การสังเคราะห์และฤทธิ์ในการกำจัดวัชพืชของอนุพันธ์เอสเทอร์ของกรดไซรินจิก

SYNTHESIS AND HERBICIDAL ACTIVITY OF ESTER DERIVATIVES OF SYRINGIC ACID

จิราพร ทีปะลา

จุฑามาศ หมู่เพชร

ณัฐณิชา อยู่อินทร์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYNTHESIS AND HERBICIDAL ACTIVITY OF ESTER DERIVATIVES OF SYRINGIC ACID

CHIRAPHON TEEPALA

JUTHAMART MUPHET

NATNICHA YOOIN

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (INDUSTRIAL CHEMISTRY)

DEPARTMENT OF CHEMISTRY, SCHOOl OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การสังเคราะห์และฤทธิ์ในการกำจัดวัชพืชของอนุพันธ์เอสเทอร์ของกรดไซรินจิก Synthesis and herbicidal activity of ester derivatives of syringic acid
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจิราพร ทีปะลา รหัสนักศึกษา 62050264 นางสาวจุฑามาศ หมู่เพชร รหัสนักศึกษา 62050266 นางสาวณัฐณิชา อยู่อินทร์ รหัสนักศึกษา 62050280
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ณวสิทธิ์ โชติแสง

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2565

คณะกรรมการการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.พัชนี เจริญยิ่ง ประธานกรรมการ	
ดร.จตุพร มีศิลป์ กรรมการ	
ผศ.ดร.ณวสิทธิ์ โชติแสง กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การสังเคราะห์และฤทธิ์ในการกำจัดวัชพืชของอนุพันธ์เอสเทอร์ของกรดไซรินจิก

ชื่อนักศึกษา นางสาวจิราพร ทีปะลา รหัสนักศึกษา 62050264
นางสาวจุฑามาศ หมู่เพชร รหัสนักศึกษา 62050266
นางสาวณัฐณิชา อยู่อินทร์ รหัสนักศึกษา 62050280

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชา เคมี
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา 2565
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ณวสิทธิ์ โชติแสง

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับปัญหาการปราบวัชพืชทำให้นักเคมีศึกษาค้นคว้ายาปราบวัชพืชชนิดใหม่ และปัจจุบันนี้เน้นไปใช้ผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติมากขึ้นเนื่องจากมีความเป็นพิษต่ำ เช่นเดียวกันสำหรับโครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาฤทธิ์ในการปราบวัชพืชของกรดไซรินจิก **(25)**, (ซึ่งเป็นสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ) และอนุพันธ์เอสเทอร์ เนื่องโดยทั่วไปแล้วการปรับเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันมักทำให้ฤทธิ์ทางชีวภาพและสารอินทรีย์เปลี่ยนไป นอกเหนือจากอนุพันธ์อื่นๆที่มีขายแล้ว อนุพันธ์เอสเทอร์สามารถสังเคราะห์ได้ในเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่สูง โดยใช้ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification) จากนั้นยืนยันโครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค IR และ ^{1}H-NMR ^{13}C-NMR หลังจากการประเมินฤทธิ์ในการปราบวัชพืชของกรดไซรินจิก **(25)** และอนุพันธ์เอสเทอร์ **(37-40)** ที่ระดับความเข้มข้น 400 µM ต่อหญ้าข้าวนก *(Echinochloa crus-galli. (L.) Beauv.)* และผักโขมจีน *(Amaranthus tricolor L.)* พบว่าบิวทิล ไซรินเจต **(39)** มีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบทั้งสองชนิดได้ดี ส่วนเพนทิล ไซรินเจต **(40)** สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบทั้งสองชนิดได้ในระดับปานกลางถึงระดับดี ในขณะที่อนุพันธ์เอสเทอร์ชนิดอื่นมีฤทธิ์ในการยับยั้งพืชทดสอบได้เพียงปานกลาง จากผลการทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่าหมู่ฟังก์ชันที่แตกต่างกันของกรดไซรินจิกและอนุพันธ์เอสเทอร์ทำให้มีฤทธิ์ในการปราบวัชพืชที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ : กรดไซรินจิกและอนุพันธ์เอสเทอร์, ผักโขมจีน, หญ้าข้าวนก, ฤทธิ์ปราบวัชพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Synthesis and herbicidal activity of ester derivatives of syringic acid
Students	Chiraphon Teepala Student ID 62050264
	Juthamart Muphet Student ID 62050266
	Natnicha Yooin Student ID 62050280
Degree	Bachelor of science (Industrial Chemistry)
Department	Chemistry
School	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Tear	2022
Advisor	Asst.Prof.Nawasit Chotsaeng

Abstract

This special project studied on as a result of the herbicide-resistant weeds, chemists are now turning to search for new herbicides. Current research focuses on the use of natural products as they are believed to be low in toxicity. Likewise, for this special project, the weed suppression ability of syringic acid **(25)**, a natural product) and its ester derivatives was studied. This is because functional group-modifications typically alter the biological activity of organic compounds. In addition to the other derivatives that are commercially available, ester could be synthesized, in high yields, by esterification. The chemical structures of synthesized compounds were then confirmed by the ^{1}H-NMR and ^{13}C-NMR techniques. After the evaluation of the herbicidal activity of syringic acid **(25)** and ester derivatives **(37-40)** at concentration of 400 μM, against barnyard grass *(Echinochloa crus-galli (L.) Beauv.)* and chinese amaranth *(Amaranthus tricolor L.),* it was found that Butyl syringate **(39)** has the power to inhibit the germination and growth of both test plants well. The derivative, Pentyl syringate **(40)**, suppressed the germination and growth of both test plants at moderate to high percentages, while other ester derivatives had little inhibitory activity on the test plants. Overall, the results of this test showed that the different functional groups of syringic acid and its ester derivatives Resulting in different herbicide effects.

Keyword : Syringic acid and ester derivatives**,** Chinese amaranth, Barnyard grass**,** Herbicidal activity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำ คำปรึกษา ข้อคิดเห็นต่างๆตลอดจนความร่วมมือของทุกๆ ท่าน อันเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ณวสิทธิ์ โชติแสง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ เกี่ยวกับการทำโครงงานพิเศษนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.พัชนี เจริญยิ่ง และ ดร.จตุพร มีศิลป์ ที่กรุณาเป็นกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ ตลอดจนให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นในการทำโครงงานนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้ได้รับการศึกษา อบรม เลี้ยงดู เป็นกำลังใจ เป็นแรงผลักดันที่ทำให้โครงงานพิเศษนี้ลุล่วงจนสำเร็จ รวมถึงเพื่อนๆและบุคคลที่ไม่ได้กล่าว ณ ที่นี้สำหรับความช่วยเหลือ สนับสนุนคำแนะนำต่างๆ รวมถึงการเป็นกำลังใจที่สำคัญในการดำเนินงาน คณะผู้จัดทำขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

จิราพร ทีปะลา

จุฑามาศ หมู่เพชร

ณัฐณิชา อยู่อินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ข
กิตติกรรมประกาศ..... ค
สารบัญ..... ง
สารบัญตาราง..... ซ
สารบัญรูป..... ฌ
คำย่อ/สัญลักษณ์..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์..... 2
1.3 สมมติฐาน..... 2
1.4 ขอบเขต..... 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3
2.1 วัชพืช (Weed)..... 3
2.1.1 การจำแนกชนิดของวัชพืช..... 3
2.1.2 การแพร่กระจายของเมล็ดวัชพืช..... 3
2.1.2.1 การแพร่กระจายทางพื้นที่..... 4
2.1.3 หญ้าข้าวนก (*Echinochloa crus-galli; Barnyard grass*)..... 4
2.1.4 วิธีการกำจัดวัชพืชโดยวิธีการป้องกัน..... 5
2.1.5 วิธีการกำจัดวัชพืชโดยวิธีทางกายภาพ..... 5
2.2 สารกำจัดวัชพืช (Herbicides)..... 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.1 การจำแนกตามลักษณะโครงสร้างทางเคมี..... 6
2.2.2 การจำแนกตามลักษณะทางการใช้กับพืช..... 11
2.2.3 การจำแนกตามชนิดของพืชที่ควบคุมได้..... 11
2.3 สารกำจัดวัชพืชกับสิ่งแวดล้อม (Herbicides and Environments)..... 12
2.4 วิธีการและลักษณะการใช้สารกำจัดวัชพืช (Application)..... 12
2.4.1 วิธีการใช้..... 12
2.4.2 ลักษณะการใช้สารกำจัดวัชพืช..... 13
2.5 กรดไซรินจิก (Syringic acid : SA)..... 13
2.5.1 ฤทธิ์ทางชีวภาพของกรดไซรินจิก (Bioactivity of syringic acid)..... 14
2.5.1.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านการก่อกลายพันธุ์..... 14
2.5.1.2 ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์..... 14
2.5.1.3 ฤทธิ์ต้านพิษ..... 15
2.5.1.4 ฤทธิ์กำจัดวัชพืช..... 15
2.6 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน..... 15
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 16
2.7.1. ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและฤทธิ์ทางชีวภาพ (Structure activity relationship) ของสารประกอบอินทรีย์..... 16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 21
3.1 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ..... 21
3.1.1 พืชทดสอบ..... 21
3.1.2 สารเคมี..... 21
3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการสังเคราะห์สาร..... 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.4 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งพืช..... 22
3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง..... 23
3.2.1 การสังเคราะห์แอลกอฮอล์ จากปฏิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification)..... 23
3.2.2 ทดสอบฤทธิ์การยับยั้งวัชพืช..... 23
3.2.2.1 การเตรียมสารละลายกรดไซริงจิกและอนุพันธ์ที่ระดับความเข้มข้น 400 µM..... 23
3.2.2.2 การเตรียม Tween® 80 0.1 เปอร์เซ็นต์..... 23
3.2.2.3 การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของสารละลายกรดไซริงจิกและอนุพันธ์ต่อพืชทดสอบ..... 24
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล..... 25
4.1 ผลการสังเคราะห์เอทิล ไซรินเจต (37) จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน..... 25
4.2 ผลการสังเคราะห์ออกทิล ไซริงเจต (38) จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน..... 26
4.3 ผลการสังเคราะห์บิวทิล ไซริงเจต (39) จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน..... 27
4.4 ผลการสังเคราะห์เพนทิล ไซริงเจต (40) จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน..... 28
4.5 การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชัน..... 28
4.6 ผลการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งในการยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืชของกรดไซรินจิกและ อนุพันธ์ที่สังเคราะห์ได้..... 29
4.6.1 ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนก..... 29
4.6.2 ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวต้นของหญ้าข้าวนก..... 29
4.6.3 ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวรากของหญ้าข้าวนก..... 29
4.6.4 ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการงอกของผักโขมจีน..... 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6.5 ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวต้นของผักโขมจีน..... 31

4.6.6 ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวรากของผักโขมจีน..... 31

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 33

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 33

5.1.1 การสังเคราะห์อนุพันธ์เอสเทอร์..... 33

5.1.2 การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ..... 34

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 34

เอกสารอ้างอิง..... 35

ภาคผนวก..... 37

ภาคผนวก ก..... 38

ภาคผนวก ข..... 39

ภาคผนวก ค..... 40

ภาคผนวก ง..... 42

ภาคผนวก จ..... 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 หมู่ฟังก์ชันที่ปรากฏในอนุพันธ์เอสเทอร์ที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้..... 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 วัชพืชข้าวนก (Echinochloa crus-galli; *Barnyard grass*)..... 5
2.2 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Phenoxys..... 6
2.3 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Benzoics..... 7
2.4 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Picolinic..... 7
2.5 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Aliphatic..... 7
2.6 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Phosphonate..... 8
2.7 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Bipyridiliums..... 8
2.8 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Triazines..... 9
2.9 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Ureas..... 9
2.10 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Ureas..... 9
2.11 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Ureas..... 10
2.12 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Nitriles..... 10
2.13 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืชประเภทอื่น ๆ..... 11
2.14 โครงสร้างของ Syringic acid..... 14
2.15 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน..... 16
2.16 การออกแบบสารเคมีกำจัดวัชพืช APP แบบใหม่ที่มี benzofuran moiety..... 17
2.17 ผลของหมู่ฟังก์ชันต่อฤทธิ์ทางชีวภาพ..... 17
2.18 ผลของหมู่ฟังก์ชันต่อฤทธิ์ทางชีวภาพ..... 18
2.19 ผลของหมู่ฟังก์ชันต่อฤทธิ์ทางชีชภาพของอนุพันธ์ Nitro oxime..... 19
2.20 สารประกอบ 5 และ สารประกอบ 6..... 20
4.1 การสังเคราะห์เอทิล ไซรินเจต (37)..... 25
4.2 กลไกการสังเคราะห์เอทิล ไซรินเจต (37)..... 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.3 การสังเคราะห์ออกทิล ไซริงเจต (38)..... 26

4.4 การสังเคราะห์บิวทิล ไซริงเจต (39)..... 27

4.5 การสังเคราะห์เพนทิล ไซริงเจต (40)..... 28

4.6 กราฟแสดงผลการยับยั้งการงอกและยับยั้งการเจริญเติบโตของลำต้นและรากหญ้าข้าวนก..... 30

4.7 ภาพแสดงการเจริญเติบโตของลำต้นและรากหญ้าข้าวนก..... 30

4.8 กราฟแสดงผลการยับยั้งการงอกและยับยั้งการเจริญเติบโตของลำต้นและรากผักโขมจีน..... 31

4.9 ภาพแสดงการเจริญเติบโตของลำต้นและรากผักโขมจีน..... 32

5.1 แสดงโครงสร้างของกรดไซรินจิกและอนุพันธ์เอสเทอร์..... 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
TLC	Thin-Layer chromatography
H_2SO_4	Sulfuric acid
OMe	Methoxy group
Tween® 80	Polysorbate 80
δ	Chemical shift
R_f	Retardation factor
^{1}H-NMR	Proton-1 nuclear magnetic resonance spectroscopy
^{13}C-NMR	Carbon-13 nuclear magnetic resonance spectroscopy
IR	Infrared spectroscopy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การทำเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักของประชากรส่วนใหญ่ในประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยเป็นพื้นที่ราบลุ่มเหมาะแก่การเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ นอกจากนี้อาชีพเกษตรกรเป็นอาชีพที่สืบต่อกันมาจากบรรพบุรุษ มนุษย์รู้จักการนำพืชและสัตว์มาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปัจจัย 4 ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัยและยารักษาโรค และในปัจจุบันผลผลิตทางการเกษตรเป็นรายได้จากการส่งออกระดับต้น ๆ อีกทั้งสินค้าอุตสาหกรรมที่ส่งออกจำนวนมากเป็นสินค้าแปรรูปทางการเกษตร ดังนั้นรูปแบบการผลิตจึงสามารถผลิตเพื่อดำรงชีพและการค้าขาย ทำให้เกิดการพัฒนาระบบการผลิตมาเป็น ระบบปลูกพืช ระบบฟาร์ม ระบบเกษตร ในหลาย ๆ ภูมิประเทศ โดยเน้นการปลูกพืชหลักเพียงอย่างเดียวหรือพืชเชิงเดี่ยวสามารถแยกได้ตามลักษณะพืชที่ปลูกและวิธีการเพาะปลูก ได้ดังนี้

1.1 การปลูกพืชไร่ ประเภทไม้ล้มลุก ไม้ทนแสง เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มันฝรั่ง ตะไคร้หอม ทานตะวันอ้อย พืชตระกูลถั่ว

1.2 การปลูกพืชสวนเป็นพืชล้มลุกที่มีอายุสั้นเพียงฤดูเดียว เช่น มะม่วง ลองกอง ส้มโอ เงาะ ทุเรียน มังคุด น้อยหน่า รวมถึงเป็นไม้ยืนต้นลำต้นแข็งแรง

1.3 การทำนาข้าว การปลูกนาดำ การปลูกนาหว่าน การปลูกข้าวไร่ การปลูกข้าวแบบนาขั้นบัน-ได โดยแต่ละประเภทสามารถทำในพื้นที่สูงหรือราบและบนดอย

ผลจากทำการเกษตรนั้น ส่วนใหญ่ประสบปัญหาศัตรูพืช คือ แมลง โรค วัชพืช เป็นต้น ซึ่งศัตรูพืชจะส่งผลให้ผลผลิตทางเกษตรลดลง โดยศัตรูพืชไม่เพียงแต่ลดผลผลิต แต่ยังแย่งแสงแดด น้ำ และอาหาร ทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลง วัชพืชแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ๆ คือ วัชพืชใบแคบ (Narrow leaf weeds) และวัชพืชใบกว้าง (Broadleaf weeds) ในการวิจัยนี้เลือกวัชพืชที่เป็นใบแคบ คือ หญ้าข้าวนก เป็นตัวแทนใบเลี้ยงเดี่ยว เป็นวัชพืชที่ระบาดในนาข้าวและสามารถเจริญเติบโตพร้อมกับข้าว ซึ่งเป็นปัญหาทางการเกษตรที่ส่งผลในระยะยาว วัชพืชชนิดนี้เจริญเติบโตได้ตลอดทั้งปี ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดขึ้นได้ทั้งในดินแห้งและน้ำท่วมขัง ในงานวิจัยนี้เลือกที่จะใช้พืชใบกว้างคือ ผักโขมจีน ซึ่งเป็นตัวแทนใบเลี้ยงคู่ เพราะมีอัตราการงอกสูง อ่อนแอต่อสารเคมี และหาได้ง่าย นอกจากนี้ปัจจุบันยังพบค่าแรงสูง ประกอบกับขาดแคลนแรงงาน ดังนั้นจึงหันมาสนใจใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชเพื่อแก้ปัญหาการเจริญเติบโตของวัชพืช เพราะมีความสะดวกและรวดเร็ว มีต้นทุนต่ำในบางกรณีและวิธีอื่น ๆ

อย่างไรก็ตามสารเคมีกำจัดวัชพืชยังขึ้นชื่อว่าเป็นสารเคมี เมื่อเกษตรกรใช้งานหรือสัมผัสเป็นเวลานานอาจก่อให้เกิดอันตรายกับร่างกายและเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคผิวหนังอักเสบ เป็นต้น ดังนั้นสารผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติหรือสารเคมีที่มีโครงสร้างการปรับปรุงมาจากธรรมชาติจึงได้รับความสนใจในการศึกษา นอกจากนี้สารเคมีกำจัดวัชพืชทั่วไปคุณสมบัติอาจออกฤทธิ์ได้ไม่เพียงพอต่อการใช้งานหรือเกิดการดื้อยา ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่มีฤทธิ์ในการปราบวัชพืชของกรดไซริน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จิกและอนุพันธ์เอสเทอร์ โดยใช้หญ้าข้าวนก (Barnyard grass) และผักโขมจีน (Chinese *amaranth*) เป็นพืชตัวอย่างในการใช้ทดสอบเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นของการพัฒนายาปราบวัชพืช [1]

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อสังเคราะห์อนุพันธ์เอสเทอร์ของกรดไซรินจิกจากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างกรดไซรินจิกและแอลกอฮอล์

2. เพื่อศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทดสอบจากอนุพันธ์เอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้

1.3 สมมติฐาน

อนุพันธ์เอสเทอร์ของกรดไซรินจิกที่สังเคราะห์ได้จากแอลกอฮอล์ต่างชนิดกันมีฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทดสอบแตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เตรียมอนุพันธ์เอสเทอร์ของกรดไซรินจิกจากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างกรดไซรินจิกและแอลกอฮอล์ต่างชนิดกัน

2. ศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทดสอบของอนุพันธ์เอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสังเคราะห์อนุพันธ์เอสเทอร์ของกรดไซรินจิกจากปฏิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างกรดไซรินจิกและแอลกอฮอล์ที่แตกต่างกัน

2. ทราบถึงฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบของอนุพันธ์เอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วัชพืช (Weed)

เป็นพืชที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ การเกิดขึ้นเองของวัชพืชส่งผลกระทบต่อระบบการผลิตทางการเกษตรในทางลบ ทำให้ผลผลิตถูกแย่งสารอาหาร น้ำ และแสงสว่าง จนล้มตายหรือเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ สามารถพบได้ทั่วไป ทั้งในสนามหญ้า ริมถนน คูน้ำ ป่า บริเวณที่ปลูกพืชผลทางการเกษตร เป็นต้น วัชพืชมีทั้งประโยชน์และโทษ เพียงแต่มีประโยชน์น้อยเท่านั้น เมล็ดวัชพืชมักปนมากับเมล็ดพืชที่ใช้ปลูก หรือปลิวมาตามลม ลอยมากับกระแสน้ำ บางครั้งอาจติดมากับเครื่องมือเครื่องใช้สำหรับทำการเพาะปลูก ดังนั้น จึงควรตรวจดูวัชพืชในแปลงเพาะปลูก ควรถอนทิ้งตั้งแต่ยังไม่มีเมล็ดเพื่อป้องกันการกระจายพันธุ์ของวัชพืช ซึ่งในปีหนึ่ง ๆ เกษตรกรต้องเสียเงินและแรงงานจำนวนมากไปกับการกำจัดวัชพืช ซึ่งวัชพืชมีหลากหลายประเภท สามารถจำแนกได้ ดังนี้ [2]

2.1.1 การจำแนกชนิดของวัชพืช

การจำแนกชนิดของวัชพืชตามลักษณะภายนอก (Morphology) แบ่งเป็น 6 ประเภท เพื่อประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช

1. วัชพืชใบแคบ คือ พืชที่อยู่ในวงศ์หญ้า (Poaceae) นั้นมีลักษณะที่สำคัญจะเห็นลำต้นเป็นข้อเป็นปล้องชัดเจน มีใบที่เรียวยาวเส้นใบขนานกัน เช่น หญ้าข้าวนก ข้าวป่า หญ้าตีนกา

2. วัชพืชใบกว้าง คือ พืชที่มีลักษณะของใบแผ่กว้างและมีใบขนาดใหญ่กว่าวัชพืชใบแคบและกก เช่น ผักโขม ผักปลาบ

3. วัชพืชจำพวกกก คือ พืชที่อยู่ในวงศ์กก (Cyperaceae) ลักษณะคล้ายวัชพืชใบแคบ แต่ลำต้นอาจมีลักษณะที่กลมหรือสามเหลี่ยม ไม่มีข้อปล้อง เช่น แห้วหมู กกทราย

4. วัชพืชจำพวกเฟิร์น คือ กลุ่มที่มีท่อลำเลียงน้ำและอาหาร แต่ไม่มีดอกเพื่อใช้ในการสืบพันธุ์ เช่นผักกูดเขากวาง ผักแว่น

5. วัชพืชแอลจี คือ กลุ่มพืชชั้นต่ำ ไม่มีราก ลำต้นและใบที่แท้จริง เช่น สาหร่ายไฟชนิดต่าง ๆ

6. วัชพืชอื่น ๆ คือ กลุ่มพืชที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มต่าง ๆ อาจเป็นวัชพืชน้ำ เช่น สาหร่ายพุงชะโด สาหร่ายเส้นด้าย

2.1.2 การแพร่กระจายของเมล็ดวัชพืช

การแพร่กระจายของวัชพืชนั้นแบ่งได้ทั้งที่เป็นการย้ายเข้ามาและอพยพออกไป การขยายพันธุ์ของวัชพืชส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในพื้นที่ดั้งเดิมที่กำเนิดสายพันธุ์ให้คงอยู่ตลอดไป รวมทั้งบางส่วนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แพร่กระจายมาจากที่อื่นๆ และมีทั้งแพร่กระจายออกไปเช่นกัน การแพร่กระจายของวัชพืชที่ยังคงมีชีวิตอยู่รอดในพื้นที่อื่น ๆ นอกเหนือจากพื้นที่เดิม มีดังนี้

2.1.2.1 การแพร่กระจายทางพื้นที่

มีการเคลื่อนย้ายทางกายภาพของเมล็ดจากพื้นที่หนึ่งไปอีกพื้นที่หนึ่ง ซึ่งการแพร่กระจายทางพื้นที่ต้องอาศัยตัวกลาง ดังนี้

1. โดยอาศัยลม เมล็ดที่แพร่กระจายโดยลมจะมีรูปร่างได้หลายแบบ ได้แก่ เมล็ดที่มีขนาดเล็กจนคล้ายฝุ่นผง เช่น เมล็ดกล้วยไม้ หรือสปอร์ของพวกเฟิร์น

2. โดยทางน้ำ เมล็ดหลายชนิดแม้ไม่มีส่วนประกอบพิเศษ แต่ก็จะสามารถแพร่กระจายโดยทางน้ำได้เป็นอย่างดี ดังนั้นระบบชลประทานจึงเป็นส่วนสำคัญในการแพร่กระจายของเมล็ดวัชพืช

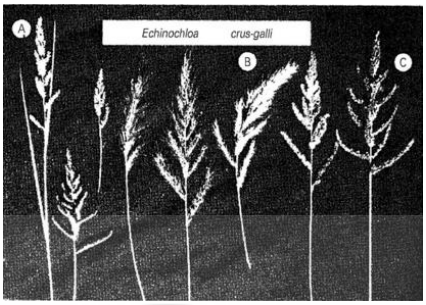
3. โดยสัตว์ เมล็ดบางชนิดมีส่วนพิเศษเป็นขอเกี่ยว ทำให้เกาะติดกับขนของสัตว์ไปได้ง่าย ทำให้เกิดการแพร่กระจายออกไปได้ไกล

4. โดยมนุษย์ นับตั้งแต่เริ่มปลูกจนเก็บเกี่ยว มนุษย์มีส่วนช่วยในการแพร่กระจายเมล็ดวัชพืชอย่างยิ่ง วัชพืชหลายชนิดที่เจริญเติบโตใกล้ชิดกับพืชปลูก บางชนิดจะเลียนแบบลักษณะทางสัณฐานหรือสรีระของพืชปลูก เช่น ข้าวและข้าวหญ้านก

2.1.3 หญ้าข้าวนก (*Echinochloa crus-galli;* Barnyard grass)

มีวิวัฒนาการไปตามพื้นที่ และสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ปัจจุบันพบว่า มีหลายพันธุ์ที่มีความแตกต่างทางด้านสัณฐานวิทยาของช่อดอก (panicle) และการพัฒนาตั้งแต่เริ่มออกดอกจนติดเมล็ด (phenology) ทำให้สามารถจำแนกได้เป็นพันธุ์ต่าง ๆ ได้แก่ พันธุ์ crus-galli พันธุ์ oryzicola และพันธุ์ phyllopogon ซึ่งสองพันธุ์แรก คือ crus-galli และ oryzicola จะแก่เร็ว และเมล็ดมักจะแตกออกจากช่อดอกก่อนระยะเวลาเก็บเกี่ยวข้าว ส่วนพันธุ์ phyllopogon จะงอกในภายหลังและมีช่วงชีวิตที่ยาวนานกว่าสองพันธุ์แรก ดังนั้นช่อดอกที่แก่ จึงไม่แตกเมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวข้าว ทำให้ช่อดอกของพันธุ์นี้ถูกเก็บเกี่ยวไปพร้อมกับการเก็บเกี่ยวข้าว หญ้าข้าวนกทั้ง 3 พันธุ์นั้นมีช่วงชีวิตที่เหลื่อมกัน ทำให้เมล็ดของพันธุ์ crus-galli และ oryzicola ยังมีหลงเหลือในนาข้าว ส่วนพันธุ์ phyllopogon จะปนไปกับเมล็ดข้าว เนื่องจากยังมีการจัดการเกษตรกรรมบางรูปแบบที่มีระดับน้ำสูงในนาข้าว และใช้สารกำจัดวัชพืชบางชนิด ทำให้หญ้าข้าวนกพันธุ์ phyllopogon ขึ้นได้ดีกว่าอีก 2 สายพันธุ์ เพราะพันธุ์นี้มีวิวัฒนาการและปรับตัวให้ทนทานต่อสภาพข้าวที่มีน้ำขังระดับสูงได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 วัชพืชข้าวนก (Barnyard grass) พันธุ์ต่างๆ (A) phyllopogon (B) oryzicola (C) crus-galli (Radoserich et al., 1996)

2.1.4 วิธีการกำจัดวัชพืชโดยวิธีการป้องกัน

หลักการพื้นฐานที่สำคัญในการควบคุมวัชพืช คือ การป้องกัน การนำเข้าของวัชพืชชนิดใหม่เข้าสู่พื้นที่ และป้องกันการแพร่กระจาย แนวทางการป้องกัน มีดังนี้

1. การทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ ทั้งในเมล็ดที่มาจากบริษัทผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ และเมล็ดที่เกษตรกรเก็บไว้ปลูก จะมีวัชพืชปะปนอยู่

2. การปลูกพืชคลุมดินเพื่อแข่งขันวัชพืช พืชกลุ่มนี้จะต้องมีความสามารถในการแข่งขัน เพื่อแย่งแสง ความชื้น และธาตุอาหารกับวัชพืชได้ดี ซึ่งพืชคลุมดินที่ใช้แข่งขันกับวัชพืชส่วนใหญ่เป็นธัญพืชพวกข้าวฟ่างชนิดต่าง ๆ พืชวงศ์ถั่ว เช่น ถั่วพุ่ม พืชวงศ์หญ้า เช่น หญ้าซูดาน พืชวงศ์อื่น ๆ เช่น ดอกทานตะวัน พืชพวกนี้อาจจะใช้เป็นพืชหมุนเวียนกับพืชปลูกได้

3. การปลูกพืชหมุนเวียน ป้องกันไม่ให้เกิดการแพร่การจายเพิ่มขึ้นของวัชพืช ซึ่งการปลูกพืชชนิดเดียวกันเป็นเวลานาน ๆ ทำให้วัชพืชเพิ่มจำนวนมากขึ้น ซึ่งวัชพืชสามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว ส่งผลให้พืชที่ปลูกมีคุณภาพลดลง

2.1.5 วิธีการกำจัดวัชพืชโดยวิธีทางกายภาพ

เป็นวิธีการที่ควบคุมวัชพืชแบบดั้งเดิมและไม่จำเป็นต้องใช้ความเชี่ยวชาญมาก อีกทั้งยังเป็นวิธีประหยัดและปราศจากมลภาวะ ประเภทของการจัดการวัชพืชวิธีกล มีดังนี้

1. การใช้มือถอน เป็นวิธีดั้งเดิม และได้ผลดีในวัชพืชฤดูเดียวที่มีรากไม่ลึกและง่ายต่อการถอนจากดิน ซึ่งเป็นวิธีที่ปลอดภัย แต่ต้องการแรงงานคน ทำให้มีการใช้ต้นทุนสูงเมื่อเทียบกับสารเคมี

2. การใช้พืชและวัสดุคลุมดิน ช่วยไม่ให้วัชพืชถูกกระตุ้นการงอกจากแสง วัสดุคลุมดิน ได้แก่ ผ้าพลาสติกดำ ฟางข้าว ขี้เลื่อย ซึ่งวัสดุคลุมดินที่เป็นพลาสติกสีดำที่มีรูให้น้ำและอากาศผ่าน เป็นที่นิยม เนื่องจากยอมให้น้ำผ่านเข้าออกได้ ช่วยลดการคายน้ำและยับยั้งการงอกของวัชพืชได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การกำจัดวัชพืชโดยการใช้น้ำ หากเป็นวัชพืชน้ำ การปล่อยน้ำทิ้งจะเป็นวิธีหนึ่งที่ควบคุมได้ ถ้าเป็นวัชพืชบก ให้น้ำท่วมขังเป็นสัปดาห์หรือเป็นเดือนจะเป็นวิธีที่ช่วยควบคุมวัชพืชได้ดี

4. การจัดการวัชพืชโดยการใช้ความร้อนหรือเผาไฟ เป็นการไถพรวนใช้ทำน้ำมัน แล้วจุดไฟเผา สามารถควบคุมวัชพืชระหว่างแถวพืชปลูกได้ทั้งแบบที่เลือกทำลายและไม่เลือกทำลาย เปลวไฟจะไปทำลายส่วนเนื้อเยื่อของท่อลำเลียงน้ำและอาหารในกรณีแบบเลือกทำลาย

5. การตัดโดยใช้เครื่องตัดหญ้า สามารถควบคุมวัชพืชแบบช่วงแรกของการทำเกษตรได้ และยังมีการใช้อยู่ในปัจจุบัน แต่การกำจัดวัชพืชวิธีการนี้ทำให้พืชปลูกขาดไนโตรเจน เกษตรกรจึงหันมาใช้พืชคลุมดินซึ่งปมรากจะช่วยตรึงไนโตรเจนไว้ได้ [3]

2.2 สารกำจัดวัชพืช (Herbicides)

สารเคมีที่ใช้สำหรับยับยั้ง ควบคุมการเจริญเติบโตของวัชพืช มีการใช้สารเคมีนี้เมื่อวัชพืชกำลังเติบโตหรือกำลังขยายพันธุ์ สารเคมีที่ใช้จะต้องคำนึงถึงชนิดวัชพืชที่จะกำจัดและช่วงเวลา สารกำจัดวัชพืชมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด มีหลากหลายประเภท ซึ่งในแต่ละประเภทมีหลายชนิด มีคุณสมบัติในการกำจัดวัชพืชที่แตกต่างกันไป จึงจัดแบ่งประเภทเพื่อความสะดวกในการใช้งาน ดังนี้ [1]

2.2.1 การจำแนกตามลักษณะโครงสร้างทางเคมี แบ่งการจำแนกและกลุ่มของสารวัชพืช ดังนี้

1. สารกำจัดวัชพืชประเภทสารอนินทรีย์ เช่น กรดดินประสิว กรดอาร์ซินิค แอมโมเนียมซัลเฟต โซเดียมคลอไรด์

2. สารกำจัดวัชพืชประเภทสารประกอบอินทรีย์ ยกตัวอย่างเช่น

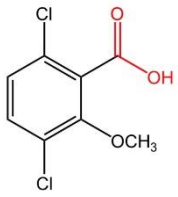
- Phenoxys สารกลุ่มนี้มีการเลือกทำลายค่อนข้างสูง สามารถควบคุมวัชพืชใบกว้างอายุฤดูเดียวและหลายฤดูได้ดี เมื่อใช้ทางดินทำให้เข้าสู่ต้นพืชทางรากการเคลื่อนที่ของสารยังถูกจำกัด จึงเหมาะกับใช้ทางใบ ตัวอย่างเช่น 2,4-D (1) และ 2,4,5-T (2)

2,4-D (1) **2,4,5-T (2)**

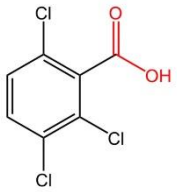
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Phenoxys

- Benzoics สารกลุ่มนี้พบว่าเป็นสารที่ทำให้ใบม้วนลงและมีผลต่อการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับฟีนอกซี เช่น Dicamba (3) และ 2,3,6-TBA (4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



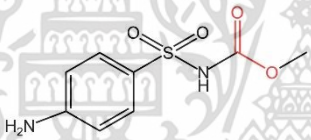
Dicamba (3)



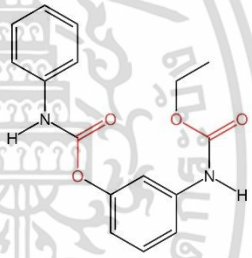
2,3,6-TBA (4)

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Benzoics

- Carbamates สารในกลุ่มนี้มีความสามารถในการเลือกทำลายสูง บางชนิดใช้ทางดิน บางชนิดใช้ ทางใบ สามารถเคลื่อนย้ายในพืชได้ มีผลต่อพืชในลักษณะยับยั้งการแบ่งเซลล์ (mitotic poisons) โดยการที่ใช้ทางดินจะยับยั้งการแบ่งเซลล์ของราก และที่ใช้ทางใบจะยับยั้งการแบ่ง เซลล์ของใบและราก เช่น asulam (5) และ desmidipham (6)



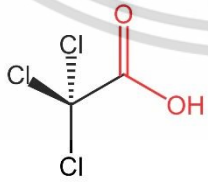
Asulam (5)



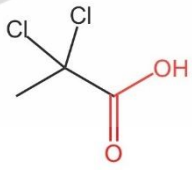
Desmidipham (6)

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Picolinic

- Aliphatic สารกลุ่มนี้ เป็นสารที่โมเลกุลประกอบด้วยโซ่คาร์บอนไม่มีริง ใช้ควบคุมวัชพืชวงศ์หญ้าฤดูเดียวหรือหลายฤดู ตัวอย่างเช่น Tricychloroacetic acid (7) และ Dalapon (8)



Tricychloroacetic acid (7)



Dalapon (8)

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Aliphatic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Amides สารในกลุ่มนี้ ส่วนใหญ่ใช้ทางดิน แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ Chloroacetamides ซึ่งเป็นสารยั้บยังการเจริญเติบโต อีกทั้งลดการขยายและการแบ่งตัวของเซลล์ ตัวอย่าง Metolachlor (9) และอีกกลุ่มนั้นเป็นสารที่มีผลต่อพืชแตกต่างกัน เช่น Nopropamide (10) สารในกลุ่มนี้มีการเลือกทำลายค่อยข้างสูง

Metolachlor (9) **Nopropamide (10)**

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Phosphonate

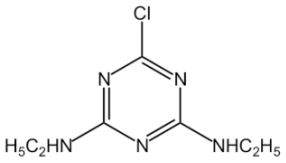
- Bipyridiliums สารกลุ่มนี้ ดูดยึดดินแน่นและเร็ว สารนี้จึงใช้พ่นทางใบมากกว่า และเป็นสารประเภทสัมผัสตาย มีความจำกัดในการเคลื่อนย้ายสารโดยเฉพาะในลำต้น จึงใช้สารจับใบช่วย สารกลุ่มนี้จะทำให้ใบช้ำและเหี่ยว ภายใน 1-2 ชั่วโมง หลังจากใช้ตอนมีแสงแดด ตัวอย่างเช่น Paraquat (11) และ Diquat (12)

Paraquat (11) **Diquat (12)**

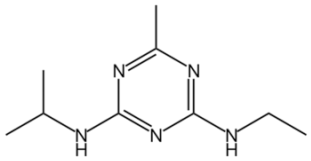
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Bipyridiliums

- Triazines สารกลุ่มนี้ ส่วนใหญ่แล้วใช้ทางดิน ซึ่งใช้อย่างแพร่หลายกับพืชวงศ์หญ้าและพืชใบกว้างฤดูเดียว อีกทั้งสามารถยับยั้งการสังเคราะห์ด้วยแสงของวัชพืช และทำลายเมมเบรน ตัวอย่างเช่น Simazine (13) และ Atrazine (14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



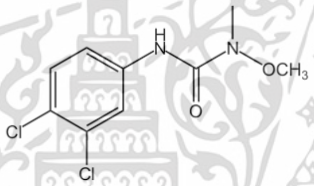
Simazine (13)



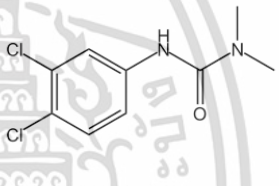
Atrazine (14)

รูปที่ 2.8 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Triazines

- Ureas สารกลุ่มนี้ ส่วนใหญ่ใช้ทางดินจะถูกดูดซึมจากรากไปยังลำต้นตามท่อลำเลียง สามารถควบคุมวัชพืชที่กำลังงอก และยับยั้งการสังเคราะห์ด้วยแสงของวัชพืช การเลือกทำลายของสารกลุ่มนี้ไม่สูงมาก อาจทำให้เป็นพิษน้อยกับวัชพืชที่มีรากลึก ตัวอย่างเช่น Linuron (15) และ Diuron (16)



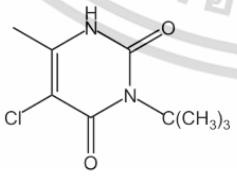
Linuron (15)



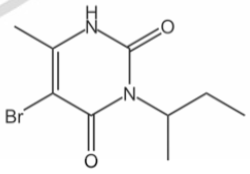
Diuron (16)

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Ureas

- Uracils สารกลุ่มนี้ มีสมบัติคล้ายคลึงกัน มีการเลือกทำลายในวัชพืชไม่กี่ชนิด อยู่ในดินได้ยาวนาน จึงใช้สารกลุ่มนี้น้อยกว่า Ureas ซึ่งสารกลุ่มนี้จะใช้ควบคุมวัชพืชในพืชปลูกที่มีอายุหลายปี เช่น ส้มบางชนิด สับปะรด ตัวอย่างเช่น Terbacil (17) และ Bromacil (18)



Terbacil (17)



Bromacil (18)

รูปที่ 2.10 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Ureas

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Diphenyl ether สารกลุ่มนี้ เป็นสารประเภทสัมผัสตาย สารเคลื่อนย้ายได้เล็กน้อย เมื่อใช้สารประเภทนี้ ใบจะช้ำ เหี่ยว ใบไหม้ ภายใน 24 ชั่วโมง อีกทั้งสารเหล่านี้จะถูกยึดไว้ที่ดินต้านทานการชะล้าง แต่จะเคลื่อนย้ายไปสู่ดินชั้นบนตามอัตราการคายน้ำของดิน ซึ่งไม่มีผลตกค้างหลังเก็บเกี่ยวพืชปลูก เช่น Acifluorfen (19) และ Nitrofen (20)

Acifluorfen (19) **Nitrofen (20)**

รูปที่ 2.11 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Ureas

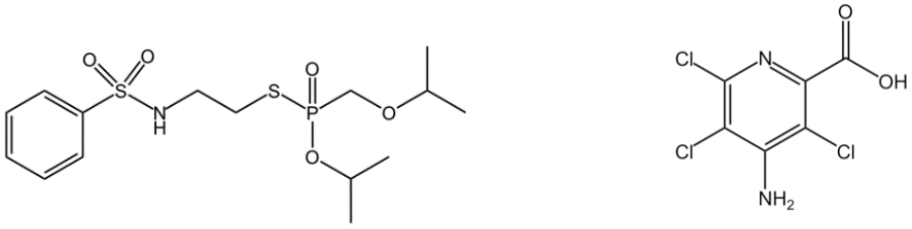
- Nitriles สารกลุ่มนี้เลือกทำลายค่อนข้างต่ำ มีทั้งใช้ทางดินและทางใบ มีฤทธิ์ด้านการยับยั้งการเจริญเติบโตของยอด ใบและราก อีกทั้งยังส่งผลให้ใบซีดเหลือง ตัวอย่างเช่น dichlobenil (21) และ loxynil (22)

Dichlobenil (21) **loxynil (22)**

รูปที่ 2.12 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืช Nitriles

- Amides สารในกลุ่มนี้ ส่วนใหญ่ใช้ทางดิน แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ Chloroacetamides ซึ่งเป็นสารยั้บยังการเจริญเติบโต อีกทั้งลดการขยายและการแบ่งตัวของเซลล์ ตัวอย่าง metolachlor และอีกกลุ่มนั้นเป็นสารที่มีผลต่อพืชแตกต่างกัน เช่น nopropamide สารในกลุ่มนี้มีการเลือกทำลายค่อยข้างสูง
- สารชนิดอื่นๆ มีสารกำจัดวัชพืชอีกหลายชนิดที่ยังไม่มีการจัดกลุ่มที่ชัดเจน เช่น bensulide (23) ใช้ควบคุมวัชพืชในไม้ดอกไม้ประดับและพืชผัก picloram (24) ใช้ควบคุมวัชพืชล้มลุกและยืนต้นได้ดี และสามารถทำลายตอไม้ ต้นไม้ใหญ่ได้ [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Bensulide (23) Picloram (24)

รูปที่ 2.13 ตัวอย่างสารกำจัดวัชพืชประเภทอื่น ๆ

2.2.2 การจำแนกตามลักษณะทางการใช้กับพืช แบ่งได้ดังนี้

1. สารกำจัดวัชพืชที่ให้ทางดิน (Soiled applied herbicide) สารประเภทนี้พ่นลงดินก่อนปลูกพืช ก่อนวัชพืชจะงอกหรืองอกแล้ว สารกำจัดวัชพืชทางดินต้องอาศัยน้ำเป็นตัวนำพาให้สารสามารถเคลื่อนผ่านดินลงสู่ราก ซึ่งความเป็นพิษของสารจะขึ้นอยู่กับความสามารถทนทานของวัชพืชที่ได้รับสารนั้น

2. สารกำจัดวัชพืชที่ให้ทางใบ (Foliage applied herbicide) เป็นสารที่สามารถทำลายวัชพืชได้เมื่อพ่นให้สัมผัสใบหรือลำต้นของวัชพืช

2.1 สารประเภทสัมผัสตาย (Contact herbicide) คือ สารกำจัดวัชพืชที่ทำลายหรือทำให้เกิดความเสียหายเฉพาะส่วนที่สัมผัส โดยไม่มีการเคลื่อนย้ายภายในใบหรือลำต้น เช่น พาราควอท (Paraquat) โบรมอกซีนิล (bromoxynil)

2.2 สารประเภทดูดซึม (Systemic herbicide) สารกำจัดวัชพืชประเภทนี้สามารถทำลายรากลำต้นใต้ดิน จนถึงยอดอ่อนที่กำลังงอก เช่น 2,4-D ไกลโฟเสท (Glyphosate)

3. สารกำจัดวัชพืชที่คงพิษอยู่ในดิน (Soil residual herbicide) สารชนิดนี้ใช้พ่นลงดินที่สามารถเป็นสารที่เลือกทำลายได้หากอัตราการใช้สารเหมาะสมและมีสภาพแวดล้อมเฉพาะ โดยเฉพาะในอัตราการใช้ที่สูงพอสารจะคงความเป็นพิษในดินได้นาน สารกลุ่มส่วนใหญ่แล้วเคลื่อนย้ายเข้าสู่เมล็ดที่กำลังงอกได้ เช่น อาทราซัน (atrazine)

4. สารกำจัดวัชพืชประเภทรมควัน (soil fumigant herbicide) เป็นสารที่ไม่เลือกทำลาย โดยแก๊สจากสารจะไปทำลายทุกส่วนของต้นวัชพืช สารนี้มักใช้ก่อนการปลูกพืชและก่อนการงอกของวัชพืช ซึ่งต้นอ่อนของวัชพืชจะถูกทำลายโดยวิธีนี้ แต่เมล็ดวัชพืชที่ยังไม่งอกจะมีความทนทานต่อการรมควันโดยสารประเภทนี้ เช่น เมทิลโบรไมด์ (Methyl bromide) [3]

2.2.3 การจำแนกตามชนิดของพืชที่ควบคุมได้

1. สารกำจัดวัชพืชประเภทเลือกทำลาย (Selective Herbicides) เป็นสารกำจัดวัชพืชชนิดใดชนิดหนึ่งมีคุณสมบัติความเป็นพิษต่อพืชบางชนิด ภายใต้ข้อจำกัด คือ 1) อัตราการใช้ 2) วิธีการใช้ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) สภาพแวดล้อมขณะใช้และภายหลังการใช้สารกำจัดวัชพืชนั้น ๆ เช่น 2,4-ดี ใช้ในนาข้าว อาลาคลอร์ใช้ในพืชตระกูลถั่ว

2. สารกำจัดพืชประเภทไม่เลือกทำลาย (Non-selective Herbicides) เป็นสารกำจัดวัชพืชที่มีความเป็นพิษต่อพืชบริเวณนั้นทั้งหมดเมื่อพืชสัมผัสกับสารเหล่านี้ เช่น พาราควอท ซัลโฟเสท และอิมาซาร์เพอร์ [1]

2.3 สารกำจัดวัชพืชกับสิ่งแวดล้อม (Herbicides and Environments)

สารกำจัดวัชพืช เป็นสารเคมีซึ่งมีทั้งประโยชน์และโทษ เมื่อมีการใช้สารเคมีบ่อยครั้งย่อมส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในบริเวณนั้น รวมไปถึงบริเวณใกล้เคียงอีกด้วย ผลกระทบของสารกำจัดวัชพืชแยกได้ 2 ลักษณะ คือ

1. ผลตกค้างในดิน (Soil residue) สารเคมีที่ใช้บางชนิดสะสมในดินเป็นเวลานาน เมื่อเกษตรกรปลูกพืชปลูกชนิดเดิมซ้ำ ๆ การใช้สารเคมีก็จะใช้ชนิดเดิม อาจเกิดการสะสมและตกค้างในดินที่ยาวนาน ส่งผลกระทบต่อพืชปลูกทำให้ผลผลิตที่ได้ลดลงเนื่องจากดินเสื่อมสภาพ

2. ความเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ (Toxicity) ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตจากสารกำจัดวัชพืชยังมีน้อยกว่าสารกำจัดแมลงและโรคพืช เพราะส่วนใหญ่สารกำจัดวัชพืชจะมีผลต่อวัชพืชเท่านั้น แต่ก็มีสารกำจัดวัชพืชบางชนิดที่มีผลต่อระบบหายใจ เช่นสารกลุ่ม dinitroanilines [1]

2.4 วิธีการและลักษณะการใช้สารกำจัดวัชพืช (Application)

2.4.1 วิธีการใช้

การใช้สารกำจัดวัชพืชนั้นมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของวัชพืช ชนิดพืชปลูก อัตราการใช้ เวลาการใช้ รวมไปถึงสภาพแวดรอบบริเวณนั้น ๆ วิธีการใช้ มีดังนี้

1. การพ่น (Spraying) มักใช้กับสารกำจัดวัชพืชที่เป็นของแข็ง (powder) หรือของเหลว (concentrate) เมื่อละลายในน้ำแล้วอาจอยู่ในรูปของสารละลาย หรือสารแขวนลอย (suspension)

2. การอัดฉีด (Injection) เป็นวิธีการใช้สารเคมีอัดฉีดไปในเปลือกหรือเนื้อไม้ โดยใช้เข็มหรืออัดสารเคมีเข้าไปในดินชั้นล่างใต้ผิวดิน(sub-surface)สารเคมีอยู่ในรูปละลายน้ำหรือในรูปของก๊าซ (aerosol)

3. การหว่าน (Broadcasting) เป็นวิธีใช้สารเคมีในรูปแบบเม็ด อาจหว่านลงในน้ำ หรือในดิน เช่น หว่านบนดินแล้วใช้รถไถกลบ

4. การหยด (Dripping) การใช้สารกำจัดวัชพืชในบริเวณที่มีน้ำ เช่น ในนาข้าว แหล่งน้ำ สารกำจัดวัชพืชที่เหมาะสมจะใช้วิธีนี้ จะอยู่ในรูปของเหลวและสามารถละลายน้ำได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การทาหรือสัมผัส (Painting or Contacting) ใช้สารกำจัดวัชพืชเพื่อทำลายต้นไม้ใหญ่อาจเป็นการทาที่เปลือก รอยแผล จะทำให้สารเคมีกระจายไปทั่วทั้งลำต้นของพืช [1]

2.4.2 ลักษณะการใช้สารกำจัดวัชพืช

1. การใช้เป็นแถบ (Band Application) เป็นการพ่นในแถบกว้าง 30-50 เซนติเมตร ครอบคลุมแถวหรือระหว่างแถวพืช

2. การใช้ทั้งพื้นที่ (Overall or Broadcast Application) เป็นการใช้ครอบคลุมไปทั้งพื้นที่ระหว่างแถวระหว่างต้น หรือทั้งบริเวณที่ควบคุมกำจัดวัชพืช

3. การใช้ตรงเป้า (Directed Application) ใช้สารในที่เฉพาะเจาะจง หรือจุดใดจุดหนึ่งของวัชพืช อาจใช้โล่หรือแผง กั้นหัวฉีดหรือกดหัวฉีดให้ต่ำ หลีกเลี่ยงไม่ให้พืชปลูกได้รับสารกำจัดวัชพืช

4. การใช้ให้ถูกส่วนบนของพืช (Overtop or Over-the-top Application) ใช้เฉพาะส่วนใบหรือยอดของวัชพืช ซึ่งใช้วิธีการฉีดที่เหมาะสม

5. การใช้เป็นจุดหรือเป็นย่อม (Spot Application) ต้องการควบคุมเฉพาะจุด จำกัดการแพร่กระจาย และเลือใช้สารกำจัดวัชพืชที่เหมาะสม

6. การใช้ที่โคนต้น (Basal Application) การใช้สารที่โคน หรือลำต้นของวัชพืชโดยตรง ใช้กับวัชพืชพวกไม้พุ่มหรือไม้ใหญ่

7. การใช้ที่ผิวดิน (Subsurface Application) ใช้สารกำจัดวัชพืชใต้ผิวดินระดับตื้นๆ หรือการใช้เป็นชั้นใต้ผิวดิน ซึ่งคินจะมีกระยกระดับ หรือไถ แยกระดับ

8. การใช้ในแหล่งน้ำ (Aquatic Application) เป็นการใช้เป็นจุด หรือฉีดพ่นทั่วไปลงในแหล่งน้ำสำหรับกำจัดวัชพืชที่อยู่ในน้ำ [1]

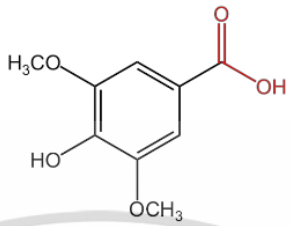
สารกำจัดวัชพืชทุกชนิดประกอบด้วยองค์ประกอบหลักที่สำคัญ คือ สารออกฤทธิ์ (active ingredient) ที่มีคุณสมบัติเฉพาะเพื่อการทำลายวัชพืช ด้วยคุณสมบัติเฉพาะทางชีวภาพ กายภาพ และเคมี ของสารกำจัดวัชพืช ซึ่งในการสังเคราห์สารปราบวัชพืชส่วนใหญ่ พบว่ามีส่วนประกอบของกรดไซรินจิกเป็นสารออกฤทธิ์ที่สามารถกำจัดวัชพืชได้ ดังนั้นในงานวิจัยจึงเลือกใช้กรดไซรินจิกในการสังเคราะห์สารปราบวัชพืช

2.5 กรดไซรินจิก (Syringic acid : SA)

กรดไซรินจิก (Syringic acid : SA) มีสูตรทางเคมี $C_9H_{10}O_5$ ชื่อ IUPAC คือ 4-Hydroxy-3, 5-dimethoxy benzoic acid เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งได้มาจากพืชผลไม้ที่รับประทานได้ มีหลากหลายชนิด เช่น มะกอก ไวน์แดง กรดไซรินจิกมีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายได้ในเอทานอล เมทานอล เอทิลอีเทอร์ และสามารถละลายในน้ำได้เล็กน้อย โครงสร้าง SA ประกอบด้วยวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบนซีนที่เชื่อมกับหมู่เมทอกซี (OCH_3) สองกลุ่ม หมู่ไฮดรอกซิล (OH) หนึ่งกลุ่ม และหมู่คาร์บอกซิล (COOH) หนึ่งกลุ่ม โดยหมู่เมทอกซีทั้งสองอยู่ที่ตำแหน่ง 3 และ 5 ของวงอะโรมาติก [5,6]



Syringic acid (25)

รูปที่ 2.14 โครงสร้างของ Syringic acid

2.5.1 ฤทธิ์ทางชีวภาพของกรดไซรินจิก (Bioactivity of syringic acid)

2.5.1.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านการก่อกลายพันธุ์

ในปี ค.ศ. 2015 Methin และคณะได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ของผลสุกพิลังกาสา ทำการสกัดผลสุกพิลังกาสาแห้งด้วยการหมักจากตัวทำละลายชนิดต่างๆ คือ Hexane, Dichloromethane และ Methanol งานวิจัยพบว่าสารสกัดด้วย Methanol ของผลสุกพิลังกาสา มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH scavenging สารสกัด dichloromethane มีฤทธิ์ต้านการก่อกลายพันธุ์ได้ดีที่สุด เมื่อทดสอบด้วยวิธี Ames test นำสารสกัด dichloromethane ไปแยกหาสารออกฤทธิ์และพิสูจน์สูตรโครงสร้างพบว่าสารออกฤทธิ์ ดังกล่าว คือ syringic acid และเมื่อนำสารดังกล่าวมาศึกษาพบวามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ได้ดีกว่าสารสกัด ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพจากผลพิลังกาสา ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์และสามารถใช้ syringic acid เป็นสารออกฤทธิ์เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์

2.5.1.2 ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์

พบว่าสารประกอบฟินอลิกของ syringic acid มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์หลายชนิด มีรายงานว่า syringic acid ที่แยกได้จากเห็ดสายพันธุ์ต่าง ๆ มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ syringic acid ยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Staphylococcus aureus* (MRSA) ที่ดื้อต่อ methicillin ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวกที่แยกได้ ในบรรดาอนุพันธ์ของกรด 4-hydroxybenzoic ทั้งหมด syringic acid สามารถแสดงต่อต้านการกลายพันธุ์ กับ Salmonella typhimurium tester strain TA-100 เท่านั้น อีกทั้ง syringic acid ยังสามารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อครอโนแบคเตอร์ (Cronobacter) ซึ่งเป็นเชื้อโรคที่เกิดขึ้นในอาหาร โดยการปรับเปลี่ยนการทำงานของเมมเบรนและเปลี่ยนแปลง pH ภายในเซลล์ ระดับ ATP โพลาไรซ์ของเมมเบรนและสัณฐานวิทยาของเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.3 ฤทธิ์ต้านพิษ

ยาแผนโบราณจีนที่ใช้กันทั่วไป ชื่อ ป่านหลานเกิน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Isatis ซึ่งมีฤทธิ์ต้านไวรัส syringic acid ที่ได้จาก Isatis มีฤทธิ์ต้านพิษของเซลล์ในกระต่ายทดลองในการรักษา syringic acid อาจช่วยบรรเทาไข้โดยการทำลายเอนโดทอกซินและลดอัตราการเสียชีวิตที่เกิดจาก LPS หรือ สารเสริมภูมิคุ้มกันในกระต่าย การศึกษาในหลอดทดลองพบว่ากรดอินทรีย์ของ Radix Isatidis (quinazolinone acid, OABA, syringic acid, salicylic acid, and benzoic acid) มีฤทธิ์ต้านพิษต่อระบบทางเดินอาหาร [6]

2.5.1.4 ฤทธิ์กำจัดวัชพืช

ในปี พ.ศ. 2020 Naby และ Ali ได้ทำการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากลำต้นของข้าวฟ่าง 3 ชนิด ได้แก่ syringic acid และสารประกอบฟีนอลิกอื่น ๆ จากนั้นทำการประเมินฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวสาลี ข้าวโอ๊ตป่า ข้าวบาร์เล่ย์ป่า หญ้าคานารี่ ผลการวิจัยพบว่า syringic acid ทำหน้าที่เป็นอัลลีโลเคมี ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวสาลี โดยยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าวัชพืช

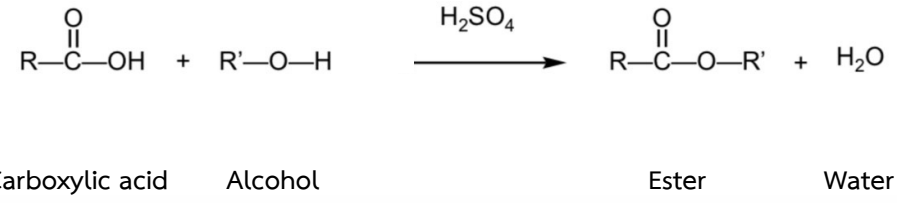
จากการสังเคราะห์สารปราบวัชพืชสิ่งที่ควรคำนึงถึง คือ สารออกฤทธิ์ ซึ่งสารออกฤทธิ์อาจมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี จึงควรเลือกใช้ปฏิกิริยาให้เหมาะสม เช่น ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางชีวภาพของสารนั้น ซึ่งสารปราบวัชพืชที่พัฒนามาจากแอลกอฮอล์ (alcohol) ฟีนอล (phenol) และกรดอินทรีย์ (organic acid) จะละลายน้ำได้ดี ในขณะที่สารปราบวัชพืชที่มีเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบ สามารถละลายได้ดีในน้ำมันหรือตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) มากกว่าในน้ำ ดังนั้นจึงเลือกใช้ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ในการทำการสังเคราะห์สารปราบวัชพืช [1]

2.6 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

เอสเทอริฟิเคชันเป็นกระบวนการทางเคมีสำหรับทำเอสเทอร์ ซึ่งได้จากปฏิกิริยาระหว่างกรดอินทรีย์หรือกรดคาร์บอกซิลิก (R-COOH) กับแอลกอฮอล์ (R'-OH) โดยที่หมู่ -OH ในกรดถูกแทนที่ด้วย O-R ของแอลกอฮอล์ เกิดเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างเป็น R-COOR' เรียกว่า เอสเทอร์ โดยที่ R และ R' ต่างก็เป็นหมู่แอลคิลหรือแอริล (aryl) ในขณะเดียวกันก็เกิดน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม โดยมักจะใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้ คือ กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ซึ่งมีจุดเด่น คือ หาได้ง่าย มีราคาถูก และเป็นสารที่ชอบน้ำ ดังนั้นน้ำที่เกิดจากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันส่วนหนึ่งจะรวมตัวกับโมเลกุลกรดซัลฟิวริกและไม่กลับไปทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับเอสเทอร์ (ซึ่งจะผันกลับไปเป็นกรดไขมันอิสระและแอลกอฮอล์) ดังนั้นจุดสมดุลจะเปลี่ยนไปทำให้ร้อยละการเปลี่ยนสุดท้ายสูงขึ้น [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

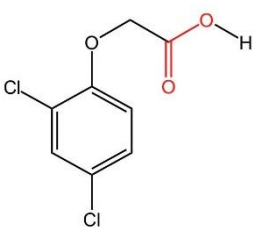
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1. ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและฤทธิ์ทางชีวภาพ (Structure activity relationship) ของสารประกอบอินทรีย์

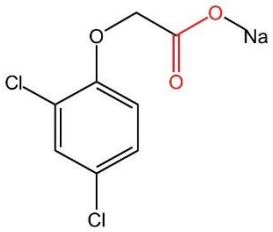
โดยทั่วไปหมู่ฟังก์ชันและหมู่แทนที่ของสารประกอบอินทรีย์ที่เปลี่ยนไปอาจส่งผลให้ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารเปลี่ยนไป จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่มีการปรับเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันของกรดไซริงจิกเป็นหมู่ฟังก์ชันอื่น ๆ เพื่อศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ ตัวอย่างเช่น

โครงสร้างการหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ด้านการเกษตร สารกำจัดวัชพืชทุกชนิดประกอบด้วยองค์ประกอบหลักที่สำคัญคือสารออกฤทธิ์ (active ingredient) ที่มีคุณสมบัติเฉพาะเพื่อทำลายวัชพืชด้วยคุณสมบัติเฉพาะทางชีวภาพ กายภาพ และเคมี ของสารกำจัดวัชพืช สารออกฤทธิ์อาจมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (esterification) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางชีวภาพของสารนั้น สารกำจัดวัชพืชที่พัฒนามาจากแอลกอฮอล์ ฟีนอล และกรดอินทรีย์ ก็จะละลายน้ำได้ดี ในขณะที่สารกำจัดวัชพืชที่มีเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบก็จะละลายได้ดีน้ำมัน หรือตัวทำละลายอินทรีย์มากกว่าน้ำ [3]

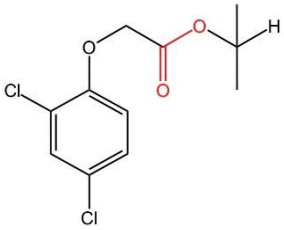
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



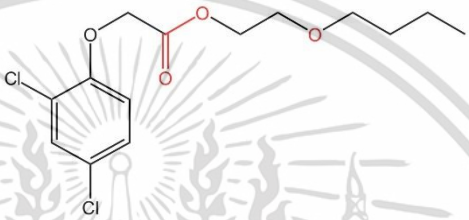
Acid of 2, 4-D (26)



Sodium salt (27)



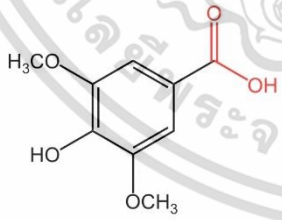
isopropyl ester of 2, 4-D (28)



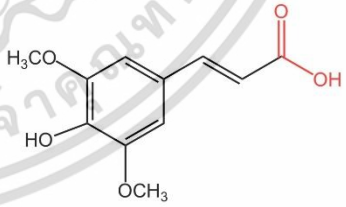
Butoxyethyl ester of 2, 4-D (29)

รูปที่ 2.16 การออกแบบสารเคมีกำจัดวัชพืช APP แบบใหม่ที่มี benzofuran moiety

ในปี ค.ศ. 1999 Natella และคณะได้ทำการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากการ ทดสอบ 2 วิธี คือ ทดสอบจลนศาสตร์ (Kinetic Test) และทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน LDL โดย ใช้ AAPH และตัวเร่งปฏิกิริยาทองแดงเป็นต้น เหนี่ยวนำการเกิดอนุมูลอิสระของอนุพันธ์กรดซินนามิกและ กรดเบนโซอิก เช่น Sinapic acid (30) และ Syringic acid (25) ผลกาวิจัยพบว่า จากการทดสอบฤทธิ์ ต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 วิธี Sinapic acid (30) แสดงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่า Syringic acid (25) [8]



Syringic acid (25)



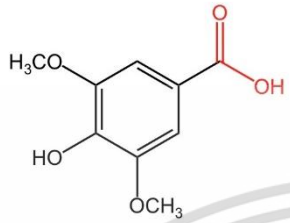
Sinapic acid (30)

รูปที่ 2.17 ผลของหมู่ฟังก์ชันต่อฤทธิ์ทางชีวภาพ

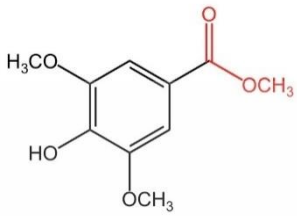
ในปี ค.ศ. 2020 Rob และคณะได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของ Phytotoxic ใน Schumannianthus dichotomus พบว่าสารกัดของ Schumannianthus dichotomus ที่สกัดในสารละลายเมทานอลสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ alfalfa, cress, barnyard grass และ Italian

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ryegrass ซึ่งในสารสกัดมี Syringic acid (25) และ Methyl Syringate (31) เป็นองค์ประกอบ โดยที่ Methyl Syringate (31) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทดสอบได้ดีกว่า Syringic acid (25) [9]



Syringic acid (25)

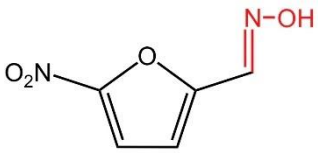


Methy syringate (31)

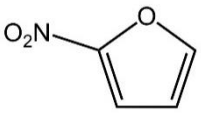
รูปที่ 2.18 ผลของหมู่ฟังก์ชันต่อฤทธิ์ทางชีวภาพ

ในปี ค.ศ. 2018 Costa และคณะได้ทำการศึกษาอนุพันธ์ของ Oxime และ Nitrofurany ที่แสดงฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรีย Mycobacterium tuberculosis ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ก่อให้ เกิดวัณโรค ผลการวิจัยพบว่า (E)-5-Nitrofuran-2-carbaldehyde oxime (32) มีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียที่ทดสอบ ในขณะที่ 2-Nitrofuran (33) ไม่แสดงฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย และเมื่อเปรียบเทียบสารประกอบที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่แอลคอกซีคาร์บอนิล คาร์บอกซาลดีไฮด์และไฮดรอกซิล เช่น Methyl 5-nitrofuran-2-carboxylate (34) ,5-Nitrofuran-2-carbaldehyde (35) และ (5-Nitrofuran-2-yl) methanol (36) มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียที่ทดสอบ โดยมีค่า MIC อยู่ที่ 14.6, 21.8 และ 47.3 μM ตามลำดับ [10]

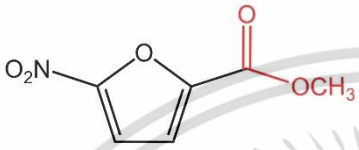
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



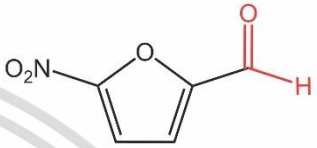
(E)-5-Nitrofuran-2-carbaldehyde oxime (32)



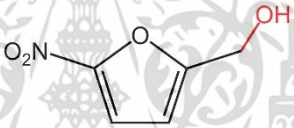
2-Nitrofuran (33)



Methyl 5-nitrofuran-2-carbaldehyde oxime (34)



5-Nitrofuran-2-carbaldehyde (35)

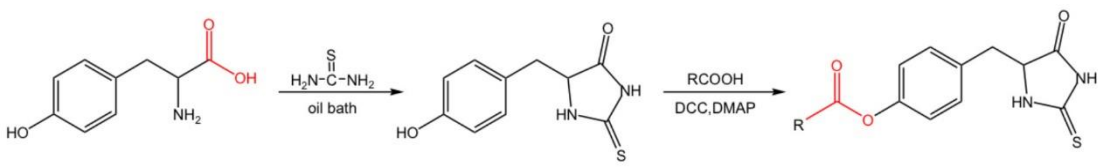


(5-Nitrofuran-2-yl) methanol (36)

รูปที่ 2.19 ผลของหมู่ฟังก์ชันต่อฤทธิ์ทางชีชภาพของอนุพันธ์ Nitro oxime

Jintao et.al. และคณะ (2011) Hydantoins and 2-thiohydantoin เป็นโมเลกุลที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญเป็นสารไม่ได้ถูกใช้ในเคมีทางการแพทย์เท่านั้น แต่ยังใช้เป็นยาฆ่าเชื้อราและสารกำจัดวัชพืชในเคมีเกษตร ในงานวิจัยศึกษาบรรดาอนุพันธ์ของไฮแดนโทอิน โดยที่ไฮแดนโทซิดินได้รับสนใจทางเคมีอย่างมาก เนื่องจากฤทธิ์ในการกำจัดวัชพืชที่ยอดเยี่ยมและความเป็นพิษต่ำ ในการทดสอบใช้ 5-(4-Hydroxybenzyl)-2-Thioxoimidazolidin-4-one esters โดยเอสเทอร์เป็นสารที่ถูกสังเคราะห์ภายใต้สภาวะที่ไม่รุนแรง สารประกอบที่ 5 ทำปฏิกิริยาที่ อุณหภูมิห้องด้วยกรดเบนโซอิกชนิดต่างๆ ที่ถูกแทนที่มี DCC และ DMAP เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้สารประกอบเป้าหมาย 6 โครงสร้างได้รับการยืนยันโดย IR, 1H-NMR, ESI-MS และการวิเคราะห์ธาตุ [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Compound 5 Compound 6

รูปที่ 2.20 สารประกอบ 5 และ สารประกอบ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 พืชทดสอบ

1. เมล็ดหญ้าข้าวนก (Barnyard grass) เก็บมาจากทุ่งนาในพื้นที่ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2565
2. เมล็ดผักโขมจีน (Chinese amaranth)

3.1.2 สารเคมี

1. เฮกเซน (Hexane) บริษัท ltalmar
2. เอทิลอะซิเตต (Ethyl acetate) บริษัท ltalmar
3. น้ำกลั่น (Distilled water)
4. ซิลิกาเจล (siliga gel)
5. Magnesium sulfate anhydrous
6. Sodium bicarbonate
7. Butan-1-ol
8. Amyl alcohol
9. Tween® 80 บริษัท ltalmar
10. 1-Octanol
11. Ethanol

3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการสังเคราะห์สาร

1. กระบอกตวง (Graduated cylinder) บริษัท Witeg Labortechnik GmbH
2. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 บริษัท GE Healthcare
3. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 2 บริษัท GE Healthcare
4. ขวดน้ำกลั่น (Watch bottle)
5. ขวด TLC (TLC chamber)
6. ขวดก้นกลม (Round bottom flask) บริษัท Schott Duran
7. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
8. ขวดแก้วขนาดเล็ก (Vial)
9. หลอดหยด (Dropper)
10. หลอดคาพิลลารี (Capillary tube)
11. บีกเกอร์ (Beaker)
12. แผ่น TLC (Thin-layer Chromatography) บริษัท Merck KGaA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ที่คีบ (Forceps)
14. ช้อนตักสาร (Spatula)
15. กระดาษฟอยล์ (Foil)
16. เตาให้ความร้อน (Hot plate) บริษัท Thermo Fisher Scientific
17. ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump) บริษัท Millpore
18. เครื่องชั่งสารแบบดิจิทัล ความละเอียด 4 ตำแหน่ง (Balance)
19. เครื่องมือสำหรับส่องแผ่น TLC โดยใช้รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet lamp)
20. คอนเดนเซอร์พร้อมสายยางน้ำเข้า-ออก (Condenser)
21. กรวยแยก (Separtory funnel)
22. เครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรมิเตอร์ (Nuclear Magnetic Resonance Spectrometer) Bruker NEO^{TM}500 MHz NMR
23. เครื่องวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน (Attenuated total reflection spectroscopy ; ATR : Shimazu Co., Ltd. รุ่นIRTracer-100 ประเทศญี่ปุ่น

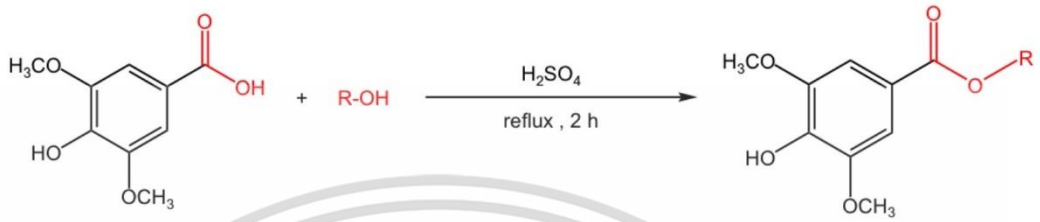
3.1.4 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งพืช

1. ขวดแก้วขนาดเล็ก (Vail)
2. เครื่องชั่งแบบดิจิตอล ความละเอียด 4 ตำแหน่ง (Balance)
3. บีกเกอร์ (Beaker)
4. ช้อนตักสาร (Spatula)
5. กระจกนาฬิกา (Watch glass)
6. เตาให้ความร้อนที่ปั่นกวนได้ (Hot plate)
7. ที่คีบ (Forceps)
8. ไมโครปิเปต (Micropipette)
9. ฟอยด์ (Foil)
10. แท่งแม่เหล็ก (Magnetic bar)
11. พาราฟิล์ม (Parafilm®)
12. หลอดไฟ (60 วัตต์)
13. แผ่นรองปลูก (Germination paper)
14. เครื่องมือหาจุดหลอมเหลว (Melting Point M-565)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.2.1 การสังเคราะห์แอลกอฮอล์ จากปฏิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification)



Syringic acid (25) Alcohol R= (-Butyl ,-Ethyl ,-Amyl)

ชั่ง Syringic acid ปริมาณ 1 mmol และตวงแอลกอฮอล์ ปริมาณ 10 mL ลงในขวดก้นกลม ขนาด 25 mL ค่อย ๆ หยดกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ลงไป 5 หยด นำของผสมที่ได้ไปรีฟลักซ์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (ทดสอบด้วยแผ่น TLC) เมื่อปฏิริยาเกิดสมบูรณ์ จึงนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ จากนั้นเทของผสมลงในกรวยแยกขนาด 50 mL สกัดด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) แล้วกรองด้วยแมกนีเซียมซัลเฟต แอนไฮดรัส ($MgSO_4$) นำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ จากนั้นนำสารที่ได้ไปแยกสารผสมด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี โดยใช้ซิลิกาเจลเป็นตัวดูดซับ และเฮกเซน (hexane) เป็นตัวทำละลาย หลังจากนั้นค่อยๆเพิ่มขั้วด้วยเอทิลอะซิเตต (ethyl acetate) แล้วนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศอีกครั้ง ทิ้งผลึกให้แห้ง จากนั้นยืนยันโครงสร้างของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเทคนิค IR , ^{1}H-NMR ^{13}C-NMR และเปอร์เซ็นต์ผลผลิต (% yield)

3.2.2 ทดสอบฤทธิ์การยับยั้งวัชพืช

3.2.2.1 การเตรียมสารละลายกรดไซรินจิกและอนุพันธ์เอสเทอร์ที่ระดับความเข้มข้น 400 µM

ชั่งกรดไซริงจิก ปริมาณ 7.9 มิลลิกรัม (40 µmol) และชั่ง Tween® 80 ปริมาณ 20 มิลลิกรัม บดของผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เติมน้ำกลั่น 40 mL ลงไป ทำการปั่นกวนให้สารละลายผสมเข้ากันเป็นเวลา 3-5 นาที จากนั้นเทของผสมที่เตรียมได้ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 mL สารละลายที่เตรียมได้คือสารละลาย 400 µM ที่มี Tween® 80 อยู่ 0.1 เปอร์เซ็นต์ (v/v) อนุพันธ์เอสเทอร์สามารถเตรียมได้ด้วยวิธีเดียวกัน

3.2.2.2 การเตรียม Tween® 80 0.1 เปอร์เซ็นต์

ชั่ง Tween® 80 ปริมาณ 20 มิลลิกรัม ลงในขวดก้นกลมขนาด 25 mL เติมน้ำกลั่น 40 mL ลงไป จากนั้นทำการปั่นกวนเป็นเวลา 3-5 นาที เทสารละลายที่เตรียมได้ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 mL จะได้ Tween® 80 ความเข้มข้น 0.1% (v/v)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของสารละลายกรดไซรินจิกและอนุพันธ์เอสเทอร์ต่อพืชทดสอบ

นำ Germination paper ใส่ในขวดแก้วขนาดเล็ก (4.5 cm x 2 cm) แล้วปิเปตสารละลายกรดไซรินจิก **(25)** หรืออนุพันธ์เอสเทอร์ ปริมาตร 0.5 mL ลงไป จากนั้นใส่เมล็ดพืชทดสอบจำนวน 10 เมล็ด ลงไป (ทำการทดลอง 4 ซ้ำ) แล้วปิดปากขวดแก้วด้วย Parafilm® พันบาง ๆ และเก็บเอาไว้ในกล่องที่อุณหภูมิห้อง แล้วใช้แสงจากโคมไฟแทนแสงแดดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง/วัน ครบ 7 วัน จากนั้นนำเมล็ดพืชที่ทดสอบที่งอกมาวัดความยาวรากและลำต้น นำผลที่ได้ไปคำนวณเปอร์เซ็นต์การยังยั้ง (% inhibition) การงอกและการเจริญเติบโตของพืช

$$\%\ Inhibition = 100 - \left(\frac{Syringic\ acid\ and\ derivatives}{Control} \times 100\right)$$

เมื่อ Syringic acid or derivatives คือ จำนวนเมล็ดที่งอก หรือ ความยาวต้นเฉลี่ย (cm) หรือความยาวรากเฉลี่ย (cm) ของพืชทดสอบที่ปลูกในกรดไซรินจิกหรืออนุพันธ์เอสเทอร์

Control คือ จำนวนเมล็ดที่งอก หรือ ความยาวต้นเฉลี่ย (cm) หรือ ความยาวรากเฉลี่ย (cm) ของพืชทดสอบที่ปลูกในสารละลาย 0.1% Tween® 80

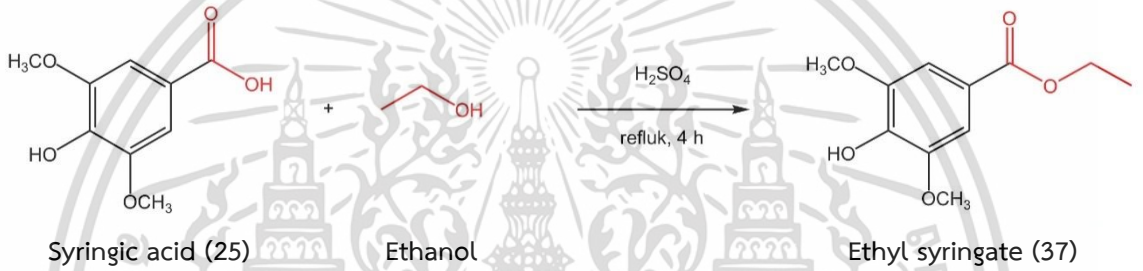
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการสังเคราะห์เอทิล ไซรินเจต (37) จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน

อนุพันธ์เอสเทอร์สามารถสังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน โดยทำปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอกซิลิก (กรดไซรินจิก) กับแอลกอฮอล์ (Ethanol) โดยมีกรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่ง จากนั้นรีฟลักซ์เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง ทำการยืนยันโครงสร้างของสารผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ด้วยเทคนิค IR ,^{1}H-NMR ^{13}C-NMR และเปอร์เซ็นต์ผลผลิต (% yield)

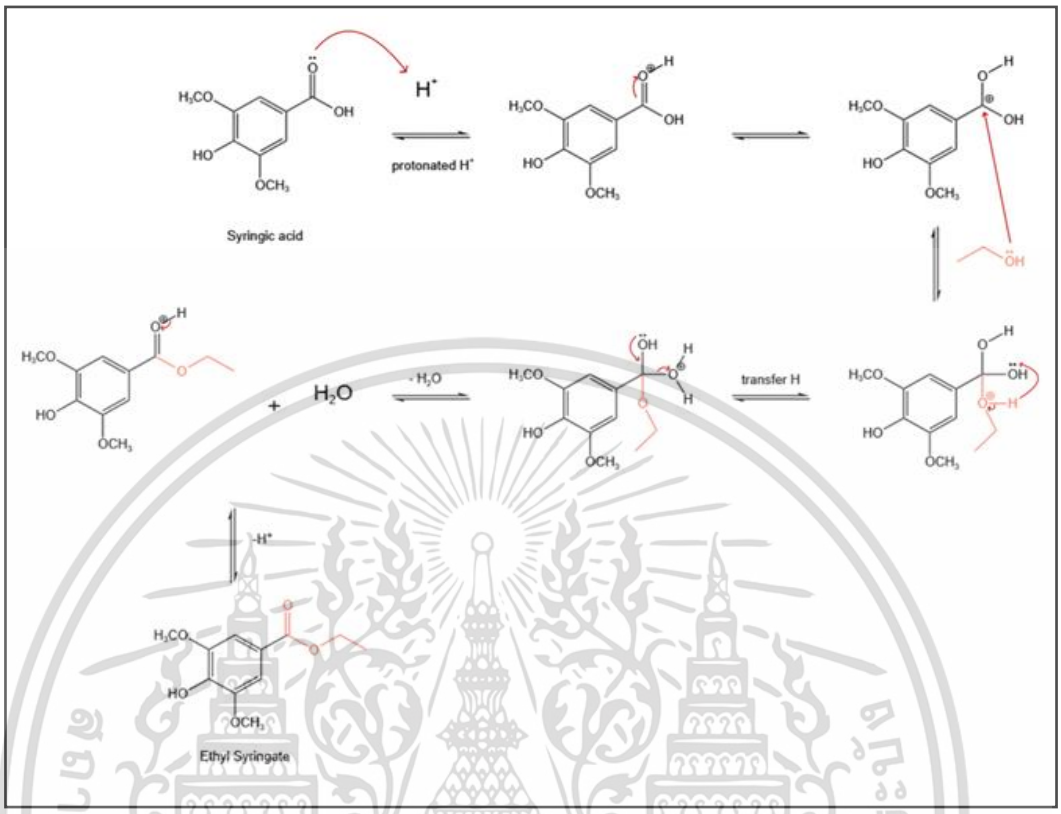


รูปที่ 4.1 การสังเคราะห์เอทิล ไซรินเจต **(37)**

Ethyl syringate หรือ Ethyl-4-hydroxy-3,5-dimethoxybenzote **(37)** มีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาล ปริมาณ 218.6 มิลลิกรัม (96.7 เปอร์เซ็นต์) มีจุดหลอมเหลว 82-83 °C และมีค่า R_f = 0.44 (60% EtOAC/ Hexane); **^{1}H-NMR** (500 MHz,Chloroform-d_4) **δ** 7.26 (2H, s, Ar-**H**), 5.94 (H, s, O**H**), 4.30 (2H, q, C**H**$_2$), 3.87 (6H, s, OC**H**$_3$), 1.33 (3H, t, C**H**$_3$); **^{13}C-NMR** (400 MHz, Chloroform-d_4) **δ** 166.36 (**C**=O), 146.54 (2**C**), 139.06 (**C**), 121.35 (**C**), 106.52 (2**C**), 60.92 (**C**H$_2$), 56.35 (2O**C**H$_3$), 14.35 (**C**H$_3$)

กลไกการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ เริ่มจากกรดซัลฟิวริกเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอนิลของกรดไซรินจิกซึ่งทำหน้าที่เป็น Leaving group จากนั้นเพิ่มแอลกอฮอล์ซึ่งทำหน้าที่เป็นนิวคลีโอไฟล์ โปรตอนถูกย้ายจากแอลกอฮอล์ไปคาร์บอน จากนั้นอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวบนอะตอมออกซิเจนสร้างพันคู่พร้อม ๆกับการที่น้ำหลุดออกไป และเกิด Deprotonation จะได้สารผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือเอทิล ไซรินเจต ดังนี้

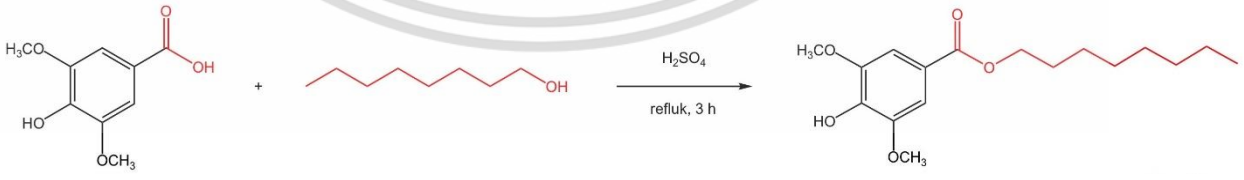
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กลไกการสังเคราะห์เอทิล ไซรินเจต **(37)**

จากการทดลองการใช้แอลกอฮอล์ที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันคือ Octyl syringate หรือ Octyl-4-hydroxy-3,5-dimethoxybenzote **(38)**, Butyl syringate หรือ Butyl-4-hydroxy-3,5-dimethoxybenzote **(39)**, Pentyl syringate หรือ Pentyl-4-hydroxy-3,5-dimethoxybenzote **(40)**

4.2 ผลการสังเคราะห์ออกทิล ไซรินเจต (38) จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน



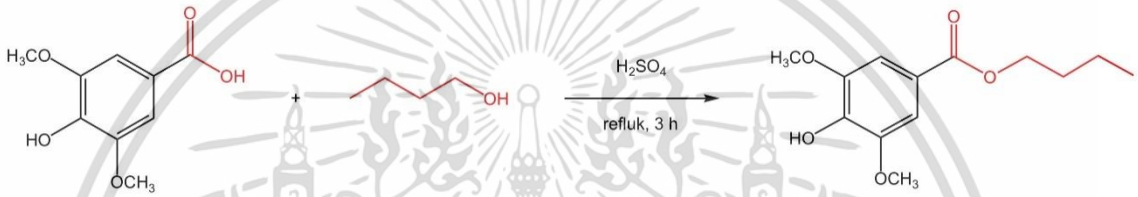
Syringic acid (25) **Octanol** **Octyl syringate (38)**

รูปที่ 4.3 การสังเคราะห์ออกทิล ไซรินเจต **(38)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Octyl syringate หรือ Octyl-4-hydroxy-3,5-dimethoxybenzote **(38)** มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาล ปริมาณ 256 มิลลิกรัม (76.6 เปอร์เซ็นต์) และมีค่า R_f = 0.34 (20% EtOAC/ Hexane); **^{1}H-NMR** (500 MHz, Chloroform-d_4) **δ** 7.26 (2H, s, Ar-**H**), 5.91 (H, s, O**H**), 4.23 (2H, t, C**H**$_2$), 3.88 (6H, s, OC**H**$_3$), 1.7, 1.28 (12H, m, C**H**$_2$), 0.81 (3H, t, C**H**$_3$) ; **^{13}C-NMR** (400 MHz,Chloroform-d_4) **δ** 166.43 (**C**=O), 146.56 (2**C**), 139.07 (**C**), 121.43 (**C**), 106.54 (2**C**), 65.15 (**C**H$_2$), 56.36 (2O**C**H$_3$), 31.75 (**C**H$_2$), 29.21 (**C**H$_2$), 29.16 (**C**H$_2$), 28.72 (**C**H$_2$), 25.98 (**C**H$_2$), 22.60 (**C**H$_2$), 14.05 (**C**H$_3$)

4.3 ผลการสังเคราะห์บิวทิล ไซริงเจต (39) จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน



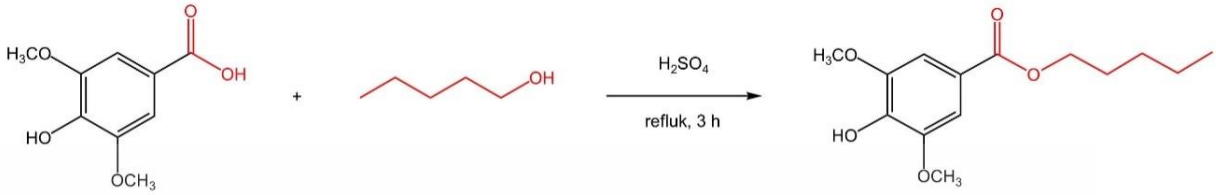
Syringic acid (25) **Butan-1-ol** **Butyl syringate (39)**

รูปที่ 4.4 การสังเคราะห์บิวทิล ไซรินเจต **(39)**

Butyl syringate หรือ Butyl-4-hydroxy-3,5-dimethoxybenzote **(39)** มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลือง ปริมาณ 235.2 มิลลิกรัม (92.6 เปอร์เซ็นต์) และมีค่า R_f = 0.32 (30% EtOAC/ Hexane); **^{1}H-NMR** (500 MHz, Chloroform-d_4) **δ** 7.26 (2H, s, Ar-**H**), 4.25 (2H, t, C**H**$_2$), 3.87 (6H, s, OC**H**$_3$), 1.69, (2H, m, C**H**$_2$), 1.40 (2H, m, C**H**$_2$), 0.92, (3H, t, C**H**$_3$) ; **^{13}C-NMR** (400 MHz,Chloroform-d_4) **δ** 166.46 (C=O), 146.54 (2**C**), 139.08 (**C**), 121.32 (**C**), 106.53 (2**C**), 64.83 (**C**H$_2$), 56.33 (2O**C**H$_3$), 30.74 (**C**H$_2$), 19.21 (**C**H$_2$), 13.72 (**C**H$_3$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการสังเคราะห์เพนทิล ไซรินเจต (41) จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน



Syringic acid (25) Amyl alcohol Pentyl syringate (41)

รูปที่ 4.5 การสังเคราะห์เพนทิล ไซรินเจต **(40)**

Pentyl syringate หรือ Pentyl-4-hydroxy-3,5-dimethoxybenzote **(41)** มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว ปริมาณ 221.9 มิลลิกรัม (82.8 เปอร์เซ็นต์) มีจุดหลอมเหลว 58-59 °C และมีค่า R_f = 0.42 (30% EtOAC/ Hexane); **^{1}H-NMR** (500 MHz, Chloroform-d_4) **δ** 7.26 (2H, s, Ar-**H**), 4.25 (2H, t, C**H**$_2$), 3.87 (6H, s, OC**H**$_3$), 1.69 (4H, m, C**H**$_2$), 1.40 (2H, m, C**H**$_2$), 0.92 (3H, t, C**H**$_3$); **^{13}C-NMR** (400 MHz,Chloroform-d_4) **δ** 166.43 (**C**=O), 146.55 (2**C**), 139.07 (**C**), 121.39 (**C**), 106.53 (2**C**), 65.13 (**C**H$_2$), 56.35 (2O**C**H$_3$), 28.39 (**C**H$_2$), 28.14 (**C**H$_2$), 22.31 (**C**H$_2$), 13.95 (**C**H$_3$).

4.5 การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชัน

การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของอนุพันธ์เอสเทอร์ ทดสอบด้วยเครื่อง ATR (Attenuated total reflection spectroscopy) โดยพีคที่ปรากฏมีลักษณะคล้ายกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 หมู่ฟังก์ชันที่ปรากฏในอนุพันธ์เอสเทอร์ที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้

เลขคลื่น (cm^{-1})	ลักษณะการสั่น
3410-3356	O-H stretching
3118-3084	C-H stretching of aromatic
2997-2870	C-H stretching of alkyl
1712-1693	C=O stretching
1614-1514	C=C stretching of aromatic
1278-1116	C-O stretching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1463-1462	O-H bending
914-866	C-H bending

4.6 ผลการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งในการยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืชของกรดไซรินจิกและอนุพันธ์ที่สังเคราะห์ได้

งานวิจัยเล่มนี้ได้ทำการศึกษาผลของกรดไซรินจิก **(25)** และอนุพันธ์เอสเทอร์ **(37-40)** จำนวน 4 ชนิด โดย ทำการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ 2 ชนิด คือ หญ้าข้าวนก (Barnyard grass) ซึ่งเป็นตัวแทนของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและผักโขมจีน (Chinese amaranth) ซึ่งเป็นตัวแทนของพืชใบเลี้ยงคู่ โดยทดสอบที่ความเข้มข้น 400 µM และมีตัวแปรควบคุมคือ สารละลาย 0.10 % (v/v) Tween® 80 ที่เป็นสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ผลการทดสอบที่ ระดับความเข้มข้น 400 µM พบว่า **(39)** สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบทั้งสองชนิดได้ดีที่สุดในบรรดาสารอนุพันธ์เอสเทอร์ของกรดไซรินจิกทั้ง 4 ชนิด

4.6.1 ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนก

จากการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนกที่ระดับความเข้มข้น 400 µM พบว่า **(39)** แสดงฤทธิ์การยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนกได้ในระดับดี ส่วน **(40)** แสดงฤทธิ์การยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนกได้ในระดับปานกลาง คือ 33.34 เปอร์เซ็นต์ ส่วน **(37)** และ **(39)** แสดงฤทธิ์การยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนกได้ในระดับเล็กน้อย คือ 28.27 และ 27.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังรูป 4.6

4.6.2 ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวต้นของหญ้าข้าวนก

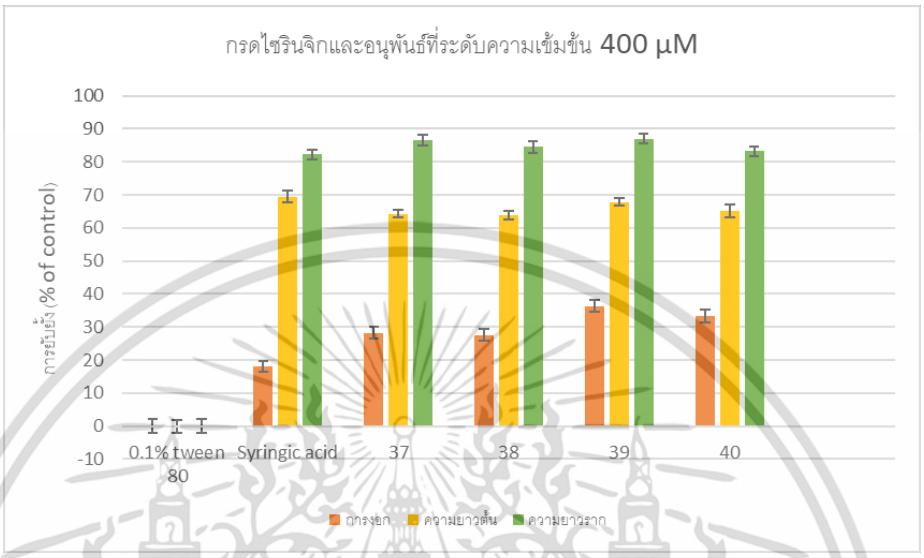
จากการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวต้นของหญ้าข้าวนกที่ระดับความเข้มข้น 400 µM พบว่า **(39)** แสดงฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวต้นของหญ้าข้าวนกได้ในระดับดี คือ 67.78 เปอร์เซ็นต์ และ **(40)** แสดงฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวต้นของหญ้าข้าวนกได้ในระดับปานกลาง คือ 65.15 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อนุพันธ์เอสเทอร์ชนิดอื่น แสดงฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวต้นของหญ้าข้าวนกได้ในระดับปานกลาง ดังรูป 4.6

4.6.3 ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวรากของหญ้าข้าวนก

จากการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวต้นของหญ้าข้าวนกที่ระดับความเข้มข้น 400 µM พบว่า **(39)** และ **(40)** แสดงฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวรากของหญ้าข้าวนกได้ในระดับดีมาก คือ 89.96 และ 83.21 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอนุพันธ์เอสเทอร์ชนิดอื่น แสดงฤทธิ์การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวรากของหญ้าข้าวนกได้ในระดับดีรองลงมาในระดับดีรองลงมา ดังรูป 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลการยับยั้งการงอกและยับยั้งการเจริญเติบโตของลำต้นและรากหญ้าข้าวนก

0.1% Tween® 80 Syringic acid (37) (38) (39) (40)

รูปที่ 4.7 ภาพแสดงการเจริญเติบโตของลำต้นและรากหญ้าข้าวนก

4.6.4 ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการงอกของผักโขมจีน

จากการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการงอกของผักโขมจีนที่ระดับความเข้มข้น 400 µM พบว่า (39) และ (40) แสดงฤทธิ์การยับยั้งการงอกของผักโขมจีนได้ในระดับดีมาก คือ 90.88 และ 87.91 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

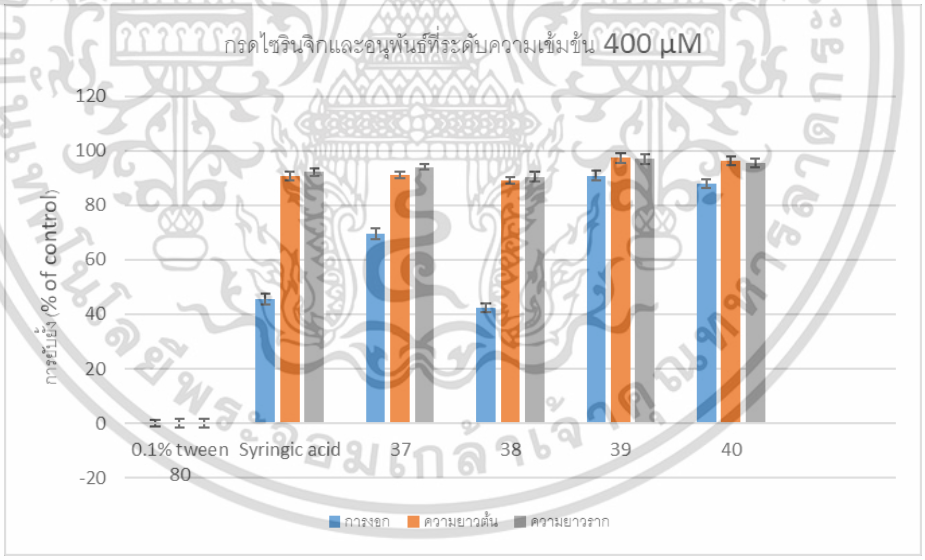
ส่วน (37) แสดงฤทธิ์การยับยั้งการงอกของผักโขมจีนได้ในระดับปานกลาง และ (48) แสดงฤทธิ์การยับยั้งการงอกของผักโขมจีนได้ในระดับเล็กน้อย ดังรูป 4.8

4.6.5 ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวต้นของผักโขมจีน

จากการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวต้นของผักโขมจีนที่ระดับความเข้มข้น 400 µM พบว่า (39) และ (40) แสดงฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวต้นของผักโขมจีนได้ในระดับดีมาก คือ 97.36 และ 96.27 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อนุพันธ์เอสเทอร์ชนิดอื่น แสดงฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวต้นของผักโขมจีนได้รองลงมา ดังรูป 4.8

4.6.6 ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวรากของผักโขมจีน

จากการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวต้นของผักโขมจีนที่ระดับความเข้มข้น 400 µM พบว่า (39) แสดงฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวรากของผักโขมจีนในระดับดีมาก คือ 96.97 เปอร์เซ็นต์ และ (40) แสดงฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวรากของผักโขมจีนในระดับรองลงมา คือ 95.55 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอนุพันธ์ชนิดอื่นแสดงฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของความยาวรากของผักโขมจีนได้ในระดับดี ดังรูป 4.8



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลการยับยั้งการงอกและยับยั้งการเจริญเติบโตของลำต้นและรากผักโขมจีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.1% Syringic acid (37) (38) (39) (40)

Tween® 80

รูปที่ 4.9 ภาพแสดงการเจริญเติบโตของลำต้นและรากผักโขมจีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

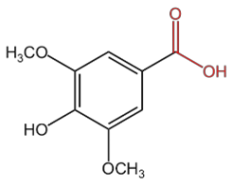
งานวิจัยนี้การศึกษาฤทธิ์ในการปราบวัชพืชของกรดไซรินจิก (ซึ่งเป็นสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ) และอนุพันธ์เอสเทอร์ โดยศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ โดยพืชที่ใช้ในการทดสอบ คือ หญ้าข้าวนก (Barnyard grass) ซึ่งเป็นตัวแทนของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและผักโขมจีน (Chinese amaranth) เป็นตัวแทนของพืชใบเลี้ยงคู่

5.1.1 การสังเคราะห์อนุพันธ์เอสเทอร์

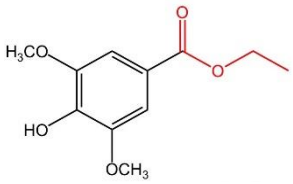
จากการสังเคราะห์อนุพันธ์เอสเทอร์ โดยใช้กรดไซรินจิกทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีดังนี้

- Ethyl syringate เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเอทานอล มีลักษณะเป็นของแข็ง สีน้ำตาล มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิต 96.7%
- Octyl syringate เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากออกทานอล มีลักษณะเป็นของเหลว สีน้ำตาล มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิต 76.6%
- Butyl syringate เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากบิวทานอล มีลักษณะเป็นของเหลว สีน้ำตาล มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิต 92.6%
- Pentyl syringate เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเอมิลแอลกอฮอล์ มีลักษณะเป็นของแข็ง สีน้ำตาล มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิต 82.8%

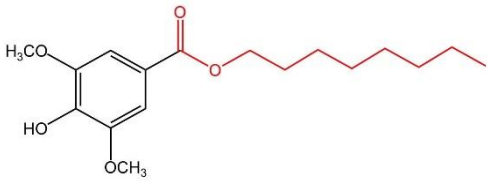
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



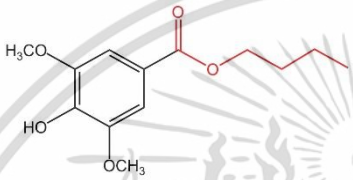
Syringic acid (25)



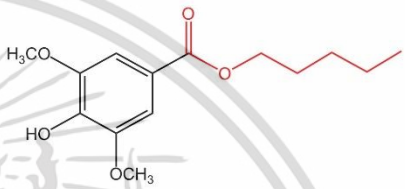
Ethyl syringate (37)



Octyl syringate (38)



Butyl syringate (39)



Pentyl syringate (40)

รูปที่ 5.1 แสดงโครงสร้างของกรดไซรินจิกและอนุพันธ์เอสเทอร์

5.1.2 การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

จากการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตโดยใช้หญ้าข้าวนกและผักโขมจีน เป็นพืชทดสอบ พบว่า Butyl syringate (39) มีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบทั้งสองชนิดได้ดี ส่วน Pentyl syringate (40) สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบทั้งสองชนิดได้ในระดับปานกลางถึงระดับดี ในขณะที่อนุพันธ์เอสเทอร์ชนิดอื่น มีฤทธิ์ในการยับยั้งพืชทดสอบได้เพียงเล็กน้อย จากผลการทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่าหมู่ฟังก์ชันที่แตกต่างกันของอนุพันธ์เอสเทอร์ ทำให้มีฤทธิ์ในการปราบวัชพืชที่แตกต่างกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในงานวิจัยนี้ควรมีการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง เพื่อใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืช เนื่องจากการทำการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงนั้นมีปัจจัยอื่นๆร่วมด้วย อาจส่งผลต่อฤทธิ์ในการปราบวัชพืช ซึ่งแตกต่างจากการทดสอบในห้องปฏิบัติ

2. จากการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืช โดยพืชที่ใช้ทดสอบคือหญ้าข้าวนกและผักโขมจีน หากนำสารที่สังเคราะห์ได้ไปทดสอบกับพืชชนิดอื่นอาจมีผลในการยับยั้งที่แตกต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ดวงพร สุวรรณกุล. 2543. ชีววิทยาวัชพืชพื้นฐานการจัดการวัชพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[2] สัจจะ ประสงค์ทรัพย์. 2557. วัชพืช. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://hort.ezathai.org/?p=3514.

[3] รังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2531. สารกำจัดวัชพืชกับผลทางสรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] ชไมพร ทองสมบูรณ์, เสาวณีย์ ทองเลี่ยม และหทัยภัทร ฉัตรสุระชัย. 2563. “การศึกษาฤทธิ์ในการปราบวัชพืชของกรดไซริงจิกและอนุพันธ์”. วิทยาศาสตร์บัณฑิต(เคมีอุตสาหกรรม) ภาควิชาเคมี คณะวิทยศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[5] ไม่ปรากฏชื่อผู้จัดทำเว็บไซต์. 2566. กรดไซรินจิก. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://hmong.in.th/wiki/Syringic_acid.

[6] Cheemanapalli, S. Mopuri, R. Ramanjaneyulu, G. Anuradha, C.M. and Suresh Kumar, C. 2018. “Syringic acid (SA) - A Review of Its Occurrence, Biosynthesis, Pharmacological and Industrial Importance”. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 108 : 547-557.

[7] สุกาญดา ปาลิโภชน์. 2558. “ผลของ MTBE ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันจากน้ำมันปาล์มเอสเตอริฟายด์”. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[8] Natella, F. Nardini, M. Felice, M. D. and Scaccini, C. 1999. "Benzoic and cinnamic acid derivatives as antioxidants: Structure– activity relation". *Journal of agricultural and food chemistry*. 47 : 1453-1459.

[9] Rob, M. M. Hossen, K. Iwasaki, A. Suenaga, K. and Kato-Noguchi, H. 2020. "Phytotoxic activity and identification of phytotoxic substances from *Schumannianthus dichotomus*". *Plants*. 9 : 102.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10] Costa, C.F. Souza, M.V.N. SilvaLeurenco, M.C. Coimbra, E.S. Carvalho, G.S.L. Wardell, J. Calixto, S. L. and Granato, T. 2020. "Synthesis and SAR study of simple aryl oximes and Nitrofuranyl Derivatives with Potent Activity Against Mycobacterium tuberculosis". *Letters in Drug Design & Discovery*. 17(1) : 12-20

[11] Han, J. Wang, J. Dong, H. Lei, J. Wang, M. and Fang, J. 2011. “Synthesis and Herbicidal Activity of 5-(4-Hydroxybenzyl)-2- Thioxoimidazolidin-4-one Esters”. *Molecules.* 16 : 2833-2845.

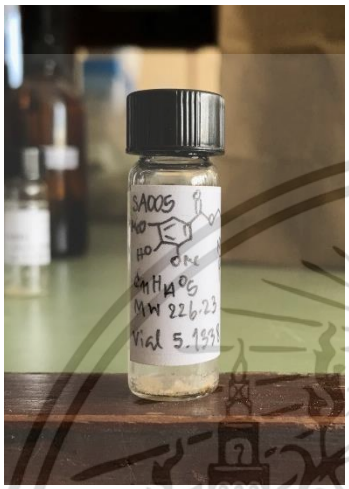
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ลักษณะผลิตภัณฑ์ของอนุพันธ์เอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้



รูปที่ ก.1 Ethyl syringate **(37)**

รูปที่ ก.2 Octyl syringate **(38)**

รูปที่ ก.3 Butyl syringate **(39)**

รูปที่ ก.4 Pentyl syringate **(40)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

รูปที่ ข.1 ผล TLC ของ Ethyl syringate **(37)**

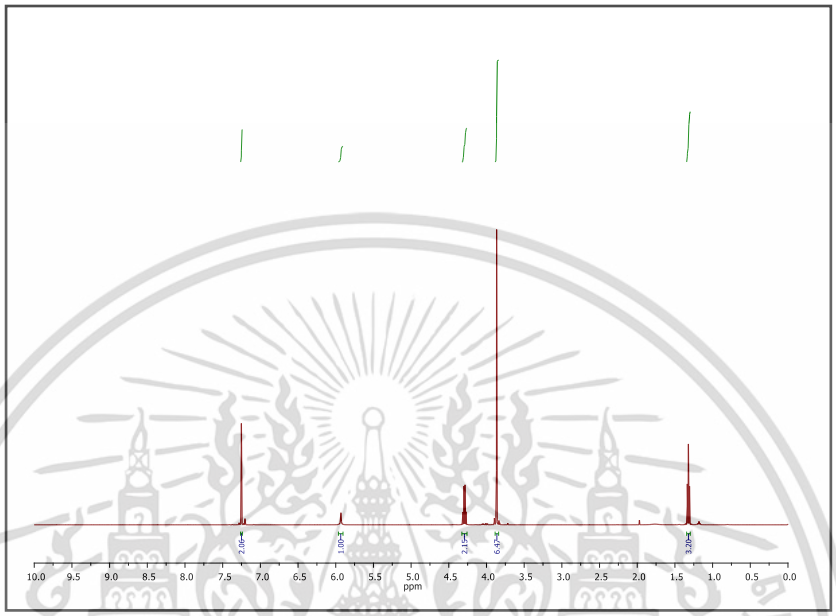
รูปที่ ข.2 ผล TLC ของ Octyl syringate **(38)**

รูปที่ ข.3 ผล TLC ของ Butyl syringate **(39)**

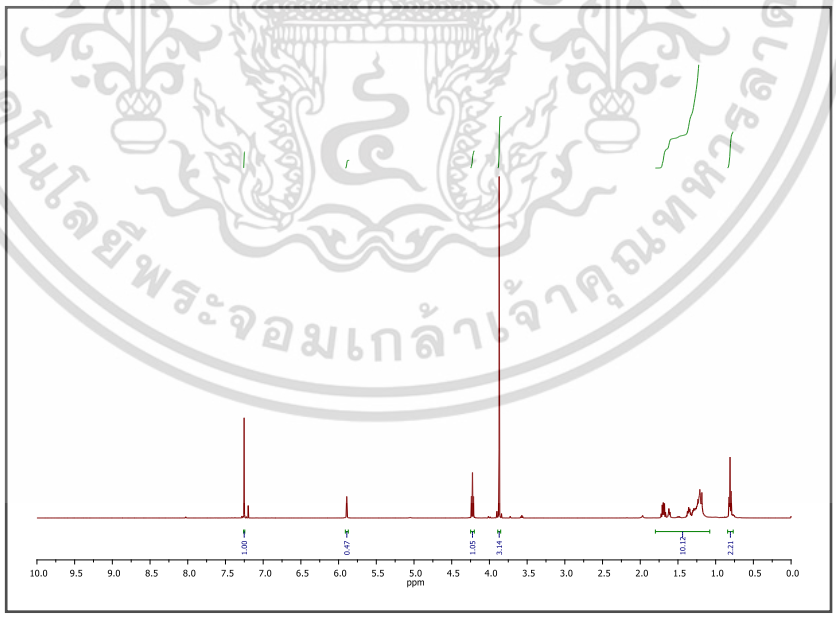
รูปที่ ข.4 ผล TLC ของ Pentyl syringate **(40)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

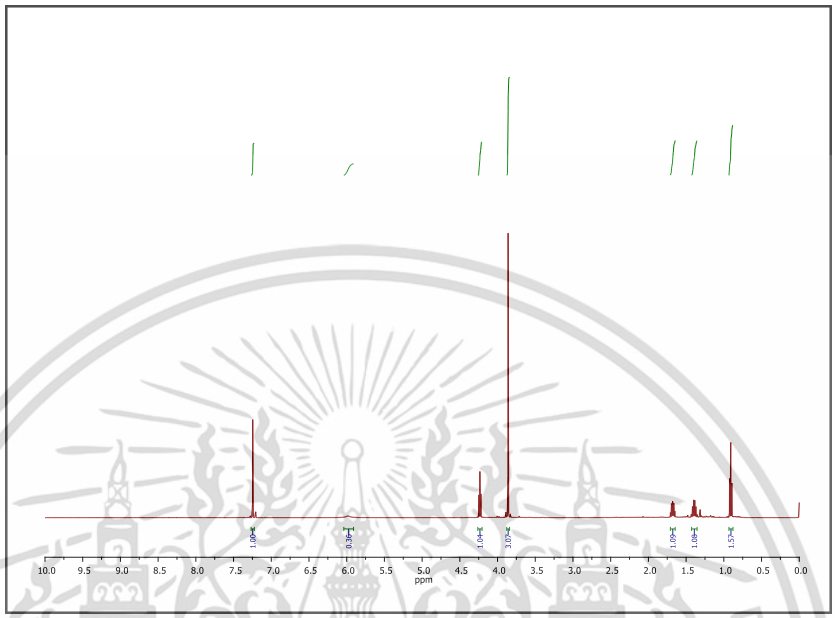


รูปที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ ^{1}H-NMR ของ Ethyl syringate **(37)**

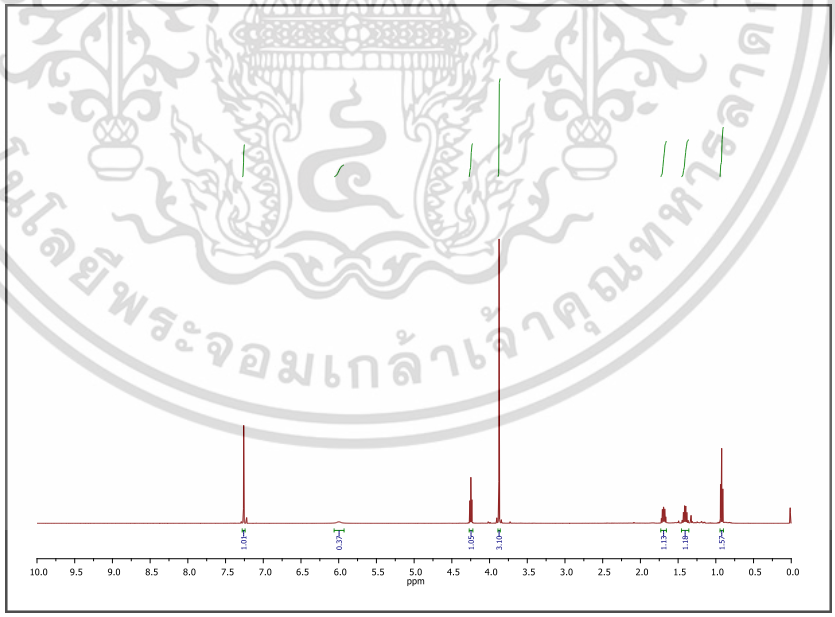


รูปที่ ค.2 ผลการวิเคราะห์ ^{1}H-NMR ของ Octyl syringate **(38)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



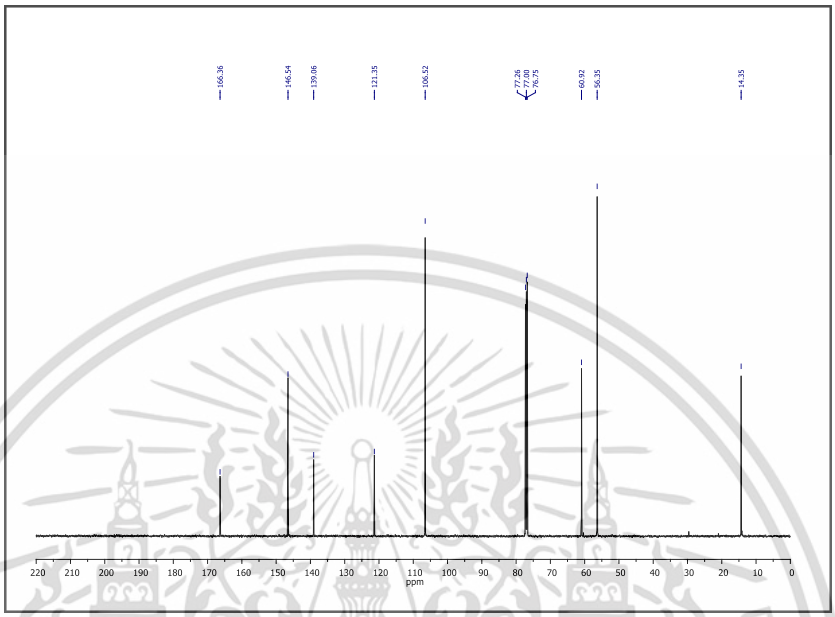
รูปที่ ค.3 ผลการวิเคราะห์ ^{1}H-NMR ของ Butyl syringate **(39)**



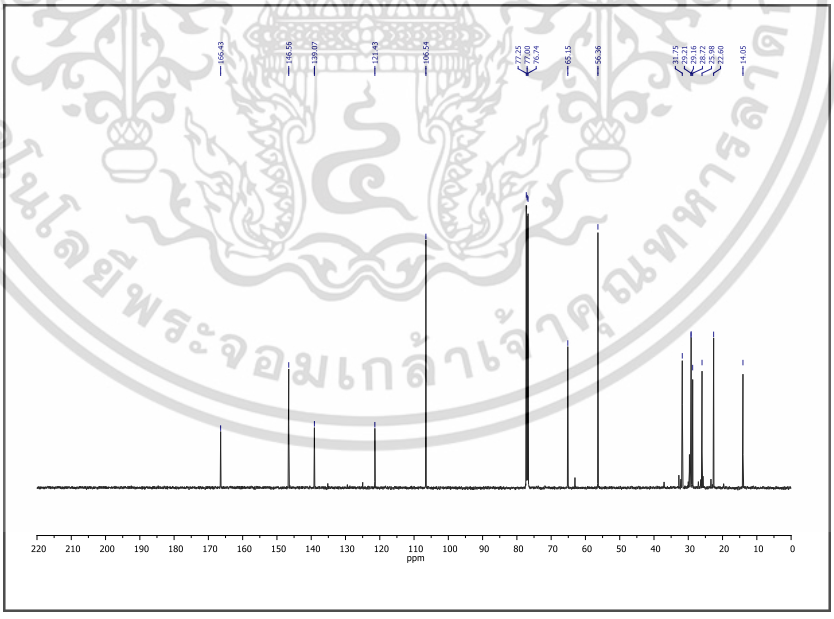
รูปที่ ค.4 ผลการวิเคราะห์ ^{1}H-NMR ของ Pentyl syringate **(40)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

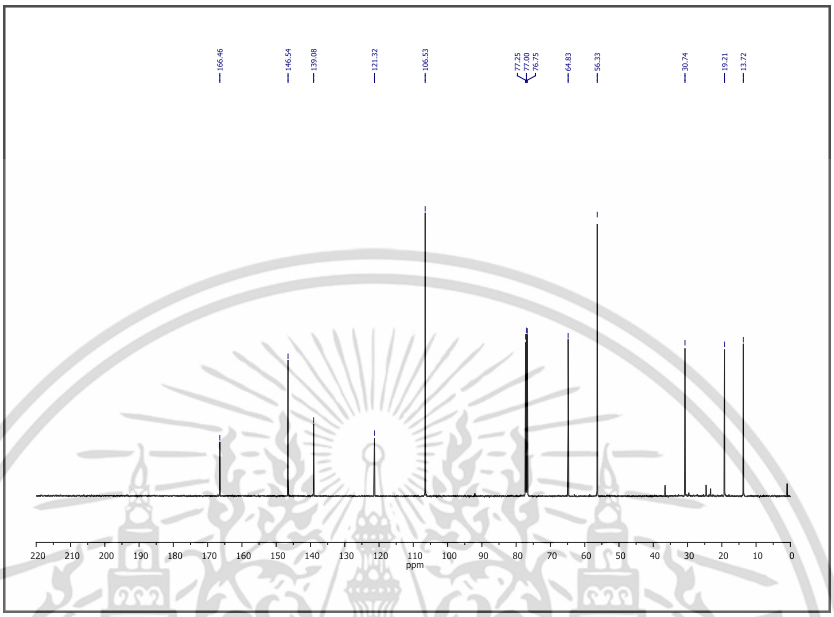


รูปที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์ ^{13}C-NMR ของ Ethyl syringate **(37)**

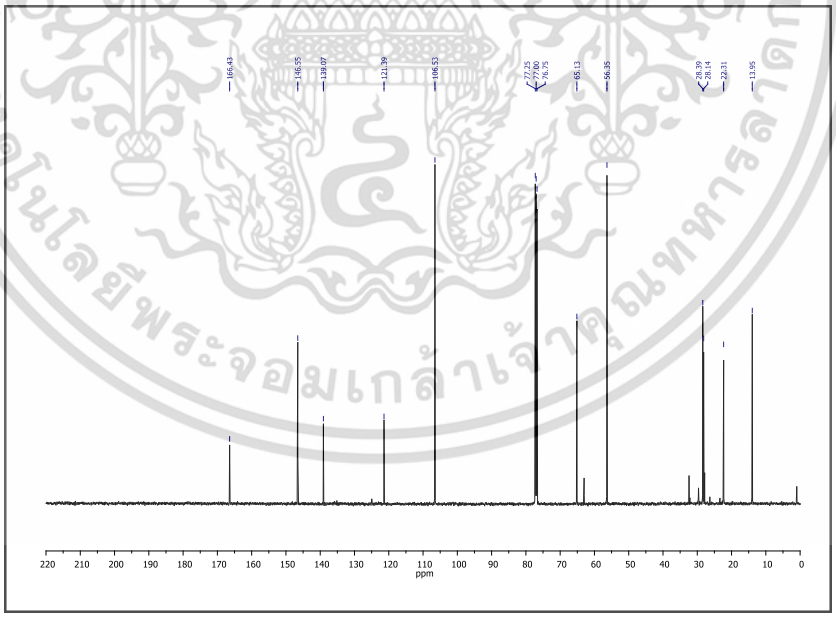


รูปที่ ง.2 ผลการวิเคราะห์ ^{13}C-NMR ของ Octyl syringate **(38)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



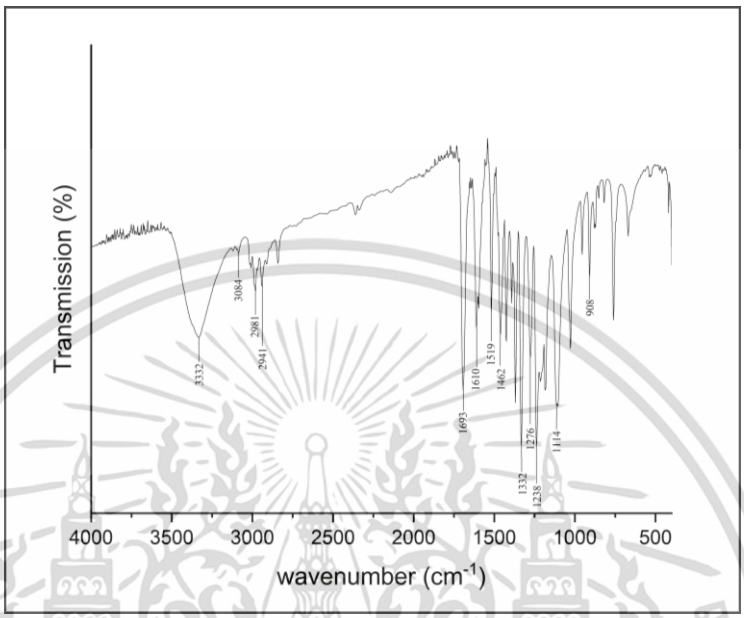
รูปที่ ง.3 ผลการวิเคราะห์ ^{13}C-NMR ของ Butyl syringate **(39)**



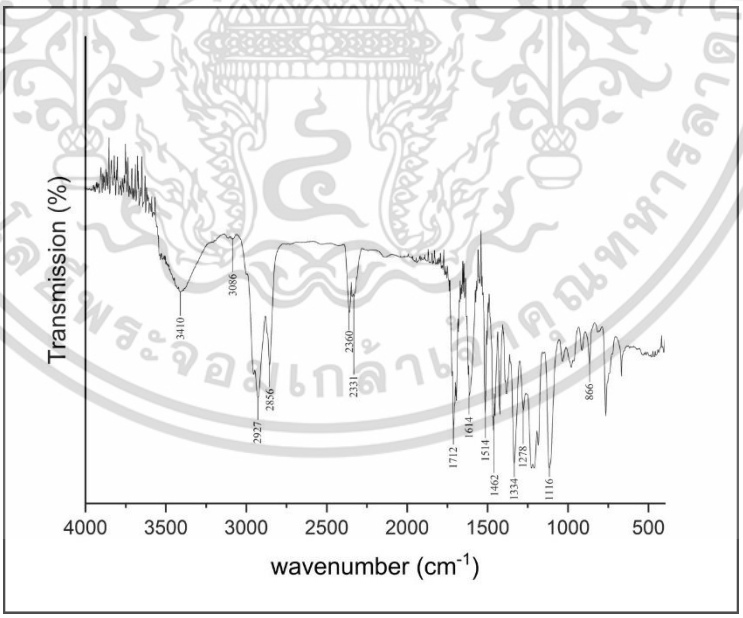
รูปที่ ง.4 ผลการวิเคราะห์ ^{13}C-NMR ของ Pentyl syringate **(40)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

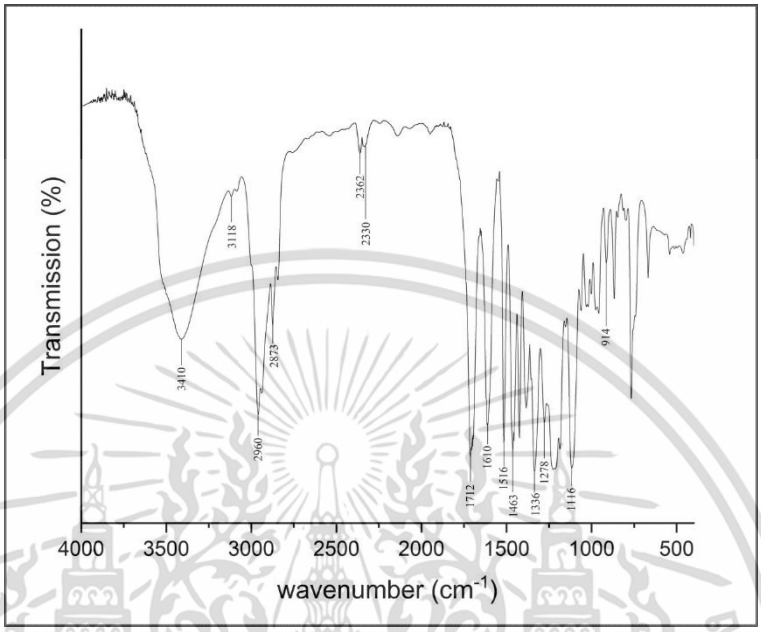


รูปที่ จ.1 ผลการวิเคราะห์ IR ของ Ethyl syringate **(37)**

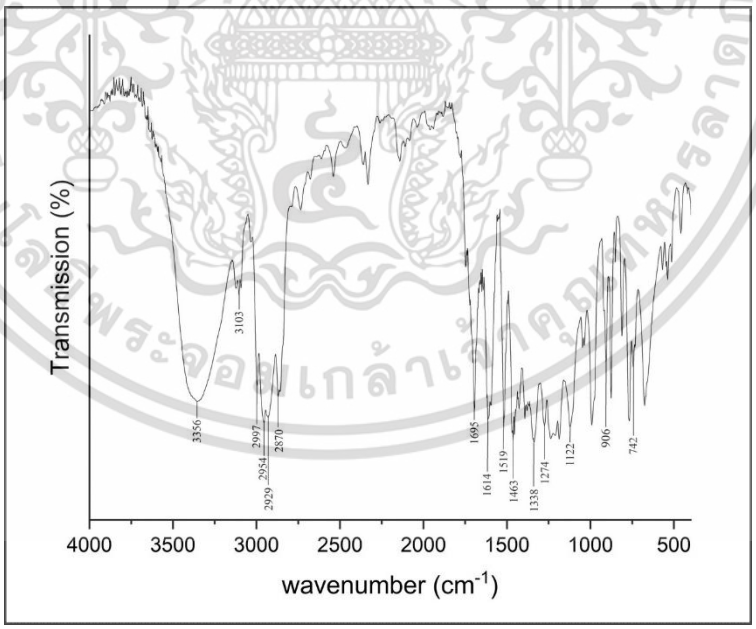


รูปที่ จ.2 ผลการวิเคราะห์ IR ของ Octyl syringate **(38)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.4 ผลการวิเคราะห์ IR ของ Butyl syringate **(39)**



รูปที่ จ.5 ผลการวิเคราะห์ IR ของ Pentyl syringate **(40)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คำรับรองเล่มโครงงานพิเศษ

วันที่ 28 เดือน มิถุนายน พ.ศ 2566

ข้าพเจ้า นางสาวจิราพร ทีปะลา รหัสประจำตัว 62050264

นางสาวจุฑามาศ หมู่เพชร รหัสประจำตัว 62050266

นางสาวณัฐณิชา อยู่อินทร์ รหัสประจำตัว 62050280

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี ขอรับรองว่าโครงงานพิเศษ เรื่อง

ชื่อภาษาไทย การสังเคราะห์และฤทธิ์ในการกำจัดวัชพืชของอนุพันธ์เอสเทอร์ของกรดไซรินจิก

ชื่อภาษาอังกฤษ Synthesis and herbicidal activity of ester derivatives of syringic acid

ปีการศึกษา 2565

เป็นผลงานวิจัยที่มิได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงงานพิเศษฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์ 1.89%

ลงชื่อ.....จิราพร ทีปะลา.....	ลงชื่อ.....จุฑามาศ หมู่เพชร.....	ลงชื่อ.....ณัฐณิชา อยู่อินทร์.....
(นางสาวจิราพร ทีปะลา)	(นางสาวจุฑามาศ หมู่เพชร)	(นางสาวณัฐณิชา อยู่อินทร์)
นักศึกษา	นักศึกษา	นักศึกษา

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.ณวสิทธิ์ โชติแสง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ได้ตรวจสอบโครงงานพิเศษของนักศึกษาข้างต้น แล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ.....ณวสิทธิ์ โชติแสง.....

(ผศ.ดร.ณวสิทธิ์ โชติแสง)
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้