# ฤทธิ์ทางชีวภาพของแคปไซซินไฮดราโซน

# และอนุพันธ์ต้านเพลี้ยแป้งของมันสำปะหลังแบบมีส่วนร่วม

# Biological activities of capsaicinhydrazones and its derivatives against *Pseudococcus* sp. of cassava by participation of community


**โดย**

**สมหมาย ปะติตังโข**

และคณะ



**โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา**

**มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์**

**พ.ศ. 2558**

เลขที่สัญญา 7/2558

# ฤทธิ์ทางชีวภาพของแคปไซซินไฮดราโซนและอนุพันธ์ต้านเพลี้ยแป้งของมันสำปะหลังแบบมีส่วนร่วม

# Biological activities of capsaicinhydrazones and its derivatives against *Pseudococcus* sp. of cassava by participation of community

โดย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย  ปะติตังโข
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิ่งแก้ว  ปะติตังโข
อาจารย์ชุลีกานต์ สายเนตร
นางสาวสุรีพร ดัดถุยาวัตร

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
พ.ศ. 2558

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิจัย | **ฤทธิ์ทางชีวภาพของแคปไซซินไฮดราโซนและอนุพันธ์ต้านเพลี้ยแป้งของมันสำปะหลังแบบมีส่วนร่วม** |
| ผู้ดำเนินการวิจัย | สมหมาย ปะติตังโข และคณะ |
| หน่วยงาน | คณะวิทยาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ |
| ปีวิจัยสมบูรณ์ | 2558 |
| เลขที่สัญญารับทุน | 7/2558 |

## บทคัดย่อ


งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดธรรมชาติโดยวิธีกึ่งสังเคราะห์ ศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์และฤทธิ์ทางชีวภาพของเงินนาโนโดยใช้แคปไซซินไฮดราโซนเป็นตัวรีดิวซ์ต้านเพลี้ยแป้ง ต้านแบคทีเรียโรคพืชและต้านอนุมูลอิสระ DPPH ผลการศึกษาพบว่า สามารถสกัดสารแคปไซซินบริสุทธิ์ได้เปอร์เซ็นต์ที่สูงแล้วนำไปควบแน่นกับไธโอเซมิคาบาไซด์ได้สารใหม่แคปไซซินไธโอเซมิคาบาโซนรีดิวซิงเอเจนต์ นำไปรีดิวซ์สารละลายของเงินได้อนุภาคนาโนเงินแคปไซซินไธโอเซมิคาบาโซน อนุภาคทั้งหมดที่ได้ในครั้งนี้ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ และสามารถกำจัดเพลี้ยแป้งได้ภายใน 60 นาที โดยเฉพาะอนุภาคเงินนาโนแคปไซซินไธโอเซมิคาร์บาโซน ส่วนความ**สามารถในการ**ต้านแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. Citri (Hasse) Dye ที่เป็นสาเหตุโรคแคงเกอร์ในมะนาวเงินนาโนออกฤทธิ์ได้ดีที่สุด สำหรับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สารแคปไซซิน ไธโอเซมิคาร์บาโซนออกฤทธิ์ได้สูงสุด

**คำสำคัญ:** แคปไซซิน เพลี้ยแป้ง อนุภาคเงินนาโน อนุมูลอิสระ และไฮดราโซน

| | |
|---|---|
| Research Title | **Biological activities of capsaicinhydrazones and its derivatives against *Pseudococcus* sp. of cassava by participation of community** |
| Researcher | Sommai Patitungkho and Author |
| Organization | Faculty of Science, Buriram Rajabhat University |
| Academic Year | 2015 |
| No. | 7/2015 |


## Abstract

This research deals with biological effect of natural product by which semi-synthesis, physicochemical characterization and biological investigation of silver nanoparticles by using capsaicin thiosemicarbazone as reducing agent against *Pseudococcus* sp., bacteria of plant diseases and anti-free radical compare with capsaicin natural ligand. The results have shown that capsaicin was extract with high percent yield. The condensation reactions of such capsaicin precursor produced novel capsaicin thiosemicarbazone ligand and then take it to reduce the solution of silver salt to get silver nanoparticles. All of them are able to solute in the organic solvents and shown highest biological effects against mealybug (*Pseudococcus* sp.) within 60 minutes, especially, silver capsaicin thiosemicarbazone nanoparticle. Our research group also has revealed that all of three compounds inhibit bacteria of plant diseases and scavenging anti-free radical toxicity in nature with Cap-TSC and Cap-TSC-Ag show higher activities to fungi diseases and bacteria of plant diseases than capsaicin precursor. For scavenging free radical activities revealed that all nanoparticles shown high potent antioxidant susceptibility which low $IC_{50}$, especially compounds exhibit highly potency effective are Cap-TSC and Cap-TSC-Ag respectively.



Keywords: Capsaicin, Mealybug, Silver nanoparticle, Antioxidant, and Hydrazone

# กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง ฤทธิ์ทางชีวภาพของแคปไซซินไฮดราโซน และอนุพันธ์ต้านเพลี้ยแป้งของมันสำปะหลังแบบมีส่วนร่วม ครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์มาลิณี จุโฑปะมา อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ขอขอบคุณ อาจารย์พิสมัย ประชานันท์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังที่ให้ความร่วมมือในการวิจัย และขอขอบคุณบุคลากรของสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกต่อกิจกรรมในการดำเนินงานการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย ปะติตังโข

และคณะ

12 กรกฎาคม 2558

# สารบัญ

| | หน้า |
|---|---|
| **บทคัดย่อภาษาไทย** | **ก** |
| **บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** | **ข** |
| **กิตติกรรมประกาศ** | **ค** |
| **สารบัญ** | **ง** |
| **สารบัญตาราง** | **ฉ** |
| **สารบัญภาพประกอบ** | **ช** |
| **บทที่ 1 บทนำ** | **1** |
| บทนำ | 1 |
| หลักการและเหตุผล | 1 |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 3 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| **บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | **5** |
| บทนำ | 5 |
| มันสำปะหลัง | 5 |
| เพลี้ยแป้ง (Mealybug) | 31 |
| พริก | 35 |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 38 |
| **บทที่ 3 สารเคมี อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง** | **42** |
| สารเคมี อุปกรณ์ เครื่องมือ | 42 |
| การศึกษาบริบทชุมชน | 44 |
| การทดลองปลูกมันสำปะหลัง | 44 |
| การเลี้ยงเพลี้ยแป้ง | 45 |
| กระบวนการและขั้นตอนการสกัดแคปไซซินจากพริกแดงสด | 45 |
| วิธีการสังเคราะห์ | 46 |
| การศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของสารตัวอย่าง (Physicochemical properties) | 46 |
| การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activities) ในการกำจัดเพลี้ยแป้ง *Pseudococcus* sp.) | 47 |
| การวัดปริมาณฟีนอลรวม | 47 |
| การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assay | 48 |
| การทดสอบความสามารถในการต้านการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย | 50 |

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า


**บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล** **51**

บทนำ 51

ผลการทดลองปลูกมันสำปะหลัง 51

การระบาดของเพลี้ยแป้ง 54

ผลการเลี้ยงเพลี้ยแป้ง 56

ผลการสกัดแคปไซซินจากพริกแดงสด 56

ผลการสังเคราะห์สาร 58

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ 60

ผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activities) ในการกำจัด
เพลี้ยแป้ง (*Pseudococcus*sp.) 62

การหาปริมาณฟีนอลรวม (Folinciocaltevsphenol reagent) 65

ผลการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assay 68

ผลการทดสอบความสามารถในการต้านการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย 71

**บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ** **73**

บทนำ 73

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 73

**บรรณานุกรม** **76**

# สารบัญตาราง

**ตาราง** **หน้า**


4.1 สมบัติทางกายภาพของสารตัวอย่าง 60

4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของสารตัวอย่าง 60

4.3 มวลโมเลกุล และ Elemental analysis ของสารที่ได้จากการสังเคราะห์ 61

4.4 ค่าการนำไฟฟ้าของสารตัวอย่าง 61

4.5 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ($\lambda_{max}$) 62

4.6 ผลการทดสอบฤทธิ์การฆ่าเพลี้ยแป้ง 64

4.7 ผลการศึกษาสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ในการหาปริมาณฟีนอลรวม 65

4.8 ผลการศึกษาความสามารถในการหาปริมาณฟีนอลรวมของสารสกัดจากพริก 67

4.9 ผลการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารแต่ละชนิดด้วยเทคนิค DPPH 68

4.10 แสดงค่า $IC_{50}$ ของสารตัวอย่างในการต้านอนุมูลอิสระ 70

4.11 แสดงความสามารถการต้านเชื้อแบคทีเรียของสารตัวอย่าง 72

# สารบัญภาพประกอบ

**ภาพที่** **หน้า**


4.1 แปลงทดลองปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 52
4.2 แปลงทดลองปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกล็ดมังกร 52
4.3 แปลงทดลองปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ MR. 89 53
4.4 แปลงทดลองปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ 81 53
4.5 ลักษณะเพลี้ยแป้งที่เกิดกับมันสำปะหลัง 54
4.6 การระบาดของเพลี้ยแป้งในพืชชนิดต่าง ๆ (ก) การระบาดของเพลี้ยแป้งในต้นพุดซ้อน (ข) การระบาดของเพลี้ยแป้งในต้นหนาด (ค) การระบาดของเพลี้ยแป้งในต้นลำโพง 55
4.7 การเลี้ยงเพลี้ยแป้งในผลฟักทอง 56
4.8 การสกัดแคปไซซินจากพริกแดงสดด้วยเครื่องสกัดแบบซอกห์เลต 57
4.9 สารสกัดหยาบพริก 57
4.10 Crude 50 % EtOH 57
4.11 ลักษณะผลึกของสาร Cap-TSC เมื่อส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย10 X 58
4.12 การทดสอบอนุภาคเบื้องต้นของสารCap-TSC-Ag 59
4.13 ลักษณะของสาร Cap-TSC-Ag เมื่อส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 X 59
4.14 ผลการกำจัดเพลี้ยแป้ง (*Pseudococcus* sp.) 63
4.15 กราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณของ Phenolic content 66
4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสารตัวอย่างกับค่า Inhibitory Concentration 50% ($IC_{50}$) 70
4.17 การต้านเชื้อแบคทีเรียของสารตัวอย่าง 71

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 บทนำ

บทที่ 1 ผู้วิจัยได้นำเสนอหลักการและเหตุผลของการวิจัย วัตถุประสงค์ของการวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยดังนี้

## 1.2 หลักการและเหตุผล

จากผลิตภัณฑ์มวลรวม (GDP) ไตรมาสที่ 1/2553 ขยายตัว 12 % ซึ่งสูงสุดในรอบ 15 ปี โดยแยกเป็นส่วนของภาคเกษตร 0.2 % โดยสาขาประมงขยายตัว 2.5 % จากรายการกุ้งแช่แข็งส่งออกที่เพิ่มขึ้น ส่วนสาขาเกษตรกรรมลดลง 0.3 % เป็นการลดลงในผลผลิตพืชที่สำคัญคือ ข้าว อ้อยและมันสำปะหลัง (สภาที่ปรึกษาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2556) เนื่องจากส่วนของพืชเป็นสัดส่วนที่มีความสำคัญที่สุด จากสภาวะการแข่งขันในตลาดโลกที่สูงขึ้นโดยเฉพาะสินค้าเกษตรและอาหาร ซึ่งเป็นสินค้าหลักของประเทศไทย อีกทั้งปัจจุบันประเทศคู่ค้าที่สำคัญของไทยได้มีการกำหนดมาตรการนำเข้าด้านสุขอนามัยพืช (SPS Agreement) ดังนั้น กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้มีการส่งเสริมให้ทำการเกษตรให้ได้ผลิตผลที่ปลอดภัยจากสารพิษและทำเกษตรอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น โดยกำหนดการปฏิบัติทางการเกษตรตามระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP; Good Agricultural Practice) ซึ่งมีวิธีการควบคุมศัตรูพืชแบบพึ่งพาสารเคมีให้น้อยที่สุด (จิระเดช แจ่มสว่าง. 2550) ใช้วิธีการควบคุมโรคพืชทางชีวภาพด้วยการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์มาทดแทนสารเคมีให้มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเป็นสารพิษ ส่วนมากมีสมบัติในการทำลายล้างสิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์และจุลินทรีย์แทบทุกชนิด ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้นๆ แนวความคิดที่จะเลิกใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและเปลี่ยนมาใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่ไม่ส่งผลเสียต่อมนุษย์ สัตว์ สิ่งแวดล้อม ตลอดจนเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศเป็นสิ่งที่ทุกคนปรารถนา จากการศึกษาการสูญเสียของผลผลิตทางการเกษตรที่มีสาเหตุมาจากการทำลายของสัตรูพืชและวัชพืชเฉลี่ยของโลกพบว่า สูญเสียกว่า 40 % โดยเฉพาะสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น เช่น ประเทศไทยที่สามารถปลูกพืชได้ตลอดทั้งปี ศัตรูพืชสามารถแพร่พันธุ์และระบาดได้ทั้งปีเช่นกัน จึงสร้างความเสียหายอย่างมาก ดังนั้นการควบคุมเชื้อโรคพืชโดยชีววิธี (biocontrol) ซึ่งเป็นการลดปริมาณประชากรและลดกิจกรรมของเชื้อโรคพืชที่จะก่อให้เกิดโรคจนอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจกับพืชโดยอาศัยสิ่งมีชีวิต (organism) ทั้งนี้หมายรวมถึงพืชชั้นสูงและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (antagonistic microorganism) ตลอดจนสารพันธุกรรมหรือผลิตผลจากสารพันธุกรรม (genes or gene

products) ของสิ่งมีชีวิต แต่ยกเว้นผลจากการกระทำต่อเชื้อโรคโดยตรงจากมนุษย์ ในธรรมชาติมีสิ่งมีชีวิตหรือจุลินทรีย์หลายชนิดที่มีคุณสมบัติในการเป็นปฏิปักษ์กับเชื้อสาเหตุโรคพืชและแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปในการเป็นปฏิปักษ์ (เยาวพา สุวัตถิ. 2553)

ปัจจุบันได้มีการค้นคว้าหาวิธีการควบคุมโรคพืชใหม่ๆ ทางชีวภาพเพื่อลดอันตรายจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร โดยให้เกษตรกรหันมาใช้การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี ซึ่งถือเป็นวิธีที่ยอมรับว่าใช้ได้ผลดี ได้มีการศึกษาถึงกลไกการควบคุมโรคและระบบการควบคุมโรคโดยวิธีต่างๆ โดยเฉพาะการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (antagonist) ที่เป็นเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา เชื้อแบคทีเรียมักเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อโรคพืชโดยการแก่งแย่งอาหาร การยับยั้ง ทำลายและการเป็นปรสิต นอกจากนี้ยังมีวิธีการอื่นอีก เช่น ให้เกษตรกรหันมาปลูกพืชแบบผสมผสาน แทนการปลูกพืชเชิงเดี่ยวก็ได้ผลดีในระดับหนึ่ง แต่โดยภาพรวมยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ทั้งนี้เนื่องจาก GDP ที่ขยายตัวมาจากภาคนอกการเกษตร ส่วนภาคการเกษตร โดยเฉพาะพืชผลหดตัว 0.3 % โดยผลผลิตจากมันสำปะหลัง อ้อย ข้าวและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลงดังกล่าวแล้ว ทั้งนี้ด้วยสาเหตุที่สำคัญคือภัยแล้งและโรคระบาด รัฐบาลจึงมีนโยบายเร่งด่วนที่จะเพิ่มขีดความสามารถให้ภาคอาหารและเกษตร เพื่อให้การผลิตได้ทั้งปริมาณและคุณภาพที่มีความปลอดภัย ซึ่งจะเห็นได้จากการที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้สั่งการให้ สวทช. เร่งเพิ่มขีดความสามารถให้อาหารและเกษตร เพื่อรองรับความต้องการของชุมชนและเอกชน หวังสร้างมูลค่าสินค้าไทยแข่งขันกับต่างชาติ เนื่องจากอาหารและเกษตรเป็นหัวใจสำคัญของประเทศไทย จึงต้องการให้นำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นาโนเทคโนโลยี ไบโอเทคโนโลยี มาช่วยแก้ปัญหาหรือสร้างมูลค่าให้สินค้าของประเทศไทยในการแข่งขันกับต่างชาติ หรือแม้แต่แก้ปัญหาเฉพาะหน้า เช่น ภัยแล้งที่เกิดจากโลกร้อน ฝนทิ้งช่วงที่สร้างความเดือดร้อนให้ภาคการเกษตร ปุ๋ยนาโนที่จะควบคุมการปลดปล่อยสารอาหารออกมาในเวลาที่พืชต้องการ โดยให้เน้นงานยุทธศาสตร์เรื่องความปลอดภัยของอาหารและกระบวนการผลิตที่จะส่งผลกระทบต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมองว่าตลาดสินค้าที่เน้นเรื่องความปลอดภัยทั้งกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมีแนวโน้มเติบโตได้ดีในอนาคต (วีระชัย วีระเมธากุล. 2553)

นาโนเทคโนโลยี เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดการ การสร้าง การสังเคราะห์วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องจักรหรือสิ่งต่างๆ ที่มีขนาดเล็กมากประมาณ 1 ถึง 100 นาโนเมตร ดังนั้นความรู้ทางด้านนาโนเทคโนโลยีจึงสามารถนำมาใช้จัดเรียงอะตอมหรือโมเลกุลเข้าด้วยกันอย่างถูกต้องแม่นยำ ส่งผลให้โครงสร้างของวัสดุหรือสสารต่างๆ มีสมบัติที่พิเศษขึ้นทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้สอยและเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจได้ นาโนเทคโนโลยีเป็นเทคโนโลยีที่เป็นความหวังใหม่ของมวลมนุษยชาติ เพราะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมายและหลากหลายมากขึ้น การนำนาโนเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์เป็นการบูรณาการศาสตร์หลากหลายแขนงเข้าด้วยกัน เช่น อิเล็กทรอนิกส์ วัสดุศาสตร์ และเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งกำลังพัฒนาอยู่อย่างต่อเนื่องและนับวันจะเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวัน

มากขึ้น ไม่ว่าผลิตภัณฑ์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการขจัดโรคภัยไข้เจ็บ ผลิตภัณฑ์ในการชะลอความแก่ เครื่องสำอาง คอมพิวเตอร์ นาโนไบโอเซ็นเซอร์ เส้นใยนาโน อนุภาคนาโน นาโนเทคโนโลยีเกี่ยวกับพลังงาน นาโนเทคโนโลยีเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และนาโนเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการเกษตรและอาหาร เป็นต้น

จากเหตุผลและความจำเป็นดังกล่าวข้างต้นทำให้คณะผู้วิจัยสนใจที่จะนำสารที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติมาผสมผสานกับองค์ความรู้ทางด้านนาโนวิทยาศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี เพื่อนำมาใช้ในการควบคุมเพลี้ยแป้งของมันสำปะหลังและเพิ่มความเจริญเติบโตให้กับมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่นำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นอันดับต้นๆ ของพืชเศรษฐกิจทั้งหลาย ดังนั้นการแก้ปัญหาดังกล่าวจึงมีความจำเป็นเร่งด่วน

**1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1.3.1 เพื่อเพิ่มฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากธรรมชาติด้วยเทคนิคกึ่งสังเคราะห์ (semi-synthesis) และควบคุมขนาดของอนุภาคให้อยู่ในระดับนาโนเมตร

1.3.2 เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ (physico-chemical properties) บางประการและการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological properties) ของสารนาโนอินทรีย์และนาโนโลหะอินทรีย์ในการต้านเพลี้ยแป้ง

1.3.3 เพื่อค้นคว้าหาสารออกฤทธิ์ต้านเพลี้ยแป้งของมันสำปะหลังที่มีประสิทธิภาพและไม่เป็นพิษต่อผู้บริโภค

1.3.4 เพื่อทราบแนวทางการควบคุมศัตรูพืชแบบใหม่ โดยอาศัยความรู้ทางด้านนาโนเทคโนโลยี

**1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1.4.1 ผลของการวิจัยนี้ จะเป็นการแก้ปัญหาอันเนื่องมาจากการที่ผลผลิตของมันสำปะหลังตกต่ำ เพราะเกิดการระบาดของเพลี้ยแป้งในไร่มันสำปะหลัง ทั้งในพื้นที่ของกลุ่มจังหวัดนครชัยบุรินทร์ และอีกหลายจังหวัดทั่วประเทศ โดยจะได้สารกำจัดศัตรูพืชจากผลิตภัณฑ์ในธรรมชาติที่มีขนาดระดับนาโนเมตร ซึ่งเป็นสารที่สลายตัวได้ง่าย ไม่ส่งผลเสียต่อมนุษย์ และระบบนิเวศน์ และยังเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสัตรูพืชได้ดี ลดต้นทุนในการผลิต ลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีพิษสูงและตกค้างทำลายสิ่งแวดล้อม ตลอดจนเป็นผลเสียทั้งในระยะสั้นและระยะยาว จะได้มันสำปะหลังที่มีคุณภาพดี ไม่มีสารพิษตกค้าง นอกจากนี้ยังเป็นการสนับสนุนการดำรงชีวิตด้วยระบบเศรษฐกิจพอเพียง จึงส่งผลดีต่อกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังโดยตรงและผู้บริโภคทั่วไป

1.4.2 ทราบชนิดและขนาดของสารผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติในระดับนาโน ทั้งที่เป็นนาโนอินทรีย์และนาโนโลหะอินทรีย์ที่มีความสามารถในการต้านเพลี้ยแป้งของมันสำปะหลัง

1.4.3 ได้สารกำจัดศัตรูพืชเศรษฐกิจชนิดใหม่ คือ นาโนอินทรีย์และนาโนอนินทรีย์ที่ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

1.4.4 ได้แนวทางการควบคุมสัตรูพืชแบบใหม่ โดยอาศัยความรู้ทางด้านนาโนเทคโนโลยี

1.4.5 ได้แนวทางเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ เช่น มันสำปะหลัง และพืชเศรษฐกิจอื่นๆ

1.4.6 ชุมชนได้รับและนำความรู้ด้านการควบคุมโรคพืชด้วยสารนาโนอินทรีย์ (nano organic control) เพื่อนำไปใช้ในการปลูกพืชปลอดสารเคมีที่เป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมต่อไป

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 บทนำ

ในบทที่ 2 ได้กล่าวถึงรายละเอียดของ มันสำปะหลัง เพลี้ยแป้ง พริก การสกัด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. มันสำปะหลัง
2. เพลี้ยแป้ง
3. พริก
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.2 มันสำปะหลัง

### 2.2.1 ประวัติของมันสำปะหลัง

จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา และอัจฉรา ลิ่มศิลา (2547 : 1-3) ให้ความรู้เกี่ยวกับประวัติของมันสำปะหลัง ดังนี้

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Manihot esculenta* Crantz มีชื่อสามัญเรียกหลายชื่อตามภาษาต่างๆ ที่ได้ยินกันมาก ได้แก่ Cassava, Yuca, Mandioa, Manioc, Tapioca มีชื่อสามัญเรียกหลายชื่อตามภาษาต่างๆ ที่ได้ยินกันมาก ได้แก่ Cassva, Yuca, Mandioa, Manioc, Tapioca

มันสำปะหลังมีแหล่งกำเนิดแถบที่ลุ่มเขตร้อน (Lowland tropics) มีหลักฐานแสดงว่าปลูกกันในโคลัมเบีย และเวเนซูเอลามานานกว่า 3,000-7,000 ปีมาแล้ว สันนิษฐานว่าแหล่งกำเนิดมันสำปะหลังมี 4 แห่งด้วยกันคือ

1. แถบประเทศกัวเตมาลาและเม็กซิโก
2. ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของทวีปอเมริกาใต้
3. ทางทิศตะวันออกของประเทศโบลิเวียและทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอาร์เจนตินา
4. ทางทิศตะวันออกของประเทศบราซิล

มันสำปะหลังมีการแพร่กระจายในสมัยที่มีการล่าอาณานิคมในคริสต์ศตวรรษที่ 15 โดยพวกนักค้าทาสได้นำมันสำปะหลังจากบราซิลไปปลูกในทวีปแอฟริกาและต่อมา พ.ศ. 2282 ได้มีชาวโปรตุเกสนำมันสำปะหลังไปปลูกที่เกาะรียูเนียน (Reunion) และแพร่กระจายไปยังมาดากัสกา

มีการนำมันสำปะหลังมาปลูกครั้งแรกในทวีปเอเชียที่ประเทศฟิลิปปินส์ในคริสต์ศตวรรษที่ 17 โดยชาวสเปนได้นำมาจากเม็กซิโกและในเวลาต่อมาก็มีการปลูกที่อินโดนีเซีย นอกจากนี้มีหลักฐานว่าเมื่อ พ.ศ. 2337 ได้มีการนำมันสำปะหลังจากแอฟริกามาปลูกที่อินเดีย เพื่อใช้ในการทดลอง

สำหรับประเทศไทยยังไม่มีหลักฐานที่แน่นอนว่ามีการนำมันสำปะหลังเข้ามาปลูกเมื่อใด คาดว่าคงจะเข้ามาในระยะเดียวกันกับการเข้าสู่ศรีลังกาและฟิลิปปินส์ คือ ประมาณ พ.ศ. 2329-2383 มันสำปะหลัง เดิมเรียกกันว่า มันสำโรง มันไม้ ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่า มันต้นเตี้ย ทางภาคใต้เรียกมันเทศ (แต่เรียกมันเทศว่ามันหลา) คำว่า สำปะหลังที่คนส่วนใหญ่นิยมเรียกอาจมาจากคำว่า “สัมเปอ (Sampou)” ของชวาตะวันตก

ประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังเป็นการค้าเพื่อใช้ทำแป้งและสาคูในภาคใต้ โดยปลูกระหว่างแถวของต้นยางพารากันมากว่า 70 ปีแล้ว โดยเฉพาะที่จังหวัดสงขลามีอุตสาหกรรมทำแป้งและสาคูจำหน่ายไปยังปีนังและสิงคโปร์ แต่การปลูกมันสำปะหลังทางภาคใต้ค่อยๆ ลดลงเมื่อมีการขยายการปลูกยางพารา ต่อมาได้มีการปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออก คือ จังหวัดชลบุรี ระยอง และจังหวัดใกล้เคียง และเมื่อความต้องการของตลาดในด้านผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์และอุตสาหกรรมมีเพิ่มมากขึ้นทำให้พื้นที่ในภาคตะวันออกผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกไปยังจังหวัดอื่นๆ โดยเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือจนในปัจจุบันภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดของประเทศไทย

**2.2.2 ความสำคัญของมันสำปะหลัง**

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่สำคัญเป็นอันดับ 7 ของโลกรองจากอ้อย ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าว มันฝรั่ง และผักต่างๆ โดยตั้งแต่ พ.ศ. 2547-2551 เป็นต้นมา (สำนักงานคณะกรรมการกำกับการซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า.  2554)

ในปี 2545 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 6.22 ล้านไร่ มากเป็นอันดับที่สี่รองจากข้าว ข้าวโพด และยางพารา แหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญที่สุดของประเทศไทยในปัจจุบัน คือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นร้อยละ 62 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ รองลงมาคือ ภาคกลางรวมภาคตะวันออกและภาคตะวันตกร้อยละ 28 และภาคเหนือร้อยละ 10 จังหวัดที่มีการปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดได้แก่ นครราชสีมา 1,320,722 ไร่ รองลงมา คือ ฉะเชิงเทรา สระแก้ว ชลบุรี ชัยภูมิ กำแพงเพชร กาฬสินธุ์ ขอนแก่น จันทบุรี ระยอง และกาญจนบุรี

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ทำรายได้ให้เกษตรกรมากเป็นอันดับที่สี่ รองจากยางพารา อ้อย และข้าว มีมูลค่าของผลผลิตที่เกษตรกรขายได้เฉลี่ย 5 ปี (ปี 2541-2545) 15,416 ล้านบาท ผลผลิตมันสำปะหลังภายในประเทศนำไปใช้ทำเป็นมันเส้นอัดเม็ดร้อยละ 45-50 ใช้แปรรูปเป็นแป้งร้อยละ 50-55 ในปี 2544 ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่ได้จากการแปรรูปเป็นสินค้าออกที่สำคัญของประเทศทำรายได้ให้สูงถึง 18,803 ล้านบาท

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังออกมากที่สุดในโลก ทั้งนี้เพราะประเทศที่ผลิตมันสำปะหลังได้มาก เช่น ไนจีเรีย บราซิล และประเทศอื่นๆ นำผลผลิตที่ได้ใช้เป็นอาหารของพลเมืองภายในประเทศ ในขณะที่ประเทศไทยใช้มันสำปะหลังเพื่อบริโภคน้อยมาก ประเทศไทยที่ไทยส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในรูปของมันอัดเม็ดไปขายมากที่สุดคือ ประเทศในกลุ่มประชาคมยุโรป (เนเธอร์แลนด์ สเปน เยอรมัน โปรตุเกส) เกาหลีใต้ และญี่ปุ่น ส่วนในรูปของแป้งมันสำปะหลัง ประเทศญี่ปุ่นสั่งซื้อมากที่สุด รองลงมาคือ ฮ่องกง สหรัฐอเมริกา มาเลเซีย สิงคโปร์และไต้หวัน

**2.2 การปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมของมันสำปะหลัง**

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกในเขตร้อน ตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 30 องศาใต้ถึงเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือ ในเขตหนาวหรือในเขตอบอุ่นที่มีอุณหภูมิเย็นจัดถึงขั้นมีหิมะ มันสำปะหลังจะไม่สามารถขึ้นได้ ในเขตร้อนปลูกมันสำปะหลังได้ดีในสภาพดินฟ้าอากาศที่แตกต่างกันอย่างกว้างขวาง คือ ขึ้นได้ดีในสภาพที่มีฝนตกชุก ในที่ที่ดินมีความสมบูรณ์ต่ำและเป็นกรด ในที่ค่อนข้างแห้งแล้งแถบทวีปแอฟริกาหรือในพื้นที่บริเวณเทือกเขาแอนดิสที่มีความสูงถึง 2,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล

**การปรับตัวต่อสภาพฟ้าอากาศ**

มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตดีในเขตร้อน ในบริเวณพื้นที่ที่แต่ละฤดูกาลมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงมากๆ มันสำปะหลังจะไม่สามารถขึ้นได้ แต่ในบริเวณพื้นที่ที่อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิไม่แปรปรวนมาก เช่น โคลัมเบีย เปรู เอกวาดอร์ มีอุณหภูมิเฉลี่ย 17 องศาเซลเซียส มันสำปะหลังสามารถขึ้นได้ โดยทั่วไปพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีมากกว่า 1,000 มิลลิเมตร และสามารถปรับตัวได้ดีในเขตที่มีฝนตกอยู่ระหว่าง 1,000-1,300 มิลลิเมตรต่อปี แต่ทั้งนี้ในพื้นที่ที่มีฝนตกชุก จะต้องมีการระบายน้ำดี เพราะหากมีน้ำท่วมเพียงวันเดียวอาจทำให้เสียหายได้

มันสำปะหลังเป็นพืชทนแล้งได้ดี หลังจากปลูกและต้นมันสำปะหลังตั้งตัวได้แล้ว แม้จะขาดฝนเป็นระยะเวลานานติดต่อกัน 3-4 เดือน ก็จะทนอยู่ได้โดยไม่ตาย มันสำปะหลังจึงเป็นพืชที่สำคัญในเขตที่มีฤดูแล้งยาวนานถึง 6 เดือนต่อปี ในสภาพที่กระทบแล้ง มันสำปะหลังจะมีการลดพื้นที่ใบโดยใบแก่จะร่วงไป การสร้างใบใหม่น้อยลงและมีขนาดเล็ก ปากใบบางส่วนจะปิดทำให้การคายน้ำน้อยลง จนกระทั่งมีฝนมันสำปะหลังจะดึงคาร์โบไฮเดรตที่สะสมในต้นและหัวมาใช้สร้างใบและยอดใหม่

มันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่บางแห่งที่มีปริมาณน้ำฝนต่อปีน้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตร เช่น ทางแถบทิศตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศบราซิล และทางทิศตะวันออกของทวีปแอฟริกา แต่ถ้าเป็นบริเวณที่มีฝนตกน้อยกว่า 600 มิลลิเมตรต่อปี ก็ไม่สามารถปลูกมันสำปะหลังได้

**การปรับตัวต่อสภาพดิน**

มันสำปะหลังปรับตัวได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ และทนทานต่อสภาพดินที่เป็นกรดจัด เช่น ในดินที่มีความเป็นกรดด่าง (pH) ต่ำ 4.4 จะไม่มีผลกระทบต่อผลผลิต ซึ่งมีพืชน้อยชนิดที่มีคุณสมบัติทนต่อสภาพดินกรดได้เช่นเดียวกับมันสำปะหลัง แต่มันสำปะหลังมีข้อจำกัด คือไม่สามารถขึ้นได้ดีในดินที่เป็นด่าง pH มากกว่า 8 ขึ้นไป และนอกจากนี้มันสำปะหลังไม่สามารถทนต่อสภาพของดินที่มีน้ำขัง

โดยทั่วไปมันสำปะหลังเจริญเติบโตได้ดีในดินทุกชนิด ชอบดินร่วนปนทราย มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางมี pH อยู่ระหว่าง 5.5-8 เป็นพืชวันสั้น ผลผลิตจะลดลงถ้าช่วงแสงของวันยาวเกิน 10-12 ชั่วโมง

ประเทศไทยปลูกมันสำปะหลังได้ตั้งแต่พื้นที่ทางใต้สุดจนถึงเหนือสุดของประเทศในบริเวณเส้นรุ้ง 2-60 องศาเหนือ เส้นแวง 99-105 องศาตะวันออก แหล่งที่ปลูกมันสำปะหลังมากที่สุด

คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,200-1,500 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนไม่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียสพื้นที่ปลูกอยู่บริเวณที่มีความสูง 0-200 เมตร จากระดับน้ำทะเล

**2.2.4 ชนิดของมันสำปะหลัง**

มันสำปะหลังที่ปลูกในแหล่งปลูกทั่วโลกและในประเทศไทย แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

**1) ชนิดหวาน (Sweet type)** เป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคต่ำ ไม่มีรสขม ใช้เพื่อการบริโภคของมนุษย์ มีทั้งชนิดเนื้อร่วน นุ่ม และชนิดเนื้อแน่น เหนียว ในประเทศไทยไม่มีการปลูกเป็นพื้นที่ใหญ่ๆ เนื่องจากมีตลาดจำกัด ส่วนใหญ่จะปลูกรอบๆบ้าน หรือตามร่องสวนเพื่อบริโภคเอง ในครัวเรือนหรือเพื่อจำหน่ายตามตลาดสดในท้องถิ่นในปริมาณไม่มาก ราคากิโลกรัมละ 4-8 บาท

**2) ชนิดขม (Bitter type)** เป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคสูง เป็นพิษและมีรสขมไม่เหมาะสำหรับการบริโภคของมนุษย์หรือใช้หัวสดเลี้ยงสัตว์โดยตรง แต่จะใช้สำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปต่างๆเช่นแป้งมัน มันอัดเม็ด แอลกอฮอล์ เนื่องจากมีปริมาณแป้งสูง ราคากิโลกรัมละ 0.80-1.25 บาท

มันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นชนิดขมสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม พันธุ์ที่ปลูกกันมากเรียกว่าพันธุ์ “พื้นเมือง” ซึ่งสันนิฐานว่าเป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากประเทศมาเลเซียมาปลูกครั้งแรกที่สถานีทดลองในภาคใต้ (ปัจจุบันเป็นศูนย์วิจัยยางสงขลา) และนำไปทดลองปลูกที่สถานีกสิกรรมห้วยโปร่ง จังหวัดระยอง (ปัจจุบันเป็นศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง) และบริเวณใกล้เคียงปรากฏว่าให้ผลดี มีความเหมาะสม จึงขยายไปทั่วประเทศ พันธุ์นี้มีชื่อเรียกต่างๆ เช่น พันธุ์พื้นเมือง พันธุ์ยอดขาว พันธุ์สิงคโปร์ และพันธุ์ระยอง ในระยะหลังเมื่อกรมวิชาการเกษตร และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เริ่มงานวิจัยมันสำปะหลัง ได้มีการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง จนในปัจจุบันมีพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อการอุตสาหกรรมที่ได้รับการรับรองพันธุ์เป็นพันธุ์แนะนำแล้ว ดังนี้

**1) มันสำปะหลังพันธุ์อุตสาหกรรม** เป็นผลงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตร (ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร. 2558 ; ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2551) มีรายละเอียดดังนี้

**1.1) พันธุ์ระยอง 1** เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากประเทศมาเลเซีย ปลูกครั้งแรกทางภาคใต้ของประเทศไทย ในบริเวณพื้นที่ปลูกยางพารา ต่อมามีผู้นำไปปลูกในจังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยองเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมทำแป้งมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่น พันธุ์พื้นเมือง พันธุ์ยอดขาว ในปี 2509 สถานีกสิกรรมห้วยโป่งจังหวัดระยอง (ปัจจุบันเป็นศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง) ได้รวบรวมพันธุ์มันสำปะหลังจากท้องถิ่นต่างๆ ในภาคตะวันออกเป็นครั้งแรก ทำการคัดเลือกและเปรียบเทียบผลผลิต พบว่าพันธุ์ระยองให้ผลผลิตสูงสุด ปี 2518 กลุ่มนักวิชาการผู้ปฏิบัติงานวิจัยตั้งชื่อให้ว่าพันธุ์ระยอง 1 และ แนะนำพันธุ์ โดยกรมกสิกรรม เมื่อปี 2500

**ลักษณะเด่น** ทนทานต่อสภาพภูมิอากาศแปรปรวน เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่างๆกัน

**ผลผลิตและคุณภาพ** ผลผลิตหัวสดประมาณ 4,150 กิโลกรัมต่อไร่ มีแป้ง 18.3%

**ลักษณะประจำพันธุ์** ยอดสีม่วงใบที่เจริญเต็มที่สีเขียวปนม่วง มีขนที่ยอดอ่อน ก้านใบสีเขียวอมแดง ยาวประมาณ 25-30 เซนติเมตร ลักษณะทรงต้นมีการแตกกิ่ง 0-1 ระดับ สีของลำต้นสีเขียวเงิน หัวไม่มีขั้ว สีผิวเปลือกชั้นนอกของหัวมีสีน้ำตาล สีเนื้อของหัวมีสีขาว (ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร. 2558) แผ่นใบเป็นแบบใบหอกปลายมน (oblongceolate) มีแฉก 3, 5, 7 หรือ 9 แฉกใบกว้าง 2.6-4.8 เซนติเมตร ยาวประมาณ 17 เซนติเมตร ขอบตาหรือขอบใบ (leat scar) นูนใหญ่ ห่างกันประมาณ 3-5 เซนติเมตร หัวมีลักษณะเรียวยาว ผิวเรียบ ความสูงของต้น 2.5-3.5 เซนติเมตร เก็บเกี่ยวอายุ 12 เดือน

**ความต้านทานโรค** ต้านทานโรคใบไหม้ปานกลาง

**ฤดูปลูกที่เหมาะสม** ต้นฤดูฝน เดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน ปลายฤดูฝน เดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม

1.2) **พันธุ์ระยอง 3** เป็นพันธุ์ลูกผสมที่เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่าง พันธุ์ Mmex 55 กับพันธุ์ Mven โดยสถาบันวิจัยพืชไร่ นำเมล็ดพันธุ์มาจากศูนย์วิจัยเกษตรเขตร้อนนานาชาติ (CIAT) ประเทศโคลัมเบีย เมื่อปี 2518 มาปลูกและคัดเลือกตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง

**รับรองพันธุ์** โดยกรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม 2526

**ลักษณะเด่น** ผลผลิตแป้งสูง

**ผลผลิตและคุณภาพ** ผลผลิตหัวสด 3,900 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตแป้ง 910 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ ระยอง 119.8 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตมันเส้นหรือมันแห้ง 1,490 กิโลกรัมต่อไร่

**ลักษณะประจำพันธุ์** ยอดสีเขียวอ่อนใบแรกที่เจริญเติบโตมีเขียวอ่อน ก้านใบ มีขนที่ยอดใบอ่อนมีขน โดยสังเกตได้ที่อายุประมาณ 3-6 เดือน หลังจากปลูก สีของยอดอ่อนมีสีเขียว สีก้านใบมีสีเขียวอมชมพู แผ่นใบ รูปร่างเป็นแบบใบหอก (Lanceolate) ลำต้น สีน้ำตาลอ่อน ความสูงของต้นประมาณ 173 เซนติเมตร การแตกกิ่งประมาณ 2-4 ระดับ ระดับแรกค่อนข้างต่ำสูงจากพื้นดินประมาณ 80 เซนติเมตร แต่ละกิ่งทำมุมกับลำต้น 75-90 องศา หัวเปลือกมีสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีขาว ลักษณะการเกิดของหัวรวมกันแน่น เก็บเกี่ยวอายุประมาณ 12 เดือน

**ความต้านทานโรค** ต้านทานต่อโรคใบไหม้ปานกลาง

**ฤดูปลูกที่เหมาะสม** ต้นฤดูฝนเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน ปลายฤดูฝนเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม

**ข้อจำกัด** 1) ไม่ควรปลูกในช่วงฝนตกหนัก หรือช่วงที่แล้งจัดจะมีโอกาสตายมากและให้ผลผลิตต่ำ 2) ต้นเตี้ย และแตกกิ่ง ทำให้ใช้ขยายพันธุ์ได้น้อย อัตราประมาณ 1:5 3) กิ่งทำพันธุ์ถ้าปลูกในสภาพแห้งแล้ง ความงอกต่ำ 4) ตอบสนองต่อดินที่มีความอุดมสมบรูณ์

**1.3) พันธุ์ระยอง 60** เป็นพันธุ์ลูกผสมที่คัดจากลูกผสม ระหว่าง Mcol 1684 กับพันธุ์ระยอง 1 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ใช้เวลาในการพัฒนาตั้งแต่ปี 2524-2530 โดยทำการคัดเลือกและเปรียบเทียบตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์

**รับรองพันธุ์** โดยกรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 30 กันยายน 2530

**ลักษณะเด่น**

1) เป็นพันธุ์ที่สะสมน้ำหนักหัวสดได้เร็ว โดยเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 8 เดือน ให้ผลผลิต 3,150 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ระยอง 1 ร้อยละ 24

2) เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 112 เดือน ให้ผลผลิตสูง 4,220 กิโลกรัมต่อไร่

3) ผลผลิตแป้งเมื่ออายุ 8 เดือน 780 กิโลกรัมต่อไร่ อายุ 12 เดือน 850 กิโลกรัมต่อไร่

4) ผลผลิตมันแห้งเมื่ออายุ 8 เดือน 1,220 กิโลกรัมต่อไร่ อายุ 12 เดือน 1,400 กิโลกรัมต่อไร่

**ลักษณะประจำพันธุ์** ใบอ่อนมีสีเขียวอมม่วง มีขนที่ยอดอ่อน สีของยอดมีสีม่วงอมเขียว ก้านใบมีสีเขียวอมแดง มีการแตกกิ่ง 1-3 ระดับ ความสูงของการแตกกิ่งระดับแรก 130-150 เซนติเมตร มุมของกิ่ง 15-30 องศา ลำต้นสีน้ำตาลอ่อน สูงประมาณ 175 เซนติเมตร หัวไม่มีขั้ว สีผิวเปลือกชั้นนอกของหัวมีสีน้ำตาลอ่อน หัวลักษณะอ้วนสั้น เนื้อสีครีมสามารถเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 8 เดือน หรือ ปล่อยให้เก็บเกี่ยวปกติ 12 เดือน จะได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ผลผลิตสดเมื่ออายุ 8 เดือน มีแป้ง 24.9 เปอร์เซนต์ มันแห้ง 36.4 เปอร์เซ็นต์ (เก็บเกี่ยวในฤดูแล้ง) ผลผลิตสดเมื่ออายุ 12 เดือน มีแป้ง 20.2 เปอร์เซ็นต์ มันแห้ง 32.9 เปอร์เซ็นต์ (เก็บเกี่ยวในฤดูฝน) หัวสดมีกรดไฮโดรไซยานิค 3 ส่วนในล้าน (ppm)

**ฤดูปลูกที่เหมาะสม** ต้นฤดูเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน และปลายฤดูฝนเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม

**พื้นที่ที่แนะนำ** ให้ผลผลิตดีในภาคตะวันออก

**ความต้านทานโรค** ต้านทานปานกลางต่อโรคใบไหม้

**ข้อควรระวัง**

1) เมื่อเก็บเกี่ยวในฤดูฝน มีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์

2) เนื้อมีสีครีม บางครั้งทำให้โรงงานตัดราคา

**1.4) พันธุ์ระยอง 90** เป็นพันธุ์ลูกผสมที่คัดได้จากการผสมข้าม ระหว่างพันธุ์ MCM 76 กับพันธุ์ V 43 เมื่อปี 2521 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง แล้วปลูกคัดเลือกและประเมินโดยเปรียบเทียบและทดสอบพันธุ์ในสถานีทดลองพืชไร่ และไร่เกษตรกรในจังหวัดต่างๆ ในภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จนถึงปี 2533

**รับรองพันธุ์**โดยกรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2534

**ลักษณะเด่น**

1) ผลผลิตหัวสดสูง เมื่อเก็บเกี่ยวอายุ 12 เดือน ให้ผลผลิต 3,810 กิโลกรัมต่อไร่

2) มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง ประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บเกี่ยวในฤดูฝน

3) ผลผลิตมันแห้งสูง 1,400 กิโลกรัมต่อไร่

4) ผลผลิตแป้งสูง 966 กิโลกรัมต่อไร่

**ลักษณะประจำพันธุ์** สีของใบอ่อนมีสีเขียวอ่อน ใบอ่อนไม่มีขน สีของยอดอ่อนมีสีเขียว ก้านใบมีสีเขียวอ่อน รูปร่างของแฉกที่อยู่ตรงกลางใบเป็นรูปใบหอก ลักษณะทรงต้นมีแตกกิ่ง 0-1 ระดับ ลำต้นมีลักษณะโค้ง สีน้ำตาลออมส้ม สูงประมาณ 165 เซนติเมตร ความสูงของการแตกกิ่งระดับแรก 120-140 เซนติเมตร มุมของกิ่งกว้าง 75-90 องศา ไม่มีขั้วที่หัวของหัว สีผิวเปลือกชั้นนอกของหัวมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อสีขาว หัวสด มีแป้ง 24.9 เปอร์เซ็นต์ มันแห้ง 36.4 เปอร์เซ็นต์ เก็บเกี่ยวในฤดูฝน

**ฤดูปลูกที่เหมาะสม**ต้นฤดูฝนเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน ถ้าปลูกปลายฤดูฝนในดินที่สูญเสีย ความชื้นง่าย อาจมีปัญหาจำนวนท่อนพันธุ์หรือต้นงอกต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิตต่ำ

**พื้นที่แนะนำ**ปลูกได้ทั้งภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มีดินค่อนข้างดี

**ความต้านทานโรค** ต้านทานต่อโรคใบไหม้

**ข้อควรระวัง**

1) ไม่เหมาะกับท้องที่ที่พบการแพร่ระบาดของแมลงหวี่ขาวอยู่เสมอ

2) ตอบสนองต่อปุ๋ย และความอุดมสมบูรณ์ของดิน จึงให้ผลผลิตสูงในดินที่ดีหรือค่อนข้าง ควรใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำ (สูตร 15-7-18 หรือ 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่)

3) ลำต้นลักษณะโค้ง ถ้าหากแตกกิ่งจำทำให้ปฏิบัติดูแลรักษายาก

4) ต้นพันธุ์สำหรับนำไปใช้ปลูกเสื่อมคุณภาพเร็วในฤดูแล้งเมื่อตัดต้นพันธุ์แล้วควรรีบปลูก ไม่ควรเก็บต้นพันธุ์ไว้นานเกิน 2 สัปดาห์ เพราะความงอกลดลง

**1.5) พันธุ์ระยอง 5** เป็นพันธุ์ลูกผสมที่คัดได้จากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ 27-77-10 กับระยอง 3 เมื่อปี 2525 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง แล้วปลูกคัดเลือก เปรียบเทียบ และทดสอบพันธุ์ในศูนย์วิจัยพืชไร่ สถานีทดลองพืชไร่ รวมทั้งไร่เกษตรกรในจังหวัดต่างๆในภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือจนถึงปี 2537

**รับรองพันธุ์**โดยกรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 28 ตุลาคม 2537

**ลักษณะเด่น**

1) ให้ผลผลิตหัวสดสูง 4,420 ตันต่อไร่

2) ผลผลิตมันแห้งสูง 1,550 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตแป้งสูง 1,030 กิโลกรัมต่อไร่ (ในฤดูฝน)

3) มีความงอกของท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูกดี และต้นพันธุ์อยู่รอดจนถึงเวลาเก็บเกี่ยวสูง 93 เปอร์เซ็นต์

4) มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 มีเสถียรภาพและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีจึงสามารถปลูกได้ดีในแหล่งปลูกมันสำปะหลัง ทั้งในภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

**ลักษณะประจำพันธุ์** สีของใบอ่อนมีสีม่วง ไม่มีขนที่ใบอ่อน สีของยอดอ่อนมีสีม่วงอมน้ำตาล สีของก้านใบมีสีน้ำตาลเข้ม แผ่นใบมีรูปร่างเป็น รูปใบหอก ลักษณะของทรงต้นแตกกิ่ง 2-4 ระดับ ความสูงของการแตกกิ่งระดับแรก 100-120 เซนติเมตร มุมของกิ่ง 15-30 องศา สีของลำต้นสีเขียวอมน้ำตาล สูงประมาณ 170 เซนติเมตร สีผิวเปลือกชั้นนอกของหัวมีสีน้ำตาลอ่อน สีเนื้อของหัวสีน้ำตาลอ่อน เนื้อสีขาว เก็บเกี่ยวในฤดูฝน หัวสด มีแป้ง 22.7 เปอร์เซ็นต์ มันแห้ง 34.8 เปอร์เซ็นต์

**ฤดูปลูกที่เหมาะสม**ต้นฤดูฝนเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายนและปลายฤดูฝนเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม

**พื้นที่แนะนำ**สามารถปลูกได้ดีทั้งในภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

**ความต้านทานโรค**ต้านทานต่อโรคใบจุดปานกลาง

**ข้อควรระวัง**เป็นโรคใบไหม้ได้ง่ายกว่าพันธุ์อื่นๆ แต่อาการไม่รุนแรงถึงกับทำให้ต้นตาย

**1.6) พันธุ์ระยอง 72** เป็นพันธุ์ลูกผสมที่คัดได้จากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ระยอง1 กับ ระยอง 5 เมื่อปี 2533 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง แล้วนำมาประเมินผลผลิต ตามขั้นตอนของการปรับปรุงพันธุ์ ในศูนย์วิจัยพืชไร่และสถานีทดลองพืชไร่ และแหล่งปลูกต่างๆ จนถึงปี 2542 พบว่าเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมที่จะปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

**รับรองพันธุ์** โดยกรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2543

**ลักษณะเด่น**

1) ให้ผลผลิตหัวสดสูง 5,090 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์มาตรฐาน คือ พันธุ์ระยอง1 ร้อยละ 27 ระยอง 5 ร้อยละ 18 ระยอง 90 และเกษตรศาสตร์ 50 ร้อยละ 26 และ 16 ตามลำดับ

2) ให้ผลผลิตแป้งสูง 1,070 กิโลกรัม

3) ให้ผลผลิตมันแห้งสูงถึง 1,710 กิโลกรัม

4) ปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยให้ผลผลิตหัวสดสู.ถึง 5,550 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตแป้ง 1,230 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตมันแห้ง 1,910 กิโลกรัมต่อไร่

5) ท่อนพันธุ์มีความอยู่รอดถึงเก็บเกี่ยวสูง 92 เปอร์เซ็นต์

6) ทรงต้นดี แตกกิ่งบ้างเล็กน้อยในระดับที่สูงจากโคนต้น ทำให้สามารถขยายพันธุ์ได้มากขึ้น

**ลักษณะประจำพันธุ์** สีของใบอ่อนมีสีม่วง ใบอ่อนไม่มีขน ยอดอ่อนมีสีม่วง สีของก้านใบมีสีแดงเข้ม รูปร่างของแฉกที่อยู่ตรงกลางเป็นรูปใบหอก ลักษณะของทรงต้นมีระดับการแตกกิ่งที่ 0-1 ระดับความสูงของการแตกกิ่งระดับแรก 130-140 เซนติเมตร มุมของกิ่ง 60-75 องศา ลำต้นสีเขียวเงิน สูง 200 เซนติเมตร มีขั้นของหัว เปลือกกนอกของหัวสีขาวครีม เนื้อสีขาว หัวสด มีแป้ง 20.9 เปอร์เซ็นต์ มันแห้ง 33.4 เปอร์เซ็นต์

**ฤดูปลูกที่เหมาะสม** ปลูกได้ทั้งต้นฤดูฝนเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน และปลายฤดูฝนเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม

**พื้นที่แนะนำ** เหมาะสมมากสำหรับปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือการใช้พันธุ์นี้ปลูกในภาคตะวันออกให้ผลผลิตหัวสดและคุณภาพใกล้เคียงกับพันธุ์แนะนำอื่นๆ

**ความต้านทานโรค** ต้านทานต่อโรคใบจุดและโรคใบไหม้ปานกลาง

**ข้อควรระวัง** เมื่อปลูกในภาคตะวันออก ไม่ควรเก็บเกี่ยวในฤดูฝน เพราะอาจทำให้มีแป้งต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์

1.7) **พันธุ์ระยอง 2** รับรองวันที่ 16 กรกฎาคม 2527

**ประวัติ** เป็นพันธุ์ที่ได้คัดจากเมล็ดพันธุ์ลูกผสม นำมาจาก CIAT ประเทศโคลัมเบีย ปลูกคัดเลือก ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยองตั้งแต่ปี 2519 นำต้นที่คัดเลือกจากเมล็ด มาปลูกแบบต้นต่อแถว คัดเลือกได้สายพันธุ์ CM. 305-21 ให้ผลผลิตหัวสดและ มีค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงกว่าพันธุ์ระยอง 1

**ลักษณะดีเด่น**

1. เป็นประเภทรับประทาน ไม่เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมทำแป้ง เพราะจะสู้ระยอง 3 ไม่ได้

2. เนื้อมันสด มีคุณค่าทางอาหารสูง (โปรตีน แคโรทีน และวิตามินเอ สูงกว่าพันธุ์ระยอง 1 )

3. เหมาะสำหรับทำอาหารรับประทาน เช่น ทำมันทอดได้ดี เพราะหั่นง่าย ทอดแล้วกรอบ ไม่แข็ง รสชาติดี โดยเฉพาะถ้าเก็บเกี่ยวในอายุที่เหมาะสม (8 เดือน) จะทำมันทอดได้คุณภาพดี เนื้อหัวสีเหลือง เนื้อเหนียว นอกจากนั้น มีแนวทางว่าจะใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดี เพราะคุณค่าทางอาหารสูง ถ้าผลผลิตมีเหลือมาก อาจใช้ทำแป้งได้ แต่เปอร์เซ็นต์แป้งอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ควรใช้ทำอาหารสัตว์ จะได้ประโยชน์มากกว่า

4. ผลผลิตหัวสดสูงใกล้เคียงกับพันธุ์ระยอง 1 คือ ผลผลิตเฉลี่ย 4,161 กก./ไร่ (ระยอง 1= 4,151 กก./ไร่)

**ลักษณะทางการเกษตร** ยอดสีเขียวอ่อน ใบแรกที่เจริญเต็มที่สีเขียวอ่อน ก้านใบสีเขียวอ่อนปนแดง ลำต้นสีน้ำตาลอ่อน หัวเปลือกมีสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในจะมีสีเหลืองอ่อน ความสูงของต้นประมาณ 285 ซม.อายุเก็บเกี่ยวถ้านำมารับประทาน8 เดือนส่งโรงงานประมาณ 10-12 เดือน

**ข้อจำกัด**

คุณภาพของหัวในการทำอาหาร จะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ถ้าแห้งแล้ง คุณภาพไม่ดี จึงต้องเก็บเกี่ยวในระยะที่ไม่แห้งแล้ง หรือมีการให้น้ำ

**ความต้านทานต่อโรคและแมลง** : ต้านทานโรคใบไหม้ปานกลาง

1.8) **พันธุ์ระยอง 9**

**ประวัติ** มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 เป็นลูกผสมปี 2535 ได้จากการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ CMR 31-19-23 เป็นแม่และ OMR 29-20-118 เป็นพ่อ ผสมพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง และประเมินศักยภาพของพันธุ์ในพื้นที่ภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือรวมทั้งสิ้น 38 แปลงทดลอง ระหว่างปี 2535-2542 พบว่า สายพันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตแป้งและผลผลิตมันแห้งสูง ในปี 2544-2547 ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยองจึงร่วมมือกับสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยในการประเมินผลผลิตเอทานอลจากสายพันธุ์ระยอง 9 ร่วมกับลูกผสมชุดเดียวกันนี้อีก 2 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับพันธุ์มาตรฐาน ได้แก่ ระยอง 5 ระยอง 72 ระยอง 90 และเกษตรศาสตร์ 50 ในระดับห้องปฏิบัติการโดยใช้ในเส้นเป็นวัตถุดิบ แล้วคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเอทานอลสูงจากการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ 2 พันธุ์ คือ สายพันธุ์ระยอง 9 และพันธุ์ระยอง 90 ไปทดลองผลิตเอทานอลในระดับโรงงานต้นแบบขนาดกำลังผลิต 1,500 ลิตร ที่ใช้หัวสดเป็นวัตถุดิบ พบว่า สายพันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตเอทานอลสูงกว่าพันธุ์ระยอง 90 สายพันธุ์ระยอง 9 จึงเหมาะสำหรับอุตสาหกรรมเอทานอลและผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่น ๆ ได้แก่ แป้งมัน มันเส้น และมันอัดเม็ด

**ลักษณะเด่น**

1. ผลผลิตแป้งและผลผลิตมันแห้งสูง 1.24 และ 2.11 ตันต่อไร่ ตามลำดับ
2. ให้ผลผลิตเอทานอลสูงทุกอายุเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บเกี่ยวอายุ 8 เดือน 12 เดือนและ 18 เดือน ให้เอทานอล 191 208 และ 194 ลิตร จากหัวสด 1 ตัน ตามลำดับ
3. ทรงต้นดี สูงตรง ได้ต้นพันธุ์ยาวขยายพันธุ์ได้มาก อัตราขยายพันธุ์สูงกว่า 1: 8
4. เป็นโรคใบพุ่มน้อยกว่าพันธุ์มาตรฐานทุกพันธุ์

**พื้นที่แนะนำ**

มันสำปะหลังสายพันธุ์ระยอง 9 ปลูกในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังได้ทั่วไป
ศักยภาพในการให้ผลผลิตขึ้นกับศักยภาพของพื้นที่และการดูแลรักษา

**ข้อควรระวัง**

ควรเก็บเกี่ยวเมื่ออายุประมาณ 1 ปี เนื่องจากสายพันธุ์ระยอง 9 มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงแต่สะสมน้ำหนักช้า ถ้าเก็บเกี่ยวเร็วจะให้ผลผลิตหัวสดต่ำกว่าพันธุ์มาตรฐานอื่น ๆ

**2) มันสำปะหลังพันธุ์อุตสาหกรรมที่เป็นผลงานวิจัยของหน่วยงานอื่น**

**2.1) พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50** เป็นพันธุ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สีของใบอ่อนมีสีม่วง ใบไม่มีขน ยอดอ่อนมีสีม่วง สีก้านใบมีสีเขียวอมแดง ลักษณะต้นแตกกิ่ง 1-3 ระดับ ที่ความสูง 80-150 เซนติเมตร สีของลำต้นมีสีเขียวเงิน ลำต้นโค้งเล็กน้อย สูง 180-250 เซนติเมตร หัวไม่มีขั้ว เปลือกชั้นนอกของหัวมีสีน้ำตาลอ่อน สีเนื้อของหัวสีขาวผลผลิตเฉลี่ย 4,440 กิโลกรัมต่อไร่ มีแป้งเฉลี่ย 23 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูฝน และ 28 เปอร์เซ็นต์ในฤดูแล้ง ต้นพันธุ์เก็บไว้ได้ประมาณ 30 วัน หลังจากตัดต้น

**ลักษณะดีเด่น**

1. ผลผลิตสูง และเปอร์เซ็นต์แป้งสูง
2. ต้นพันธุ์เก็บไว้ได้ ประมาณ 30 วัน หลังจากตัดต้น

**2.2 พันธุ์ห้วยบง 60** เป็นพันธุ์ที่พัฒนาโดยความร่วมมือของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ระยอง 5 กับ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เมื่อ 2534 ผ่านการประเมินผลผลิตมากกว่า 30 การทดลอง ได้รับพระราชทานชื่อพันธุ์จากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ว่า “ห้วยบง 60” รับรองพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2546

**ลักษณะดีเด่น**

1. ผลผลิตหัวสดและแป้งสูง
2. เจริญเติบโตได้รวดเร็ว สามารถคลุมวัชพืชได้

**ลักษณะประจำพันธุ์** ต้นสีเขียวเงิน ก้านใบสีเขียวอมแดง ยอดสีม่วงอ่อน ใบมีขนอ่อน ต้นสูง 180-200 เซนติเมตร แตกกิ่ง 0-1 ระดับ 90-140 เซนติเมตร สีของลำต้นมีสีน้ำตาลอ่อน ไม่มีขั้วของหัว เปลือกหัวสีน้ำตาลอ่อน เนื้อสีครีม ผลผลิต 5,800 กิโลกรัมต่อไร่ มีแป้ง 25.4 เปอร์เซ็นต์

**3) มันสำปะหลังพันธุ์เหมาะสมในการรับประทาน**

**3.1) พันธุ์ห้านาที** เป็นพันธุ์พื้นเมืองที่มีปลูกมานานในประเทศไทย (คาดว่ามาจากทางภาคใต้ ผ่านมาทางประเทศมาเลเซีย) โดยไม่ทราบเวลานำเข้าที่แน่นอน มีการปลูกจำนวนเล็กน้อยเพื่อใช้รับประทาน

**ลักษณะเด่น**เนื้อหัวร่วน เหมาะสำหรับทำขนม เช่น เชื่อม ย่าง

**ผลผลิตและคุณภาพ**

1. ผลผลิตค่อนข้างต่ำ 1,500-2,000 กิโลกรัมต่อไร่
2. ปลูกในสภาพสวนจะมีคุณภาพของหัวดีกว่า ปลูกในสภาพไร่
3. กรดไฮโดรไซยานิคในหัวค่อนข้างต่ำ

**ลักษณะประจำพันธุ์** ลำต้นตรง สูง แตกกิ่งสูง ก้านใบสีแดง ใบกว้าง ยอดอ่อนสีเขียว ลำต้นสีน้ำตาลเข้ม หัวเปลือกนอกสีน้ำตาลเข้ม เนื้อในสีขาว เปลือกในสีม่วง รูปร่างหัวเรียวยาว เปลือกปอกง่าย การเก็บเกี่ยว ในสภาพไร่ ไม่ควรเก็บเกี่ยวอายุเกิน 10 เดือน เพราะจะมีเส้นใยมากในสภาพสวนเก็บเกี่ยวอายุ 8 เดือน (ศูนย์วิจัยมันสำปะหลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2558)

**ความต้านทาน** ต้านทานโรคปานกลาง

**ฤดูปลูกที่เหมาะสม** ฤดูฝนเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน

**2.2.5 การปลูกและการดูแลรักษา**

การปลูกและการดูแลรักษามันสำปะหลังมีรายละเอียด ดังนี้ (สมพงษ์ กาทอง และ อนุชิต ทองกล่ำ. 2547 : 15)

จังหวัดที่ปลูกมันสำปะหลังมาก คือ ระยอง ชลบุรี และนครราชสีมา มันสำปะหลังสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี ส่วนใหญ่จะปลูกในเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน ส่วนจังหวัดอื่นๆ 50 เปอร์เซ็นต์ ปลูกมากในเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม

จากผลงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตรในการหาฤดูปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมในพื้นที่ปลูกต่างๆ พบว่า

เขตภาคเหนือตอนล่างจังหวัดสุโขทัย กำแพงเพชร การปลูกต้นฤดูฝน เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม ให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกกลางหรือปลายฤดูฝน

เขตจังหวัดสุพรรณบุรี กาญจนบุรี การปลูกต้นฤดูฝน เดือนเมษายนถึงกรกฎาคม ให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกปลายฤดูฝน

เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่นและนครราชสีมา การปลูกต้นฤดูฝน เดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน ให้ผลผลิตสูงสุด

เขตภาคตะวันออก จังหวัดชลบุรี ระยอง ได้ผลเช่นเดียวกับเขตภาคเหนือตอนล่างและเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ช่วงระยะเวลาปลูกมันสำปะหลังแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ปลูกในช่วงก่อนฤดูฝน (กุมภาพันธ์-เมษายน) ได้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงสุด คือ 3,730 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) ได้ผลผลิต 3,140 กิโลกรัมต่อไร่ และปลูกช่วงหลังฤดูฝน (พฤศจิกายน-มกราคม) ได้ผลผลิตต่ำสุด คือ 2,850 กิโลกรัมต่อไร่ สรุปได้ว่า การปลูกก่อนฤดูฝน (กุมภาพันธ์-เมษายน) ทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกหลังฤดูฝน (พฤศจิกายน-มกราคม) โดยเฉลี่ย 10 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเปรียบเทียบการปลูกในฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) และการปลูกนอกฤดูฝน (พฤศจิกายน-เมษายน) แล้ว พบว่า

การปลูกในฤดูฝนทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกนอกฤดูฝนโดยเฉลี่ย 25 เปอร์เซ็นต์

การปลูกมันสำปะหลังแนะนำพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ พันธุ์ระยอง 1 ระยอง 3ระยอง 6 และระยอง 90 สามารถปลูกได้ตลอดปี ช่วงเวลาปลูกที่ให้ผลผลิตสูงสุดคือ เดือน มิถุนายน-พฤศจิกายน

**การเตรียมดิน**

การเตรียมดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง (สมพงษ์ กาทอง และอนุชิต ทองกล่ำ. 2547 : 15-16) ควรไถพรวนให้ลึก 8-12 นิ้ว โดยไถกลบเศษเหลือของพืช เช่น ลำต้น เหง้า ใบและยอดของมันสำปะหลังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยว ไม่ควรจะเผาหรือเคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่เพาะปลูก เพราะการเผาทิ้ง หรือขนย้ายไปทิ้ง จะทำให้ธาตุอาหารสูญหายไปเป็นจำนวนมาก

จากผลงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตร การเตรียมดินในการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 1 การไถด้วยผาล 77 ทำให้ได้ผลผลิตสูงสุด 3,100 กิโลกรัมต่อไร่ และจากการศึกษาปรับปรุงวิธีการเตรียมดินแบบต่างๆ ในการปลูกมันสำปะหลังและต้นทุนการผลิตกับพันธุ์ระยอง 3 พบว่า การไถ 2 ครั้งด้วยผาล 3 ตามด้วยผาล 7 ให้ผลผลิตสูงสุด 3,580 กิโลกรัม เมื่อคิดรายได้หักค่าใช้จ่ายแล้วมีกำไรสูงสุด 1,623 บาทต่อไร่ มีต้นทุนต่อกิโลกรัมต่ำสุด 0.44 บาทต่อกิโลกรัม

ฉะนั้นการเตรียมดินควรไถ 2 ครั้ง ด้วยผาล 3 และผาล 7 ถ้าปลูกในพื้นดินที่ลาดเอียงการไถควรไถขวางทิศทางของความลาดเอียง เพื่อลดการสูญเสียหน้าดิน และถ้าพื้นที่เพาะปลูกเป็นที่มีน้ำขัง ควรทำร่องระบายน้ำ และยกร่องปลูก

**วิธีการปลูก**

มันสำปะหลังปลูกโดยใช้ท่อนพันธุ์ วิธีปลูกมีหลายวิธี (สมพงษ์ กาทอง และอนุชิต ทองกล่ำ. 2547 : 16) เช่น การปลูกแบบวางนอน (ฝัง) ซึ่งในปัจจุบันปลูกแบบนี้น้อยมาก เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกแบบปักท่อนพันธุ์บนสันร่อง การปลูกบนพื้นราบ ใช้เชือกทำเครื่องหมายบอกระยะและเป็นแนวในการปลูก วิธีนี้จะทำให้ระยะปลูกถูกต้อง และสม่ำเสมอ

การปลูกมันสำปะหลังในสภาพดินร่วนปนทรายน้ำไม่ขัง การยกร่อง ไม่ยกร่อง (พื้นราบ) และการปลูกบนพื้นราบแล้วพูนโคนไม่ทำให้ผลผลิตแตกต่างกัน และการปลูกโดยปักตรงหรือเอียง มีผลทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังสู.กว่าการปลูกแบบวางนอน (ฝัง) 13-15 เปอร์เซ็นต์ และไม่ควรปักลึกเกินกว่า 10 เซนติเมตร เพราะจะทำให้ยากต่อการเก็บเกี่ยว

กรมวิชาการเกษตร ได้ศึกษาวิธีกรปลูก (ยกร่องไม่ยกร่อง) การวางท่อนพันธุ์ปลูกแบบปักตรง เอียง นอน (ฝัง) ขนาดของท่อนพันธุ์ ตลอดจนความลึกในการปลูก ทั้งในฤดูฝน (พฤษภาคม-สิงหาคม) และฤดูแล้ง (พฤศจิกายน) เพื่อหาแนวทางการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในแต่ละฤดูกาล โดยมุ่งเน้น ศึกษาระดับความงอกงาม อยู่รอด ตลอดจนผลผลิตสด พบว่า

ในฤดูฝน(พฤษภาคม-สิงหาคม) การปลูกมันสำปะหลังแบบปักตรง หรือเอียงให้ผลดีกว่าการปลูกแบบวางนอน (ฝัง) อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในระยะ 1-4 สัปดาห์แรกหลังปลูก โดยมีความงอกที่รวดเร็ว และเจริญเติบโตได้ดีกว่า ซึ่งเป็นผลดีต่อการบำรุงดูแลรักษา ตลอดจนสะดวกต่อการกำจัดวัชพืช ในระยะแรกของการเจริญเติบโต ดังนั้น การปลูกมันสำปะหลัง ในฤดูฝนจึงควรปลูกแบบปักตรง หรือเอียง ด้วยท่อนพันธุ์ ขนาด 20 เซนติเมตร ที่ระดับความลึก 5-10 เซนติเมตร จะช่วยให้ได้ผลดีกว่าการปลูกแบบวางนอน (ฝัง) แม้การยกร่องและไม่ยกร่องปลูกจะให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่การยกร่องอาจจำเป็นต่อพื้นที่ปลูกที่มีความลาดเท เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน หรือในพื้นที่ลุ่ม เพื่อป้องกันน้ำท่วมขัง อันอาจทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังเสียหายได้

ในฤดูแล้งการปลูกแบบปักตรง หรือเอียง ให้ผลดีกว่าการปลูกแบบวางนอน (ฝัง) เช่นเดียวกับการปลูกในสภาพฤดูฝน ดังนั้น การปลูกมันสำปะหลังในฤดูแล้งควรปลูกแบบปักตรงด้วยท่อนพันธุ์ที่มีขนาดยาว 25 เซนติเมตร โดยปักให้ลึกระดับ 15 เซนติเมตร จะช่วยให้มีจำนวนต้นอยู่รอดและเก็บเกี่ยว ตลอดจนผลผลิตหัวสดสูงกว่าการปลูกแบบปักเอียง และวางนอน (ฝัง) บนพื้นที่ดอนสภาพไร่น้ำไม่ขัง ไม่จำเป็นต้องยกร่องปลูกมันสำปะหลังในฤดูแล้ง

**วิธีการปลูกแบบปักตรง หรือเอียง ทั้งในฤดูฝนและแล้ง มีข้อดี คือ**

1) งอกเร็วกว่าการปลูกแบบนอน (ฝัง)

2) สะดวกต่อการปลูกซ่อมและกำจัดวัชพืช ในระยะเวลาของการเจริญเติบโต

3) ในสภาพฤดูแล้ง การใช้ท่อนพันธุ์ปลูกที่มีความยาวขนาด 25 เซนติเมตร และปลูกลึก 15 เซนติเมตร ไม่จำเป็นต้องยกร่องปลูก จะช่วยให้มีความงอก ความอยู่รอด จนถึงเก็บเกี่ยวตลอดจนผลผลิตของมันสำปะหลังสูงกว่าการปลูกแบบวางนอน (ฝัง)

**ระยะปลูก**

การปลูกมันสำปะหลังมีระยะการปลูก ดังนี้ (สมพงษ์ กาทอง และอนุชิต ทองกล่ำ. 2547 : 17)

โดยทั่วไปเกษตรกรปลูกมันสำปะหลัง ใช้ระยะแถว 70-100 เซนติเมตร ระยะหลุม 50-100 เซนติเมตร ส่วนใหญ่ใช้ระยะปลูก 100x80 และ 100x100 เซนติเมตร จากผลงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตร การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 1ในระยะแตกต่างกันตั้งแต่ถี่มาก 60x60 เซนติเมตร จนถึงห่างมาก 120x120 เซนติเมตร ผลผลิตมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันแต่ระยะ 100x100 เซนติเมตร จะได้ผลผลิตสูงกว่าระยะอื่น

ระยะปลูกและจำนวนต้นที่เหมาะสมในการปลูกมันสำปะหลังระยอง 2 และระยอง 3 ในแหล่งปลูก 3 แห่ง คือ ระยอง ขอนแก่น และนครราชสีมา ควรปลูก ระยะ 100x100 เซนติเมตร และ 100x60 เซนติเมตร โดยให้มีจำนวนต้นต่อไร่ ตั้งแต่ 1,600-2,400 ต้นต่อไร่

ระยะปลูกและอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมในการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 60 และระยอง 90 คือ พันธุ์ระยอง 90 สามารถปลูกถี่กว่าระยะปกติ (100x100 เซนติเมตร) ได้โดยใช้ระยะปลูก100x80 เซนติเมตร (2,000 ต้นต่อไร่) ส่วนพันธุ์ระยอง 60 สามารถปลูกถี่ได้มากขึ้น โดยใช้ระยะปลูก 100x66 เซนติเมตร (2,400 ต้นต่อไร่) การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50-100 กิโลกรัมต่อไร่ จะช่วยยกระดับผลผลิตของมันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์ โดยเฉพาะอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปุ๋ยอัตราต่ำ (25 กิโลกรัมต่อไร่) และการไม่ใส่ปุ๋ย

โดยสรุปคำแนะนำให้เกษตรกรปลูกมันสำปะหลังระยะปลูกที่เหมาะสม คือ 100x100 เซนติเมตร 100x80 เซนติเมตร และ 100x66 เซนติเมตร หรือ มีจำนวนต้น 1,600 ต้นต่อไร่ 2,000 ต้นต่อไร่ และ 2,400 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

**2.2.6 การคัดเลือกท่อนพันธุ์**

สมพงษ์ กาทอง และอนุชิต ทองกล่ำ (2547 : 18) เสนอแนะการคัดเลือกท่อนพันธุ์มันสำปะหลังดังนี้

**ขนาดท่อนพันธุ์**

ท่อนพันธุ์ปลูกมันสำปะหลังที่ใช้ปลูก ควรมีความยาว 15-20 เซนติเมตร มีผลทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่าการใช้ท่อนพันธุ์ขนาดอื่น การใช้ท่อนพันธุ์ขนาด 20 เซนติเมตร ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดของท่อนพันธุ์ 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าการใช้ท่อนพันธุ์ขนาด 15, 10 และ 5 เซนติเมตร ท่อนพันธุ์ขนาด 20 เซนติเมตร ที่ได้จากส่วนกลาง และโคนของลำต้น มีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดของท่อนพันธุ์ 73-92 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าท่อนพันธุ์ที่ได้จากส่วนยอด ดังนั้น ท่อนพันธุ์ขนาด 15-20 เซนติเมตร จากส่วนกลางและโคนของต้นมันสำปะหลังที่มีอายุ 12 เดือน เป็นท่อนพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ปลูก

**อายุต้นพันธุ์ที่ใช้ทำพันธุ์**

ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ปลูกควรได้จากต้นที่มีอายุตั้งแต่ 8 เดือนขึ้นไป แต่ไม่ควรเกิน 18 เดือน ต้นมันสำปะหลังยิ่งอายุมาก ความยาวของต้นยิ่งเพิ่มขึ้นอายุ 12 เดือน มีความยาวของต้น 282 เซนติเมตร จะมีตาจำนวน 137 ตา ขนาดท่อนพันธุ์อายุ 12 เดือน ถ้าตัดขนาด 10-15 เซนติเมตร จะได้จำนวนท่อนพันธุ์ 18-27 ท่อน มีเปอร์เซ็นต์ความอยู่รอด 77-88 เปอร์เซ็นต์

**2.2.7 การศึกษาการชดเชยผลผลิตของมันสำปะหลังที่มีต้นข้างเคียงขาดหายไป**

กรมวิชาการเกษตรได้ศึกษาการชดเชยผลผลิตมันสำปะหลัง ที่ต้นข้างเคียงขาดหายไป พบว่ามันสำปะหลังที่ปลูกด้วยระยะ 100x100 เซนติเมตร ต้นมันสำปะหลังตาย 20 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตไม่ต่างจากไม่มีต้นตาย แต่หากมีต้นตาย 40-60 เปอร์เซ็นต์ ทั้งแบบที่มีต้นตายติดต่อกันและมีต้นตายสลับ

จะทำให้ผลผลิตลดลง ดังนั้นการปลูกมันสำปะหลัง ถ้ามีต้นตายไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ ต้องมีการปลูกซ่อม สมพงษ์ กาทอง และอนุชิต ทองกล่ำ (2547 : 18-19)

**2.2.8 ทดสอบผลผลิตและวิธีเขตกรรมในไร่เกษตรกร**

กรมวิชาการเกษตรได้นำผลการวิจัยเขตกรรมไปทดสอบในไร่เกษตรกรโดยเปรียบเทียบกับวิธีการปลูกปฏิบัติของเกษตรกร กับการใช้เทคโนโลยีที่ลงทุนสูง (ยกร่องปลูก ใส่ปุ๋ย ชุบท่อนพันธุ์ ด้วยสารเคมีกันราและแมลง) การใช้เทคโนโลยีที่ลงทุนต่ำ (ไม่ยกร่อง ไม่ใส่ปุ๋ย ปลูกตามคำแนะนำ) พบว่าการใช้เทคโนโลยีแบบลงทุนสูง ได้ผลผลิตหัวสด 4,640 กิโลกรัมต่อไร่ การใช้เทคโนโลยีแบบลงทุนต่ำให้ผลผลิต หัวสด 3,550 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนวิธีของเกษตรกรได้ผลผลิตหัวสด 3,060 ต้นต่อไร่ สมพงษ์ กาทอง และอนุชิต ทองกล่ำ (2547 : 19)

**2.2.9 ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกมันสำปะหลัง**

ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกมันสำปะหลัง คือ (สมพงษ์ กาทอง และอนุชิต ทองกล่ำ (2547 : 24) มันสำปะหลังเกิดขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิดและในทุกภาคของประเทศ ตั้งแต่เนื้อดินหยาบจนถึงเนื้อดินเหนียว ปฏิกิริยาของดินตั้งแต่เป็นกรดจัดถึงเป็นด่างปานกลาง คือ มีค่า pH ระหว่าง 4.5-8.0 และในดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำจนถึงระดับสูง แต่ดินที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังก็คือ ดินที่มีเนื้อค่อนข้างหยาบ ตั้งแต่ดินร่วนปนทรายจนถึงดินร่วนเหนียวปนทรายเพราะสามารถระบายน้ำได้ดี มีปฏิกิริยาเป็นกรดถึงเป็นกลางคือ ค่า pH 5.0-7.0 หน้าดินมีความลึกตั้งแต่ 50 เซนติเมตรขึ้นไป

แหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญ ได้แก่ บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือในท้องที่จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ ขอนแก่น และเลย และบริเวณภาคตะวันออกในท้องที่จังหวัดชลบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา ปราจีน จันทบุรี ลักษณะดินที่พบในแหล่งปลูกส่วนใหญ่จะเป็นดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทราย ประกอบด้วย 2 กลุ่ม ดินที่สำคัญ ได้แก่ กลุ่มดิน Paleustsals ที่มีเนื้อดินชั้นบนเป็นดินร่วนทราย (Loamy silicious) และมีการสะสมดินเหนียว Kaolinite ในดินชั้นล่าง เช่น ชุดดิน (Soil series) โคราช (Kt) วาระ (Wn) ยโสธร (Yt) ห้วยโป่ง (Hp) มาบบอน (Mb) เป็นต้น และกลุ่มที่สำคัญอีกกลุ่มหนึ่ง คือ Quartsipsamments เช่น ชุดดินสัตหีบ (Sh) พัทยา (Pu) น้ำพอง (Ng) ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีเนื้อดินทรายลึกเป็นดินเกิดใหม่ที่ยังไม่มีการแบ่งชั้น สำหรับชุดดินที่พบในการปลูกมันสำปะหลังส่วนมาก ได้แก่ ชุดดินโคราชและสัตหีบ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นตัวแทนของดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก ตามลำดับ ดังตารางที่ 2.1, 2.2 และ 2.3

**ตารางที่ 2.1** พื้นที่ของดินชุดที่สำคัญที่ปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ไร่)

| จังหวัด | ชุดของดิน | | | | รวม |
|---|---|---|---|---|---|
| | โคราช | วาริน | สตึก | ยโสธร | |
| อุบลราชธานี | 667,450 | 437 | - | 5,006 | 672,894 |
| อุดรธานี | 432,281 | 6,862 | 9,675 | 21,456 | 470,275 |
| นครราชสีมา | 138,544 | 151,600 | 109,500 | 70,038 | 469,681 |
| บุรีรัมย์ | 287,244 | 12,710 | 84,106 | 21,625 | 405,964 |
| กาฬสินธุ์ | 271,574 | 20,413 | 6,238 | 17,156 | 315,381 |
| ขอนแก่น | 218,288 | 3,888 | 50,450 | 34,944 | 307,569 |
| สกลนคร | 281,675 | - | - | 500 | 282,175 |
| สุรินทร์ | 193,194 | 20,400 | 15,656 | 12,900 | 242,150 |
| นครพนม | 237,093 | 2,125 | - | - | 239,219 |
| ร้อยเอ็ด | 225,994 | - | - | 2,913 | 228,906 |
| ชัยภูมิ | 84,806 | 111,444 | 4,831 | 9,738 | 210,819 |
| ศรีสะเกษ | 199,375 | 44 | 4,019 | 819 | 204,256 |
| มหาสารคาม | 119,106 | 3,069 | 9,619 | 4,281 | 136,075 |
| หนองคาย | 37,269 | 5,662 | 17,081 | - | 60,012 |
| เลย | 3,744 | - | 919 | - | 4,663 |
| รวม | 3,397,639 | 338,663 | 312,094 | 201,094 | 2,494,796 |
| เปอร์เซ็นต์ | 80.0 | 8.0 | 7.3 | 4.7 | |

**ที่มา :** Duangpatra, 1983.

**ตารางที่ 2.2** พื้นที่ของดินชุดที่สำคัญที่ปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออก (ไร่)

| จังหวัด | ชุดของดิน | | | | รวม |
|---|---|---|---|---|---|
| | สัตหีบ | มาบบอน | พัทยา | ห้วยโป่ง | |
| ชลบุรี | 292,081 | 104,656 | 16,556 | - | 413,294 |
| ระยอง | 91,844 | 98,900 | 14,931 | 112,069 | 317,744 |
| จันทบุรี | 1,775 | - | - | 159,013 | 160,563 |
| ฉะเชิงเทรา | 57,169 | 10,363 | - | - | 67,531 |
| ตราด | - | - | 731 | 913 | 1,644 |
| รวม | 442,644 | 213,919 | 32,219 | 271,994 | 960,775 |
| เปอร์เซ็นต์ | 46.1 | 22.3 | 3.3 | 28.3 | |

**ตารางที่ 2.3** คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินขั้นบนที่ปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก

| คุณสมบัติของดิน | ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | ภาคตะวันออก |
|---|---|---|
| pH | 4.8-6.3 | 5.0-6.2 |
| อินทรียวัตถุ (%) | 0.5-1.3 | 0.8-1.8 |
| P-Bray 2 (ppm) | 2.3-7.0 | 5.3-10.8 |
| K (ppm) | 25-6838-63 | |
| Base saturation (%) | 35-75 | 43-63 |
| C.E.C (Meq / 100 g) | 2.5-5.0 | 2.0-6.0 |
| Texture | Sand loam | sand |

**ที่มา :** Duangpatra, 1988.

องค์ประกอบที่สำคัญของการปรับปรุงบำรุงดินให้อุดมสมบูรณ์ในแบบของการเกษตรยั่งยืน (Sustainable agriculture) นั้น ต้องคำนึงถึงปัจจัยหรือสมบัติที่สำคัญของดิน 4 ประการร่วมกันคือ 1) สภาพทางเคมีดิน ซึ่งจะควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารพืช 2) สภาพทางกายภาพดินซึ่งจะควบคุมน้ำ ธาตุอาหารตลอดจนกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน 3) สภาพทางจุลชีวของดิน ซึ่งจะควบคุมการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุตลอดจนการตรึงไนโตรเจน และ 4) ระดับธาตุอาหารพืช ซึ่งได้แก่ปริมาณและความสมดุลของธาตุอาหารที่จำเป็น ดังนั้น จึงจำเป็นจะต้องมีการปฏิบัติกับดินอย่างถูกต้องต่อเนื่อง ไม่ปล่อยให้ดินทรุดโทรมจนเกินแก้ไข ทั้งนี้เป็นเพราะดินไร่นั้นเป็นดินที่มีลักษณะ "เสื่อมโทรมง่าย แก้ไขยาก ศักยภาพต่ำ" แนวทางที่จะรักษาสภาพของดินไว้นั้นก็คือ

1. จะต้องเพิ่มเติมธาตุอาหารลงไปในดิน เพื่อทดแทนปริมาณที่พืชนำไปใช้
2. จะต้องรักษาสภาพของดินให้มีสมบัติทางกายภาพที่ดีไว้ โดยการรักษาระดับอินทรียวัตถุในดินให้อยู่ในระดับที่ดีเหมาะสม
3. จะต้องมีการอนุรักษ์ดินไว้ไม่ให้เกิดการชะล้างพังทลาย

ปัญหาการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินมักจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะมันสำปะหลังซึ่งปลูกในดินร่วนทราย ขาดสิ่งปกคลุมดินในระยะแรกของการเจริญเติบโต ประกอบกับสภาพของพื้นที่ปลูกเป็นคลื่นลอนไม่ราบเรียบ จึงทำให้การสูญเสียผิวดินชั้นบนเนื่องจากการไหลบ่าของน้ำฝนซึ่งเกิดเป็นประจำทุกๆฤดูปลูก การสูญเสียผิวหน้าดินจึงทำให้อินทรีวัตถุ ซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของธาตุอาหารพืชลดน้อยลงไปตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบการปลูกมันสำปะหลังบนพื้นที่เดิมอย่างต่อเนื่องที่เป็นระยะเวลายาวนาน (Continuous cropping) การเสื่อมของดินจะเห็นได้อย่างชัดเจน จากปัญหาดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงควรปฏิบัติบำรุงรักษาทรัพยากรดิน ดังนี้

**2.2.10 การปรับปรุงและจัดการดิน**

สมพงษ์ กาทอง และอนุชิต ทองกล่ำ (2547 : 26) ให้รายละเอียดเกี่ยวกับการปรับปรุงและจัดการดิน ดังนี้

1) การไถพรวนดิน (Tillage Practices) การไถพรวนดินนั้นไม่ได้มีผลต่อความเจริญเติบโตของพืช แต่มีผลในทางอ้อม เช่น ทำให้ดินมีความโปร่งมากขึ้น มีการถ่ายเทอากาศดี ลดการระเหยของน้ำจากผิวหน้าดิน ช่วยกำจัดวัชพืช ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะมีผลสนับสนุนให้พืชเจริญเติบโตดีขึ้น ผลของการไถพรวนทำให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงไป เช่น การจับตัวเป็นก้อนของอนุภาคดิน ความหนาแน่นของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และปริมาณน้ำหรือความชื้นของดินการไถพรวนดินติดต่อกันเป็นระยะนานๆ เป็นสาเหตุทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลง และทำให้การจับตัวเป็นก้อนของอนุภาคดิน (Soil aggregation) เลวลงด้วย โดยเฉพาะการไถพรวนในขณะที่ดินแห้งเกินไปจะทำให้การรวมตัวเป็นก้อนของเม็ดดินถูกทำลาย ถ้าไถพรวนเมื่อดินเปียกชื้นเกินไป ก็จะทำให้ดินแน่นจับตัวเป็นก้อนโตและเมื่อแห้งจะแข็งมาก จากปัญหาที่กล่าวแล้ว บางครั้งบางสภาพการลดจำนวนความถี่ในการไถพรวนให้น้อยลง (Minimum tillage) หรือการปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการไถพรวนนั้นจะเป็นวิธีการที่ช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำได้ดี และได้มีการปฏิบัติกันอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะในท้องที่ที่มีความลาดชันมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอดินมีลักษณะเนื้อดินไม่เหนียวจัด หรือทรายจัดจนเกินไป วิธีนี้นอกจากจะเปลืองแรงงานน้อยกว่าการไถพรวนตามปกติ ประมาณ 7-18 เปอร์เซ็นต์ แล้วยังจะช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำ สามารถลดความเสียหายของพืชในช่วงแล้งได้เป็นอย่างดี

จากผลการวัดตะกอนดินในแปลงทดลองที่มีความลาดเท 3-5 เปอร์เซ็นต์ ปรากฏว่าการไม่ไถพรวน (No tillage) จะช่วยลดอัตราการสูญเสียหน้าดิน โดยการไหลบ่าของน้ำได้อย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับการไถพรวน ในการทดลองปีแรกซึ่งมีปริมาณน้ำฝน 1,534 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณตะกอนดินอบแห้งที่สูญเสียจากแปลงที่ไม่ได้ไถพรวน เป็น 7.88 ตันต่อไร่ต่อปี ในขณะที่แปลงที่ไถด้วยผาล 7 เป็น 15.75 ตันต่อไร่ต่อปี นอกจากนี้ ยังพบว่าการสูญเสียหน้าดินเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น

2) การปลูกพืชหมุนเวียน (Crop rotation) การนำพืชตระกูลถั่วไม่ว่าจะเป็นถั่วเขียว ถั่วเหลือง หรือถั่วลิสง มาปลูกร่วมกับมันสำปะหลังในพื้นที่เดียวกันเพื่อวัตถุประสงค์ในการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ธาตุอาหารของพืช อันจะทำให้เกิดความสมดุลของธาตุอาหารหรือเพื่อการบำรุงดิน หรือแม้แต่เพื่อแก้ปัญหาเรื่องโรคแมลงก็ตาม ยังไม่มีการปฏิบัติกันอย่างจริงจัง ทั้งๆที่โดยความเป็นจริงแล้ว การปลูกพืชแต่ละชนิดหมุนเวียนเปลี่ยนกันจะแก้ปัญหาเรื่องราคาผลผลิตตกต่ำได้ เกษตรกรยังคงยืนหยัดปลูกแต่มันสำปะหลังติดต่อกันปีแล้วปีเล่า อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองเกี่ยวกับการปลูกพืชหมุนเวียนระยะยาวโดยใช้พืชตระกูลถั่วคือ ถั่วลิสงกับถั่วเขียวเป็นพืชหมุนเวียนกับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินชุดยโสธร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในระบบปลูกพืชละปีสลับกันไป โดยใช้ถั่วมะแฮะเป็นพืชคั่นระหว่างปลูก ผลการทดลองในช่วง 7 ปี (2519-2526) พบว่ากาใช้ระบบปลูกพืชหมุนเวียนดังกล่าว เป็นไปได้ในแง่การเพิ่มรายได้แก่เกษตรกร แม้ว่าระบบดังกล่าวจะไม่มีผลต่อการปรับปรุงดินก็ตาม ระบบการปลูกพืชมันสำปะหลังสลับกับถั่วลิสงจะให้รายได้สูงสุด 1,721 บาทต่อไร่ต่อปี ในขณะที่การปลูกมันสำปะหลังเป็นพืชเดียวและใส่ปุ๋ยมีรายได้เฉลี่ยเพียง 1,477 บาทต่อไร่ต่อปี

3) การหมุนเวียนอินทรียวัตถุ (Recycing of organic materials) การหมุนเวียนอินทรียวัตถุที่ได้มาจากดิน หมายถึง การใส่ซากพืชต่างๆที่อยู่ในรูปของปุ๋ยหมักและการไถกลบเศษซากพืชที่เหลือหลังการเก็บเกี่ยวโดยตรง นอกจากจะเป็นการหมุนเวียนธาตุอาหารส่วนหนึ่งที่พืชนำจากดินมาใช้กลับไปสู่ดินแล้วยังถือว่าได้เป็นวิธีการปรับปรุงสมบัติของดินทั้งทางเคมีฟิสิกส์ที่มีผลในระยะยาวอีกด้วย โดยเฉพาะสมบัติในการดูดตรึงธาตุอาหารและความชื้น การไถกลบเศษซากพืชที่เหลือในไร่ลงดินโดยตรงนั้นดูจะเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัดเวลาและแรงงานมากที่สุด และเป็นการปฏิบัติที่มีการกระจายการหมุนเวียนกลับคืนอย่างถูกต้อง เพราะได้มาจากที่ไหนก็กลับคืนไปยังที่นั้น สามารถเพิ่มเติมปุ๋ยคอกลงไปโดยตรงได้ โดยไม่ต้องกลัวว่าอินทรียวัตถุเหล่านั้นจะไม่ย่อยสลาย เพราะประเทศไทยเป็นประเทศเขตร้อน มีความชื้นและอุณหภูมิเหมาะสำหรับกิจกรรมทางจุลินทรีย์ดินที่จะย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วอยู่แล้วโดยปกติผลของการไถกลบอินทรีย์วัตถุลงไปในดินที่มีต่อคุณภาพของดินนั้น มักจะเห็นผลในระยะยาว

การไถกลบเศษซากพืชร่วมกับการใช้ปุ๋ยที่มีต่อผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในดิน Red Yello Latosol หรือดินร่วนทรายชุดยโสธร ในช่วงปี 2520-2526 พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตรา 8 กิโลกรัม N, $P_2$, $O_5$ และ $K_2O$ ต่อไร่ต่อปี โดยมีการไถกลบซากต้นมันสำปะหลังและใบลงดินด้วยสามารถจะรักษาระดับผลผลิตของมันสำปะหลังไว้ได้ในระดับสูงสุด การใช้ปุ๋ย N, P, Kร่วมกับปุ๋ยหมักในอัตรา 2 ตันต่อไร่ต่อปี ให้ผลไม่แตกต่างกันกับการใช้ปุ๋ย N, P, K อย่างเดียวแต่อย่างใด ส่วนการไถกลบเศษซากต้นมันสำปะหลังอย่างเดียวติดต่อกัน 7 ปีสามารถรักษาระดับผลผลิตไว้ได้ในระดับที่สูงกว่าการปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการใช้ปุ๋ยถึงเกือบร้อยละ 50 สรุปได้ว่าการไถกลบต้นใบ มันสำปะหลังกลับคืนลงดิน มีประโยชน์ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์กทม. 2 ตันต่อไร่ต่อปี ในแปลงทดลองปุ๋ยระยะยาวที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง และขอนแก่น

4) การอนุรักษ์ดินและน้ำ (Soil and water conservations) การอนุรักษ์ดินและน้ำเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อการผลิตพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ การจัดการดินเพื่อลดการสูญเสียหน้าดินมีหลายวิธี เช่น ปลูกถั่วพุ่ม ถั่วมะแฮะ และปอเทือง เพื่อไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดให้กับมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่อง 3 ฤดูปลูก ปรากฏว่า ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด สมบัติทางกายภาพของดินชั้นบนรวมถึงการซึมของน้ำ การเก็บรักษาความชุ่มชื้นดีขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า ถั่วพุ่มมีองค์ประกอบของธาตุอาหารพืชและมวลชีวภาพ (Biomass) สูงกว่าถั่วมะแฮะและปอเทืองที่ปลูกในดินชุดยโสธร

จากการเปรียบเทียบมวลชีวภาพของพืชเพื่อทำปุ๋ยสด10 ชนิด โดยตัดคลุมดินเมื่ออายุ 2 เดือนครึ่ง ก่อนปลูกมันสำปะหลังไม่ไถพรวนในดินชุดมาบบอนที่ อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง ทดลอง 3 ฤดูปลูกติดต่อกัน ปรากฏว่าพืช 2 ชนิดที่ให้น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ สูงสุดเฉลี่ย 390 กิโลกรัมต่อไร่ ได้แก่ ถั่วพร้า (*Canavaliaen siformis*) และปอเทือง (*Crotalaria juncea*) และผลวิเคราะห์ซากพืชมีปริมาณ N, P และ K โดยเฉลี่ย 9.70.4 และ 6.5 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

**2.2.11 โรคมันสำปะหลังและการป้องกันกำจัด**

อรุณี วงษ์กอบรัษฎ์ (2547 : 58-64) มันสำปะหลัง เป็นพืชเศรษฐกิจที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมาก เพราะเป็นพืชทนแล้งปลูกง่ายใช้ปัจจัยในการผลิตน้อย สามารถให้ผลผลิตได้แม้ในบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่เกษตรกรเห็นว่ายังไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคและสัตรูมันสำปะหลัง และมีรายงานความเสียหายผลผลิตเนื่องจากโรคและศัตรูพืชค่อนข้างน้อย จึงเห็นได้ว่า

ความสำคัญของโรคมันสำปะหลังในประเทศไทย ยังไม่ชัดเจนเท่ากับบางประเทศในแถบลาตินอเมริกาและแอฟริกา แต่การปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันเป็นเวลานาน การมีพันธุ์ใหม่ๆ เพิ่มขึ้นทั้งจากที่ผสมพันธุ์เองแหละมีการนำสายพันธุ์เข้ามาจากต่างประเทศเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ ตลอดจนสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนมากขึ้นในปัจจุบัน ทำให้พบโรคและมีอาการผิดปกติขึ้นกับมันสำปะหลังในประเทศไทยมากขึ้นสำหรับบางโรคแม้ว่าจะยังไม่พบในประเทศไทย เช่น โรคที่เกิดจากเชื้อวิสาและมายโคพลาสมาก็ควรจะได้รับการเอาใจใส่อย่างระมัดระวัง เพื่อไม่ให้มีการติดเข้ามาเพื่อเป็นการป้องกันล่วงหน้า

โรคของมันสำปะหลังที่เกิดจากเชื้อรา แบคทีเรีย เชื้อไวรัส และเชื้อมายโคพลาสมา ที่สำคัญได้แก่

**1) โรคใบไหม้ (Cassava Bacterial Blight : CBB)**

เกิดจากเชื้อ *Xanthomonas campestris* pv. Manihotis มีรายงานการพบครั้งแรกในประเทศบราซิลในปี 2455 หลังจากนั้นมีรายงานการแพร่ระบาทเกือบทุกประเทศที่มีการปลูกมันสำปะหลังทั้งในทวีปเอเชีย และลาตินอเมริกาในประเทศไทยพบครั้งแรกที่จังหวัดระยองเมื่อปี 2518 และต่อมาพบทั่วทุกภาค ระดับความเสียหาย เนื่องจากโรคนี้ มีตั้งแต่ 30 เปอร์เซ็นต์เมื่อใช้ท่อนพันธุ์จากต้นที่เป็นโรค ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเกิดและใช้ต้นพันธุ์ที่เป็นโรคติดต่อกัน 3 ถึง 4 ปี โดยมีการป้องกันกำจัด อาจมีความเสียหายถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ระดับความเสียหายจะขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์การใช้ท่อนพันธุ์ที่มีเชื้อปะปนมา ปลูกในแปลง และความเสียหายอาจรุนแรงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีเชื้อโรค

**ลักษณะอาการ** เริ่มแรกแสดงอาการใบจุดเหลี่ยม ฉ่ำน้ำ ใบไหม้ ใบเหี่ยว ยางไหล จนถึงอาการยอดเหี่ยวและแห้งตายลงมา นอกจากนี้ยังทำให้ระบบท่อน้ำท่ออาหารของลำต้นและรากเน่า

**การป้องกันกำจัด** มันสำปะหลังมีโรค ศัตรูพืช และแมลงรบกวน ทำลายหลายอย่าง แต่มีนักวิชาการเกษตร และหน่วยงานที่รับผิดชอบกำจัด พร้อมให้คำแนะนำดังนี้ (กรมวิชาการเกษตร. 2558 ; ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2551)

(1) ใช้พันธุ์ต้านทาน พันธุ์ที่แนะนำในปัจจุบัน มีความต้านทานต่อโรคปานกลาง เช่น ระยอง 90 ระยอง 9

(2) ใช้ท่อนพันธุ์ที่ปราศจากเชื้อ หรือหลีกเลี่ยงการใช้ท่อนพันธุ์ส่วนโคนลำต้น หรือโคนกิ่งมันสำปะหลัง

(3) ปลูกพืชอายุสั้นเป็นพืชหมุนเวียนที่มีอายุสั้น เช่น ข้าวโพด ข้างฟ่าง เพื่อลดประชากรเชื้อโรคในดิน หรือหลีกเลี่ยงการปลูกมันสำปะหลังในแปลงที่ระบาดรุนแรงนาน 6 เดือน

(4) ใช้ชีววิธี การฉีดพ่นเชื้อแบคทีเรียเรืองแสง เช่น *Pseudomonas fluorescens*บนใบมันสำปะหลังพันธุ์ Mcol22 ซึ่งอ่อนแอต่อโรคใบไหม้ ทำให้จำนวนจุดบนใบและจำนวนใบไหม้ต่อต้นลดลง และทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 2.7 เท่า

(5) เก็บส่วนต้นและใบที่เป็นโรค เผาทำลายนอก แปลงปลูก

**2) โรคใบจุดสีน้ำตาล (Brown Leaf Spot)**

เกิดจากเชื้อรา *Cercosporidium mingsii* เป็นโรคที่สำคัญที่สุดของมันสำปะหลัง พบครั้งแรกในประเทศแทนซาเนีย ใบปี 2438 หลังจากนั้นในปี 2468 จึงมีรายงานความเสียหายในแหล่งปลูกมันสำปะหลังของโลกสำหรับในประเทศไทยพบว่ามันสำปะหลังเกือบทุกพันธุ์เป็นโรคใบจุดสีน้ำตาล ความรุนแรงของโรคขึ้นกับพันธุ์ อายุพืชและสภาพแวดล้อม มันสำปะหลังที่มีอายุ 3-5 เดือนจะมีความต้านทานต่อโรคนี้มากกว่ามันสำปะหลังที่มีอายุ 14-16 เดือน และสามารถพบโรคในแหล่งที่มีความชื้นต่ำและแห้งแล้งได้ โรคใบจุดสีน้ำตาลนี้จะไม่ทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังลดลงมากนัก ผลผลิตจะแตกต่างเฉพาะในพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรค

**ลักษณะอาการ** โดยทั่วไปต้นที่เป็นโรคมีการเจริญเติบโตเป็นปกติ จะพบอาการของโรคบนใบล่างๆ มากกว่าใบบนซึ่งมีอายุน้อยกว่า มีรายงานว่าใบมันสำปะหลังอายุ 5-15 วัน จะทนทานต่อการเกิดโรค และจะอ่อนแอพบเป็นโรคได้เมื่ออายุ 25 วันขึ้นไป โดยเกิดอาการใบจุดค่อนข้างเหลี่ยมตามเส้นใบ มีความสม่ำเสมอ สีน้ำตาล ขนาด 3-1 มิลลิเมตร มีขอบชัดเจน และตรงกลางแผลอาจจะแห้งและหลุดเป็นรู

**การแพร่ระบาด** เชื้อราสาเหตุของโรคสามารถอาศัยอยู่ได้บนใบมันสำปะหลังที่ร่วงอยู่ในไร่ และจะขยายโดยการสร้างสปอร์ เมื่อมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สปอร์เหล่านี้จะแพร่กระจายไปโดยลม หรือเม็ดฝนพาไปตกบนใบปกติ ทำให้เกิดการแพร่โรคได้ต่อไป

**การป้องกันกำจัดและกำจัด**

1. ใช้พันธุ์แนะนำ ซึ่งมีความต้านทานโรคปานกลาง
2. เมื่อพบโรคระบาดมากอาจใช้สารเคมีพวก copper, benomyl

**3) โรคใบจุดไหม้ (Blight Leaf Sopt)**

เกิดจากเชื้อรา *Cercospora viscosae* มักจะพบควบคู่ไปกับโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคนี้สามารถทำให้ผลผลิตลดลงได้ 12-30 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการสูญเสียพื้นที่ใบ ใบเหลืองและร่วงเร็วกว่าปกติ และเป็นผลกระทบเนื่องมาจากการเปิดโอกาสให้วัชพืชเจริญได้ดีเมื่อใบร่วงและพุ่มใบเปิด

**ลักษณะอาการ** อาการของโรคพบบนใบเป็นจุดกว้างไม่มีขอบเขตที่แน่นอนเหมือนกับโรคใบจุดสีน้ำตาล จุดแผลจะกว้างมาก แต่ละจุดอาจกว้างถึง 1 ใน 5 ของแฉกใบ หรือมากกว่า ด้านบนใบมักเห็นจุดแผลสีน้ำตาลค่อนข้างสม่ำเสมอ ขอบแผลมีสีเหลืองอ่อน ด้านใต้ใบมักเห็นเป็นวงสีเทา เนื่องจากส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อราสาเหตุโรคเช่นเดียวกับโรคใบจุดสีน้ำตาล ลักษณะแผลในบางครั้งจะคล้ายกับโรคใบจุดวงแหวนด้านบนของใบ เมื่อแผลลามติดต่อกัน ทำให้ใบเหลืองทั้งใบ และ ร่วงไปในที่สุด ในพันธุ์ที่อ่อนแอ ใบร่วงอย่างรุนแรง ในมันสำปะหลังที่มีอายุมากกว่า 6 เดือน อาการของโรคจะรุนแรงมากกว่ามันสำปะหลังที่มีอายุน้อย

**การแพร่ระบาด และการป้องกันจำกัด** เช่นเดียวกับโรคใบสีน้ำตาล

**4) โรคใบจุดขาว (White Leaf Spot)**

เกิดจากเชื้อรา *Phoeoramularia manihotis* (*Cercospora caribaea*) มีรายงานการพบทั้งในทวีปเอเชีย อเมริการเหนือ แอฟริกาและลาติน อเมริกา มักพบทั่วไปในเขตปลูกมันสำปะหลังที่ชื้น และเย็น เชื้อ *P. manihotis* ต้องการความชื้นและเย็นมากกว่า เชื้อ *C. henningsii*

ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคใบจุดสีน้ำตาล การงอกของสปอร์ต้องการอุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส และความชื้นถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ *C. henningsil* ต้องการอุณหภูมิ 39องศาเซลเซียส และความชื้นเพียง 50 เปอร์เซ็นต์

**ลักษณะอาการ** เป็นจุดค่อนข้างเหลี่ยม ถึงกลมขนาด 1-7 มิลลิเมตร แผลมักจะมีสีขาว มีขอบแผล สีน้ำตาลอมม่วง ล้อมรอบด้วยวงสีเหลือง (Yellow halo) แผลจะจมเข้าไปในผิวใบทั้งสองด้าน ทำให้เห็นบริเวณแผลบางกว่าใบปกติ เมื่อมองด้านหลังจะเห็นขอบแผลไม่ชัดเจนเท่าด้านบนใบ (Diffuse colored) และบางครั้งจะเห็นสีเทาของส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อสาเหตุลักษณะอาการของโรคนี้มักจะพบควบคู่กับอาการขาดธาตุสังกะสี

**การแพร่ระบาด** เชื้อสาเหตุ *P. manithotis* ทำให้เกิดโรคกับมันสำปะหลัง (Manithotesculenta) เพียงอย่างเดียว

**การป้องกันกำจัดใช้พันธุ์ต้านทาน**

**5) โรคลำต้นเน่าที่เกิดจากเชื้อรา (Stem Rot)** เนื่องจากเกษตรกรนิยมเก็บเกี่ยวผลผลิตหัวมันสำปะหลังในช่วงฤดูแล้ง ทำให้ต้องเก็บต้นพันธุ์ไว้รอเวลาปลูกที่เหมาะสมเป็นเวลานานในช่วงนี้ทำให้เกิดต้นเน่าได้ หรือในบางปีสภาพอากาศแห้งแล้งมาก มันสำปะหลังทิ้งใบเป็นเวลานานทำให้พบอาการต้นแห้งจากปลายลงมามีอาการยืนตาย (Die back) โรคลำต้นเน่าเกิดจากเชื้อรา *Glimerilla cingulata* พบทั่วไปในท่อนพันธุ์ที่กองไว้หรือตัดทิ้งไว้ในไร่

**ลักษณะอาการ**ระยะแรกท่อนพันธุ์จะเริ่มเน่าตรงส่วนปลายและลุกลามเข้าไปทำให้เปลือกบวมเน่า ต่อมาจะเหี่ยวแห้ง ใต้เปลือกเป็นสีดำ บนผิวเปลือกเป็นเม็ดนูนๆ แล้วจะแตกเป็นผง เรียก perithecia

**6) โรคที่เกิดจากเชื้อรา *Botryodiplodia theobromae***

เป็นโรคที่เกิดกับท่อนพันธุ์หรือลำต้นที่แก่แล้ว และตกค้างในไร่ มีความสำคัญและพบน้อยกว่าโรคที่เกิดจากเชื้อรา *Glimerilla cingulata*

**ลักษณะอาการ** ท่อน้ำอาหารจะเน่าแล้วกลายเป็นสีดำ โดยจะลุกลามจากแผลรอยตัดของท่อนพันธุ์ หรือลำต้นที่เป็นแผล ทำให้เปลือกบวมและเน่าเป็นสีน้ำตาลดำ มีกลุ่มเม็ด pycnidia ของเชื้อราขึ้นบนเปลือกแล้วจะแห้งตาย

**การแพร่ระบาด** เชื้อจะแพร่ไปกับท่อนพันธุ์ และเข้าทำลายเมื่อมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เชื้อราจะเข้าทางแผล และลุกลามมากขึ้นเมื่อมีความชื้นสูง

**การป้องกันกำจัด**

(1) ชุบท่อนพันธุ์ด้วยสารเคมี เช่น mancozeb, copper oxycholoride (400 ppm) :captan + carbendazim (2000 ppm)

(2) เตรียมท่อนพันธุ์ด้วยความระมัดระวังอย่าให้บอบช้ำ

**7) โรคขี้เถาหรือราแป้ง (Cassava Ash Disease)** เกิดจากเชื้อรา *Oidium manithotis*พบทั่วไปในต่างประเทศ สำหรับประเทศไทยพบน้อยมาก

**ลักษณะอาการ** ระยะแรกมีลักษณะเป็นเส้นใยขาวปกคลุมใบเป็นจุด ต่อไปส่วนนั้นจะกลายเป็นสีเหลืองด้านบนของใบ เนื่องจากการเข้าทำลายของเชื้อรา และจะเกิดจุดเหลี่ยม

ในบริเวณนี้ ลักษณะขนาดไม่แน่นอนคล้ายกับการทำลายของแมงมุมแดง (Red Spider Mites) พบบนใบล่างของต้นมากกว่าใบอ่อน

**การแพร่ระบาด** โดยทั่วไปเกิดได้ดีในฤดูแล้ง มีความชื้นในอากาศสูง ในกลางคืน

**การป้องกันกำจัด** ใช้พันธุ์ต้านทาน

**8) โรคแอนแทรคโนส (Anthracnose)**

สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Collerotrichum* spp. โรคนี้จะพบหลังจากมีฝนตกติดต่อกันเป็นเวลานาน ในประเทศไทยพบเฉพาะในบางพื้นที่ทำให้ลำต้นแคระแกรน สำหรับมันสำปะหลังที่มีอายุประมาณ 1 เดือน จะทำให้ต้นตายได้ ความเสียหายเนื่องจากโรคนี้ที่สำคัญ คือ ทำให้ขาดแคลนท่อนพันธุ์

**ลักษณะอาการ** ใบซีดเหลืองในบริเวณรอยต่อของใบและก้านใบพบรอยแผลสีน้ำตาลบางครั้งแผลจะลามถึงก้านใบ ทำให้เป็นสาเหตุของใบร่วง เชื้อสามารถเข้าทำลายลำต้นส่วนที่ยังเขียวได้และทำให้เกิดอาการ canker ลำต้นแคระแกรน และพบอาการแห้งตาย

**การป้องกันกำจัด** ใช้ท่อนพันธุ์ต้านทาน การใช้ท่อนพันธุ์ปลอดโรค ปลูกพืชหมุนเวียน ไถกลบดินและกลบซากมันสะปะหลังลึกๆ ช่วยลดประชากรเชื้อโรคในดินได้ และควรหลีกเลี่ยงการปลูกมันสำปะหลังในสภาพที่มีความชื้นสูง

**9) โรครากหรือหัวเน่า (Root and Tuber Rot Diseases)**

โรครากและหัวเน่าเป็นโรคที่มีความสำคัญมาก ทำให้ผลผลิตสูญเสียโดยตรง โดยเฉพาะในแหล่งที่ดินระบายน้ำได้ยาก ในประเทศไทย ที่สำรวจพบมีดังนี้

**(1) โรคหัวเน่าเละ (Phytophthora Root Rot หรือ Wet Rot)**

**เชื้อสาเหตุ** *Phytophtora drechsleri* เชื้อโรคนี้จะเกิดกับมันสำปะหลังทั้งในระยะกล้าและลงหัวแล้ว มักจะพบในบริเวณที่ดินมีระบบน้าระบายไม่ดี หรือสภาพดินดานและฝนตกชุกเกินไป และอยู่ใกล้กับทางน้ำหรือคลองโรคนี้อาจทำความเสียหายถึง 80 เปอร์เซ็นต์

**ลักษณะอาการ** ถ้าเกิดกับต้นยังเลกอยู่จะทำให้รากเป็นรอยช้ำสีน้ำตาลและเน่าต้นจะเหี่ยวเฉา ถ้าเกิดกับหัวจะทำให้หัวเน่าอย่างรวดเร็ว และมีกลิ่นเหม็น ใบเหี่ยวแล้วร่วง ถ้าเกิดรุนแรงต้นจะตาย

**การป้องกันกำจัด** การเตรียมแปลงปลูก ควรไถระเบิดดินดานให้มีการระบายน้ำที่ดี การไถตากดินเป็นเวลานานๆ จะช่วยลดประชากรของเชื้อราในดินได้ กำจัดเศษซากมันสำปะหลังเก่าๆ จากแปลงเพาะปลูกให้หมด คัดเลือกท่อนพันธุ์สมบูรณ์และปราศจากโรค ในพื้นที่ระบาดรุนแรง ควรปลูกพืชหมุนเวียนอย่างน้อย 6-12 เดือน

**2) โรคหัวเน่าแห้ง (Dry Root Rot หรือ White Thread)**

**เชื้อสาเหตุ** *Rigidoporus (Fomes) lignosus* เป็นโรคที่พบในต่างประเทศ โดยเฉพาะในอัฟริกา ลาตินอเมริกา และเอเชียบางประเทศ ในประเทศไทยเคยพบที่จังหวัดจันทบุรี เข้าใจว่าเป็นโรคชนิดเดียวกัน มักจะพบโรคนี้ในแหล่งที่เปิดป่าใหม่ หรือเคยปลูกกาแฟ และยางพารามาแล้ว

**ลักษณะอาการ** จะเกิดเส้นใยสีขาวในดินรอบโคนท่อนพันธุ์และราก บางครั้งอาจจะพบส่วนขยายพันธุ์มีลักษณะเป็นเม็ดกลมเล็กๆ ขนาดเท่าเมล็ดผักกาดเรียกว่า Sclerotia ที่สร้างโดยเชื้อรานี้อยู่ด้วยเม็ดกลมๆเล็กๆ นี้สามารถจะขยายพันธุ์เจริญเติบโตเป็นเส้นใยเข้าทำลายต้นอื่นๆ ต่อไป

**การป้องกันกำจัด**

(1) การเตรียมแปลงปลูกควรจะเป็นดินร่วนมีการระบายน้ำดีไม่ควรเป็นที่เคยมีน้ำท่วมขังหรือใกล้ทางระบายน้ำ หากดินระบายน้ำยาก ควรปลูกโดยวิธียกร่อง

(2) ทำความสะอาดแปลงก่อนปลูกโดยการทำลายเศษพืชที่เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค

(3) คัดเลือกท่อนพันธุ์ที่สมบูรณ์ และปราศจากโรค

(4) ในพื้นที่โรคนี้ระบาดมาก่อนหรือที่ดินเป็นที่เปิดป่าใหม่ควรปลูกพืชหมุนเวียนด้วยธัญพืชก่อนปลูกมันสำปะหลัง เพื่อลดปริมาณเชื้อโรคนี้

(5) ถ้าพบอาการรากเน่าเกินกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ควรงดปลูกพืชนานอย่างน้อย 6 เดือน เนื่องจากเชื้อสาเหตุมีพืชอาศัยกว้าง

**สรุปการป้องกันกำจัดโรคของมันสำปะหลัง ดังนี้**

(1) การกักกันพืช (Quarantine) เป็นวิธีที่สำคัญและได้ผลที่สุด เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่พบโรคระบาดที่ทำความเสียหายให้กับมันสำปะหลังรุนแรง อย่างในทวีปแอฟริกาและลาตินอเมริกา โดยเฉพาะโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส และมายโคพลาสมา ดังนั้นจึงควรระมัดระวังในการนำเข้าส่วนของพืช

(2) วิธีเขตกรรม ได้แก่

(2.1) การปลูกพืชหมุนเวียน การปล่อยดินให้ว่างเป็นระยะเวลา 6 เดือน จะช่วยลดสาเหตุของโรครากเน่าและลดปริมาณการเข้าทำลายของแมลงในดิน

(2.2) การทำลายส่วนของพืชที่เป็นโรค

(2.3) การใช้ท่อนพันธุ์ที่ปราศจากโรคและแมลง

(2.4) การลดความชื้นภายในทรงพุ่มใบของมันสำปะหลังสามารถลดการระบาดของโรคได้

(3) การใช้สารเคมี เพื่อกำจัดเชื้อที่ติดมากับท่อนพันธุ์

(4) การใช้พันธุ์ต้านทานเป็นวิธีการที่ดีที่สุด เพราะสะดวกและราคาถูก

**10) ไรแดง**

ลักษณะของใบมันสำปะหลังที่ถูกไรแดงทำลาย

ที่มา : ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2551

ไรแดงและการทำลาย

ที่มา : ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2551

มี 2 ชนิด คือ ไรแดงหม่อน และไรแดงมันสำปะหลัง ตัวอ่อนมี 6 ขา ตัวกลมใส ตัวเต็มวัยมีสีแดงเข้ม มี 8 ขา กว้าง 0.4 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 0.5 มิลลิเมตร ส่วนขาไม่มีสี อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม

**ลักษณะการทำลาย** ไรแดงหม่อนดูดกินน้ำเลี้ยงตามใต้ใบจากส่วนใบล่างและขยายปริมาณขึ้นส่วนยอด ไรแดงมันสำปะหลังดูดกินน้ำเลี้ยงบนหลังใบของส่วนยอดและขยายปริมาณลงสู่ใบส่วนล่าง ทำให้ตาลีบ ใบเหลืองขีด ม้วนงอ และร่วงช่วงเวลาระบาด ระบาดรุนแรงในสภาพอากาศแห้งแล้ง หรือฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน

**การป้องกันกำจัด**

ด้วงเต่าและด้วงปีกสั้นเป็นศัตรูธรรมชาติ

หลีกเลี่ยงการปลูกมันสำปะหลัง ในช่วงที่ต้นอ่อนจะกระทบแล้งนานการตกของฝนสามารถลดการระบาดได้

หมั่นตรวจแปลงหากพบระบาดรุนแรงในระยะเป็นต้นอ่อน ให้พ่นสารป้องกันกำจัด

**11) แมลงหวี่ขาว**

ลักษณะของการวางไข่ และเส้นไหมของแมลงหวี่ขาว

ที่มา : ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2551

แมลงหวี่ขาวพบตามใต้ใบ

ที่มา : ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2551

เป็นแมลงขนาดเล็ก ยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ปีกบางใส 2 คู่คลุมเลยส่วนท้อง มีฝุ่นผงแป้งปกคลุมบนแผ่นปีก ตัวอ่อนรูปร่างคล้ายโล่ห์ เกาะนิ่งใต้ใบ เมื่อโตเต็มที่จะหยุดกินอาหาร และมีลักษณะเด่นเห็นได้ชัดเจน คือ ตาแดง อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม

**ลักษณะการทำลาย** ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยดูดกินน้ำเลี้ยงจากส่วนใต้ใบพืช และถ่ายมูลหวานลงมาบนใบที่อยู่ด้านล่าง ทำให้เกิดเป็นราดำขึ้นตามใบที่อยู่ด้านล่าง พืชสังเคราะห์แสงได้น้อย ใบม้วนซีด และร่วงช่วงเวลาระบาด ระบาดรุนแรงในสภาพอากาศแห้งแล้ง หรือฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน

**การป้องกันกำจัด**

หลีกเลี่ยงการปลูกมันสำปะหลัง ในช่วงที่ต้นอ่อนจะกระทบแล้งนาน

เก็บส่วนของพืชที่ถูกทำลาย เผาทำลายนอกแปลงปลูก

หากพบการระบาดรุนแรงในระยะมันสำปะหลังเป็นต้นอ่อน ให้พ่นสารป้องกันกำจัด

**การใช้สารป้องกันกำจัดไร และแมลงศัตรูมันสำปะหลังบางชนิด**

| ไรและแมลงศัตรูพืช | สารป้องกันกำจัด[1/] | อัตราการใช้/น้ำ 20 ลิตร | วิธีการใช้/ข้อควรระวัง | หยุดการใช้สารก่อนเก็บเกี่ยว (วัน) |
|---|---|---|---|---|
| ไรแดง | อามีทราซ (20 % อีซี) | 40 ซีซี | พ่นเฉพาะบริเวณที่มีไรแดงทำลาย เมื่อใบส่วนยอดของต้นอ่อนเริ่มแสดงอาการม้วนงอ และอยู่ในสภาพอากาศแห้งแล้งเป็นเวลานาน | 14 |
| | ไดโคโฟล (18.5%อีซี) | 50 ซีซี | | |
| แมลงหวี่ขาว | โอเมโทเอต (50% เอสแอล) | 40 ซีซี | พ่นใต้ใบ เฉพาะบริเวณที่พบแมลงหวี่ขาวมีความหนาแน่นทั้งต้น ประมาณ 30 % | 21 |

1/ ในวงเล็บ คือเปอร์เซ็นต์สารออกฤทธิ์และสูตรของสารป้องกันกำจัดไรและแมลงศัตรูพืช

**2.3 เพลี้ยแป้ง**

**2.31 ความเป็นมาของเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง**

เพลี้ยแป้งแมลงศัตรูชนิดหนึ่งของมันสำปะหลัง ระบาดในแถบทวีปอเมริกาใต้และทวีปอัฟริกามีมากกว่า 15 ชนิด แต่ที่พบโดยทั่วไปในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของทวีปอเมริกาใต้และทวีปอัฟริกามี 5 ชนิด 1) *Phenacoccus herreni*, 2) *Phenacoccus manihoti*, 3) *Phenacoccus madeirenis*, 4) *Phenacoccus mandio* และ 5) *Ferrissia virgate* โดยเพลี้ยแป้งชนิด *Phenacoccus manihoti* ได้เข้าไปแพร่ระบาดในทวีปแอฟริกาในช่วงต้นปี ค.ศ. 1970 ทำความเสียหายต่อผลผลิตมันสำปะหลังอย่างรุนแรง แต่สามารถควบคุมได้ด้วยชีววิธี คือ การใช้แมลงศัตรูตามธรรมชาติความคุมการระบาดของเพลี้ยแป้ง ส่วนในทวีปอเมริกาใต้มีการแพร่ระบาดของเพลี้ยแป้งชนิดนี้ในแถบประเทศปารักวัย โบลิเวีย และบลาซิล แต่ไม่ทำความเสียหายต่อผลผลิตในเชิงเศรษฐกิจ

สำหรับในทวีปเอเชียที่ผ่านมายังไม่มีรายงานว่ามีแมลงศัตรูพืชที่ทำความเสียหายอย่างรุนแรงให้กับมันสำปะหลัง เนื่องจากถูกควบคุมโดยศัตรูตามธรรมชาติ แต่ต่อมาในปี พ.ศ. 2551 พบว่า มีการระบาดของเพลี้ยแป้งสีชมพูอย่ารุนแรงในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย และประเทศใกล้เคียง เช่น กำพูชา และเวียดนาม โดยมีการระบาดอย่างรุนแรงทั้งในช่วงฤดูแล้งและฝนทิ้งช่วงในฤดูฝน ซึ่งไม่สามารถควบคุมด้วยศัตรูธรรมชาติจากตัวห้ำและตัวเบี้ยนได้เหมือนที่ผ่านมาในอดีต ในขณะนี้ยังไม่มีมาตรการในการควบคุมการระบาดของเพลี้ยแป้งอย่างได้ผลดี ทำให้เกษตรกรวิตกกังวลต่อการระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง โดยเกษตรกรบางรายได้หันกลับไปปลูกพืชไร่ชนิดอื่นแทนเพื่อตัดวงจรการแพร่ระบาดของเพลี้ยแป้ง ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังลดลงซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของภาคอุตสาหกรรม (โอภาษ บุญเส็ง. 2552)

ประเทศไทยมีการระบาดรุนแรงในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของจังหวัดกำแพงเพชร ระยอง ชลบุรี สระแก้ว ปราจีนบุรี และนครราชสีมา ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยแป้งดูดกินน้ำเลี้ยงตามส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง เช่น ใบ ยอด และส่วนตา ทำให้ช่วงข้อถี่และบิดงอ ยอดแห้งตาย หรือยอดหงิกเป็นพุ่ม (Bunchy top) และหากระบาดขณะพืชยังเล็กอาจมีผลกระทบต่อการสร้างหัว หรือต้นตายได้ เพลี้ยแป้งจะขับถ่ายมูลของเหลวมีลักษณะเป็นน้ำเหนียวๆ เรียกว่ามูลหวาน ทำให้เกิดราดำจนทำให้พืชสังเคราะห์แสงได้น้อย การเจริญเติบโตไม่เต็มที่สำหรับชนิดของเพลี้ยแป้งที่พบการระบาดเป็นประจำ คือ เพลี้ยแป้งลาย (สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. ม.ป.ป.)

**2.3.2 ชนิดของเพลี้ยแป้งศัตรูในมันสำปะหลัง**

เพลี้ยแป้งอยู่ในวงศ์ *Pseudococ cidae* อันดับ *Homoptera* เป็นแมลงชนิดปากดูด (Piercing-sucking type) เพลี้ยแป้งชนิดที่สำคัญที่พบการระบาดทั่วไปในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยมี 4 ชนิด ดังนี้ คือ

**1) เพลี้ยแป้งลาย (striped mealybug)**

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Ferrisia virgata* (Cockerell)
ชื่อสามัญ เพลี้ยแป้งลาย (striped mealybug)
วงศ์ *Pseudococ cidae*
อันดับ Homoptera

เพลี้ยแป้งลาย (striped mealybug) ซึ่งเพลี้ยแป้งชนิดนี้พบการระบาดทั่วไปในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่ผ่านมามีระดับความรุนแรงไม่ถึงขั้นเสียหายทางเศรษฐกิจ เนื่องจากมีการควบคุมโดยศัตรูตามธรรมชาติอย่างสมดุลจากตัวห้ำและตัวเบียน ลักษณะเด่นของเพลี้ยแป้งชนิดนี้ก็คือ ลำตัวคล้ายลิ่ม ผนังลำตัวสีเทาเข็ม มีไขแป้งปกคลุมลำตัว เส้นขนขึ้นหนาแน่น โดยขนที่ ปกคลุมลำตัวยาวและเป็นเงาคล้ายใยแก้ว มีแถบดำบนลำตัว 2 แถบชัดเจน ที่ปลายท้องมีหาง คล้ายเส้นแป้ง 2 เส้นยาวครึ่งหนึ่งของความยาวลำตัว

**2) เพลี้ยแป้งสีเขียว (Madeira mealybug)**

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Phenacoccusmadeirensis*
ชื่อสามัญ เพลี้ยแป้งสีเขียว (*Madeira mealybug*)
วงศ์ *Pseudococcidae*
อันดับ Homoptera

เพลี้ยแป้งสีเขียว (*Madeira mealybug*) เพลี้ยแป้งชนิดนี้พบว่าระบาดเฉพาะบางท้องที่ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ลักษณะเด่นของเพลี้ยแป้งชนิดนี้ก็คือ ลำตัวรูปไข่ ผนังลำตัวสีเขียวอมเหลือง มีไขแป้ง สีขาวปกคลุมลำตัว ด้านข้างลำตัวมีเส้นแป้งสั้น เส้นแป้งที่ปลายส่วนท้องยาวกว่าเส้นแป้งด้านข้างลำตัว

**3) เพลี้ยแป้งสีชมพู (Pink mealybug)**

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Phenacoccus manihoti*
ชื่อสามัญ เพลี้ยแป้งสีชมพู (Pink mealybug)
วงศ์ *Pseudococcidae*
อันดับ Homoptera

เพลี้ยแป้งสีชมพู (Pink mealybug) เพลี้ยแป้งชนิดนี้พบว่าระบาดโดยทั่วไปในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ในปี พ.ศ. 2551 มีการระบาดของเพลี้ยแป้งชนิดนี้อย่างรุนแรง มีผลเสียหายทางเศรษฐกิจในทุกภาคของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ลักษณะเด่นของเพลี้ยแป้งชนิดนี้ก็คือ ลำตัวรูปไข่ ผนังลำตัวสีชมพู มีไขแป้งสีขาวปกคลุมลำตัว ด้านข้างลำตัวมีเส้นแป้งสั้นหรืออาจไม่ปรากฏให้เห็น เส้นแป้งที่ปลายส่วนท้องค่อนข้างสั้น

**4) เพลี้ยแป้งสีเทา หรือแจ็คเบียดส์เลย์ (Jack-Beardsley mealybug)**

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pseudococcus jackbeardsleyi*

ชื่อสามัญ เพลี้ยแป้งแจ็คเบียดส์เลย์ (Jack-Beardsley mealybug)

วงศ์ *Pseudococcidae*

อันดับ Homoptera

เพลี้ยแป้งชนิดนี้พบว่าระบาดโดยทั่วไปในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ลักษณะเด่นของเพลี้ยแป้งชนิดนี้ก็คือ ลำตัวรูปไข่ค่อนข้างแบน ผนังลำตัวสีเทาอมชมพู มีไขแป้งสีขาวปกคลุมลำตัว ด้านข้างลำตัวมีเส้นแป้งเรียงกันจำนวนมากเส้นแป้งที่ปลายส่วนท้องยาวกว่าเส้นแป้งด้านข้างลำตัว

เพลี้ยแป้งแจ็คเบียดส์เลย์ เป็นแมลงศัตรูพืชที่สร้างความเสียหายให้แก่พืชผลทางการเกษตร โดยเฉพาะมันสำปะหลังที่เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 5 ของโลกรองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง (กรมวิชาการเกษตร. 2552) รวมทั้งสร้างความเสียหายกับพืชสวนและไม้ประดับอีกหลายชนิด พบการระบาดอย่างรุนแรง ทังตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยแป้งจะดูดกินน้ำเลี้ยงจากยอด ใบ และลำต้นของมันสำปะหลังทำให้มันสำปะหลังชะงักการเจริญเติบโต ส่วนยอดใบแตกเป็นพุ่มกระจุก ลำต้นแห้งตายและลำตนขอสันผิดปกติ ขายได้ราคาต่ำ (โอภาษ บุญเส็ง. 2552)

**2.3.3 รูปร่างและชีวของเพลี้ยแป้ง**

**ไข่** เพลียแป้งส่วนใหญ่ขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Parthenogenesis) เพศเมียไม่ต้องได้รับการผสมพันธุ์จากเพศผู้และอาจออกลูกเป็นไข่ (oviparous) หรือออกลูกเป็นตัว (viviparous) แต่ส่วนใหญ่จะออกลูกเป็นไข่ โดยวางไข่เป็นเม็ดอยู่ในถุงไข่ มีสีเหลืองอ่อน ยาว รี ซึ่งมีใยคล้ายสำลีหุ้มไว้ขนาดกว้าง 0.20 มิลลิเมตร ยาว 0.40 มิลลิเมตร เมื่อใกล้ฟักไข่จะมีสีเข้ม ระยะไข่ 6-7 วัน

**ตัวอ่อน** มีสีเหลืองอ่อน ลำตัวยาว รี ตัวอ่อนวัยแรก (Crawlers) เป็นวัยที่เคลื่อนที่ได้ ตัวอ่อนลอกคราบ 3-4 ครั้ง ระยะตัวอ่อน 18-59 วัน ตัวอ่อนวันสุดทายมีขนาดกว้าง 1.00 มิลลิเมตร ยาว 2.00 มิลลิเมตร สร้างแป้งและไขเป็นสีขาวหุ้มรอบลำตัวซึ่งจะเป็นเกาะกำบังสารฆ่าแมลงไดเป็นอย่างดี

**ตัวเต็มวัย** เพศเมียมีรูปร่างรูปไข้ค่อนข้างยาวปลายส่านท้องแคปกว่าท่อนหัว สำตัวแมลงปกคุมด้วยไขแป้งบางๆ สีขาว ขนาดของลำตัว กว้าง 1.83 มิลลิเมตร ยาว 3.03 มิลลิเมตร ระยะตัวเต็มวัยเพศเมีย 11-26 วัน หลังจากเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 10 วัน จึงเริ่มวางไข่ 37-567 ฟองต่อถุงไข่ รวมอายุขัย 35-92 วัน

เพลี้ยแป้งจะแพร่กระจายตามลำต้น โคนใบ และใต้ใบมันสำปะหลัง สามารถแพร่กรายไปสู่บริเวณพื้นที่อื่นโดยการติดไปกับท่อนพันธุ์หรือกระแสลม นอกจากนี้ยังมีมดเป็นพาหะนำเพลี้ยแป้งกระจายไปสู่มันสำปะหลังต้นอื่น หากสภาพอากาศแล้งและฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน ขยายปริมาณอย่างรวดเร็วและอาการถูกทำลายะรุนแรงมากกว่าฤดูฝน (สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. ม.ป.ป.)

**2.4.4 ลักษณะการระบาดและทำลายของเพลี้ยแป้ง**

ปริมาณการระบาดของเพลี้ยแป้งจะพบมากในช่วงฤดูแล้งหรือฝนทิ้งเป็นเวลานาน เมื่อพืชฟื้นตัวในช่วงฤดูฝนปริมาณการระบาดของเพลี้ยแป้งก็จะลดลง จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าการระบาดของเพลี้ยแป้งจะพบปริมาณมากในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากเมื่อความต้องการน้ำของพืชถูกจำกัดลง ใบที่สร้างขึ้นในช่วงแล้งพบว่า เป็นใบมีกระบวนการเมตาโบลิซึมสูง ทำให้ใบมีคุณค่าทางอาหารสูงด้วยเหมาะต่อสภาวะการเจริญเติบโตของเพลี้ยแป้ง หรืออาจกล่าวได้ว่าเพลี้ยแป้งชอบดูดน้ำเลี้ยงของใบที่สร้างในช่วงแล้งมากกว่าในช่วงฝนนอกจากนี้แมลงที่เป็นตัวห้ำและตัวเบียนมีปริมาณลดลงในช่วงนี้ด้วย เพลี้ยแป้งสามารถระบาดจากพื้นที่หนึ่งไปยังพื้นที่อื่นได้โดยการติดไปกับคน ท่อนพันธุ์ กระแสลม และมดเป็นพาหนะนำตัวเพลี้ย แป้งไปเลี้ยงเพื่อรอดูดกินมูลหวาน ความเสียหายจากการทำลายของเพลี้ยแป้งต่อผลผลิตขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง โดยการระบาดของเพลี้ยแป้งในช่วงระยะแรกของการเจริญเติบโต (1-4 เดือน) จะส่งผลกระทบต่อผลผลิตมากกว่าระยะกลาง (4-8 เดือน) และปลายของการเจริญเติบโต (8-12 เดือน) จากรายงานที่ผ่านมา พบว่า ในประเทศโคลอมเบียผลผลิตลดลง 68-88 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประเทศในแอฟริกาผลผลิตลดลงมากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (โอภาษ บุญเส็ง. 2555)

**ภาพที่ 2.1** ต้นมันสำปะหลังที่สมบูรณ์ และลักษณะการเข้าทำลายมันสำปะหลังของเพลี้ยแป้ง
**ที่มา**: สมหมาย ปะติตังโข (2557)

**2.3.5 แนวทางการกำจัดเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง**

**วิธีเขตกรรมและวิธีกล**

1) ควรมีการไถและพรวนดินหลายๆ ครั้ง ตากดินอย่างน้อย 2 สัปดาห์ เพื่อลดปริมาณเพลี้ยแป้งและศัตรูชนิดอื่นๆ ที่อยู่ในดิน

2) ควรปลูกตนดูฝนเพื่อให้มันสำปะหลังแข็งแรง และทนทานต่อการทำลายของเพลี้ยแป้ง

3) ใช้พันธุ์ที่ทางราชการแนะนำปราศจากเพลี้ยแป้ง ไม่ควรใช้พันธุ์จากแหล่งที่พบการระบาดของเพลี้ยแป้ง

4) ถอนต้น หรือตัดส่วนของต้นมันสำปะหลังที่มีเพลี้ยแป้งจำนวนมากออกากแปลง เผาหรือทำลายและทำความสะอาดแปลง เก็บวัชพืช ซากพืช ออกากแปลงหลังเก็บเกี่ยวแล้ว

**ชีววิธี**

เพลี้ยแป้งมีศัตรูธรรมชาติ ทั้งแมลงเบี้ยนและแมลงห้ำคอยควบคุมปริมาณเพลี้ยแป้งให้อยู่ในระดับสมดุลอยู่แล้วในสภาพปกติ ซึ่งที่พบในแปลงเป็นประจำได้แก่ ด้วงเต่า และแมลงช้างปีกใส

นอกจากพบการระบาดของเพลี้ยแป้งในแปลงมันสำปะหลังแล้วยังพบปัญหาเพลี้ยแป้งในพืชชนิดอื่นๆ เช่น พบเพลี้ยแป้งในต้นมะนาว ต้นพริก ต้นมะเขือ ต้นลำโพง ต้นหนาด ต้นพุดซ้อน เป็นต้น

**2.4 พริก**

พริกเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Solanaceasซึ่งเป็นวงศ์เดียวกับ มะเขือเทศ มันฝรั่ง และยาสูบ พริกอยู่ในสกุล Capsicum เป็นพืชล้มลุกมีถิ่นกำเนิดในแถบอเมริกาเขตร้อนและหมู่เกาะอินเดียตะวันตก นิยมปลูกในเขตที่มีอากาศอบอุ่นและร้อน เช่น แอฟริกา อินเดีย อเมริกาเขตร้อน ญี่ปุ่น และไทย พริกซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญพื้นฐานของอาหารไทยมาช้านาน ซึ่งพริกที่มีจำหน่ายในท้องตลาดของประเทศไทยมีหลายพันธุ์ เช่น พริกแต้พริกขี้นก พริกขี้หนู (*Capsicum fructescense* Linn.) พริกหยวก (*Capsicum annuum* Linn.) พริกชี้ฟ้า (*Capsicum annuum vara cuminatum* Fingarh) พริกทาบาสโก (Tabasco Pepper, *Capsicum annuum* Linn. var *conoides* Irish) พริกหยวกชนิดยาว (Louisiana Long Pepper, *Capsicum annuum* Linn.var *Longiun*Sendr) (นิจศิริ, 2542)

**2.4.1 องค์ประกอบทางเคมีของสารจากพริก**

สารประกอบที่สำคัญของพริกคือ แคปไซซินอยด์ (Capsaicinoids) ซึ่งเป็นกลุ่มสารที่ทำให้เกิดกลิ่นและให้ความเผ็ดร้อน และมีสารให้สีเป็นกลุ่มรงควัตถุกลุ่มแคโรทีนอยด์ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

**สารที่เกิดกลิ่นและให้ความเผ็ดร้อน**

สารที่ทำให้เกิดกลิ่นและให้ความเผ็ดร้อน คือสารแคปไซซินอยด์ (Capsaicinoids) ซึ่งประกอบด้วยสารต่างๆ คือ แคปไซซิน (Capsaicin) ไดรไฮโดรแคปไซซิน (Dihydrocapsicin) นอร์ไดรไฮโดรแคปไซซิน (Nordihydrocapsicin) โฮโมแคปไซซิน (Homocapsaicin) โฮโมไดรไฮโดรแคปไซซิน (Homodihydrocapsicin) ในผลพริกมีปริมาณสารที่ให้ความเผ็ด

แตกต่างกัน (สนทยา, 2540) ดังตารางที่ 2.6

**ตารางที่ 2.6** ปริมาณร้อยละของสารที่ให้ความเผ็ดแต่ละชนิดในพริก

| สารให้ความเผ็ด | ปริมาณร้อยละ |
|---|---|
| แคปไซซิน (Capsaicin) | 46-47 |
| ไดรไฮโดรแคปไซซิน (Dihydrocapsicin) | 21-40 |
| นอร์ไดรไฮโดรแคปไซซิน (Nordihydrocapsicin) | 2-11 |
| โฮโมแคปไซซิน (Homocapsaicin) | 0.6-2 |
| โฮโมไดรไฮโดรแคปไซซิน (Homodihydrocapsicin) | 1-2 |

ที่มา: สนทยา (2540)

จารุวรรณ และคณะ (ม.ป.ป) ได้ทำการศึกษาหาปริมาณแคปไซซินอยด์โดยสกัดสารแคปไซซินอยด์ จากพริกดิบ พริกสุก และพริกแห้ง จากพริกจำนวน 5 สายพันธุ์คือ ทองดำ หัวเรือ จินดา พริกช่อ และซุปเปอร์ฮอท รวมได้สารสกัดจำนวน 15 ตัวอย่าง พบปริมาณสารเผ็ดชนิดCapsaicin มากที่สุดในพริกทุกสายพันธุ์และทุกระยะการสุกแก่โดยมีปริมาณ Capsaicin อยู่ระหว่าง 2.00 ถึง 3.88 มิลลิกรัม/กรัมของน้ำหนักแห้ง ปริมาณสารเผ็ดที่พบรองลงมา Dihydrocapsaicin และ Nordihydrocapsicin ตามลำดับ (ตารางที่ 2.7)

**ตารางที่ 2.7** ปริมาณสารแคปไซซินอยด์แต่ละชนิดในพริกสายพันธุ์ต่างๆ

| ลำดับที่ | พันธุ์พริก | ระยะความสุกแก่ | ปริมาณสารสำคัญ (mg/g dry weight) | | | ปริมาณสารแคปไซซินอยด์รวม(mg/g dry weight) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Nordihydrocapsicin | Capsaicin | Dihydrocapsaicin | |
| 1 | ทองคำ | พริกดิบ | 0.38 | 2.79 | 1.80 | 4.97 |
| 2 | | พริกสุก | 0.36 | 2.35 | 1.64 | 4.35 |
| 3 | | พริกแห้ง | 0.52 | 2.77 | 1.90 | 5.19 |
| 1 | หัวเรือ | พริกดิบ | 0.41 | 2.46 | 2.06 | 4.93 |
| 2 | | พริกสุก | 0.43 | 3.49 | 2.32 | 6.24 |
| 3 | | พริกแห้ง | 0.48 | 3.05 | 2.02 | 5.55 |
| 1 | จินดา | พริกดิบ | 0.38 | 2.01 | 1.39 | 3.78 |
| 2 | | พริกสุก | 0.35 | 2.61 | 1.23 | 4.19 |
| 3 | | พริกแห้ง | 0.45 | 2.38 | 1.17 | 4.00 |
| 1 | พริกช่อ | พริกดิบ | 0.65 | 2.00 | 1.80 | 4.45 |
| 2 | | พริกสุก | 0.51 | 2.21 | 1.53 | 4.25 |
| 3 | | พริกแห้ง | 0.46 | 2.45 | 1.67 | 4.58 |
| 1 | ซุปเปอร์ฮอท | พริกดิบ | 0.33 | 3.72 | 1.77 | 5.82 |
| 2 | | พริกสุก | 0.34 | 3.88 | 1.83 | 6.05 |
| 3 | | พริกแห้ง | 0.28 | 3.24 | 1.51 | 5.03 |

ที่มา : จารุวรรณ และคณะ (ม.ป.ป)

**แคปไซซิน (Capsaicin)**

แคปไซซิน เป็นสารกลุ่มฟีนอลิคเอไมด์ (Phenolic amide) มีชื่อทางเคมี 8-Methyl-n-vanillyl-6-noneamide เป็นสารสำคัญที่ทำให้พริกมีรสเผ็ดร้อน ซึ่งเป็นสารธรรมชาติจำพวกอัลคาลอยด์ (Alkaloid) มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{18}H_{27}NO_3$ น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 305.46 มีจุดหลอมเหลวเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส แคปไซซินเป็นสารหลักของสารในกลุ่มแคปไซซินอยด์ (Capsaicinoids) นอกจากแคปไซซินยังมีไดไฮโดรแคปไซซิน ซึ่งเป็นสารให้ความเผ็ดเช่นเดียวกันแต่มีความเผ็ดน้อยกว่า โดยทั่วไป แคปไซซินอยด์จะประกอบด้วยแคปไซซินกว่า70% ไดไฮโดรแคปไซซิน 22 % และสารอื่นๆ อีก 8 % สารแคปไซซินเป็นสารที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและไม่มีรสสามารถละลายในน้ำได้เล็กน้อย แต่จะละลายได้ดีในไขมัน น้ำมัน และแอลกอฮอล์ (ชวนพิศ อรุณรังสิกุล. 2547) บริเวณที่พบสารแคปไซซินคือบริเวณภายในผลพริกส่วนใหญ่จะพบมากที่ผนังชั้นใน (Inner wall) ของผล ไส้ ผนังกั้นระหว่างเซลล์และรกของพริก แคปไซซินที่พบในรกของพริกจะมีปริมาณร้อยละ 4.72-32 ต่อน้ำหนัก ในพริกแห้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจะมีแคปไซซินตั้งแต่ 0-360 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนของเนื้อผลพริก เปลือกผล และเมล็ดจะมีสารแคปไซซินอยู่น้อยมาก ซึ่งคนทั่วไปมักคิดว่าเมล็ดคือส่วนของพริกที่เผ็ดที่สุดแคปไซซินมีสมบัติทนต่อความร้อนได้ดี และไม่ถูกทำลายด้วยด่าง แต่ถูกทำลายโดยสารออคซิไดซ์ (Oxidizing agent) เช่น โพแทสเซียม ไดโครเมต (Potassium dichromate) หรือโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนส (Potassiumpermanganate)

การกระจายตัวของแคปไซซินในพริกจะไม่สม่ำเสมอกันทั่วทั้งผล แต่จะกระจายตัวอยู่ในส่วนต่างๆ ของผลพริกในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยพบมากในส่วนของเนื้อเยื่อชั้นในที่ติดกับไส้กลาง (Placenta) ซึ่งมีปริมาณแคปไซซินสูงสุดถึง 89 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณทั้งหมดในผลพริก (Balbll และคณะ. 1968) จากการศึกษาของ Maga (1975) พบว่าระยะแก่ของผลพริกมีผลต่อปริมาณสาร แคปไซซินในพริก โดยพบสารแคปไซซินในผลพริกระยะผลอ่อนน้อยมาก แต่ปริมาณแคปไซซินจะเพิ่มขึ้นมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ในระยะผลแก่และปริมาณสารแคปไซซินในผลพริกจะแตกต่างกันมากน้อยตามปัจจัยของสภาพอากาศ พันธุ์ แหล่งที่ปลูก ระยะแก่ และส่วนต่างๆ ของผลพริก (ประเสริฐ ประภานภสินธุ์. 2544)

**สารให้สีในพริก**

สารให้สีในพริก จัดอยู่ในกลุ่มรงควัตถุพวกแคโรทีนอยด์ ผลพริกจะมีสารให้สีที่สำคัญคือ แคปแซนทิน (Capsanthin) ซึ่งเป็นสารคีโตแคโรทีนอยด์ (Ketocarotenoid) และยังพบสารอื่นที่มีสูตรโครงสร้างใกล้เคียงกันได้แก่ แคปโซรูบิน (Capsorubin) เซียแซนทิน (Zeazanthin) ลูเทอิน (Lutein) นีโอแซนทิน (Neoxanthin) ไวโอลาแซนทิน (Violaxanthin) และบีตาแคโรทีน การกระจายตัวของโรคในผลพริกจะแตกต่างกันไปตามส่วนต่างๆ โดยพบในส่วนเนื้อสูงกว่าเมล็ด เช่น ในส่วนเนื้อของพริก *Capsicum annuum* var. *acuminatium* มีบีตาแคโรทีนอยู่ร้อยละ 94.6 ของปริมาณทั้งหมดในพริกขณะที่ในเมล็ดของพริกมีอยู่เพียง 4.9 ของปริมาณทั้งหมดในพริก

**2.4.2 ประโยชน์ของสารแคปไซซิน**

1) ประโยชน์ทางการแพทย์และเภสัชกรรม

มีรายงานการนำสารแคปไซซินที่เตรียมความเข้มข้นร้อยละ 0.025 ใช้บรรเทาอาการปวดประสาทที่กิดากโรคงูสวัด ฝ่ายผลิตและทดสอบความปลอดภัย กองวิจัยและพัฒนาสมุนไพร

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้ผลิตครีมที่มีแคปไซซินความเข้มข้น 0.025 เป็นสารออกฤทธิ์เพื่อทดสอบใช้รักษาโรคเรือนกวางและอาการปาดเนื่องจากโรคงูสวัด กับผู้ป่วยที่โรงพยาบาลศิริราช

2) ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องปรุงรสในครัวเรือน

การใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมการผลิตอาหารและเครื่องปรุงรสในครัวเรือน โดยใช้ในรูปที่เป็นโอลีโอเรซิน โอลีโอเรซินที่นิยมใช้มีค่าความเผ็ดในช่วง $0.25X10^{6}$ ถึง $1.0X10^{6}$ SU. หรือมีปริมาณแคปไซซินร้อยละ 1.66 ถึง 6.66 และให้ค่าสีมากกว่า 20,000 ยูนิตขึ้นไป (ประเสริฐ ประภานภสินธุ์. 2544)

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Xinrong, et al. (Xinrong, et al. 2014 : 396-402) ทำการสกัดแคปไซซินอยด์จากพริกสด ($FRP_s$) ด้วยตัวทำละลาย 40-50 % เอทานอล โดยใช้อุณหภูมิที่ 90 $^0$C ใน Water bath อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อสารตัวอย่าง 4 mL/g ในเวลา 120 นาที ได้ผลผลิต 89.8 คิดเป็น 2.2 เท่า เมื่อเทียบกับการสกัดจากพริกแห้งด้วยวิธีสกัดเดียวกัน

ประเสริฐ ประภานภสินธุ์ (2544) ทำการเปรียบเทียบเทคนิกการสกัดสารแคปไซซินในพริกพันธุ์ต่างๆ ตั้งแต่ เดือน พฤษภาคม 2542 ถึงเดือน ตุลาคม 2543 ที่ศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม ด้วยวิธีการต่างๆ 4 วิธี คือ การสกัดด้วยเครื่องสกัดแบบซอกเลท การเขย่า การกวน และการแช่ โดยใช้แอซีโตนเป็นตัวทำละลาย พบว่าการสกัดด้วยวิธีการแช่ให้ปริมาณโอลิโอเรซินมากที่สุด 17.24 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณสารแคปไซซินที่ได้จากการสกัด 4 วิธี ไม่แตกต่างกัน คือ 0.238, 0.237, 0.237 และ 0.230 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ปริมาณโอริโอเรซินและแคปไซซินที่สกัดได้ด้วยวิธีแช่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการสกัดนานขึ้น โดยปริมาณโอลิโอเรซินเพิ่มขึ้น 7.3, 8.1, 8.37 และ 8.46 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง เมื่อใช้เวลาในการสกัด 1, 3, 5, และ 7 ชั่วโมง ส่วนปริมาณสารแคปไซซินเพิ่มขึ้น 0.21, 0.23, 0.24 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ

จารุวรรณ ธนวิรุฬห์ และคณะ (ม.ป.ป.) ได้วิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณแคปไซซินอยด์ค่าความเผ็ดรวมและค่าดัชนีความเผ็ดตามระยะการสุกแก่ของผลพริก ไดแก่ พริกดิบ (สีเขียว) พริกสุก (สีแดง) และพริกแห้งในพริกสายพันธุ์ต่างๆ ที่นิยมปลูกในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์หัวเรือ พันธุ์ทองดำ พันธุ์ซุปเปอร์ฮอท พันธุ์พริกช่อ และพันธุ์จินดา ทำการสกัดสารแคปไซซินอยด์โดยใช้วิธี Solvent extraction และวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเทคนิคโครมาโทรกราฟีเหลวสมรรถนะสูง โดยใช้ N-vanillylnonamide เป็นสารมาตรฐาน คำนวณและเปรียบเทียบปริมาณสารแคปไซซินอยด์ ค่าความเผ็ดรวม และค่าดัชนีความเผ็ดตามระยะการสุกแก่ของผลพริก ผลการศึกษาพบว่า พริกทุกสายพันธุ์และทุกระยะการสุกแก่จะมีสารแคปไซซินอยด์ พริกดิบและพริกสุกจะพบความแตกต่างของแคปไซซินอยด์ระหว่างสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของปริมาณแคปไซซินอยด์ระหว่างสายพันธุ์ในพริกแห้งโดยพบว่า พริกสายพันธุ์ซุปเปอร์ฮอทมีค่าดัชนีความเผ็ดสูงที่สุดในทุกระยะการสุกแก่ของผลคิดเป็น 55793.04, 58259.04 และ 48616.68 SHU ของพริกดิบ พริกสุกและพริกแห้ง ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าหากพิจารณา

ความเผ็ดของพริกจากค่าความเผ็ดรวม พริกระยะดิบพันธุ์ซุปเปอร์ฮอท จะมีค่าความเผ็ดรวมสูงที่สุด คิดเป็น 91536.40/กรัมน้ำหนักแห้ง

ปกิต กำบุญมา (2552) ได้ทำการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมีจากผลพริกแห้ง (*Capsicum annuum*) โดยใช้ตัวทำละลายเอทิลแอซีเตตด้วยเทคนิกคอลัมโครมาโทกราฟี ได้สาร 2 สาร จากการพิสูจน์โครงสร้างของสารเหล่านี้โดยวิธีทางสเปกโทรสโกปีได้แก่ IR $^1$H-NMR และ $^{13}$C-NMR พบว่าสารที่ 1 เป็นของผสมของแคปไซซิน (Capsaicin, CAP) และไดไฮโดรแคปไซซิน (Dihydrocapsicin, DHC) 0.069 % สารที่ 2 คือ บิส (6-เมธิลเฮปธิล) พาทาเลด 0.005 % ซึ่งในรายงานนี้เป็นการพบสาร 2 ครั้ง การปรับเปลี่ยนโครงสร้างของสารที่ 1 เป็นอนุพันธ์ epoxide, benzyl ether, silyl ether, acetyl ester, phosphate ester, nitro และ bromo ได้ร้อยละ 41-95 % การออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนสกัดหยาบเฮกเซนเอธิลอะซิเตต เมธานอล รวมทั้งของผสมแคปไซซินไดไฮโดแคปไซซินและอนุพันธ์ มีค่า $IC_{50}$ อยู่ระหว่าง 9.32-65.92 ppm

วสกร บัลลังก์โพธิ์ และคณะ (2545) ได้ใช้สารสกัดจากพริกขี้หนู (*Capsicum frutescens* L.) ด้วยวิธีการซอกห์เลต (Soxhlet) ที่มีเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับวิธีการสกัดโดยวิธีการปั่นกวนด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิห้อง (25±2 $^{\circ}$C) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทดสอบอัตราการตายกับตัวเต็มวัยด้วงงาข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) โดยวิธี Impregnated filters paper ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กัน พบว่า วิธีการแรกจะให้อัตราการตายของด้วงในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่า $LD_{50}$ เป็น 7.38 % w/w (Y=11.44+5.22X) ในขณะที่วิธีการสกัดโดยใช้น้ำปั่นกวนจะให้อัตราการตายของด้วงในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่า $LD_{50}$ เป็น 10.33% w/w (Y=4.11+4.44X)

วัยวรรธน์ บุณยมานพ (2536) ซึ่งได้ศึกษาสารสำคัญ 2 ชนิดที่มีอยู่ในพริก (*Capsicum* spp.) ที่สามารถบอกถึงคุณภาพของพริกที่ใช้ปรุงแต่งอาหาร คือ Capsaicin และ Carotenoids ในการประเมินคุณภาพของผลพริกที่ปลูกในประเทศไทย ได้มีการพัฒนาเทคนิค HPLC เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณ Capsaicin และเทคนิคของ Visible spectrophotometry เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณ Carotenoids ในการวิเคราะห์หาปริมาณ Capsaicin เริ่มจากการสกัดพริกโดยใช้คลื่นเสียง (Sonication) และทำให้สารสกัดหยาบบริสุทธิ์ขึ้นโดยใช้เทคนิค Solid-phase extraction และทำการวิเคราะห์โดย HPLC พริกที่ใช้ในการทดลอง คือ พริกพันธุ์ *C. frutescens* และ *C. annuum* จากการทดลองพบว่าพริกพันธุ์ *C. frutescens* ให้ปริมาณ capsaicin อยู่ในช่วง 0.47-0.79 % ต่อน้ำหนักแห้ง ส่วน *C. annuum* มีปริมาณ capsaicin อยู่ในช่วง 0.00-0.53 % ต่อน้ำหนักแห้ง

จุฑารัตน์ เม้าคำ (2555) ได้วิเคราะห์แคปไซซินอยด์ในตัวอย่างพริก ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีแมสสเปกโทรเมทริก สามารถพิสูจน์เอกลักษณ์สารในกลุ่มแคปไซซินอยด์ได้ทั้งหมด 9 ชนิด ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ชนิด และองค์ประกอบรอง 7 ชนิด ได้แก่ แคปไซซินไดรไฮโดรแคปไซซินนอร์นอร์ไดรไฮโดรแคปไซซินนอร์ไดรไฮโดรแคปไซซิน เอ็น-วานิลลิลนอนานาไมด์ เอ็น-วานิลลิลเดคานาไมด์ โฮโมแคปไซซิน โฮโมไดไฮโดรแคปไซซิน ไอโซเมอร์Iและ โฮโมไดไฮโดรแคปไซซินไอโซเมอร์II ส่วนการศึกษาคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ด้วยการสกัดแคปไซซินอยด์ในพริก 5 ชนิด ได้ผลการยับยั้งในช่วงร้อยละ 15.52-32.46

คมกฤช มานิตกุล (2553) ได้ศึกษาเปรียบเทียบสารสกัดสมุนไพร 7 ชนิด ได้แก่ ใบน้อยหน่า ดอกดาวเรือง ผิวมะกรูด ใบพลู ข่า พริกขี้หนูสดและพริกชี้ฟ้า ด้วยวิธีการสกัดเย็น ทดลองวางเพลี้ยอ่อนในถาดแก้ว ที่วางกระดาษชุบสารสกัดสมุนไพรไว้ จับเวลาที่ 15, 60 และ 120 นาที จากนั้นนับจำนวนเพลี้ยอ่อนที่หนีออกจากบริเวณที่มีสารสกัดสมุนไพร พบว่า สารสกัดจากผิวมะกรูด สามารถไล่เพลี้ยอ่อนได้ดีที่สุด คิดเป็นร้อยละ 86.67 ของจำนวนเพลี้ยอ่อนเฉลี่ยที่หนีออกจากบริเวณที่มีสารสกัดสมุนไพร รองลงมา คือ สารสกัดจากพริกขี้หนูสด ดอกดาวเรือง ข่า ใบน้อยหน่า พริกชี้ฟ้าแห้ง และใบพลู ที่ร้อยละ 84.40, 82.22, 68.89, 68.89, 40.00 และ 33.33 ตามลำดับ

มงคล จันทร์แก้วปง (2548) ได้วิเคราะห์ปริมาณแคปไซซินในพริกโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงและเปรียบเทียบปริมาณแคปไซซินระหว่างพริกสดกับพริกแห้ง สภาวะที่ใช้ คือ เอทานอล และ น้ำ ในอัตราส่วน 60 ต่อ 40 โดยปริมาตร เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ใช้คอลัมในการแยกเป็นชนิด $C_{18}$ ความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 280 นาโนเมตร ทำการสกัดสารแคปไซซินจากพริกโดยใช้แอซีโตนเปนตัวทำละลาย ใช้เวลา 5 ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์พบว่า พริกขี้หนูแห้งมีปริมาณแคปไซซินมากที่สุดเท่ากับ 0.264 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ พริกขี้หนูสด พริกชี้ฟ้าแห้ง พริกชี้ฟ้าสด และพริกหยวก เท่ากับ 0.215, 0.105, 0.073 และ 0.020 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบปริมาณแคปไซซิน ระหว่าง พริกสดกับพริกแห้ง พบว่า พริกแห้งมีปริมาณแคปไซซินมากกว่าพริกสด

สุวรา วัฒนพิทยกุล และคณะ (2550) ได้ทำการทดสอบฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสารสกัดจากพริก และองค์ประกอบที่สำคัญคือ Capsaicin ซึ่งมีรายงานฤทธิ์เป็นตัวต้านออกซิเดชัน โดยทำการศึกษาในเซลล์เยื่อบุหลอดเลือดที่สกัดได้จากสายสะดือทารก นอกจากนี้ยังศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดพริก และ Capsaicin ในการปกป้องการตายของเซลล์แบบ Apoptosis ที่เหนี่ยวนำโดย Lipopolysaccharide (LPS) และศึกษาผลของ L-arginine ต่อการสร้างไนตริกออกไซด์เมื่อใช้ร่วมกับสารสกัดพริกหรือ Capsaicin หลังจากบ่มเซลล์รวมกับสารสกัดพริกหรือ Capsaicin เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า สารทั้ง 2 ชนิด เพิ่มการสร้างในตริกกออกไซด์ที่ความเข้มข้น 25 μM และ 100 μg/mL ตามลำดับ การบ่มเซลล์ร่วมกับ LPS (1 μg/mL) ทำให้เซลล์ตายแบบ Apoptosis เพิ่มขึ้นจากกลุ่มควบคุมร้อยละ 32 ซึ่งสารสกัดพริก (10 μg/mL) และ Capsaicin (1 μM) ไม่ทำให้เซลล์ตายมากขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

ทัศนีย์ สายวิชัย และคณะ (2554) ได้ทำการศึกษาความสามารถของแคปไซซินและอนุพันธ์ของแคปไซซินชนิดใหม่ [6-Hydroxy-*N*-(4- hydroxyl-3-methoxybenzyl)-8-ethylnonanamide] ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ฮิสโทนดีอะเซทิลเลส (Histonedeacetylases; $HDAC_s$) โดยทำการทดสอบในหลอดทดลอง (*in vitro*) และในเซลล์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จากการศึกษาพบว่า ทั้งแคปไซซินและสารอนุพันธ์ของแคปไซซินสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ $HDAC_s$ ได้ ซึ่งอนุพันธ์ของแคปไซซินสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ $HDAC_s$ สูงกว่าสารแคปไซซินอย่างมาก โดยแคปไซซินและสารอนุพันธ์ของแคปไซซินมีค่า $IC_{50}$ ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ $HDAC_s$ เท่ากับ >13.10 mM และ 72 μM ตามลำดับ

สุภาพร พงษ์มณี และกัญญาญาภัค สนามพล และคณะ (2550) ทำการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำคั้นสด สารสกัดด้วยไอน้ำ และเอทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 95 % จากพืชสมุนไพรพื้นบ้าน 24 ชนิด ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร 2 ชนิด คือ *Staphylococcus aureus* TISTR 029 และ *Salmonella typhimurium* TISTR 292 พบว่า สารสกัดด้วยไอน้ำของผักแขยง สามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ได้มากที่สุด โดยมีขนาดโซนใส 9.5 mm. ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และ น้ำคั้นสดของกระถิน สารสกัดด้วย 95 % เอธิลแอลกอฮอล์ จากกวางตุ้ง และใบแค มีฤทธิ์ในการยับยั้ง *Salmonella typhimurium* มากที่สุด โดยมีขนากโซนใส 8.0 mm ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

# บทที่ 3

# สารเคมี อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

## 3.1 สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ

### 3.1.1 สารเคมี

3.1.1.1 Capsaicin,HimediaLaboratories, India.

3.1.1.2 Thiosemicarbazide, Fluka, Germany.

3.1.1.3 Silica gel 60, Merck kgaA, Germany.

3.1.1.4 Silver nitrate

3.1.1.5 Copper (II) chloride dehydrate, Ajax chemicals, Australia.

3.1.1.6 Methanol, BDH Laboratory Supplies Pools, England.

3.1.1.7 Ethanol, BDH Laboratory Supplies Pools, England.

3.1.1.8 N, N-Dimethylformamide, Ajax Finechem, New Zealand.

3.1.1.9 Dimethyl sulphoxide, Sigma-Aldrich Laborchemikakien GmbH, Germany.

. 3.1.1.10 Hexane

3.1.1.11 Ferrous chloride tetrahydrate, Fluka, Germany.

3.1.1.12 Ferric chloride anhydrous, FlukaChemica, Germany.

3.1.1.13 Hydrochloric acid, Carlo Erba, USA. Switzerland.

3.1.1.14 Acetic acid, Carlo Erba, USA.

3.1.1.15 Plate count agar,Himedia Laboratories, India.

3.1.1.16 2,4,6-Tri (2-pyridyl)-s-triazine, Sigma-Aldrich,Switzerland.

3.1.1.17 Benzene

3.1.1.18 Ethyl acetate

3.1.1.19 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl, Fluka, Germany

3.1.1.20 Folin-ciocalteu's reagent DC,Panreac, E.U.

3.1.1.21 (±)-6-Hydroxy-2,5,7,8-tetrmethylchromane-2-carboxxylic acid, Sigma-Aldrich, USA.

3.1.1.22 น้ำกลั่น

### 3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.2.1 UV spectrophotometer, Parmacia Biotech

3.1.2.2 Autoclave. Hirayama, Scientific promotion Co.,LTD.

3.1.2.3 Lamina air flow, Jafelab

3.1.2.4 Hot air oven. Memmert,Scientific promotion Co., LTD.

3.1.2.5 UV lamp, Gamag, Switzerland.

3.1.2.6 Boekel Scientific Dricycler, Philadelphia, USA.

3.1.2.7 Hotplate & stirrer, Jenway Ltd., Essex, United Kingdom.

3.1.2.8 Volumetric Flask, Herkaintercolor, Germany.

3.1.2.9 Beaker ขนาด 50, 100, 250, 500 และ 1000 mL, Pyrex, German

3.1.2.10 Pipetman, Gilson Medical Electronics, France.

3.1.2.11 Microscope, Nikon, Japan.

3.1.2.12 Test tube screw cap, Pyrex, Germany.

3.1.2.13 Plate for bacterium growth, Pyrex, Germany.

3.1.2.14 Graduated Cylinder, Pyrex, Germany

3.1.2.15 Antibiotic assay discs 6 mm

3.1.2.16 Condenser.

3.1.2.17 Micro Test Tubes with caps, Pyrex, Germany.

3.1.2.18 Magnet Retriever, PTFE Labware.

3.1.2.19 Erlenmeyer flask 250 ml, Pyrex, Germany.

3.1.2.20 Melting point B-545.

3.1.2.21 Capillary tube.

3.1.2.22 pH paper 0-14.

3.1.2.23 Centrifuge tube 1.5 ml with transparent cap.

3.1.2.24 TLC Silica gel 60 $F_{254}$ 25 Aluminium sheets 20x20 cm

3.1.2.25 หลอด UV ขนาด 20 วัตต์

3.1.2.26 Rotary evaporator, Buchi, Switzerland.

3.1.2.27 Soxhlet extraction,

3.1.2.28 Super flow fume cupboard,major.

3.1.2.29 autoclave

3.1.2.30 ขวดกันกลม

3.1.2.31 กระดาษอลูมิเนียมฟรอย

3.1.2.32 ขวดสีชา

3.1.2.33 เครื่องชั่งสารแบบละเอียด

3.1.2.34 ช้อนตักสาร

**3.2 การศึกษาบริบทชุมชน**

การศึกษาบริบทชุมชน โดยพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย 4 จังหวัด คือ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ ซึ่งได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

3.2.1 ประชุมคณะนักวิจัยร่วมกับเกษตรจังหวัด ผู้นำตำบล และผู้นำชุมชน เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย กำหนดขอบเขต และกลุ่มเป้าหมายในการศึกษาบริบทชุมชนทีพบปัญหาการระบาดของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง

3.2.2 สำรวจพื้นที่การปลูกมันสำปะหลัง รวมทั้งวิถีชีวิตของคนในชุมชนกลุ่มเป้าหมาย โดยสอบถาม สัมภาษณ์ และจัดเวทีประชาคม

**3.3 การทดลองปลูกมันสำปะหลัง**

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดลองปลูกมันสำปะหลัง หลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวโดยไม่ต้องไถเตรียมดินเพื่อลดภาวการณ์สูญเสียโครงสร้างของหน้าดินและการเสียความชื้น โดยใช้พันธุ์มันสำปะหลังจำนวน 4 ชนิด คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์เกล็ดมังกร พันธุ์ 81 และพันธุ์ MR.89 โดยดัดแปลงวิธีการจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตรได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

3.3.1 การเตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ใช้ท่อนพันธุ์มันที่สด โดยอายุของท่อนพันธุ์ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 8-12 เดือน ตัดไว้ไม่เกิน 15 วัน ซึ่งเมื่อนำไปปลูกจะมีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดถึง 90-64 เปอร์เซ็นต์ โดยตัดให้มีขนาดความยาวประมาณ 20-25 เซนติเมตร จำนวนตาประมาณ 10 ตาขึ้นไปต่อ 1 ท่อนพันธุ์ แล้วนำท่อนพันธุ์จุ่มในน้ำยาเร่งราก ประมาณ 1 ชั่วโมงก่อนนำไปปลูก

3.3.2 ระยะการปลูกมันสำปะหลังสามารถปลูกได้ตั้งแต่ระยะ 60×60 เซนติเมตร จนถึง 120×120 เซนติเมตร โดยระยะ 100×100 เซนติเมตร จะมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าระยะอื่นๆ ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้เลือกระยะการปลูกมันสำปะหลังที่ 100×100 เซนติเมตร

3.3.3 วิธีการปลูกมันสำปะหลังโดยการปลูกแบบปักเป็นแถวแนวตรง ซึ่งจะนำท่อนพันธุ์ที่เตรียมไวมาปักแบบเอียงปักลึกลงไปในดินประมาณ 10-15 เซนติเมตร โดยมีระยะห่างของแถวและต้นที่ 100×100 เซนติเมตร

**3.4 การเลี้ยงเพลี้ยแป้ง**

วิธีการเลี้ยงเพลี้ยแป้งมีขั้นตอนดังนี้ คือ

3.4.1 คัดเลือกผลฟักทองที่ไม่แก่หรืออ่อนจนเกินไป ผลมีสีเขียว

3.4.2 นำผลฟักทองล้างทำความสะอาดด้วยน้ำจนผลฟักทองสะอาด

3.4.3 ใช้แอลกอฮอล์เช็ดบริเวณแผลของฟักทอง แล้วทาทับด้วยปูนแดง

3.4.4 นำเพลี้ยแป้งมาเขี่ยลงบนผลฟักทอง

3.4.5 สังเกตและบันทึกผลการทดลอง

**3.5 กระบวนการและขั้นตอนการสกัดแคปไซซินจากพริกแดงสด**

**3.5.1 วัตถุดิบ**

ตัวอย่างพริกที่ใช้ในการวิจัยเป็นพริกพันธุ์ซุปเปอร์ฮอท (*Capsicum frutescens* L.) จากตลาดสดเทศบาลเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ เดือน กุมภาพันธุ์ 2558

**3.5.2 การเตรียมตัวอย่างพริก**

การเตรียมตัวอย่างพริกสำหรับการสกัดแคปไซซินดัดแปลงจากวิธีการของ นนทวัฒน์ (2537) มีขั้นตอนดังนี้

1) นำพริกพันธุ์ซุปเปอร์ฮอท(*Capsicum frutescens* L.) ที่ได้คัดผลที่เน่าและแยกเอาก้านออก

2) นำพริกที่คัดเลือกได้ล้างด้วยน้ำกลั่นอย่างน้อย 3 ครั้ง ให้สะอาด

3) นำพริกไปผึ่งให้น้ำแห้ง

4) นำพริกที่ได้มาบดด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด

**3.5.3 วิธีการสกัดพริก**

การสกัดพริกโดยใช้วิธีการสกัดร้อนด้วยเครื่องสกัดแบบซอกเลต (Soxhletextarction) ดัดแปลงจากวิธีการของ (Xinrong, *et al.* 2014) โดยมีวิธีการดังนี้

1) ชั่งน้ำหนักพริกแดงสด 25 กรัม ใส่ในหลอดทิมเบิลแล้วนำไปแช่ในตัวทำละลาย 50% เอทานอล100 มิลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที

2) สกัดด้วยเครื่องสกัดแบบซอกเลทโดยใช้ 50% เอทานอล ปริมาตร 200 มิลิลิตร เป็นตัวทำละลาย ใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส สกัดเป็นเวลา 5 วัน

3) นำสารละลายที่สกัดได้มาระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (Rotary evaporator) ทำการระเหยจนกระทั่ง 50% เอทานอลออกหมด

4) นำสารละลายตัวอย่างมาวิเคราะห์หาสารแคปไซซินโดยทดสอบ Thin layer chromatography (TLC)

5) จากนั้นนำเศษกากมาสกัดด้วยวิธีการเดียวกันอีกครั้งจนกว่าสารแคปไซซินจะออกหมด

## 3.6 วิธีการสังเคราะห์

การสังเคราะห์สารมีวิธีการดังนี้

### 3.6.1 การสังเคราะห์ตัวรีดิวซ์

ชั่ง Capsaicin (1:1 mol) ใส่ลงในขวดก้นกลมแล้วละลายสารด้วยเมทานอล 10 mL สารละลายหมดทันที จะใสไม่มีสี ปั่นกวนสารอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 5 นาที เติมตัวเข้าทำปฏิกิริยา คือ สาร TSC 1 mol ให้ความร้อนที่ 54 $^{O}$Cปรับค่า pH ~ 5 พร้อมกับปั่นกวนสารอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สารทั้งสองชนิดทำปฏิกิริยากันอย่างสมบูรณ์ ทดสอบความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาด้วยแผ่น TLC ดีเวลลอป (develop) ด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม สังเกตผลภายใต้แสง UV ปฏิกิริยาจะเกิดสมบูรณ์ ในเวลา 4 วัน

### 3.6.2 วิธีการสังเคราะห์อนุภาค

การสังเคราะห์อนุภาคนาโน ใช้วิธีคล้ายคลึงกันโดยนำสาร Schiff base ligands มารีดิวซ์ $Ag^{+}$ ด้วยอัตราส่วนโดยโมล 1:1 ในเมทานอล ปรับ pH ~ 6 ปั่นกวนสารอย่างต่อเนื่อง ใช้อุณหภูมิที่ 60$^{O}$ C แล้วทดสอบความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาด้วยแผ่น TLC

## 3.7 การศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของสารตัวอย่าง (Physicochemical properties)

นำสารที่สังเคราะห์ได้มาศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ (Physico-chemical properties) โดยใช้เทคนิคดังต่อไปนี้

3.7.1 การวัดความสามารถในการละลายในตัวทำละลายต่างๆ (solubility) เช่นเมทานอล เอทานอลไดเมทิลซัลฟอกไซด์ไดเมทิลฟอร์มาไมด์ และน้ำ

3.7.2 การดูดกลืนแสงสูงสุด ($\lambda_{max}$)

3.7.3 การนำไฟฟ้า (conductivity)

3.7.4 วิเคราะห์หาจุดหลอมเหลว (Melting point) นำสารที่สังเคราะห์ได้มาหาจุดหลอมเหลวด้วยเครื่อง Melting point

3.7.5 การตกผลึก (Crystallization)

**3.8 การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activities) ในการกำจัดเพลี้ยแป้ง (*Pseudococcus* sp.)**

**3.8.1 การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activities) การกำจัดเพลี้ยแป้ง (*Pseudococcus* sp.) ในห้องปฏิบัติการ**

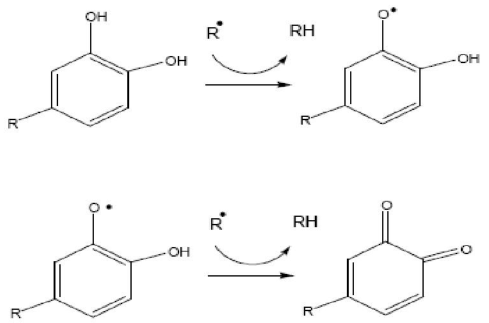
การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพการกำจัดเพลี้ยแป้งดัดแปลงมาจากวิธีการของ ณัฐกานต์ ธิคำ และคณะ (2551) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ใช้เพลี้ยแป้งจำนวน 5 ตัว ต่อซ้ำ ทดสอบโดยเตรียมสารตัวอย่างให้ได้ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ คือ 600, 800 และ 1,000 ppm โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายและเป็นตัวควบคุมร่วมกับสาร Tween-20 10% v/v จากนั้นใช้ Micropipette ดูดสารตัวอย่าง 20 ไมโครลิตร หยดสารตัวอย่างลงบน Plate dish แล้วนำเพลี้ยแป้งวางลงบน Plate dish จำนวน 5 ตัวต่อ 1 Plate สังเกตและบันทึกจำนวนตัวตาย ที่ 3, 6, 12, 24, 120 และ 180 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับสารควบคุมซึ่งใช้วิธีการเดียวกัน

**3.8.2 การทดสอบสมบัติฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activities) การกำจัดเพลี้ยแป้ง (*Pseudococcus* sp.) ในแปลงทดลอง**

การทดสอบสมบัติฤทธิ์ทางชีวภาพการกำจัดเพลี้ยแป้งในแปลงทดลองใช้วิธีการเดียวกับ สมหมาย ปะติตังโข และคณะ (2554) ซึ่งการทดสอบฤทธิ์การต้านเพลี้ยแป้ง จะเลือกความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดที่ต้านเพลี้ยแป้งได้ดีที่สุดในห้องปฏิบัติการ แล้วนำไปใช้ทดสอบฤทธิ์ในแปลงทดลอง โดยจะนำสารที่เตรียมได้ใส่ในถังฉีดนำไปฉีดพ่นในแปลงทดลอง สังเกตพฤติกรรมหลังจากฉีดพ่นยาของเพลี้ยแป้งบันทึกผลการทดลอง

**3.9 การวัดปริมาณฟีนอลรวม**

การวัดปริมาณฟีนอลรวมใช้วิธีการเดียวกับ สมหมาย ปะติตังโข และคณะ (2556) ซึ่งสารจำพวกฟีนอล (Phenolic compounds) เป็นสารกลุ่มใหญ่ที่พบมากในพืช ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้ได้แก่สารจำพวก Flavonoids ที่มี Catechol เป็นองค์ประกอบ Stilbenes, Tanninsซึ่งโครงสร้างหลักประกอบด้วย Aromatic ring แทนที่ด้วย hydroxy group โดยมากเป็นสารที่มีขั้วละลายในตัวทำละลายจำพวก alcohol ได้ดีกลไกของสารจำพวกฟีนอลที่แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดังแสดงในภาพที่ 2 คือเมื่อมีอนุมูลอิสระมาดึงอิเล็กตรอนไปแต่ในโครงสร้างมีอิเล็กตรอนหนาแน่นจึงสามารถเกิดการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนไปทั่วโครงสร้าง (Delocalization) ทำให้โครงสร้างเสถียรไม่เกิดเป็นอนุมูลอิสระต่อไป (Pietta, 2000) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้




***ภาพที่* 3.1** กลไกการต้านอนุมูลอิสระของสารจำพวกฟีนอล

3.9.1 เตรียมสารละลาย Folinciocaltue reagent เข้มข้น 0.2M โดยปิเปต Folinciocaltue reagent เข้มข้น 2 M 10 mL ละลายด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตร
ให้ครบ 100 mL

3.9.2 เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 75 g/l โดยชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 7.5 g ละลายด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ครบ 100 mL

3.9.3 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกเข้มข้น 100µg/ mL โดยชั่ง 0.0100 g ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 100mLนำมาเจือจางให้มีความเข้มข้นในช่วง 10-100 µg/ml

3.9.4 เตรียมสารตัวอย่าง เข้มข้น 50µg/mL โดยชั่งสารตัวอย่าง 0.0050g ละลายด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ครบ 100ml

3.9.5 ปิเปตสารละลายมาตรฐานหรือสารตัวอย่าง 0.5 mL เติม Folin reagent 2.5 mL เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 2.0mL เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm

**3.10 การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assay**

การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay หรือ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazylโดยใช้วิธีการเดียวกับ สมหมาย ปะติตังโข และคณะ (2557) ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

**3.10.1 การเตรียมสารละลายเพื่อทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assay**

1) เตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 100 µg/mL ในสารละลาย absolute methanol

2) เตรียมสารตัวอย่างและสารมาตรฐานที่ความเข้มข้นเท่ากับ 2,4,6,8 และ 10 ตามลำดับ

โดยความเข้มข้น 2 ppm ปิเปตสารมา 0.2 mL ปรับปริมาตรให้ครบ 10 mL

ความเข้มข้น 4 ppm ปิเปตสารมา 0.4 mL ปรับปริมาตรให้ครบ 10 mL

ความเข้มข้น 6 ppm ปิเปตสารมา0.6 mL ปรับปริมาตรให้ครบ 10 mL

ความเข้มข้น 8 ppm ปิเปตสารมา 0.8 mL ปรับปริมาตรให้ครบ 10 mL

ความเข้มข้น 10 ppm ปิเปตสารมา 1 mL ปรับปริมาตรให้ครบ 10 mL

3) เตรียมขวดสีชา 16ใบ เพราะในแต่ละความเข้มข้นจะต้องใช้ขวดสีชาจำนวน 3 ใบ และอีก 1 ใบ เป็นขวด control รวมเป็น 16ใบ

4) นำขวดสีชา ทั้ง 16ใบ ไปอบไว้ที่อุณหภูมิ $100^{0}C$ รอให้ขวดเย็นจึงนำมาใช้ได้

**3.10.2 วิธีการวิเคราะห์ความสามารถการต้านอนุมูลอิสระโดย วิธี DPPH assay**

1) ปิเปต 1mL ของสารละลายตัวอย่างและสารมาตรฐานในแต่ละความเข้มข้น ใส่ในขวดสีชา 3 ใบเพื่อทำการทดสอบสารตัวอย่างละ 3 ครั้ง (triplicate)

2) ปิเปต Methanol DPPH radical 2 mL ใส่ขวดสีชาในแต่ละความเข้มข้น

3) เขย่าให้สารเข้ากัน นำขวดทั้ง 16 ใบ เก็บไว้ในที่มืดอุณหภูมิ 37 $^{0}C$ เป็นเวลา 30 นาที

4) วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายด้วยเครื่อง SPECTRONIC 20 GENESYS ที่ความยาวคลื่น 517 nm โดยวัดจากความเข้มข้นต่ำไปยังความเข้มข้นสูง

5) คำนวณหาค่า % inhibition ดังสมการ

$$\% \text{ inhibition} = \frac{OD_{control} - OD_{sample}}{OD_{control}} \times 100$$

$OD_{control}$ คือค่า absorbance ของ control (มีเฉพาะ DPPH)

$OD_{sample}$ คือค่า absorbance ของ สารละลายตัวอย่างหรือสารละลายมาตรฐาน

### 3.11 การทดสอบความสามารถในการต้านการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย

การทดสอบความสามารถในการต้านการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียโดยใช้วิธีการเดียวกับ สมหมาย ปะติตังโข และคณะ (2553) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

#### 3.11.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย

1) ชั่ง Plate count agar

2) ละลายและทำให้สุกด้วยความร้อนบน Hot plate ซึ่งใช้ความร้อนระดับ 2

3) ปรับค่า pH ของอาหารให้เหมาะสมกับเชื้อแบคทีเรีย

4) นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่อง autoclave ที่อุณหภูมิ 121 $^{0}$C เป็นเวลา 15 นาที

5) นำอาหารไปเทลง Plate (จานเลี้ยงเชื้อ) ในเครื่อง Laminar flow

#### 3.11.2 ขั้นตอนการเขี่ยเชื้อ

1) เผา loop จนร้อนแดงรอให้ loop เย็นจากนั้นใช้ loop เขี่ยเชื้อมาเตะที่ผิววุ้นใกล้ๆ จานเพาะเชื้อ ลาก loop เบาๆ โดยใช้ด้านแบนของปลาย loop แตะเบาๆ บนผิววุ้นไปมา 4-5 ครั้ง ระวังอย่าให้ loop ฝังลงในวุ้น ปิดฝาจานเพาะเชื้อ

2) ขีดเชื้อแบบ Streak plate ทำการขีดครั้งที่ 2 โดยใช้ loop เขี่ยเชื้อผ่านเชื้อที่แตะไว้ครั้งแรก ลากไปมา 5-6 ครั้ง ขีดครั้งที่ 3 โดยการหมุนจานเล็กน้อยให้เหมาะและการขีดครั้งที่ 4 ให้ลาก loop ไปมา 2-3 ครั้ง

#### 3.11.3 การศึกษาฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย

1) นำเชื้อแบคทีเรียเกลี่ยบน plate ที่มีอาหารเลี้ยงเชื้ออยู่ โดยใช้ loop เขี่ยเชื้อจากสต๊อกมาเกลี่ยลงบน plate แล้วใช้ Cotton bud ที่ฆ่าเชื้อด้วยเครื่อง autoclave นาน 15 นาที เกลี่ยเชื้อแบคทีเรียให้ทั่ว plate

2) เตรียมสารตัวอย่างโดยชั่งสารตัวอย่างเป็นความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ เช่น ความเข้มข้นเป็น 600, 800 และ 1,000 ppm โดยชั่งสารมา 0.0050 g ปรับปริมาตรด้วยแอลกอฮอล์

3) ปิเปตสารตัวอย่างจากความเข้มข้น 1,000 ppm ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 mLที่ความเข้มข้นดังต่อไปนี้

ความเข้มข้น 800 ppm ปิเปต8 mL ปรับปริมาตรเป็น 10 mL

ความเข้มข้น 600 ppm ปิเปต6 mL ปรับปริมาตรเป็น 10 mL

4) นำ Paper disk วางบนแผ่นกระจกสี่เหลี่ยมแต่ละความเข้มข้น แล้วปิเปตสารละลายตัวอย่าง 20 µL ลงบน Paper disk ในแต่ละความเข้มข้น แล้วนำ Paper disk เก็บไว้ในที่มีแสงสว่าง เป็นเวลา 1ชั่วโมงจากนั้นนำมาวางบนเชื้อที่เตรียมไว้ข้างต้นตามความเข้มข้นที่กำหนดไว้ในข้อที่ 2

5) นำเชื้อไปบ่ม ในกรณีของเชื้อแบคทีเรียใช้อุณหภูมิ 25$^{0}$C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

6) วัด Clear zone และบันทึกผล

# บทที่ 4

# ผลการทดลองและอภิปรายผล

## 4.1 บทนำ

ในบทนี้คณะผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลที่สำคัญในด้านต่าง ๆ จากการทดลองดังนี้

1) ผลการทดลองปลูกมันสำปะหลัง

2) การระบาดของเพลี้ยแป้ง

3) ผลการเลี้ยงเพลี้ยแป้ง

4) ผลการสกัดแคปไซซินจากพริกแดงสด

5) ผลการสังเคราะห์

6) ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของสารตัวอย่าง

7) ผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activities) ในการกำจัดเพลี้ยแป้ง (*Pseudococcus* sp.)

8) ผลการวัดหาปริมาณฟีนอลรวม

9) ผลการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assay

10) ผลการทดสอบความสามารถในการต้านการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย

## 4.2 ผลการทดลองปลูกมันสำปะหลัง

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดลองปลูกมันสำปะหลัง หลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวโดยไม่ต้องไถเตรียมดินเพื่อลดภาวการณ์สูญเสียโครงสร้างของหน้าดินและการเสียความชื้น โดยใช้พันธุ์มันสำปะหลังจำนวน 4 ชนิด คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์เกล็ดมังกร พันธุ์ 81 และพันธุ์ MR. 89 โดยดัดแปลงวิธีการจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร ได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

4.2.1 การเตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ใช้ท่อนพันธุ์มันที่สด โดยอายุของท่อนพันธุ์ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 8-12 เดือน โดยตัดให้มีขนาดความยาวประมาณ 20-25 เซนติเมตร จำนวนตาประมาณ 10 ตาขึ้นไป ต่อ 1 ท่อนพันธุ์ แล้วนำท่อนพันธุ์จุ่มในน้ำยาเร่งราก ประมาณ 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปปลูก

4.2.2 ระยะการปลูกมันสำปะหลังสามารถปลูกได้ตั้งแต่ระยะ 60×60 เซนติเมตรจนถึง 120×120 เซนติเมตร โดยระยะ 100×100 เซนติเมตร จะมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าระยะอื่นๆ ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้เลือกระยะการปลูกมันสำปะหลังที่ 100×100 เซนติเมตร

4.2.3 วิธีการปลูกมันสำปะหลังโดยการปลูกแบบปักเป็นแถวแนวตรง ซึ่งจะนำท่อนพันธุ์ที่เตรียมไว้มาปักแบบเอียง ปักลึกลงไปในดินประมาณ 10-15 เซนติเมตร โดยมีระยะห่างของแถวและต้นที่ 100×100 เซนติเมตร ลึกลงไปในดินประมาณ 10-15 เซนติเมตร

**ภาพที่ 4.1** แปลงทดลองปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

**ภาพที่ 4.2** แปลงทดลองปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกล็ดมังกร

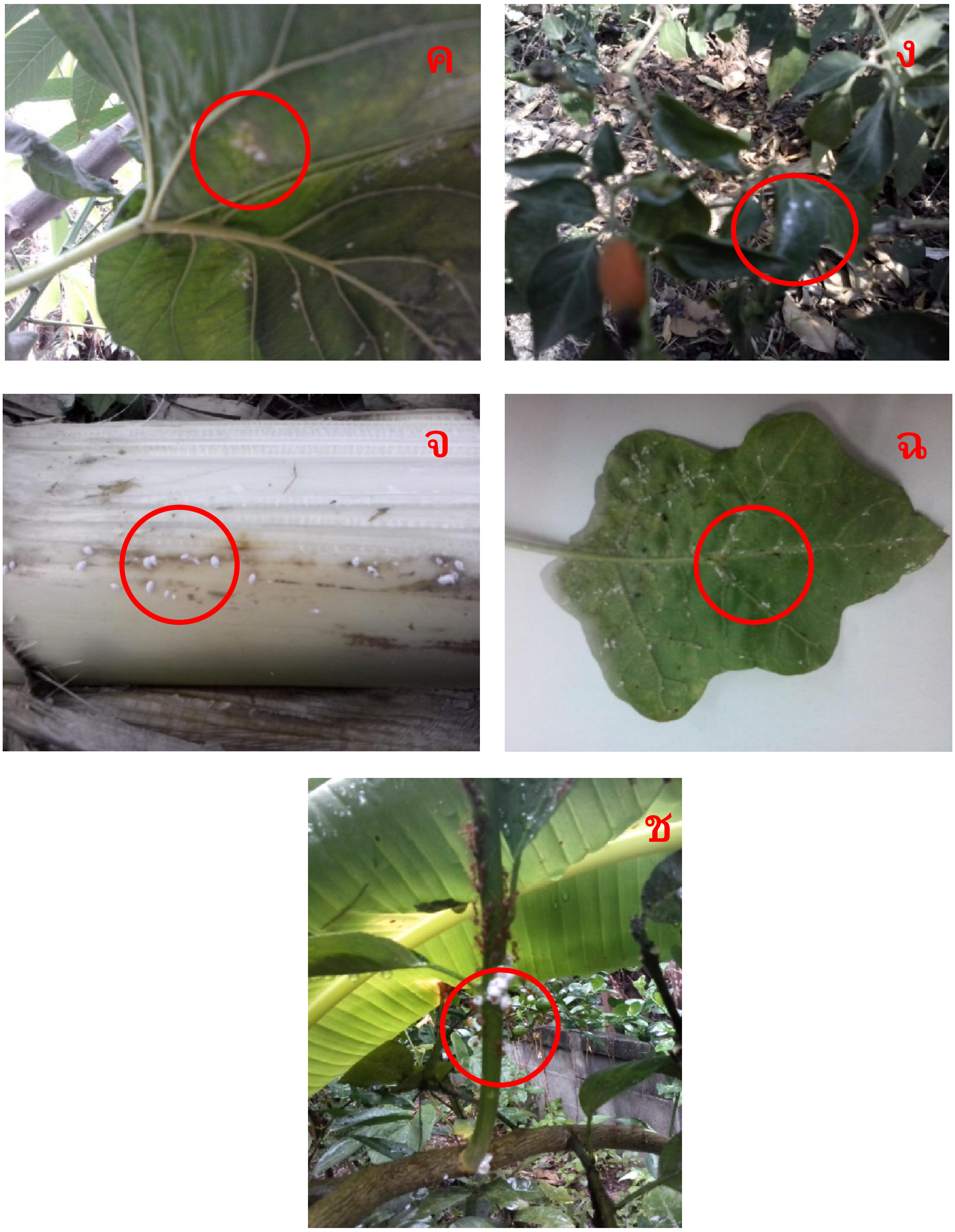
**ภาพที่ 4.3** แปลงทดลองปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ MR. 89

**ภาพที่ 4.4** แปลงทดลองปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ 81

### 4.3 การระบาดของเพลี้ยแป้ง

จากการสำรวจปัญหาการระบาดของเพลี้ยแป้ง ซึ่งพบการระบาดในแปลงมันสำปะหลังเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังพบการระบาดในพืชหลายชนิด เช่น ต้นพุดซ้อนต้นหนาดต้นลำโพงต้นพริกต้นมะเขือ ต้นกล้วย ต้นมะนาว เป็นต้น ซึ่งแสดงการระบาด ดังภาพที่ 4.5-4.6

**ภาพที่ 4.5** ลักษณะเพลี้ยแป้งที่เกิดกับมันสำปะหลัง




**ภาพที่ 4.6** การระบาดของเพลี้ยแป้งในพืชชนิดต่าง ๆ (ก) การระบาดของเพลี้ยแป้งในต้นพุดซ้อน (ข) การระบาดของเพลี้ยแป้งในต้นหนาด (ค) การระบาดของเพลี้ยแป้งในต้นลำโพง (ง) การระบาดของเพลี้ยแป้งในต้นพริก (จ) การระบาดของเพลี้ยแป้งในต้นมะเขือ (ฉ) การระบาดของเพลี้ยแป้งในต้นกล้วย และ (ช) การระบาดของเพลี้ยแป้งในต้นมะนาว

**4.4 ผลการเลี้ยงเพลี้ยแป้ง**

ทำการทดลองเลี้ยงเพลี้ยแป้งสีเขียว และเพลี้ยแป้งสีชมพู ในผลฟักทอง โดยนำผลฟักทองมาล้างทำความสะอาด แล้วนำมาผึ่งให้แห้ง ใช้แอลกอฮอล์เช็ดบริเวณแผลของฟักทอง แล้วทาทับด้วยปูนแดง นำเพลี้ยแป้งมาเขี่ยลงบนผลฟักทอง สังเกตผลการทดลอง ซึ่งแสดงผลดังภาพที่ 4.7

**ภาพที่ 4.7** การเลี้ยงเพลี้ยแป้งในผลฟักทอง

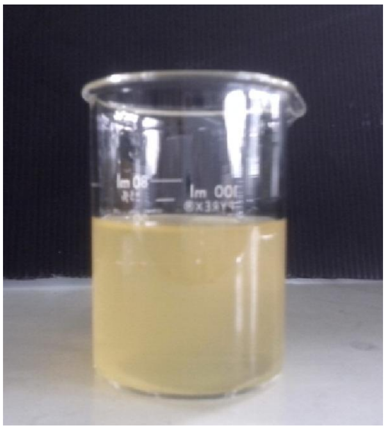
การเลี้ยงเพลี้ยแป้งในผลฟักทองพบว่า เพลี้ยแป้งสีเขียวไม่สามารถเจริญเติบโตในผลฟักทองได้ แต่เพลี้ยแป้งสีชมพูจะค่อยๆ เพิ่มปริมาณขึ้น โดยจะเริ่มวางไข่และฟักตัวเป็นตัวอ่อนและขยายไปตามจุดต่างๆ ของผลฟักทอง

**4.5 ผลการสกัดแคปไซซิน (Capsaicin; Cap) จากพริกแดงสด**

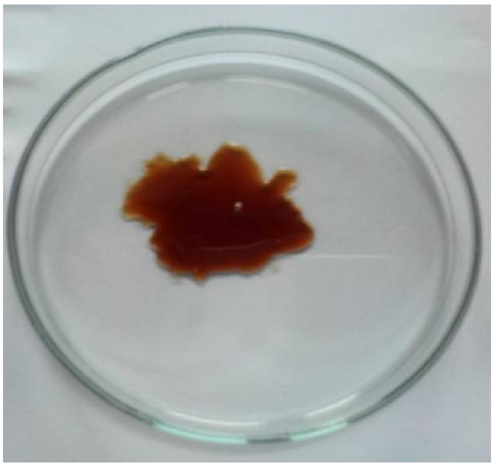
ตัวอย่างพริกที่ใช้ในการวิจัยเป็นพริกพันธุ์ซุปเปอร์ฮอท (*Capsicum frutescens* L.) จากกลุ่มเกษตรกรปลูกพริก จังหวัดบุรีรัมย์

การสกัดสารแคปไซซินจากพริกแดงสดดัดแปลงจากวิธีการของซินรอง (Xinrong, *et al.*, 2014) โดยนำพริกแดงสด 25 กรัม ต่อตัวทำละลาย 50 % เอทานอล 300 mL สกัดด้วยเครื่องสกัดแบบซอกห์เลต พบว่า สารละลายที่ได้จะมีสีเหลือง เมื่อนำไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องละเหยตัวทำละลายแบบสุญญากาศแล้วปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 5 วัน สารสกัดหยาบพริกจะมีสีน้ำตาล แสดงดังภาพที่ 4.8-4.10

**ภาพที่ 4.8** การสกัดแคปไซซินจากพริกแดงสดด้วยเครื่องสกัดแบบซอกห์เลต



**ภาพที่ 4.9** สารสกัดหยาบพริก

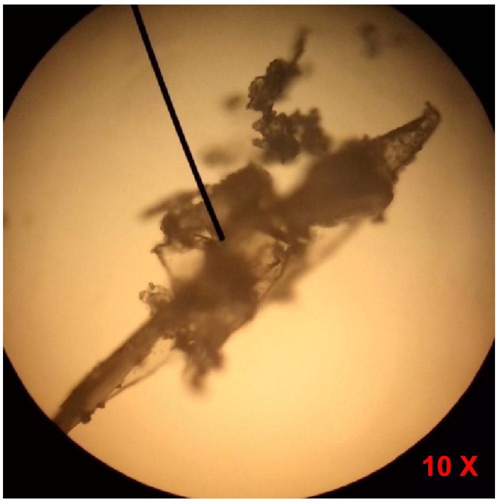


**ภาพที่ 4.10** สีของ Crude 50 % EtOH ที่ยังไม่แห้ง

**4.6 ผลการสังเคราะห์สาร**

4.6.1 ผลการสังเคราะห์ตัวรีดิวซ์

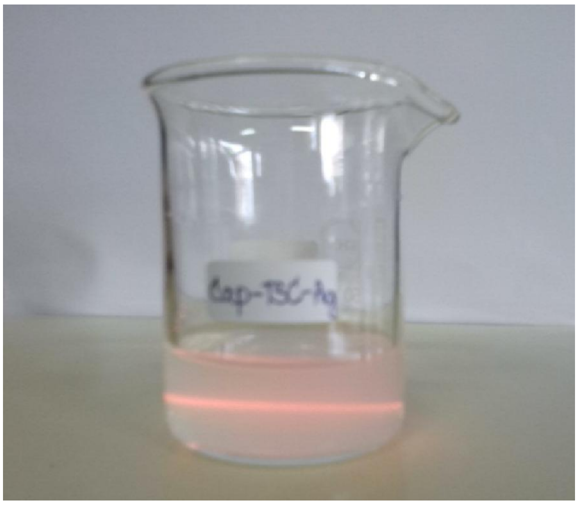
เมื่อนำผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ natural capsaicin ซึ่งเป็นสารสกัดจากพริกมาทำปฏิกิริยาการควบแน่นกับไฮดราไซด์ที่มี functional group เป็น $-NH_2$ ในสภาวะที่เหมาะสม ได้ผลึก novel hybrid hydrazone หรือสารนาโนอินทรีย์ตัวใหม่สีเหลืองอ่อน แสดงดังภาพที่ 4.11



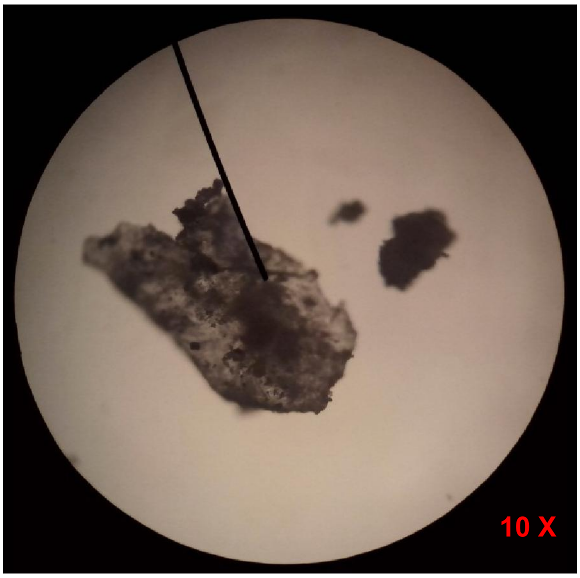

**ภาพที่ 4.11** ลักษณะผลึกของสาร Cap-TSC เมื่อส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย10 X

4.6.2 ผลการสังเคราะห์อนุภาค

เมื่อนำสารนาโนอินทรีย์ตัวใหม่ 1 ตัว มารีดิวซ์กับสารละลายของเงิน พบว่า สารทำปฏิกิริยาสมบูรณ์ในเวลา 1 ชั่วโมง สารมีสีเหลืองขุ่นเนื่องจากเกิดการตกตะกอน เมื่อปล่อยให้ตัวทำละลายระเหยหมด พบว่า ได้ผลึกสีเทา แสดงดังภาพที่ 4.12-4.13




**ภาพที่ 4.12** ปรากฏการณ์ทิลดอลของอนุภาค Cap-TSC-Ag




**ภาพที่ 4.13** ลักษณะของอนุภาค Cap-TSC-Ag เมื่อส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 X

**4.7 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์**

นำสารตัวอย่างทั้ง3ชนิดมาศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ (Physicochemical properties) ซึ่งแสดงผลดังต่อไปนี้

**ตารางที่ 4.1** สมบัติทางกายภาพของสารตัวอย่าง

| Trivial name | สูตรโมเลกุล | จุดหลอมเหลว ($^0$C) | สีของสาร |
|---|---|---|---|
| Cap | $C_{18}H_{27}NO_3$ | 62.0 | ขาว |
| Cap-TSC | $C_{19}H_{32}N_4O_3S$ | 99.3 | เหลืองอ่อน |
| Cap-TSC-Ag | $C_{19}H_{32}N_4O_3S$ Ag | 199.5 | เทา |

จากตารางที่ 4.1 พบว่ากำหนดรหัสของสารเป็น Cap มีสูตรโมเลกุลคือ $C_{18}H_{27}NO_3$ มีจุดหลอมเหลวที่ 62.0 $^0$C สารมีสีขาวสาร Cap-TSC มีสูตรโมเลกุลคือ $C_{19}H_{32}N_4O_3S$ จุดหลอมเหลวที่ 99.3 $^0$C สารมีสีเหลืองอ่อนสาร Cap-TSC-Ag มีสูตรโมเลกุลคือ $C_{19}H_{32}N_4O_3S$ Ag จุดหลอมเหลวที่ 199.5 $^0$C สารมีสีเทา

**ตารางที่ 4.2** ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของสารตัวอย่าง

| สารตัวอย่าง | ลักษณะของสาร | การละลายของสาร | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | DMF | Methanol | Ethanol | $H_2O$ |
| Cap | ของแข็ง | ละลาย | ละลาย | ละลาย | ละลาย |
| Cap-TSC | ผลึก | ละลาย | ละลาย | ละลาย | ละลายได้น้อย |
| Cap-TSC-Ag | ของแข็ง | ละลาย | ละลาย | ละลาย | ละลายได้น้อย |

จากตารางที่ 4.2 พบว่าสาร Cap, Cap-TSC-Ag จะมีลักษณะเป็นของแข็งและสาร Cap-TSC จะมีลักษณะเป็นผลึกเมื่อนำมาทดสอบการละลายในตัวทำละลายต่างๆ พบว่าสารตัวอย่างทุกชนิดสามารถละลายใน DMF, Methanol และ Ethanol ได้ดีและมีสารบางชนิดคือ Cap-TSC และ Cap-TSC-Ag ละลายในน้ำได้น้อย

**ตารางที่ 4.3** มวลโมเลกุล และ Elemental analysis ของสารที่ได้จากการสังเคราะห์

| สารตัวอย่าง | Yield (%) | MW | % C | | % H | | % N | | % O | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Calc. | Found | Calc. | Found | Calc. | Found | Calc. | Found |
| Cap | 4.03 | 305.41 | 70.72 | 70.75 | 8.84 | 8.79 | 4.58 | 4.55 | 15.72 | 15.76 |
| Cap-TSC | 88.59 | 396.55 | 57.50 | 57.59 | 8.07 | 8.09 | 14.12 | 14.10 | 12.10 | 12.14 |
| Cap-TSC-Ag | 49.72 | 504.41 | 45.20 | 45.19 | 6.34 | 6.37 | 11.10 | 11.15 | 9.52 | 9.50 |

จากตารางที่ 4.3 เมื่อนำสารแต่ละชนิดมาหาผลผลิตร้อยละของสารตัวอย่างพบว่า สาร Cap-TSC มีผลผลิตร้อยละสูงที่สุดที่ 88.59 % รองลงมาคือ สาร Cap-TSC-Ag ที่ 49.72 % และสารที่มีผลผลิตร้อยละต่ำที่สุดคือ Cap ที่ 4.03 % ส่วนเปอร์เซ็นต์ของธาตุองค์ประกอบมีค่าแตกต่างกันตามชนิดของสาร

**ตารางที่ 4.4** ค่าการนำไฟฟ้าของสารตัวอย่าง

| ชนิดของสาร | ค่าการนำไฟฟ้า (µS/cm) | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | |
| Cap-TSC | 0.087 | 0.082 | 0.080 | 0.083 |
| Cap-TSC-Ag | 0.040 | 0.043 | 0.046 | 0.043 |

จากตารางที่ 4.4 เมื่อนำสารตัวอย่างที่เป็นลิแกนด์ คือ Cap-TSC และสารที่รีดิวซ์กับเกลือของโลหะ Ag คือ Cap-TSC-Ag มาวัดค่าการนำไฟฟ้า พบว่า Cap-TSC มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 0.083 สูงกว่าสาร Cap-TSC-Ag ซึ่งสาร Cap-TSC-Ag มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 0.043 เมื่อเทียบกับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสารสองชนิดยังมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าน้ำ

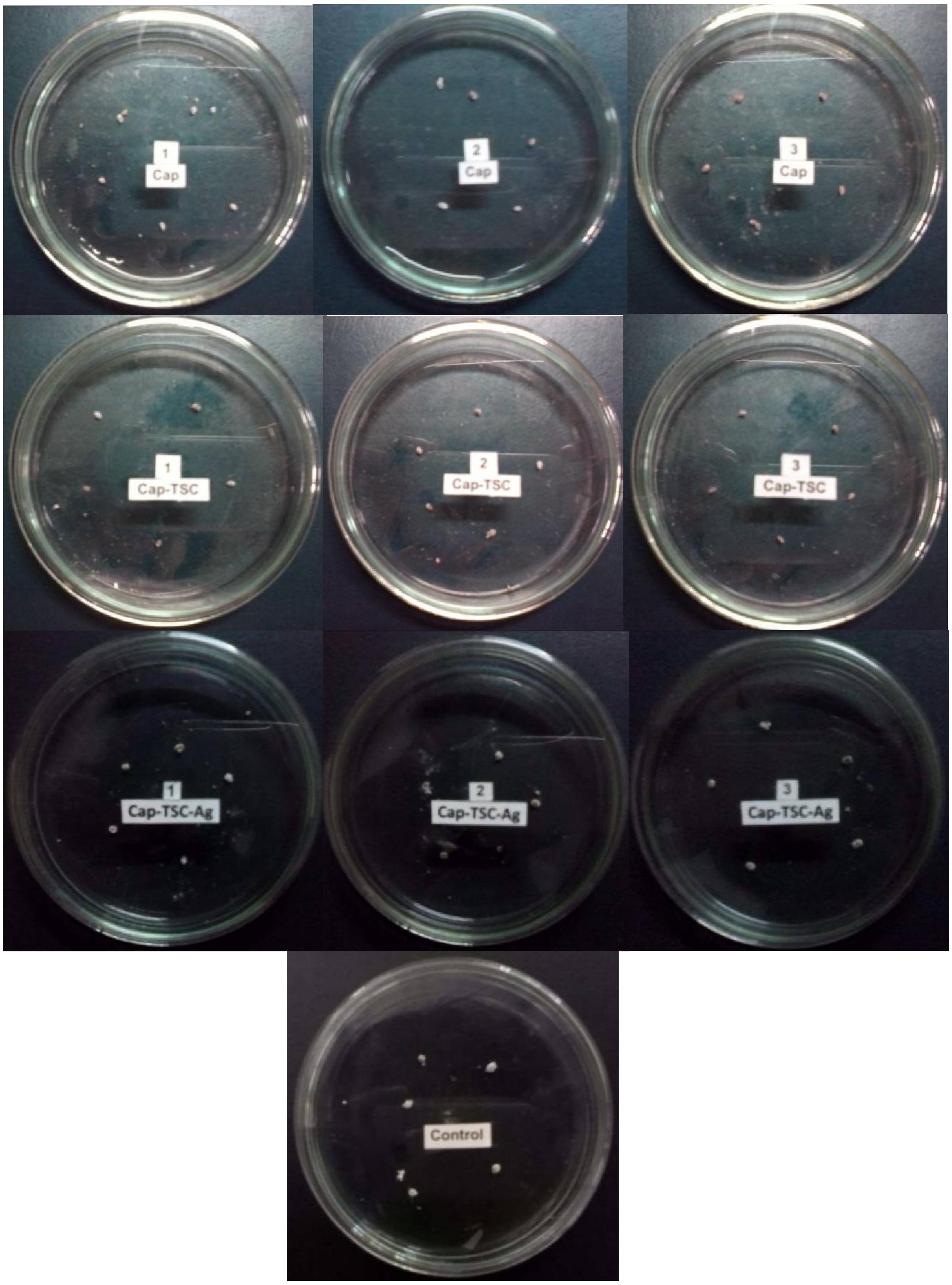
**ตารางที่ 4.5** ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ($\lambda_{max}$)

| **ชนิดของสาร** | **ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ($\lambda_{max}$)** |
|---|---|
| Cap | 223.20 |
| Cap-TSC | 207.84 |
| Cap-TSC-Ag | 276.30 |

จากตารางที่ 4.5 เมื่อนำสารตัวอย่าง มาหาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ($\lambda_{max}$) พบว่าสารตัวอย่างอยู่ในช่วง UV ซึ่งสาร Cap-TSC-Ag สามารถดูดกลืนแสงได้สูงที่สุดที่ความยาวคลื่น 276.30 nm

### 4.8 ผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activities) ในการกำจัดเพลี้ยแป้ง (*Pseudococcus*sp.)

การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพการกำจัดเพลี้ยแป้งดัดแปลงมาจากวิธีการของ ณัฐกานต์ ธิคำและคณะ (2551) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ใช้เพลี้ยแป้งจำนวน 5 ตัว ต่อซ้ำ ทดสอบโดยเตรียมสารตัวอย่างให้ได้ความเข้มข้น 1,000 800 และ 600 ppm โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายและเป็นตัวควบคุม ใช้ Micropipette ดูดสารตัวอย่าง 20 ไมโครลิตร หยดสารตัวอย่างลงบน Plate dish แล้วนำเพลี้ยแป้งวางลงบน Plate dish จำนวน 5 ตัวต่อ 1 Plate สังเกตและบันทึกจำนวนตัวตาย ที่ 1, 3, 6, 12, 24, 30. 60, 120,160 และ 180 นาที ตามลำดับ พร้อมเปรียบเทียบกับสารควบคุมซึ่งใช้วิธีการเดียวกัน




**ภาพที่ 4.14** ผลการกำจัดเพลี้ยแป้ง (*Pseudococcus* sp.)

จากภาพที่ 4.14 พบว่า สารตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด สามารถออกฤทธิ์ฆ่าเพลี้ยแป้งได้ทุกความเข้มข้น เมื่อฉีดพ่นสารลงในเพลี้ยแป้ง พบว่า เวลาผ่านไปสารตัวอย่างจะค่อยๆ ซึมเขาสู่ตัวของเพลี้ยแป้งทำให้แป้งที่เกาะอยู่บนตัวเพลี้ยแป้งเปียก เพลี้ยแป้งจะเริ่มเคลื่อนตัวช้าลงและตายในเวลาต่อมา แต่เมื่อเทียบกับสารควบคุมคือใช้น้ำในการทดสอบ จะพบว่าตัวเพลี้ยแป้งไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีลักษณะเช่นเดิมและไม่มีการตายเกิดขึ้นเมื่อสังเกตครบ 180 นาที ซึ่งแสดงรายละเอียดเวลาในการฆ่าเพลี้ยแป้งดังตารางที่ 4.6

**ตารางที่ 4.6** ผลการทดสอบฤทธิ์การฆ่าเพลี้ยแป้ง

| สารตัวอย่าง | ความเข้มข้น (ppm) | จำนวนเพลี้ยแป้งที่ตายที่เวลา (นาที) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 | 30 | 60 | 120 | 160 | 180 |
| control | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Cap | 600 | - | | | | | | | | + | |
| | 800 | - | | | | | | + | ++ | +++ | |
| | 1,000 | - | | | | | + | ++ | +++ | ++++ | +++++ |
| Cap-TSC | 600 | - | - | | | | + | | ++ | +++ | |
| | 800 | - | - | | | | + | ++ | +++ | +++++ | |
| | 1,000 | - | | | + | ++ | +++ | ++++ | | +++++ | |
| Cap-TSC-Ag | 600 | - | | | | + | ++ | +++ | ++++ | +++++ | |
| | 800 | - | | | + | ++ | +++ | ++++ | | +++++ | |
| | 1,000 | - | + | | ++ | +++ | ++++ | +++++ | | | |

***หมายเหตุ: - จำนวนเพลี้ยที่ตาย 0 %
+ จำนวนเพลี้ยที่ตาย 20%
++ จำนวนเพลี้ยที่ตาย 40%
+++ จำนวนเพลี้ยที่ตาย 60%
++++ จำนวนเพลี้ยที่ตาย 80 %
+++++ จำนวนเพลี้ยที่ตาย 100%

จากตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบฤทธิ์การฆ่าเพลี้ยแป้งของสารตัวอย่าง 3 ชนิด พบว่า สาร Cap ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm จะเริ่มฆ่าเพลี้ยแป้งเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที และเพลี้ยแป้งจะตายครบ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลา 180 นาที เมื่อความเข้มข้นลดลงเป็น 800 ppm จะเริ่มฆ่าเพลี้ยแป้งเวลา 60 นาที และเมื่อเวลา 180 นาที จะกำจัดเพลี้ยแป้งได้เพียง 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วน

ที่ระดับความเข้มข้น 600 ppm สามารถกำจัดเพลี้ยแป้งได้เพียง 20 เปอร์เซ็นต์ที่เวลา 160 นาที แต่เมื่อครบ 180 นาที ไม่พบการตายเพิ่มขึ้น

สำหรับสาร Cap-TSC ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm เริ่มกำจัดเพลี้ยแป้งที่เวลา 12 นาที และกำจัดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 160 นาที สาร Cap-TSC ที่ความเข้มข้น 600 และ 800 ppm เริ่มฆ่าเพลี้ยแป้งเวลา 30 นาที เท่ากันแต่ความเข้มข้น 800 ppm จะฆ่าเพลี้ยแป้งได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 160 นาที ซึ่งความเข้มข้น 600 ppm ฆ่าเพลี้ยแป้งได้เพียง 60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลาครบ 180 นาที

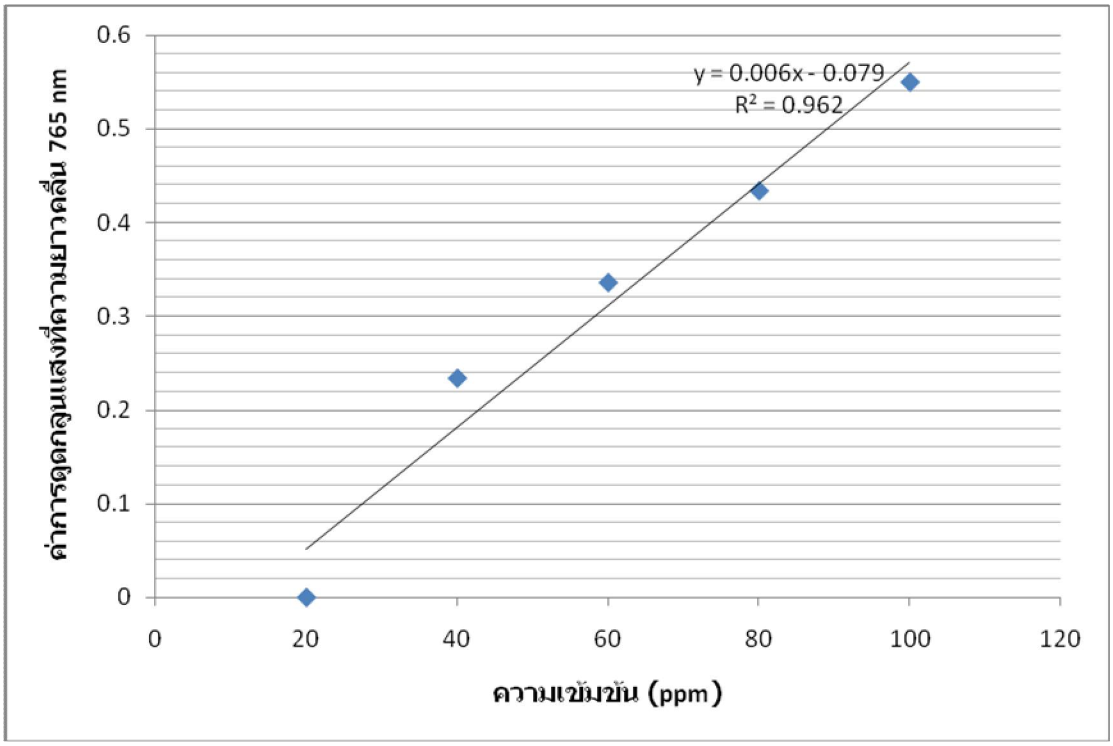
ส่วนสาร Cap-TSC-Ag ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm เริ่มฆ่าเพลี้ยแป้งที่เวลา 3 นาที และฆ่าเพลี้ยแป้งได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 60 นาที ที่ความเข้มข้น 800 ppm จะเริ่มฆ่าเพลี้ยแป้งในเวลา 12 นาที และสามารถฆ่าเพลี้ยแป้งได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลาผ่านไป 160 นาที ความเข้มข้น 600 ppm เริ่มฆ่าเพลี้ยแป้งที่เวลา 24 นาที และสามารถฆ่าเพลี้ยแป้งได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลาผ่านไป 160 นาที สารที่มีความสามารถฆ่าเพลียแป้งได้ดีที่สุดคือ Cap-TSC-Ag

### 4.9 การหาปริมาณฟีนอลรวม (Folinciocaltevsphenol reagent)

ทำการศึกษาหาปริมาณฟีนอลรวมของสารสกัดจากพริกเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid โดยใช้ความเข้มข้นที่ 20, 40, 60, 80 และ 100 ppm ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 4.7 ภาพที่ 4.15 และ ตารางที่ 4.8

**ตารางที่ 4.7** ผลการศึกษาสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ในการหาปริมาณฟีนอลรวม

| ชนิดของสาร | ความเข้มข้น (ppm) | ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยางคลื่น 765 nm |
|---|---|---|
| Gallic acid | 20 | 0.132 |
| | 40 | 0.234 |
| | 60 | 0.336 |
| | 80 | 0.434 |
| | 100 | 0.550 |




**ภาพที่ 4.15** กราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณของ Phenolic content

เมื่อนำค่าการดูดกลืนของสารตัวอย่างไปเทียบกับกราฟมาตรฐานจะทำให้ทราบปริมาณฟีนอลรวมดังตารางที่ 4.8

**ตารางที่ 4.8** ผลการศึกษาความสามารถในการหาปริมาณฟีนอลรวมของสารสกัดจากพริก

| ชนิดของสาร | ความเข้มข้น (ppm) | ค่า Absorbance (765 nm) | | | Phenolic content (ppm) | | | $\bar{x}$±SD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | |
| Crude 50 % EtOH | 20 | 0.059 | .0.060 | 0.058 | 21.261 | 21.415 | 21.107 | 21.261±0.154 |
| | 40 | 0.063 | 0.064 | 0.064 | 21.876 | 22.030 | 22.030 | 21.979±0.089 |
| | 60 | 0.073 | 0.073 | 0.076 | 23.415 | 23.415 | 23.876 | 23.569±0.266 |
| | 80 | 0.080 | 0.079 | 0.083 | 24.492 | 24.338 | 24.953 | 24.594±0.320 |
| | 100 | 0.095 | 0.093 | 0.089 | 26.953 | 26.492 | 25.876 | 26.440± 0.540 |

จากตารางที่ 4.8 พบว่า การหาปริมาณฟีนอลรวมของสารสกัดจากพริกจะมีค่าแปรตามความเข้มข้น เมื่อสารมีเข้มข้นเพิ่มขึ้นปริมาณฟีนอลรวมจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid พบว่าสารสกัดจากพริกมีปริมาณฟีนอลรวมน้อยกว่าสาร Gallic acid

## 4.10 ผลการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assay

ผลการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง โดยวิธี DPPH radical scavenging assay หรือ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl เป็นสารอนุมูลอิสระ(free radical) สามารถรับ electron หรือ hydrogen radical ได้เมื่อ DPPH อยู่ในรูปสารละลายใน absolute methanol จะมีสีม่วงและเมื่อทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ antioxidant จะทำให้มีสีจางลง โดยใช้ Trolox และ Ascorbic acidเป็นสารมาตรฐานที่ให้ผลบวกในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีนี้ค่าที่ได้จากการทดสอบจะแสดงเป็นค่า $IC_{50}$ โดยต้องมีค่าต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรจึงจะถือว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดี ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.9

**ตารางที่ 4.9** ผลการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารแต่ละชนิดด้วยเทคนิค DPPH

| ชนิดของสาร | ความเข้มข้น (ppm) | ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 520 nm | | | $\bar{x}$±SD | Radical Scavenging activity (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | | |
| Trolox | 20 | 0.478 | 0.475 | 0.290 | 0.414±0.108 | 14.746 |
| | 40 | 0.306 | 0.476 | 0.277 | 0.353±0.108 | 27.366 |
| | 60 | 0.043 | 0.044 | 0.040 | 0.042±0.002 | 91.286 |
| | 80 | 0.038 | 0.039 | 0.039 | 0.039±0.001 | 92.044 |
| | 100 | 0.033 | 0.029 | 0.030 | 0.031±0.002 | 93.690 |
| Ascorbic acid | 20 | 0.3240 | 0.3850 | 0.4120 | 0.373±0.045 | 38.4404 |
| | 40 | 0.0540 | 0.0430 | 0.0620 | 0.053±0.009 | 91.2685 |
| | 60 | 0.0390 | 0.0450 | 0.0370 | 0.040±0.004 | 93.3553 |
| | 80 | 0.0380 | 0.0370 | 0.0390 | 0.038±0.001 | 93.7397 |
| | 100 | 0.0370 | 0.0390 | 0.0360 | 0.037±0.001 | 93.8495 |
| Cap | 20 | 1.067 | 1.057 | 1.014 | 1.046±0.028 | 4.475 |
| | 40 | 0.916 | 0.954 | 0.902 | 0.924±0.027 | 15.616 |
| | 60 | 0.759 | 0.743 | 0.748 | 0.750±0.008 | 31.507 |
| | 80 | 0.52 | 0.56 | 0.519 | 0.533±0.023 | 51.324 |
| | 100 | 0.296 | 0.322 | 0.331 | 0.316±0.018 | 71.111 |

**ตารางที่ 4.9** ผลการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารแต่ละชนิดด้วยเทคนิค DPPH (ต่อ)

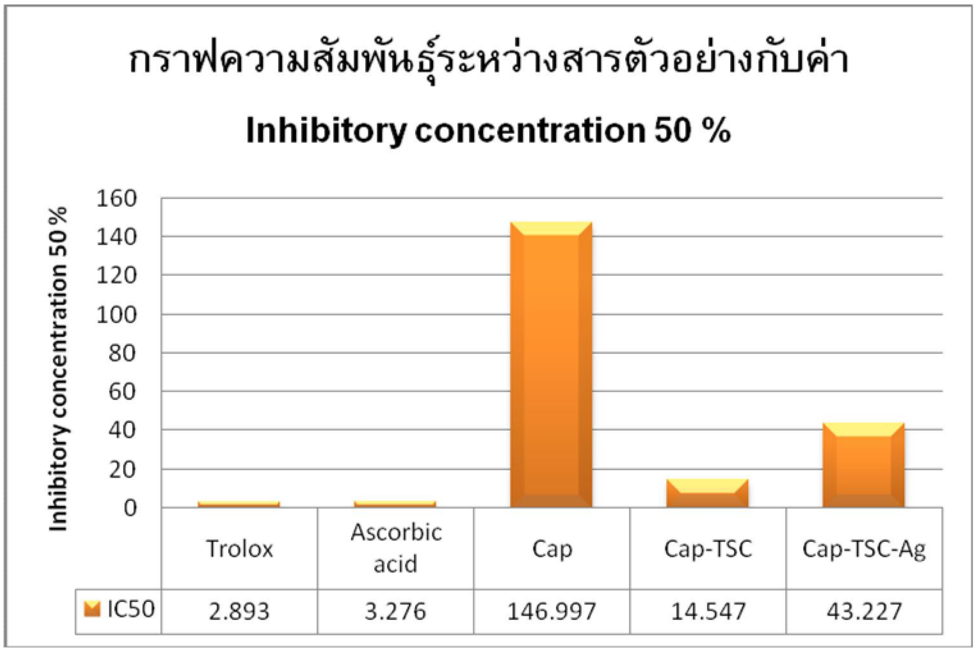
| ชนิดของสาร | ความเข้มข้น (ppm) | ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 520 nm | | | $\bar{x}$±SD | Radical Scavenging activity (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | | |
| Cap-TSC | 20 | 0.679 | 0.691 | 0.707 | 0.692±0.014 | 7.934 |
| | 40 | 0.456 | 0.472 | 0.487 | 0.472±0.016 | 37.278 |
| | 60 | 0.309 | 0.289 | 0.264 | 0.287±0.023 | 61.791 |
| | 80 | 0.129 | 0.123 | 0.106 | 0.119±0.012 | 84.131 |
| | 100 | 0.071 | 0.069 | 0.070 | 0.070±0.001 | 90.691 |
| Cap-TSC-Ag | 20 | 0.514 | 0.413 | 0.491 | 0.473±0.053 | 37.145 |
| | 40 | 0.399 | 0.372 | 0.354 | 0.375±0.023 | 50.133 |
| | 60 | 0.293 | 0.318 | 0.306 | 0.306±0.013 | 59.353 |
| | 80 | 0.248 | 0.251 | 0.264 | 0.254±0.009 | 66.179 |
| | 100 | 0.147 | 0.151 | 0.170 | 0.156±0.012 | 79.255 |

จากตารางที่ 4.9 ผลการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างด้วยเทคนิค DPPH เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox และ Ascorbic acid จากผลการทดลองพบว่า สารตัวอย่างทุกชนิดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันและแปรตรงกับความเข้มข้น โดย Cap-TSC ออกฤทธิ์ได้ดีที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (Trolox และ Ascorbic acid ) เมื่อเรานำค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมาหาค่า $IC_{50}$ เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox และ Ascorbic acid แสดงผลดังตารางที่ 4.10

**ตารางที่ 4.10** ค่า $IC_{50}$ ของสารตัวอย่างในการต้านอนุมูลอิสระ

| สารตัวอย่าง | $IC_{50}$ (Inhibitory Concentration 50%) |
|---|---|
| Trolox | 2.893 |
| Ascorbic acid | 3.276 |
| Cap | 146.997 |
| Cap-TSC | 14.547 |
| Cap-TSC-Ag | 43.227 |

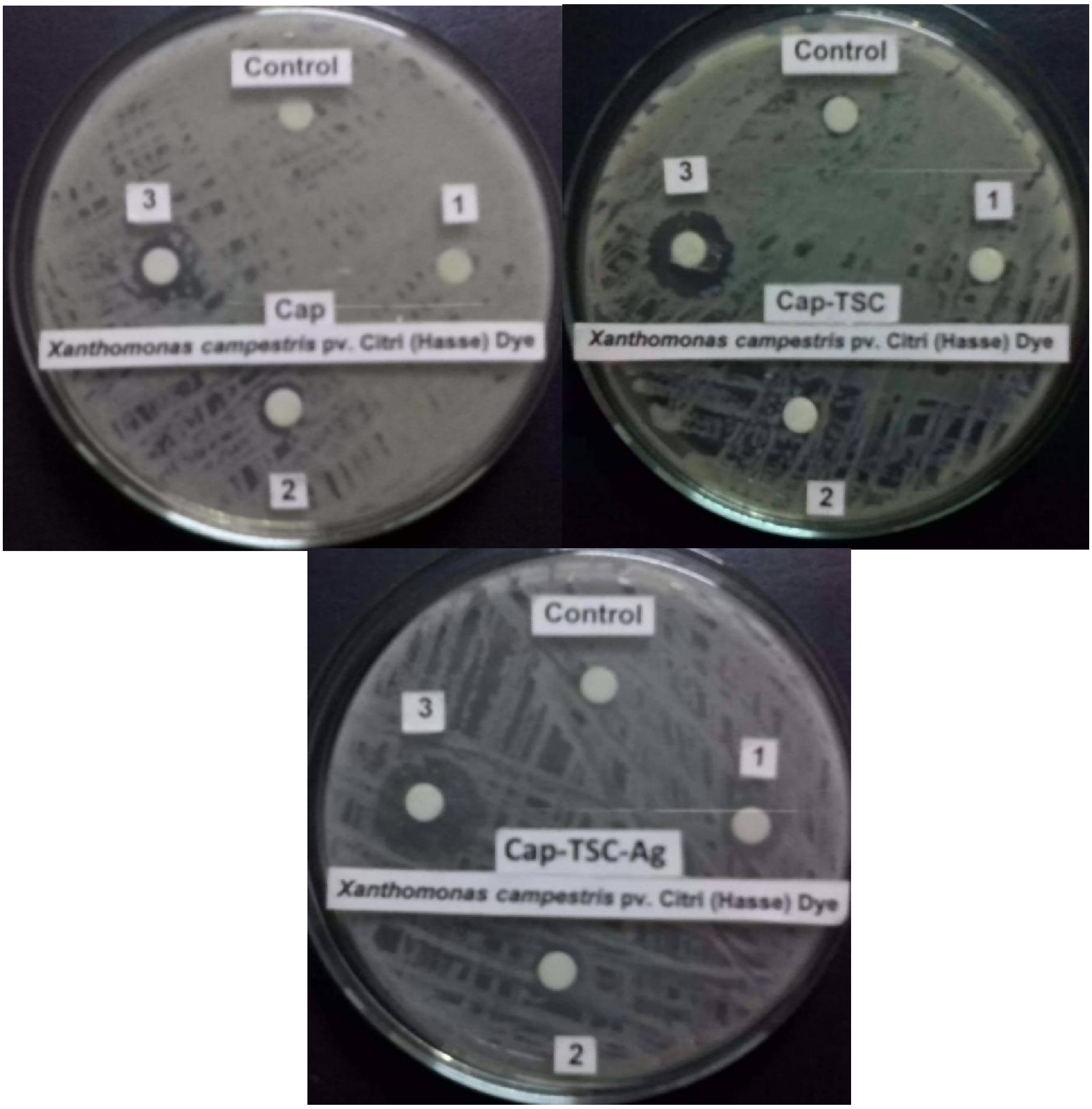
จากตารางที่ 4.10 แสดงค่า $IC_{50}$ ของสารตัวอย่างในการต้านอนุมูลอิสระซึ่งสาร Cap-TSC มีค่า $IC_{50}$ น้อยที่สุด (14.547) รองลงมาคือสาร Cap-TSC-Ag มีค่า 43.227 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรจึงถือว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดี ซึ่งแสดงผลที่ชัดเจนดังภาพที่ 4.16




**ภาพที่ 4.16** กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสารตัวอย่างกับค่า Inhibitory Concentration 50% ($IC_{50}$)

## 4.11 ผลการทดสอบความสามารถในการต้านการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย

การทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียโดยเตรียมสารตัวอย่าง ทั้ง 3 ชนิดความเข้มข้นที่ 600, 800 และ 1,000 ppm แล้วนำสารไปทดสอบฤทธิ์กับเชื้อแบคทีเรียโดยเทคนิค paper disc diffusion ในห้องปฏิบัติการ สังเกตและบันทึกผล ซึ่งผลการทดลองได้ผลดังภาพที่ 4.17




**ภาพที่ 4.17** การต้านเชื้อแบคทีเรียของสารตัวอย่าง

จากภาพที่ 4.20 พบว่าสาร Cap-TSC-Ag ซึ่งเป็นสารที่มีอนุภาคในระดับนาโน สามารถต้านการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุดรองลงมาคือสาร Cap-TSC ซึ่งสาร Cap ต้านการ

เจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้น้อยที่สุดโดยสังเกตจากขนาดของวงใส จะพบว่า สาร Cap-TSC-Ag ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm มีขนาดของวงใสใหญ่ที่สุดเมือเทียบกับสารตัวอย่าง 2 ชนิด

**ตารางที่ 4.11** แสดงความสามารถการต้านเชื้อแบคทีเรียของสารตัวอย่าง

| **สารตัวอย่าง** | **ความเข้มข้น (ppm)** | **Clear zone (mm) *Xanthomonas campestris* pv. Citri(Hasse) Dye** | | | $\bar{x}\pm$ **SD** |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | |
| Cap | control | 0 | 0 | 0 | 0.00± 0.00 |
| | 600 | 8 | 8 | 8 | 8.00±0.00 |
| | 800 | 8 | 8 | 8 | 8.00±0.00 |
| | 1,000 | 14 | 10 | 10 | 11.33±2.31 |
| Cap-TSC | control | 0 | 0 | 0 | 0.00 ±0.00 |
| | 600 | 8 | 8 | 8 | 8.00±0.00 |
| | 800 | 12 | 8 | 8 | 9.33±2.31 |
| | 1,000 | 12 | 14 | 14 | 13.33±1.15 |
| Cap-TSC-Ag | control | 0 | 0 | 0 | 0.00 ± 0.00 |
| | 600 | 10 | 8 | 9 | 9.00 ± 1.00 |
| | 800 | 10 | 9 | 9 | 9.13±0.58 |
| | 1,000 | 15 | 16 | 13 | 14.67± 1.53 |

จากตารางที่ 4.11 พบว่าสารที่มีความสามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. Citri (Hasse) Dye ที่เป็นสาเหตุโรคแคงเกอร์ในมะนาวได้ดีที่สุด คือ สาร Cap-TSC-Ag ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่ 14.67± 1.53 รองลงมา คือ สาร Cap-TSC มีค่าเฉลี่ยที่ 13.33±1.15 และสารที่มีความสามารถต้านเชื้อแบคทีเรียได้น้อยที่สุด คือ สาร Cap มีค่าเฉลี่ยที่ 11.33±2.31 แสดงให้เห็นว่าสารที่มีอนุภาคในระดับนาโนจะมีประสิทธิภาพใน การต้านเชื้อแบคทีเรียได้ดีเมื่อเทียบกับลิแกนด์และสารตั้งต้น

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

## 5.1 บทนำ

ในบทนี้คณะผู้วิจัยได้สรุปประเด็นต่างๆ ที่ได้จากการทำวิจัย ได้แก่การทดลองปลูกมันสำปะหลังการเลี้ยงเพลี้ยแป้งการสกัดแคปไซซินการสังเคราะห์สมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activities) ในการกำจัดเพลี้ยแป้ง (*Pseudococcus* sp.) การวัดหาปริมาณฟีนอลรวมความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assayความสามารถในการต้านการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย

## 5.2 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดลองปลูกมันสำปะหลัง หลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวโดยไม่ต้องไถเตรียมดินเพื่อลดภาวะการสูญเสียโครงสร้างของหน้าดินและการเสียความชื้น โดยใช้พันธุ์มันสำปะหลังจำนวน 4 ชนิด คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์เกล็ดมังกร พันธุ์ 81 และพันธุ์ MR. 89 จากการทดลองปลูกพบว่า มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด

การเลี้ยงเพลี้ยแป้งทำการทดลองเลี้ยงเพลี้ยแป้งสีเขียว และเพลี้ยแป้งสีชมพู ในผลฟักทอง โดยนำผลฟักทองมาล้างทำความสะอาด แล้วนำมาผึ่งให้แห้ง ใช้แอลกอฮอล์เช็ดบริเวณแผลของฟักทอง แล้วทาทับด้วยปูนแดง นำเพลี้ยแป้งมาเขี่ยลงบนผลฟักทอง พบว่า เพลี้ยแป้งสีเขียวไม่สามารถเจริญเติบโตในผลฟักทองได้ แต่เพลี้ยแป้งสีชมพูจะค่อยๆ เพิ่มปริมาณขึ้น โดยจะเริ่มวางไข่และฟักตัวเป็นตัวอ่อนและขยายไปตามจุดต่างๆ ของผลฟักทอง

การสกัดแคปไซซินจากพริกแดงสดซึ่งพริกที่ใช้ในการวิจัยเป็นพริกพันธุ์ซุปเปอร์ฮอท (*Capsicum frutescens* L.) จากกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกพริก จังหวัดบุรีรัมย์ การสกัดสารแคปไซซินดัดแปลงจากวิธีการของ (Xinrong, *et al.,* 2014) โดย นำพริกแดงสด 25 กรัม ต่อตัวทำละลาย 50 % เอทานอล 300 mL สกัดด้วยเครื่องสกัดแบบซอกห์เลต พบว่า สารละลายที่ได้จะมีสีเหลือง เมื่อนำไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องละเหยตัวทำละลายแบบสุญญากาศแล้วปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 5 วัน สารสกัดหยาบพริกจะมีสีน้ำตาล ลักษณะเหนียว ให้ปริมาณสารสกัดหยาบที่ 4.03 เปอร์เซ็นต์

การสังเคราะห์ตัวรีดิวซ์เมื่อนำผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ natural capsaicin ซึ่งเป็นสารสกัดจากพริก มาทำปฏิกิริยาการควบแน่นกับ hydrazides ที่มี functional group เป็น $-NH_2$ ในสภาวะที่เหมาะสม ได้ novel hybrid hydrazones หรือสารนาโนอินทรีย์ตัวใหม่ 1 ตัว ซึ่งสารจะมีสีเหลืองอ่อนและมีลักษณะเป็นผลึกให้ปริมาณสารที่ 88.59 เปอร์เซ็นต์

การสังเคราะห์อนุภาค เมื่อนำสารนาโนอินทรีย์ตัวใหม่ 1 ตัว มารีดิวซ์กับ เกลือของโลหะ Ag พบว่า สารทำปฏิกิริยาสมบูรณ์ ในเวลา 1 ชั่วโมง 8 นาที สารมีสีเหลืองขุ่นเนื่องจากเกิดการตกตะกอน เมื่อปล่อยให้ตัวทำละลายระเหยหมด พบว่า สารมีสีเทาจะมีลักษณะเป็นของแข็งให้ปริมาณสารที่ 49.72 เปอร์เซ็นต์

สมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์เมื่อนำสารตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดวัดหาจุดหลอมเหลวพบว่า สาร Cap-TSC-Agมีจุดหลอมเหลวสูงที่สุดที่ 199.5$^{0}$C เมื่อนำสารตัวอย่างมาทดสอบการละลายในตัวทำละลายต่างๆ พบว่าสารตัวอย่างทุกชนิดสามารถละลายใน DMF, Methanol และ Ethanol ได้ดี และมีสารบางชนิดคือ Cap-TSC และ Cap-TSC-Ag ละลายในน้ำได้น้อยเมื่อนำสารตัวอย่างที่เป็นลิแกนด์ คือ Cap-TSC และสารที่รีดิวซ์กับเกลือของโลหะ Ag คือ Cap-TSC-Ag มาวัดค่าการนำไฟฟ้า พบว่า Cap-TSC มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 0.083 สูงกว่าสาร Cap-TSC-Ag ซึ่งสาร Cap-TSC-Ag มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 0.043 และนำสารมาหาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ($\lambda_{max}$) พบว่าสารตัวอย่างอยู่ในช่วง UV ซึ่งสาร Cap-TSC-Ag สามารถดูดกลืนแสงได้สูงที่สุดที่ความยาวคลื่น 276.30 nm

ฤทธิ์ทางชีวภาพการกำจัดเพลี้ยแป้งดัดแปลงจากวิธีการของ ณัฐกานต์ และคณะ (2551) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ใช้เพลี้ยแป้งจำนวน 5 ตัว ต่อซ้ำ ทดสอบโดยเตรียมสารตัวอย่างให้ได้ความเข้มข้น 1,000, 800 และ 600 ppm โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายและเป็นตัวควบคุม สังเกตและบันทึกจำนวนตัวตาย ที่ 1, 3, 6, 12, 24, 30, 60, 120, 160 และ 180 นาทีโดยเปรียบเทียบกับสารควบคุมซึ่งใช้วิธีการเดียวกันพบว่า สารตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด สามารถออกฤทธิ์ฆ่าเพลี้ยแป้งได้ทุกความเข้มข้น เมื่อฉีดพ่นสารลงในเพลี้ยแป้ง เวลาผ่านไป สารตัวอย่างจะค่อยๆ ซึมเขาสู่ตัวของเพลี้ยแป้งทำให้แป้งที่เกาะอยู่บนตัวเพลี้ยเปียก เพลี้ยแป้งจะเริ่มเคลื่อนตัวช้าลงและตายในเวลาต่อมา และสารที่มีความสามารถฆ่าเพลียแป้งได้ดีที่สุด คือ Cap-TSC-Ag เมื่อเทียบกับสารควบคุมซึ่งสารควบคุมไม่สามารถฆ่าเพลี้ยแป้งได้ในเวลา180 นาที

การหาปริมาณฟีนอลรวมของสารสกัดจากพริกจะมีค่าแปรตามความเข้มข้น เมื่อสารมีเข้มข้นเพิ่มขึ้นปริมาณฟีนอลรวมจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid พบว่าสารสกัดจากพริกมีปริมาณฟีนอลรวมน้อยกว่าสาร Gallic acid

ผลการต้านอนุมูลอิสระเทคนิค DPPH method พบว่า สาร Cap-TSC มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีที่สุด มีค่า $IC_{50}$ เท่ากับ 14.547 รองลงมา คือ สาร Cap-TSC-Ag ค่า $IC_{50}$ เท่ากับ 43.227 จากการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารมาตรฐาน Trolox และ Ascorbic acid พบว่า ได้ค่า $IC_{50}$ เท่ากับ 2.893 และ 3.276 ตามลำดับ

การทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียโดยเตรียมสารตัวอย่าง ทั้ง 3 ชนิด ความเข้มข้นที่ 600, 800 และ 1,000 ppm แล้วนำสารไปทดสอบฤทธิ์กับเชื้อแบคทีเรีย พบว่า สารที่มี

ความสามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. Citri (Hasse) Dye ที่เป็นสาเหตุโรคแคงเกอร์ในมะนาวได้ดีที่สุด คือ สาร Cap-TSC-Ag ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่ 14.67 $\pm$ 1.53 ลองลงมา คือ สาร Cap-TSC มีค่าเฉลี่ยที่ 13.33$\pm$ 1.15และสารที่มีความสามารถต้านเชื้อแบคทีเรียได้น้อยที่สุด คือ สาร Capมีค่าเฉลี่ยที่ 11.33 $\pm$ 2.31 แสดงให้เห็นว่าสารที่มีอนุภาคในระดับนาโน จะมีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อแบคทีเรียได้ดีเมื่อเทียบกับลิแกนด์และสารตั้งต้น

# บรรณานุกรม

# บรรณานุกรม


กรมวิชาการเกษตร. (2558). **โรคและไรและแมลงศัตรูพืชอื่นๆของมันสำปะหลัง.** สืบค้นวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2558 จาก http://at.doa.go.th/mealybug/disease.htm

คมกฤช มานิตกุล และคณะ. (2553). **ผลของสารสกัดสมุนไพรต่อความสามารถในการไล่เพลี้ยอ่อนในระดับหองปฏิบัติการ**. ราชบุรี : โรงเรียนรัฐราษฎร์อุปถัมภ์.

จารุวรรณ ธนวิรุฬห์ และคณะ. (ม.ป.ป.). **การเปรียบเทียบปริมาณแคปไซซินอยด์และค่าดัชนีความเผ็ดในพริกตามระยะการสุกแก่ของผล.** อุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

จิระเดช แจ่มสว่าง. (2550). **การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีบนเส้นทางของการเกษตรยุคใหม่.** กรุงเทพฯ : สมาคมนักโรคพืชแห่งประเทศไทย.

จุฑารัตน์ เม้าคำ. (2555). **การหาองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบรองของแคปไซซินอยด์โดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมทรี และการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสด้วยสารสกัดจากพริก.** กรุงเทพฯ : การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 13.

ณัฐกานต์  ธิคำ และคณะ. (2551). **การแยกสารสกัดบางส่วนจากหนอนตายหยากและผลของสารสกัดต่อหนอนกระทู้หอม.** กรุงเทพฯ : การประชุมทางวิชาการขอมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 : หน้า 253-261.

นิจศิริ เรืองรังสี. (2542). **เครื่องเทศ.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปกิต กำบุญมา และคณะ. (2552). **องค์ประกอบทางเคมีฤทธิ์ทางชีวภาพและการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของสารแคปไซซินและไดรไฮโดรแคปไซซินจากพริก.** ขอนแก่น : การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตแห่งชาติครั้งที่ 12.

ประสาทพร บริสุทธิ์เพ็ชร และคณะ. (2551). **การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อสมุนไพรในห้องปฏิบัติการ.** .ขอนแก่น : ประชุมวิชาการสัตวแพทยศาสตร์  มข. ครั้งที่ 9 มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ประเสริฐ ประภานภสินธุ์. (2544). **เปรียบเทียบเทคนิคการสกัดสารแคปไซซินในพริกพันธุ์ต่างๆ.** วิทยานิพนธ์ วท.ม. (พืชสวน). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนีย์ สายวิชัย และคณะ. (2554). **การศึกษาความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ฮิสโทนดีอะเซทิลเลสโดยแคปไซซินและสารอนุพันธ์ของแคปไซซิน (6-hydroxy-*N*-(4-hydroxyl-3methoxybenzyl)-8-methylnonanamide**). เชียงใหม่ : Science Society of Thailand under the Patronage of His and Department of Biochemistry Faculty of Medicine Chiang Mai University.

เยาวพา สุวัตถิ. (2553). **การใช้เชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมโรคพืช**. กรุงเทพฯ : วิจัยอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ.

มงคล จันทร์แก้วปง. (2548). **การวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซินในพริก โดยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง.** พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

วสกร บัลลังก์โพธิ์ และคณะ. (2545). **“สารสกัดจากพริกขี้หนู (*Capsicum frutescens* L.) ในการควบคุมด้วงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motsehulsky),” วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 33 (6) : 300-304.

วัยวรรธน์ บุณยมานพ. (2536). **การศึกษาปริมาณแคปไซซินและแคโรทีนอยด์ในผลของริกปลูกในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ ภ.ม. (เภสัชเวท). กรุงเทพฯ : คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีระชัย วีระเมธากุล. (2553). **“วท. รุกเพิ่มมูลค่าภาคอาหารเกษตร,” หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ**. 15.

ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. (2551). **โรคและศัตรูของมันสำปะหลัง.** สืบค้นวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2558 จาก www.sut.sc.th/cassava

ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร. (2558). **จำแนกพันธุ์มันสำปะหลัง**. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2558. จาก http://at.doa.go.th

สนทยา โสสนุย. (2540). **พริก Capsicums และประโยชน์ของสาร Capsaicin.** ยะลา : โปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

สภาที่ปรึกษาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2556). **สรุปภาวะเศรษฐกิจรอบไตรมาสที่ 1 ของปี 2555.** สืบค้น เมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2553. จากแหล่งข้อมูล: www.nesac.go.th/office/upload/modDocume nt/file_13-tn-13-12288266581768.pdf

สมหมาย ปะติตังโข และกิ่งแก้ว ปะติตังโข. (2557). “การสังเคราะห์และการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารนาโนอินทรีย์และนาโนโลหะอินทรีย์,” **วารสารวิทยาศาสตร์ มข**. 42 (3) : 612-623.

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. (ม.ป.ป.). **เพลี้ยแป้งมันสำปะหลังและการป้องกันกำจัด.** กรุงเทพ ฯ : กรมวิชาการเกษตร.

สุภาพร พงษ์มณี และกัญญาญาภัค สนามพล. (2550). **“การสกัดสารจากพืชสมุนไพรเพื่อยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร,” วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** 38 (6) : 54-57.

สุวรา วัฒนพิทยกุล และคณะ. (2550). **ผลของสารสกัดพริกและ Capsaicin ต่อการยับยั้งการทำงานของเซลล์เยื่อบุหลอดเลือด.** กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

เสาวนีย์ คำพันธ์. (2553). **องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของกิ่งตนไข่เน่า.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

โอภาษ บุญเส็ง. (2552). **ปลูกมันสำปะหลังแบบมีการใช้น้ำช่วยเพิ่มผลผลิตและป้องกันเพลี้ยแป้ง.** ระยอง : ศูนย์วัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

Duangpatra, P. (1988). Soil and Climatic Characterization of Major Cassava Growing Areas in Thaiand. **CIAT cassava breeding and agronomy research in Asia**. Proceedings of a workshop held in Thailand, Oct. 26-28, Bangkok, Thailand p. 157-184.

Marla Sganzerla. et al. (2014). “Fast method for capsaicinoids analysis from *Capsicum chinense* fruits,” **Food research international.** 64 : 718-725.

Sinsupha Chuicherm. et al. (2013). “Optimization of capsaicin purification from *Capsicum frutescens* Linn. With column chromatography using taguchi Design,” **Industrial crops and products**. 44 : 473-479

Xinrong Dong, et al . (2014). “Stage extraction of capsaicinoids and red pigments from frest red pepper (*Capsicum*) fruits with ethanol as solvent,” **LWT –food science and technology.** 59 : 396-402.