



รายงานการวิจัย

ผลของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งเชื้อราแป้งของ
มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

**Effect of ZnO Nanoparticles on the Antifungal
Of Mango cv. Nam Dok Mai**

สุปราณี พิศมัย
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2558

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

**ผลของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งเชื้อราแป้งของ
มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้**

**Effect of ZnO Nanoparticles on the Antifungal
Of Mango cv. Nam Dok Mai**

**สุปราณี พิศมัย สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป
คณะครุศาสตร์**

**ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชนและท้องถิ่นประเภทงบประมาณแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ 2558**

ชื่องานวิจัย ผลของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งเชื้อราแป้งของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้
Effect of ZnO Nanoparticles on the Antifungal of Mango cv. Nam Dok Mai

ผู้วิจัย สุปราณี พิสมัย

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทั่วไป

คณะ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีที่เสร็จวิจัย 2558

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้สารนาโนซิงค์ออกไซด์ต่อการยับยั้งการเกิดโรคราแป้งของมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยกำหนดความเข้มข้นของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 5, 10 และ 15 กรัม/ลิตร ผู้วิจัยการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน คือ 1) การเพาะเลี้ยงเชื้อราโดยวิธี Spread-Plate Technique และ 2) การทดสอบฤทธิ์สารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา ทดสอบโดยวิธี Poisoned Food Technique ผลการวิจัยพบว่า การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยความเข้มข้นของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ 15 กรัม/ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรามากที่สุด (ร้อยละ 78.79) รองลงมาคือความเข้มข้น 10 กรัม/ลิตร (ร้อยละ 75.76) และความเข้มข้น 5 กรัม/ลิตร (ร้อยละ 72.73) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราของความเข้มข้นพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และ 3) การทดลองหาประสิทธิภาพของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ พบว่าผลผลิตที่ได้จากต้นมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์มากกว่าผลผลิตที่ได้จากต้นมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 45.06 เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

คำสำคัญ: นาโนซิงค์ออกไซด์ มะม่วงน้ำดอกไม้ การยับยั้งเชื้อรา

Title Effect of ZnO Nanoparticles on the Antifungal of Mango cv. Nam Dok Mai
Authors Supranee Pitsamai
Major Field Education of General Science
Faculty Education
Phetchabun Rajabhat University **Success** 2558

Abstract

The objective of the project was to study the antifungal effect of ZnO nanoparticles on *Oidium mangiferae* Benth. Three concentrations 5, 10 and 15 g/l of ZnO nanoparticles were applied. The methodology consisting of 1) fungal culture by spread plate technique, 2) antifungal test by poisoned food technique and 3) The effect on mango production were carried out. The results revealed that the highest inhibitory percentage (78.79%) of ZnO nanoparticles was a concentration of 15 g/l followed by 10 g/l (75.76%), and 5 g/l (72.73%), respectively the comparison of the concentrations used by statistical test found that it was significantly different at 0.05 level. 3) The effect on mango production showed that the product of mango cv. Nam Dok Mai in the ZnO nanoparticles treating field was 2-times higher than the control field with significant difference at 0.05.

Keywords: ZnO nanoparticles, Mango cv. Nam Dok Mai, Antifungal

(ก)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่างๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำคำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเกษตรกรในพื้นที่ตำบลคงมูลเหล็ก เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

สุปราณี พิศมัย

8 สิงหาคม 2558

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
1.5 ประโยชน์ของการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้.....	4
2.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้.....	5
2.3 การปลูกมะม่วง.....	10
2.4 โรคราแป้งมะม่วง.....	15
2.5 วัสดุนาโน (nanomaterials).....	17
2.6 ชิงค์ออกไซด์.....	21
2.7 นาโนชิงค์ออกไซด์.....	22
2.8 บทบาทของนาโนชิงค์ออกไซด์.....	22
2.9 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	26
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	26
3.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ.....	26
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	28
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	29
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	30
4.1. การทดสอบฤทธิ์สารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา....	30
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารนาโนซิงค์ออกไซด์.....	32
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	33
5.1 สรุปผล.....	33
5.2 อภิปรายผล.....	33
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	34
บรรณานุกรม.....	35
ภาคผนวก.....	36
ประวัติคณะผู้วิจัย.....	37

(จ)

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อรา	30
4.2 ร้อยละการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา.....	31
4.3 แสดงผลผลิตหลังจากฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์ความเข้มข้น 15 กรัม/ลิตร.....	32

สารบัญรูป

รูปที่

หน้า

2.1 แสดงรูปมะม่วงน้ำดอกไม้.....	5
2.2 แสดงโรคราแป้ง.....	15
3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิจัย.....	27
ก1 แสดงการฉีดพ่นบนต้นมะม่วง.....	40
ก2 แสดงต้นมะม่วงช่วงเริ่มห่อ.....	40
ก3 แสดงผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้.....	41

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นมะม่วงที่ประเทศไทยได้รับการยอมรับของผู้บริโภคทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น แต่ปัจจุบันมะม่วงน้ำดอกไม้โดยเฉพ่าน้ำดอกไม้สีทอง สามารถเข้าไปส่งไปขายใน ตลาดยุโรป นิวซีแลนด์ สหรัฐอเมริกา สาธารณรัฐประชาชนจีน ฯลฯ โดยเฉพาะสาธารณรัฐประชาชนจีน มีตัวเลขการสั่งซื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจากประเทศไทย เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก เพราะเนื่องจากจีนนิยมผลไม้ที่มีเป็นมงคล เช่น สีแดง หรือสี เหลืองทอง ดังนั้นจึงเป็นโอกาสดีที่ประเทศไทยจะต้องชิงความเป็นผู้นำด้านการตลาดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในจีนให้เป็นที่นิยมแพร่หลายมากขึ้น ในการสร้างตลาดส่งออกให้เข้มแข็งนั้น ชาวสวนจะต้องเน้นเรื่องคุณภาพของผลผลิตเป็นหลัก

พื้นที่ตำบลคงมูลเหล็กมีการปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้จำนวนมาก จึงก่อให้เกิดกลุ่มปรับปรุงคุณภาพมะม่วงเพื่อการค้าและการส่งออก ไปยังประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีหน่วยงานมีเข้ามาให้ความรู้เรื่องการปรับปรุงคุณภาพหลายหน่วยงานไม่ว่าจะเป็นสำนักงานเกษตรจังหวัด หรือบริษัทส่งออกผลไม้ซึ่งปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญของการปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้ คือ โรคต่างๆ ที่จะมาทำลาย ให้คุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ต่ำลง หรือแม้กระทั่งโรคที่ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้ลดน้อยลง โรคราแป้งมะม่วงเป็นโรคที่เกิดจากเชื้อรา *Oidium mangiferae* Benth. จะระบาดหนักในช่วงที่มีอากาศแห้งและเย็น (ปลายฝนต้นหนาว) เป็นโรคที่สร้างความเสียหายกับเกษตรกรชาวสวนมะม่วงอย่างมาก เพราะเป็นเหมือนภัยเงียบที่มองไม่เห็น โดยเชื้อราแป้งจะพัดตัวอยู่ตามตาใบและตาดอกของมะม่วง เมื่อดอกมะม่วงบานและสภาพอากาศเหมาะสมราแป้งจะเข้าทำลายทันทีที่ดอกมะม่วงที่โดนราแป้งทำลายจะสังเกตเห็นผลสีขาวคล้ายแป้งปกคลุมบริเวณก้าน ดอกทำให้ดอกร่วง ถ้างดทำลายระยะผลอ่อนจะทำให้ผลอ่อนหักและหลุดร่วง

ปัจจุบันวัสดุนาโนเป็นวัสดุที่กำลังดึงดูดความสนใจของนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกในช่วงทศวรรษนี้ อย่างมากมาย สาเหตุสำคัญอาจจะเนื่องมาจากศักยภาพของวัสดุนาโนที่สามารถทำการปฏิบัติงานด้านวัสดุศาสตร์ให้เกิดขึ้นและนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมหาศาล เช่น นาโนซิงค์ออกไซด์ ที่ได้จากการบวนการเปลี่ยนขนาดอนุภาคซิงค์ออกไซด์ให้มีขนาดเล็กลงอยู่ใน ระดับอนุภาคนาโนเมตร มีลักษณะเป็นผงอนุภาคละเอียด มีสีขาวและไม่เปลี่ยนสี สามารถป้องกันรังสี

UV-A และ UV-B ด้านทานแบคทีเรีย กระจกกันอินไม่พึงประสงค์นำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ (กฤตพร ชูแสง และคณะ, 2555)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการใช้สารนาโนซิงค์ออกไซด์ต่อการยับยั้งการเกิดโรคราแป้งของมะม่วงน้ำดอกไม้ ผู้วิจัยหวังว่าผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็นตัวเลือกของเกษตรกรในการกำจัดเชื้อราและสามารถเพิ่มผลผลิตของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้มากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเข้มข้นสารนาโนซิงค์ออกไซด์ที่มีผลต่อการยับยั้งการเกิดโรคราแป้งของมะม่วงน้ำดอกไม้
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพสารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งการเกิดโรคราแป้งของมะม่วงน้ำดอกไม้

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรต้น ความเข้มข้นสารนาโนซิงค์ออกไซด์

ตัวแปรตาม ผลการยับยั้งเชื้อราแป้ง

2. ขอบเขตด้านการศึกษาค้นคว้า

- 1) ศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้วัสดุนาโนเกี่ยวกับเกษตรกรรม
- 2) สารนาโนที่ใช้คือ สารนาโนซิงค์ออกไซด์ ความเข้มข้น 5, 10 และ 15 กรัม/ลิตร
- 3) อาหารเลี้ยงเชื้อ คือ Dichloran blycerol ager
- 4) การเพาะเลี้ยงเชื้อราโดยวิธี Spread-Plate Technique
- 5) การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อราโดยวิธี Poisoned Food Technique

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

poisoned food technique คือ การที่ผสมสารลงไปเพื่อทำให้อาหารเกิดความเป็นพิษในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อทำการทดสอบ

spread plate technique คือ แบคทีเรียที่ถูกทำให้เจือจางให้มีจำนวนประมาณ 100-200 เซลล์ หรือน้อยกว่าจะถูกนำไปวางตำแหน่งตรงกลางของจานเพาะเชื้อ (petri dish/plate) แล้วทำการเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วด้วยแท่งแก้วรูปตัว L หลังจากบ่มที่อุณหภูมิที่เหมาะสมและมีระยะเวลาเพียงพอจะปรากฏโคโลนี (colony) ของเชื้อแบคทีเรียขึ้น โดยแต่ละโคโลนีจะมีจำนวนแบคทีเรียอยู่จำนวนมาก และแต่ละโคโลนีจะถือว่า มาจากแบคทีเรียสายพันธุ์เดียว

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เผยแพร่ในวารสารของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
2. ผลการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สามารถนำมาเป็น แนวทางในการพัฒนาเพื่อเพิ่มผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ในจังหวัดเพชรบูรณ์
3. สามารถต่อขอการทดลองไปยังพืชเศรษฐกิจอื่นๆ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง การเปรียบเทียบความพร้อมในการจัดการศึกษาระหว่างสถานศึกษาในสังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานและสถานศึกษาในสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น : สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้



รูปที่ 2.1 แสดงรูปมะม่วงน้ำดอกไม้

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Manifera Indica* Linn.

ชื่อท้องถิ่น : มะม่วงน้ำดอกไม้, มะม่วงเขียวเสวย, มะม่วงแรด, มะม่วงมันขุนศรี

ชื่อสามัญ : มะม่วงน้ำดอกไม้ (Mango Tree), มะม่วงเขียวเสวย (Mango Tree),

มะม่วงแรด (Mango Tree), มะม่วงมันขุนศรี (Mango Tree),

มะม่วงน้ำดอกไม้(Mango Tree), มะม่วงเขียวเสวย(Mango Tree)

วงศ์ : Anacardiaceae

สกุล : *Manifera*ชนิด Indica

รูปร่าง/ลักษณะ : มะม่วง น้ำดอกไม้เป็นมะม่วงประเภทรับประทานสุก ใบใหญ่เป็นคลื่นทรงพุ่มโปร่ง ผลมีขนาดใหญ่หนักประมาณ 400 กรัม ผลอ่อนเกือบกลมหัวใหญ่ปลายแหลม ผลค่อนข้างยาว เนื้อมาก เมล็ดเล็ก มีผิวบาง เมื่อดิบมีรสเปรี้ยว ผิวสีเขียวนวล เนื้อแน่น เมื่อผลสุกมีผิวสีเหลือง กลิ่นหอม เนื้อละเอียดมีเสี้ยนน้อย รสหวาน, มะม่วงเขียวเสวยเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูงประมาณ 10–30 ม. ใบ ใบเดี่ยวสีเขียว ขอบใบเรียบ ฐานใบมน ปลายใบแหลม ดอกเป็นช่อ กลีบดอกมี 5 กลีบ เกสรสีแดง ผลดิบสีเขียว รสเปรี้ยวและหวานมัน เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสี

เหลืองหรือเหลืองส้ม มะม่วงเขียวเสวยเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูงประมาณ 10–30 ม. ใบ ใบเดี่ยวสีเขียว ขอบใบเรียบ ฐานใบมน ปลายใบแหลม ดอกเป็นช่อ กลีบดอกมี 5 กลีบ เกสรสี แดง ผลรูปไข่กลับ ตรงใกล้ขั้วจะมีติ่งยื่นออกมาคล้ายนอแรด ผิวเปลือกสีเขียวเข้ม เนื้อสีขาวอมเขียว ผลดิบมีรสเปรี้ยว ผลสุกมีรสหวาน, ต้น สูง 10-20 ม. แตกกิ่งก้านสาขาเยอะ ใบเป็นใบเดี่ยว ออกเรียงสลับเป็นคู่ๆ รอบกิ่งก้านจำนวนมากบริเวณปลายกิ่ง ใบเป็นรูปใบหอก ปลายแหลม โคนมน สีเขียวสด ดอก ออกเป็นช่อแบบเชิงลดที่ปลายยอด แต่ละช่อประกอบด้วยดอกย่อยขนาดเล็กจำนวนมาก ดอกเป็นสีเหลืองนวล มีกลิ่นหอมอ่อนๆ ผลเป็นรูปกลมรีและยาว ปลายผลจะเรียว

2.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

2.2.1 ปริมาณน้ำฝนและความชื้นในอากาศ

สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในการปลูกมะม่วงคือ ปริมาณน้ำฝนและความชื้นในอากาศ มะม่วงทั่วไปต้องการช่วงแล้งก่อนการออกดอก สำหรับในประเทศไทยซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,500 มิลลิเมตรต่อปี และมีช่วงแล้งสั้นระหว่างช่วงที่ฝนตก อาจกล่าวได้ว่าสามารถปลูกมะม่วงได้ทุกภาค นอกจากบางท้องที่มีฝนตกชุกทั้งปี ไม่มีช่วงแล้งสั้นเลย โดยเฉพาะในช่วงเดือนธันวาคม มกราคม และกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นระยะที่มะม่วงจะออกดอก ถ้ามีฝนตกหรือความชื้นมาก ยอดที่แตกมาใหม่จะเจริญไปเป็นใบเสียหมด แทนที่จะเจริญเป็นดอก ในสภาพดินฟ้าอากาศเช่นนี้ จึงไม่เหมาะที่จะปลูกมะม่วงเพื่อการค้า นอกจากจะปลูกพันธุ์ที่ออกดอกง่ายหรือใช้วิธีการอื่นๆช่วยเร่งการออกดอก

ในระยะที่มะม่วงแทงช่อ ดอกกำลังบาน ไม่ควรมีฝนตกเลย หรือมีฝนตกเพียงเล็กน้อย เพราะฝนที่ตกหนักในช่วงนี้จะทำให้ดอกเสียหาย ฝนจะชะล้างละอองเกสรหลุดไปจนหมด ทำให้แมลงต่างๆ ไม่สามารถช่วยผสมเกสรได้ มะม่วงก็จะไม่ติดผล ฝนที่ตกจะทำให้ความชื้นของอากาศสูง เหมาะแก่การระบาดของเพลี้ยจักจั่นมะม่วง ซึ่งจะทำลายดอกให้เสียหาย และเกิดเชื้อราดำตามมา ทำให้ดอกและผลอ่อนร่วงเสียหายได้มากเช่นกัน

2.2.2 อุณหภูมิ

โดยปกติมะม่วงจะชอบอากาศร้อนและทนต่ออากาศร้อนและแห้งแล้งได้ดีประเทศไทยมีอุณหภูมิสูงและต่ำแตกต่างกันไป ทำให้มะม่วงมีการออกดอกและผลแตกต่างกันออกไป เช่น มะม่วงที่ปลูกแถบภาคกลางตอนล่าง ในจังหวัดสมุทรสงคราม สมุทรสาคร ราชบุรี สระบุรี จะเก็บเกี่ยวผลผลิตช่วงเดือนมีนาคม ในขณะที่มะม่วงที่ปลูกแถบภาคเหนือตอนบนในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน จะเก็บเกี่ยวปลายเดือนพฤษภาคม

ในบางฤดูหากมีเมฆหมอกมากจะทำให้ผลร่วง ถ้ามีน้ำค้างมาก หมอกหนา ก็จะทำให้ดอก ร่วง ผลมะม่วงได้รับความเสียหาย เชื้อราจะเจริญเติบโตได้ดีและเข้าทำลายผลมะม่วงได้มากขึ้น ใน มะม่วงที่ติดผลแล้วก็จะทำให้ผลร่วง บริเวณที่มีลมพัดแรงอาจจะต้องปลูกลงในไม้บังกระแสลมไว้ ด้วย

2.2.3 ดิน

มะม่วงเป็นพืชที่สามารถปรับตัวเข้ากับดินประเภทต่างๆ จึงปลูกได้ในดินทั่วไป แต่ ดินนั้นต้องเป็นดินที่มีหน้าลึก ดินที่มะม่วงชอบคือ ดินร่วน ดินร่วนปนทราย ซึ่งอุดมสมบูรณ์ไป ด้วยอินทรีย์วัตถุ มีธาตุอาหารอย่างเพียงพอ ที่สำคัญคือดินที่ใช้ปลูกนั้นต้องสามารถระบายน้ำได้ดี

เนื่องจากมะม่วงไม่ชอบดินที่เหนียวจัด จับกันเป็นก้อนแข็งจนน้ำระบายไม่ได้ ดังนั้นดิน มะม่วงที่ปลูกในดินที่ระบายน้ำไม่ดี หรือในที่น้ำขังและจะเจริญเติบโตช้า รากดำและไม่ค่อย แข็งแรง จนอาจเน่าตายได้ในที่สุด การปลูกมะม่วงจึงนิยมปลูกลงในที่สูงๆ เพื่อให้การระบายน้ำดี ในแหล่งปลูกบางแห่งที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงมาก มะม่วงก็สามารถติดผลได้ดี สำหรับการปลูกในที่ กลุ่มควรมีการยกทรงและปรับปรุงดินให้ร่วน โดยการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักให้มากๆ ก่อนที่จะลงมือ ปลูก

2.2.3.1 ความลึกของหน้าดินและระดับน้ำในดิน

ความลึกของหน้าดินและระดับน้ำในดินจะเป็นสิ่งที่ช่วยบังคับการเจริญเติบโต ของรากและต้นมะม่วง ถ้าระดับความลึกของหน้าดินน้อย มีดินดานอยู่ ข้างล่าง หรือดินปลูกมี ระดับน้ำใต้ดินตื้น รากมะม่วงยังลึกลงในดินไม่ได้ ทำให้ต้นไม่โตเท่าที่ควร โคนล้มได้ง่าย ส่วน ดินที่มีระดับน้ำใต้ดินลึกๆ ในฤดูแล้งมะม่วงจะเจริญได้ดี เพราะมะม่วงสามารถหยั่งรากไปในดิน ลึกๆ เพื่อหาน้ำได้แต่ต้องเป็นมะม่วงที่ปลูกจากเมล็ดหรือกิ่งทาบไม่เหมาะสำหรับมะม่วงกิ่งตอน

2.2.3.2 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ สำคัญ เพราะดินที่มีหินปูน มากจะทำให้มะม่วงโตช้า ส่วนในดินที่เป็นด่างจัด จะทำให้ต้นอ่อนตายง่าย ดังนั้นดินที่มะม่วง สามารถเจริญงอกงามได้ดีที่สุด คือ ดินร่วนปนทราย ดินที่มีอินทรีย์วัตถุที่พอเหมาะ และมีหน้าดิน ลึกอย่างน้อย 2 เมตร มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีธาตุอาหารของพืชเพียงพอ มีความเป็นกรด-ด่าง 5.5-7.5 มีการระบายน้ำดี และมีระดับน้ำใต้ดิน ต่ำกว่า 1.8 เมตร ส่วนดินที่มะม่วงไม่ชอบคือดินที่ เป็นด่างมากหรือดินที่มีหินปูนมาก เนื่องจากดินที่เป็นด่างจะทำให้มะม่วงเติบโตช้า โดยเฉพาะต้น อ่อนจะตายง่าย ดังนั้นดินที่เหมาะสมสำหรับมะม่วงคือ ดินที่มีสภาพเป็นกรดอ่อนถึงเป็นกลาง (pH. 6.5-7.5)

2.2.4 น้ำ

การให้น้ำมะม่วงควรคำนึงถึงการกระจายของราก อายุของต้น โครงสร้างของดิน ความต้องการใช้น้ำของมะม่วงในระยะต่างๆ และสภาพดินฟ้าอากาศเข้ามาพิจารณาด้วย มะม่วงที่อายุยังน้อย หรือยังไม่ติดผลต้องการน้ำน้อยกว่ามะม่วงอายุมากหรือติดผลแล้ว เนื่องจากมะม่วงที่อายุยังน้อยนั้น รากยังมีการพัฒนาไม่เต็มที่ทำให้ดูดน้ำได้น้อยกว่ามะม่วงที่มีอายุมากในแหล่งที่มีระบบน้ำใต้ดินอยู่สูง จำเป็นต้องยกทรงให้สูงขึ้น และควรมีแหล่งน้ำที่เพียงพอที่จะเก็บกักน้ำไว้ในช่วงที่จำเป็น เช่น ในช่วงที่มะม่วงออกดอกและติดผล เป็นต้น เนื่องจากการให้น้ำแก่ต้นมะม่วงอย่างเพียงพอจะช่วยให้ต้นมะม่วงเติบโตเร็ว แข็งแรง ไม่ชะงักการเติบโต โดยเฉพาะระยะที่มะม่วงกำลังติดผลเล็กๆ ถ้ามีน้ำให้อย่างเพียงพอ จะทำให้ติดผลได้มาก ผลมักไม่ร่วง การปลูกมะม่วงจึงควรมีแหล่งน้ำอยู่ใกล้ๆ การพึ่งแต่น้ำฝนเพียงอย่างเดียวย่อมไม่ได้ผลเท่าที่ควร

2.2.5 ศัตรูมะม่วง

2.2.5.1 เพลี้ยจักจั่น (mango leafhoppers): *Idiocerus clypealis* และ *I. niveoparsus*

เพลี้ยจักจั่น 2 ชนิดนี้มีรูปร่างคล้ายกันมาก ลำตัวมีสีเทาปนดำ ส่วนหัวโตและป้าน ลำตัวเรียวยาวแหลมมาทางด้านหาง จะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ตัวอ่อนมักพบอยู่เป็นกลุ่มตามซอกดอก และซอใบ เพศเมียวางไข่ฟองเดี่ยวๆ รูปร่างยาวเรียวยาว สีเหลืองอ่อน ระยะไข่ 7-10 วัน ระยะตัวอ่อนถึงตัวเต็มวัย 17-19 วัน ตัวอ่อนลอกคราบ 4 ครั้ง ใบอ่อนและซอกอ่อนของดอกมะม่วงถูกทำลายโดยตัวอ่อน และตัวเต็มวัยดูดน้ำเลี้ยง ทำให้ซอกดอกแห้งหรือดอกร่วงติดผลน้อย นอกจากนี้ยังปล่อยน้ำหวานเหนียว ติดอยู่ตามใบและดอก ทำให้เกิดราดำตามมาจึงเห็นใบและซอกมะม่วงมีสีดำ อาการเช่นนี้เรียกว่า ดอกไหม้ (blossom blight) แมลงชนิดนี้พบการระบาดทั่วไปในทุกแห่งที่ปลูกมะม่วง จึงพบได้ตลอดทั้งปี แต่ปริมาณของเพลี้ยจักจั่นจะเพิ่มอย่างรวดเร็วในช่วงออกดอก คือ ระหว่างเดือนธันวาคม-มกราคม เมื่อมะม่วงเริ่มแทงซอกดอก จำนวนเพลี้ยจักจั่นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนระยะดอกตูมโดยมีปริมาณมากที่สุดเมื่อดอกใกล้บานและจะลดลงเมื่อมะม่วงเริ่มติดผล ดังนั้นจึงต้องมีการทำการสุ่มสำรวจทุกวันในช่วงระยะก่อนดอกบาน โดยใช้สวิงโฉบไปมา 3-5 ครั้ง ในทรงพุ่ม ต้นละ 4 จุด สุ่มประมาณ 20 ต้น และตรวจนับจำนวนแมลงหรือตรวจนับโดยตรงจากซอกดอก ต้นละ 5 ซ่อ ถ้าพบตัวอ่อนหรือตัวเต็มวัยจำนวน 5 ตัว/ซ่อ จะต้องทำลายก่อนซอกดอกบาน

วิธีการป้องกันกำจัด

1. ในระยะที่มะม่วงใกล้จะออกดอก ฉีดพ่นด้วยสารเคมีที่เหมาะสมให้ทั่วตามยอดมะม่วง เพื่อกำจัดตัวเต็มวัยไม่ให้วางไข่
2. เมื่อมะม่วงเริ่มออกช่อ พ่นด้วยสารเคมีที่เหมาะสมทั่วบริเวณที่มีช่อมะม่วง ในระยะที่ดอกบานควรหยุดฉีดสารเคมีเพื่อหลีกเลี่ยงแมลงที่ช่วยผสมเกสรดอกไม้
3. ในตอนเช้าขณะที่ดอกกำลังบาน ควรฉีดน้ำเปล่าเพื่อช่วยให้มะม่วงติดผลดีขึ้น และช่วยแก้ไขปัญหาช่อดอกและใบด่างจากโรคราได้บ้าง
4. ใช้กับดักแสงไฟล่อตัวเต็มวัยที่มาเล่นไฟ เก็บไปทำลายศัตรูธรรมชาติของเพลี้ยจักจั่นได้แก่ผีเสื้อตัวเบียน แตนเบียน แมลงห้ำ มวนดาโต แมลงวันดาโต

2. 2.5.2 เพลี้ยไฟ (mango thrips) : *Selenothrips rubrocinctus*

เป็นแมลงขนาดเล็ก ลำตัวยาวและปีกมีขน มีลักษณะคล้ายแปรง ตัวอ่อนจะมีลักษณะเหมือนตัวเต็มวัยทุกประการ ปากเป็นแบบเขี้ยวดูด ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยจะใช้ปากแหลมเขี่ยและดูดน้ำเลี้ยงจากยอดอ่อน กลีบดอก ก้านดอก ผล และเมล็ด ซึ่งจะทำให้ดอกร่วงและผลร่วงได้ ส่วนผลที่ยังติดอยู่ เมื่อถูกทำลายจะเกิดเป็นกลากและตกสะเก็ด แมลงชนิดนี้ระบาดเมื่ออากาศร้อนและแห้งแล้ง จะทำลายมะม่วงระยะช่อดอก ผลอ่อน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน ซึ่งอยู่ในช่วงมะม่วงเริ่มแทงดอกและปริมาณเพลี้ยไฟจะลดลงในระยะดอกตูม และเพิ่มปริมาณเมื่อดอกใกล้บานจนถึงดอกบานเต็มที่ จากนั้นจะเริ่มลดลงเมื่อเริ่มติดผล ดังนั้นจึงควรตรวจนับเพลี้ยไฟโดยสุ่มสำรวจจำนวน 5 จุด/ต้น โดยการเคาะยอดอ่อนในระยะก่อนดอกบาน และในระยะติดผลอ่อน ถ้าพบเพลี้ยไฟทำลายมากกว่า 50% ของจำนวนยอดหรือช่อดอกหรือผลอ่อน จำเป็นต้องดำเนินการควบคุม

วิธีการป้องกันกำจัด

1. เมื่อพบเพลี้ยไฟและการทำลายไม่มากนัก ตัดส่วนที่ถูกทำลายไปเผาทิ้ง
2. ควรติดตั้งกับดักกาวเหนียวสีเหลืองไว้ในสวนเป็นระยะ เพื่อดักตัวเต็มวัยซึ่งจะลดปริมาณลงได้ ถ้าการทำลายรุนแรงจนยอดอ่อนไม่แตกใบ ควรตัดแต่งกิ่งช่วยอีกทางหนึ่ง
3. ใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่เหมาะสม ถ้าพบ การระบาดของเพลี้ยไฟ โดยฉีดพ่นในระยะที่มะม่วงแทงช่อดอกและเริ่มติดผลขนาดเล็ก หลีกเลี่ยงการฉีดพ่นในระยะดอกบาน

2.2.5.3 ค้างคาวใบมะม่วง (leaf-cutting weevil): *Deporaus marginatus*

ตัวเต็มวัยเป็นด้วงวงขนาดเล็ก สีน้ำตาล มีความยาวประมาณ 5-6 มม. ตัวเมียตัวหนึ่งวางไข่ได้ประมาณ 74-218 ฟอง ลักษณะไข่ยาวรี โปร่งแสง ระยะไข่ 2-3 วัน ระยะหนอน 7 วัน ระยะดักแด้ 11-12 วัน ตัวเต็มวัยวางไข่ตามแกนกลางใบ ตัวหนอนอาศัยกินอาหารอยู่ที่ใบที่ร่วงหล่นอยู่ตามพื้นดิน ใบถูกทำลายร่วงเหลือแต่โคนใบติดกับกิ่ง โดยเฉพาะในระยะที่แตกใบอ่อนใหม่ๆ การกัดกินของตัวเต็มวัยคล้ายกับการใช้กรรไกรตัด ดังนั้นจึงต้องทำการสำรวจทุก 5-7 วัน ในช่วงใบอ่อน หากพบความเสียหายจากใบที่ถูกทำลายเป็นรอยกัดขาดมากกว่า 50% ต้องดำเนินการป้องกันกำจัด

วิธีการป้องกันกำจัด

เก็บและรวบรวมใบอ่อนที่ร่วงเผาไฟเสีย เพื่อทำลายไข่และตัวอ่อน ในระยะที่มะม่วงแตกใบอ่อน ถ้าพบด้วงทำลายใบมาก จำเป็นต้องใช้สารเคมีเพื่อกำจัดตัวเต็มวัย โดยใช้ขวดลักษณะคอขวดวางไว้ใต้ต้นแล้วนำเนื้อที่มีกลิ่นแรงๆ ล่อไว้ ด้วงก็จะตกลงไปในขวด

2.5.4 แมลงวันผลไม้หรือแมลงวันทอง (oriental fruit fly): *Bactrocera dorsalis*

ตัวเต็มวัยมีลักษณะเหมือนกับแมลงวันบ้านแต่ขนาดเล็กกว่า ลำตัวมีสีน้ำตาล มีลวดลายสีเหลืองสดบนอก ด้านข้างลำตัวมีสีเหลือง เพศผู้ปลายท้องมน เพศเมียมีอวัยวะวางไข่ปลายแหลมยื่นออกมา ตัวเมียแต่ละตัวจะวางไข่ได้ประมาณ 1,000-1,500 ฟอง โดยใช้ปลายก้นแทงลงไป ในผิวผลไม้ ระยะไข่ 2-3 วัน ระยะตัวหนอน 5-9 วัน ระยะดักแด้ 5-9 วัน ระยะตัวเต็มวัย 1-2 เดือน ตัวเต็มวัยกินน้ำหวานของดอกไม้ ตัวเต็มวัยตัวเมียวางไข่ในมะม่วง ทั้งในผลอ่อนและผลแก่จนสุก ไข่ฟักเป็นตัวหนอนกัดกินภายในผลมะม่วง ไม่เห็นร่องรอยการทำลายจากภายนอกผล ถ้าเป็นผลอ่อนจะร่วง ถ้าเป็นผลแก่จะทำให้ผลไม้ไร้คุณภาพ เพราะภายในเต็มไปด้วยหนอน เก็บไว้ไม่นานจะเน่า ทำให้ไม่สามารถรับประทานได้

วิธีการป้องกันกำจัด

1. เนื่องจากแมลงวันทองชอบวางไข่ตามมะม่วงสุก จึงควรเก็บมะม่วงก่อนที่จะแก่จัด และห่อผลด้วยกระดาษสีน้ำตาลเพื่อป้องกันการวางไข่
2. เก็บผลมะม่วงที่ถูกแมลงทำลายและหล่นอยู่ตามโคนต้นเผาไฟเสียป้องกันการระบาด ใช้กับดักเพื่อล่อแมลงเพศผู้เพื่อลดอัตราการขยายพันธุ์ โดยใช้สารเมทิลยูจินอล แล้วทำลายแมลงวันทองที่มาติดกับดัก
3. ใช้เทคโนโลยีผสมผสานที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม โดยการนำแมลงที่เป็นหมันมาใช้ในการควบคุมแมลงวันทองผสมผสานกับวิธีการอื่นๆ ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่

2.3 การปลูกมะม่วง

หลังจากเลือกพื้นที่ปลูกได้แล้วขั้นตอนต่อไปเป็นการเตรียมการปลูกและการปลูก พันธุ์มะม่วงที่นำมาปลูกในสวนเพื่อผลิตมะม่วงนอกฤดูนั้นควรเป็นพันธุ์ที่ออกดอกง่ายหรือมีแนวโน้มเป็นพันธุ์ทะวาย ให้ผลผลิตเร็วติดผลดกและติดผลสม่ำเสมอ สำหรับขั้นตอนการปลูกมะม่วงเป็นดังนี้

2.3.1 การเตรียมพื้นที่

พื้นที่ที่เกษตรกรเลือกไว้สำหรับปลูกมะม่วงนั้นอาจจะแตกต่างกันออกไปบ้าง บางแห่งเป็นพื้นที่ราบลุ่ม บางแห่งเป็นพื้นที่ดอน แต่โดยทั่วไปแล้วสภาพพื้นที่ปลูกมะม่วง

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ พื้นที่ลุ่มและพื้นที่ดอน

1. การเตรียมพื้นที่ในที่ลุ่ม ในการเตรียมพื้นที่ปลูกมะม่วงในสภาพพื้นที่ลุ่มนั้นจะต้องทำการขุดร่องเสียก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำท่วมถึงโคนต้นได้ แปลงปลูกให้กำหนดในแนวทิศทางขวางตะวัน ความกว้างของแปลงปลูกขึ้นอยู่กับจำนวนแถวที่ปลูกและสภาพของพื้นที่ ส่วนความยาวของแปลงปลูกขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ สำหรับการขุดร่องน้ำนั้นจะทำพร้อมๆ กันกับการขุดแปลงปลูก ร่องน้ำควรขุดให้กว้างประมาณ 1-1.5 เมตร ลึกประมาณ 1-1.5 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของพื้นที่ ขนาดของแปลงปลูกและความสะดวกในการปฏิบัติงานต่างๆ หลังจากขุดแปลงปลูกและขุดร่องน้ำเรียบร้อยแล้วจึงทำการปรับปรุงดินบนแปลงปลูกให้อยู่ ในสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมะม่วง โดยทำการตากดินให้แห้งสนิทแล้วจึงใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก หรือถ้าเป็นดินเหนียวมากซึ่งดินจะมีสภาพเป็นกรดให้ปรับสภาพดินด้วยการโรยปูนขาวให้ทั่ว เสร็จแล้วจึงรดน้ำและขุดพรวนดินให้ก้อนดินแตกตัวมีขนาดเล็กกลดคลุกเคล้าดินกับปุ๋ยคอกและปูนขาวให้เข้ากัน ซึ่งการปรับปรุงดินบนแปลงปลูกนี้อาจจะต้องทำหลายๆ ครั้งจนกว่าดินจะอยู่ในสภาพที่เหมาะสม คือ ดินมีลักษณะร่วนโปร่ง ระบายน้ำได้ดี และอุดมสมบูรณ์ดี จึงลงมือปลูกมะม่วงได้

2. การเตรียมพื้นที่ในที่ดอน พื้นที่ดอนเป็นพื้นที่ที่ไม่มีปัญหาเรื่องน้ำท่วมขังเป็นเวลานานๆ ส่วนใหญ่พื้นที่ดอนมักเป็นดินร่วน ดินร่วนปนทราย หรือดินลูกรัง ซึ่งดินเหล่านี้มีการระบายน้ำที่ดีและมีความเหมาะสมในการเจริญเติบโตของมะม่วง ส่วนความสมบูรณ์ของดินนั้นขึ้นอยู่กับพื้นที่ในแต่ละแห่งซึ่งมีความสมบูรณ์ไม่เท่ากัน แต่การปลูกมะม่วงในพื้นที่ดอนจะต้องเตรียมหาแหล่งน้ำหรือจัดระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพไว้ด้วยขั้นตอนในการเตรียมพื้นที่ปลูกในที่ดอน ก่อนอื่นจะต้องกำจัดวัชพืชถ้ามีต้นไม้อายุขึ้นอยู่ให้โค่นถางออกให้หมด เหลือไว้เฉพาะริมๆ สวนเพื่อใช้เป็นแนวกันลมให้แก่ต้นมะม่วง เมื่อกำจัดวัชพืชและต้นไม้อายุที่ต้องการออกหมดแล้ว ให้ไถดินสัก 2 ครั้ง โดยครั้งแรกไถดินเป็นก้อนโตหรือไถตะเพื่อเปิดหน้าดิน จากนั้นให้ตากแดดไว้จนแห้งสนิทแล้วจึงไถย่อยให้ดินละเอียดขึ้นพร้อมกับปรับแต่งหน้าดินให้สม่ำเสมอแล้วสามารถลงมือขุดหลุม

ปลูกได้ หรือเมื่อกำจัดวัชพืชเสร็จแล้วลงมือขุดหลุมปลูกเลยก็ได้ กรณีที่ดินอุดมสมบูรณ์ด้วยอินทรีย์วัตถุอยู่ แล้วก็ไม่จำเป็นจะต้องปรับปรุงดินอีก แต่ถ้าดินไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์หรือมีอินทรีย์วัตถุน้อยให้ปรับปรุงดินให้ดีขึ้นก่อนๆ ลงมือปลูก โดยการหาปุ๋ยคอกปุ๋ยหมักมาใส่เพิ่มเติมลงไปดิน หรือใช้ปุ๋ยพืชสดก็ได้ ซึ่งการได้ปรับปรุงดินก่อนปลูกจะช่วยให้ดินร่วนซุย มีการระบายน้ำและอากาศดี อุ้มน้ำได้ดี เหมาะต่อการเจริญเติบโตของมะม่วง ผลผลิตที่ได้ก็จะมีคุณภาพดี

2.3.2 ระยะปลูกที่เหมาะสม

ระยะปลูกนับเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการให้ผลผลิตมากหรือน้อย การปลูกมะม่วงทั้งในพื้นที่ลุ่มและในพื้นที่ดอนควรปลูกให้เป็นแถวเป็นแนว ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการดูแลรักษาและปฏิบัติงานต่างๆ ภายในสวน ควรปลูกให้มีระยะระหว่างแถวและระหว่างต้นที่เหมาะสม ถ้าปลูกชิดเกินไปโอกาสที่แสงแดดจะส่องได้ทั่วถึงนั้นมีน้อยมาก ทำให้โรคและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย ในขณะที่เดียวกันถ้าปลูกในระยะห่างกันมาก ทำให้ได้จำนวนต้นต่อไร่ น้อยและจะให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำไปด้วย ทำให้เสียโอกาสและพื้นที่ไปโดยเปล่าประโยชน์การปลูกมะม่วงในพื้นที่ลุ่มหรือแบบยกทรงปลูกระยะปลูกจะดีกว่าการปลูกในพื้นที่ดอน เนื่องจากต้นมะม่วงจะมีขนาดทรงพุ่มที่เล็กกว่า ส่วนระยะปลูกที่เหมาะสมของการปลูกมะม่วงในพื้นที่ลุ่มจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน เช่น พันธุ์ ขนาดของแปลงปลูก ความสะดวกในการปฏิบัติงานต่างๆ ภายในสวน วัตถุประสงค์ของผู้ปลูก เป็นต้น ระยะปลูกจึงแตกต่างกันออกไป

2.3.3 การเตรียมหลุมปลูก

การเตรียมหลุมปลูกมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นมะม่วงในระยะเริ่มแรกอย่างมาก ซึ่งขนาดของหลุมปลูกจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของดินแต่ละพื้นที่ ขนาดของหลุมปลูกสำหรับการปลูกในพื้นที่ลุ่มหากมีการปรับปรุงดินบนแปลงดีพอ ขนาดของหลุมปลูกก็ไม่จำเป็นต้องใหญ่นักคือ กว้างและยาวประมาณ 50 เซนติเมตร แต่ถ้าการเตรียมดินไม่ดีควรขุดหลุมปลูกให้มีขนาดใหญ่กว่านี้เพื่อจะได้ปรับปรุงดินในหลุมปลูกให้ดีขึ้น ส่วนระดับความลึกของหลุมปลูกนั้นให้ถือเอาระดับความลึกของระดับน้ำใต้ดินเป็นเกณฑ์ส่วนขนาดของหลุมปลูกสำหรับการปลูกในพื้นที่ดอนนั้น โดยทั่วไปมีขนาดความกว้าง ความยาว และลึกประมาณ 75 -100 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ถ้าดินปลูกเป็นดินดี ดินร่วนซุย มีอินทรีย์วัตถุสูงอาจขุดหลุมปลูกขนาดเล็กได้ แต่ถ้าดินไม่ค่อยดีควรขุดหลุมปลูกให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อจะได้ปรับปรุงดินให้หลุมปลูกให้ดีขึ้นดินในหลุมที่ขุดขึ้นมานั้นให้วางไว้ที่ปากหลุมโดยแยกออกเป็น 2 กอง คือ ดินชั้นบนแยกไว้กองหนึ่งและดินชั้นล่างแยกไว้กองหนึ่ง ตากดินที่ขุดขึ้นมาให้แห้งประมาณ 15 - 20

วัน เพื่อฆ่าเชื้อโรคต่างๆ ที่อาศัยอยู่ในดิน ดินในหลุมปลูกควรปรับปรุงให้อยู่ในสภาพร่วนซุย เพื่อให้ดินอุ้มน้ำได้ดีและเหมาะแก่การไหลซึมของรากพืช โดยย่อยดินที่ขุดขึ้นมาให้มีขนาดเล็กลง แล้วผสมดินทั้งสองกองด้วยปุ๋ยคอกเก่าๆ หรือปุ๋ยหมักหรือเศษใบไม้ผู้ที่สลายตัวดีแล้วประมาณ 2 บุงก์ และหินฟอสเฟต 0.5-1 กิโลกรัม/หลุม คลุกเคล้าให้เข้ากันดีแล้วจึงกลบดินลงในหลุมตามเดิม โดยเอาดินชั้นบนลงไว้ที่ก้นหลุมและดินชั้นล่างกลบทับลงไปทีหลัง ดินผสมที่ได้ลงไปนั้น จะมีลักษณะเป็นดินโปร่ง รากมะม่วงสามารถแผ่ กระจายลงไปดินอย่างรวดเร็ว ต้นมะม่วง สามารถ

ตั้งตัวได้เร็วและมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูง และถ้ามีการดูแลรักษาที่ดีและมีการให้น้ำให้ปุ๋ยที่เหมาะสมแล้วมะม่วงก็จะเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ

2.3.4 วิธีการปลูกและดูแลปลูก

หลังจากเตรียมกิ่งพันธุ์ไว้เรียบร้อยแล้วซึ่งอาจจะเตรียมเองหรือซื้อกิ่งพันธุ์จากร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้ จึงนำกิ่งพันธุ์ไปวางไว้ที่ปากหลุมทุกหลุมจนครบแล้วจึงลงมือปลูก โดยแกะถุงพลาสติกที่บรรจุกิ่งพันธุ์ออกและคลี่รากที่ม้วนอยู่ ออก แล้วจึงนำกิ่งพันธุ์มะม่วงปลูกลงตรงกลางหลุม ซึ่งการวางกิ่งพันธุ์ลงในหลุมปลูกไม่ควรวางให้ลึกหรือตื้นจนเกินไป เพราะต้นที่ปลูกในระดับพอดีจะเจริญเติบโตแข็งแรงดีกว่าต้นที่ปลูกลึกหรือตื้นเกินไป การปลูกมะม่วงด้วยกิ่งทาบให้ปลูกลึกระดับเดียวกับดินที่ภาชนะปลูกเดิม หรือสูงกว่าเดิมเล็กน้อยแต่ไม่ควรกลบดินจนมีตรอยทาบ เมื่อวางกิ่งพันธุ์และกลบดินในหลุมแล้วให้ใช้มือกดดินบริเวณรอบๆ โคนต้นพันธุ์ให้แน่น เพื่อให้ดินกระชับรากและเพื่อกันลมโยกได้บ้างการปลูกมะม่วงในพื้นที่ลุ่มซึ่งมีการยกร่องจะต้องปลูกให้ระดับรากของทุกต้นอยู่ สูงจากระดับน้ำในคูหรือร่องน้ำเสมอกันตลอดทั้งแปลง ทั้งนี้เพื่อให้ต้นมะม่วงได้รับความชื้นมากน้อยตามความต้องการสม่ำเสมอ อันจะทำให้การปฏิบัติต่อมะม่วงเพื่อสนับสนุนการออกดอกและติดผลสามารถกระทำได้ง่ายเป็นส่วนรวม และเป็นการประหยัดแรงงาน ในการปฏิบัติดูแลรักษาได้ส่วนหนึ่งด้วย หลังจากปลูกเสร็จเรียบร้อยแล้วให้หาไม้หลักมาปักผูกต้นมะม่วงไว้กับลมโยก และควรคลุมหน้าดินบริเวณ โคนต้นด้วยหญ้าแห้งหรือใบไม้แห้งเพื่อช่วยเก็บรักษาความชื้นไว้ในดินนานๆ แล้วรดน้ำให้ชุ่ม ต้นที่นำมาปลูกถ้าเห็นว่ายังแสดงอาการเหี่ยวในช่วง แดจจัดก็ควรหาวัสดุมาพรางแสง เช่น ทางมะพร้าว ก็จะช่วยให้ต้นมะม่วงตั้งตัวได้เร็วขึ้น ในระยะที่ต้นยังเล็กอยู่ นี้ให้หมั่นรดน้ำอยู่ เสมออย่าให้ดินแห้งไปจนกว่าต้นจะตั้งตัวได้ดี หลังจากต้นมะม่วงตั้งตัวดีแล้วให้ใช้มีดเล็กๆ กรีดพลาสติกที่พันรอยทาบระหว่างต้นต่อกับต้นพันธุ์ดีออก หากไม่ตัดพลาสติกที่พันออกจะทำให้ต้นมะม่วงไม่เจริญเติบโต

สำหรับฤดูปลูกมะม่วงที่เหมาะสมคือช่วงฤดูฝน เนื่องจากในฤดูฝนอากาศมีความชุ่มชื้นดี ทำให้ต้นมะม่วงตั้งตัวได้เร็ว และเป็นการสะดวกไม่ต้องรดน้ำในระยะแรกมากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกในพื้นที่ค่อนข้างแล้งไม่มีน้ำที่จะให้แก่ต้นมะม่วงได้ทั้งปี ให้ปลูกในช่วงฤดูฝนช่วงแรกๆ อาจจะต้องรดน้ำให้บ้าง แต่เมื่อฝนเริ่มตกหนักแล้วไม่ต้องรดน้ำอีกและต้นมะม่วงสามารถตั้งตัวได้เต็มที่กว่าจะหมดฝนสามารถเจริญเติบโตผ่านฤดูแล้งไปได้โดยไม่ตาย ส่วนพื้นที่ที่มีน้ำอุดมสมบูรณ์นั้นสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี ขึ้นอยู่กับความสะดวกของเกษตรกรเอง สำหรับเวลาปลูกที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วงตอนเย็น

2.3.5 การดูแลรักษา

2.5.1 การให้น้ำ

หลังจากการปลูกใหม่ๆ ถ้าฝนไม่ตก ควรรดน้ำให้ทุกวัน และค่อยๆ ห่างขึ้นเป็น 3 - 4 วันต่อครั้ง จนกว่าต้นมะม่วงจะตั้งตัวได้ การให้น้ำเป็นสิ่งจำเป็นอย่างหนึ่งในการปลูกมะม่วง เพื่อให้ผลได้อย่างเต็มที่ การให้น้ำอย่างเพียงพอตามที่ต้นมะม่วงต้องการ จะช่วยให้ต้นมะม่วงเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ ไม่ชะงักการเจริญเติบโต ทำให้ได้ผลเร็วขึ้น การปลูกมะม่วงในที่ที่น้ำไม่อุดมสมบูรณ์ควรจะกะเวลาปลูกให้ดี ให้ต้นกล้ามะม่วงได้รับน้ำฝนนานที่สุด เพื่อต้นจะได้ตั้งตัวได้ก่อนที่จะถึงฤดูแล้งหรือการปลูกต้นกล้าก่อน แล้วจึงจะปลูกมะม่วงตามลงไป ดังที่ได้กล่าวถึงแล้วก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยประหยัดการให้น้ำได้มาก

2.5.2 การกำจัดวัชพืช

วัชพืชภายในสวนมะม่วงจะมีมากในระยะที่ต้นมะม่วงยังเล็กอยู่ โดยเฉพาะในระยะ 1-2 ปี แรก และปริมาณวัชพืชจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อต้นมะม่วงมีขนาดโตขึ้น เนื่องจากทรงพุ่มของมะม่วงจะทำให้วัชพืชได้รับแสงแดดไม่เพียงพอ ปริมาณของวัชพืชจึงลดลงไปเอง ดังนั้นการกำจัดวัชพืชต้องทำอยู่เสมอ เพราะวัชพืชต่างๆ จะคอยแย่งน้ำและอาหารจากต้นมะม่วง และการปล่อยให้แปลงปลูกกรูกร้าง จะกลายเป็นที่อยู่อาศัยของโรคแมลงต่างๆ ที่จะทำลายต้นมะม่วงอีกด้วย การกำจัดวัชพืชทำได้หลายวิธี เช่น การถางด้วยจอบ การปลูกพืชคลุมดิน การปลูกพืชแซม การใช้สารเคมี และการคลุมดินด้วยวัสดุคลุมดินต่างๆ เป็นต้น การจะใช้วิธีใดขึ้นอยู่กับความสะดวกและเหมาะสมของแต่ละราย เช่น ถ้ามีแรงงานเพียงพอควรปลูกพืชแซม แล้วเก็บเกี่ยวผลผลิตไปเรื่อยๆ หรือใช้วิธีไถพรวนดินกำจัดหญ้าอยู่เสมอ แต่ถ้ามีแรงงานพอ ควรใช้วิธีปลูกพืชคลุมดินเพราะพืชคลุมดินปลูกครั้งเดียวสามารถอยู่ได้หลายปี

2.3.5.3 การใส่ ปุ๋ย

มะม่วงชอบดินที่โปร่ง ร่วนซุย การระบายน้ำและอากาศของดินดี จึงควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เช่นพวกปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ให้เป็นประจำทุกๆ ปี เพื่อปรับปรุงดินให้ร่วนซุย เหมาะต่อการเจริญเติบโตของต้นมะม่วง การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อาจใส่ปีละสองครั้งคือ ดันฝน และปลายฝน ปุ๋ยอินทรีย์นี้ แม้จะมีธาตุอาหารที่พืชต้องการไม่มากนัก แต่ก็เป็นประโยชน์ต่อดินในด้านอื่นๆ นอกจากจะช่วยทำให้ดินดีขึ้นแล้ว ยังช่วยให้ปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไปนั้นถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้มากยิ่งขึ้น

1) จำนวนปุ๋ยที่ใส่ ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ดินโปร่ง เป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดินจำนวนที่ใส่ไม่จำกัด ถ้าดินทรายจัดก็ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์ให้มากขึ้น สำหรับปุ๋ยวิทยาศาสตร์ สูตร 15-15-15 นั้น จำนวนปุ๋ยที่ใส่ขึ้นอยู่กับว่า ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากน้อยเพียงใดแต่มีหลักคิดอย่างคร่าวๆ ได้ดังนี้คือ จำนวนกิโลกรัมของปุ๋ยที่ใส่ต่อต้นต่อปี เท่ากับครึ่งหนึ่งของอายุของต้นมะม่วง เช่น มะม่วงอายุ 2 ปี ใส่ 1 กิโลกรัม อายุ 3 ปี ใส่ 1.5 กิโลกรัม อายุ 8 ปี ใส่ 4 กิโลกรัม เรื่อยไป จนถึงมะม่วงอายุ 10 ปี ใส่ 5 กิโลกรัม หลังจากมะม่วงอายุ 10 ปี ขึ้นไปแล้วไม่ยึดหลักดังกล่าวนี้ แต่ดูจากผลผลิตมะม่วงแต่ละปี ถ้าปี ที่แล้วให้ผลมาก ก็จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณปุ๋ยให้มากขึ้นตามส่วน และก็ยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินด้วย

2) วิธีใส่ปุ๋ย เมื่อต้นยังเล็กอยู่ ควรใช้วิธีขุดพรวนดินขึ้นๆ รอบๆ ต้น ในรัศมีทรงพุ่ม แบ่งจำนวนปุ๋ยที่จะใส่ออกเป็น 4 ส่วน ใส่ปุ๋ยบริเวณรอบๆ ทรงพุ่มตรงบริเวณที่พรวน ประมาณ 3 ส่วน อีก 1 ส่วนโรยบนพื้นดินภายในทรงพุ่ม แต่ควรระวังอย่าใส่ ปุ๋ยให้ชิดกับโคนต้น เพราะปุ๋ยจะทำให้เปลือกของลำต้นเน่า และจะทำให้มะม่วงตายได้ จากนั้นจึงรดน้ำให้ชุ่ม ส่วนในต้นที่โตแล้ว อาจใช้วิธีขุดเป็นรางดินรอบต้นภายในรัศมีของทรงพุ่ม ขุดรางดินลึกประมาณ 6 นิ้ว ใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักลงไป ในราง ตามด้วยปุ๋ยวิทยาศาสตร์ แล้วกลบดิน รดน้ำให้ชุ่ม ส่วนภายในบริเวณทรงพุ่มให้ขุดพรวนเพียงเล็กน้อย แล้วหว่านปุ๋ยเช่นเดียวกัน เหตุผลที่ใส่ปุ๋ยรอบบริเวณรัศมีทรงพุ่ม เพราะรากที่ทำอาหารได้แก่รากฝอย จะอยู่ มากในบริเวณรัศมีทรงพุ่ม หลังจากใส่ปุ๋ยแล้วควรรดน้ำตาม

2.4 โรคราแป้งมะม่วง (Powdery Mildew)

เกิดจากเชื้อรา *Oidium mangiferae* Benthet เข้าทำลายใบ ดอก และก้านช่อดอกของมะม่วง



รูปที่ 2.2 แสดงโรคราแป้ง

<http://tamkaset.com/powdery-mildew.html>

ส่วนของพืชที่ถูกทำลาย เชื้อราทำลายใบ ดอก ก้านช่อดอก

ลักษณะอาการ

ใบ เริ่มแรกเชื้อราจะเข้าทำลายที่ใบอ่อน โดยผิวใบด้านบนจะเห็นเป็นจุดแผลซ้ำ ๆ บนใบอ่อน รูปร่างและขนาดแผลไม่แน่นอน มีสีผิดไปจากสีของเนื้อใบปกติเล็กน้อย ต่อมาจุดแผลนี้จะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีเหลือง น้ำตาล และน้ำตาลไหม้ในที่สุดซึ่งเป็นระยะที่ใบเริ่มแก่ ในบริเวณแผลจะพบผงสีขาวขึ้นฟูส่วนใหญ่บนผิวใบด้านล่าง ใบที่ถูกทำลายรุนแรงจะไหม้และบิดเบี้ยว การเข้าทำลายของเชื้อในระยะใบส่วนใหญ่จะพบกับมะม่วงที่ปลูกในที่มีอากาศหนาวเย็นตลอดปี เช่น บนเขา หรือบริเวณที่สูงทางภาคเหนือ

ก้านช่อดอก จะเห็นเป็นผงสีขาวขึ้นปกคลุมก้านช่อดอก ทำให้เนื้อเยื่อของก้านช่อดอกมีลักษณะซ้ำเป็นสีน้ำตาลอ่อน การเข้าทำลายของเชื้อโรคราแป้งทำให้ดอกที่อยู่ติดกับก้านดอกที่ถูกทำลายไปไม่สมบูรณ์และหลุดร่วงหรือถูกทำลายไปด้วย

ดอก เชื้อราอาจจะเข้าทำลายดอก เห็นเป็นผงสีขาวปกคลุมกลีบดอก ซึ่งต่อมาจะทำให้ดอกไหม้เป็นสีน้ำตาลดำและหลุดร่วงไปเห็นแต่ก้านช่อดอกมีลักษณะแข็ง ตรงปลายก้านดอกมักจะเห็นผงขาว ๆ ของเชื้อราขึ้นปกคลุมบาง ๆ

การแพร่ระบาด

ในสภาพอากาศหนาวเย็นตลอดปี เชื้อราอาจจะระบาดทำลายได้ทั้งระยะใบและระยะออกดอก ในแหล่งปลูกมะม่วงทั่ว ๆ ไปมักพบการระบาดทำลายช่อดอกมะม่วงในช่วงฤดูหนาว ประมาณเดือนธันวาคม-มกราคม สำหรับมะม่วงที่ปลูกทางภาคเหนือ และจะพบการระบาดในช่วงเดือนมกราคม-มีนาคม สำหรับมะม่วงที่ปลูกทางภาคกลางโดยเฉพาะมะม่วงที่ออกดอกในรุ่นหลัง ๆ หรือมะม่วงที่ออกดอกช้ากว่าปกติ

การป้องกันกำจัดโดยวิธีผสมผสาน

1. ในช่วงมะม่วงออกดอก โดยเฉพาะในฤดูที่มีอากาศหนาวเย็น ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนเป็นต้นไป ควรตรวจตราหาลักษณะอาการ โรคราแป้งบนช่อดอกมะม่วงอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะช่อดอกที่อยู่บริเวณชายพุ่ม ช่อดอกที่ออกเป็นกลุ่มหรือเป็นกระจุกที่ค่อนข้างจะแน่นทึบ หรือช่อดอกที่อยู่ในสภาพที่ค่อนข้างร่ม เหล่านี้เป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรค ราแป้ง หากพบเห็นอาการของโรคก็ควรที่จะทำการควบคุมโดยฉีดพ่นสารเคมีทันที

2. สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนสบางชนิด สามารถใช้ควบคุมโรคราแป้งได้ด้วย เช่น เบนโนมิล คาร์เบนดาซิม เป็นต้น

3. สารเคมีอื่นที่ใช้ในการควบคุมโรคราแป้ง ได้แก่ กำมะถันผงชนิดละลายน้ำ ไคโนแคป ไตรอะไดเมฟอน เป็นต้น สำหรับกำมะถันผงไม่ควรใช้ปนกับสารเคมีอื่น และไม่ควรฉีดพ่นในช่วงแดดร้อนจัดเพราะจะเป็นพิษกับส่วนของพืชได้

4. โรคราแป้งหรือโรคราแป้งขาวที่เกษตรกรมักจะเรียกและเข้าใจสับสนกับอาการที่พบเห็นราสีขาวที่ขึ้นบนดอกที่กำลังจะโรยหรือแห้ง ซึ่งในสภาพความชื้นสูงในฤดูฝนหรือในช่วงปลายฤดูหนาวซึ่งมักจะมีความชื้นสูง และมีหมอกในช่วงเช้า ทำให้ดอกมะม่วงซึ่งบานและกำลังจะแห้งเหี่ยว อันเนื่องมาจากไม่ได้รับการผสมเกสร หรือช่อดอกที่ถูกแมลงพวกเพลี้ยไฟทำลายเป็นผลให้เชื้อราต่าง ๆ หลายชนิดในอากาศสามารถขึ้นบนดอกมะม่วงที่แห้งเหี่ยวแต่ยังคงเกาะกลุ่มกันอยู่นั้นได้ เนื่องจากมีความชื้นสูง โดยจะเห็นเป็นเส้นใยของเชื้อราสีขาว สีมชมพูหรือสีเทาขึ้นบนดอกเหล่านั้น ซึ่งการที่เกษตรกรเข้าใจว่าเป็นโรคราแป้งและใช้สารเคมีป้องกันกำจัด โรคราแป้งพ่นป้องกันกำจัด ซึ่งบางชนิดก็ไม่ได้ผลเนื่องจากเป็นสารเคมีที่ใช้เฉพาะกับเชื้อรากลุ่มราแป้งไม่สามารถใช้ป้องกันกำจัดเชื้อราอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายโดยที่ไม่ได้รับประโยชน์เพียงพอ (http://203.172.198.146/rice/rice_mix1/pest_510.html)

2.5 วัสดุนาโน (nanomaterials)

วัสดุนาโน (nanomaterials) เป็นวัสดุที่กำลังดึงดูดความสนใจของนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก ในช่วงทศวรรษนี้อย่างมากมาย และเป็นไปด้วยความรวดเร็วอย่างที่วัสดุอื่นๆ ไม่เคยได้รับมาก่อน สาเหตุสำคัญอาจจะเนื่องมาจากศักยภาพของวัสดุนาโนที่สามารถทำการปฏิบัติงานด้านวัสดุศาสตร์ให้เกิดขึ้นและนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมหาศาล โดยผ่านโครงสร้างในระดับอะตอมซึ่งเป็นตัวควบคุมสมบัติทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ สมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมี เช่น สภาพแม่เหล็ก ตัวกระตุ้นปฏิกิริยา(catalysis) หรือพฤติกรรมทางแสง เป็นต้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีด้านต่างๆเช่น ด้านอิเล็กทรอนิกส์ เซรามิกส์ ตัวเก็บข้อมูลแม่เหล็ก (magnetic data storage) รวมทั้งพฤติกรรมเชิงกลของวัสดุอ่อนรูปพลาสติกยิ่งยวด (superplastic) ตลอดจนวิทยาศาสตร์และวิทยาการด้านอื่นๆ มากมาย การพัฒนาโครงสร้างนาโนของวัสดุก่อให้เกิดคำถามที่เพิ่มขึ้นอย่างมากมายว่าทำไมคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุจึงเปลี่ยนแปลงไปเมื่อลดสเกลโครงสร้างจากระดับไมโครสเกล(10^{-6} เมตร)ลงสู่ระดับนาโนสเกล(10^{-9} เมตร) เช่น มีค่าความเครียดเชิงกลสูงขึ้น (mechanical strength) การกระจายแสงเพิ่มขึ้น ค่าความร้อนจำเพาะสูงขึ้น และสภาพความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนไป เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเดิมของตัวมันเอง

วัสดุนาโนสามารถจะจัดแบ่งได้เป็นผลึกนาโน (nanocrystalline) และอนุภาคนาโน (nanoparticle) โดยที่ก้อนหรือปริมาตรของผลึกนาโนซึ่งประกอบด้วยเม็ดผลึก (grain sizes) ที่มีขนาดช่วงสเกลการวัดอยู่ในระดับนาโน ถึงประมาณ 100 นาโนเมตร แต่ขณะที่อนุภาคนาโน มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 100 นาโนเมตร ดังนั้นก้อนหรือปริมาตรของวัสดุที่เป็นผลึกนาโนจึงประกอบขึ้นหรือเกิดจากการรวมกลุ่มกันของอนุภาคนาโนนั่นเอง การศึกษาค้นคว้าวิจัยทางด้านวัสดุนาโนต้องใช้ความพยายามสูง มีความเกี่ยวข้องกันในหลายๆ สาขาวิชา รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ของนักวิจัยในสาขาต่างๆ เช่น ฟิสิกส์ เคมี วิศวกรรมศาสตร์ และวัสดุศาสตร์ หรือแม้กระทั่งชีววิทยา และการแพทย์งานวิจัยวิทยาศาสตร์พื้นฐานของวัสดุนาโนเป็นสิ่งสำคัญที่นักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจเช่นกัน มีความคิดเห็นหลายประเด็นที่จะกล่าวถึง ศักยภาพของวัสดุนาโนที่มีประโยชน์อย่างมากมาย เช่นในทางอุตสาหกรรม การสังเคราะห์วัสดุที่มีความบริสุทธิ์สูง การเพิ่มคุณค่าทางเศรษฐกิจและสภาพแวดล้อม คุณลักษณะเฉพาะของโครงสร้างใหม่และคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุนาโน การเตรียมผลิตภัณฑ์จากอนุภาคนาโนที่มีความหนาแน่นสูงและมีสิ่งเจือปนต่ำ และการเก็บรักษาสภาพรายละเอียดของเม็ดผลึกเพื่อดำรงไว้ซึ่งคุณสมบัติเชิงกลที่มีความสัมพันธ์กับขนาดสเกลในระดับนาโน เทคโนโลยีสำหรับเตรียมอนุภาคนาโนมีหลากหลายแนวทาง เช่น เตรียมจากกระบวนการไอระเหย เตรียมจากของเหลวหรือของแข็ง การสังเคราะห์อนุภาคนาโนโดยเทคนิคไอระเหยมีหลายวิธี อาจเตรียมจากการเคลือบหรือตกตะกอนไอระเหยทางฟิสิกส์ (physical vapor

deposition, PVD)การเคลือบหรือตกตะกอนไอระเหยทางเคมี (chemical vapor deposition, CVD) กระบวนการเตรียมอนุภาคนาโนจากของเหลวจะเกี่ยวข้องกับวิธีการโซลเจล (sol-gel) และ สารละลายเคมี กระบวนการเตรียมอนุภาคนาโนจากของแข็งสามารถเตรียมจากการบด การขัดสี หรือการสังเคราะห์ทางเคมีเชิงกล(mechanochemical) แต่ละวิธีที่กล่าวถึงจะมีประโยชน์และ ข้อบกพร่องเป็นลักษณะเฉพาะของตนเองสำหรับการเตรียมผงแป้งนาโนที่มีปริมาณมากๆ วิธีการที่ นิยมใช้ทั่วไปคือ กระบวนการบดหรือการขัดสีเชิงกล และการฉีดพ่นละอองสาร (spraying) อนุภาค นาโนที่ได้จากการสังเคราะห์จากหลายๆวิธีการอาจจะมีโครงสร้างภายในที่แตกต่างกันซึ่งจะมี ผลกระทบต่อคุณสมบัติของวัสดุที่เป็นของแข็งกระบวนการเตรียมอนุภาคนาโนให้มีความ หนาแน่นมาก เป็นก้อนขนาดใหญ่ หรือเคลือบให้มีความหนาของเม็ดผลึกอยู่ในระดับนาโน ก่อนข้างลำปากและยุ่งยากมากในทางปฏิบัติ เนื่องจากอนุภาคนาโนมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง มีความไว ต่อปฏิกิริยาสูง และมีการเกาะกลุ่มกันอย่างแข็งแรงเหนียวแน่นนอกจากจากนั้นการสังเคราะห์ของ อนุภาคนาโนมักจะเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิค่อนข้างสูง ดังนั้นการควบคุมปัจจัยต่างๆ ในระหว่างการ สังเคราะห์และผลลัพธ์ของกระบวนการต่างๆ จึงเป็นสิ่งท้าทายที่ยิ่งใหญ่ของนักวิจัยและ นักวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการเตรียมโครงสร้างและคุณสมบัติ ต่างๆ เป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาวัสดุนาโนชนิดใหม่ๆ ที่มีคุณสมบัติโครงสร้าง และการใช้งานใน ด้านต่างๆ ตามคุณสมบัติอันหลากหลายตามธรรมชาติของวัสดุนาโนในแต่ละชนิดนั้นๆ

2.5.1 การสังเคราะห์วัสดุนาโน (Synthesis nanomaterials)

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมามีความก้าวหน้าเพิ่มขึ้นอย่างมากในเรื่องของการทำความเข้าใจ พื้นฐานที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์อนุภาคนาโน แท่งนาโน(nanorods) ท่อนาโน (nanotubes) เส้นใยนาโน (nanowires) หรือวัสดุนาโนอื่นๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการ สังเคราะห์วัสดุนาโนรวมทั้งการผลิตเพื่อการค้า อาจจะจัดแบ่งออกเป็น 4 ประเภทตามลักษณะของ วิธีที่ใช้คือ

1. ไอระเหย (vapor)
2. ของเหลว (liquid)
3. ของแข็ง (solid)
4. แบบผสมกัน (combined)

วิธีปกติที่ใช้ในการสังเคราะห์อนุภาคนาโนของโลหะและเซรามิกซ์เพื่อให้อนุภาค นาโนมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอมักทำการสังเคราะห์ให้เกิดการก่อตัวหรือจับตัว (condensation)ในก๊าซโดยการระเหยไอของวัสดุจากพื้นผิวของแข็งให้ไปเกิดเป็นกลุ่มกระจุกของ

อนุภาคนาโนกระทำได้หลายวิธีการเช่น การทำให้ระเหยด้วยความร้อน (evaporation) การสปัตเตอร์ (sputtering) และอาบด้วยแสงเลเซอร์ (laser) ซึ่งวิธีดังกล่าวเรียกว่า การเคลือบหรือตกตะกอนด้วยไอระเหยทางฟิสิกส์ กลุ่มกระจกของอนุภาคนาโนที่ถูกสร้างขึ้นจะจับรวมตัวกันอยู่บนแผ่นหรือฐานรองรับ (substrate) ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า การก่อรูปของอนุภาคนาโนเพื่อให้ได้ก้อนหรือปริมาตรของผลึกนาโนที่มีความบริสุทธิ์สูงอาจต้องดำเนินการในภาชนะที่อยู่ในสถานะสุญญากาศสูง

กระบวนการเคลือบหรือตกตะกอนด้วยไอระเหยทางเคมี เป็นกระบวนการที่ก๊าซซึ่งเป็นสารตั้งต้นปฏิกิริยาถูกทำให้ระเหยหรือปล่อยให้ไหลผ่านเข้าไปยังฐานหรือแผ่นรองรับที่ถูกทำให้ร้อน จะเกิดการก่อตัวเป็นฟิล์มบางของของแข็งของอนุภาคนาโน แท่งนาโน หรือท่อนาโน ชนิดต่างๆ บนแผ่นรองรับ นอกจากนี้การอบด้วยความร้อน หรือแสงเลเซอร์ หรือพลาสมาไอออน ยังสามารถทำให้เกิดการแยกองค์ประกอบของก๊าซตั้งต้นปฏิกิริยาดังกล่าวด้วยเช่นกัน กระบวนการเคลือบหรือตกตะกอนด้วยไอระเหยทางเคมี เป็นเทคนิคที่ประสบผลสำเร็จในการเคลือบหรือตกตะกอนของฟิล์มบางมาเป็นเวลานานแล้ว ทั้งนี้เป็นเพราะว่าสามารถนำมาใช้กับเครื่องมือแบบง่ายๆ ได้ฟิล์มที่มีความสม่ำเสมอและมีความหนาแน่นสูง มีอัตราการเคลือบหรือตกตะกอนสูง ใช้ในการผลิตในระดับที่มีสเกลขนาดใหญ่ได้ โดยเฉพาะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสังเคราะห์ท่อนาโน หรืออนุภาคนาโน อย่างไรก็ตามเราต้องคำนึงถึงปัญหาด้านความปลอดภัยของสุขภาพอันอาจเกิดจากควัน ก๊าซกัดกร่อน หรือก๊าซพิษต่างๆ

กระบวนการฉีดพ่นละอองสาร เป็นกระบวนการที่นำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีเพียงขั้นตอนเดียว ใช้งานได้หลายๆด้าน และให้อัตราการผลิตสูง ซึ่งในกระบวนการต่างๆ ดังกล่าวมาแล้วนั้นของเหลวที่เป็นสารตั้งต้นจะถูกเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในสถานะไอระเหย แล้วถูกทำให้ควบแน่นหรือจับรวมตัวอยู่ภายในหลอดแก้วทนความร้อน วิธีการเหล่านี้อาจนำมาใช้ในการผลิตผงแป้งเซรามิกซ์นาโนชนิดต่างๆ ได้ตามแต่ชนิดของสารตั้งต้นที่นำมาใช้ เทคนิคการเตรียมโดยใช้ของเหลว จะทำให้ได้อนุภาคนาโนเซรามิกซ์ที่มีความบริสุทธิ์และมีความเป็นเนื้อเดียวกันสูง

กระบวนการที่น่าสนใจอีกกระบวนการหนึ่งคือ กระบวนการโซลเจล ซึ่งปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุล การใช้โมเลกุลเป็นสารตั้งต้นสามารถเตรียมได้จากออกไซด์หรือไฮดรอกไซด์ชนิดต่างๆ ผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสและปฏิกิริยาควบแน่น ดังนั้นกระบวนการโซลเจลจึงเป็นวิธีการใหม่ที่มีการควบแน่นการเตรียมวัสดุนาโนได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามสารอัลคอกไซด์ที่นำมาใช้มีราคาค่อนข้างสูงและค่อนข้างยุ่งยาก ในการเตรียมก้อนหรือปริมาตรผลึกนาโน ตามที่ได้

กล่าวมาแล้วเราอาจจัดแบ่งเทคนิควิธีการ หรือกระบวนการสังเคราะห์โครงสร้างต่างๆ ของวัสดุนาโนตามสภาพต่างๆ ได้ดังนี้

3.1 กระบวนการไอระเหย (vapor process) แบ่งเป็น

1. การเคลือบหรือตกตะกอนด้วยไอระเหยทางฟิสิกส์
2. การเคลือบหรือตกตะกอนด้วยไอระเหยทางเคมี
3. การฉีดพ่นละอองสาร

3.2 กระบวนการทางของเหลว (liquid process) แบ่งเป็น

1. วิธีการโซลเจล
2. วิธีการเชิงเคมีแบบเปียก

3.3 กระบวนการทางของแข็ง (solid process) แบ่งเป็น

1. การบดหรือการผสมเชิงกล
2. วิธีการทางเคมีเชิงกล

3.4 กระบวนการผสมผสาน (combined process) เป็นการสังเคราะห์วัสดุนาโนที่ใช้หลาย

วิธีการ หรือหลายวิธีการมาผสมกัน ขึ้นอยู่กับความต้องการกระบวนการหรือเทคนิควิธีการสังเคราะห์วัสดุนาโนที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น เนื่องจากแต่ละวิธีมีข้อแตกต่างกันและมีรายละเอียดค่อนข้างมากและเป็นลักษณะเฉพาะซึ่งผู้เชี่ยวชาญทางสาขานี้อาจแบ่งย่อยในรายละเอียดลงไปอีกก็ได้ จะได้นำภาพถ่าย SEM ผลการสังเคราะห์วัสดุนาโนชนิดต่างๆ ในบางวิธีการมานำเสนอเท่านั้น

2.5.2 การนำวัสดุนาโนมาใช้ประโยชน์ (Applications in Nanomaterials)

การใช้ประโยชน์จากวัสดุนาโนที่นำมาเสนอมานี้จะมีรายละเอียดไม่ครอบคลุมทั้งหมด เนื่องจากวิทยาการทางด้านนาโนศาสตร์เป็นความรู้ใหม่เพิ่งมีการนำเสนองานวิจัยเมื่อปี ค.ศ. 1991 อีกทั้งศักยภาพของวัสดุนาโนมีคุณสมบัติครอบคลุมศาสตร์ต่างๆ หลากหลายแขนง การประยุกต์ใช้ประโยชน์ในภาพรวมดังนี้

1. ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ (integrated electronics and optoelectronics) เช่น หน่วยความจำ (memory cell) ที่มีขนาดประมาณ 90 นาโนเมตร และคาดว่าจะลดขนาดลงเหลือประมาณ 22 นาโนเมตร ในปี ค.ศ. 2016 วัสดุพลาสติกอิเล็กทรอนิกส์ (plastic electronics) อุปกรณ์ตรวจวัดทางชีวภาพ (biosensors) อุปกรณ์ตรวจวัดทางเคมี (chemical sensors) หรืออุปกรณ์แสดงผลโครงสร้างสุขภาพ (structural health monitoring) เป็นต้น

2. ทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพนาโนและการแพทย์นาโน (bionanotechnology and

nanomedicine) เช่น การขนส่งยาไปยังที่หมายเฉพาะ (targeted drug delivery) การแสดงภาพโมเลกุล(molecular imaging) ตัวต่อต้านจุลชีพ (antimicrobial agents) เนื้อเยื่อและโครงนาโน (tissues and scaffolds) หรือ เครื่องแสดงผลสุขภาพอัจฉริยะ (smart health monitoring) เป็นต้น

3. ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ (engineering) เช่น วัสดุเชิงกลนาโน (nanomechanics materials)ระบบไฟฟ้าเชิงกลนาโน (nanoelectro-mechanical systems) วัสดุโครงสร้างอัจฉริยะ (smart materials structures) วัสดุและโครงสร้างป้องกันไฟ (fire retardant materials and structures) วัสดุประกอบ (composites) หรือพลาสติกยิ่งยวด (superplastic) เป็นต้น

4. ทางด้านพลังงาน เช่น เป็นวัสดุกักเก็บเชื้อเพลิงไฮโดรเจน (hydrogen storage) ไฟฟ้าเคมี (electrochemistry) เซลล์สุริยะ (solar cell) หรือท่อคาร์บอนนาโนความหนาแน่นกระแสสูง (highest current density carbon nanotubes) เป็นต้น

5. การวิจัยวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพ งานวิจัยทางด้านนาโนศาสตร์ยังมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการอาศัยหลักการ ทฤษฎีและองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น เช่น คุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปทางฟิสิกส์ หรือ เคมี ของวัสดุนาโนที่แตกต่างไปจากวัสดุเดิมในระดับไมโคร เป็นต้น

ศักยภาพของวัสดุนาโนแต่ละชนิด บางชนิดมีประโยชน์มากมาย บางชนิดอยู่ในระหว่างการศึกษาวิจัย ซึ่งแต่ละชนิดอาจมีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกับศาสตร์หลายๆแขนงด้วยกัน ในปัจจุบันนี้วัสดุนาโนหลายๆ ชนิดสามารถนำไปให้เกิดประโยชน์และมีคุณค่าอย่างยิ่ง เช่นการพัฒนาเป็นหัวอ่านนาโน ของเครื่อง Scanning electron microscope (SEM), Tunneling electron microscope (TEM) หรือ Atomic force microscope (AFM) บางชนิดพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงการค้าได้แล้ว อย่างไรก็ตามงานวิจัยทางด้านนาโนศาสตร์ในขณะนี้ส่วนใหญ่มักยังอยู่ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งอาจต้องใช้เวลานานอีกระยะหนึ่งจึงจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริงในอนาคตข้างหน้าต่อไป (สุกกร ภูเกิด1 อุดม ทิพรราช1 และ ทิพวรรณ สายพิน : 2549)

2.6 ชิงค์ออกไซด์

ZnO หรือ ชิงค์ออกไซด์เป็นที่รู้จักในนาม คาลาไมล์ ซึ่งเป็นภาษาอียิปต์โบราณ เป็นธาตุธรรมชาติจากสินแร่ สมิธโซไนต์ (Smithsonite) มนุษย์ใช้ชิงค์ออกไซด์ในการรักษาโรคตั้งแต่ในยุคอียิปต์โบราณ ชิงค์ออกไซด์ มีลักษณะเป็นผงอนุภาคละเอียดสีขาว เป็นสารที่ใช้ยับยั้งแบคทีเรีย (Anti-bacteria) ไม่มีความเป็นพิษต่อร่างกาย นอกจากฆ่าแบคทีเรียแล้วยังช่วยป้องกันและยับยั้งการแบ่งเซลล์ของแบคทีเรีย ด้วยเหตุผลนี้ชิงค์ออกไซด์จึงเป็นหนึ่งในสารที่สำคัญในการเป็นยาต้านแบคทีเรีย และยังสามารถป้องกันรังสี UV-A และ UV-B ระงับกลิ่นอันไม่พึงประสงค์

2.7 นาโนซิงค์ออกไซด์ (สุพิน แสงสุข : 2551)

นาโนซิงค์ออกไซด์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการเปลี่ยนขนาดอนุภาคซิงค์ออกไซด์ให้มีขนาดเล็กลงอยู่ในระดับอนุภาคนาโนเมตร มีลักษณะเป็นผงอนุภาคละเอียดมีขนาดอนุภาคเล็กระดับนาโนเมตร มีความบริสุทธิ์สูง มีสีขาวและไม่เปลี่ยนสี สามารถป้องกันรังสี UV-A และ UV-B ด้านทานแบคทีเรีย (Anti-bacteria) ระวังกลิ่นอันไม่พึงประสงค์นำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆได้

โดยกระบวนการสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (Synthesis of ZnO Nanoparticles) มี 4 วิธี

- Coprecipitation
- Sol-gel
- Hydrothermal
- Flame spray Pyrolysis

2.8 บทบาทของนาโนซิงค์ออกไซด์

2.8.1 ด้านเภสัชกรรม

นาโนซิงค์ออกไซด์เป็นสารที่สามารถเติมในอาหารได้โดยมีความปลอดภัยสูง สามารถใช้ได้ทั้งในอาหารคนและอาหารสัตว์ เนื่องจากธาตุสังกะสีเป็นธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยปกติร่างกายผู้ใหญ่ต้องการสังกะสีวันละ 15 มิลลิกรัม และเพิ่มขึ้นเป็น 25 มิลลิกรัม ในสตรีที่ให้นมบุตร ซิงค์ออกไซด์เป็นยาสมานแผล ลดการอักเสบ และยับยั้งแบคทีเรียได้ดี โดยนำมาใช้เป็นยาสมานผิว และรักษาโรคติดเชื้อที่ผิวหนังบางชนิด เช่น โรคเรื้อนกวาง โรคผิวหนังเป็นตุ่มพุพองจากเชื้อแบคทีเรีย โรคกลากเกลื้อน ฝี อาการคันตามผิวหนังและผิวหนังระคายเคือง โดยเส้นผ่านศูนย์กลางของนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ใช้จะอยู่ประมาณ 10 ถึง 20 นาโนเมตร จากการสังเกตภายใต้กล้องกำลังขยายสูง พบว่ามีลักษณะเป็นผงอนุภาคละเอียด มีความบริสุทธิ์สูง มีสีขาวและไม่เปลี่ยนสี

2.8.2 ด้านเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์กันแดด

1. นาโนซิงค์ออกไซด์มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันรังสี UVA และ UVB นอกจากนั้นยังมีอนุภาคเล็กละเอียด มีความบริสุทธิ์สูง และปลอดภัย เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กันแดด สำหรับผิวเพื่อปกป้องรังสี UV ซิงค์ออกไซด์มีความปลอดภัยและอ่อนโยนต่อร่างกาย โดยได้รับการยืนยันจาก Food and Drug Administration (FDA) ว่าเป็น 1 ใน 2 ชนิดของสารกันแดดที่เป็นส่วนผสมในประเภทผลิตภัณฑ์ดูแลผิวซึ่งสามารถป้องกันได้ทั้ง UVA และ UVB

2. อนุภาคปกติของซิงค์ออกไซด์จะมีสีขาวเมื่อนำมาทาลงบนผิว ดังนั้นซิงค์ออกไซด์ จึงไม่นิยมนำมาใช้ในการเป็นครีมหรือผลิตภัณฑ์กันแดดสำหรับผิว อย่างไรก็ตาม นาโนซิงค์ออกไซด์ได้รับการทดสอบโดยAustralian commonwealth scientific & industrial research organization (CSIRO) พบว่านาโนซิงค์ออกไซด์เมื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมของครีมหรือโลชั่นกันแดดจะให้สัมผัสนุ่มลื่น โปร่งใส และไม่มีสีหลังจากที่ทาลงบนผิว นาโนซิงค์ออกไซด์จึงเหมาะที่จะนำมาผสมเป็นสารกันแดดในเครื่องสำอาง

2.8.3 ด้านอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และยา

อาหารสัตว์ที่มีนาโนซิงค์ออกไซด์จะให้ผลดีกว่าการเติมไมโครซิงค์ออกไซด์ โดยจะทำให้อัตราการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้สูงกว่า ทำให้ลดปริมาณการเติมซิงค์ออกไซด์ในอาหารได้

2.8.4 ด้านอุตสาหกรรมการผลิตยาง

นาโนซิงค์ออกไซด์ถูกใช้เป็นสารลดแรงดึงผิว ช่วยในการยืดอายุการใช้งานของยางและใช้ในการผลิตยางที่สามารถป้องกันรอยขีดข่วน

2.8.5 อุตสาหกรรมเซรามิก

ปกติในอุตสาหกรรมเซรามิกจะใช้ ซิงค์ออกไซด์ในการให้สีขาว จากการใช้นาโนซิงค์ออกไซด์ พบว่าสามารถช่วยลดอุณหภูมิการเผาเซรามิกให้เหลือเพียง 400 ถึง 600 องศาเซลเซียส โดยหลังการเผาพบว่าผิวของเซรามิกที่ได้มีความมันวาวราบกับกระจก

2.8.6 ด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมเคมีอื่นๆ

ผลิตสิ่งทอป้องกันแบคทีเรียและเชื้อราการกำจัดกลิ่นของเสื้อผ้า เสื้อผ้าทำความสะอาดตัวเอง ผลิตเส้นใยและสิ่งทอที่สามารถป้องกันรังสี UV ได้

2.8.7 ด้านอุตสาหกรรมสี

นาโนซิงค์ออกไซด์เป็นสารป้องกันไฟฟ้าสถิตตัวใหม่ ซึ่งมีความสามารถเป็นสารกึ่งตัวนำ การเติมนาโน ซิงค์ออกไซด์ในเรซินจะสามารถนำมาใช้ป้องกันไฟฟ้าสถิตได้ ทั้งยังสามารถผลิตสีป้องกันรังสี UV สีที่สามารถทำความสะอาดตัวเองได้

2.9 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จิตติ หนูแก้ว (2556) กล่าวว่าจากการที่ราคาผลมะนาวในท้องตลาดมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเฉพาะช่วงหน้าแล้งราคาที่ผลละ 7-10 บาท เนื่องจากในช่วงหน้าแล้งอากาศร้อน แห้งแล้ง เกษตรกรไม่สามารถปลูกมะนาวและได้ผลผลิตตามความต้องการของตลาด แต่พอเข้าหน้าฝน ต้นมะนาวก็จะถูกรบกวนจากโรคแคงเกอร์ ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย ทำให้ผลผลิตลดลง ต้นทุนการผลิตสูง ทางวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีฯ จึงได้ร่วมกับศูนย์วิจัยนาโนเทคโนโลยีเพื่อการเกษตร ดำเนินงาน จ.สุพรรณบุรี เพื่อคิดค้นและวิจัยแนวทางช่วยเหลือเกษตรกรให้สามารถเรียนรู้วิธีการปลูกมะนาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ล่าสุดสามารถคิดค้นอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ใช้กับต้นมะนาวได้สำเร็จ จากนั้นนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในการฉีดพ่นที่ต้นมะนาวในอัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 200 ลิตร ระยะเวลาในการฉีดพ่นทุก 10-15 วันต่อครั้ง พบว่า เมื่อใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์สามารถทำให้ผลมะนาวที่ได้มีขนาดใหญ่ขึ้น ผลกลมสวย ผิวเขียวมันเงางาม ไม่พบรอยจุดบนสีน้ำตาลตามผล และไม่ถูกทำร้ายจากเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคแคงเกอร์ในมะนาวอีกต่อไป รวมถึงผลผลิตที่ได้มีปริมาณมากกว่าที่ไม่ได้ใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ถึง 20%

อรสา ภัทรไพบลุย์ชัย (2552) ได้ทำการสังเคราะห์นาโนซิงค์ออกไซด์ด้วยกระบวนการโซลเจล และกระบวนการสถานะของแข็ง จากซิงค์อะซิเตตไดไฮเดรต โซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารเพิ่มความเสถียร 2 ชนิดคือซิทิลไตรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (CTAB) และพอลิไวนิลไพโรลิโดน (PVP) โดยศึกษาอิทธิพลของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และชนิดของสารเพิ่มความเสถียรต่อโครงสร้างผลึก ค่าแลตทิซพารามิเตอร์ ขนาดผลึกเฉลี่ย ขนาดอนุภาคเฉลี่ยและรูปร่างของนาโนซิงค์ออกไซด์ ผลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการกระเจิงของรังสีเอ็กซ์ (XRD) แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างเป็นแบบเฮกซะโกนอล นอกจากนี้การวิเคราะห์รูปร่างและขนาดอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) แสดงให้เห็นรูปร่างที่เป็นทรงกลม ซึ่งมีขนาดอนุภาคประมาณ 183–431 นาโนเมตร เมื่อสังเคราะห์ด้วยกระบวนการโซลเจล โดยขนาดผลึกและขนาดอนุภาคเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่รูปร่างของซิงค์ออกไซด์ไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อความเร็วรอบของการกวนเพิ่มขึ้น ขณะที่นาโนซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ด้วยกระบวนการสถานะของแข็ง มีขนาดอนุภาค 87–197 นาโนเมตร โดยมีรูปร่างเป็นทั้งทรงกลมและรูปร่างคล้ายดอกไม้ ซึ่งขึ้นกับปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ นอกจากนี้ขนาดอนุภาคเฉลี่ยและรูปร่างของนาโนซิงค์ออกไซด์มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย เมื่อใช้สารตั้งต้นในการสังเคราะห์เป็นกรดของทางการค้าจากการศึกษาผลของขนาดอนุภาคและปริมาณของซิงค์ออกไซด์ที่ได้สังเคราะห์ขึ้น (ZSS-F) ในยางธรรมชาติ เปรียบเทียบกับนาโนซิงค์ออกไซด์ทางการค้า (ZoNop®) และซิงค์ออกไซด์เกรดที่ใช้ในยาง (ZRG) ต่อเวลาในการวัดค่าในซ์ การทดสอบการบ่มเร่ง ลักษณะการกระจายตัวของนาโนซิงค์

ออกไซด์ในเมทริกซ์ของธรรมชาติ และสมบัติเชิงกล ได้แก่ ความต้านทานต่อแรงดึงและความต้านทานการฉีกขาด พบว่าเมื่อใช้นาโนซิงค์ออกไซด์เป็นสารตัวกระตุ้น แทนซิงค์ออกไซด์เกรดที่ใช้ในยาง ทำให้สมบัติเชิงกลดีขึ้น และสมบัติเชิงกลหลังการบ่มแรงไม่แตกต่างกับก่อนการบ่มแรง โดยที่สามารถใช้นาโนซิงค์ออกไซด์ในปริมาณน้อยกว่าซิงค์ออกไซด์เกรดที่ใช้ในยางได้ถึง 10 เท่า นอกจากนี้สมบัติอื่นๆ เช่น เวลาในการวัลคาไนซ์ ความเสถียรทางความร้อนความแข็ง ความขุ่น ความหนาแน่นเชื่อมขวางของยางธรรมชาติเพิ่มขึ้น ในขณะที่ร้อยละการบวมตัวของยางธรรมชาติลดลง และเวลาในการสกอรัซ (TS2) เมื่อปริมาณของนาโนซิงค์ออกไซด์เพิ่มขึ้น และนาโนซิงค์ออกไซด์สามารถกระจายตัวในยางธรรมชาติได้ดีกว่าซิงค์ออกไซด์เกรดที่ใช้กับยาง (ZRG) ในการวัดปริมาณโลหะหนักที่ตกค้างของซิงค์ออกไซด์ด้วยเทคนิค X-ray fluorescence spectrometry (XRF) พบว่าซิงค์ออกไซด์ทั้ง 3 ชนิด (ZoNop®, ZSS-F และ ZRG) มีธาตุสังกะสีประมาณ 99% ส่วนธาตุอื่นๆที่พบในนาโนซิงค์ออกไซด์ได้แก่ แคลเซียม แมงกานีสและเหล็กปนเปื้อน ขณะที่ซิงค์ออกไซด์ (ZRG) มีธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัสและซิลิเนียมปนเปื้อน

สำหรับการศึกษาความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียด้วยซิงค์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นและขนาดอนุภาคแตกต่างกัน ต่อแบคทีเรียแกรมบวก และแกรมลบที่แยกจากแผ่นยางธรรมชาติที่ขึ้นรา โดยทดสอบด้วยวิธี agar well diffusion, colorimetric broth micro dilution และ time-kill curve พบว่า ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดอนุภาคลดลงและความเข้มข้นเพิ่มขึ้น โดยนาโนซิงค์ออกไซด์สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิดแกรมบวก ได้มากกว่าแกรมลบ ซึ่งในการทำลายเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas aeruginosa* (แกรมลบ) สามารถใช้นาโนซิงค์ออกไซด์ในปริมาณที่น้อยกว่าครึ่งหนึ่ง และใช้เวลาในการทำลายสั้นกว่า 2 ชั่วโมงเมื่อเทียบกับการใช้ซิงค์ออกไซด์เกรดที่ใช้กับยาง ขณะที่ใช้นาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นเพียง 0.10 %w/v และ 0.20% w/v สามารถทำลายแบคทีเรีย *Bacillus sp.01* (แกรมบวก) ได้ในเวลา 24 และ 12 ชั่วโมงตามลำดับ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

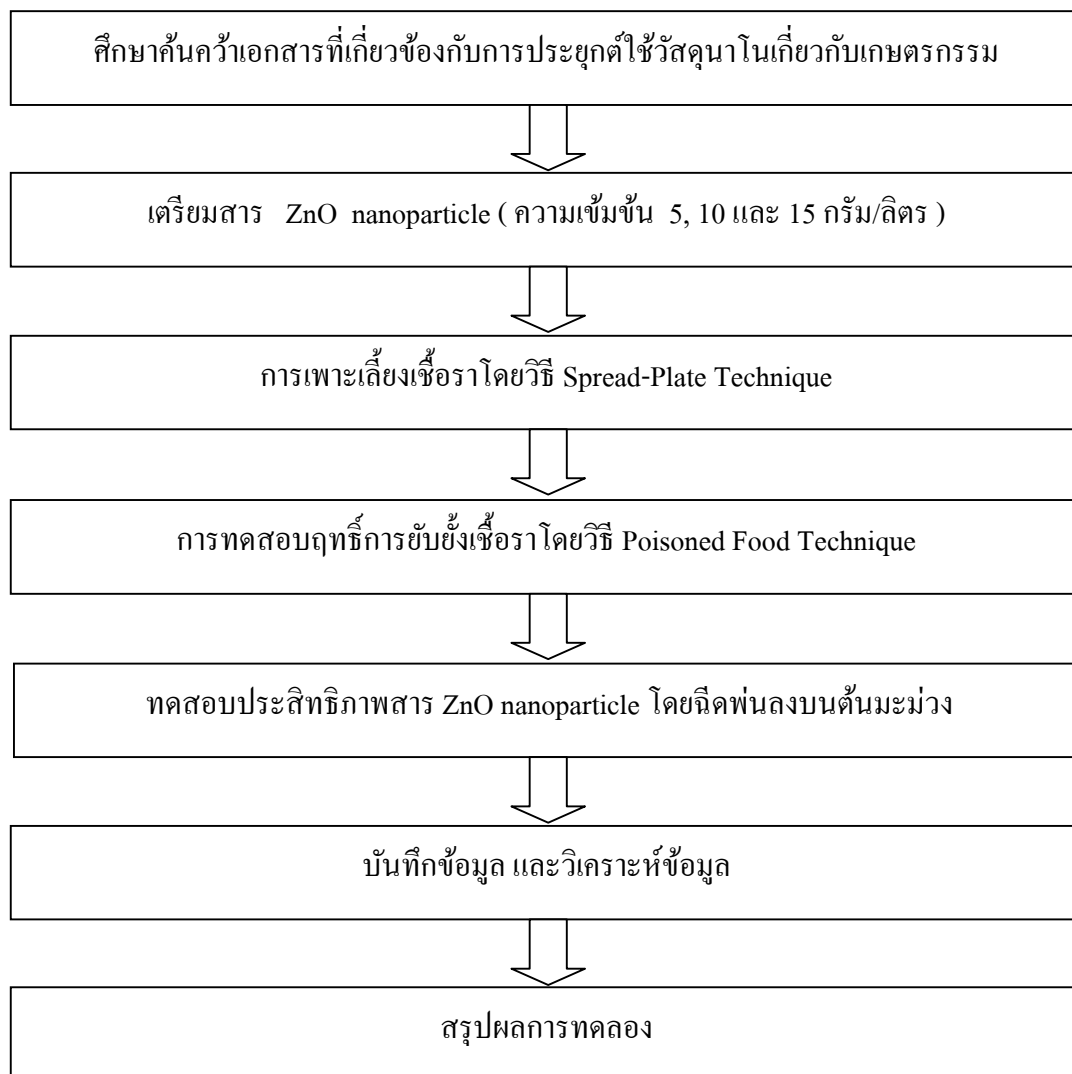
การวิจัย เรื่อง ผลของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งเชื้อราแป้งของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ตู้บ่มเลี้ยงเชื้อควบคุมอุณหภูมิ
2. ตู้ปลอดเชื้อ
3. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ
4. หลอดทดลอง
5. ปีกเกอร์
6. คีม
7. แท่งคนสาร
8. น้ำกลั่น
9. ตาชั่ง 2 ตำแหน่ง
10. เครื่องฉีดพ่นสาร
11. ถังหมักมะม่วง
12. ขวดรูปหมปู
13. จานเพาะเชื้อ
14. ถังมือ

3.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Dichloran blycerol ager
2. ผงนาโนซิงค์ออกไซด์



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิจัย

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.3.1.การเพาะเลี้ยงเชื้อรา

3.3.1.1 ตัดใบมะม่วงน้ำดอกไม้บริเวณที่เป็นโรคราแป้งเป็นชิ้นเล็ก ๆ จำนวน 3-5 ชิ้น

3.3.1.2 ทำการล้างในน้ำกลั่น

3.3.1.3 หลังจากนั้นนำเชื้อรามาเตรียมสารละลายสปอร์ ที่มีความเข้มข้นของเชื้อราเป็น 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร

3.3.1.4 นำสารละลายสปอร์ปริมาตร 1 มิลลิลิตร หยดลงในจานเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร Dichloran glycerol agar ที่แข็งตัวแล้ว

3.3.1.5 นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 10-15 วัน

3.3.1.6 สังเกตการเจริญเติบโต

3.3.2 การทดสอบฤทธิ์สารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราทดสอบโดยวิธี poisoned food technique (สุภัทรา จามกระโทก และคณะ, 2547)

3.3.2.1 โดยเตรียมอาหาร Dichloran glycerol agar ปริมาตร 20 มิลลิลิตร แล้วผสมสารนาโนซิงค์ออกไซด์อาหาร Dichloran glycerol agar ให้ได้ความเข้มข้น 5, 10 และ 15 กรัม/ลิตร

3.3.2.2 เทอาหารที่ผสมสารนาโนซิงค์ออกไซด์ลงในจานเลี้ยงเชื้อ ในส่วนของชุดควบคุมจะไม่ผสมสารนาโนซิงค์ออกไซด์

3.3.2.3 เมื่อผิวหน้าของอาหารที่ผสมสารนาโนซิงค์ออกไซด์และชุดควบคุมแห้งสนิท นำชิ้นเชื้อราที่ได้จากการใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เจาะเส้นใยรอบโคโลนีเชื้อราที่มีอายุ 7 วัน วางลงบนผิวหน้าอาหารที่ผสมสารนาโนซิงค์ออกไซด์

3.3.2.4 นำเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 7 วัน

3.3.2.5 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีของเชื้อรา ทำการทดลอง 4 ซ้ำ

3.3.2.6 นำมาคำนวณหาค่าร้อยละการยับยั้งการเจริญเติบโตของรา โดยใช้สูตรดังนี้ (รัชณี บุญเรือง, 2552)

$$\text{ร้อยละการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา} = \frac{C - T}{C} \times 100$$

C = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของโคโลนีราที่เจริญบนอาหาร Dichloran glycerol agar (ชุดควบคุม)

T = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของโคโลนีราที่เจริญบนอาหาร Dichloran glycerol agar ผสมสารทดสอบ

3.3.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพของสารนาโนซิงค์ออกไซด์

3.3.3.1 การนำสารนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 15 กรัม/ลิตร ฉีดพ่นที่ต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้จำนวน 5 ต้น

3.3.3.2 โดยฉีดพ่นในช่วงก่อนดอกบาน และหลังดอกบานทุก 15 วัน จนกระทั่งห่อผลมะม่วง

3.3.3.3 เมื่อลูกมะม่วงแก่ก็เก็บผลผลิต

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีหาค่าเฉลี่ย (Mean)และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) วิเคราะห์ความแตกต่างของความเข้มข้นของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ ที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อรา และวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ ที่มีผลต่อผลผลิตของมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยใช้ (Paired-Samples T-Test) ที่ค่าความเชื่อมั่น 0.05 ($P < 0.05$)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยเรื่อง ผลของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งเชื้อราแป้งของมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้ ครั้งนี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1. การทดสอบฤทธิ์สารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา

การทดสอบฤทธิ์สารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา ทดสอบโดยวิธี poisoned food technique (สุภัทรา จามกระโทก และคณะ, 2547) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เมื่อครบ 7 วัน พบว่า ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อรา

ความเข้มข้นสารนาโนซิงค์ออกไซด์ (กรัม/ลิตร)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (เซนติเมตร)
ชุดควบคุม	3.3 ± 0
5	0.9 ± 0
10	0.8 ± 0
15	0.7 ± 0

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ความเข้มข้น 15 กรัม/ลิตร สามารถยับยั้งเชื้อราได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี พบว่าเมื่อใช้สารนาโนซิงค์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นมากขึ้น สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีขึ้น

การหาค่าร้อยละการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

จากสมการ

$$\text{ร้อยละการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา} = \frac{C - T}{C} \times 100$$

C = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของโคโลนีราที่เจริญบนอาหาร Dichloran glycerol agar (ชุดควบคุม)

T = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของโคโลนีราที่เจริญบนอาหาร Dichloran glycerol agar ผสมสารทดสอบ

สามารถแสดงได้ดังตาราง 4.2

ตารางที่ 4.2 ร้อยละการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

ความเข้มข้นสารนาโนซิงค์ออกไซด์ (กรัม/ลิตร)	ร้อยละการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา
5	72.73 ± 0
10	75.76 ± 0
15	78.79 ± 0

เมื่อเปรียบเทียบผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทางสถิติทั้ง 3 ความเข้มข้นพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารนาโนซิงค์ออกไซด์

ผลผลิตที่ได้จากต้นมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 15 กรัม/ลิตร ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลผลิตหลังจากฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์ความเข้มข้น 15 กรัม/ลิตร

ต้นมะม่วง	ผลผลิตที่ได้จากมะม่วงควบคุม (ผล)	ผลผลิตที่ได้จากมะม่วงที่ฉีดพ่น สารนาโนซิงค์ออกไซด์ (ผล)
ต้นที่ 1	36	52
ต้นที่ 2	34	54
ต้นที่ 3	32	46
ต้นที่ 4	33	42
ต้นที่ 5	34	48
เฉลี่ย	33.8	48.4

พบว่า ผลผลิตที่ได้จากต้นมะม่วงที่ควบคุมได้เฉลี่ย 33.8 ผล และผลผลิตที่ได้จากต้นมะม่วงที่ฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์โดยเฉลี่ย 48.4 ผล หมายความว่าผลผลิตที่ฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 45.06 เมื่อเทียบกับผลผลิตที่ได้จากต้นมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ พบว่าผลผลิตที่ได้จากต้นมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์มากกว่าผลผลิตที่ได้จากต้นมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง ผลของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งเชื้อราแป้งของมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้ ในครั้งนี้สามารถสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

1. การทดสอบฤทธิ์สารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนดความเข้มข้นของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ความเข้มข้น 5, 10 และ 15 กรัม/ลิตร โดยวัดการเจริญของเชื้อรา เมื่อครบ 7 วัน พบว่า ความเข้มข้น 15 กรัม/ลิตร สามารถยับยั้งเชื้อราได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี พบว่าเมื่อใช้สารนาโนซิงค์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นมากขึ้น สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทางสถิติทั้ง 3 ความเข้มข้นพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

2. การทดสอบประสิทธิภาพของสารนาโนซิงค์ออกไซด์พบว่าผลผลิตที่ได้จากต้นมะม่วง น้ำดอกไม้ที่ฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 15 กรัม/ลิตร เพิ่มขึ้นร้อยละ 45.06 เมื่อเทียบกับผลผลิตที่ได้จากต้นมะม่วง น้ำดอกไม้ที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ พบว่าผลผลิตที่ได้จากต้นมะม่วง น้ำดอกไม้ที่ฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์มากกว่าผลผลิตที่ได้จากต้นมะม่วง น้ำดอกไม้ที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

5.2 อภิปรายผล

การวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราโดยวิธี poisoned food technique พบว่าขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราที่เจริญเติบโตเมื่อทดสอบด้วยความเข้มข้นของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ 5, 10 และ 15 กรัม/ลิตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลดลงเมื่อความเข้มข้นมากขึ้น และเมื่อคำนวณหาการยับยั้งการเจริญเติบโตเชื้อรา มีค่า ร้อยละ 72.73, 75.76 และ 78.79 ตามลำดับ ซึ่งตรงตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้คือสารนาโนซิงค์ออกไซด์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ และจากการทดลองหาประสิทธิภาพสารนาโนซิงค์ออกไซด์ พบว่าผลผลิตที่ได้จากต้นมะม่วง น้ำดอกไม้ที่ฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์มากกว่าผลผลิตที่ได้จากต้น

มะม่วงน้ำดอกไม้ที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์ร้อยละ 45.06 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการประยุกต์ใช้สารนาโนซิงค์ออกไซด์ในภาคเกษตรกรรมที่มีมากมาย เช่น การพัฒนาอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO) เพื่อแก้ปัญหาในการเพาะพันธุ์ข้าว โดยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์จะช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งพืชที่ได้รับซิงค์ออกไซด์นั้นจะต้านทานโรคได้ดีกว่าพืชที่ไม่ได้รับ และปริมาณผลผลิตที่ได้รับหลังการเก็บเกี่ยวได้สูงกว่าประมาณ 3-5 เท่าตัว (เคลนิวส์ออนไลน์, 2555) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการใช้สารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการป้องกันเชื้อราของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (วริษฐา ปานวงษ์และคณะ, 2557)

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาการนำสารนาโนซิงค์ออกไซด์ไปใช้กับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ
2. การฉีดพ่นสารนาโนซิงค์ออกไซด์ไม่ควรฉีดพ่นช่วงที่แมลงกำลังผสมเกสร เนื่องจากอาจมีผลต่อการส่งกลืนของช่อดอกเพื่อเรียกแมลงให้มาผสมเกสร ซึ่งจะส่งผลต่อการติดผล

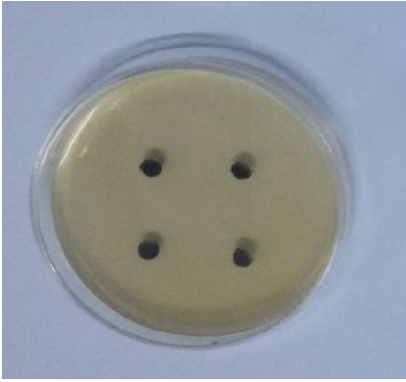
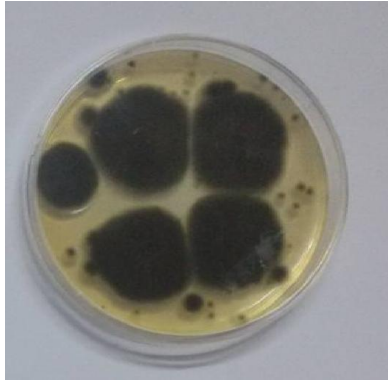
บรรณานุกรม

- กฤตพร ชูแสง และคณะ. ผลการใช้นาโนเทคโนโลยีของเครื่องแต่งกายเซฟที่มีผลต่อกลิ้น
และความปลอดภัยในอาหาร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 2555
- จิตติ หนูแก้ว [online] <http://www.komchadluek.net> [ข้อมูลวันที่ 1 กันยายน 2557]
- เดลินิวส์ออนไลน์. “หมู่บ้านข้าวนาโนฯ” โชว์นวัตกรรม...เพิ่มผลผลิต. [online]. แหล่งที่เข้าถึง
<http://www.zincinfothailand.com> [5 พฤษภาคม 2558]
- รัชนิ บุญเรือง. การยับยั้งการก่อโรคมะเร็งบนต้นยางพาราด้วยสารสกัดจากพืช สารนิพนธ์ กศ.ม.
(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2552
- วิรัช ปานวงษ์ และคณะ. การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและป้องกันเชื้อราของข้าวโพด
เลี้ยงสัตว์ที่รดด้วยสารละลายไคโตซานฉายรังสีและสารผสมนาโนซิงค์ออกไซด์
โครงการวิทยาศาสตร์. วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร 2557
- สุพิน แสงสุข [online] <http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=5&ID=6>
[ข้อมูลวันที่ 2 กันยายน 2557]
- ศุภกร ภูเกิด1 อุดม ทิพรราช1 และ ทิพวรรณ สายพิน เรื่อง วัสดุนาโน ภาควิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- อรสา ภัทรไพบุญชัย “การเตรียมและใช้งานซิงค์ออกไซด์นาโนในยางธรรมชาติ” กรุงเทพฯ.
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ : 2552
- Wang, B., Feng, W., Wang, M., Wang, T., Gu, Y., Zhu, M., Ouyang, H., Shi, J., Zhang, F.,
Zhao, Y., Chai, Z, Wang, H. & Wang, J.; **Acute toxicological impact of nano-
and submicro- scaled zinc oxide powder on healthy adult mice.** J. Nano.
Res. 10, [2], 263-276 (2008).
- Heinlaan, M., Ivask, A., Blinova, I., Dubourguier, H-Ch., & Kahru, A.; **Toxicity of
nanosized and bulk ZnO, CuO and TiO₂ to bacteria *Vibrio fischeri* and
crustaceans *Daphnia* and *Thamnocephalus platyurus*.** Chemosphere
71, 1308-1316(2008).

Dechsakulthorn, F., Hayes, A., Bakand, L. J. & Winder Ch.; **In vitro cytotoxicity assessment of selected nanoparticles using human skin fibroblasts.** AATEX 14, 397-400 (2007).

ภาคผนวก

1. การทดสอบฤทธิ์สารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งการเจริญของ
เส้นใยเชื้อรา

ความเข้มข้นสารนาโนซิงค์ออกไซด์ (กรัม/ลิตร)	เริ่มต้น	เมื่อผ่านไป 7 วัน
ชุดควบคุม		
5		

ความเข้มข้นสารนา โนซิงค์ออกไซด์ (กรัม/ลิตร)	เริ่มต้น	เมื่อผ่านไป 7 วัน
10		
15		

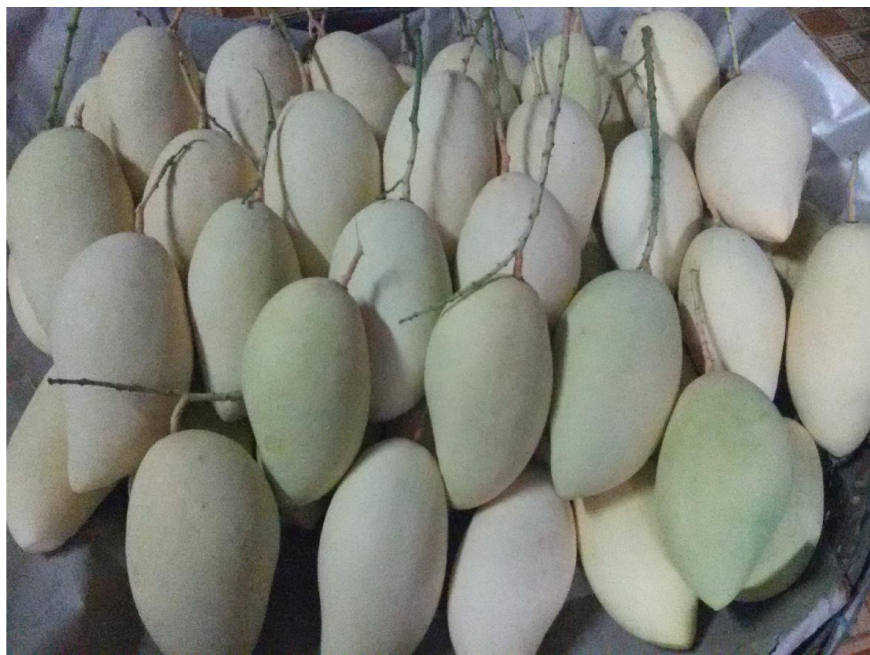
2. การทดสอบประสิทธิภาพของสารนาโนซิงค์ออกไซด์



รูปที่ ๑ แสดงการฉีดพ่นบนต้นมะม่วง



รูปที่ ๒ แสดงต้นมะม่วงช่วงเริ่มห่อ



รูป ๓ แสดงผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล นางสาวสุปราณี พิสมัย :

Miss Supranee Pitsamai

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3670100416895

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ)

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์
อิเล็กทรอนิกส์ (E-mail)

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ตำบลสะเดียง อำเภอเมือง
จังหวัดเพชรบูรณ์ รหัสไปรษณีย์ 67000

โทรศัพท์ และ โทรสาร 056-717147

Email supranee_pit@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ประยุกต์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ

สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัย
ในแต่ละผลงานวิจัย

- โครงการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปเรื่อง การ
ชนและโมเมนตัม สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ แหล่ง
ทุน จากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีที่พิมพ์ 2553

- โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ 1 โดยใช้ชุด
กิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ สำหรับนักศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 คณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

- โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนากระบวนการประกันคุณภาพการศึกษาที่สอดคล้องกับการ
ปฏิรูปการศึกษาใน ทศวรรษที่ 2 สำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน

- โครงการวิจัย เรื่อง การสร้างเครื่องวัดระดับเสียงอย่างง่าย แหล่งทุน มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาฟิสิกส์ จังหวัดเชียงใหม่ งบประมาณผลประโยชน์ ปี 2552

- โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนากระบวนการประกันคุณภาพการศึกษาที่สอดคล้องกับการปฏิรูปการศึกษาใน ทศวรรษที่ 2 สำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน แหล่งทุนมหาวิทยาลัยราชภัฏ เพชรบูรณ์ ปี พ.ศ.2555

- โครงการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบความพร้อมในการจัดการศึกษาระหว่างสถานศึกษาในสังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานและสถานศึกษาในสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น: สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ปี พ.ศ.2556