ผลของน้ำมันหอมระเหยจากแปรงล้างขวดต่อการควบคุมหญ้าข้าวนกและผักโขม

Effect of bottle brush (*Callistemon lanceolatus* DC.) essential oil on barnyard grass and spiny amaranth control

วรเชษฐ์ บุญเกิด

Worachet Bunkoed

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AG-M-065-309

ผลของน้ำมันหอมระเหยจากแปรงล้างขวดต่อการควบคุมหญ้าข้าวนกและผักโขม

Effect of bottle brush (*Callistemon lanceolatus* DC.) essential oil on barnyard grass and spiny amaranth control

วรเชษฐ์ บุญเกิด

Worachet Bunkoed

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืชคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AG-M-065-309

ผลของน้ำมันหอมระเหยจากแปรงล้างขวดต่อการควบคุมหญ้าข้าวนกและผักโขม

Effect of bottle brush (*Callistemon lanceolatus* DC.) essential oil on barnyard grass and spiny amaranth control

วรเชษฐ์ บุญเกิด

Worachet Bunkoed

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืชคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AG-M-065-309

COPYRIGHT 2019

FACULY OF AGGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : ผลของน้ำมันหอมระเหยจากแปรงล้างขวดต่อการควบคุมหญ้าข้าวนกและผักโขม

นักศึกษา : นาย วรเชษฐ์ บุญเกิด

รหัสนักศึกษา : 59604018

ปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : เกษตรศาสตร์

พ.ศ. : 2562

อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลอัลลีโลพาทีของน้ำมันหอมระเหยจากแปรงล้างขวด (*Callistemon lanceolatus* DC.) ต่อการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) และผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) โดยหญ้าข้าวนก ทดสอบน้ำมันหอมระเหยปริมาณ 10, 15, 20 และ 25 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง และผักโขมปริมาณ 0.625, 1.25, 2.5 และ 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง โดยมีน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม พบว่า น้ำมันหอมระเหยที่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลต่อการงอกของเมล็ด ความยาวลำต้น และความยาวรากลดลง โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งอยู่ในช่วง 7.46 – 71.04 เปอร์เซ็นต์ (หญ้าข้าวนก) และ 20.95 – 100 เปอร์เซ็นต์ (ผักโขม) ในส่วนของการทดสอบน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ โดยหญ้าข้าวนกทดสอบ ที่ระดับความเข้มข้น 100, 200, 400 และ 800 ppm และผักโขมทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100 และ 200 ppm ต่อการเจริญเติบโตทางด้านต่าง ๆ ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งต่อการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตทางด้านความยาวลำต้น และความยาวรากของพืชทดสอบทั้งสองชนิด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเพิ่มตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยที่ระดับความเข้มข้นสูงสุดมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 7.97 – 44.66 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของผักโขมได้อย่างสมบูรณ์ (100 เปอร์เซ็นต์) สำหรับการทดสอบยับยั้งการดูดน้ำและกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา - อะไมเลสนั้น เมื่อระยะเวลาผ่านไปเมล็ดพืชทดสอบทั้งสองชนิดมีการดูดน้ำและกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา - อะไมเลสที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการแช่ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำและกิจกรรมเอนไซม์อัลฟา - อะไมเลสที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ผลของการศึกษา

ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดในการควบคุมหญ้าข้าวนกและผักโขม โดยการฉีดพ่นที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 80000 ppm สามารถควบคุมหญ้าข้าวนกได้อย่างสมบูรณ์ และสามารถควบคุมผักโขมได้ 92.26 เปอร์เซ็นต์

Title : Effect of bottle brush (Callistemon lanceolatus DC.) essential oil on barnyard grass and spiny amaranth control

By : Mr. Worachet Bunkoed

Student ID. : 59604018

Degree : Master of Science

Department : Agriculture

Year : 2019

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Chamroon Laosinwattana

Abstract

A study was conducted to determine the allelopathic effect of essential oil from bottle brush (*Callisremon lanceolatus* DC.) on seed germination and seedling growth of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli* L.) and spiny amaranth (*Amaranthusus spinosus* L.). The essential oil at rates of 10, 15, 20 and 25 µl/petridish and 0.625, 1.25, 2.5 and 5 µl/petridish were tested on barnyard grass and spiny amaranth , respectively. A distilled water was used as the control. The results showed that the essential oil at all concentrations decreased seed germination, shoot length and root length . With an increased percentage of inhibitors in accordance with the higher concentration which had the inhibitory percentage in the range of 7.46 - 71.04 % (barnyard grass) and 20.95 - 100 % (spiny amaranth). Natural product herbicide from *C. lanceolatus.* at concentrations of 100, 200, 400 and 800 ppm and at concentrations of 25, 50, 100 and 200 ppm were bioassayed on seed germination of on barnyard grass and spiny amaranth. The results showed that essential oil products at all concentrations have an effect on seed germination. Growth of the shoot length and root length of both tested plants with a percentage of inhibition increasing according to the higher concentration with the percentage of inhibition in the range of 7.97 - 44.66 % (barnyard grass) and at100 and 200 ppm completely inhibit the growth of Spiny amaranth. The natural product herbicide effect on seed imbibition and α-amylase activities of both plants tested seed were studied. The result showed that seed imbibition and α-amylase activities of both plants tested seed increased by prolonging time whereas decreased with increasing concentrations. The effect of foliar appiaction of essential oil at conventration of 10000, 20000, 40000

and 80000 ppm (active ingredient) were tested on growth and dry weight of barnyard grass and spiny amaranth. Spray volume wes 80 litters/Rai. The results show that at the highest concentation of 80000 ppm completely inhibited of barnyard grass and highly inhibited spiny amaranth (92.26%).

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการจัดหาอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับงานวิจัย ตลอดจนการให้ความรู้ คำแนะนำ สั่งสอนในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จและสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในด้านต่าง ๆ ที่สามารถทำให้ข้าพเจ้านำความรู้มาใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดา มารดา และครอบครัว สำหรับความรัก ความเข้าใจ ความห่วงใย และเป็นกำลังใจในการช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนสนับสนุนการศึกษามาโดยตลอดจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี หากวิยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าต้องขออภัยสำหรับข้อผิดพลาด ณ โอกาสนี้

วรเชษฐ์ บุญเกิด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II
กิตติกรรมประกาศ..... V
สารบัญ..... VI
สารบัญตาราง..... IX
สารบัญภาพ..... X
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความสำคัญและที่มา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์..... 3
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
2.1 ประวัติและความเป็นมา..... 4
2.2 น้ำมันหอมระเหย..... 4
2.3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช..... 6
2.4 ส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหย..... 8
2.5 ต้นแปรงล้างขวด..... 9
2.6 วัชพืช..... 11
2.7 สารกำจัดวัชพืช..... 13
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 17
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน..... 21
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง..... 21
3.2 วิธีการทดลอง..... 21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 31
4.1 การศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอก
และการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ..... 31
4.1.1 ผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอก
และการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก.....31
4.1.2 ผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและ
การเจริญเติบโตของผักโขม..... 34
4.2 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อ
การงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ..... 33
4.2.1 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอก
และการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก.....33
4.2.2 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการดูดน้ำ
ของเมล็ดหญ้าข้าวนกของเมล็ดพืชทดสอบ..... 34
4.2.3 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อกิจกรรม
เอนไซม์อัลฟ่า–อะไมเลสของเมล็ดหญ้าข้าวนก..... 35
4.2.4 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและ
การเจริญเติบโตของผักโขม.....36
4.2.5 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการดูดน้ำ
ของเมล็ดผักโขม.....38
4.2.6 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อกิจกรรม
เอนไซม์อัลฟ่า–อะไมเลสของผักโขม..... 39
4.3 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อกลไก
การทำลายพืชทดสอบในสภาพแปลงทดสอบ.....40
4.3.1 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการเจริญ
เติบโตของหญ้าข้าวนก..... 40
4.3.2 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการเจริญ
เติบโตของผักโขม..... 49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 56

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง..... 60

บรรณานุกรม..... 62

ประวัติผู้เขียน..... 68

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 สารทุติยภูมิที่พบตามส่วนต่าง ๆ ของแปรงล้างขวด..... 10

3.1 ระดับเปอร์เซ็นต์การควบคุมวัชพืช และความเป็นพิษต่อพืชปลูก..... 28

4.1 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและ
การเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด.....31

4.2 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและ
การเจริญเติบโตของผักโขมที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด..... 32

4.3 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอก
และการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด..... 33

4.4 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอก
และการเจริญเติบโตของผักโขมที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด.....37

4.5 แสดงผลการประเมินความเป็นพิษด้วยสายตาของผลิตภัณฑ์
น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อหญ้าข้าวนก..... 41

4.6 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการยับยั้ง
ความสูง และน้ำหนักแห้งของผักโขมหญ้าข้าวนก.....42

4.7 แสดงผลการประเมินความเป็นพิษด้วยสายตาของผลิตภัณฑ์
น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อผักโขม..... 50

4.8 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อกายับยั้ง
ความสูง และน้ำหนักแห้งของผักโขม..... 51

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

4.1 แสดงผลของประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก ที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด..... 31

4.2 แสดงผลของประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขม ที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด.....32

4.3 แสดงผลของประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด.....34

4.4 เปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่24, 36 และ 48 ชั่วโมง..... 35

4.5 เปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า-อะไมเลสของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ 24, 36 และ 48 ชั่วโมง.... 36

4.6 แสดงผลของประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด.....37

4.7 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมที่ 12, 18 และ 24 ชั่วโมง..... 38

4.8 การเปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า-อะไมเลสของเมล็ดผักโขมที่ 12, 18 และ 24 ชั่วโมง.....39

4.9 แสดงผลของประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการควบคุมการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก.....44

4.10 เปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์เอในใบหญ้าข้าวนกที่วัดหลังจากการสเปรย์ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7 และ 14 วัน หลังฉีดพ่น..... 46

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.11 เปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์บีในใบหญ้าข้าวนกที่วัดหลังจากการสเปรย์ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7 และ 14 วัน หลังฉีดพ่น 47

4.12 เปรียบเทียบปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบหญ้าข้าวนกที่วัดหลังจากการสเปรย์ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7 และ 14 วันหลังฉีดพ่น 48

4.13 แสดงผลของประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการควบคุมการเจริญเติบโตของผักโขม 52

4.14 เปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์เอในใบผักโขมที่วัดหลังจากการสเปรย์ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7 และ 14 วัน หลังฉีดพ่น 53

4.15 เปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์บีในใบผักโขมที่วัดหลังจากการสเปรย์ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7 และ 14 วัน หลังฉีดพ่น 54

4.16 เปรียบเทียบปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบผักโขมที่วัดหลังจากการสเปรย์ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7 และ 14 วัน หลังฉีดพ่น 55

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

การเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักของคนในประเทศไทย โดยเฉพาะการปลูกพืชผัก และผลไม้ ซึ่งเกษตรกรมักจะประสบปัญหาความแปรปรวนของลักษณะดิน ฟ้า อากาศ และราคาผลผลิตที่ไม่แน่นอนแล้ว ปัญหาสำคัญที่เกษตรกรมักจะประสบอยู่เสมอคือ การระบาดของศัตรูพืช ซึ่งเป็นอุปสรรคอย่างมากในการเพาะปลูกพืช ไม่ว่าจะเป็นเรื่องโรคพืชหรือแมลงศัตรูพืชที่ระบาดเข้าทำลายพืชปลูก นอกจากโรคพืชและแมลงศัตรูพืชแล้ว วัชพืชก็เป็นปัญหาที่สำคัญสำหรับการปลูกพืช เนื่องจากวัชพืชมักจะเจริญเติบโตอยู่ในแปลงกับการปลูกพืชทุกครั้ง วัชพืชแก่งแย่งน้ำ แสง และธาตุอาหารของพืชปลูก ทำให้ความสามารถในการเจริญเติบโตและการทำให้ผลผลิตของพืชปลูกลดลง การควบคุมวัชพืช เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมการใช้สารเคมีในการควบคุมและกำจัด เนื่องจากการใช้สารเคมีเป็นวิธีการที่ปฏิบัติได้สะดวก รวดเร็ว ให้ผลดี และประหยัดแรงงาน จากข้อมูลสถิติการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ใน พ.ศ.2560 มีการนำเข้าสารเคมีทางเกษตรรวม 198,317 ตัน เพิ่มขึ้น จาก พ.ศ. 2559 ร้อยละ 23 ที่มีการนำเข้ารวม 160,824 ตัน โดยประเภทของสารอันตราย ภาคเกษตรกรรมที่นำเข้าสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ สารกำจัดวัชพืช ร้อยละ 75 สารกำจัดแมลง ร้อยละ 11 และสารป้องกันกำจัดโรคพืช ร้อยละ 10 เมื่อพิจารณาในช่วง 8 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2553-2560) พบว่า การนำเข้าสารอันตรายภาคเกษตรกรรมมีแนวโน้มเพิ่มปริมาณที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561) อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชสังเคราะห์ เป็นสารที่มีความเป็นพิษ เมื่อใช้ไม่ถูกวิธี อาจทำให้เกิดอันตรายต่อเกษตรกรผู้ใช้ และเมื่อใช้สารเคมีในปริมาณที่มาก และเป็นระยะเวลานาน จะก่อให้เกิดการปนเปื้อนในผลิตผลส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค เกิดการตกค้างในดินและระบบนิเวศ เกิดการสะสมของสารเคมีกำจัดวัชพืชในสิ่งแวดล้อมสู่ห่วงโซ่อาหาร ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ และอาจชักนำให้วัชพืชเกิดความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดวัชพืชอีกด้วย (พรชัย, 2537) นอกจากนี้ในปัจจุบันประเทศไทยก้าวเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (Asian Economics Community : AEC) ทำให้มีการเคลื่อนย้ายสินค้าเกษตรอย่างเสรีมากขึ้น มาตรฐานด้านสุขอนามัยและความปลอดภัยด้านอาหารจึงถูกนำมาเป็นเงื่อนไขในการค้ามากขึ้น ทำให้การส่งออกสินค้าเกษตรของไทยได้รับผลกระทบโดยไม่อาจหลีกเลี่ยงได้เนื่องจากการออกกฎเกณฑ์กีดกันทางการค้ามากขึ้น ทั้งด้านกฎระเบียบของตัวสินค้าเอง และสิ่งแวดล้อมทางการเกษตร เพื่อให้ประเทศไทยเป็นประเทศส่งออกสินค้าเกษตรรายใหญ่ในกลุ่ม AEC รัฐบาลจึงได้จัดทำนโยบายครัวไทยสู่ครัวโลก

สินค้าเกษตรและอาหารต้องมีความปลอดภัยและได้มาตรฐานจึงจำเป็นต้องพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตรตามระบบการจัดการคุณภาพที่ดีสำหรับพืช (Good Agriculture Practices : GAP) เพื่อตอบสนองทางด้านการค้าสินค้าเกษตรของประเทศต่าง ๆ ในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนและประเทศอื่น ๆ รวมทั้งความต้องการของผู้บริโภคภายในประเทศที่ต้องการสินค้าเกษตรที่ปลอดภัยและได้มาตรฐาน บนพื้นฐานความยั่งยืนในระบบการผลิต อย่างไรก็ตามการที่จะปรับเปลี่ยนระบบการผลิตทางการเกษตรของไทยให้อยู่ในมาตรฐานของ Good Agriculture Practice และ Organic Farming นั้น ต้องอาศัยการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จะแนะนำให้เกษตรกรใช้ทดแทนการใช้สารเคมีทางการเกษตรในขบวนการผลิตเพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพได้ตามมาตรฐานที่กำหนดและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ในธรรมชาติพืชสามารถสร้างสารได้หลากหลายชนิด พืชบางชนิดปล่อยสารพิษออกมาสู่สิ่งแวดล้อม โดยสารพิษที่ปล่อยออกมาไปมีผลต่อการเจริญเติบโตและเป็นอันตรายต่อพืชชนิดอื่น ๆ จุลินทรีย์หรือสัตว์ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง เรียกสารที่ปลดปล่อยออกมาว่า สารอัลลีโลพาที (Allelochemical) (Rice, 1984) สารเหล่านี้จะสะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ลำต้น ใบ ราก ดอก ผล และเมล็ด เป็นต้น น้ำมันหอมระเหย เป็นสารอินทรีย์อีกชนิดหนึ่งที่มีองค์ประกอบสลับซับซ้อน ได้มาจากการสกัดน้ำมันที่พืชสร้างขึ้น ซึ่งสารหอมเหล่านี้จะถูกเก็บไว้ที่เฉพาะ เช่น ต่อมบนผิวใบ หรือในเปลือก ดอก เปลือกผลไม้ หรือเมล็ด น้ำมันหอมระเหยนอกจากจะมีกลิ่นเฉพาะในแต่ละชนิดแล้ว มีคุณสมบัติเป็นยาปฏิชีวนะ สามารถไล่แมลง ป้องกันและรักษาการติดเชื้อ ฆ่าและยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านการอักเสบได้ (กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทย, 2558) น้ำมันหอมระเหยเป็นสารธรรมชาติชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืชได้ อย่างเช่น สารกำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหย *Achillea gypsicola* Hub-Mor. สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของ *Amaranthus retroflexus* L., *Cirsium arvense* L. (Scop.) และ *Lactuca serriola* L. (Kordali *et al.*, 2009) และน้ำมันหอมระเหยจากโกฐจุฬารัมภา (*Artemisia scoparia*) มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าพันงู (*Achyranthes aspera*), *Cassia occidentalis, Parthenium hysterophorus*, หญ้าข้าวนก (*Echinochloa crus-galli*) และสาบแร้งสาบกา (*Ageratum conyzoides*) (Kaur *et al.*, 2010) นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมสามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดก้นจ้ำขาว (*Bidens pilosa* L.) และทำให้การเจริญเติบโตของรากลดลง (Alves *et al.*, 2014) จากการรายงานการวิจัยก่อนหน้านี้ชี้ให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชมีศักยภาพในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชได้ น้ำมันหอมระเหยจากพืชเป็นทางเลือกในการลดอันตรายจากการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชอันเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการวัชพืชอย่างยั่งยืน การศึกษานี้จึงได้ทำการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช

เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการพัฒนารูปแบบของน้ำมันหอมระเหยให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการดูดน้ำและกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า - อะไมเลสของพืชทดสอบ

1.2.4 เพื่อศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากจากใบแปรงล้างขวดต่อกลไกการเข้าทำลายพืชทดสอบ

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบถึงกลไกการเข้าทำลายของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ของสารในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

1.3.2 ทราบถึงการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดวัชพืชจากแปรงล้างขวด เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่มีประโยชน์ในการพัฒนาเป็นสารกำจัดวัชพืชที่มาจากธรรมชาติต่อไป

1.3.3 ทราบถึงประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากแปรงล้างขวดต่ออารยับยั้งหญ้าข้าวนกและผักโขม

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติและความเป็นมา

อัลลีโลพาที (Allelopathy) มาจากรากศัพท์ภาษากรีก 2 คำ คือ alleon หมายถึง ซึ่งกันและกัน และคำว่า pathos หมายถึง ทำให้เกิดอันตราย (Rice, 1984) ซึ่งมีคำจำกัดความของอัลลีโลพาทีว่าเป็นปรากฏการณ์ทางชีวเคมีระหว่างพืชด้วยกันโดยการปลดปล่อยสารบางชนิดออกมาแล้วมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่อยู่ใกล้เคียงและแสดงผลจำเพาะเจาะจงกับพืชเป้าหมาย (พรชัย, 2540) ทั้งทางด้านบวกและด้านลบต่อพืชและจุลินทรีย์ (อานุช และคณะ, 2556) ผลทางด้านบวก เช่น กระตุ้นการงอกของเมล็ดหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืชและจุลินทรีย์ (ชัด และปราโมทย์, 2553) ส่วนผลทางด้านลบ ได้แก่ ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชต้นอื่นรวมทั้งจุลินทรีย์ด้วย (Cheng, 1989) สารที่พืชปลดปล่อยออกมาเรียกว่าสารอัลลีโลพาที (allelochemicals หรือ allelopathic substances) ทำให้ในปัจจุบันมีการพยายามที่จะหาวิธีการพัฒนาการนำพืชหรือจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพทางอัลลีโลพาทีสูงไปใช้ในระบบการจัดการวัชพืชแบบยั่งยืน ซึ่งการนำสารเหล่านี้มาใช้ประโยชน์นั้นมีหลายทางเลือก โดยมีการรายงานยืนยันว่ามีพืชหลายชนิดมีสารทางอัลลีโลพาทีที่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชชนิดอื่น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางการเกษตรได้ เช่น สารสกัดจากพืชวงศ์ Acanthaceae สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ หญ้ารังนก (*Chloris barbata* Sw.) (เฉลิมชัย และ สมเกียรติ, 2555) , พืชวงศ์ Jatropha สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ หญ้าขจรจบดอกเล็ก (*Pennisetum polystachyon* (L.) Schult) ถั่วผี (*Phaseolus lathyroides* L.) และหญ้ารังนก (*C. barbata* Sw.) (รัตนวรรณ, 2556) เป็นต้น

2.2 น้ำมันหอมระเหย (Essential oil)

น้ำมันหอมระเหย คือ ส่วนประกอบในพืชหอมที่สามารถระเหยได้และมีกลิ่นหอมที่เฉพาะในแต่ละชนิด โดยปกติสารหอมเหล่านี้จะถูกเก็บไว้ในส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช ได้แก่ ต่อมบนผิวใบ เปลือกดอก เปลือกผลไม้ และเมล็ด น้ำมันหอมระเหยที่มีการสร้างขึ้นนั้น ไม่ได้เป็นส่วนของน้ำมันที่อยู่ภายในพืชทั้งหมด เป็นเพียงบางส่วนเท่านั้น ซึ่งเป็นที่ทราบว่าน้ำมันพืชสามารถใช้บริโภคได้ เช่น ทำกับข้าว ใช้ทำน้ำมันนวดได้ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติเป็นยาปฏิชีวนะ และช่วยปกป้องต้นพืชจากการรบกวนของศัตรูพืชได้ บางชนิดช่วยกระตุ้นให้พืชออกดอก น้ำมันหอมระเหยมีส่วนประกอบเป็นสารเคมีมากมาย เช่น น้ำมันกุหลาบ ประกอบด้วยสารเคมีประมาณ 300 ชนิด เป็นต้น การเก็บพืชหอมสดอย่างระมัดระวังแล้วนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยกระบวนการที่ดีก็จะได้น้ำมันหอมระเหยที่มี

ประสิทธิภาพดีกว่าสกัดจากพืชแห้ง 75-100 เท่า การนำน้ำมันหอมระเหยมาใช้ประโยชน์ได้มีหลักฐานการใช้มาประมาณ 5,000 ปี จากชุมชนที่มีอารยธรรมแต่โบราณ ได้แก่ อียิปต์ กรีก โรมัน และจีน จากหลักฐานในอีเบอร์ส ปาปิรุส (Eber Papyrus) แสดงให้เห็นถึงการนำน้ำมันหอมระเหยจากพืชชนิดต่าง ๆ มาใช้เป็นเครื่องประทินกลิ่นกาย ใช้ถนอมอาหาร สามารถป้องกันและรักษาการติดเชื้อ ฆ่าและยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และยังช่วยฟื้นฟูสภาพผิวหนังได้ ทำความสะอาดแผล ต้านไวรัส ต้านการอักเสบ กระตุ้นหรือช่วยผ่อนคลาย ทำให้รู้สึกสดชื่น (กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทย 2558.)

น้ำมันหอมระเหยที่พบในพืชแต่ละชนิดจะมีตั้งแต่ 0.01% ถึง 10% (Prats and Jimenez., 2005) ประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมีกว่า 100 ชนิด นอกจากพืชหอมจะให้กลิ่นหอมแล้ว บางชนิดอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ด้วย เช่น ทำให้เกิดการระคายเคืองหรือเกิดอาการเป็นพิษ (Mcguinness, H., 2003) น้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่มีกระบวนการชีวสังเคราะห์มาจากหน่วยไอโซพรีน (isoprene unit) 2-3 หน่วย เกิดเป็นสารกลุ่มโมโนเทอร์พีน (Monoterpene) เซสควิเทอร์พีน (sesquiterpene) และสังเคราะห์มาจากกรดชิคิมมิค เกิดเป็นสารกลุ่มฟีนิลโปรเพน (phenylpropane) พืชบางชนิดเก็บสะสมน้ำมันหอมระเหยไว้ในขนต่อมน้ำมัน เช่น วงศ์โหระพา (Labiatae) พืชบางชนิดเก็บสะสมไว้ในท่อน้ำมัน เช่น วงศ์ผักชี (Umbelliferae) พืชบางชนิดเก็บสะสมไว้ในช่องว่างของเนื้อเยื่อขนาดใหญ่ เช่น วงศ์ส้ม (Rutaceae) พืชบางชนิดเก็บสะสมไว้ในเซลล์พาเรนไคมา เช่น ดอกกุหลาบ และ ดอกมะลิ เป็นต้น การศึกษาความหลากหลายของพืชที่สร้างน้ำมันหอมระเหย สะท้อนให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยที่พืชสร้างขึ้นและกระจายในบรรยากาศทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศบริเวณใกล้เคียง อีกทั้งยังมีผลให้เกิดการเคลื่อนย้ายถิ่นฐานของสัตว์บางชนิด รวมทั้งการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดด้วย (กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทย, 2558.)

น้ำมันหอมระเหยเป็นสารธรรมชาติรูปแบบหนึ่งที่มีองค์ประกอบสลับซับซ้อน ได้มาจากการสกัดน้ำมันที่พืชสร้างขึ้นมาจากขบวนการ metabolism แล้วเก็บไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของต้น ได้แก่ เมล็ด ดอก ใบ ผล เปลือกลำต้น รากและเหง้า ลักษณะทั่วไปของน้ำมันหอมระเหย จะเป็นของเหลว ใส ไม่มีสี หรือมีสีอ่อน ๆ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ และเมื่อได้รับความร้อนน้ำมันจะระเหยได้ดียิ่งขึ้น กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่มีอยู่ในพืชแต่ละชนิด เช่น น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* (Linn.) Rendl) มีองค์ประกอบหลัก คือ genaniol, citronella และ borneol ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช (Wei and Wee, 2012) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้าน (*C. citratus* Stapf) มีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ citral, linalool และ geraniol ซึ่งสารประกอบเหล่านี้ มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ (Matasyoh *et al*., 2010) เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาสารเหล่านี้อาจนำไปสู่การค้นพบ

สารกำจัดวัชพืชกลุ่มใหม่ที่เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ เนื่องจากเชื่อว่าสารเคมีที่มีโครงสร้างหลักคล้ายหรือมีความสัมพันธ์กับสารที่เป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติสามารถสลายตัวได้เองตามธรรมชาติ และไม่มีปัญหาเกี่ยวกับสารตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม (จรรยา, 2544)

2.3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช

การที่จะได้น้ำมันหอมระเหยจากพืชมีหลายวิธี แต่วิธีใดจะเหมาะสมกับพืชชนิดใดขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำมันหอมระเหยที่ถูกเก็บไว้ในพืช ความคงตัวของน้ำมันต่อความร้อน การเก็บสะสมน้ำมันในอวัยวะต่าง ๆ ในพืช ราคาของน้ำมัน วัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ วิธีผลิตน้ำมันหอมระเหยมี 3 แบบใหญ่ ๆ คือ

2.3.1 วิธีการกลั่น

2.3.1.1 การกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ (Steam distillation)

วิธีนี้เหมาะกับพืชที่เก็บสะสมน้ำมันหอมระเหยไว้ในขนต่อมน้ำมัน (glandular trichome) เช่น โหระพา เปปเปอร์มินต์ เป็นต้น หรือ ต่อมน้ำมัน (oil reservoir) เช่น เปลือกผลส้ม ใบมะกรูด เป็นต้น ทำได้โดยนำพืชมาวางบนตะแกรงซึ่งวางอยู่เหนือน้ำในภาชนะปิดที่ต่อกับ condenser เมื่อต้มน้ำจนเดือด ไอน้ำจะผ่านขึ้นไปสัมผัสกับพืชโดยตรงและทำให้ต่อมน้ำมันแตกออก น้ำมันจะระเหยไปพร้อมกับไอน้ำแล้วควบแน่นเป็นหยดน้ำออกมาด้วยกัน สามารถแยกชั้นน้ำกับน้ำมันออกจากกันได้ วิธีนี้จัดเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และเสียค่าใช้จ่ายน้อย

2.3.1.2 การกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยการต้มกับน้ำ (Water distillation)

วิธีนี้ใช้กับพืชซึ่งสารที่อยู่ในพืชไม่ถูกทำลายเมื่อต้ม ทำโดยการต้มพืชในน้ำในภาชนะที่ต่อกับ condenser น้ำมันจะระเหยไปพร้อมกับไอน้ำ แล้วกลั่นตัวพร้อมกับหยดน้ำลงในภาชนะแล้วเกิดการแยกชั้น จนสามารถแยกน้ำมันออกมาได้

2.3.1.3 การกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยน้ำและไอน้ำ (Water-steam distillation)

วิธีนี้ใช้ได้กับพืชทุกชนิด โดยเฉพาะพวกที่อาจถูกทำลายได้ง่ายเมื่อถูกต้ม ทำได้โดยวางพืชที่ทำให้เปียกน้ำบนตะแกรง ต้มน้ำให้เดือด ไอของน้ำจะผ่านพืชไปพร้อมกับน้ำมันที่ระเหยไปด้วย จนควบแน่น และสามารถแยกชั้นน้ำกับน้ำมันได้

2.3.1.4 การกลั่นทำลาย (Destructive distillation)

วิธีนี้ใช้กับน้ำมันบางชนิด เช่น น้ำมันสน (Pine oil) โดยใช้ไม้สนสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ในภาชนะเหล็กเผาด้วยอุณหภูมิสูง น้ำมันจะไหลออกมาจากเนื้อไม้ และบางส่วนถูกความร้อนทำลาย วิธีนี้จะได้น้ำมัน

ง่ายไม่ยุ่งยาก แต่สีจะเข้ม คล้ำดำ เหมาะที่ จะใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ หรือใช้ในวิธีอุตสาหกรรมทำน้ำยาฆ่าเชื้อโรค (disinfectant) ต่าง ๆ

2.3.2 วิธีการสกัด

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชมีได้ 2 ชนิด คือ การสกัดด้วยตัวทำละลาย และการสกัดด้วยไขมัน

2.3.2.1 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย

1 หลักการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายไม่สลับซับซ้อน โดยแช่พืชที่จะสกัดในตัวทำละลายบริสุทธิ์ ซึ่งตัวทำละลายมักจะต้องระเหยง่าย มีความเป็นขั้วต่ำ กรองตัวทำละลายที่แช่พืชออก ระเหยโดยการกลั่นที่อุณหภูมิต่ำ ภายใต้ความดัน ส่วนที่เหลือเรียก concrete นำไปล้างด้วยแอลกอฮอล์หลาย ๆ ครั้ง เพื่อเอาสารเจือปนอื่นออก ส่วนที่ได้เรียก absolute

2 สกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว (critical carbondioxide) วิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายสูง แต่มีข้อดี เพราะเป็นสารไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่เป็นพิษ ไม่ติดไฟ เมื่อสกัดแล้วแยกออกจากน้ำมันได้ง่าย วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายมักจะมีสารอื่นติดมาด้วยทำให้ดูสกปรก สีเข้มดำคล้ำ แต่กลิ่นคล้ายเดิมมากที่สุด

2.3.2.2 การสกัดด้วยไขมัน (Enfleurage)

เป็นวิธีสกัดน้ำมันหอมระเหยจากกลีบดอกไม้ โดยที่น้ำมันหอมระเหยจะถูกเก็บอยู่ในเซลล์ parenchyma เช่น ดอกกุหลาบ มะลิ เป็นต้น เป็นวิธีที่ได้ความหอมคล้ายธรรมชาติมากที่สุด ทำได้โดยใช้น้ำมัน หรือไขมันที่ไม่มีกลิ่นเป็นตัวดูดซับน้ำมันที่ระเหยออกมาจากเซลล์ (ส่วนใหญ่ใช้ไขมันหมู วัว หรือแกะ) โดยนำตัวดูดซับแผ่บางบนถาด แล้วเอากลีบดอกไม้วางเรียงบนตัวดูดซับ เก็บไว้ในภาชนะปิด ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนกลีบดอกไม้ใหม่ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ จนตัวดูดซับดูดซับเอาน้ำมันหอมระเหยจนอิ่มตัว (pomade) จึงนำตัวดูดซับมาสกัดเอาน้ำมันหอมระเหยออกด้วยแอลกอฮอล์ (extrait หรือ absolute de pomade)

2.3.3 การบีบและคั้น

การบีบและคั้นสามารถใช้กับพืชที่มีต่อมน้ำมัน (oil gland) เช่น ผิวส้ม มะนาว วิธีนี้ไม่ต้องใช้ความร้อน ไม่ทำให้เกิดการสลายตัว ค่าใช้จ่ายถูกแต่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันไปกับกาก

2.3.3.1 Expression

เป็นการบีบโดยใช้แรงอัด ทำให้น้ำมันและน้ำในเซลล์ไหลออกมา ซึ่งอาจจะอยู่ในรูป emulsionและสามารถแยกออกจากกันได้โดยการปั่นด้วยความเร็วสูงทำให้น้ำกับน้ำมันแยกชั้นกันได้

2.3.3.2 Acuelle

เป็นการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากผลของพวกส้ม ทำได้โดยให้ผลของพวกส้มกลิ้งไปบนภาชนะที่มีเข็มแหลม ๆ จำนวนมากอยู่ เข็มจะแทงต่อมน้ำมัน ทำให้ต่อมน้ำมันแตกออก น้ำมันจะไหลออกมารวมกันที่ราง ลงไปในภาชนะที่รองรับข้างล่าง (กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทย 2558.)

2.4 ส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหย (Volatile constituents)

การที่พืชสร้างสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยและทำให้เกิดกลิ่นต่าง ๆ กันในแต่ละต้น (species) ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ที่มารวมกันเข้า ซึ่งแตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณ ทำให้เกิดกลิ่นที่แตกต่างกัน ชนิดและปริมาณขององค์ประกอบต่าง ๆ ในแต่ละพืชจะคงที่ จึงทำให้เกิดเป็นกลิ่นเฉพาะตัว เช่น กุหลาบ กระดังงา ราชาวดี เป็นต้น การจำแนกสารหอม (Classification of Aromatic Substances) เราสามารถจำแนกสารที่ทำให้เกิดความหอมได้หลายวิธี เช่น

2.4.1 จัดกลุ่มตามโครงสร้างทางเคมี

- Alcohol กลุ่มนี้จะมีหมู่ไฮดรอกซี่ (-OH) อยู่ในโครงสร้างของโมเลกุลการเรียกชื่อ มักจะลงท้ายด้วย – ol เช่น

benzyl alcohol	phenyl ethyl alcohol	eugenol
anethol	terpineol	borneol
geraniol	thymol	octanol
citronellol	farnesol	decanol
nerol	linalool	safrol
menthol	isoeugenol	ฯลฯ

- Aldehyde กลุ่มนี้จะมีหมู่อัลดีไฮด์ อยู่ในโครงสร้างและโมเลกุลการเรียกชื่อมักจะลงท้ายด้วย – al เช่น

citral	octanal	cuminaldehyde
citronellal	furfural	anisaldehyde
decarnal	nananal	cinnaldehyde

- Ketone กลุ่มนี้จะมีหมู่คีโตน อยู่ในโครงสร้างโมเลกุลการเรียกชื่อมักจะลงท้ายด้วย – one เช่น

thujone	camphor	jasmone
carvone	coumarin	cectophenone

- Ester สารกลุ่มนี้จะมีสูตรโครงสร้างเป็นเอสเตอร์ การเรียกชื่อมักจะลงท้ายด้วย – tate เช่น

amyl acetate	geranyl acetate	methyl cinnamate
benzyl benzoate	isoamyl acetate	methyl acetate
benzyl acetate	linalyl acetate	methyl anthranilate

- อื่น ๆ เช่น

Hydrocarbon : myreene, limonene, camphene, dipentene, cymene, caryophyllene, terpinene

Oxide : 1.8 – cineol (eucalyptol)

2.5 ต้นแปรงล้างขวด

ต้นแปรงล้างขวดมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Callistemon lanceolatus* DC. อยู่ในวงศ์ Myrtaceae มีประมาณ 34 ชนิด โดยมีถิ่นกำเนิดมาจากประเทศออสเตรเลีย ในอดีตชาวพื้นเมืองออสเตรเลียใช้ต้นแปรงล้างขวดเป็นยาสมุนไพรในการฆ่าเชื้อ และยังมีสรรพคุณทางการแพทย์โดยใช้เป็นยาป้องกันการแข็งตัวของเลือด บรรเทาอาการไอ แก้โรคหลอดลมอักเสบ ใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นสารฆ่าแมลง นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยและสารสกัดยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียและเชื้อราได้อีกด้วย (Sumitra and Shiva, 2014)

2.5.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์

เป็นไม้ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง สูง 10-18 เมตร ไม่ผลัดใบ เรือนยอดรูปไข่ แคบสูง เปลือกต้นสีน้ำตาลแตกเป็นร่องลึก กิ่งอ่อนมีขน กิ่งก้านลู่ลง เจริญเติบโตได้ดีในที่ชุ่มชื้น แสงแดดจัด ทนแล้งและน้ำท่วมขัง เหมาะจะปลูกริมน้ำ ใบเดี่ยว เรียงเวียนรอบกิ่ง รูปใบหอกเรียว มีขนาดกว้าง 0.5 - 1 เซนติเมตร ยาว 4-5 เซนติเมตร ปลายและโคนใบแหลม ออกดอกรอบกิ่งดูเป็นช่อยาว กลีบดอก สีเขียว ส่วนที่เห็นเป็นสีแดงคือ เกสรเพศผู้ ออกดอกตลอดปีโดยเฉพาะช่วงเดือนมกราคม – ตุลาคม (จิรายุพินและวชิรพงศ์, 2549)

2.5.2 สารสำคัญที่พบในแปรงล้างขวด

ต้นแปรงล้างขวดมีสารประกอบทางเคมีที่สำคัญหลายชนิด (ตารางที่ 1) โดยจะพบสารกลุ่ม monoterpenes ซึ่งมีสาร eucalyptol (1,8-cineol) เป็นกลุ่มสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตและทำให้ต้นพืชที่ได้รับสารดังกล่าวเข้าไปเกิดความเครียดจึงส่งผลให้พืชทดสอบมีการเจริญเติบโตที่ลดลงและตายในที่สุด (Nishida *et al*., 2005)

ตารางที่ 2.1 แสดงสารทุติยภูมิที่พบตามส่วนต่าง ๆ ของแปรงล้างขวด

ส่วนของพืช	ชนิดของสาร	สารประกอบทางเคมี	อ้างอิง
ใบ	Flavonoids	triterpenoids tannins Phenolic	Sumitra and Shiva (2014)
	Essential oil	α-pinene	Shukla *et al.* (2012)
		1,8-cineole	Gohar *et al.* (2014)
		γ-terpinene	Jazet *et al.* (2009)
		β-pinene	Sumitra and Shiva. (2014)
		α-thujene, myrecene	Sumitra and Shiva. (2014)
		α-phellandrene	Jazet *et al.* (2009) Sumitra and Shiva. (2014)
		Limonene	Sumitra and Shiva. (2014) Shukla *et al*. (2012)
		β-ocimene Terpinolene	Sumitra and Shiva. (2014)
		terpinene 4-ol	Gohar *et al.* (2014)
		α-terpineol	Jazet *et al.* (2009) Sumitra and Shiva. (2014)
		spathuleno	Sumitra and Shiva. (2014)
		isoamyl bromide p-cymene	Shukla *et al.* (2012)
		trans-geraniol	Gohar *et al*. (2014)
		linalool	Gohar *et al*. (2014) Jazet *et al.* (2009) Sumitra and Shiva. (2014)
		pinocarveol β-myrcene 4-bromo-2-methoxy-phenol	Gohar *et al*. (2014)
ดอก	Monoterpenoids	β-pinene 1,8-cineole tannins-pyragallol catechol	Sumitra and Shiva. (2014)
ลำต้น	Polyphenels	3,3′-di-O-methyl ellagic acid 3,3′,4-tri-O-methylellagic acid ellagic acid pyrogallol	Sumitra and Shiva. (2014)

2.6 วัชพืช

วัชพืช (weeds) ในทางนิเวศน์วิทยา หมายถึงพืชที่ขึ้นและปรับตัวเข้ากับบริเวณที่ถูกรบกวนโดยมนุษย์หรือปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ (Baker,1974; Harlan, 1975) วัชพืชในทางเกษตร หมายถึงพืชที่ขึ้นผิดที่ หรือพืชที่ขึ้นในที่ที่ไม่ต้องการให้ขึ้นและทำให้มีผลกระทบต่อระบบการผลิตทางเกษตรในด้านที่เป็นโทษมากกว่าเป็นประโยชน์ (Craft,1975) การแบ่งชนิดของวัชพืชมักเน้นการจำแนกระดับวงศ์หรือตระกูล (family) สกุล (genus) และชนิด (species) ชื่อรวมของสกุลและชนิดคือชื่อวิทยาศาสตร์ (scientific name) ของวัชพืชชนิดนั้น ๆ และสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้หลายประเภทโดยยึดหลักในการแบ่งต่าง ๆ ได้ ดังนี้

2.6.1 แบ่งตามลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (botany) และสัณฐานวิทยา (morphology) เป็นการแบ่งโดยเอาลักษณะใบเป็นหลักและสามารถแบ่งวัชพืชได้ 2 ประเภท คือ

2.6.1.1 วัชพืชใบกว้าง (broadleaved weeds)

เป็นวัชพืชที่มีใบเลี้ยงคู่ (dicotyledon) มีลักษณะใบแผ่กว้างเมื่อเทียบกับความยาวใบ เส้นใบจัดเรียงเป็นร่างแห หรือตาข่าย ลำต้นมีกิ่งก้านสาขามากมาย ส่วนใหญ่ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด ตัวอย่าง เช่น กะเม็ง สาบเสือ หลายชนิดมีชื่อเรียกขึ้นต้นว่าผัก เช่น ผักโขม ผักปราบ ฯลฯ จุดเจริญของวัชพืชใบกว้างอยู่ที่ปลายยอดหรือซอกกิ่ง

2.6.1.2 วัชพืชใบแคบ (narrowleaved weeds)

เป็นวัชพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (monocotyledon) มีลักษณะใบแคบเมื่อเทียบกับความยาวใบ เส้นใบขนานกับก้านใบ ส่วนใหญ่ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด แต่มีหลายชนิด สามารถขยายพันธุ์โดยใช้ส่วนของรากหรือลำต้น วัชพืชใบแคบจำแนกได้ 2 จำพวก คือ จำพวกหญ้า (grasses) และจำพวกกก (sedges) จำพวกหญ้าเป็นวัชพืชในวงศ์ Gramineae หรือ Poaceae ลำต้นมีลักษณะกลมและมีข้อ (node) และปล้อง (internode) มีจุดเจริญอยู่ใต้ดินและตามข้อ โดยมากมักมีชื่อเรียกขึ้นต้นว่าหญ้า เช่น หญ้าคา หญ้าขน หญ้าตีนกา หญ้ารักนก เป็นต้น ส่วนวัชพืชจำพวกกกจะอยู่ในวงศ์ Cyperaceae มีลักษณะที่สำคัญที่แตกต่างจากจำพวกหญ้าคือ ลำต้นไม่มีข้อและปล้องและลำต้นมักเป็นเหลี่ยม โดยมากมักมีชื่อเรียกขึ้นต้นว่ากก หรือแห้ว เช่น กกสามเหลี่ยม กกขนาก แห้วหมู แห้วทรงกระเทียม เป็นต้น

2.6.2 แบ่งตามชีพจักร เป็นการแบ่งโดยอาศัยวงจรของชีวิตเป็นหลัก ซึ่งสามารถแบ่งวัชพืชได้ 3 ประเภทด้วยกัน คือ

2.6.2.1 วัชพืชฤดูเดียว (annual weeds)

วัชพืชประเภทนี้สามารถครบชีพจักร คือ งอกจากเมล็ด (germination) เติบโตและผลิดอกออกผลและเมล็ด (growth and reproduction) และตาย (senescence) ในฤดูหรือปีเดียว จึงเรียกอีกชื่อว่า

วัชพืชล้มลุก เมล็ดวัชพืชฤดูเดียวจะร่วงหล่นลงดิน เมื่อมีความชื้นและสภาพแวดล้อมเหมาะสม ก็จะงอกขึ้นมาเป็นต้นใหม่ต่อไป เมล็ดวัชพืชฤดูเดียวหลายชนิดสามารถพักตัว (dormant) อยู่ในดินได้หลายปี ตัวอย่างวัชพืชประเภทนี้เช่น หญ้าตีนกา หญ้าปากควาย หญ้ารังนก ผักโขม ฯลฯ

2.6.2.2 วัชพืชสองปี (Biennial weeds)

วัชพืชที่มีอายุสองฤดูหรือสองปี โดยปีแรกจะมีการเจริญเติบโตของลำต้นและใบ ส่วนปีที่สองเป็นการเจริญเติบโตของดอกและเมล็ดหรือผล

2.6.2.2 วัชพืชข้ามปี (perennial weeds)

วัชพืชประเภทนี้อาจงอกหรือเจริญเติบโตมาจากเมล็ด หรือส่วนขยายพันธุ์อื่นๆ เช่น ลำต้น ราก เหง้า ลำต้นใต้ดิน หัว หรือไหล มีการเจริญเติบโตจนกระทั่งตายใช้เวลาข้ามปีหรือข้ามฤดู บางชนิดลำต้นบนดินอาจตายไปเพราะมีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม แต่ส่วนใต้ดินยังมีชีวิตอยู่และสามารถเจริญเติบโตได้ทันทีเมื่อมีสภาพแวดล้อมเหมาะสม วัชพืชพวกนี้ทนทานต่อสภาพแวดล้อมมาก ยากแก่การป้องกันกำจัด ตัวอย่าง เช่น หญ้าคา หญ้าชันกาศ หญ้าขน แห้วหมู เป็นต้น

2.6.3 แบ่งตามถิ่นที่อยู่อาศัย หรือแบ่งตามแหล่งที่วัชพืชนั้น ๆ ขึ้นอยู่ สามารถแบ่งได้เป็นประเภทต่าง ๆ คือ

2.6.3.1 วัชพืชอากาศ (aerial weeds)

เป็นวัชพืชที่เกาะอาศัยอยู่บนพืชอื่น (parasitic plants) โดยจะคอยแย่งน้ำ แย่งอาหารจากพืชที่วัชพืชชนิดนี้ไปเกาะ ตัวอย่าง เช่น กาฝาก (Viscum liquidambaricum) พืชอากาศหลายชนิดเกาะอยู่บนพืชอื่นเฉพาะที่ผิวนอก (epiphyte) เช่น กระเช้าสีดา กล้วยไม้ และเฟิร์น บางชนิด ซึ่งไม่จัดเป็นวัชพืช

2.6.3.2 วัชพืชบก (terrestrial weeds)

เป็นวัชพืชที่พบเห็นขึ้นอยู่บนบกโดยทั่วไป บางชนิดอาจทนต่อสภาพน้ำท่วม หรือน้ำขัง บางชนิดไม่ทนต่อสภาพเช่นนี้ บางชนิดชอบสภาพชื้นแฉะแต่ไม่ใช่น้ำท่วมขัง เช่น วัชพืชในนาข้าว บางชนิดชอบดินร่วนมีความชื้นพอเหมาะ เช่น วัชพืชในพืชไร่หรือพืชสวนทั่ว ๆ ไป วัชพืชประเภทนี้จัดว่ามีความสำคัญและก่อให้เกิดปัญหามากกว่าประเภทอื่น ๆ

2.6.3.3 วัชพืชน้ำ (aquatic weeds)

เป็นวัชพืชที่ขึ้นอยู่ตามแหล่งน้ำทั่ว ๆ ไป ต้องมีสภาพน้ำท่วมขัง วัชพืชพวกนี้จึงจะอยู่ได้ วัชพืชน้ำแบ่งได้หลายประเภทตามลักษณะการขึ้นอยู่ในน้ำ

- ประเภทลอยบนผิวน้ำ (floating) เป็นวัชพืชที่มีส่วนของใบ และบางส่วนของลำต้นลอยอยู่เหนือผิวน้ำ บางชนิดก็ล่องลอยอย่างอิสระ (free floating) คือรากไม่ถึงดิน เช่น ผักตบชวา จอก และแหน บางชนิดใบลอยอยู่บนผิวน้ำแต่รากหยั่นถึงดิน (rooted floating) เช่น บัวต่าง ๆ ยกเว้นบัวหลวง

- ประเภทอยู่ใต้ผิวน้ำหรืออยู่ในท้องน้ำ (submersed) เช่น พวกรากถึงดิน (rooted submersed) ได้แก่ สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายพุงชะโด

- ประเภทขึ้นริมน้ำ (marginal) ได้แก่ วัชพืชน้ำพวกที่มีรากและบางส่วนของลำต้นอยู่ในผิวน้ำ แต่ใบและส่วนใหญ่ของลำต้นโผล่พ้นผิวน้ำ วัชพืชพวกนี้ชอบขึ้นริมฝั่งหรือขอบแหล่งน้ำ เช่น กกสามเหลี่ยม เตยน้ำ เทียนนา ผักไผ่น้ำ จูดหนู

วัชพืชน้ำหลายชนิดเป็นศัตรูที่สำคัญในนาข้าว โดยเฉพาะข้าวนาดำ ซึ่งต้องอาศัยน้ำขังเกือบตลอดหรือตลอดฤดูปลูก ตัวอย่างเช่น ตาลปัตรฤาษี ผักปอด หนวดปลาดุก สาหร่าย อย่างไรก็ตาม สาหร่ายบางชนิด เช่น สาหร่ายแดง พบว่าสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และต้นข้าวสามารถใช้ประโยชน์ไนโตรเจนที่สาหร่ายแดงตรึงไว้ (ประเสริฐ, 2556)

2.7 สารกำจัดวัชพืช (Herbicide)

สารเคมีกำจัดวัชพืช (Herbicides) หรือที่เรียกโดยทั่วไปว่า “ยาฆ่าหญ้า” ในประเทศไทยมีใช้กันอย่างแพร่หลายมาเป็นระยะเวลานาน และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากการใช้สารเคมีเป็นวิธีการที่ปฏิบัติได้สะดวก รวดเร็ว ให้ผลดี และประหยัดแรงงาน ขณะเดียวกัน ก็มีการพัฒนาสารเคมีกลุ่มนี้ออกมาจำหน่ายในท้องตลาดเพิ่มมากขึ้น โดยมีการปรับปรุงเพื่อให้มีประสิทธิภาพใน การกำจัดวัชพืชที่เฉพาะเจาะจงตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้

การจำแนกสารกำจัดวัชพืช (Herbicide Classification) สารกำจัดวัชพืชสามารถแบ่งออกเป็นประเภทหรือกลุ่ม โดยยึดหลักหรือเกณฑ์ต่าง ๆ 3 ประการ คือ ขอบเขตชนิดพืชที่ใช้ควบคุม ลักษณะการใช้กับพืช และเกณฑ์ทางเคมี (Ashton and Craft, 1981)

2.7.1 แบ่งตามขอบเขตของชนิดพืชที่ควบคุม

สามารถแบ่งสารกำจัดวัชพืชออกได้ 2 ประเภท คือ

2.7.1.1 ประเภทเลือกทำลาย (selective herbicides) หมายถึง สารเคมีที่มีผลในการควบคุมพืชบางชนิด แต่ไม่มีผลหรือมีผลน้อยกับพืชอีกบางชนิด สารกำจัดวัชพืชที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาดส่วนใหญ่เป็นสารประเภทเลือกทำลายคือ สามารถควบคุมกำจัดวัชพืช แต่ไม่เป็นอันตรายหรือเป็นอันตรายเพียงเล็กน้อยต่อพืชปลูก

2.7.1.2 ประเภทไม่เลือกทำลาย (nonselective herbicides) หมายถึง สารเคมีที่มีผลในการควบคุมกำจัดหรือเป็นอันตรายกับพืชทุกชนิดที่รับสารประเภทนี้เข้าไป

2.7.2 แบ่งตามลักษณะการใช้กับพืช

สามารถแบ่งสารกำจัดวัชพืชออกได้ 2 ประเภท คือ

2.7.2.1 ประเภทใช้ทางใบ (foliar application) หมายถึง สารกำจัดวัชพืชที่เข้าสู่พืชทางใบหรือยอดอ่อน ซึ่งสามารถแบ่งย่อยได้อีก คือ

- ประเภทสัมผัสหรือถูกตาย (contact herbicides) หมายถึง สารประเภทที่สามารถทำลายพืชได้เฉพาะส่วนที่สารไปสัมผัสสารเท่านั้น ไม่มีการเคลื่อนย้ายของสารไปสู่ส่วนอื่น ๆ ของพืช

- ประเภทดูดซึม (systemic หรือ translocated herbicides) หมายถึง สารที่เมื่อเข้าสู่พืชแล้วสามารถเคลื่อนย้ายไปสู่ส่วนอื่นของพืชได้ โดยจะเคลื่อนย้ายไปตามท่ออาหาร (phloem) เป็นส่วนใหญ่และจะแสดงผลในการทำลายในจุดต่าง ๆ ที่สารประเภทนี้เคลื่อนย้ายไปถึง

2.7.2.2 ประเภทใช้ทางดิน (soil application) หมายถึง สารกำจัดวัชพืชที่เข้าสู่พืชทางรากหรือส่วนอื่น ๆ ของพืชที่อยู่ใต้ดิน ซึ่งรวมถึงใบเลี้ยงหรือยอดอ่อนก่อนจะโผล่พ้นพื้นผิวดินด้วย มีผลทำให้ส่วนขยายพันธุ์ของพืชที่เริ่มจะงอกหรือกำลังงอกได้รับผลกระทบจากสารเคมี สารกำจัดวัชพืชประเภทใช้ทางดินมักจะมีผลตกค้างในดิน (residue) สารบางชนิดอยู่ในดินได้นานเป็นปีขึ้นกับชนิดและความเข้มข้นของสาร และสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้นและชนิดของดิน

2.7.3 แบ่งตามกลุ่มทางเคมี (chemical classification) (Ashton and Craft., 1981, Klingman and Ashton., 1982) การจำแนกประเภทและกลุ่มของสารกำจัดวัชพืชตามลักษณะทางเคมีสามารถแบ่งได้ดังนี้ คือ

2.7.3.1 ประเภทสารอนินทรีย์ (inorganic herbicides) เช่น ammonium sulfamate (AMS), copper sulfate, calcium cyanamide, copper chelate, sodium chlorate,hexaflurate เป็นต้น มีผลต่อพืชในลักษณะทำลายเซลล์พืชเป็นส่วนใหญ่

2.7.3.2 ประเภทสารอินทรีย์ (organic herbicides) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามโครงสร้างหลักขององค์ประกอบทางชีวเคมี คือ

- Aliphatics เป็นสารที่มีโมเลกุลประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนต่อกันเป็นลูกโซ่โดยไม่มีส่วนที่เป็น ring สารในกลุ่ม aliphatic บางชนิดมีคลอรีนอยู่บนลูกโซ่ เช่น dalapon และ TCA บางชนิดมีสารหนู (arsenic) เช่น cacodylic acid, DSMA, MAA, MAMA และ MSMA และสารชนิดอื่น ๆ ซึ่งมีองค์ประกอบเฉพาะตัว เช่น acrolein allyl alcohol, methyl bromide และ glyphosate สารพวก dalapon

และ glyphosate สามารถซึมข้าเข้าสู่พืชได้ ใช้กำจัดหญ้าที่มีอายุค้างปีเช่น glyphosate เป็นสารที่ใช้ควบคุมกำจัดหญ้าคาที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

- Amides สารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ใช้ทางดิน แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มย่อย คือ Chloroacetamides ซึ่งเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตและลดการขยายและการแบ่งตัวของเซลล์ เช่น alachlor, butachlor, metolachlor, propachlor, terbuchlor และ CDAA เป็นต้น และอีกกลุ่มเป็นสารซึ่งเป็นสารที่มีการเลือกทำลายค่อนข้างสูงและมีผลต่อพืชแตกต่างกัน เช่น diphenamid, napropamide, naptalam, pronamide และ propanil เป็นต้น

- Benzoics สารในกลุ่มนี้เป็นสารประเภทเลือกทำลาย ใช้ทางใบและดูดซึมได้ มีผลต่อพืชในลักษณะเร่งการเจริญเติบโต (growth regulating) ของเซลล์ ทำให้เซลล์และเนื้อเยื่อพืชเจริญเติบโตมากและไม่สมดุล ส่งผลทำให้พืชตายในที่สุด สารที่สำคัญในกลุ่มนี้ เช่น dicamba กำจัดวัชพืชใบกว้างได้ดี นิยมใช้ในธัญพืชและทุ่งหญ้า, chloramben กำจัดวัชพืชใบแคบได้ดี นิยมใช้ใน ถั่วเหลือง ถั่วลิสง พริกไทย ฟักทอง มันเทศ และมะเขือเทศ และ 2, 3, 6-TBA มักใช้กำจัดไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้น เป็นต้น

- Bipyridiliums สารในกลุ่มนี้เป็นประเภทสัมผัสหรือถูกตาย อาจมีการเคลื่อนย้ายในพืชได้บ้าง สารที่สำคัญในกลุ่มนี้มี 2 ชนิด คือ diquat ซึ่งนิยมใช้ในการควบคุมกำจัดวัชพืชในน้ำ และ paraquat ซึ่งนิยมใช้ในการควบคุมกำจัดวัชพืชบนบก มักนิยมใช้กำจัดวัชพืชในพืชยืนต้น เช่น ในยางพารา ปาล์มน้ำมัน ไม้ผล ในอัตราความเข้มข้นต่ำ ๆ สามารถใช้ฉีดพ่นทำให้ใบร่วง (defoliant) ช่วยให่พืชออกดอก เช่น ในน้อยหน่า หรือช่วยให้การเก็บเกี่ยวทำได้สะดวกขึ้น เช่น ในฝ้าย

- Carbamates สารในกลุ่มนี้มีความสามารถในการเลือกทำลาย บางชนิดใช้ทางดิน บางชนิดใช้ทางใบ สามารถเคลื่อนย้ายในพืชได้ มีผลต่อพืชในลักษณะไปยับยั้งการแบ่งเซลล์ (mitotic poisons) โดยสารที่ใช้ทางดินจะยับยั้งการแบ่งเซลล์ของราก และที่ใช้ทางใบจะยับยั้งการแบ่งเซลล์ของใบและราก สารกำจัดวัชพืชที่สำคัญในกลุ่มนี้ เช่น asulam, barban, propham chloropropham และ desmidipham เกือบทุกชนิดนิยมใช้ทางดิน เพื่อควบคุมกำจัดวัชพืชฤดูเดียวและแสดงผลดีในเขตที่มีอากาศค่อนข้างเย็น

- Dinitroanilines สารในกลุ่มนี้มีการเลือกทำลาย ส่วนใหญ่ใช้ทางดินมีผลต่อพืชในลักษณะยับยั้งการแบ่งเซลล์ โดยเฉพาะเซลล์ของราก ทำให้รากมีลักษณะโค้งงอนหรือสั้นกุด สารเกือบทุกชนิดในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะมีสีเหลืองส้ม ละลายน้ำได้น้อย และมีอัตราการระเหยสูงจึงมักใช้ ในลักษณะฉีดพ้นแล้วคลุกลงดินก่อนปลูกพืช (preplant-incorporation) สารในกลุ่มนี้มีหลายชนิด เช่น benefin, butralin, dinitramine, fluchloralin, isopropalin nitralin, oryzalin, pendimethalin และ trifluralin เป็นต้น

- Diphenyl ethers สารในกลุ่มนี้มีการเลือกทำลายค่อนข้างสูงใช้ทางดินก่อนพืชจะงอกหรืองอกใหม่ๆ เข้าสู่พืชได้ทั้งทางใบและทางราก เคลื่อนย้ายในพืชได้น้อยบางครั้งแสดงผลในลักษณะสัมผัสตาย มีผลต่อพืชในลักษณะการยับยั้งหรือขัดขวางการสร้างและการถ่ายทอดพลังงานของ chloroplast และ mitochondria สารที่สำคัญในกลุ่มนี้ เช่น acifluorfen, bifenox, diclofop, fluorodifen, nitrofen, nitrofluorfen และ oxyfluorfen เป็นต้น

- Nitriles สารในกลุ่มนี้มีการเลือกทำลายค่อนข้างต่ำ บางชนิดใช้ทางดิน บางชนิดใช้ทางใบ สารที่สำคัญในกลุ่มนี้ คือ สาร dichlobenil มีผลด้านยับยั้งการเจริญเติบโตของยอด ใบอ่อนหรือปลายราก bromoxynil และ ioxynil มีผลทำให้ใบมีสีเหลืองซีด (chlorosis) และแห้งตาย (necrosis) dichlobenil ใช้ก่อนงอก สามารถควบคุม วัชพืชฤดูเดียวใน พืชยืนต้นและไม้ผล และสามารถใช้ควบคุมวัชพืชในแหล่งน้ำได้ดี

- Phenoxys สารในกลุ่มนี้มีการเลือกทำลายค่อนข้างสูง โดยเฉพาะจะทำลายพวกใบกว้างได้ดี เป็นสารที่จัดอยู่ในกลุ่มฮอร์โมนพืช กล่าวคือ หากใช้ในระดับความเข้มข้นต่ำ จะสามารถเร่งและเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชได้ หากใช้ในระดับความเข้มข้นสูง สารกำจัดวัชพืชที่สำคัญในกลุ่มนี้เช่น 2,4-D, 2, 4, 5-T และ MCPA เป็นต้น

- Thiocarbamate สารในกลุ่มนี้มีการเลือกทำลายค่อนข้างสูง โดยเฉพาะจะทำลายพวกใบแคบได้ดี ใช้ฉีดพ้นทางดิน และจะทำลายยอดอ่อนของพืชที่กำลังงอกจากผิวดิน การทำลายพืชเกิดขึ้นในลักษณะการยับยั้งขบวนการ lipid metabolism สารกำจัดวัชพืชในกลุ่มนี้ที่สำคัญ คือ butylate, cycloate, EPTC, molinate, pebulate, CDEC, vernolate และ triallate เป็นต้น พืชปลูกที่ทนทานต่อสารในกลุ่มนี้ คือ ข้าวโพด และถั่วบางชนิด

- Triazines สารในกลุ่มนี้มีการเลือกทำลายมากน้อยแตกต่างกันตามชนิดของสาร ส่วนใหญ่หรือเกือบทั้งหมดใช้ทางดิน มีผลการทำลายพืชในลักษณะยับยั้งการสังเคราะห์แสง โดยเฉพาะยับยั้งขบวนการที่เรียกว่า Hill reaction ทำให้ใบพืชมีสีเหลืองซีดและตายในที่สุด สารกำจัดวัชพืชในกลุ่มนี้มีหลายชนิด ที่สำคัญ คือ atrazine, ametryn, cyanazine, cyprazine, prometon, prometryn, propazine, simazine, simetryn, terbutryn และ metribuzin เป็นต้น เกือบทุกชนิดควบคุมวัชพืชฤดูเดียวได้ดีถึงดีมาก

- Ureas สารในกลุ่มนี้มีการเลือกทำลายปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ ส่วนใหญ่ใช้ทางดิน มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในลักษณะการยับยั้งการ สังเคราะห์แสงโดยไปยับยั้ง Hill reaction การเลือกทำลายสามารถทำให้สูงขึ้นได้โดยเลือกพืชที่มีระบบรากลึก เช่น พืชยืนต้น ชนิดที่สำคัญและมีใช้กันมากในเขตร้อน คือ diuron, fluometuron, linuron, neburon, monuron, siduron และ tebuthiuron เป็นต้น

สารพวก diuron มีใช้อย่างกว้างขวางในประเทศไทย สามารถผสมกับสารอื่นๆหลายชนิด พืชที่ใช้ diuron กันมาก คือ กล้วย สับปะรด มะละกอ ข้าวโพด อ้อย ฝ้าย องุ่น และหน่อไม้ฝรั่ง ส่วน fluometuron นิยมใช้ในฝ้ายและอ้อย

- สารชนิดอื่นๆ มีสารกำจัดวัชพืชอีกหลายชนิดที่การจัดกลุ่มยังไม่ชัดเจนเพราะโครงสร้างเคมีไม่สามารถจัดลงในกลุ่มใดได้สารกำจัดวัชพืชเหล่านี้มีหลายชนิดที่จำหน่ายและใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เช่น amitrole ใช้ในบริเวณที่ไม่ได้ปลูกพืช ควบคุมกำจัดวัชพืชทั้งวัชพืชฤดูเดียวและวัชพืชค้างปี bensulide ใช้ควบคุมกำจัดวัชพืชในไม้ดอกไม้ประดับ และพืชผัก เป็นสารที่ตกค้างในดินนาน จึงมีปัญหาในการใช้ DCPA ใช้กำจัดวัชพืชในพืชตระกูลถั่วและพืชผักได้ดีมาก มีผลตกค้างในดินประมาณ 6 เดือน endothall ใช้ควบคุมกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำ และในสนามหญ้า โดยสามารถควบคุมวัชพืชใบกว้างได้ดี picloram ใช้ควบคุมวัชพืชใบกว้างได้ดีทั้งวัชพืชล้มลุกและยืนต้น สามารถใช้ทำลายต้นไม้ใหญ่ และตอไม้ ใช้เป็นสารกำจัดตอยางในการปลูกแทน เป็นต้น

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Rodrigues *et al.* (1999) ได้รายงานสารประกอบ allelopathic ของ *Callistemon viminalis* สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตโดยการรบกวนการแบ่งเซลล์, การซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และการทำงานของเอนไซม์ ผลของ allelopathic จากน้ำมันหอมระเหยจาก *C. viminalis* อาจเกิดจากองค์ประกอบที่สำคัญคือ 1, 8 cineole, α-pinene และ limonene หรือการทำงานร่วมกันทางเคมีระหว่างสารประกอบในน้ำมันหอมระเหย

Singh *et al*. (2005) ได้รายงานฤทธิ์ของสารกำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยจาก *Eucalyptus Citriodora* ซึ่งเป็นในตระกูล Myrtaceae ต่อการเจริญเติบโตของ *Parthenium hysterophorus* ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่ระดับความเข้มข้น 0.2-5.0 $\mu L/mL^{1}$ สามารถทำให้การงอกของเมล็ด, ปริมาณคลอโรฟิลและกิจกรรมในกระบวนการหายใจของ *Parthenium hysterophorus* ลดลง และที่ระดับความเข้มข้น 5.0 $\mu L/mL^{1}$ สามารถยับยั้งการงอกได้อย่างสมบูรณ์ และการฉีดพ่นที่ระดับความเข้ม 75 และ 100 $\mu L/mL^{1}$ สามารถทำให้เกิดผลกระทบต่อความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลล์และเกิดการรั่วไหลของอิเลคโตรไลต์อย่างรวดเร็วของพืช *Parthenium hysterophorus*

Setia *et al*. (2007) ได้รายงานความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจาก *E. citriodora* ต่อการเจริญเติบโตของ *Bidens pilosa, A. viridis, Rumex nepalensis* และ *Leucaena leucocephala*. ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.0012 ถึง 0.06 เปอร์เซ็นต์ พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.06 เปอร์เซ็นต์ ช่วยยับยั้งการงอกของพืชพืชทดสอบทุกชนิดได้อย่างสมบูรณ์ และยับยั้งการเจริญเติบโตและปริมาณคลอโรฟิลล์ของวัชพืชทดสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และรองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 0.03 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้ง

การงอก, การเจริญเติบโตของต้นกล้า, ปริมาณคลอโรฟิลล์และกิจกรรมการหายใจในใบของต้นกล้าซึ่งได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง โดยปริมาณ chlorophy ll และกิจกรรมหายใจลดลงมากกว่า 51 และ 71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Mercedes *et al*. (2009) ได้รางานผลของน้ำมันหอมระเหยจาก *Eucalyptus camaldulensis* ต่อการเจริญเติบโตของวัชพืชเขตร้อน พบว่า น้ำมันหอมระเหยจาก *E. camaldulensis* ที่ระดับความเข้มข้น 0.125 0.5 และ 1 μL/mL $^{-1}$ สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตทางด้านความยาวต้นกล้าและความยาวรากของ *Amaranthus hybridus* และ *Portulaca oleracea* โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่เพิ่มตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น

Yamagushi *et al.* (2011) ได้ศึกษาผลของสารสกัดน้ำจาก *Eucalyptus globulus* Labill. ซึ่งเป็นของตระกูล Myrtaceae ต่อการงอกของ *Brassica campestris* L. (Mustard), *Brassica oleracea* L. , (กะหล่ำปลี), *Br. oleracea* L. (บรอคโคลี่), *Brassica pekinensis* L. (คะน้า), sativa L. (ผักกาดหอม), *Lycopersicum esculentum* Miller (มะเขือเทศ), *Brassica rapa* L. (หัวผักกาด), *Eruca sativa* L. (rucola) และ *Raphanus sativus* L. (หัวไชเท้า) ที่ระดับความเข้มข้น 10, 30, 50, 70, 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารสกัดจาก *E. globulus*. สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตทางด้านความยาวต้นกล้าและความยาวรากของพืชทดสอบทั้งหมดได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 7 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

Christiane *et al*. (2014) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกิจกรรม Allelopathic ของน้ำมันหอมระเหยจากดอกของ *C. viminalis* (Myrtaceae) ต่อต้นกล้าผักกาดหอม (*L. sativa*) ซึ่งได้รายรานว่าน้ำมันหอมระเหยจาก *C. viminalis* น้ำมันหอมระเหยจากพืชดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกการ เจริญเติบโตด้านลำต้น ความยาวราก และน้ำหนักแห้งของต้นผักกาดหอมได้ โดยมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่เพิ่มสูงขึ้ง นอกจากนี้ยังได้รายงานว่าองค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมันหอมระเหยจากดอกของ *C. viminalis* คือ 1, 8-cineole, α-pinene และ limonene โดยมีความเข้มข้น 66.9, 16.00 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Dejam *et al*. (2014) ได้รายงานผลของอัลลีโลพาทีของสารสกัดจากใบ *Eucalyptus globulus* Labill. ซึ่งเป็นของตระกูล Myrtaceae ที่ใช้น้ำ, methanolic, ethyl acetate, acetone และ benzene เป็นตัวทำละลายต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือยาว (*Solanum melongena* L.) ปริมาณ 0, 1.25, 5 และ 10 g/L พบว่า สารสกัดทุกตัวทำละลายมีผลยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตต้นกล้าของพืชทดสอบ methanol extract มีฤทธิ์ยับยั้งสูงสุด โดยมีผลต่ออัตราการงอก, ความยาวต้นกล้าและราก และน้ำหนักสด-แห้งของพืชทดสอบ ซึ่งแตกต่างกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Vishwakarma *et al.* (2017). ทำการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจาก *C. viminalis*. ด้วยวิธีการทดลองเช่นเดียวกัน ต่อการเจริญเติบโตของ หญ้าข้าวนก และ ผักโขม พบว่า ปริมาณ 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง มีประสิทธิภาพยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตหญ้าข้าวนกได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้ง 55.02 และ 89.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปริมาณ 2.5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 55.69 และ 80.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Silva *et al*. (2017) ได้ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจาก *Eucalyptus saligna* ซึ่งเป็นของตระกูล Myrtaceae ปริมาณ 1, 10, 20, 30 และ 50 ไมโครลิตร ต่อการงอกของเมล็ด, ความยาวลำต้น, ความยาวราก และการรั่วไหลของอิเลคโตรไลต์ของ *Paspalum notatum*, *Eragrostis plana Trifolium repens* L. และ *Lotus corniculatus* L. พบว่า น้ำมันหอมระเหยจาก *E. Saligna* มีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบได้และมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครลิตร สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดพืชทดสอบได้อย่างสมบูรณ์ ในส่วนของการเจริญเติบโตสามารถทำให้ความยาวต้นและรากลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และยังทำให้เกิดการรั่วไหลของอิเลคโตรไลต์ในพืชทดสอบอย่างรวดเร็ว

Benchaa *et al*. (2018) ได้ศึกษาผลอัลลีโลพาทีของน้ำมันหอมระเหยจาก *Eucalyptus citriodora* ซึ่งเป็นของตระกูล Myrtaceae ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของ *Sinapis arvensis*, *Sonchus oleraceus*, *Xanthium strumarium* และ *Avena fatua* ที่ระดับความเข้มข้น 0.01, 0.02 และ 0.03 เปอร์เซ็นต์ (ในสภาพห้องปฏิบัติการ) และ 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ (ในสภาพแปลงทดลอง) พบว่า การทดลองในสภาพห้องปฏิบัติการน้ำมันหอมระเหยที่ทุกระดับความเข้มสามารถทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก, ความยาวราก และความยาวต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.03 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของ *S. arvensis* ได้อย่างสมบูรณ์ และที่ระดับความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ด *S. arvensis, S. oleraceus, A. fatua* และ *X. strumarium* ได้เท่ากับ 93.6, 90.91, 81.17 และ 61.66 เปอร์แซ็นต์ ตามลำดับ และในส่วนการทดลองในสภาพแปลงทดลอง พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 6 วัน ที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคลอโรฟิลใน *S. arvensis, S. oleraceus, X strumarium* และ *A. fatua* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 38.74, 48, 18.09 และ 70.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ระดับความเข้มข้น 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ การลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์จะลดลงอย่างมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Shah *et al*. (2018) ได้ศึกษาผลอัลลีโลพาทีของ *C. lanceolatus* DC. ต่อการยับยั้ง *Triticum aestivum* สองสายพันธุ์ คือ Cultivar Millat และ Cultivar F. Abad ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า สารสกัดจากใบที่สกัดด้วยน้ำเย็นมีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 50.70 และ 45.00 เปอร์เซ็นต์ และยังได้รายงานว่าสารสกัดจากใบ *C. lanceolatus* DC. สามารถยับยั้งเจริญเติบโตทางทางราก และทำให้น้ำหนักสด-แห้ง ของพืชทดสอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

Loizzo *et al*. (2007) ได้รายงานผลของน้ำมันหอมระเหยจากส่วนต่าง ๆ ของ *Cedrus libani* ต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า – อะไมเลสในเมล็ดพืชทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากส่วนของใบที่ระดับความเข้มข้น 0.14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการดูดน้ำและกิจกรรมเอนไซม์เอนไซม์อัลฟ่า – อะไมเลสได้ดีที่สุด

Poonpaiboonpipat *et al*. (2013) ที่ได้รายงานผลของน้ำมันหอมระเหยจาก C*ymbopogoncitratus* ต่อการยับยั้งการงอก และกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า – อะไมเลสของเมล็ด ของ *Echinochloa crus-galli* การยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า-อะไมเลส พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นสูงมีผลในการยับยั้งการงอกของเมล็ดพืชทดสอบ และในส่วนผลของการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า – อะไมเลสของพืชทดสอบ พบว่า การแช่เมล็ดพืชทดสอบที่ 36 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 1 - 8 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง สามารถยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า - อะไมเลสได้ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20.55 – 57.45 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 พืชทดสอบ ได้แก่ หญ้าข้าวนก (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) และผักโขมหนาม (*Amaranthus spinosus* L.)

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ 95% ethyl alcohol, acetone 80 %, Neopelex, DMF (dimethylformide), calcium chloride, potassium sodium tartarate salt, starch, maltose, dinitrosalicylic reagent, acetic acid และ citrate buffer

3.1.3 อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ น้ำกลั่น, บีกเกอร์, มีด, แท่งแก้ว, พาราฟิล์ม, แก้วพลาสติก, กระบอกตวง, ผ้าขาวบาง, ปากคีบปลายแหลม, จานทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 9 เซนติเมตร, หลอดวัด spectrophotometer, โกร่งบด, ขวดแก้วขนาดเล็ก, หลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร, กระดาษกรอง Whatman No.93, กระถาง ไม้บรรทัด และกรรไกร

3.1.4 เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ไมโครปิเปต, water bath, spectrophotometer, เครื่องหมุนเหวี่ยง, เครื่อง EC meter, เครื่องระเหยสุญญากาศ, ตู้อบความร้อน, ตู้ควบคุมการเจริญเติบโต และ เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดและพืชทดสอบ

3.2.1.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด

สกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ (Water distillation) โดยนำใบสดต้นแปรงล้างขวด 500 กรัม ใส่ขวดกลม (2 ลิตร) จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาณ 2 ลิตร ต้มเป็นเวลา 3 - 4 ชั่วโมง จนได้น้ำมันหอมระเหย โดยให้น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ นำไปเก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

3.2.1.2 การเตรียมผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด

นำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากข้อ 3.2.1.1 มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของสารละลายน้ำมัน (Emulsifiable concentrate) โดยมีอัตราส่วน ดังนี้ น้ำมันหอมระเหย 50 เปอร์เซ็นต์, DMF (Dimethylformide) 40 เปอร์เซ็นต์ และ Neopelex (Linear alkyl benzene sulfonic acid) 10 เปอร์เซ็นต์ โดยผสมให้เข้ากันจนกว่าผลิตภัณฑ์นั้นจะเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

3.2.1.3 การเตรียมเมล็ดพืชทดสอบ

เมล็ดวัชพืชทดสอบที่ใช้ในการทดสอบ คือ เมล็ดหญ้าข้าวนก เป็นตัวแทนของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ที่รวบรวมจาก นาข้าวของเกษตรกร ตำบลวัดพริก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก และเมล็ดผักโขม เป็นตัวแทนของพืชใบเลี้ยงคู่ ที่รวบรวมจาก แปลงทดลอง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเลือกเมล็ดที่มีความสมบูรณ์แข็งแรงและมีขนาดเท่าๆ กัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อทำลายระยะพักตัวของเมล็ดพืชทดสอบทั้ง 2 ชนิด

3.2.2 การศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

ทำการทดสอบน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ปริมาณ 10, 15, 20 และ 25 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง โดยมีน้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม และการทดสอบน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดผักโขม ที่ปริมาณ 0.625, 1.25, 2.5 และ 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง โดยมีน้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิธีการทดลองละ 4 ซ้ำ โดยการเพาะเมล็ดหญ้าข้าวนกและเมล็ดผักโขมในจานทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ที่มีกระดาษเพาะเมล็ดรองพื้น วางเมล็ดจำนวน 20 เมล็ดต่อจานทดลอง และใส่น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรต่อจานทดลอง ติดกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร บริเวณกึ่งกลางของฝาจานทดลอง ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย โดยการหยดน้ำมันหอมระเหยตามปริมาณที่กำหนด ลงกลางกระดาษเพาะที่ติดอยู่บริเวณกึ่งกลางของฝาจานทดลอง โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการเปรียบเทียบ จากนั้นปิดฝาจานทดลองแล้วใช้พาราฟิล์มปิดด้านข้างของจานทดลอง ป้องกันการระเหยของน้ำมันหอมระเหย นำไปวางไว้ในตู้ควบคุมการเจริญเติบโต ที่ตั้งค่าแสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีแสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์

ทำการบันทึกผล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง ในวันที่ 7 หลังจากเริ่มเพาะเมล็ด นับจำนวนการงอกของเมล็ด โดยกำหนดให้เมล็ดที่มี radicle งอกออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดอย่างน้อย 2 มิลลิเมตร เป็นเมล็ดที่งอก นับเปอร์เซ็นต์การงอก วัดความยาวราก และความยาวต้น จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง ตามสูตร

$$GI = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100$$

R1 = เปอร์เซ็นต์การงอก, ความยาวราก หรือความยาวต้นในกรรมวิธีควบคุม (น้ำกลั่น)

R2 = เปอร์เซ็นต์การงอก, ความยาวราก หรือความยาวต้นในกรรมวิธีทดลอง

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

3.2.3 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อเจริญของพืชทดสอบ

ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ระดับความเข้มข้น 100, 200, 400 และ 800 ppm (สารออกฤทธิ์) โดยมีน้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม การทดสอบผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดผักโขมที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100 และ 200 ppm (สารออกฤทธิ์) โดยมีน้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิธีการทดลองละ 4 ซ้ำ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.2.3.1 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอก ความยาวต้น และความยาวราก ของพืชทดสอบ

เจือจางความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยให้มีระดับความเข้มข้นที่กำหนด ใส่จานทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ซึ่งรองด้วยกระดาษเพาะเมล็ด 2 ชั้น และใส่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยที่เจือจางแล้วลงในจานทดลองจานละ 5 มิลลิลิตร วางเมล็ดพืชทดสอบจำนวน 20 เมล็ดต่อจานทดลอง ปิดฝาและนำไปวางไว้ในตู้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ที่แสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส และไม่มีแสงสว่าง 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ บันทึกผลการทดลองในวันที่ 7 หลังจากเริ่มเพาะเมล็ด นับจำนวนการงอกของเมล็ด โดยกำหนดให้เมล็ดที่มี radicle งอกออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดอย่างน้อย 2 มิลลิเมตร เป็นเมล็ดที่งอก นับเปอร์เซ็นต์การงอก วัดความยาวต้น และความยาวราก จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง ตามสูตร

$$GI = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100$$

R1 = เปอร์เซ็นต์การงอก, ความยาวราก หรือความยาวต้นในกรรมวิธีควบคุม (น้ำกลั่น)

R2 = เปอร์เซ็นต์การงอก, ความยาวราก หรือความยาวต้นในกรรมวิธีทดลอง

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

3.2.3.2 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบ

นำเมล็ดหญ้าข้าวนกจำนวน 30 เมล็ดต่อจานทดลอง และเมล็ดผักโขม จำนวน 100 เมล็ดต่อจานทดลอง ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น จากนั้นนำเมล็ดพืชทดสอบแช่ลงในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยตามระดับความเข้มข้นที่กำหนด ในจานทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ที่ระดับความเข้มข้นตามที่กำหนด โดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม โดยเมล็ดหญ้าข้าวนก 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 เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด นำเมล็ดพืชทดสอบมาล้างด้วยน้ำกลั่น ซับน้ำออกให้แห้งด้วยกระดาษกรอง นาน 30 วินาที จากนั้นชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (น้ำหนักหลังแช่) โดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบ (Han et al., 2008) โดยใช้สูตร

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

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

3.2.3.3 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า-อะไมเลสในเมล็ดพืชทดสอบ

ทดสอบผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.4.2 จากนั้นซับน้ำออกให้แห้งด้วยกระดาษกรอง นาน 30 วินาที นำเมล็ดพืชทดสอบที่ได้มาบดให้ละเอียดในโกร่งบดสาร เติมแคลเซียมคลอไรด์ (แช่เย็น) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร นำไปหมุนเหวี่ยงสารให้ตกตะกอน ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จะได้สารละลายในรูปของเหลวใสซึ่งแยกชั้นกับกากตะกอนของเมล็ดพืชทดสอบด้านล่างของหลอดทดลอง ดูดสารละลายของเหลวใส 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร และตามด้วยสารละลายแป้ง 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เติม dinitrosalicylic reagent 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้ม เป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้ว นำหลอดทดลองมาผ่านน้ำไหลให้อุณหภูมิลดลง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร (Maity *et al*., 2009) นำข้อมูลที่วัดได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส โดยใช้สูตร

โดยกำหนดให้ $X = \frac{Y + 0.019}{0.0027}$

X = ความเข้มข้นของเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

Y = ค่าการดูดกลืนแสง

จากนั้นให้นำค่าความเข้มข้นของอะไมเลส (X) ไปคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์อัลฟา – อ;ะไมเลส โดยใช้สูตร

$$\text{กิจกรรมเอนไซม์อะไมเลส (μmol/min/g (FW))} = \frac{X \times V}{T \times g(Fw) \times M\ (maltose) \times 0.25}$$

โดยกำหนดให้ X = ความเข้มข้นของกิจกรรมเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

V = ปริมาตรสุดท้าย

T = เวลาที่ใช้ในการบ่ม

g (Fw) = น้ำหนักของเมล็ด

M (maltose) = มวลโมเลกุลของ maltose

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

3.2.4 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อกลไกการทำลายพืชทดสอบในสภาพแปลงทดสอบ

ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อกลไกทำลายหญ้าข้าวนกและผักโขม ในสภาพแปลงทดลอง ที่ระดับความเข้มข้น 10,000, 20,000, 40,000 และ 80,000 ppm (สารออกฤทธิ์) โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม ใช้อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ การศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งของลำต้นส่วนเหนือดิน และการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ของพืชทดสอบ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิธีการทดลองละ 4 ซ้ำ ทำการเตรียมต้นพืชทดสอบโดยนำเมล็ดหญ้าข้าวนก และเมล็ดผักโขม ที่เตรียมไว้ปลูกในกระถางขนาด 4 นิ้ว กระถางละ 20 เมล็ด โดยทำการเตรียมจำนวน 7 ชุด ชุดละ 20 กระถาง ในแต่ละพืชทดลอง เมื่อต้นวัชพืชทดสอบมีความสูงประมาณ 20 เซนติเมตร ทำการฉีดพ่นสารที่ระดับความเข้มข้นตามที่กำหนด และทำการวัดผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ ดังนี้

3.2.4.1 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อความเป็นพิษ ความสูงต้น และน้ำหนักแห้งของพืชทดสอบ

ทำการบันทึกผลการประเมินความเป็นพิษ (toxicity) ด้วยสายตา วัดความสูงต้น โดยการให้คะแนนตามตารางที่ 2 (Bryan, 1977) ที่ 1, 3, 5, 7, 14 และ 21 วันหลังการฉีดพ่นสาร เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 21 วันหลังฉีดพ่น ทำการตัดส่วนเหนือดินของวัชพืชไปอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เพื่อชั่งหาน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง ตามสูตร

$$GI = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100$$

R1 = เปอร์เซ็นต์การการประเมินความเป็นพิษ, ความสูงต้น หรือน้ำหนักแห้งในกรรมวิธีควบคุม (น้ำกลั่น)

R2 = เปอร์เซ็นต์การประเมินความเป็นพิษ, ความสูงต้น หรือน้ำหนักแห้งในกรรมวิธีทดลอง

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

ตารางที่ 3.1 ระดับเปอร์เซ็นต์การควบคุมวัชพืช และความเป็นพิษต่อพืชปลูก (Bryan, 1977)

ระดับ (เปอร์เซ็นต์)	ผลกระทบ	ลักษณะที่แสดงออก
0	ไม่มีผลกระทบ	ไม่สามารถควบคุมวัชพืชได้ พืชปลูกปกติ
10	มีผลกระทบเล็กน้อย	ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชที่ต่ำมาก ปลายใบของพืชปลูกมีสีซีดจำนวน 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 ใบแห้ง และมีรอยจุดไหม้อย่างเห็นได้ชัด 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

3.2.4.2 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์

ทำการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์โดยตัดใบหญ้าข้าวนกและใบผักโขม ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันทุกใบ (0.6 เซนติเมตร) โดยตัดใบตำแหน่งที่สองลงมา จำนวน 13 ชิ้น ใส่ในโกร่งและใส่อะซีโตน 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตามลงไปในโกร่ง ทำการบดจนละเอียดแล้วเปลี่ยนใส่หลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman No. 93) และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470, 647 และ 663 นาโนเมตร (Ngayila *et al*. 2009)

จากนั้นนำไปคำนวณหาค่า คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ โดยใช้สูตร

คลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัม/ลิตร) = $12.25 \times A663 - 2.79 \times A647$

คลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัม/ลิตร) = $21.50 \times A647 - 5.10 \times A663$

แคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัม/ลิตร) = $\frac{1000 \times A470 - 1.82 \times \text{Chl a} - 85.02 \times \text{Chl b}}{198}$

จากนั้นนำไปคำนวณหาค่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ โดยใช้สูตร

ปริมาณคลอโรฟิลล์ (ไมโครกรัม/ตารางเซนติเมตร) = $\frac{\text{ค่าคลอโรฟิลล์} \times 5\ \text{ml}}{\pi r^2 \times 13}$

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

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

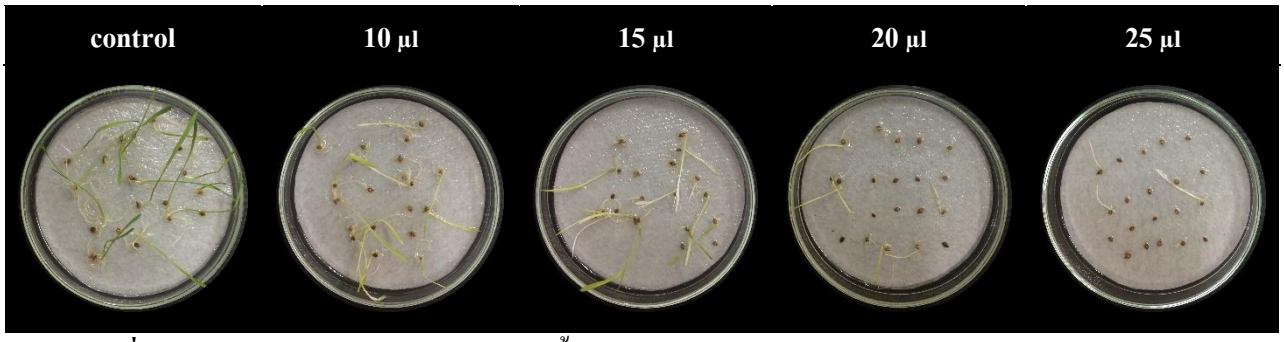
4.1.1 ผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอก ความยาวต้น และความยาวรากของหญ้าข้าวนก

จากการศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก ที่ปริมาณ 10, 15, 20 และ 25 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง โดยมีน้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชดังกล่าวที่ทุกระดับปริมาณมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตทางด้านความยาวลำต้น และความยาวรากของพืชทดสอบ โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเพิ่มตามระดับปริมาณที่สูงขึ้น ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.1, ภาพที่ 4.1) น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดที่ระดับปริมาณ 20 และ 25 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง มีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ดีที่สุดโดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 41.78 และ 68.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาที่ระดับปริมาณ 10 และ 15 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 7.46 และ 28.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนด้านการเจริญเติบโตที่ระดับปริมาณ 20 และ 25 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง สามารถยับยั้งความยาวต้นได้ดีที่สุดโดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่ 42.04 และ 53.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถยับยั้งความยาวรากได้เท่ากับ 71.04 และ 65.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาที่ระดับปริมาณ 10 และ 15 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง สามารถยับยั้งการงอกได้ 7.48 และ 28.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถยับยั้งความยาวรากได้เท่ากับ 38.25 และ 45.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกที่ 7 วันหลังฉีดพ่น

ปริมาณ (µl)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (% เปรียบเทียบกับ control)		
	การงอก	ความยาวต้น	ความยาวราก
Control	0.00c*	0.00d	0.00c
10	7.46bc	18.37c	38.25b
15	28.36bc	31.04bc	45.64b
20	41.79ab	42.04ab	65.37a
25	68.66a	53.9a	71.04a

* ค่าเฉลี่ยจากเปอร์เซ็นต์การยับยั้งจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ P = 0.05 โดยเปรียบเทียบ treatment mean ตาม Tukey's Studentized Range Test



ภาพที่ 4.1 แสดงผลของประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก ที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด

4.1.2 ผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอก ความยาวต้น และความยาวรากของผักโขม

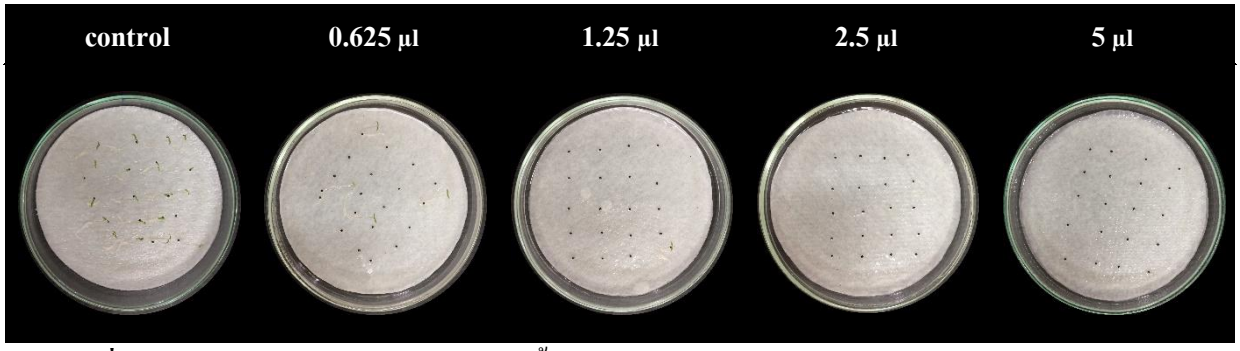
จากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและเจริญเติบโตของผักโขม ที่ปริมาณ 0.625, 1.25, 2.5 และ 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง โดยมีน้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชดังกล่าวที่ทุกระดับปริมาณมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตทางด้านความยาวลำต้น และความยาวรากของพืชทดสอบได้ โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเพิ่มตามระดับปริมาณที่สูงขึ้น ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.2, ภาพที่ 4.2) น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดที่ระดับปริมาณ 1.25, 2.5 และ 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง

สามารถยับยั้งการงอกได้ดีที่สุด ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งอยู่ในช่วง 97.18 – 100 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับปริมาณ 0.625 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง สามารถยับยั้งการงอกได้ 87.32 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนความยาวต้นที่ระดับปริมาณ 1.25, 2.5 และ 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง สามารถยับยั้งความยาวต้นได้ดีที่สุด ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 79.11 – 100 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับปริมาณ 0.625 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง สามารถยับยั้งความยาวต้นได้ 20.95 เปอร์เซ็นต์ และในส่วนความยาวรากที่ระดับปริมาณ 2.5 และ 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง สามารถยับยั้งความยาวรากได้ดีที่สุด รองลงมาที่ระดับปริมาณ 0.625 และ 1.25 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง สามารถยับยั้งความยาวรากได้เท่ากับ 57.79 และ 64.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด

ปริมาณ (µl)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (% เปรียบเทียบกับ control)		
	การงอก	ความยาวต้น	ความยาวราก
Control	0.00c*	0.00c	0.00c
0.625	87.32b	20.95bc	57.59b
1.25	97.18a	79.11ab	64.29b
2.5	100a	100a	100a
5	100a	100a	100a

* ค่าเฉลี่ยจากเปอร์เซ็นต์การยับยั้งจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ P = 0.05 โดยเปรียบเทียบ treatment mean ตาม Tukey's Studentized Range Test



ภาพที่ 4.2 แสดงผลของประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขม ที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด

4.2 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

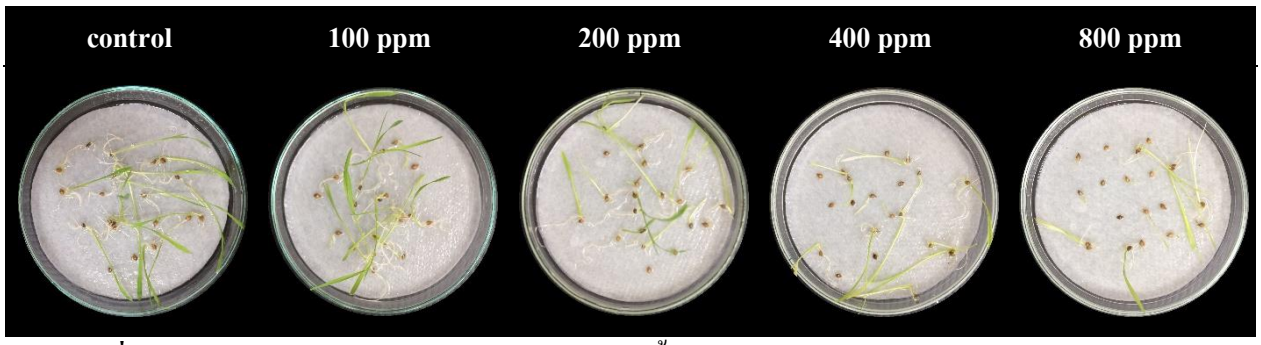
4.2.1 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอก ความยาวต้น และความยาวรากของหญ้าข้าวนก

จากการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก ที่ระดับความเข้มข้น 100, 200, 400 และ 800 ppm (สารออกฤทธิ์) โดยมีน้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยที่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลต่อการงอกของเมล็ด ความยาวลำต้น และความยาวรากของพืชทดสอบ โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเพิ่มตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.3, ภาพที่ 4.3) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดที่ระดับความเข้มข้น 400 และ 800 ppm สามารถยับยั้งการงอกได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 31.94 และ 36.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รางลงมาที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 13.89 และ 16.67 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนการยับยั้งการความยาวต้น ที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 40.06 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้ง 19.15 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 7.97 และ 10.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในส่วนความยาวรากที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm สามารถยับยั้งความยาวรากได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 44.66 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 100, 200 และ 400 ppm มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 17.41, 20.03 และ 25.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด

ความเข้มข้น	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (% เปรียบเทียบกับ control)		
(ppm)	การงอก	ความยาวต้น	ความยาวราก
Control	0.00c*	0.00e	0.00c
100	13.89b	7.97dc	17.41b
200	16.67b	10.15c	20.03b
400	31.94a	19.15b	25.78b
800	36.11a	40.06a	44.66a

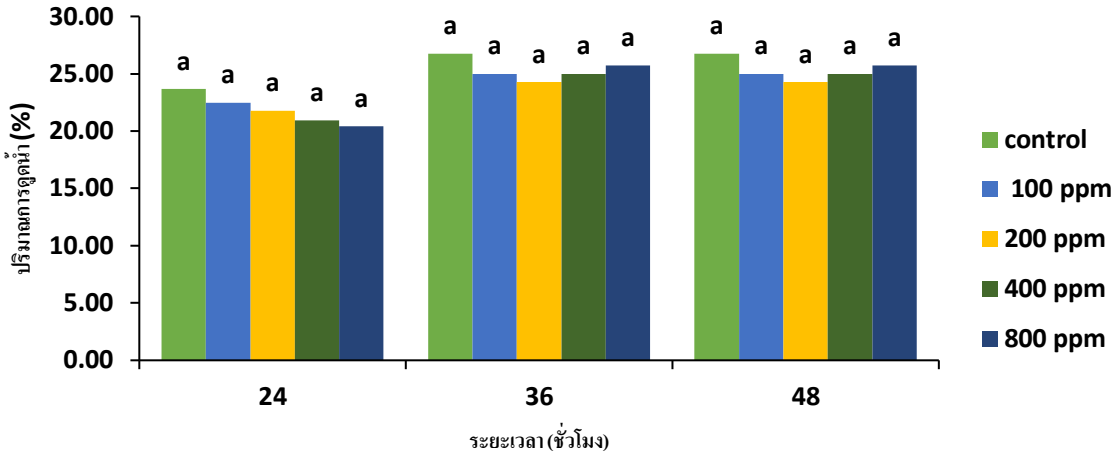
* ค่าเฉลี่ยจากเปอร์เซ็นต์การยับยั้งจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ P = 0.05 โดยเปรียบเทียบ treatment mean ตาม Tukey's Studentized Range Test



ภาพที่ 4.3 แสดงผลของประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด

4.2.2 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนก

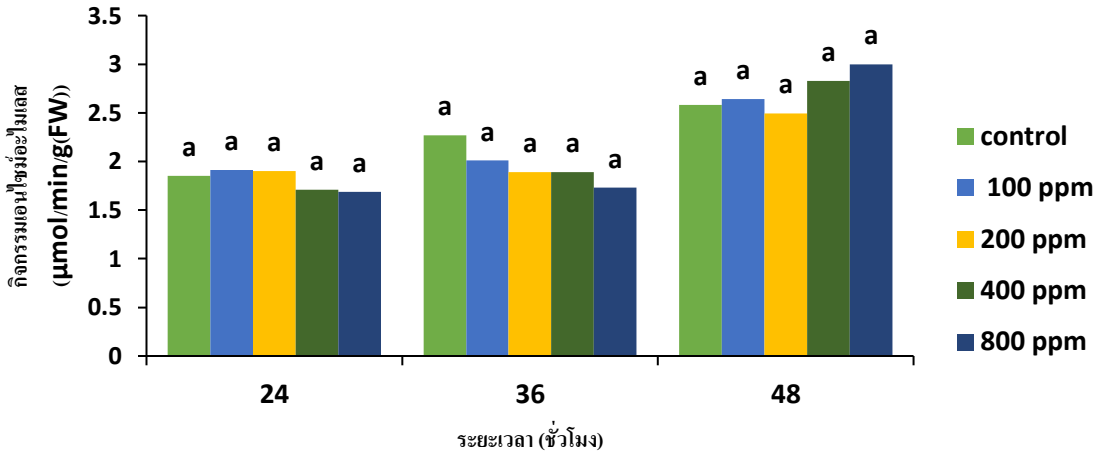
จากการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ระดับความเข้มข้น 100, 200, 400 และ 800 ppm (สารออกฤทธิ์) ที่แช่เป็นระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง โดยมีน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม พบว่า เมล็ดหญ้าข้าวนกที่แช่ในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 22.45, 21.77, 20.93 และ 20.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ส่วนเมล็ดหญ้าข้าวนกที่แช่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด เป็นเวลา 36 ชั่วโมง ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบในระดับความเข้มข้นเดียวกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 25.00, 24.27, 25.00 และ 25.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม และเมล็ดหญ้าข้าวนกที่แช่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า ที่ทุกระดับความเข้มข้นให้ผลการทดสอบไปในทิศทางเดียวกับการแช่ที่ระยะเวลา 24 และ 36 ชั่วโมง โดยมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 25.28, 26.74, 25.76 และ 27.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (ภาพที่ 4.4)



ภาพที่ 4.4 เปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่24, 36 และ 48 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมงเดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Stuentized Range Test (p=0.05)

4.2.3 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า-อะไมเลสของเมล็ดหญ้าข้าวนก

จากการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า–อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ระดับความเข้มข้น 100, 200, 400 และ 800 ppm (สารออกฤทธิ์) ที่แช่เป็นระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง โดยมีน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม พบว่า เมล็ดหญ้าข้าวนกที่แช่ในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าของกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า–อะไมเลสเท่ากับ 1.87 1.86 1.67 และ 1.66 µmol/min/g(FW) ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม และเมื่อเพิ่มระยะเวลาการทดสอบเป็น 36 ชั่วโมง ค่าของกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า–อะไมเลสเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน โดยมีค่าของกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า–อะไมเลส เท่ากับ 2.01, 1.89, 1.89 และ 1.73 µmol/min/g(FW) ตามลำดับ และในส่วนการแช่เมล็ดพืชทดสอบในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากแปรงล้างขวดที่ทุกระดับความเข้มข้น ให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกันกับการแช่เมล็ดพืชทดสอบที่ระยะเวลา 24 และ 36 ชั่วโมง กล่าวคือ ค่ากิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า–อะไมเลสเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระดับความเข้มข้นเดียวกัน โดยมีค่าเท่ากับ 2.59, 2.47, 2.80 และ 3.05 µmol/min/g(FW) ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (ภาพที่ 4.5)



ภาพที่ 4.5 เปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า–อะไมเลสของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่24, 36 และ 48 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมงเดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Stuentized Range Test (p=0.05)

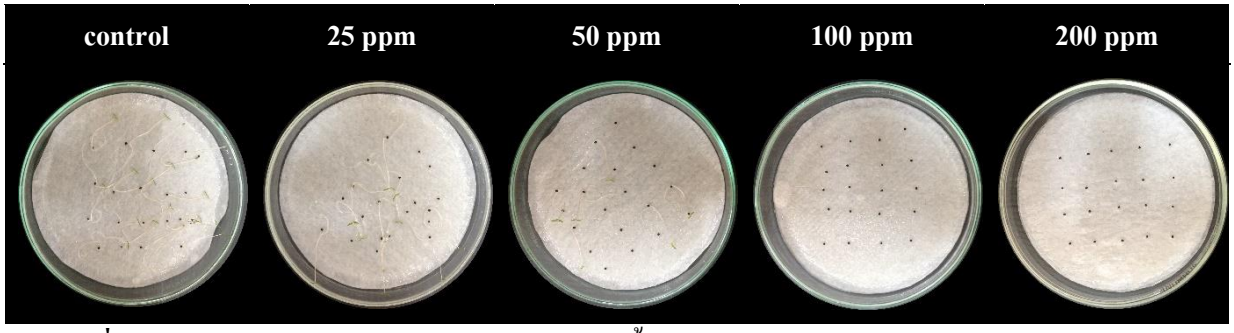
4.2.4 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอก ความยาวต้น และความยาวราก ของผักโขม

จากการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและเจริญเติบโตของผักโขม ที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100 และ 200 ppm (สารออกฤทธิ์) โดยมีน้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยที่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลต่อการงอกของเมล็ด ความยาวลำต้น และความยาวรากของพืชทดสอบ โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเพิ่มตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4.4, ภาพที่ 4.6) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้น 50, 100 และ 200 ppm สามารถยับยั้งการงอกได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 88.16 – 100 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 56.58 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนความยาวต้นที่ระดับความเข้มข้น 50, 100 และ 200 ppm สามารถยับยั้งการงอกได้ดีที่สุด ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 51.19 – 100 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 2.84 เปอร์เซ็นต์ และในส่วนของความยาวราก ที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm สามารถยับยั้งความยาวรากได้อย่างสมบูรณ์ และที่ระดับความเข้มข้น 25 และ 50 ppm มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 16.69 และ 37.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด

ความเข้มข้น (ppm)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (% เปรียบเทียบกับ control)		
	การงอก	ความยาวต้น	ความยาวราก
Control	0.00c*	0.00b	0.00b
25	56.58b	2.84b	16.69b
50	88.16a	51.19ab	37.24b
100	100a	100a	100a
200	100a	100a	100a

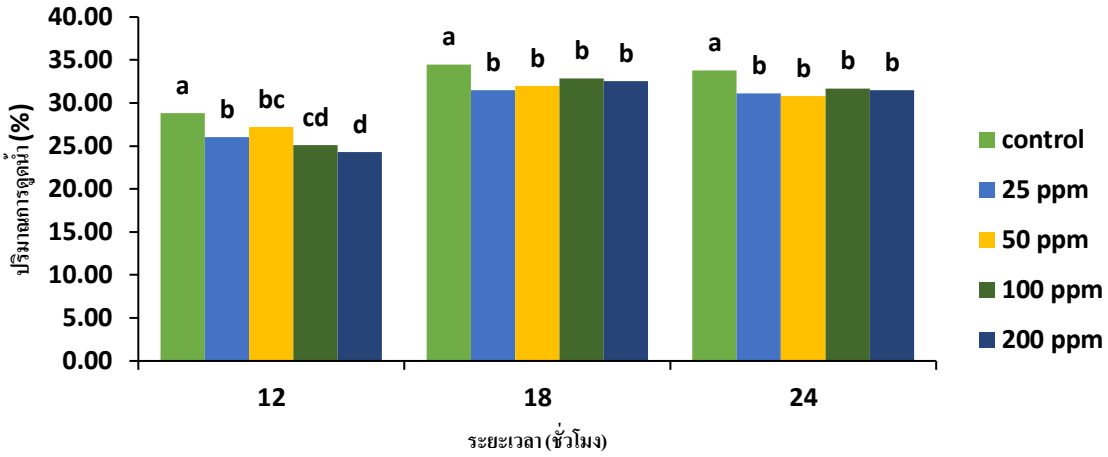
* ค่าเฉลี่ยจากเปอร์เซ็นต์การยับยั้งจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ P = 0.05 โดยเปรียบเทียบ treatment mean ตาม Tukey's Studentized Range Test



ภาพที่ 4.6 แสดงผลของประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด

4.2.5 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการดูดน้ำของเมล็ดผักโขม

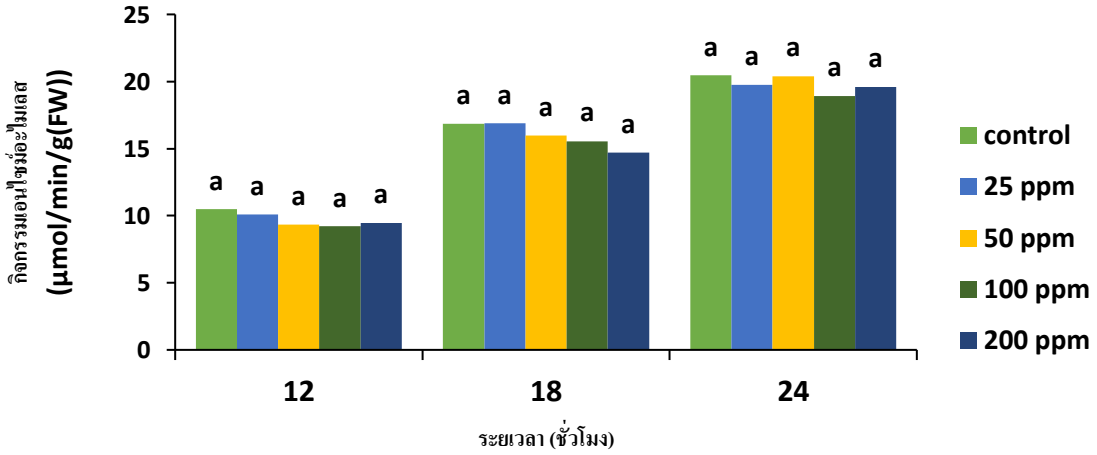
จากการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการดูดน้ำของเมล็ดผักโขม ที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100 และ 200 ppm ที่แช่เป็นระยะเวลา 12, 18 และ 24 ชั่วโมง โดยมีน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม พบว่า เมล็ดผักโขมที่แช่ในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีฤทธิ์ในการยับยั้งการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมได้ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมโดยมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 26.05, 27.24, 25.09 และ 24.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 28.81 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดผักโขมที่แช่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบในระดับความเข้มข้นเดียวกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 31.50, 31.97, 32.84 และ 32.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในส่วนเมล็ดผักโขมที่แช่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ที่ทุกระดับความเข้มข้นให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกับเมล็ดที่แช่เป็นเวลา 12 และ 18 ชั่วโมง กล่าวคือ ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำที่แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 31.10, 30.78, 31.67 และ 31.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 33.79 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.7)



ภาพที่ 4.7 เปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมที่ 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมงเดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Stuentized Range Test (p=0.05)

4.2.6 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า–อะไมเลสของผักโขม

จากการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า–อะไมเลสในเมล็ดผักโขมที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 100 และ 200 ppm (สารออกฤทธิ์) ที่แช่เป็นระยะเวลา 12, 18 และ 24 ชั่วโมง โดยมีน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม พบว่า เมล็ดผักโขมที่แช่ในผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด ระยะเวลา 12 ชั่วโมง ค่ากิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า–อะไมเลส เท่ากับ 10.10, 9.32, 9.21 และ 9.47 µmol/min/g(FW) ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทดสอบเป็น 18 ชั่วโมง พบว่า ค่ากิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า–อะไมเลสเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระดับความเข้มข้นเดียวกันโดยมีค่าเท่ากับ 16.88, 15.99, 15.55 และ 14.72 µmol/min/g(FW) ตามลำดับ ส่วนที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกันกับการทดลองที่ 12 และ 18 ชั่วโมง โดยมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า–อะไมเลสเท่ากับ 19.76, 20.39, 18.92 และ 19.59 µmol/min/g(FW) ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (ภาพที่ 4.8)



ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อกิจกรรม เอนไซม์อัลฟ่า-อะไมเลสของเมล็ดผักโขมที่12, 18 และ 24 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในชั่วโมงเดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Stuentized Range Test (p=0.05)

4.3 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อกลไกการทำลายพืชทดสอบในสภาพแปลงทดสอบ

4.3.1 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อความเป็นพิษ ความสูงต้น น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ของหญ้าข้าวนก

ผลของการศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อความเป็นพิษ ความสูงต้น น้ำหนักแห้งของลำต้นส่วนเหนือดิน ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ของต้นกล้าหญ้าข้าวนก ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ พบว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไปจนสิ้นสุดการทดสอบ (21 วัน หลังการฉีดพ่น) ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งของพืชทดสอบ โดยมีฤทธิ์ในการทำให้ต้นพืชทดสอบมีการเจริญเติบโตที่ลดลง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

4.3.1.1 ผลการประเมินความเป็นพิษด้วยสายตาของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อหญ้าข้าวนก

หลังการฉีดพ่นผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ จากการประเมินด้วยสายตา พบว่า ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีประสิทธิภาพในยับยั้งยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าหญ้าข้าวนกได้ โดยมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในช่วงแรกของการทดสอบ (1 – 5 วัน หลังการฉีดพ่น) ต้นกล้าหญ้าข้าวนกแสดงอาการเป็นพิษเล็กน้อยถึงปานกลาง ซึ่งเมื่อระยะเวลาผ่านไปประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าข้าวนกที่ทุกระดับความเข้มข้นจะเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นโดยมีระดับการควบคุมอยู่ในช่วง 11.7 – 93.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อระยะผ่านไป 7 หลังการฉีดพ่น ที่ระดับความเข้มข้น 80000 ppm สามารถควบคุมต้นกล้าหญ้าข้าวนกได้อย่างสมบูรณ์ และที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000 และ 40000 ppm ประสิทธิภาพการควบคุมหญ้าข้าวนกอยู่ในระดับปานกลางถึงดี โดยมีระดับการควบคุมเท่า 41.7, 53.3, 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 14 วัน หลังการฉีดพ่น พบว่า มีประสิทธิภาพในการควบคุมหญ้าข้าวนกเพิ่มขึ้นในระดับความเข้มข้นเดียวกัน โดยมีระดับการควบคุมเท่า 43.3, 55 และ 76.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (21 DAS) พบว่า ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีประสิทธิภาพในการควบคุมต้นกล้าหญ้าข้าวนกอยู่ในระดับเล็กน้อยถึงดีมาก โดยมีระดับการควบคุมอยู่ในช่วง 30 – 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.5, ภาพที่ 4.9)

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการประเมินความเป็นพิษด้วยสายตาของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อหญ้าข้าวนก

กรรมวิธี	ประสิทธิภาพการควบคุมหญ้าข้าวนก (% เปรียบเทียบกับ control)					
(ppm)	1[1/]	3	5	7	14	21
Control	0.00e[2/]	0.00e	0.00d	0.00d	0.00d	0.00e
10000	11.67d	23.33d	25.00c	41.67c	43.33c	30.00d
20000	23.33c	36.67c	38.33c	53.33c	55.00c	51.67c
40000	41.67b	55.00b	61.67b	75.00b	76.67b	73.33b
80000	75.00a	85.00a	93.33a	100.00a	100.0a	100.0a

[1/]จำนวนวันหลังฉีดพ่น, [2/]ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Stuentized Range Test (p=0.05)

0 = ไม่สามารถควบคุมวัชพืชได้ 10 – 30 = ควบคุมวัชพืชได้เล็กน้อย 40 – 60 = ควบคุมวัชพืชได้ปานกลาง

70 – 90 = ควบคุมวัชพืชได้ดี 100 = ควบคุมวัชพืชได้ดีมาก

4.3.1.2 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อความสูงต้นหญ้าข้าวนก

หลังการฉีดพ่นผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ บนต้นกล้าหญ้าข้าวนก พบว่า ในช่วงแรกของการทดสอบ (3 - 5 วันหลังการฉีดพ่น) ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าหญ้าข้าวนก ซึ่งมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งอยู่ในช่วง 3.37 – 92.71 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อระยะเวลาผ่านไปจนถึงวันที่ 7 หลังการฉีดพ่น ที่ระดับความเข้มข้น 80000 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งดีที่สุด ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าหญ้าข้าวนกได้อย่างสมบูรณ์ รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 40000 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเท่ากับ 58.85 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 10000 และ 20000 ppm มีประสิทธิภาพในการควบคุมเท่า 12.07 และ 28.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อระยะเวลา 14 วัน หลังการฉีดพ่น พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000 และ 40000 ppm ยังคงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบในระดับความเข้มข้นเดียวกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 30.22, 39.25 และ 68.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (21 วัน หลังการฉีดพ่น) พบว่า ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีประสิทธิภาพการยับยั้งไปใน

ทิศทางเดียวกับช่วงแรกของการทดสอบ โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 38.12 – 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.6, ภาพที่ 4.9)

4.3.1.3 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อน้ำหนักส่วนเหนือดินของหญ้าข้าวนก

จากการประเมินผลการทดลองในวันที่ 21 หลังการฉีดพ่น ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ บนต้นกล้าหญ้าข้าวนก พบว่า ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลในการยับยั้งน้ำหนักแห้งของลำต้นส่วนเหนือดินของต้นกล้าหญ้าข้าวนกที่แตกต่างกัน และมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่เพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยมีเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งเท่ากับ 57.06, 62.87, 80.18 และ 92.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.6, ภาพที่ 4.9)

ตารางที่ 4.6 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการยับยั้งความสูง และน้ำหนักแห้งของผักโขมหญ้าข้าวนก

กรรมวิธี	**การยับยั้งความสูง (% เปรียบเทียบกับ control)**					**น้ำหนักแห้**
(ppm)	**3**[1/]	**5**	**7**	**14**	**21**	**(% inhibition)**
Control	0.00d[2/]	0.00d	0.00d	0.00d	0.00d	0.00c
10000	-1.59c	3.37c	12.07c	30.22c	38.12c	57.06b
20000	-0.24bc	17.11c	28.07c	39.25c	39.93c	62.87b
40000	19.43b	48.52b	58.85b	68.66b	65.65b	80.18a
80000	88.99a	92.71a	100a	100a	100a	92.26a

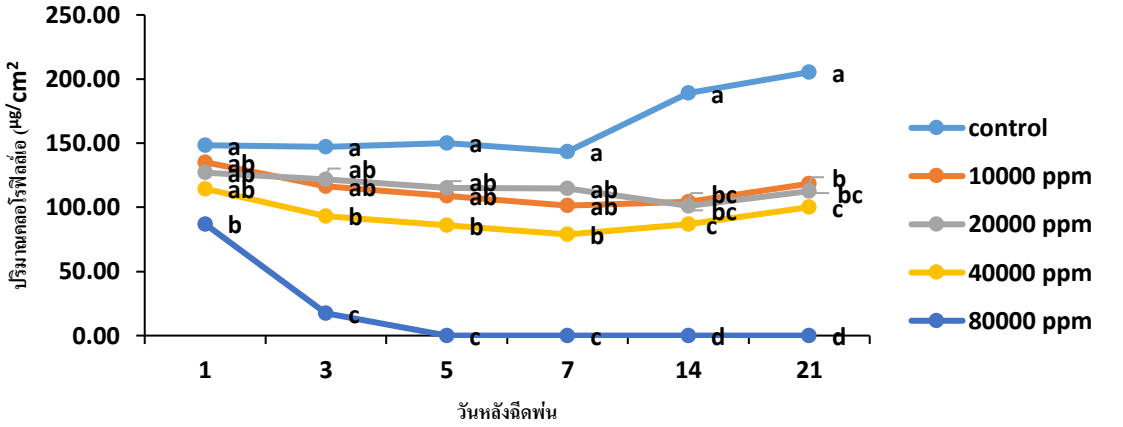
[1/]จำนวนวันหลังฉีดพ่น, [2/]ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Stuentized Range Test (p=0.05)

	Control	10000 ppm	20000 ppm	40000 ppm	80000 ppm
ก่อน					
7 วัน					
14 วัน					
21 วัน					

ภาพที่ 4.9 แสดงผลของประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการควบคุมการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก

4.3.1.4 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอของหญ้าข้าวนก

จากการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เอของต้นกล้าหญ้าข้าวนก ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ โดยมีน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม พบว่า ในช่วงแรกของการทดสอบ (1 – 3 วันหลังการฉีดพ่น) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอลดลงอย่างชัดเจนตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์เออยู่ในช่วง 17.28 - 135.18 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์เออยู่ในช่วง 147.11 – 148.25 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 5 วันหลังการฉีดพ่น ที่ระดับความเข้มข้น 80000 ppm สามารถยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เอได้อย่างสมบูรณ์ จากนั้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 7 วันหลังการฉีดพ่น ที่ทุกระดับความเข้มข้นให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกับช่วงแรกของการทดสอบ โดยที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000 และ 40000 ppm มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอเท่ากับ 101.34, 114.77 และ 78.86 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอเท่ากับ 143.43 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 14 วันหลังการฉีดพ่น ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000 และ 40000 ppm ยังคงมีประสิทธิภาพในการลดการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เอของพืชทดสอบได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอเท่ากับ 104.16, 101.10 และ 86.84 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอเท่ากับ 188.97 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (21 วันหลังฉีดพ่น) พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000 และ 40000 ppm ให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกับที่ 14 วันหลังฉีดพ่น โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอเท่ากับ 118.31, 112.83 และ 100.17ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอเท่ากับ 205.32 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ภาพที่ 4.10)

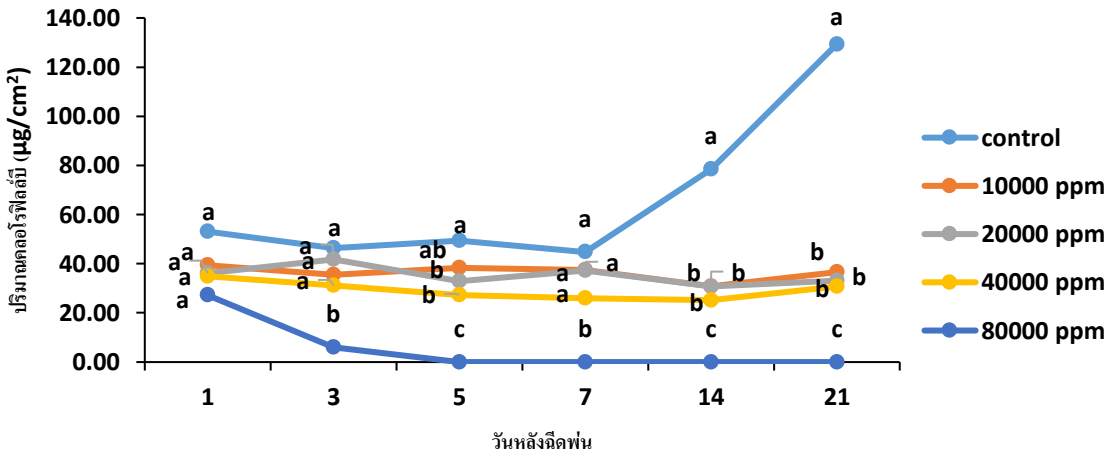


ภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์เอในใบหญ้าข้าวนกที่วัดหลังจากการสเปรย์ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7 และ 14 วันหลังฉีดพ่น ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkry's Stuentized Range Test (p=0.05)

4.3.1.5 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์บีของหญ้าข้าวนก

จากการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์บีของต้นกล้าหญ้าข้าวนก ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ โดยมีน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม พบว่า ในช่วงแรกของการทดสอบ (1 – 3 วันหลังการฉีดพ่น) เมื่อใบพืชทดสอบได้รับสารจากผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบพืชดังกล่าว ทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์บีลดลงตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีอยู่ในช่วง 5.92 - 39.40 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีอยู่ในช่วง 46.46 – 52.99 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร จากนั้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 5 วันหลังการฉีดพ่น ที่ระดับความเข้มข้น 80000 ppm สามารถยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์บีได้อย่างสมบูรณ์ และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 7 วันหลังการฉีดพ่น ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000 และ 40000 ppm มีปริมาณคลอโรฟิลล์บีเท่ากับ 37.56, 37.19 และ 25.87 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีเท่ากับ 44.74 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 14 วันหลังการฉีดพ่น ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000 และ 40000 ppm ยังคงมีประสิทธิภาพใน

การลดการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์บีของพืชทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีเท่ากับ 30.84, 30.78 และ 25.20 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีเท่ากับ 78.57 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (21 วันหลังฉีดพ่น) พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000 และ 40000 ppm ให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกับช่วงแรกของการทดสอบ โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีเท่ากับ 36.62, 33.07 และ 30.75ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีเท่ากับ 129.33 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ภาพที่ 4.11)

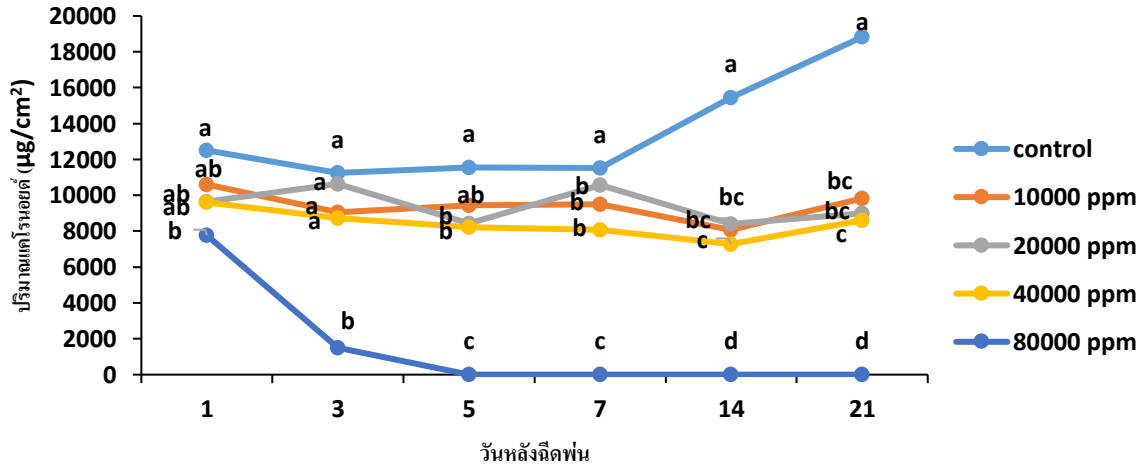


ภาพที่ 4.11 เปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์บีในใบหญ้าข้าวนกที่วัดหลังจากการสเปรย์ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7 และ 14 วันหลังฉีดพ่น ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Stuentized Range Test (p=0.05)

4.3.1.6 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ของหญ้าข้าวนก

จากการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ของต้นกล้าหญ้าข้าวนก ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ โดยมีน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม พบว่า ในช่วงแรกของการทดสอบ (1 – 3 วันหลังการฉีดพ่น) ที่ทุกระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากพืชดังกล่าว มีฤทธิ์ในการลดการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ของพืชทดสอบได้ ซึ่งมีปริมาณที่ลดลงตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยมีปริมาณแคโรทีนอยด์อยู่ในช่วง 10600.43 - 1511.62 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณแคโรทีนอยด์อยู่ในช่วง 11248.09 - 12488.97

ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 5 วันหลังการฉีดพ่น ที่ระดับความเข้มข้น 80000 ppm สามารถยับยั้งการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ได้อย่างสมบูรณ์ จากนั้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป7 หลังการฉีดพ่น ที่ทุกระดับความเข้มข้น 10000, 20000 และ 40000 ppm มีปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 9507.74, 10571.29 และ 8066.60 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 11519.95 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 14 วันหลังการฉีดพ่น ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000 และ 40000 ppm ยังคงมีประสิทธิภาพในการลดการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ของพืชทดสอบ เป็นไปในทิศทางเดียวกับช่วงแรกของการทดสอบ โดยมีปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 8071.71, 8400.70 และ 7277.72 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 15446.56 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (21 วันหลังฉีดพ่น) พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000 และ 40000 ppm ยังคงมีประสิทธิภาพในการลดการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ของพืชทดสอบได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 9815.60, 9007.31 และ8614.14 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 18826.88 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ภาพที่ 4.12)



ภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบหญ้าข้าวนกที่วัดหลังจากการสเปรย์ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7 และ 14 วันหลังฉีดพ่น ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Stuentized Range Test (p=0.05)

4.3.2 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อความเป็นพิษ ความสูงต้น น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ของผักโขม

ผลของการศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อความเป็นพิษ ความสูงต้น น้ำหนักแห้งของลำต้นส่วนเหนือดิน ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ของต้นกล้าผักโขม ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ พบว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไปจนสิ้นสุดการทดสอบ (21 วัน หลังการฉีดพ่น) ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลต่อการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งของพืชทดสอบ โดยมีฤทธิ์ในการทำให้ต้นพืชทดสอบมีการเจริญเติบโตที่ลดลง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

4.3.2.1 ผลการประเมินความเป็นพิษด้วยสายตาของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อผักโขม

หลังการฉีดพ่นผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ จากการประเมินด้วยสายตา พบว่า ในช่วงแรกของการทดสอบ (1 – 7 วันหลังฉีดพ่น) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักโขมอยู่ในระดับที่น้อย โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งอยู่ในช่วง 3.33 – 8.33 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 14 วันหลังการฉีดพ่น ประสิทธิภาพการควบคุมเพิ่มสูงขึ้น โดยที่ระดับเข้มข้น 20000, 40000 และ 80000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การควบคุมเท่ากับ 6.67, 13.33 และ 53.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ระยะเวลา 21 วันหลังการฉีดพ่น พบว่า ประสิทธิภาพการควบคุมต้นกล้าผักโขมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยที่ระดับความเข้มข้น 80000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นพืชทดสอบได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การควบคุม 61.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 40000 ppm โดยมีเปอร์เซ็นต์การควบคุมเท่ากับ 21.67 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 10000 และ 20000 ppm มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 8.33 และ 11.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.7, ภาพที่ 4.13)

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการประเมินความเป็นพิษด้วยสายตาของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อผักโขม

กรรมวิธี	ประสิทธิภาพการควบคุมผักโขม (% เปรียบเทียบกับ control)					
(ppm)	1[1/]	3	5	7	14	21
Control	0.00a[2/]	0.00a	0.00b	0.00b	0.00c	0.00d
10000	0.00a	0.00a	0.00b	0.00b	0.00c	8.33c
20000	0.00a	0.00a	0.00b	0.00b	6.67bc	11.67c
40000	0.00a	0.00a	1.67b	1.67b	13.33b	21.67b
80000	0.00a	3.33a	8.33a	8.33a	53.33a	61.67a

[1/]จำนวนวันหลังฉีดพ่น, [2/]ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Stuentized Range Test (p=0.05)

0 = ไม่สามารถควบคุมวัชพืชได้ 10 – 30 = ควบคุมวัชพืชได้เล็กน้อย 40 – 60 = ควบคุมวัชพืชได้ปานกลาง

70 – 90 = ควบคุมวัชพืชได้ดี 100 = ควบคุมวัชพืชได้ดีมาก

4.3.2.2 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อความสูงต้นผักโขม

ผลของการฉีดพ่นผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ บนต้นกล้าผักโขม พบว่า ในช่วงแรกของการทดสอบ (3 – 7 วัน หลังฉีดพ่น) ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งความสูงของต้นกล้าผักโขมที่เพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยมีประสิทธิภาพการยับยั้งอยู่ในช่วง 10.81 – 33.02 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากนั้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 14 วันหลังการฉีดพ่น ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีประสิทธิภาพการยับยั้งความสูงของต้นกล้าผักโขมเพิ่มขึ้นในระดับความเข้มข้นเดียวกันโดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 36.07 – 43.01 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (21 วันหลังการฉีดพ่น) ที่ระดับความเข้มข้นให้ผลการทดสอบในทิศทางเดียวกับช่วงแรกของการทดสอบ กล่าวคือ มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยมีระดับการควบคุมเท่ากับ 41.87 - 50.51 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(ตารางที่ 4.8, ภาพที่ 4.13)

4.3.1.3 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อน้ำหนักส่วนเหนือดินของผักโขม

จากการประเมินผลการทดลองในวันที่ 21 หลังการฉีดพ่น ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ บนต้นกล้าผักโขม พบว่า ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีฤทธิ์ยับยั้งน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของต้นกล้าผักโขม และมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่เพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยที่ระดับความเข้มข้น 80000 และ 40000 ppm มีฤทธิ์ในการยับยั้งน้ำหนักแห้งของพืชทดสอบได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 92.26 และ 80.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 10000 และ 20000 ppm ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 57.06 และ 62.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.8, ภาพที่ 4.13)

ตารางที่ 4.8 แสดงผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการยับยั้งความสูง และน้ำหนักแห้งของผักโขม

กรรมวิธี (ppm)	การยับยั้งความสูง (% เปรียบเทียบกับ control)					น้ำหนักแห้ง (% inhibition)
	3[1/]	5	7	14	21	
Control	0.00b[2/]	0.00b	0.00b	0.00b	0.00b	0.00c
10000	10.81a	13.53ab	26.25a	36.07a	41.87a	57.06b
20000	11.01a	14.66ab	27.21a	36.47a	46.05a	62.87b
40000	14.21a	16.14ab	31.78a	41.79a	47.49a	80.18a
80000	13.50a	18.67a	33.02a	43.81a	50.51a	92.26a

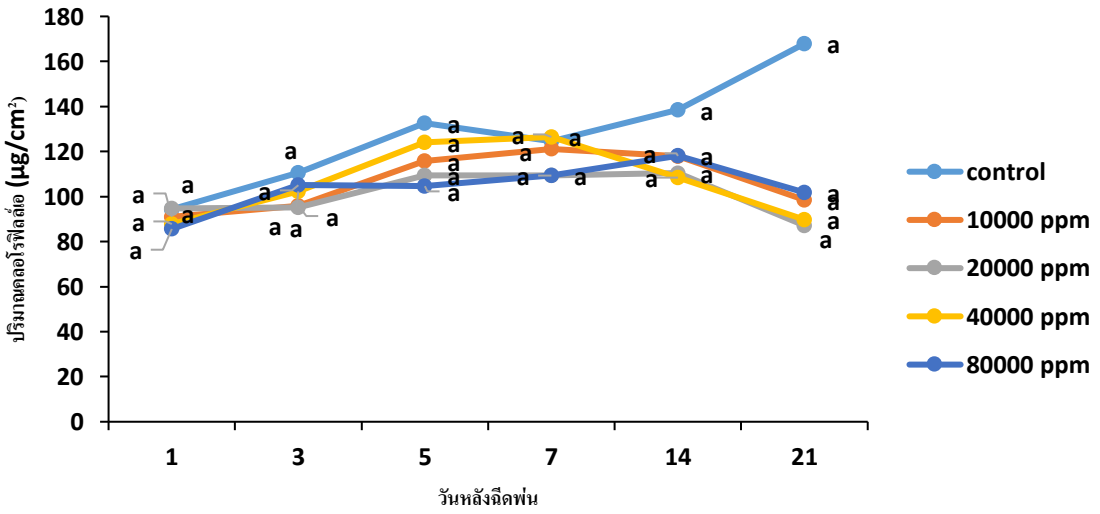
[1/] จำนวนวันหลังฉีดพ่น, [2/] ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Stuentized Range Test (p=0.05)

	control	10000 ppm	20000 ppm	40000 ppm	80000 ppm
ก่อน					
7 วัน					
14 วัน					
21 วัน					

ภาพที่ 4.13 แสดงผลของประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการควบคุมการเจริญเติบโตของผักโขม

4.3.1.4 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอของผักโขม

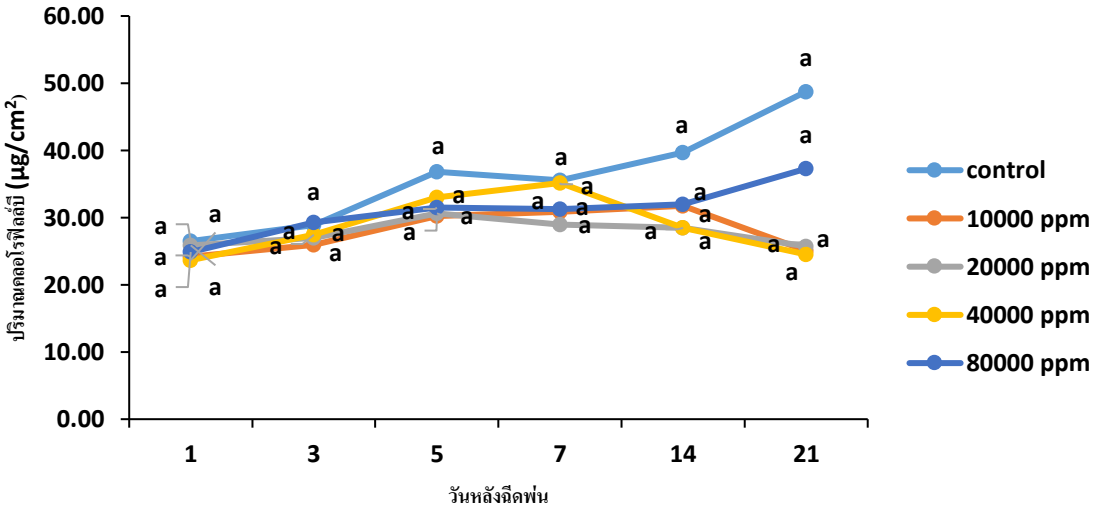
จากการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เอของต้นกล้าผักโขม ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ โดยมีน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม พบว่า ในช่วงแรกของการทดสอบ (1 - 7 วันหลักการฉีดพ่น) ใบพืชทดสอบที่ได้รับสารจากผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดมีปริมาณคลอโรฟิลล์เออยู่ในช่วง 91.01 – 124.02 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งมีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 14 วันหลังการฉีดพ่น ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอเท่ากับ 118.04, 110.45, 108.40 และ 118.12 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ (21 วัน หลังฉีดพ่น) ที่ทุกระดับความเข้มข้นให้ผลการทดสอบไปในทิศทางเดียวกับช่วงแรกของการทดสอบ โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอเท่ากับ 98.52, 87.14, 89.74 และ 101.80 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (ภาพที่ 4.14)



ภาพที่ 4.14 เปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์เอในใบผักโขมที่วัดหลังจากการสเปรย์ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7 และ 14 วันหลังฉีดพ่น ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Stuentized Range Test (p=0.05)

4.3.1.5 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์บีของผักโขม

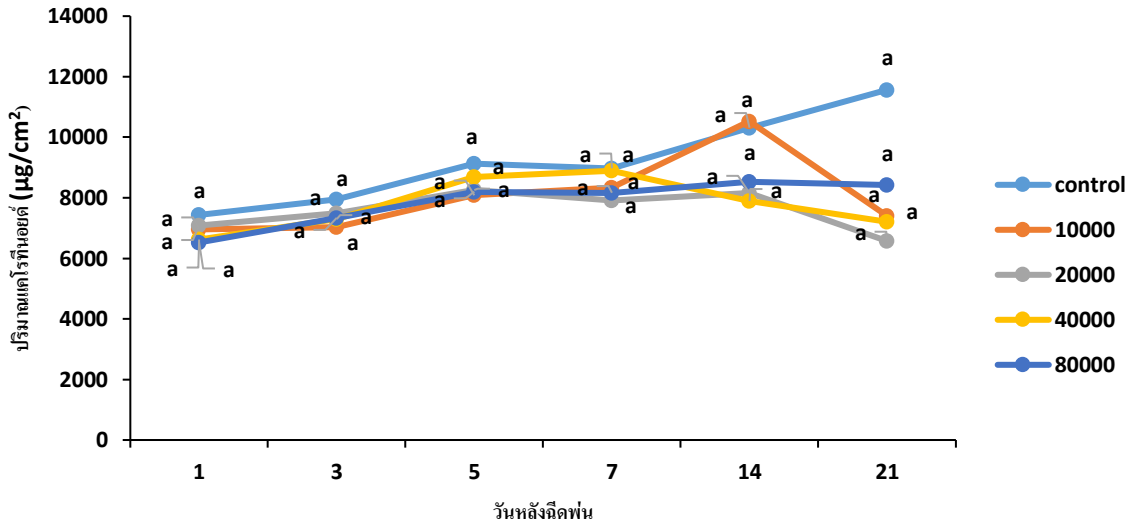
จากการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์บีของต้นกล้าผักโขม ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ โดยมีน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม พบว่า ในช่วงแรกของการทดสอบ (1 - 7 วันหลักการฉีดพ่น) ใบพืชทดสอบที่ได้รับสารจากผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีอยู่ 23.67 – 35.15 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งมีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม จากนั้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 14 วันหลังการฉีดพ่น ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีเท่ากับ 31.75, 28.50, 28.46 และ 31.95 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ (21 วัน หลังการฉีดพ่น) ที่ทุกระดับความเข้มข้นให้ผลการทดสอบไปในทิศทางเดียวกับช่วงแรกของการทดสอบ โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีเท่ากับ 25.03, 25.73, 24.49 และ 37.28 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (ภาพที่ 4.15)



ภาพที่ 4.15 เปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์บีในใบผักโขมที่วัดหลังจากการสเปรย์ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7 และ 14 วันหลังฉีดพ่น ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Stuentized Range Test (p=0.05)

4.3.1.6 ผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ของผักโขม

จากการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์แคโรทีนอยด์ของต้นกล้าผักโขม ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ โดยมีน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม พบว่า ในช่วงแรกของการทดสอบ (1 - 7 วัน หลักการฉีดพ่น) ใบพืชทดสอบที่ได้รับสารจากผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดมีปริมาณแคโรทีนอยด์อยู่ 6525.94 – 8892.28 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งมีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม เมื่อระยะเวลาผ่านไป 14 วันหลังการฉีดพ่น ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 10527.10, 8153.54, 7893.83 และ 8528.82 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ (21 วัน หลังการฉีดพ่น) ที่ทุกระดับความเข้มข้นให้ผลการทดสอบไปในทิศทางเดียวกับช่วงแรกของการทดสอบ โดยมีปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 7409.23, 6571.89, 7199.10 และ8414.69 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (ภาพที่ 4.16)



ภาพที่ 4.16 เปรียบเทียบปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบผักโขมที่วัดหลังจากการสเปรย์ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 7 และ 14 วันหลังฉีดพ่น ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Tukey's Stuentized Range Test (p=0.05)

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและผักโขม แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งต่อการงอกของเมล็ด การรอดของต้นกล้า การเจริญเติบโตทางด้านความยาวลำต้น และความยาวรากของพืชทดสอบทั้งสองชนิดได้ โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเพิ่มตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น โดยในหญ้าข้าวนกมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 7.46 – 71.04 เปอร์เซ็นต์ และในผักโขมมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 87.32 - 100 เปอร์เซ็นต์ จากผลที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ในหญ้าข้าวนกต้องใช้ระดับความเข้มข้นที่สูงกว่าผักโขมจึงจะมีประสิทธิภาพที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Vishwakarma *et al.* (2017).ที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจาก *C. viminalis.* ด้วยวิธีการทดลองเช่นเดียวกัน ต่อการเจริญเติบโตของของ *E. crus-galli* L.และ *A. viridis* ได้รายงานว่า ที่ระดับความเข้ม 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง มีประสิทธิภาพยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตหญ้าข้าวได้ 55.02 และ 89.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ระดับความเข้มข้น 2.5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมได้ใกล้เคียงกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 55.69 และ 80.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งอาจเกิดมาจากความแตกต่างทางสรีรวิทยาทางด้านขนาดของเมล็ดและหุ้มเมล็ดที่บางจึงทำให้เกิดผลกระทบต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมสูงกว่าหญ้าข้าวนก (Kordali *et al*., 2008)

การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

จากการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกและผักโขม พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งต่อการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตทางด้านความยาวลำต้น และความยาวรากของพืชทดสอบทั้งสองชนิดได้ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 7.97 – 44.66 เปอร์เซ็นต์ ในหญ้าข้าวนก และ 2.84 – 100 เปอร์เซ็นต์ ในผักโขม ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Batish *et al.* (2004) ที่ได้ศึกษา

ผลของน้ำมันหอมระเหยจาก *E. citriodora* ซึ่งเป็นของตระกูล Myrtaceae ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า *C. occidentalis*, *A. viridis* และ *E. crus-galli* พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชดังกล่าวสามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนี้ Setia *et al*. (2007) ยังได้รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชชนิดเดียวกัน ที่ระดับความเข้มข้น 0.06 เปอร์เซ็นต์ (600 ppm) ซึ่งสามารถยับยั้งการงอกและยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Bidens pilosa, A. viridis, Rumex nepalensis* และ *Leucaena leucocephala* ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งอาจเกิดจากสารกลุ่ม monoterpenes ที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด (Jazet *et al*., 2009) ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้า (Kordali *et al*., 2008)

จากการศึกษาผลผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกและผักโขม พบว่า เมล็ดหญ้าข้าวนกที่แช่ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดที่ทุกระดับความเข้มข้นที่แช่เป็นระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง ให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกัน และในส่วนของผักโขม พบว่า เมื่อแช่เมล็ดพืชทดสอบเป็นระยะเวลา 18 และ 24 ชั่วโมงทุกระดับความเข้มข้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำลดลง ซึ่งมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน และในส่วนการศึกษาผลผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า-อะไมเลสของเมล็ดหญ้าข้าวนกและผักโขม พบว่า เมล็ดพืชทดสอบมีกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า-อะไมเลสที่สูงขึ้นตามระยะเวลาในการแช่ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ทุกระดับความเข้มข้นของพืชทดสอบทั้งสองชนิดให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งให้ผลที่ไม่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาของการแช่ ซึ่งแตกต่างกับการรายงานของ Ittiwechchai *et al*. (2014) ที่ได้ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากขี้เหล็กต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนก พบว่า เมล็ดพืชทดสอบมีค่าการดูดน้ำที่ลดลงตามระดับความเข้มข้นที่เพิ่มสูงขึ้น และการรายงานของ Loizzo *et al*. (2007) ที่ได้รายงานประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากส่วนต่าง ๆ ของ *Cedrus libani* พบว่า ที่ ระดับความเข้มข้น 0.14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการดูดน้ำได้ดีที่สุด และ ซึ่งขัดแย้งกับการรายงานของ Poonpaiboonpipat *et al*. (2013) ที่ได้รายงานผลของน้ำมันหอมระเหยจาก *C. citratus* ในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า-อะไมเลส พบว่า การแช่เมล็ดพืชทดสอบที่ 36 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 1 - 8 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง สามารถยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า - อะไมเลสได้ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20.55 – 57.45 เปอร์เซ็นต์ และการรายงานของ Loizzo *et al*. (2007) ที่ได้รายงานประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากส่วนต่าง ๆ ของ *Cedrus libani* พบว่า ที่ ระดับความเข้มข้น 0.14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า – อะไมเลสได้ดีที่สุด ซึ่งจากผลการทดลองที่ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน อาจเกิดจากส่วนผลิตภัณฑ์

น้ำมันหอมระเหยไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งกระบวนการภายในเมล็ดที่เกิดขึ้นก่อนการเริ่มงอกของเมล็ดพืชทดสอบ แต่มีกลไกการยับยั้งการงอกเมื่อเมล็ดพืชเริ่มงอก

การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อกลไกการทำลายพืชทดสอบในสภาพแปลงทดสอบ

จาการศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการเจริญเติบโตในด้านต่าง ๆ ของพืชทดสอบในสภาพแปลงทดสอบ พบว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไป 21วัน หลังการฉีดพ่น ต้นกล้าพืชทดสอบทั้งสองชนิดที่ได้รับสารมีการเจริญเติบโตที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยที่ระดับความเข้มข้น 80000 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ซึ่งอาจเกิดจากน้ำมันหอมระเหยมีสารประกอบที่สำคัญในกลุ่ม monoterpenes โดยมีสาร a-pinene และ eucalyptol (1,8-cineol) (Jazet *et al*., 2009) โดยจากการรายงานของ Nishida *et al*. (2005) ได้กล่าวว่าสาร a-pinene และ eucalyptol เป็นกลุ่มสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตและทำให้ต้นพืชที่ได้รับสารดังกล่าวเข้าไปเกิดความเคลียดจึงส่งผลให้พืชทดสอบมีการเจริญเติบโตที่ลดลงและตายในที่สุด นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการรายงานของ อัณศยา และคณะ (2560) ที่ได้ศึกษาประสิทธิภาพและสาระสำคัญของน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักป่าในการควบคุมหญ้าข้าวนก (*E. crus-galli* (L.) P.Beauv.) ผักโขมหนาม (*A. spinosus* L.) ถั่วผี (*Macroptilium lathyroides* (L.) Urb.) หญ้าปากควาย (*Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd.) และไมยราบเลื้อย (*Mimosa diplotricha* C. Wright ex Sauvalle) พบว่า พืชที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักป่ามีการตายมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังได้รายงานว่าในน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักป่ามีสารสำคัญในกลุ่ม monoterpenes โดยมีสาร 1,8-cineole ที่เป็นสารชนิดเดียวกันกับที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด

สำหรับการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ พบว่า ในหญ้าข้าวนกเมื่อระยะเวลาผ่านไป 21 วัน หลังฉีดพ่น ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีปริมาณการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ลดลง โดยมีปริมาณลดลงตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 80000 ppm สามารถลดปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งมีค่าที่ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับการรายงานของ Kohli *et al.* (1997) ที่ได้ศึกษาผลความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจาก *E. glohulus* และ *E. citriodora* ซึ่งเป็นพืชในตระกูลเดียวกัน ต่อการเจริญเติบโตในด้านต่าง ๆ ของ *Parthenium hystewphotus* พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้ง 2 ชนิด ส่งผลกระทบต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และการกระบวนการหายใจของพืชทดสอบลดลง โดย Niu et al. (2013) ได้กล่าวว่าน้ำมันหอมระเหยที่มีระดับความเข้มข้นสูงทำให้เกิดการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ของต้นกล้าและทำให้

กระบวนการออกซิเดชั่นเกิดความเสียหายซึ่งอาจนำไปสู่การลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ นอกจากนี้ ในการยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ อาจเกิดจากสารในกลุ่ม monoterpenes ที่เข้าไปรบกวนกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ทำให้เกิดการจับอิเล็กตรอนในระหว่างการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ในต้นกล้า (Reigosa *et al.,* 2005) และในส่วนของผักโขมเมื่อระยะเวลาผ่านไป 21 วันหลังฉีดพ่น ที่ทุกระดับความเข้มข้นให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียว ซึ่งอาจเกิดจากผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยไม่มีฤทธิ์ในการลดปริมาณคลอโรฟิลล์ในพืชใบเลี้ยงคู่ แต่ยังคงมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตจึงทำให้ผลที่ได้ขัดแย้งกับการทดลองผลต่อความสูงและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1 การศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดที่ระดับความเข้มข้นต่างๆต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขม พบว่า น้ำมันหอมระเหยทุกระดับความเข้มข้นมีผลในการยับยั้งการงอกของเมล็ด ความยาวต้น และความยาวรากของพืชทดสอบทั้งสองชนิด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเพิ่มตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น และที่ระดับความเข้มข้น 25 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 53.9 – 71.04 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 2.5 และ 5 ไมโครลิตรต่อจานทดลอง มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของผักโขมได้อย่างสมบูรณ์

6.1.2 การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวด ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งต่อการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตทางด้านความยาวลำต้น และความยาวรากของพืชทดสอบทั้งสองชนิด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเพิ่มตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 36.11 – 44.66 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของผักโขมได้อย่างสมบูรณ์ (100 เปอร์เซ็นต์) และในส่วนการทดสอบการยับยั้งการดูดน้ำและกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า-อะไมเลส พบว่า ที่ทุกระดับความเข้มข้นให้ผลการทดลองการยับยั้งการดูดน้ำและกิจกรรมเอนไซม์อัลฟ่า-อะไมเลสของพืชทดสอบทั้งสองชนิดเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

6.1.3 การศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อกลไกการทำลายพืชทดสอบ

ผลของการศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดต่อการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งของลำต้นส่วนเหนือดินของต้นกล้าหญ้าข้าวนกและผักโขม ที่ระดับความเข้มข้น 10000, 20000, 40000 และ 80000 ppm (สารออกฤทธิ์) อัตราน้ำ 80 ลิตร/ไร่ พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (21 วัน หลังการฉีดพ่น) ที่ระดับความเข้มข้นมีประสิทธิภาพในการควบคุมอยู่ในระดับปานกลางถึงดีมาก โดยมีเปอร์เซ็นต์การควบคุมอยู่ในช่วง 30 - 100 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนการยับยั้งความสูงต้นมีประสิทธิภาพการยับยั้งอยู่ในช่วง 38.12 – 65.65 เปอร์เซ็นต์ ในการยับยั้งน้ำหนักของลำต้นส่วนเหนือดินอยู่ในช่วง 57.06 – 92.26 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 80000 ppm มีประสิทธิภาพลดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ในใบหญ้าข้าวนกได้อย่างสมบูรณ์ (ต้นพืชตายทั้งหมด)ในส่วนของผักโขม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (21 วัน หลังฉีดพ่น) มีประสิทธิภาพการควบคุมหญ้าข้าวนกอยู่ในระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยมีเปอร์เซ็นต์การควบคุมอยู่ในช่วง 8.33 - 61.67 เปอร์เซ็นต์ ในการยับยั้งการความสูงต้นมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งอยู่ในช่วง 41.87 – 50.51 เปอร์เซ็นต์ ในการยับยั้งน้ำหนักของลำต้นส่วนเหนือดินอยู่ในช่วง 57.06 – 92.26 เปอร์เซ็นต์ และใบผักโขมที่ได้รับสารจากผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดที่ทุกระดับความเข้มข้นให้ผลการทดสอบไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งมีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ควรมีการศึกษาเพื่อหาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของสาร เช่น การผสมสารจากพืชอื่นที่มีศักยภาพในการควบคุมวัชพืช หรือการทำให้สารสามารถเข้าสู่พืชภายในพืชได้มากขึ้น โดยการใช้สารเพิ่มประสิทธิภาพ เป็นต้น

6.2.2 ควรมีการศึกษาความเป็นพิษกับพืชปลูกเพื่อนำสารไปพัฒนาให้สามารถใช้ได้กับพืชปลูกเพื่อลดการใช้สารเคมีสังเคราะห์

6.2.3 ควรมีการศึกษาการใช้ผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดร่วมกับสารเคมีกำจัดวัชพืชชนิดต่าง ๆ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการลดหรือเลิกใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชต่อไป

6.2.4 ควรมีการศึกษาถึงสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยจากใบแปรงล้างขวดเพื่อประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดวัชพืช

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทย. 2558. **ตำราวิชาการสุคนธบำบัด.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กองการแพทย์ทางเลือก กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. สำนักกิจการโรงพิมพ์ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. 363 หน้า.

จิรายุพิน จันทรประสงค์ และวชิรพงค์ หวลบุตตา. 2549. **ไม้ต้นประดับเล่ม2.** สำนักพิมพ์บ้านและสวน. กรุงเทพฯ. 212 หน้า.

จรรยา มณีโชติ. 2544. อัลลีโลพาทีทางเลือกใหม่สำหรับควบคุมวัชพืช. **วารสารวิทยาการวัชพืช.** 17-25.

เฉลิมชัย วงศ์วัฒนะ และสมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. 2555. “ศักยภาพทางอัลลีโลพาทีของสารสกัดจากใบพืชวงศ์ Acanthaceae บางชนิด.” **ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์** 12(2): 151–163.

ชัด หนูเหมือน และปราโมทย์ พรสุริยา. 2553. “การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบของลักษณะผลในประชากรมะระขี้นกจากพันธุ์พื้นเมือง.” **วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.** 3(2): 89-95.

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2537. **การใช้สารกำจัดวัชพืช.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

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

รศ.ดร. ประเสริฐ ชิตพงศ์. 2556. **วัชพืชและการจัดการ (Weeds and weed control).** ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

รัตนวรรณ พรรุ่งเรืองกุล. 2556. “**ศักยภาพทางอัลลีโลพาทีในพืชสกุล Jatropha บางชนิด.**” มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ. กรุงเทพฯ. 141 หน้า.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2560. “รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี พ.ศ. 2559- 2559.” **กรมวิชาการเกษตร.** กรุงเทพฯ. [online]. Available : http://www.doa.go.th/ard/index.php

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2561. **ข้อมูลสถิติการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี 2560.** กรุงเทพฯ. [online]. Available : https://www.egov.go.th/th/government-agency/127/.

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

อัณศยา พรมมา, ศิริพร สอนท่าโก, ธัญชนก จงรักไทย, ธนิตา ค่าอ่านวย, พรรณีกา อัตตนนท์, ศิริพร ซึงสนธิพร, คมสัน นครศรี, ภัทร์พิชชา รุจิระพงศ์ชัย, จรัญญา ปิ่นสุภา, และ วิไลวรรณ พรหมค่า. 2561. **ประสิทธิภาพและสารสำคัญของนามันหอมระเหยจากแมงลักป่าในการควบคุมวัชพืช.** สำนักวิจัยพัฒนาการอารักกาพืช และกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร.

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.

Ashton, F.M. and Crafts. A.S. 1981. **Mode of Action of Herbicides** 2nd edition. John Wiley & Sons, New York, USA. 525 pp.

Baker, H.J. 1974. **The evolution of weeds.** Annual Review of Ecology and Systematics 5: 1-24.

Batish, R.D., Setia, N., Singh, H.P. and Kohli, R.K. 2004. "Phytotoxicity of lemon-scented eucalypt oil and its potential use a bioherbicide." **Crop Protection** 23 (12): 1209-1214.

Benchaa, S., Mohamed, H. and Hacene, A. 2018. "Allelopathic Effect of Eucalyptus citriodora Essential Oil and Its Potential Use as Bioherbicide." **Chemistry & Biodiversity** 15(8).

Bryan, T. 1977. Research Methods in Weed Science**. Southern Weed Sciences.** 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** 9: 209-216.

Christiane, M.d.O., Maria, d.G.C., Ana, C.D.S.F., Maria, L.M.d.C., Cíntia, A.S.F.d.M., Luiz, R.M.A., David, L.N., Marcos, D.S.G., Lucilene, F.S., Juliana, D.A.S., Maria L.T. and Rafaela, M.B. 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(24).

Crafts, A.S. 1975. **Modern Weed Control.** University Of California Press, Berkeley, CA, USA 440 pp.

Dejam, M., Sedighe, S.K. and Reza, A. 2014. "Allelopathic effects of *Eucalyptus globulus* Labill. on seed germination and seedling growth of eggplant (*Solanum melongena* L.)." **International Journal of Farming and Allied Sciences** 3(1): 81-86.

Gohar, A.A., Maatooq, G.T., Gadare, S.R. and Aboelmaaty, W.S. 2014. "The profile and antimicrobial activity of the essential oil from *Callistemon viminalis* (Sol. Ex Gaertner) G.Don Ex Loudon leaves." **Journal of Biotechnology and Pharmaceutical** 5: 7-11.

Han, C.M., Pan, K.W., Wu, N., Wang, J.C. and Li. W. 2008. "Allelopathic effect of ginger on seed germination and seedling growth of soybean and chive." **Scientia Horticulturae** 116: 330-336.

Harlan, J.R. 1975. **Crops and Man.** American Society of Agronomy., Madison., USA. 295 pp.

Ittiwechchai, A., Wichittrakarn, P., Changsawake, K., Teerarak, M. and Laosinwattana, C. 2014. "Potential of essential oil from cassia (*Cinnamomum cassia*) on seed germination, imbibition and α-amylase activity of *Echinochloa crus-galli*." **In proceedings Seoul International Conference on Biological Engineering &Natural Science Courtyard by Marriott Seoul Times Square**, South Korea. pp. 478-485.

Jazet, P. M.D., Tatsadjieu, L. N., Ndongson, B. N., Kuate, J., Zollo, P. H. A. and Menut, C. 2009. "Correlation between chemical composition and antifungal properties of essential oils of *Callistemon rigidus* and *Callistemon citrinus* of *Cameroon against Phaeoramularia angolensis*." **Journal of Medicinal Plants** 3(1): 9-15.

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.

Klingman, G.C. and Ashton, F.M. 1986. **Weed Science Principles and Practices** 2nd edition. John Wiley & Sons, New York, NY, USA. 655 pp.

Kohli, R.K., Daizy, R .B. and Singh, H.P. 1997. "Eucalypt oils for the control of Parthenium (*Parthenium hysterophorus* L.)." **Crop Protection** 17(2): 119-122.

Kordali, S., Cakir, A., Akcin, 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.

Kordali, S., Cakir, A., Ozer, H., Cakmakci, R., Kesdek, M., and Mete, E. 2008. "Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish Origanum acutidens and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene." **Bioresource Technology** 99(18): 8788-8795.

Loizzo, M. R., Saab A. M., statti G. A. and Menichini F. 2007. "Composition and α-amylase inhibitory effect of essention oil from *Cedrus libani*." **Fitoterapia** 78: 323-326.

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.

Matasyoh, J.C., Isabel N.W., Jesca, L.N. and Anderson, M.K. 2010. "Chemical composition of *Cymbopogon citratus* essential oil and its effect on mycotoxigenic Aspergillus species." **African Journal of Food Science** 5(3): 138-142.

McGuinness, H. 2003, **London : Hodder & Stoughton Aromatherapy therapy basics**. 2nd edition: 23-28.

Mercedes, V., Amparo, B.M. and Herminio, B. 2009. "Phytotoxic effects of *Lantana camara*, *Eucalyptus camaldulensis* and *Eriocephalus africanus* essential oils in weeds of Mediterranean summer crops." **Biochemical Systematics and Ecology** 3(4): 362-369.

Ngayila, N., Botinean, M., Bandu, M. and Basly, J. 2009. "*Myriophyllum alterniflorum* DC. effect of low concentrations of copper and cadmium on somatic and photosynthetic endpoints: a chemometic approach." **Ecological Indicators** 9: 307-312.

Nishida, N., Satoshi. T., Nagata, N., Saito, C. and Sakai, A. (2005) "Allelopathic effectsof volatile monoterpenoids produced by Salvia leucophylla: inhibition ofcell proliferation and DNA synthesis in the root apical meristem of Brassica campestris seedlings**." Journal of Chemical Ecology** 31: 1187–1203.

Niu, Y., Wang, Y., Li, P., Zhang, F., Liu, H. and Zheng, G. 2013. "Drought stress inducesoxidative stress and the antioxidant defense system in ascorbate-deficientvtc1 mutants of Arabidopsis thaliana." **Acta Physiologiae Plantarum** 35: 1189–1200.

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.

Prats, S.M., and Jimenez, A. 2005. Essential oil : analysis by GC. Edited by Cazes, J.. **In Encyclopedia of chromatography.** 2nd edition: 591-595.

Reigosa, M.J., Pedrol, N. and Gonzalez, L. 2005. "**Allelopathy: A Physiological Processwith Ecological Implications.**" Springer, Dordrecht 127 –139.

Rice, E.L. 1984. **Allelopathy**. 2nd edition. Academic Press. Orlando. New York. 368 pp.

Rodrigues, L.R.A, Rodrigues, T.J.D and Reis, R.A. 1999. **Alelopatia em plantas forrageiras**. Funep / Jaboticabal, Guaíba . 18 pp.

Setia, N., Batish D. R., Singh H.P. and Kohli R. K. 2007. "Phytotoxicity of volatile oil from Eucalyptus citriodora against some weedy species**." Journal of Environmental Biology** 7(28): 63-66.

Shah, N., Imtiaz A., Muhammad I. H. G., Muhammad J. B., Waqar A. S. and Sakina A. 2018. "Allelopathic effect of *Callistemon lanceolatus* DC. against two cultivars of *Triticum aestivum* L." **Pure and Applied Biology** 7(2): 783-790.

Shukla, R., Singh, P., Prakash, B. and Dubey, N.K. 2012. "Antifungal, aflatoxin inhibition and antioxidant activity of *Callistemon lanceolatus* (Sm.) Sweet essential oil and its major component 1,8-cineole against fungal isolates from chickpea seeds." **Food Control** 25: 27-33.

Silva, E.R., Diana C.L., Joséli S., Gerhard E.O. and Geraldo L.G.S. 2017. "Phytotoxic effects of extract and essential oil of *Eucalyptus saligna* (Myrtaceae) leaf litter on grassland species." **Australian Journal of Botany** 65: 172–182.

Singh, H.P., Batish, D.R., Setia, N. and Kohli, R.K. 2005. "Herbicidal Activity of Volatile Essential Oils from *Eucalyptus Citriodora* against *Parthenium hysterophorus*." **Annals of Applied Biology** 146: 89-94.

Sumitra, S. and Shiva. S. 2014. "Genus Callistemon: an update review." **World Journal of Pharmacy and Pharmacetical** 3(7): 291-307.

Vishwakarma, G.S., Shilpa, S. and Sunil, M. 2017. "Herbicidal Potential of *Callistemon viminalis* Essential Oil against *Echinochloa crus-galli* L., *Amaranthus viridis* and *Phalaris minor."* **Current Agriculture Research Journal** 5(3): 312- 317.

Wei, L. S. and Wendy W. 2012. "Chemical composition and antimicrobial activity of *Cymbopogon nardus* citronella essential oil against systemic bacteria of aquatic animals." **Iranian Journal of Microbiology** 5(2): 147-152.

Yamagushi MQ, Gusman GS, Vestana S. 2011. "Allelopathic effect of aqueous extracts of *Eucalyptus globulus Labill.* on crops." **Semina: Ciencias Agrarias, Londrina** 32(4): 1361-1374.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นายวรเชษฐ์ บุญเกิด

เกิดเมื่อ : วันที่ 21 พฤศจิกายน 2536

สถานที่เกิด : 869/492 สุขุมวิท 101 ถนนสุขุมวิท แขวงบางจาก เขตพระโขนง กรุงเทพฯ

ที่อยู่ปัจจุบัน : 869/492 สุขุมวิท 101 ถนนสุขุมวิท แขวงบางจาก เขตพระโขนง กรุงเทพฯ 10260

การศึกษา : - ระดับประถมศึกษา โรงเรียนมูลนิธิวัดราษฎร์ศรัทธาธรรมสงเคราะห์ กรุงเทพฯ
- ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต กรุงเทพฯ
- ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต กรุงเทพฯ
- ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานวิจัย : Worachet Bunkoed, Pattharin Wichittrakarn and Chamroon Laosinwattana. 2017. Allelopathic Potential of Essential Oil from Bottle Brush (*Callistemon lanceolatus* DC.) on The Germination and Growth of *Echinochloa crus-gall*.