รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

องค์ประกอบทางเคมีและกลไกการออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชในการยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนาม

Chemical composition of mode of action of essential oil form plants on *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. and *Amaranthus spinosus* L.

รองศาสตราจารย์ ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณทินี ธีรารักษ์

นายวรเชษฐ์ บุญเกิด

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ องค์ประกอบทางเคมีและกลไกการออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชในการยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนาม

แหล่งเงิน เงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2560 **จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน** 400,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2559 ถึง 31 กันยายน 2560

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

รศ.ดร. จำรูญ เล้าสินวัฒนา หัวหน้าโครงการ

ผศ.มณทินี ธีรารักษ์ ผู้ร่วมโครงการ

นายวรเชษฐ์ บุญเกิด ผู้ช่วยวิจัย

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การศึกษาศักยภาพทางอัลลีโลพาทีของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 10 ชนิด ได้แก่ ซีดาร์วูด, มะนาว, มะกรูด, สะระแหน่, ยูคาลิปตัส, เสม็ดขาว, อบเชยจีน, กะเพรา, ข่า และโป๊ยกั๊ก ที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนาม พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนามได้โดยสมบูรณ์ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนด้วยเทคนิค GC/MS พบว่าองค์ประกอบที่สำคัญในน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนคือ Cinnamaldehyde พบมากที่สุด 69.43 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 200, 300 และ 400 ppm ในเมล็ดหญ้าข้าวนกและที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100, 150 และ 200 ppm ในเมล็ดผักโขม พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกได้สูงที่สุดและที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนามได้อย่างสมบูรณ์ การศึกษาผลของการดูดน้ำและกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเพิ่มสูงขึ้นเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำในเมล็ด และกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนามจะลดลง และเมื่อระยะเวลาเพิ่มสูงขึ้นเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำในเมล็ดกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และเมื่อใส่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนร่วมกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน พบว่าให้ผลไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนอย่างเดียว จากนั้นจึงทำการศึกษาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนกับสารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์ที่อัตรา 138 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ (อัตราแนะนำ) ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด พบว่าสารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์ สามารถกำจัดวัชพืชได้ทั้งใบแคบและใบกว้างได้แก่หญ้าแพรก หญ้าตีนนก ลูกใต้ใบ ผักโขมไร้หนามและสะเดาดินได้อย่างสมบูรณ์ ขณะที่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนมีประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชใบกว้างได้มากกว่าวัชพืชใบแคบ ที่ระดับความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ สามารถกำจัด

วัชพืชใบแคบได้แก่ หญ้าแพรกและหญ้าตีนนก ได้ 28.75 และ 35.00 เปอร์เซ็นต์ และสามารถกำจัดวัชพืชใบกว้างได้แก่ ลูกใต้ใบ ผักโขมไร้หนามและสะเดาดิน ได้ 96.25, 95.00 และ 83.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยเป็นสารธรรมชาติกำจัดวัชพืชประเภทเลือกทำลายและไม่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อมซึ่งเป็นทางเลือกในการลดอันตรายจากการใช้สารเคมีอันเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการวัชพืชอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ :น้ำมันหอมระเหย การดูดน้ำ เอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส จิบเบอเรลลิน ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Research Title: Chemical composition of mode of action of essential oil form plants on *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. and *Amaranthus spinosus* L.

Researcher: Assoc. Prof. Dr Chamroon Laosinwattana Asst. Prof. Dr Montinee Teerarak Mr. Worachet Bunkoed

Faculty : Agricultural Technology **Department:** Plant Production Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok

ABSTRACT

Allelopathic potential of essential oil from 10 plant species namely, *Juniperus viriniana* L., *Citrus aurantifolia*, *Citrus hystrix* DC., *Metha cordifolia* Opiz., *Eucalyptus globulus* Labill., *Melaleuca leucadendra* Linn. Var. *minor Duthie*, *Cinnamomum cassia*, *Ocimum sanctum*, *Alpinia galangal* and *Illicium verum* Hook.f. against two weed species (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. and *Amaranthus spinosus* L.) were investigated on their seed germination and seedling growth. The result showed that essential oil from *C. cassia* was the strongest effective inhibiting seed germination and seedling growth of *E. crus-galli* and *A. spinosus*. At concentrations of 5 microlitre/ petri dish caused complete inhibition on germination and seedling growth of both bioassay species. Chemical constituents from *C. cassia* was analysed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The main component in essential oil from *C. cassia* was Cinnamaldehyde (69.43 %). The essential oil from *C. cassia* gave the highest inhibition on germination and seedling growth of both bioassay species. Then, natural product from *C. cassia* essential oil in emulsifier formulation was determined on seed germination, seed imbibition and **α**-amylase activities at concentrations of 50, 100, 200, 300 and 400 ppm of *E. crus-galli* and at concentrations of 25, 50, 100, 150 and 200 ppm of *A. spinosus*. The results showed that essential oil product from *C. cassia* had the highest inhibition on seed germination at concentration of 400 ppm of *E. crus-galli* and completely inhibited seed germination at concentration of 200 ppm of *A. spinosus*. Continuously running experiment was conducted to determine the inhibition mechanism of natural essential oil product from *C. cassia* on seed germination at time 24, 36 and 48 h (*E. crus-galli*) and 6, 12 and 24 h (*A. spinosus*). The results showed that imbibition and **α**-amylase activities of weeds tested were decreased with the increasing of concentrations. However, natural essential oil product from *C. cassia* exogenous GA_3 did no significant on the seed imbibition and **α**-amylase activity when compared with natural herbicide product from *C. cassia* essential oil alone. Comparative study of natural essential oil product from *C. cassia* with chemicals herbicides (Paraquat dichloride) in *Zea mays* L. field were evaluated. The results showed that Paraquat dichloride at rate of

138 g a.i./rai (recommend rate) had completely on weed control through the narrow leaves (*Cynodon dactylon* and *Digitaria ciliaris*) and broad leaves (*Phyllanthus niruri* L., *Amaranthus viridis* and *Glinus oppositifolius* L.), while natural essential oil product from *C. cassia* at concentration of 8 % weed control against narrow leaves of *Cynodon dactylon* and *Digitaria ciliaris* was 28.75 and 35.00 %, respectively, and provided weed control against broad leaves of *P.* niruri , *A. viridis* and *G. oppositifolius* by 96.25, 95.00 and 83.75 %, respectively.

Keywoeds : essential oil, imbibition, α-amylase, inhibition mechanism, GA_3, natural essential oil product

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สัญญาเลขที่ A118-0260-011 จากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

รศ.ดร. จำรูญ เล้าสินวัฒนา

ผศ.ดร.มณทินี ธีรารักษ์

นายวรเชษฐ์ บุญเกิด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III
กิตติกรรมประกาศ V
สารบัญ VI
สารบัญตาราง VIII
สารบัญภาพ IX
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 วัชพืช 3
2.2 การจัดการวัชพืช 3
2.3 สารประกอบทางเคมีในพืช 4
2.4 สารอัลลีโลพาที 4
2.5 สารป้องกันกำจัดวัชพืช 6
2.6 รูปผลิตภัณฑ์สารกำจัดวัชพืช 8
2.7 น้ำมันหอมระเหย 13
2.8 พืชที่ใช้ในการทดสอบ 17
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 25
3.1 อุปกรณ์การทดลอง 25
3.2 วิธีการทดลอง 25
3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง 31
3.4 ระยะเวลาดำเนินการ 31
บทที่ 4 ผลการวิจัย 32
4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 10 ชนิดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ 32
4.2 การทดลองที่ 2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยด้วยเทคนิค Gas chromatograph/ Mass spectroscopy (GC/MS) 34
4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ 34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 การทดลองที่ 4 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อการดูดซับน้ำของเมล็ดพืชทดสอบ....36
4.5 การทดลองที่ 5 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสในเมล็ดพืชทดสอบ....38
4.6 การทดลองที่ 6 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อฮอร์โมนจิบเบลเรลลินในเมล็ดพืชทดสอบ....40
4.7 การทดลองที่ 7 การศึกษาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยกับสารเคมีกำจัดวัชพืชที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน....44
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ....50
5.1 สรุปผลการวิจัย....50
5.2 ข้อเสนอแนะ....51
บรรณานุกรม....52
ภาคผนวก....56
ภาคผนวก ก รายงานสรุปการเงิน....57
ประวัตินักวิจัย....58

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงตัวอย่างสารประกอบเบนซีนที่พบในน้ำมันหอมระเหย.....15
3.1 แสดงระดับเปอร์เซ็นต์การควบคุมวัชพืช และความเป็นพิษต่อพืชปลูก.....30
4.1 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 10 ชนิดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก.....33
4.2 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 10 ชนิดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนาม.....33
4.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน.....34
4.4 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก.....35
4.5 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนาม.....36
4.6 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนร่วมกับจิบเบลเรลลิน (GA_3) ต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง.....41
4.7 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนร่วมกับจิบเบลเรลลิน (GA3) ต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง.....42
4.8 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนร่วมกับจิบเบลเรลลิน (GA3) ต่อการดูดน้ำของผักโขมหนามที่ระยะเวลา 12, 18 และ 24 ชั่วโมง.....43
4.9 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนร่วมกับจิบเบลเรลลิน (GA_3) ต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของผักโขมหนามที่ระยะเวลา 12, 18 และ 24 ชั่วโมง.....44
4.10 แสดงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยและสารเคมีกำจัดวัชพืชต่อหญ้าแพรก ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด.....46
4.11 แสดงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยและสารเคมีกำจัดวัชพืชต่อหญ้าตีนนก ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด.....46
4.12 แสดงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยและสารเคมีกำจัดวัชพืชต่อลูกใต้ใบ ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด.....47
4.13 แสดงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยและสารเคมีกำจัดวัชพืชต่อผักโขม ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด.....47
4.14 แสดงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยและสารเคมีกำจัดวัชพืชต่อสะเดาดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด.....48

สารบัญภาพ

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดง ก.ไอโวพรีน (C2 H4) และ ข. การต่อกันแบบ head-to-tail ของไอโซพรีน 2 หน่วย 14
2.2 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของซีดาร์วูด.....17
2.3 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะนาว.....17
2.4 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะกรูด.....18
2.5 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสะระแหน่.....18
2.6 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของยูคาลิปตัส.....19
2.7 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของเสม็ดขาว.....20
2.8 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของอบเชยจีน.....20
2.9 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกะเพรา.....21
2.10 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข่า.....22
2.11 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของโป๊ยกั๊ก.....22
4.1 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการดูดน้ำของหญ้าข้าวนกที่ 24, 36 และ48 ชั่วโมง.....37
4.2 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการดูดน้ำของผักโขมหนามที่ 6, 12 และ 24 ชั่วโมง.....38
4.3 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของหญ้าข้าวนก ที่ 24, 36 และ 48 ชั่วโมง.....39
4.4 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของผักโขมหนาม ที่ 6, 12 และ 24 ชั่วโมง 40
4.5 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ และสารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์ ต่อการเจริญเติบโตของวัชพืชภายในพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่ 7 วัน หลังจากฉีดพ่นสาร.....49

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การทำเกษตรกรรมส่วนใหญ่ จะต้องประสบปัญหาด้านการจัดการศัตรูพืชเป็นอย่างมาก จึงต้องอาศัยใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกันเพื่อช่วยควบคุมและกำจัดศัตรูพืชกันอย่างแพร่หลายและใช้ในปริมาณมาก เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร จากข้อมูลการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชปี 2558 พบว่ามีการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชทั้งหมด 149,458 ตัน คิดเป็นมูลค่า 19,301 ล้านบาท และในปี 2559 มีการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชทั้งหมด 160,687 ตัน คิดเป็นมูลค่า 20,577 ล้านบาท ซึ่งเป็นการนำเข้าสารกำจัดวัชพืช 125,596 ตัน คิดเป็นมูลค่า 9,688 ล้านบาท (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2560) จะเห็นได้ว่าปริมาณการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นทุกปี อย่างต่อเนื่อง แต่การใช้สารเคมีเหล่านี้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้เกษตรกรและผู้บริโภคได้รับความเสี่ยงจากความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืช โดยสามารถได้รับเข้าสู่ร่างกายทางปาก ผิวหนังและการหายใจ ซึ่งส่งผลต่อระบบประสาท ระบบทางเดินอาหาร การหายใจ เป็นต้น หากได้รับในปริมาณสูงหรือระยะเวลานาน มีอันตรายถึงชีวิต นอกจากนั้นแล้วสารเหล่านี้มีการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมและมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ อย่างหลากหลาย (Zahm et al., 1990; Risco et al., 2016) นอกจากนี้สารเคมีกำจัดวัชพืชมักสลายตัวยาก ทำให้เกิดการตกค้างในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน (สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค, 2546) รัฐบาลได้กำหนดนโยบายและมาตรฐานด้านสุขอนามัยและความปลอดภัยด้านอาหารจึงถูกนำมาเป็นเงื่อนไขในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เพื่อให้ผลผลิตพืชเศรษฐกิจของไทยสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้มากขึ้น สินค้าเกษตรและอาหารต้องมีความปลอดภัยและได้มาตรฐานจึงจำเป็นต้องพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตรตามระบบการจัดการคุณภาพที่ดีสำหรับพืช (Good Agriculture Practices : GAP) เพื่อตอบสนองทางด้านการค้าสินค้าเกษตรของประเทศต่าง ๆ รวมทั้งความต้องการของผู้บริโภคภายในประเทศที่ต้องการสินค้าเกษตรที่ปลอดภัยและได้มาตรฐาน บนพื้นฐานความยั่งยืนในระบบการผลิตและสิ่งแวดล้อมที่ให้คุณภาพ ซึ่งปรากฏการณ์ อัลลีโลพาที (Allelopathy) เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติรูปแบบหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ด้านชีวเคมีระหว่างพืชรวมถึงจุลินทรีย์ โดยพืชหรือจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งผลิตและปลดปล่อยสารชีวเคมีออกสู่สภาพแวดล้อมแล้วก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นอาจจะมีผลในด้านการยับยั้งหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชหรือจุลินทรีย์ดังกล่าว (Rice, 1984) การนำสารสกัดจากธรรมชาติมาใช้ทดแทนการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชสังเคราะห์ซึ่งมีความปลอดภัยต่อเกษตรกรและประหยัดค่าใช้จ่ายในการลงทุน ทำให้เกษตรกรมีทางเลือกได้มากขึ้น เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม และปัญหาสุขภาพเกิดจากโรคต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นจากการใช้สารเคมี ในปัจจุบันน้ำมันหอมระเหยจากพืชได้เข้ามามีส่วนใน ชีวิตประจำวันมากขึ้น ทั้งในด้านอาหารยา เครื่องสำอาง เป็นต้น ซึ่งน้ำมันหอมระเหยเป็นสารธรรมชาติชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการกำจัดวัชพืชมีรายงานว่าสารกำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหย *Achillea gypsicola* Hub-Mor. สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของ *Amaranthus retroflexus* L., *Cirsium arvense* L. (Scop.) และ *Lactuca serriola* L. (Kordali *et.al.*, 2009)

เช่นเดียวกับ Kaur *et al*. (2010) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากโกฐจุฬารัมภา (*Artemisia scoparia*) ที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครกรัม สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกได้มากที่สุดโดยมีเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโต 40 เปอร์เซ็นต์ และ Shokouhian et al. (2016) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากโรสแมรี่ (*Rosmarinus officinalis*) ไทม์ (*Thymus vulgaris*) และเทียนสัตตบุษย์ (*Pimpinella anisum*) มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) ดีปลี (*Piper longum*) และมะเขือเทศ (*Solanum lycopersicum*) ซึ่งจากรายงานการวิจัยสารกำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยเป็นทางเลือกในการลดอันตรายจากการใช้สารเคมีอันเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการวัชพืชอย่างยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 10 ชนิดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนาม

1.2.2 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

1.2.3 ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารกำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยให้อยู่ในรูปผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้จริง

1.2.4 เพื่อศึกษากลไกการยับยั้งการงอกของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชต่อการดูดน้ำและกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส และฮอร์โมนจิบเบอเรลลินของเมล็ดหญ้าข้าวนกและผักโขมหนาม

1.2.5 ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สารธรรมชาติกำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยต่อการควบคุมวัชพืช

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากชีดาร์วูด, มะนาว, มะกรูด, สะระแหน่, ยูคาลิปตัส, สะเม็ดขาว, อบเชยจีน, กะเพรา, ข่า และโป๊ยกั๊ก ในการยับยั้งการงอกของเมล็ดวัชพืชทดสอบ

1.3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Gas chromatograph/Mass spectroscopy (GC/MS)

1.3.3 การแปรรูปผลิตภัณฑ์สารกำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยในรูปของสารละลายน้ำมัน (Emuisifiable concentrate)

1.3.4 ศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชต่อการดูดน้ำ กิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสและฮอร์โมนจิบเบอเรลลินของเมล็ดหญ้าข้าวนกและผักโขมหนาม

1.3.5 ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สารธรรมชาติกำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยต่อการควบคุมวัชพืช

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วัชพืช

วัชพืช (weed) หมายถึง พืชที่ไม่ต้องการให้ขึ้น พืชที่ควรละทิ้ง พืชที่ไม่ปรารถนา เป็นพืชที่ต้องการกำจัด และทำให้มีผลกระทบต่อระบบการผลิตทางเกษตรในด้านที่เป็นโทษมากกว่าเป็นประโยชน์ วัชพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่นับได้ว่ามีความสัมพันธ์กับมนุษย์ค่อนข้างมาก โดยที่ไม่ใช่เฉพาะการมีความเกี่ยวข้องกับการเกษตรเท่านั้น วัชพืชยังเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่มนุษย์ทั้งทางตรง และทางอ้อมมากมาย เช่น ปัญหาของวัชพืชที่เกิดแก่การประมง การทำป่าไม้ การชลประทาน การคมนาคม และสภาพแวดล้อม ซึ่งล้วนก่อให้เกิดผลเสียทางเศรษฐกิจของประเทศอย่างมาก โดยเฉพาะในแง่การเกษตร วัชพืชจัดว่าเป็นตัวการที่สำคัญอันหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตลดลง การใช้มาตรการเพื่อควบคุมวัชพืชเพียงวิธีใดวิธีหนึ่งโดยเฉพาะ อาจไม่สามารถขจัดปัญหาของวัชพืชได้ จำเป็นต้องพิจารณาถึงทุกขั้นตอนของการปลูกพืชว่า จะสามารถนำวิธีการใดที่มีผลต่อการแก้ปัญหาวัชพืช การควบคุมทางกายภาพ การเขตกรรม การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช การควบคุมทางชีวภาพ และการใช้กฎหมายควบคุม โดยนำวิธีการเหล่านี้มาผสมผสาน ควบคู่ไปกับการพิจารณาถึงสภาพของพื้นที่ปลูก ชนิดของพืชที่ปลูก สภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร ตลอดจนภาวะทางการตลาดของผลผลิตการเกษตรนั้น ๆ โดยคำนึงถึงหลักการที่ว่า เกษตรกรยอมรับและสามารถนำวิธีการอันนี้ไปปฏิบัติได้ ทั้งหาซื้อวัสดุและอุปกรณ์ที่จะนำไปปฏิบัติได้ด้วย และเป็นวิธีการที่ให้ผลตอบแทนสูงสุด จะเป็นมาตรการในการแก้ปัญหาวัชพืชที่เหมาะสมให้กับเกษตรกรแต่ละบุคคลหรือท้องถิ่น เมื่อเกษตรกรยอมรับวิทยาการด้านนี้ไปใช้จึงจะมีผลในทางปฏิบัติ ผลที่สุดก็สามารถแก้ปัญหาวัชพืชได้ทำให้การพัฒนาการเกษตรที่มีวัชพืชเป็นอุปสรรคจะหมดไป

2.2 การจัดการวัชพืช

การจัดการวัชพืช (Weed management) เป็นวิธีการที่ทำให้วัชพืชมีผลกระทบต่อระบบการผลิตทางเกษตรน้อยที่สุด ซึ่งในหลักการจัดการวัชพืชประกอบไปด้วย การป้องกัน (prevention) การกำจัด (eradication) และการควบคุม (control)

การป้องกันวัชพืช (prevention) คือ การปฏิบัติเบื้องต้นเพื่อไม่ให้มีการนำเอาวัชพืชเข้ามาในพื้นที่ที่ยังไม่มีวัชพืชขึ้นอยู่

การกำจัดวัชพืชอย่างถอนรากถอนโคน (eradication) คือ การกำจัดส่วนต่าง ๆ ของวัชพืชออกไปให้หมดจากพื้นที่อย่างสิ้นเชิง เมล็ดและส่วนขยายพันธุ์ไม่ว่าจะอยู่บนดินหรือใต้ดินต้องทำลายให้หมด วิธีกการเช่นนี้ปกติจะทำได้ก็แต่พื้นที่เล็ก ๆ หรือในขณะที่เกิดการระบาดขึ้นใหม่ ๆ ถ้าวัชพืชระบาดอยู่นานแล้วและเกิดขึ้นในพื้นที่กว้าง การใช้วิธีนี้จะทำได้ยากและสิ้นเปลืองมาก

การควบคุมวัชพืช (control) คือ การจำกัดการทำลายของวัชพืชให้อยู่ในระดับที่ไม่มีผลทางเศรษฐกิจ บางครั้งเราไม่สามารถป้องกันไม่ให้วัชพืชสร้างส่วนขยายพันธุ์ได้ แต่พยายามให้เหลือน้อยจนไม่ส่งผลกระทบต่อพืชปลูก

2.3 สารประกอบทางเคมีในพืช

สารประกอบทางเคมีในพืช (Phytochemistry) และสารอัลลีโลพาที หมายถึง สารประกอบที่พืชสร้างขึ้นด้วยกระบวนการเมแทบอลิซึม รวมทั้งสารอนุพันธ์ต่าง ๆ ของสารเหล่านี้ที่ถูกสร้างขึ้นด้วย โดยสารประกอบที่สิ่งมีชีวิตสร้างขึ้นถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.3.1 สารเมแทบอไลท์ปฐมภูมิ (primary metabolites) คือ สารที่ได้มาจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) รวมทั้งสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการต่าง ๆ ของพืช เช่น การหายใจ (respiration) ซึ่งมีสารประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมากมาย เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน กรดอะมิโน เพียวรีน และไพริมิดีน เป็นต้น

2.3.2 สารเมแทบอไลท์ทุติยภูมิ (secondary metabolites) คือ กลุ่มของสารเคมีที่สร้างโดยพืช สัตว์ ราหรือแบคทีเรีย ที่ไม่มีความจำเป็นขั้นวิกฤติต่อสิ่งมีชีวิตและผู้ผลิต หากแต่ถูกสร้างโดยกระบวนการทางชีวเคมีของผู้ผลิต เป็นสารจำเพาะต่อผู้ผลิตนั้น ๆ เป็นสารที่ให้กลิ่น สี หรือสารที่มีสรรพคุณจำเพาะของพืช ได้แก่ สารอัลคาลอยด์ (alkaloids) ฟีนอลิก (phenolics) อะซีโทจีนิน (acetogenins) และเทอร์พีนอยด์ (terpenoids) เป็นต้น (รัตนา, 2547)

2.4 สารอัลลีโลพาที

สารอัลลีโลพาทีที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากพืชส่วนใหญ่เป็นสารทุติยภูมิ เมื่อพืชสร้างสารนี้ขึ้นมาแล้วอาจมีการปลดปล่อยสารออกสู่สิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่อยู่ ใกล้เคียงและแสดงผลจำเพาะเจาะจงกับพืชเป้าหมาย (พรชัย, 2540) จนเกิดการสะสมในปริมาณที่เพียงพอที่จะส่งผลกระทบต่อพืชและจุลินทรีย์ได้ (Rizvi and Rizvi, 1992) ทั้งทางด้านบวกและด้านลบได้ (อานุช และคณะ, 2556) ผลทางด้านบวก เช่น กระตุ้นการงอกของเมล็ดหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืชและจุลินทรีย์ (ชัด และปราโมทย์, 2553) ผลทางด้านลบ ได้แก่ ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชต้นอื่นรวมทั้งจุลินทรีย์ด้วย (Cheng, 1989) โดยพืชสามารถปลดปล่อยสารอัลลีโลพาทีได้หลายทาง (Rice, 1984; Kumbhar and Patel., 2016) เช่น

2.4.1 การระเหย (Volatilization) สารอัลลีโลพาทีที่พืชสร้างขึ้นจะระเหยออกมาจากส่วนต่างๆ ของพืชสู่บรรยากาศ แล้วไปมีผลกระทบต่อพืชอื่น ๆ และแมลงด้วย เช่น สารกลุ่มเทอร์พีน (terpene) จาก *Salvia leucophylla* และสารเทอร์พีนอยด์จาก *Artemisia californica* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้หลายชนิด (Rice, 1984) นอกจากนี้ยังพบสารระเหยจากมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ซึ่งเมื่อนำมาแยกด้วยวิธี gas chromatography พบสารประกอบที่เป็นพิษต่อพืช 40 ชนิด เช่น trans-2-hexenal, α-terpineol, linalool, phenylacetaldehyde, methylsalicylic acid และ tetradecanoic acid ซึ่งมีผลยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) และทำให้การเจริญเติบโตขององุ่นลดลงเมื่อขึ้นใกล้ต้นมะเขือเทศ

2.4.2 การปลดปล่อยทางราก (Exudation from roots) พืชสามารถปลดปล่อยสารอัลลีโลพาทีออกจากรากสู่สิ่งแวดล้อม สารที่ถูกปลดปล่อยออกมาทางรากอาจไปมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชชนิดอื่น เช่น ข้าว (*Oryza sativa*) สามารถปลดปล่อยสาร momilactone B ออกมาทางรากและส่งผลให้เกิดการยับยั้ง

การเจริญเติบโตของรากและลำต้นของเมล็ด cress นอกจากนี้สาร momilactone B ยังส่งผลกระทบต่อพืชที่อยู่ใกล้เคียงอีกด้วย (Kato-Noguchi, 2004)

2.4.3 การชะล้าง (Leaching) เกิดจากการชะล้างโดยหมอก น้ำฝนหรือน้ำค้าง ทำให้สารที่ละลายน้ำได้จากส่วนของต้นพืชละลายลงดิน การชะล้างเกิดได้จากหลายส่วน เช่น ใบสด รากหรือ แม้กระทั่งส่วนของซากที่อยู่ในดิน เช่น น้ำชะล้างจากใบ *Chenopodium murale* ที่สะสมอยู่บริเวณดินซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของลำต้นข้าว (Inderjit, 2005)

2.4.4 การสลายตัวของซากพืช (Decay of plant material, Decomposition of plant residue) เป็นการปลดปล่อยสารออกจากส่วนต่าง ๆ ของพืชที่ร่วงหล่นลงบนพื้นดิน หรือทับถมในดินจนเกิดการเน่าเปื่อยตามธรรมชาติหรือถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดินในสภาพที่มีออกซิเจนทำให้มีการปลดปล่อยสารอัลลีโลพาทีออกมาหลายชนิด ทำให้เกิดผลกระทบต่อพืชชนิดอื่นทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การสลายตัวของราก alfalfa มีผลทำให้การเจริญเติบโตของเมล็ดหญ้าคาลดลง

ซึ่งโดยทั่วไป สารอัลลีโลพาที มีผลกระทบต่อการงอกของเมล็ด น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้น ราก รวมทั้งความสูงของต้นพืชและพัฒนาการต่าง ๆ ของพืช (Fikreyesus et al., 2011) เช่น ผลต่อเซลล์และโครงสร้างภายในเซลล์พืช การแบ่งเซลล์ และการยืดหดตัวของเซลล์โดยไปยับยั้งการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์ มีผลต่อการดูดซับธาตุอาหารของพืช เป็นต้น (El-Darier and Zein El-dien, 2011) สารที่พืชปลดปล่อยออกมาทางปฏิกิริยาชีวเคมี เป็นสารประกอบเคมีที่ได้จากขบวนการเมตาบอลิซึมของพืช และมีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของพืช แต่ในระดับปริมาณต่ำสามารถกระตุ้นและเร่งการเจริญ ซึ่งสารอัลลีโลพาทีที่มีการพิสูจน์ทราบแล้ว Rice (1984) และ Putnam (1985) ได้แบ่งออกเป็น 11 กลุ่ม ได้แก่

1) ก๊าซพิษ (toxic gas) ส่วนใหญ่เป็นพวก mono-terpen และ ses-quiterpene ซึ่งสารนี้อาจถูกดูดซึมเข้าไปเหมือนก๊าซอื่นทั่วไปรวมกับความชื้น หรืออาจลงไปในดินอาจเข้าสู่ราก เช่น ในพืชพวกยูคาลิปตัส เป็นต้น

2) กรดอินทรีย์และอัลดีไฮด์ (organic acid and aldehydes) เช่น กรด malic, citric, acetic และ tartaric ซึ่งพบว่าในผลไม้พบสารนี้ในปริมาณที่มากพอที่จะยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ (evenari. 1949)

3) คูมาริน (coumarins) เป็นน้ำตาลแลคโตสของกรด o-hydroxycinnamicได้จาก isoprenoids ซึ่ง robinson (1983) พบว่า สารพวก coumarin, escurin และ prosalen สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดในพืชตระกูลถั่วและธัญพืช

4) กรดอะโรมาติก (aromatic acids) เช่น กรด chlorogenic, p-coumarin, ferulic และ caffeic acids

5) น้ำตาลแลคโตสไม่อิ่มตัว (simple unsaturated lactonres) เช่น parasorbic

6) ควิโนน (quinones) juglone เป็น quinine ที่พบในพืชชั้นสูง เช่น วอนัท สารนี้เป็นพิษอย่างมากในมะเขือเทศ

7) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) พบหลายชนิดในพืชแต่ไม่กี่ชนิดที่เป็นสารอัลลีโลเคมิคอล เช่น glycoside ซึ่งเป็นชนิดของ flavonoids ในทุ่งหญ้าซึ่งมีคุณสมบัติการยับยั้งการงอกของเมล็ดและการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรีย

8) แทนนิน (tannins) สารยับยั้งการเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียในพืชหลายชนิดและลดกาซรเจริญของต้นอ่อนพืช

9) อัลคาลอยด์ (alkaloids) เป็นสารสำคัญอีกชนิดหนึ่งที่ยับยั้งการงอกของเมล็ดยาสูบ (nicotiana tabacum) กาแฟ (coffea arabica) และโกโก้ (theobroma cacao)

10) เทอร์ปีนอยด์และสเตอรอยด์ (terpenoids and steroids) มี monoterpenoids เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยในพืชชั้นสูง (Robinson, 1983)

11) สารอื่นๆ ได้แก่ ไขมันโมเลกุลใหญ่ แอลกอฮอล์ โพลีเปปไตด์ และนิวคลีโอไซด์ เป็นต้น

2.5 สารป้องกันกำจัดวัชพืช

สารป้องกันกำจัดวัชพืช หรือที่เรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า herbicide นั้น โดยทั่วไปจะเรียกต่างกัน เช่น ยาฆ่าหญ้า ยาปราบหญ้า ยากำจัดวัชพืช สารเคมีกำจัดวัชพืช หรือสารกำจัดวัชพืช ทั้งหมดนี้การใช้คำว่า สารป้องกันกำจัดวัชพืช เป็นสื่อเรียกที่เหมาะสมที่สุด เพราะเป็นได้ทั้งคุมไม่ให้วัชพืชงอกและฆ่าวัชพืชที่งอกขึ้นมาแล้ว

สารป้องกันกำจัดวัชพืช หมายถึง สารเคมีชนิดใดๆ ก็ตามที่นำมาใช้เพื่อฆ่าทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืช ไม่ว่าจะเป็นในขณะที่วัชพืชงอกขึ้นมาแล้วหรือยังเป็นเมล็ดอยู่ตลอดจนชิ้นส่วนต่างๆ ของวัชพืชที่ขยายพันธุ์ได้อยู่บนดินหรืออยู่ใต้ดิน (ทศพล, 2554)

การจำแนกประเภทของสารป้องกันกำจัดวัชพืช แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลักๆ ดังต่อไปนี้

2.5.1 การแบ่งตามการเลือกทำลายของสาร (Herbicide selectivty) แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ

2.5.1.1 สารประเภทเลือกทำลาย (selective herbicides) หมายถึง สารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด แต่ไม่มีผลหรือมีผลน้อยกับพืชบางชนิด สารป้องกันกำจัดวัชพืชส่วนใหญ่มีจำหน่ายมักจะเป็นพวกที่เลือกทำลาย โดยฆ่าเฉพาะพืชบางชนิดหรือบางกลุ่มแต่จะไม่เป็นพิษต่อพืชอีกบางชนิดหรือบางกลุ่ม เช่น 2,4-D เป็นสารที่ควบคุมวัชพืชพวกใบกว้างได้ดี แต่ไม่มีผลต่อวัชพืชพวกหญ้า ส่วนสารป้องกันกำจัดวัชพืช fluazifop และ haloxyfop สามารถควบคุมวัชพืชพวกหญ้าได้ดี แต่มีผลน้อยต่อวัชพืชพวกใบกว้าง จึงเป็นสารที่ใช้ในพืชปลูกใบกว้าง นอกจากนี้ สาร propanil แม้จะเป็นสารป้องกันกำจัดวัชพืชที่สามารถควบคุมพวกหญ้าได้ดี แต่ก็ไม่ทำลายข้าว จึงใช้ควบคุมวัชพืชพวกหญ้าในนาข้าวได้ โดยที่ไม่มีความเป็นพิษต่อต้นข้าว

2.5.1.2 สารประเภทไม่เลือกทำลาย (non- selective herbicides) หมายถึง สารที่มีผลในการทำลายพืชทุกชนิด เช่น paraquat glyphosate และ glufosinate สารพวกนี้จะทำลายพืชทุกชนิดที่สัมผัสการใช้จึงต้องระมัดระวังไม่ให้สารสัมผัสพืชปลูก มักนิยมใช้ในพืชปลูกไม้ยืนต้น เช่น ยางพารา ปาล์มน้ำมัน สวนผลไม้ และแหล่งที่ที่ไม่ได้ทำการเกษตร เป็นต้น

2.5.2 การแบ่งตามลักษณะวิธีการใช้ (Method of application) แบ่งได้ 2 กลุ่มคือ

2.5.2.1 สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางใบ หรือสารที่ใช้ทางใบ (foliar-applied herbicides) หมายถึง สารซึ่งทำลายพืชโดยมีการใช้ผ่านเข้าสู่พืชทางใบ (leaf-acting herbicide) ซึ่งอาจจะเรียกว่า สารที่ใช้ฉีดพ่นหลังงอก (post-emergence herbicide) เป็นสารป้องกันกำจัดวัชพืชที่มักนิยมเรียกว่า ยาฆ่า หรือ สารฆ่า (หมายถึงว่า เพื่อกำจัดต้นวัชพืชที่ขึ้นอยู่) เช่น glyphosate, glufosinate, paraquat และ 2,4-D เป็นต้น

สารที่ใช้ทางใบนั้น ในขณะที่ฉีดพ่นสารต้องการสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นในอากาศสูง ควรมีระยะปลอดฝนนาน 4-6 ชั่วโมง จึงจะมีประสิทธิภาพในการทำลายวัชพืชได้ดี สามารถแบ่งออกตามลักษณะอาการที่พืชได้รับพิษโดยทั่วไป (general symptoms) ได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

1) สารประเภทสัมผัส (contact herbiccide) หมายถึง สารที่มีผลเฉพาะตรงบริเวณของส่วนที่พืชได้รับหรือสัมผัสเท่านั้น ทำให้บริเวณนั้นแสดงอาการเหลืองซีดและแห้งตายหรือถูกทำลายไป แต่ส่วนอื่นยังคงเจริญเติบโตต่อไป เช่น glyphosate, paraquat และ MSMA เป็นต้น

2) สารประเภทเคลื่อนย้าย (translocated herbicides) หมายถึง สารซึ่งเมื่อเข้าไปในพืชทางใบแล้ว มีการเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่างๆ ภายในต้นพืชได้หลายทิศทาง เช่น ขึ้นสู่ส่วนยอดของลำต้นหรือลงสู่รากหรือหัวใต้ดิน เช่น 2,4-D, glyphosate และ dalapon เป็นต้น สารพวกนี้จะมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชข้ามปีได้ดี เนื่องจากสารสามารถเคลื่อนย้ายลงไปทำลายส่วนหัวใต้ดินหรือไหลใต้ดิน

2.5.2.2 สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางดิน หรือสารที่ใช้ทางดิน (soil-applied herbicides) หมายถึง สารที่ใช้ฉีดพ่นลงบนดิน ทั้งนี้หลังจากฉีดแล้วอาจมีการคลุกหรือไม่มีการคลุกสารเข้ากับดิน เพื่อทำลายเมล็ดวัชพืชที่กำลังจะงอก ซึ่งอาจจะเรียกว่า สารที่ใช้ฉีดพ่นก่อนงอก (pre-emergence herbicide) สารจะเข้าสู่ต้นพืชทางรากหรือยอดใต้ดิน อาจจะมีการตกค้างของสารในดิน ผลตกค้างจะนานเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสาร คุณสมบัติของดิน และอัตราที่ใช้ สารป้องกันกำจัดวัชพืชประเภทนี้ มักนิยมเรียกว่า ยาคุม หรือ สารคุม (หมายถึงว่า เพื่อควบคุมเมล็ดวัชพืชไม่ให้งอก) เช่น alachlor, bromacil, oxyfluorfen, oxadiazon และ pendimethalin เป็นต้น สารที่ใช้ทางดินนั้น ในขณะที่มีการฉีดพ่นสารต้องให้ดินมีสภาพความชื้นเหมาะสม ควรให้น้ำก่อนหรือหลังฉีดพ่นสาร 2-3 วัน จึงจะมีประสิทธิภาพในการทำลายวัชพืชได้ดี

2.5.3 การแบ่งตามลักษณะโครงสร้างพื้นฐานทางเคมี (basic chemical structure) เป็นการจำแนกสารป้องกันกำจัดวัชพืชตามโครงสร้างพื้นฐานทางเคมี โดยอาศัยลักษณะของโครงสร้างโมเลกุล และตำแหน่งของอะตอมของสารภายในโมเลกุลที่คล้ายคลึงกัน แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

2.5.3.1 สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่เป็นอนินทรีย์ (inorganic herbicides) เช่น ammonium sulfamate (AMS), copper sulfate, calcium cyanamide, copper chelate, sodium chlorate และ hexaflurate เป็นต้น มีผลต่อพืชในลักษณะทำลายเซลล์พืชเป็นส่วนใหญ่

2.6.3.2 สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่เป็นอินทรีย์ (organic herbicides) เป็นสารที่มีอะตอมของคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอย่างน้อย 1 อะตอม โดยทั่วไปโมเลกุลของสารอินทรีย์ประกอบด้วยธาตุต่างๆ ในจำนวน 12 ชนิด ซึ่งธาตุที่พบบ่อยที่สุด ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และ ออกซิเจน ส่วนธาตุชนิดอื่นๆ ที่อาจจะพบบ้าง ได้แก่ ไนโตรเจน กำมะถัน ฟอสฟอรัส และธาตุในกลุ่มฮาโลเจน เป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็นกลุ่มต่างๆ ตามโครงสร้างพื้นฐานทางเคมีของสารและตามกลไกในการทำปฏิกิริยาทางชีวเคมี (Devine et al., 1993; Warren and Hess. 1993; Smith, 1995) คือ aliphatic, amides, benzoics, bipyridiliums, carbamates, dinitroanilines, nitriles, diphenyl ethers, phenoxys, thiocarbamate, triazines, ureas, uracils และสารชนิดอื่น ๆที่การจัดกลุ่มยังไม่ชัดเจน

2.6 รูปผลิตภัณฑ์สารกำจัดวัชพืช

รูปผลิตภัณฑ์ของสารกำจัดวัชพืชหมายถึง สารกำจัดวัชพืชที่ได้รับการปรุงแต่งให้อยู่ในสภาพที่เหมาะต่อการใช้งานการเคลื่อนย้าย การเก็บรักษา เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช และยังลดอันตรายของสารกำจัดวัชพืชอีกด้วย ในทางปฏิบัตินั้นไม่ได้ใช้สารกำจัดวัชพืชในรูป สารบริสุทธิ์ ดังนั้น สารกำจัดวัชพืชจึงอยู่ในรูปผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อเป้าหมายในการใช้ง่าย สะดวก สามารถกระจายตัวในน้ำ (หรือสารที่เป็นตัวพาอื่น เช่น น้ำมัน) ได้ดี สามารถยึดติดกับใบพืชได้ดี และมีกัมมันตชีวภาพ (biological activity) เป้าหมายอื่นของการทำรูปผลิตภัณฑ์ของสารกำจัดวัชพืช คือทำให้ความเป็นพิษที่มีต่อวัชพืชเพิ่มขึ้น ทำให้สารใช้ได้อย่างสะดวกและประหยัด ทำให้สารมีอายุในการเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น และป้องกันไม่ให้สารก่อผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม เมื่อเกิดอุบัติเหตุขณะขนส่งหรือเก็บรักษา (ทศพล, 2545) ส่วนประกอบของรูปแบบของสารประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

2.6.1 สารออกฤทธิ์ หรือสารสำคัญ (Active ingredient; a.i.)

สารออกฤทธิ์ คือ สารที่มีคุณสมบัติออกฤทธิ์โดยตรงในการป้องกันไล่ และฆ่าศัตรูพืช รวมทั้งสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารที่ทำให้เบร่วงและแห้ง มีทั้งสาเคมีสังเคราะห์ และสารสกัดจากธรรมชาติ ส่วนของสารเคมีที่ออกฤทธิ์ต่อศัตรูพืช อาจจะอยู่ในรูปของเหลวหรือของแข็ง และมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป เช่น ความคงทนต่อแสงและความร้อน ความสามารถในการละลาย บางชนิดละลายน้ำได้ บางชนิดละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์หรือละลายได้ในไขมัน จากสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้กระบวนการทำรูปแบบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชแตกต่างกันออกไป ทำให้มีความหลากหลายของรูปแบบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่วางจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด โดยที่คุณสมบัติของสารออกฤทธิ์เป็นตัวสำคัญในการเลือกสารอื่น ๆ มาผสมในกระบวนการทำรูปแบบผลิตภัณฑ์

2.6.2 สารปรุงแต่งหรือสารเฉื่อย (Inert ingredient)

เป็นสารเคมีอื่น ๆที่ไม่มีผลโดยตรงต่อการทำลายศัตรูพืช แต่จะมีส่วนสำคัญในการช่วยให้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชอยู่ในรูปที่สะดวกหรือง่ายต่อการนำไปใช้ สารที่ไม่ออกฤทธิ์ ได้แก่ ตัวทำละลาย สารที่ช่วยในการกระจายตัว สารลดแรงตึงผิว

2.6.2.1 ตัวทำละลาย เป็นสารไม่ออกฤทธิ์ที่อยู่ในสถานะของเหลว นำมาใช้ในการละลายสาร Technical grade คุณสมบัติที่นำมาใช้พิจารณาเลือกตัวทำละลาย ได้แก่ ความสามารถในการผสมน้ำ (Miscibility in water) ดังนั้นจึงแบ่งตัวทำละลายออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1) ตัวทำละลายที่ไม่ผสมน้ำ (water immiscible solvent) เช่น สารพวกน้ำมันก๊าดไซลีน (Xylene) ปิโตรเลียม (Petrolium) เมื่อนำสาร Technical grade มาละลายในตัวทำละลายพวกนี้ จะได้ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่มีลักษณะเป็นสารออกฤทธิ์ละลายในน้ำมัน หากนำไปผสมน้ำเพื่อใช้ฉีดพ่นเลยจะยังใช้ไม่ได้ เพราะไม่ละลายน้ำ สารออกฤทธิ์จะแยกตัวออกจากน้ำ ดังนั้นการผลิตสารในรูปแบบนี้จะต้องสาร Emulsifier ลงไปด้วย สารนี้จะทำให้น้ำมันสามารถปสมกับน้ำได้ ไม่แยกตัวออกจากน้ำ แต่จะทำให้น้ำมันแตกตัวเป็นอนุภาคละเอียด แขวนลอยอยู่ในน้ำ เช่น การผลิตสารในรูปแบบ Emulsifiable concentrates (EC) สารออกฤทธิ์สามารถกระจายตัวเข้าสู่เป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) ตัวทำละลายที่ผสมน้ำได้ (Water miscible solvent) เช่น ไอโซโปรพานอล (Isopropanol) และไกลโคลอีเทอร์ (Glycolethers) เมื่อนำสารมาละลายในตัวทำละลายพวกนี้ จะได้

ผลิตภัณฑ์รูปแบบที่มีลักษณะเป็นสารละลายเข้มข้น (Soluble liquids หรือ Soluble concentrates) สามารนำไปผสมกับน้ำได้เลย โดยไม่ต้องผสมกับสารอื่นก่อน สารจะผสมหรือละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ

2.6.2.2 สารตัวพา (Carriers) หรือสารเจือจาง (Diluents) เป็นสารที่ไม่ออกฤทธิ์ที่เป็นของแข็ง มีลักษณะเป็นฝุ่นหรือเม็ด เช่น ไดอะตอมไมท์ (Diatomite) ผงซิลิกาสังเคราะห์ ผงแป้ง หรือผงดินเหนียว นำมาใช้ผสมกับสาร Technical grade จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสถานะเป็นของแข็ง และมีรูปแบบต่าง ๆ เช่น รูปแบบที่เป็นแบบฝุ่น (Dust: D) ผงผสมน้ำ (Wettable powder: WP) และแบบเม็ด (Granules: G)

2.6.3 สารลดความตึงผิว (Surfactants) เป็นสารไม่ออกฤทธิ์ที่ใช้เติมลงไปในสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช มีจุดประสงค์เพื่อใช้ลดความตึงผิวระหว่างผิวหน้าของของเหลวที่ไม่ผสมน้ำ (น้ำมัน) กับน้ำ เช่น การนำไปใช้กับสารรูปแบบ EC นอกจากนี้ยังใช้ลดความตึงผิวระหว่างผิวหน้าของของแข็งที่ไม่ละลายน้ำกับของเหลว เช่น การใช้กับสารรูปแบบ WP

ปัจจุบันการผลิตสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีหลายรูปแบบ และการใช้ Code ต่างกัน แม้ว่าสารเคมีชนิดนั้นจะมีคุณสมบัติ และส่วนประกอบใกล้เคียงกันก็ตาม เพื่อให้การใช้ Code ไปในแนวทางเดียวกัน องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้จัดทำมาตรฐานรูปแบบและคุณสมบัติของสารเคมีที่ผลิตออกมาใช้ในการเกษตรเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ตามสถานะของสาร ดังนี้

2.6.4 รูปแบบที่เป็นของแข็ง ลักษณะเป็นฝุ่น ผง (Dry formulations) ประกอบด้วย

2.6.4.1 รูปแบบที่เป็นของแข็ง หรือผงสำเร็จ พร้อมใช้งานทันที (Dry formulations for direct use) ประกอบด้วยรูปแบบดังต่อไปนี้

1) แบบฝุ่นผง (Dust power: DP)

สารรูปแบบนี้มีลักษณะเป็นฝุ่นหรือแป้งหยาบ ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 1-10% ผสมกับสารตัวพาที่เป็นของแข็งอนุภาคไม่ต่ำกว่า 200 เมช สามารถใช้ได้ทันทีกับเครื่องพ่นสาร ข้อเสียคือ เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งและการเก็บรักษาสูงมาก เมื่อใช้ยังเกิดอันตรายสูงมากจากฝุ่นละอองสารอย่างหยีกเลี่ยงไม่ได้อีกด้วย จึงเป็นรูปแบบที่มีความเสี่ยงมากที่สุด ประสิทธิภาพขอสูตรนี้ขึ้นอยู่กับสารออกฤทธิ์ ขนาดของฝุ่นผง

2) แบบผงสำหรับคลุกเมล็ด (Power for dry seed treatment: DS)

3) แบบเม็ด (Granules: GR)

มีลักษณะเป็นเม็ด เส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 300-2500 ไมครอน ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ที่มีความเข้มข้นไม่เกิน 10% เคลือบติดอยู่กับสารพาที่เป็นดินเหนียวหรือเม็ดทรายละเอียด สารออกฤทธิ์จะหลุดออกจากสารพาเมื่อเม็ดสัมผัสน้ำ หากผลิตภัณฑ์ได้มาตรฐาน สารออกฤทธิ์จะติดแน่นอยู่กับเม็ดดินหรือทรายที่เป็นพาหะ อันตรายที่จะเกิดกับสุขภาพของผู้ใช้จึงน้อยกว่ารูปแบบ WP หรือ ผง (Dust) สารรูปแบบนี้สามารถนำไปได้เลย โดยการหว่านไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือใด ๆ สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษทางหายใจสูง มีพิษทางผิวหนังต่ำ มักผลิตออกมาในรูปแบบที่เป็นเม็ด เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายหรือการเกิดพิษดังกล่าวกับผู้ใช้ เช่น Carbofuran และ Aldicarb การนำเอาสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีรูปแบบนี้ไปละลายน้ำเพื่อฉีดพ่น จึงเป็นอันตรายอย่างยิ่งและไม่ควรทำ เนื่องด้วยสารออกฤทธิ์ที่เคลือบอยู่นั้นอาจหลุดออกมาได้ ดังนั้นควรสวมถุงมือและปิดจมูกขณะที่ทำงานด้วย ประสิทธิภาพของสารรูปแบบนี้จะขึ้นอยู่กับสารออกฤทธิ์ ขนาดของอนุภาคที่เหมาะสม (16-32 เมช) เพื่อให้เกิดการกระจายที่เหมาะสมเมื่อหว่าน

4) แบบเม็ดพร้อมใช้ (Tablets for direct application: DT)

Effervescence tablets: รูปผลิตภัณฑ์นี้สามารถทดแทน WP ได้ กระบวนการผลิตเหมือนกับยาในทางเภสัชกรรม มีลักษณะเป็นเม็ดขนาดเล็กที่สามารถผ่านรูของหัวฉีดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 มิลลิเมตรได้ ข้อดีคือ ไม่เป็นฝุ่น ง่านต่อการเก็บ ไม่รั่ว เก็บรักษาในปริมาณที่ถูกต้องได้

2.6.4.2 รูปแบบที่เป็นรูปสำเร็จลักษณะเป็นฝุ่น ผง หรือเม็ด ต้องผสมน้ำก่อนใช้ (Dry formulations for dispersion) ประกอบด้วยรูปแบบดังนี้

1) แบบผงผสมน้ำ (Wettable powder: WP)

บางครั้งจะใช้คำว่าผงเปียกน้ำแทนผงผสมน้ำ สารรูปแบบนี้มีลักษณะเป็นผงละเอียดคล้ายแป้ง ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์เข้มข้นผสมกับตัวพา (Carrier) ที่เป็นผง เช่น ผงแป้ง (Talc) หรือผงดินเหนียว (Innert clay) ซึ่งมีความละเอียดมาก มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 75 ไมครอน และจะผสมสารลดแรงตึงผิว (Surfactants) ที่เป็นสารเคลือบใบ (Wetter) และสารช่วยกระจายตัวในของเหลว (Dispersants) โดยทั่วไปสารลดแรงตึงผิวที่ใส่จะไม่เกิน 1-2% เมื่อใช้ฉีดพ่น ต้องนำไปผสมกับน้ำจำนวนมากเพื่อให้ความเข้มข้นเจือจางลงมาอยู่ในอัตราที่ต้องการ ในขณะที่ผสมกับน้ำ สารพาแลผงสารออกฤทธิ์จะแพร่กระจาย (Disperse) และแขวนลอย (Suspend) อยู่ในน้ำได้โดยไม่ตกตะกอนไประยะหนึ่ง แต่ถ้าทิ้งไว้โดยไม่มีการกวน อนุภาคของแป้งหรือตัวยา อาจแยกตัวออกจากน้ำและตกตะกอนได้ ดังนั้นในขณะฉีดพ่นจึงต้องหมั่นกวนน้ำยาผสมอยู่เสมอๆ โดยทั่วไปรูปแบบนี้จะปลอดภัยต่อพืชมากกว่าแบบ EC เนื่องจากไม่มีตัวทพละลายอินทรีย์ (Organic solvent) ผสมอยู่ อันตรายจากสูตรผสมนี้เกิดจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองที่ละเอียดมาก ที่เข้าทางจมูกของของผู้ปฏิบัติและติดตามเสื้อผ้า ตลอดจนส่วนต่างๆ ของร่างกาย แต่หลังจากผสมน้ำแล้วควรระวังเฉพาะในเรื่องการกระจายจากละอองที่ฉีดพ่นมาเท่านั้น ประสิทธิภาพของรูปแบบนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของที่แขวนลอย การแขวนลอยปริมาณน้ำ pH ของน้ำ

2) แบบผงผสมน้ำสำหรับคลุกเมล็ด (Water dispersible powder for slurry seed treatment: WS)

3) แบบเม็ดผสมน้ำ (Water dispersible granules: WG หรือ Water dispersible talets: ST)

2.6.4.3 รูปแบบที่เป็นรูปสำเร็จลักษณะเป็นฝุ่น ผง หรือเม็ด ต้องละลายน้ำก่อนใช้ (Dry formulations for dissolution) ประกอบด้วยรูปแบบ ดังต่อไปนี้

1) แบบผงละลายน้ำ (Water soluble powder: SP)

สารรูปแบบ SP เป็นผงละเอียดคล้ายรูปแบบ WP ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ที่ละลายน้ำได้ มีลักษณะเป็นของเหลวใส และมีเปอร์เซ็นต์สารออกฤทธิ์สูง ผสมกับสารลดแรงตึงผิว เช่น watter และ สารปรุงแต่งอื่นๆ หรือสารป้องกันการจับตัวเป็นก้อน (Anticaking agent) ดังนั้นจึงมีลักษณะเป็นผง เมื่อจะใช้ต้องนำไปผสมน้ำให้เป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นประสิทธิภาพของสารรูปแบบนี้จึงขึ้นอยู่กับการละลายน้ำซึ่งแตกต่างจาก WP ที่ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำอย่างชัดเจน เนื่องจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ละลายน้ำมีน้อยชนิด จึงทำให้สารรูปแบบนี้มีน้อยไปด้วย อันตรายจากสารรูปแบบนี้มักเกิดอุบัติเหตุจากการใช้ จะต้องเติมสี และกลิ่น เพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุต่างๆ

2) แบบผงละลายน้ำสำหรับคลุกเมล็ด (Water soluble powder for seed treatment: SS)

3) แบบเม็ดละลายน้ำ (Water soluble granules: WG หรือ water soluble tablets: ST)

สารรูปแบบ SP เป็นผงละเอียดคล้ายรูปแบบ WP ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ที่ละลายน้ำได้ มีลักษณะเป็นของเหลวใส และมีเปอร์เซ็นต์สารออกฤทธิ์สูง ผสมกับสารลดแรงตึงผิว เช่น water และ สารปรุงแต่งอื่น ๆ หรือสารป้องกันการจับตัวเป็นก้อน (Anticaking agent) ดังนั้นจึงมีลักษณะเป็นผง เมื่อจะใช้ต้องนำไปผสมน้ำให้เป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นประสิทธิภาพของสารรูปแบบนี้จึงขึ้นอยู่กับการละลายน้ำซึ่งแตกต่างจาก WP ที่ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำอย่างชัดเจน เนื่องจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ละลายน้ำมีน้อยชนิด จึงทำให้สารรูปแบบนี้มีน้อยไปด้วย อันตรายจากสารรูปแบบนี้มักเกิดอุบัติเหตุจากการใช้ จะต้องเติมสี และกลิ่น เพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุต่าง ๆ

2.6.6 รูปแบบที่เป็นของเหลว หรือน้ำมันข้น (Wet formulations)

ส่วนใหญ่ใช้สำหรับการฉีดพ่น แต่บางชนิดก็สามารถนำไปใช้สำหรับคลุกเมล็ดพืช และผสมเป็นเหยื่อพิษ แบ่งออกได้ดังนี้ คือ

2.6.6.1 รูปแบบที่เป็นสารละลายแบบง่าย (Simple solution) ประกอบด้วย

1) สารละลายเข้มข้น (Soluble concentrates: SL)

มีลักษณะเป็นของเหลว ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์และตัวทำละลายที่ผสมน้ำได้ และสารลดแรงตึงผิวเพื่อช่วยให้เคลือบใบหรือทำให้เปียกน้ำได้ดียิ่งขึ้น เมื่อใช้ต้องนำไปผสมกับน้ำจำนวนมากก่อน เพื่อให้ความเข้มข้นเจือจางลงมาอยู่ในอัตราที่ต้องการ ตัวสารจะละลายเข้ากับน้ำเป็นเนื้อเดียวกัน ผลที่ได้จะเป็นสารที่เกิดจากการละลายอย่างแท้จริง ไม่มีลักษณะเป็นสีขาวขุ่น และไม่มีกลิ่นน้ำมันแบบ EC อันตรายจากรูปแบบนี้อาจเกิดขึ้นได้จากการเข้าใจผิดคิดว่าเป็นน้ำ จึงมีการเติมสีที่เหมาะสมหรือกลิ่นลงไปด้วย เพื่อป้องกันการเข้าใจผิด นำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ประสิทธิภาพของสารรูปแบบนี้จะขึ้นอยู่กับเสถียรภาพของการละลาย (Dilution stability) สารออกฤทธิ์ คุณสมบัติทางเคมี/กายภาพ บางชนิดต้องมีการทดสอบก่อน

2) สารละลายคลุกเมล็ด (Soluble foe seed treatment: LS)

3) สารละลายน้ำมัน (Oil miscible liquids: OL)

4) สารละลายน้ำมันเข้มข้น (Ultra-low volume liquids: ULV)

สารรูปแบบนี้มีลักษณะเป็นน้ำมัน ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์เข้มข้นผสมกับตัวทำละลายที่เป็นน้ำมัน เช่น Fuel oil, Diesel oil เมื่อใช้ต้องใช้กับเครื่องมือเฉพาะที่เรียกว่าเครื่องพ่นหมอก ซึ่งจะพ่นน้ำยาออกมาเป็นควันละเอียด สูตรผสมนี้ไม่ค่อยนิยมใช้กัน เพราะมีปัญหาในการใช้มากมาย และเกิดอันตรายสูงต่อสิ่งแวดล้อม

2.6.6.2 รูปแบบที่เป็นสารละลายสำหรับผสมน้ำ (Solutions for dispersion) เรียกชื่อเฉพาะว่าสารละลายน้ำมันเข้มข้น (Emulsifiable concentrates: EC)

สารละลายน้ำมันเข้มข้น EC มีลักษณะเป็นน้ำมันเหลว จะประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ที่อาจมีความเข้มข้นสูงถึง 83 เปอร์เซ็นต์ ละลายอยู่ในตัวทำละลายที่ไม่ละลายน้ำ เช่น ไซลีน (Xylene) คีโลซีน (Kelosene) Petroleum และ Hydrocarbon อื่น ๆ ซึ่งจะอยู่ในลักษะผสมเป็นเนื้อเดียวกัน สารผสมนี้ยังไม่

สามารถนำไปใช้ผสมน้ำฉีดพ่นกำจัดศัตรูพืชได้เนื่องจากเป็นน้ำมัน หากนำไปผสมกับน้ำจะไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เพราะน้ำมันไม่ละลายในน้ำ ดังนั้นผู้ผลิตจะใส่สารที่ช่วยทำให้น้ำมันสามารถผสมกับน้ำได้ เรียกว่า สารอีมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ลงไปจำนวนที่เหมาะสม สารอีมัลซิไฟเออร์นี้จะช่วยทำให้น้ำมันสามารถผสมกับน้ำได้ เมื่อผสมกับน้ำแล้วสารละลายที่ได้จะไม่แยกตัวออกจากกันจะกระจายตัวอยู่ในน้ำได้ดี ประสิทธิภาพของสารในรูปแบบนี้จะขึ้นอยู่กับความยาวนานของการเกิดอิมัลชั่น (Emulsion stability) ปริมาณสารออกฤทธิ์ และคุณสมบัติทางการยภาพและทางเคมีบางชนิด เช่น pH ของน้ำที่นำมาใช่ผสม ปริมาณน้ำ เป็นต้น ซึ่งจะต้องมีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ นอกจากนั้นหากต้องการให้สารมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น อาจมีการใส่สารลดแรงตึงผิว (Surfactants) ตัวอื่น ๆ ลงไปช่วยให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น เช่น สารจับใบ เป็นต้น อันตรายจากสารรูปแบบนี้ เกิดจากการระเหยของสารออกฤทธิ์พร้อมกับตัวทำละลายที่ใช้เข้าสู่ร่างกายและปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อม โดยละอองฝอยที่ฟุ้งกระจายเมื่อฉีดพ่น

2.6.6.3 รูปแบบที่เป็นสารละลาย Emulsion ประกอบด้วย

1) สารละลายน้ำมันในน้ำ (Emulsion, Oil in water: EW)

EW มีลักษณะเป็นน้ำมันเข้มข้นหรือเป็นครีมเข้มข้น รูปแบบนี้จะประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายพวกน้ำมันที่มีอนุภาคขนาดเล็ก แขวนลอย (Disperse) จะมีการใส่น้ำเพื่อลดปริมาณตัวทำละลายที่ไม่ผสมรวมตัวกับน้ำให้เหลือน้อยที่สุด คือ ใช้สำหรับละลายสารออกฤทธิ์เท่านั้น ดังนั้นจึงได้สารผสมที่มีลักษณะเป็นครีมเข้มข้น เมื่อใช้ต้องนำไปผสมน้ำจำนวนมากก่อนเพื่อทำให้ความเข้มข้นเจือจางอยู่ในอัตราที่แนะนำ สารละลายที่ได้จะมีลักษณะขาวขุ่นเป็น Emulsion เหมือนกับ EC ดังนั้นรูปแบบ EW ตัวทำละลายส่วนใหญ่จะเป็นน้ำแทนที่จะเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ ทำให้มีพิษน้อยต่อพืชปลูก นอกจากนั้นยังเป็นอันตรายน้อยกว่า EC หรือ WP แต่การผลิตให้ได้มาตรฐานอาจจะยากกว่า ประสิทธิภาพของสูตรนี้จะขึ้นอยู่กับการละลายเป็นเนื้อเดียวกันเมื่อผสมน้ำ

2) สารละลายสำหรับคลุกเมล็ด (Emulsion for seed treatment)

3) สารละลาย Micro-emulsion (ME)

2.6.6.4 รูปแบบที่เป็นสารละลายแขวนลอยในน้ำ (Suspensions) ประกอบด้วย

1) สารแขวนลอยเข้มข้น (Suspension concentrates: SC)

สารในรูปแบบ SC หรือ F มีลักษณะเป็นแป้งเหลวข้น ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ที่เป็นของแข็ง มะลายน้ำและนำมาบดผสมกับสารพาอื่นๆ ที่เป็นของแข็ง เช่น ดินเหนียว ผงดินขาว และสารช่วยการกระจาย จนเป็นแป้งละเอียด นำไปผสมน้ำเล็กน้อยจนเป็นเนื้อเดียว ก็จะได้สารรูปแบบ SC หรือ F เมื่อใช้ต้องนำไปผสมน้ำจำนวนมาก เพื่อทำให้ความเข้มข้นเจือจางลงมาอยู่ในระดับที่ต้องการก่อน สารผสมที่ได้จะอยู่ในรูปสารแขวนลอย (Suspension) และอาจจะตกตะกอนได้ จึงเป็นต้องกวนอยู่เสมอ เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายต่อผู้ใช้ที่อาจได้รับอันตรายจากสารรูปแบบ EC ซึ่งเป็นสารที่ติดไฟง่าย และ EC ซึ่งมีการฟุ้งกระจายเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ จึงมีการผลิตสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเป็นรูปแบบ SC ซึ่งสารรูปแบบนี้จะลดอันตรายจากการติดไฟของตัวทำละลาย และลดการฟุ้งกระจายของผงฝุ่นในขณะผสมใช้ ข้อเสียอยู่ที่ต้นทุนการผลิตซึ่งค่อนข้างสูงมากกว่าชนิด WP และ EC

2) สารละลายเข้มข้นสำหรับคลุกเมล็ด (Flowable concentrate for seed treatment: FS)

3) สารแขวนลอยเม็ด (Capsule suspension: CS)

2.6.6.5 รูปแบบที่เป็นของเหลวอัดกระป๋อง

2.7 น้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย (essential oil) เป็นสารกลุ่มอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติเด่นคือ มีกลิ่นหอมระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิธรรดา กลิ่นดังกล่าวไม่จำเป็นต้องหอมเสมอไป พบอยู่ในพันธุ์พฤกษชาตินานาชนิด สะสมอยู่ในบริเวณผนังเซลล์จากพืช เป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากการเจริญเติบโต (metabolism) ซึ่งประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ การเผาผลาญ (catabolism) และการสร้าง (anabolism) น้ำมันหอมระเหยต่างจากน้ำมันทั่วไป (fixed oil) หรือ fatty oil ตรงที่น้ำมันนี้อยู่ในเซลล์พืชระเหยได้ในอุณหภูมิปกติ มีองค์ประกอบแตกต่างกัน ซึ่งตรวจสอบได้โดยอาศัยรงคเลข (chromatography) น้ำมันหอมระเหยดังกล่าว อยู่ในต่อมหรือท่อภายในส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช โดยมีปริมาณและชนิดของสารประกอบแตกต่างกันไปในต้นเดียวกัน อวัยวะส่วนหนึ่งอาจมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่าอีกส่วน เช่น ส่วนดอก จะมีกลิ่นหอมมากที่สุด ได้แก่ ดอกมะลิ ดอกกุหลาบ ดอกกระดังงา ดอกจำปี ดอกจำปา เป็นต้น ส่วนใบที่มีกลิ่นหอมมาก ได้แก่ กะเพรา โหระพา มิ้นต์ ยูคาลิปตัส เป็นต้น ส่วนผลมีกลิ่นหอม ได้แก่ กระวาน เป็นต้น ส่วนเปลือกมีกลิ่นหอม ได้แก่ จันทนา ไม้กฤษณา เป็นต้น ส่วนรากและเหง้าที่มีกลิ่นหอม ได้แก่ ขิง ข่า ขมิ้น เป็นต้น ปริมาณและคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกหลายประการ เช่น ดิน ภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน ความสูงจากระดับน้ำทะเล การเก็บเกี่ยว ตลอดจนเทคนิควิธีการสกัด น้ำมันหอมระเหยมีบทบาทสำคัญในการช่วยดึงดูดแมลงมาผสมเกสร ปกป้องการรุกรานจากศัตรู และรักษาความชุ่มชื้นแก่พืช สำหรับประโยชน์ต่อมนุษย์ น้ำมันหอมระเหยมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค บรรเทาอาการอักเสบ หรือลดบวม คลายเครียด หรือกระตุ้นให้สดชื่น ทั้งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

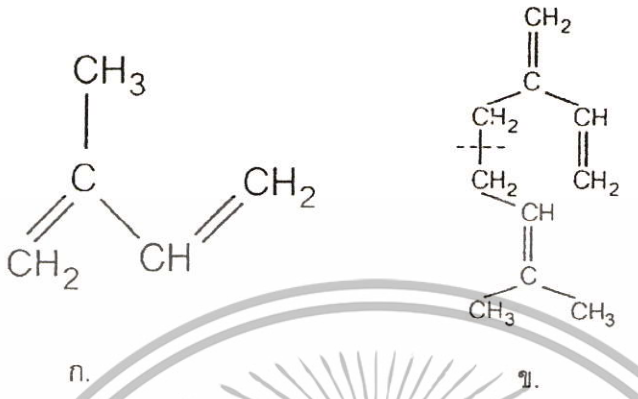
2.7.1 สภาวะและองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยมีสภาวะเป็นทั้งของแข็ง กึ่งแข็ง ของเหลวแต่ส่วนใหญ่เป็นของเหลวมากกว่าระเหยได้มากบ้าง น้อยบ้าง ประกอบไปด้วยกลุ่มสารหลายประเภท แบ่งออกเป็น 4 หมู่ใหญ่ ดังนี้

2.7.1.1 กลุ่มเทอร์ปีน (Terpenes) เป็นสารจากพวกไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) มีสูตรว่า $C_{10}H_{16}$ และบางทีมีออกซิเจนพวก $C_{10}H_{16}O$ หรือ $C_{10}H_{18}O$ เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเรียกว่า แคมเฟอร์ (camphors) ได้แก่ ไทม์ (thyme) แคมเฟอร์ (camphor) และเปปเปอร์มิ้นต์ แคมเฟอร์ (peppermint camphor) ซึ่งมักรู้จักในชื่อ ไทมอล (thymol) เมนทอล (mentol) (ภาพที่ 2.1)

2.7.1.2 สารประกอบคาร์บอนลูกโซ่ (Straight chain) ได้แก่ ไฮโรคาร์บอนที่เป็นโซ่ต่อกันและรวมทั้งอนุพันธ์ ที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ คีโทน กรด อีเทอร์ และเอสเทอร์ ไฮโดรคาร์บอน ที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนตั้งแต่ 7 ไปจนถึง 35 (C_7 ถึง C_{15-35}) พวกที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนสูงๆ อาจตกผลึกในขณะที่ทำให้เย็นหรือขณะเก็บเอาไว้ เราเรียกพวกนี้รวมๆกันว่า สเตียโรปทีน (Stearoptenes) สารประกอบพวกแอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ และคีโทน พบมากในน้ำมันหอมระเหยที่มีจุดต่ำเดือดต่ำ เช่น ลีฟแอลกอฮอล์ (leaf alcohol) ซึ่งเป็นพวกกลิ่นหญ้าหอม หรือใบไม้สีเขียว เมื่อถูกออกซิไดซ์จะมีเฮกซานัล (hexanal) พบในพืชหลายชนิด เช่น ชา ข้าวสาลี ไม้โอ๊ก เป็นต้น สารในหมู่นี้ยังรวมไปถึงกรดไขมันที่เกิด

เป็นกรดไขมันอิสระ และพวกที่ถูกทำให้เป็นเอสเทอร์ ด้วยแอลกอฮอล์ซึ่งพบมากในน้ำมันหอมระเหยของผลไม้ต่าง ๆ



ก. ข.

ภาพที่ 2.1 แสดง ก.ไอโวพรีน ($C_2 H_4$) และ ข. การต่อกันแบบ head-to-tail ของไอโซพรีน 2 หน่วย
ที่มา: John and Steven (1993)

2.7.1.3 สารประกอบที่เกี่ยวข้องกับเบนซิน (Benzene derivatives) น้ำหอมต่าง ๆ มากมายมีเบนซิน (benzene) เป็นส่วนประกอบ โดยเฉพาะนอรมัลโปรบิล เบนซิน (n-propyl benzene) ที่พบตามธรรมชาติมกจะเป็น ไฮดรอกซี เมธอกซี (hydroxy methoxy) และเมธิล ไดออกซี่ (methy dioxy) อาจมีคาร์บอนอีกรูป คือ แลคโทน (lactone) เช่น คูมาริน สารหมูนี้หลายชนิดมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน เช่น ยูจีนอล (eugenol) เมื่อไฮโซเมอไรด์และออกซิไดซ์ จะเปลี่ยนไปเป็นวานิลลิน (vanillin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในพืช วานิลลา (vanilla) (ตารางที่ 2.1)

2.7.1.4 สารหอมอื่น ๆ (miscellanous) ที่ไม่จัดอยู่ใน 3 พวกแรก เช่น น้ำมันมัสตาร์ด (mustard oil) มีสารประกอบพวก อัลลิลไอโซไธไซยาเนท (allylisothiocyanate) พบในพืชตระกูล ครูซิเฟอร์ (cruciferal) น้ำมันกระเทียม มีสารประกอบพวก อัลลิลซัลไฟด์ (allylsulphide) พบในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จาก หัวกระเทียม แอนธานิเลท (anthranilates) พบในกลิ่นส้มและอินโดล (indole) พบในกลิ่นมะลิ

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างสารประกอบเบนซีนที่พบในน้ำมันหอมระเหย

สารประกอบเบนซีน	แหล่งที่มา
Benzyl acetate	Jasmine, Gardenia, Ylang Ylang
Benzaldehyde	Almonds
Phenyl ethyl alcohol	Geranium, Neroli, Rose
Phenyl acetaldehyde	Hyacinth, Neroli,Rose
Phenyl ethyl acetate	Geranium, Neroli, Rose
Cinnamic alcohol	Balsamic
Cinnamic aldehyde	Cinnamon bark
Amyl cinnamic aldehyde	Jasmine petals
Coumarin	Balsamic
Acetophenone	Orange biossom
Methyl-β -naphthyl ketone	Orange biossom
Diphenyl ether	Geranium, Rose
Eugenol	Cloves,Cinnamon leaf,Bay,Pimento
Isoeugnol	Cloves,Cinnation, Nutmeg
Thymol	Thyma
Vanillin	Vanilla

ที่มา: ประเทืองศรี สินชัยศรี (2542)

2.7.2 วิธีการกลั่นและสกัดน้ำมันหอมระเหย

การสกัดกลิ่นหอมออกจากพืชหอม ได้มีการทำมาเป็นเวลานานแล้ว โดยในสมัยโบราณ จะนิยมนำดอกไม้หอมมาแช่น้ำทิ้งไว้ และนำน้ำที่มีกลิ่นหอมนั้น ไปใช้ดื่มหรืออาบ ต่อมาได้มีการพัฒนาวิธีการสกัดกลิ่นหอม เพื่อให้ได้กลิ่นหอม หรือ น้ำมันหอมระเหยที่มีคุณภาพ และปริมาณสูงสุด วิธีการดังกล่าวนั้นมีหลายวิธีการที่จะเลือกใช้วิธีใดนั้น ต้องพิจารณาลักษณะของพืชที่จะนำมาสกัดด้วย วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.7.2.1 การกลั่นโดยใช้น้ำ (Steam Distillation)

วิธีนี้สามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์สำหรับการกลั่น เช่น หม้อกลั่น, เครื่องควบแน่น และภาชนะรองรับน้ำมัน วิธีการก็คือ บรรจุพืชที่ต้องการสกัดน้ำมันหอม ระเหยลงในหม้อกลั่น เติมน้ำพอท่วม แล้วต้มจนน้ำเดือด เมื่อน้ำเดือดระเหยเป็นไอ ไอน้ำจะช่วยพาน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในเนื้อเยื่อของพืชออกมาพร้อมกัน เมื่อผ่านเครื่องควบแน่น ไอน้ำและไอของน้ำมันหอมระเหยจะควบแน่นเป็นของเหลว ได้น้ำมันหอมระเหยและน้ำ แยกชั้นจากกัน การกลั่นโดยใช้น้ำนี้ มีข้อดี คือ เป็นวิธีที่ง่าย อุปกรณ์ในการกลั่น ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และค่าใช้จ่ายต่ำ แต่ก็มีข้อเสีย คือ ในกรณีที่ต้องกลั่นพืชปริมาณๆ ความร้อนที่ให้สู่หม้อกลั่นจะไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งหม้อกลั่น พืชที่อยู่ด้านล่างใกล้กับเตา อาจเกิดการไหม้ได้ ทำให้น้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ มีกลิ่นเหม็นไหม้ติด

ปนมา อีกทั้งการกลั่นโดยวิธีนี้ พืชจะต้องสัมผัสกับน้ำเดือดโดยตรงเป็นเวลานาน ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย เกิดการเปลี่ยนแปลงไปบ้างบางส่วน

2.7.2.2 การกลั่นโดยใช้น้ำและไอน้ำ (Steam Distillation)

วิธีนี้มีหลักการคล้ายกับการกลั่นโดยใช้น้ำ แต่แตกต่างตรงที่ ภายในหม้อกลั่นจะมีตะแกรงสำหรับวางพืชไว้เหนือระดับน้ำ เมื่อให้ความร้อน โดยเปลวไฟ หรือไอน้ำจากเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler), น้ำภายในหม้อกลั่น จะเดือดกลายเป็นไอ การกลั่นโดยวิธีนี้ พืชที่ใช้กลั่นจะไม่สัมผัสกับความร้อนโดยตรง ทำให้คุณภาพของน้ำมันหอมระเหยดีกว่าวิธีแรก

2.7.2.3 การกลั่นโดยใช้ไอน้ำ (Steam Distillation)

การกลั่นโดยวิธีนี้ ก็คล้ายกับวิธีที่ 2 แต่ไม่ต้องเติมน้ำลงในหม้อกลั่น เมื่อบรรจุพืชลงบนตะแกรงแล้ว ผ่านความร้อนจากไอน้ำที่ได้จากเครื่องกำเนิดไอน้ำ ไอน้ำจะช่วยน้ำมันหอมระเหยในพืช ระเหยออกมาอย่างรวดเร็ว วิธีนี้มีข้อดี คือ เวลาที่ใช้ในการกลั่นจะสั้นกว่า ปริมาณน้ำมันมีคุณภาพ และปริมาณดีกว่า แต่ไม่เหมาะกับพืชที่มีลักษณะบาง เช่น กลีบกุหลาบ เพราะไอน้ำจะทำ ให้กลีบกุหลาบรวมตัวกันเป็นก้อน น้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในกลีบกุหลาบไม่สามารถออกมา พร้อมไอน้ำได้ทั้งหมด ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยลง หรือไม่ได้เลย การกลั่นน้ำมันกุหลาบจึงควรใช้วิธีการกลั่นด้วยน้ำจะเหมาะสมกว่า

2.7.3 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent Extraction)

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกไม้ที่ไม่สามารถใช้วิธีกลั่นโดยใช้ไอน้ำได้ เนื่องจากองค์ประกอบของสารหอมระเหยในดอกไม้จะสลายตัวเมื่อ ถูกความร้อนสูง ดังนั้นจึงใช้ตัวทำละลาย เช่น เฮกเซน สกัดน้ำมันหอมระเหยออกมา หลังจากนั้นจะระเหยไล่ตัวทำละลายออกที่อุณหภูมิและความกดดันต่ำ ก็จะได้น้ำมันหอมระเหยออกมา น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดวิธีนี้ จะเรียกว่า Absolute

2.7.4 การสกัดโดยใช้ไขมัน (Enfleurage)

การสกัดโดยใช้ไขมันเป็นวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม มักใช้กับดอกไม้กลีบบาง เช่นมะลิ ซ่อนกลิ่น โดยจะใช้ไขมันประเภทน้ำมันหมูเกลี่ยลงบนถาดไม้ แล้วนำ ดอกไม้มาเกลี่ยทับเป็นชั้นบาง ๆ จนเต็มถาด ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนดอกไม้ ชุดใหม่ ทำซ้ำประมาณ 7-10 ครั้ง ไขมันจะดูดซับสารหอมไว้เรียกไขมันที่ดูดซับ สารหอมนี้ว่า pomade หลังจากนั้นใช้เอทธานอลละลายสารหอมออกจากไขมัน นำไประเหยไล่ตัวละลายออกที่อุณหภูมิและความกดดันต่ำ จะได้หัวน้ำหอมชนิด concrete เมื่อแยกส่วนที่เป็นไขมันออกโดยการนำมาละลายเอทธานอลแล้ว แช่เย็นเพื่อแยกส่วนที่เป็นไขออก หลังจากระเหยไล่ตัวละลายออกจะได้หัวน้ำหอมชนิด absolute ซึ่งจัดเป็นหัวน้ำหอมชนิดดีและราคาแพงที่สุด

2.7.5 วิธีบีบ (Cold Pressed)

วิธีนี้มักใช้กับเปลือกผลไม้ตระกูลส้ม เช่น ส้ม มะนาว มะกรูด น้ำมันหอมระเหยที่ได้จะมีกลิ่นและคุณภาพดี

นอกจากนี้ยังมีการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกไม้โดยใช้ คาร์บอนไดออกไซด์เหลว โดยเรียกวิธีนี้ว่า Supercritical Carbondioxide Fluid Extraction และ Phytonic Extraction ซึ่งเป็นเทคนิคใหม่ เหมาะสำหรับการสกัดสารที่สลายตัวง่ายเมื่อ ถูกความร้อน แต่สูญเสียค่าใช้จ่ายมาก จึงทำให้น้ำมันหอมระเหยที่สกัดด้วย 2 วิธีนี้ มีราคาค่อนข้างสูงกว่าน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากวิธีการสกัดแบบอื่น ๆ

2.8 พืชที่ใช้ในการทดสอบ

2.8.1 ซีดาร์วูด

ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของซีดาร์วูด

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Juniperus virginiana* L.
ชื่อสามัญ : Cedarwood, red cedar
วงศ์ : Cupressaceae
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : เป็นต้นไม้ยืนต้น ขนาดเล็ก สูงประมาณ 7 เมตร ปลูกในแถบรัฐเวอร์จิเนีย ไปถึงรัฐแคโรไลนา รัฐเท็กซัส รัฐเทนเนสซีรัฐแคนตักกีตอนกลาง และตอนเหนือรัฐอลาบามา ประเทศสหรัฐอเมริกา เม็กซิโก แอฟริกาเหนือ โมรอคโค

2.8.2 มะนาว

ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะนาว

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle
ชื่อสามัญ : Common lime
วงศ์ : Rutaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้พุ่ม สูง 2-4 เมตร กิ่งอ่อนมีหนามแหลม เปลือกต้นเรียบ สีน้ำตาลปนเทา ใบ เป็นใบประกอบ ออกเรียงสลับ มีใบย่อยใบเดียว รูปไข่หรือรูปรียาว กว้าง 3-5 ซม. ยาว4-8 ซม. ปลายใบแหลม โคนใบมนมีปีกแคบ ๆ ขอบใบหยัก แผ่นใบมีต่อมน้ำมันกระจายอยู่ตามผิวใบ ดอก ออกเป็นช่อสั้น 5-7 ดอก หรือออกดอกเดี่ยวตามซอกใบ ที่ปลายกิ่ง ดอกสีขาว กลีบดอกมี 4-5 กลีบ หลุดร่วงง่าย ผลรูปทรงกลม ผิวเรียบเกลี้ยง ผลอ่อนสีเขียวเข้ม พอแก่เป็นสีเหลือง ข้างในแบ่งเป็นห้องแบบรัศมี มีรสเปรี้ยว เมล็ดกลมรี สีขาว มี 10-15 เมล็ด

2.8.3 มะกรูด

ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะกรูด

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Citrus hystrix* DC.
ชื่อสามัญ : Porcupine Orange, Kiffir Lime, Leech Lime
วงศ์ : Rutaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ต้นขนาดเล็ก สูง 2-8 เมตร เปลือกต้นเรียบ สีน้ำตาล มีหนามแหลมตามกิ่งก้าน ใบ เป็นใบประกอบที่มีใบย่อยใบเดียว ออกเรียงสลับ ปลายใบและโคนใบมน ขอบใบเรียบ แผ่นใบเรียบเป็นมันสีเขียวเข้ม มีต่อมน้ำมันอยู่ตามผิวใบ มีกลิ่นหอมเฉพาะ ก้านใบมีปีกดูคล้ายใบ ดอกออกเป็นช่อตามซอกใบที่ปลายกิ่ง ดอกสีขาว กลีบเลี้ยงมี 5 กลีบ กลีบดอกมี 5 แฉก โคนกลีบดอกติดกัน ผลเป็นรูปทรงกลมหรือรูปไข่ โคนผลเรียวเป็นจุก ผิวขรุขระ มีต่อมน้ำมัน ผลอ่อนสีเขียวแก่ สุกเป็นสีเหลือง มีรสเปรี้ยว เมล็ดกลมรี สีขาว มีหลายเมล็ด

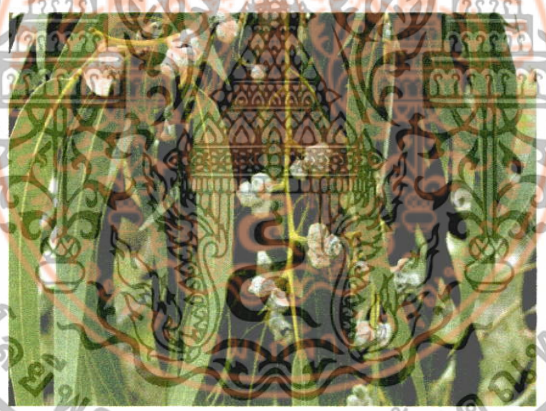
2.8.4 สะระแหน่

ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสะระแหน่

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Mentha cordifolia* Opiz.
ชื่อสามัญ : Kitchen Mint
วงศ์ : Lamiaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : พืชไม้เลื้อยคลุมดิน ลำต้นพร้อมเลื้อย มีรากตื้นมีเฉพาะรากฝอยขนาดเล็ก และสั้น ลำต้นสูงประมาณ 15-30 ซม. ลำต้นมีลักษณะเป็นเหลี่ยม ผิวลำต้นมีสีแดงอมม่วงจนถึงปลายยอด ลำต้นสามารถแตกเหง้าเป็นต้นใหม่จนขยายเป็นกอใหญ่ และลำต้นแตกกิ่งแขนงจำนวนมาก ลำต้นทอดเลื้อยแผ่ไปตามดิน ลำต้นเป็นเหลี่ยม สีเขียวแกมม่วงน้ำตาล แตกกิ่งก้านมาก ใบเดี่ยวมีสีเขียว ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อย พื้นใบขรุขระ มีกลิ่นหอมฉุน ดอกช่อ ออกเป็นกระจุกที่ซอกใบ ใบสะระแหน่ ออกเป็น ใบเดี่ยว และออกเป็นคู่ ๆ ตรงข้ามกันบนกิ่ง ลำต้น ใบมีสีเขียว รูปทรงรี กว้างประมาณ 1.5-3.5 เซนติเมตร และยาวประมาณ 2-7 เซนติเมตร ผิวใบย่นเป็นลูกคลื่น ขอบใบหยัก ปลายใบมนหรือแหลม ดอกสะระแหน่ออกเป็นช่อเหนือซอกใบบริเวณปลายยอด แต่ละช่อมีดอกจำนวนมาก ดอกมีสีชมพูอมม่วง ประกอบด้วยกลีบเลี้ยง 5 กลีบ และกลีบดอกที่เชื่อมติดกันเป็นกรวยตื้น 4 กลีบ ภายในดอกมีเกสรตัวผู้ 4 อัน ส่วนเกสรตัวเมียจะไม่ค่อยพบ ผลสะระแหน่มีสีดำ ขนาดเล็ก มีรูปผลเป็นรูปกระสวย เปลือกผลเกลี้ยงมัน ทั้งนี้ ผลสะระแหน่มักไม่ติดผลให้เห็นบ่อยนัก เพราะมีดอกที่เป็นหมันเป็นส่วนใหญ่ (สมพร, 2551)

2.8.5 ยูคาลิปตัส



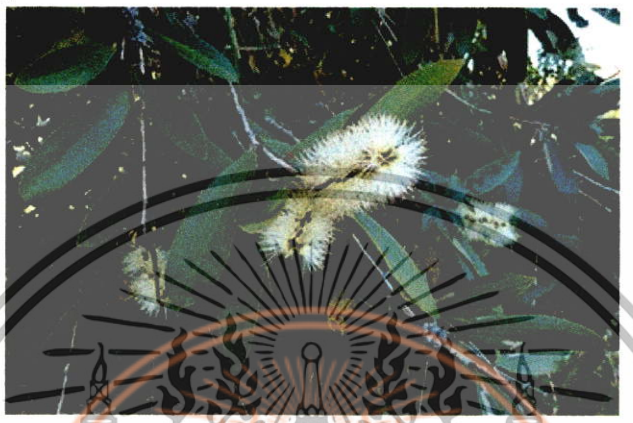
ภาพที่ 2.6 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของยูคาลิปตัส

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Eucalyptus globulus* Labill. (*Eucalyptus citriodora* Hook.)
ชื่อสามัญ : Eucalyptus
วงศ์ : Myrtaceae
ชื่ออื่น : โกฐจุฬารส น้ำมันเขียว มันเขียว

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ยืนต้น สูงประมาณ 10-25 เมตร เรือนยอดเป็นพุ่มหนาทึบค่อนข้างกลม ลำต้นเปลาตรง เปลือก เปลือกหุ้มลำต้น มีลักษณะเรียบเป็นมัน มีสีเทาสลับสีขาวและน้ำตาลแดงเป็นบางแห่ง เปลือกนอกจะแตกร่อนเป็นแผ่นหลุดออกจากผิวของลำต้น เมื่อแห้งจะลอกออกได้ง่ายในขณะสด ใบ ใบเป็นใบเดี่ยว (simple leaf) เรียงสลับ เป็นรูปหอกยาว 3-12 นิ้ว กว้าง 0.5-0.8 นิ้ว ก้านใบยาว ใบสีเขียว

อ่อนหม่นๆ ทั้งสองด้าน ใบห้อยลง เส้นใบมองเห็นได้ชัด ดอก ดอกออกเป็นช่อ ตามข้อต่อระหว่างกิ่งกับใบ มีก้านดอกเรียวยาว มีก้านย่อยแยกไปอีก ออกดอกเกือบตลอดปี ผล ผลมีลักษณะครึ่งวงกลมหรือรูปถ้วย ผิวนอกแข็ง เมื่ออ่อนจะมีสีเขียว และจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อแก่ เมื่อผลแก่ปลายผลจะแยกออก

2.8.6 เสม็ดขาว



ภาพที่ 2.7 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของเสม็ดขาว

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Melaleuca leucadendra* Linn. Var. *minor* Duthie
ชื่อสามัญ : Cajuput tree, Milk wood, Paper bark tree
วงศ์ : Myrtaceae
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ต้น สูง 5-25 เมตร เปลือกชั้นนอกสีขาวนวล เป็นแผ่นบาง ๆ เรียงซ้อนกันเป็นปึกหนานุ่ม เปลือกชั้นในบาง สีน้ำตาล ยอดอ่อน กิ่งอ่อน และใบอ่อน มีขนสีขาวเป็นมันคล้ายเส้นไหม ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ แผ่นใบรูปหอก กว้าง 1.5-4 เซนติเมตร ยาว 5-10 เซนติเมตร ปลายใบและโคนใบแหลม ดอกขนาดเล็ก ออกเป็นช่อที่ปลายกิ่ง สีขาว กลีบเลี้ยงยาว 0.3 เซนติเมตร โคนกลีบติดกัน กลีบดอกยาว 0.2– 0.3 เซนติเมตร รูปช้อนแกมรูปไข่กลับ เกสรเพศผู้จำนวนมากยาวพ้นกลีบดอกเป็นพู่ ผลเป็นผลแห้งแตก รูปถ้วย กว้างและยาวประมาณ 0.4 เซนติเมตร

2.8.7 อบเชยจีน

ภาพที่ 2.8 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของอบเชยจีน

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cinnamomum cassia*
ชื่อพ้อง : *Cinnamomum aromaticum* Nees
วงศ์ : Lauraceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : อบเชยจีนเป็นพรรณไม้ที่พบในประเทศจีนแถบมณฑลกวงสี ยูนนาน และกวางตุ้ง โดยจัดเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูงได้ประมาณ 10-15 เมตร เปลือกลำต้นหนาและเป็นสีเทาเข้ม มีรอยแตกตามยาว เปลือกลำต้นมีรูปรูปกลมรี เนื้อในเปลือกเป็นสีแดงเข้ม มีกลิ่นหอมและมีรสหวาน ตามกิ่งอ่อนเป็นเหลี่ยม ใบอบเชยจีน ใบออกเรียงสลับ ลักษณะของใบเป็นรูปรีหลายแหลม ขอบใบเรียบ ใบมีขนาดกว้างประมาณ 4-5.5 เซนติเมตร และยาวประมาณ 8-20 เซนติเมตร เนื้อใบหนา มีเส้นใบตามยาว 3 เส้น หลังใบเป็นสีเขียวผิวใบเรียบมัน ส่วนท้องใบมีสีเขียมอมเทา และมีขนปกคลุมเล็กน้อย ก้านใบยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร ส่วนดอกอบเชยจีน ออกดอกเป็นช่อที่ปลายกิ่งหรือง่ามใบ ก้านช่อดอกยาวประมาณ 10-19 เซนติเมตร ดอกย่อยมีขนาดเล็ก ดอกเป็นสีเหลืองอมเขียว กลีบดอกคล้ายรูปหัวใจ ดอกมีกลีบดอก 6 กลีบ ยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร ก้านดอกยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร ใจกลางของดอกมีมีเกสรเพศผู้ 9 อัน และผลอบเชยจีน ผลมีลักษณะเป็นรูปกลมรี ขนาดเท่าเมล็ดถั่วลันเตา ผลเมื่อสุกจะเป็นสีม่วงเข้ม

2.8.8 กะเพรา

ภาพที่ 2.9 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกะเพรา

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Ocimum sanctum* L.
ชื่อสามัญ : Holy basil, Sacred basil
วงศ์ : Labiatae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ล้มลุก มีเนื้อไม้ มีอายุหลายปี สูงได้ถึง 1 เมตร ทุกส่วนมีกลิ่นหอม แตกกิ่งก้านอ่อนรูปสี่เหลี่ยม มีขนปกคลุม ใบเดี่ยว เรียงตรงข้ามสลับตั้งฉาก แผ่นใบรูปรีกว้าง ๆ กว้าง 1-3 เซนติเมตร ยาว 2.5-5 เซนติเมตร ขอบใบหยักแบบจักฟันเลื่อย มีขนสั้นๆ ทั้ง 2 ด้าน ก้านใบยาว ช่อดอกแบบช่อกระจุกรอบ กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันปลายแยกเป็น 5 กลีบ กลีบดอกยาว 3 มิลลิเมตร เชื่อมกันเป็นหลอดสั้น ปลายแยกเป็น 2 ปาก สีชมพู ขาว เกสรเพศผู้ 4 อัน โผล่พ้นหลอดดอก ผลเปลือกแข็งขนาดเล็ก สีน้ำตาล เมื่อเปียกน้ำจะเป็นเมือกหุ้มเมล็ด

2.8.9 ข่า

ภาพที่ 2.10 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข่า

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Alpinia galanga* (L.) Willd.
ชื่อสามัญ : Galanga
วงศ์ : Zingiberaceae
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ล้มลุกมีเหง้าใต้ดิน สีน้ำตาลอมแสด เลื้อยขนานกับผิวดิน มีอายุหลายปี มีข้อปล้องสั้น ก้านใบแผ่เป็นกาบหุ้มซ้อนกัน ดูคล้ายลำต้น แตกกอ สูง 1.5-2.5 เมตร ใบเดี่ยว เรียงสลับ รอบลำต้น เหนือดิน ใบรูปใบหอก หรือรูปขอบขนานแกมใบหอก กว้าง 4-11 เซนติเมตร ยาว 25-45 เซนติเมตร กาบใบมีขน ปลายใบแหลม ฐานใบสอบแหลม ขอบใบเรียบเป็นคลื่น เส้นกลางใบใหญ่ทางด้านท้องใบเป็นเส้นนูนชัด เส้นใบขนานกัน ก้านใบเป็นกาบหุ้ม ดอกช่อแยกแขนง ตั้งขึ้น ขนาดใหญ่ ออกที่ปลายยอด ก้านดอกยาว 15-20 เซนติเมตร เมื่อยังอ่อนมีสีเขียวปนเหลือง ดอกแก่สีขาวปนม่วงแดง ดอกย่อยจำนวนมาก เรียงกันแน่น อยู่บนก้านช่อเดียวกัน ดอกย่อยคล้ายดอกกล้วยไม้มีขนาดเล็ก มีใบประดับย่อยเป็นแผ่นรูปไข่ กลีบดอกสีขาวแกมเขียว 3 กลีบ โคนเชื่อมติดกันตลอด ปลายแยกจากกันเป็นปาก แต่ละกลีบเป็นรูปไข่กลับ ที่ปากท่อดอกจะมีอวัยวะยาวเรียวจากโคนถึงยอด สีม่วงคล้ายตะขอ 1 คู่ ใต้อวัยวะมีต่อมให้กลิ่นหอม เกสรเพศเมียมี 1 อัน รังไข่อยู่ใต้วงกลีบ เกสรเพศผู้มี 3 อัน มี 2 อัน คล้ายกลีบดอก มีเรณู 1 อัน เกสรตัวผู้ที่เป็นหมันแผ่เป็นแผ่นคล้ายกลีบดอกสีขาว มีลายเส้นสีม่วงแดง ผลแห้งแตก รูปกระสวยหรือทรงกลม ขนาด 0.5-1 เซนติเมตร มีกลีบเลี้ยงติดอยู่ เมื่อแก่มีสีส้มแดง มี 1-2 เมล็ด เมล็ดใช้เป็นเครื่องเทศ ดอกใช้เป็นผักจิ้มได้ ออกดอกช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน

2.8.10 โป๊ยกั๊ก

ภาพที่ 2.11 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของโป๊ยกั๊ก

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Illicium verum* Hook.f.
ชื่อสามัญ : Chinese star anise, badiane
วงศ์ : Illiciaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : เป็นไม้ต้นขนาดเล็ก สูง 18 เมตร ใบเป็นรูปใบหอกกลับถึงรูปรีแคบ โคนสอบ ปลายใบแคบเป็นแถบยาว ปลายสุดเว้าหรือแหลม ไม่ผลัดใบ ดอกเป็นดอกเดี่ยวสีเหลือง บางครั้งแต้มสีชมพูถึงแดง ดอกรูปทรงกลมแกมรูปถ้วย กลีบดอก 10 กลีบ รูปรีกว้าง ขอบกลีบมีขน และเป็นกระพุ้งก้านดอกยาวได้ถึง 4 เซนติเมตร ผลเป็นกลีบโดยรอบ ทำให้มองเห็นเป็นรูปดาว มี 5-13 พู แต่ที่พบมากมักเป็น 8 พู ผลแห้งมีกลีบหนาแข็ง สีน้ำตาลเข้ม เมล็ดรูปไข่ แบนสีน้ำตาลเรียบ และเป็นเงา แต่ละพูมีเมล็ด 1 เมล็ด ผลรสร้อน กลิ่นหอม

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sefidkon et al., (2004) จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจาก Tagetes erecta ด้วยวิธี GC/MS พบ β-caryophyllene 35.2 เปอร์เซ็นต์, terpinolene 6.3 เปอร์เซ็นต์, ocimenone 9.8 เปอร์เซ็นต์, β-ocimene 13.7 เปอร์เซ็นต์, pipertenone 2.6 เปอร์เซ็นต์ และ limonene 2.5 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำมันหอมระเหยจากใบ เปลือกและดอกของ Tagetes erecta

Verdeguer et. al., (2009) ได้ศึกษาผลความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจาก *Lantana camara*, *Eucalyptus camaldulensis* และ *Eriocephalus africanus* ต่อ *Amaranthus hybridus* และ *Portulaca oleracea* พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *E. camaldulensis* สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบได้อย่างสมบูรณ์

Ramezani et al. (2008) ศึกษาผลทางอัลลิโลพาทีของน้ำมันหอมระเหยจาก *Eucalyptus nicholii*, *Rosmarinus officinalis*, *Chamaecyparis lowsoniana* และ *Thuja occidentalis* ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของ *Amaranthus retroflexus*, *Portulaca oleracea* และ *Acroptilon repens* ที่ระดับความเข้มข้น 100, 200, 300 และ 400 ppm พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *E. Nicholii* ตั้งแต่ที่ระดับความเข้มข้น 300 ppm ขึ้นไป สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทุกชนิดได้อย่างสมบูรณ์

Singh et al. (2008) ได้ศึกษาผลความเป็นพิษของใบจากน้ำมันหอมระเหย *Artemisia scoparia* พบว่าน้ำมันหอมระเหย *Artemisia scoparia* มีผลต่อการงอก การเจริญเติบโตและปริมาณคลอโรฟิลล์ของ *Avena sativa* และ *Triticum aestivum*

Kaur et al. (2010) ได้ศึกษาผลความเป็นพิษของ *Artemisia scoparia* กับวัชพืช 5 ชนิดได้แก่ *Achyranthes aspera*, *Cassia occidentalis*, *Parthenium hysterophorus*, *Echinochloa crus-galli* และ *Ageratum conyzoides* ที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 ไมโครลิตร พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้า *P. Hysterophorus* ได้สูงที่สุด

Batish et. al. (2012) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจาก *Anisomeles indica* พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจาก *Anisomeles indica* มี α-Bisabolol oxide-B เป็นสาระสำคัญ 21.6 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมันหอมระเหยจาก *Anisomeles indica*

สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของ *Amaranthus viridis* ได้สูงที่สุดคือ 82 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ *Bidens pilosa, Echinochloa crus-galli* และ *Cassia occidentalis* ตามลำดับ

Poonpaiboonpipat et al. (2013) จากการศึกษาผลความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจาก *Cymbopogon citratus* และผลทางสรีระของหญ้าข้าวนก พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 8 ไมโครลิตร สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโต การดูดน้ำและอัลฟา-อะไมเลสของหญ้าข้าวนกได้สูงที่สุด จากนั้นทำการสเปรย์น้ำมันหอมระเหยจาก *Cymbopogon citratus* ที่ระดับความเข้มข้น 1.25, 2.5, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในใบหญ้าข้าวนก พบว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *Cymbopogon citratus* ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ, บี และแคโรทีนอยด์ ดัชนีความเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเมมเบรนและการสะสมของสาร MDA ในใบหญ้าข้าวนก

de Oliveira *et al.* (2014) ได้ศึกษาผลทาง allelopathic ของน้ำมันหอมระเหยจาก *Callistemon viminalis* ที่ระดับความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ต่อเมล็ดผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) พบว่า ที่ทุกระดับความเข้มข้นสามารถทำให้ดัชนีการงอก (GSI) น้ำหนักแห้ง ความยาวของลำต้นและรากของต้นกล้าผักกาดหอมลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

Grichi *et al.* (2015) ได้รายงานการใช้น้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัสที่ระดับความเข้มข้น 0.12, 0.25, 0.5 และ 0.75 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ ข้าวสาลี ถั่วปากอ้า ถั่วแขก ผักกาด *Erica vesicaria* และ *Scorpiurus muricatus* และรายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัสทุกระดับความเข้มข้นที่ให้การงอก ความยาวลำต้น ความยาวราก และปริมาณคลอโรฟิลล์ของพืชทดสอบลดลงและมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่สูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่เพิ่มสูงขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 พืชที่ใช้ในการสกัดสารและเมล็ดวัชพืชที่ใช้ทดสอบ

3.1.1.1 น้ำมันหอมระเหยตัวอย่างได้แก่ ซีดาร์วูด (*Juniperus viriniana* L.), มะนาว (*Citrus aurantifolia*), มะกรูด (*Citrus hystrix* DC.), สะระแหน่ (*Metha cordifolia* Opiz.), ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus globulus* Labill.), เสม็ดขาว (*Melaleuca leucadendra* Linn. Var. *minor Duthie*), อบเชยจีน (*Cinnamomum cassia*), กะเพรา (*Ocimum sanctum*), ข่า (*Alpinia galangal*) และโป๊ยกั๊ก (*Illicium verum* Hook.f.) โดยสั่งซื้อจากบริษัท ฮงฮวด จำกัด (วิธีการกลั่นด้วยน้ำ (water distillation))

3.1.1.2เมล็ดวัชพืชที่ใช้ทดสอ ได้แก่ หญ้าข้าวนก (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) และผักโขมหนาม (*Amaranthus spinosus* L.)

3.1.2 ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ ได้แก่ น้ำกลั่น เอทานอล

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างพืช ได้แก่ ถุงกระดาษ กรรไกรตัดกิ่ง มีด ตะกร้า ถุงมือ

3.1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการแยกสารและเตรียมผงบดละเอียด ได้แก่ เครื่องบดไฟฟ้า ผ้าขาวบาง บีกเกอร์ แท่งแก้วคนสาร ขวดกลม ขวดรูปชมพู่ ขวดแก้วขนาดเล็ก ขวดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร กระบอกตวง พาราฟิล์ม กระดาษกรอง Whatman No.93

3.1.5 อุปกรณ์สำหรับการเพาะเมล็ดได้แก่ จานเพาะเมล็ด (petri-dish) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ขวดแก้วใส ขวดแก้วสีชา กระดาษเพาะเมล็ด

3.1.6 อุปกรณ์อื่น ๆ ได้แก่ เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของสารละลาย (spectrophotometer) ไมโครปิเปต (micropipette) ตู้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (growth chamber) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ตู้อบความร้อน (hot air oven) เครื่องชั่งอย่างละเอียด 2 และ 4 ตำแหน่ง และเครื่องเหวี่ยงสารให้ตกตะกอน (centrifuge)

3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 10 ชนิดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ

ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยได้แก่ ซีดาร์วูด, มะนาว, มะกรูด, สะระแหน่, ยูคาลิปตัส, เสม็ดขาว, อบเชยจีน, กะเพรา, ข่า และโป๊ยกั๊ก เพาะเมล็ดหญ้าข้าวนก และเมล็ดผักโขมหนามในจานทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ที่มีกระดาษเพาะเมล็ดรองพื้น วางเมล็ดจำนวน 20 เมล็ด และใส่น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรต่อจานทดลอง ติดกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร บริเวณกึ่งกลางของฝาจานทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดสอบประสิทธิภาพ

ของน้ำมันหอมระเหยได้แก่ ซีดาร์วูด มะนาว มะกรูด สะระแหน่ ยูคาลิปตัส สะเม็ดขาว อบเชยจีน กะเพรา ข่า และโป๊ยกั๊ก โดยการหยดน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตร ลงกลางกระดาษเพาะที่ติดอยู่บริเวณกึ่งกลางของฝาจานทดลอง โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการเปรียบเทียบ จากนั้นปิดฝาจานทดลองแล้วใช้พาราฟิล์มปิดด้านข้างของจานทดลอง

การบันทึกผล นับจำนวนการงอกของเมล็ดโดยกำหนดรากต้องงอกอย่างน้อย 2 มิลลิเมตร เป็นเมล็ดที่งอก วัดความยาวลำต้นและความยาวรากของต้นกล้าในวันที่ 7 หลังวันเพาะเมล็ด นำข้อมูลการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.2.2 การทดลองที่ 2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยด้วยเทคนิค Gas chromatograph/ Mass spectroscopy (GC/MS)

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธี gas chromatograph โดยใช้คอลัมน์ชนิด Carbowax (ความยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร และความหนาของฟิล์ม 0.325 ไมโครเมตร) ตั้งโปรแกรมให้อุณหภูมิสูงขึ้นจาก 50 องศาเซลเซียส ถึง 215 องศาเซลเซียส ที่ อัตรา 4 องศาเซลเซียส/นาที แล้วอุณหภูมิคงที่ 215 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และฉีดสารตัวอย่าง 0.2 ไมโครลิตร ด้วยวิธี split ที่อัตราส่วน 1:30 อุณหภูมิของหัวฉีดเท่ากับ 250 องศาเซลเซียส และใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพา ที่ความดัน 1.4 บาร์ และสัญญาณจะถูกส่งไปยังเครื่องประมวลผลเพื่อคำนวณหาพื้นที่กราฟใต้จุดสูงสุดกับระยะเวลาการทดสอบ ด้วยเครื่อง Shimadzu รุ่น CR6A และนำมาเทียบกับค่า Kovats retention indices (KI) ที่ได้จากสารมาตรฐาน naikane

การวิเคราะห์ GC-MS ดำเนินการโดย Carlo Erba HRGC 5160 Mega series coupled คู่กับ Finnigan MAT quadruple ion trap detector (ITD) การเกิดประจุอิเล็คตรอนตั้งไว้ที่ 70 อิเล็คตรอนโวลต์ และอุณหภูมิ คือ 220 องศาเซลเซียส การวัด GC โดยใช้คอลัมน์ Carbowax ความยาว 30 เมตร. เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร และก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพาที่ความดัน 0.8 บาร์ตามวิธีของ (Poonpaiboonpipat *et al.*, 2013)

3.2.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ

เตรียมน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เพาะเมล็ดหญ้าข้าวนกและเมล็ดผักโขมหนามจำนวน 20 เมล็ด วางเมล็ดในจานทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ที่มีกระดาษเพาะเมล็ดรองพื้น 2 ชั้น วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้น 100, 200, 300 และ 400 ppm จานทดลองละ 5 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการเปรียบเทียบ

การบันทึกผล นับจำนวนการงอกของเมล็ดโดยกำหนดรากต้องงอกอย่างน้อย 2 มิลลิเมตร เป็นเมล็ดที่งอก วัดความยาวลำต้นและความยาวรากของต้นกล้าในวันที่ 7 หลังวันเพาะเมล็ด นำข้อมูลการงอกและ

การเจริญเติบโตของพืชทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.2.4 การทดลองที่ 4 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อการดูดซับน้ำของเมล็ดพืชทดสอบ

การทดสอบการดูดน้ำ เลือกเมล็ดที่มีขนาดเท่า ๆกัน เมล็ดหญ้าข้าวนกจำนวน 30 เมล็ด และเมล็ดผักโขมหนาม จำนวน 100 เมล็ด ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น แล้วนำเมล็ดแช่ในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชที่เตรียมไว้ ที่ระดับความเข้มข้น 100, 200, 300 และ 400 ppm จานทดลองละ 5 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการเปรียบเทียบ ในจานทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) หญ้าข้าวนก แช่เป็นระยะเวลา 12, 24 และ 48 ชั่วโมง และเมล็ดผักโขมหนาม แช่เป็นระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง วางในกล่องทึบแสง นำไปวางไว้ในตู้ควบคุมการเจริญเติบโต ที่ตั้งค่าแสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีแสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแช่ครบตามเวลาที่กำหนด นำเมล็ดมาซับให้แห้งด้วยกระดาษกรองนาน 30 วินาที จากนั้นชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (น้ำหนักหลังแช่) โดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ (Maity *et al.* 2009)

$$\text{การดูดน้ำของเมล็ด (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น - น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

ทำการบันทึกข้อมูล และนำข้อมูลการดูดน้ำของเมล็ด (%) มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.2.5 การทดลองที่ 5 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา- อะไมเลสในเมล็ดพืชทดสอบ

การทดสอบกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส นำเมล็ดหญ้าข้าวนกจำนวน 30 เมล็ด และเมล็ดผักโขมหนาม จำนวน 100 เมล็ด ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น แล้วนำเมล็ดไปแช่ในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชที่เตรียมไว้ ในจานทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร โดยหญ้าข้าวนก แช่เป็นระยะเวลา 12, 24 และ 48 ชั่วโมง และเมล็ดผักโขมหนาม แช่เป็นระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง วางในกล่องทึบแสง แล้วนำไปวางไว้ในตู้ควบคุมการเจริญเติบโต ที่ตั้งค่าแสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีแสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม เมื่อแช่ครบตามเวลาที่กำหนด นำเมล็ดมาซับให้แห้งด้วยกระดาษกรองนาน 30 วินาที จากนั้นนำเมล็ดไปบดให้ละเอียด เติมแคลเซียมคลอไรด์ (แช่เย็น) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร นำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง ที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จะได้สารละลายในรูปของเหลวใสซึ่งแยกชั้นกับกากตะกอนของเมล็ดพืชทดสอบ ดูดสารละลายของเหลวใส 1

มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร และใส่สารละลายแป้ง 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นใส่ dinitrosalicylic reagent 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มเป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบกำหนดแล้วให้นำมาผ่านน้ำ แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร (Maity *et al.* 2009) นำค่าที่วัดได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส

โดยใช้สูตร $X = (Y + 0.019)/0.0027$

โดยกำหนดให้ X = ความเข้มข้นของอะไมเลส

Y = ค่าการดูดกลืนแสง

จากนั้นให้นำค่าความเข้มข้นของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส (X) ไปคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส โดยใช้สูตร

$$\alpha\text{-amylase } (\mu mol/min/g\ (FW)) = \frac{X \times V}{T \times g\ (FW) \times M\ (maltose) \times 0.25}$$

โดยกำหนดให้ X = ความเข้มข้นของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส

V = ปริมาตรสุดท้าย

T = เวลาที่ใช้ในการบ่ม

g (FW) = น้ำหนักของเมล็ด

M (maltose) = มวลโมเลกุลของ maltose (342.31)

ทำการบันทึกข้อมูล และนำข้อมูลกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.2.6 การทดลองที่ 6 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อฮอร์โมนจิบเบลเรลลินในเมล็ดพืชทดสอบ

นำเมล็ดหญ้าข้าวนกจำนวน 30 เมล็ด และเมล็ดผักโขมหนาม จำนวน 100 เมล็ด ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น แล้วนำเมล็ดไปแช่ในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยผสมร่วมกับจิบเบลเรลลิน (GA_3) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ปริมาตร 5 มิลลิลิตร โดยแช่เป็นระยะเวลา 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง แล้วนำไปวางไว้ในตู้ควบคุมการเจริญเติบโต โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม เมื่อแช่ครบตามเวลาที่กำหนด ทำการทดสอบการดูดน้ำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 4 และการทดสอบกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส เช่นเดียวกับการทดลองที่ 5

ทำการบันทึกข้อมูล เนื่องจากฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน กระตุ้นการสร้างเอนไซม์อะไมเลส จึงนำข้อมูลกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลส มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.2.7 การทดลองที่ 7 การศึกษาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยกับสารเคมีกำจัดวัชพืชที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

การเตรียมแปลงทดลอง ทำการย่อยดินและปรับพื้นที่ให้เรียบแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 1× 2 เมตร โรยเมล็ดวัชพืชทดสอบจากนั้นรดน้ำให้ชุ่ม ดูแลรักษาจนวัชพืชมีอายุที่เหมาะสมตามการทดลองที่ 2 แล้วทำการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชตามแผนการทดลอง โดยมีอัตราการใช้น้ำ 120 ลิตร/ไร่ ซึ่งการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช ทำในช่วงเช้า ขณะที่ลมสงบ

การบันทึกผลการทดลอง โดยการนับจำนวนและชนิดของวัชพืชที่งอก การประเมินความเป็นพิษที่เกิดขึ้นด้วยสายตา โดยการให้คะแนนตามตารางที่ 1 (Bryan, 1977) ที่ 1, 3, 5, 7, 14 และ 21 วันหลังฉีดพ่น

- ทำการถอนแยกนับจำนวนวัชพืชชนิดต่างๆ โดยใช้กรอบสี่เหลี่ยมขนาด 0.5 × 0.5 เมตร จำนวน 2 จุดต่อแปลงย่อย ที่ 30 วันหลังฉีดพ่น
- ทำการตัดส่วนเหนือดินของวัชพืชไปอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เพื่อชั่งหาน้ำหนักแห้งของวัชพืชที่ถูกฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

ทำการบันทึกข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3.1 แสดงระดับเปอร์เซ็นต์การควบคุมวัชพืช และความเป็นพิษต่อพืชปลูก (Bryan, 1977)

ระดับ(เปอร์เซ็นต์)	ผลกระทบ	ลักษณะที่แสดงออก
0	ไม่มีผลกระทบ	ไม่สามารถควบคุมวัชพืชได้ พืชปลูกปกติ
10	มีผลกระทบเล็กน้อย	ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชที่ต่ำมาก ปลายใบของพืชปลูกมีสีซีด จำนวน 1/3 ของพื้นที่กระถาง
20		ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชที่ต่ำ ปลายใบของพืชปลูกมีสีซีดเปลี่ยนไปจากเดิมจำนวนเพิ่มขึ้น (2/3 ของพื้นที่กระถาง)
30		ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชที่ต่ำถึงมีบ้างเล็กน้อย ปลายใบซีดและเปลี่ยนสีไปจากเดิมทั้งหมดทุกต้น ใบเลี้ยงใบล่างรองจากยอดมีอาการเหลืองซีด
40	มีผลกระทบปานกลาง	ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชมีเพียงเล็กน้อย พืชปลูกมีอาการเป็นพิษปานกลาง โดยใบเลี้ยงชั้นแรกมีสีเหลืองซีด
50		ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชมีเพียงเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยใบเลี้ยงชั้นแรกมีสีเหลืองซีดอย่างเห็นได้ชัด ที่ยอดมีอาการซีด – เหลือง ขอบใบไหม้
60		ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชปานกลาง ปลายใบทุกใบเปลี่ยนไปจากเดิม และมีลักษณะเหี่ยวถึงโคนใบ ใบแห้งและมีรอยจุดไหม้อย่างเห็นได้ชัด ยอดมีอาการเสียหายอย่างไม่สามารถกลับคืนสู่ปกติ
70	มีผลกระทบรุนแรง	ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชน้อยกว่าระดับความพอใจ ใบเลี้ยงชั้นที่ 2 มีสีเหลือง เหี่ยวทั้งใบ ประกอบกับขอบใบไหม้ ใบแห้งขยายเป็นวงกว้าง
80		ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชอยู่ในระดับน่าพอใจถึงระดับดี ใบมีลักษณะอาการเหี่ยว แห้งเกือบทั้งหมด
90		ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชดีถึงดีเลิศ พืชปลูกมีอาการเหี่ยวเฉา ลำต้นโค้ง ไม่สามารถกลับคืนสู่ปกติได้
100	มีผลกระทบอย่างรุนแรงมาก	ควบคุมวัชพืชได้อย่างสมบูรณ์ พืชถูกทำลายทั้งหมด มีอาการเฉาทั้งลำต้น และใบ แคระแกร็น ใบร่วงทั้งหมด

3.3 สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ห้องปฏิบัติการและโรงเรือนทดลอง ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 ระยะเวลาดำเนินการ

ใช้ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 10 เดือน

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 10 ชนิดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ

ผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก

จากการศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 10 ชนิด ได้แก่ ซีดาร์วูด มะนาว มะกรูด สะระแหน่ ยูคาลิปตัส เสม็ดขาว อบเชยจีน กะเพรา ข่า และโป๊ยกั๊ก ที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง ที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกได้อย่างสมบูรณ์ รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยจากข่า สะระแหน่ กะเพรา และโป๊ยกั๊ก สามารถยับยั้งการงอกได้ 53.75, 41.25, 37.50 และ 6.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากซีดาร์วูด มะนาว มะกรูด ยูคาลิปตัส และเสม็ดขาว ไม่สามารถยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนกได้เลย สำหรับการเจริญเติบโตด้านความยาวต้นและความยาวราก พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ กะเพรา โป๊ยกั๊ก และข่า สามารถยับยั้งความยาวต้นหญ้าข้าวนกได้ไม่แตกต่างกัน คือ 94.22, 94.88, 91.10 และ 89.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ กะเพรา และข่า สามารถยับยั้งความยาวรากหญ้าข้าวนกได้ไม่แตกต่างกัน คือ 97.24, 97.88 และ 98.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยชนิดอื่นๆ สามารถยับยั้งความยาวต้นและความยาวรากได้น้อยลงตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

ผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนาม

จากการศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 10 ชนิด ได้แก่ ซีดาร์วูด มะนาว มะกรูด สะระแหน่ ยูคาลิปตัส เสม็ดขาว อบเชยจีน กะเพรา ข่า และโป๊ยกั๊ก ที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง ที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนาม โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากซีดาร์วูด สะระแหน่ ยูคาลิปตัส เสม็ดขาว อบเชยจีน กะเพรา ข่า และโป๊ยกั๊ก มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนามได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนมะนาวและมะกรูด สามารถยับยั้งการงอกได้ 73.75 และ 62.50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการเจริญเติบโตด้านความยาวต้นและความยาวราก พบว่า มะนาวและมะกรูดสามารถยับยั้งความยาวต้นได้ 31.77 และ 31.49 เปอร์เซ็นต์ และสามารถยับยั้งความยาวรากได้ 69.72 และ 71.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.1 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 10 ชนิดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก

Essential oil (5 microlitre/petri dish)	เปอร์เซ็นต์ยับยั้ง (%)		
	การงอก	ความยาวต้น	ความยาวราก
ซีดาร์วูด	0.00d	22.25b	21.11c
มะนาว	0.00d	1.03c	36.41bc
มะกรูด	0.00d	24.81b	32.17bc
สะระแหน่	41.25b	94.22a	97.24a
ยูคาลิปตัส	0.00d	18.58bc	45.35bc
เสม็ดขาว	0.00d	29.70b	44.52bc
อบเชยจีน	100.00a	100.00a	100.00a
กะเพรา	37.50bc	94.88a	97.88a
ข่า	53.75b	91.10a	98.89a
โป๊ยกั๊ก	6.25cd	89.77a	59.17b

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test (p=0.05)

ตารางที่ 4.2 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 10 ชนิดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนาม

Essential oil (5 microlitre/petri dish)	เปอร์เซ็นต์ยับยั้ง (%)		
	การงอก	ความยาวต้น	ความยาวราก
ซีดาร์วูด	100.00a	100.00a	100.00a
มะนาว	73.75b	31.77b	69.72b
มะกรูด	62.50c	31.49b	71.71b
สะระแหน่	100.00a	100.00a	100.00a
ยูคาลิปตัส	100.00a	100.00a	100.00a
เสม็ดขาว	100.00a	100.00a	100.00a
อบเชยจีน	100.00a	100.00a	100.00a
กะเพรา	100.00a	100.00a	100.00a
ข่า	100.00a	100.00a	100.00a
โป๊ยกั๊ก	100.00a	100.00a	100.00a

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test (p=0.05)

4.2 การทดลองที่ 2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยด้วยเทคนิค Gas chromatograph/ Mass spectroscopy (GC/MS)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนด้วยวิธี GC/MS พบว่าองค์ประกอบที่สำคัญในน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนมีทั้งหมด 9 ตัว ได้แก่ Cinnamaldehyde พบมากที่สุด 69.43 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 3-phenyl-2-propen-1-ol acetate 10.57 เปอร์เซ็นต์, Eugenol 8.27 เปอร์เซ็นต์, α – Terpineol 7.05 เปอร์เซ็นต์, γ – Terpineol 2.53 เปอร์เซ็นต์, β – Terpineol 1.13 เปอร์เซ็นต์, Caryophyllene 0.35 เปอร์เซ็นต์, Benzyl benzoate 0.29 เปอร์เซ็นต์ และ Isoeugenol 0.17 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน

Essential oil	No	Constituents	Relative content (%)
C. cassia	1	β - Terpineol	1.13
	2	α - Terpineol	7.05
	3	γ - Terpineol	2.53
	4	Cinnamaldehyde	69.43
	5	Eugenol	8.27
	6	3-phenyl-2-propen-1-ol acetate	10.57
	7	Caryophyllene	0.35
	8	Isoeugenol	0.17
	9	Benzyl benzoate	0.29

4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากพืชต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ

ผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก

จากการทดลองผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก ที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 200, 300 และ 400 ppm โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนมีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกทุกระดับความเข้มข้น ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนกสูงที่สุดได้ 92.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนด้านการเจริญเติบโตสามารถยับยั้งความยาวต้นและความยาวรากของหญ้าข้าวนกได้ 80.94 และ 97.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 300 ppm สามารถยับยั้งการงอกได้ 50.00 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 50, 100 และ 200 ppm มีผลยับยั้งการงอกได้ไม่แตกต่างกันคือ 2.50, 3.75 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนด้านการเจริญเติบโตที่ระดับความ

เข้มข้น 300 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นได้ 35.60 เปอร์เซ็นต์ และสามารถยับยั้งความยาวรากได้ 57.52 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 50, 100 และ 200 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นได้ 10.61, 11.11 และ 13.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถยับยั้งความยาวรากได้ 32.49, 41.56 และ 46.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 4.4)

.

ตารางที่ 4.4 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก

ที่ระดับความเข้มข้น	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (%)		
(ppm)	การงอก	ความยาวต้น	ความยาวราก
50	2.50c	10.61c	32.49c
100	3.75c	11.11bc	41.56c
200	15.00c	13.28bc	46.95bc
300	50.00b	35.60b	57.52b
400	92.50a	80.94a	97.70a

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test (p=0.05)

ผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนาม

ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนมีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนาม ที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100, 150 และ 200 ppm โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนามได้อย่างสมบูรณ์ และที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 150 ppm สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนามได้ไม่แตกต่างกันคือ สามารถยับยั้งการงอกได้ 93.75 และ 97.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนด้านการเจริญเติบโตสามารถยับยั้งความยาวต้นได้ 79.56 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถยับยั้งความยาวรากได้อย่างสมบูรณ์ และที่ระดับความเข้มข้น 25 และ 50 ppm สามารถยับยั้งการงอกได้ 6.25 และ 63.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนด้านการเจริญเติบโตสามารถยับยั้งความยาวต้นได้ 7.41 และ 39.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถยับยั้งความยาวรากได้ 37.22 และ 68.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนาม

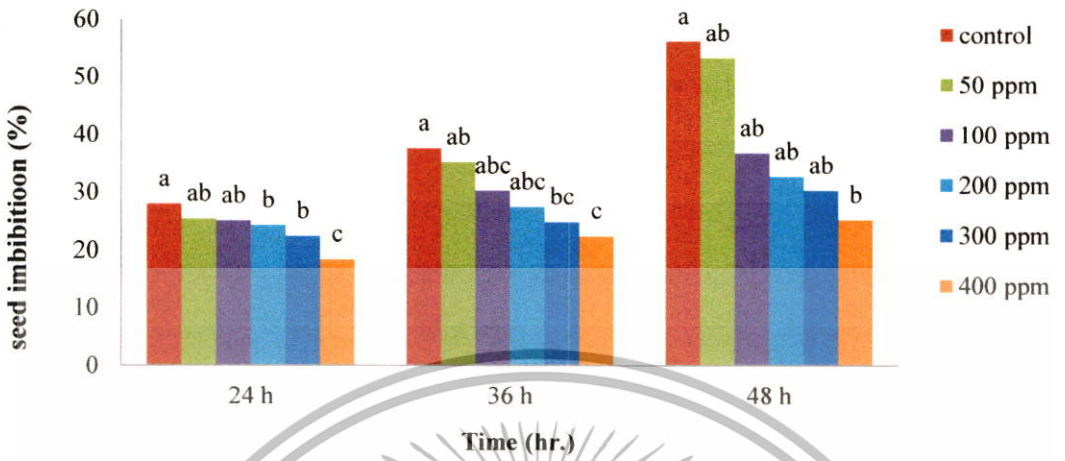
ความเข้มข้น (ppm)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (%)		
	การงอก	ความยาวต้น	ความยาวราก
25	6.25c	7.41c	37.22c
50	63.75b	39.75bc	68.61b
100	93.75a	79.26ab	100.00a
150	97.50a	100.00a	100.00a
200	100.00a	100.00a	100.00a

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test (p=0.05)

4.4 การทดลองที่ 4 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อการดูดซับน้ำของเมล็ดพืชทดสอบ

ผลต่อการดูดน้ำของหญ้าข้าวนก

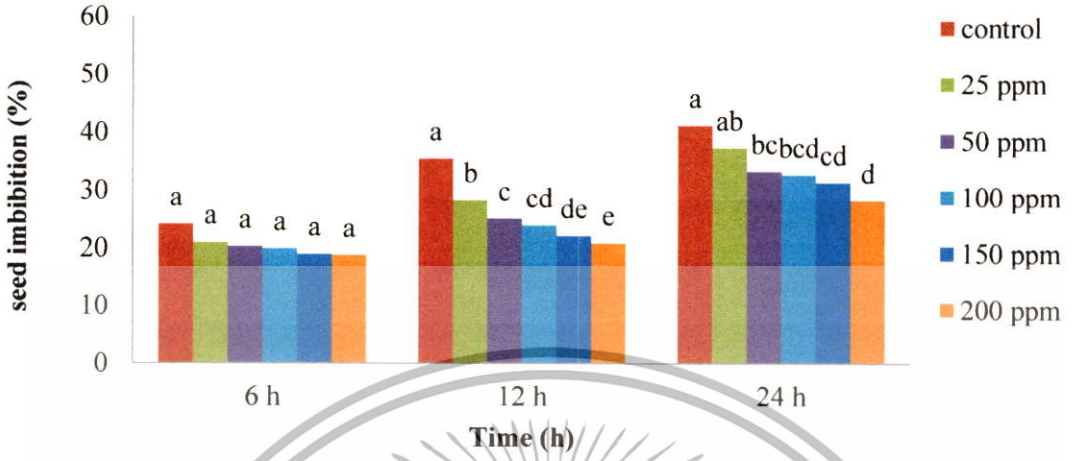
จากการทดลองของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 200, 300 และ 400 ppm ที่แช่เป็นระยะเวลา 24, 36 และ48 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.1) โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm ที่แช่เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง สามารถยับยั้งการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกได้ดีที่สุดคือ มีเปอร์เซ็นต์ การดูดน้ำเท่ากับ 18.43 เปอร์เซ็นต์ และรองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 200 และ 300 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำไม่แตกต่างกันคือ 24.32 และ 22.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 100 ppm เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำไม่แตกต่างกันคือ 25.44 และ 25.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกับกรรมวิธีควบคุม ส่วนเมล็ดหญ้าข้าวนกที่แช่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นเวลา 36 ชั่วโมง พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกได้ดีที่สุดคือ มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 22.37 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 200 และ 300 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 35.24, 30.28, 27.46 และ 24.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมล็ดหญ้าข้าวนกที่แช่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกได้ดีที่สุดคือ มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 25.21 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 200 และ 300 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 53.26, 36.80, 32.72 และ 30.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำไม่แตกต่างกับกรรมวิธีควบคุม



ภาพที่ 4.1 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการดูดน้ำของหญ้าข้าวนกที่ 24, 36 และ48 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมงที่เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)

ผลต่อการดูดน้ำของผักโขมหนาม

จากการทดลองของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการดูดน้ำของผักโขมหนามที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100, 150 และ 200 ppm ที่แช่เป็นระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.2) โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนทุกระดับความเข้มข้นที่แช่เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำไม่แตกต่างกับกรรมวิธีควบคุมคือ 18.84, 21.09, 20.36, 19.97 และ 19.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเมล็ดผักโขมหนามที่แช่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่แช่เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm สามารถยับยั้งการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมหนามได้ดีที่สุดคือ มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 20.93 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100 และ 150 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 28.36, 25.20, 23.99 และ 22.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมล็ดผักโขมหนามที่แช่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่แช่เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm สามารถยับยั้งการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมหนามได้ดีที่สุดคือ มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 28.30 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100 และ 150 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 37.37, 33.34, 32.45 และ 31.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

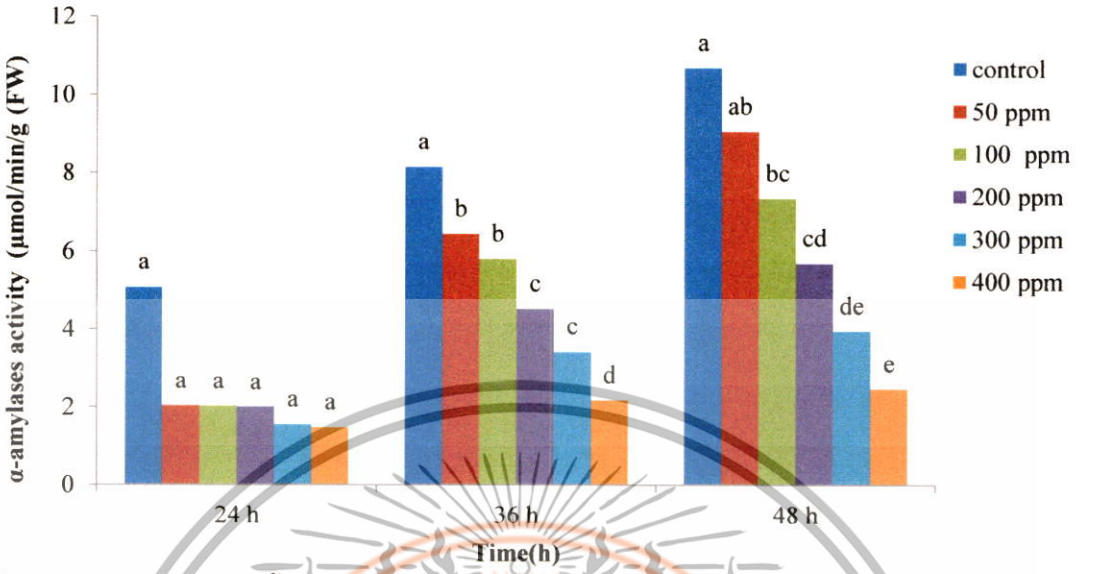


ภาพที่ 4.2 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการดูดน้ำของผักโขมหนามที่ 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมงที่เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)

4.5 การทดลองที่ 5 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสในเมล็ดพืชทดสอบ

ผลต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของหญ้าข้าวนก

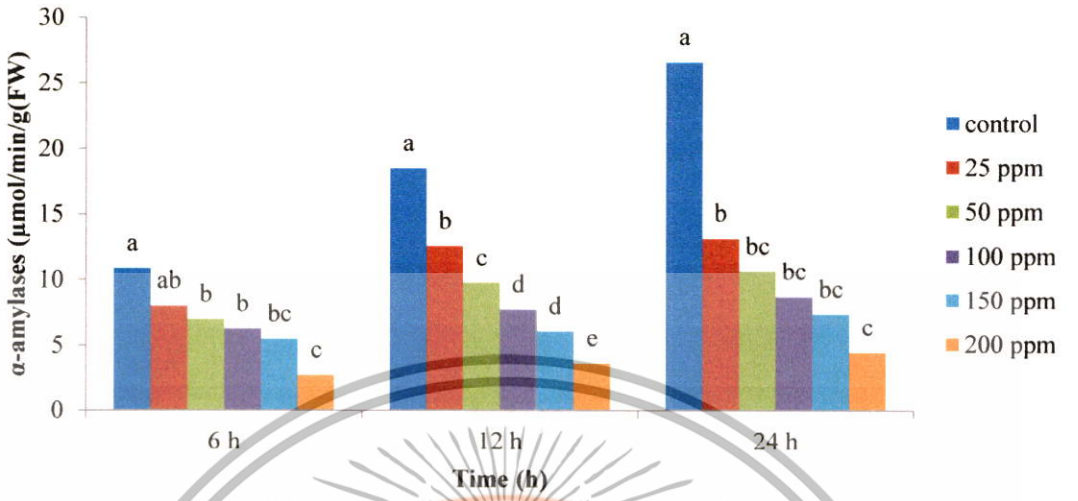
จากการทดลองของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส ของหญ้าข้าวนกที่ระดับความเข้มข้น 50, 100, 200, 300 และ 400 ppm ที่แช่สารที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.3) เมื่อแช่เมล็ดหญ้าข้าวนกในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นมีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส คือ 2.04, 2.03, 2.01, 1.56 และ 1.49 (µmol/min/g(FW)) ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันกับกรรมวิธีควบคุมและเมื่อแช่เมล็ดหญ้าข้าวนกที่แช่ในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส น้อยที่สุดเท่ากับ 2.19 (µmol/min/g(FW)) รองลงที่ระดับความเข้มข้น 200 และ 300 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสไม่แตกต่างกันคือ 4.52 และ 3.43 (µmol/min/g(FW)) ตามลำดับ และที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 100 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสไม่แตกต่างกันคือ 6.43 และ 5.80 (µmol/min/g(FW)) ตามลำดับ ส่วนเมล็ดหญ้าข้าวนกที่แช่ในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสน้อยที่สุดเท่ากับ 2.47 (µmol/min/g(FW)) และที่ระดับความเข้มข้น 50 100 200 และ 300 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสเท่ากับ 9.06, 7.34, 5.69 และ 3.95 (µmol/min/g(FW)) ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม



ภาพที่ 4.3 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของหญ้าข้าวนกที่ 24, 36 และ 48 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมงที่เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)

ผลต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของผักโขมหนาม

จากการทดลองของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส ของผักโขมหนามที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100, 150 และ 200 ppm ที่แช่เป็นระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.4) เมื่อแช่เมล็ดผักโขมหนามในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสน้อยที่สุดเท่ากับ 2.75 (µmol/min/g(FW)) รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 50, 100 และ 150 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสไม่แตกต่างกันคือ 6.99, 6.27 และ 5.49 (µmol/min/g(FW)) ตามลำดับ และที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสเท่ากับ 8.01 (µmol/min/g(FW)) ส่วนเมล็ดผักโขมหนามในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสน้อยที่สุดเท่ากับ 3.63 (µmol/min/g(FW)) รองลงมา ที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 150 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสไม่แตกต่างกันคือ 7.74 และ 6.07 (µmol/min/g(FW)) ตามลำดับ และที่ระดับความเข้มข้น 25 และ 50 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสเท่ากับ 12.58 และ 9.79 (µmol/min/g(FW)) และเมล็ดผักโขมหนามในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสน้อยที่สุดเท่ากับ 4.46 (µmol/min/g(FW)) รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 50, 100 และ 150 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสไม่แตกต่างกันคือ 10.66, 8.73 และ 7.39 (µmol/min/g(FW)) ตามลำดับ และที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสเท่ากับ 13.17 (µmol/min/g(FW)) เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม



ภาพที่ 4.4 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของผักโขมหนามที่ 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมงที่เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)

4.6 การทดลองที่ 6 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยต่อฮอร์โมนจิบเบลเรลลินในเมล็ดพืชทดสอบ

ผลต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนก

จากผลการทดลองของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่มีผลต่อการยับยั้งฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ของเมล็ดหญ้าข้าวนก ที่ระดับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน300 ppm และฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน 1, 10, 100, 1000 ppm โดยมีน้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม ที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่า ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของหญ้าข้าวนกสูงที่สุด ที่ระดับความเข้มข้น 1, 10, 100, 1000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 46.93, 48.20, 55.48 และ 41.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับในขณะที่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน และผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนร่วมกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 300 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 26.65 เปอร์เซ็นต์ และผสมร่วมกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ที่ระดับความเข้มข้น 1, 10, 100, 1000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 25.84, 28.32, 25.92 และ 25.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือเมล็ดหญ้าข้าวนกที่แช่ในน้ำกลั่น มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 47.75 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนร่วมกับจิบเบลเรลลิน (GA_3) ต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของสาร	เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนก (%)		
	24 ชั่วโมง	36 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
Control	25.69a	29.55a	47.75b
GA_3 1 ppm	21.37ab	28.48ab	46.93b
GA_3 10 ppm	20.75b	25.65abc	48.20b
GA_3 100 ppm	20.21b	25.16bcd	55.48a
GA_3 1000 ppm	19.37b	24.54bcd	41.13c
EC 300 ppm	20.00b	21.38de	26.65d
EC 300 ppm + GA3 1 ppm	20.16b	21.60cde	25.84d
EC 300 ppm + GA3 10 ppm	20.20b	21.41de	28.32d
EC 300 ppm + GA3 100 ppm	20.44b	21.26de	25.92d
EC 300 ppm + GA3 1000 ppm	19.42b	20.30e	25.04d

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)

ผลต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของเมล็ดหญ้าข้าวนก

จากผลการทดลองผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนร่วมกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลินต่อที่มีผลต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของเมล็ดหญ้าข้าวนก ที่ระดับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน 300 ppm และฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน 1, 10, 100, 1000 ppm โดยมีน้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม ที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่า ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของหญ้าข้าวนกสูงที่สุด ที่ระดับความเข้มข้น 1, 10, 100, 1000 ppm มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสเท่ากับ 15.74, 18.14, 20.69 และ 10.62 (µmol/min/g(FW)) ตามลำดับ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน ที่ระดับความเข้มข้น 300 ppm มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสเท่ากับ 3.25 (µmol/min/g(FW)) และผสมร่วมกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ที่ระดับความเข้มข้น 1, 10, 100, 1000 ppm มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสเท่ากับ 3.00, 6.13, 3.23 และ 3.93 (µmol/min/g(FW)) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือเมล็ดหญ้าข้าวนกที่แช่ในน้ำกลั่น มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสเท่ากับ 16.25 µmol/min/g(FW) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนร่วมกับจิบเบลเรลลิน (GA_3) ต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของสาร	กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส (µmol/min/g(FW))		
	24 ชั่วโมง	36 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
Control	2.94a	4.61a	16.25c
GA_3 1 ppm	2.04a	3.47ab	15.74c
GA_3 10 ppm	1.80bc	2.86bc	18.14b
GA_3 100 ppm	1.78bc	2.61bc	20.69a
GA_3 1000 ppm	1.57cd	2.28bc	10.62d
EC 300 ppm	1.43d	2.51bc	3.25f
EC 300 ppm + GA3 1 ppm	1.44d	2.59bc	3.00f
EC 300 ppm + GA3 10 ppm	1.51cd	2.11bc	6.13e
EC 300 ppm + GA3 100 ppm	1.45d	1.96c	3.23f
EC 300 ppm + GA3 1000 ppm	1.34d	1.54c	2.80f

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)

ผลต่อการดูดน้ำของเมล็ดผักโขม

จากผลการทดลองของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่มีผลต่อการยับยั้งฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ของเมล็ดผักโขม ที่ระดับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน 1000 ppm และฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน 1, 10, 100, 1000 ppm โดยมีน้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม ที่ระยะเวลา 12, 18 และ 24 ชั่วโมง พบว่า ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดผักโขมสูงที่สุด ที่ระดับความเข้มข้น 1, 10, 100, 1000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 33.00, 33.64, 27.65 และ 26.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับในขณะที่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนและ ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนร่วมกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 32.22 เปอร์เซ็นต์ และผสมร่วมกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ที่ระดับความเข้มข้น 1, 10, 100, 1000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 32.75, 32.92, 27.90 และ 26.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือเมล็ดผักโขมที่แช่ในน้ำกลั่นมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 33.77 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนร่วมกับจิบเบลเรลลิน (GA_3) ต่อการดูดน้ำของผักโขมหนามที่ระยะเวลา 12, 18 และ 24 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของสาร	เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของผักโขม (%)		
	12 ชั่วโมง	18 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
Control	**26.07a**	**28.75a**	**33.77a**
GA_3 1 ppm	27.54a	29.20a	33.00a
GA_3 10 ppm	27.87a	29.70a	33.64a
GA_3 100 ppm	25.13a	26.82a	27.65a
GA_3 1000 ppm	23.60a	25.43a	26.44a
EC 50 ppm	27.74a	28.60a	32.22a
EC 50 ppm + GA_3 1 ppm	28.09a	28.42a	32.75a
EC 50 ppm + GA_3 10 ppm	27.92a	29.20a	32.92a
EC 50 ppm + GA_3 100 ppm	25.97a	26.57a	27.90a
EC 50 ppm + GA_3 1000 ppm	24.03a	25.35a	26.58a

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

ผลต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสของเมล็ดผักโขมหนาม

จากผลการทดลองผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนร่วมกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลินต่อที่มีผลต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของเมล็ดผักโขมหนาม ที่ระดับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน 50 ppm และฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน 1, 10, 100, 1000 ppm โดยมีน้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุมที่ระยะเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่า ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของเมล็ดผักโขมหนามสูงที่สุด ที่ระดับความเข้มข้น 1, 10, 100, 1000 ppm มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสเท่ากับ 17.49, 18.20, 16.56 และ 14.80 µmol/min/g(FW) ตามลำดับ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน 50 ppm มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสเท่ากับ 13.17 µmol/min/g(FW) และผสมร่วมกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ที่ระดับความเข้มข้น 1, 10, 100, 1000 ppm มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสเท่ากับ 17.49, 18.20, 16.56 และ 14.80 µmol/min/g(FW) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือเมล็ดผักโขมหนามที่แช่ในน้ำกลั่น มีกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสเท่ากับ 17.92 µmol/min/g(FW) (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนร่วมกับจิบเบลเรลลิน (GA_3) ต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของผักโขมหนามที่ระยะเวลา 12, 18 และ 24 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของสาร	กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส (µmol/min/g(FW))		
	12 ชั่วโมง	18 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
Control	12.07a	13.57a	17.92a
GA_3 1 ppm	11.71b	14.21a	17.49a
GA_3 10 ppm	11.62ab	14.63a	18.20a
GA_3 100 ppm	11.56ab	14.47a	16.56a
GA_3 1000 ppm	10.24abc	13.38a	14.80a
EC 50 ppm	8.72cd	9.59bc	13.17abc
EC 50 ppm + GA_3 1 ppm	10.10abc	10.39bc	13.83abc
EC 50 ppm + GA_3 10 ppm	9.34bc	10.97bc	13.93abc
EC 50 ppm + GA_3 100 ppm	8.17cd	8.42cd	9.33bc
EC 50 ppm + GA_3 1000 ppm	6.41d	7.46d	8.58c

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)

4.7 การทดลองที่ 7 การศึกษาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยกับสารเคมีกำจัดวัชพืชที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

จากการสุ่มตัวอย่างวัชพืชในพื้นที่ 1 ตารางเมตร พบวัชพืชประเภทใบแคบคือ หญ้าแพรกและหญ้าตีนนก วัชพืชประเภทใบกว้างคือ ลูกใต้ใบ ผักโขมไร้หนามและสะเดาดิน ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชแยกแต่ละประเภทที่ 1, 7, 14 และ 21 วันหลังฉีดพ่นสาร ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบกับสารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์ 27.6 % SL อัตรา 500 ซีซีสารออกฤทธิ์ต่อไร่ โดยไม่ฉีดพ่นสารเป็นกรรมวิธีการควบคุม

ผลต่อหญ้าแพรก

ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยและสารเคมีกำจัดวัชพืชต่อหญ้าแพรก ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด พบว่าสารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าแพรกอยู่ในระดับรุนแรงมาก และควบคุมได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน โดยที่ 1, 7, 14 และ 21 วันหลังฉีดพ่นสาร ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าแพรกได้ 58.75, 52.50, 46.25 และ 28.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์ที่ 7 วันขึ้นไปหลังฉีดพ่นสาร สามารถควบคุมหญ้าแพรกได้โดยสมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 4.10)

ผลต่อหญ้าตีนนก

ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยและสารเคมีกำจัดวัชพืชต่อหญ้าตีนนก ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด พบว่า ที่ 1 วันหลังฉีดพ่นสาร ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าตีนนกได้ 71.25 เปอร์เซ็นต์ สารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าตีนนกอยู่ในระดับรุนแรงมาก ควบคุมได้ 70.00 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน โดยที่ 7, 14 และ 21 วันหลังฉีดพ่นสาร ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในควบคุมหญ้าตีนนกได้ 70.00, 53.75 และ 35.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์ที่ 7 วันขึ้นไปหลังฉีดพ่นสาร สามารถควบคุมหญ้าตีนนกได้โดยสมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 4.11)

ผลต่อลูกใต้ใบ

ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยและสารเคมีกำจัดวัชพืชต่อลูกใต้ใบ ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด พบว่า ที่ 1 วันหลังฉีดพ่นสาร ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกใต้ใบ ได้ 73.75 เปอร์เซ็นต์ สารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์มีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกใต้ใบ อยู่ในระดับรุนแรงมาก ควบคุมได้ 70.00 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน โดยที่ 7, 14 และ 21 วันหลังฉีดพ่นสาร ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในควบคุมลูกใต้ใบ ได้ 91.25, 91.25 และ 96.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์ที่ 7 วันขึ้นไปหลังฉีดพ่นสาร สามารถควบคุมลูกใต้ใบได้โดยสมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 4.12)

ผลต่อผักโขม

ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยและสารเคมีกำจัดวัชพืชต่อผักโขม ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด พบว่า ที่ 1 วันหลังฉีดพ่นสาร ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมผักโขม ได้ 70.00 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับสารเคมีกำจัดวัชพืชพารา ควอตไดคลอไรด์มีประสิทธิภาพในการควบคุมผักโขม อยู่ในระดับรุนแรงมาก ควบคุมได้ 70.00 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน โดยที่ 7, 14 และ 21 วันหลังฉีดพ่นสาร ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในควบคุมผักโขม ได้ 92.50, 95.00 และ 95.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์ที่ 7 วันขึ้นไปหลังฉีดพ่นสาร สามารถควบคุมผักโขมได้โดยสมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 4.13)

ผลต่อสะเดาดิน

ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยและสารเคมีกำจัดวัชพืชต่อสะเดาดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด พบว่า ที่ 1 วันหลังฉีดพ่นสาร ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าตีนนกได้ 70.00 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับสารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าตีนนกอยู่ในระดับรุนแรงมาก ควบคุมได้ 70.00 เปอร์เซ็นต์

และผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน โดยที่ 7, 14 และ 21 วันหลังฉีดพ่นสาร ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในควบคุมหญ้าตีนนกได้ 71.25, 80.00 และ 83.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์ที่ 7 วันขึ้นไปหลังฉีดพ่นสารสามารถควบคุมหญ้าแพรกได้โดยสมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.10 แสดงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยและสารเคมีกำจัดวัชพืชต่อหญ้าแพรกในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

สาร	ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช (วันหลังฉีดพ่น)			
	1 DAT	7 DAT	14 DAT	21 DAT
วิธีการควบคุม (ไม่ฉีดพ่นสาร)	0.00 d	0.00 d	0.00 d	0.00 d
พาราควอตไดคลอไรด์ (อัตราแนะนำ)	70.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน (4 %)	22.50 b	20.00 c	17.50 c	10.00 c
ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน (8 %)	58.75 c	52.50 b	46.25 b	28.75 b

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)

ตารางที่ 4.11 แสดงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยและสารเคมีกำจัดวัชพืชต่อหญ้าตีนนกในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

สาร	ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช (วันหลังฉีดพ่น)			
	1 DAT	7 DAT	14 DAT	21 DAT
วิธีการควบคุม (ไม่ฉีดพ่นสาร)	0.00 c	0.00 d	0.00 d	0.00 d
พาราควอตไดคลอไรด์ (อัตราแนะนำ)	70.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน (4 %)	41.25 b	35.00 c	27.50 c	16.25 c
ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน (8 %)	71.25 a	70.00 b	53.75 b	35.00 b

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)

ตารางที่ 4.12 แสดงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยและสารเคมีกำจัดวัชพืชต่อลูกใต้ใบ ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

สาร	ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช (วันหลังฉีดพ่น)			
	1 DAT	7 DAT	14 DAT	21 DAT
วิธีการควบคุม (ไม่ฉีดพ่นสาร)	0.00 c	0.00 d	0.00 d	0.00 c
พาราควอตไดคลอไรด์ (อัตราแนะนำ)	70.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน (4 %)	47.50 b	67.50 c	67.50 c	72.50 b
ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน (8 %)	73.75 a	91.25 b	91.25 b	96.25 a

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)

ตารางที่ 4.13 แสดงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยและสารเคมีกำจัดวัชพืชต่อผักโขม ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

สาร	ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช (วันหลังฉีดพ่น)			
	1 DAT	7 DAT	14 DAT	21 DAT
วิธีการควบคุม (ไม่ฉีดพ่นสาร)	0.00 c	0.00 d	0.00 c	0.00 d
พาราควอตไดคลอไรด์ (อัตราแนะนำ)	70.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน (4 %)	40.00 b	63.75 c	63.75 b	71.25 c
ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน (8 %)	70.00 a	92.50 b	95.00 a	95.00 b

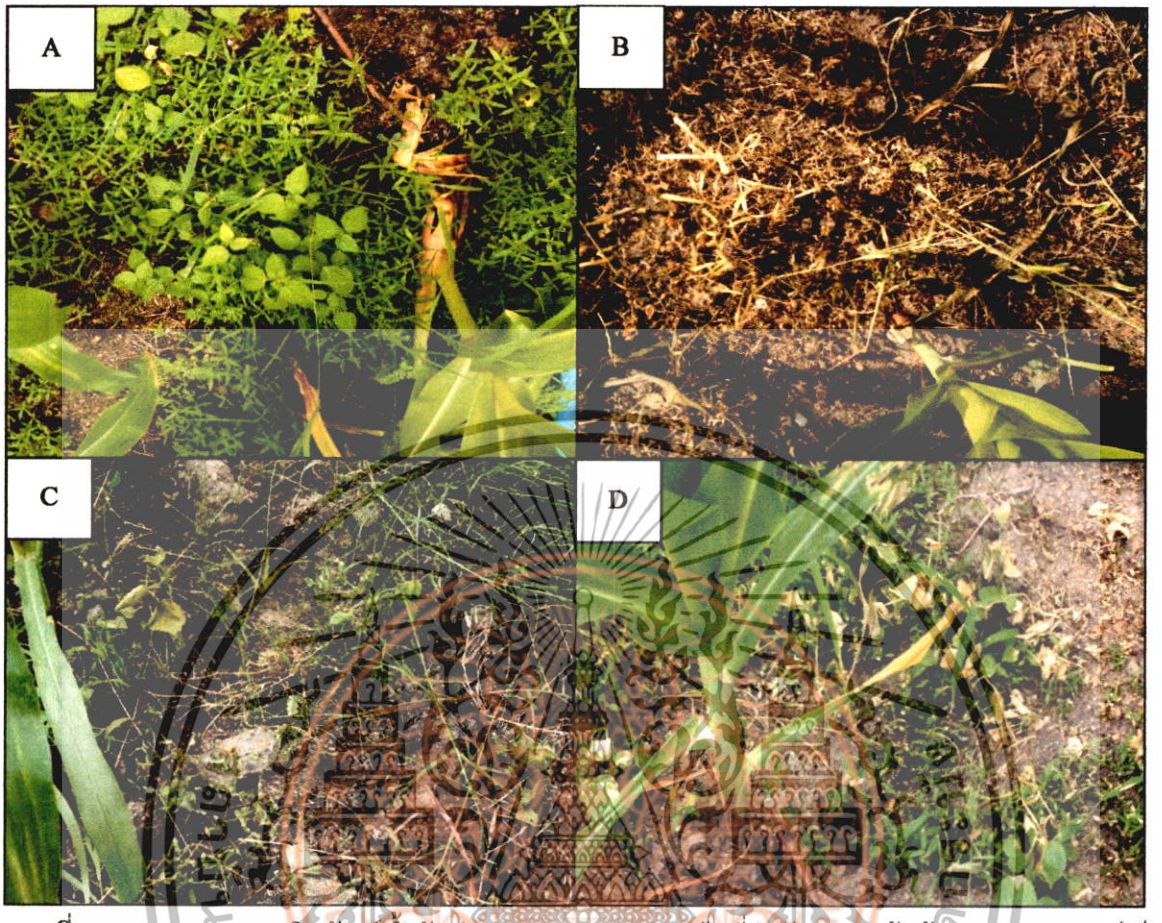
ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)

ตารางที่ 4.14 แสดงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยและสารเคมีกำจัดวัชพืชต่อสะเดาดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

สาร	ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช (วันหลังฉีดพ่น)			
	1 DAT	7 DAT	14 DAT	21 DAT
วิธีการควบคุม (ไม่ฉีดพ่นสาร)	0.00 c	0.00 d	0.00 c	0.00 d
พาราควอตไดคลอไรด์ (อัตราแนะนำ)	70.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน (4 %)	31.25 b	43.75 c	55.00 b	60.00 c
ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน (8 %)	70.00 a	71.25 b	80.00 a	83.75 b

ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Studentized Range Test (p=0.05)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ภาพที่ 4.5 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ และสารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์ ต่อการเจริญเติบโตของวัชพืชภายในพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่ 7 วันหลังจากฉีดพ่นสาร (A: วิธีการควบคุม (ไม่ฉีดพ่นสาร) B: สารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์ C: ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน 4 เปอร์เซ็นต์ D: ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน 8 เปอร์เซ็นต์)

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 10 ชนิด ได้แก่ ซีดาร์วูด มะนาว มะกรูด สะระแหน่ ยูคาลิปตัส สะเม็ดขาว อบเชยจีน กะเพรา ข่า และโป๊ยกั๊ก ที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทดสอบ โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีน สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนามได้โดยสมบูรณ์ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ณัฐกิติ และคณะ (2556) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้านที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครลิตร สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกได้โดยสมบูรณ์ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้านยังสามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดก้นจ้ำขาว (*Bidens pilosa* L.) และทำให้การเจริญเติบโตของรากลดลง (Alves et al., 2014) และ Atak et al. (2016) ทำการศึกษาน้ำมันหอมระเหยจาก ออริกาโน (*Origanum onites* L.) และโรสแมรี่ (*Rosmarinus officinalis* L.) ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของ *Avena sterilis* และ *Sinapis arvensis* พบว่าสามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดวัชพืชได้

จากวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยด้วยเทคนิค GC/MS พบว่าองค์ประกอบที่สำคัญในน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนคือ Cinnamaldehyde พบมากที่สุด 69.43 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 3-phenyl-2-propen-1-ol, acetate 10.57 เปอร์เซ็นต์ และ Eugenol 8.27 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนพบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกสูงที่สุดได้ และผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมหนามได้อย่างสมบูรณ์ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนมีประสิทธิภาพการเป็นสารกำจัดวัชพืช คล้ายถึงกับงานวิจัยของ จำรูญ และคณะ (2558) ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากใบผักบุ้งฝรั่งต้น ในรูปแบบสารละลายเข้มข้น (Soluble liquids concentrate; SL) รูปแบบผงเปียกน้ำ (Wettable powder; WP) และในรูปแบบผง (Pellets) ที่มีผลต่อการงอกและเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและถั่วผี พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 8000 ppm ผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากใบผักบุ้งฝรั่งต้น ในรูปแบบสารละลายเข้มข้น (SL) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอก การรอด และการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก ในระยะ Early post emergence ได้มากที่สุด และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอก การรอด และการเจริญเติบโตของถั่วผี ในระยะ Pre emergence ได้มากที่สุด เช่นเดียวกับ Wichittrakarn et al. (2014) พบว่าผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากใบดาวเรืองในรูปแบบสารละลายเข้มข้น (SL) ให้ผลในการยับยั้งหญ้าข้าวนกได้ดีที่สุด

จากการทดลองผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนต่อการดูดน้ำและกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเพิ่มสูงขึ้น เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำในเมล็ด และกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนามจะ

ลดลง และเมื่อระยะเวลาเพิ่มสูงขึ้นเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำในเมล็ดกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม เมล็ดพืชทั้งสองชนิดมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำกิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับสรีรวิทยาของเมล็ดพืชนั้น สอดคล้องกับการศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม (*Cymbopogon citratus*) พบว่าสามารถยับยั้งการงอกของเมล็ด การดูดน้ำ และการสร้างเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนก (Poonpaiboonpipat et al., 2013) และจากการทดลองของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนร่วมกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน พบว่าเมื่อใส่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนร่วมกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ให้ผลไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนอย่างเดียว เป็นไปได้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนยับยั้งการสร้างกิจกรรมเอนเซนไซม์อัลฟา-อะไมเลส เพราะให้ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ก็ไม่สามารถทำให้เมล็ดกลับมางอกได้ ซึ่งแตกต่างจาก จำรูญ และคณะ (2558) ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากใบผักบุ้งฝรั่งต้นที่มีผลต่อการยับยั้งฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน พบว่าผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากใบผักบุ้งฝรั่งต้นจะมีการยับยั้งการงอกที่สูง แต่เมื่อใส่ผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากใบผักบุ้งฝรั่งต้นร่วมกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน จะมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการงอกลดลง ซึ่งมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ และกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส ที่จะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากใบผักบุ้งฝรั่งต้นเพียงอย่างเดียว

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยกับสารเคมีกำจัดวัชพืชที่ใช้อยู่ในปัจจุบันต่อการควบคุมวัชพืชที่ขึ้นในพื้นที่ปลูกข้าวโพดได้แก่ หญ้าแพรก หญ้าตีนนก ลูกใต้ใบ ผักโขมไร้หนาม และสะเดาดิน ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชแยกแต่ละประเภทที่ 1, 7, 14 และ 21 วันหลังฉีดพ่นสาร พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนมีประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชใบกว้างได้มากกว่าวัชพืชใบแคบ เมื่อเปรียบเทียบกับสารเคมีกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์พบว่าสามารถกำจัดวัชพืชได้ทั้งใบกว้างและใบแคบ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยเป็นสารธรรมชาติกำจัดวัชพืชประเภทเลือกทำลายและไม่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อมซึ่งเป็นทางเลือกในการลดอันตรายจากการใช้สารเคมีอันเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการวัชพืชอย่างยั่งยืน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาถึงเรื่องระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจีนเพื่อดูการเสื่อมสลายของสารออกฤทธิ์

5.2.2 ควรมีการศึกษาถึงสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหย เพื่อประสิทธิภาพในการป้องกันและกำจัดวัชพืช

5.2.3 ควรศึกษาคุณสมบัติของสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยเพื่อนำมาพัฒนาเป็นสารกำจัดวัชพืช

5.2.4 ควรทำการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยมีประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชให้สูงขึ้น

บรรณานุกรม

จำรูญ เล้าสินวัฒนา มณทินี ธีรารักษ์ และภัทริน วิจิตรตระการ. 2559. การสกัดสารออกฤทธิ์ การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ วิธีการใช้พฤติกรรมของสารในดิน และกลไกการยับยั้งการงอกของเมล็ดวัชพืชของสารจากใบผักบุ้งฝรั่งต้น. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

ชัด หนูเหมือน และ ปราโมทย์ พรสุริยา. 2553. การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบของลักษณะผลในประชากรมะระขี้นกจากพันธุ์พื้นเมือง. วารสารวิจัยมทร.ตะวันออก. 3(2): 89-95.

ณัฐกิติ ภูรี่น อภิญญา อิทธิเวชชัย นีรนุช พุทไธสง มณทินี ธีรารักษ์ และจำรูญ เล้าสินวัฒนา. 2556. ผลของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้านต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ. ในเรื่องเต็มการประชุมอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 11. ขอนแก่น: เซ็นทาราคอนเวนชันเซนเตอร์.หน้า 1465-1472.

ทศพล พรพรหม. 2554. สารป้องกันกำจัดวัชพืช: หลักการและกลไกการทำลายพืช สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

ธวัชชัย รัตน์ชเลช. 2540. เทคโนโลยีสารกำจัดวัชพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์รั้วเขียว. กรุงเทพฯ.

ประเทืองศรี สินชัยศรี. 2542. พรรณไม้หอมและน้ำมันหอมระเหย. สำนักวิจัยและพัฒนาพืชน้ำมัน และผลิตภัณฑ์น้ำมันพืชอุตสาหกรรมเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 130 หน้า.

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2540. วัชพืชศาสตร์. ภาควิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่. 585 หน้า.

รัตนา อินทรานุปกรณ์. 2547. การตรวจสอบการสกัดแยกสาระสำคัญจากสมุนไพร. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรงเทพฯ.

สมพร ภูติยานันต์. 2551. สมุนไพรใกล้ตัว เล่ม 13: สมุนไพรแต่งสี กลิ่น รส. วิทยาศาสตร์เภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ตุลย์การพิมพ์. เชียงใหม่.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2560. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืช ปี 2558-2559. [online] Avaible : http://www.doa.go.th.

สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค. 2546. พิษจากสารกำจัดศัตรูพืช. ใน: สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรค 2546. หน้า 443-449.

อานุช คีรีรัฐ นิคม ทิพย์ทิวา สัมพันธมิตร จุรีพร แสงแก้ว และศศิธร ณ พิชัย. 2556. ความหลากหลายชนิดของพันธุ์ไม้และปริมาณคาร์บอนสะสมของป่าชุมชนบ้านพานแพ อำเภอบางขัน จังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก. 6(1): 56-62.

Alves, M.C.S., Medeiros, F.S., Manoel N.A., Brito, R.C. and Araujo, R.C. 2014. Allelopathic effect of essential oils of medicinal plants in *Bidens pilosa* L. Revista Brasileira de Plantas Medicinais. 16(3): 731-736

Atak, M., Mavi, K. and Uremis, I. 2016. Bio-herbicidal effects of oregano and rosemary essential oils on germination and seedling growth of bread wheat cultivars and weeds. Romanian Biotechnological Letters. 21(1): 11149-11159.

Batish, D.R., Singh, H.P., Kaur, M., Kohli, R.K. and Singh, S., 2012. Chemical characterization and phytotoxicity of volatile essential oil from leaves of *Anisomeles indica* (Lamiaceae). Biochemical Systematics and Ecology. 41: 104-109.

Bryan, T. 1977. Research methods in weed science. Southern Weed Sci, Soc 211 pp.

Cheng, H.H. 1989. Assessment of the fate and transport of allelochemicals in the soil. In C.H. Chou and G.R. Waller, eds. Phytochemical ecology: allelochemicals, mycotoxins and insect pheromones and allomones. Academia Sinica Monograph Ser. No.9, Acad. Sinica, Taipei, ROC. pp. 209-216.

de Oliveira, C.M., Cardoso, M.G., Figueiredo, A.C.S., de Carvalho, M.L.M., de Miranda, C.A.S.F., Albuquerque, L.R.M., Nelson, D.L., Gomes, M.G., Silva, L.F., Santiago, J.A., Teixeira, M.L. and Brandão, R.M. 2014. Chemical composition and allelopathic activity of the essential oil from *Callistemon viminalis* (myrtaceae) blossoms on lettuce (*Lactuca sativa* L.) seedlings. American Journal of Plant Sciences. 5: 3551-3557.

Devine, M., Duke, O.S. and Fedtke, C. 1993. Physiology of herbicide action. New Jersey: PTR Prentice-Hall, Inc.

El-Darier, S. M., and Zein El-dien, M. H. 2011. Biological activity of *Medicago sativa* L. (alfalfa) residues on germination efficiency, growth and nutrient uptake of *Lycopersicon esculentum* L. (Tomato) seedlings. Journal of Tabah University for Science. 5: 7-13.

Fikreyesus, S., Kebebew, Z., Nebiyu, A., Zeleke, N. and Bogale, S. 2011. Allelopathic effects of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. on germination and growth of tomato. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 11(5):600-608.

Fikreyesus, S., Kebebew, Z., Nebiyu, A., Zeleke, N. and Bogale, S. 2011. Allelopathic effects of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. on germination and growth of tomato. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 11(5), 600-608.

Grichi, A., Nasr, Z. And Khouja, M.L. 2015. Herbicidal activity of *Eucalyptus astringens* and its phytotoxic components. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology. 7: 138-147.

Inderjit, S. and Duke, O. 2003. Ecophysiological aspects of allelopathy. Planta. 217: 529-539.

Inderjit, S. and Duke, S.O. 2005. Ecophysiological aspects of Allelopathy. Planta. 217: 529-639.

John, K. and Steven. P. 1993. The Handbook of Cosmetic Science & Technology. 1st ed., Elsevier Advanced Technology, oxford, UK. 581 p.

Kato- Noguchi, H. 2004. Allelopathic substance in rice root exudates: rediscovery of momilactone B as an allelochemical. J Plant Physiol. 161: 271-276.

Kaur, S., Singh, H.P., Mittal, S., Batish, D.R. and Kohli, R.K. 2010. Phytotoxic effects of volatile oil from *Artemisia scoparia* against weeds and its possible use as a bioherbicide. Industrial crops and products. 32: 54-61.

Kordali, S., Cakir, A., Akcinc, T.A., Mete, E., Akcin, A., Aydin, T. and Kilic, H. 2009. Antifungal and herbicidal properties of essential oils and n-hexane extracts of *Achillea gypsicola* Hub-Mor. and *Achillea biebersteinii* Afan. (Asteraceae). Industrial crops and products. 29: 562–570.

Kumbhar, B.A. and Patel D.D., 2016. Weed and its Management: A Major Threats to Crop Economy J Pharm Sci Bioscientific Res. 6(6): 801-805.

Maity, J.P., Chakraborty, S., Kar, S., Panja, S., Jiin-Shuh, J., Samal, A.C., Chakraborty, A. and Santa, S.C. 2009. Effects of gamma irradiation on edible seed protein, amino acids and genomic DNA during sterilization. Food Chemistry. 114: 1237-1247.

Oliveira, C.M., Cardoso, M.D.G., Figueiredo, A.C.D.S., Carvalho, M.L.M.D. and Nelson, D.L. 2014. Chemical composition and allelopathic activity of the essential oil from *Callistemon viminalis* (myrtaceae) blossoms on lettuce (*Lactuca sativa* L.) seedlings. American Journal of Plant Sciences. 5: 3551-3557.

Poonpaiboonpipat, T., Pangnakorn, U., Suvunnamek, U., Teerarak, M., Charoenying, P. and Laosinwattana, C. 2013. Phytotoxic effects of essential oil from *Cymbopogon citratus* and its physiological mechanisms on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). Industrial Crops and Products. 41: 403-407.

Putnam, A.R. 1985. Weed Allelopathy. Weed Physiology. Reproduction and Ecophysiology. Florida : CRC Press. Inc. 131-155.

Ramezani, S., Saharkhiz, M. J., Ramezani, F. and Fotokian, M. H. 2008. Use of Essential Oils as Bioherbicides. Jeobp. 11(3): 319-327.

Rice, E.L. 1984. Allelopathy. 2th ed. Academic Press, Inc., Florida, U.S.A.

Risco, C., López-Vizcaíno, R., Sáez, C., Yustres, A., Cañizares, P., Navarro, V. and Rodrigo, M.A. 2016. Remediation of soils polluted with 2,4-D by electrkinetic soil flushing with facing rows of electrodes: A case study in a pilot plant. Chemical Engineering Journal. 285: 128–136.

Risco, C., López-Vizcaíno, R., Sáez, C., Yustres, A., Cañizares, P., Navarro, V. and Rodrigo, M.A. 2016. Remediation of soils polluted with 2,4-D by electrokinetic soil flushing with facing rows of electrodes: A case study in a pilot plant. Chemical Engineering Journal. 285: 128–136.

Rizvi, S.J.H. and Rizvi, V. 1992. Allelopathy Basic and applied aspects. London: Chapman & Hall.

Sefidkon, F., Selehyar, S., Mirza, M. and Dabiri, M. 2004. The essential oil Tagetes erecta L. occurring in Iran. Flavour and fragrance journal. 19: 579-581.

Shokouhian, A., Habibi, H. and Agahi, K. 2016. Allelopatic effects of some medicinal plant essential oils on plant seeds germination. J. BioSci. Biotechnol. 5(1): 13-17.

Singh, H.P., Kaur, S., Mittal, S., Batish, D.R. and Kohli, R.K. 2008. Phytotoxicity of major constituents of the volatile oil from leaves of *Artemisia scoparia* Waldst and Kit. Verlag der Zeitschrift fur Naturforschung. 63: 663-666.

Smith, A.E. 1995. Handbook of Weed Management Systems. New York: Marcel Dekker, Inc.

Verdeguer, M., Blazquez, M.A. and Boira, H. 2009. Phytotoxic effects of *Lantana camara*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Eriocephalus africanus* essential oils in weeds of Mediterranean summer crops. Biochemical Systematics and Ecology. 37: 362-369.

Warren, G.F. and Hess, E.D. 1993. Classification of herbicides. pp. 63-66. In S.C. Weller et al. (eds.), Herbicide Action No. 1. Purdue University, West Lafayette, IN.

Wichittrakarn, P., Teerarak, M., Charoenying, P. and Laosinwattana, C. 2014. Allelopathic potential of *Tagetes erecta* L.; its partially separation of active compounds and Its mechanism on seed germination on *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. In proceedings Seoul International Conference on Biological Engineering & Natural Science Courtyard by Marriott Seoul Times Square, South Korea, August 29-31, 2014, pp. 469-477.

Zahm, S.H., Weisenburger, D.D., Babbitt, P.A., Saal, R.C., Vaught, J.B., Cantor, K.P. and Blair, A. 1990. A case-control study of Non-Hodgkin's Lymphoma and the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) in Eastern Nebraska. Epidemiology. 1(5): 349-356.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายงานสรุปการเงิน

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 3 รอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2560
☑ แหล่งงบประมาณแผนดิน (แบบปกติ) ☐ แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) องค์ประกอบทางเคมีและกลไกการออกฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกเมล็ดวัชพืชของน้ำมันหอมระเหยจากพืชในการยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนกและผักโขมหนาม
(ภาษาอังกฤษ) Chemical composition of mode of action of essential oil form plants on *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. and *Amaranthus spinosus* L.

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) รองศาสตราจารย์ ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา
รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2559 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2560
ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2559 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2560
ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)
   งวดที่ 1 340,000 บาท 85 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ด/ป) 15 กุมภาพันธ์ 2560
   งวดที่ 2 60,000 บาท 15 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ด/ป) 25 กรกฎาคม 2560
2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว	180,000	180,000	0
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน	0	-	
ค่าใช้สอย	60,000	60,000	0
ค่าวัสดุ	160,000	160,054	-54.00
ค่าสาธารณูปโภค	0	-	
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	0	-	
รวม	400,000	400,054.00	-54.00

3. หมายเหตุ ขอเบิกเพียง 400,000 บาท

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา)
ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน
30 กันยายน 2560

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา)
ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน
30 กันยายน 2560

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ นายจำรูญ เล้าสินวัฒนา

ตำแหน่งทางวิชาการ รองศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
Post Doctoral	Weed Science (Allelopathy)	Utsunomiya University, Japan	2544
Doctor of Agriculture	Plant Protection	Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan	2542
วท.ม.	เกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2538
วท.บ.	เกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2535

ผลงานวิจัย (ระดับชาติและนานาชาติ)

Poonpaiboonpipat, T., Pangnakorn, U., Suvunnamek, U., Teerarak, M., Charoenying, P. and Laosinwattana, C. 2013. Phytotoxic effects of essential oil from *Cymbopogon citratus* and its physiological mechanisms on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) Industrial Crops and Products. 41(1): 403-407. (Impact factor = 2.469) ที่มา : Journal Citation Reports, 2011

Teerarak, M., Laosinwattana, C., Charoenying, P. and Kato-Noguchi, H. 2012. Allelopathic activities of *Jasminum officinale* f. var. *grandiflorum* (Linn.) Kob.: Inhibition effects on germination, seed imbibition, and α-amylase activity induction of *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. African Journal of Biotechnology 11(31): 7850-7854. (Impact factor = 0.607) ที่มา : Journal Citation Reports, 2010

Teerarak, M., Charoenying, P. and Laosinwattana, C. 2012. Physiological and cellular mechanisms of natural herbicide resource from *Aglaia odorata* Lour. on bioassay plants Acta Physiol Plant. 34(4): 1277-1285. (Impact factor = 1.639) ที่มา : Journal Citation Reports, 2011.

Poonpaiboonpipat T., Teerarak M., Phuwiwat W., Charoenying P. and Laosinwattana C. 2011. Allelopathic effects of Arabian jasmine (*Jasminum sambac* Ait.) and preliminary test for estimation of its natural herbicide activity. Journal of Agricultural Technology. 7(4): 1073-1083.

Charoenying, P., Chotsaeng P. and Laosinwattana C. 2010. Effects of *Spirulina platensis* and C-phycocyanin on seed germination and seedling growth of two monocot and dicot plants. Allelopathy J. 25(2): 453-464. (Impact factor = 0.793) ที่มา : Journal Citation Reports, 2009

Charoenying, P., Teerarak, M. and Laosinwattana C. 2010. An allelopatnic substance isolated from *Zanthoxylum limonella* Alston fruit. Scientia Horticulturea. 125: 411-416. (Impact factor = 0.859) ที่มา : Journal Citation Reports, 2008

Teerarak, M., Laosinwattana C., Charoenying P. 2010. Evaluation of allelopathic, decomposition and cytogenetic activities of *Jasminum officinale* L.f. var. *grandiflorum* (L.) Kob. on bioassay plants. Bioresource Technology. 101: 5677-5684. (Impact factor = 4.258) ที่มา : Journal Citation Reports, 2009

Laosinwattana C., Boonleom, C., Teerarak, M., Thitavasanta, S. and Charoenying P. 2010. Potential allelopathic effects of *Suregada multiflorum* and the influence of soil type on its residue's efficacy. Weed Biology and Management. 10(3): 153-159. (Impact factor = 0.743) ที่มา : Journal Citation Reports, 2009

Laosinwattana, C., Poonpaiboonpipat, T., Teerarak, M., Phuwiwat, W., Mongkolaussavaratana, T. and Charoenying P. 2009. Pellet formulation of Chinese rice flower (*Aglaia odorata* Lour.) and its potential use as organic herbicide. Allelopathy J. 24(1): 45-54. (Impact factor = 0.525) ที่มา : Journal Citation Reports, 2008

Laosinwattana C., Phuwiwat W. and Charoenying P. 2007. Assessment of allelopathic potential of ten Vetivergrass (*Vetiveria* spp.) ecotypes. Allelopathy Journal. 19(2): 469-478. (Impact factor = 0.686) ที่มา : Journal Citation Reports, 2007

Teerarak, M., Bhinija K., Thitavasanta S. and Laosinwattana C. 2008. The impact of sodium chloride on root growth, cell division, and interphase silver-stained nucleolar organizer regions (AgNORs) in root tip cells of *Allium cepa* L. Scientia Horticulturea. (Impact factor = 0.694) ที่มา : Journal Citation Reports, 2007

Charoenying, P., Laosinwattana, C., Phuwiwat W. and Lomratsiri, J. 2008. Biological Activities of *Zanthoxylum Limonella* Alston Fruit Extracts. KMITL SCIENCE JOURNAL 8(1): 12-15.

Wichittrakarn, P., Changsawake, K., Teerarak, M., Charoenying, P. and Laosinwattana, C. 2012. partial separation of allelochemicals from marigold leaf extract. In The 10 th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology. Harbin, China. pp. 77-83.

Wichittrakarn, P., Teerarak, M. and Laosinwattana, C. 2013. Allelopathic potential of *Tagetes erecta* L.; optimal extraction solvent and its partially separation of active compounds. In Proceedings of the 24th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, October 22-25, 2013, Bandung , Indonesia. pp. 391-397.

Wichittrakarn, P., Teerarak, M., Charoenying, P. and Laosinwattana, C. 2014. Allelopathic potential of *Tagetes erecta* L.; Its partially separation of active compounds and its mechanism on seed germination on *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. pp. 469-477. ". In proceedings Seoul International Conference on Biological Engineering & Natural Science Courtyard by Marriott Seoul Times Square, South Korea.

Laosinwattana, C., Teerarak, M. 2014. Allelopathic activities of white leadtree (*Leucaena Eucocephala*) and its potential use as a natural herbicide. Proceedings Seoul International Conference on Biological Engineering & Natural Science Courtyard by Marriott Seoul Times Square, South Korea, August 29-31, 2016. pp. 449-458.

Netsawang, P., Wichittrakarn, P., Teerarak, M. and Laosinwattana, C. 2015. Effects of natural herbicide from Piper betel Linn. on seed germination, imbibition and α-amylase activity of Amranthus gracilis desf. In proceeding on The 2nd International Symposium on Agricultural technology (ISAT 2015). A-One The Royal Cruise Hotel Pattaya, Thailand. pp. 249-252.

Netsawang, P., Wichittrakarn, P., Teerarak, M. and Laosinwattana, C. 2015. Potential of aqueous extract and solvent extraction from Spanish jasmine on promoting of seed germination, seedling growth and seedling vigor index of plants test. In proceeding International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS 2015). Hokkaido, Japan. pp. 462-469.

Laosinwattana, C., Teerarak, M., Ittiwechchaia, A. and Kamsan, P. 2016. Optimal solvent system for extract of allelochemicals from *Malachra capitata* L. Proceedings of 2016 International Forum – Agriculture, Biology and Life Science, Kurume, Japan, August 5-7, 2014. pp. 61-67.

กนกพร ช้างเสวก จำรูญ เล้าสินวัฒนา และมณทินี ธีรารักษ์. 2553. ศักยภาพของสารสกัดจากชะอมในการยับยั้งการงอก การเจริญเติบโต และการแบ่งเซลล์ของพืชทดสอบ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 28 (2) 65-73.

ธนัชสัณห์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์ สุธีรดา ฉิมน้อย จำรูญ เล้าสินวัฒน วิรัตน์ ภูวิวัฒน์ และพัชนี เจริญยิ่ง. 2552. ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชของผลิตภัณฑ์จากใบประยงค์. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 8 เชียงใหม่ 6-9 พค. 52 หน้า 116.

วิรัตน์ ภูวิวัฒน์ จำรูญ เล้าสินวัฒนา หัตถ์ชัย กสิโอฬาร และศุภชัย สถาพร. 2552. ผลของสารสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์จากใบสังเครียดใบเล็กต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 8 เชียงใหม่ 6-9 พค. 52 หน้า 202.

จันทณี สนธิ จำรูญ เล้าสินวัฒนา และมณทินี ธีรารักษ์. 2552. ผลของสารกำจัดวัชพืช อะลาคลอร์ ต่อกิจกรรมการแบ่งเซลล์ของหอมหัวใหญ่. การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 9. 591-592.

สุธีรดา ฉิมน้อย จำรูญ เล้าสินวัฒนา วิรัตน์ ภูวิวัฒน์ และพัชนี เจริญยิ่ง. 2551. ประสิทธิภาพของใบประยงค์ผงต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ. บทคัดย่อการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 7 วันที่ 26-30 พฤษภาคม 2551 ณ โรงแรมอัมรินทร์ลากูล อ.เมือง จ.พิษณุโลก. หน้า 293.

วิรัตน์ ภูวิวัฒน์ จำรูญ เล้าสินวัฒนา และศุภชัย สถาพร. 2551. การเปรียบเทียบผลของสารสกัดจากพืชสกุล Aglaia 12 ชนิดต่อการงอก และการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ. บทคัดย่อการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 7 วันที่ 26-30 พฤษภาคม 2551 ณ โรงแรมอัมรินทร์ลากูน อ.เมือง จ. พิษณุโลก. หน้า 307.

พัชนี เจริญยิ่ง จำรูญ เล้าสินวัฒนา และวิรัตน์ ภูวิวัฒน์. 2551. การแยกสารอัลลิโลพาทีจากใบพุทธชาดก้านแดง. บทคัดย่อการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 7 วันที่ 26-30 พฤษภาคม 2551 ณ โรงแรมอัมรินทร์ลากูล อ.เมือง จ.พิษณุโลก. หน้า 320.

ผู้ร่วมโครงการ

ชื่อ นางสาวมณทินี ธีรารักษ์

ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
Doctor of Agriculture	Horticulture	Horticulture Ehime University, Japan	2556
วท.ม.	พันธุวิศวกรรม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2545
วท.บ.	เกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2541

ผลงานวิจัย (ระดับชาติและนานาชาติ)

Poonpaiboonpipat, T., Pangnakorn, U., Suvunnamek, U., Teerarak, M., Charoenying, P. and Laosinwattana, C. 2013. Phytotoxic effects of essential oil from *Cymbopogon citratus* and its physiological mechanisms on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) Industrial Crops and Products. 41(1): 403-407. (Impact factor = 2.469) ที่มา : Journal Citation Reports, 2011

Teerarak, M., Laosinwattana, C., Charoenying, P. and Kato-Noguchi, H. 2012. Allelopathic activities of *Jasminum officinale* f. var. *grandiflorum* (Linn.) Kob.: Inhibition effects on germination, seed imbibition, and α-amylase activity induction of *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. African Journal of Biotechnology Vol. 11(31): 7850-7854. (Impact factor = 0.607) ที่มา : Journal Citation Reports, 2010

Teerarak, M., Charoenying, P. and Laosinwattana, C. 2012. Physiological and cellular mechanisms of natural herbicide resource from Aglaia odorata Lour. on bioassay plants Acta Physiol Plant. 34(4): 1277-1285. (Impact factor = 1.639) ที่มา : Journal Citation Reports, 2011

Poonpaiboonpipat T., Teerarak M., Phuwiwat W., Charoenying P. and Laosinwattana C. 2011. Allelopathic effects of Arabian jasmine (*Jasminum sambac* Ait.) and preliminary test for estimation of its natural herbicide activity. Journal of Agricultural Technology. 7(4): 1073-1083.

Teerarak, M., Laosinwattana, C., Charoenying, P. 2010. Evaluation of allelopathic, decomposition and cytogenetic activities of *Jasminum officinale* f. var. *grandiflorum* (Linn.) Kob. On bioassay plant. Bioresource Technology. 101: 5677-5684. (Impact factor = 4.258) ที่มา : Journal Citation Reports, 2009.

Laosinwattana C., Boonleom, C., Teerarak, M., Thitavasanta, S. and Charoenying P. 2010. Potential allelopathic effects of *Suregada multiflorum* and the influence of soil type on its residue's efficacy. Weed Biology and Management. 10(3): 153-159. (Impact factor = 0.743) ที่มา : Journal Citation Reports, 2009

Charoenying, P., Teerarak, M. and Laosinwattana C. 2010. An allelopatnic substance isolated from *Zanthoxylum limonella* Alston fruit. Scientia Horticulturea. 125 : 411-416. (Impact factor = 0.859) ที่มา : Journal Citation Reports, 2008

Laosinwattana, C., Poonpaiboonpipat T., Teerarak M., Phuwiwat W., Mongkolaussavaratana T. and Charoenying P. 2009. Pellet formulation of Chinese rice flower (*Aglaia odorata* Lour.) and its potential use as organic herbicide. Allelopathy J. 24(1): 45-54. (Impact factor = 0.525) ที่มา : Journal Citation Reports, 2008

Teerarak, M., Bhinija K., Thitavasanta S. and Laosinwattana C. 2008. The impact of sodium chloride on root growth, cell division, and interphase silver-stained nucleolar organizer regions (AgNORs) in root tip cells of *Allium cepa* L. Scientia Horticulturea. (Impact factor = 0.694) ที่มา : Journal Citation Reports

Wichittrakarn, P., Changsawake, K., Teerarak, M., Charoenying, P. and Laosinwattana, C. 2012. Partial separation of allelochemicals from marigold leaf extract. In The 10 th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology. Harbin, China. pp. 77-83.

Wichittrakarn, P., Teerarak, M. and Laosinwattana, C. 2013. Allelopathic potential of *Tagetes erecta* L.; optimal extraction solvent and its partially separation of active compounds. In Proceedings of the 24th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, October 22-25, 2013, Bandung, Indonesia. pp. 391-397.

Wichittrakarn, P., Teerarak, M., Charoenying, P. and Laosinwattana, C. 2014. Allelopathic potential of *Tagetes erecta* L.; its partially separation of active compounds and its mechanism on seed germination on *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. pp. 469-477. ". In proceedings Seoul International Conference on Biological Engineering & Natural Science Courtyard by Marriott Seoul Times Square, South Korea.

Laosinwattana, C., Teerarak, M. 2014. Allelopathic activities of white leadtree (*Leucaena Eucocephala*) and its potential use as a natural herbicide. Proceedings Seoul International Conference on Biological Engineering & Natural Science Courtyard by Marriott Seoul Times Square, South Korea, August 29-31, 2014. pp. 449-458.

Netsawang, P., Wichittrakarn, P., Teerarak, M. and Laosinwattana, C. 2015. Effects of natural herbicide from Piper betel Linn. on seed germination, imbibition and α-amylase activity of *Amranthus gracilis* desf. In proceeding on The 2nd International Symposium

on Agricultural technology (ISAT 2015). A- One The Royal Cruise Hotel Pattaya, Thailand. pp. 249-252.

Netsawang, P., Wichittrakarn, P., Teerarak, M. and Laosinwattana, C. 2015. Potential of aqueous extract and solvent extraction from Spanish jasmine on promoting of seed germination, seedling growth and seedling vigor index of plants test. In proceeding International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS 2015). Hokkaido, Japan. pp. 462-469.

Laosinwattana, C., Teerarak, M., Ittiwechchaia, A. and Kamsan, P. 2016. Optimal solvent system for extract of allelochemicals from *Malachra capitata* L. Proceedings of 2016 International Forum – Agriculture, Biology and Life Science, Kurume, Japan, August 5-7, 2016. pp. 61-67.

ภัทรชนน ชาญเชิงรบ กณภัทร กนพัฒนพงศ์ มณทินี ธีรารักษ์ และจำรูญ เล้าสินวัฒนา. 2552. ฤทธิ์ในการเป็นสารกำจัดวัชพืชและกลไกการเข้าทำลายของ *Oscillatoria jasorvensis* เพื่อการจัดการวัชพืชอย่างยั่งยืน. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 8 เชียงใหม่ 6-9 พ.ค. 2552. หน้า 115.

ธีรวัฒน์ คำหนัก มณทินี ธีรารักษ์ และจำรูญ เล้าสินวัฒนา. 2552. ผลทางอัลลีโลพาทีของชะอมต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 8 เชียงใหม่ 6-9 พ.ค. 2552. หน้า 177.

กัลยาณี ขอนวงศ์ ธนัชสัณห์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์ มณทินี ธีรารักษ์ และจำรูญ เล้าสินวัฒนา. 2552. ผลของสารสกัดด้วยน้ำและเมทานอลจากใบมะสิลาซ้อนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 8 เชียงใหม่ 6-9 พ.ค. 2552. หน้า 206.

ชนินาถ บุญเหลือม ธิดา โชตินวนนท์ จำรูญ เล้าสินวัฒนา พัชนี เจริญยิ่ง และมณทินี ธีรารักษ์. 2552. ผลของสารอัลลีโลเคมิคอลจากสารสกัดใบประยงค์ต่อการแบ่งเซลล์ที่บริเวณปลายรากหอมแดง. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 8 เชียงใหม่ 6-9 พ.ค. 2552. หน้า 207.

กนกพร ช้างเสวก จันทณี สนธิ มณทินี ธีรารักษ์ พัชนี เจริญยิ่ง และจำรูญ เล้าสินวัฒนา. 2552. ผลทางอัลลีโลพาทีของสารสกัดจากพุทธชาติก้านแดงต่อกิจกรรมการแบ่งเซลล์ของหอมหัวใหญ่. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 8 เชียงใหม่ 6-9 พ.ค. 2552. หน้า 211.

มณทินี ธีรารักษ์. 2550. การผลิตไม้ดอกสีเหลืองโดยการเปลี่ยนแปลงวิถีการสังเคราะห์ฟลาโวนอยด์. **วารสาร**เกษตรพระจอมเกล้า 25(1): 95-102.

ผู้ร่วมโครงการ

ชื่อ นายวรเชษฐ์ บุญเกิด

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ.	เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2557