

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

กลไกการออกฤทธิ์ของแซนโทกซิดินและอนุพันธ์
Mode of Action of Xanthoxyline and Its Derivatives

นางสาวพัชณี เจริญยิ่ง

นายจรรุญ เต่าสินวัฒนา

นางสาวมณฑินี ชีรารักษ์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2555

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

กลไกการออกฤทธิ์ของแซนโทกซีลินและอนุพันธ์
Mode of Action of Xanthoxyline and Its Derivatives

นางสาวพัชนี เจริญยิ่ง

นายจรรุญ เต้าสินวัฒนา

นางสาวมณฑินี ชีรารักษ์

มช

พ.ศ. ๒๕๖๗

๒๕๕๕

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน **137362**

วันเดือนปี **22 ส.ย. 2558**

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2555

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b. 12634190
i.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงตามความตั้งใจในระดับหนึ่งด้วยการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประเภททุนงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ 2555 ที่พิจารณาเห็นคุณค่าของงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัย คุณณัฐกร อ่อนแสง ที่อดทนต่อการทำงานนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ และสาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่เอื้อเพื่อความสะดวกตลอดการทำงานวิจัยนี้



พัชณี เจริญยิ่ง
มณฑินี ธีรารักษ์
จำรูญ เต้าตินวัฒนา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	4
1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย	5
1.6 คำสำคัญของการวิจัย	6
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	9
2.2 สารกำจัดวัชพืช (Herbicides)	9
2.3 สารอัลลีโลพาตี	12
2.4 กลไกการทำงานของสารอัลลีโลพาตี	15
2.5 กำจัดคัน (<i>Zanthoxylum limonella</i> Alston L.)	16
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ขั้นตอนการวิจัย	19
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 การแยกแซนทอกซิลิน 1 จากผลกำจัดคันแห้ง	28
4.2 การเตรียมสารอนุพันธ์ของแซนทอกซิลิน 1	28
4.3 การทดสอบฤทธิ์ของแซนทอกซิลิน 1 และอนุพันธ์ต่อการงอก และการเจริญเติบโตของพืชทดสอบด้วยวิธี Vial Test	30
4.4 การศึกษากลไกการทำลายวัชพืชของแซนทอกซิลิน 1 และอนุพันธ์	32

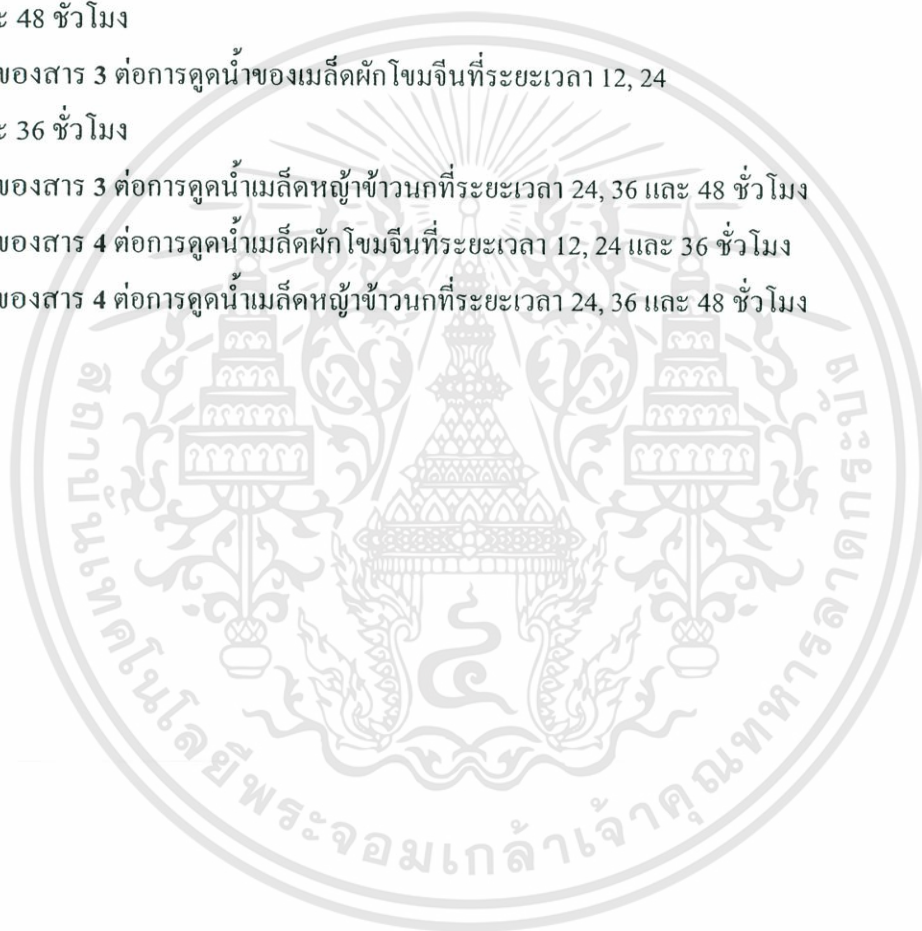
สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 การทดลองที่ 1 การแยกแซนทอกซิลิน 1 จากผลกำจัดต้นแห้ง	53
5.2 การทดลองที่ 2 การเตรียมสารอนุพันธ์ของแซนทอกซิลิน 1	53
5.3 การทดลองที่ 3 การทดสอบฤทธิ์ของแซนทอกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 2-4 ที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบด้วยวิธี Vial test	53
5.4 การทดลองที่ 4 การศึกษากลไกการทำลายวัชพืชของแซนทอกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3-4	55
5.5 ข้อเสนอแนะ	56
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก	62
ประวัตินักวิจัย	64



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ลักษณะของกำจัดต้น	2
3.1 แนวความคิดของการวิจัย	20
4.1 ผลของแขนทอกซิลิน 1 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีนที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง	34
4.2 ผลของแขนทอกซิลิน 1 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าขี้ฉားที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง	36
4.3 ผลของสาร 3 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีนที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง	38
4.4 ผลของสาร 3 ต่อการดูดน้ำเมล็ดหญ้าขี้ฉားที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง	40
4.5 ผลของสาร 4 ต่อการดูดน้ำเมล็ดผักโขมจีนที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง	42
4.6 ผลของสาร 4 ต่อการดูดน้ำเมล็ดหญ้าขี้ฉားที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง	44



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พืชนับเป็นสิ่งที่ให้ประโยชน์อย่างมหาศาลต่อมนุษยชาติ ปัจจัยทั้ง 4 อันสำคัญยิ่งของมนุษย์ ได้แก่ เสื้อผ้า อาหาร ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรคล้วนแล้วแต่สามารถเตรียมจากพืชได้ทั้งสิ้น การพัฒนาประยุกต์ใช้ประโยชน์จากพืชนั้นเริ่มตั้งแต่สมัยโบราณกาล เริ่มจากมนุษย์รู้จักพืชในแง่ที่เป็นอาหาร และมีพัฒนาการปรุงอาหารและการเก็บรักษาซึ่งนับเป็นวิทยาศาสตร์แขนงแรกๆ ที่เกิดขึ้นในโลก ในสมัยก่อนมนุษย์สามารถเรียนรู้ได้จากประสบการณ์ว่าสารจากพืชสามารถส่งผลต่างๆ ได้มากมายต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น จะเห็นได้ว่าในทุกสังคมทั่วโลกล้วนแล้วแต่มีสมุนไพรท้องถิ่นที่ช่วยรักษาและดูแลร่างกาย ตัวอย่างเช่นในประเทศไทยมีการดื่มน้ำส้มแขกที่มีสรรพคุณช่วยในการขับถ่าย การที่มนุษย์รู้ได้ถึงประโยชน์ที่ได้จากสารของพืชจึงมีการพัฒนาและค้นคว้าวิจัยอย่างต่อเนื่อง เพื่อพัฒนาสารธรรมชาติจากสมุนไพรเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทางเภสัชวิทยา นอกจากคุณประโยชน์ในแง่ใช้เป็นอาหารและยาที่ให้ประโยชน์ต่อมนุษย์โดยตรงแล้ว ยังมีการใช้ประโยชน์ของพืชในแง่ที่ส่งผลกระทบต่อนิเวศวิทยา และทำให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษย์ทางอ้อมเช่น การใช้หญ้าแฝกในการพวงหน้าดิน และการใช้สารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อใช้เป็นยากำจัดแมลงและวัชพืช ปัจจุบันสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพมีแนวโน้มที่จะเป็นที่สนใจมากขึ้น การศึกษาถึงคุณประโยชน์ที่ได้จากสารสกัดเหล่านี้ทั้งทางด้านเภสัชวิทยา กวีนิพนธ์ และพยาธิวิทยา นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว ยังมีการศึกษาถึงแนวทางในการนำสารธรรมชาติมาใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่เกษตรกรโดยทั่วไปพบกัน โดยเฉพาะวัชพืชซึ่งเป็นศัตรูพืชทางการเกษตรที่มีความสำคัญเช่นเดียวกับศัตรูพืชอื่นๆ เช่น โรคพืช และแมลง เป็นต้น ซึ่งเป็นปัญหาที่มนุษย์ต้องพบเจอนับตั้งแต่รู้จักการปลูกพืชเป็นหลักแหล่งเลยทีเดียว โดยแนวโน้มที่จะมีการใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืชนี้มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากในทุกๆ วัน เกษตรกรโดยทั่วไปมักนิยมใช้สารกำจัดวัชพืชที่มีส่วนผสมหลักเป็นสารเคมี ซึ่งสามารถให้ผลได้ดีในการกำจัดศัตรูพืช แต่กลับจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในวงกว้างขึ้นมากกว่า เช่นปัญหาการปนเปื้อนและสารตกค้างในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ซึ่งเป็นอันตรายอย่างมากต่อผู้บริโภคและต่อตัวเกษตรกรเอง และสารเคมีจากยากำจัดวัชพืชยังมีการตกค้างในดินซึ่งส่งผลทำให้ดินเกิดการเสื่อมสภาพเป็นการถาวร ทำให้ปริมาณผลผลิตที่ได้ในครั้งต่อไปมีปริมาณน้อยลง ดังนั้นจึงมีการค้นคว้าสารสกัดจากธรรมชาติชนิดใหม่หรือการนำสารธรรมชาติมาใช้เป็นต้นแบบในการสังเคราะห์เป็นสารกำจัดวัชพืชกลุ่มใหม่ โดยสารธรรมชาติที่ใช้เป็นต้นแบบได้จากการสกัดจากพืชนั่นเอง สารกำจัดวัชพืชและสารเคมีทางการเกษตรที่มีต้นแบบจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติมีจุดเด่นที่สำคัญคือ ไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ละลายน้ำหรือละลายเพียงเล็กน้อยสามารถออกฤทธิ์ได้ในเวลาที่เหมาะสม สลายตัวได้เกือบทั้งหมดในช่วงเวลาที่สั้นกว่าสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเคราะห์ และมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับสารเคมีสังเคราะห์คือ สามารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ที่มีความเข้มข้นต่ำ จุดมุ่งหมายของงานวิจัยในปัจจุบันจะมุ่งเน้นไปที่การใช้สารสกัดจากพืชโดยตรงต่อการกำจัดวัชพืช รวมถึงบทบาทของสารประกอบจากธรรมชาติที่ออกฤทธิ์ (สารอัลลีโลเคมีคัล) การศึกษาพืชปลูกที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งวัชพืช กลไกและการทำงาน รวมไปถึงระยะเวลาในการคงอยู่เมื่อปลดปล่อยออกสู่ธรรมชาติ เทคโนโลยีทางชีวภาพอาจจะสร้างพืชปลูกที่มีสารกำจัดวัชพืชในตัวเอง ได้ด้วยการถ่ายทอดทางพันธุกรรมทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้สารสังเคราะห์อีกต่อไป

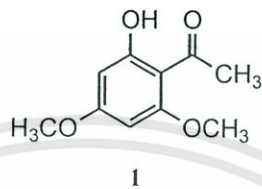
กำจัดต้นหรือพริกหอม (*Zanthoxylum limonella* Aston L.) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงใหญ่สูงได้ถึง 20 เมตร มีหนามแหลมตามลำต้น และกิ่ง ใบประกอบแบบขนนกปลายคี่หรือคู่ ใบย่อยรูปไข่หรือรูปรีปลายแหลมมาก โคนแหลมและเบี้ยว ขอบเรียบหรือหยักห่างๆ ช่อดอกแบบช่อแยกแขนง ขนาดใหญ่ ออกที่ยอดหรือตามง่ามผลมีลักษณะค่อนข้างกลม ผิวขรุขระ มีกลิ่น เมล็ดกลมดำเป็นมัน ผลและเมล็ดใช้เป็นเครื่องเทศผสมกับเครื่องแกงของอาหารพื้นเมืองทางเหนือ ผลแห้งมีกลิ่นหอมใช้ในการดับกลิ่นคาวของอาหาร ด้านสมุนไพร ใช้เป็นยาบำรุงหัวใจ



ภาพที่ 1.1 ลักษณะของกำจัดต้น

จากงานวิจัยเบื้องต้นพบว่า สารสกัดน้ำและคลอโรฟอร์มจากผลกำจัดต้นมีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดผักกาดหัว (*Raphanus sativus* var. *longipinnatus*) และผักกวางตุ้ง (*Brassica campestris* var. *chinensis*) ได้ดี และสารสกัดหยาบคลอโรฟอร์มสามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดผักกาดหัวและผักกวางตุ้งที่ระดับความเข้มข้น 5000 ppm [1,2,3] เมื่อนำชิ้นสารสกัดด้วยคลอโรฟอร์มมาแยกสารบริสุทธิ์ และทำการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ สืบศักดิ์ [4] รายงานผลของแซนโทกซิลิน (Xanthoxyline) หรือ 2-hydroxy-4-เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6-dimethoxyacetophenone **1** สารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ โดยที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm มีผลในการยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนก (*Echinochloa crus-galli*) และสามารถยับยั้งการงอกของผักโขมจีน (*Amaranthus tricolor*) ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm และได้ทดลองใช้แซนโทกซิลิน **1** ผสมดินปลูกพืชทดสอบในแปลงจำลอง พบว่าแซนโทกซิลิน **1** สามารถถูกย่อยสลายได้ในระยะเวลาที่เหมาะสมไม่เกิดการสะสมในสิ่งแวดล้อมเหมือนกับสารเคมีสังเคราะห์



นอกจากนั้นผู้วิจัยได้ศึกษาการออกฤทธิ์ของแซนโทกซิลิน **1** ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ปลายรากของหัวหอม (*Allium cepa* L.) พบว่าแซนโทกซิลิน **1** มีผลยับยั้งการแบ่งเซลล์ที่ปลายรากของหัวหอม[5] จากข้อมูลเบื้องต้นจึงเกิดความสนใจในการพัฒนาแซนโทกซิลินให้มีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชให้ดีขึ้น โดยการเตรียมสารอนุพันธ์ของแซนโทกซิลินด้วยการปรับเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันของแซนโทกซิลิน **1** เพื่อศึกษาผลเมื่อปรับเปลี่ยนฟังก์ชันของแซนโทกซิลิน **1** ต่อการออกฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ จากการทดลองพบว่าอนุพันธ์ออกซิมี และอนุพันธ์แอลคิล มีผลต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมจีนแนวโน้มดีขึ้น[6] จากข้อมูลเบื้องต้นที่กล่าวมาคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษากลไกการออกฤทธิ์ของแซนโทกซิลิน และสารอนุพันธ์ต่อพืชทดสอบ ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแซนโทกซิลิน **1** และสารอนุพันธ์ในการใช้ควบคุมวัชพืช

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สังเคราะห์สารอนุพันธ์แซนโทกซิลิน โดยการปรับเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
2. ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของสารอนุพันธ์กับฤทธิ์ทางอัลลีโลพาตี
3. ศึกษากลไกการออกฤทธิ์ของแซนโทกซิลิน **1** และสารอนุพันธ์ต่อพืชทดสอบ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. สกัดและแยกแซนโทกซิลิน **1** จากผลกำจัดด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี
2. เตรียมสารอนุพันธ์ของแซนโทกซิลิน **1**
3. ศึกษากลไกการยับยั้งการดูดน้ำของเมล็ด (water uptake inhibition)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ศึกษากลไกการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส (amylase activity inhibition)
5. ศึกษากลไกการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (electron transport inhibition)

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

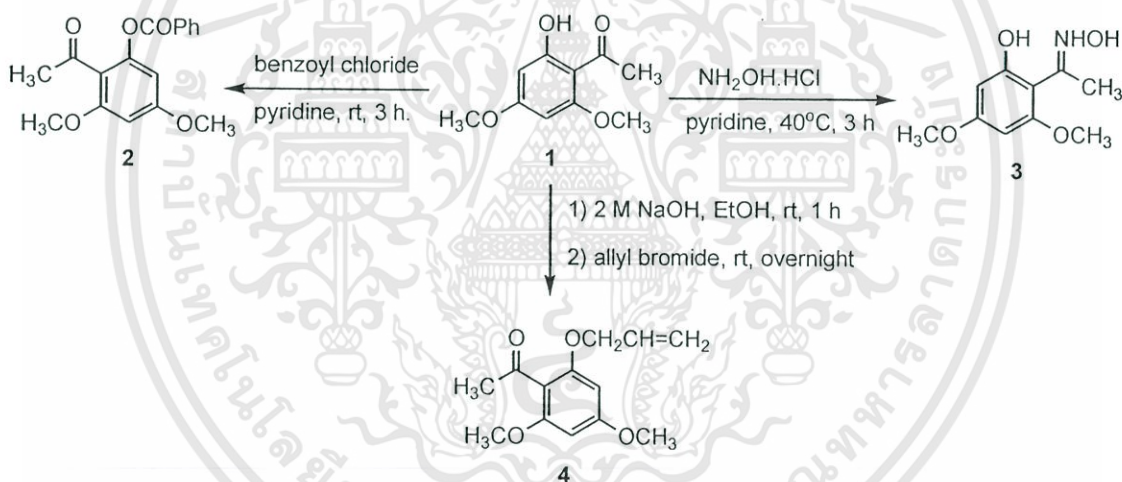
ขั้นตอนการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน กล่าวโดยสรุปดังนี้

การทดลองที่ 1 การสกัดแยกแซนโทกซิลิน 1 จากผลก้ำจัดต้น โดยเทคนิคทางโครมาโทกราฟี

การทดลองที่ 2 การเตรียมอนุพันธ์จากแซนโทกซิลิน

แซนโทกซิลิน 1 เป็นสารฟีนอลิกที่มีหมู่ฟังก์ชันเกาะบนวงแหวนแอโรมาติก ได้แก่ หมู่ไฮดรอกซิล หมู่คีโต และหมู่เมทอกซี ในการทดลองนี้จะเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันจากหมู่ไฮดรอกซิลเป็นเอสเตอร์และอีเทอร์ หมู่คีโตเป็นหมู่ออกซิม ดังแผนภาพที่ 1

แผนภาพที่ 1



การทดลองที่ 3 การทดสอบฤทธิ์ของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ต่อการงอกและและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ[7]

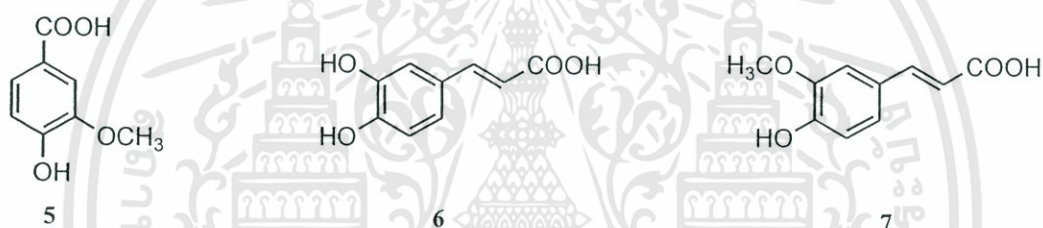
การทดลองที่ 4 ศึกษากลไกการทำลายวัชพืชของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ ได้แก่

1. การทดสอบผลของแซนโทกซิลินและอนุพันธ์ต่อการดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบ (Water uptake inhibition)
2. การทดสอบผลของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพืชทดสอบ (Amylase activity inhibition)
3. การทดสอบผลของแซนโทกซิลิน 1 และสารอนุพันธ์ต่อการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์ของพืชทดสอบ (Electron transport inhibition)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

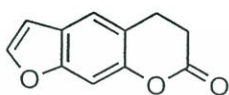
1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

ในธรรมชาติของพืชจะมีความสัมพันธ์ทางชีวเคมีต่อกัน พืชที่มีสีเขียวสามารถผลิตสารจำนวน เป็นแสนชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเมตาบอลิซึมปฐมภูมิของพืช โดยพืชชนิดหนึ่งจะสามารถผลิตสารเคมี ซึ่งส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มสารทุติยภูมิและปลดปล่อยสารนั้นออกสู่สภาพแวดล้อมทำให้เกิดผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของพืชอื่นๆ ซึ่งรวมถึงจุลินทรีย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม สารเคมีที่ก่อให้เกิด ความสัมพันธ์นี้เรียกว่า Allelochemical หรือ Alleopathic Chemicals[8,9] โดยจะมีผลทั้งทางด้านการ ยับยั้งและการกระตุ้นการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจเป็นผลกระทบของพืชชั้นสูงชนิดหนึ่งต่อการ งอก การเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืชอีกชนิดหนึ่ง สารอัลลีโลพาที่สามารถจำแนกเป็นกลุ่มๆ ตาม ลักษณะโครงสร้างเช่น กรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่ตรง แอลิเฟติกแอลดีไฮด์และคีโตน แลกโทน ชนิดไม่อิ่มตัว กรดไขมันสายโซ่ยาว แนพโททราควิโนนและแอนทราควิโนน ฟีนอลและอนุพันธ์ของกรด เบนโซอิก คูมาลินและฟลาโวนอยด์ และเทอร์ปีนอยด์ ตัวอย่างโครงสร้างดังต่อไปนี้

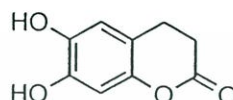


การศึกษาเพื่อค้นคว้าหาพืชที่มีศักยภาพมักดำเนินการสกัดสารชีวภาพจากส่วนต่างๆ ของพืชด้วย น้ำ และทำการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการทดสอบต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้า (Seed Germination and Seedling Growth Bioassay) เช่นการศึกษาเปรียบเทียบสารสกัดชั้นน้ำจากใบ และกิ่งของของประยงค์ ต่อการยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนกและถั่วผี และเป็นแนวทางทำการทดสอบ เพื่อหาค่าประกอบทางเคมีที่ออกฤทธิ์ต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืช[10] นอกจากนี้ อาจจะมีการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดยับยั้งเซลล์ของพืชทดสอบเช่นการศึกษาผล ของสารสกัดขี้เฒ่าขี้หนูต่อเซลล์ของใบพุทราชาติก้านแดงต่อการแบ่งเซลล์ของพืชทดสอบ[11] เมื่อสกัดพืช ที่มีศักยภาพสูงได้แล้วจึงนำส่วนต่างๆของพืชมาทำการสกัดสารชีวภาพโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้ว ตามชนิดของสารชีวภาพที่เป็นองค์ประกอบของพืช เพื่อคัดแยกและนำไปทำให้บริสุทธิ์ จากนั้น ตรวจสอบเอกลักษณ์ของสารดังกล่าวโดยวิธีทางเคมี ผลการศึกษาของนักวิจัยจากนานาประเทศพบ สารชีวภาพที่มีศักยภาพในการควบคุมวัชพืชจากพืชชนิดต่างๆ เช่น กรดไขมันสายโซ่ยาว Palmitic acid, Oleic acid, Stearic acid, Arachidic acid, Behenic acid, Heneicosanic acid และ 11,14-Eicosadienoic acid ที่พบใน *Polygonum aviculare* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้า Bermuda[12] การพบสารที่มี ศักยภาพในหญ้านวลน้อย (*Zoysia matrella*) โดยเป็นสารในกลุ่มกรดไขมัน C_{10} ถึง C_{18} ชนิด และสาร

ในกลุ่มฟีนอลิก 2 ชนิด[13] Caffeic acid 6 และ Ferulic acid 7 ที่แยกได้จากข้าวสาลี (*Fagopyrum esculentum* Moench) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm[14] คูมาลิน 8 และฟลาโวนอยด์สามารถพบได้ในทุกส่วนของพืช และหลายชนิดเป็นสารที่ยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชได้ดีกว่ากรดฟีนอลิก พบว่า Psoralen 9 สกัดจาก *Psoralea* มีฤทธิ์ในการยับยั้งของเมล็ดผักกาดหอมที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm[15]

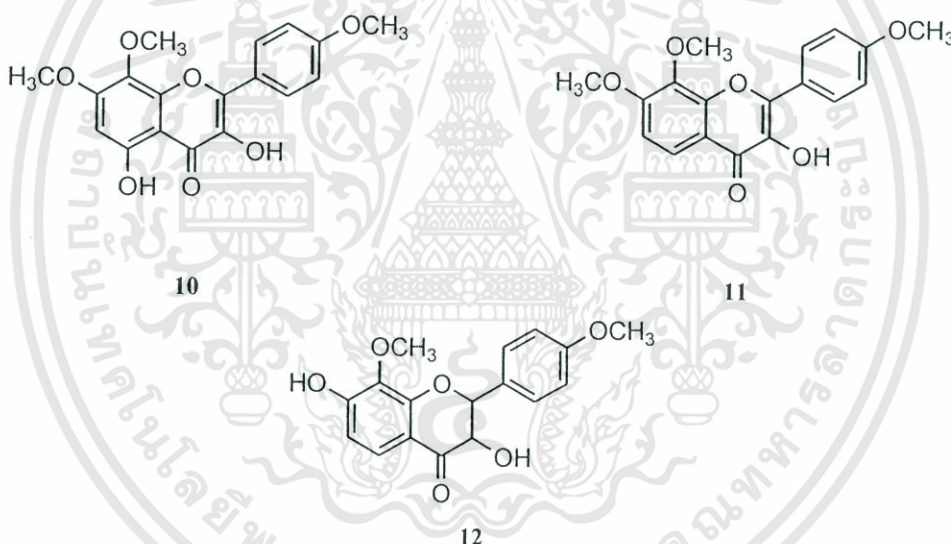


8



9

สารกลุ่มฟลาโวนอยด์เช่น Tambulin 10 และ Heliannones B 11 และ Heliannones C 12 จากต้นทานตะวันมีผลต่อความยาวรากของเมล็ดมะเขือเทศและเมล็ดข้าวบาเลย์[16]



การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชตระกูล *Zanthoxylum* เพื่อประโยชน์ทางการแพทย์หรือการทดสอบทางชีวภาพเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่อไปนั้นแพร่หลายในประเทศแถบเอเชียเช่น ในปี 1996 ผลของ *Z. budrunga* มีฤทธิ์ในการวางยาสลบหนูแกสบี้ (guinea pig)[17] นอกจากนั้นมีการแยกแซนโทกซิลินจากพืชในตระกูล *Zanthoxylum* ในรูปสารบริสุทธิ์[18] และเมื่อนำไปทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพพบว่าแซนโทกซิลินมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและยีสต์บางชนิด[19] จากรายงานการวิจัยยังไม่พบการศึกษาหาสารชีวภาพจากพืชตระกูล *Zanthoxylum* ต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชมาก่อน จากงานวิจัยอย่างต่อเนื่องของผู้วิจัยพบว่าสารสกัดด้วยน้ำและสารสกัดหยวนชั้นกลอโรฟอร์มของผลกำจัดดิน ซึ่งเป็นพืชในตระกูล *Zanthoxylum* สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักกาดหัวและผักกวางตุ้ง และเมื่อทำการแยกสารออกฤทธิ์ในรูปสารบริสุทธิ์ในชั้นสารสกัดหยวนที่มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงสุด พบว่าแซนโทกซิลินเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทดสอบ ได้แก่ ผักโขม และหญ้าไ่มูก[20] และเมื่อนำมาทดสอบด้วยวิธี Agar Test พบว่าแซนโทกซิลิน 1 มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าไ่มูกที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm[21] นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพัฒนาแซนโทกซิลินให้มีการออกฤทธิ์ที่ดีขึ้น โดยเตรียมสารอนุพันธ์จากการปรับเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันของแซนโทกซิลินเพื่อศึกษาถึง structure-activity relationship (SAR) และนำมาเปรียบเทียบผลในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าอนุพันธ์ออกซิม 3 และอนุพันธ์แอลลิล 4 ของแซนโทกซิลินมีผลต่อการยับยั้งการงอกของผักโขมจีนที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm[6]



จากข้อมูลเบื้องต้นเหล่านี้คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษากลไกการออกฤทธิ์ของแซนโทกซิลิน 1 และสารอนุพันธ์ในเชิงลึกถึงกลไกการทำลายของสารต่อพืช ได้แก่ กลไกการยับยั้งการดูดน้ำของเมล็ด (water uptake inhibition) การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส (amylase activity inhibition) และการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (electron transport inhibition) ซึ่งกลไกการทำลายของสารต่อพืชหรือวัชพืชเป็นลำดับหรือขั้นตอนของเหตุการณ์ที่สมบูรณ์ ภายหลังจากที่พืชได้รับสารไปแล้ว สารจะเข้าไปทำปฏิกิริยาโดยการยับยั้งหรือทำลายภายในต้นพืช รวมไปถึงบริเวณตำแหน่งหรือจุดทุกจุดที่สารจะแสดงปฏิกิริยาภายในต้นพืช ซึ่งในบริเวณดังกล่าวจะเป็นตำแหน่งที่สารมีการจับตัวกันหรือเกิดปฏิกิริยาต่อกัน มีผลทำให้พืชแสดงอาการผิดปกติ และในที่สุดพืชจะตายในเวลาต่อมาได้ ผลจากการวิจัยนี้คาดว่าสามารถอธิบายกลไกการเข้าทำลายของแซนโทกซิลินและสารอนุพันธ์ต่อพืชได้ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแซนโทกซิลิน 1 และสารอนุพันธ์ในการใช้ควบคุมวัชพืช และหรือเป็นส่วนผสมที่เหมาะสมในสารกำจัดวัชพืชต่อไป

1.6 คำสำคัญของการวิจัย

กำจัดต้น พริกหอม

การยับยั้งการดูดน้ำของเมล็ด (water uptake inhibition)

การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส (amylase activity inhibition)

การยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (electron transport inhibition)

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่าง โครงสร้างกับฤทธิ์ทางอัลลีโลพาตี
2. ทราบถึงกลไกการออกฤทธิ์ของเซนทอกซิลินและอนุพันธ์
3. เป็นแนวทางในการวิจัยและพัฒนาสารธรรมชาติจากพืชในการควบคุมวัชพืชและการผลิตเชิงพาณิชย์
4. ได้ผลงานวิจัยที่ดีมีมาตรฐานสามารถตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หลายปีที่ผ่านมานักวิจัยจำนวนมากไม่น้อยที่ได้ทำการศึกษาและวิจัยการสกัดสารชีวภาพจากพืชสมุนไพร พร้อมกับการพัฒนาโครงสร้างของสารชีวภาพโดยมุ่งเน้นการออกฤทธิ์ที่ดียิ่งขึ้นในการยับยั้งเชื้อโรคชนิดต่างๆ ในขณะที่เดียวกันก็มีการนำสารชีวภาพที่สกัดได้จากพืชสมุนไพรมาใช้ในการควบคุมศัตรูพืชต่างๆ ทั้งโรคพืช[22] แมลงศัตรูพืช[23] และวัชพืช[24] โดยจุดประสงค์ของการศึกษาคือการวิจัยและการพัฒนาสารชีวภาพ เพื่อใช้ในการควบคุมศัตรูพืชโดยนำสารที่สกัดได้จากพืชโดยตรงหรืออาจใช้สารสกัดที่ได้จากพืชมาเป็นสารต้นแบบในการสังเคราะห์สารควบคุมศัตรูพืชชนิดใหม่ที่มีอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยลง ดังนั้นการพัฒนาเพื่อให้ได้สารกำจัดพืชชนิดใหม่ เพื่อทดแทนผลิตภัณฑ์เดิมที่อาจมีผลกระทบต่อวงจรของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติจึงเป็นสิ่งจำเป็น ด้วยเหตุนี้การใช้สารกำจัดวัชพืชที่ผลิตจากสารธรรมชาติจึงได้รับความสนใจมากขึ้น เพราะมีความปลอดภัยกว่าสารที่ได้จากการสังเคราะห์ เนื่องจากสามารถสลายตัวได้ง่ายเมื่อปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

2.2 สารกำจัดวัชพืช (Herbicides)

สารกำจัดวัชพืชหมายถึง สารเคมีใดๆ ก็ตาม ที่นำมาใช้เพื่อฆ่าทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืช ไม่ว่าจะเป็นขณะพืชงอกขึ้นมาแล้วหรือยังเป็นเมล็ดอยู่ ตลอดจนชิ้นส่วนต่างๆ ของวัชพืชที่ขยายพันธุ์ได้ในดินหรืออยู่บนดิน[25] 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 ได้มีการนำเอาสารโซเดียมอาซิไนท์ (sodium arsenite) มาใช้ในการควบคุมผักตบชวา และได้มีการพัฒนางานด้านกำจัดวัชพืชเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน[26]

2.2.1 เภม็ของสารกำจัดวัชพืช

ลักษณะทางเคมีของสารกำจัดวัชพืชจะเป็นสารประกอบอินทรีย์ (Organic compound) กล่าวคือมีอะตอมของคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอย่างน้อย 1 อะตอม ซึ่งในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์นั้นธาตุที่มักพบบ่อยๆ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจนออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส คลอรีน กำมะถัน และ ฟลูออรีน เป็นต้น โดยทั่วไปโครงสร้างหลักของสารกำจัดวัชพืชที่เป็นพวกสารอินทรีย์จะมีการจัดเรียงตัวของอะตอมของคาร์บอนกับสารอื่น ๆ มีด้วยกัน 2 ลักษณะคือ แบบแอลิฟาติก (aliphatic

groups) ซึ่งจะมีลักษณะการจัดเรียงตัวเป็นสายโซ่ยาว เป็นเส้นตรงหรือมีการแตกกิ่งก้านสาขา (branched chain) และแบบเอโรมาติก (aromatic groups) ซึ่งจะมีลักษณะการจัดเรียงตัวเป็นวงแหวน (ring) ซึ่งทั้งแบบแอลิฟาติกและเอโรมาติกจะเป็นส่วนประกอบที่พบเสมอในโมเลกุลของสารกำจัดวัชพืช[26]

2.2.2 สารกำจัดวัชพืชที่มีต้นแบบจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ

แนวความคิดในการวิจัยสารกำจัดวัชพืชชนิดใหม่ ในการวิจัยสำหรับสารกำจัดวัชพืชชนิดใหม่สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ชนิด[27]

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

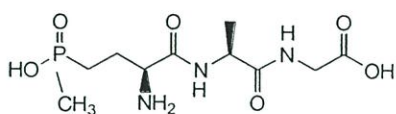
2. สังเคราะห์โดยวิธีชีวเคมี (Biochemical directed synthesis) บางครั้งในการสังเคราะห์ สารเลียนแบบสารธรรมชาติในสภาพห้องปฏิบัติการ มีผลทำให้ฤทธิ์ทางธรรมชาติต่ำกว่าสารที่สร้างขึ้นตามกระบวนการธรรมชาติ โดยเฉพาะการยับยั้งเอนไซม์ในพืชหรือจุลินทรีย์บางชนิด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาวะที่แตกต่างกันในห้องปฏิบัติการกับสภาพธรรมชาติ ทำให้ต้องใช้ความรู้ด้านไบโอเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการผลิตสารเหล่านี้โดยจุลินทรีย์และเซลล์ของพืช

3. ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (Natural products) นักวิทยาศาสตร์หันมาให้ความสนใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่เกิดจากภูมิปัญญาชาวบ้านที่สืบทอดกันมา ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเหล่านี้เป็นสารต้นแบบในการค้นพบสารกำจัดวัชพืชชนิดใหม่ได้ เนื่องจากสารที่มีความเป็นพิษที่เกิดขึ้นในธรรมชาติหลายชนิดมีโครงสร้างทางเคมีแตกต่างจากสารกำจัดวัชพืชที่สังเคราะห์ขึ้น การศึกษาสารเหล่านี้อาจนำไปสู่การค้นพบสารกำจัดวัชพืชกลุ่มใหม่ ซึ่งมีตำแหน่งเข้าทำลายที่ยังไม่มีสารกำจัดวัชพืชที่สังเคราะห์ขึ้นเข้าไปเกี่ยวข้อง และนอกจากนี้ ยังมองในเรื่องของความเป็นพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าสารที่ได้จากการสังเคราะห์ ตัวอย่างของสารกำจัดวัชพืชที่มีการผลิตเชิงการค้าโดยมีต้นแบบจากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ[16] ได้แก่

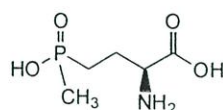
1. ออร์กาโนฟอสฟอรัส

สารกำจัดวัชพืช 2 ชนิด ที่มีต้นแบบจากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติที่แยกได้จากแบคทีเรียได้ถูกนำมาผลิตในการค้าในปัจจุบันคือ Bialaphos 13 และ Phosphontricin 14 ซึ่ง Bialaphos 13 หรือ Phosphironthricylalanyl alanine แยกได้จากเส้นใยของเชื้อรา *Streptomyces* และรู้จักในชื่อทางการค้าว่า Herbiace Bialaphos เป็นสารกำจัดวัชพืชชนิดต้น (pro-herbicide) ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นสารออกฤทธิ์คือ Phosphontricin 14 ในพืช ซึ่งสารตัวนี้มีฤทธิ์ในการยับยั้งการสังเคราะห์กลูตามิน (Glutamin) สำหรับ Glyphosate 15 เป็นสารกำจัดวัชพืชที่ใช้กันแพร่หลายที่มีการสังเคราะห์ขึ้น โดยมีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกับสาร Bialaphos 13 และ Phosphontricin 14

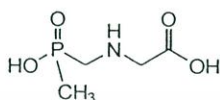
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



13



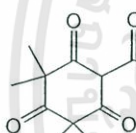
14



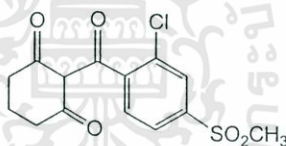
15

2. ไตรคีโตน

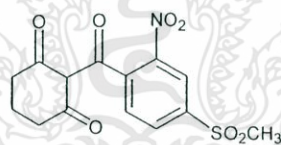
Succotriene 17 และ Mesotriene 18 เป็นสารกำจัดวัชพืชใบกว้างชนิด postemergent ซึ่งมีกลไกการออกฤทธิ์โดยยับยั้งการสร้าง *p*-Hydroxyphenylpyruvatedioxygenase (HPPD) ซึ่งมีต้นแบบมาจาก Leptospermone 16 ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากพืช *Leptospermum scoparium* ที่พบในออสเตรเลียและนิวซีแลนด์



16



17



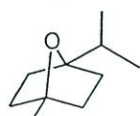
18

3. ซินเมทิลีน

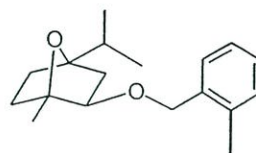
โมโนเทอร์พีน อีเธอร์ (Monoterpene ether) 1,8-Cineole 19 เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยของพืชหลายชนิดและเป็นอัลลีโลเคมีคอลลตัวหนึ่ง 1,8 Cineole 19 และไอโซเมอร์ของสารตัวนี้คือ 1,4 Cineole 20 เป็นสารที่มีความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxin) แต่สารตัวนี้เป็นสารที่ระเหยง่ายจึงมีปัญหากในการประยุกต์ใช้เป็นสารกำจัดวัชพืช ดังนั้นจึงมีเตรียมอนุพันธ์ของ 1,4 Cineole ขึ้น คือ Cinmethylin 21 ใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชที่ออกฤทธิ์โดยการขัดขวางการแบ่งตัวแบบไมโทซิส (mitosis) ในพืชทดสอบ



19



20



21

2.3 สารอัลลีโลพาที[24, 8]

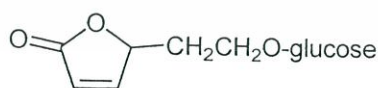
อัลลีโลพาที (Allelopathy) มีคำจำกัดความโดยทั่วไปหมายถึง ผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งชนิดที่ส่งเสริมและยับยั้ง โดยพืชชนิดหนึ่งรวมทั้งจุลินทรีย์ต่อพืชอีกชนิดหนึ่ง โดยผ่านการผลิตสารเคมีแล้วปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม และเรียกสารเคมีที่เกิดขึ้นที่ก่อให้เกิดความสัมพันธ์นี้ว่า อัลลีโลเคมีคอลล (allelochemical) หรือสารอัลลีโลพาทีในพืช เป็นสารประกอบที่ได้จากเมตาบอลิซึม (metabolism) ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่างๆ รวมทั้งจุลินทรีย์ สารเคมีที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชส่วนใหญ่เป็นสารเมตาบอลิซึมขั้นที่สอง (secondary metabolites) ของพืชที่มีมากมายหลายพันชนิด แต่มีเพียงจำนวนน้อยเท่านั้นที่มีผลในด้านอัลลีโลพาที สารอัลลีโลพาทีที่สามารถจำแนกเป็นกลุ่มๆ ได้ตามลักษณะ โครงสร้างดังต่อไปนี้

1. กรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่ตรง แอลิฟาติกอแลคไซด์และคีโตน

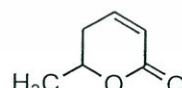
ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น Malic acid, Citric acid, Acetic acid และ Tartaric acid ในผลไม้สูงเพียงพอในการยับยั้งการงอกของเมล็ดพืช และพบว่า Acetaldehyde สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าวโพดและพืชตระกูลถั่วได้[28] แอลกอฮอล์เช่น เมทานอลและเอทานอล เป็นสารที่ปลดปล่อยออกมาในรูปของสารระเหยจากปืทรูท มะเขือเทศ มันฝรั่ง ไบเรดิซ และรากแครอทในระบบปิด สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดได้[29]

2. แลคโตนชนิดไม่อิ่มตัว

Parasorbic acid 22 ที่แยกได้จากผลของ *Sorbus aucuparia* และอะไกลโคโคตินของ Ranunculin 23 ที่สร้างขึ้นจากพืชในตระกูล Ranunculaceae สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพืชได้ [28]



22



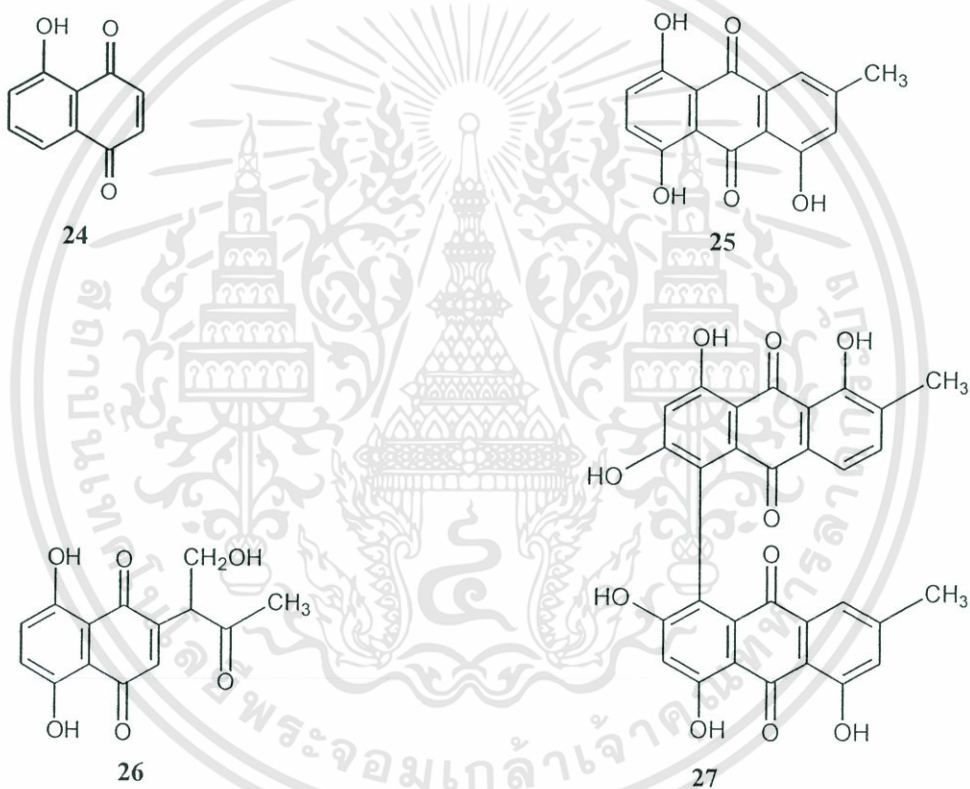
23

3. กรดไขมันสายโซ่ยาว

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

4. แนพโทควิโนนและแอนทราควิโนน

Juglone 24 หรือ 5-Hydroxynaphthoquinone เป็นสารพิษที่พบในต้นวอลนัท มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดได้[30] Novalin 26 เป็นสารที่แยกได้จากเชื้อรา *Fusarium solani* พบว่าสารชนิดนี้เป็นสาเหตุทำให้พืชเกิดการเหี่ยวเฉา Skyrin 27 เป็น Dianthraquinone ที่สร้างขึ้นโดยเชื้อรา *Endothia parasitica* ซึ่งทำให้ความสามารถในการซึมผ่านน้ำของเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงไป

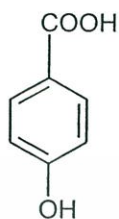


5. ฟีนอลและอนุพันธ์ของกรดเบนโซอิก

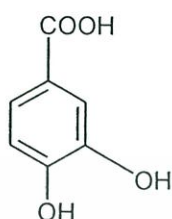
อนุพันธ์ของกรดซินนามิก เป็นสารอัลลิโลพาที่ที่ส่วนใหญ่สร้างขึ้นโดยพืชชั้นสูง สารประกอบฟีนอลิกโดยทั่วไปที่สร้างโดยพืช เช่น Cinnamic acid *o*-Cumaric acid และ *o*-Hydroxycumaric acid สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเมล็ดพืชได้[31] พบว่า 3-Acetal-6-methoxybenzaldehyde ซึ่งเป็นสารพิษที่สร้างขึ้นในใบของ *Encelia farinose* และพบว่า *p*-Hydroxybenzoic acid 28 และ Vanilic acid 5 เป็นอนุพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับอัลลิโลพาที่มากที่สุด[32] พบว่า Caffeic acid 6 และ Ferulic acid 7 ที่แยกได้จากข้าวสาลี (*Fagopyrum esculentum* Moench) สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

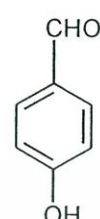
ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ที่ความเข้มข้น 10 ppm[33] พบว่า *p*-Hydroxybenzoic acid **28** และ *p*-Hydroxybenzaldehyde **30** เป็นสารอัลลิโลพาที่หลักที่ปลดปล่อยจากรากของหญ้า banyard ซึ่งเป็น 1 ใน 10 วัชพืชร้ายแรงของโลก



28



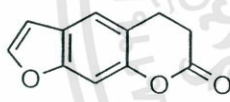
29



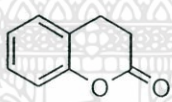
30

6. คูมาลินและฟลาโวนอยด์

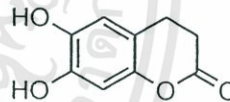
คูมาลิน **8** และฟลาโวนอยด์สามารถพบได้ในทุกส่วนของพืช และหลายชนิดเป็นสารอัลลิโลพาที่ สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชได้ดีกว่ากรดฟีนอลิก พบว่า Esculetin **31** เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าวสาลี และ Furanocoumarin มีผลในการยับยั้งการงอกเช่นเดียวกัน เช่น Psoralen **9** ซึ่งสกัดจาก *Psoralea* มีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกาดหอมที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm[28]



8



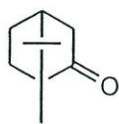
31



9

7. เทอร์ปีนอยด์

เทอร์ปีนอยด์ที่มีคาร์บอน 10 ตัว เป็นส่วนประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยของพืช หลายชนิด มีความเป็นพิษต่อการงอกของเมล็ดพืช พบว่า Camphor **32** และ Camphene **33** ซึ่งเป็นสารระเหยที่พบใน *Salvia leucophylla* *S. apiana* และ *S. mellifera* สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดเรดดิช (radish) [34]



32



33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กลไกการทำงานของสารอัลลีโลพาตี

กลไกการทำลายของสารอัลลีโลพาตี เป็นลำดับหรือขั้นตอนเหตุการณ์ภายหลังจากที่พืชได้รับสารไปแล้ว สารจะเข้าไปทำปฏิกิริยาโดยการยับยั้งหรือทำลายภายในต้นพืช รวมไปถึงบริเวณตำแหน่งหรือจุดทุกจุดที่สารจะแสดงปฏิกิริยาภายในต้นพืชส่งผลทำให้พืชแสดงอาการได้รับพิษและแสดงอาการผิดปกติ และจะตายในเวลาต่อมา ได้มีรายงานการศึกษากลไกการทำลายพืชของสารกำจัดวัชพืชภายหลังจากที่พืชได้รับสารสามารถจำแนกตำแหน่งหรือจุดบริเวณที่สารกำจัดวัชพืชจะแสดงปฏิกิริยาภายในต้นพืชได้ ตามลำดับดังนี้[25]

1. การดูดซึมของสารหรือการเข้าสู่ต้นพืชของสารกำจัดวัชพืช (herbicide absorption หรือ uptake หรือ entry into plants)
2. การเคลื่อนย้ายของสารกำจัดวัชพืชภายในต้นพืช (herbicide movement หรือ translocation in plants)
3. การสลายตัวของสารกำจัดวัชพืชในต้นพืช (metabolism of herbicides)

สารอัลลีโลพาตีที่ถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมมีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทั้งทางตรงและทางอ้อมของพืชที่ได้รับสาร โดยผลทางตรงมีผลต่อกระบวนการต่างๆ ของการเจริญเติบโตและกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช ส่วนทางอ้อมนั้นจะมีผลต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินสภาพของธาตุอาหาร การเปลี่ยนแปลงประชากรและสิ่งมีชีวิตในดิน ทั้งที่เป็นอันตรายและที่เป็นประโยชน์ สารอัลลีโลพาตีจะมีผลต่อปฏิกิริยาการยับยั้งหรือทำลายในกระบวนการทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของพืชได้หลายกระบวนการด้วยกัน ได้แก่

1. ผลต่อการซึมผ่านเยื่อหุ้มออร์แกเนล (effects on organelle membrane permeability) เป็นการเคลื่อนย้ายของสารอัลลีโลพาตี ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและความเข้มข้นของสารอัลลีโลพาตีที่มีความเข้มข้นของสารอัลลีโลพาตีที่มีความแตกต่างกันระหว่างภายในและภายนอกของต้นพืช[35]
2. ผลต่อการแบ่งเซลล์ การเพิ่มจำนวน และการยืดยาวของเซลล์ (effects on division, elongation and proliferation of cells) สารอัลลีโลพาตีสามารถทำลายโครงสร้างภายใน และการพัฒนาการแบ่งเซลล์ในระยะไมโทซิสได้ ก่อให้เกิดความผิดปกติต่อเซลล์และจำนวนของเซลล์ลดลง[35]
3. ผลต่อฮอร์โมน (effects on hormones) สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชมีบทบาทและหน้าที่แตกต่างกันออกไป อาจผลิตขึ้นเองโดยพืชและการสังเคราะห์ทางเคมีขึ้น ผลของสารอัลลีโลพาตี เช่น แทนนิน จะไปลดกิจกรรมของกรดเอซิติคและจิบเบอเรลลิน และยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช[35]
4. ผลต่อระบบเอนไซม์ (effects on enzyme system) เอนไซม์เป็นสารประกอบจำพวกโปรตีนทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งสิ่งมีชีวิตผลิตขึ้นมาเพื่อกระตุ้นปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นภายในสิ่งมีชีวิต สารอัลลีโลพาตีเช่นกรดฟีนอลิกสามารถยับยั้งการยืดยาวของรากแดงกว่า[36]
5. ผลต่อการสังเคราะห์แสง (effects on photosynthesis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ผลต่อการหายใจ (effects on respiration) สารอัลลีโลพาที่เช่น กรด *p*-hydroxybenzoic acid สามารถกระตุ้นปฏิกิริยาแบบลดโคเอนไซม์ I (NADH) ในใบยาสูบได้ และสามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเติมฟอสเฟตออกซิเดชัน และชะลอการขนส่งออกซิเจนโดยอิเล็กตรอนทำให้ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชโดยยับยั้งการหายใจ[37]

7. ผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนและการแสดงออกของยีน (effects on protein synthesis and gene expression) สารอัลลีโลพาที่เช่น กรดคูมาริก กรดเฟูลิก กรดโคโรจินิก และกรดเวอนิลิก จะส่งเสริมการสังเคราะห์โปรตีนที่ความเข้มข้นของกรดเท่ากับ 0.1 ไมโครโมล/ลิตร และเมื่อความเข้มข้นเป็น 1 ไมโครโมล/ลิตร จะค่อยๆแสดงผลการยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนและลูซีน[38]

8. ผลต่อการดูดแร่ธาตุ (effects on mineral uptake) สารอัลลีโลพาที่เช่น กรดฟีนอลิก มีผลในการยับยั้งหรือกระตุ้นการดูดซึมแร่ธาตุอาหาร[39]

9. ผลต่อความสัมพันธ์ของน้ำภายในต้นพืช (effects on internal water relation of plants) พบว่าสารสกัดหลายๆ ชนิดที่มีฤทธิ์ทางอัลลีโลพาที่ มักมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบของสาร ทำให้เกิดการอุดตันในท่อไซเลมในพืชทดสอบ และทำให้สมดุลของน้ำในเซลล์พืชเสียไป ส่งผลกระทบต่อกระบวนการอื่นๆ ของพืชทดสอบ[40]

10. ผลการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนเตรตในดิน (effects on soil nitrification) สารอัลลีโลพาที่เช่น ฟีนอลสามารถยับยั้งกิจกรรมการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนเตรตในดินได้ ทำให้ไนโตรเจนในดินลดลงส่งผลต่อการดูดซึมและการใช้ของพืช[36]

2.5 กำจัดต้น (*Zanthoxylum limonella* Alston)[41]

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Zanthoxylum limonella* (Dennst.) Alston

วงศ์ : Rutaceae

ชื่อพ้อง : *Zanthoxylum budrunga* Wall.

ชื่ออื่น : พริกหอม หมากมาศ มะข่าง มะแจ้น มะแข่วน ลูกระมาศ หมักข่าง

ลักษณะโดยทั่วไป : ไม้ยืนต้น ขนาดกลางถึงใหญ่ ผลัดใบ สูง 12-20 เมตร เปลือกสีขาว 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 ดอกตัวเมียและดอกตัวผู้อยู่บนละต้น กลีบรองดอก 4 กลีบ กลีบดอก 4 กลีบเรียงสลับกับเกสรตัวผู้ 4 อัน เกสรตัวเมีย 1 อัน อยู่เหนือเกสรตัวผู้ ผลรูปรางกลมอ่อน สีเขียว เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 -0.7 เซนติเมตร รสเผ็ดขามาก เมื่อแก่เปลือกเป็นสีน้ำตาลและแตกเห็นเมล็ดสีดำเป็นมัน ออกดอกและผลช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน

นิเวศวิทยาและการแพร่กระจาย : พบขึ้นตามป่าดิบ ในเขตภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้

ประโยชน์ : ด้านสมุนไพร ใช้เป็นยาบำรุงหัวใจ ด้านเป็นอาหาร ผลแก่และเมล็ดใช้เป็นเครื่องเทศ ผสมเครื่องแกงของอาหารพื้นเมืองทางเหนือ

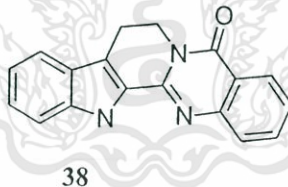
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกำจัดต้นนั้นมักจะกล่าวถึงการสกัดแยกสาร การทดสอบฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ และการปรับปรุงโครงสร้างของแซนโทกซิลิน 1 เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านการอักเสบ

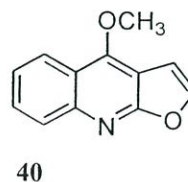
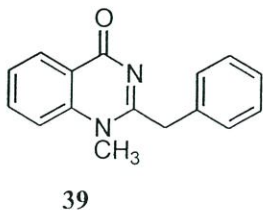
ในปี ค.ศ. 1976 Thappa และคณะ[42] ได้ทำการศึกษาและสกัดน้ำมันหอมระเหยจากผลของ *Zanthoxylum budrangu* พบว่าได้สารชนิดใหม่กลุ่ม monoterpene triol ได้แก่ 1S, 2S, 4S-trihydroxy-p-menthane 36 และ 1S, 2R, 4S-trihydroxy-p-menthane 37



Banerjee และคณะ[43] ได้ทำการศึกษาผลและเมล็ดของ *Zanthoxylum budrangu* พบสารประกอบแอลคาลอยด์คือ Rutaccarpine 38



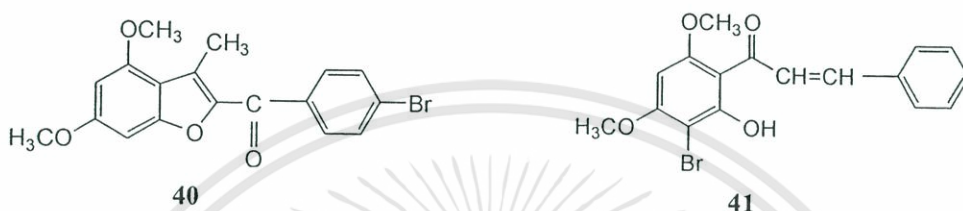
นิจศิริ และคณะ[18] ได้แยกสารประกอบจากผลกำจัดต้น 3 ชนิด และสามารถสกัดแยกแอลคาลอยด์ 2 ชนิดได้แก่ Arborine 39 และ Dictamnine 40 และสามารถแยกแซนโทกซิลิน 1 ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดใหม่สำหรับพืชในวงศ์นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yunes และคณะ[19] ได้ศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของแซนทอกซิลิน 1 ที่แยกได้จากส่วนเปลือกและใบของ *Sebastiania schottiana* พบว่าแซนทอกซิลิน 1 มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา และยีสต์ โดยมีค่า MIC อยู่ระหว่าง 62.5 ถึง 125 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

Yunes และคณะ[44] สังเคราะห์อนุพันธ์ของแซนทอกซิลิน 1 สารอนุพันธ์ 2-(4-benzyloxybenzyloxy)-4, 6-dimethoxyacetophenone 40 และ 1-(3-bromo-4, 6-dimethoxy-2-hydroxyphenyl)-3-phenyl)-2-peopene-1-one 41 ออกฤทธิ์ต้านอักเสบและบรรเทาความเจ็บปวด



พัชนี และคณะ[45] ได้ทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดของผลกำจัดต้นด้วยตัวทำลายอินทรีย์ 3 ชนิด พบว่า สารสกัดชั้นคลอโรฟอร์มมีฤทธิ์ในการเชื่อมาลาเรีย (*Plasmodium falciparum*) และต้านเชื้อวัณโรค (*Mycobacterium tuberculosis*)

สำหรับงานทางด้านอัลลีโลพาตีของผลกำจัดต้นเริ่มต้นจาก จรัลและคณะ [1,2] ได้ศึกษาผลของสารสกัดจากผลกำจัดต้นด้วยน้ำพบว่า สารสกัดของผลกำจัดต้นด้วยน้ำอัตราส่วน 1:10 (น้ำหนักแห้ง : ปริมาตร) สามารถยับยั้งการงอกของผักกาดหัวและผักกวางตุ้งได้อย่างสมบูรณ์ และเมื่อสกัดสารจากผลกำจัดต้นด้วยตัวทำลายอินทรีย์ 3 ชนิด พบว่า สารสกัดของผลกำจัดต้นด้วยคลอโรฟอร์มสามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดผักกาดหัว และผักกวางตุ้งได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะเมื่อใช้ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น

พัชนี และคณะ[20] แยกสารสำคัญจากผลกำจัดต้นคือแซนทอกซิลิน 1 และเมื่อนำมาทดสอบฤทธิ์ทางอัลลีโลพาตี พบว่าแซนทอกซิลิน 1 สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ 2 ชนิดได้แก่ ผักโขมสวน และผักกาดหัว ได้อย่างสมบูรณ์ที่ระดับความเข้มข้น 3,000 ppm สีสักดี และคณะ[21] ได้ทดสอบแซนทอกซิลินต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวและหญ้าข้าวนก โดยวิธี Water Culture Test พบว่าแซนทอกซิลิน 1 ไม่มีผลต่อการงอกของข้าว สำหรับหญ้าข้าวนกพบว่าการใช้แซนทอกซิลิน 1 ที่ระดับความเข้มข้น 800 ppm มีผลในการยับยั้งการงอกของเมล็ดหญ้าข้าวนกได้ 78.59 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน กล่าวโดยสรุปดังนี้

การทดลองที่ 1 การแยกแซนทอกซิลิน 1 จากผลกำจัดต้น

1.1 การเตรียมสารสกัดหยาบจากเมล็ดกำจัดต้นแห้ง นำผลกำจัดต้นแห้งมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด ชั่งน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ลดการปะปนของสารที่มีขั้วต่ำ เช่น ไขมันหรือแว็กซ์กับแซนทอกซิลิน 1 เพื่อความสะดวกในการแยกแซนทอกซิลิน 1 ด้วยเทคนิคทางโครมาโทกราฟี จะแช่ผลกำจัดต้นละเอียดในตัวทำละลายเฮกเซน โดยใช้ปริมาตรตัวทำละลาย 2.5 ลิตร เช่นในภาชนะปิด ทำการคนทุกวันเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มากรองผ่านผ้าขาวบาง และกระดาษกรองเบอร์ 1 ตามลำดับ แยกกากและสารสกัดเฮกเซน จากนั้นนำกากผลกำจัดต้นไปแช่ในตัวทำละลายเอทิลเอซิเตด ปริมาตร 2.5 ลิตร เป็นเวลา 7 วันเช่นกัน นำสารสกัดเอทิลเอซิเตดมาระเหยตัวทำละลายออกจนแห้งสนิทด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จะได้สารสกัดหยาบเอทิลเอซิเตด

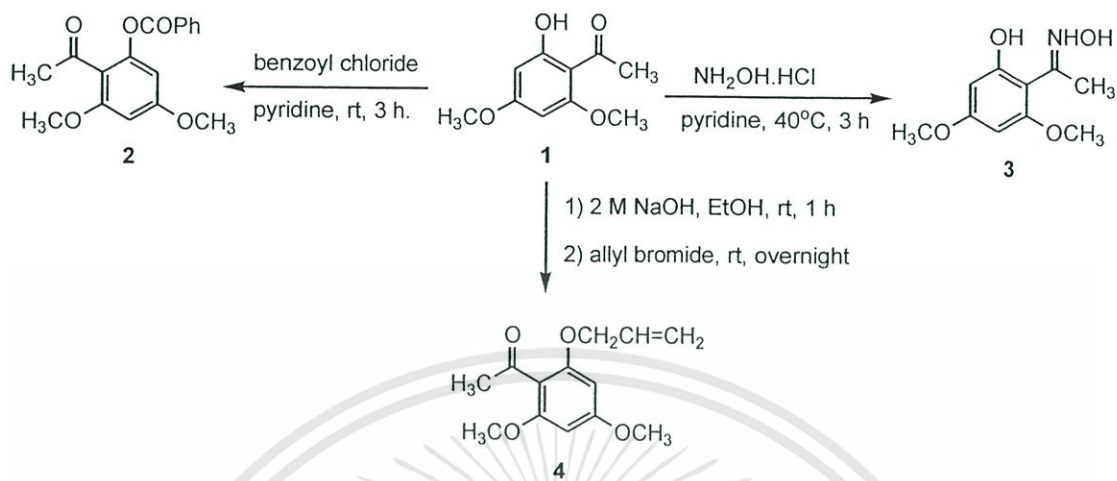
1.2 การแยกแซนทอกซิลินจากผลกำจัดต้น นำสารสกัดหยาบเอทิลเอซิเตดมาแยกแซนทอกซิลิน 1 ให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี แซนทอกซิลิน 1 ถูกชะออกจากคอลัมน์ในอัตราส่วนระหว่างเฮกเซนและเอทิลเอซิเตด เท่ากับ 98 : 2 โดยทดสอบด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี พบแซนทอกซิลิน 1 ดูดกลืนแสง UV ที่ความยาวคลื่น (λ) 254 นาโนเมตร และเมื่อทดสอบด้วย anisaldehyde reagent จะให้สีเป็นจุดสีส้ม ยืนยันโครงสร้างของแซนทอกซิลิน 1 ด้วยเทคนิค ^1H NMR สเปกโทรสโกปี และเปรียบเทียบข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง[46]

การทดลองที่ 2 การเตรียมอนุพันธ์จากแซนทอกซิลิน

โครงสร้างของแซนทอกซิลิน 1 เป็นสารฟีนอลิกที่มีหมู่ฟังก์ชันเกาะบนวงแหวนเอโรมาติก หมู่ฟังก์ชันหลักของแซนทอกซิลิน 1 ได้แก่ หมู่ไฮดรอกซิล หมู่คีโต และหมู่เมทอกซี ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันที่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้าง การสังเคราะห์ทำโดยที่หมู่ไฮดรอกซิลสามารถเปลี่ยนเป็นหมู่อีเทอร์โดยการทำปฏิกิริยาระหว่างแซนทอกซิลิน 1 กับแอลคิลโบรไมด์ได้สารผลิตภัณฑ์คือ สาร 4 และเปลี่ยนเป็นหมู่เอสเทอร์โดยการทำปฏิกิริยากับเบนโซอิล คลอไรด์ ได้สารผลิตภัณฑ์คือ สาร 2 และเพื่อให้มีหมู่ฟังก์ชันที่มีความซับซ้อนขึ้นทำการเปลี่ยนหมู่คีโตของแซนทอกซิลินให้เป็นหมู่ออกซิมโดยการทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซิลามีน ไฮโดรเจนคลอไรด์ ได้สารผลิตภัณฑ์ 3 ซึ่งมีขั้วสูงกว่าแซนทอกซิลิน ทั้งเพื่อช่วยในการละลายในน้ำได้มากขึ้นจะทำให้พืชทดสอบดูดซึมสารได้มากขึ้น แนวความคิดของการวิจัยแสดงในภาพที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.1

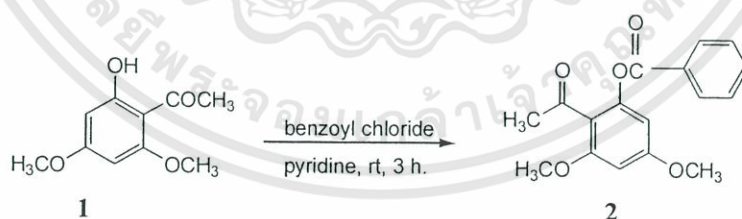


หมู่ไฮดรอกซิลของแซนโทกซิลิน 1 สามารถเปลี่ยนเป็นหมู่เอสเตอร์โดยการทำปฏิกิริยาระหว่างแซนโทกซิลินกับแอลคิลโบรไมด์ได้สารผลิตภัณฑ์คือ สาร 4 และเปลี่ยนเป็นหมู่เอสเทอร์โดยการทำปฏิกิริยากับเบนโซอิลคลอไรด์ ได้สารผลิตภัณฑ์คือ สาร 2 และเพื่อให้มีหมู่ฟังก์ชันที่มีความซับซ้อนทำการเปลี่ยนหมู่คีโตนของแซนโทกซิลินให้เป็นหมู่ออกซิม โดยการทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซาลมีน ไฮโดรเจนคลอไรด์ ได้สาร 3 ซึ่งมีขั้วสูงกว่าแซนโทกซิลิน ทั้งเพื่อช่วยในการละลายในน้ำได้มากขึ้นจะทำให้พืชทดสอบรับสารได้มากขึ้น

2.1 การสังเคราะห์อนุพันธ์ของแซนโทกซิลินโดยทำการเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่เอสเทอร์

การสังเคราะห์สาร 2-Benzoyloxy-4, 6-dimethoxyacetophenone 2

แผนภาพที่ 2



1. ชั่งแซนโทกซิลิน 1 227.4 มิลลิกรัม (1.16 มิลลิโมล) ลงในขวดก้นกลมขนาด 50 มิลลิลิตร ละลายด้วยไพรีดีน 5 มิลลิลิตร ทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที

2. เติมเบนโซอิล คลอไรด์ 0.1049 มิลลิลิตร (1.16 มิลลิโมล) ลงในขวดก้นกลมจากข้อ 1 ที่อุณหภูมิห้อง และทำการปั่นกวนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

3. ทดสอบการดำเนินของปฏิกิริยาโดยใช้เทคนิคทีนเลเซอร์โครมาโทกราฟี เปรียบเทียบกับสารตั้งต้น ในระบบตัวทำละลายของเฮกเซนผสมกับเอทิลเอซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หลังจากปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์แล้ว เทน้ำปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในของผสม สกัดแยกสารผลิตภัณฑ์ด้วยเอทิลเอซิเตต (2x10 มิลลิลิตร)

5. สกัดล้างชั้นเอทิลเอซิเตต ด้วยสารละลาย 2M โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 มิลลิลิตร

6. กำจัดน้ำออกจากชั้นเอทิลเอซิเตตด้วยโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ จากนั้นกรองแยกโซเดียมซัลเฟต และระเหยเอทิลเอซิเตตด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ

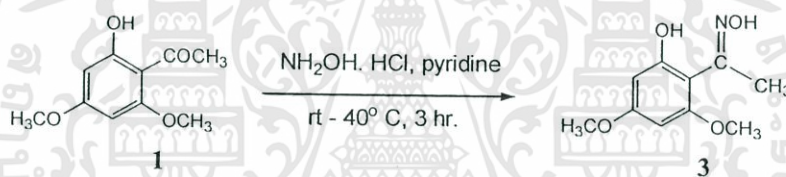
7. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี ระบบของตัวชะสารคือ เฮกเซนผสมกับเอทิลเอซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 92 : 8 ได้สารผลิตภัณฑ์ 2 237.3 มิลลิกรัม (68.17 เปอร์เซ็นต์) มีค่า R_f เท่ากับ 0.20

8. ทำการตรวจสอบโครงสร้างสารผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี

2.2 การสังเคราะห์อนุพันธ์ของแซนทอกซิลินโดยทำการเปลี่ยนหมู่คีโตนเป็นหมู่ออกซิม

การสังเคราะห์สาร 1-(2-hydroxy-4, 6-dimethoxyphenyl)Ethanone oxime 3

แผนภาพที่ 3



1. ชั่งแซนทอกซิลิน 1 201.3 มิลลิกรัม (1.02 มิลลิโมล) ลงในขวดก้นกลมขนาด 50 มิลลิลิตร ละลายด้วยไพรีดีน 3 มิลลิลิตร ทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที

2. ชั่งไฮดรอกซิลามีน ไฮโดรเจนคลอไรด์ 149.8 มิลลิกรัม (1.53 มิลลิโมล) ใส่ลงในสารละลายข้อ 1 ทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิปั่นกวนที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชม.

3. ทดสอบการดำเนินของปฏิกิริยาโดยใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี โดยเปรียบเทียบกับสารตั้งต้น ในระบบตัวทำละลายของเฮกเซนผสมกับเอทิลเอซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2

4. หลังจากปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์แล้ว นำสารละลายที่ได้ไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศเพื่อระเหยไพรีดีนออก

5. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี ระบบของตัวชะสารคือ เฮกเซนต่อเอทิลเอซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 95: 5 ได้สารผลิตภัณฑ์ 3 86.0 มิลลิกรัม (39.63 เปอร์เซ็นต์) มีค่า R_f เท่ากับ 0.35

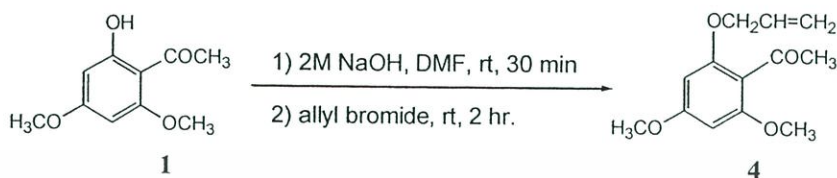
6. ทำการตรวจสอบโครงสร้างสารผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การสังเคราะห์อนุพันธ์ของแซนทอกซิลินโดยการเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่อีเทอร์

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

แผนภาพที่ 4



1. ชั่งแซนทอกซิลิน 1 242.3 มิลลิกรัม (1.24 มิลลิโมล) ลงในขวดก้นกลมขนาด 50 มิลลิลิตร ละลายด้วยไดเมทิลฟอร์มาไมด์ 10 มิลลิลิตร ทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที
2. เติมน้ำละลาย 2 M โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 มิลลิลิตร ลงในสารละลายข้อ 1 ทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที
3. เติมแอลลิล โบรไมด์ 0.3 มิลลิลิตร (3.54 มิลลิโมล) ทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
3. ทดสอบการดำเนินของปฏิกิริยาโดยใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี โดยเปรียบเทียบกับสารตั้งต้นในระบบตัวทำละลายของเฮกเซนผสมกับเอทิลเอซิเตด อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2
5. หลังจากปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์แล้ว เทสารละลายลงในน้ำปริมาตร 10 มิลลิลิตร สกัดแยกสารผลิตภัณฑ์ด้วยเอทิลเอซิเตด (2x10 มิลลิลิตร)
6. สกัดล้างชั้นเอทิลเอซิเตด ด้วยสารละลาย 10% กรดไฮโดรคลอริก
7. กำจัดน้ำออกจากชั้นเอทิลเอซิเตดด้วยโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ จากนั้นกรองแยกโซเดียมซัลเฟต แล้วระเหยเอทิลเอซิเตด ด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ
8. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคกลอมน์โครมาโทกราฟี ระบบของตัวชะสารคือ เฮกเซนต่อเอทิลเอซิเตด อัตราส่วนเท่ากับ 97 : 3 ได้สารผลิตภัณฑ์ 4 141.6 มิลลิกรัม (48.53 เปอร์เซ็นต์) มีค่า R_f เท่ากับ 0.20
9. ทำการตรวจสอบโครงสร้างสารผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปี

การทดลองที่ 3 การทดสอบฤทธิ์ของแซนทอกซิลิน 1 และอนุพันธ์ ที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบด้วยวิธี Vial Test[7]

การเตรียมสารละลายแซนทอกซิลิน 1 ในเอทิลเอซิเตด โดยการเตรียมจากสารละลายแซนทอกซิลินตั้งต้น (Stock solution) โดยให้ความเข้มข้นของแซนทอกซิลิน 1 เท่ากับ 1000 ppm จากนั้นเจือจางให้มีความเข้มข้นของแซนทอกซิลิน 1 เป็น 500 250 และ 125 ppm โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ ปิเปิดสารละลายในแต่ละความเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตร ลงในขวดเพาะเมล็ดขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ที่รองด้วยกระดาษเพาะเมล็ดปล่อยให้เอทิลเอซิเตระเหยออกจนสมบูรณ์ ประมาณ 3 ชั่วโมง จากนั้นเติมน้ำกลั่น 0.5 มิลลิลิตร วางเมล็ดพืชทดสอบ ได้แก่ หนุ่ยข้าวนก และผักโขมจีน จำนวน 10 เมล็ดต่อขวด ปิดปากขวดด้วยพาราฟิล์ม วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง

การวางแผนการทดลอง การบันทึกผล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในแต่ละพืชทดสอบใช้แผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ โดยนับจำนวนการงอกของเมล็ด วัดความยาวต้นและความยาวรากที่ 7 วันหลังทำการเพาะเมล็ด โดยกำหนดให้เมล็ดที่มีแรดิคัล (radical) งอกพ้นออกมายาว 2 มิลลิเมตร เป็นเมล็ดที่งอก นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 4 ศึกษากลไกการทำลายวัชพืชของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์

การทดลองที่ 4.1 การทดสอบผลของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ต่อการดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบ (water uptake)

4.1.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิธีการทดลองละ 4 ซ้ำ ดังนี้

1. น้ำกลั่น (วิธีการเปรียบเทียบ)
2. สารละลายแซนโทกซิลิน 1 ที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 250 ppm
3. สารละลายแซนโทกซิลิน 1 ที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 500 ppm
4. สารละลายแซนโทกซิลิน 1 ที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 1000 ppm
5. สารละลายแซนโทกซิลิน 1 ที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 2000 ppm

4.1.2 การเตรียมสารละลาย

ทำการเตรียมแซนโทกซิลิน 1 ให้มีความเข้มข้น 2000 ppm จะได้สารตั้งต้น (stock solution) และทำการเจือจางสารตั้งต้นให้ได้ความเข้มข้น ตามกรรมวิธีข้างต้น

4.1.3 การเตรียมเมล็ดวัชพืชทดสอบ

เมล็ดวัชพืชทดสอบที่ใช้ คือ หนุ่ยข้าวนกทำการชุบเมล็ดหนุ่ยข้าวนกด้วยกระดาษทราย เพื่อให้เปลือกหุ้มเมล็ดบางลงสามารถดูดน้ำได้สม่ำเสมอทุกเมล็ด

4.1.4 การทดสอบผลต่อการดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบ

ทำการเลือกเมล็ดหนุ่ยข้าวนก ที่เตรียมไว้โดยเลือกเมล็ดที่มีความสม่ำเสมอ จำนวน 80 เมล็ด และ ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น แล้วนำเมล็ดไปแช่ในสารละลายแซนโทกซิลิน 1 ที่เตรียมไว้ ที่ความเข้มข้น

ต่างๆ กัน ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ในจานทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร โดยหุ้เข้าวนกแซ่ เป็นระยะเวลา 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องโดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม เมื่อแซ่ครบตาม เวลาที่กำหนด นำเมล็ดมาซบให้แห้งด้วยกระดาษกรอง (Whatman No.1) นาน 30 วินาที จากนั้นซ้ง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (น้ำหนักหลังแซ่) โดยคำนวณเป็น เปอร์เซนต์ water uptake[47]

$$\% \text{ water uptake} = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

4.1.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำข้อมูล % water uptake มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Studentized Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การทดลองที่ 4.2 การทดสอบผลของแซนทอกซิลิน 1 และอนุพันธ์ต่อการยับยั้งกิจกรรมของ เอนไซม์อะไมเลส (amylase) ในเมล็ดพืชทดสอบ

4.2.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิธีการทดลองละ 4 ซ้า ดังนี้

1. น้ำกลั่น (วิธีการเปรียบเทียบ)
2. สารละลายแซนทอกซิลิน 1 ที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 250 ppm
3. สารละลายแซนทอกซิลิน 1 ที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 500 ppm
4. สารละลายแซนทอกซิลิน 1 ที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 1000 ppm
5. สารละลายแซนทอกซิลิน 1 ที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 2000 ppm

4.2.2 การเตรียมสารละลาย

ทำการเตรียมสารละลายเหมือนการทดลองที่ 4.1.2

4.2.3 การเตรียมเมล็ดพืชทดสอบ

เมล็ดพืชทดสอบที่ใช้ คือ หุ้เข้าวนกแซ่ ทำการซุดเมล็ดหุ้เข้าวนกแซ่ด้วยกระดาษทรายเพื่อ ช่วยให้เปลือกหุ้มเมล็ดบางลงสามารถซูดน้ำได้สม่าเสมอทุกเมล็ด

4.2.4 การทดสอบผลต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส (amylase) ในเมล็ดพืชทดสอบ

นำเมล็ดหุ้เข้าวนกแซ่ ที่เตรียมไว้โดยเลือกเมล็ดที่มีความสม่าเสมอกันจำนวน 80 เมล็ด ซ้ง น้ำหนักเริ่มต้น แล้วนำเมล็ดไปแซ่ในสารละลายแซนทอกซิลิน 1 ที่เตรียมไว้ ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน

ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ในจานทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร นาน 0, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องโดยใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการควบคุม เมื่อแช่ครบตามเวลาที่กำหนด นำเมล็ดมาซบให้แห้งด้วยกระดาษกรอง (Whatman No.1) นาน 30 วินาที จากนั้นนำไปเมล็ดไปสกัดด้วยแคลเซียมคลอไรด์ (แช่เย็น) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร แล้วทำการบดให้ละเอียด จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 5000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที จะได้สารละลายในรูปของเหลวใสซึ่งแยกชั้นกับกากตะกอนของเมล็ดพืชทดสอบ คุณภาพของเหลวใส 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร และตามด้วยสารละลายแป้ง 0.1 % ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นใส่ dinitrosalicylic acid reagent 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มเป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบกำหนดแล้วให้นำมาล้างผ่านน้ำจากนั้นให้ปรับปริมาตรให้ได้ 7 มิลลิลิตร โดยการเติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร [48] จากนั้นให้นำค่าที่วัดได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของอะไมเลส โดยใช้สูตร

$$X = (Y + 0.019) / 0.0027$$

โดยกำหนดให้ X = ความเข้มข้นของอะไมเลส
Y = ค่าการดูดกลืนแสง

จากนั้นให้นำค่าความเข้มข้นของอะไมเลส (X) ไปคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส โดยใช้สูตร

$$\text{amylase } (\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})) = \frac{X \times V}{T \times \text{g}(\text{Fw}) \times M(\text{maltose}) \times 0.125}$$

โดยกำหนดให้ X = ความเข้มข้นของอะไมเลส
V = ปริมาตรสุดท้าย
T = เวลาที่ใช้ในการบ่ม
g (Fw) = น้ำหนักของเมล็ด
M (maltose) = มวลโมเลกุลของ maltose

4.2.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

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

การทดลองที่ 4.3 การทดสอบผลของแซนทอกซิลิน 1 และอนุพันธ์ต่อการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์ของพืชทดสอบ

4.3.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิธีการทดลองละ 4 ซ้ำ ดังนี้

1. น้ำกลั่น (วิธีการเปรียบเทียบ)
2. สารละลายแซนทอกซิลิน 1 ที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 250 ppm
3. สารละลายแซนทอกซิลิน 1 ที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 500 ppm
4. สารละลายแซนทอกซิลิน 1 ที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 1000 ppm
5. สารละลายแซนทอกซิลิน 1 ที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 2000 ppm

4.2.2 การเตรียมสารละลาย

ทำการเตรียมสารละลายเหมือนการทดลองที่ 4.1.2

4.2.3 การเตรียมคลอโรพลาสต์จากใบพืช

นำใบหญ้าขน (*Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf) ที่สมบูรณ์ มาล้างในน้ำเย็นให้สะอาด ตัดส่วนของก้านใบและเส้นกลางใบที่มีขนาดใหญ่ออก ชั่งน้ำหนัก 45 กรัม นำมาหั่นให้มีขนาดเล็ก ใส่ลงในโถงเติมสารละลายสำหรับสกัดคลอโรพลาสต์ (Tris-sucrose buffer; Tris 10 mM; 0.3 M sucrose ปรับค่า pH 7.8) จำนวน 100 มิลลิลิตร บดใบหญ้าขนเพื่อทำให้เซลล์แตก นำไปกรองผ่านผ้าขาวบาง 8 ชั้น นำสารละลายที่กรองได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ทิ้งสารละลายส่วนบน ละลายส่วนที่เป็นตะกอน (pellet) ด้วยสารละลายสำหรับสกัดคลอโรพลาสต์ นำแช่เย็นเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

4.2.4 การศึกษาการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง

นำคลอโรพลาสต์ที่เตรียมได้จากใบหญ้าขน มาศึกษาการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยเติมแซนทอกซิลิน 1 หรือสารอนุพันธ์ต่างๆ ในสารละลายสำหรับศึกษาการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง และให้ 2,6-dichlorophenolindolphenol (DCIP) เป็นตัวรับอิเล็กตรอน สารละลายสำหรับศึกษาการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง ประกอบด้วย Tris-sucrose buffer (pH 7.8), DCIP เข้มข้น 4×10^{-4} M และสารละลายคลอโรพลาสต์จากใบหญ้าขน นำไปปรับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความเข้มแสง $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ เป็นเวลา 10 นาที และนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่นแสง 600 นาโนเมตร

ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ นำค่าที่ได้ไปคำนวณเพื่อดูผลของเซนทอกซิดิน 1 หรือสารอนุพันธ์ ที่มีต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน โดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม (% of control)



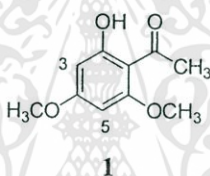
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การแยกแชนทอกซิดิน 1 จากผลกำจัดต้นแห้ง

นำสารสกัดหยาบชั้นเอทิลแอลกอฮอล์ (80 กรัม) แยกแชนทอกซิดิน 1 ด้วยเทคนิคคอลลัมน์โครมาโทกราฟี ได้เท่ากับ 15.66 กรัม ผลร้อยละคิดเป็น 12.52 แชนทอกซิดิน 1 มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว เมื่อตรวจสอบด้วยวิธีทีนเลเยอร์โครมาโทกราฟีโดยใช้ระบบตัวทำละลายเฮกเซนต่อเอทิลแอลกอฮอล์ เท่ากับ 98 : 2 พบแชนทอกซิดินดูดกลืนแสง UV ที่ความยาวคลื่น (λ) 254 นาโนเมตร และเมื่อทดสอบด้วย anisaldehyde reagent พบเป็นจุดสีส้ม จุดหลอมเหลวเท่ากับ 196 องศาเซลเซียส ตรวจสอบและยืนยันโครงสร้างของแชนทอกซิดินด้วยเทคนิค ^1H NMR สเปกโทรสโกปีและเปรียบเทียบข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง[46]



พบว่า ^1H NMR (CDCl_3 ; 300 MHz) δ 2.59 (s, 3H, COCH_3), 3.80 (s, 3H, OCH_3), 3.84 (s, 3H, 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)

4.2 การเตรียมสารอนุพันธ์ของแชนทอกซิดิน 1

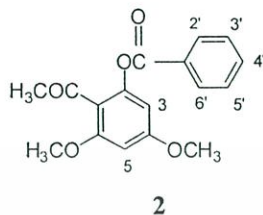
การปรับเปลี่ยนโครงสร้างของแชนทอกซิดิน 1 โดยการเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่เอสเตอร์และอีเทอร์โดยการเปลี่ยนเป็นหมู่แอลิล และเปลี่ยนหมู่คาร์บอนิลเป็นหมู่ออกซิม สารอนุพันธ์ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่

1. 2-benzoyl-4,6-dimethoxyacetophenone 2
2. 1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)ethanone oxime 3
3. 1-(2-allyloxy-4, 6-dimethoxyphenyl)ethanone 4

4.2.2 การวิเคราะห์สูตรโครงสร้างอนุพันธ์ของแชนทอกซิดิน 1

4.2.2.1 อนุพันธ์ 2-benzoyl-4, 6-dimethoxyacetophenone 2

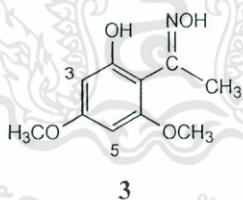
สังเคราะห์สาร 2 จากการทำปฏิกิริยากันระหว่างแซนทอกซิลินกับเบนโซอิล คลอไรด์ใช้ไพรีดีน เป็นตัวทำละลาย ได้สารผลิตภัณฑ์เป็นของแข็งสีขาว ผลได้ร้อยละคิดเป็น 68.17 มีค่า R_f เท่ากับ 0.20 (เฮกเซน : เอทิลแอกซิเตด อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2) จุดหลอมเหลวเท่ากับ 87-88 องศาเซลเซียส



พบว่า $^1\text{H NMR}$ (CDCl_3 ; 300 MHz) δ 2.47 (s, 3H, COCH_3), 3.82 (s, 3H, OCH_3), 3.86 (s, 3H, 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'); IR (neat) V cm^{-1} : 1738 (C=O) 1580 1452 (C=C) และ 1106 (C-O); TOF-MS: $m/z = M^+$ 301.1070 (100%) และ 197.0798 (50%)

4.2.2.2 อนุพันธ์ 1-(2-hydroxy-4, 6-dimethoxyphenyl)Ethanone oxime 3

สังเคราะห์สาร 3 จากการทำปฏิกิริยากันระหว่างแซนทอกซิลินกับไฮดรอกซีลามีน ไฮโดรคลอไรด์ โดยใช้ไพรีดีนเป็นตัวทำละลาย ได้สารผลิตภัณฑ์เป็นของแข็ง ผลได้ร้อยละคิดเป็น 39.63 มีค่า R_f เท่ากับ 0.35 (เฮกเซน : เอทิลแอกซิเตด อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2) จุดหลอมเหลวเท่ากับ 105-107 องศาเซลเซียส

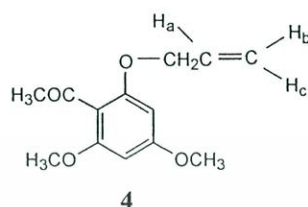


พบว่า $^1\text{H NMR}$ (CDCl_3 ; 300 MHz) δ 2.32 (s, 3H, CH_3), 3.78 (2s, 3H, OCH_3), 6.02 (d, 1H, H-3, $J = 2$ Hz), 6.15 (d, 1H, $J = 2$ Hz, H-5) และ 7.26 (1H, br., -NOH); IR (neat) V cm^{-1} : 3306 (-OH stretch) 1621 (C=N stretch) 1578 1429 (C=C) และ 1103 (C-O); TOF-MS: $m/z = M^+$ 212.0908 (100%) และ 194.0806 (25%)

4.2.2.3 อนุพันธ์ 1-(2-allyloxy-4,6-dimethoxyphenyl)Ethanone 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเคราะห์สาร 4 จากการทำปฏิกิริยากันระหว่างแซนทอกซิลินกับแอลลิล โบรไมด์ โดยใช้ไดเมทิลฟอร์มาไมด์เป็นตัวทำละลาย ได้สารผลิตภัณฑ์เป็นของเหลวสีเหลืองอ่อนคล้ายน้ำมัน ผลได้ร้อยละคิดเป็น 48.53 มีค่า R_f เท่ากับ 0.20 (เฮกเซน : เอทิลเอซิเตต อัตราส่วนเท่ากับ 8 : 2)



พบว่า $^1\text{H NMR}$ (CDCl_3 ; 300 MHz) δ 2.47 (s, 3H, COCH_3), 3.78 (s, 3H, OCH_3), 3.80 (s, 3H, OCH_3), 6.11 (dd, 2H, H-3,H-5 $J = 2$ Hz), 6.09 (m, 1H, H_a), 4.52 (d, 2H, CH_2), 5.25 (d, 1H, H_b , $J_{\text{HaHb}} = 10$ Hz) และ 5.37 (d, 1H, H_c , $J_{\text{HaHc}} = 18$ Hz); IR (neat) V cm^{-1} : 1695 (C=C) 1492 (C=C aromatic) และ 1248 (C-O); EI-MS: $m/z = M^+$ 236.1(100%) และ 194.2 (14.1%)

4.3 การทดสอบฤทธิ์ของแซนทอกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 2-4 ที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบด้วยวิธี Vial Test

การทดสอบฤทธิ์ของแซนทอกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 2-4 ที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบได้แก่ ผักโขมจีนและหญ้าข้าวนก สำหรับอนุพันธ์ 2-4 จะทดสอบกับผักโขมจีน สรุปได้ดังต่อไปนี้

4.3.1 ผลของแซนทอกซิลิน 1 ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมจีน

จากการทดลองพบว่า แซนทอกซิลิน 1 ที่ระดับความเข้มข้น 125-1000 ppm มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของเมล็ด ความยาวต้นและรากของผักโขมจีนที่ 7 วันหลังทำการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 1000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดผักโขมสวนได้อย่างสมบูรณ์ และที่ระดับความเข้มข้น 125 และ 250 ppm สามารถยับยั้งการงอกได้ 54.49 และ 92.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะในน้ำกลั่น

ผลการยับยั้งความยาวต้นพบว่า แซนทอกซิลิน 1 ที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 1000 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นของผักโขมจีนได้อย่างสมบูรณ์ และที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm ยับยั้งความยาวต้นได้ 82.47 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะในน้ำกลั่น

ผลการยับยั้งความยาวรากพบว่า แซนทอกซิลิน 1 ที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 1000 ppm สามารถยับยั้งความยาวรากของผักโขมจีนได้อย่างสมบูรณ์ และที่ระดับความเข้มข้น 125 และ 250 ppm ยับยั้งความยาวรากได้ 49.34 และ 93.44 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะในน้ำกลั่น

4.3.2 ผลของแชนทอกซิลิน 1 ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนก

จากการทดลองพบว่า แชนทอกซิลิน 1 ที่ระดับความเข้มข้น 31.25-1000 ppm มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของเมล็ด ความยาวต้นและรากของหญ้าข้าวนกที่ 7 วันหลังทำการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 1000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดหญ้าข้าวนกได้ 43.59 และ 46.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะในน้ำกลั่น

ผลการยับยั้งความยาวต้นพบว่า แชนทอกซิลิน 1 ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นของหญ้าข้าวนกได้ 73.56 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 250 ppm ยับยั้งความยาวต้นได้ 71.56 และ 70.36 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 125 ppm ยับยั้งความยาวต้นได้ 64.48 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะในน้ำกลั่น

ผลการยับยั้งความยาวรากพบว่า แชนทอกซิลิน 1 ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm สามารถยับยั้งความยาวรากของหญ้าข้าวนกได้ 90.90 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 250 ppm ยับยั้งความยาวรากได้ 87.68 และ 85.48 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 125 ppm ยับยั้งความยาวรากได้ 62.17 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะในน้ำกลั่น

4.3.3 ผลของ 2-Benzoyl-4, 6-dimethoxyacetophenone 2 ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของ

ผักโขมจีน

จากการทดลองพบว่า สาร 2 ที่ระดับความเข้มข้น 31.25-1000 ppm มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของเมล็ด ความยาวต้นและรากของผักโขมจีนที่ 7 วันหลังทำการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm สาร 2 สามารถยับยั้งการงอกของผักโขมจีนได้ 28.10 เปอร์เซ็นต์

ผลการยับยั้งความยาวต้นพบว่า สาร 2 ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นของผักโขมจีนได้ 66.60 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 250 ppm ยับยั้งความยาวต้นได้ 56.71 และ 55.90 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 125 ppm ยับยั้งความยาวต้นได้ 55.71 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะในน้ำกลั่น

ผลการยับยั้งความยาวรากพบว่าสาร 2 ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm สามารถยับยั้งความยาวรากของผักโขมจีนได้ 75.88 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 250 ppm ยับยั้งความยาวต้นได้ 68.11 และ 56.60 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับความเข้มข้น 125 ppm ยับยั้งความยาวต้นได้ 52.37 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะในน้ำกลั่น

4.3.4 ผลของ 1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)Ethanone oxime 3 ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมจีน

จากการทดลองพบว่า สาร 3 ที่ระดับความเข้มข้น 500-1000 ppm มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของเมล็ด ความยาวต้นและรากของผักโขมจีนที่ 7 วันหลังทำการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 1000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดผักโขมจีนได้อย่างสมบูรณ์

ผลการยับยั้งความยาวต้นพบว่า สาร 3 ที่ระดับความเข้มข้น 500-1000 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นและรากของผักโขมจีนได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะในน้ำกลั่น

4.3.5 ผลของ 1-(2-allyloxy-4, 6-dimethoxyphenyl)Ethanone 4 ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมจีน

จากการทดลองพบว่า สาร 4 ที่ระดับความเข้มข้น 500-1000 ppm มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของเมล็ด ความยาวต้นและรากของผักโขมจีนที่ 7 วันหลังทำการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 1000 ppm สาร 4 สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดผักโขมจีนได้อย่างสมบูรณ์ และที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดผักโขมจีนได้ 87.10 เปอร์เซ็นต์

ผลการยับยั้งความยาวต้นพบว่า สาร 4 ที่ระดับความเข้มข้น 500-1000 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นของผักโขมจีนได้อย่างสมบูรณ์ ที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 125 ppm สามารถยับยั้งความยาวต้นได้ 71.5 และ 40.4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะในน้ำกลั่น

ผลการยับยั้งความยาวรากพบว่า สาร 4 ที่ระดับความเข้มข้น 500-1000 ppm สามารถยับยั้งความยาวรากของผักโขมจีนได้อย่างสมบูรณ์ และที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 125 ppm ยับยั้งความยาวรากได้ 77.4 และ 50.8 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะในน้ำกลั่น

4.4 การศึกษาผลของการทำลายวัชพืชของแซนทอกซิลิน 1 และอนุพันธ์

จากผลการทดลองการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบได้แก่ ผักโขมจีนพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm 2-benzoyl-4, 6-dimethoxyacetophenone 2 มีผลต่อการงอกของผักโขมจีน 28.10 เปอร์เซ็นต์ และมีผลต่อการเจริญเติบโตโดยสามารถยับยั้งความยาวต้น 66.60 เปอร์เซ็นต์และยับยั้งความยาวราก 75.88 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าสาร 2 มีผลต่อพืชทดสอบน้อยกว่าสาร 3 และ 4 เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน เพราะฉะนั้นการศึกษากลไกการทำลายวัชพืชจะเลือกทดสอบเฉพาะสาร 3 และ 4 เท่านั้น

4.4.1 การศึกษาผลของแชนทอกซิลิน 1 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบ

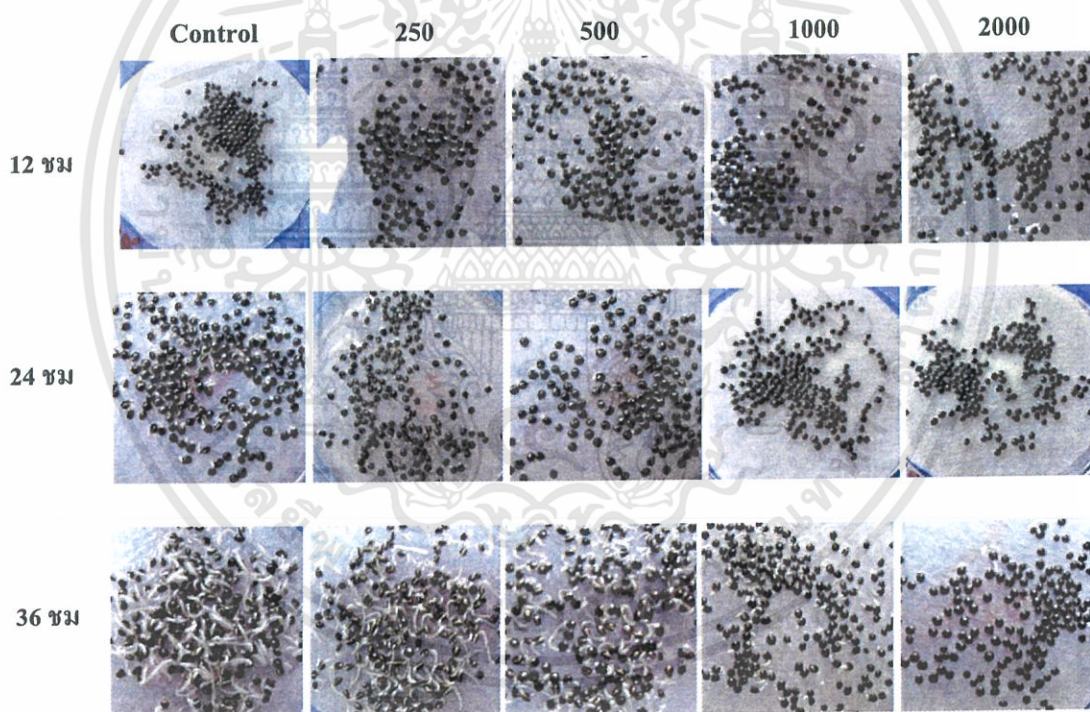
ผักโขมจีน

ผลการทดสอบฤทธิ์ของแชนทอกซิลิน 1 ที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm ทดสอบที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง ต่อการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีน พบว่าที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดผักโขมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการทดสอบ ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 49.91, 42.02, 39.49 และ 34.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 50.22 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 500-2000 ppm มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีนเท่ากับ 53.92, 51.22, 47.63 และ 38.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 60.79 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ และที่ระยะเวลา 36 ชั่วโมง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีนลดลงตามความเข้มข้นของแชนทอกซิลิน 1 ที่เพิ่มขึ้น โดยมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 62.44, 60.46, 55.66 และ 47.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 67.79 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ และเริ่มมีการงอกของเมล็ดผักโขมจีน (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ผลของแซนทอกซิลิน 1 ต่อการดูดน้ำเมล็ดผักโขมจีนที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (ppm)	เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีน		
	12 ชม.	24 ชม.	36 ชม.
วิธีการควบคุม (น้ำกลั่น)	50.22a	60.79a	67.79a
250	49.91b	53.92ab	62.64ab
500	42.02bc	51.22bc	60.46b
1000	39.49c	47.63c	55.66c
2000	34.92d	38.74d	47.62d

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test ($p=0.05$)



ภาพที่ 4.1 ผลของแซนทอกซิลิน 1 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีนที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง

หญ้าข้าวนก

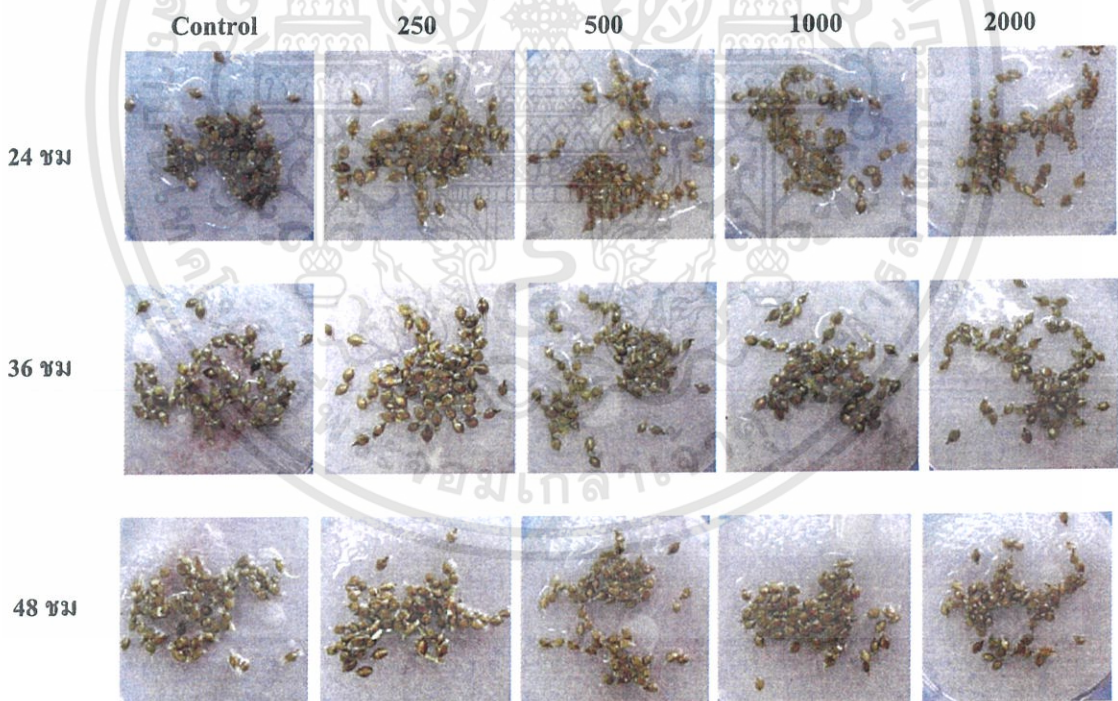
ผลการทดสอบฤทธิ์ของแซนทอกซิลิน 1 ที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm ทดสอบที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง ต่อการดูดน้ำของหญ้าข้าวนก พบว่าที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 36.76, 34.93, 32.47 และ 30.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 39.63 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับที่ระยะเวลา 36 ชั่วโมง มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเท่ากับ 43.47, 42.08, 39.15 และ 37.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 44.40 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ และที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกลดลงตามความเข้มข้นของแซนทอกซิลิน 1 ที่เพิ่มขึ้น คือมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 56.68, 54.36, 51.98 และ 51.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 57.56 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ การทดลองที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง มีผลการทดลองที่เป็นแนวโน้มเดียวกันคือการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกจะลดลงเรื่อยๆ ตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.2)



ตารางที่ 4.2 ผลของแขนทอกซิลิน 1 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (ppm)	เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนก		
	24 ชม.	36 ชม.	48 ชม.
วิธีการควบคุม (น้ำกลั่น)	39.63a	44.40a	57.56a
250	36.76b	43.47b	56.58b
500	34.93c	42.08c	54.36c
1000	32.47d	39.15c	51.98d
2000	30.53e	37.02d	51.49d

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test ($p=0.05$)



ภาพที่ 4.2 ผลของแขนทอกซิลิน 1 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 การศึกษาผลของ 1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)Ethanone oxime 3 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบ

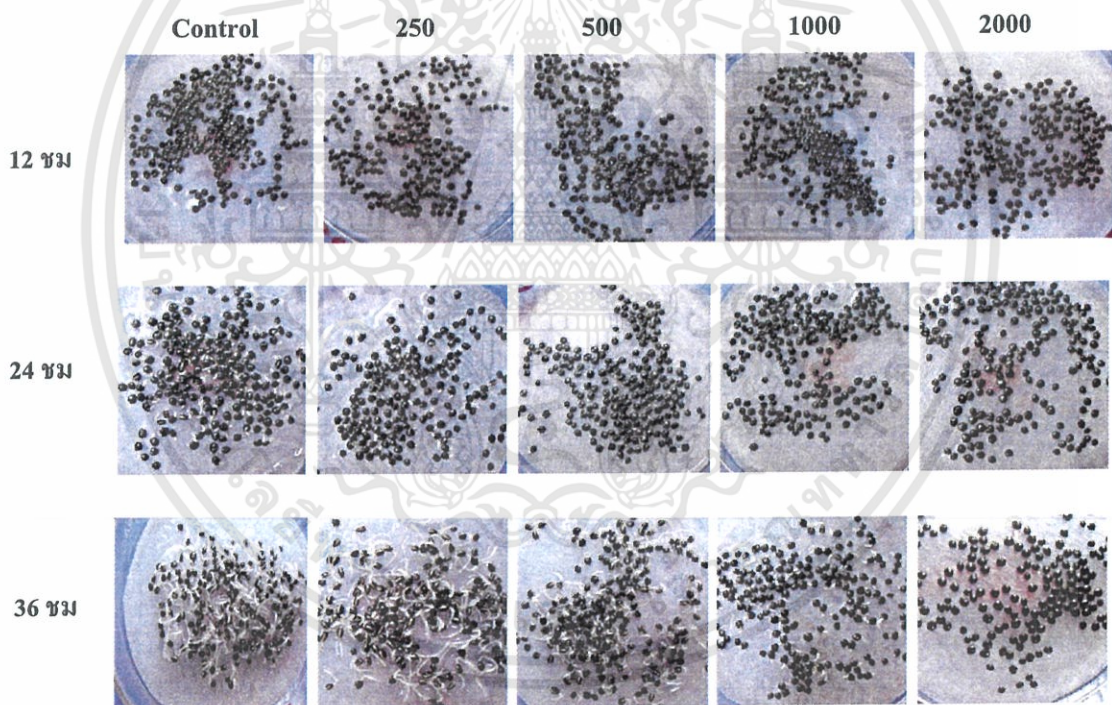
ฝักโคมจีน

ผลการทดสอบฤทธิ์ของสาร 3 ที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm ทดสอบที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง ต่อการดูดน้ำของเมล็ดฝักโคมจีน พบว่าที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดฝักโคมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการทดสอบ ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 42.18, 39.56, 37.39 และ 33.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 51.38 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดฝักโคมจีนเท่ากับ 51.71, 46.47, 40.51 และ 36.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 67.35 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ และที่ระยะเวลา 36 ชั่วโมง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดฝักโคมจีนลดลงตามความเข้มข้นของสาร 3 ที่เพิ่มขึ้น คือมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 58.07, 51.33, 45.69 และ 38.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 69.77 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ และเริ่มมีการงอกของเมล็ดฝักโคมจีน (ตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ผลของสาร 3 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีนที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (ppm)	เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีน		
	12 ชม.	24 ชม.	36 ชม.
วิธีการควบคุม (น้ำกลั่น)	51.38a	67.35a	69.77a
250	42.18b	51.71b	58.07b
500	39.56c	46.47c	45.69c
1000	37.39d	40.51d	45.69d
2000	33.68e	36.89e	38.76e

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test ($p=0.05$)



ภาพที่ 4.3 ผลของสาร 3 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีนที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง

หญ้าข้าวนก

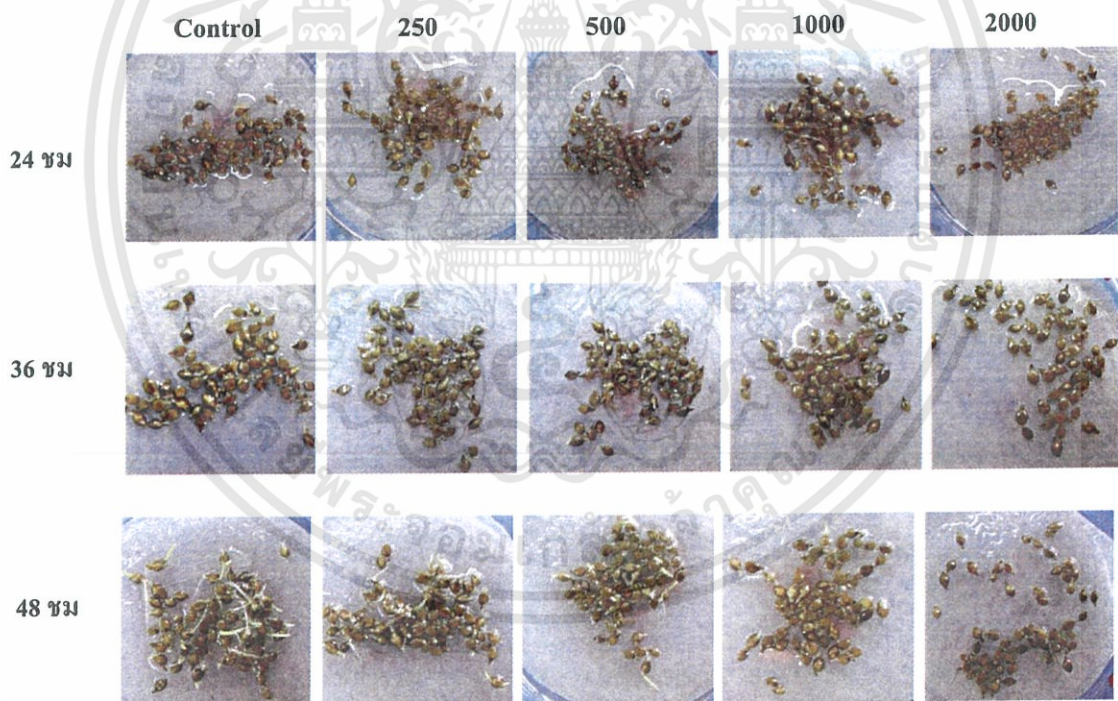
ผลการทดสอบฤทธิ์ของสาร 3 ที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm ทดสอบที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง ต่อการดูดน้ำของหญ้าข้าวนก พบว่าที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 34.24, 33.04, 29.49 และ 26.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 37.69 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับที่ระยะเวลา 36 ชั่วโมง มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเท่ากับ 52.38, 49.90, 46.94 และ 43.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 53.38 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ และที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกลดลงตามความเข้มข้นของสาร 3 ที่เพิ่มขึ้น คือมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 59.30, 56.34, 51.52 และ 49.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 65.12 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ การทดลองที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง มีผลการทดลองที่เป็นแนวโน้มเดียวกันคือการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกจะลดลงเรื่อยๆ ตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.4)



ตารางที่ 4.4 ผลของสาร 3 ต่อการคุดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (ppm)	เปอร์เซ็นต์การคุดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนก		
	24 ชม.	36 ชม.	48 ชม.
วิธีการควบคุม (น้ำกลั่น)	37.69a	55.38a	65.12a
250	34.24b	52.38b	59.30b
500	33.04b	49.90c	56.34c
1000	29.49c	46.94c	51.52d
2000	26.26d	43.69d	49.20d

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test ($p=0.05$)



ภาพที่ 4.4 ผลของสาร 3 ต่อการคุดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

4.4.3 การศึกษาผลของ 1-(2-allyloxy-4, 6-dimethoxyphenyl)Ethanone 4 ต่อการดูดน้ำของ เมล็ดพืชทดสอบ

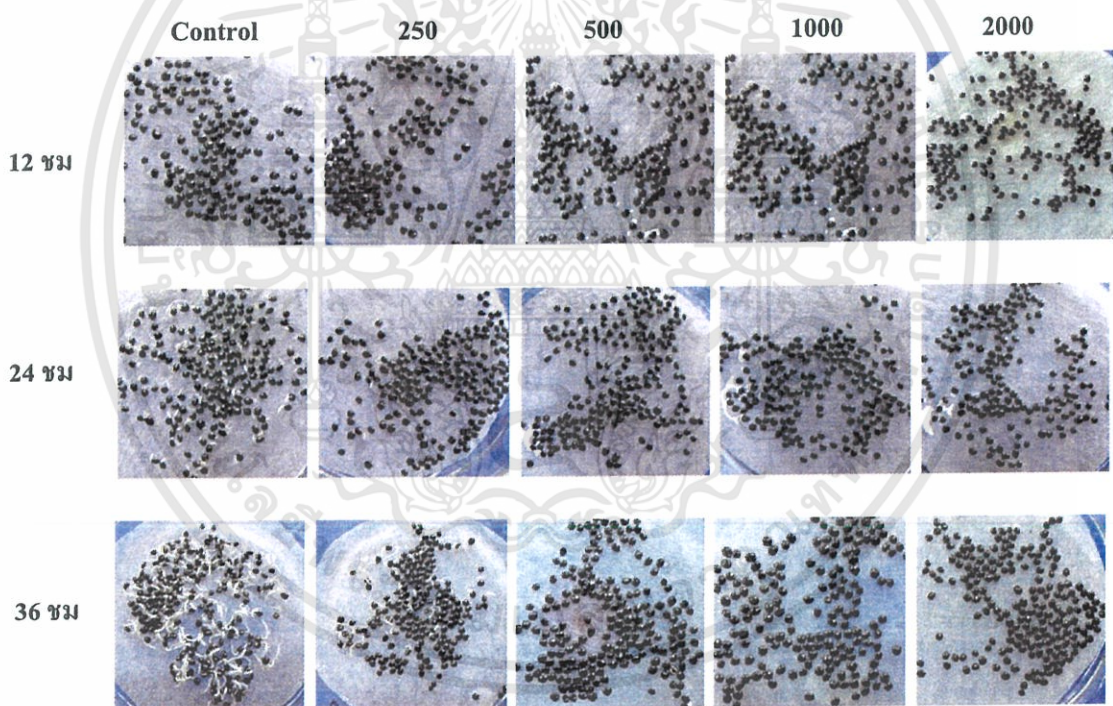
ผักโขมจีน

ผลการทดสอบฤทธิ์ของสาร 4 ที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm ทดสอบที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง ต่อการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีน พบว่าที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดผักโขมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการทดสอบ ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 53.64, 43.70, 40.94 และ 37.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 57.43 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 500-2000 ppm มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีนเท่ากับ 58.47, 51.66, 49.56 และ 47.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 67.50 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ และที่ระยะเวลา 36 ชั่วโมง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีนลดลงตามความเข้มข้นของสาร 4 ที่เพิ่มขึ้น คือมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 62.91, 57.15, 54.06 และ 51.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 69.36 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ และเริ่มมีการงอกของเมล็ดผักโขมจีน (ตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ผลของสาร 4 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีนที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (ppm)	เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีน		
	12 ชม.	24 ชม.	36 ชม.
วิธีการควบคุม (น้ำกลั่น)	57.43a	67.50a	69.36a
250	53.64ab	58.47b	62.91b
500	43.70bc	51.66c	57.15c
1000	40.94c	49.56cd	54.06cd
2000	37.12e	47.25d	51.88d

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

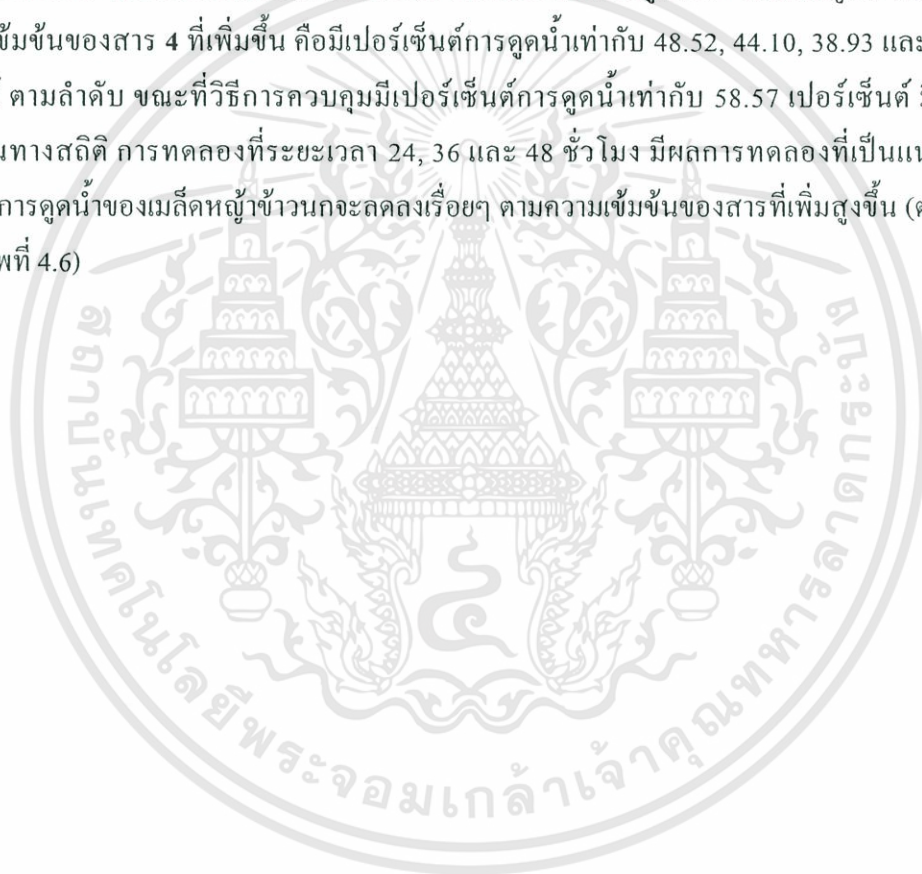


ภาพที่ 4.5 ผลของสาร 4 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดผักโขมจีนที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หญ้าข้าวนก

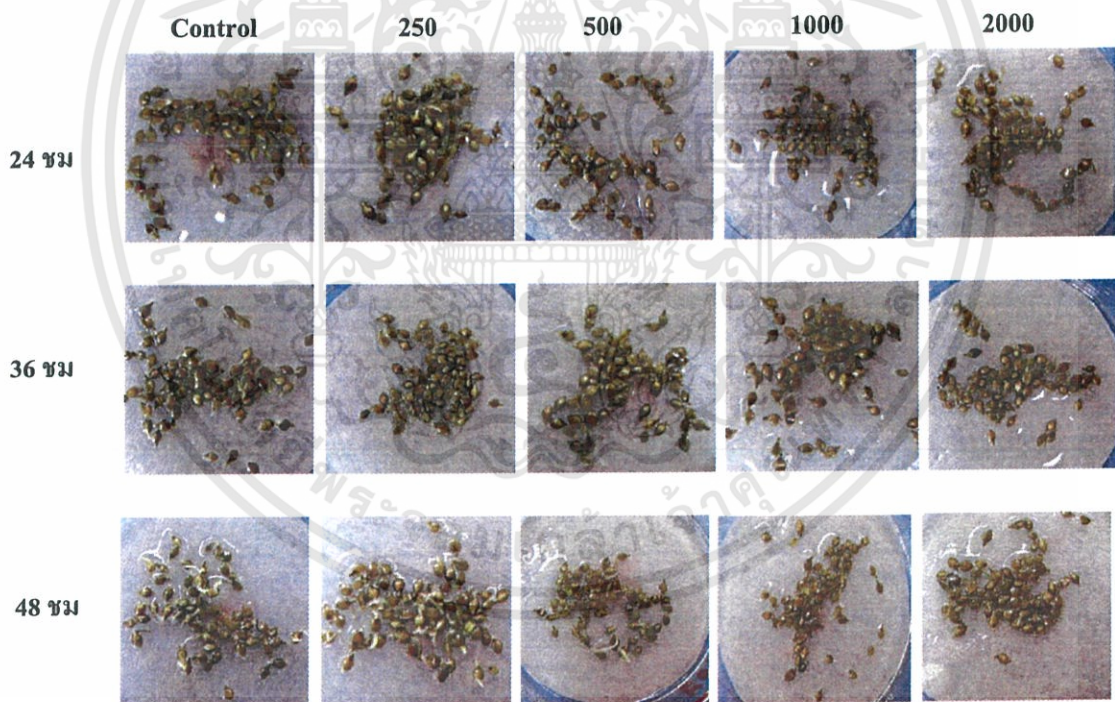
ผลการทดสอบฤทธิ์ของสาร 4 ที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm ทดสอบที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง ต่อการดูดน้ำของหญ้าข้าวนก พบว่าที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 32.62, 27.10, 25.08 และ 22.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 34.05 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 500-2000 ppm มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับที่ระยะเวลา 36 ชั่วโมง มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเท่ากับ 36.09, 33.47, 32.23 และ 30.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 38.67 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 250-1000 ppm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกลดลงตามความเข้มข้นของสาร 4 ที่เพิ่มขึ้น คือมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 48.52, 44.10, 38.93 และ 42.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเท่ากับ 58.57 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ การทดลองที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง มีผลการทดลองที่เป็นแนวโน้มเดียวกันคือการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกจะลดลงเรื่อยๆ ตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.6)



ตารางที่ 4.6 ผลของสาร 4 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (ppm)	เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนก		
	24 ชม.	36 ชม.	48 ชม.
วิธีการควบคุม (น้ำกลั่น)	34.05a	38.67a	58.57a
250	32.62a	36.09ab	48.52b
500	27.10b	33.47ab	44.10bc
1000	25.08b	32.23ab	38.93cd
2000	22.41c	30.03b	32.30d

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test ($p=0.05$)



ภาพที่ 4.6 ผลของสาร 4 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 การศึกษาผลของแชนทอกซิลิน 1 ต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพืช

ทดสอบ

ผักโขมจีน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแชนทอกซิลิน 1 ต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของผักโขมจีน ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm ที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง พบว่าการทดสอบที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 250-1000 ppm ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม คือมีกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดผักโขมจีนเท่ากับ 4.65, 4.95, 4.45 และ 4.18 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของเมล็ดผักโขมจีนเท่ากับ 4.97 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทดสอบเป็น 24 ชั่วโมง ค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระดับความเข้มข้นเดียวกัน แต่จะลดลงตามความเข้มข้นของแชนทอกซิลิน 1 ที่สูงขึ้น คือ 13.82, 12.24, 10.68 และ 10.24 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของเมล็ดผักโขมจีนเท่ากับ 15.55 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ส่วนที่ระยะเวลา 36 ชั่วโมง พบว่าให้ผลไปในแนวทางเดียวกับที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสค่าเท่ากับ 18.24, 16.01, 13.69 และ 13.02 $\mu\text{mol}/\\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ตามลำดับ ในขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสมีค่าเท่ากับ 19.46 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ โดยที่ระดับความเข้มข้นตั้ง 500 ppm มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 ผลของแชนทอกซิลิน 1 ต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของผักโขมจีนที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (ppm)	กิจกรรมอะไมเลส ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$)		
	12 ชม.	24 ชม.	36 ชม.
วิธีการควบคุม (น้ำกลั่น)	4.97a	15.55a	19.46a
250	4.65ab	13.82ab	18.24ab
500	4.59ab	12.24bc	16.01bc
1000	4.45ab	10.68cd	13.69c
2000	4.18b	10.24d	13.02c

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

หญ้าข้าวนก

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแซนทอกซิลิน 1 ต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของหญ้าข้าวนก ที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm ที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่าการทดสอบที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสใกล้เคียงกับกับวิธีควบคุม และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารที่สูงขึ้น 500-2000 ppm ก็ยังมีกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกลดลงตามความเข้มข้นของสารที่สูงขึ้น ก็ยังมีกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกเท่ากับ 5.10, 4.56, 4.11 และ 3.73 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ที่ระดับความเข้มข้น 500-2000 ppm มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุมมีค่าเท่ากับ 5.30 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทดสอบเป็น 36 ชั่วโมง พบว่าเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสใกล้เคียงกับกับวิธีควบคุม และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารที่สูงขึ้น 500-2000 ppm ก็ยังมีกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกลดลงตามความเข้มข้นของสารที่สูงขึ้น ก็ยังมีกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกเท่ากับ 7.35, 7.27, 6.87 และ 6.37 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ที่ระดับความเข้มข้น 100-2000 ppm มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุมมีค่าเท่ากับ 7.55 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ส่วนที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง ค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสมีค่าเป็นไปในแนวเดียวกันกับการทดสอบที่ระยะเวลา 36 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีค่ากิจกรรมอะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกสูงกว่าวิธีการควบคุม มีค่าเท่ากับ 7.93 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ในขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสมีค่าเท่ากับ 8.86 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ มีความแตกต่างทางสถิติ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแซนทอกซิลิน 1 ให้สูงขึ้นเป็น 500-2000 ppm พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสมีค่าลดลงตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.47, 7.35 และ 6.93 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 ผลของแชนทอกซิลิน 1 ต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของหญ้าข้าวนก ที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (ppm)	กิจกรรมอะไมเลส ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$)		
	24 ชม.	36 ชม.	48 ชม.
วิธีการควบคุม (น้ำกลั่น)	5.30a	7.55a	8.86a
250	5.10a	7.35ab	7.93b
500	4.56b	7.27ab	7.47bc
1000	4.11c	6.87bc	7.35cd
2000	3.73c	6.37c	6.93d

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

4.4.5 การศึกษาผลของสาร 3 ต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพืชทดสอบ

ผักโขมจีน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสาร 3 ต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของผักโขมจีน ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm ที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง พบว่าการทดสอบที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม คือมีกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดผักโขมจีนเท่ากับ 6.35, 5.59, 5.10 และ 4.61 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของเมล็ดผักโขมจีนเท่ากับ 6.68 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทดสอบเป็น 24 ชั่วโมง ค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระดับความเข้มข้นเดียวกัน แต่จะลดลงตามความเข้มข้นของสาร 3 ที่สูงขึ้น คือ 11.17, 9.81, 6.93 และ 6.10 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของเมล็ดผักโขมจีนเท่ากับ 13.09 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ส่วนที่ระยะเวลา 36 ชั่วโมง พบว่าให้ผลไปในแนวทางเดียวกับที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสค่าเท่ากับ 12.59, 10.45, 7.90 และ 6.96 $\mu\text{mol}/\min/\text{g}(\text{FW})$ ตามลำดับ ในขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสมีค่าเท่ากับ 16.08 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 ผลของสาร 3 ต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของผักโขมจีนที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (ppm)	กิจกรรมอะไมเลส ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$)		
	12 ชม.	24 ชม.	36 ชม.
วิธีการควบคุม (น้ำกลั่น)	6.68a	13.09a	16.08a
250	6.35b	11.17b	12.59b
500	5.59c	9.81c	10.45c
1000	5.10d	6.93d	7.90d
2000	4.61e	6.10d	6.96e

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

หญ้าข้าวนก

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสาร 3 ที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm ที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่าการทดสอบที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ระดับความเข้มข้น 250-1000 ppm ไม่มีค่าแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม คือมีกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดผักโขมจีนเท่ากับ 3.23, 3.18 และ 2.60 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของเมล็ดผักโขมจีนเท่ากับ 3.72 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารที่สูงขึ้นที่ระดับความเข้มข้น 2000 ppm ค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกลดลงตามความเข้มข้นของสารที่สูงขึ้น คือมีกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกเท่ากับ 2.00 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทดสอบเป็น 36 ชั่วโมง พบว่าเป็นไปในแนวทางเดียวกับที่ระยะเวลา 12 ชม. โดยที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกสูงกว่าวิธีการควบคุม มีค่าเท่ากับ 8.44 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ในขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสเท่ากับ 10.17 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ มีค่าความแตกต่างทางสถิติ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสาร 3 ให้สูงขึ้นเป็น 1000-2000 ppm พบว่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสมีค่าลดลงตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.77, 6.62 และ 4.16 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ส่วนที่ระยะเวลา 48 ชม. ค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสมีค่าเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับการทดสอบที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกสูงกว่าวิธีการควบคุม มีค่าเท่ากับ 10.48 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ในขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสมีค่าเท่ากับ 12.84 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ มีค่าความแตกต่างทางสถิติ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสาร 3 ให้สูงขึ้นเป็น

1000 และ 2000 ppm พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสมีค่าลดลงตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.28 และ 6.67 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 ผลของสาร 3 ต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (ppm)	กิจกรรมอะไมเลส ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$)		
	24 ชม.	36 ชม.	48 ชม.
วิธีการควบคุม (น้ำกลั่น)	3.72a	10.17a	12.84a
250	3.23ab	8.44b	10.48b
500	3.18b	7.77b	9.48bc
1000	2.60ab	6.62c	8.28c
2000	2.00b	4.16d	6.67d

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

4.4.6 การศึกษาผลของสาร 4 ต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพืชทดสอบ

ผักโขมจีน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสาร 4 ต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของผักโขมจีนทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm ที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง พบว่าการทดสอบที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม คือมีกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดผักโขมจีนเท่ากับ 5.72, 5.10, 4.80 และ 4.57 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของเมล็ดผักโขมจีนเท่ากับ 6.38 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทดสอบเป็น 24 ชั่วโมง ค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระดับความเข้มข้นเดียวกัน แต่จะลดลงตามความเข้มข้นของสาร 4 ที่สูงขึ้น คือ 5.85, 5.25, 5.04 และ 4.71 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของเมล็ดผักโขมจีนเท่ากับ 7.33 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ส่วนที่ระยะเวลา 36 ชั่วโมง พบว่าให้ผลไปในแนวทางเดียวกับที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสค่าเท่ากับ 12.56, 8.65, 6.23 และ 4.81 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ตามลำดับ ในขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสมีค่าเท่ากับ 15.07 $\mu\text{mol}/\\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม (ตารางที่ 4.11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลของสาร 4 ต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของฝักโคมจีนที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (ppm)	กิจกรรมอะไมเลส ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$)		
	12 ชม.	24 ชม.	36 ชม.
วิธีการควบคุม (น้ำกลั่น)	6.38a	7.33a	15.07a
250	5.72b	5.85b	12.56b
500	5.10c	5.25c	8.65c
1000	4.80d	5.04cd	6.23d
2000	4.57e	4.71d	4.81e

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

หญ้าข้าวนก

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสาร 4 ที่ระดับความเข้มข้น 250, 500, 1000 และ 2000 ppm ที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่าการทดสอบที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ระดับความเข้มข้น 250-1000 ppm มีค่าแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม คือมีกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดฝักโคมจีนเท่ากับ 6.33, 5.59 และ 4.30 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ตามลำดับ ขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของเมล็ดฝักโคมจีนเท่ากับ 7.19 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารที่สูงขึ้นที่ระดับความเข้มข้น 2000 ppm ค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกลดลงตามความเข้มข้นของสารที่สูงขึ้น คือมีกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกเท่ากับ 3.49 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทดสอบเป็น 36 ชั่วโมง พบว่าเป็นไปในแนวทางเดียวกับที่ระยะเวลา 12 ชม. โดยที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกใกล้เคียงกับวิธีการควบคุม มีค่าเท่ากับ 13.63 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ในขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสเท่ากับ 14.74 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ไม่มีค่าความแตกต่างทางสถิติ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสาร 4 ให้สูงขึ้นเป็น 500-2000 ppm พบว่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสมีค่าลดลงตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.05 และ 7.89 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ส่วนที่ระยะเวลา 48 ชม. ค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสมีค่าเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับการทดสอบที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดหญ้าข้าวนกสูงกว่าวิธีการควบคุม มีค่าเท่ากับ 24.41 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ในขณะที่วิธีการควบคุมมีค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสมีค่าเท่ากับ 27.61 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ มีค่าความแตกต่างทางสถิติ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสาร 4 ให้สูงขึ้น

เป็น 1000 และ 2000 ppm พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสมีค่าลดลงตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 17.53 และ 15.58 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.12 ผลของสาร 4 ต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของหญ้าข้าวนกที่ระยะเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (ppm)	กิจกรรมอะไมเลส ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}(\text{FW})$)		
	24 ชม.	36 ชม.	48 ชม.
วิธีการควบคุม (น้ำกลั่น)	7.19a	14.74a	27.61a
250	6.33ab	13.63ab	24.41b
500	5.59c	12.05b	19.81c
1000	4.30d	10.08c	17.53d
2000	3.49e	7.89d	15.58e

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Turkey's Studentized Range Test ($p=0.05$)

4.4.7 การศึกษาผลของแซนโทกซิลิน 1 อนุพันธ์ 3 และ 4 ต่อการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์ของพืชทดสอบ

เพื่อศึกษาผลการทดสอบประสิทธิภาพของแซนโทกซิลิน 1 สาร 3 และสาร 4 ต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช โดยจะพิจารณาจากการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์ของใบหญ้าขน ที่ระดับความเข้มข้น 250 500 1000 และ 2000 ppm โดยใช้ DCIP (2,6-dichloroindophenol) เป็นสารรับอิเล็กตรอน (artificial electron acceptor) และติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของ DCIP เมื่อได้รับอิเล็กตรอน ที่ระดับความเข้มข้นของคลอโรพลาสต์ 1000 ppm พบว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของแซนโทกซิลิน 1 จะทำให้ค่า $\Delta \text{ABS DCIP}/\text{min}$ มากขึ้นและส่งผลทำให้ค่า Rate of Hill reaction มากขึ้นด้วยเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม และพบว่าที่สภาวะเดียวกัน สาร 3 และสาร 4 ให้ผลการทดลองเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับแซนโทกซิลิน 1 ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แสดงค่า Δ ABS DCIP/min และค่า Rate of Hill reaction

Substances	Concentrations (ppm)	Δ ABS DCIP/min	Rate of Hill Reaction (μ mole/min/mg chlorophyll)
ชุดควบคุม (H ₂ O)		0.0119	0.1446
ชุดควบคุม (MeOH)		0.0115	0.1398
แซนโทกซิลิน 1	250	0.0153	0.186
	500	0.0155	0.1884
	1000	0.0168	0.2042
	2000	0.0193	0.2346
สาร 3	250	0.016	0.1944
	500	0.0173	0.2102
	1000	0.0218	0.2648
	2000	0.0218	0.2648
สาร 4	250	0.0163	0.1981
	500	0.0213	0.2588
	1000	0.0210	0.2552
	2000	0.0223	0.2710

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่า การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์ของใบหญ้าขนจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารละลายแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3 และ 4 ที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3 และ 4 มีฤทธิ์ในการส่งเสริมการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของในระบบแสงสอง (PS II) ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปยัง DCIP ได้ดีขึ้น ส่งผลทำให้ค่า Δ ABS/min และค่า Rate of Hill Reaction มากขึ้น กล่าวได้คือแซนโทกซิลิน 1 และ อนุพันธ์ 3 และ 4 ไม่มีผลในการยับยั้งการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์ของใบหญ้าขน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 การทดลองที่ 1 การแยกแซนโทกซิลิน 1 จากผลกำจัดต้นแห้ง

สกัดแยกแซนโทกซิลิน 1 จากสารสกัดเอทิลเอซิเตต 80 กรัม แยกแซนโทกซิลิน 1 ได้ 15.66 กรัม ผลได้ร้อยละเท่ากับ 12.52

5.2 การทดลองที่ 2 การเตรียมสารอนุพันธ์ของแซนโทกซิลิน 1

แซนโทกซิลิน 1 ถูกนำมาเป็นสารตั้งต้นและทำการเปลี่ยนเป็นอนุพันธ์ 3 ชนิด ได้แก่ 2-benzoyl-4, 6-dimethoxyacetophenone 2, 1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)ethanone oxime 3 และ 1-(2-allyloxy-4,6-dimethoxyphenyl)ethanone 4 ผลได้ร้อยละแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลได้ร้อยละของสารอนุพันธ์แซนโทกซิลิน 1

สารอนุพันธ์	ผลได้ร้อยละ
2-benzoyl-4, 6-dimethoxyacetophenone 2	68.17
1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)ethanone oxime 3	39.63
1-(2-allyloxy-4,6-dimethoxyphenyl)ethanone 4	45.83

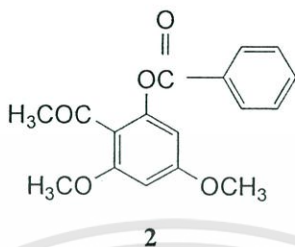
5.3 การทดลองที่ 3 การทดสอบฤทธิ์ของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 2-4 ที่มีผลต่อการงอก

และการเจริญเติบโตของพืชทดสอบด้วยวิธี Vial Test

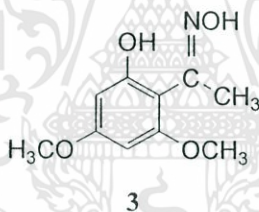
จากการทดลองที่ 3 การทดสอบฤทธิ์ของแซนโทกซิลินที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ ได้แก่ ผักโขมจีน และหญ้าข้าวนก พบว่าแซนโทกซิลินที่ระดับความเข้มข้น 125-1000 ppm มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอก ความยาวต้นและรากของผักโขมจีน โดยที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 500 ppm ขึ้นไปสามารถยับยั้งการงอกของผักโขมจีนได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนในผลต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของหญ้าข้าวนกได้ 46.15 เปอร์เซ็นต์ และมีผลยับยั้งความยาวต้นและรากเท่ากับ 73.56 และ 90.90 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองนี้แสดงว่าแซนโทกซิลินจะมีผลต่อผักโขมจีนที่เป็นตัวแทนวัชพืชใบเลี้ยงคู่ได้ดีกว่าหญ้าข้าวนกที่เป็นวัชพืชพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชแบบเลือกทำลายใบเลี้ยงคู่ได้

เมื่อศึกษาผลของอนุพันธ์กลุ่มเอสเทอร์ของแซนโทกซิลิน 1 ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ โดยเลือกใช้ผักโขมจีนเป็นพืชทดสอบพบว่า สาร 2 ให้ผลการยับยั้งการงอกของผักโขมจีนที่

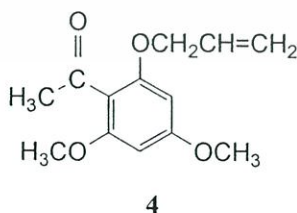
ระดับความเข้มข้น 1000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของผักโขมจีนได้ 28.10 เปอร์เซ็นต์ และสามารถยับยั้งความยาวต้นและรากได้เท่ากับ 66.60 และ 75.88 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันของแซนโทกซิลินจากหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่เอสเตอร์มีผลทำให้ฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของแซนโทกซิลินลดลง



การเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันของแซนโทกซิลินจากหมู่คาร์บอนิลเป็นหมู่ออกซิเมทพบว่า สาร 3 ที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 1000 ppm สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักโขมจีนได้อย่างสมบูรณ์ การที่สาร 3 สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบได้คือนั้นเนื่องจากการมีหมู่ไฮดรอกซิลเพิ่มขึ้น ทำให้สารเกิดการละลายเข้าสู่เซลล์พืชได้มากขึ้นและได้รับผลจากสารเห็นได้อย่างชัดเจน



เมื่อเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่แอลดีไฮด์ สารอนุพันธ์อีเทอร์ 4 มีผลในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชผักโขมจีนพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 500-1000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของผักโขมจีนได้อย่างสมบูรณ์ และที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดผักโขมจีนได้ 87.10 เปอร์เซ็นต์



5.4 การทดลองที่ 4 การศึกษาผลกระทบการทำลายวัชพืชของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3-4

5.4.1 การศึกษาฤทธิ์ของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3-4 ต่อการดูดน้ำของพืชทดสอบ

ผลการทดสอบฤทธิ์ของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3-4 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบคือฝักโขมจีนและหญ้าข้าวนก พบว่าการดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบมีเปอร์เซ็นต์ลดลงตามระดับความเข้มข้นของแซนโทกซิลิน 1 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม ที่ระยะเวลาเดียวกัน แต่เมล็ดพืชต่างชนิดกันพบว่าการดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบของเมล็ดฝักโขมจีนมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำมากกว่าของเมล็ดหญ้าข้าวนก คือที่ระยะเวลา 36 ชั่วโมง เมื่อทดสอบแซนโทกซิลิน 1 พบว่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบทั้งสองชนิดลดลงตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น คือ ที่ระดับความเข้มข้นของแซนโทกซิลิน 1 2000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดฝักโขมจีนเท่ากับ 47.62 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหญ้าข้าวนกเท่ากับ 37.02 เปอร์เซ็นต์ Perisse และ Planchuelo[49] ได้อธิบายถึงการดูดน้ำของเมล็ดพืชขึ้นกับลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของเปลือกเมล็ดมีผลต่อการดูดน้ำของเมล็ดเช่น ความหนาของเปลือก ลักษณะผิวสัมผัส ปริมาณของช่องว่างในเปลือก และคุณภาพของเมล็ดมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดเช่นกัน เมื่อใช้สาร 3 และ 4 เป็นสารทดสอบ พบว่าให้ผลการทดลองในแนวโน้มเดียวกับแซนโทกซิลิน 1 กล่าวคือเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบทั้งสองชนิดลดลงตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น คือ ที่ระดับความเข้มข้น 2000 ppm สาร 3 มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดฝักโขมจีนเท่ากับ 38.76 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดหญ้าข้าวนกเท่ากับ 43.69 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสาร 4 มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดฝักโขมจีนเท่ากับ 51.88 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดหญ้าข้าวนกเท่ากับ 30.03 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับรายงานการทดลองของ Turk และคณะ[50] ได้ทดสอบสารอัลลีโลพาที่ต่อการดูดน้ำของเมล็ดพืชด้วยสารสกัดชั้นน้ำของ black mustard ที่ระดับความเข้มข้น 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 กรัมต่อกิโลกรัม พบว่าที่ความเข้มข้น 20 กรัมต่อกิโลกรัม สามารถยับยั้งการดูดน้ำของเมล็ด wild oat ได้มากที่สุด การดูดน้ำของเมล็ดพืชทดสอบลดลงตามความเข้มข้นของสารทดสอบที่เพิ่มขึ้น จึงไม่พบการงอกของเมล็ดทั้งสองชนิดที่ระดับความเข้มข้น 2000 ppm นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าสาร 3 มีผลต่อการดูดน้ำของเมล็ดหญ้าข้าวนกมากกว่าเมล็ดฝักโขมจีน ส่วนสาร 4 และแซนโทกซิลิน 1 จะให้ผลในทางเดียวกันคือสารทั้งสองมีผลต่อการดูดน้ำของเมล็ดฝักโขมจีนมากกว่าเมล็ดหญ้าข้าวนก

5.4.2 การศึกษาฤทธิ์ของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3-4 ต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพืชทดสอบ

จากการศึกษาผลของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3-4 ต่อการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดฝักโขมจีนและหญ้าข้าวนก พบว่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของพืชทั้งสองชนิดลดลง เมื่อเพิ่ม

ความเข้มข้นของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3-4 ที่เพิ่มขึ้นที่ทดสอบระยะเวลาเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า แซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3-4 ไปรบกวนกระบวนการงอกของเมล็ดพืชผักโขมและหญ้าข้าวนกในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสซึ่งการทดลองนี้สอดคล้องกับการรายงานผลการทดลองของ Kato-Noguchi และ Macias[51]ว่า 6-methoxy-2-benzoxazolinolone (MBOA) มีผลในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดผักกาดหอม ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสลดลงตามความเข้มข้นของสาร MBOA ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3-4 มีผลต่อการดูดน้ำของเมล็ด เมื่อเมล็ดดูดน้ำได้น้อยลงทำให้เกิดกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสลดลง

5.4.3 การศึกษาฤทธิ์ของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3-4 ต่อการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์ของพืชทดสอบ

จากการศึกษาผลของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3-4 ต่อการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์ของใบหญ้าขน พบว่าแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3-4 ให้ผลการทดลองเป็นไปในแนวทางเดียวกัน เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3-4 มีผลทำให้การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีฤทธิ์ในการส่งเสริมการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง

5.5 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่าแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ 3 และ 4 มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชใบเลี้ยงคู่คือผักโขมจีนมากกว่าพืชใบเลี้ยงคู่คือหญ้าข้าวนก แซนโทกซิลิน 1 และสารอนุพันธ์ 3 และ 4 มีผลต่อการดูดน้ำและการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลส ซึ่งส่งผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบทั้งสองชนิด ในขณะที่แซนโทกซิลิน 1 และสารอนุพันธ์ 3 และ 4 ไม่มีผลกระบวนการสังเคราะห์แสงในการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์ของหญ้าขน เพื่อยืนยันและสนับสนุนผลของแซนโทกซิลินและสารอนุพันธ์ 3 และ 4 ที่มีต่อพืชทดสอบ ผู้วิจัยจะทำการศึกษากลไกการออกฤทธิ์ในด้านอื่นเช่นผลของสารที่มีต่อกระบวนการสังเคราะห์พวงรวงควัดดูหรือผลต่อกระบวนการสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

- [1] จรัส ล้อมรัตนศิริ. 2544. การศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากผลกำจัดต้นในทางการเกษตรและเภสัชวิทยา. โครงการพิเศษ สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [2] พัทธนี เจริญยิ่ง จรัส ล้อมรัตนศิริ และวิรัตน์ ภูวิวัฒน์. 2546. ผลของสารสกัดจากผลกำจัดต้นต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ. วารสารคณะวิทยาศาสตร์ ลาดกระบัง. ปีที่ 13. ฉบับที่ 1. หน้า 25-30.
- [3] P. Charoenying, C. Laosinwattana, W. Phuwiwat and J. Lomratsiri. 2008. Biological Activities of *Zanthoxylum limonella* Alston fruit extracts, **KMITL Science Journal.**, Vol. 8: No. 1, pp.12-15.
- [4] สืบศักดิ์ อนันต์พัฒนา. 2547. ผลทางอัลลีโลพาติกของแซนทอกซิลินจากผลกำจัดต้น. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [5] P. Charoenying, M. Teerarak and C. Laosinwattana. 2010. An Allelopathic Substance Isolated from *Zanthoxylum limonella* Alston Fruit. **Scientia Horticulturae.** 125, pp. 411-419.
- [6] วิจิตพันธุ์ ร่องวงศ์. 2549. ผลทางอัลลีโลพาติกของสารอนุพันธ์แซนทอกซิลิน. โครงการพิเศษ สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [7] ณัฐสันต์ วัชรสินธุ์. 2548. การศึกษาศักยภาพทางอัลลีโลพาติกของใบพุทธรักษาดีก้านแดง. โครงการพิเศษ ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [8] E. L. Rice. 1984. Allelopathy. 2nd ed. Academic Press, Inc. Florida, U.S.A.
- [9] S.J. and V. Rizvi. 1992. Allelopathy : Basic and Applied Aspects. Chapman and Hall, London, U.K.
- [10] C. Laosinwattana, T. Poonpaiboonpipat, M. Teerarak, W. Phuwiwat, T. Mongkolaussavaratana and P. Charoenying. 2009. Allelopathic Potential of Chinese Rice Flower (*Aglaia odorata* Lour.) as Organic Herbicide. **Allelopathy Journal.** 24 (1): pp. 45-54.
- [11] M. Teerarak, C. Laosinwattana and P. Charoenying. 2010. Evaluation of Allelopathic Decomposition and Cytogenetic Activities of *Jasminum officinate* L. f. var. *grandiflorum* (L.) Kob. on Bioassay Plants. **Bioresource Technology.** 101, pp. 5677-5684.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] I.S. Alsaadawi,, E.L. Rice and T.K.B. Karns. 1983. Allelopathic Effect of *Polygonum aviculare* L. Isolation, Characteristic and Biological Activity of Phytotoxin Other Than Phenol. **Journal of Chemical Ecology**. 9, pp. 761-774.
- [13] C. Laosinwattana, Y. Takeuchi, K. Yoneyama, M. Ogasawara and M. Konnai. 1997. Allelopathic Potential of Manilagrass (*Zoysia matrella* (L.) Merr.). **Journal of Japanese Society of Turfgrass Science**. 26, 1, pp. 25-32.
- [14] E. Tsuzuki and Y. Yamamoto. 1987. Studies on Allelopathy Among Higher Plants V. Isolation and Identification of Phenolic Substances from Wild Perennial Buckwheat (*Fagopyrum cymosum* M.), **Journal of Chemical Ecology**. 21, pp. 1365-1373.
- [15] T. Robinson. 1983. The Organic Constituent of Higher Plants, 5th ed, North Amherst, Cordus Press.
- [16] J. R. Vyvyan. 2002. Allelochemicals as Lead for New Herbicides and Agrochemicals, **Tetrahedron**. 58, pp. 1631-1646.
- [17] N.V. Agikar, A.X. Vaz and G.J.S. Abraham. 1969. Local Anaesthetic Action of Essential Oil Extracted from *Zanthoxylum budrunga*, **Pharmacy**. 1, 3, pp. 22-26.
- [18] N. Rungrungsri, P. Tantivatana, R.P. Borris and G.A. Cordell. 1981. Traditional Medical Plants of Thailand III Constituents of *Zanthoxylum bundrunga* (Rutaceae). **Journal of Science Society Thailand**. 7, pp. 123-127.
- [19] R.S. Yunes, V. Cechinel Filho, E.O. Lima, V.M.F. Morais, S.T.A. Gomes and O.G. Miguel. 1996. Fungicide and Fungioatatic Effects of Xanthoxyline. **Journal of Ethanopharmacology**. 53, pp. 171-173.
- [20] พัทธี เจริญยิ่ง จรัล ล้อมรัตนศิริ และวิรัตน์ ภูวิวัฒน์. 2546. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 วันที่ 20-22 ตุลาคม 2546 ศูนย์การประชุมอเนกประสงค์กาญจนาภิเษก มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [21] สืบศักดิ์ อนันต์พัฒนา พัทธี เจริญยิ่ง และจำรุญ เล้าสินวัฒนา. 2547. วิธีการทดสอบสารอัลลีโลพาตีจากผลกำจัดต้น. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร ฉบับพิเศษ 35: (5-6) หน้า 479-482.
- [22] D. Engelmeier, F. Hadacek, T. Pacher, S. Vajrodaya and H. Greger. 2000. Cyclopenta[b]benzofurans from *Aglaia* Species with Pronounced Antifungal Activity Against Rice Blast Fungus (*Pyricularia grisea*), **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 48, pp. 1400-1404.

- [23] B.W. Nugrodo, R.A. Edrada, V. Wray, L. Witte, G. Bringmann, M. Gehling and P. Proksch. 1999. An Insecticidal Rocaglamide Derivatives and Related Compounds from *Aglaia odorata* (Meliaceae), **Phytochemistry**. 51, pp. 367-376.
- [24] S.J. Rizvi, and V. Rizvi., 1992. Allelopathy : Basic and Applied Aspects. Chapman and Hall, London, U.K.
- [25] ทศพล พรพรหม. 2545. สารกำจัดวัชพืช : หลักการและกลไกการทำลาย กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [26] L.G. Copping. 1995. The Evolution of Herbicide Usage, 2^{ed}, PJB Publication Ltd., London, UK.
- [27] F.A. Macias. 1995. Allelopathy in the Search for Natural Herbicides Model. American Chemistry Society, pp. 310-327.
- [28] M. Evenari. 1949. Germination Inhibitors, **Botanical Review**. pp. 153-194.
- [29] V. P. Dadykin, L.N. Stepanov and B.E. Ryzhkova. 1970. **Physiological Biochemical Basic of Plant Interaction in Phytocenoses**. Vol. 1, pp. 118-124.
- [30] L.D. Owen. 1969. Toxins in Plant Disease : Structure and Mode of Action, **Science**, 165, pp. 18-25.
- [31] O. Schreiner and M.X. Sullivan. 1990. Soil Fatigue Caused by Organic Compounds, **Journal of Biological Chemistry**. 6, pp. 39-50.
- [32] R. Gray and J. Bonner. 1948. Structure Determination and Synthesis of Plant Growth Inhibitor 3-acetal-6-methoxybenzaldehyde in Leaves of *Encelia fainosa*, **Journal of the American Chemical Society**. 70, pp. 1249-1253.
- [33] E. Tsuzuki and Y. Yamamoto. 1987. Studies on Allelopathy Among Higher Plants V. Isolation and Identification of Phenolic Substances from Wild Perennial Buckwheat (*Fagopyrum cymosum* M.), **Journal of Chemical Ecology**. 21, pp. 1365-1373.
- [34] W.H. Muller and C.H. Muller. 1964. Volatile Growth Inhibitor Produced by Salvai Species, **Bulletin of the Torrey Botanical Club**. 91, pp. 327-330.
- [35] L.G. De, J.L. Ming and L.X. Wen. 2007. Research Advances in Allelopathy of *Quercus* L. **Forestry Studies in China**. 9, 4, pp. 287-294.
- [36] B. Politycka. 1998. Phenolics and the Activities of Phenylalamine Ammoni-lyase, Phenol-Beta-Glucosyltransferase and Beta-Glucosidase in Cucumber Roots as Affected by Phenolic Allelochemicals, **Acta Physiologiae Plantarum**. 20, 4, pp. 405-410.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [37] J. Shibu and R.G. Rew. 1998. Allelopathy in Black Walnut (*Juglans nigra* L.) Alley Cropping. II. Effects of Juglone on Hydroponically Grown Corn (*Zea mays* L.) and Soybean (*Glycine max* L. Merr) Growth and Physiology. **Plant Soil**. 203, 2 pp. 199-206.
- [38] W. Mersie and M. Singh. 1993. Phenolic Acid Affects Photosynthesis and Protein Synthesis by Isolated Leaf Cells of Velvet-Leaf. **Journal of Chemical Ecology**. 19, 7, pp. 1293-1031.
- [39] R.R. Barkosky, J.L. Butler and F. A. Einhellig. 1999. Mechanisms of Hydro-Quinone Induced Growth Reduction in Leafy Spurge. **Journal of Chemical**. 25, 7, pp. 1611-1621.
- [40] G.P. Bogdan. 1977. Mutual Effect of Couch Grass and Cultivated Plants in Phytocenoses. In: Grodzinsky AM (ed.). Interactions of Plants and Microorganisms in Phytocenoses. Kiev: Naukava Dumka. pp. 36-34. (in Russian with an English Summary).
- [41] นันทวัน บุญยะประภัสร์ และ อรณัฐ โชคชัยเจริญพร. สมุนไพรไม้พื้นบ้าน. เล่ม 1. กรุงเทพฯ : บริษัทประชาชน. กรุงเทพฯ.
- [42] R.K. Thappa, K.L. Dhar and C.K. Atal. 1976. A New Monoterpene Triol from *Zanthoxylum budruga*. **Phytochemistry**. 15, pp. 1568-1569.
- [43] H. Banerjee and N. Adityachaudhury. 1989. Occurrence of Rutacearpine in *Zanthoxylum budrunga*, **Planta Medica**, 55, 4, pp. 403.
- [44] V. Filho Cechinel, Z. R. Vaz, L. Zunono, J.B. Calixto and R. A. Yunes. 1996. Synthesis of Xanthoxylone derivatives with antinociceptive and antioedematogenic activities, **European Journal of Medicinal Chemistry**, 31, pp. 833-839.
- [45] (45a) กฤษณ์ ศรีวระมย์. 2543. การศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของผลกำจัดต้น. โครงการพิเศษ ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- (45b) P. Charoenying, K. Sriwarom, J. Lomratsiri and W. Phuwiwat. 2003. Biological Activities of *Zanthoxylum limonella* Alstn Fruit Extracts, The 3rd World Congress on Medicinal and Aromatic Plants for Human Welfare, WOCMAP III, 3-7 February 2003, Chiang Mai, Thailand.
- [46] E. Valenciennes, J. Smadja and J.Y. 1999. Conan, Screening for Biological Activity and Chemical Composition of *Euodia borbonica* var. *borbonica* (Rutaceae), a Medicinal Plant in Reunion Island. **Journal of Ethnopharmacology**. 64, pp. 283-288.
- [47] C.M. Han, K.W. Pen, N. Wu, J.C. Wang and W. Li. 2008. Allelopathic Effect of Ginger on Seed Germination and Seedling Growth of Soybean and Chive. **Scientia Horticulturae**. 116, pp. 330-336.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [48] J.P. Maity, S.Chakraborty, S. Kar, S. Panja, J.S. Jean, A.C. Samal, A. Chakraborty and S.C. Santra. 2009. Effects of Gamma Irradiation on Edible Seed Protein, Amino Acids and Genomic DNA During Sterilization. **Food Chemistry**. 114, pp. 1237-1244.
- [49] P. Perisse and A.M. Planchuelo. 2004. Seed Coat Morphology of *Lupinus albus* L. and *Lupinus angustifolius* L. Related to Water Uptake. **Seed Science and Technology**. 32, 1, pp. 69-77.
- [50] M.A. Turk and A.M. Tawaha. 2003. Allelopathic Effects of Aqueous Extracts of Black Mustard on Germination and Growth of Wild Oat (*Avena fatua* L.). **Crop Protection**. 22, pp. 673-677.
- [51] H. Kato-Noguchi and M.A. Francisco. 2005. Effects of 6-methoxy-2-benzoxazolinone on the Germination and α -Amylase Activity in Lettuce Seeds. **Journal of Plant Physiology**. 162, pp. 1304-1307.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอก

การคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกในการทดลองตอนที่ 3 การทดสอบฤทธิ์ของแซนโทกซิลิน 1 และอนุพันธ์ ที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบด้วยวิธี Vial test สูตรในการคำนวณเป็นดังนี้

$$\% \text{การยับยั้ง} = [(control - treatment) / control] \times 100$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวพัชนี เจริญยิ่ง	
ตำแหน่ง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	
ประวัติการศึกษา		
ปริญญาตรีสาขา	เคมี	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ปริญญาโทสาขา	เคมีอินทรีย์	มหาวิทยาลัยมหิดล
ปริญญาเอกสาขา	เคมีอินทรีย์	University of York
สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ	เคมีอินทรีย์สังเคราะห์และสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ	

คณะผู้ร่วมวิจัย

- | | | |
|----------------------|--------------------------------------|-------------------|
| ชื่อ-สกุล | นางสาวมณฑินี ธีรารักษ์ | |
| ตำแหน่ง | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ | |
| ประวัติการศึกษา | | |
| ปริญญาตรีสาขา | พืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | ปีที่จบ พ.ศ. 2541 |
| ปริญญาโทสาขา | พันธุวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | ปีที่จบ พ.ศ. 2545 |
| ปริญญาเอกสาขา | Horticulture Ehime University | ปีที่จบ พ.ศ. 2556 |
| สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ | พันธุศาสตร์พืช (Plant cytogenetics) | |
- | | | |
|----------------------|---|-------------------|
| ชื่อ-สกุล | นายจำรูญ เล้าสินวัฒนา | |
| ตำแหน่ง | รองศาสตราจารย์ | |
| ประวัติการศึกษา | | |
| ปริญญาตรีสาขา | พืชไร่-นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | ปีที่จบ พ.ศ. 2535 |
| ปริญญาโทสาขา | พืชไร่-นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | ปีที่จบ พ.ศ. 2538 |
| ปริญญาเอกสาขา | Doctor of Agriculture (Plant Protection) Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan
ปีที่จบ พ.ศ. 2542 | |
| Post Doctoral | Weed Science (Allelopathy) Utsunomiya University, Japan
ปีที่จบ พ.ศ. 2544 | |
| สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ | อัลลีโลพาที (Allelopathy), การจัดการวัชพืช (Weed Management) | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้