได้ในมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ และสามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบไหม้ในมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 72 และ พิรุณ 6 ได้ ในขณะที่ พันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 มีเพียงโนอิลิซิเตอร์ทางชีวภาพสูตรที่ 2 เท่านั้นที่สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบไหม้ได้ เช่นเดียวกับโรคใบจุดในมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ ที่มีเพียงโนอิลิซิเตอร์ทางชีวภาพสูตรที่ 2 เท่านั้นที่สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการเป็นตัวกระตุ้นภูมิคุ้มกันพืชให้ต้านทานต่อการเข้าทำลายจากเชื้อก่อโรคได้ (Jeong et al. 2005) โดยพืชจะมีการเปลี่ยนแปลงด้านสัณฐานวิทยา เช่น มีการสะสมลิกนินที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mishra และ

คณะ (2014) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของอนุภาคซิลเวอร์นาโนที่สังเคราะห์จากเชื้อแบคทีเรีย *Serratia* sp. สายพันธุ์ BHU-S4 พบว่า สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Bipolaris sorokiniana* สาเหตุโรคจุดด่างและช่วยลดการเข้าทำลายในต้นข้าวสาลีได้ โดยพบการสะสมของลิกนินในชั้น vascular bundles ของใบข้าวสาลีที่เพิ่มขึ้น อนุภาคนาโนซิลเวอร์ยังสามารถเปลี่ยนแปลงเมตาบอลิซึมของพืชเพื่อสร้างสารบางอย่าง เช่น salicylic acid (SA) ซึ่งเป็นตัวส่งสัญญาณกระตุ้นการตอบสนองการป้องกันตัวเองของพืชจากเชื้อสาเหตุโรค หรือแมลงศัตรูพืชบางชนิด และการปรับตัวให้ทนกับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Shulaev et al., 2008) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang และคณะ (2018) พบว่า การใช้อนุภาคซิลเวอร์นาโนที่ 40 มิลลิกรัม มีผลให้ปริมาณ SA ในแตงกวาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้อนุภาคซิลเวอร์นาโนยังสามารถลดการเจริญของเส้นใยเชื้อราโดยตรงได้ โดย Elamawi และคณะ (2018) พบว่า อนุภาคซิลเวอร์นาโนที่สังเคราะห์จากเชื้อรา *T. longibrachiatum* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้หลายชนิด โดยมีประสิทธิภาพสูงถึง 90% ในการต้านเชื้อรา *F. verticillioides, F. moniliforme, Penicillium brevicompactum, Helminthosporium oryzae* และ *Pyricularia grisea* และงานวิจัยของ Mahdizadeh และคณะ (2015) รายงานว่า อนุภาคซิลเวอร์นาโนที่สังเคราะห์จากเชื้อรา *T. harzianum* ที่ความเข้มข้น 6 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Pythium aphanidermatum, Sclerotinia sclerotiorum* และ *Rhizoctonia solani* ซึ่งเป็นสาเหตุโรคโคนเน่ารากเน่าและโรคเน่าคอดิน (damping - off) ได้สูงถึง 100, 98 และ 75% ตามลำดับ การประเมินความรุนแรงของการเกิดโรคในช่วงอายุ 4 เดือนหลังปลูก ที่มีการฉีดพ่นนาโนอิลิซิเตอร์ทางชีวภาพมาแล้ว 3 ครั้ง พบว่า นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 สามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบจุดได้เฉพาะใน พันธุ์ พิรุณ 6 เท่านั้น และสามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบไหม้ในมันสำปะหลังพันธุ์ซีเอ็มอาร์ 89 และ ระยอง 72 ได้ ยกเว้นพันธุ์ พิรุณ 6 ที่มีเพียงนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 เท่านั้นที่สามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบไหม้ได้ เช่นเดียวกันกับโรคแอนแทรคโนสในมันสำปะหลังพันธุ์ซีเอ็มอาร์ 89 และ พิรุณ 6 ในขณะที่โรคใบด่างมันสำปะหลังในพันธุ์ ระยอง 72 ที่มีเพียงนาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 เท่านั้นที่สามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ และยังพบว่าในมันสำปะหลังพันธุ์ซีเอ็มอาร์ 89 นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 สามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบด่างในมันสำปะหลังได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม เมื่อมันสำปะหลัง มีอายุ 8 เดือน พบว่าโรคใบด่างมีความรุนแรงเพิ่มขึ้น แต่การฉีดพ่นนาโนอิลิซิเตอร์ทางชีวภาพทั้งสองสูตรยังคงสามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรคใบด่างในมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ได้ ในขณะที่โรคโคนเน่าหัวเน่า พบในมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 6 ที่มีการฉีดพ่นนาโนอิลิซิเตอร์ทางชีวภาพสูตรที่ 1 เท่านั้น

4. อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพทั้งสองสูตร มีผลทำให้มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์แป้งที่เพิ่มขึ้นและส่งผลให้ผลผลิตแป้งในมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน เพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้นาโนอิลิซิเตอร์ทางชีวภาพสูตรที่ 1 ทำให้มันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 และพิรุณ 6 มีจำนวนหัวเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม เช่นเดียวกันกับการใช้นาโนอิลิซิเตอร์สูตรที่ 2 ในพันธุ์ ระยอง 72 และอนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพทั้งสองสูตรยังมีผลทำให้มันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 72 มีน้ำหนักหัวสดต่อไร่มากกว่ากรรมวิธีควบคุม ในขณะที่พันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 มีเพียงนาโนทางชีวภาพสูตรที่ 1 เท่านั้นที่ให้น้ำหนัก

หัวสดต่อไร่มากกว่ากรรมวิธีควบคุม และในพันธุ์ พิรุณ 6 มีเพียงนาโนทางชีวภาพสูตรที่ 2 เท่านั้นที่ให้น้ำหนักหัวสดต่อไร่มากกว่ากรรมวิธีควบคุม ผลผลิตมันสำปะหลังมีความสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของต้น โดยพันธุ์ ระยอง72 มีการเติบโตที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อใช้อนุภาคซิลเวอร์นาโนทางชีวภาพ จึงทำให้มีน้ำหนักและผลผลิตแป้งที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับมันสำปะหลังพันธุ์ ซีเอ็มอาร์ 89 และพิรุณ 6

5. การศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่ามันสำปะหลังหลังทั้ง 3 พันธุ์ มีความต้านทานต่อโรคใบด่างที่แตกต่างกัน โดย มันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 6 มีความต้านทานต่อโรคใบด่างได้ดีกว่าพันธุ์ระยอง 72 และซีเอ็มอาร์ 89 ตามลำดับ และเมื่อมีการฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์ พบว่า มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ มีการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และสามารถช่วยลดการเกิดโรคได้ ส่งผลให้มันสำปะหลังมีน้ำหนักผลผลิตและปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการประเมินพันธุ์มันสำปะหลังในแปลงทดลองที่มีการฉีดพ่นด้วยนาโนอิลิซิเตอร์ทางชีวภาพเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและแก้ปัญหาการเกิดโรคยังต้องมีการประเมินในหลายๆ พื้นที่ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของพันธุ์พืชในการตอบสนองต่อนาโนอิลิซิเตอร์ ภายใต้สภาพพื้นที่ปลูกและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2563. มหันตภัยโรคใบด่างมันสำปะหลัง. [ออนไลน์]. ได้จาก: https://ssnet.doae.go.th/wp-content/uploads/2019/08/โปสเตอร์-A1-รณรงค์กำจัดใบด่าง-1.pdf

ณยา วงษ์พูน, ใจพร พุ่มคำ และ ศิรศักดิ์ เทพาคำ. 2557. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี. วารสารอาหารและยา. 10-13. file:///C:/Users/User/Downloads/fdajournal,+Journal+editor,+A2_2.57.pdf

ปรียาพร นับแสน นันทวดี คุณาพันธ์ รัชฎาพร สุพรม. มมป. การแยกเชื้อรา Trichoderma spp. จากดินเพื่อควบคุมการเจริญของเส้นใยเชื้อรา Phytophthora sp.ที่ก่อให้เกิดโรคใบร่วงในยางพารา และเชื้อรา Collectrotichum sp.ที่ก่อให้เกิดโรคใบจุดใน ยางพาราและก่อโรคแอนแทคโนสในมะม่วง. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.nestc.sci.ubu.ac.th/2015/upload/Poster/N2015240.pdf

พรปวีณ์ ธิวัฒน์วรานิกุล, ภานุวัฒน์ มูลจันทะ, วรรณวิไล อินทนู และ จินตนา อันอาตม์งาม. (2562). การจำแนกชนิดและทดสอบการก่อโรคของเชื้อราสาเหตุโรคหัวและลำต้นเน่ามันสำปะหลัง. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 37(2): 239-249

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. มมป. มันสำปะหลัง. Food Network Solution. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2927/cassava-มันสำปะหลัง

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. มมป. มันสำปะหลัง. [ออนไลน์]. ได้จาก: https://tapiocathai.org/E1.html

รังสิมันตุ์ ธีระวงศ์ภิญโญ, สมศิริ แสงโชติ และ ปัฐวิภา สงกุมาร. 2564. เชื้อรา Lasiodiplodia species สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียนในประเทศไทย. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. [ออนไลน์]. ได้จาก: https://www.phtnet.org/2021/06/2073/

รังษี เจริญสถาพร และ อมรรัชฎ์ คิดใจเดียว. (2553). โรคแอนแทรคโนสมันสำปะหลังและแนวทางการป้องกันกำจัด. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. [ออนไลน์]. ได้จาก http://soclaimon.wordpress.com/2010/06/11.

รวีวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์. มมป. ระบบการผลิตมันสำปะหลังกับปญหาเพลี้ยแปง (ลักษณะพันธุ การปลูก). ศูนยวิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัย. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://wachirabarami.phichit.doae.go.th/pdf/Cassava04.pdf

ศิริพรรณ สุขขัง. 2560. การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี. ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://biology.ipst.ac.th/?p=3341

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ระดับประเทศ ภาค จังหวัด และอำเภอ ปี 2562 และ 2563. [ออนไลน์]. ได้จาก: https://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดมันสำปะหลัง/TH-TH

สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร. 2563. ความแตกต่างของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 1 พิรุณ 2 และพิรุณ 4. [ออนไลน์]. ได้จาก: https://www.nstda.or.th/agritec/pirun-different/

สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย. 2561. ข้อมูลโรคใบด่างมันสำปะหลัง (CMD). [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.thaitapiocastarch.org/th/information/learning_industry/downloads/385/CMD%20All%20Information

โสภณ วงศ์แก้ว. 2560. ไวรัสใบด่างของมันสำปะหลัง: วายร้ายเอกระดับโลก. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.thaitapiocastarch.org/pdf/cmd/Article-CMD-2.pdf

สุทธิสา ดัชนีย์. 2558. การระบุเชื้อราสาเหตุโรคต้นและรากเน่าดำของมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาพืชศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สมหมาย ปะติตังโข และ กิ่งแก้ว ปะติตังโข. (2557). การสังเคราะหและการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ ของสารนาโนอินทรียและนาโนโลหะอินทรีย. วารสารวิทยาศาสตร มข. 42(3), 612-623.

อรุณี วงษ์กอบรัษฎ์. (2547). โรค แมลง และ ศัตรูของมันสำปะหลัง. ใน เอกสารวิชา การมันสำปะหลัง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 210 หน้า

Amer, A. (2019). Biotechnology approaches for in vitro production of flavonoids. J Microbiol Biotech Food Sci / Alia Amer 2018. 7(5): 457–468.

Alharbi, A. A. (2015). Impact of Biocontrol Agents, Trichoderma spp. and Pseudomonads spp. On Root rot fungi Fusarium solani and Rhizoctonia solani infected Watermelon plants cultivated in Jazan, KSA. Life Science Journal. 12(12): 43-52.

Ahmad, N., Sharma, S., Alam, M. K., Singh, V. N., Shamsi, S. F., Mehta, B. R. and Fatma, A. (2010). Rapid synthesis of silver nano particles using dried medicinal plant of basil. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 81(1): 81-86.

Abeysinghe, S. (2007). Biological control of Fusarium solani f. sp. phaseoli the causal agent of root rot of bean using Bacillus subtilis CA32 and Trichoderma harzianum RU01. RUHUNA JOURNAL OF SCIENCE. 2: 82-88.

Boxi, S.S., Mukherjee, K., Paria, S. 2016. Ag doped hollow TiO2nanoparticles as an effective green fungicide against *Fusarium solani* and *Venturia inaequalisphytopathogens*. Nanotechnology,27(3), 42-51.

Bandyopadhyay, R.; Mwangi, M.; Aigbe, S.O.; LESLIE, J.F. (2006). Fusarium species from the cassava root rot complex in West Africa. Phytopathology. 96: 673-676.

Benitez, T., Rincon, A. M., Carmenlimon, M. and Condon, A.C. 2004. Biocontrol mechanisms of Trichoderma strains. International Microbiology, 7: 249-260.

Elamawi, R.M., Al-Harbi, R.E. and Hendi, A.A. (2018). Biosynthesis and characterization of silver nanoparticles using Trichoderma longibrachiatum and their effect on phytopathogenic fungi. Egyptian journal of biological pest control. 28(28): 1-11.

Emmanuel, M. 2007. Guide to identification and control of cassava diseases. CSIR-Crops Research Institute, Kumasi Ghana. 41 p.

Etebarian, H.R., Scott, E.S. & Wicks, T.J. (2000). Trichoderma harzianum T39 and T. virens DAR74290 as potential biological control agents for Phytophthora erythroseptica. European Journal of PlantPathology. 106: 329-337.

Fincheira, P., Tortella, G.R., Duran, N. and Seabra, A.B. (2019). Current applications of nanotechnology to develop plant growth inducer agents as an innovation strategy. Critical Reviews in Biotechnology. 40(1): 1-16.

Gruyer, N., Dorais, M., Bastien, C., Dassylva, N. and G. Triffault-Bouchet. (2013). Interaction between Silver Nanoparticles and Plant Growth. ISHS. 795-800.

Gurunathan, S., Kalishwaralal, K., Vaidyanathan, R., Venkataraman, D., Pandian, S. R. K., Muniyandi, J., Eom, S. H. 2009. Biosynthesis, purification and characterization of silver nanoparticles using Escherichia coli. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 74(1): 328-335.

Msikita, W., Bissang. B., James, B.D., Baimey, H., Wilkinson, H.T., Ahounou, M. and Fagbemisi, R. (2005). Prevalence and severity of Nattrassia mangiferae root and stem rot pathogen of cassava in Benin. Plant Disease 89:12–16.

Mafuné, F., Kohno, J.-y., Takeda, Y., and Kondow, T. (2002). Full Physical Preparation of Size- Selected Gold Nanoparticles in Solution: Laser Ablation and Laser-Induced Size Control. The Journal of Physical Chemistry B 106(31): 7575-7577.

Msikita, W., B. James, M. Ahounou, H. Baimey, B.G. Facho & R. Fagbemisi. (1998). Discoveries of new diseases of cassava in West Africa. Trop Agric. 75: 58–63.

Oliveira, E. J. de., Oliveira, S. A. S. de., Boas, S. A. Vi., Hohenfeld, C. S., Santos, V. da S. (2017). Selection of cassava accessions with multiple resistance to pathogens associated with root rot disease. Euphytica. 213:185, 1-13.

Onyeka, T.J., E.J.A. Ekpo & A.G.O. Dixon, 2004. Cassava root rot disease in West Africa: Review of recent literature and the field situation in Nigeria. In: M.O. Akoroda (Ed.), The small processor and development of local food industries for market economy. Proceedings of the 8th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops-Africa Branch (ISTRC-AB), 12–16 November 2001, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, pp. 584–588. ISTRC-AB/IITA, Ibadan, Nigeria

Onyeka, T. J. 2002. Cassava root rot fungi in Nigeria: Variability in Botryodiplodia theobromae isolates and evaluation of cassava germplasm for root rot resistance. Ph.D. thesis. University of Ibadan, Nigeria.

Prasad, R. R. and Alungo, B. (2021). Prevalence and Incidence of Cassava (Manihot esculenta) Brown Leaf Spot Disease Caused by Cercospora heningsii in Macuata Province, Journal of Plant Pathology & Microbiology. 12 (5): 1-4.

Pei, Y. L., Shi, T., Li, C.P., Liu, X. B., Cai, J.M. and G X Huang. (2014). Distribution and pathogen identification of cassava brown leaf spot in China. Genet Mol Res. 13(2):3461-3473.

Saengchan, C., Sangpueak, R., Thanh, T. L., Phansak, P. and Natthiya Buensanteai. (2022). Induced resistance against Fusarium solani root rot disease in cassava plant (Manihot esculenta Crantz) promoted by salicylic acid and Bacillus subtilis. soil & plant science. 72(1): 516-526Clement, J. L. and Jarret, P. S. (1994). Antimicrobial silver. Metal-Based Drugs, 1: 467-482.

Salachna, P., Byczy´nska, A., Zawadzi´nska, A., Piechocki, R. and Mizieli´nska, M. (2019). Stimulatory Effect of Silver Nanoparticles on the Growth and Flowering of Potted Oriental Lilies. Agronomy. 9(610): 1-14.

Saha, N. and Gupta, S.D. (2018). Promotion of shoot regeneration of Swertia chirata by biosynthesized silver nanoparticles and their involvement in ethylene interceptions and activation of antioxidant activity. Plant Cell Tissue Organ Culture. 134: 289–300.

Sharma, P., Bhatt, D., Zaidi, M.G.H., Saradhi, P.P., Khanna, P.K. and Arora, S. (2012). Silver nanoparticle-mediated enhancement in growth and antioxidant status of Brassica juncea. Applied Biochemistry and Biotechnology. 167: 2225–2233.

Sintubin, L., De Windt, W., Dick, J., Mast, J., van der Ha, D., Verstraete, W., Boon, N. 2009. Lactic acid bacteria as reducing and capping agent for the fast and efficient production of silver nanoparticles. Applied Microbiolology and Biotechnology 84(4): 741-749.

Shulaev, V., Cortes, D. Miller, G. and Mittler, R. (2008). Metabolomics for plant stress response. Physiol. Plant. 132: 199–208.

Taylor, R.K., Griffin, R.L., Jones, L.M., Pease B., Tsatsia, F., Fanai, C., Macfarlane, B., Dale, C. J. and R. I. Davis. (2017). First record of Xanthomonas axonopodis pv. manihotis in Solomon Islands. Australasian Plant Dis. Notes. 12(49): 1-4.

Wang, J. C., Neogi, P., and Forciniti, D. (2006). On one- dimensional self- assembly of surfactant-coated nanoparticles. The Journal of Chemical Physics. 125(19): 194717-6.

Zhang, H., Du, W., Peralta-Videa, J. R., Gardea-Torresdey, J. L., White, J. C., Keller, A., Guo, H., Ji, R. and Zhao, L. (2018). Metabolomics Reveals How Cucumber (Cucumis sativus) Reprograms Metabolites to Cope with Silver Ions and Silver Nanoparticle-Induced Oxidative Stress. Environ. Sci. Technol. 52: 8016–8026.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. อาหารเลี้ยงเชื้อรา

2.1 Potato Dextrose Agar (PDA)

มันฝรั่ง	200	กรัม
Dextrose หรือ Glucose	20	กรัม
ผงวุ้น (Agar)	18	กรัม
น้ำกลั่นหรือน้ำกรอง	1,000	มิลลิลิตร

หั่นมันฝรั่งที่ปอกเปลือกแล้วเป็นชิ้นขนาดประมาณ 1 ลบ.ซม. นำมาต้มกับน้ำ 500 มิลลิลิตร จนสุก กรองเอาเฉพาะน้ำ แล้วเติม dextrose หรือ Glucose ลงไป ต้มผงวุ้นให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันด้วยน้ำส่วนที่เหลือ หลังจากนั้นนำทั้งสองส่วนเทรวมกัน และปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน แล้วแบ่งใส่ขวดแก้วใสเพื่อนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว หรืออุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสนาน 15-20 นาที

2.2 Potato Dextrose Broth (PDB)

มันฝรั่ง	200	กรัม
Dextrose หรือ Glucose	20	กรัม
น้ำกลั่นหรือน้ำกรอง	1,000	มิลลิลิตร

หั่นมันฝรั่งที่ปอกเปลือกแล้วเป็นชิ้นขนาดประมาณ 1 ลบ.ซม. นำมาต้มกับน้ำ 500 มิลลิลิตร จนสุก กรองเอาเฉพาะน้ำ แล้วเติม dextrose หรือ Glucose ลงไป ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันแล้วแบ่งใส่ขวดแก้วใสเพื่อนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว หรืออุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15-20 นาที

2. อาหารเลี้ยงเชื้อรา

2.3 Potato Dextrose Agar (PDA)

มันฝรั่ง	200	กรัม
Dextrose หรือ Glucose	20	กรัม
ผงวุ้น (Agar)	18	กรัม
น้ำกลั่นหรือน้ำกรอง	1,000	มิลลิลิตร

หั่นมันฝรั่งที่ปอกเปลือกแล้วเป็นชิ้นขนาดประมาณ 1 ลบ.ซม. นำมาต้มกับน้ำ 500 มิลลิลิตร จนสุก กรองเอาเฉพาะน้ำ แล้วเติม dextrose หรือ Glucose ลงไป ต้มผงวุ้นให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันด้วยน้ำส่วนที่เหลือ หลังจากนั้นนำทั้งสองส่วนเทรวมกัน และปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน แล้วแบ่งใส่ขวดแก้วใสเพื่อนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว หรืออุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสนาน 15-20 นาที

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.4 Potato Dextrose Broth (PDB)

มันฝรั่ง	200	กรัม
Dextrose หรือ Glucose	20	กรัม
น้ำกลั่นหรือน้ำกรอง	1,000	มิลลิลิตร

หั่นมันฝรั่งที่ปอกเปลือกแล้วเป็นชิ้นขนาดประมาณ 1 ลบ.ซม. นำมาต้มกับน้ำ 500 มิลลิลิตร จนสุก กรองเอาเฉพาะน้ำ แล้วเติม dextrose หรือ Glucose ลงไป ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน แล้วแบ่งใส่ขวดแก้วใสเพื่อนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว หรืออุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสนาน 15-20 นาที

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้วิจัย

นางสาวณัฐธิญา เบือนสันเทียะ เกิดวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2523 ที่ อำเภอเสิงสาง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนครบุรี อ. ครบุรี จ. นครราชสีมา เริ่มเข้าศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีการศึกษา 2542 ขณะที่ศึกษาในระดับปริญญาตรี ได้ศึกษาการตรวจสอบโปรตีนโดยศึกษาและตรวจหาการสะสมโพลีฟีนอลออกซิเดซในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของมะเขือเทศ และจากนั้นจึงมีความสนใจนำเทคนิคทางเซรุ่มวิทยาและชีวโมเลกุลมาใช้ในการตรวจสอบและวินิจฉัยโรคพืช ภายหลังสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีในปีการศึกษา 2/2545 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีในปีการศึกษา 3/2545 และสำเร็จการศึกษาระดับมหาบัณฑิตศึกษา ในปีการศึกษา 2547 ภายหลังสำเร็จการศึกษาในระดับมหาบัณฑิตศึกษา ได้เข้าศึกษาต่อในระดับดุษฎีบัณฑิต ในหลักสูตร ปร.ด. (โรคพืช)มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2550 และเข้าทำงานในปี พ.ศ. 2553 เป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จนถึงปัจจุบัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี