

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลทางอัลติโลพาทิกของสารอนุพันธ์เบนทอกซิลิน

46



นาย วิจิตพันธุ์ รองวงศ์

มท.  
0553๗  
2549

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....  
วัน,เดือน,ปี.....

107815

14 พ.ค. 2553

b. 12211710  
i. ....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# **Allelopathic Effect of Xanthoxyline Derivatives**

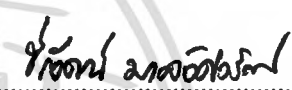

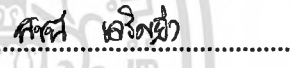
**Mr. Wichitpan Rongwong**

**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for  
The Degree of Bachelor of Science  
Department of Chemistry  
Faculty of Science  
King Mongkut' Institute of Technology Ladkrabang  
Academic Year 2006**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง ผลทางอัลลีโลพาติกของสารอนุพันธ์ของแซนโทกซิลิน  
นักศึกษา นายวิจิตพันธุ์ ร่องวงศ์  
ภาควิชา เคมี  
สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม  
ปีการศึกษา 2549  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พัชนี เจริญยิ่ง

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ.ดร. ชีรวีวัฒน์ มงคลอัครวัฒน์	
กรรมการ	ผศ. ดร.วินฉัตร ชื่นชม	
กรรมการ	ผศ. ดร.พัชนี เจริญยิ่ง	



(ผศ.ดร. ประยงค์ ดวงดี)  
หัวหน้าภาควิชาเคมี

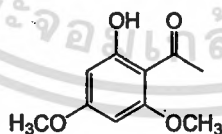
ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ	ผลทางอัลลีโลพาทิกของสารอนุพันธ์ของแซนโทกซิลิน
นักศึกษา	นายวิจิตพันธุ์ ร่องวงศ์
ภาควิชา	เคมี
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2549
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. พัทณี เจริญยิ่ง

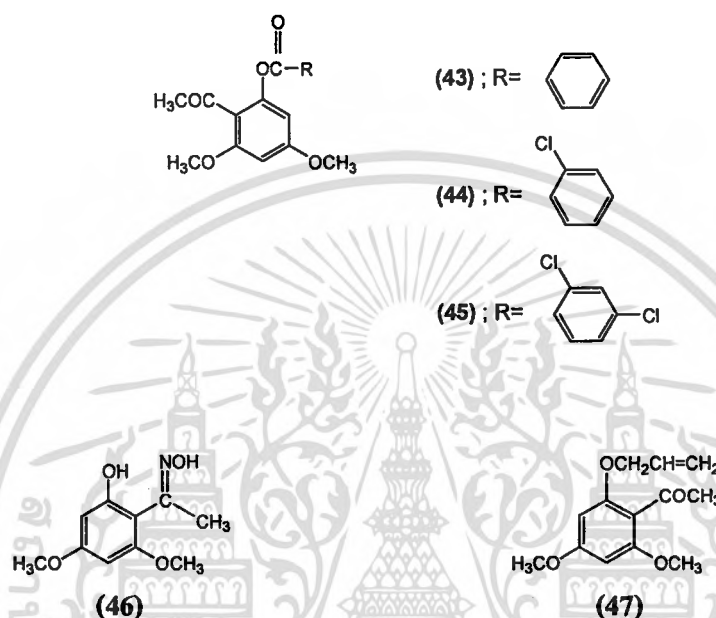
### บทคัดย่อ

แซนโทกซิลิน 1 เป็นสารบริสุทธิ์ที่แยกได้จากผลกำจัดต้น จากการศึกษากลไกของอัลลีโลพาทิกต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบได้แก่ ผักกวางตุ้ง (*Brassica campestris* var. *chinensis*) และผักโขม (*Amaranthus tricolor*) ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 400 และ 800 ppm ผสมกับผง (เปียก) ไม่ละลายน้ำ (wetttable powder , WP) ในอัตราส่วน 85 % โดยใช้ผง (เปียก) ไม่ละลายน้ำ ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันเป็นตัวเปรียบเทียบ พบว่าแซนโทกซิลินมีผลในการยับยั้งการงอกของผักกวางตุ้งและผักโขม ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ 63.50 และ 42.50 เปอร์เซ็นต์ ในด้านการเจริญเติบโตของพืชทดสอบพบว่า แซนโทกซิลิน 1 มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ โดยที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm มีผลยับยั้งความยาวต้นและความยาวรากของผักกวางตุ้งได้ 64.03 และ 48.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีผลยับยั้งความยาวต้นและความยาวรากของผักโขมได้ 64.68 และ 80.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



(1) Xanthoxyline

เพื่อศึกษาการเพิ่มศักยภาพทางด้านอัลลีโลพาตีของแซนทอกซิลิน สารอนุพันธ์ของแซนทอกซิลิน 43 – 47 ถูกสังเคราะห์ด้วยวิธีการเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันของแซนทอกซิลิน โดยที่หมู่ไฮดรอกซิลถูกเปลี่ยนเป็นหมู่เอสเตอร์ และหมู่อีเทอร์ ส่วนหมู่คาร์บอนิลถูกเปลี่ยนเป็นหมู่ออกซิม

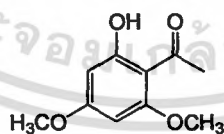


จากการศึกษาผลของสารอนุพันธ์ของแซนทอกซิลินต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ ผักกวางตุ้ง และ ผักโขม พบว่าสาร 43 ไม่มีผลต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง แต่สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดผักโขมที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm ได้ 90.00 เปอร์เซ็นต์ และมีผลยับยั้งความยาวรากได้ 89.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสาร 44 และ 45 ไม่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ ในขณะที่สาร 46 ยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้งได้อย่างสมบูรณ์ที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm และยับยั้งการงอกของเมล็ดผักโขมได้อย่างสมบูรณ์ที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm และสาร 47 ยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้งและผักโขมได้อย่างสมบูรณ์ที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm

<b>Special Project Title</b>	Allelopathic Effect of Xanthoxyline Derivatives
<b>Name</b>	Mr. Wichitpan Rongwong
<b>Department</b>	Chemistry
<b>Program</b>	Industrial Chemistry
<b>Academic Year</b>	2006
<b>Special Project Advisor</b>	Asst. Prof. Dr. Patchanee Charoenying

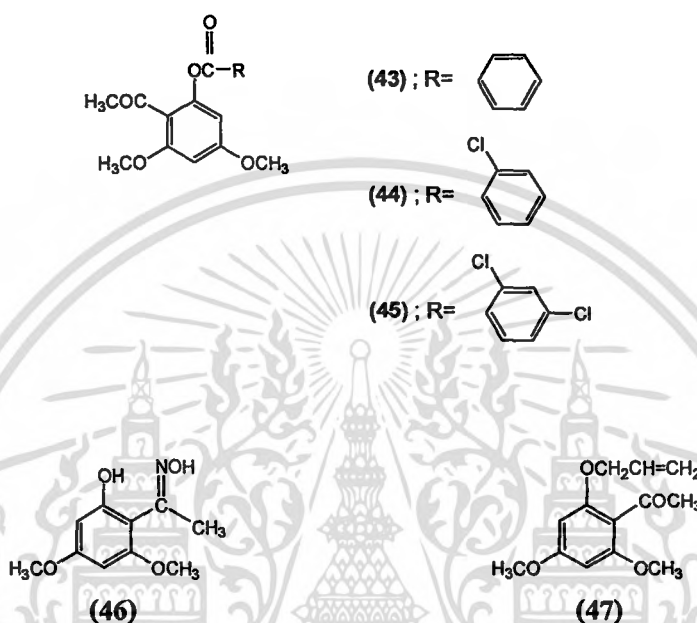
### ABSTRACT

Xanthoxyline 1 is able to be isolated from *Zanthoxylum limonella* Alston fruits. To study the allelopathic potential on germination and seedling growth, xanthoxyline 1 was investigated with the tested plants namely : *Brassica campestris* var. *chinensis* and *Amanranthus tricolor*. The concentrations of xanthoxyline 1 at 0, 100, 200, 400 and 800 ppm were used by mixing with 85% wettable powder (WP) and the similar concentration of wettable powder was used as the control. The results showed that, at 100 ppm concentration, xanthoxyline 1 inhibited seed germination of *B. campestris* var. *chinensis* and *A. tricolor* by 63.50 and 42.50 %, respectively. For seedling growth, at the concentration of 200 ppm, showed the inhibitory effect on *B. campestris* var. *chinensis* shoot and root length by 64.03 and 48.47 % whereas *A. tricolor* was inhibited shoot and root length by 64.48 and 80.12 % , respectively.



(1) Xanthoxyline

In an attempt to increase the allelopathic potential of xanthoxyline, the derivatives of xanthoxyline 43 - 47 were synthesized by functional group transformation. At hydroxyl group was converted to ester and ether groups, while carbonyl group was transformed to oxime group.



The derivatives of xanthoxyline were tested on seed germination and seedling growth at concentration 0, 100, 200, 400 and 800 ppm. The results found that at the ester derivative 43 had no inhibition effect to *B. campestris* but at the concentration 100 ppm the ester derivative 43 inhibited seed germination of *A. tricolor* by 90.00% and showed the inhibitory effect on *A. tricolor* root length by 98.50%. Whereas the ester derivatives 44 and 45 had no inhibitory effect on the tested plants. The oxime derivative 46 completely inhibited seed germination of *B. campestris* var. *chinensis* at the concentration of 800 ppm while *A. tricolor* was inhibited at the concentration of 200 ppm. The ether derivative 47 completely inhibited seed germination of *B. campestris* var. *chinensis* and *A. tricolor* at the concentration 400 ppm.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยความกรุณาจากผศ.ดร. พัทณี เจริญยิ่ง อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำชี้แนะ ความรู้ตลอดจนช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับปฏิบัติการเกิด อนุพันธ์ของแซนทอกซิลินและการดำเนินงานโครงการพิเศษ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัสวรัตน์ และผศ.ดร.วันฉัตร ชื่นชม กรรมการสอบโครงการพิเศษที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ และตรวจสอบ ข้อมูลต่าง ๆ ในโครงการพิเศษฉบับนี้ให้เป็นไปอย่างถูกต้อง

ขอขอบคุณรุ่นพี่ คุณภัทรนันต์ โชติแสง ที่กรุณาแนะนำในทุก ๆ เรื่องที่เป็น ประโยชน์ต่อโครงการพิเศษนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีทุกท่านที่ให้ความสะดวกต่อการทำงานอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจที่ดีตลอดมา

ขอบคุณพระคุณบิดา มารดาที่ให้ความสนับสนุนในการศึกษา รวมทั้งญาติพี่น้องทุก ท่านที่คอยให้กำลังใจเป็นอย่างดี

คุณความดีของโครงการพิเศษฉบับนี้ขอมอบให้ บิดา มารดา

นายวิจิตพันธุ์ รองวงศ์

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ณ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของ โครงการงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีดำเนินงาน	4
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 สารกำจัดวัชพืช	5
2.2 อัลลีโลพาตี	10
2.3 กำจัดดิน	14
2.4 การปรับเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันเพื่อศึกษาผลต่อการงอกและการเจริญเติบโต ของพืชทดสอบ	15
2.5 พืชทดสอบที่ใช้ในการทดลอง	16
2.6 โครมาโทกราฟี	16
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์	21
3.2 พืชทดสอบ	22
3.3 สภาพะที่ใช้ในการทดลอง	22
3.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	23
3.5 วิธีการทดลอง	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 การเตรียมสารอนุพันธ์ของแซนโทกซิลิน	25
3.7 การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของ แซนโทกซิลินและอนุพันธ์	29
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 การแยกแซนโทกซิลินจากสารสกัดหยาบชั้นเอทิล อะซิเตต จากผลกำจัดต้น	31
4.2 การเตรียมสารอนุพันธ์ของแซนโทกซิลิน	31
4.3 การทดสอบแซนโทกซิลินผสม WP (Wettable powder) ต่อการงอก และการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ	37
4.4 การศึกษาผลของสารอนุพันธ์ของแซนโทกซิลินต่อการงอกและการ เจริญเติบโตของพืชทดสอบ	42
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	65
5.2 ข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	69

## สารบัญตาราง

ตาราง

หน้า

ตารางที่ 5.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตจากการเตรียมอนุพันธ์แซนทอกซิลิน 1

66



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1.1 ต้นกำเนิดและผลกำเนิด	2
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของสารออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้เป็นสารกำจัดพืช	9
รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างไตรคีโตนบางชนิดที่ใช้เป็นสารกำจัดวัชพืช	9
รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของซินเมทิลลินบางชนิดที่เป็นสารกำจัดวัชพืช	10
รูปที่ 2.4 แลค โตนชนิดไม่อิ่มตัวที่มีโมเลกุลอย่างง่าย	11
รูปที่ 2.5 แนพโทควิโนนและแอนทราควิโนน	12
รูปที่ 2.6 อนุพันธ์ของกรดเบนโซอิกที่จัดเป็นสารอัลลีโลพาตี	13
รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของคูมาลินและฟลาโวนอยด์บางชนิด ที่เป็นสารอัลลีโลพาตี	14
รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของสารเทอร์พีนอยด์บางชนิดที่มีผลทางอัลลีโลพาตี	14
รูปที่ 3.1 แสดงการเตรียมอนุพันธ์ของแซนโทกซิลิน	25
รูปที่ 4.1 แสดง <sup>1</sup> H NMR สเปกตรัม ของแซนโทกซิลิน 1 โดยใช้ CDCl <sub>3</sub> เป็นตัวทำละลาย	32
รูปที่ 4.2 แสดง <sup>1</sup> H NMR สเปกตรัมของสาร 43 โดยใช้ CDCl <sub>3</sub> เป็นตัวทำละลาย	33
รูปที่ 4.3 แสดง <sup>1</sup> H NMR สเปกตรัมของสาร 44 โดยใช้ CDCl <sub>3</sub> เป็นตัวทำละลาย	34
รูปที่ 4.4 แสดง <sup>1</sup> H NMR สเปกตรัมของสาร 45 โดยใช้ CDCl <sub>3</sub> เป็นตัวทำละลาย	35
รูปที่ 4.5 แสดง <sup>1</sup> H NMR สเปกตรัมของสาร 46 โดยใช้ CDCl <sub>3</sub> เป็นตัวทำละลาย	36
รูปที่ 4.6 แสดง <sup>1</sup> H NMR สเปกตรัมของสาร 46 เมื่อเขย่ากับ D <sub>2</sub> O	36
รูปที่ 4.7 แสดง <sup>1</sup> H NMR สเปกตรัมของสาร 47 โดยใช้ CDCl <sub>3</sub> เป็นตัวทำละลาย	37
รูปที่ 4.8 ผลของสารแซนโทกซิลินต่อการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้ง	38
รูปที่ 4.9 ผลของแซนโทกซิลินต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง	39
รูปที่ 4.10 ผลของความเข้มข้นของแซนโทกซิลินต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง	39
รูปที่ 4.11 ผลของสารแซนโทกซิลินต่อการงอกของเมล็ดผักโขม	40
รูปที่ 4.12 ผลของแซนโทกซิลินต่อการเจริญเติบโตของผักโขม	41
รูปที่ 4.13 ผลของความเข้มข้นของแซนโทกซิลินต่อการเจริญเติบโตของผักโขม	44
รูปที่ 4.14 ผลของแซนโทกซิลิน 4 ระดับความเข้มข้นต่อการงอก และการเจริญเติบโตของ (a) ผักกวางตุ้ง และ (b) ผักโขม	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.15 ผลของสาร 43 ต่อการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้ง	43
รูปที่ 4.16 ผลของสาร 43 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง	44
รูปที่ 4.17 ผลของความเข้มข้นของสาร 43 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง	44
รูปที่ 4.18 ผลของสาร 43 ต่อการงอกของเมล็ดผักโขม	45
รูปที่ 4.19 ผลของสาร 43 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม	46
รูปที่ 4.20 ผลของความเข้มข้นของสาร 43 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม	46
รูปที่ 4.21 ผลของสาร 44 ต่อการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้ง	47
รูปที่ 4.22 ผลของสาร 44 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง	48
รูปที่ 4.23 ผลของความเข้มข้นของสาร 44 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง	48
รูปที่ 4.24 ผลของสาร 44 ต่อการงอกของเมล็ดผักโขม	49
รูปที่ 4.25 ผลของสาร 44 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม	50
รูปที่ 4.26 ผลของความเข้มข้นของสาร 44 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม	50
รูปที่ 4.27 ผลของสาร 45 ต่อการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้ง	51
รูปที่ 4.28 ผลของสาร 45 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง	52
รูปที่ 4.29 ผลของความเข้มข้นของสาร 45 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง	52
รูปที่ 4.30 ผลของสาร 45 ต่อการงอกของเมล็ดผักโขม	53
รูปที่ 4.31 ผลของสาร 45 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม	54
รูปที่ 4.32 ผลของความเข้มข้นของสาร 45 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม	54
รูปที่ 4.33 ผลของสาร 46 ต่อการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้ง	55
รูปที่ 4.34 ผลของสาร 46 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง	56
รูปที่ 4.35 ผลของความเข้มข้นของสาร 46 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง	56
รูปที่ 4.36 ผลของสาร 46 ต่อการงอกของเมล็ดผักโขม	57
รูปที่ 4.37 ผลของสาร 46 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม	58
รูปที่ 4.38 ผลของความเข้มข้นของสาร 46 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม	58
รูปที่ 4.39 ผลของสาร 46 4 ระดับความเข้มข้นต่อการงอก	59

และการเจริญเติบโตของ (a) ผักกวางตุ้ง และ (b) ผักโขม

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.40 ผลของสาร 47 ต่อการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้ง	60
รูปที่ 4.41 ผลของสาร 47 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง	61
รูปที่ 4.42 ผลของความเข้มข้นของสาร 47 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง	61
รูปที่ 4.43 ผลของสาร 47 ต่อการงอกของเมล็ดผักโขม	62
รูปที่ 4.44 ผลของสาร 47 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม	62
รูปที่ 4.45 ผลของความเข้มข้นของสาร 47 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม	62
รูปที่ 4.46 ผลของสาร 47 4 ระดับความเข้มข้นต่อการงอก และการเจริญเติบโตของ (a) ผักกวางตุ้ง และ (b) ผักโขม	64
รูปที่ 5.1 สารอนุพันธ์ของแซนโทกซิลินในกลุ่มเอสเทอร์	66

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

พืชนับเป็นสิ่งที่ให้ประโยชน์อย่างมหาศาลต่อมนุษยชาติ ปัจจุบันทั้ง 4 อันสำคัญของมนุษย์ได้แก่เสื้อผ้า อาหาร ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรคล้วนแล้วแต่สามารถเตรียมจากพืชได้ทั้งสิ้น การพัฒนาประยุกต์ใช้ประโยชน์จากพืชนั้นเริ่มตั้งแต่สมัยโบราณกาล เริ่มจากมนุษย์รู้จักพืชในแง่ที่เป็นอาหาร และมีพัฒนาการปรุงอาหารและการเก็บรักษาซึ่งนับเป็นวิทยาศาสตร์แขนงแรกๆ ที่เกิดขึ้นในโลก ในสมัยก่อนมนุษย์สามารถเรียนรู้ได้จากประสบการณ์ว่าสารจากพืชสามารถส่งผลต่างๆ ได้มากมายต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น จะเห็นได้ว่าในทุกสังคมทั่วโลกล้วนแล้วแต่มีสมุนไพรท้องถิ่นที่ช่วยรักษาและดูแลร่างกาย ตัวอย่างเช่นในประเทศไทยมีการคั้นน้ำส้มแขกที่มีสรรพคุณช่วยในการขับถ่าย การที่มนุษย์รู้ได้ถึงประโยชน์ที่ได้จากสารของพืชจึงมีการพัฒนาและค้นคว้าวิจัยอย่างต่อเนื่อง เพื่อพัฒนาสารธรรมชาติจากสมุนไพรเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทางเภสัชวิทยา นอกจากคุณประโยชน์ในแง่ใช้เป็นอาหารและยาที่ให้ประโยชน์ต่อมนุษย์โดยตรงแล้ว ยังมีการใช้ประโยชน์ของพืชในแง่ที่ส่งผลต่อนิเวศวิทยา และทำให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษย์ทางอ้อมเช่น การใช้หญ้าแฝกในการพุงหน้าดิน และการใช้สารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อใช้เป็นยากำจัดแมลงและวัชพืช

ในปัจจุบัน สารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพมีแนวโน้มที่จะเป็นที่สนใจมากขึ้น การศึกษาถึงคุณประโยชน์ที่ได้จากสารสกัดเหล่านี้ทั้งทางด้านเภสัชวิทยา กัญญาวิทยา และพยาธิวิทยา นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว ยังมีการศึกษาถึงแนวทางในการนำสารธรรมชาติมาใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่เกษตรกรโดยทั่วไปพบกัน โดยเฉพาะวัชพืชซึ่งเป็นศัตรูพืชทางการเกษตรที่มีความสำคัญเช่นเดียวกับศัตรูพืชอื่นๆ เช่น โรคพืช และแมลง เป็นต้น ซึ่งเป็นปัญหาที่มนุษย์ต้องพบเจอนับตั้งแต่รู้จักการปลูกพืชเป็นหลักแหล่งเลยทีเดียว โดยแนวโน้มที่จะมีการใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืชนี้มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากในทุกๆ วัน เกษตรกรโดยทั่วไปมักนิยมใช้สารกำจัดวัชพืชที่มีส่วนผสมหลักเป็นสารเคมีซึ่งสามารถให้ผลได้ดีในการกำจัดศัตรูพืช แต่กลับจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในวงกว้างขึ้นมากกว่า เช่นปัญหาการปนเปื้อนและสารตกค้างในผลิตผลทางการเกษตร ซึ่งเป็นอันตรายอย่างมากต่อผู้บริโภคและต่อตัวเกษตรกรเอง และสารเคมีจากยากำจัดวัชพืชยังมีการตกค้างในดินซึ่งส่งผลทำให้ดินเกิดการเสื่อมสภาพเป็นการถาวร ทำให้ปริมาณผลผลิตที่ได้ใน

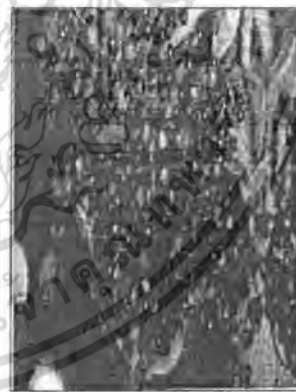
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งต่อไปมีปริมาณน้อยลง ดังนั้นจึงมีการค้นคว้าสารสกัดจากธรรมชาติชนิดใหม่หรือการนำสารธรรมชาติมาใช้เป็นต้นแบบในการสังเคราะห์เป็นสารกำจัดวัชพืชกลุ่มใหม่ โดยสารธรรมชาติที่ใช้เป็นต้นแบบได้จากการสกัดจากพืชนั่นเอง สารกำจัดวัชพืชและสารเคมีทางการเกษตรที่มีต้นแบบจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติมีจุดเด่นที่สำคัญคือ ไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ละลายน้ำหรือละลายเพียงเล็กน้อยสามารถออกฤทธิ์ได้ในเวลาที่เหมาะสม สลายตัวได้เกือบทั้งหมดในช่วงเวลาที่สั้นกว่าสารเคมีสังเคราะห์ และมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับสารเคมีสังเคราะห์คือ สามารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ที่มีความเข้มข้นต่ำ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาสารธรรมชาติ ที่สกัดแยกได้จากผลกำจัดต้นหรือพริกหอม (*Zanthoxylum limonella* Alston) กำจัดต้นหรือพริกหอม เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงใหญ่สูงได้ถึง 20 เมตร มีหนามแหลมตามลำต้น และกิ่ง ใบประกอบแบบขนนกปลายคี่หรือคู่ ใบย่อยรูปไข่หรือรูปรี ปลายแหลมมาก โคนแหลมและเบี้ยว ขอบเรียบหรือหยักห่างๆ ช่อดอกแบบช่อแยกแขนง ขนาดใหญ่ ออกที่ยอดหรือตามง่ามผลมีลักษณะค่อนข้างกลม ผิวขรุขระ มีกลิ่น เมล็ดกลมดำเป็นมัน ผลและเมล็ดใช้เป็นเครื่องเทศผสมกับเครื่องแกงของอาหารพื้นเมืองทางเหนือ ผลแห้งมีกลิ่นหอมใช้ในการดับกลิ่นคาวของอาหาร ด้านสมุนไพร ใช้เป็นยาบำรุงหัวใจ



ก



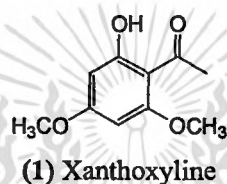
ข

รูปที่ 1.1 ก. ต้นกำจัดต้น ข. ผลกำจัดต้น

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า สารสกัดในชั้นน้ำและชั้นคลอโรฟอร์มจากผลกำจัดต้นมีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดผักกาดหัว (*Raphanus sativus* var. *longipinnatus*) และผักกวางตุ้ง (*Brassica campestris* var. *chinensis*) ได้ดี [1] เมื่อนำชั้นสารสกัดด้วยคลอโรฟอร์มมาแยกสารบริสุทธิ์ และทำการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตของพืชทดสอบ สืบศักดิ์ และคณะ[2] รายงานผลของแซนทอกซิลิน (Xanthoxyline) หรือ 2-hydroxy-4, 6-dimethoxyacetophenone เป็นสารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบได้ดี โดยที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm มีผลในการยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนก (*Echinochloa crus-galli*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและจากข้อมูลเบื้องต้นเหล่านี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการที่จะพัฒนาแซนทอกซิลินให้มีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชให้ดีขึ้น โดยการเตรียมสารอนุพันธ์จากการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของแซนทอกซิลิน เพื่อศึกษาถึงผลจากการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของแซนทอกซิลินต่อการออกฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ



## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบผลของแซนทอกซิลินและอนุพันธ์ ที่มีต่อการยับยั้งและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ ได้แก่ ผักกวางตุ้ง (*B. campestris* var. *chinensis*) และผักโขม (*Amaranthus tricolor*)
2. เพื่อศึกษาถึงการปรับปรุงโครงสร้างของแซนทอกซิลินที่เหมาะสม ในการเพิ่มฤทธิ์ของแซนทอกซิลิน
3. เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการวิจัยและพัฒนาสารธรรมชาติจากพืชในการควบคุมพืชต่อไป

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. สกัดแยกแซนทอกซิลินจากผลกำจัดต้น
2. ทดสอบผลของแซนทอกซิลินต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบด้วยวิธี Petri dishes Test
3. ทำการสังเคราะห์อนุพันธ์ของแซนทอกซิลิน โดยทำการเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันได้แก่ หมู่ไฮดรอกซิล และหมู่คาร์บอนิล
4. ทดสอบผลของอนุพันธ์ของแซนทอกซิลินต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โตของพืชทดสอบด้วยวิธี Petri dishes Test

### 1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีดำเนินงาน

1. แยกแซนทอกซิลินจากสารสกัดหยาบชั้นเอทิล อะซิเตต โดยวิธีทางโครมาโทกราฟี
2. ทำการปรับเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันของแซนทอกซิลิน
  - 2.1 ทำการเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิล เป็นหมู่เอสเทอร์ (Ester) และ อีเทอร์ (Ether)
  - 2.2 ทำการเปลี่ยนหมู่คาร์บอนิล เป็นหมู่ออกซิม (Oxime)
3. วิเคราะห์หาสูตร โครงสร้างของอนุพันธ์ของแซนทอกซิลิน โดยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี
4. ทดสอบฤทธิ์ของอนุพันธ์ของแซนทอกซิลินต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับแซนทอกซิลิน

### 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถปรับปรุง โครงสร้างของแซนทอกซิลิน โดยการเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชัน
2. ทราบถึงสถานะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์อนุพันธ์ของแซนทอกซิลิน
3. ทราบถึงฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของอนุพันธ์ของแซนทอกซิลิน
4. เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาแซนทอกซิลินไปใช้ในทางการเกษตรเพื่อนำไปใช้จริงในระดับอุตสาหกรรม

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ที่ผ่านมาได้มีนักวิจัยจำนวนมากไม่น้อยที่ได้ทำการศึกษาและวิจัยการสกัดสารชีวภาพจากพืชสมุนไพร พร้อมกับการพัฒนาโครงสร้างของสารชีวภาพโดยมุ่งเน้นการออกฤทธิ์ที่ดียิ่งขึ้นในการยับยั้งเชื้อโรคชนิดต่างๆ ในขณะที่เดียวกันก็มีการนำสารชีวภาพที่สกัดได้จากพืชสมุนไพรมาใช้ในการควบคุมศัตรูพืชต่างๆ ทั้ง โรคพืช [3] แมลงศัตรูพืช [4] และวัชพืช [5] โดยจุดประสงค์ของการศึกษาคือการวิจัยและการพัฒนาสารชีวภาพ เพื่อใช้ในการควบคุมศัตรูพืชโดยนำสารที่สกัดได้จากพืชโดยตรง หรืออาจใช้สารสกัดที่ได้จากพืชมาเป็นสารต้นแบบในการสังเคราะห์สารควบคุมศัตรูพืชชนิดใหม่ที่มีอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยลง ดังนั้นการพัฒนาเพื่อให้ได้สารกำจัดวัชพืชชนิดใหม่ เพื่อทดแทนผลิตภัณฑ์เดิมที่อาจมีผลกระทบต่อวงจรของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติจึงเป็นสิ่งจำเป็น ดังนั้นการใช้สารกำจัดวัชพืชที่ผลิตจากสารธรรมชาติจึงได้รับความสนใจมากขึ้น เพราะมีความปลอดภัยกว่าสารที่ได้จากการสังเคราะห์ เนื่องจากสามารถสลายตัวได้ง่ายเมื่อปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

#### 2.1 สารกำจัดวัชพืช (Herbicides)

การใช้สารกำจัดวัชพืชได้เริ่มมีการพัฒนานำมาใช้เป็นครั้งแรกราวปี ค.ศ. 1840 ซึ่งมีการนำเอาปูนขาว (lime) มาใช้ในการกำจัดวัชพืชบางชนิด ต่อมาในปี ค.ศ. 1854 ได้มีการนำเกลือแกง (sodium chloride) หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1985 ได้มีการนำเอาจุนสี (copper sulfate) มาทดลองใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชในการปลูกข้าวสาลี ในปี ค.ศ.1902 ได้มีการนำเอาสารโซเดียมอาซีนไท์ (sodium arsenite) มาใช้ในการควบคุมผักตบชวา และได้มีการพัฒนางานด้านกำจัดวัชพืชเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน [6]

สารกำจัดวัชพืชหมายถึง สารเคมีใดๆ ก็ตาม ที่นำมาใช้เพื่อฆ่าทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืช ไม่ว่าจะเป็นขณะพืชงอกขึ้นมาแล้วหรือยังเป็นเมล็ดอยู่ ตลอดจนขึ้นส่วนต่างๆ ของวัชพืชที่ขยายพันธุ์ได้ในดินหรืออยู่บนดิน [7]

##### 2.1.1 เภม็ของสารกำจัดวัชพืช

โดยส่วนใหญ่แล้ว ลักษณะทางเคมีของสารกำจัดวัชพืชจะเป็นสารประกอบอินทรีย์ (Organic compound) กล่าวคือมีอะตอมของคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอย่างน้อย 1 อะตอม ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์นั้นธาตุที่มักพบบ่อยๆ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส คลอรีน กำมะถัน และ ฟลูออรีน เป็นต้น

สำหรับสารประกอบอนินทรีย์ (Inorganic compound) นั้นได้มีการนำมาใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชอยู่บ้าง เช่น ammonium sulfate และ sodium chlorate นอกจากนี้ยังมีพวก borates sodium azide และ copper sulfate เป็นต้น

โดยทั่วไป โครงสร้างหลักของสารกำจัดวัชพืชที่เป็นพวกสารอินทรีย์จะมีการจัดเรียงตัวของอะตอมของคาร์บอนกับสารอื่นๆ มีด้วยกัน 2 ลักษณะคือ แบบอะลิฟาติก (aliphatic groups) ซึ่งจะมีลักษณะการจัดเรียงตัวเป็นสายโซ่ยาว เป็นเส้นตรงหรือมีการแตกกิ่งก้านสาขา (branched chain) และแบบอะโรมาติก (aromatic groups) ซึ่งมีลักษณะการจัดเรียงตัวเป็นวงแหวน (ring) ซึ่งทั้งแบบอะลิฟาติกและอะโรมาติกจะเป็นส่วนประกอบที่พบเสมอในโมเลกุลของสารกำจัดวัชพืช [7]

สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่เป็นสารบริสุทธิ์นั้นไม่มีประโยชน์สำหรับเกษตรกร ดังนั้นจึงไม่มีการจำหน่าย แต่เพื่อให้มีการนำสารนั้นมาใช้ได้อย่างสะดวกจึงมีวิธีการทำให้อยู่ในรูป (formulation) ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ทันที การทำให้อยู่ในรูปนั้นสารจะต้องนำไปผสมกับตัวทำละลาย (solvent) ที่เหมาะสม และผสมกับสารจับผิว (surfactant) ที่เหมาะสมด้วย สารป้องกันและกำจัดวัชพืชจึงกลายเป็นสารออกฤทธิ์ (active ingredient) เมื่ออยู่ในรูปผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในทางการค้านั้นอาจมีสารที่ออกฤทธิ์มากกว่า 1 ชนิด เมื่อเกษตรกรซื้อสารจึงเรียกว่าซื้อผลิตภัณฑ์และมีชื่อทางการค้าของสารติดที่ภาชนะ ซึ่งสารนั้นได้ผ่านกระบวนการต่างๆ ของการทำรูปมาแล้ว และสารอยู่ในรูปที่พร้อมจะนำไปใช้ได้ทันที สารป้องกันวัชพืชหลายชนิดมีชื่อทางการค้าหลายชื่อ และอยู่ในหลายรูปเช่น เป็นของแข็งหรือเป็นของเหลว

### 2.1.2 รูปของสาร

สารป้องกันวัชพืชต้องมีรูปต่างๆ กันนั้นมีสาเหตุดังนี้ (ก) ความสามารถของสารออกฤทธิ์ที่ถูกทำให้ละลายในน้ำ น้ำมันหรือตัวทำละลายอินทรีย์อื่นๆ (ข) วิธีการที่ต้องนำสารนั้นไปใช้ เช่น ผสมในน้ำ หรือทำเป็นรูปเม็ดเพื่อนำไปหว่าน ซึ่งพอจำแนกรูปของสารกำจัดวัชพืชได้ดังนี้

1. สารละลายในน้ำ (water-soluble หรือ S,WS)
2. สารละลายในน้ำมัน (oil-soluble หรือ OS)
3. อิมัลซิไฟเอเบิลเข้มข้น (emulsifiable concentrate หรือ E หรือ EC)
4. ยูแอลวี (ULV หรือ ultra-low-volume)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผง (เปียก) ไม่ละลายน้ำ (wetable powder หรือ W หรือ WP)
6. โพลเวเบิลเหลว (liquid flowable หรือ LF)
7. โพลเวเบิลแห้ง (dry flowable หรือ DF)
8. เม็ดละลายน้ำ (water-soluble granules หรือ SG)
9. เม็ดแขวนลอยในน้ำ (water-dispersible granules หรือ DG หรือ WDG)
10. เพลเลทละลายน้ำ (water-soluble pellets หรือ SP)
11. เม็ดเคลือบสารออกฤทธิ์ (herbicide-coated granules/pellets)
12. เม็ดที่มีน้ำหนักเบามาก (ultra low weight granules)
13. เม็ดที่ควบคุมการปล่อยสาร (control-released granule/pellets)

สารป้องกันวัชพืชชนิดหนึ่งอาจมีหลายรูปเช่น แอนทราซีน อยู่ในรูปโพลเวเบิลเหลว และเม็ดแขวนลอยในน้ำ สารป้องกันและกำจัดวัชพืชที่แขวนลอยในน้ำหรือน้ำมันหรือตัวทำละลายอื่นๆ ใช้น้อย จะถูกทำให้อยู่ในรูปผง (เปียก) ไม่ละลายน้ำ (wetable powder หรือ water-dispersible powder) ซึ่งภายในผงจะประกอบไปด้วยสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช (ถูกบดเป็นผงละเอียด) ส่วนผสมอาจเป็นแร่ดินเหนียวที่แขวนลอยในน้ำได้เช่น เบนโทไนท์ ที่บดเป็นผงละเอียด และสารจับผิวชนิดต่างๆ หลายชนิด ปกติจะมีสารออกฤทธิ์ประมาณ 50-80% โดยน้ำหนักที่เหลือจะเป็นดินเหนียวและสารจับผิว สารจับผิวที่อยู่ในรูปแขวนลอยในน้ำนี้จะเป็นของแข็งซึ่งไม่ตกตะกอนเมื่อละลายน้ำ และเป็นตัวที่ทำให้สารป้องกันกำจัดวัชพืชกระจายตัวในน้ำได้อย่างสม่ำเสมอและไม่ตกตะกอน นอกจากนี้ยังทำให้สารป้องกันกำจัดวัชพืชสามารถเปียกผิวใบได้มากขึ้น กระจายตัวทั่วผิวใบ ยึดติดผิวใบและทะลุผ่านผิวใบ ได้มากขึ้นเมื่อนำสารนั้นมาใช้ทางใบ ปกติสารที่อยู่ในรูปนี้จะใช้น้ำเป็นตัวพา เมื่อผสมน้ำจะแขวนลอยในน้ำแต่ถ้าทิ้งไว้นานๆ จะตกตะกอนได้ ดังนั้นจึงต้องมีการเขย่าถึงฉีดยังฉีดยังหลังการผสม ในการทดลองนี้จะนำสารออกฤทธิ์มาทำให้อยู่ในรูปผง (เปียก) ไม่ละลายน้ำ (Wetable powder) ซึ่งประกอบด้วยเบนโทไนท์ (bentonite) สารจับผิว (surfactant) และสารซักฟอก (detergent) อัตราส่วน 97:1.5:1.5 เปรอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เตรียม โดยชั่งสารในอัตราส่วนแล้วบดผสมให้เข้ากัน [2]

### 2.1.3 สารกำจัดวัชพืชที่มีต้นแบบจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ

แนวความคิดในการวิจัยสารกำจัดวัชพืชชนิดใหม่ ในการวิจัยสำหรับสารกำจัดวัชพืชชนิดใหม่สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ชนิด [8]

1. สังเคราะห์สารที่มีโครงสร้างชนิดใหม่ (New structure types) การสังเคราะห์สารที่มีโครงสร้างชนิดใหม่ เพื่อจุดประสงค์ในการหาสารชนิดใหม่ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ในการทำนายความสัมพันธ์ระหว่างความซับซ้อนของโครงสร้างกับประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ เพราะ โครงสร้างของสารหลายๆ ชนิดที่มีโครงสร้างเป็นแบบง่ายๆ แต่มีฤทธิ์ทางชีวภาพสูง

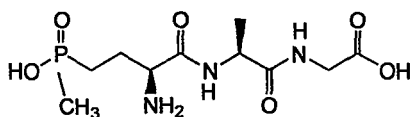
2. สังเคราะห์โดยวิธีชีวเคมี (Biochemical directed synthesis) บางครั้งในการสังเคราะห์ สารเลียนแบบสารธรรมชาติในสภาพห้องปฏิบัติการ มีผลทำให้ฤทธิ์ทางธรรมชาติต่ำกว่าสารที่สร้างขึ้นตามกระบวนการธรรมชาติ โดยเฉพาะการยับยั้งเอนไซม์ในพืชหรือจุลินทรีย์บางชนิด อาจเนื่องมาจากสภาวะที่แตกต่างกันในห้องปฏิบัติการกับสภาพธรรมชาติ ทำให้ต้องใช้ความรู้ด้านไบโอเทค โน โลยี เข้ามาช่วยในการผลิตสารเหล่านี้โดยจุลินทรีย์และเซลล์ของพืช

3. ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (Natural products) นักวิทยาศาสตร์หันมาให้ความสนใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่เกิดจากภูมิปัญญาชาวบ้านที่สืบทอดกันมา ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเหล่านี้เป็นสารต้นแบบในการค้นพบสารกำจัดวัชพืชชนิดใหม่ได้ เนื่องจากสารที่มีความเป็นพิษที่เกิดขึ้นในธรรมชาติหลายชนิดมีโครงสร้างทางเคมีแตกต่างจากสารกำจัดวัชพืชที่สังเคราะห์ขึ้น ดังนั้นการศึกษาสารเหล่านี้ก็นำไปสู่การค้นพบสารกำจัดวัชพืชกลุ่มใหม่ ซึ่งมีตำแหน่งเข้าทำลายที่ยังไม่มีสารกำจัดวัชพืชที่สังเคราะห์ขึ้นเข้าไปเกี่ยวข้อง และนอกจากนี้ ยังมองในเรื่องของความเป็นพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าสารที่ได้จากการสังเคราะห์

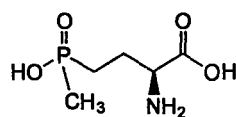
### 2.1.3.1 ตัวอย่างของสารกำจัดวัชพืชที่มีการผลิตเชิงการค้าโดยมีต้นแบบจากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ [9]

#### 2.1.3.1.1 ออร์กาโนฟอสเฟอรัส

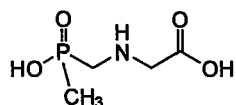
สารกำจัดวัชพืช 2 ชนิด ที่มีต้นแบบจากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติที่แยกได้จากแบคทีเรียได้ถูกนำมาผลิตในการค้าในปัจจุบันคือ Bialaphos 2 และ Phosphontrichin 3 ซึ่ง Bialaphos 2 หรือ Phosphironthiricylanyl alamine แยกได้จากเส้นใยของเชื้อรา *Streptomyces* และรู้จักในชื่อทางการค้าว่า Herbiace Bialaphos เป็นสารกำจัดวัชพืชชนิดต้น (pro-herbicide) ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นสารออกฤทธิ์คือ Phosphontrichin 3 ในพืช ซึ่งสารตัวนี้มีฤทธิ์ในการยับยั้งการสังเคราะห์กลูตามีน (Glutamin) สำหรับ Glyphosate 4 เป็นสารกำจัดวัชพืชที่ใช้กันแพร่หลายที่มีการสังเคราะห์ขึ้น โดยมีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกับสาร Bialaphos 2 และ Phosphontrichin 3



(2) Bialaphos



(3) Phosphontricin

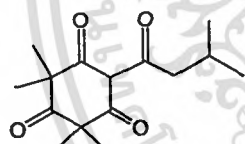


(4) Glyphosate

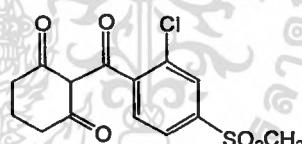
รูปที่ 2.1 แสดง โครงสร้างของสารออร์กาโนฟอสเฟตที่ใช้เป็นสารกำจัดพืช

#### 2.1.3.1.2 ไตรคีโตน

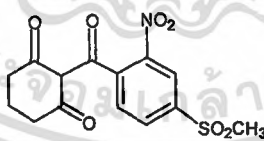
Succotrione 6 และ Mesotrione 7 เป็นสารกำจัดวัชพืชใบกว้างชนิด postemergent ซึ่งมีกลไกการออกฤทธิ์โดยยับยั้งการสร้าง *p*-Hydroxyphenylpyruvatedioxygenase (HPPD) ซึ่งมีต้นแบบมาจาก Leptospermone 5 ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากพืช *Leptospermum scoparium* ที่พบในออสเตรเลียและนิวซีแลนด์



(5) Leptospermone



(6) Succotrione



(7) Mesotrione

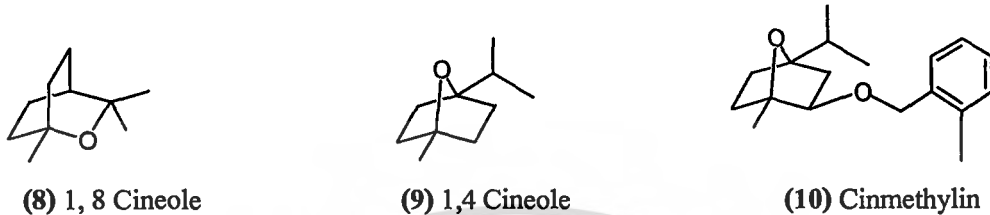
รูป 2.2 แสดง โครงสร้างไตรคีโตนบางชนิดที่ใช้เป็นสารกำจัดวัชพืช

#### 2.1.3.1.3. ซินเมทิลลีน

โมโนเทอร์พีน อีเทอร์ (Monoterpene ether) 1,8-Cineole 8 เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยของพืชหลายชนิดและเป็นอัลลิโลเคมีคอลตัวหนึ่ง 1,8 Cineole 8 และไอโซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมอร์ของสารตัวนี้คือ 1,4 Cineole 9 เป็นสารที่มีความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxin) แต่สารตัวนี้เป็นสารที่ระเหยง่ายจึงมีปัญหในการประยุกต์ใช้เป็นสารกำจัดวัชพืช ดังนั้นจึงมีเตรียมอนุพันธ์ของ 1,4 Cineole ขึ้น คือ Cinmethylin 10 ใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชที่ออกฤทธิ์โดยการขัดขวางการแบ่งตัวแบบไมโทซิส (mitosis) ในพืชทดสอบ



รูป 2.3 แสดงโครงสร้างของซินเมทิลินบางชนิดที่เป็นสารกำจัดวัชพืช

## 2.2 อัลลีโลพาตี

### 2.2.1 ความหมายของอัลลีโลพาตี [5]

อัลลีโลพาตี (Allelopathy) มีคำจำกัดความโดยทั่วไปหมายถึง ผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งชนิดที่ส่งเสริมและยับยั้ง โดยพืชชนิดหนึ่งรวมทั้งจุลินทรีย์ต่อพืชอีกชนิดหนึ่ง โดยผ่านการผลิตสารเคมีแล้วปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม และเรียกสารเคมีที่เกิดขึ้นที่ก่อให้เกิดความสับสนนี้ว่า อัลลีโลเคมีคอล (allelochemical)

### 2.2.2 การจำแนกกลุ่มของสารอัลลีโลพาตี [5]

สารอัลลีโลพาตีในพืช เป็นสารประกอบที่ได้จากเมตาบอลิซึม (metabolism) ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่างๆ รวมทั้งจุลินทรีย์ สารเคมีที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชส่วนใหญ่เป็นสารเมตาบอลิซึมขั้นที่สอง (secondary metabolites) ของพืชที่มีมากมายหลายพันชนิด แต่มีเพียงจำนวนน้อยเท่านั้นที่มีผลในด้านอัลลีโลพาตี สารอัลลีโลพาตีสามารถจำแนกเป็นกลุ่มๆ ได้ตามลักษณะโครงสร้างดังต่อไปนี้

#### 2.2.2.1 กรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่ตรง และอะลิฟาติกอัลดีไฮด์และคีโตน

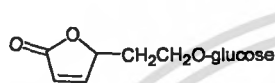
ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น malic acid citric acid acetic acid และ tartaric acid ในผลไม้สูงเพียงพอในการยับยั้งการงอกของเมล็ดพืช และพบว่า acetaldehyde สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าวโพดและพืชตระกูลถั่วได้ [10] นอกจากนี้ยังพบว่า เมทานอล และเอทานอล เป็นสารที่ปลดปล่อยออกมาในรูปแบบของสารระเหยจากพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

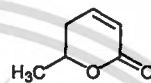
มะเขือเทศ มันฝรั่ง ไบเรดดิซ และรากแครอทในระบบปิด สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดได้ [11]

#### 2.2.2.2 แลคโตนชนิดไม่อิ่มตัว

Parasobic acid 11 ที่แยกได้จากผลของ *Sorbus aucuparia* และอะไกลโคโนของ Ranunculin 12 ที่สร้างขึ้นจากพืชในตระกูล Ranunculaceae สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพืชได้ [10]



(11) Parasobic acid



(12) Ranunculin

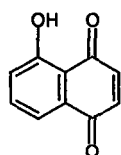
### รูป 2.4 แลคโตนชนิดไม่อิ่มตัวที่มีโมเลกุลอย่างง่าย

#### 2.2.2.3 กรดไขมันสายโซ่ยาว

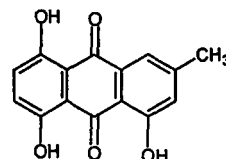
กรดไขมันสายโซ่ยาวเช่น Myristic acid Palmitic acid Oleic acid Stearic acid Araachidic acid 11, 14-Eicosadienoic acid Heneicosanic acid และ Behenic acid ที่เกิดจากการสลายตัวของ *Polygonum aviculare* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้า Bermuda [12]

#### 2.2.2.4 แนพโทควิโนนและแอนทราควิโนน

Juglone 13 หรือ 5-Hydroxynaphthoquinone เป็นสารพิษที่พบในต้นวอลนัท มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดได้ [13] Novalin 15 เป็นสารที่แยกได้จากเชื้อรา *Fusarium solani* และ จากพืชตระกูลถั่วที่เป็นโรค พบว่าสารชนิดนี้เป็นสาเหตุทำให้พืชเกิดการเหี่ยวเฉา Skyrin 16 เป็น Dianthraquinone ที่สร้างขึ้นโดยเชื้อรา *Endothia parasitica* สามารถทำให้ความสามารถในการซึมผ่านน้ำของเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงไป



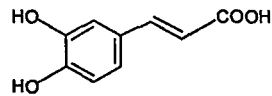
(13) Juglone



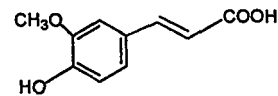
(14) Helminthosporin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





(21) Caffeic acid

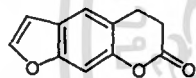


(22) Ferulic acid

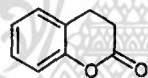
## รูป 2.6 อนุพันธ์ของกรดเบนโซอิกที่จัดเป็นสารอัลลีโลพาที

### 2.2.2.6 คูมาลินและฟลาโวนอยด์

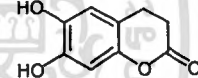
คูมาลิน 23 และฟลาโวนอยด์สามารถพบได้ในทุกส่วนของพืช และหลายชนิดเป็นสารอัลลีโลพาที สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชได้ดีกว่ากรดฟีนอลิก พบว่า Esculetin 24 เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าวสาลี [10] และ Furanocoumarin มีผลในการยับยั้งการงอกเช่นเดียวกัน เช่น Psoralen 25 ซึ่งสกัดจาก *Psoralea* มีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกาดหอมที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm [17] และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์เช่น Tambulin 26 และ Heliannones B 27 และ C 28 จากต้นทานตะวันมีผลต่อความยาวรากของเมล็ดมะเขือเทศ และเมล็ดข้าวบาร์เลย์ [9]



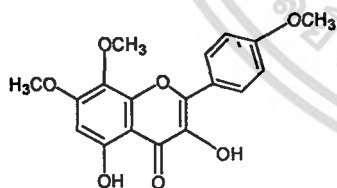
(23) Coumarin



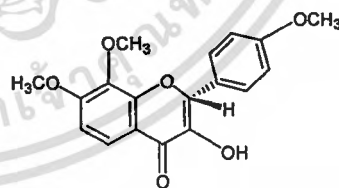
(24) Esculetin



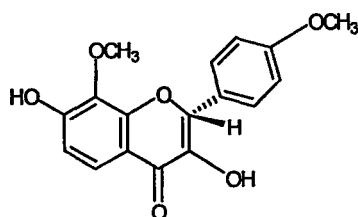
(25) Psoralen



(26) Tambulin



(27) Heliannones B

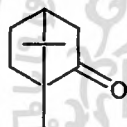


(28) Heliannones C

## รูป 2.7 แสดงโครงสร้างของคูมาลินและฟลาโวนอยด์บางชนิดที่เป็นสารอัลลิโลพาที

### 2.2.2.7 เทอร์พีนอยด์

เทอร์พีนอยด์ที่มีคาร์บอน 10 ตัว เป็นส่วนประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยของพืชหลายชนิด มีความเป็นพิษต่อการงอกของเมล็ดพืช พบว่าสามารถแยก Camphor 29 และ Camphene 30 ซึ่งเป็นสารระเหยที่พบใน *Salvia leucophylla* *S. apiana* และ *S. mellifera* สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดเรดดิช (radish) [18]



(29) Camphor



(30) Camphene

## รูป 2.8 แสดงโครงสร้างของเทอร์พีนอยด์บางชนิดที่มีผลทางอัลลิโลพาที

### 2.3 กำจัดต้น (*Zanthoxylum limonella* Alston) [19]

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Zanthoxylum limonella* (Dennst.) Alston

วงศ์ : Rutaceae

ชื่อพ้อง : *Zanthoxylum budrunga* Wall.

ชื่ออื่น : พริกหอม หมากมาศ มะข่วง มะแฉ่น มะแฉ่วน ลูกระมาศ หมักข่วง

ลักษณะโดยทั่วไป : ไม้ยืนต้น ขนาดกลางถึงใหญ่ ผลัดใบ สูง 12-20 เมตร เปลือกสีขาวย มีหนามแหลมรูปกรวยปลายตรงหรือโค้งเล็กน้อยขึ้นตามลำต้น กิ่ง และก้านใบ ใบเป็นใบประกอบเรียงสลับแบบขนนก ใบยาว 15-20 เซนติเมตร ใบย่อย 10-28 เซนติเมตร รูปรี รูปไข่

หรือรูปขอบขนานใบเบี้ยว ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่น ปลายใบเรียวแหลม ดอกเป็นช่อแบบ panicle ออกที่ปลายยอดหรือซอกก้านใบ ช่อดอกยาว 10-21 เซนติเมตร ก้านช่อยาว ดอกเล็กสีขาวอมเขียวเป็นกระจุกอยู่ปลายช่อ ดอกตัวเมียและดอกตัวผู้อยู่คนละต้น กลีบรองดอก 4 กลีบ กลีบดอก 4 กลีบเรียงสลับกับเกสรตัวผู้ 4 อัน เกสรตัวเมีย 1 อัน อยู่เหนือเกสรตัวผู้ ผลรูปร่างกลมอ่อน สีเขียว เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 -0.7 เซนติเมตร รสเผ็ดขามาก เมื่อแก่เปลือกเป็นสีน้ำตาลและแตกเห็นเมล็ดสีดำเป็นมัน ออกดอกและผลช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน

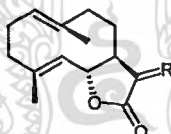
นิเวศวิทยาและการแพร่กระจาย : พบขึ้นตามป่าดิบ ในเขตภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้

ประโยชน์ : ด้านสมุนไพร ใช้เป็นยาบำรุงหัวใจ ด้านเป็นอาหาร ผลแก่และเมล็ดใช้เป็นเครื่องเทศผสมเครื่องแกงของอาหารพื้นเมืองทางเหนือ

## 2.4 การปรับเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันเพื่อศึกษาผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของ

### พืชทดสอบ

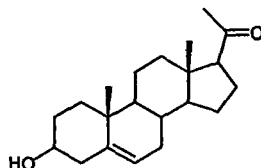
Macias และคณะ [20] ได้ทำการปรับเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันของสารกำจัดวัชพืชธรรมชาติในกลุ่ม sesquiterpene lactone ที่มีชื่อว่า Costunolide 31 จากการทำปฏิกิริยารีดักชันของสาร 31 เป็นสารอนุพันธ์ 32 พบว่าสารอนุพันธ์ 32 สามารถยับยั้งการงอกของข้าวสาลีเพิ่มขึ้นถึง 20 เปอร์เซ็นต์



(31) Costunolide ; R = CH<sub>2</sub>

(32) 11, 13-Dihydrocostunolide ; R = αCH<sub>3</sub>, βH

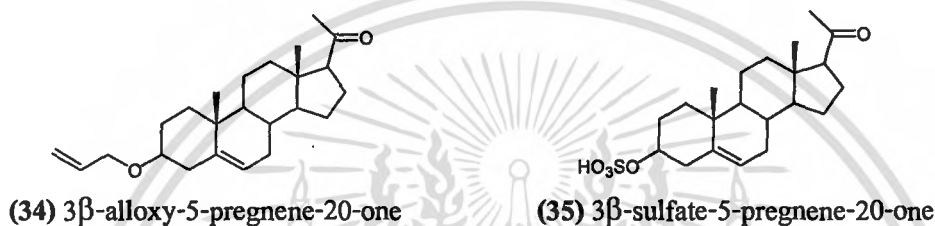
วนาวรณ [21] ศึกษาผลของสเตียรอยด์เพรกนิน โนโลน 33 และอนุพันธ์ต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของข้าว (*Oryza sativa*) และผักกวางตุ้ง (*B. campestris* var. *chinensis*)



(33) Pregnenolone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่าเมื่อเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันของสเตียรอยด์เพรกนินโนโลน 33 ที่ตำแหน่ง C-3 จากหมู่ไฮดรอกซิลเป็นอัลลิลอีเทอร์ 3 $\beta$ -alloxy-5-pregnene-20-one 34 ให้ผลยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้งได้ดีที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm และ สเตียรอยด์ซัลเฟต 3 $\beta$ -sulfate-5-pregnene-20-one 35 เตรียม โดยการเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง C-3 เป็นหมู่ซัลเฟต มีผลเพิ่มการยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้งที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm นอกจากนี้ อนุพันธ์ทั้งสองชนิดยังสามารถยับยั้งการงอกและเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm



## 2.5 พืชทดสอบที่ใช้ในการทดลอง

การเลือกพืชทดสอบเป็นสิ่งจำเป็นในการทำงานวิจัยเพื่อบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งขึ้น ซึ่งมักจะพิจารณาลักษณะของการเลือกทำลายหรือ selectivity ของสารแต่ละชนิดเป็นสำคัญแต่โดยทั่วแล้ว การเลือกพืชทดสอบที่นำมาใช้ในการทดลองเพื่อนำมาทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพนั้น นิยมเลือกพืชที่มี sensitivity สูงต่อฤทธิ์ของสารเคมี และให้ผลการทดลองที่ชัดเจนในช่วงเวลาอันสั้นภายในระยะเวลา 5-7 วัน [2] ตัวอย่างเช่น การทดสอบผลของสารสกัดจากใบประยงค์ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ [22] การทดสอบผลของ Gibbersib ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักคะน้า ผักกวางตุ้ง และผักกาดขาว [23] และผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) เป็นพืชทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการทดสอบเพื่อวัดอัตราการงอกและการเจริญเติบโต [24] เป็นต้น พืชทางการเกษตรหลายชนิด เช่น ข้าวบาเลย์ (*Hordeum vulgare* L.) มัสตาร์ด (*Brassica campestris* L.) ข้าว (*O. sativa*) [25, 26] นิยมนำมาใช้ในห้วงปฏิบัติการ

## 2.6 โครมาโทกราฟี [27]

โครมาโทกราฟีเป็นเทคนิคที่ใช้แยกสารออกจากสารผสมเพื่อทำให้สารบริสุทธิ์ นอกจากนี้ยังใช้ในการวิเคราะห์และตรวจสอบความบริสุทธิ์ของสาร รวมทั้งพิสูจน์สารที่สงสัยได้ หลักการของ โครมาโทกราฟีอาศัยความแตกต่างในการกระจายตัวของแต่ละสารระหว่าง

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เฟสสองเฟส คือ เฟส ที่อยู่กับที่หรือตัวที่อยู่กับที่เรียกว่า เฟสคงที่ (stationary phase) ซึ่งอาจเป็นของเหลวหรือของแข็ง และเฟสที่เคลื่อนที่หรือตัวที่เคลื่อนที่ เรียกว่า เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ซึ่งอาจเป็นก๊าซหรือของเหลวก็ได้

### 2.5.1 คอลัมน์โครมาโทกราฟี (Column Chromatography, CC)

ใช้คอลัมน์แก้วบรรจุผงของตัวดูดซับ ซึ่งหุ้มด้วยตัวทำละลายชนิดหนึ่ง เอาสารผสมที่ต้องการจะแยก ซึ่งละลายอยู่ในตัวทำละลายชนิดเดียวกันมาหยดลงบนตัวดูดซับ แล้วจึงเติมตัวทำละลายตามลงมา ตัวทำละลายจะค่อยๆ ชะสารที่ต้องการแยกให้เคลื่อนลงไปด้วยอัตราเร็วที่ต่างกัน จนในที่สุดจะได้แถบสีของแต่ละสารแยกออกจากกัน แต่ถ้าสารเหล่านั้นไม่มีสี จำเป็นต้องใช้วิธีอื่นเพื่อหาว่าแต่ละแถบอยู่ตรงส่วนใดของคอลัมน์เช่น การตรวจด้วยแสงอุลตราไวโอเลตหรือใช้รีเอเจนต์บางชนิดสเปย์ลงไปบนตัวดูดซับสำหรับตรวจหาสาร

การที่สารในสารผสมแยกออกจากกันได้เนื่องจากว่า สารแต่ละชนิดถูกดูดซับไว้โดยตัวดูดซับในอัตราเร็วที่ไม่เท่ากัน สารที่ถูกดูดซับไว้มากกว่าจะเคลื่อนที่ช้ากว่าสารที่ถูกดูดซับน้อยกว่า จากหลักการนี้ทำให้สามารถแยกสารที่มีขั้วแตกต่างกันได้ ตัวดูดซับที่ใช้ส่วนมากคือ อะลูมินา หรือซิลิกาเจล ซิลิกาเจลใช้ได้ดีกับสารทุกชนิด (โดยเฉพาะสารที่เป็นกรด-กลางหรือเป็นเบสอ่อนๆ) ส่วนอะลูมินาใช้ได้กับสารที่เป็นเบส ตัวดูดซับเป็นผงละเอียดมีพื้นที่ผิวมาก ทำให้ปริมาณพื้นผิวที่มีขั้วมากที่จะดูดหรือยึดตัวถูกละลายที่มีจำนวนน้อยไว้ด้วยแรงดึงดูดแบบไฟฟ้าสถิต

### 2.5.2 ทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (Thin Layer Chromatography, TLC)

ใช้เป็นตัวดูดซับที่เป็นของแข็งเป็นชั้นหรือเป็นฟิล์มบางๆ หนา 0.25-1 มิลลิเมตร ติดอยู่บนกระดาษอะลูมิเนียมหรือพอลิเอทิลีน โดยมากมักใช้แผ่นกระดาษไมโครสโคปสไลด์เพราะสะดวกรวดเร็ว จากนั้นนำสารละลายของสารผสมที่จะแยกจำนวนเล็กน้อยไปจุด (spot) บนตัวดูดซับใกล้ปลายกระดาษข้างหนึ่งโดยใช้หลอดรูเล็ก (capillary tube) เมื่อตัวทำละลายระเหยไปแล้ว สารจะติดกับตัวดูดซับ นำแผ่นสไลด์นี้ไปใส่ภาชนะที่มีตัวทำละลายชนิดหนึ่ง (อาจเป็นตัวทำละลายผสม) โดยระดับของตัวทำละลายอยู่ต่ำกว่าจุดของสาร เมื่อปิดภาชนะเพื่อให้ภายในภาชนะอิ่มตัวด้วยไอของตัวทำละลาย (mobile phase) ตัวทำละลายจะซึมขึ้นด้านบนตามแนวตั้งผ่านจุดที่มีสาร กระบวนการที่ตัวทำละลายจะเคลื่อนที่ผ่านไปบน stationary phase นี้เรียกว่า development สารต่างๆ จะเคลื่อนที่ตามตัวทำละลายขึ้นมาด้วยอัตราเร็วที่ต่างกันขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสาร ตัวทำละลาย และตัวดูดซับ การที่จะทราบว่ามีสารที่ไม่มีสีเคลื่อนที่มาอยู่ในบริเวณใด ทำเช่นเดียวกับวิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟี

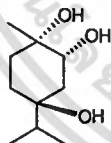
ตัวดูดซับที่ใช้อาจเป็นตัวซิลิกาเจล หรืออะลูมินา ในกรณีของซิลิกาเจลอำนาจในการดูดซับขึ้นกับปริมาณน้ำที่มี ถ้ามีน้ำมากจะทำให้ความสามารถในการดูดซับน้อยลง ตัวทำละลายที่ใช้คล้ายคลึงกับวิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟี และส่วนมากใช้ตัวทำละลายผสม วิธีนี้ใช้แยกสารจำนวนน้อยออกจากกัน และใช้ระบุชนิดของสารเพราะถ้าใช้ตัวดูดซับเดียวกัน ระบบตัวทำละลายเดียวกัน ที่อุณหภูมิ และสภาวะเดียวกัน สารหนึ่งๆ จะมีค่า Rate of flow หรือ  $R_f$  คงที่ ค่า  $R_f$  คือ อัตราส่วนของระยะทางที่สารเคลื่อนที่ต่อระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่สารเคลื่อนที่}}{\text{ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่}}$$

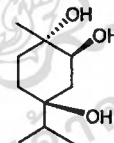
## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกำจัดต้นนั้นมักจะกล่าวถึงการสกัดแยกสาร การทดสอบฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ และการปรับปรุงโครงสร้างของแซนโทกซิลิน 1 เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านการอักเสบ

ในปี ค.ศ. 1976 Thappa และคณะ [28] ได้ทำการศึกษาและสกัดน้ำมันหอมระเหยจากผลของ *Zanthoxylum budrangu* พบว่าได้สารชนิดใหม่กลุ่ม monoterpene triol ได้แก่ 1S, 2S, 4S-trihydroxy-p-menthane 36 และ 1S, 2R, 4S-trihydroxy-p-menthane 37

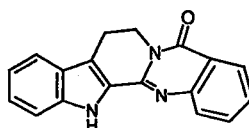


(36) 1S, 2R, 4S-trihydroxy-p-menthane



(37) 1S, 2S, 4S-trihydroxy-p-menthane

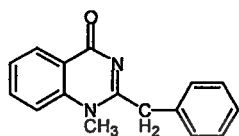
Banerjee และคณะ [29] ได้ทำการศึกษาผลและเม็ล็ดของ *Zanthoxylum budrangu* พบสารประกอบอัลคาลอยด์คือ Rutaecarpine 38



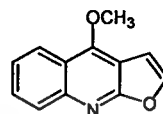
(38) Rutaecarpine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

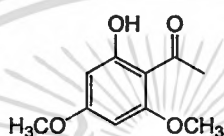
นิจศิริ และคณะ [30] ได้แยกสารประกอบจากผลกำจัดต้น 3 ชนิด และสามารถสกัดแยกอัลคาลอยด์ 2 ชนิดได้แก่ Arborine 39 และ Dictamnine 40 นอกจากนั้น สามารถแยกแซนโทกซิลิน 1 ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดใหม่สำหรับพืชในวงศ์นี้



(39) Arborine



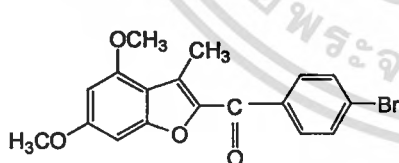
(40) Dictamnine



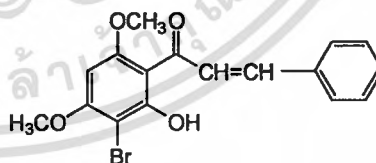
(1) Xanthoxyline

Yunes และคณะ [31] ได้ศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของแซนโทกซิลิน 1 ที่แยกได้จากส่วนเปลือกและใบของ *Sebastiania schottiana* พบว่าแซนโทกซิลินมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา และยีสต์ โดยมีค่า MIC อยู่ระหว่าง 62.5 ถึง 125  $\mu\text{g/mL}$

Yunes และคณะ [32] สังเคราะห์อนุพันธ์ของแซนโทกซิลิน 1 สารอนุพันธ์ 2-(4-benzyloxybenzyloxy)-4, 6-dimethoxyacetophenone 41 และ 1-(3-bromo-4, 6-dimethoxy-2-hydroxyphenyl)-3-phenyl-2-propene-1-one 42 ออกฤทธิ์ต้านอักเสบ และบรรเทาความเจ็บปวด



(41)



(42)

พัชนี และคณะ [33] ได้ทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดของผลกำจัดต้นด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด พบว่า สารสกัดชั้นคลอโรฟอร์มมีฤทธิ์ในการเชื่อมมาลาเรีย (*Plasmodium falciparum*) และต้านเชื้อวัณโรค (*Mycobacterium tuberculosis*)

สำหรับงานทางด้านอัลลีโลพาทีของผลกำจัดต้นเริ่มจาก จรัล [34] ได้ศึกษาผลของสารสกัดจากผลกำจัดต้นด้วยน้ำพบว่า สารสกัดของผลกำจัดต้นด้วยน้ำอัตราส่วน 1:10 (น้ำหนักแห้ง : ปริมาตร) สามารถยับยั้งการงอกของผักกาดหัวและผักกวางตุ้งได้อย่างสมบูรณ์ และเมื่อสกัดสารจากผลกำจัดต้นด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด พบว่า สารสกัดของผลกำจัดต้นด้วยคลอโรฟอร์มสามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของผักกาดหัว (*R. sativus* var. *longipinnatus* L.) และผักกวางตุ้ง (*B. campestris* var. *chinensis*) ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะเมื่อใช้ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น

พ��นี และคณะ [35] แยกสารสำคัญจากผลกำจัดต้นคือแซนโทกซิลิน และเมื่อนำมาทดสอบฤทธิ์ทางอัลลีโลพาทีพบว่า แซนโทกซิลินสามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ 2 ชนิดได้แก่ ผักโขม (*Amaranthus tricolor*) และผักกาดหัว (*R. sativus* var. *longipinnatus* L.) ได้อย่างสมบูรณ์ที่ระดับความเข้มข้น 3,000 ppm

สืบศักดิ์ และคณะ [36] ได้ทดสอบแซนโทกซิลินต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของ ข้าว (*Oryza sativa*) และหญ้าข้าวนก (*Echinochloa crus-galli*) โดยวิธี Water Culture Test พบว่าแซนโทกซิลินไม่มีผลต่อการงอกของข้าว สำหรับหญ้าข้าวนกพบว่าการใช้แซนโทกซิลินที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm มีผลในการยับยั้งการงอกของเมล็ดหญ้าข้าวนกได้ 78.59 เปอร์เซ็นต์

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

##### 3.1.1 สารเคมี

1. เฮกเซน	เกรดการค้า ZEN POINT
2. เอทิล อะซิเตต	เกรดการค้า ZEN POINT
3. เมทานอล	เกรดการค้า ZEN POINT
4. ไดคลอโรมีเทน	เกรดการค้า ZEN POINT
5. อะซิโตน	เกรดวิเคราะห์ LAB SCAN
6. ไพรีดีน	เกรดวิเคราะห์ LAB SCAN
7. โซเดียมซัลเฟต แอนไฮดรัส	เกรดวิเคราะห์ LAB SCAN
8. แมกนีเซียมซัลเฟต แอนไฮดรัส	เกรดวิเคราะห์ UNILAB
9. เบนโซอิล คลอไรด์	เกรดวิเคราะห์ Fluka
10. 2-คลอโรเบนโซอิล คลอไรด์	เกรดวิเคราะห์ Fluka
11. 2, 4-ไดคลอโรเบนโซอิล คลอไรด์	เกรดวิเคราะห์ Fluka
12. ไฮดรอกซีลามีนไฮโดร คลอไรด์	เกรดวิเคราะห์ Fluka
13. อัลลิล โบรไมด์	เกรดวิเคราะห์ Fluka
14. ไดเมทิล ฟอร์มมาไมด์	เกรดวิเคราะห์ Fluka
15. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ อิ่มตัว	
16. สารละลาย 2M โซเดียมไฮดรอกไซด์	
17. สารละลาย 10% กรดไฮโดรคลอริก	
18. ซิลิกาเจล ขนาด 0.02-0.06 มิลลิเมตร	Scharlau GE0048
19. ซิลิกาเจล ขนาด 0.06-0.2 มิลลิเมตร	CARLO ERBA
20. เบนโทไนต์	เกรดวิเคราะห์ Fluka

##### 3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ขวดก้นกลม ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร
2. บีกเกอร์
3. กระบอกตวง ขนาด 10 และ 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ขวดรูปชมพู่
5. ปีเปต ขนาด 5 มิลลิลิตร
6. หลอดทดลอง
7. งานเพาะเชื้อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร
8. ซ้อนดักสาร
9. หลอดหยด
10. คอลัมน์
11. กรวยแยก
12. แท่งแก้วคน
13. โกร่งบดสาร
14. ตู้อบ
15. ขวดรูปชมพู่
16. อ่างน้ำมัน
17. กรวยกรอง
18. หลอดฉีดยาพลาสติก
19. เครื่องระเหยสุญญากาศรุ่น Rotavapor R-114 BÜCHI
20. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง รุ่น TC -254 Denver Instrument Company
21. แผ่นทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี ( TLC aluminium sheets, silica gel F<sub>254</sub> MERCK)
22. เครื่องหาจุดหลอมเหลว (GALLENKAMP SANYO)
23. เครื่องปั่นกวนแม่เหล็ก
24. เครื่องฟูเรียรทรานสฟอร์มเมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทสโกปี BRUKER รุ่น Avance DPX 300 ความถี่ 300 เมกะเฮิร์ต

### 3.2 พืชทดสอบ

พืชทดสอบที่ใช้ในการทดลองคือ ผักกวางตุ้ง (*B. campestris* var. *chinensis*) และผักโขม (*A. tricolor*)

### 3.3 สภาวะที่ใช้ในการทดลอง

ตัวทำละลาย : ไพริดินที่ใช้ในการทดลองถูกนำมาผ่านกระบวนการกลั่นที่อุณหภูมิ 115-116 องศาเซลเซียส และเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อดูค้ำที่อยู่ในตัวทำละลายไพริดิน ระยะเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้ 30 วัน ตัวทำละลายที่ใช้ในการทำโครมาโทกราฟี ได้แก่ เฮกเซน เอทิล อะซิเตต และเมทานอล กลั่นที่อุณหภูมิจุดเดือดของตัวทำละลายแต่ละชนิดก่อนนำมาใช้ทำการทดลอง

จุดหลอมเหลว (melting point; mp) เครื่อง GALLENKAMP SANYO

สเปกตรัม  $^1\text{H}$  และ  $^{13}\text{C}$  NMR ถูกบันทึกโดยเครื่องด้วยเครื่องฟูเรียรทรานสฟอร์มเมกเนติกเรโซแนนซ์ BRUKER รุ่น Avance DPX 300 ความถี่ 300 เมกะเฮิร์ต สารตัวอย่างถูกละลายโดยใช้ตัวทำละลาย  $\text{CDCl}_3$  โดยมี Tetramethylsilane (TMS) เป็นสารมาตรฐาน สำหรับสเปกตรัม  $^1\text{H}$  NMR ปรากฏตำแหน่งของสัญญาณโปรตอนของ  $\text{CHCl}_3$  ที่  $\delta$  7.26 ppm และ  $^{13}\text{C}$  NMR ที่  $\delta$  77.0 ppm

ก่อนทำปฏิกิริยาทุกครั้ง ทำการอบเครื่องแก้วที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อกำจัดความชื้นออกจากเครื่องแก้ว

การทดสอบผลของแซนทอกซีลินและอนุพันธ์ต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ ทำที่อุณหภูมิห้อง วางขวดที่บรรจุพืชทดสอบไว้ที่เดียวกันตลอดการทดลอง

### 3.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.4.1 เตรียมสารสกัดจากผลกำจัดต้นแห้ง โดยการแช่ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ จากความมีขี้้นน้อยไปหาขี้้นมาก คือ เฮกเซน เอทิล อะซิเตต และเมทานอล ตามลำดับ

3.4.2 แยกแซนทอกซีลินจากสารสกัดในชั้นเอทิล อะซิเตต โดยใช้เทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี

3.4.3 วิเคราะห์หาสูตร โครงสร้างของสารบริสุทธิ์ ด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี

3.4.4 ทดสอบฤทธิ์ของแซนทอกซีลินต่อการยับยั้งการงอก และการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

3.4.5 เตรียมสารอนุพันธ์ของแซนทอกซีลิน และนำมาทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบเปรียบเทียบกับแซนทอกซีลิน

### 3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การเตรียมสารสกัดจากชั้นเอทิล อะซิเตตจากผลต้นกำจัดต้นแห้ง

3.5.1.1 นำผลกำจัดต้นแห้งมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด ชั่งน้ำหนัก 1 กิโลกรัม จากนั้นแช่ในตัวทำละลายเฮกเซน โดยใช้ปริมาตรตัวทำละลาย 2.5 ลิตร แช่ในภาชนะปิด ทำการคนทุกวันเป็นเวลา 7 วัน

3.5.1.2 นำสารสกัดที่ได้มากรองผ่านผ้าขาวบาง และกระดาษกรองเบอร์ 1 ตามลำดับ แยกกากและสารสกัดชั้นเฮกเซน จากนั้นนำกากผลกำจัดต้นไปแช่ในตัวทำละลายเอทิล อะซิเตต ปริมาตร 2.5 ลิตรเป็นเวลา 7 วันเช่นกัน

3.5.1.3 ทำการกรองแยกกาก และตัวทำละลายชั้นเอทิล อะซิเตต ทำการระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนสารสกัดแห้ง จะได้สารสกัดหยาบชั้นเอทิล อะซิเตต

3.5.1.4 ทำการทดลองซ้ำในข้อ 3.5.1.3 แต่เปลี่ยนตัวทำละลายเป็นเมทานอล จะได้สารสกัดหยาบชั้นเมทานอล

### 3.5.2 การแยกสารสกัดในชั้นเอทิล อะซิเตตโดยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี

3.5.2.1 ทำการตั้งคอลัมน์ในแนวตั้ง บรรจุคอลัมน์ด้วยวิธีแบบเหลวชั้น (slurry method) โดยผสมเฮกเซนและซิลิกาเจลเข้าด้วยกันในบีกเกอร์ ใช้แท่งแก้วคนซิลิกาเจลจนกระทั่งไม่มีฟองอากาศเหลืออยู่ โดยของผสมนี้เรียกว่า slurry จากนั้นค่อยๆ เท slurry ลงในคอลัมน์ ในขณะที่เดียวกันเปิดก๊อกให้เฮกเซนออกจากคอลัมน์ ทำการเท slurry ลงในคอลัมน์จนหมด แล้วใช้ลูกยางเคาะเบาๆ เพื่อให้การเรียงตัวของซิลิกาเจลสม่ำเสมอ เมื่อบรรจุซิลิกาเจลได้สูงตามต้องการแล้วเติมผงแมกนีเซียม ซัลเฟตที่ผิวด้านบนของซิลิกาเจล เพื่อป้องกันการถูกรบกวนบริเวณผิวหน้าซิลิกาเจล

3.5.2.2 เตรียมสารสกัดหยาบชั้นเอทิล อะซิเตตที่ได้จากข้อ 3.5.1.3 โดยผสมสารสกัดหยาบกับซิลิกาเจลขนาด 0.06-0.2 มิลลิเมตร แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นค่อยๆ เทลงในคอลัมน์ ทำการชะสารออกจากคอลัมน์ด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำที่สุดคือ 100 เปอร์เซ็นต์ เฮกเซน เก็บสารละลายครั้งละ 20 มิลลิลิตรในขวดรูปชมพู่ และทำการเพิ่มขั้วตัวทำละลายช้าๆ โดยใช้ตัวผสมระหว่างเฮกเซนกับเอทิล อะซิเตต โดยการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของเอทิล อะซิเตตทีละ 1 เปอร์เซ็นต์ จนถึงอัตราส่วนเฮกเซน : เอทิล อะซิเตต เท่ากับ 95 : 5 จากนั้นเพิ่มเปอร์เซ็นต์เอทิล อะซิเตต ครั้งละ 5 เปอร์เซ็นต์ จนถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ของเอทิล อะซิเตต

3.5.2.3 ทำการตรวจสอบสารที่ออกจากคอลัมน์ ด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (Thin Layer Chromatography) โดยเทียบกับสารสกัดหยาบ โดยใช้ระบบตัวทำละลายใน TLC chamber เป็นสารละลายผสมระหว่างเฮกเซนกับเอทิล อะซิเตต 9 : 1 โดยอัตราส่วนโดยปริมาตร จากนั้นรวมสารละลายในขวดที่ให้ผลทดสอบกับแผ่นทินเลเยอร์ที่เหมือนกันเข้าด้วยกัน แล้วนำไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ จะได้สารกลุ่มย่อยของสารสกัดหยาบเอทิล อะซิเตต

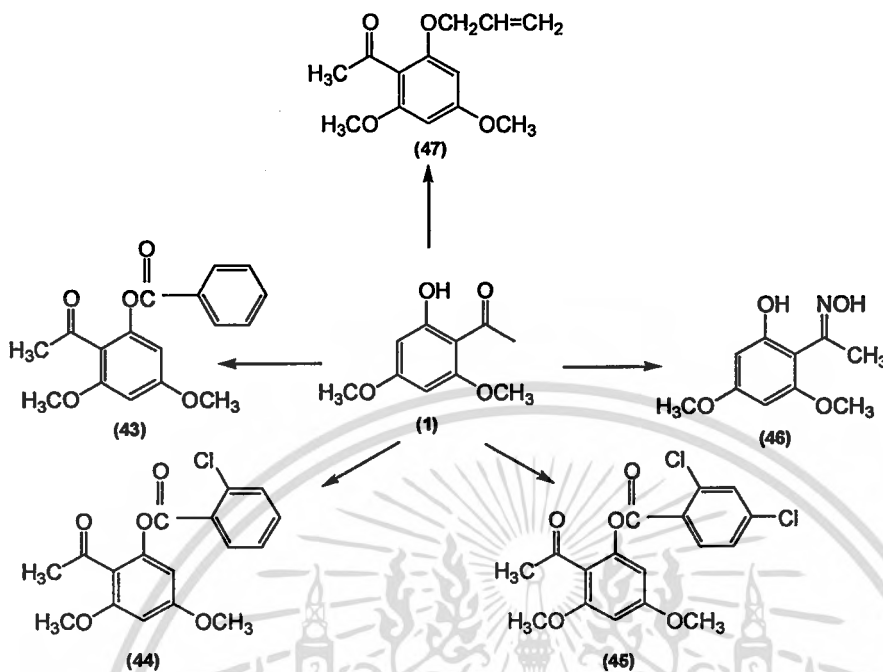
### 3.5.3 การแยกสารแซนโทกซิลินจากสารสกัดหยาบชั้นเอทิล อะซิเตต

3.5.3.1 ทำการทดลองเหมือนกับ 3.5.2 แซนโทกซิลินจะถูกชะออกจากคอลัมน์ในอัตราส่วนระหว่างเฮกเซนและเอทิล อะซิเตต เท่ากับ 98 : 2

3.5.3.2 ทำการวิเคราะห์โครงสร้างของแซนโทกซิลินด้วยเทคนิคทางนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี และเปรียบเทียบข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง [37]

### 3.6 การเตรียมสารอนุพันธ์ของแซนทอกซิลิน

การสังเคราะห์อนุพันธ์ของแซนทอกซิลินสามารถสรุปได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.1

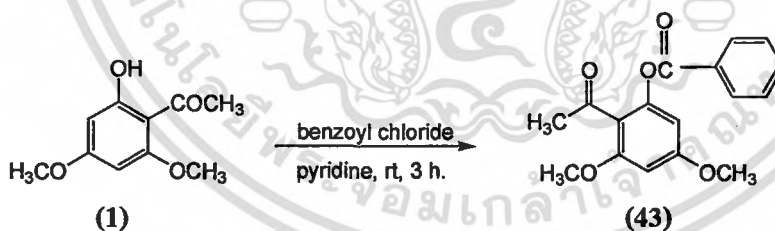


รูปที่ 3.1 แสดงการเตรียมอนุพันธ์ของแซนทอกซิลิน

#### 3.6.1 การสังเคราะห์อนุพันธ์ของแซนทอกซิลินโดยทำการเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่เอสเตอร์

##### 3.6.1.1 การสังเคราะห์สาร 2-Benzoyloxy-4,6-dimethoxyacetophenone 43

แผนภาพที่ 1

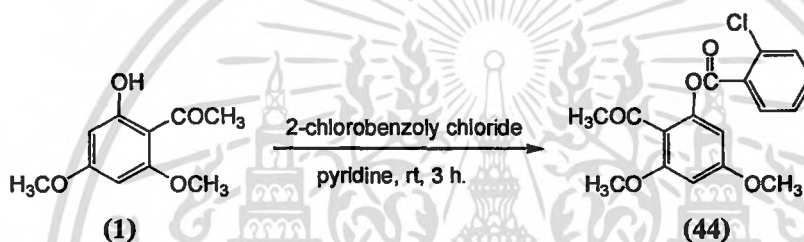


1. ชั่งแซนทอกซิลิน 1 227.40 มิลลิกรัม (1.16 มิลลิโมล) ลงในขวดก้นกลมขนาด 50 มิลลิลิตร ละลายด้วย ไพริดีน 5 มิลลิลิตร ทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที
2. เติมเบนโซอิล คลอไรด์ 0.1049 มิลลิลิตร (1.16 มิลลิโมล) ลงในขวดก้นกลมจากข้อ 1 ที่อุณหภูมิห้อง และทำการปั่นกวนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
3. ทดสอบการดำเนินของปฏิกิริยาโดยใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี โดยเปรียบเทียบกับสารตั้งต้น ในระบบตัวทำละลายของเฮกเซนผสมกับเอทิล อะซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หลังจากปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์แล้ว เทสารละลายลงในน้ำปริมาตร 10 มิลลิลิตร สกัดแยกสารผลิตภัณฑ์ด้วยเอทิล อะซิเตต (2X10 มิลลิลิตร)
5. สกัดล้างชั้นเอทิล อะซิเตต ด้วยสารละลาย 2M โซเดียม ไฮดรอกไซด์ 10 มิลลิลิตร
6. กำจัดน้ำออกจากชั้นเอทิล อะซิเตตด้วยโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ กรองแยกโซเดียมซัลเฟต และระเหยเอทิล อะซิเตตด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ
7. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี ระบบของตัวละลายคือ เฮกเซนต่อเอทิล อะซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 92 : 8 ได้สารผลิตภัณฑ์ 43 237.3 มิลลิกรัม (68.17 เปอร์เซ็นต์) มีค่า  $R_f$  เท่ากับ 0.2
8. ทำการตรวจสอบ โครงสร้างสารผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี

### 3.6.1.2 การสังเคราะห์สาร 2-(2-chloro)Benzoyloxy-4, 6-dimethoxyacetophenone 44 แผนภาพที่ 2

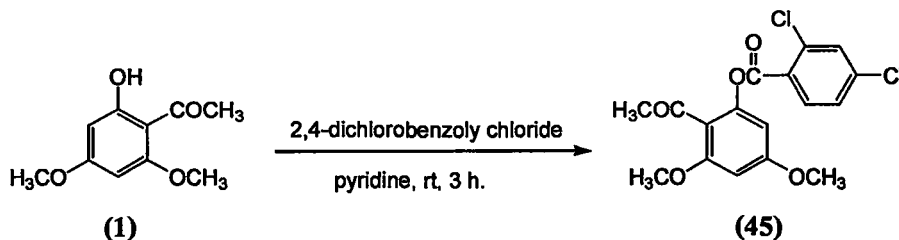


1. สภาวะที่ใช้ในการสังเคราะห์สาร 44 ใช้ภายใต้สภาวะเดียวกับการสังเคราะห์สาร 43
2. ชั่งแขนทอกซิลิน 155.6 มิลลิกรัม (0.7983 มิลลิโมล) ลงในขวดก้นกลมขนาด 50 มิลลิลิตร ละลายด้วยไพริดีน 3 มิลลิลิตร ทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที
3. เติม 2-คลอโรเบนโซอิล คลอไรด์ 0.1512 มิลลิลิตร (1.19 มิลลิโมล)
4. ทดสอบการดำเนินของปฏิกิริยาโดยใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี โดยเปรียบเทียบกับสารตั้งต้น ในระบบตัวทำละลายของเฮกเซนผสมกับเอทิล อะซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2
5. หลังจากปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์แล้ว เทสารละลายลงในน้ำปริมาตร 10 มิลลิลิตร สกัดแยกสารผลิตภัณฑ์ด้วยเอทิล อะซิเตต (2X10 มิลลิลิตร)
6. สกัดล้างชั้นสารเอทิล อะซิเตตด้วยสารละลาย 2M โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 มิลลิลิตร
7. กำจัดน้ำออกจากชั้นเอทิล อะซิเตต ด้วยโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ กรองแยกเอทิลอะซิเตต แล้วระเหยเอทิล อะซิเตตด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ
8. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี ระบบของตัวละลายคือ เฮกเซนต่อเอทิล อะซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 90 : 10 ได้สารผลิตภัณฑ์ 44 135.5 มิลลิกรัม (51.18 เปอร์เซ็นต์) มีค่า  $R_f$  เท่ากับ 0.15
9. ทำการตรวจสอบ โครงสร้างสารผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.1.3 การสังเคราะห์สาร 2-(2, 4-dichloro)Benzoyloxy-4, 6-dimethoxyacetophenone 45

แผนภาพที่ 3

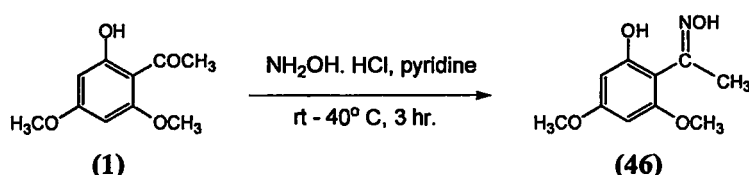


1. สภาพที่ใช้ในการสังเคราะห์สาร 45 ใช้ภายใต้สภาวะเดียวกับการสังเคราะห์สาร 43
2. ชั่งแขนทอกซิลิน 104.5 มิลลิกรัม (0.53 มิลลิโมล) ลงในขวดก้นกลมขนาด 50 มิลลิลิตร ละลายด้วยไพริดีน 3 มิลลิลิตร ทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที
3. เติม 2, 4-ไดคลอโรเบนโซอิล คลอไรด์ 1.5 มิลลิลิตร (1.1 มิลลิโมล)
4. ทดสอบการดำเนินของปฏิกิริยาโดยใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี โดยเปรียบเทียบกับสารตั้งต้น ในระบบตัวทำละลายของเฮกเซนผสมกับเอทิล อะซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2
5. หลังจากปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์แล้ว เทสารละลายลงในน้ำปริมาตร 10 มิลลิลิตร สกัดแยกสารผลิตภัณฑ์ด้วยเอทิล อะซิเตต (2X10 มิลลิลิตร)
6. สกัดล้างชั้นเอทิล อะซิเตต ด้วยสารละลาย 2M โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 มิลลิลิตร
7. กำจัดน้ำออกจากชั้นเอทิล อะซิเตตด้วยโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ กรองแยกโซเดียมซัลเฟต แล้วระเหยเอทิล อะซิเตต ด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ
8. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี ระบบของตัวชะสารคือ เฮกเซนต่อเอทิล อะซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 97 : 3 ได้สารผลิตภัณฑ์ (45) 139.2 มิลลิกรัม (71.16 เปอร์เซ็นต์) มี ค่า  $R_f$  เท่ากับ 0.35
9. ทำการตรวจสอบโครงสร้างสารผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี

### 3.6.2 การสังเคราะห์อนุพันธ์ของแขนทอกซิลินโดยทำการเปลี่ยนหมู่คีโตนเป็นหมู่ออกซิม

#### 3.6.2.1 การสังเคราะห์สาร 1-(2-hydroxy-4, 6-dimethoxyphenyl)Ethanone oxime 46

แผนภาพที่ 4



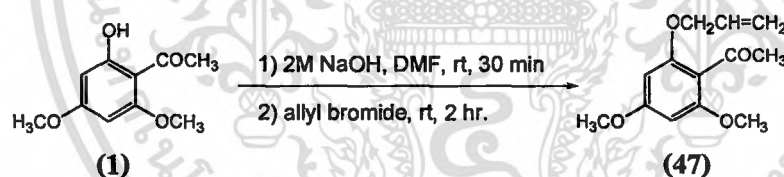
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ชั่งแซนทอกซิลิน 1 201.3 มิลลิกรัม (1.02 มิลลิโมล) ลงในขวดก้นกลมขนาด 50 มิลลิลิตร ละลายด้วยไพริดีน 3 มิลลิลิตร ทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที
2. ชั่งไฮดรอกซิลามีน ไฮโดรคลอไรด์ 149.8 มิลลิกรัม (1.53 มิลลิโมล) ใส่ลงในสารละลายข้อ 1 ทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิปั่นกวนที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชม.
3. ทดสอบการดำเนินของปฏิกิริยาโดยใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี โดยเปรียบเทียบกับสารตั้งต้น ในระบบ ตัวทำละลายของเฮกเซนผสมกับเอทิล อะซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2
4. หลังจากปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์แล้ว นำสารละลายที่ได้ไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศเพื่อระเหยไพริดีนออก
5. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี ระบบของตัวสารคือ เฮกเซนต่อเอทิล อะซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 95: 5 ได้สารผลิตภัณฑ์ 46.86 มิลลิกรัม (39.63 เปอร์เซ็นต์) มีค่า  $R_f$  เท่ากับ 0.35
6. ทำการตรวจสอบโครงสร้างสารผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี

### 3.6.3 การสังเคราะห์อนุพันธ์ของแซนทอกซิลินโดยทำการเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่เอเทอร์

#### 3.6.3.1 การสังเคราะห์สาร 1-(2-allyloxy)-4, 6-dimethoxyphenyl Ethanone 47

แผนภาพที่ 5



1. ชั่งแซนทอกซิลิน 1 242.3 มิลลิกรัม (1.24 มิลลิโมล) ลงในขวดก้นกลมขนาด 50 มิลลิลิตร ละลายด้วยไดเมทิลฟอร์มาไมด์ 10 มิลลิลิตร ทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที
2. เติม 2 M โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 มิลลิลิตร ลงในสารละลายข้อ 1 ทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที
3. เติมอัลลิล โบรไมด์ 0.3 มิลลิลิตร (3.54 มิลลิโมล) ทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
3. ทดสอบการดำเนินของปฏิกิริยาโดยใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี โดยเปรียบเทียบกับสารตั้งต้นในระบบ ตัวทำละลายของเฮกเซนผสมกับเอทิล อะซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หลังจากปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์แล้ว เทสารละลายลงในน้ำปริมาตร 10 มิลลิลิตร สกัดแยกสารผลิตภัณฑ์ด้วยเอทิล อะซิเตต (2X10 มิลลิลิตร)

6. สกัดล้างชั้นเอทิล อะซิเตต ด้วยสารละลาย 10% กรดไฮโดรคลอริก

7. กำจัดน้ำออกจากชั้นเอทิล อะซิเตตด้วยโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ กรองแยกโซเดียมซัลเฟต แล้วระเหยเอทิล อะซิเตต ด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ

8. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี ระบบของตัวชะสารคือ เฮกเซนต่อเอทิล อะซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 97 : 3 ได้สารผลิตภัณฑ์ 47.141.6 มิลลิกรัม (48.53 เปอร์เซ็นต์) มี ค่า  $R_f$  เท่ากับ 0.20

9. ทำการตรวจสอบโครงสร้างสารผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี

### 3.7 การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของแขนทอกซิลินและอนุพันธ์ [38]

การทดสอบผลทางอัลลีโลพาตีของแขนทอกซิลิน 1 และอนุพันธ์ จะเลือกทำการทดสอบในงานเพาะเชื้อ (Petri dishes test) ในการทดลองนี้เลือกใช้เมล็ดกวางตุ้ง และผักโขม เป็นพืชทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับการเพาะเมล็ดในน้ำกลั่นผสมกับผง (เปียก) ไม่ละลายน้ำ (WP) โดยแต่ละการทดลองใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีระดับความเข้มข้นเป็น 100 200 400 และ 800 ppm

#### 3.7.1 การเตรียม WP (Wettable powder)

ทำการผสมเบนโทไนต์ (bentonite) สารจับผิว (surfactant) และสารซักฟอก (detergent) ด้วยอัตราส่วน 97 : 1.5 : 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ละลายเข้าด้วยกันด้วยตัวทำละลายอะซิโตน บดให้เข้ากันด้วยโกร่งบดสารจนได้เป็นผงแห้ง จากนั้นละลายด้วยตัวทำละลายอะซิโตนและบดให้แห้งอีก 2 ครั้ง

#### 3.7.2 การเตรียมสารละลายของแขนทอกซิลินและอนุพันธ์

วิธีการเตรียมสารละลายแขนทอกซิลิน 1 ให้มีระดับความเข้มข้นเป็น 100 200 400 และ 800 ppm มีวิธีการดังนี้

1. ชั่งแขนทอกซิลิน 1 32 มิลลิกรัม และผง WPหนัก 211.33 มิลลิกรัม เทใส่ในโกร่งบดสาร ผสมเข้าด้วยกัน โดยการเติมตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน

2. ทำการบดแขนทอกซิลิน 1 ผสมกับผง WP จนตัวทำละลายระเหยออกหมดจะได้สารลักษณะผงละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำผงละเอียดมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ทำการคนให้สารละลายเกิดการกระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้ผง WP ผสมแซนโทกซิดินที่มีความเข้มข้น 800 ppm ปริมาตร 40 มิลลิลิตร

4. ทำการเจือจางสารละลายแซนโทกซิดิน 1 ความเข้มข้น 800 ppm ด้วยสารละลายผง 85 เปอร์เซ็นต์ของ WP เพื่อให้ได้สารละลายเข้มข้น 100 200 และ 400 ppm

### 3.7.3 วิธีการทดสอบผลทางอัลลีโลพาตี

การทดสอบทำในงานเพาะเชื้อขนาด 6 เซนติเมตร เมื่อทำการเจือจางสารละลายแซนโทกซิดินให้มีความเข้มข้น 100 200 400 และ 800 ppm แล้วนำมาทดสอบผลทางอัลลีโลพาตี โดยทดสอบเปรียบเทียบกับสารละลายผง 85 เปอร์เซ็นต์ของ WP ที่ไม่มีสารออกฤทธิ์ โดยทำการทดสอบในงานเพาะเชื้อที่ภาวะเดียวกัน

การทดสอบในงานเพาะเชื้อ

1. ใส่อุสสารละลายแซนโทกซิดิน 1 ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ด้วยปิเปตขนาด 5 มิลลิลิตร ฉีดลงในงานเพาะเชื้อ ที่วางด้วยกระดาษเพาะเมล็ด
2. ใส่เมล็ดพืชทดสอบลงในงานเพาะเชื้อจำนวน 10 เมล็ดต่องานเพาะ
3. ปิดฝาครอบเพื่อป้องกันการระเหยของสาร และวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง

### 3.7.4 การบันทึกผลการทดลอง

นับจำนวนเมล็ดที่งอกในวันที่ 7 โดยนับเมล็ดที่มีรากโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาอย่างน้อย 2 มิลลิลิตร แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การขยับยั้งการงอกของเมล็ด ทำการวัดความยาวต้น ความยาวราก คำนวณเปอร์เซ็นต์ขยับยั้งความยาวต้นความยาวราก

### 3.7.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

#### 4.1 การแยกแชนทอกซิลิน 1 จากสารสกัดหยาบชั้นเอทิล อะซิเตตจากผลกำจัดต้น

จากการนำสารสกัดหยาบชั้นเอทิล อะซิเตตมาระเหยตัวทำละลาย แล้วแยกแชนทอกซิลิน ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี ได้สารสกัดหยาบชั้นเอทิล อะซิเตตและน้ำหนักรวมของแชนทอกซิลินดังนี้

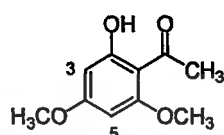
น้ำหนักสารสกัดหยาบชั้นเอทิล อะซิเตต	80	กรัม
น้ำหนักสารแชนทอกซิลิน	15.66	กรัม

#### 4.2 การเตรียมสารอนุพันธ์ของแชนทอกซิลิน

เนื่องจากแชนทอกซิลิน เป็นองค์ประกอบหลักในสารสกัดหยาบชั้นเอทิล อะซิเตต และมีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ [34] จากการอ้างอิงผลงานวิจัยที่ผ่านมา พัทธนิและยังยง [39] ทำการเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิลของแชนทอกซิลินเป็นหมู่เอสเตอร์ สามารถเพิ่มฤทธิ์การยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบได้ โดยที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้ง ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบโดยวิธีระเหยตัวทำละลายออก โดยไม่มีการผสมสารออกฤทธิ์กับ WP ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาโดยเน้นการปรับเปลี่ยน โครงสร้างของแชนทอกซิลิน โดยการเพิ่มหมู่ฟังก์ชันฮาโลเจนบนวงเบนซีนของหมู่เอสเตอร์ เปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่อีเทอร์ โดยการเปลี่ยนเป็นหมู่อัลลิล และเปลี่ยนหมู่คาร์บอนิลเป็นหมู่ออกซิม สารอนุพันธ์ทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ สาร 2-benzoyl-4, 6-dimethoxyacetophenone 43 สาร 2-(2-chloro)benzoyloxy-4, 6-dimethoxyacetophenone 44 สาร 2-(2,4-dichloro)benzoyloxy-4, 6-dimethoxyacetophenone 45 สาร 1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)ethanone oxime 46 และ สาร 1-(2-allyloxy-4, 6-dimethoxyphenyl)ethanone 47 จากการทดสอบการละลายพบว่าสารกลุ่มนี้เป็นสารที่สามารถละลายในน้ำได้น้อย เพื่อให้สารออกฤทธิ์นั้นมีการกระจายตัวในน้ำได้มากขึ้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีทดสอบโดยการผสมผง (เปียก) ไม่ละลายน้ำกับสารออกฤทธิ์ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเปรียบเทียบผลการทดลองอีกด้วย

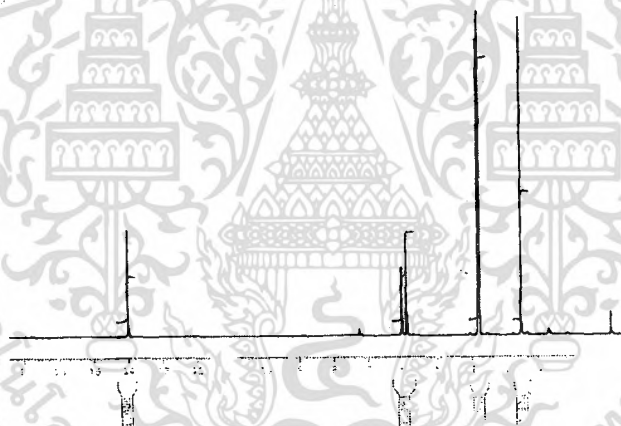
#### 4.2.1 วิเคราะห์สูตรโครงสร้างแซนทอกซีลิน

สารตั้งต้นที่ใช้ในการทดลองนี้คือ แซนทอกซีลิน ข้อมูลโครงสร้างของแซนทอกซีลิน โดยเทคนิค  $^1\text{H NMR}$  สเปกโทรสโกปี



(1) Xanthoxyline

พบว่า  $^1\text{H NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ ; 300 MHz)  $\delta$  2.59 (s, 3H,  $\text{COCH}_3$ ), 3.80 (s, 3H,  $\text{OCH}_3$ ), 3.84 (s, 3H,  $\text{OCH}_3$ ), 5.91(d, 1H, H-3,  $J = 2$  Hz), 6.04 (d, 1H,  $J = 2$  Hz, H-5) และ 14.02 (s, 1H, OH) [37]

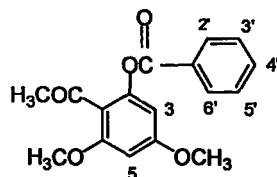


รูปที่ 4.1 แสดง  $^1\text{H NMR}$  สเปกตรัมของแซนทอกซีลิน (1) โดยใช้  $\text{CDCl}_3$  เป็นตัวทำละลาย

#### 4.2.2 การวิเคราะห์สูตรโครงสร้างอนุพันธ์ของแซนทอกซีลิน

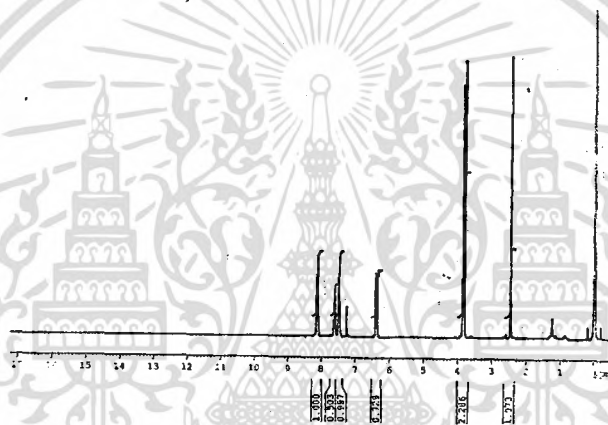
##### 4.2.2.1 อนุพันธ์ 2-Benzoyl-4, 6-dimethoxyacetophenone 43

สังเคราะห์สาร 43 จากการทำปฏิกิริยากันระหว่างแซนทอกซีลินกับเบนโซอิล คลอไรด์ โดยใช้ไพรีดีนเป็นตัวทำละลาย ได้สารผลิตภัณฑ์เป็นของแข็งสีขาว เปรอร์เซ็นต์ผลผลิตเท่ากับ 68.17 มีค่า  $R_f$  เท่ากับ 0.2 (เฮกเซน : เอทิล อะซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2) จุดหลอมเหลวเท่ากับ 87-88 องศาเซลเซียส



(43)

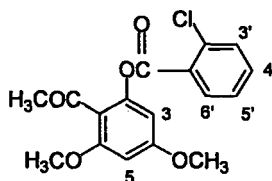
พบว่า  $^1\text{H NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ ; 300 MHz)  $\delta$  2.47 (s, 3H,  $\text{COCH}_3$ ), 3.82 (s, 3H,  $\text{OCH}_3$ ), 3.86 (s, 3H,  $\text{OCH}_3$ ), 6.36 (d, 1H, H-3,  $J = 2$  Hz), 6.40 (d, 1H,  $J = 2$  Hz, H-5), 7.48 (dd, 2H, H-3' และ H-5',  $J = 2$  Hz), 7.61 (dd, 1H, H-4') และ 8.12 (dd, 2H, H-2' และ H-6')



รูปที่ 4.2 แสดง  $^1\text{H NMR}$  สเปกตรัมของสาร 43 โดยใช้  $\text{CDCl}_3$  เป็นตัวทำละลาย

#### 4.2.2.2 อนุพันธ์ 2-(2-chloro)Benzoyloxy-4, 6-dimethoxyacetophenone 44

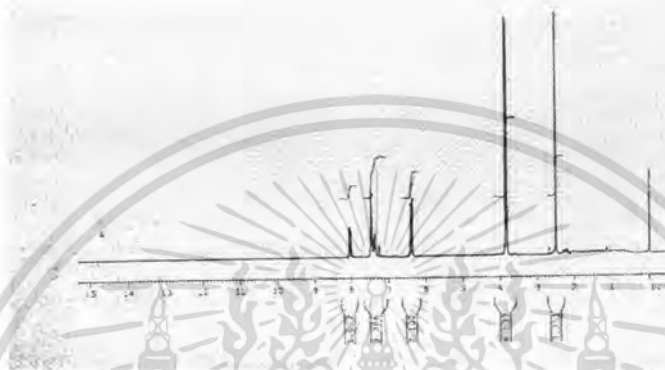
สังเคราะห์สาร 44 จากการทำปฏิกิริยากันระหว่างแซนทอกซิลินกับ 2-คลอโรเบนโซอิล คลอไรด์ โดยใช้ไพรีดีนเป็นตัวทำละลาย ได้สารผลิตภัณฑ์เป็นของแข็งสีขาว เปรอร์เซนต์ผลผลิตเท่ากับ 51.18 มีค่า  $R_f$  เท่ากับ 0.15 (เฮกเซน : เอทิล อะซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2) จุดหลอมเหลวเท่ากับ 81-83 องศาเซลเซียส



(44)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

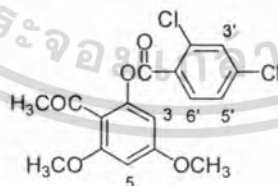
พบว่า  $^1\text{H NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ ; 300 MHz)  $\delta$  2.49 (s, 3H,  $\text{COCH}_3$ ), 3.82 (s, 3H,  $\text{OCH}_3$ ), 3.86 (s, 3H,  $\text{OCH}_3$ ), 6.37 (d, 1H, H-3,  $J = 2$  Hz), 6.41 (d, 1H,  $J = 2$  Hz, H-5), 7.34-7.47 (m, 3H, H-4', H-5' และ H-6'), 8.04 (d, 1H,  $J = 7$  Hz, H-3')



รูปที่ 4.3 แสดง  $^1\text{H NMR}$  สเปกตรัม ของสาร 44 โดยใช้  $\text{CDCl}_3$  เป็นตัวทำละลาย

#### 4.2.2.3 อนุพันธ์ 2-(2, 4-dichloro)Benzoyloxy-4, 6-dimethoxyacetophenone 45

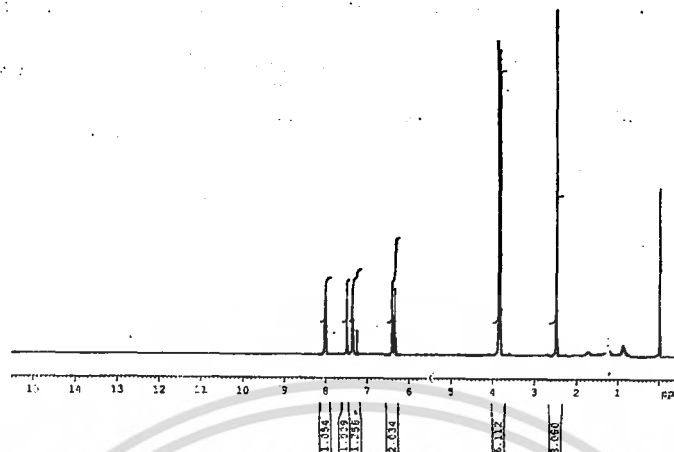
สังเคราะห์สาร 45 จากการทำปฏิกิริยากันระหว่างแซนโทกซิดินกับ 2, 4-ไดคลอโรเบนโซอิล คลอไรด์ โดยใช้ไพรีดีนเป็นตัวทำละลาย ได้สารผลิตภัณฑ์เป็นของแข็งสีขาว เปรอร์เซ็นต์ผลผลิตเท่ากับ 71.16 มีค่า  $R_f$  เท่ากับ 0.35 (เฮกเซน : เอทิล อะซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2) จุดหลอมเหลวเท่ากับ 109-112 องศาเซลเซียส



(45)

พบว่า  $^1\text{H NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ ; 300 MHz)  $\delta$  2.49 (s, 3H,  $\text{COCH}_3$ ), 3.83 (s, 3H,  $\text{OCH}_3$ ), 3.87 (s, 3H,  $\text{OCH}_3$ ), 6.35 (d, 1H,  $J = 2$  Hz, H-3), 6.40 (d, 1H, H-5,  $J = 2$  Hz), 7.35 (dd, 1H, H-3',  $J_{\text{H}3', 6'} = 1$  Hz,  $J_{\text{H}3', 5'} = 2$  Hz), 7.05 (dd, 1H, H-5',  $J = 7$  Hz) และ 8.01 (d, 1H, H-6',  $J = 7$  Hz)

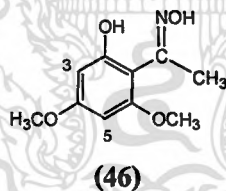
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



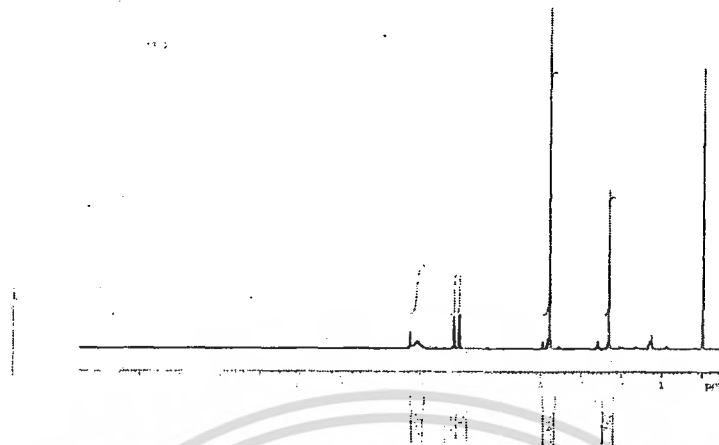
รูปที่ 4.4 แสดง  $^1\text{H}$  NMR สเปกตรัม ของสาร 45 โดยใช้  $\text{CDCl}_3$  เป็นตัวทำละลาย

#### 4.2.2.4 อนุพันธ์ 1-(2-hydroxy-4, 6-dimethoxyphenyl)Ethanone oxime 46

สังเคราะห์สาร 46 จากการทำปฏิกิริยากันระหว่างแซนทอกซิลินกับไฮดรอกซิลามีนไฮโดรคลอไรด์ โดยใช้ไพรีดีนเป็นตัวทำละลาย ได้สารผลิตภัณฑ์เป็นของแข็ง เบร์เซนต์ ผลผลิตเท่ากับ 39.63 มีค่า  $R_f$  เท่ากับ 0.35 (เฮกเซน : เอทิล อะซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2) จุดหลอมเหลวเท่ากับ 105-107 องศาเซลเซียส

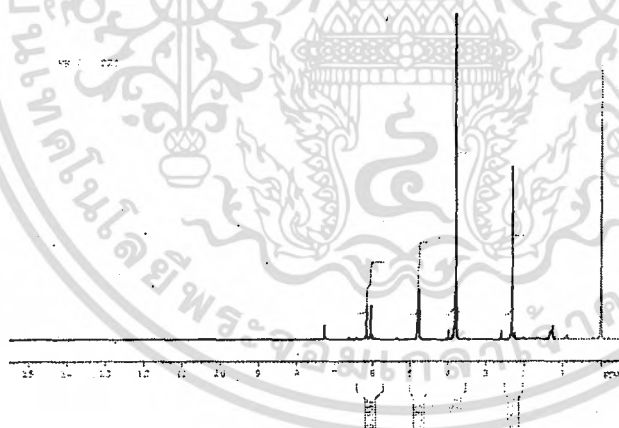


พบว่า  $^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ ; 300 MHz)  $\delta$  2.32 (s, 3H,  $\text{CH}_3$ ), 3.78 (2s, 3H,  $\text{OCH}_3$ ), 6.02 (d, 1H, H-3,  $J=2$  Hz), 6.15 (d, 1H,  $J=2$  Hz, H-5) และ 7.26 (1H, br., -NOH)



รูปที่ 4.5 แสดง  $^1\text{H}$  NMR สเปกตรัมของสาร 46 โดยใช้  $\text{CDCl}_3$  เป็นตัวทำละลาย

และยืนยันตำแหน่งไฮโดรเจนของ NOH โดยการนำไปเขย่ากับ  $\text{D}_2\text{O}$  (deuterium oxide) เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนระหว่างอะตอมของไฮโดรเจนและดิวทีเรียม จากสเปกตรัมรูปที่ 4.6 พบว่าไม่ปรากฏสัญญาณของ broad พีคที่  $\delta$  7.26 ppm



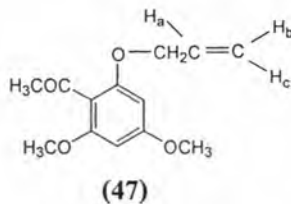
รูปที่ 4.6 แสดง  $^1\text{H}$  NMR สเปกตรัมของสาร 46 เมื่อเขย่ากับ  $\text{D}_2\text{O}$

#### 4.2.2.5 อนุพันธ์ 1-(2-allyloxy-4,6-dimethoxyphenyl)Ethanone 47

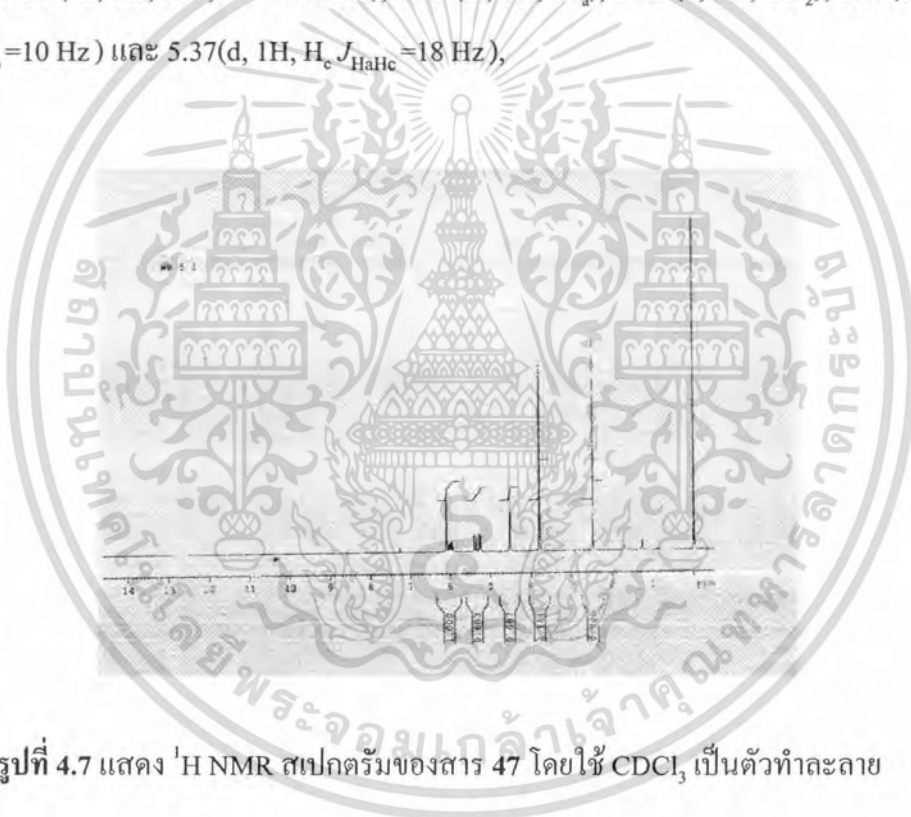
สังเคราะห์สาร 47 จากการทำปฏิกิริยากันระหว่างแซนทอกซิลินกับอัลลิล โบรไมด์ โดยใช้โคเมทิลฟอร์มาไมด์เป็นตัวทำละลาย ได้สารผลิตภัณฑ์เป็นของเหลวคล้ายน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเท่ากับ 48.53 มีค่า  $R_f$  เท่ากับ 0.2 (เฮกเซน : เอทิล อะซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2)



พบว่า  $^1\text{H NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ ; 300 MHz)  $\delta$  2.47 (s, 3H,  $\text{COCH}_3$ ), 3.78 (s, 3H,  $\text{OCH}_3$ ), 3.80 (s, 3H,  $\text{OCH}_3$ ), 6.11 (dd, 2H, H-3, H-5  $J = 2$  Hz), 6.09 (m, 1H,  $\text{H}_a$ ), 4.52 (d, 2H,  $\text{CH}_2$ ), 5.25 (d, 1H,  $\text{H}_b$ ,  $J_{\text{HaHb}} = 10$  Hz) และ 5.37 (d, 1H,  $\text{H}_c$ ,  $J_{\text{HaHc}} = 18$  Hz),



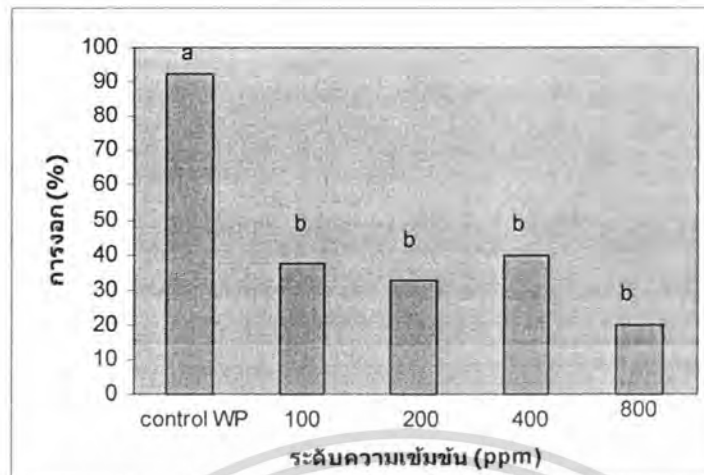
รูปที่ 4.7 แสดง  $^1\text{H NMR}$  สเปกตรัมของสาร 47 โดยใช้  $\text{CDCl}_3$  เป็นตัวทำละลาย

#### 4.3 การทดสอบเซนทอกซิดินผสม WP (Wettable powder) ต่อการออกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

##### (1) ผลต่อการออกและการเจริญเติบโตของผักวางตุ้ง

##### ผลต่อการออกของเมล็ดผักวางตุ้ง

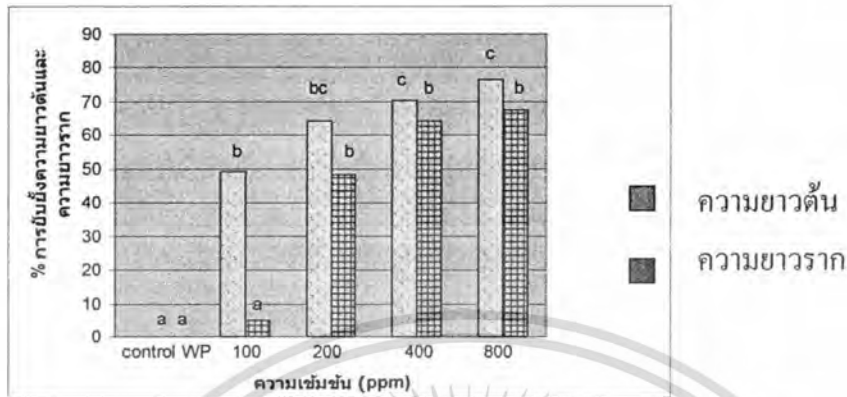
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



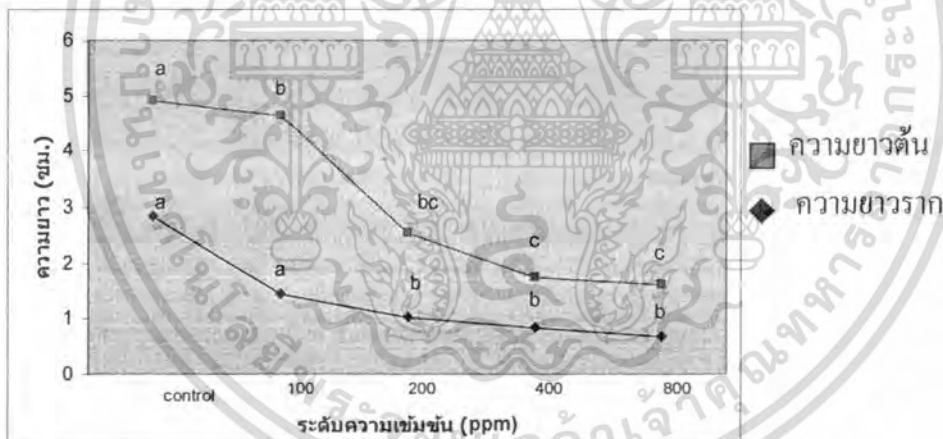
รูปที่ 4.8 ผลของแซนโทกซิลินต่อการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้ง 7 วันหลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย โดย DMRT ( $p = 0.05$ )

จากรูป 4.8 การใช้แซนโทกซิลินผสม WP ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 400 และ 800 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเมล็ดในน้ำกลั่นผสม WP จากการทดสอบผลต่อการงอกของผักกวางตุ้งในระยะเวลา 7 วัน พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้งได้ 63.50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นในช่วง 100-800 ppm นั้น ไม่มีผลต่อการเพิ่มหรือการลดเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดผักกวางตุ้ง

### ผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง



รูปที่ 4.9 ผลของแซนโทกซิลินต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง 7 วันหลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )



รูปที่ 4.10 ผลของความเข้มข้นของแซนโทกซิลินต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง ในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

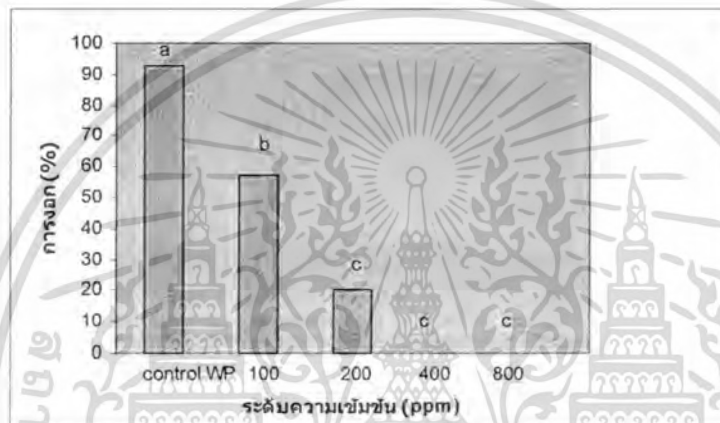
จากรูป 4.9 และ 4.10 ผลการทดสอบแซนโทกซิลินผสม WP ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นมีผลต่อการเพิ่มการยับยั้งความยาวต้น โดยที่ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้น 100 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นของผักกวางตุ้งได้ 49.12 เปอร์เซ็นต์ ในด้านความยาวรากพบว่า เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของแซนโทกซิลินมีผลต่อการเพิ่มการยับยั้งความยาวราก โดยระดับความเข้มข้นที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm สามารถให้ผลยับยั้งความยาวรากของเมล็ดผักกวางตุ้งได้ 48.47 เปอร์เซ็นต์

## (2) ผลต่อการงอกและเจริญเติบโตของผักโขม

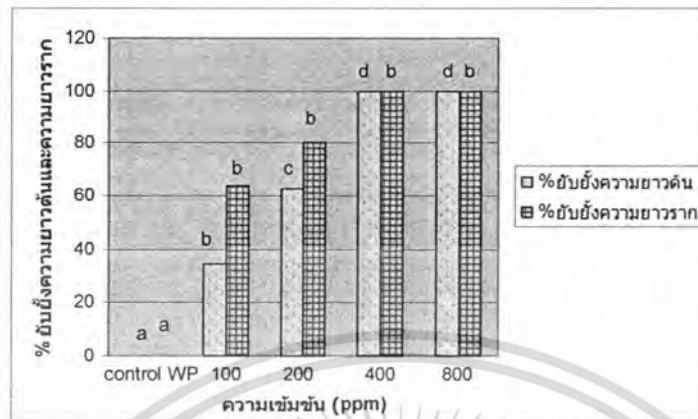
### ผลต่อการงอกของเมล็ดผักโขม



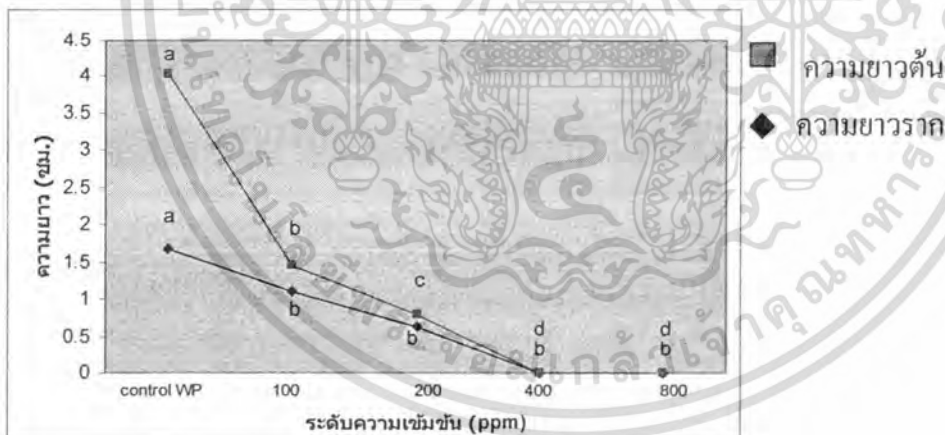
รูปที่ 4.11 ผลของแซนโทกซิลินต่อการงอกของเมล็ดผักโขมในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ดจากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

จากรูป 4.11 การใช้สารแซนโทกซิลินผสม WP ที่ระดับความเข้มข้นคือ 100 200 400 และ 800 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับ การเพาะเมล็ดในน้ำกลั่นผสม WP จากการทดสอบผลต่อการงอกของผักโขมในระยะเวลา 7 วัน พบว่าในระดับความเข้มข้นที่ 100 ppm สามารถยับยั้งการงอกของผักโขมได้ 42.50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นในช่วง 100-200 ppm นั้นมีผลต่อการลดการงอกของผักโขม โดยที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm ขึ้นไปสามารถยับยั้งการงอกได้อย่างสมบูรณ์

### ผลต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดผักโขม



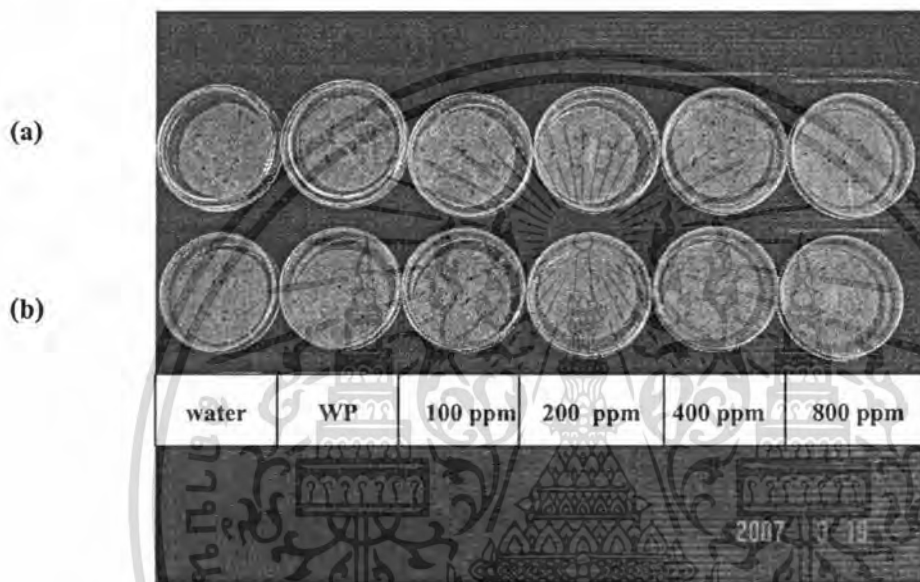
รูปที่ 4.12 ผลของแซนโทกซาลินต่อการเจริญเติบโตของผักโขม 7 วันหลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )



รูปที่ 4.13 ผลของความเข้มข้นของแซนโทกซาลินต่อการเจริญเติบโตของผักโขม ในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.12 และ 4.13 การใช้สารแซนโทกซิลินผสม WP ที่ระดับความเข้มข้นคือ 100 200 400 และ 800 ppm พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นมีผลต่อการยับยั้งความยาวต้นของ เมล็ดผักโขม โดยตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 100 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นและความยาว รากของผักโขมได้ 34.32 และ 63.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนั้นการเพิ่มระดับความ เข้มข้นของแซนโทกซิลินตั้งแต่ 400 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นและความยาวรากได้อย่าง สมบูรณ์



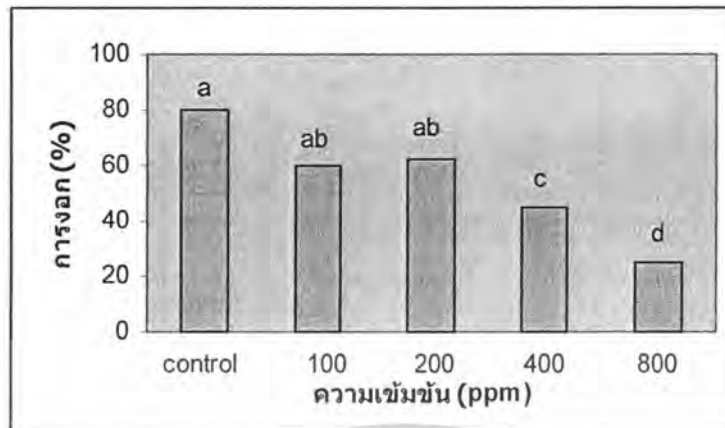
รูปที่ 4.14 ผลของแซนโทกซิลิน 4 ระดับความเข้มข้นต่อการงอกและการเจริญเติบโตของ (a) ผักกวางตุ้ง และ (b) ผักโขม หลังการเพาะ 7 วัน

#### 4.4 การศึกษาผลของสารอนุพันธ์ของแซนโทกซิลินต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

##### 4.4.1 ผลของ 2-Benzoyl-4, 6-dimethoxyacetophenone 43 ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

##### (1) ผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง ผลต่อการงอกของผักกวางตุ้ง

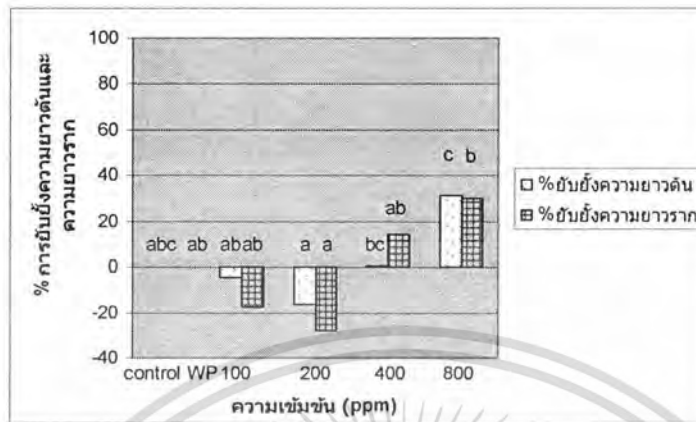
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



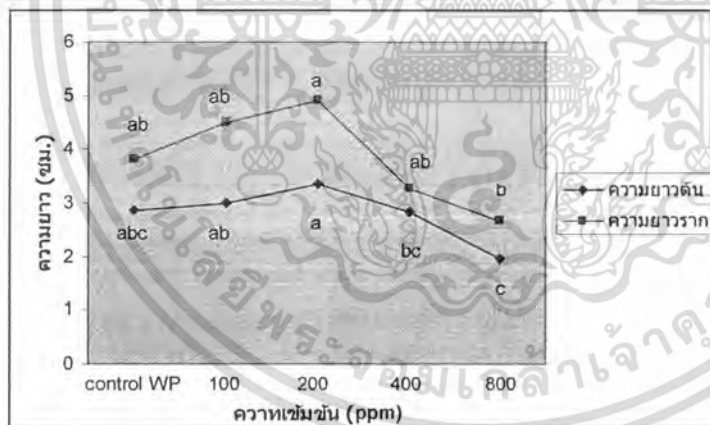
**รูปที่ 4.15** ผลของสาร 43 ต่อการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้งในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

จากรูป 4.15 การใช้สาร 43 ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 400 และ 800 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับ การเพาะเมล็ดในน้ำกลั่นผสม WP จากการทดสอบผลต่อการงอกของผักกวางตุ้งในระยะเวลา 7 วัน พบว่าในระดับความเข้มข้นที่ 400 ppm สามารถยับยั้งการงอกของผักกวางตุ้งได้ 55.00 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นที่ 800 ppm จะมีผลต่อการยับยั้งการงอกของผักกวางตุ้งเพิ่มขึ้น โดยสามารถยับยั้งการงอกได้ 75.00 เปอร์เซ็นต์

### ผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง



รูปที่ 4.16 ผลของสาร 43 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง 7 วันหลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

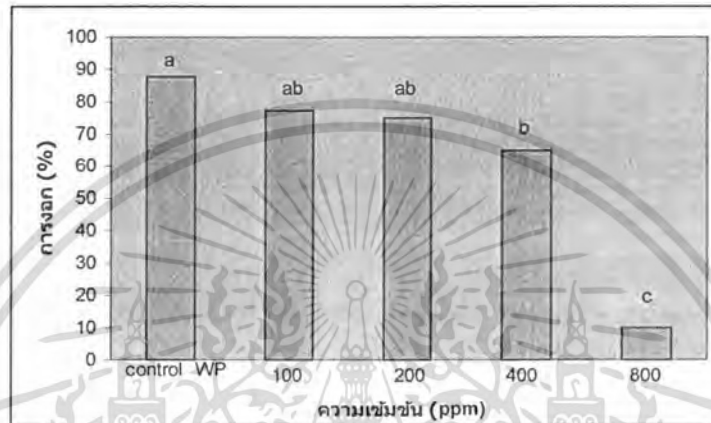


รูปที่ 4.17 ผลของความเข้มข้นของสาร 43 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง ในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.16 และ 4.17 การใช้สาร 43 ผสม WP ไม่ส่งผลกระทบต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

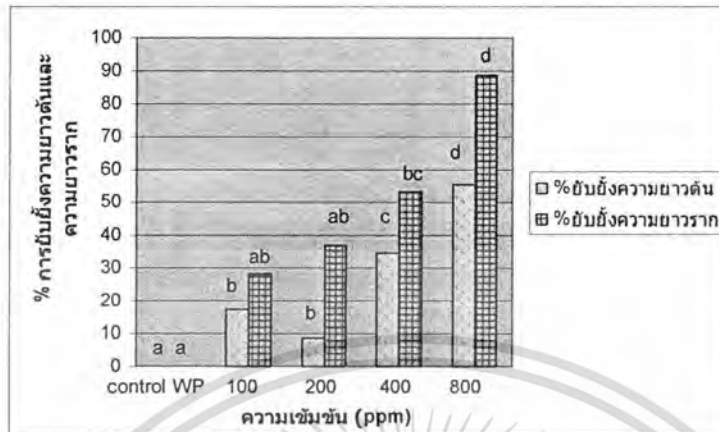
(2) ผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของโคม  
ผลต่อการงอกของเมล็ดผักโคม



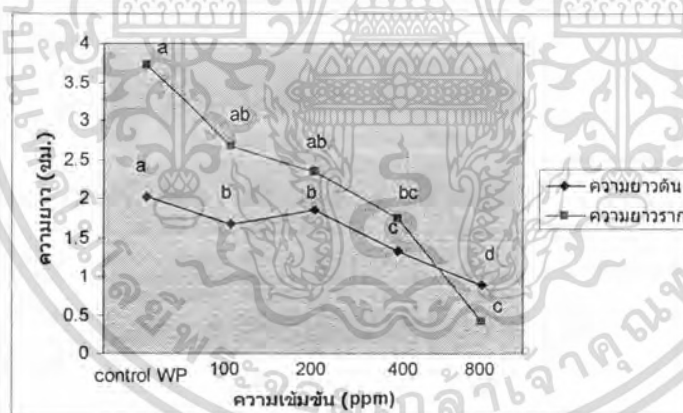
รูปที่ 4.18 ผลของสาร 43 ต่อการงอกของเมล็ดผักโคมในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ดจากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

จากรูป 4.18 การใช้สาร 43 ผสม WP ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 400 และ 800 ppm เปรียบเทียบกับการเพาะเมล็ดในน้ำกลั่นผสม WP จากการทดสอบผลต่อการงอกของผักโคมในระยะเวลา 7 วัน พบว่าในระดับความเข้มข้นที่ 400 ppm สามารถยับยั้งการงอกของผักโคมได้ 35.00 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นที่ 800 ppm นั้นมีผลต่อการเพิ่มการยับยั้งการงอกของผักโคมได้ 90.00 เปอร์เซ็นต์

### ผลต่อการเจริญเติบโตของผักโขม



รูปที่ 4.19 ผลของสาร 43 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม 7 วันหลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )



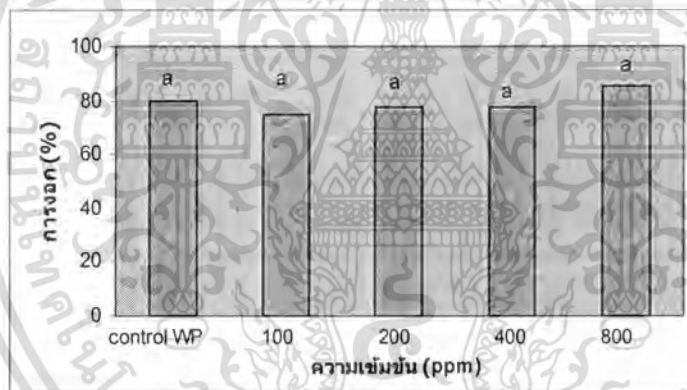
รูปที่ 4.20 ผลของความเข้มข้นของสาร 43 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม ในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.19 และ 4.20 การใช้สาร 43 ผสม WP พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นมีผลต่อการยับยั้งความยาวต้นของผักโขม โดยตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 100 ppm ขึ้นไปสาร 43 สามารถยับยั้งความยาวต้นของเมล็ดผักโขมได้ 17.28 เปอร์เซ็นต์ ในด้านความยาวรากพบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของสาร 43 มีผลต่อการลดความยาวราก โดยที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm ให้ผลการยับยั้งความยาวรากของเมล็ดผักโขมได้ 53.02 เปอร์เซ็นต์ และการเพิ่มระดับความเข้มข้นจะมีผลในการยับยั้งความยาวรากเพิ่มขึ้น

#### 4.4.2 ผลของสาร 2-(2-chloro)Benzoyloxy-4,6-dimethoxyacetophenone 44 ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

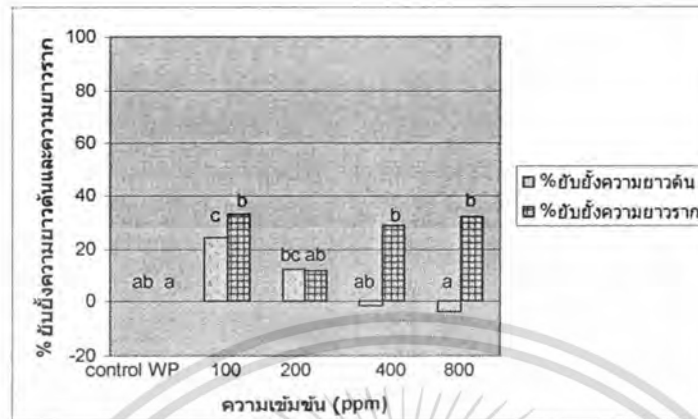
##### (1) ผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง ผลต่อการงอกเมล็ดผักกวางตุ้ง



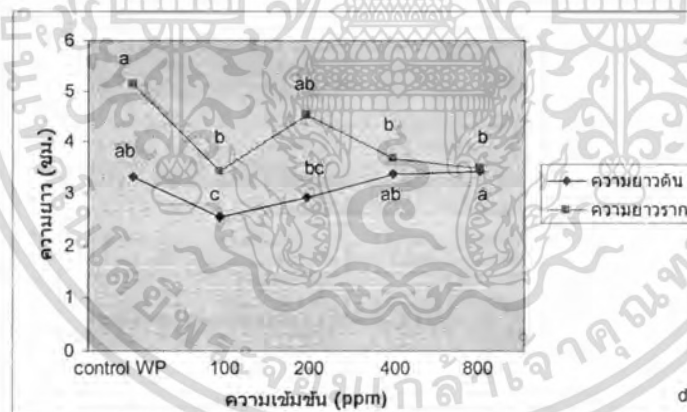
**รูปที่ 4.21** ผลของสาร 44 ต่อการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้งในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

จากรูป 4.21 การใช้สาร 44 ผสม WP ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 400 และ 800 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเมล็ดในน้ำกลั่นผสม WP จากการทดสอบผลต่อการงอกของผักกวางตุ้งในระยะเวลา 7 วัน พบว่าที่ทุกระดับความเข้มข้นของสาร 44 ไม่มีผลใดๆ ต่อการยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้ง

### ผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง



รูปที่ 4.22 ผลของสาร 44 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง 7 วันหลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )



รูปที่ 4.23 ผลของความเข้มข้นของสาร 44 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง ในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

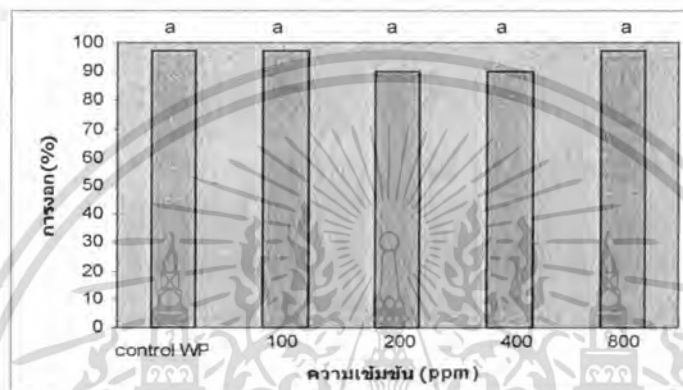
จากรูป 4.22 และ 4.23 การใช้สาร 44 ผสม WP พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นได้ 24.06 เปอร์เซ็นต์ ส่วนด้านความยาวรากที่ระดับความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

400 ppm สามารถส่งผลให้เกิดการยับยั้งความยาวรากได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือยับยั้งการ  
ความยาวรากได้ 28.29 เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มระดับความเข้มข้นไม่มีผลในการเพิ่มขึ้นของ  
เปอร์เซ็นต์ยับยั้งความยาวราก

## (2) ผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขม

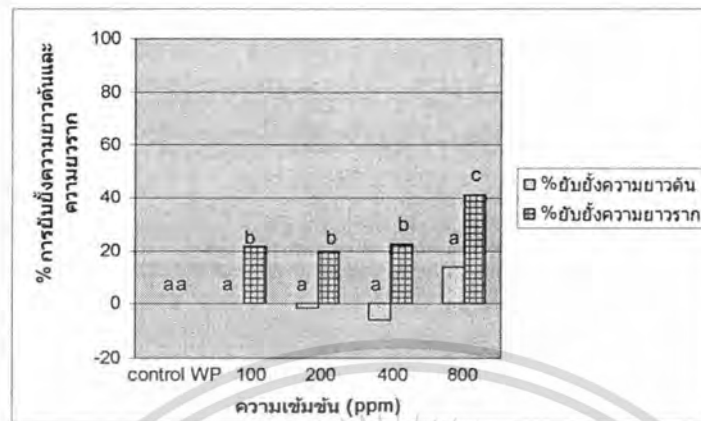
### ผลต่อการงอกของเมล็ดผักโขม



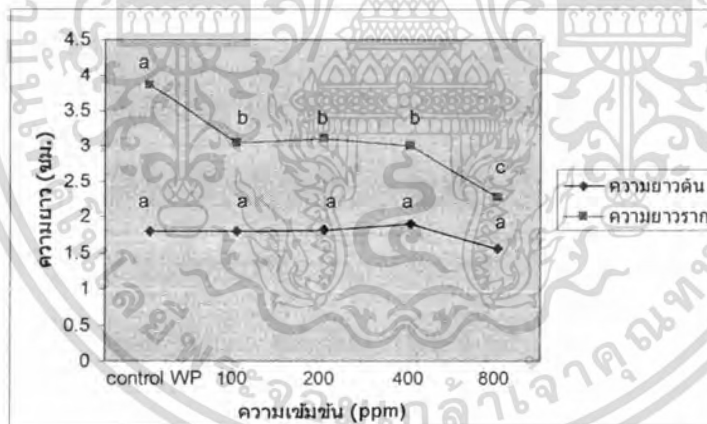
รูปที่ 4.24 ผลของสาร 44 ต่อการงอกของเมล็ดผักโขมในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด  
จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกัน  
ทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

จากรูป 4.24 การใช้สาร 44 ผสม WP ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 400 และ 800 ppm  
เมื่อเปรียบเทียบกับ การเพาะเมล็ดในน้ำกลั่นผสม WP จากการทดสอบผลต่อการงอกของผัก  
โขมในระยะเวลา 7 วัน พบที่ทุกระดับความเข้มข้นของสาร 44 ไม่มีผลใดๆ ในการยับยั้งการ  
งอกของเมล็ดผักกวางตุ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

### ผลต่อการเจริญเติบโตของผักโขม



รูปที่ 4.25 ผลของสาร 44 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม 7 วันหลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )



รูปที่ 4.26 ผลของความเข้มข้นของสาร 44 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม ในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

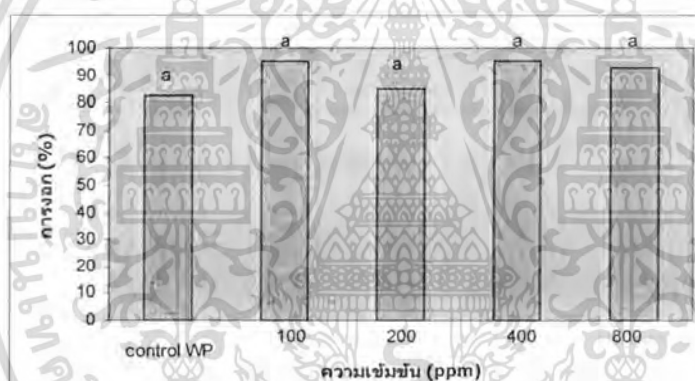
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.25 และ 4.26 พบว่าที่ทุกระดับความเข้มข้นของสาร 44 ผสมกับ WP ไม่ส่งผลต่อความยาวต้น ส่วนด้านความยาวราก การเพิ่มระดับความเข้มข้นของสาร 44 มีผลต่อการลดความยาวราก เมื่อเปรียบเทียบกับผง (เปียก) ไม่ละลายน้ำโดยตั้งแต่ความเข้มข้น 100 ppm ขึ้นไป มีผลให้เกิดการยับยั้งความยาวรากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งความยาวรากได้ 41.25 เปอร์เซ็นต์

#### 4.4.3 ผลของสาร 2-(2, 4-dichloro)Benzyloxy-4, 6-dimethoxyacetophenone 45 ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

##### (1) ผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง

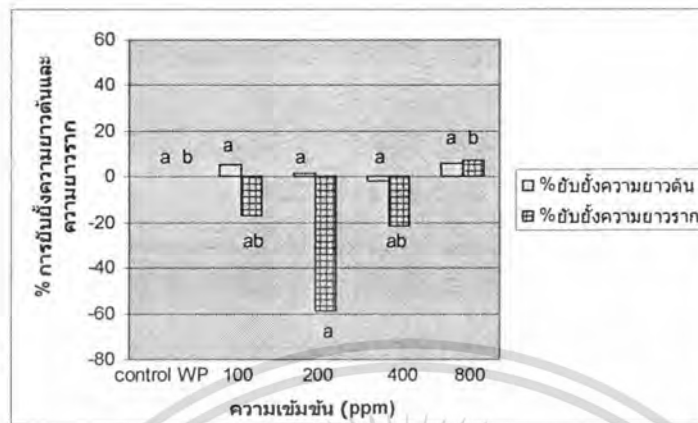
##### ผลต่อการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้ง



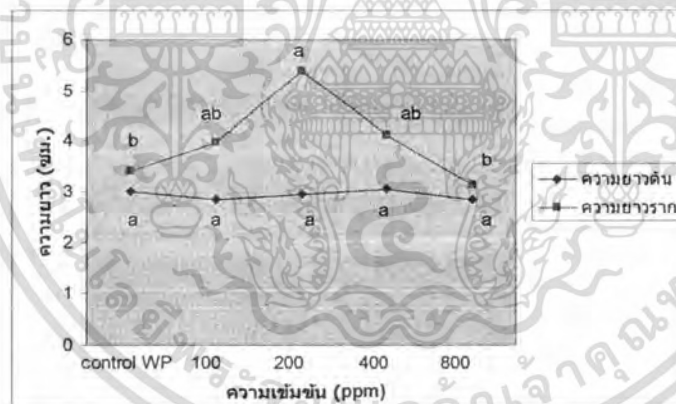
รูปที่ 4.27 ผลของสาร 45 ต่อการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้งในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย โดย DMRT ( $p = 0.05$ )

จากรูป 4.27 การใช้สาร 45 WP ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 400 และ 800 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเมล็ดในน้ำกลั่นผสมกับ WP จากการทดสอบผลต่อการงอกของผักกวางตุ้งในระยะเวลา 7 วัน พบว่าที่ทุกระดับความเข้มข้นของสาร 45 ไม่มีผลใดๆ ต่อการยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

### ผลต่อการเจริญเติบโตของฝักกวางตุ้ง



รูปที่ 4.28 ผลของสาร 45 ต่อการเจริญเติบโตของฝักกวางตุ้ง 7 วันหลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย โดย DMRT ( $p = 0.05$ )



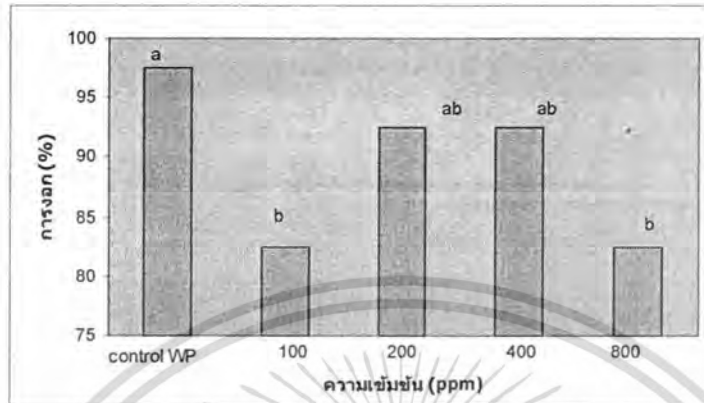
รูปที่ 4.29 ผลของความเข้มข้นของสาร 45 ต่อการเจริญเติบโตของฝักกวางตุ้ง ในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย โดย DMRT ( $p = 0.05$ )

จากรูป 4.28 และ 4.29 พบว่าที่ทุกระดับความเข้มข้นของสาร 45 ไม่มีผลต่อความยาวต้นและความยาวรากของฝักกวางตุ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## (2) ผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขม

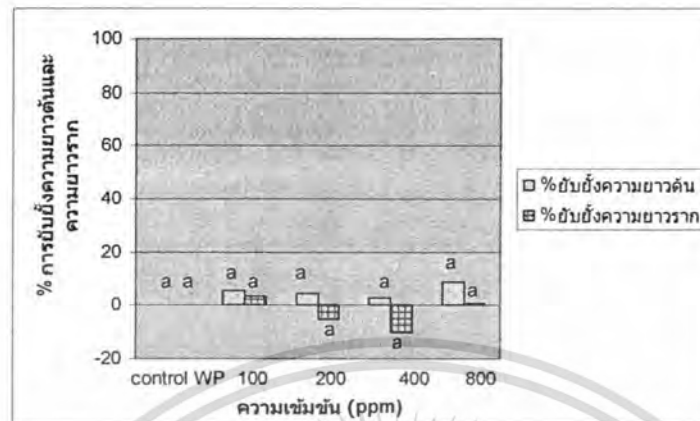
### ผลต่อการงอกของเมล็ดผักโขม



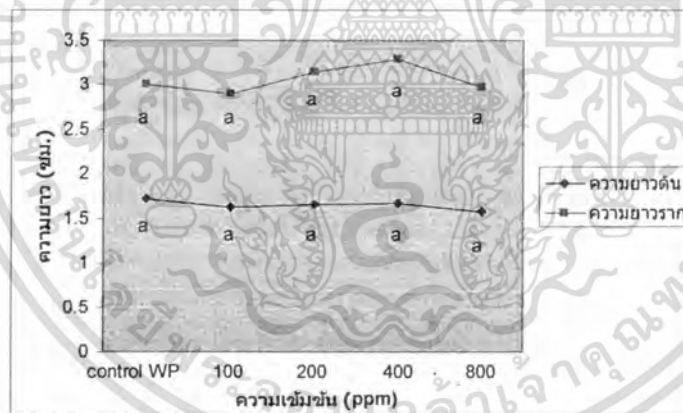
รูปที่ 4.30 ผลของสาร 45 ต่อการงอกของเมล็ดผักโขมในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

จากรูป 4.30 การใช้สาร 45 ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 400 และ 800 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับ การเพาะเมล็ดในน้ำกลั่นผสม WP จากการทดสอบผลต่อการงอกของผักโขมในระยะเวลา 7 วัน พบว่าในระดับความเข้มข้น 800 ppm สามารถยับยั้งการงอกของผักโขมได้ 18.50 เปอร์เซ็นต์

### ผลต่อการเจริญเติบโตของผักโขม



รูปที่ 4.31 ผลของสาร 45 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม 7 วันหลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )



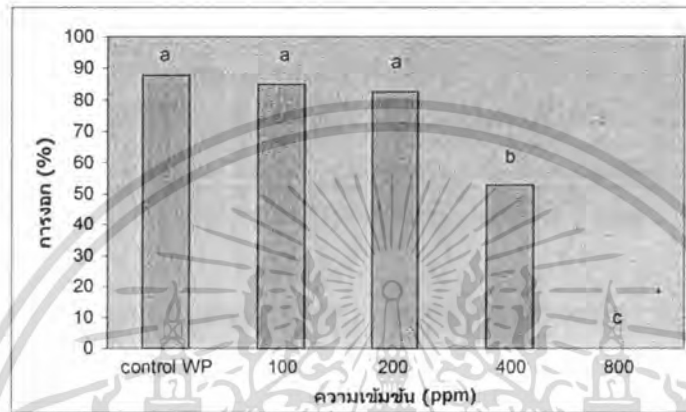
รูปที่ 4.32 ผลของความเข้มข้นของสาร 45 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม ในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

จากรูป 4.31 และ 4.32 พบว่าที่ทุกระดับความเข้มข้นของสาร 45 ไม่มีผลต่อความยาวต้นและความยาวรากของผักโขมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.4 ผลของสาร 1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)Ethanone oxime 46 ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

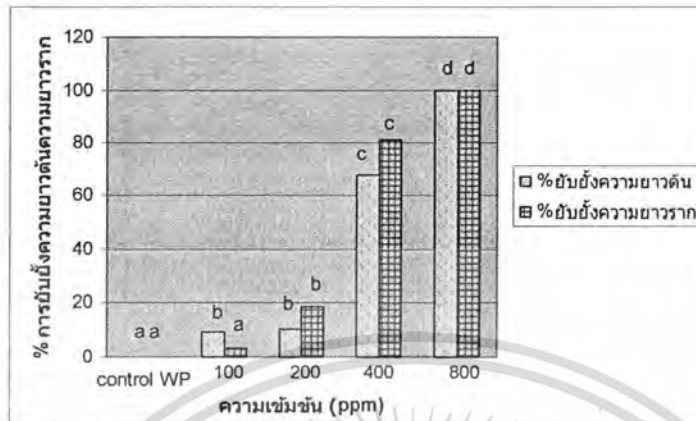
##### (1) ผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง ผลการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้ง



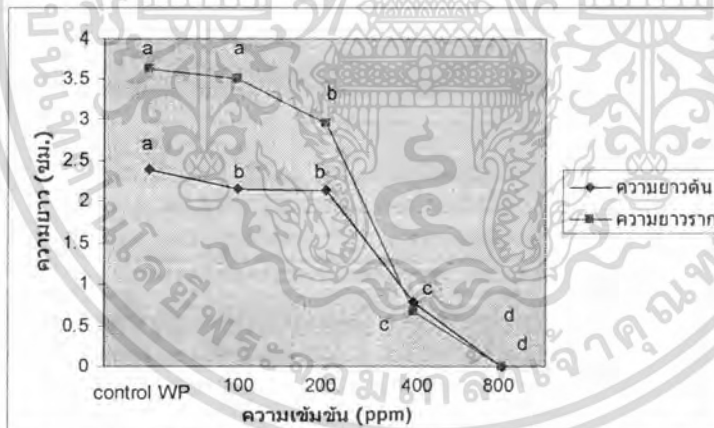
รูปที่ 4.33 ผลของสาร 46 ต่อการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้งในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

จากรูป 4.33 การใช้สาร 46 ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 400 และ 800 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับ การเพาะเมล็ดในน้ำกลั่นผสม WP จากการทดสอบผลต่อการงอกของผักกวางตุ้งในระยะเวลา 7 วัน พบว่าในระดับความเข้มข้นที่ 400 ppm สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้งได้ 47.50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้งได้อย่างสมบูรณ์

### ผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง



รูปที่ 4.34 ผลของสาร 46 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง 7 วันหลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )



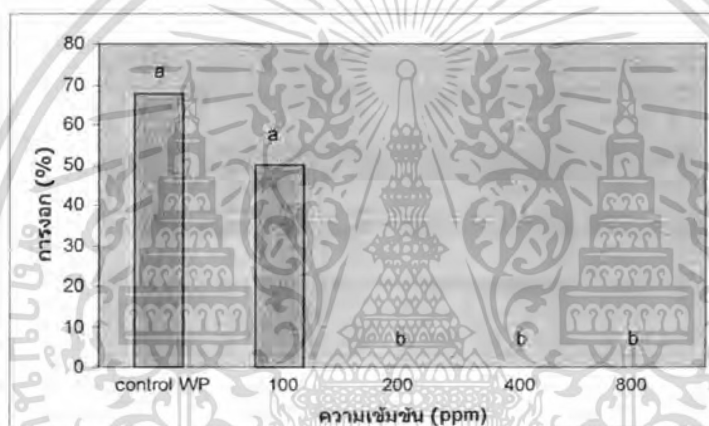
รูปที่ 4.35 ผลของความเข้มข้นของสาร 46 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง ในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.34 และ 4.35 การใช้สาร 46 พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้น มีผลต่อการยับยั้งความยาวต้นของผักกวางตุ้ง โดยที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นผักกวางตุ้งได้ 70.00 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นได้อย่างสมบูรณ์ ในด้านความยาวรากพบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของสาร 46 มีผลต่อการยับยั้งความยาวราก โดยที่ระดับความเข้มข้น 400 และ 800 ppm ให้ผลการยับยั้งความยาวรากของผักกวางตุ้งได้ 80.00 และ 100.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

## (2) ผลต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดผักโขม

### ผลต่อการงอกของเมล็ดผักโขม

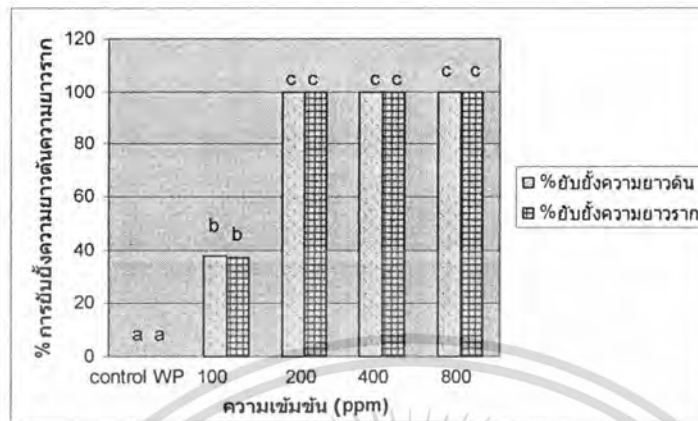


รูปที่ 4.36 ผลของสาร 46 ต่อการงอกของเมล็ดผักโขมในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

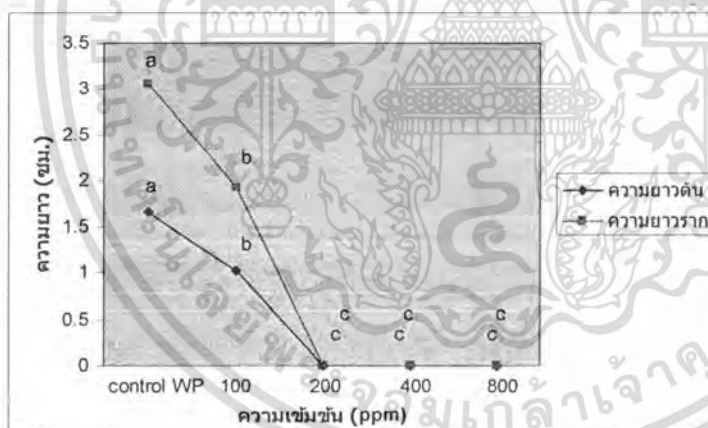
จากรูป 4.36 การใช้สาร 46 ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 400 และ 800 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับ การเพาะเมล็ดในน้ำกลั่นผสม WP จากการทดสอบผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมในระยะเวลา 7 วัน พบว่าตั้งแต่ระดับความเข้มข้นที่ 200 ppm สามารถยับยั้งการงอกของผักโขมได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ผลต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดผักโขม



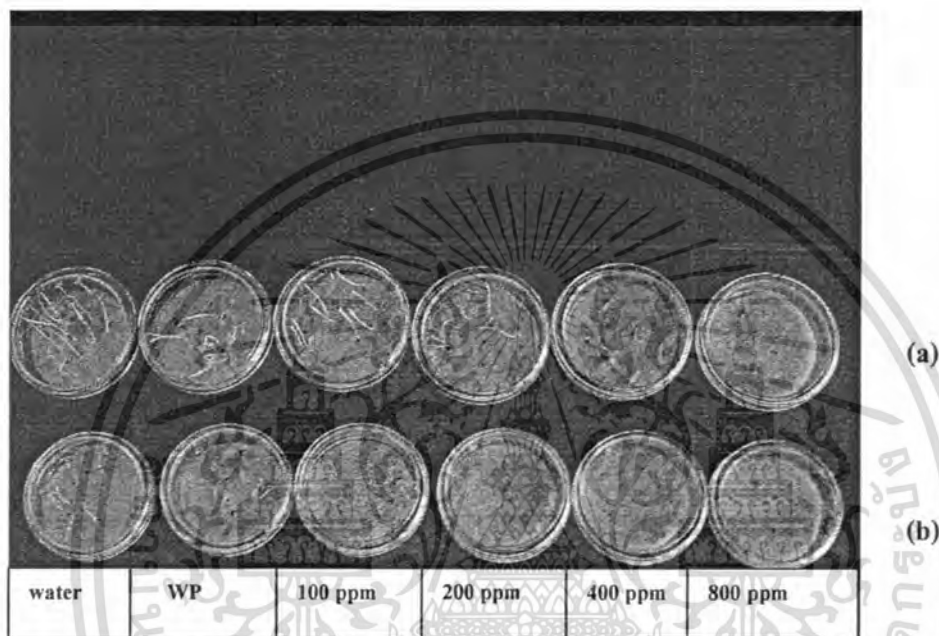
รูปที่ 4.37 ผลของสาร 46 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม 7 วันหลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )



รูปที่ 4.38 ผลของความเข้มข้นของสาร 46 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม ในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.37 และ 4.38 การใช้สาร 46 มีผลต่อความยาวต้นและความรากของผักโขม โดยที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นและความยาวรากได้ 36.88 และ 37.89 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นตั้ง 200 ขึ้นไป พบว่าสามารถยับยั้งความยาวต้นและความยาวรากของผักโขมได้อย่างสมบูรณ์

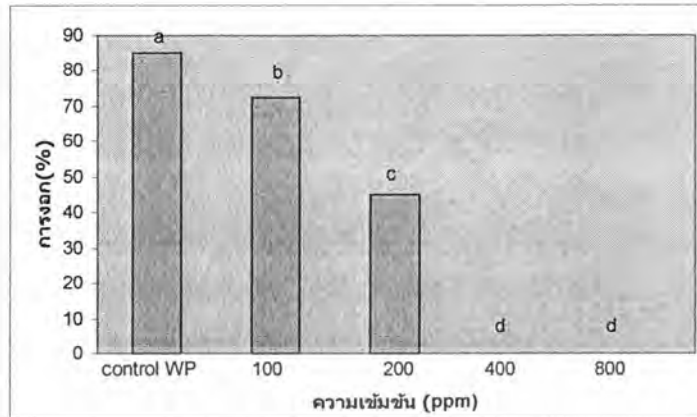


รูปที่ 4.39 ผลของสาร 46 4 ระดับความเข้มข้นต่อการงอกและการเจริญเติบโตของ (a) ผักกวางตุ้ง และ (b) ผักโขม หลังการเพาะ 7 วัน

#### 4.4.5 ผลของสาร 1-(2-allyloxy-4,6-dimethoxyphenyl)Ethanone 47 ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

##### (1) ผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง ผลต่อการงอกของผักกวางตุ้ง

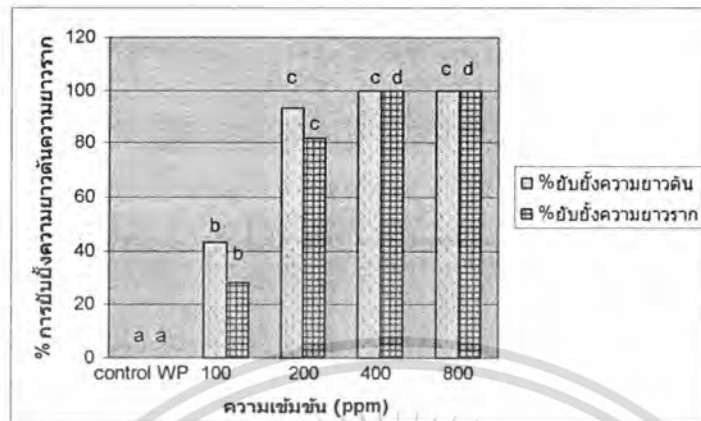
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



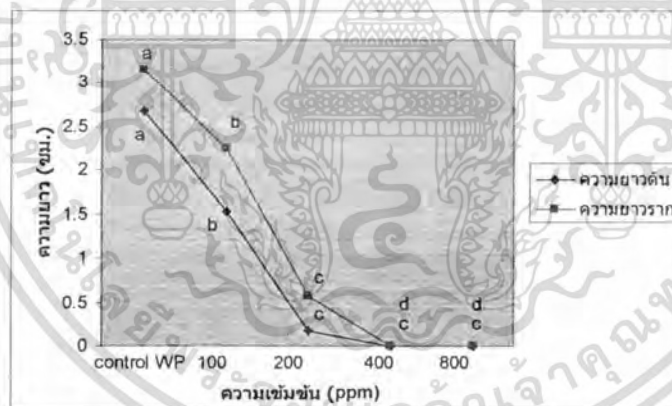
**รูปที่ 4.40** ผลของสาร 47 ต่อการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้ง ในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย โดย DMRT ( $p = 0.05$ )

จากรูป 4.40 การใช้สาร 47 ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 400 และ 800 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเมล็ดในน้ำกลั่นผสม WP จากการทดสอบผลต่อการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้งในระยะเวลา 7 วัน พบว่าในระดับความเข้มข้นที่ 200 ppm สามารถยับยั้งการงอกได้ 55.00 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 400 และ 800 ppm สามารถยับยั้งการงอกได้อย่างสมบูรณ์

### ผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง



รูปที่ 4.41 ผลของสาร 47 ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง 7 วันหลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )



รูปที่ 4.42 ผลของความเข้มข้นของสาร 47 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม ในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

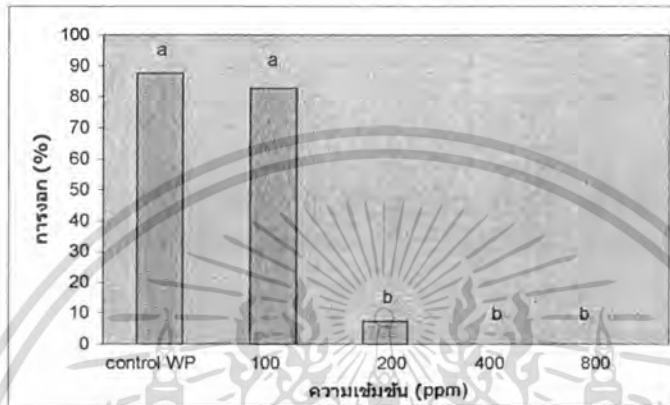
จากรูป 4.41 และ 4.42 การใช้สาร 47 พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นมีผลต่อการยับยั้งความยาวต้นของผักกวางตุ้ง โดยที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นได้ 42.99 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มยับยั้งได้มากขึ้นเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้น ส่วนความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขารากพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm สามารถยับยั้งความขารากได้ 42.99 เปอร์เซ็นต์ และสามารถยับยั้งได้อย่างสมบูรณ์ตั้งแต่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 200 ppm ขึ้นไป

## (2) ผลต่อการงอกและเจริญเติบโตของเมล็ดผักโขม

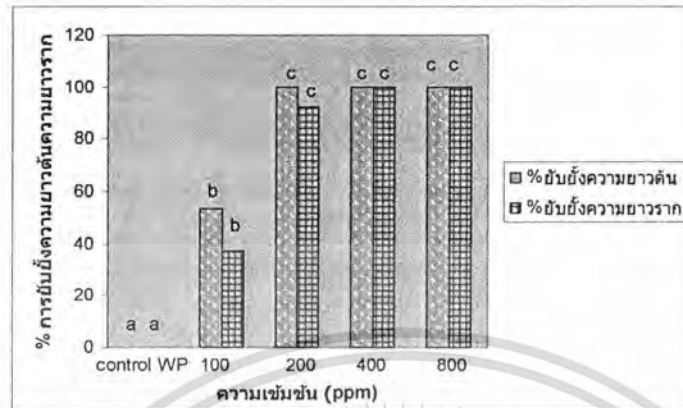
### ผลการงอกของเมล็ดผักโขม



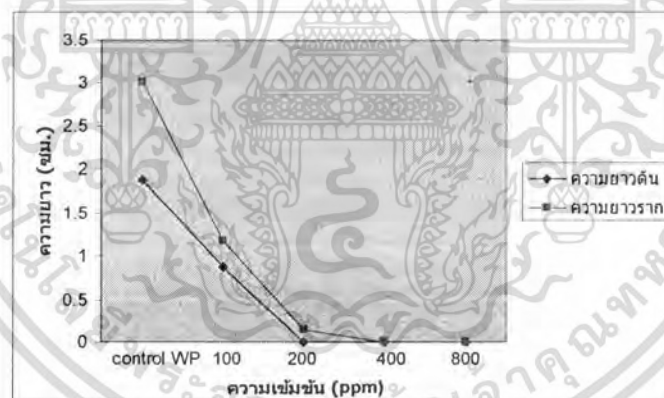
รูปที่ 4.43 ผลของสาร 47 ต่อการงอกของเมล็ดผักโขม ในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

จากรูป 4.43 การใช้สาร 47 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 100 200 400 และ 800 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเมล็ดในน้ำกลั่นผสม WP จากการทดสอบผลต่อการงอกของผักโขมในระยะเวลา 7 วัน พบว่าในระดับความเข้มข้นที่ 200 ppm สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดผักโขมได้ 92.50 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นที่ 400 และ 800 ppm สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดผักโขมได้อย่างสมบูรณ์

### ผลต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดผักโขม



**รูปที่ 4.44** ผลของสาร 47 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม 7 วันหลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

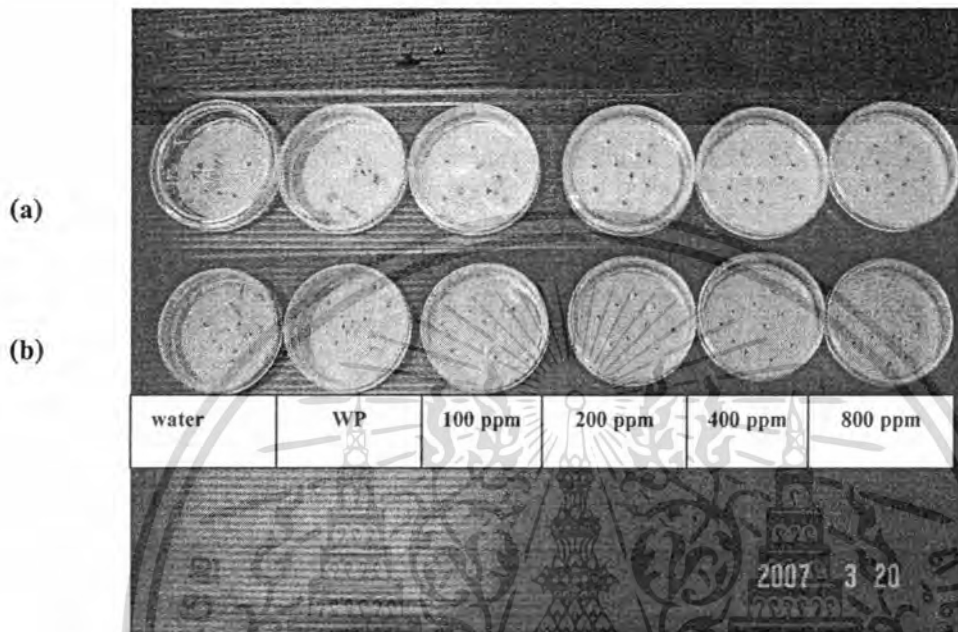


**รูปที่ 4.45** ผลของความเข้มข้นของสาร 47 ต่อการเจริญเติบโตของผักโขม ในวันที่ 7 หลังการเพาะเมล็ด จากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีค่าเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย DMRT ( $p = 0.05$ )

จากรูป 4.44 และ 4.45 การใช้สาร 47 พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นมีผลต่อการยับยั้งความยาวต้นของผักโขม ตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 200 ppm เป็นต้นไป โดยที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นของผักโขมได้ 98.33 เปอร์เซ็นต์ ในด้านความยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รากพบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของสาร 47 ตั้งแต่ 200 ppm ขึ้นไป มีผลต่อการยับยั้งความยาวรากโดยสามารถยับยั้งความยาวรากได้อย่างสมบูรณ์



รูปที่ 4.46 ผลของสาร 47 4 ระดับความเข้มข้นต่อการงอกและการเจริญเติบโตของ (a) ผักกวางตุ้ง และ (b) ผักโขม หลังการเพาะ 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

##### 5.1.1 ผลของแชนทอกซิลิน 1 ผสม WP ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

การศึกษาการเปรียบเทียบผลของแชนทอกซิลิน 1 ผสม WP ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 400 และ 800 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับสารเพาะเมล็ดในน้ำกลั่นผสม WP มีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบได้แก่ ผักกวางตุ้ง (*B. campestris* var. *chinensis*) และ ผักโขม (*A. tricolor*) โดยวิธี Petri dishes Test พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm แชนทอกซิลิน 1 มีผลยับยั้งการงอกของผักกวางตุ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการเพิ่มความเข้มข้นของแชนทอกซิลิน 1 ไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้ง และมีผลยับยั้งการงอกของผักโขม การเพิ่มระดับความเข้มข้นของแชนทอกซิลิน 1 ส่งผลให้สามารถเพิ่มการยับยั้งการงอกเพิ่มขึ้นด้วย โดยที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดผักโขมได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา [35] นำแชนทอกซิลิน 1 มาทดสอบกับผักโขมด้วยวิธีระเหยตัวทำละลาย พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 3000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของผักโขมได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการนำแชนทอกซิลิน 1 ผสม WP สามารถยับยั้งการงอกของพืชทดสอบได้ดีขึ้นมาก ทั้งนี้เนื่องจากผง (เปียก) ไม่ละลายน้ำ (WP) ทำให้แชนทอกซิลิน 1 สามารถกระจายตัวในน้ำได้ดีขึ้นส่งผลให้สารสามารถซึมผ่านเข้าสู่เมล็ดพืชทดสอบได้มากขึ้น

ส่วนในด้านการเจริญเติบโต ผักกวางตุ้งสามารถยับยั้งความยาวต้นได้ 49.12 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm และยับยั้งความยาวรากได้ 48.47 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm สำหรับผักโขมผลของแชนทอกซิลิน 1 ผสม WP ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นและความยาวรากของผักโขมได้ 34.32 และ 63.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การเพิ่มระดับความเข้มข้นของแชนทอกซิลิน 1 ที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นและความรากได้อย่างสมบูรณ์

### 5.1.2 เปอร์เซนต์ผลผลิตจากการเตรียมสารอนุพันธ์แซนทอกซิลิน

จากการเตรียมสารอนุพันธ์ของแซนทอกซิลิน 1 สามารถสรุปเปอร์เซนต์ผลผลิตได้ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงเปอร์เซนต์ผลผลิตจากการเตรียมสารอนุพันธ์แซนทอกซิลิน 1

สารอนุพันธ์	เปอร์เซนต์ผลผลิต
2-benzoyl-4, 6-dimethoxyacetophenone 43	68.17
2-(2-chloro)benzoyloxy-4, 6-dimethoxyacetophenone 44	51.18
2-(2,4-dichloro)benzoyloxy-4,6-dimethoxyacetophenone 45	71.16
1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)ethanone oxime 46	39.63
1-(2-allyloxy-4,6-dimethoxyphenyl)ethanone 47	45.83

### 5.1.3 ผลของอนุพันธ์แซนทอกซิลิน 43-47 ผสม WP ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

การเปรียบเทียบฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของแซนทอกซิลิน 1 กับอนุพันธ์ 5 ชนิดคือ

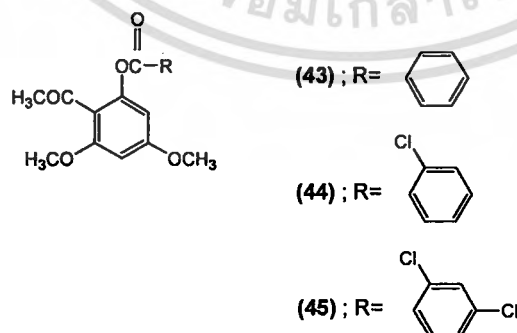
2-benzoyl-4, 6-dimethoxyacetophenone 43

2-(2-chloro)benzoyloxy-4, 6-dimethoxyacetophenone 44

2-(2,4-dichloro)benzoyloxy-4,6-dimethoxyacetophenone 45

1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)ethanone oxime 46

1-(2-allyloxy-4,6-dimethoxyphenyl)ethanone 47

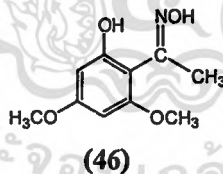


รูปที่ 5.1 สารอนุพันธ์ของแซนทอกซิลินในกลุ่มเอสเทอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบผลของสารอนุพันธ์ 43 - 47 ต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืช ทดสอบทำอยู่ในรูปของสารผสม WP ที่ระดับความเข้มข้น 100 200 400 และ 800 ppm โดยทำการ ทดสอบกับพืช 2 ชนิดคือ ผักกวางตุ้งและผักโขม พบว่าสารในกลุ่มเอสเทอร์ แสดงในรูปที่ 5.1 ได้แก่ สาร 43 ให้ผลยับยั้งการงอกของผักกวางตุ้งที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm ได้ 55.00 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm ยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ 75.00 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดผักกวางตุ้ง และกรณีของผักโขมพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดผักโขมได้ 35.00 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มระดับความ เข้มข้นที่ 800 ppm สามารถยับยั้งการงอกได้ 90.00 เปอร์เซ็นต์ ด้านการเจริญเติบโตนั้นพบว่า สาร 43 ไม่มีผลต่อความยาวต้นและความยาวรากของผักกวางตุ้ง แต่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักโขม ที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถยับยั้งความยาวรากได้ 89.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสาร 44 และ สาร 45 ไม่มีผลต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืช ทดสอบทั้งสองชนิด ซึ่งในกรณีของอนุพันธ์เอสเทอร์ 44 และ 45 ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งการงอกของพืช ของเมล็ดพืชทดสอบ เนื่องจากสารอนุพันธ์ดังกล่าวอาจทำปฏิกิริยากับเบนโทไนด์ซึ่งเป็นผสมใน WP ส่งผลให้เกิดการเสื่อมฤทธิ์ทางอัลลิโลพาตี

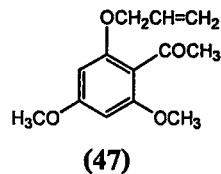
การเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันจากหมู่คาร์บอนิลเป็นออกซิมี พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm สาร 46 สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกวางตุ้ง ได้ 47.50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นถึง 800 ppm สามารถยับยั้งการงอกได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนในด้านการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งพบว่า สามารถยับยั้งความยาวต้นและความยาวรากได้ 70.00 และ 80.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกรณี ของผักโขมพบว่า สาร 46 สามารถยับยั้งการงอกของผักโขมอย่างสมบูรณ์ที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm



ในกรณีของการเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชัน จากหมู่คาร์บอนิลเป็นหมู่ออกซิมี โดยการเตรียมสาร 46 ซึ่งมี หมู่ไฮดรอกซิลในโครงสร้างมากกว่าแซนโทกซิลิน 1 ทำให้สามารถละลายน้ำได้ดีขึ้น สามารถ เบี่ยงเมล็ดพืชทดสอบได้ดี และส่งผลให้ยับยั้งการงอกของเมล็ดพืชทดสอบได้ดีขึ้น

สารอนุพันธ์อีเทอร์ 47 มีผลยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพืชทดสอบ โดยที่ ระดับความเข้มข้น 400 ppm สามารถยับยั้งการงอกได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนเมล็ดผักโขมสามารถยับยั้ง การงอกที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm ได้ 92.50 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 400 ppm

สามารถยับยั้งได้อย่างสมบูรณ์ ในด้านผลต่อการเจริญเติบโตสาร 47 มีผลต่อการยับยั้งความยาวต้น และความยาวรากที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm ได้ 98.30 เปอร์เซ็นต์ และการเพิ่มความเข้มข้นมีผลให้สามารถยับยั้งการงอกและยับยั้งความยาวต้นความยาวรากได้อย่างสมบูรณ์



จากผลการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันจากหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่อีเทอร์ ส่งผลให้เกิดการยับยั้งการงอกของเมล็ดพืชทดสอบได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแซนทอกซิลิน 1 เนื่องจากสาร 47 สามารถเกิดปฏิกิริยา Claisen Rearrangement ได้เป็นสารประกอบประเภท ฟีนอลิกซึ่งมีฤทธิ์ทางอัลลีโลพาตี [5]



## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาพบว่าอนุพันธ์อีเทอร์ของแซนทอกซิลินให้ผลดีมากกว่าการยับยั้งการงอก และการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ ควรมีการศึกษาการเตรียมอนุพันธ์อีเทอร์ของแซนทอกซิลินชนิดอื่นเพิ่มขึ้น
2. ทำการศึกษาผลของอนุพันธ์อีเทอร์ของแซนทอกซิลินต่อพืชทดสอบชนิดอื่นมากขึ้น
3. ทำการศึกษาเพื่อรักษาสภาพแวดล้อมของผง (เป็ยก) ไม่ละลายน้ำให้นานขึ้นเพื่อประโยชน์ในการใช้งานจริง

## เอกสารอ้างอิง

- [1] จรัส ล้อมรัตน์ศิริ. การศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากผลกำจัดต้นในทางการเกษตรและเภสัชวิทยา. โครงการพิเศษภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2544.
- [2] สืบศักดิ์ อนันต์พัฒนา. ผลทางอัลลีโลพาทีของแซนทอกซิลินจากผลกำจัดต้น. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2547.
- [3] Engelmeier, D., F. Hadacek, T. Pacher, S. Vajrodaya and H. Greger, **J. Agric. Food. Chem.**, 48, 1400, 2000.
- [4] Nugrodo, B. W., R. A. Edrada, V. Wray, L. Witte, G. Bringmann, M. Gehling and P. Proksch., **Phytochemistry**, 51, 367, 1999.
- [5] (5a) Rice E. L., 1984., **Allelopathy**. 2<sup>nd</sup> Academic Press, Inc., Florida.  
(5b) Rizvi S. J., and V. Rizvi., 1992. **Allelopathy : Basic and Applied Aspects**. Chapman and Hall, London, U.K.
- [6] Copping, L. G., **The Evolution of Herbicide Usage**, 2<sup>nd</sup>, London, PJB Publication Ltd., 1995.
- [7] ทศพล พรพรหม สารกำจัดวัชพืช : หลักการและกลไกการทำลาย กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2545.
- [8] Macias, F. A., **Allelopathy in the Search for Natural Herbicides Model**, American Chemistry Society : 310-327.
- [9] Vyvyan, J. R., **Allelochemicals as Lead for New Herbicides and Agrochemicals**, **Tetrahedron**, 58, 1631-1646.
- [10] Evenari, M., **Germination Inhibitors**, **Bot. Rev.**, 153-194, 1949.
- [11] Dadykin, V. P., L. N. Stepanov and B. E. Ryzhkova, **Physiological Biochemical Basic of Plant Interaction in Phytocenoses**. Vol 1, 118-124, 1970.

- [12] Alsaadawi, I. S., E. L. Rice and T. K. B. Karns, Allelopathic Effect of *Polygonum aviculare* L. Isolation, Characteristic and Biological Activity of Phytotoxin other than Phenol, **J. Chem. Ecol.**, Vol, 9, 761-774, 1983.
- [13] Owen, L. D., Toxins in Plant Disease : Structure and Mode of Action, **Science**, 165, 18-25, 1969
- [14] Schreiner, O. and M. X. Sullivan, Soil Fatigue Caused by Organic Compounds, **J. Biol Chem.**, 6, 39, 50, 1990.
- [15] Gray, R. and J. Bonner, Structure Determination and Synthesis of Plant Growth Inhibitor 3-acetal-6-methoxybenzaldehyde in Leaves of *Encelia fainosa*, **J. Am. Chem. Soc.**, 70, 1249-1253, 1948.
- [16] Tsuzuki, E. and Y. Yamamoto, Studies on Allelopathy among higher Plants V. Isolation and Identification of Phenolic Substances from Wild Perennial Buckwheat (*Fagopyrum cymosum* M.), **J. Chem. Ecol.** 21, 1365-1373, 1987.
- [17] Robinson, T., The Organic Constituent of Higher Plants, 5<sup>th</sup> ed, North Amherst, Cordus Press, 1983.
- [18] Muller, W. H. and C. H. Muller, Volatile Growth Inhibitor Produce by Salvai species, **Bull. Torrey. Clup**, 91, 327-330, 1964.
- [19] นันทวัน บุญยะประภัสร์ และ อรุณช โขชัยเจริญพร. สมุนไพรไม้พื้นบ้าน. เล่ม 1. กรุงเทพฯ : บริษัทประชาชน. 2539:
- [20] Macias, F. A., J. C. G. Galindo, D. Castellano and R. F. Velasco, Sesquiterpene Lactones with Potential Use as Natural Herbicide Models (I): *trans, trans*-Germacranolides., **J. Agric. Food Chem.**, 47, 4407-4414, 1999.
- [21] วนาวรรณ ปราบพยัคฆ์. การสังเคราะห์และฤทธิ์ทางชีวภาพของอนุพันธ์สเตียรอยด์เพรกนินโนโล. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2549.
- [22] พรทิพย์ ทรวดทรง และพรเทพ นามพันธ์, การพัฒนาสารธรรมชาติในใบประยงค์, โครงการพิเศษภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2544.

- [23] กิรติกุล ชีกว้าง. การใช้สาร Gibbersib ส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักคะน้า ผักกวางตุ้ง และผักกาดขาว. ปรินูญานิพนธ์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2543.
- [24] Bonasera, J., J. Lynch and M. A. Leck, Comparison of Allelopathic Potential of Four March species, *Bull Torre Bot. Club.*, Vol. 106, 217, 1997.
- [25] Paria K. and A. Mukherjee, Allelopathic Potential of Weed *Alternanthera Philoeroides* (Mert.) Griseb, *Bangladesh, J. Bot.*, Vol. 10, 86-95, 1981.
- [26] Komai K., Y. Sukawake and S. Sato, Plant-Frowth Retardant of Extracts Obtained from Water Nutgrass (*Cyperus serotinus* Rottb.), *Kinke Daigaku Nogakubu Kiga.*, Vol. 14, 57-64, 1981.
- [27] พัทณี เจริญยิ่ง และสุจินต์ ตันติพิสิฐกุล. เอกสารประกอบการเรียนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1, ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2549.
- [28] Thappa, R. K., K. L. Dhar and C. K. Atal, A New Monoterpene Triol from *Zanthoxylum budruga*, *Phytochemistry*, Vol. 15, 1568-1569, 1976.
- [29] Banerjee, H and N. Adityachaudhury, Occurrence of Rutaecarpine in *Zanthoxylum budrunga*, *Planta Medica*, 55, 403, 1989.
- [30] Ruangrunsi, N., P. Tantivatana, R. P. Borris and G. A. Cordell, Traditional Medicinal Plants of Thailand. III. Constituents of *Zanthoxylum Budruga* (Rutaceae), *J. Sci. Soc. Thailand*, 7, 123-127, 1981.
- [31] Cechinel Filho, V., E. O. Lima, V. M. F. Morais, S. T. A. Gomes, O. G. Miguel and R. A. Yunes, Fungicide and fungistatic Effects of Xanthoxyline, *J. of Ethnopharmacology*, 53, 171-173, 1996.
- [32] Cechinel Filho, V., Z. R. Vaz, L. Zunono, J.B. Calixto and R. A. Yunes, Synthesis of Xanthoxyline derivatives with antinociceptive and antioedematogenic activities, *Eur J Med Chem*, 31, 833-839, 1996.
- [33] (33a) กฤษณ์ ศรีวะรมย์. การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของผลกำจัดต้น. โครงการพิเศษ ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2543.

- (33b) Charoenying, P., K. Sriwarom, J. Lomratsiri and W. Phuwiwat, Biological Activities of *Zanthoxylum limonella* Alstn Fruit Extracts, The 3<sup>rd</sup> World Congress on Medicinal and Aromatic Plants for Human Welfare, WOCMAP III, 3-7 February 2003, Chiang Mai, Thailand.
- [34] พัทณี เจริญยิ่ง จรัล ล้อมรัตน์ศิริ และ วิรัตน์ ภูวิวัฒน์. ผลของสารสกัดจากผลกำจัดต้นต่อ การงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ. วารสารวิทยาศาสตร์ ลาดกระบัง, 13:1, 25-30, 2547.
- [35] พัทณี เจริญยิ่ง และ จรัล ล้อมรัตน์ศิริ. ผลของแซนทอกซิลินจากผลกำจัดต้นต่อการงอก และการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 29 วันที่ 20-22 ตุลาคม 2546 ณ ศูนย์ประชุมอเนกประสงค์กาญจนาภิเษก มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น.
- [36] สืบศักดิ์ อนันต์พัฒนา พัทณี เจริญยิ่ง และ จำรูญ เล้าสินวัฒนา. วิธีการทดสอบสารอัลลิโลพาตีจากผลกำจัดต้น. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 35:5-6, 479-482, 2547.
- [37] Valenciennes. E., J. Smadja and J. Y. Conan, Screening for Biological Activity and Chemical Composition of *Euodia borbonica* var. *borbonica* (Rutaceae), a Medicinal Plant in Reunion Island., J. of Ethnopharmacology, 64, 283-288, 1999.
- [38] ณัฐสันต์ วัชรสินธุ์. การศึกษาสัณฐานภาพทางอัลลิโลพาตีของใบพุทธรักษาดีก้านแดง. โครงการพิเศษ ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2548.
- [39] พัทณี เจริญยิ่ง และ ยິงยง เมฆลอย. ผลทางอัลลิโลพาตีของสารอนุพันธ์ของแซนทอกซิลิน. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31 วันที่ 18-20 ตุลาคม 2548 ณ เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา.