



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2564

โครงการวิจัยที่ รหัส 3060-A152

พัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรผสมสารกำจัดวัชพืชธรรมชาติ(ยาม่าหญ้า) จากสมุนไพรไทย

Development of Natural Herbicide Formula from the Thai Herb

หัวหน้าโครงการวิจัย

นฤพล วัฒนภาพ แผนงานอารักขาพืช

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง

กันยายน พ.ศ. 2564



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2564

โครงการวิจัยที่ รหัส 3060-A152

พัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรผสมสารกำจัดวัชพืชธรรมชาติ(ยาม่าหญ้า) จากสมุนไพรไทย

Development of Natural Herbicide Formula from the Thai Herb

หัวหน้าโครงการวิจัย

นฤพล วัฒนภาพ

คณะวิจัย

ดร.สุธาศินี นนทะจักร์

ธัญญารัตน์ สมนาม

ศศิธร วอนว่า

ศศิพร ขุนผา

วิฑูรย์ บุญสง่า

แผนงานอารักขาพืช

มูลนิธิ

แผนงานอารักขาพืช

แผนงานอารักขาพืช

แผนงานอารักขาพืช

สถานีวิจัยโครงการหลวงปางดะ

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง

กันยายน พ.ศ. 2564

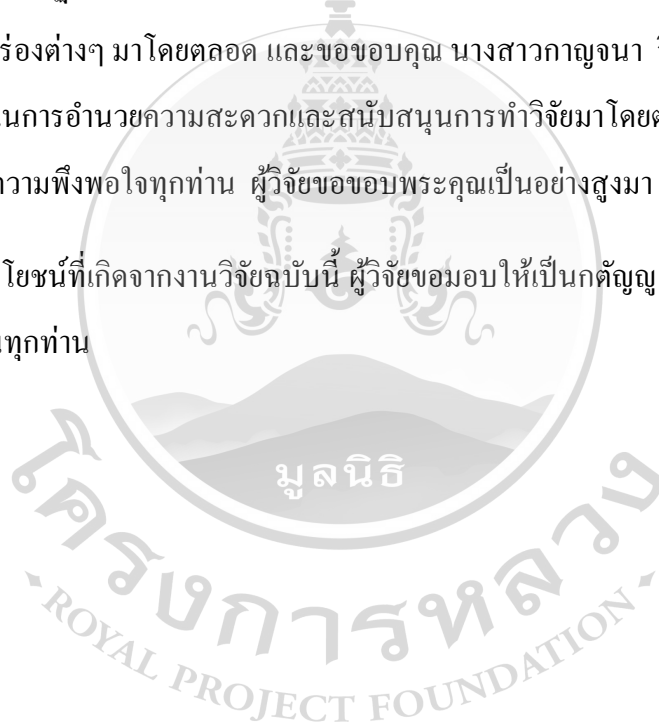
กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ ได้รับการสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร และหัวหน้าศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่และหัวหน้าสถานีวิจัยโครงการหลวงปางดะ ที่กรุณาให้การสนับสนุนสถานที่ทำวิจัย และผู้ตรวจงานวิจัยทุกท่านที่อนุญาติให้ผู้วิจัยได้จัดทำ งานวิจัยเรื่องดังกล่าวนี้ และให้โอกาสแก่ผู้วิจัยมา ณ ที่นี้

การวิจัยในครั้งนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความเมตตากรุณาช่วยเหลือ สนับสนุน ให้คำแนะนำอย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์.ดร.นุชนาฏ จงเลขา ที่ปรึกษางานวิจัย ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ และให้ข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด และขอขอบคุณ นางสาวกาญจนา วิชิตตระกูลถาวร หัวหน้าแผนงานอารักขาพืช ในการอำนวยความสะดวกและสนับสนุนการทำวิจัยมาโดยตลอด รวมถึงผู้ที่ช่วยตอบแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจทุกท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

คุณค่าและประโยชน์ที่เกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้เป็นกตัญญู กตเวทิตา แก่ พ่อ แม่ ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้วิจัย



บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ธรรมชาติกำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยพืชสมุนไพร โดยการปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันกับอิมัลซิไฟเออร์ในสัดส่วนที่เหมาะสม นำน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรที่มีจำหน่าย 20 ตัวอย่างมาทดสอบพบว่า มี 6 ตัวอย่าง ได้แก่ ออริกาโน ทาร์ม อบเชยเทศ กานพลู กะเพรา และตะไคร้หอม ให้ผลในการยับยั้งการงอกของเมล็ด การเจริญของต้นและรากวัชพืชได้ดี ทำการวิเคราะห์สาร โมโนเทอร์ปีนส์ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์(GC-MS) ผลการวิเคราะห์ที่แสดงว่าสารออกฤทธิ์หลักของน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ ไธมอล ซินนาลมัลดีไฮด์ ยูจินอล เจอรานิออล และ ซิโตรเนลลัล

การทดลองผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ 3 สูตร โดยปั่นผสมน้ำมันหอมระเหยกับโพลีซอร์เบท 80 (Tween® 80) เป็นสารลดแรงตึงผิว (surfactant) วางแผนการทดลองแบบส่วนผสมศูนย์กลางซิมเพลกซ์ (SCMD) และ วิธีพื้นผิวตอบสนอง (RSM) เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด ผลปรากฏว่า 3 สูตรที่ได้ผลดีคือ ใช้ส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหย อบเชยเทศ กานพลู และตะไคร้หอม ในสัดส่วน 5:4:3, 7:5:0 และ 1:1:0

ทำการทดสอบภาคสนาม (field trial) เพื่อประเมินผลประสิทธิภาพของสูตรที่ได้ในการควบคุมวัชพืช และการบ่งชี้ว่าน้ำมันหอมระเหยดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นสารกำจัดวัชพืช ผลปรากฏว่าสูตรผสมที่ใช้ น้ำมันหอมระเหย ที่ความเข้มข้น 17 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมวัชพืชได้สมบูรณ์

สรุปผลว่าได้สูตรผลิตภัณฑ์ธรรมชาติของสารกำจัดวัชพืชซึ่งสามารถพัฒนาต่อไปถึงระดับอุตสาหกรรมได้ในอนาคต

Abstract

The purpose of this research work was to develop the natural product herbicide formulations from herbs essential oils by homogenizing them with emulsifier in proper proportion. Six commercial essential oils containing monoterpenes were evaluated for their inhibitory activities against weeds. Six out of 20 samples e.g. oregano, thyme, cinnamon, clove, holy basil, and citronella showed strongest inhibitory effect on seed germination, shoot and root growth of weeds. Monoterpenes, major component of these effective essential oils identified by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). GC-MS analyses revealed that the active ingredient of the oils mainly consist of thymol, cinnamaldehyde, eugenol, geraniol, and citronellal.

Three formulations of natural product herbicides were tried by mixing the herb essential oils with polysorbate 80 (Tween[®] 80) as surfactant. The simplex-centroid mixture design (SCMD) and response surface methodology (RSM) were used to determine the optimal mixing rate of herbicide formulation. The result showed that the optimal proportion of the three formula were cinnamon: clove: citronella essential oils at the ratio of 5:4:3, 7:5:0 and 1:1:0.

Field experiments were conducted to determine the herbicidal effect of this formulas and to identify the active ingredient in the formulas which have herbicide activity. Result showed that the formula which consist of 17% mixed essential oil could completely control weeds.

In conclusion, the most effective formula of natural product herbicides was obtained and this could be developed further at industrial level in the future.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง และขอบเขตของการวิจัย	7
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา	9
2.2 ผลงานวิจัยที่เคยทำมาก่อน หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 กรรมวิธีการทดลอง	31
3.1 สถานที่ทดลอง ระยะเวลาทำการทดลอง	31
3.2 วัสดุทดลองที่ใช้	31
3.3 วิธีทดลองที่ใช้ การบันทึกข้อมูล วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	33
บทที่ 4 ผลการวิจัย	38
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	51
5.1 สรุปผล	51
5.2 ข้อเสนอแนะ	52
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก ก ภาพการดำเนินงาน	64

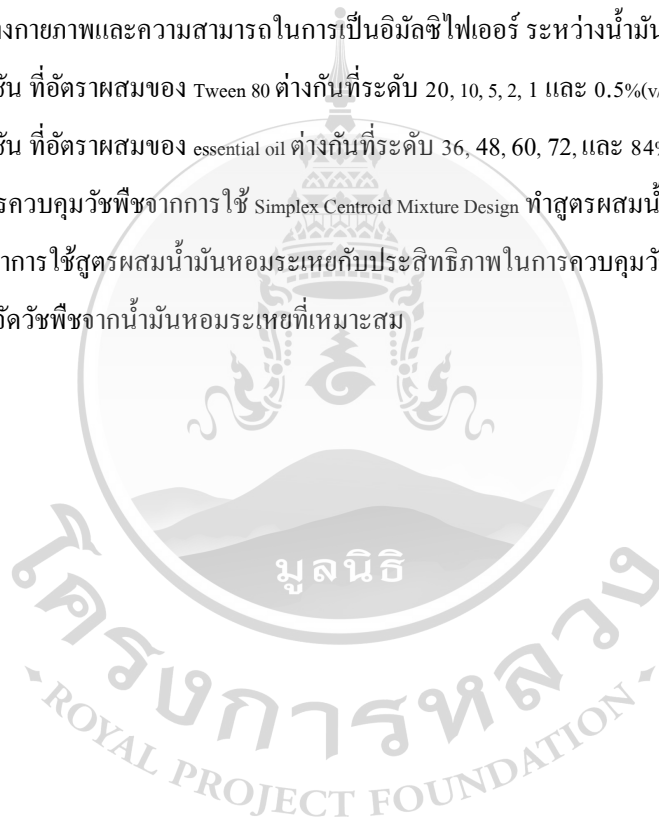
สารบัญญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบ monoterpene ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืช	20
ภาพที่ 2 กลไกการยับยั้งการเจริญเติบโตและกำจัดวัชพืช (MDPI, Foods 2020, 9: 1291)	21
ภาพที่ 3 โครงสร้างโมเลกุลของ Pelargonic acid หรือ Nonanoic acid	26
ภาพที่ 4 โครงสร้างโมเลกุลของ 2-Phenethyl propionate	27
ภาพที่ 5 การหาอัตราส่วนของ Tween 80 ต่างกันที่ระดับ 20, 10, 5, 2, 1 และ 0.5%(v/v)	42
ภาพที่ 6 การหาอัตราส่วนของ Tween 80 กับ essential oil ต่างกันที่ระดับ 36, 48, 60, 72, และ 84%(v/v)	43
ภาพที่ 7 Mixture contour plot แบบ Simplex Centroid Mixture Design จากโปรแกรม Minitab 16	45
ภาพที่ 8 3D Response surface methodology (RSM) จากโปรแกรม Minitab 16 แสดงความสัมพันธ์แบบ quadratic	46
ภาพที่ 9 การหาอัตราส่วนของสูตรผสมของน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมที่สุด (optimization) ในการควบคุมวัชพืช	47
ภาพที่ 10 การเปรียบเทียบสูตรผสมของน้ำมันหอมระเหย	48
ภาพที่ 11 ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นสารออกฤทธิ์ essential oil กับอัตราการตาย ของวัชพืช	49



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ผลผลิตและตัวชี้วัดของโครงการวิจัยผลลัพธ์ (Outcome) และตัวชี้วัดผลลัพธ์	8
ตาราง 2 สารกลุ่ม monoterpene ใน essential oil ที่มีฤทธิ์เป็นสารกำจัดวัชพืช	19
ตาราง 3 ความสามารถในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพืช โดยน้ำมันหอมระเหย	22
ตาราง 4 แผนการทดลองแบบ Simplex Centroid Design นำสารสกัด essential oil 3 ชนิด	36
ตาราง 5 ผลการหาปริมาณสารออกฤทธิ์หลักที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS ในน้ำมันหอมระเหย 20 ชนิด	38
ตาราง 6 ฤทธิ์การยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตเมล็ดวัชพืชของ essential oil 20 ชนิด	40
ตาราง 7 ความเหมาะสมทางกายภาพและความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ระหว่างน้ำมันหอมระเหยและน้ำ	41
ตาราง 8 ลักษณะของอิมัลชัน ที่อัตราผสมของ Tween 80 ต่างกันที่ระดับ 20, 10, 5, 2, 1 และ 0.5%(v/v)	42
ตาราง 9 ลักษณะของอิมัลชัน ที่อัตราผสมของ essential oil ต่างกันที่ระดับ 36, 48, 60, 72, และ 84%(v/v)	43
ตาราง 10 ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชจากการใช้ Simplex Centroid Mixture Design ทำสูตรผสมน้ำมันหอมระเหย	45
ตาราง 11 การประเมินอัตราการใช้สูตรผสมน้ำมันหอมระเหยกับประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในแปลงทดสอบ	49
ตาราง 12 สูตรผสมสารกำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสม	50



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในประเทศไทยมีการทำการเกษตรเพาะปลูกพืชผักผลไม้เป็นจำนวนมาก สารเคมีกำจัดวัชพืชจึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อสะดวกต่อการจัดการวัชพืชในแปลงปลูก หากใช้สารเคมีสังเคราะห์เหล่านี้โดยไม่ถูกต้องจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพทั้งเกษตรกร ได้รับสารเคมีเหล่านี้จากการฉีดพ่นลงในแปลงเกษตรและผู้บริโภคได้รับจากการรับประทานพืชผักผลไม้ที่มีสารเคมีจำพวกนี้เป็นปนเปื้อนอยู่ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

สารกำจัดวัชพืช (herbicides) ยากำจัดวัชพืช หรือ ยาฆ่าหญ้า เป็นสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ฆ่าพืชที่ไม่ต้องการ ยากำจัดวัชพืชใช้ในการจัดการพื้นที่ที่รกร้างหรือควบคุมวัชพืชในการเกษตร ยากำจัดวัชพืชมีการใช้อย่างกว้างขวางทั่วโลก สามารถจำแนกตามการเลือกทำลายเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่

- (1) สารชนิดเลือกทำลาย (Selective herbicide) โดยทำลายเฉพาะวัชพืช แต่ไม่เป็นอันตรายต่อพืชที่ปลูก เช่น 2,4-D กำจัดวัชพืชใบกว้างโดยไม่เป็นพิษต่อต้นข้าวที่เป็นพืชใบแคบ เป็นต้น
- (2) สารชนิดไม่เลือกทำลาย (Non-selective herbicide) ทำลายวัชพืชใบแคบ ใบกว้าง หรือ กก แนะนำให้ใช้กำจัดวัชพืชในพื้นที่ที่ไม่มีการปลูกพืช ต้องพ่นอย่างระมัดระวัง เช่น พาราควอต (Paraquat), ไกลโฟเซต (Glyphosate) เป็นต้น

ในการใช้สารกำจัดวัชพืช ส่วนใหญ่ไม่ได้มีผลเฉพาะต่อวัชพืชที่ต้องการกำจัดเท่านั้น แต่ยังเกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค เกษตรกร สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ รวมถึงห่วงโซ่อาหาร และสิ่งแวดล้อมก็ได้รับผลกระทบจากสารกำจัดวัชพืช ดังนี้

- (1) อาการเป็นพิษแบบเฉียบพลัน เกิดขึ้นเมื่อได้รับพิษจากสารกำจัดศัตรูพืชในแบบทันทีทันใด เช่น ปวดศีรษะ มึนงง คลื่นไส้ อาเจียน เจ็บหน้าอก ปวดกล้ามเนื้อ เหงื่อออกมาก ท้องร่วง เป็นตะคริว หายใจติดขัด มองไม่ชัด และอาการรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิต

- (2) ผลกระทบรุนแรงเฉพาะส่วน คือ ผลกระทบที่มีผลเพียงบางส่วนต่อร่างกายซึ่งเป็นส่วนที่สัมผัสกับสารโดยตรง เช่น ระคายเคืองต่อผิวหนัง เกิดอาการแพ้ ผิวหนังแห้งไหม้ เกิดรอยแดง ระคายเคืองต่อระบบหายใจ มีอาการจามหรือไอ น้ำตาไหล เล็บมือเล็บเท้าเปลี่ยนสีกลายเป็นสีฟ้าหรือสีดำ ในรายที่เป็นมากเล็บจะหลุดร่อน

- (3) พิษที่เกิดแบบเรื้อรัง เกิดขึ้นเมื่อได้รับพิษของสารกำจัดวัชพืชเข้าไปแล้ว แต่แสดงอาการช้า อาจกินเวลาเป็นเดือนหรือปี เช่น เป็นหมัน เสื่อมสมรรถภาพทางเพศ อัมพฤกษ์ อัมพาต มะเร็ง พาร์กินสัน เป็นต้น

(4) สารกำจัดวัชพืชมีฤทธิ์ทำให้แมลงที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำตาย กบบางชนิดเกือบสูญพันธุ์ นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำเช่น ปลา เมื่อปลาได้รับสารเคมีกำจัดวัชพืชเข้าไปจะมีผลกระทบต่อการว่ายน้ำ ความเสียหายของเหงือกและโครงสร้างตับที่เปลี่ยนไป

(5) สารกำจัดวัชพืชสามารถปนเปื้อนลงสู่ดิน น้ำ แหล่งน้ำใต้ดิน และมีโอกาสปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมสูง

วัชพืชบางชนิดสามารถปรับตัวให้ต้านทานต่อสารกำจัดวัชพืชได้ทำให้ดื้อยาและต้องใช้ปริมาณที่สูงขึ้น หรือเปลี่ยนชนิดยาให้มีฤทธิ์แรงกว่าเดิม แต่ยิ่งจะเพิ่มความรุนแรงและส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

ด้วยเหตุนี้ทำให้ทุกประเทศเริ่มหันมาสนใจและเริ่มแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยออกกฎหมายบังคับเลิกใช้ ห้ามผลิต จำหน่าย ครอบครอง สารเคมีสังเคราะห์ที่มีอันตรายสูง ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงผลิตสารกำจัดวัชพืชที่ผลิตมาจากสารจากธรรมชาติออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือก (alternative herbicides) เพื่อนำมาใช้ทดแทนสารเคมีสังเคราะห์ และได้เริ่มมีการพัฒนาการนำสารสกัดจากธรรมชาติมาใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช เนื่องจากสารสกัดจากธรรมชาติไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค และผลผลิต อีกทั้งไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและศัตรูธรรมชาติ สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่ายจึงไม่มีการตกค้างอยู่ในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม การใช้สารสกัดจากพืช สารชีวภัณฑ์ หรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการกำจัดศัตรูพืชอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม หากเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ทางเลือกที่เหมาะสมก็อาจเกิดปัญหาตามมาได้ เช่น การใช้กรดน้ำส้มสายชูหรืออะซิติก แอซิด ผสมกับน้ำยาล้างจานและเกลือเข้มข้น ถึงแม้จะทำให้หญ้าตายแต่จะทำให้ดินเสื่อมสภาพจากการเป็นกรดและดินเค็มได้

จากการที่กระทรวงสาธารณสุข ได้ประกาศว่า มีมติให้ยกเลิกการใช้สารเคมี 2 ชนิด คือ พาราควอต (paraquat) และ คลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos) ซึ่งถูกกำหนดเป็นวัตถุอันตรายชนิด 4 ที่ไม่อนุญาตให้มีการใช้ โดยระหว่างนี้จะไม่อนุญาตให้มีการขึ้นทะเบียนเพิ่ม ไม่ต่ออายุทะเบียน และต้องยุติการนำเข้าภายในวันที่ 1 ธ.ค. 2560 เพื่อให้หน่วยงานภาครัฐ ผู้ประกอบการและเกษตรกร มีเวลาเตรียมตัวหาทางเลือกอื่นและจัดการกับผลิตภัณฑ์คงค้างในตลาด จึงกำหนดเวลายุติการใช้สารเคมีทั้ง 2 ชนิด ในวันที่ 1 ธ.ค. 2562 โดยการประชุมครั้งนี้มีนักวิชาการเข้าร่วมลงมติหลายฝ่าย ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญจากกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยมหิดล มูลนิธิการศึกษาไทย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) และเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Thai-PAN) โดยในที่ประชุมมีการพิจารณาแนวทางการจัดการปัญหาการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีความเสี่ยงสูง 3 ตัว ได้แก่ พาราควอต คลอร์ไพริฟอส และ ไกลโฟเสต เพื่อให้ประชาชนในประเทศทั้งเกษตรกรและผู้บริโภคปลอดภัยจากสารเคมีอันตราย ทั้งนี้แผนปฏิบัติการเพื่อลด ละ เลิก การใช้พาราควอต และคลอร์ไพริฟอสคือ

1. กำหนดเพดานปริมาณการนำเข้า อ้างอิงจากค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 3 ปี

2. ให้บริษัทรายงานปริมาณการนำเข้า ปริมาณการขายและปริมาณคงค้างแก่กรมวิชาการ การเกษตรและสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ทุก 3 เดือน
3. บริษัทเรียกคืนผลิตภัณฑ์คงค้างในตลาดให้แล้วเสร็จภายใน 31 ธันวาคม 2562
4. เฝ้าระวัง/สุ่มตรวจร้านค้า และเฝ้าระวังการตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม ที่ผ่านมาพบว่ามี การนำเข้าพาราควอตมากถึง 128 บริษัท และคลอไพริฟอส ถึง 81 บริษัท

ซึ่งกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ในฐานะที่เป็นหน่วยงานในการขึ้นทะเบียนสารพิษดังกล่าว จะ ประกาศเกี่ยวกับการไม่อนุญาตให้ขึ้นทะเบียนหรือจำกัดการใช้ ส่วนคณะกรรมการวัตถุอันตรายจะประกาศ จัดให้พาราควอต และคลอไพริฟอส เป็นวัตถุอันตรายประเภทที่ 4 เป็นสารที่ผิดกฎหมาย ไม่อนุญาตให้ใช้ ครอบครอง และจำหน่าย

ในส่วนสารไกลโฟเซต (Glyphosate) เป็นสารกำจัดวัชพืช หรือยาฆ่าหญ้า ซึ่งมักรู้จักกันในชื่อ การค้า "ราวด์อ๊อฟ" ที่มีปริมาณนำเข้าสูงสุด 58.1 ล้านกิโลกรัม และมีการใช้ในประเทศ 57.6 ล้านกิโลกรัม ใน ปี 2558 เป็นสารพิษที่นำเข้ามามากที่สุดคิดเป็นสัดส่วนสูงถึง 40% ของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่งสถาบันวิจัย มะเร็งนานาชาติ (IARC) ขององค์การอนามัยโลกจัดให้เป็นสารที่น่าจะก่อมะเร็งชั้น 2A สารนี้มีพิษรบกวน การทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine disruptor) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออวัยวะในร่างกาย มีความสัมพันธ์ กับการเกิดโรคเพิ่มมากขึ้น 22 โรค เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง อัลไซเมอร์ เป็นต้น ที่ประชุมมีข้อเสนอ ให้บังคับใช้กฎหมายที่มีอยู่โดยจำกัดการใช้อย่างเข้มงวด ดังนี้

1. ห้ามใช้สำหรับเกษตรกรในพื้นที่สูงและพื้นที่ต้นน้ำ
2. ห้ามใช้ในบริเวณแม่น้ำ ลำคลองและแหล่งน้ำในพื้นที่ใกล้เคียง
3. ห้ามใช้ในพื้นที่สาธารณะ
4. ห้ามใช้ในเขตชุมชนงดใช้ในพื้นทีใกล้ โรงพยาบาล โรงเรียน ศูนย์เด็กเล็ก รวมถึงในพื้นที่ อุทยาน โดยจะมีการให้ความรู้/สร้างความเข้าใจ/มาตรการการส่งเสริมและสนับสนุนให้แก่ ผู้เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐผู้ประกอบการ เกษตรกร

รวมถึงกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ประกาศควบคุมไกลโฟเซต คลอไพริฟอส และพาราควอต ทั้งเกษตรกร ผู้ใช้พ่นยา ผู้ขาย ผลิต นำเข้า ห้ามใช้พื้นที่ต้นน้ำ 5 ลบับ ผ่านเว็บไซต์ราชกิจจานุเบกษา วันที่ 23 เมษายน 2562 โดยจะบังคับใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนด 180 วันนับตั้งแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษา ประกอบด้วย ผู้มีบุคลากรทำหน้าที่รับผิดชอบเฉพาะในการควบคุมการขายวัตถุอันตรายที่เกี่ยวกับ ไกลโฟ

เขต คลอร์ไพริฟอส และพาราควอต ที่ผ่านอบรมจากกรมวิชาการเกษตรและต้องเข้าอบรมทุกๆ 3 ปี ผู้ใช้ต้องแสดงหลักฐานการใช้กับพืชและพื้นที่ตามที่ระบุในหลักฐานการซื้อขาย ผู้ครอบครองต้องแยกออกจากวัตถุอันตรายอื่นๆ และมีป้ายแสดงข้อความว่า “วัตถุอันตรายที่จำกัดการใช้” ห้ามใช้ไกลโฟเซต ในพื้นที่ปลูกพืชผักสมุนไพร ต้นน้ำ พื้นที่สาธารณะ ให้ใช้เฉพาะในการปลูกอ้อย ยางพารา ปาล์มน้ำมัน มันสำปะหลัง ข้าวโพด และไม้ผล จำกัดการใช้คลอร์ไพริฟอส ให้ใช้เฉพาะเพื่อกำจัดหนอนเกาะลำต้นไม้ผลเท่านั้น และให้ผู้ใหญ่บ้าน กำนัน ปลัดองค์การบริหารส่วนตำบล เป็นผู้ตรวจสอบการใช้วัตถุอันตราย

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาเหตุผลจากการประกาศยกเลิกการใช้สารเคมีทั้งสองชนิดนี้ พบว่าพาราควอต (paraquat) เป็นสารกลุ่ม bipyridylium คนทั่วไปมักรู้จักกันในชื่อการค้า “Gramoxone” (กรัมม็อกโซน) ผลิตโดยบริษัท ICI ประเทศอังกฤษ ในปี 2501 มีการใช้ 29.8 ล้านกิโลกรัม ในปี 58 เกษตรกรนิยมใช้กันมากเป็นอันดับ 2 รองจากไกลโฟเซต มีสัดส่วนสูงถึง 20% ของสารเคมีเกษตรที่ประเทศไทยนำเข้าทั้งหมด เป็นสารเคมีกำจัดวัชพืชที่มีพิษเฉียบพลันสูง และไม่มียาถอนพิษ นานาประเทศ ได้ยกเลิกการใช้ก่อนหน้าที่นี่เช่น ศรีลังกา จีน เวียดนาม บอสเนีย เซอร์เบีย โควินเนีย ลาว คูเวต ไอเวอร์รีโคสต์ ซีเรีย อาหรับเอมิเรตส์ นอร์เวย์ สวิตเซอร์แลนด์ สหภาพยุโรป เป็นต้น เนื่องจากมีเหตุผลว่าสารชนิดนี้เชื่อมโยงกับภาวะทางสุขภาพและกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พาราควอตเป็นสารกำจัดวัชพืชแบบไม่จำเพาะเจาะจง (Non-Selective herbicide) ที่ออกฤทธิ์ดูดซึมเมื่อสัมผัสที่ใบไม้และเคลื่อนที่ไปทั่วต้นวัชพืชจะทำลายกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์พืชแตก ทำให้น้ำรั่วออกมาจากเซลล์ทำให้พืชแห้งตายอย่างรวดเร็ว พาราควอตสามารถเคลื่อนย้ายภายในพืชได้ดีจึงเป็นเหตุที่จะมีการสะสมในส่วนต่างๆ ของพืชเพิ่มสูงขึ้น พาราควอตเป็นสารเคมีที่ระเหยได้ยากและละลายได้ดีในน้ำ จึงมักพบได้ในดินและน้ำผิวดินและใต้ดิน เมื่อปนเปื้อนในดินจะถูกดูดซับไว้และสามารถทนต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์นานกว่า 17 ปี มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการตกค้างของพาราควอตในน้ำโดย สุภาพร ใจการุณ และคณะ (2557) พบว่า มีการตกค้างในน้ำของประเทศไทย เท่ากับ 28.23 ± 0.51 ไมโครกรัม/ลิตร ซึ่งเกินกว่า ค่า Maximum allowable concentration (MAC) ที่กำหนดไว้เพียง $= 10$ ไมโครกรัม/ลิตร ผู้ที่กินพาราควอตจะถูกดูดซึมเข้าไปในเลือดหลังจากนั้นจะกระจายไปอยู่ตามเนื้อเยื่อต่างๆ เช่น ตับ ไต และปอด หากรับในปริมาณที่สูงจะทำให้เสียชีวิตเนื่องจากภาวะไตวาย ภาวะการณ้หายใจล้มเหลว เนื่องจากปอดไม่ทำงาน เมื่อพาราควอตเข้ามาในเซลล์จะเกิดความเสียหายต่อ Mitochondria ของเซลล์ และการทำให้เกิดอนุมูลอิสระจะไปขัดขวางกระบวนการชีวเคมี เป็นสาเหตุทำให้เซลล์ตาย และเนื่องจากสารนี้มีฤทธิ์ caustic ซึ่งกัดทำลายเซลล์ ผิวหนังและเนื้อเยื่อจนเป็นแผลบริเวณที่ถูกสัมผัส อาการแสดงระยะแรก พบแผลบวมแดงในปาก เจ็บปากเจ็บคอ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย ในรายที่มีอาการมาก อาจเกิดลมรั่วเข้า

ช่องอก (pneumomediastinum) ระยะ 1-4 วัน จะมีอาการไตวายและดับวาย ปัสสาวะออก และเสียชีวิตภายใน 3 สัปดาห์

จากการรายงานของ Vale JA, et al., 1987 ผู้ป่วยที่กินสารละลายที่กินพาราควอต ปริมาตร 15 ml หรือ 1 ช้อนโต๊ะ (หรือ > 40 mg Paraquat/kg) จะเสียชีวิตภายในไม่กี่ชั่วโมงถึงภายในหนึ่งวันเนื่องจากไม่มียาแก้พิษจำเป็นจะต้องทำการรักษาตามอาการและลดพิษโดยการทำให้อาเจียน กลืนสารดูดซับ กินยาขับปัสสาวะ และป้องกันภาวะไตวายเท่านั้น มีรายงานว่าพบมารดาที่ตั้งครรภ์ที่กลืนกินพาราควอตจนเสียชีวิต และผลการตรวจวัดปริมาณพาราควอตในเลือดของทารกในครรภ์ พบว่ามีปริมาณสูงกว่าในเลือดของมารดา 4 – 6 เท่า พบว่าทารกเสียชีวิตเนื่องจากปอด และ อวัยวะอื่นๆ ถูกทำลาย

เมื่อกินสารพาราควอต ในกรณีฆ่าตัวตายหรือการกินโดยไม่ได้ตั้งใจ จะมีอาการไหม้ของเนื้อเยื่อ ปวดแสบปวดร้อนที่ปากและลำคอ เกิดการอักเสบของกระเพาะอาหาร และลำไส้ มีอาการปวดท้อง เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน และ อุจจาระร่วง หาก กระเด็นเข้าตา จะทำให้ตาอักเสบ ปวดแสบ ปวดร้อน และเป็นแผล ที่กระจกตา เซลล์ปอด ได้รับความเสียหาย เกิดโรคถุงลมอักเสบ เกิดภาวะปอดบวมน้ำ และเป็นพังพืด

การรับพาราควอต เข้าสู่ร่างกายมีความสัมพันธ์ กับการเกิด โรคพาร์กินสัน โดยพาราควอต ฆ่าทำลายเซลล์ประสาท Substantia nigra ซึ่งมีหน้าที่สร้างสาร โดปามีน (Dopamine) ที่มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของร่างกายส่งผลให้สมองสูญเสียการควบคุม การสั่งงานของกล้ามเนื้อ มีปัญหาเกี่ยวกับกล้ามเนื้อ การเคลื่อนไหว กล้ามเนื้อแข็งเกร็ง มีอาการสั่น และมีลักษณะการเดินที่ช้าลง ไหล่ข้อม และ สัมง่าย

การรับพาราควอตยังสัมพันธ์กับการเกิด โรคอัลไซเมอร์ โดยเข้าไปทำลายเซลล์ประสาทในสมอง และทำลายสมองส่วน Hippocampus region ซึ่งส่งผลกระทบต่อทำให้การเรียนรู้ และ การจดจำลดลง มีผลเสียต่อการพัฒนาสมองของเด็กเป็นพิษต่อระบบสมองส่วนกลาง รบกวนการทำงานของสมอง

นอกจากนี้ยังให้เสี่ยงต่อการเป็นเบาหวาน คือทำให้ร่างกายคือ ยับยั้ง การออกฤทธิ์ของ insulin ทำให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง รวมถึงอาจทำให้เป็นมะเร็งเพราะทำให้เกิดพิษต่อยีน เกิดความเสียหายต่อ DNA จน Chromosome เกิดความผิดปกติ

สำหรับในหนูทดลอง พบว่าพาราควอตเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์ของผู้ ทำให้อวัยวะสืบพันธุ์ มี น้ำหนักลดลง เส้นผ่าศูนย์กลางของ seminiferous tubules มีขนาดลดลง มีการเสื่อมของเยื่อ กลุ่มท่อ นำอสุจิ มีการลดลงของเซลล์อสุจิซึ่งมีลักษณะผิดปกติ มีการตายสูงขึ้น รวมถึงมีการลดลงของฮอร์โมน ยังมีรายงานว่าพาราควอตเป็นพิษต่อตัวอ่อนในครรภ์ สัมพันธ์กับการเกิดทารกวิรูป ทารกพิการในมนุษย์ ยังพบว่ามีผล ต่อการสืบพันธุ์หรือการฟักไข่ของนก

สำหรับผลของสารชนิดนี้ต่อกบ พบว่าเป็นพิษต่อไข่ของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ โดยทำลาย DNA ของ ลูกอ๊อด จะมีการตายของตัวอ่อนในครรภ์และลูกอ๊อดสูงขึ้น และทำให้การเจริญเติบโตหยุดชะงัก ลูกอ๊อดมี หางที่คดผิดปกติ และลำไส้มีวนเป็นวง ลูกอ๊อดที่รอดตายจะเจริญเติบโตช้า หรือหยุดชะงัก กุ้งน้ำจืดที่ได้รับ พาราควอตจะกินอาหารลดลง น้ำหนักลดลง ผีเสื้อที่สัมผัสพาราควอตโดยตรง พบว่าตาย 55 % ภายใน 2 วัน และหลังจากนั้นจะตาย 99% สารชนิดนี้ยังเป็นพิษต่อ เชื้อรา และแบคทีเรีย ในดิน ทำให้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ในดินลดลง พาราควอตเป็นพิษต่อสาหร่าย สีเขียว-น้ำเงิน ที่มีประโยชน์

จึงพอสรุปได้ว่ายาฆ่าหญ้าทั้ง พาราควอตและไกลโฟเสตมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงต่อการเกิดอาการ ผิดปกติ โรคต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญ หากในอนาคตอันใกล้มีการยกเลิกการใช้สารทั้งสองชนิดนี้ จะต้องหา สารอื่นมาทดแทน ซึ่งแนวโน้มจะเป็นสารที่มาจากธรรมชาติและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าที่จะเป็น สารเคมีสังเคราะห์ที่มีพิษรุนแรง รวมถึงเสี่ยงการใช้สารฆ่าหญ้าที่ผิดหลักวิชาการ เช่น ไข่เกลือแกงเข้มข้น หรือกรดน้ำส้มสายเข้มข้นราดรดให้หญ้าตาย เป็นต้น

สารออกฤทธิ์(active compound) ที่พบในพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ฆ่าวัชพืช (herbicide activity phytotoxic) หรือสามารถยับยั้งการงอกและการเจริญของวัชพืช (weed control by anti-germination activity) ส่วนใหญ่ เป็นสาร mono-terpene ได้แก่ limonene, sarmentine, sabinene, α -pinene and γ -terpinene, artemisinin, 1,8-cineole, cynmethylin, nitropropanonic acid, sogolenone, p-cymene, carvacrol, terpinen-4-ol, thujone, 4-terpineol, citral, Raphanus sativus, 2,4 D, thymol โดยเฉพาะสาร Eugenol และ 1,8-cineole จะมีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกของวัชพืชได้สูงมาก สารออกฤทธิ์เหล่านี้มักจะมีอยู่มากในส่วนที่เป็นน้ำมันของพืชซึ่ง ส่วนน้ำมันนี้จะสาร mono terpene เหล่านี้ในปริมาณสูง บางส่วนจัดอยู่ในกลุ่มน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ตัวอย่างพืชสมุนไพรพื้นบ้านที่มีสารเหล่านี้ได้แก่ กานพลู ยูคาลิปตัส ตะไคร้ ใพล่ ข่า มะกรูด การบูร จิง คีปรี กระเทียม กระวานเทศ กระชาย สน หางไหล หัวไชเท้า ตะไคร้ต้น แผลกหอม เปราะหอม โหระพา เป็นต้น

การสกัดสารออกฤทธิ์ ในพืชสมุนไพร โดยส่วนใหญ่จะสกัดด้วยวิธีแช่ด้วยตัวทำละลาย (solvent) หรือการกลั่นด้วยไอน้ำ (water distillation) จากนั้นจึงแยกตัวทำละลายอินทรีย์ออกโดยใช้กรวยแยก หรือระเหยเป็นวิธีการสกัดที่ได้ปริมาณสารออกฤทธิ์สูง แต่กระบวนการดังกล่าวจะต้องมีเครื่องมืออุปกรณ์ขนาดใหญ่ราคาแพง จึงมีต้นทุนการผลิตสูง การสกัดแบบต่อเนื่องแบบ soxhlet โดยให้ความร้อนต้มตัวทำละลายระเหยแล้วควบแน่นเป็นของเหลวหยดลงในพืชสกัดแบบนี้วนไปเรื่อยๆ มีประสิทธิภาพสูงแต่สกัดขนาดเสกเล็ก ๆ รวมถึงการใช้ความร้อนในการสกัดจะทำให้สารออกฤทธิ์สลายตัวหรือเปลี่ยนแปลง การใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่เป็นพิษในปริมาณมากต้องมีกระบวนการแยกหรือกำจัดตัวทำละลายเหล่านี้ออกไป จึงเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรในการจัดการเครื่องมืออุปกรณ์ และกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายนี้เป็นสารเคมีที่มีพิษไม่สามารถใช้ในกระบวนการปลูกอินทรีย์ได้

ในประเทศไทย ปัจจุบันมีการศึกษาเพียงหาพืชสมุนไพรเชิงเดี่ยวที่มีสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ยังยั้งการงอกของเมล็ด หรือฆ่าวัชพืชนั้นๆ ยังไม่มีการนำมาพัฒนาต่อยอดประยุกต์หาสูตรผสมที่สามารถนำมาใช้จริงในระดับแปลงปลูก

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรผสมสารกำจัดวัชพืช(ยาฆ่าหญ้า)จากพืชสมุนไพรไทย ท้องถิ่นทดแทนการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชที่มีพิษรุนแรง(พาราควอต ไดควอต 2,4-D และไกลโฟเซต) ออกมาเป็นนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ใหม่ สามารถใช้ได้กับการปลูกระบบอินทรีย์ไม่เป็นพิษจากสารเคมีตกค้าง ปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มูลนิธิฯ สามารถผลิตขึ้นใช้งานได้เองสามารถปฏิบัติงานได้จริงในเชิงเกษตรกรรม เป็นการพัฒนา สนับสนุนงานอารักขาพืชด้านระบบการเพาะปลูกแบบ IPM เพิ่มความปลอดภัย และลดการใช้สารเคมี ทั้งนี้ยังสามารถนำผลิตภัณฑ์นำไปใช้ประโยชน์ให้กับหน่วยงานต่างๆที่ต้องการใช้ต่อไป ที่มีประสิทธิภาพ ขึ้นมาเองโดยไม่ต้องนำเข้าสั่งซื้อจากต่างประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง และขอบเขตของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

พัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรผสมสารกำจัดวัชพืช(ยาฆ่าหญ้า) ที่มาจากพืชสมุนไพรไทยท้องถิ่น ทดแทนการใช้พาราควอตและไกลโฟเซต ไม่เป็นพิษจากสารเคมีตกค้าง ปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และสามารถต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์บรรจุสำเร็จได้

ขอบเขตของการวิจัย

ดำเนินงานวิจัยในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์สารตกค้าง ห้องปฏิบัติการโรคพืช เพื่อศึกษาพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพสูตรสารกำจัดวัชพืชจากสมุนไพรไทยท้องถิ่นต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืช และสามารถต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์บรรจุสำเร็จ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ส่งเสริมของมูลนิธิโครงการหลวง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้สูตรผสมสารกำจัดวัชพืช(ยาฆ่าหญ้า) ที่มาจากพืชสมุนไพรไทย ทดแทนการใช้พาราควอตและไกลโฟเซต ไม่เป็นพิษจากสารเคมีตกค้าง ปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และสามารถต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์บรรจุสำเร็จได้ สามารถส่งเสริมการปลูกสมุนไพรไทยเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตยาฆ่าหญ้า หรือ สามารถปรับปรุงเป็นสูตรผสมจากสารสังเคราะห์เลียนแบบจากธรรมชาติเพื่อลดต้นทุนการผลิตได้

ตาราง 1 ผลผลิตและตัวชี้วัดของโครงการวิจัยผลลัพธ์ (Outcome) และตัวชี้วัดผลลัพธ์

ผลผลิต	ตัวชี้วัด			
	เชิงปริมาณ	เชิงคุณภาพ	เวลา	ต้นทุน
สารออกฤทธิ์หลักที่มีความสามารถด้านการงอกและการเจริญของวัชพืช	10 ชนิดพืชสมุนไพรท้องถิ่น	ทราบชนิดสารออกฤทธิ์หลักที่มีคุณสมบัติเด่นในการกำจัดวัชพืช		
สูตรผสมสารกำจัดวัชพืช(ยาฆ่าหญ้า)และอัตราการใช้วิธีการใช้	1-2 สูตรผสม	สูตรผสมสารกำจัดวัชพืช(ยาฆ่าหญ้า)ที่สกัดมาจากพืชสมุนไพร		การซื้อสารเคมีกำจัดวัชพืชที่อันตรายเพื่อนำมาใช้ลดลง

บทที่ 2

ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

2.1.1 สมุนไพร

สมุนไพร (Medicinal Plant หรือ Herb) กำเนิดตามธรรมชาติและมีความหมายตามพจนานุกรมลब्บราชบัณฑิตยสถานว่า "พืชที่ใช้ทำเครื่องยาซึ่งหาได้ตามพื้นเมืองมิใช่เครื่องเทศ" (คณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน, 2540; อาทร, 2533) ตามความหมายของพจนานุกรมลब्บราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2525 หมายถึง พืช ที่นำไปทำเป็นเครื่องยา มีสรรพคุณในการรักษาโรค หรืออาการเจ็บป่วยต่างๆ (หาได้ตามพื้นบ้าน หรือป่า) นอกจากนั้นความหมายของ “ยาสมุนไพร” ตามพระราชบัญญัติยา พุทธศักราช 2510 หมายถึง ยาที่ได้จากส่วนของพืช สัตว์แร่ธาตุ ซึ่งยังมีได้ผสมปรุงหรือแปรสภาพ(ยกเว้นการทำแห้ง) แต่การนำไปใช้สามารถดัดแปลงรูปลักษณะเพื่อความสะดวกยิ่งขึ้น อาทิ การนำไปหั่นให้เล็กลง การนำไปบดเป็นผง เป็นต้น เช่น พืชก็ยังเป็นส่วนของราก ต้น ใบ ดอก ผล ซึ่งยังไม่ได้ หั่น บด หรือสกัดสารที่สำคัญออกไป (นิพล, 2541) การใช้บำบัดอาจใช้แบบสมุนไพรเดี่ยวๆ หรืออาจใช้ในรูปของตำรับยาสมุนไพร ฉะนั้นการนำสมุนไพรมาใช้ต้องคำนึงถึงธรรมชาติของสมุนไพรแต่ละชนิด พันธุ์สมุนไพร สภาวะแวดล้อมการปลูก ฤดูกาล และช่วงเวลาเก็บสมุนไพรนับเป็นปัจจัยที่สำคัญที่กำหนดคุณภาพของสมุนไพรนั้น (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน, 2531)

ประวัติการใช้พืชสมุนไพรในประเทศไทย

การใช้พืชสมุนไพรในประเทศไทยนั้น มีการใช้เป็นยาพื้นบ้านสืบเนื่องกันมานานแล้ว แต่มิได้มีการจดบันทึกหลักฐานต่าง ๆ ไว้อย่างชัดเจนจนกระทั่งมีการประดิษฐ์ตัวอักษรไทยในสมัยกรุงสุโขทัยเมื่อประมาณ 700-1,000 ปีที่ผ่านมา แต่สันนิษฐานว่าคงไม่ได้มีการจดบันทึกตำรายานานต่าง ๆ ไว้มากมายนัก น่าจะมีการจดจำและบอกเล่าสืบต่อกันมาจนถึงยุคของกรุงศรีอยุธยา ดังเช่น ตำราพระโอสถพระนารายณ์” ซึ่งเป็นคัมภีร์เก่าแก่โบราณ ที่สืบทอดมาตั้ง แต่สมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราชแห่งกรุงศรีอยุธยา และยังคงได้รับความนิยมนำมาจนถึงยุครัตนโกสินทร์ ในตำราพระโอสถดังกล่าวประกอบด้วยตำรายาไทยถึง 81 ตำรับบันทึกไว้โดยแพทย์หลวง 9 นายที่ทำหน้าที่ปรุงพระโอสถถวายสมเด็จพระนารายณ์มหาราช ระหว่างปี พ.ศ. 2203-2230 และในตอนต้นของกรุงรัตนโกสินทร์ ซึ่งตรงกับคริสตวรรษที่ 18 ในช่วงแห่งการครองราชย์ของ

พระบาทสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช รัชกาลที่ 1 และพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย รัชกาลที่ 2 ได้มีการรวบรวมและบันทึกตำรายาขนานต่าง ๆ ไว้ ในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 3 ได้ทรงให้มีการจารึกตำรายาและสรรพคุณของสมุนไพรชนิดต่าง ๆ ไว้บนกำแพงของวัดพระเชตุพนวิมลมังคลาราม(วัดโพธิ์ ท่าเตียน) เมื่อถึงรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5 ได้ทรงโปรดให้มีการเรียบเรียงและตีพิมพ์ตำรายา และสรรพคุณของสมุนไพรชนิดต่าง ๆ โดยได้มีการชำระตำรายาไทย ควบคู่กับศาสตร์การแพทย์ตะวันตกที่กำลังเฟื่องฟู ในปี พ.ศ. 2431 จัดมีการตั้งศิริราชพยาบาล (โรงพยาบาลศิริราชในปัจจุบัน) และโรงเรียนแพทยากร ให้ทำการเรียนการสอนทั้งการแพทย์แผนไทยและการแพทย์แผนตะวันตก พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ทรงให้ชำระตำราดั้งเดิมใหม่ให้ถูกต้องมากที่สุด เพื่อจดบันทึกเก็บไว้ใน "หอพระสมุดหลวง" เรียกตำราที่ชำระใหม่นี้ว่า "ตำราเวชศาสตร์ฉบับหลวง" หรือ "ตำราแพทยศาสตร์สงเคราะห์" ซึ่งนับว่าเป็นตำราแห่งชาติฉบับแรก ทว่ายังไม่สมบูรณ์ดี จึงมีการจัดพิมพ์ตำราขึ้นใหม่ เป็นตำราแพทยศาสตร์สงเคราะห์ฉบับหลวง จำนวน 2 เล่ม และตำราแพทยศาสตร์พอสังเขป (ตำราเวชศึกษา) อีก 3 เล่ม ต่อมาใน พ.ศ. 2440 ทรงโปรดเกล้าฯ ให้ยกโรงเรียนแพทยากรขึ้นเป็น โรงเรียนราชแพทยาลัย ส่วนของตำราที่จัดทำขึ้นใหม่นั้น ได้ผลิตยาตามตำราหลวงขึ้น 8 ขนานเป็นครั้งแรก ซึ่งกระทรวงสาธารณสุขยังคงนำมาใช้เป็นตำราในการเรียนรู้และรักษาผู้ป่วยมาจนถึงปัจจุบันซึ่งตกทอดสืบต่อมาจนถึงปัจจุบัน แต่เมื่อมีการนำยาที่ผลิตจากชาติตะวันตกเข้ามาใช้ในประเทศไทย ความนิยมในการใช้ยาสมุนไพรสำหรับรักษาโรคก็ตกต่ำลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากตำรับยาต่าง ๆ นั้นไม่ได้กล่าวถึงวิธีการวิจัย การปรุงการเตรียม และสัดส่วนที่ถูกต้องแน่นอน ทำให้การรักษาโรคไม่ได้ผล และอาจเกิดจากความหวังวิชาของแพทย์แผนโบราณ ที่ไม่ยอมจดตำรายาที่ถูกต้องลงไป แต่การที่เราหันไปนิยมใช้ยาที่ผลิตจากต่างประเทศทั้ง ๆ ที่พืชวัตถุดิบหลายชนิดเป็นพืชที่ปลูกในประเทศไทย แล้วนำไปจำหน่ายยังต่างประเทศนั้น มีผลให้เกิดการเสียดุลทางการค้า ยามีราคาแพงกว่าต้นทุนการผลิตมากมีการเอาเปรียบผู้บริโภค โดยผู้นำเข้า ยาที่เป็นที่นิยมบางชนิดอาจมีราคาแพง เมื่อมีความต้องการของผู้บริโภคเกิดขึ้นในระยเวลานั้น รัฐบาลเองก็ไม่สามารถจัดให้มีสุขอนามัยที่ดีระหว่างชุมชนเมืองและชุมชนชนบทได้ เนื่องจากความต้องการคุณภาพของยาไม่เท่ากัน ส่วนการผลิตพืชสมุนไพรเพื่อการส่งออกนั้น ยังคงไม่สามารถพัฒนาได้มากนัก เนื่องจากยังไม่มีการพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตพืช เป็นปริมาณมากตามความต้องการของระบบอุตสาหกรรมได้อย่างเต็มที่ และทั้งนี้ขึ้นกับความแปรปรวนในความต้องการของตลาดโลกด้วย

การจำแนกพืชสมุนไพรไทย

การจำแนกพืชสมุนไพรสามารถจำแนกได้หลายวิธี ดังนี้

1. การจำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์

1.1 สมุนไพรที่ใช้เป็นยา แบ่งได้เป็นยารับประทาน ซึ่งนำมารับประทานเพื่อรักษาอาการของโรคได้ เช่น รากชิงช้า รากย่านาง รากคนทา รากเท้าชายม่อม รากมะเดื่อชุมพร ในตำรับยาห้ารากลูกไก่ และกระทิงพิชไข่ เป็นต้น, ย่านาง รากจืด ถูกลำนำมาใช้เป็นยาถอนพิษและขับพิษ, รากปลาไหลเผือก รากโศคนาง รากพญาไฟ ใช้ในการถอนผู้ติดเหล้า และยาสำหรับใช้ภายนอก เป็นสมุนไพรที่สามารถนำมาบำบัดโรคที่เกิดขึ้นตามผิวหนังแผลที่เกิดขึ้นตามร่างกาย เช่น บัวบก ว่านหางจระเข้ ใช้รักษาแผลน้ำร้อนลวก, ทองพันชั่ง ต้นเหียงอกปลาหมอ และ เสลดพังพอน ใช้รักษาโรคทางผิวหนัง เป็นต้น

1.2 สมุนไพรที่ใช้เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและเครื่องดื่มน้ำมันสมุนไพรหลายชนิดสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อบำรุงสุขภาพ เช่น บุก คุณฉับใจมันในจากเส้นเลือด ส้มแขก ยับยั้งกระบวนการสร้างไขมันจากแป้ง มะขามป้อมมีวิตามินซีสูงใช้เสริมภูมิคุ้มกันต้านโรคหวัดช่วยป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน, สมอไทย สมอเทศ มะขามป้อม ถูกจัดเป็นตำรับยามหาพิภดรักษิตา สำหรับพระสงฆ์สามารถกินเป็นโอสถป้องกันและรักษาโรคได้แม้ในยามวิกาล และถือว่าเป็นยาบำรุงธาตุให้เจริญ (tonic element) หรือเรียกว่า ยาอายุวัฒนะ

1.3 สมุนไพรที่ใช้เป็นเครื่องสำอาง เช่น ขมิ้นชัน ไพล อัญชัน ว่านหางจระเข้ มะค่าดีควาย เห็ดหลินจือ กัญชง ที่เป็นส่วนผสมในแชมพู ครีมนวดผม สบู่ โลชั่น เป็นต้น

1.4 สมุนไพรที่ใช้ในการเกษตร ได้แก่สมุนไพรที่ใช้ในการป้องกัน กำจัดศัตรูพืช เป็นสมุนไพรที่มีฤทธิ์เบื่อเมา เช่น สะเดา ยาสูบ ตะไคร้หอม หางไหล หนอนตายหยาก เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสมุนไพรอีกหลายชนิดที่ใช้ในการปลูกสัตว์ เช่น ฟ้าทะลายโจร ใช้ผสมอาหารสัตว์ เป็นต้น

1.5 สมุนไพรที่ใช้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย เช่น โหระพา มะกรูด ไพล กานพลู ตะไคร้หอม

2. การจำแนกตามลักษณะภายนอกพืช

2.1 ไม้ยืนต้น (tree) เป็นต้นไม้ที่มีลำต้นใหม่ ลำต้นเดี่ยว สูงมากกว่า 6 เมตร เจริญเติบโตตั้งตรงขึ้นไป

2.2 ไม้พุ่ม (shrub) เป็นต้นไม้ที่มีเนื้อไม้ขนาดเล็ก และเตี้ยมีหลายลำต้นที่แยกจากดินหรือลำต้นจะแตกกิ่งก้านใกล้โคนต้น หรือมีลำต้นเล็กๆ หลายต้นจากโคนเดียวกัน ทำให้ดูเป็นกอหรือเป็นพุ่ม

2.3 ไม้ล้มลุก (herb) เป็นพืชที่มีลำต้นอ่อน ไม่มีเนื้อไม้ หักง่าย มีอายุ 1 หรือหลายปี

2.4 ไม้เลื้อยหรือไม้เถา (climber) เป็นพืชที่มีลำต้นยาว ไม่สามารถตั้งตรงได้ต้องอาศัยสิ่งยึดเกาะตามกิ่งไม้ อาศัยส่วนของพืชเกาะ อาจเป็นลำต้น หนวดหรือหนามก็ได้

3. การจำแนกตามหลักพฤกษศาสตร์

จำแนกตามลักษณะของโครงสร้างของดอก รวมทั้งความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและวิวัฒนาการพืช โครงสร้างการจำแนกตามหลักนี้ ถือเป็นระบบที่ถูกต้องแน่นอนที่สุดเป็นที่ยอมรับทางสากล โดยพืชที่อยู่ในตระกูลหรือจิ้นัส(genus) เดียวกันจะบอกความสัมพันธ์และแหล่งกำเนิด มีความต้องการสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโต การควบคุมโรคแมลงที่คล้ายคลึง ซึ่งพืชสมุนไพรเหล่านี้จะมีชื่อวิทยาศาสตร์และชื่อวงศ์เพื่อจำแนกพืชสมุนไพรได้ถูกต้อง

ประเภทของพืชสมุนไพรไทย

พืชสมุนไพร เป็นพืชพันธุ์ไม้ต่างๆ ที่นำมาใช้ปรับปรุงหรือประกอบเป็นยารักษาโรค ซึ่งแบ่งได้เป็น 5 ประเภท คือ

1. ประเภทต้น เช่น กระดังงา กระท้อน กาหลง กระดิน เป็นต้น
2. ประเภทเถา เช่น โลกกระออม กระทกรก มะแว้งเครือ เป็นต้น
3. ประเภทหัว เช่น กระเทียม กระวาน ขมิ้น มหาภาพ กลอย เป็นต้น
4. ประเภทผัก เช่น ผักเสี้ยนผี ใบบัวบก ผักกาดนา ผักคราด ผักหวานบ้าน เป็นต้น
5. ประเภทหญ้า เช่น กระเทียมยอด ต้อยตั้ง พระจันทร์ครึ่งซีก หญ้าไต้ใบ งามันเขียว เป็นต้น

การปรุงยาสมุนไพรไทย

การปรุงยาเป็นการสกัดเอาตัวยาออกจากพืชให้มากที่สุด โดยใช้น้ำ น้ำมัน หรือเหล้า ด้วยวิธีการต้ม ชง ดอง ฝน บดเป็นผง บั่นเป็นลูกกลอน ตำคั้นเอาน้ำ เป็นต้น ซึ่งวิธีการปรุงได้แก่

1. ยาต้ม เป็นการปรุงยาสมุนไพรด้วยความร้อนที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก
2. ยาชง เป็นการปรุงยาโดยใช้สมุนไพรแห้ง เติมน้ำร้อนลงไปเป็นตัวทำละลาย ส่วนใหญ่จะใช้กับส่วนของสมุนไพรที่บอบบาง อ่อนนุ่ม เช่น ดอก ใบ ไม่ต้องใช้ต้มด้วยาก็ละลายออกมาได้

3. ยาดองเหล้า เป็นการปรุงยาโดยใช้เหล้าเป็นตัวทำลายสกัดตัวยาออกมา มักใช้กับตัวยาในสมุนไพรที่ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์
4. ยาผง เป็นการปรุงยาโดยใช้สมุนไพรที่ล้างสะอาดแล้วไปอบหรือตากให้แห้งหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วจึงบดให้เป็นผง ยาผงนี้ควรบดให้ละเอียดมาก เนื่องจากยาผงยิ่งละเอียดเท่าใดสรรพคุณก็จะดีขึ้นตามไปด้วย เพราะเมื่อรับประทานเข้าไป ยาผงที่ละเอียดจะย่อยได้ง่ายขึ้นเร็วขึ้น ตัวยาก็จะดูดซึมได้เร็วและง่ายขึ้น เวลานั้นรับประทานอาจจะใช้วิธีปั้นเป็นลูกกลอน ชง หรือผสมเหล้าก็ได้
5. ยาตำคั้นเอาแต่น้ำ ปรุงโดยการใช้สมุนไพรมาตำให้ละเอียด คั้นเอาแต่น้ำมาใช้กากทิ้งไป น้ำยาที่ได้ก็จะมึกลื่น รส รุนแรง ยามีความเข้มข้นมาก
6. ยาฝน ปรุงโดยการฝนยาในขันใส่น้ำที่สะอาด จุ่มหินหยาบขนาดเล็กลงไปให้น้ำ ให้หินโผล่เหนือน้ำเล็กน้อย ฝนยากับหินจนได้น้ำยาสีขุ่นเล็กน้อย ถ้าไม่ฝนกับหินอาจฝนกับฝ่าหม้อดินที่ใส่น้ำก็ได้
7. ยาพอก เป็นยาที่ใช้ภายนอก เตรียมโดยเอาสมุนไพรสดมาตำให้ละเอียด ผสมเหล้าเป็นน้ำกระสายยา เพื่อให้ตัวยาดูดซึมได้ดีขึ้น คนให้เข้ากันจากนั้นจึงนำยาไปพอกอวัยวะที่ต้องการรักษาตามหลักการแพทย์แผนไทย

การจำแนกสมุนไพรไทย ตามรสชาติ

รส ใช้เป็นเครื่องบ่งบอกถึงสารประกอบสำคัญและสรรพคุณของสมุนไพร หรือสัมพันธ์กับสารประกอบที่มีฤทธิ์สรรพคุณเป็นยา แพทย์แผนโบราณแบ่งรสชาติเป็น 3 รสกว้างๆ คือ รสเย็น รสร้อน รสสุ่ม ซึ่งเรียกว่า ยารสประธาน

1. ยารสร้อน ใช้เป็นยาประเภทขับลม แก้อักเสบแน่นท้อง เช่น จิง ข่า พริกไทย ดีปลี เบลูจุกุล คนที่สอทะเล กระเพราแดง กระวาน เป็นต้น
2. ยารสเย็น ใช้เป็นยาประเภทลดไข้ เช่น เกสรดอกไม้ต่างๆ รากมะเฟือง ตำลึง สารภี เถารางจืด ใบพิมเสน รากตำเจียก เมล็ดฝักข้าว เป็นต้น
3. ยารสสุ่ม ใช้เป็นยาแก้ลมหน้ามืด ใจสั่น เช่น โกงฐต่างๆ เทียน กฤษณา อบเชย จันทร์เทศชะลูด เป็นต้น

นอกจากยารสประธานแล้วยังแบ่งเป็นรสย่อยๆ ได้ออกเป็น 10 รส คือ

1. ยารสฝาด มีสรรพคุณในทางสมานแผล แก้ท้องร่วง แก้บิด บำรุงธาตุ

2. ยารสหวาน มีสรรพคุณทำให้ชุ่มชื้น บำรุงกำลัง แก้อ่อนเพลีย
3. ยารสเมาเบื่อ มีสรรพคุณแก้ไข้ ถอนพิษแมลงสัตว์กัดต่อย สมุนไพรพวกนี้จะมีสารพวก ไกลโคไซด์ และอัลคาลอยด์ ถ้ารับประทานมากจะเกิดอาการมึนงง กดประสาท
4. ยารสขม สรรพคุณสำหรับบำรุงโลหิตและดี กระตุ้นให้เจริญอาหาร แก้ไข้
5. ยารสเผ็ดร้อน สรรพคุณแก้ลมจุกเสียด แน่นเฟ้อ บำรุงธาตุ บรรเทาอาการช้ำบวม เคล็ดขัดยอก แสดงกับโรคไข้พิษร้อน
6. ยารสมัน สรรพคุณแก้เส้นเอ็นพิการ บำรุงไขข้อ บำรุงเส้นเอ็น เพิ่มพลังงานให้ร่างกาย แสดงกับโรคบิด ดีซ่าน ไอเสมหะ
7. ยารสหอมเย็น สรรพคุณบำรุงหัวใจ แก้อ่อนใน กระจายน้ำ อ่อนเพลีย บำรุงครรภ์ แสดงกับโรคในลำไส้
8. ยารสเค็ม สรรพคุณรักษาโรคผิวหนังเน่าเปื่อย น้ำเหลืองเสีย บำรุงธาตุ ช่วยย่อยอาหาร แก้เถาตานในท้อง แสดงกับโรคกระเพาะอาหารพิการ
9. ยารสเปรี้ยว สรรพคุณแก้เสมหะ ฟอกโลหิต แก้ไอ แก้กระจายน้ำ บำรุงผิว แสดงกับโรคท้องร่วง
10. ยารสจืด สรรพคุณขับปัสสาวะ แก้ไข้ แก้อ่อนในกระจายน้ำ ถอนพิษปวดแสบปวดร้อน แสดงกับโรคหน้ามืด

สารประกอบทางเคมีในพืช (Phytochemistry)

หมายถึงสารประกอบที่พืชสร้างขึ้นด้วยกระบวนการเมแทบอลิซึม รวมทั้งสารอนุพันธ์ต่าง ๆ ของสารเหล่านี้ที่ถูกสร้างขึ้นด้วย สารประกอบที่สิ่งมีชีวิตสร้างขึ้นถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. สารเมแทบอลิไท์ปฐมภูมิ (primary metabolite) เป็นสารที่ได้มาจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) รวมทั้งสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ นอกจากนี้ยังมีการหายใจ (respiration) ที่มีสารประกอบต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย และมีการสร้างพลังงานด้วย ได้แก่ สารพวก คาร์โบไฮเดรต ไขมัน กรดอะมิโน โปรตีน เพียวรีน และไพริมิดีน
2. สารเมแทบอลิไท์ทุติยภูมิ (secondary metabolite) เป็นสารที่ได้มาจากการนำสารเมแทบอลิไท์ปฐมภูมิ มาเข้าสู่กระบวนการชีวสังเคราะห์ เพื่อสร้างสารชนิดต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตอีก

ทอดหนึ่ง ได้แก่ สารพวก อัลคาลอยด์(alkaloids) ฟีนอลิก(phenolics) อะซีโทจีนิน(acetogenins) และเทอร์พีนอยด์(terpenoids)

ในการจำแนกประเภทของสารทั้ง 2 ประเภทนี้ขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของสารชนิดต่าง ๆ และสารที่มักจะมีฤทธิ์ทางยา คือ สารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (secondary metabolite) และโดยมากจะเป็นสารประกอบจำพวกฟีนอลและฟีนอลิกกลัยโคไซด์ (Phenols and phenolic glycosides) อัลคาลอยด์ เทอร์ปีนแทนนิน สเตียรอยด์ (Triterpenes and steroids) และน้ำมันหอมระเหย (essential oil)

โมนเทอร์พีน(Monoterpenes)

เป็นสารประกอบที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ 10 อะตอม เกิดจากการรวมกันของหน่วยไอโซพรีน(isoprene unit) จำนวน 2 หน่วย ได้แก่สาร iridoid, menthol, linalool, camphor, citral, citronellol, geraniol, mercaptan, eucalyptol, ocimene, myrcene, limonene, linalool, menthol, camphene, pinenes ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกเก็บอยู่ในรูปของน้ำมันหอมระเหย (Essential Oil)

น้ำมันหอมระเหย (Essential Oil)

คือ น้ำมันที่พืชสร้างขึ้นและเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ดอก ใบผล ลำต้น ตลอดจนเมล็ดซึ่งจะพบแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด คุณสมบัติที่เด่นชัด คือ มีกลิ่นหอมและระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ น้ำมันหอมระเหยเป็นกลุ่มสารอินทรีย์ กลิ่นดังกล่าวไม่จำเป็นต้องหอมเสมอไป สะสมอยู่ในบริเวณผนังเซลล์จากพืช เป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากการเจริญเติบโต ซึ่งประกอบด้วย 2 ขบวนการ คือ การเผาผลาญ (catabolism) และการสร้าง (anabolism)

ปัจจุบันน้ำมันหอมระเหยกลายเป็นสิ่งจำเป็นต่อมนุษย์เพิ่มขึ้น และมีบทบาทอย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรม ทั้งทางด้านบริโภคและอุปโภค และที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ที่ปรุงแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหย และเครื่องหอม เช่น สบู่ ยาสีฟัน ยาระดม น้ำมันใส่ผม โลชั่น โคลโลญจ์ เป็นต้น รวมถึงอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง ยารักษาโรค

ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร

1. ออริกาโน (oregano) อยู่ในวงศ์ Lamiaceae เป็นพืชสมุนไพรพื้นเมืองในแถบเมดิเตอร์เรเนียน เช่น อิตาลี, กรีซ และสเปน อุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ

และด้านจุลินทรีย์ นิยมใช้อย่างกว้างขวางในการเพิ่มอายุการเก็บรักษาอาหาร (Figiel et al., 2010) และในการแพทย์พื้นบ้านใช้ในการรักษาโรคทางเดินหายใจ, อาหารไม่ย่อย, ปวดประจำเดือน, โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ และโรคทางเดินปัสสาวะ (Teixeira et al., 2013) อย่างไรก็ตามการใช้ออริกานอสมีข้อจำกัดสำหรับการใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและการทำอาหาร โดยทั่วไปจึงใช้ในรูปออริกานอบแห้ง (Figiel et al., 2010)

2. กานพลู (clove) จัดอยู่ในวงศ์ Myrtaceae มาจากหมู่เกาะมาลุกู, อินโดนีเซีย, มาดากัสการ์, แทนซาเนียบราซิล และศรีลังกา หนึ่งในสารประกอบหลักของกานพลู ได้แก่ ยูจีนอล (eugenol) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) เช่น flavonoids, hydroxybenzoic acids, hydroxycinnamic acids และ hydroxyphenyl propenes โดยยูจีนอล (eugenol) เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีความหลากหลาย (Cortés-Rojas et al., 2014) อาทิ การฆ่าเชื้อ, สุนัขบำบัด, ด้านไวรัส, ด้านเชื้อรา, ยาฆ่าแมลง, สารต้านอนุมูลอิสระ, สารต้านจุลินทรีย์ และเป็นสารกระตุ้นความต้องการทางเพศ (Sulistyoningrum et al., 2017) โดยทั่วไปน้ำมันกานพลูได้จากการกลั่นด้วยน้ำ (hydro distillation), การกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) (Amelia et al., 2017)

3. ตะไคร้หอม (citronella) อยู่ในวงศ์ Poaceae เป็นหญ้าขึ้นต้นในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Nakahara et al., 2003) น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพในการไล่ยุงในช่วงความเข้มข้น 0.05% - 15 % w/v ทั้งแบบเดี่ยวหรือแบบผสมกับสารอื่น ๆ หรือผลิตภัณฑ์ไล่แมลง (Sakulku et al., 2009), สารให้ความหอมในอาหาร, สบู่ และเครื่องสำอาง (Nakahara et al., 2003)

4. ไทม์ (thyme) เป็นพืชพื้นเมืองในแถบเมดิเตอร์เรเนียน มีประมาณ 100 สปีชีส์จัดอยู่ในวงศ์ Lamiaceae นิยมใช้เป็นเครื่องเทศ (Chemat et al., 2012) องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ phenol, carvacrol และ thymol ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านจุลินทรีย์และสารอนุมูลอิสระ สามารถนำไปใช้เพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษาอาหารหรือการถนอมอาหาร รวมทั้งนำมาใช้ในอาหารเพื่อให้ได้รสชาติ กลิ่น และในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางใช้ไทม์เพื่อเพิ่มคุณค่าของพืชสมุนไพร (Mandal & DebMandal, 2016)

5. มะกรูด (bergamot) อยู่ในวงศ์ Rutaceae น้ำมันมะกรูดมีทั้งส่วนที่ระเหยได้และระเหยไม่ได้ ส่วนที่ระเหยได้เป็นสารประกอบ oxygenate ที่พบมากในน้ำมันหอมระเหย และสารประกอบกลุ่มนี้ทำให้ได้กลิ่นรสของน้ำมันมะกรูด จึงนำไปใช้ในน้ำหอม (Nabiha et al., 2010) โดยสกัดได้จากเปลือก การผลิตน้ำมันหอม

ระเหยด้วยเครื่องจักรที่เรียกว่า Pelatrice ทำให้ได้น้ำมันหอมระเหยที่มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเป็นที่น่าพึงพอใจ (Verzera et al., 2003) และนำไปใช้ในน้ำหอมและอุตสาหกรรมยา โดยเฉพาะในด้านทันตกรรม, จักษุวิทยา และโรคผิวหนัง ในอุตสาหกรรมอาหารและขนม ใช้น้ำมันมะกรูดแต่งกลิ่นรสในเหล้าหวาน, ชา, ทอฟฟี่, ลูกอม, ไอศกรีม และเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ (Verzera et al., 2003) การออกฤทธิ์ในทางชีวภาพของน้ำมันมะกรูดมีการนำไปใช้กับระบบประสาทและหลอดเลือดหัวใจส่วนกลาง รวมทั้งการต้านจุลินทรีย์ (Verzera et al., 2003)

6. ยูคาลิปตัส (Eucalyptus) วงศ์ Myrtaceae เป็นพืชพื้นเมืองของออสเตรเลีย (Brooker and Kleinig, 2006) สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิง (fuel biomass) และลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศได้โดยตรง (Barton, 2000; Martin, 2002) และในทางอ้อมสามารถใช้น้ำมันหอมระเหยในการไล่แมลงศัตรูพืชและเป็นสารกำจัดศัตรูพืชได้ (Barton, 2000) การใช้น้ำมันยูคาลิปตัสมีมากกว่า 100 ปีในการใช้เป็นสารต้านแบคทีเรีย, ต้านเชื้อรา และฆ่าเชื้อโรคในธรรมชาติ (Brooker and Kleinig, 2006) อีกทั้งยังนำไปใช้ในน้ำหอม, เกล็ดขี้ผึ้งและอุตสาหกรรมอื่น ๆ (Boland et al., 1991; FAO, 1995) ในธรรมชาติ น้ำมันหอมระเหยของยูคาลิปตัสมีคุณสมบัติทางอัลลีโลพาธิค (allelopathic) ต่อต้นไม้ (Kohli, 1990; Liu et al., 2008). น้ำมันยูคาลิปตัสมีโครงสร้างที่ซับซ้อนของโมโนเทอร์ปีน (monoterpenes), เซสควิเทอร์ปีน (sesquiterpenes), แอโรมาติกฟีนอล (aromatic phenols), ออกไซด์ (oxides), อีเทอร์ (ethers), แอลกอฮอล์ (alcohols), เอสเทอร์ (esters), แอลดีไฮด์ (aldehydes) และ คีโตน (ketones) (Brooker and Kleinig, 2006) ซึ่งฤทธิ์ในการกำจัดศัตรูพืช (pesticidal activity) ของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสเนื่องมาจากองค์ประกอบของ 1,8-cineole, citronellal, citronellol, citronellyl acetate, β -cymene, eucamamol, limonene, linalool, α -pinene, γ -terpinene, α -terpineol, alloocimene และ aromadendrene (Watanabe et al., 1993; Li et al., 1995, 1996; Cimanga et al., 2002; Batish et al., 2006; Su et al., 2006; Liu et al., 2008) โดยความเป็นพิษ (phytotoxicity) ของโมเลกุล cineole นี้เกี่ยวข้องกับสารมีหมู epoxide (Romagni et al., 2000)

7. สนเข็ม (needle pine) อยู่ในวงศ์ Pinaceae นิยมใช้อย่างกว้างขวางในทางการแพทย์, เครื่องสำอาง, และอุตสาหกรรมอาหาร น้ำมันหอมระเหยของสนมีคุณสมบัติในการต้านจุลินทรีย์, ขับเสมหะ และเพิ่มการไหลเวียนเลือด ยาสมุนไพรที่มีน้ำมันสนใช้ในการรักษาภายนอกหรือการสูดดมเพื่อรักษาในทางการแพทย์ที่มีความแตกต่างกัน รวมถึงโรคทางเดินหายใจ, ไข้หวัดทั่วไป และโรครูมาติก (rheumatic) เช่น ปวดกล้ามเนื้อ

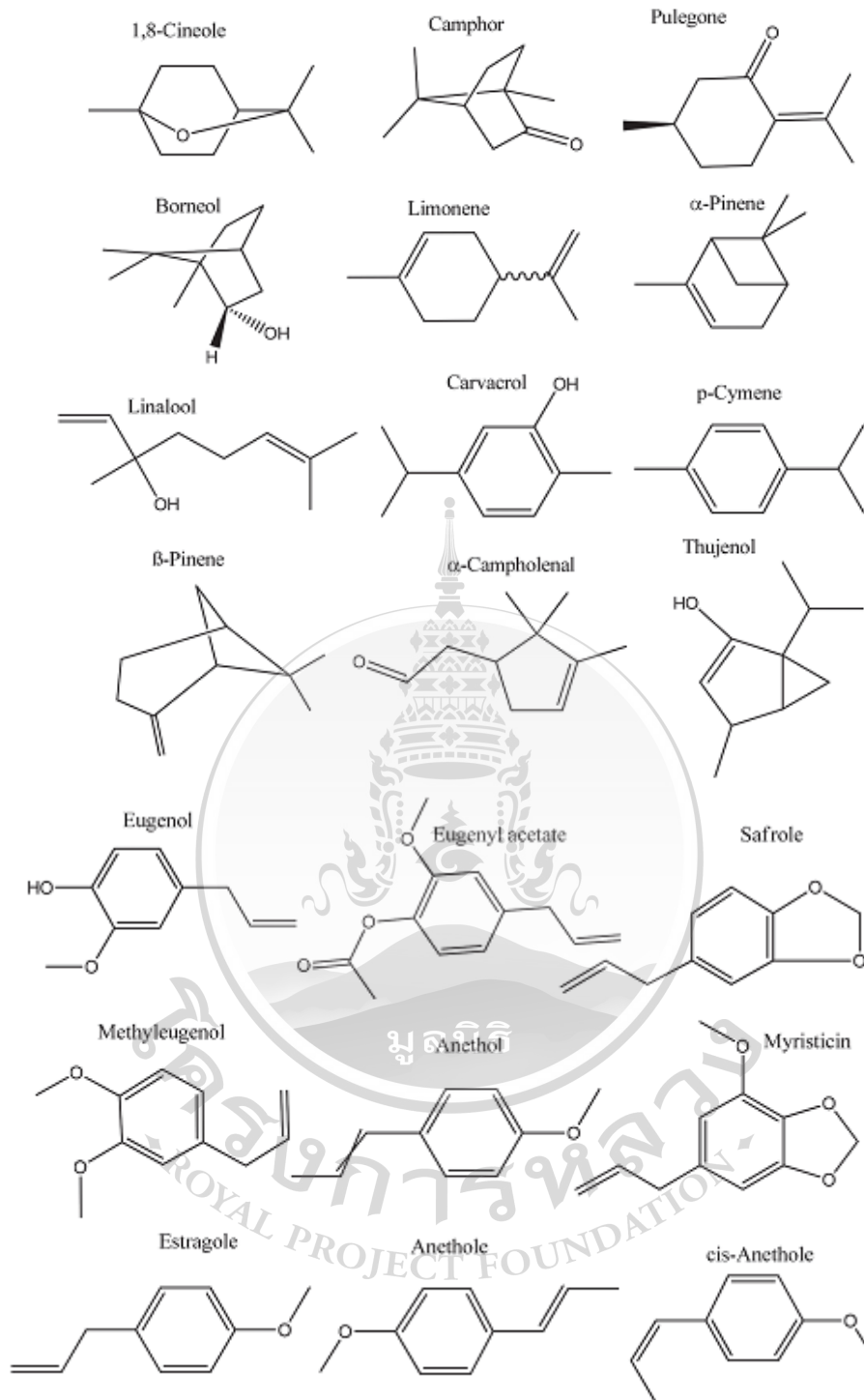
และข้อต่อ อีกทั้ง ยังมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ, ยาฆ่าแมลง, ต้านการอักเสบ, ต้านเชื้อราและไวรัส (Hajdari et al., 2016)

จากการทบทวนเอกสารพบว่าสารสำคัญออกฤทธิ์กลุ่ม mono-terpene ได้แก่ citral, citronellol, eugenol, geraniol, limonene, sarmentine, sabinene, α -pinene and γ -terpinene, artemisinin, 1,8-cineole, cynmethylin, nitropropanonic acid, sogolenone, p-cymene, carvacrol, terpinen-4-ol, thujone, 4-terpineol, citral, 2,4 D, thymol, borneol, camphor เป็นสารออกฤทธิ์ที่สามารถฆ่าวัชพืช (herbicide activity phytotoxic) หรือสามารถยับยั้งการงอกและการเจริญของวัชพืช (weed control by anti-germination activity) มักเป็นน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ^[1] ดังนี้

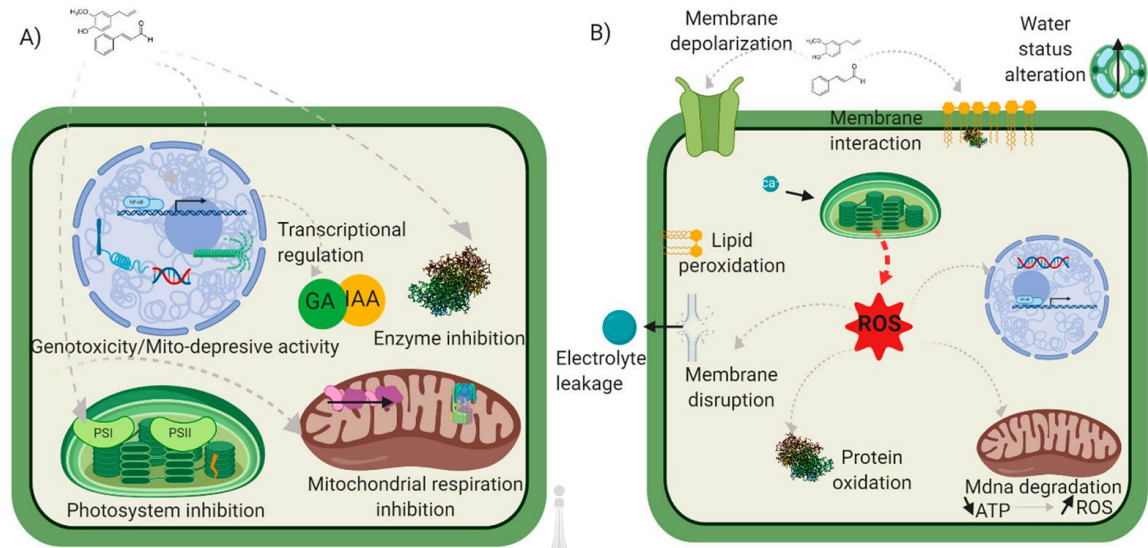


ตาราง 2 สารกลุ่ม monoterpene ใน essential oil ที่มีฤทธิ์เป็นสารกำจัดวัชพืช

Compounds	Nature (Adams ; 2007)	Functions (Adams ; 2007)	Formula (Adams ; 2007)	References
α -pinene	MH	Hydrocarbure	C ₁₀ H ₁₆	(Abraham et al., 2000, 2003a,b; De Feo et al. 2002 ; De Martino et al., 2010 ; Bulut et al., 2006 ; Kordali et al. 2006 ; Singh et al., 2006 ; Scrivanti et al., 2003 ; Vokou et al., 2003)
Limonene	MH	Hydrocarbure	C ₁₀ H ₁₆	(Abraham el al., 2000 ; Azirak et al., 2008 ; De Feo et al. 2002 ; De Martino et al., 2010 ; Vaid et al., 2011 ; Vokou et al., 2003)
1,8-cineole	MO	Ether	C ₁₀ H ₁₈ O	(Abraham el al., 2000, 20003a ; De Feo et al., 2002 ; De Martino et al., 2010 ; Koitabashi et al., 1997 ; Romangzi et al., 2000 a,b ; Singh et al., 2002 ; Vokou et al., 2003 ; Zunino and Zygadlo, 2005)
Thymol	MO	Phenol	C ₁₀ H ₁₄ O	(Angelini et al., 2003 ; Azirak et al., 2008 ; De Martino et al., 2010 ; Kordali et al., 2008 ; Vokou et al., 2003 ; Zunino and Zygadlo, 2005)
Carvacrol	MO	Phenol	C ₁₀ H ₁₄ O	
Eugenol	MO	Phenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	(Bainard et al., 2006 ; Vaid et al., 2010)
Borneol	MO	Alcohol	C ₁₀ H ₁₈ O	(Angelini et al., 2003 ; De Martino et al., 2010 ; Vokou et al., 2003)
Carvone	MO	Ketone	C ₁₀ H ₁₄ O	(Azirak et al., 2008 ; De Martino et al., 2010 ; Hartmans et al. 1995; Hartmans et al., 2008 ; Vokou et al., 2003)
(Z)-caryophyllene	SH	Hydrocarbure	C ₁₄ H ₂₄	(Wang et al., 2009)
Citronellol	MO	Alcohol	C ₁₀ H ₂₀ O	(De Martino et al., 2010 ; Singh et al., 2002 ; Vokou et al., 2003)
<i>p</i> -cymene	MH	Hydrocarbure	C ₁₀ H ₁₄	(De Martino et al., 2010 ; Kordali et al., 2008 ; Vokou et al., 2003)
Camphor	MO	Ketone	C ₁₀ H ₁₆ O	(Abraham el al., 2000, 20003a ; De Martino et al., 2010 ; Vokou et al., 2003 ; Zunino and Zygadlo, 2005)
α -terpineol		Alcohol	C ₁₀ H ₁₈ O	De Martino et al., 2010
γ -terpinene		Hydrocarbure	C ₁₀ H ₁₆	
Estragole	MO	Methoxy	C ₁₀ H ₁₂ O	
Citral	MO	Aldehyde	C ₁₀ H ₁₆ O	(Chaimovitsh et al., 2011 ; De Martino et al., 2010)
Geraniol	MO	Alcohol	C ₁₀ H ₁₈ O	(De Martino et al., 2010 ; Vokou et al., 2003 ; Zunino and Zygadlo, 2005)
Geranyl acetate	MO	Ester	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	(De Martino et al., 2010 ; Barney et al., 2005 ; Vokou et al., 2003)
Linalool	MO	Alcohol	C ₁₀ H ₁₈ O	
Linalyl acetate	MO	Ester	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	
Camphene	MH	Hydrocarbure	C ₁₀ H ₁₆	
α -phellandrene	MH	Hydrocarbure	C ₁₀ H ₁₆	
α - β -thujone	MO	Ketone	C ₁₀ H ₁₆ O	
β -myrcene	MH	Hydrocarbure	C ₁₀ H ₁₆	(De Martino et al., 2010 ; Singh et al., 2009 ; Vokou et al., 2003)
α -terpinene		Hydrocarbure	C ₁₀ H ₁₆	(De Martino et al., 2010 ; Bulut et al., 2006 ;Kordali et al., 2006 ; Vokou et al., 2003)
β -pinene		Hydrocarbure	C ₁₀ H ₁₆	(Chowhan et al., 2012 ; De Martino et al., 2010 ;Kordali et al., 2006 ; Vokou et al., 2003)



ภาพที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบ monoterpene ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืช



ภาพที่ 2 กลไกการยับยั้งการเจริญเติบโตและกำจัดวัชพืช (MDPI, Foods 2020, 9: 1291)

จากการศึกษากลไกการทำงานของน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตและกำจัดวัชพืชได้คือ 2 กลไกหลักประกอบด้วย 1) การยับยั้งการทำงาน (Inhibition) ในเซลล์พืช 2) การเกิด membrane depolarization (MDPI, Foods 2020, 9: 1291)

สารประกอบที่พืชปลดปล่อยออกมาแล้วสามารถยับยั้งหรือลดการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตใกล้เคียง เป็นปรากฏการณ์ทางชีวเคมีที่เรียกว่า อัลลีโลพาธี (Allelopathy) มีการศึกษาความสามารถในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพืช โดยน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ในพืชหลายชนิดจึงสามารถนำมาเป็นข้อมูลแนวทางการคัดเลือกนำมาใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชได้ ดังตาราง

ตาราง 3 ความสามารถในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพืช โดยน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ในพืชต่างๆ

S. No.	Essential oil	GR ₅₀ (µg mL ⁻¹) ^a	S. No.	Essential oil	GR ₅₀ (µg mL ⁻¹)
1	Angelica	2,832	33	Lemongrass	64
2	Basil	484	34	Lime	1,577
3	Bergamot	1,308	35	Magnolia	275
4	Black pepper	1,156	36	Majoram	399
5	Cajaput	241	37	Mandarin	3,762
6	Camphor	763	38	Myrtle	906
7	Caraway	223	39	Neroli	337
8	Cardamom	1,748	40	Niaouli	911
9	Carrot seed	2,374	41	Nutmeg	1,401
10	Cedar wood	1,382	42	Orange	2,007
11	Chamomile German	>5,000	43	Patchouli	1,206
12	Chamomile Roman	1,561	44	Palmarosa	26
13	Cinnamon	79	45	Peppermint	209
14	Citronella	79	46	Petitgrain	457
15	Clary sage	684	47	Pimento	52
16	Clove	48	48	Pine	1,338
17	Coriander	315	49	Rose absolute	599
18	Cumin seed	149	50	Rosemary	873
19	Cypress	>5,000	51	Rose otto	70
20	Eucalyptus	>5,000	52	Rose wood	1,349
21	Fennel	667	53	Sage	537
22	Fir	1,019	54	Sandalwood	>5,000
23	Frankincense	1,370	55	Savory	208
24	Galbanum	1,458	56	Spearmint	149
25	Geranium	81	57	Tagetes	758
26	Ginger	2,443	58	Tangerin	575
27	Grapefruit	1,351	59	Teatree	425
28	Hyssop	180	60	Thyme	218
29	Jasmine	107	61	Vanilla	>5,000
30	Juniper	>5,000	62	Vetiver	855
31	Lavender	492	63	Yarrow	503
32	Lemon	>5,000	64	Ylang ylang	705

^aGR₅₀ values were calculated from four replicates of each sample.

ในสมุนไพรไทยที่มีกลิ่นเช่น กานพลู ยูคาลิปตัส ตะไคร้ ใพล่ ข่า มะกรูด การบูร จิง คีปรี กระเทียม กระวานเทศ กระชาย สน หางไหล หัวไชเท้า ตะไคร้ต้น แผลหอม เปราะหอม โหระพา เป็นต้น ซึ่งสารที่พบว่ามีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดวัชพืชคือ eugenol (น้ำมันกานพลู คีปรี) 1,8-cineole (น้ำมันยูคาลิปตัส ข่า) citral and geraniol (น้ำมันตะไคร้หอม) alpha-Pinene, limonene (น้ำมันมะกรูด), ในอบเชยมีสาร cinnamaldehyde ประมาณ 51-76% และ eugenol ประมาณ 5-18% สารเหล่านี้สามารถจะตรวจพิสูจน์และวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ด้วยเครื่อง GC-MS และสารออกฤทธิ์นี้หากมีมากกว่า 1 ชนิดจะสามารถเสริมฤทธิ์กันได้ (synergistic) ^[2] จึงทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและลดต้นทุนการผลิตลง

การวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่อง Gas Chromatograph-Mass Spectrometer (GC-MS)

1. หลักการตรวจวิเคราะห์ของเครื่อง GC (Introduction to GC-MS)

GC-MS (Gas Chromatograph/Mass Spectrometer) สามารถบอกชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ในสารได้อย่างค่อนข้างแม่นยำโดยอาศัยการเปรียบเทียบ Fingerprint ของเลขมวล (Mass Number) ของสารตัวอย่างนั้น ๆ จากข้อมูลที่มีอยู่ใน Library นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) และเชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) GC ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของเครื่อง GC (Gas Chromatography) และเครื่อง Mass Spectrometer

1.1 Gas Chromatograph (GC)

ทำหน้าที่ในการแยกองค์ประกอบของสารที่สามารถระเหยกลายเป็นไอ (Volatile organic compounds) ได้เมื่อถูกความร้อน กลไกที่ใช้ในการแยก องค์ประกอบต่าง ๆ ในสารตัวอย่าง อาศัยหลักของความชอบที่แตกต่างกันขององค์ประกอบในตัวอย่างที่มีต่อเฟส 2 เฟส คือ Stationary phase และ Mobile phase องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่อง GC สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

- 1.) Injector คือ ส่วนที่สารตัวอย่างจะถูกฉีดเข้าสู่เครื่องและระเหยเป็นไอก่อนที่จะเข้าสู่ Column อุณหภูมิที่เหมาะสมของ injector ควรเป็นอุณหภูมิที่สูงพอที่จะทำให้สารตัวอย่างสามารถระเหยได้แต่ต้องไม่ทำให้สารสลายตัว ตัวอย่างของ injector ได้แก่ Split, Splitless, On column
- 2.) Oven คือ ส่วนที่ใช้สำหรับบรรจุ column และเป็นส่วนที่ควบคุมอุณหภูมิของ column ให้เปลี่ยนแปลงไปตามความเหมาะสมกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิของ Oven นั้นมี 2 แบบ คือ Isocratic Temperature และ Gradient Temperature ข้อดีของทำ Gradient temperature คือ สามารถใช้กับสารตัวอย่างที่มีจุดเดือดกว้าง (Wide boiling range) และยังช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์
- 3.) Detector คือส่วนที่จะใช้สำหรับตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างและดูว่าสารตัวอย่างที่เราสนใจมีปริมาณอยู่เท่าใด

1.2 Mass Spectrometer (MS)

เป็น Detector ที่ใช้ตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างโดยอาศัยกลไก คือ โมเลกุลขององค์ประกอบที่ถูกแยกออกมาจากสารตัวอย่างโดยเครื่อง GC จะถูกไอออไนซ์ในสภาวะสุญญากาศแล้วตรวจวัดออกมาเป็นเลขมวล (Mass number) เทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิงแล้วแปลผลออกมาเป็นชื่อขององค์ประกอบนั้น ๆ

องค์ประกอบสำคัญของ MS แบ่งออกเป็น

1.) Ionization Source แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

Electron Ionization (EI) เป็นการทำให้สารเกิด Fragment โดยใช้ลำ Electron ซึ่ง Ionization chamber ต้องมีความดันต่ำประมาณ 10^{-8} Torr โดย Electron จาก Filament ที่ร้อนจะ ถูกโฟกัสผ่านห้องนี้และถูกดึงเข้าหา repeller voltage ที่มีความต่างศักย์ 70 โวลต์ ซึ่งจะให้พลังงานกับ Electron เป็น 70 eV ทำให้ของผสมที่ซับซ้อนของไอออนเกิดการแตกหัก (Fragmentation ion) ที่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับ โครงสร้างและความอุดมสมบูรณ์ (Relative abundance)

Chemical Ionization (CI) เป็นการทำให้สารเกิดการ Fragment ด้วยวิธีทางเคมี โดยผสม สารตัวอย่าง (ความดัน 10^{-4} Torr) เข้ากับก๊าซที่ทำปฏิกิริยาด้วย (ความดัน 1 Torr) แล้วผ่านสาร ผสมเข้าไปใน Ionization chamber โดยการทำให้เกิดการ Fragment ด้วยการชนกับ Electron เช่นเดียวกัน ก๊าซที่ใช้ ได้แก่ Methane

2.) Mass Analyzer

เป็นเครื่องวิเคราะห์มวล มีหลายแบบ คือ Magnetic-sector analyzer, Electrostatic analyzer, Time-of-flight analyzer, Ion cyclotron resonance analyzer, Quadrupole mass spectrometer- Quadrupole Mass Spectrometer ใช้หลักการวิเคราะห์ด้วย สนามแม่เหล็ก คือ เป็น Path-stability mass spectrometer ซึ่งมีแหล่งผลิต Ion source 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะทำให้ตัวอย่างกลายเป็น ไอออน และส่วนที่ 2 ทำให้สารมาตรฐานกลายเป็นไอออน ลำไอออนทั้งสองจะถูกบังคับให้ ผ่านเครื่องแยกไอออนชุดเดียวกัน ดังนั้นไอออนทั้งหมดจะได้รับอิทธิพลจากสนามแม่เหล็กใน สภาวะเดียวกัน และวัดด้วยเครื่อง Detector แยกกัน ซึ่งมีข้อดีคือทำให้สามารถวัดมวลได้อย่าง ถูกต้อง แม่นยำ

3.) Detector

ที่ใช้โดยทั่วไปมีหลายอย่าง คือ Faraday cup detector, Electron multiplier detector, Scintillation counter detector, Photographic plate detector

ทวิน-80 (Tween® 80)

Tween® 80 เป็นชื่อทางการค้าของ polysorbates 80 ที่ผลิตโดย Atlas Powder Company เป็นสารลด แรงตึงผิวแบบไม่เป็นไอออน (nonionic) ที่ได้จาก polyethoxylated sorbitan และกรดโอลิอิก เป็นของเหลวสี

เหลืองหนืด เป็นสารที่ไม่มีพิษ (non-toxic) ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) และเป็นสารประเภท emulsifier ใช้เป็นตัว stabilizer สารประสานน้ำมันเข้ากับน้ำ ทำให้อิมัลชันชนิด oil-in-water emulsion และ water-in-oil emulsion คงตัว สามารถใช้ร่วมกับ emulsifier ตัวอื่นได้ และมักใช้ในอาหารทำให้ไขมันไม่แยกชั้นใช้ในไอศกรีม (ice cream) น้ำกะทิกระป๋อง มายองเนส เพื่อให้สูตรคงตัว (stable) และใช้เป็น dispersing agent ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความข้นมากขึ้นเมื่อใช้ มีคุณสมบัติพิเศษคือเหมาะสำหรับผสมในผลิตภัณฑ์ที่เป็นสเปรย์ เนื่องจากมีความหนืดน้อย ซึ่งคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ของ Tween 80 สรุปได้ดังนี้

IUPAC Name : Polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate

สูตรโมเลกุล : $C_{64}H_{124}O_{26}$

มวลโมเลกุล (Molecular Weight) : 1,310 g/mol

ความหนาแน่น (Density) : 0.6–1.09 g/mL

ความสามารถละลาย (solubility): ละลายในตัวทำละลายอื่น ๆ ได้แก่ ethanol, cottonseed oil, corn oil, ethyl acetate, methanol และ toluene

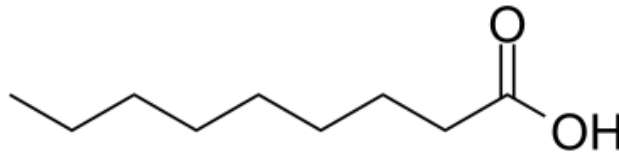
การใช้งาน Tween 80 ในอุตสาหกรรมอาหาร Tween 80 ถูกใช้เป็นสารเติมแต่งอาหารประเภทอิมัลซิไฟเออร์มีเลข E-Number คือ E 433 มักใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอิมัลชันหลากหลายชนิดโดยเฉพาะไอศกรีม โดยจะช่วยทำให้ไอศกรีมละลายช้าลง และช่วยป้องกันไม่ให้หยดไขมันห่อหุ้มโปรตีนในนมอย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะทำให้เนื้อไอศกรีมสามารถอุ้มโมเลกุลอากาศไว้ได้มากขึ้น ส่งผลให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสดีและมีความคงตัว

สำหรับอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับความงาม Tween 80 ถูกใช้เป็นสารลดแรงตึงผิว (surfactant) ในสบู่และเครื่องสำอาง หรือใช้เป็นสารช่วยเพิ่มการละลาย (solubilizer) น้ำยาบ้วนปาก สารลดแรงตึงผิวจำพวก nonionic จะระคายเคืองตาน้อยกว่าสารลดแรงตึงผิวจำพวก cationic ดังนั้นจึงเลือกใช้สารลดแรงตึงผิวจำพวก nonionic เป็นส่วนประกอบในสบู่เด็ก มีรายงานว่า ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลระคายเคืองตา หากกลืนหรือกิน เข้าไป จะถูกขับถ่ายออกมาทางอุจจาระภายใน 24 ชั่วโมง

Pelargonic acid หรือ Nonanoic acid

กรดเพลาร์โกนิก หรือ กรดโนนาโนอิก เป็นสารธรรมชาติที่พบทั้งในพืช ผัก ผลไม้และสัตว์รวมถึงอาหารพวกเนื้อ ไขมันพืช มักพบในช่วง 0.2–400 mg/kg. กรดเพลาร์โกนิก มีโครงสร้างเป็น กรดไขมันอิ่มตัว

(saturated fatty acid) ที่มีคาร์บอน, C 9 อะตอมต่อกันเป็นโซ่ยาว (long-chain aliphatic), มีสูตรโมเลกุลเป็น
Molecular Formula: C₉H₁₈O₂ มีมวลโมเลกุล 158.24 g/mol



ภาพที่ 3 โครงสร้างโมเลกุลของ Pelargonic acid หรือ Nonanoic acid

U.S. Food and Drug Administration (FDA) ได้อนุมัติ (approved) ให้ใช้กับอาหาร เครื่องสำอางอย่าง
แชมพู และผลิตภัณฑ์ความงาม และยาใช้เป็นสารพาหะให้ซึมเข้าสู่ผิวหนังหรือ transdermal drug delivery
systems (TDDS)

FDA และ GRAS (Generally Regarded As Safe) chemical อนุญาตให้ใช้ pelargonic acid เป็นสารเติม
แต่งรสสังเคราะห์ในอาหาร (สูงถึง 1%) รวมถึงเป็นสารช่วยลอกเปลือกผลไม้ด้วยด่าง (lye peeling) อีกด้วย

United States Environmental Protection Agency (EPA) ได้เว้นการกำหนดค่าเกณฑ์มาตรฐาน
tolerances สำหรับ pelargonic acid ในอาหาร เนื่องจากสามารถใช้เป็นสารฆ่าเชื้อบนพื้นผิวอาหารได้ (food-
contact surface sanitizing solution) เช่นนำไปฆ่าเชื้อราใน low-fat cheddar cheese ซึ่งอาจใช้ได้สูงถึง 10–
10,000 mg/kg

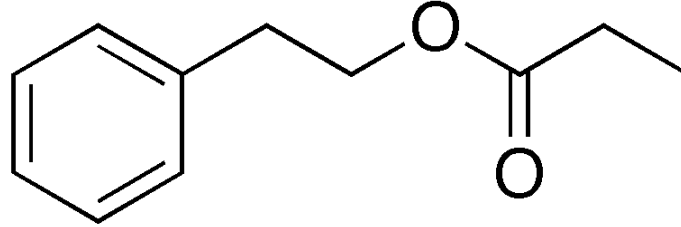
EPA ขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์สารกำจัดวัชพืชที่มาจาก pelargonic acid ในปี 1992, ซึ่งเป็นส่วนผสมของ
เกลือแอมโมเนียม สบู่และ pelargonic acid ซึ่ง EPA ระบุว่า pelargonic acid มีความเสี่ยงเป็น 0 สำหรับมนุษย์
และสิ่งแวดล้อม ด้วยสมบัติที่ pelargonic acid สามารถละลายเอาไข waxy ที่เคลือบบน cuticle ของพืช
ออกไปและทำลายผนังเซลล์ให้แตกออก ทำให้เกิดการรั่วของเซลล์ (cell leakage) ทำให้เซลล์พืชแห้ง เรียกว่า
อาการไหม้ burn down ซึ่งจะมักใช้ในการควบคุมวัชพืช post-emergent herbicide ประเภทหญ้าแบบสัมผัส
ได้ทั้งใบกว้างและใบแคบ ใช้ในกระบวนการ blossom thinner สำหรับ apple และ pear

สมบัติความเป็นพิษของ pelargonic acid (Toxicity)

Pelargonic acid มีความเป็นพิษต่ำมาก โดยเมื่อทดสอบทั้งทางผิวหนังและทางปาก โดยค่า > 5,000
mg/kg ทั้งในหนูและกระต่าย นอกจากนี้ยังมีผลระคายเคืองต่อผิวหนังต่ำ เมื่อให้ pelargonic acid ปริมาณ 50
mg วันละ 2 ครั้งเป็นเวลา 80 สัปดาห์ต่อเนื่องพบว่าไม่เกิดอาหารเนื้องอก neoplastic บนผิวหนังหรืออวัยวะ
ภายในแต่อย่างใด รวมถึงไม่มีผลเป็นสารก่อมะเร็งหรือกลายพันธุ์ (non-carcinogenic, mutagenic) เมื่อ

ทดสอบ 1,500 mg/kg-day กับหนูที่ตั้งท้องตลอดช่วงที่ตั้งครรภ์ พบว่าไม่มีความผิดปกติใดๆเกิดขึ้น กับลูกหนู

2-Phenethyl propionate (PeP)



ภาพที่ 4 โครงสร้างโมเลกุลของ 2-Phenethyl propionate

2-Phenethyl propionate เป็นเอสเทอร์ของ phenethyl alcohol และกรด propionic acid มีสูตรโมเลกุลคือ $C_{11}H_{14}O_2$ มีมวลโมเลกุล 178.23 g/mol มักพบในฝรั่ง guava (*Psidium guajava*), ถั่วลิสง peanuts (*Arachis hypogea*), เป็นของเหลวใส มีสีเหลืองอ่อนๆ มีกลิ่นหอมหวานคล้ายผลไม้ ใช้เป็นสารแต่งกลิ่นในอาหารและเครื่องสำอาง (fragrance and food flavoring) สามารถนำไปใช้เป็นสารพาและอิมัลซิไฟเออร์ได้ มีสมบัติเป็นสารฆ่าเชื้อรา และเป็นสารกำจัดแมลงที่ปลอดภัย (non-toxic mode of action) พบว่ามักจะผสมกับ essential oils, เช่น geraniol, eugenol, rosemary oil, thymol, peppermint oil นิยมใช้กำจัดไรฝุ่น (bed bugs) สามารถใช้ได้โดยไม่มีอันตราย

2.2 ผลงานวิจัยที่เคยทำมาก่อน หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำมันหอมระเหยเป็นสารประกอบในธรรมชาติที่สกัดได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช มีฤทธิ์ในการกำจัดวัชพืช เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยมีสารประกอบกลุ่ม monoterpenes, sesquiterpene และ oxygenated derivatives เช่น geraniol, eugenol ซึ่งมีฤทธิ์ในการป้องกันการงอกของเมล็ด และการยับยั้งหรือกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะทางกายภาพของการเจริญเติบโตของพืชเปลี่ยนแปลงไป จึงมีความเป็นไปได้ในการใช้น้ำมันหอมระเหยในการควบคุมการเจริญเติบโตหรือเป็นสารกำจัดวัชพืชทางชีวภาพ (bioherbicide) และได้มีผู้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดวัชพืชด้วยน้ำมันหอมระเหย อาทิ

Tworkoski (2002) ทำการทดลองภายในห้องปฏิบัติการและเรือนกระจกเพื่อหาผลของสารกำจัดวัชพืชซึ่งได้จากน้ำมันของพืชและเพื่อระบุส่วนประกอบที่ออกฤทธิ์ในน้ำมันที่มีฤทธิ์กำจัดวัชพืช ตรวจสอบน้ำมัน 25 ชนิดด้วยวิธี Dandelion Leaf Disk Assay ในห้องปฏิบัติการ พบว่าน้ำมันหอมระเหย (1% v/v) ของ red thyme, summer savory, อบเชย และกานพลูมีความเป็นพิษมากและทำให้เกิดการไหลของอิลเลกโทรไลต์

(electrolyte leakage) ส่งผลให้เซลล์ตาย น้ำมันหอมระเหยในน้ำที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 5 ถึง 10% (v/v) และมีสารเสริมฤทธิ์ (adjuvant) 2 ตัว (สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุและน้ำมันพาราฟินผสมกันที่ 0.2% (v/v) นำไปใช้กับต้นกล้าของ lambsquarters, ragweed และหญ้าพงในเรือนกระจก ; รากตายภายใน 1 ชั่วโมง ถึง 1 วัน หลังการใช้ น้ำมันหอมระเหยของอบเชยมีฤทธิ์ในการกำจัดวัชพืชสูง โดยมียูจินอล (2-methoxy-4-[2-propenyl]phenol) เป็นองค์ประกอบหลัก (84% v/v) ซึ่งได้รับการยืนยันด้วยวิธี Dandelion leaf disk and whole-plant assays เกี่ยวกับการเป็นสารที่ออกฤทธิ์ในน้ำมันหอมระเหยของอบเชย น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชอาจจะใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชทางธรรมชาติได้ในเกษตรอินทรีย์

นอกจากนี้ Batish et al. (2004) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส (*Eucalyptus citriodora*) ต่อการยับยั้งพืชบางชนิด ได้แก่ ข้าวสาลี (*Triticum aestivum*), ข้าวโพด (*Zea mays*), ผักกาดหัว (*Raphanus sativus*), จี๋เหล็กเทศ (*Cassia occidentalis*), ผักโขม (*Amaranthus viridis*) และหญ้าข้าวนกสีชมพู (*Echinochloa crus-galli*) การทดสอบการงอกของเมล็ดพืชในห้องปฏิบัติการ พบว่าการงอกของเมล็ดลดลงอย่างมีนัยสำคัญในการตอบสนองต่อความเข้มข้นที่แตกต่างกันของน้ำมันยูคาลิปตัส การยับยั้งการงอกที่สูงสุดพบในผักโขม (*A. viridis*) และน้อยที่สุดพบในผักกาดหัว (*R. sativus*) จากกราฟการตอบสนองต่อการงอกและความเข้มข้น พบว่าที่ LC_{50} เปอร์เซ็นต์การงอกของผักกาดหัว (*R. sativus*) สูงที่สุด และผักโขม (*A. viridis*) น้อยที่สุด นอกจากนี้การเจริญเติบโตของต้นกล้าที่ทดสอบและปริมาณคลอโรฟิลล์ใน seed treatment ลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ความเข้มข้น 0.12 and 0.3 mg/L ไม่เพียงแต่ในการเจริญเติบโตระยะต้น แต่การสเปิร์มการทดสอบลงบนวัชพืช ได้แก่ จี๋เหล็กเทศ (*C. occidentalis*) และหญ้าข้าวนกสีชมพู (*E. crus-galli*) ที่มีอายุ 4 สัปดาห์ ยังส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และการหายใจระดับเซลล์ นั่นคือน้ำมันยูคาลิปตัสส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงและ energy metabolism ของพืชทดสอบ จากการศึกษาจึงได้ข้อสรุป คือ น้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัส (*E. citriodora*) เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นพิษต่อพืช (phytotoxic) และสามารถใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชชีวภาพ (bioherbicide) ได้ในอนาคต

Ramezani et al. (2008) ทำการศึกษาผลอัลลีโลพาธิค (allelopathic effects) ของน้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัส, Lawson Cypress, โรสแมรี่ และซีดาร์ขาว เพื่อใช้ในการจัดการวัชพืชในอนาคต ผลของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 ชนิดต่อการเจริญเติบโตของวัชพืชทั้ง 3 ชนิด พบว่าน้ำมันหอมระเหยส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและแสดงศักยภาพการเป็นอัลลีโลพาธิ โดยน้ำมันยูคาลิปตัสยับยั้งการงอกของวัชพืชได้มากที่สุดที่ความเข้มข้น 300 ppm จึงสามารถประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยในการควบคุมทางชีวภาพต่อวัชพืช ในระยะก่อนการงอก เพื่อลดการใช้สารกำจัดวัชพืชทางเคมี

ในทางเดียวกัน Zhang et al. (2012) ได้ศึกษาความเป็นพิษ (Phytotoxicity) และองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยของยูคาลิปตัส 4 สปีชีส์ในออสเตรเลีย เพื่อยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของ silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) พบว่า น้ำมัน *E. salubris* มีดัชนีการยับยั้ง (inhibition index) สูงที่สุดในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของรากและต้นกล้าของ silverleaf nightshade ขณะที่ *E. spathulate* มีประสิทธิภาพยับยั้งต่ำที่สุด ยกเว้นในการเจริญเติบโตของราก การวิเคราะห์องค์ประกอบด้วย Gas chromatography-mass spectrometry พบว่าน้ำมัน *E. salubris* มีสารประกอบ 56 ชนิด โดยมี 1,8-cineole (57.6 %), α -pinene (10.9 %) และ β -cymene (8.3 %) เป็นองค์ประกอบหลัก น้ำมัน *E. dundasii* พบ 1,8-cineole (65.5 %) และ α -pinene (19.9 %) มากที่สุด น้ำมัน *E. brockwayii* มีสารประกอบ 56 ชนิด โดยพบ α -pinene (31.1 %), isopentyl isovalerate (20.2 %) และ 1,8-cineole (16.9 %) เป็นจำนวนมาก และน้ำมัน *E. spathulate* ประกอบด้วยสารประกอบ 60 ชนิด ส่วนมากพบ 1,8-cineole (52.9 %) และ α -pinene (31.0 %) นอกจากนี้ควรศึกษาความเป็นพิษของสารประกอบแต่ละตัวของ silverleaf nightshade และศึกษาความเป็นพิษของสารประกอบเชิงเดี่ยวหรือผลรวม (synergistic effects) ของสารประกอบหลายตัวที่รวมกัน

Ahuja et al. (2015) ได้ศึกษาศักยภาพความเป็นพิษ (phytotoxic potential) ของยูจีนอล (Eugenol) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของน้ำมันหอมระเหยกานพลู (*Syzygium aromaticum* L.) ต่อหญ้า 4 ชนิด ได้แก่ หญ้าข้าวนกสีชมพู (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.), *Phalaris minor* Retz., หญ้าพง (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) และหญ้าดอกขาว (*Leptochloa chinensis* (L.) Nees) และวัชพืชใบกว้าง 4 ชนิด ได้แก่ สาบแร้งสาบกา (*Ageratum conyzoides* L.), ผักปลาบ (*Commelina benghalensis* L.), จีเห็ดเทศ (*Cassia occidentalis* L.) และปิ่นนกลี (*Bidens pilosa* L.) ผลของยูจีนอล (50-1,000 μ M) ต่อการเจริญเติบโตและการงอกของต้นกล้าหลังการทดสอบ 7 วัน พบว่า ที่ 1,000 μ M ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของหญ้าและวัชพืชใบกว้างลดลง 55-70 และ 42-90 % ตามลำดับ

ขณะที่ Choi et al. (2015) ได้ศึกษาความเป็นพิษ (phytotoxic potential) ของสารสกัดน้ำมันหอมระเหย 18 ชนิด จากพืชเกาหลีและน้ำมันหอมระเหยเชิงพาณิชย์ 64 ชนิดที่คัดเลือกเพื่อตรวจสอบความเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดผักกาดก้านขาว (rapeseed ;*Brassica napus* L.) พบว่าน้ำมันหอมระเหยเชิงพาณิชย์ 11 ชนิด (อบเชย, ตะไคร้หอม, กานพลู, เมล็ดยี่หระ, เจอร์เรเนียม, มะลิ, ตะไคร้, พามาโรซ่า, พิเมนโท, กุหลาบออกโต และสเปียร์มินท์) ยับยั้งการเจริญเติบโตของรากได้ที่ GR_{50} น้อยกว่า 150 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยที่วิเคราะห์ด้วย solid phase microextraction/gas chromatography-mass spectrometry (SPME/GC-MS) พบองค์ประกอบหลัก คือ benzyl benzoate, carvone, citral, citronellol, eugenol, geraniol, D-limonene และ terpinene สารออกฤทธิ์ชีวภาพเหล่านี้มีศักยภาพใน

การยับยั้งการเจริญเติบโตของเมล็ดผักกาดก้านขาว (*B. napus*), หญ้าข้าวนกสีชมพู (*Echinochloa crus-galli*) และโสนคางคก (*Aeschynomene indica*) ได้แตกต่างกัน ตั้งแต่ในช่วง GR₅₀ 29 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จนถึงมากกว่า 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร การทดลองในเรื่องนี้พบว่า citral และ geraniol ยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืช 10 ชนิดได้อย่างสมบูรณ์

นอกจากนี้ Frabboni et al. (2019) ได้ศึกษา allelopathic effects ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชทางธรรมชาติของน้ำมันหอมระเหย 2 ชนิด ได้แก่ออริกาโน (*Origanum vulgare* L.) และ โรสแมรี่ (*Rosmarinum officinalis* L.) โดยทำการทดลองในภาคสนามที่มีวัชพืช 15 ชนิดและคาโมมายล์ (*Matricaria chamomilla* L.) เป็นพืชผลในระบบเกษตรอินทรีย์ น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดทดสอบ 2 ความเข้มข้น (เจือจาง 50% และไม่เจือจาง) จำนวน 3 ซ้ำ พบว่าการงอกของวัชพืชแตกต่างกัน เป็นผลมาจากชนิดของน้ำมันหอมระเหยและความเข้มข้น น้ำมันหอมระเหยที่ไม่เจือจางยับยั้งการงอกของวัชพืชได้หลายชนิด ด้วยเปอร์เซ็นต์ Weed Control Efficiency (WCE) ที่สูง จึงมีศักยภาพในการเป็นสารกำจัดวัชพืชชีวภาพ

เช่นเดียวกับ Sofia. (2019) ทำการศึกษาฤทธิ์ของสารกำจัดวัชพืชก่อนงอกและหลังงอกของ Aromatic and Medicinal Plants (AMP) ทั้ง 6 ชนิด สารสกัดจากพืช และน้ำมันหอมระเหย AMP 8 ชนิด พบว่าผลการยับยั้งการงอกของเมล็ดจากสารสกัดจากพืช (*Allium sativum*, *Artemisia dracunculus*, *Citrus limonum*, *Eucaliptus citriodora*, *Origanum vulgare* และ *Thymus mastichina*) ให้ผลดีในการทดสอบก่อนการงอกเมล็ด ขณะที่น้ำมันหอมระเหยมีปริมาณการตายของวัชพืชมากในการทดสอบหลังการงอก ควรศึกษาเพิ่มเติมเพื่อประเมินศักยภาพและกลไกการออกฤทธิ์ของสารสกัดจากพืชและน้ำมันหอมระเหยในการเป็นสารกำจัดวัชพืชทางชีวภาพ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าผลข้างเคียงจะไม่ส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพหรือการพัฒนาพืช

ในปี 2050 (Sofia, 2019) ทำการศึกษาฤทธิ์ของสารกำจัดวัชพืชก่อนงอกและหลังงอกของ Aromatic and Medicinal Plants (AMP) ทั้ง 6 ชนิด, สารสกัดจากพืช และน้ำมันหอมระเหย AMP 8 ชนิด พบว่าผลการยับยั้งการงอกของเมล็ดจากสารสกัดจากพืช (*Allium sativum*, *Artemisia dracunculus*, *Citruslimonum*, *Eucaliptus citriodora*, *Origanum vulgare* และ *Thymus mastichina*) ให้ผลดีในการทดสอบก่อนการงอกเมล็ด ขณะที่น้ำมันหอมระเหยมีปริมาณการตายของวัชพืชมากในการทดสอบหลังการงอก ควรศึกษาเพิ่มเติมเพื่อประเมินศักยภาพและกลไกการออกฤทธิ์ของสารสกัดจากพืชและน้ำมันหอมระเหยในการเป็นสารกำจัดวัชพืชทางชีวภาพ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าผลข้างเคียงจะไม่ส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพหรือการพัฒนาพืช

บทที่ 3

กรรมวิธีการทดลอง

3.1 สถานที่ทดลอง ระยะเวลาทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์สารตกค้าง แผนกงานอารักขาพืช มุลินธิโครงการหลวง กันยายน 2562- ตุลาคม 2564 วางแผน ออกแบบ ทดสอบสารตกค้างในห้องปฏิบัติการ ทดสอบประสิทธิภาพทางด้านเคมี ปรับปรุงแก้ไขพัฒนา ประเมินความพึงพอใจ จัดทำเอกสาร คู่มือสรุปผล รายงานผล

สถานีวิจัยโครงการหลวงปางคะ/แม่สาใหม่ กันยายน 2562- ตุลาคม 2564 ทดสอบประสิทธิภาพในแปลง

จากผลการวิจัยในปีแรก (2563) ผลพบว่าอัตราส่วนผสม 3 สูตร ที่ทำให้มีฤทธิ์การควบคุมวัชพืชสูงคือ ออบเชย กานพลู ตะไคร้หอม อัตราส่วนผสม 5:4:3, 7:5:0 และ 1:1:0 และสามารถเตรียมสูตรผสมซึ่งประกอบด้วย น้ำมันหอมระเหยผสม 12%, Tween 80 60%, pelargonic acid 5%, และ 2-phenethyl propionate 5% เมื่อนำไปทดลองพ่นวัชพืชในแปลงทดลอง ให้ผลการกำจัดวัชพืชในระดับดีมาก(กำจัดวัชพืชได้ 90%) อย่างไรก็ตาม pelargonic acid, และ 2-phenethyl propionate มีราคาสูงมาก ไม่เหมาะสำหรับการนำมาผลิตเชิงการค้า งานวิจัยในปีนี้จึงต้องการสูตรผสมที่ไม่ใช้สาร pelargonic acid และ 2-phenethyl propionate รวมถึงลดปริมาณ Tween 80 ลง เพื่อประหยัดต้นทุนการผลิต โดยยังคงประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช ไม่ต่ำกว่า 90%

3.2 วัสดุทดลองที่ใช้

- 3.2.1. เครื่อง Gas chromatograph – Mass spectrometer (GC-MS)
- 3.2.2. เครื่องเขย่า (Vertex)
- 3.2.3. เครื่อง Homoginizer
- 3.2.4. งานเพาะเลี้ยงเชื้อ เส้นผ่านศูนย์กลาง 90 mm (Petri dish)
- 3.2.5. หลอดทดลอง (Test tube)
- 3.2.6. กระดาษกรอง (Filter paper) Whatman No.1
- 3.2.7. น้ำมันออริกาโน (oregano essential oil)
- 3.2.8. น้ำมันทาร์ม (thyme essential oil)
- 3.2.9. น้ำมันยูคาลิปตัส (eucalyptus essential oil)

- 3.2.10. น้ำมันไพน์ (pine needle essential oil)
- 3.2.11. น้ำมันคาโมมายด์ (chamomile essential oil)
- 3.2.12. น้ำมันอบเชยเทศ (cinnamon bark essential oil)
- 3.2.13. น้ำมันตะไคร้หอม (lemongrass essential oil)
- 3.2.14. น้ำมันกะเพรา (holy basil essential oil)
- 3.2.15. น้ำมันกานพลู (clove essential oil)
- 3.2.16. น้ำมันมะกรูด (bergamot essential oil)
- 3.2.17. น้ำมันไพล Zingiber Cassumunar Root (Plai essential oil)
- 3.2.18. น้ำมันเมล็ดผักชี (coriander seed essential oil)
- 3.2.19. น้ำมันชะเอม (Licorice essential oil)
- 3.2.20. น้ำมันโป๊ยกั๊ก (Star Anise essential oil)
- 3.2.21. น้ำมันยี่หระ (Caraway Seed essential oil)
- 3.2.22. น้ำมันพริกไทยดำ (black pepper essential oil)
- 3.2.23. น้ำมันหญ้าแฝก (Vetiver Grass essential oil)
- 3.2.24. น้ำมันขิง (ginger root essential oil)
- 3.2.25. น้ำมันข่า (galangal root essential oil)
- 3.2.26. น้ำมันกระชาย (finger root essential oil)
- 3.2.27. Agar
- 3.2.28. Pelargonic Acid
- 3.2.29. 2-phenethyl propionate
- 3.2.30. formic acid, acetic acid
- 3.2.31. Tween 80, Tween 20, Span 40
- 3.2.32. สารมาตรฐาน alpha pinene, limonene, eucalyptol, linalool, geraniol, thymol, eugenol, cinnamaldehyde

3.3 วิธีทดลองที่ใช้ การบันทึกข้อมูล วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 ศึกษาและคัดเลือกพืชที่มีสารออกฤทธิ์ที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพเด่นในการกำจัดวัชพืช

3.3.1.1 วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์จากสูตรผสมที่เลือกด้วยเครื่อง GC-MS โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานที่เป็นสารออกฤทธิ์ฆ่าหญ้าในน้ำมันหอมระเหย 7 ชนิด ได้แก่ alpha pinene, limonene, eucalyptol, linalool, geraniol, thymol, eugenol ที่ความเข้มข้น 12.5, 2.5 50, 100, 200, 400, 800 mg/L ทำเป็นกราฟมาตรฐานของสารออกฤทธิ์ และเจือจางน้ำมันหอมระเหย 20 ชนิด 100 เท่า โดยปริมาตรด้วย methanol โดย ปิเปิดน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด ปริมาตร 100 μ L ลงใน GC vial แล้วละลายด้วย methanol ปริมาตร 900 μ L เขย่าให้เข้ากัน นำไปตรวจวิเคราะห์สารสำคัญด้วยเครื่อง GC-MS (ยี่ห้อ Agilent technology รุ่น 6890/5975C inert XL MSD) เทียบกับกราฟมาตรฐาน โดยใช้สภาวะในการศึกษา ดังนี้

Inlet : Mode:	Splitless
Temperature:	250 $^{\circ}$ C
Injection volume:	1 μ L
Purge Flow:	Split vent: 60 ml/min @ 0.75min Gas saver: 20 mL/min @ 2 min
Carrier gas :	Hydrogen (1.41 mL/min)
Column:	มุลนิธิ
Mode:	Constant Pressure
Detector:	MSD
Outlet :	Vacuum
Type:	HP-5ms (0.25 mm x 30 m x 0.25 μ m)
Oven:	
50 $^{\circ}$ C(8)	10 $^{\circ}$ C/min \longrightarrow 250 $^{\circ}$ C(1)
Thermal AUX#2:	280 $^{\circ}$ C
MSD: Mode:	SIM or Scan
MS source:	230 $^{\circ}$ C
MS quad:	150 $^{\circ}$ C
Library:	Nist08

3.3.1.2 ทดสอบฤทธิ์เบี่ยงต้น (seed bioassay screening test) ในการยับยั้งการงอกของเมล็ด หรือการยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืช จากน้ำมันสกัดสมุนไพรเดี่ยว ดังนี้

1. การเตรียมเมล็ดวัชพืช

ฆ่าเชื้อโดยแช่เมล็ดวัชพืช หล้ารัฐี หล้ากินนีสีม่วง ผักโขมและผักเสี้ยน ในสารละลาย 0.1% sodium hypochlorite เป็นเวลา 10 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง นำไปกระตุ้นการงอกโดยแช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. การทดสอบการยับยั้งการงอก (Inhibition of seed germination)

ปิเปตน้ำมันหอมระเหย 1.25, 2.5 และ 5 μ l ผสมกับ Tween-80 (1:1) เติมนลงในกระดาษกรอง Whatman No.1 ที่รองกันจานเพาะเลี้ยง (petri-dish) เติมน้ำกลั่นปริมาตร 5 mL ใช้ forceps คีบเมล็ดพืชที่ผ่านการกระตุ้นการงอกแล้วจำนวน 10 เมล็ดวางบนกระดาษกรอง ทำเทียบกับสภาพควบคุมโดยใช้น้ำกลั่น และ Tween 80 ทำการทดลองละ 3 ซ้ำ และปิดฝาจานเพาะเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้ได้รับแสง 12 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 7 วัน แล้วคำนวณร้อยละการยับยั้งการงอก

$$\text{Germination inhibition (\%)} = (C - T) / C \times 100$$

T = จำนวนการงอกในสภาพที่รับน้ำมันหอมระเหย

C = จำนวนการงอกในสภาพควบคุม

มูลนิธิ

3. ทดสอบการยับยั้งการเจริญ (inhibition of root and shoot elongation)

ปิเปตน้ำมันหอมระเหยปริมาตร 1.25, 2.5 และ 5 μ l ผสมกับ Tween-80 (1:1) เติมนลงในหลอดทดลอง ที่มี Agar 3 mL เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวมเท่ากับ 6 mL แล้วเขย่าด้วย Vortex mixer ให้เข้ากัน ทำเทียบกับสภาพควบคุมโดยไม่ต้องเติมน้ำมันหอมระเหย ใช้ Tween-80, Agar และน้ำกลั่น ทิ้งให้ Agar แข็งตัว แล้วเลือกเมล็ดวัชพืชที่มีรากเริ่มงอกออกมาประมาณ 1-2 mm จำนวน 4 เมล็ดลงบน Agar ที่แข็งตัวแล้ว (แช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้แห้งในจานเพาะเชื้อ 1 คืน ก่อนการทดสอบ) ทำการทดลองละ 3 ซ้ำ ปิดหลอดทดลองด้วยฟิล์มถนอมอาหาร และพักหลอดทดลองไว้ให้เมล็ดพืชเจริญเติบโตที่ 25 องศาเซลเซียส ให้ได้รับแสง 12 ชั่วโมงต่อวัน บันทึกความยาวรากและยอด 7 วันหลังจากเพาะเมล็ด แล้วคำนวณร้อยละการยับยั้งการเจริญของราก และต้น ดังนี้

$$\text{Growth inhibition (\%)} = (C-T) \times 100 / C$$

T = ความยาวรากหรือยอด ในสภาพที่รับน้ำมันหอมระเหย

C = ความยาวรากหรือยอด ในสภาพควบคุม

เลือกน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยที่มีสมบัติการยับยั้งการงอกของเมล็ดและเจริญเติบโตของรากและลำต้น โดยเฉลี่ยสูงสุดจำนวน 3 อันดับ เพื่อนำไปทดสอบในขั้นต่อไป

3.3.2 เลือกชนิดและปริมาณของสารช่วยกระจายตัวบนใบพืช เป็นอิมัลซิไฟเออร์ช่วยละลายน้ำ สำหรับผสมในถังพ่น และเป็นสารเพิ่มความคงตัวในสูตรผสมที่เหมาะสม เช่น Sodium lauryl sulfate, propylene glycol, 2-phenethyl propionate, pelargononic acid, triethanolamine, Tween20, Tween80, Span40, โดยทดลองผสมกับน้ำมันหอมระเหยและน้ำในอัตราส่วน 3-50% เพื่อเลือกช่วงที่สามารถผสมกันได้แล้ว พิจารณาความสามารถในการละลายเข้ากัน การแยกชั้น สี การเกิดตะกอน ความขุ่นหนืด การนำมาละลายเจือจางด้วยน้ำ ความคงตัว โดยบอกเป็นระดับความเหมาะสม แบบ Rating Scale ด้วยคะแนน 1-5 โดยที่ 5 คะแนนคือมีความเหมาะสมสูงสุด และ 1 คะแนนคือต่ำสุด

3.3.3 คัดเลือกสารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชจำนวน 3 ชนิด มาจัดทำเป็นสูตรผสมจำนวน 10 สูตร และหาสูตรผสมที่เหมาะสมสูงสุด

3.3.3.1 หาอัตราส่วนของ essential oil ที่เหมาะสมสูงสุด

เลือก essential oil จากสมุนไพรไทย 3 ชนิดแรก ที่เริ่มให้ผลการควบคุมกำจัดวัชพืชที่ 50% ขึ้นไปนำมาออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture Design) แผนการทดลองแบบ Simplex Centroid Design นำสารสกัด essential oil 3 ชนิดที่เลือกใช้ จัดทำเป็นสูตรผสมจำนวน 10 สูตร เป็นกรรมวิธี ระดับอัตราผสมของสารออกฤทธิ์

ตาราง 4 แผนการทดลองแบบ Simplex Centroid Design นำสารสกัด essential oil 3 ชนิด

Run Order	%Component of Essential oil		
	EO 1	EO 2	EO 3
1	12	0	0
2	0	12	0
3	0	0	12
4	6	6	0
5	6	0	6
6	0	6	6
7	4.0	4.0	4.0
8	8.0	2.0	2.0
9	2.0	8.0	2.0
10	2.0	2.0	8.0

ทดสอบ โดยกำหนดอัตราส่วนผสมอิมัลชันไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวต่อน้ำมันหอมระเหยในแต่ละกรรมวิธี การผสมส่วนผสมตลอดการทดลองจะใช้วิธีการ homogenize ที่ 10,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที ใช้ปริมาตรสารผสมแต่ละกรรมวิธี ปริมาณ 100 mL ใช้พื้นผิวพืชต่อพื้นที่ขนาด 1×1 เมตร เป็น 1 ตัวอย่าง กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารออกฤทธิ์กับอัตราการตาย ของวัชพืช ที่สัมผัสกับสารในแต่ละสูตรผสม และบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพการควบคุม โดยการประเมินด้วยสายตาเป็นร้อยละการพื้นที่ควบคุมวัชพืช 0-100% ตามลักษณะที่ปรากฏดังนี้ โดย

0	=	ควบคุมไม่ได้
10-39%	=	ควบคุมได้เล็กน้อย
40-69%	=	ควบคุมได้ปานกลาง
70-89%	=	ควบคุมได้ดี
90-100%	=	ควบคุมได้ดีมาก

บันทึกข้อมูล 2 ครั้ง ที่ระยะ 1 วันหลังการพ่น, และ 30 วัน หลังพ่นสาร สร้าง response surface methodology และ contour chart ด้วยโปรแกรมคำนวณทางสถิติสำเร็จรูป Minitab 16 เพื่อทำการ optimization หาสูตรผสมที่เหมาะสมสูงสุดจากสมการความสัมพันธ์รูปแบบ quadratic model ที่ได้จากการทดลอง

ทดสอบหาการหาอัตราการใช้ที่เหมาะสม

เลือกสูตรผสมของ essential oil ที่ดีที่สุดนำมาทดสอบการกำจัดวัชพืช โดยทดสอบประสิทธิภาพของสูตรผสมในระดับแปลงที่มีวัชพืช โดยออกแบบการทดสอบแบบ Randomized Complete Block พันธ์สูตรผสมในแต่ละสูตรที่เลือกใช้ โดยใช้สูตรผสมที่ออกแบบคือน้ำมันหอมระเหย 30% (อบเชย กานพลู ตะไคร้หอม อัตราส่วนผสม 5:4:3), Tween-80 60%, pelargonic acid 5% และ 2-phenethyl propionate 5% ทำการทดลองโดยเจือจางสูตรผสมด้วยน้ำเปล่าให้มีปริมาณน้ำมันหอมระเหย 7 ระดับคือ 1, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 % เป็นกรรมวิธีทดสอบ นำไปพ่นวัชพืชพื้นที่ขนาด 1 ตารางเมตร ใช้น้ำเปล่าเป็นตัวช่วยควบคุม ทำกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารออกฤทธิ์กับอัตราการตาย และลักษณะของใบวัชพืช ที่สัมผัสกับสาร และบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพการควบคุมโดยให้คะแนนโดยวิธีประเมินด้วยสายตาเป็นร้อยละการควบคุมวัชพืช และบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพการควบคุม โดยการประเมินด้วยสายตาเป็นร้อยละการพื้นที่ควบคุมวัชพืช 0-100% ตามลักษณะที่ปรากฏดังนี้ โดย

0	=	ควบคุมไม่ได้
10-39%	=	ควบคุมได้เล็กน้อย
40-69%	=	ควบคุมได้ปานกลาง
70-89%	=	ควบคุมได้ดี
90-100%	=	ควบคุมได้ดีมาก



บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาและคัดเลือกพืชที่มีสารออกฤทธิ์ที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพเด่นในการกำจัดวัชพืช โดยวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานที่เป็นสารออกฤทธิ์ฆ่าหญ้าในน้ำมันหอมระเหย 7 ชนิด ได้แก่ alpha pinene, limonene, eucalyptol, linalool, geraniol, thymol, eugenol ที่ความเข้มข้น 12.5, 25, 50, 100, 200, 400, 800 mg/L ทำเป็นกราฟมาตรฐานของสารออกฤทธิ์ และตรวจวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารออกฤทธิ์ ในน้ำมันหอมระเหย 20 ชนิด คือ กานพลู ยูคาลิปตัส ตะไคร้หอม ไพน์ มะกรูด ทาร์ม ออริกาโน โป๊ย๊กกี้ ยี่หระ คาร์โมมายด์ อบเชย เมล็ดผักชี กระชาย ข่า ขิง ชะเอม พริกไทย กะเพรา หญ้าแฝก และ ใพล ด้วยเครื่อง GC-MS ได้ผลไอออนโครมาโมแกรมและแมสสเปคโตรแกรม ได้ผลดังตาราง

ตาราง 5 ผลการหาปริมาณสารออกฤทธิ์หลักที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS ในน้ำมันหอมระเหย 20 ชนิด ได้แก่ กานพลู ยูคาลิปตัส ตะไคร้หอม ไพน์ มะกรูด ทาร์ม ออริกาโน โป๊ย๊กกี้ ยี่หระ คาร์โมมายด์ อบเชย เมล็ดผักชี กระชาย ข่า ขิง ชะเอม พริกไทย กะเพรา หญ้าแฝก และ ใพล

Essential oil	Compound	Area	Amount(mg/L)
กานพลู clove	eugenol	47805271	288394
ยูคาลิปตัส Eucalyptus	eucalyptol	1.33E+08	92531
ตะไคร้หอม citronella	limonene	295561	13995
	geraniol	2.12E+08	157480
ไพน์ pine	alpha pinene	1048259	14465
	limonene	1178757	61620
	eucalyptol	18418609	12151
มะกรูด bergamot	alpha pinene	162713	2632
	limonene	1707090	90110
	linalool	5350125	57991
ทาร์ม thyme	thymol	40913058	138488
ออริกาโน oregano	alpha pinene	887783	12321
	thymol	58647054	198770
โป๊ย๊กกี้ star anise	thymol	330425534	903740.2
	linalool	8964580	107169.5
	geraniol	2963060	1773.949

Essential oil	Compound	Area	Amount(mg/L)
ยี่หระ Caraway	thymol	331928578	907851.1
	eucalyptol	133900251	79041.41
คาร์โมมายด์ chamomile	geraniol	140942817	84380.78
อบเชย cinnamon	thymol	189480339	518243.8
	eugenol	4036246	20712.61
	cinnamaldehyde	22474832	8684735.6
เมล็ดผักชี coriander seed	geraniol	318736445	190823.7
กระชาย finger root	geraniol	347669189	208145.4
	eucalyptol	159370986	94076.8
ข่า galangal root	eucalyptol	589310687	347870.5
ขิง ginger root	eucalyptol	154176137	91010.27
	geraniol	122460898	73315.87
ชะเอม Licorice	geraniol	2687688	1609.087
พริกไทย pepper	eucalyptol	132503314	78216.79
กะเพรา holy basil	eugenol	525174321	2695012
	geraniol	33029461	19774.34
	eucalyptol	14598919	8617.751
หญ้าแฝก Vetiver Grass	linalool	3398581	40629.24
ไพล Zingiber Cassumunar Root	eucalyptol	16919631	9987.669
	alpha pinene	10054318	133864.3
	linalool	2084581	24920.68

4.2 ผลทดสอบฤทธิ์เบื้องต้น (seed bioassay screening test) ในการยับยั้งการงอก (Inhibition of seed germination) และการยับยั้งการเจริญ (inhibition of root and shoot elongation) จากน้ำมัน essential oil 20 ชนิด ของเมล็ดพืชสมุนไพร รุจี หญ้ากีนีสีม่วง ผักโขมและผักเสี้ยน

ผลการทดสอบน้ำมันหอมระเหยพบว่า น้ำมันออริกาโน อบเชยเทศ ทาร์ม ตะไคร้หอม กะเพรา กานพลู มีฤทธิ์การยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงกว่า 50 % และสูงกว่าน้ำมันชนิดอื่น ซึ่งในการเลือกชนิดของน้ำมันหอมระเหยในขั้นตอนการทดลองต่อไปจะเลือกสมุนไพรไทย 3 ชนิดคือ อบเชย กานพลู และตะไคร้หอม (น้ำมันหอมระเหยกะเพรามีราคาสูง) ดังตาราง

ตาราง 6 ฤทธิ์การยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตเมล็ดพืชของ essential oil 20 ชนิด

No	Essential oil	Inhibition (%)			
		Germination	Root Growth	Shoot Growth	Average
1	ออริกาน	100.00	100.00	96.09	98.70
2	อบเชยเทศ	80.00	99.22	85.51	88.24
3	ทาร์ม	63.33	100.00	72.96	78.77
4	ตะไคร้หอม	50.00	94.53	62.40	68.98
5	กะเพรา	38.89	89.58	52.89	60.45
6	กานพลู	36.67	90.00	51.74	59.47
7	ไพน	18.89	87.63	38.95	48.49
8	คาโมมายด์	8.89	74.22	27.70	36.94
9	มะกรูด	5.56	77.34	21.15	34.68
10	โป๊ยกั๊ก	5.56	73.18	24.17	34.30
11	เมล็ดผักชี	0.00	80.08	15.01	31.70
12	หญ้าแฝก	0.00	71.35	15.66	29.01
13	จิง	0.00	66.93	20.03	28.99
14	ยี่หระ	0.00	59.64	16.58	25.41
15	กระชาย	0.00	50.00	16.61	22.20
16	ไพล	0.00	56.77	9.12	21.96
17	ข่า	0.00	41.41	17.43	19.61
18	พริกไทย	0.00	31.51	10.90	14.14
19	ยูคาลิปตัส	6.67	15.63	12.94	11.74
20	ชะเอม	0.00	0.00	0.00	0.00

4.3 ผลการศึกษาความเหมาะสมทางลักษณะทางกายภาพและความสามารถในการเป็นอิมัลชันไฟเออร์และสารเพิ่มความคงตัวช่วยในการละลาย (co-surfactants) ระหว่างน้ำมันหอมระเหยและน้ำ โดยบอกเป็น

คะแนนความเหมาะสม โดยใช้ Rating Scale 1-5 โดยที่ 5 คือมีความเหมาะสมสูงสุด และ 1 คือต่ำสุด เกณฑ์การเลือกนำมาใช้คือคะแนนความเหมาะสม emulsifier co-surfactant มากกว่า 4 ขึ้นไป

จากการประเมินลักษณะการละลายน้ำ สี ความขุ่น ความหนืด จากผลการประเมินพบว่า Tween80, pelargonic acid และ 2-phenethyl propionate มีความเหมาะสมในการเป็น emulsifier co-surfactant ดังตาราง ตาราง 7 ความเหมาะสมทางกายภาพและความสามารถในการเป็นอิมัลชันไฟเออร์ ระหว่างน้ำมันหอมระเหย และน้ำ

No	Surfactant/emulsifier	ลักษณะการละลายกับ EO/Water	สี/ความขุ่น	ความหนืด	คะแนนความเหมาะสม
1	Tween80	ละลายได้ดี ไม่แยกชั้นเมื่อวางไว้นานๆ	เหลืองใส	ความหนืดน้อย	5
2	pelargonic acid	ละลายเข้ากันได้ดี	ขาวขุ่น	ความหนืดน้อย	4.5
3	2-phenethyl propionate	ละลายเข้ากันได้ดี	ขาวขุ่น	ความหนืดน้อย	4.5
4	Tween20	ละลายได้ดี ไม่แยกชั้นเมื่อวางไว้นานๆ	เหลืองใส	ความหนืดน้อย	4
5	Span40	ละลายได้ดี แต่แยกชั้นเมื่อวางไว้นานๆ	เหลืองใส	ความหนืดน้อย	3
6	Sodium lauryl sulfate	ละลายได้ดีมาก แต่มีฟองมาก	เหลืองใส	ความหนืดน้อย	2
7	propylene glycol	ละลายได้ปานกลาง มีการแยกชั้น	เหลืองใสขุ่น	ความหนืดมาก	2
8	Triethanolamine	ละลายได้ปานกลาง มีสภาพเป็นเบส	ขุ่นใส	ความหนืดมาก	1.5

4.4 หาอัตราส่วนผสมของ Tween-80 ที่เหมาะสมและเสถียรภาพในรูปแบบ emulsion และต้นทุนต่ำสุดกับเมื่อนำมาผสมกับ essential oil 3 ชนิดคือ อบเชย กานพลู และ ตะไคร้หอม ที่ความเข้มข้นสูงสุดที่สามารถผสมได้คือ 36, 48, 60, 72, และ 84%(v/v) โดยทดสอบปริมาณ Tween-80 ที่ 20, 10, 5, 2, 1 และ 0.5%(v/v)

ผลการทดสอบพบว่าความเข้มข้นของ Tween-80 ที่เหมาะสมและเสถียรภาพในรูปแบบ emulsion คือช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 0.5-5 %(v/v) ซึ่งผสมเข้ากันได้ดีกับ essential oil และไม่แยกชั้น ดังตาราง 1 และภาพที่ 1 ความเข้มข้นของ essential oil ที่เหมาะสมและเสถียรภาพในรูปแบบ emulsion คือช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 36-60 %(v/v) ซึ่งผสมเข้ากันได้ดีกับ essential oil และไม่แยกชั้น ดังตาราง

ตาราง 8 ลักษณะของอิมัลชัน ที่อัตราผสมของ Tween 80 ต่างกันที่ระดับ 20, 10, 5, 2, 1 และ 0.5%(v/v) โดยปริมาณ essential oil คงความเข้มข้นที่ 24%(v/v)

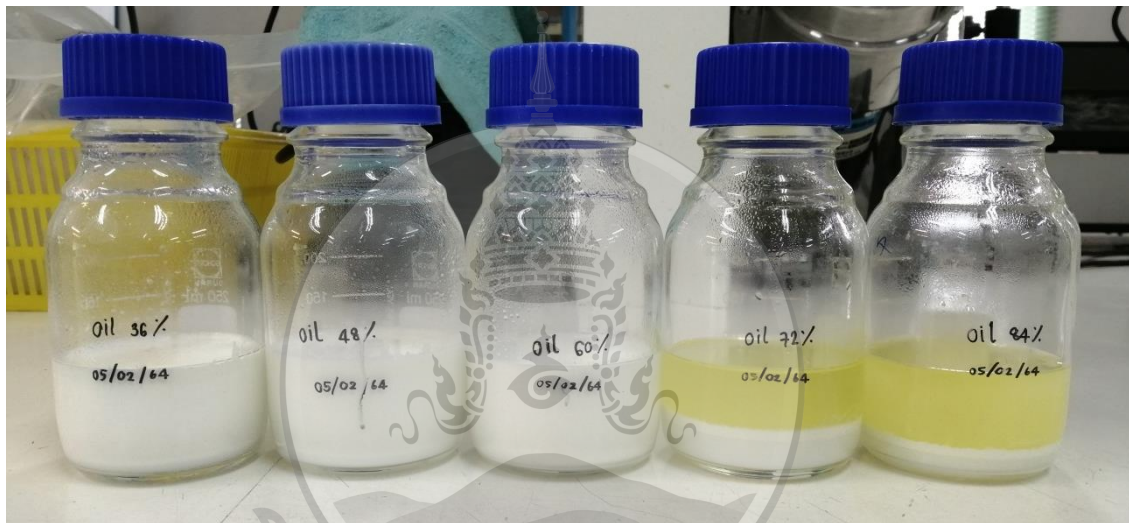
Treatment	%Component of Tween-80	Characterization of emulsion
1	0.5	Milky white, No separation
2	1	Milky white, No separation
3	2	Milky white, No separation
4	5	Milky white, No separation
5	10	Milky white, phase separation
6	20	Milky white, phase separation



ภาพที่ 5 การหาอัตราส่วนของ Tween 80 ต่างกันที่ระดับ 20, 10, 5, 2, 1 และ 0.5%(v/v) โดยปริมาณ essential oil อบเชย กานพลู ตะไคร้หอมอัตราส่วน 5:4:3 คงความเข้มข้นที่ 24%(v/v)

ตาราง 9 ลักษณะของอิมัลชัน ที่อัตราผสมของ essential oil ต่างกันที่ระดับ 36, 48, 60, 72, และ 84%(v/v)

Treatment	%Component of essential oil	Characterization of emulsion
1	36	Milky white, No separation
2	48	Milky white, No separation
3	60	Milky white, No separation
4	72	Milky white, phase separation
5	84	Milky white, phase separation



ภาพที่ 6 การหาอัตราส่วนของ Tween 80 กับ essential oil ต่างกันที่ระดับ 36, 48, 60, 72, และ 84%(v/v) โดยคงความเข้มข้นของ Tween 80 ที่ 5%(v/v)

4.4 การหาอัตราส่วนผสมของ essential oil ที่เหมาะสม

คัดเลือกสารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชจำนวน 3 ชนิด มาวางแผนทดลองแบบผสม (Mixture Design) แผนการทดลองแบบ Simplex Centroid Design จัดทำเป็นสูตรผสมจำนวน 10 สูตร และทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมกำจัดวัชพืช

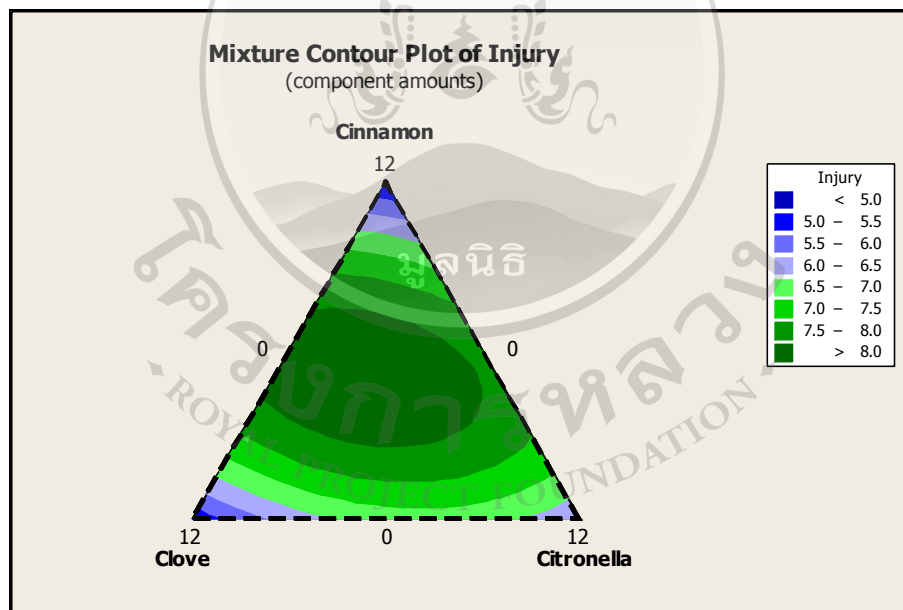
การหาสูตรผสมที่เหมาะสมสูงสุด โดยเลือกใช้ essential oil 3 ชนิดคือ อบเชย กานพลู และ ตะไคร้หอม จัดทำเป็นสูตรผสมต่างอัตราส่วน จำนวน 10 สูตร ฟันวัชพืชและประเมินประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืช สร้าง response surface methodology และ contour chart ด้วยโปรแกรมคำนวณทางสถิติสำเร็จรูป Minitab 16 เพื่อทำการ optimization หาสูตรผสมที่เหมาะสมสูงสุดจากสมการความสัมพันธ์รูปแบบ

quadratic model เมื่อประมวลผลด้วย contour chart และ 3D response surface นำมา optimization ผลพบว่า ส่วนผสมที่ทำให้มีฤทธิ์การควบคุมวัชพืชสูงคือ ออบเชย กานพลู ตะไคร้หอม อัตราส่วนผสม 5:4:3, 7:5:0, และ 1:1:0 ซึ่งเมื่อทดสอบกับวัชพืชพบว่าให้ผลไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม จึงเลือกสูตรผสมอบเชย กานพลู ตะไคร้หอม อัตราส่วนผสม 5:4:3 และ 1:1:0 ในการทดลองขั้นตอนต่อไป ดังตาราง

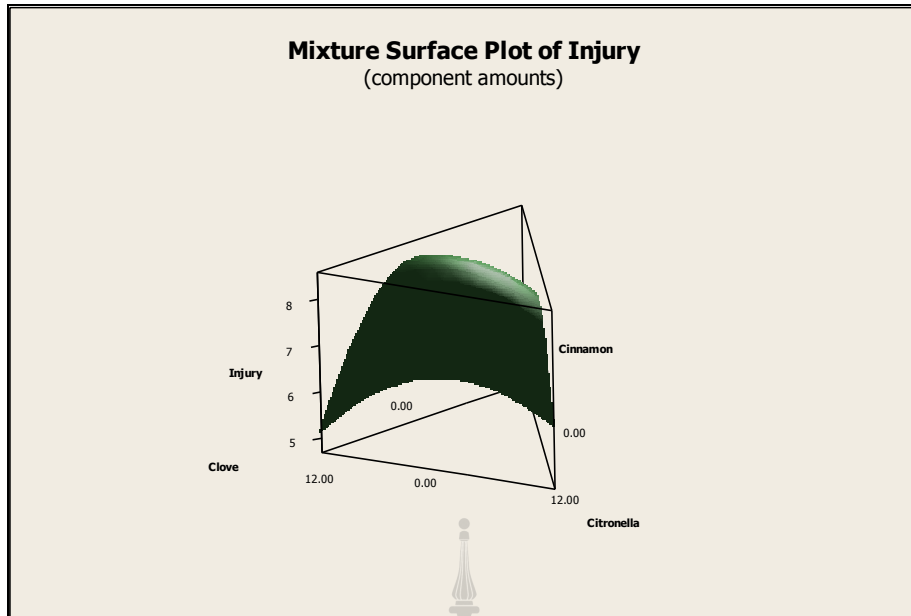


ตาราง 10 ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชจากการใช้ Simplex Centroid Mixture Design ทำสูตรผสมน้ำมันหอมระเหย จำนวน 10 สูตร

Run Order	%Component of Essential oil			Injury Scale
	Cinnamon	Clove	Citronella	
1	12	0	0	5.7
2	0	12	0	4.5
3	0	0	12	5.7
4	6	6	0	8.3
5	6	0	6	8.2
6	0	6	6	5.7
7	4.0	4.0	4.0	7.7
8	8.0	2.0	2.0	5.7
9	2.0	8.0	2.0	8.7
10	2.0	2.0	8.0	8.7

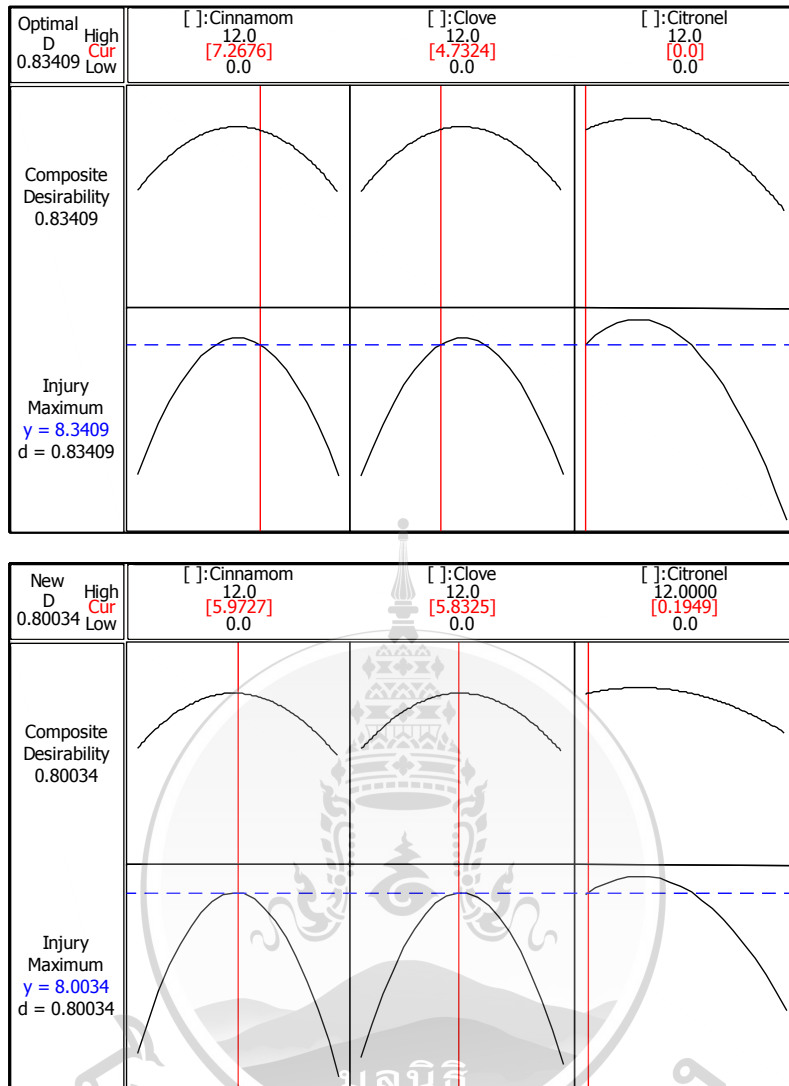


ภาพที่ 7 Mixture contour plot แบบ Simplex Centroid Mixture Design จากโปรแกรม Minitab 16 แสดงประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชของสูตรผสมน้ำมันหอมระเหย



ภาพที่ 8 3D Response surface methodology (RSM) จาก โปรแกรม Minitab 16 แสดงความสัมพันธ์แบบ quadratic ระหว่างอัตราส่วนผสมน้ำมันหอมระเหย ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืช

Optimal D 0.83915	High Cur Low	[]:Cinnamon 12.0 [5.0743] 0.0	[]:Clove 12.0 [4.1378] 0.0	[]:Citronel 12.0 [2.7879] 0.0
Composite Desirability 0.83915				
Injury Maximum $y = 8.3915$ $d = 0.83915$				



ภาพที่ 9 การหาอัตราส่วนของสูตรผสมของน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสมที่สุด (optimization) ในการควบคุมวัชพืชด้วยโปรแกรม Minitab 16 (ด้านบนอบเชย กานพลู ตะไคร้หอมอัตราส่วน 5:4:3, กลางอัตราส่วน 7:5:0, ด้านล่างอัตราส่วน 1:1:0)



ภาพที่ 10 การเปรียบเทียบสูตรผสมของน้ำมันหอมระเหย อบเชย กานพลู ตะไคร้หอม ที่อัตราส่วน 5:4:3, 7:5:0 และ 1:1:0 (จากซ้ายไปขวา) ซึ่งประสิทธิภาพไม่มีความแตกต่างกัน

4.5 การหาอัตราการใช้ที่เหมาะสม

ทดสอบการกำจัดวัชพืชในแปลง โดยทดสอบประสิทธิภาพของสูตรผสมในระดับแปลงที่มีวัชพืช เพื่อเป็นการศึกษาผลประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในแปลงทดสอบ ออกแบบการทดสอบแบบ Randomized Complete Block พันสูตรผสมในแต่ละสูตรที่เลือกใช้ โดยใช้สูตรผสมที่ออกแบบคือน้ำมันหอมระเหย (อบเชย กานพลู ตะไคร้หอม อัตราส่วนผสม 5:4:3 และ 1:1:0), อัตราส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยกับอีมีลซิไฟเออร์ Tween-80 คือ 10:1, และทำการเจือจางด้วยน้ำเปล่าให้มีระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย 9 ระดับคือ 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 และ 17 % เป็นกรรมวิธีทดสอบ นำไปพ่นวัชพืชพื้นที่ขนาด 1 ตารางเมตร ใช้น้ำเปล่าเป็นตัวควบคุม ทำกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ทำการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารออกฤทธิ์กับอัตราการตาย ของวัชพืช หาประสิทธิภาพการควบคุม: ให้คะแนนโดยวิธีประเมินด้วยสายตาตามระบบ 0-100 ตามลักษณะที่ปรากฏดังนี้ โดย 0 = ควบคุมไม่ได้ 10-30 = ควบคุมได้เล็กน้อย 40-60 = ควบคุมได้ปานกลาง 70-90 = ควบคุมได้ดี และ 100 = ควบคุมได้สมบูรณ์ บันทึกผลที่เวลา 3 ชั่วโมงหลังการพ่น ผลพบว่าอัตราการใช้ที่ให้ผลในการกำจัดวัชพืชได้ในระดับดีมากคือน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้นของ 17% สามารถทำลายวัชพืชได้ที่ระดับ 95%

ตาราง 11 การประเมินอัตราการใช้สูตรผสมน้ำมันหอมระเหยกับประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในแปลงทดสอบ (สูตรอบเชย กานพลู ตะไคร้หอม อัตราส่วนผสม 5:4:3 และ 1:1:0 ให้ผลไม่แตกต่างกัน)

Treatment	Concentration of essential oil (%)	% Weed Injury
1	1	0
2	2	10
3	4	30
4	6	58
5	8	70
6	10	78
7	12	90
8	14	92
9	17	95



ภาพที่ 11 ประเมินความสัมพัทธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นสารออกฤทธิ์ essential oil คือ 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 และ 17 % กับอัตราการตายของวัชพืชภายหลังการพ่น 3 ชั่วโมง

สูตรผสมสารกำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสม ประกอบด้วย 2 สูตร คือ ใช้ น้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้หอม อัตราส่วนผสม 5:4:3 และ 1:1:0) โดยอัตราส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยกับอิมัลซิไฟเออร์ Tween-80 คือ 10:1, แสดงดังตาราง

ตาราง 12 สูตรผสมสารกำจัดวัชพืชจากน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสม

Formulations	Ingredients	%(v/v)
1.	water	81.1
	Tween 80	1.7
	Cinnamon oil	8.6
	Clove oil	8.6
2.	water	81.1
	Tween 80	1.71
	Cinnamon oil	7.1
	Clove oil	5.7
	Citronella oil	4.3



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ได้ทำทดสอบฤทธิ์เบื้องต้น (seed bioassay screening test) ในการยับยั้งการงอก (Inhibition of seed germination) และการยับยั้งการเจริญ (inhibition of root and shoot elongation) โดยน้ำมัน essential oil 20 ชนิด คือ ออริกาโน อบเชยเทศ ทาร์ม ตะไคร้หอม กะเพรา กานพลู ไพน์ คาโมมายด์ มะกรูด โป๊ย๊กกิ่ง เมล็ดผักชี หนุ่ยแฝก ขิง ขี้หრა กระจ่าง ใพล ข่า พริกไทย ยูคาลิปตัส และ ชะเอม ผลพบว่า น้ำมันออริกาโน อบเชยเทศ ทาร์ม ตะไคร้หอม กะเพรา กานพลู มีฤทธิ์ในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตเมล็ดวัชพืชหญ้าวัชชี หนุ่ยกีนินีสีม่วง ผักโขมและผักเสี้ยน เฉลี่ยสูงกว่า 50 % และสูงกว่าน้ำมันชนิดอื่น และเลือกใช้น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยซึ่งมีราคาถูกคือ อบเชย กานพลู และ ตะไคร้หอม ในการทดลองต่อไป

ทำการตรวจวิเคราะห์สารออกฤทธิ์หลักในน้ำมันหอมระเหย อบเชย กานพลู และ ตะไคร้หอม ด้วยเครื่อง GC-MS พบสารที่มีปริมาณสูงในน้ำมันหอมระเหย ดังนี้ อบเชยมีสาร Thymol(135.2 91.1 150.2 m/z) Eugenol(137.1 91.0 77.0 164), Cinnamaldehyde(131, 103, 77, 51 m/z) กานพลูคือสาร Eugenol(137.1 91.0 77.0 164), และ ตะไคร้หอมคือ สาร Geraniol(41.1 69.0 39.1 m/z) และ Limonene(67.8 66.8 92.7 m/z)

อิมัลซิไฟเออร์เพิ่มความคงตัวช่วยในการละลาย (co-surfactants) ที่เหมาะสมคือ Tween 80 พบว่าอัตราส่วนของน้ำมันหอมระเหยต่อ Tween 80 คือ 10:1 v/v จะได้สารละลายเนื้อสีขาวขุ่นคล้ายน้ำมัน (water in oil emulsion)

การหาอัตราส่วนสูตรผสมที่เหมาะสมโดยเลือกใช้ essential oil 3 ชนิดคือ อบเชย กานพลู และ ตะไคร้หอมออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture Design) วางแผนการทดลองแบบ Simplex Centroid Design จัดทำเป็นสูตรผสมจำนวน 10 สูตร พ่นวัชพืชและประเมินประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืช นำผลการทดสอบที่ได้มาสร้าง response surface methodology และ contour chart ด้วยโปรแกรมคำนวณทางสถิติ

สำเร็จรูป Minitab 16 ทำการ optimization จากสมการความสัมพันธ์รูปแบบ quadratic model ผลพบว่า อัตราส่วนผสม 3 สูตร ที่ทำให้มีฤทธิ์การควบคุมวัชพืชสูงคือ ออบเชย กานพลู ตะไคร้หอม อัตราส่วนผสม 5:4:3, 7:5:0 และ 1:1:0 เมื่อนำไปทดลองพ่นวัชพืชในแปลงทดลองให้ผลการกำจัดวัชพืชในระดับที่ไม่แตกต่างกัน และเพื่อความสะดวกจึงเลือกใช้ อัตราส่วนผสม 5:4:3 และ 1:1:0 เพื่อทำการทดลองต่อไป

ผลการศึกษาผลประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในแปลงทดสอบ โดยพ่นสูตรผสมน้ำมันหอมระเหย (อบเชย กานพลู ตะไคร้หอม อัตราส่วนผสม 5:4:3 และ 1:1:0), อัตราส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหย กับอีมีลซิไฟเออร์ Tween-80 คือ 10:1 ที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย 9 ระดับคือ 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 และ 17 % ผลพบว่าอัตราการใช้ที่ให้ผลในการกำจัดวัชพืชได้ในระดับดีมากคือน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้นของ 17% สามารถทำลายวัชพืชได้ที่ระดับ 95%

ได้สูตรผสมสารกำจัดวัชพืชที่เหมาะสม จำนวน 2 สูตร คือ

- 1) น้ำมันอบเชย น้ำมันกานพลู Tween 80 และน้ำ อัตราส่วน 8.6 8.6 1.7 81.1 % (v/v) ตามลำดับ
- 2) น้ำมันอบเชย น้ำมันกานพลู น้ำมันตะไคร้หอม Tween 80 และน้ำ อัตราส่วน 7.1, 5.7, 4.3, 1.7, 81.1 % (v/v) ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การทดสอบฤทธิ์เบื้องต้น (seed bioassay screening test) ในการยับยั้งการงอก (Inhibition of seed germination) และการยับยั้งการเจริญ (inhibition of root and shoot elongation) โดยน้ำมัน essential oil 20 ชนิด พบว่า น้ำมันออริกานอล ออบเชยเทศ ทาร์ม ตะไคร้หอม กะเพรา กานพลู มีฤทธิ์สูงกว่าน้ำมันชนิดอื่น โดยเฉพาะน้ำมันออริกานอลและ น้ำมันทาร์ม หากไม่พิจารณาปัจจัยด้านราคาต้นทุนจะเป็นที่สารที่น่าสนใจในการนำไปใช้เนื่องจากมีฤทธิ์ในลำดับที่สูง และเมื่อเทียบกับการตรวจวิเคราะห์ด้วย GC-MS จึงได้ข้อสรุปว่า สารกลุ่ม monoterpene ที่มีฤทธิ์กำจัดวัชพืชสูงคือ

1. Thymol
2. Cinnamaldehyde
3. Eugenol
4. Geraniol
5. Citronellal

ดังนั้นหากสมุนไพรร หรือ พืชชนิดอื่นใดที่มีสารเหล่านี้ในปริมาณสูง ก็จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชได้

2. จากผลการทดลองหาอัตราส่วนผสมที่ทำให้มีฤทธิ์การควบคุมวัชพืชสูงสุดคือ อบเชย กานพลู ตะไคร้หอม จึงได้ข้อสรุปว่าสารออกฤทธิ์ได้แก่ thymol, cinnamaldehyde, eugenol, geraniol, citronellal จากผลการทดลองแบบ Simplex Centroid Mixture Design ทำให้ทราบว่าสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยสามารถทำงานร่วมกันได้ดีกว่าชนิดเดียว และเสริมฤทธิ์กันได้ โดยใช้สัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งจะต้องเวลาและทรัพยากรในการศึกษาวิจัย ดังนั้น ส่วนผสม อบเชย กานพลู ตะไคร้หอม อัตรา 5:4:3, 7:5:0 และ 1:1:0 ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 17% ให้ประสิทธิภาพไม่ต่างกัน จึงควรถูกคุ้มครองสิทธิทางปัญญาไว้ โดยจดเป็นสูตรความลับทางการค้า อย่างไรก็ตาม ระดับความเข้มข้น 17% เป็นความเข้มข้นขั้นต่ำที่มีประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชและเตรียมสดใหม่และนำไปฉีดพ่นทันที ดังนั้นในการนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้งานจริง ควรเพิ่มฤทธิ์สูตรผสมให้สูงขึ้นชดเชยการสลายตัวลดลง (degradation) โดยการเพิ่มระดับความเข้มข้นเช่น 18-25% เป็นต้น

3. ในงานวิจัยครั้งนี้ยังไม่ครอบคลุมถึงการศึกษาคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากการทดสอบอัตราการใช้น้ำมันหอมระเหยจากธรรมชาติเป็นสารกำจัดวัชพืช พบว่ามีข้อจำกัดคือ ปริมาณสารออกฤทธิ์มีราคาสูงกว่า (250 บาท/ลิตร) และต้องฉีดพ่นแบบเปียกโชก หากเทียบกับการใช้สารเคมีสังเคราะห์ชนิดอื่นๆ ในท้องตลาด อย่างไรก็ตามการใช้น้ำมันหอมระเหยที่สกัดมาจากพืชสมุนไพร และ Tween 80 ที่สามารถใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารได้ก็มีความปลอดภัยสูงต่อมนุษย์และสัตว์ สิ่งแวดล้อมกว่าสารเคมีสังเคราะห์ อย่างไรก็ตาม ก็มีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นสินค้าที่มีจำหน่ายในต่างประเทศ (350 - 500 บาท/ลิตร)

4. การศึกษาครั้งนี้ใช้สารเคมี Food grade และ Laboratory grade ซึ่งมีความบริสุทธิ์และราคาที่สูง หากใช้ในการผลิตปริมาณมาก จำเป็นต้องใช้ manufacturing /commercial grade เพื่อต้นทุนการผลิตลง อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมและประสิทธิภาพอาจเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเนื่องจากคุณสมบัติของวัตถุดิบที่เปลี่ยนไป

5. การปั่นผสมของงานวิจัยให้เครื่อง Homogenizer ระดับห้องปฏิบัติการ เตรียมได้ครั้งละ 1L จึงยังไม่เหมาะสมในการเตรียมปริมาณมาก หากต้องการเตรียมในปริมาณมากจำเป็นต้องมีเครื่องปั่นผสม หรือเครื่อง ultrasonic probe ที่สามารถรองรับการผลิตจำนวนมากได้

เอกสารอ้างอิง

- ฐาปนีย์ หงส์รัตนาวรกิจ. (2550). *น้ำมันหอมระเหยและการใช้ในสุคนธบำบัด*. นครนายก: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ณัฐธิดา ศรีบุญวรกุล. 2560. การประยุกต์ใช้แมสสเปกโทรเมทรีในห้องปฏิบัติการวิจัยทางคลินิก. *วารสาร เทคนิคการแพทย์ บริการ*, 45(3), 6127-6131.
- ต้นกล้า อินสว่าง. (2558). เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC). *จดหมายข่าว ศูนย์เครื่องมือวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 2(7), 2-3.
- เต็ม สมิตินันท์. (2544). *ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2544* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง. (2560). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 134, ตอนพิเศษ 288ง (18 กันยายน): 8-10.
- พิสิษฐ์พงษ์ หมั่นประเสริฐดี. (2560). *กระบวนการอบรมเชิงปฏิบัติการการใช้เครื่องมือ* (คู่มืองานพัฒนา). ปัตตานี: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- สมศักดิ์ สิริไชย. (2561). การวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ. ค้นจาก <http://sc.buu.ac.th/~chemistry/nchem61/andout/sms/30335259/ch02/files/basic-html/page1.html>.
- สาคร ศรีมุข. (2556). ผลกระทบจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของประเทศไทย. *บทความวิชาการ*, 17(3).
- สุรัชย์ มัจฉาชีพ. (2538). *วัชพืชในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แพรวพิทยา.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. (2556). *คู่มือผู้ควบคุมการใช้วัตถุอันตรายเพื่อใช้รับจ้าง* (พิมพ์ครั้งที่ 3). นนทบุรี: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- ศรัญญา เหมือนแมน. (2556). โครมาโทกราฟี. ค้นจาก <https://sites.google.com/site/khorma/thokrafi/2-chromatography/2-3-gas-solid-chromatography>.

อันศยา พรมมา, ศิริพร สอนท่าโก, ธัญชนก จงรักไทย, ธนิตา คำอำนวย และคนอื่นๆ. (2018).

ประสิทธิภาพและสารสำคัญของน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักป่าในการควบคุมวัชพืช. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช และกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. ค้นจาก <http://doa.go.th/research/attachment.php?aid=2526>.

Abraham, D., Braguini, W. L., Kelmer-Bracht, A. M., & Ishii-Iwamoto, E. L. (2000). Effects of four monoterpenes on germination, primary growth, and mitochondrial respiration of maize. *Journal of Chemical Ecology*, 26(3), 611–623. <https://doi.org/10.1023/A:1005467903297>.

Ahuja, N., Batish, D. R., Singh, H. P., & Kohli, R. K. (2015). Herbicidal activity of eugenol towards some grassy and broad-leaved weeds. *Journal of Pest Science*, 88(1), 209–218. <https://doi.org/10.1007/s10340-014-0570-x>.

Amelia, B., Saepudin, E., Cahyana, A. H., Rahayu, D. U., Sulistyoningrum, A. S., & Haib, J. (2017). GC-MS analysis of clove (*Syzygium aromaticum*) bud essential oil from Java and Manado. *AIP Conference Proceedings*, 1862, 030082-1 – 030082-9. <https://doi.org/10.1063/1.4991186>.

Angelini, L. G., Carpanese, G., Cioni, P. L., Morelli, I., Macchia, M., & Flamini, G. (2003). Essential oils from Mediterranean Lamiaceae as weed germination inhibitors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(21), 6158–6164. <https://doi.org/10.1021/jf0210728>.

Bainard, L. D., Isman, M. B., & Upadhyaya, M. K. (2006). Phytotoxicity of clove oil and its primary constituent eugenol and the role of leaf epicuticular wax in the susceptibility to these essential oils. *Weed Science*, 54(5), 833–837. <https://doi.org/10.1614/WS-06-039R.1>.

Barton, A. (2000). The oil mallee project, a multifaceted industrial ecology case study. *Journal of Industrial Ecology*, 3, 161–176. <https://doi.org/10.1162/108819899569467>.

Batish, D. R., Setia, N., Singh, H. P., & Kohli, R. K. (2004). Phytotoxicity of lemon-scented eucalypt oil and its potential use as a bioherbicide. *Crop Protection*, 23(12), 1209–1214. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.05.009>.

Batish, D.R., Singh, H.P., Setia, N., Kaur, S., & Kohli, R.K., (2006). Chemical composition

- and phytotoxicity of volatile essential oils from intact and fallen leaves of *Eucalyptus citriodora*. *Zeitschrift Für Naturforschung C*, 61(7-8), 465–471. <https://doi.org/10.1515/znc-2006-7-801>.
- Boland, D. J., Brophy, J. J., & House, A. P. N. (1991). *Eucalyptus Leaf Oils: Use, Chemistry, Distillation and Marketing*. Canberra (Australia): Australian Centre for International Agricultural Research.
- Boyd, N. S., & Brennan, E. B. (2006). Burning nettle, common purslane, and rye response to a clove oil herbicide. *Weed Technology*, 20(3), 646–650. <https://doi.org/10.1614/WT-05-137R1.1>.
- Brooker, M. I. H., & Kleinig, D. A. (1983). *Field guide to eucalypts* (Vol 1). South-eastern Australia: Inkata Press Pty Ltd.
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>.
- Chemat, S., Ratiba C., Brahim M. Y., & Belanteur K. (2012). Composition and microbial activity of thyme (*Thymus algeriensis genuinus*) essential oil. *Journal of Essential Oil Research*, 24(1), 5–11. <https://doi.org/10.1080/10412905.2012.645303>.
- Choi, H. J., Sowndhararajan, K., Cho, N. G., Hwang, K. H., Koo, S. J., & Kim, S. (2015). Evaluation of Herbicidal Potential of Essential Oils and their Components under In vitro and Greenhouse Experiments. *Weed & Turfgrass Science*, 4(4), 321–329. <https://doi.org/10.5660/wts.2015.4.4.321>.
- Chung, I. M., Kim, K. H., Ahn, J. K., Lee, S. B., Kim, S. H., & Hahn, S. J. (2003). Comparison of allelopathic potential of rice leaves, straw, and hull extracts on barnyardgrass. *Agronomy Journal*, 95(4), 1063–1070. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.1063>.
- Cimanga, K., Kambu, K., Tona, L., Apers, S., De Bruyne, T., Hermans, N., ... & Vlietinck, A. J. (2002). Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. *Journal of ethnopharmacology*, 79(2), 213-220. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(01\)00384-1](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(01)00384-1).

- Cortés-Rojas, D. F., de Souza, C. R. F., & Oliveira, W. P. (2014). Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(2), 90–96. doi:10.1016/s2221-1691(14)60215-x.
- Dudai, N., Poljakoff-Mayber, A., Mayer, A. M., Putievsky, E. & Lerner, H. R. (1999). Essential Oils as Allelochemicals and Their Potential Use as Bioherbicides. *Journal of Chemical Ecology*, 25, 1079–1089. <https://doi.org/10.1023/A:1020881825669>.
- Figiel, A., Szumny, A., Gutiérrez-Ortíz, A., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2010). Composition of oregano essential oil (*Origanum vulgare*) as affected by drying method. *Journal of Food Engineering*, 98(2), 240–247. doi:10.1016/j.jfoodeng.2010.01.002.
- Fisher, K., & Phillips, C. (2008). Potential antimicrobial uses of essential oils in food: is citrus the answer?. *Trends in food science & technology*, 19(3), 156-164. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.11.006>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (1995). Eucalyptus oil: Chapter 5. In: *Flavour and Fragrances of Plant Origin*. Rome (Italy): Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/v5330e/V5330e07.htm>.
- Frabboni, L., Tarantino, A., Petrucci, F., & Disciglio, G. (2019). Bio-herbicidal effects of oregano and rosemary essential oils on chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) crop in organic farming system. *Agronomy*, 9(9), 475. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090475>.
- Ghnaya, A. B., Hanana, M., Amri, I., Balti, H., Gargouri, S., Jamoussi, B., & Hamrouni, L. (2013). Chemical composition of Eucalyptus erythrocorys essential oils and evaluation of their herbicidal and antifungal activities. *Journal of pest science*, 86(3), 571-577. <https://doi.org/10.1007/s10340-013-0501-2>.
- Grulová, D., Caputo, L., Elshafie, H. S., Baranová, B., De Martino, L., Sedlák, V., ... & De

- Feo, V. (2020). Thymol Chemotype *Origanum vulgare* L. Essential Oil as a Potential Selective Bio-Based Herbicide on Monocot Plant Species. *Molecules*, 25(3), 595. <https://doi.org/10.3390/molecules25030595>.
- Hajdari, A., Mustafa, B., Nebija, D., Selimi, H., Veselaj, Z., Breznica, P., ... Novak, J. (2016). Essential Oil Composition of *Pinus peuce* Griseb. Needles and Twigs from Two National Parks of Kosovo. *The Scientific World Journal*, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2016/5393079>.
- Han, D., Tang, B., & Row, K. H. (2014). Determination of pyrethroid pesticides in tomato using ionic liquid-based dispersive liquid-liquid microextraction. *Journal of Chromatographic Science*, 52(3), 232–237. <https://doi.org/10.1093/chromsci/bmt017>.
- Hartman, H.T., Kester, D.E., & Davies, D.E., (1990). *Plant Propagation: Principles and Practices*. Prentice-Hall of India.
- Jerković, I., Mastelić, J., & Miloš, M. (2001). The impact of both the season of collection and drying on the volatile constituents of *Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum* grown wild in Croatia. *International journal of food science & technology*, 36(6), 649-654. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00502.x>.
- Jirovetz, L., Buchbauer, G., Stoilova, I., Stoyanova, A., Krastanov, A., & Schmidt, E. (2006). Chemical composition and antioxidant properties of clove leaf essential oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(17), 6303–6307. <https://doi.org/10.1021/jf060608c>.
- Kohli, R.K. (1990). Allelopathic properties of Eucalyptus. *MAB-DOEn report*. Government of India.
- Koitaishi, R., Suzuki, T., Kawazu, T., Sakai, A., Kuroiwa, H., & Kuroiwa, T. (1997). 1, 8-Cineole inhibits root growth and DNA synthesis in the root apical meristem of *Brassica campestris* L. *Journal of Plant Research*, 110(1), 1-6. <https://doi.org/10.1007/BF02506836>.
- Kordali, S., Cakir, A., & Sutay, S. (2007). Inhibitory effects of monoterpenes on seed germination and seedling growth. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 62(3-4), 207-214. <https://doi.org/10.1515/znc-2007-3-409>.

- Li, H., Madden, J. L., & Potts, B. M. (1995). Variation in volatile leaf oils of the Tasmanian Eucalyptus species-I. Subgenus *Monocalyptus*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 23(3), 299-318. [https://doi.org/10.1016/0305-1978\(95\)97455-6](https://doi.org/10.1016/0305-1978(95)97455-6).
- Li, H., Madden, J. L., & Potts, B. M. (1996). Variation in volatile leaf oils of the Tasmanian Eucalyptus species II. Subgenus *Symphyomyrtus*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 24(6), 547-569. [https://doi.org/10.1016/0305-1978\(96\)00040-3](https://doi.org/10.1016/0305-1978(96)00040-3).
- Liu, X., Chen, Q., Wang, Z., Xie, L., & Xu, Z. (2008). Allelopathic effects of essential oil from *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* on pathogenic fungi and pest insects. *Frontiers of Forestry in China*, 3(2), 232-236. <https://doi.org/10.1007/s11461-008-0036-5>.
- Lorber, P., & Muller, W. H. (1976). Volatile growth inhibitors produced by *Salvia leucophylla*: effects on seedling root tip ultrastructure. *American Journal of Botany*, 63(2), 196-200. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1976.tb11802.x>.
- Macias, F. A., Molinillo, J. M., Varela, R. M., & Galindo, J. C. (2007). Allelopathy-a natural alternative for weed control. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 63(4), 327-348. <https://doi.org/10.1002/ps.1342>.
- Mandal, S., & DebMandal, M. (2016). Thyme (*Thymus Vulgaris* L.) Oils. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*, 825-834. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00094-8>.
- Martin, B. (2003). EUCALYPTUS:: A STRATEGIC FOREST TREE. In *Eucalyptus plantations: research, management and development*. pp. 3-18. https://doi.org/10.1142/9789812704504_000.
- Martino, L.D., Mancini, E., Almeda, L.F.R.d., Feo, V.D. (2010). The antigerminative activity of twentyseven monoterpenes. *Molecules*, 15(9), 6630–6637. <https://doi.org/10.3390/molecules15096630>.
- Meyer, S. L., Lakshman, D. K., Zasada, I. A., Vinyard, B. T., & Chitwood, D. J. (2008). Dose–

- response effects of clove oil from *Syzygium aromaticum* on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 64(3), 223-229. <https://doi.org/10.1002/ps.1502>.
- Moral, R. D., & Muller, C.H. (1970). The allelopathic effects of *Eucalyptus camaldulensis*. *The American Midland Naturalist*, 1(83), 254-282. <https://www.jstor.org/stable/2424020>.
- Muller, W.H., & Muller, C.H. (1964). Volatile growth inhibitors produced by *Salvia* species. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 91(4), 327-330. <https://www.jstor.org/stable/2483297>.
- Nabiha, B., Abdelfatteh, E. O., Faten, K., Hervé, C., & Moncef, C. M. (2010). Chemical composition of bergamot (*Citrus bergamia* Risso) essential oil obtained by hydrodistillation. *Journal of Chemistry and chemical Engineering*, 4(4), 60-62.
- Nakahara, K., Alzoreky, N. S., Yoshihashi, T., Nguyen, H. T. T., & Trakoontivakorn, G. (2003). Chemical Composition and Antifungal Activity of Essential Oil from *Cymbopogon nardus* (Citronella Grass). *Japan Agricultural Research Quarterly*, 37(4), 249-252. <https://doi.org/10.6090/jarq.37.249>.
- NG Thai. (2018). การเจริญเติบโตของพืช: การงอกของเมล็ด. บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน). ค้นจาก https://ngthai.com/science/15713/plantgermination/?fbclid=IwAR07w-FesiTa3_idySEQrestzInNm9f5L4bZsDcIrlR0sximLMZ8BDjEjLg.
- Nishida, N., Tamotsu, S., Nagata, N., Saito, C., & Sakai, A. (2005). Allelopathic effects of volatile monoterpenoids produced by *Salvia leucophylla*: inhibition of cell proliferation and DNA synthesis in the root apical meristem of *Brassica campestris* seedlings. *Journal of chemical ecology*, 31(5), 1187-1203. <https://doi.org/10.1007/s10886-005-4256-y>.
- Ramezani, S., Saharkhiz, M. J., Ramezani, F., & Fotokian, M. H. (2008). Use of Essential Oils as Bioherbicides. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 11(3), 317-319. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2008.10643636>.
- Rohlfesen, W. G. (2012). Method and formulation for eliminating moss with oregano oil.

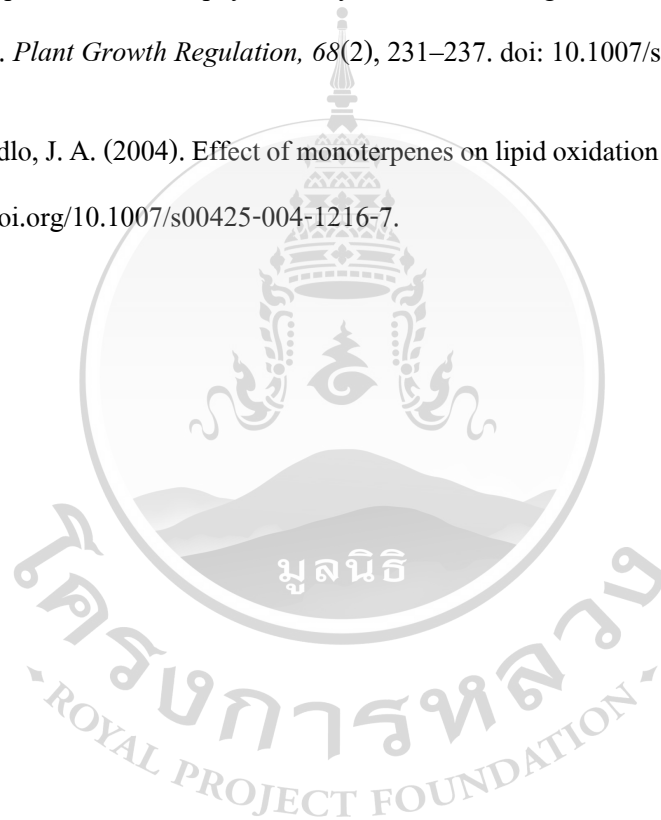
United States Patent, 1(12), 1–6.

- Romagni, J. G., Allen, S. N., & Dayan, F. E. (2000). Allelopathic Effects of Volatile Cineoles on Two Weedy Plant Species. *Journal of Chemical Ecology, 26(1), 303–13.* <https://doi.org/10.1023/A:1005414216848>.
- Saharkhiz, M. J., Smaeili, S., & Merikhi, M. (2010). Essential oil analysis and phytotoxic activity of two ecotypes of *Zataria multiflora* Boiss. growing in Iran. *Natural Product Research, 24(17), 1598-1609.* <https://doi.org/10.1080/14786411003754280>.
- Sakulku, U., Nuchuchua, O., Uawongyart, N., Puttipipatkachorn, S., Soottitantawat, A., & Ruktanonchai, U. (2009). Characterization and mosquito repellent activity of citronella oil nanoemulsion. *International Journal of Pharmaceutics, 372(1-2), 105–111.* <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2008.12.029>.
- Saraiva, C. S. D. S. (2019). Bioherbicidal effect of plant aqueous extracts and essential oils (Doctoral dissertation). Escola Superior Agrária de Coimbra. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10400.26/28202>.
- Singh, H. P., Batish, D. R., Kaur, S., Ramezani, H., & Kohli, R. K. (2002). Comparative phytotoxicity of four monoterpenes against *Cassia occidentalis*. *Annals of Applied Biology, 141(2), 111-116.* <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2002.tb00202.x>.
- Singh, H. P., Batish, D. R., Kaur, S., Kohli, R. K., & Arora, K. (2006). Phytotoxicity of the Volatile Monoterpene Citronellal against Some Weeds. *Zeitschrift Für Naturforschung C, 61(5-6), 334–340.* doi: 10.1515/znc-2006-5-606.
- Song, A., Wang, Y., & Liu, Y. (2009). Study on the chemical constituents of the essential oil of the leaves of *Eucalyptus globules* Labill from China. *Asian Journal of Traditional Medicines, 4(4), 134-140.*
- Su, Y.C., Ho, C.L., Wang, I.C., & Chang, S.T. (2006). Antifungal activities and chemical compositions of essential oils from leaves of four eucalypts. *Taiwan Journal of Forest Science, 46(1), 1-10.*

21(1), 49-61.

- Sulistyoningrum, A. S., Saepudin, E., Cahyana, A. H., Rahayu, D. U. C., Amelia, B., & Haib, J. (2017). Chemical profiling of clove bud oil (*Syzygium aromaticum*) from Toli-Toli and Bali by GC-MS analysis. *AIP Conference Proceedings*, 1862, 1–7. <https://doi.org/10.1063/1.4991193>.
- Tadtong, S., Kamkaen, N., Watthanachaiyingcharoen, R., & Ruangrunsi, N. (2015). Chemical Components of Four Essential Oils in Aromatherapy Recipe. *Natural Product Communications*, 10(6), 1091–1092. <https://doi.org/10.1177/1934578x1501000673>.
- Teixeira, B., Marques, A., Ramos, C., Serrano, C., Matos, O., Neng, N. R., ... Nunes, M. L. (2013). Chemical composition and bioactivity of different oregano (*Origanum vulgare*) extracts and essential oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(11), 2707–2714. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6089>.
- Twoorkoski, T. (2002). Herbicide effects of essential oils. *Weed science*, 50(4), 425-431. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2002\)050\[0425:HEOEO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0425:HEOEO]2.0.CO;2).
- Vasilakoglou, I., Dhima, K., Paschalidis, K., & Ritzoulis, C. (2013). Herbicidal potential on *Lolium rigidum* of nineteen major essential oil components and their synergy. *Journal of essential oil research*, 25(1), 1-10. <https://doi.org/10.1080/10412905.2012.751054>.
- Vaughn, S. F. (1991). Natural compounds from spices could replace potato sprouting inhibitors. *Ind. Bioprocess*, 13(5).
- Vaughn, S. F., & Spencer, G. F. (1993). Volatile monoterpenes as potential parent structures for new herbicides. *Weed Science*, 41(1), 114-119. <https://doi.org/10.1017/S0043174500057672>.
- Verzera, A., Trozzi, A., Gazea, F., Ciccirello, G., & Cotroneo, A. (2003). Effects of Rootstock on the Composition of Bergamot (*Citrus bergamia* Risso et Poiteau) Essential Oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(1), 206–210. <https://doi.org/10.1021/jf0206872>.

- Watanabe, K., Shono, Y., Kakimizu, A., Okada, A., Matsuo, N., Satoh, A., & Nishimura, H. (1993). New mosquito repellent from *Eucalyptus camaldulensis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *41*(11), 2164-2166. <https://doi.org/10.1021/jf00035a065>.
- Yoshimura, H., Sawai, Y., Tamotsu, S., & Sakai, A. (2011). 1, 8-cineole inhibits both proliferation and elongation of BY-2 cultured tobacco cells. *Journal of chemical ecology*, *37*(3), 320-328.
- Zhang, J., An, M., Wu, H., Liu, D. L., & Stanton, R. (2012). Chemical composition of essential oils of four *Eucalyptus* species and their phytotoxicity on silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) in Australia. *Plant Growth Regulation*, *68*(2), 231-237. doi: 10.1007/s10725-012-9711-5.
- Zunino, M. P., & Zygadlo, J. A. (2004). Effect of monoterpenes on lipid oxidation in maize. *Planta*, *219*(2), 303-309. <https://doi.org/10.1007/s00425-004-1216-7>.

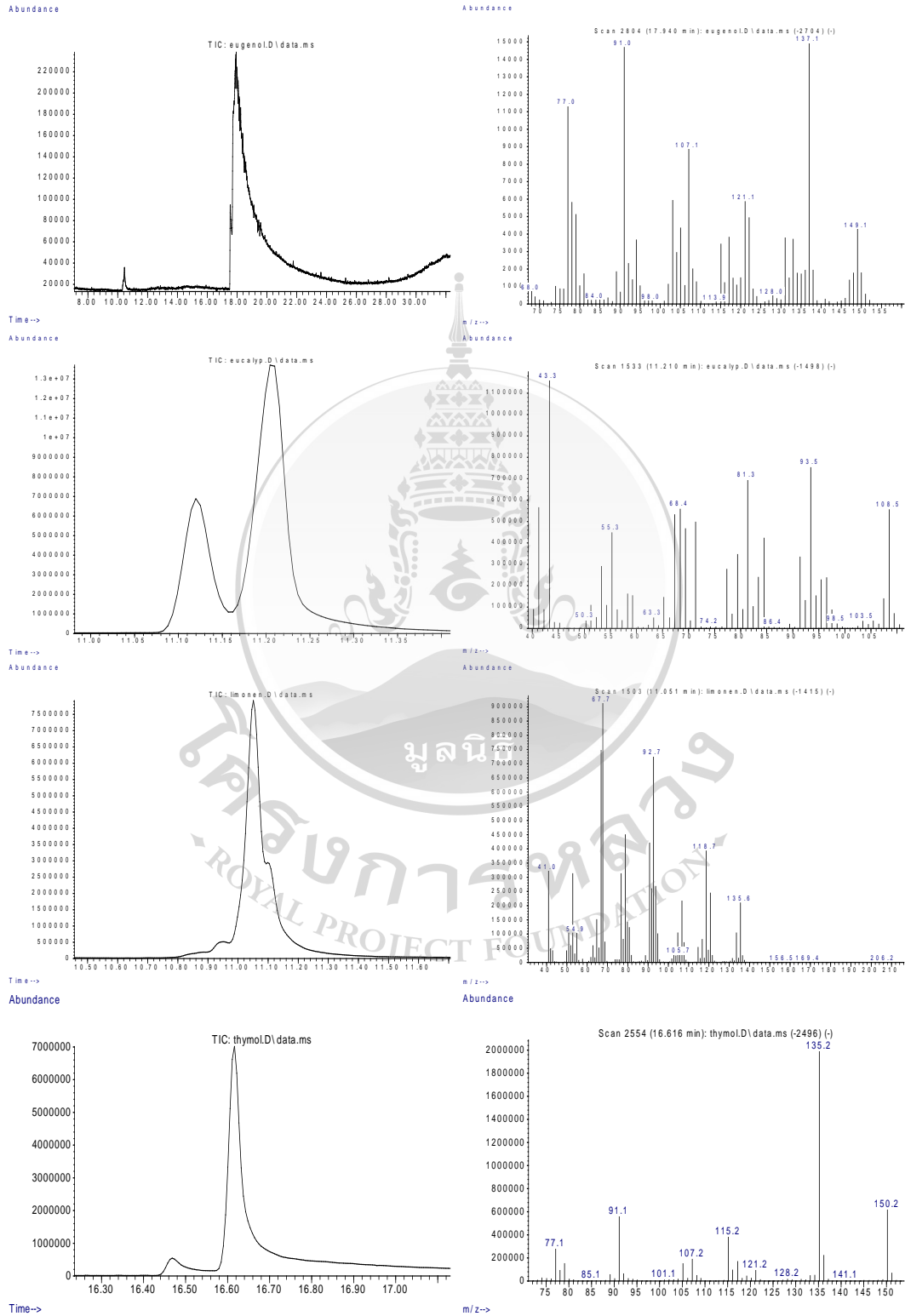


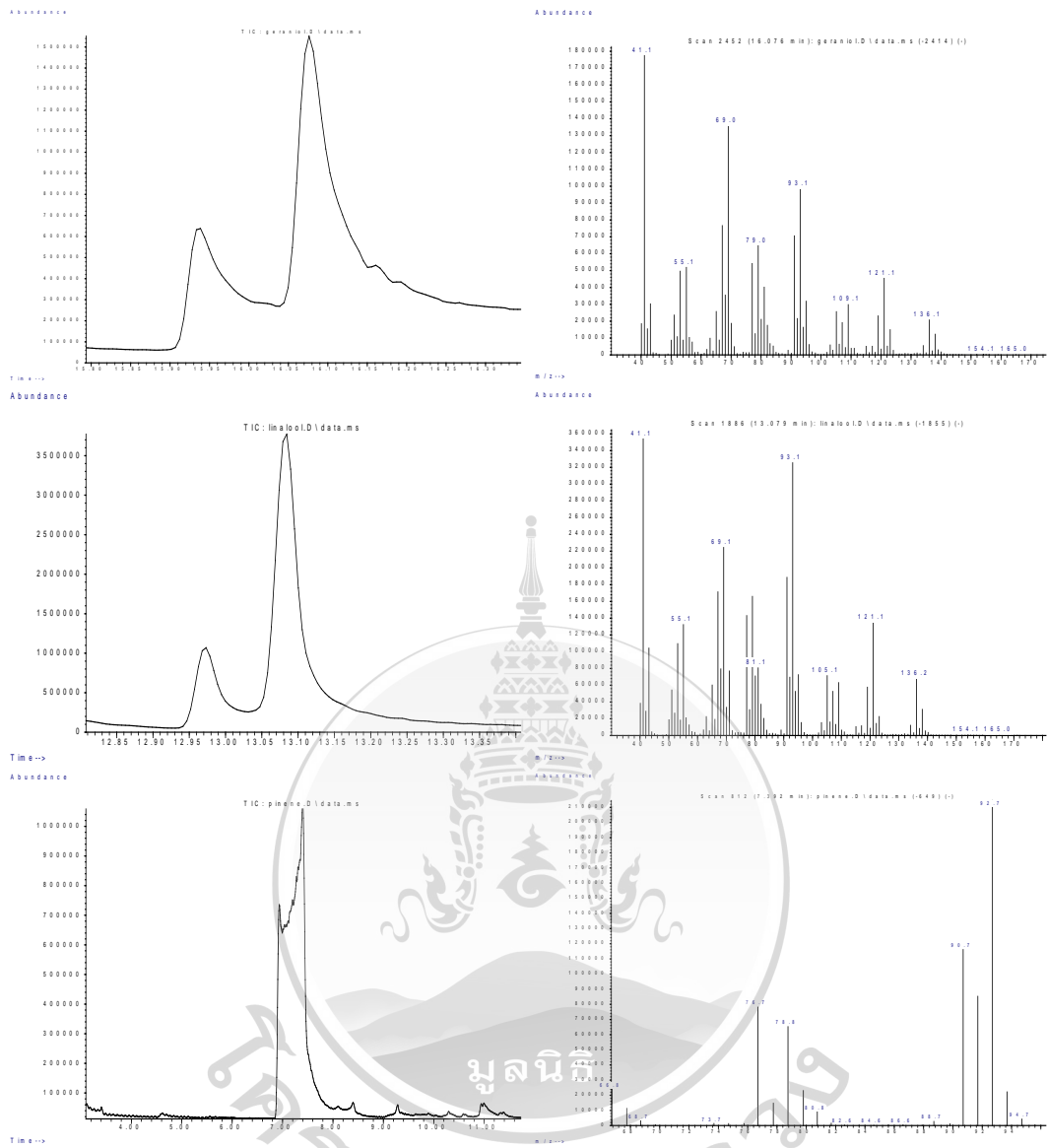
ภาคผนวก ก

ภาพการดำเนินงาน



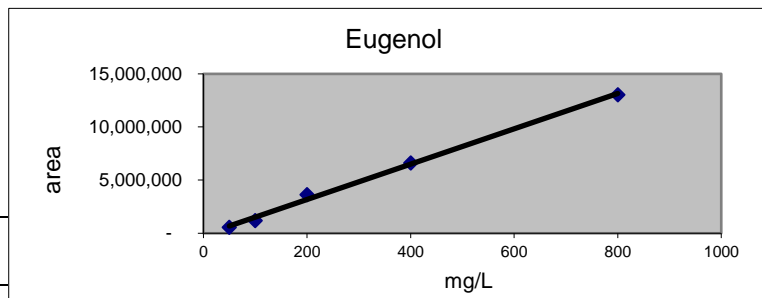
การหาปริมาณสารออกฤทธิ์หลักที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS ในน้ำมันหอมระเหย 20 ชนิด ได้แก่ กานพลู ยูคาลิปตัส ตะไคร้หอม ใพน้ มะกรูด ทาร์ม ออริกาโน โป๊ยกั๊ก ยี่หระ คาร์โมมายด์ อบเชย เมล็ดผักชี กระชาย ข่า ขิง ชะเอม พริกไทย กะเพรา หน้ําแฝก และ ไพล แสดง ดังภาพ



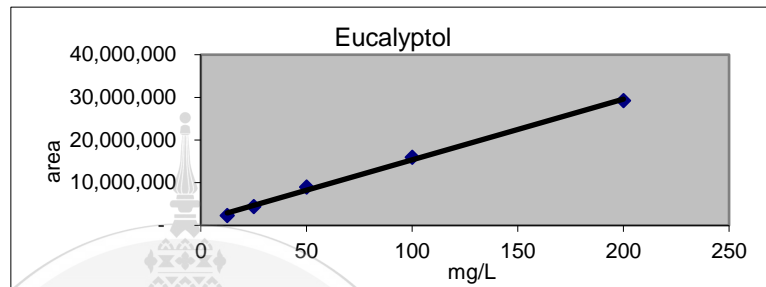


ไอออนโครมาโมแกรมและแมสสเปคโตรแกรมของสารละลายมาตรฐาน Eugenol, Eucalyptol, Limonene, Thymol, Geraniol, Linalool, Alpha-pinene ตามลำดับ (จากบนลงล่าง)

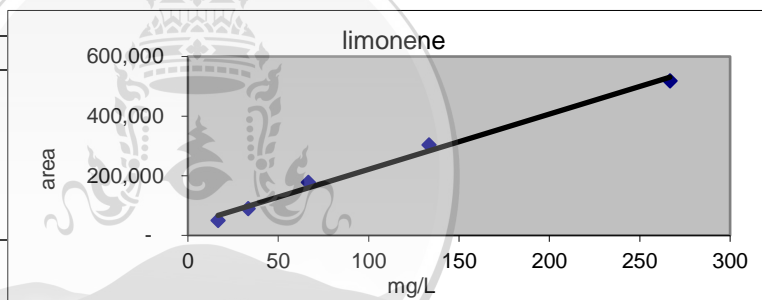
Eugenol	Peak Area
50	564748
100	1000368
200	3632633
400	7094761
800	13039400
slope	16677
intercept	-14597



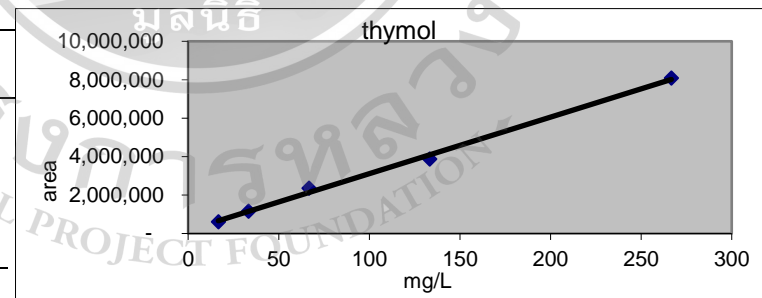
Eucalyptol	Peak Area
12	2215402
25	4384336
50	8040111
100	16040520
200	29106105
slope	14720
intercept	1251490



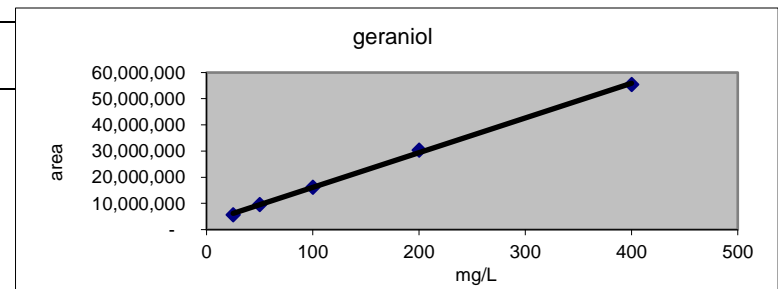
Limonene	Peak Area
17	40021
33	80368
67	177250
133	303574
267	518122
slope	1854
intercept	36020



Thymol	Peak Area
17	608415
33	1145715
67	2354351
133	4874034
267	8075312
slope	28418
intercept	17184

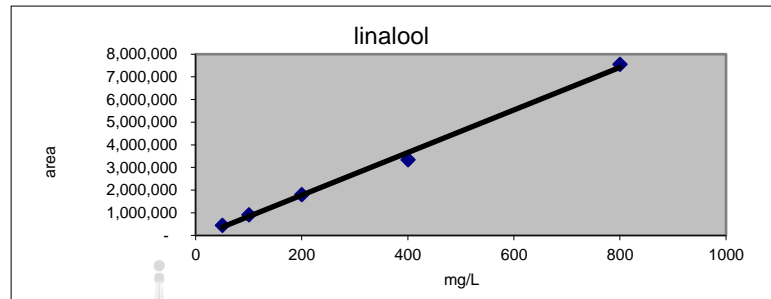


Geraniol	Peak Area
25	5616392
50	9547935
100	16162290
200	30406380

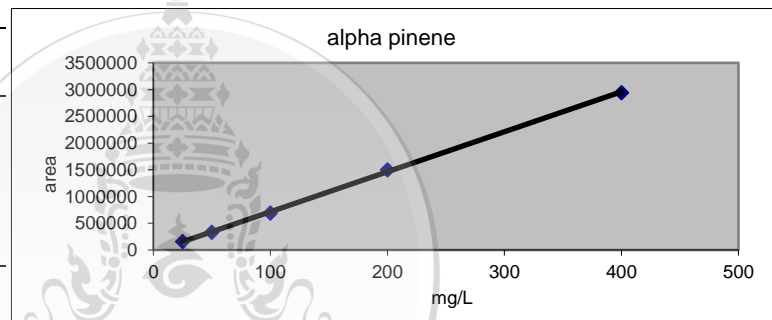


400	55434670
slope	13256
intercept	3261548

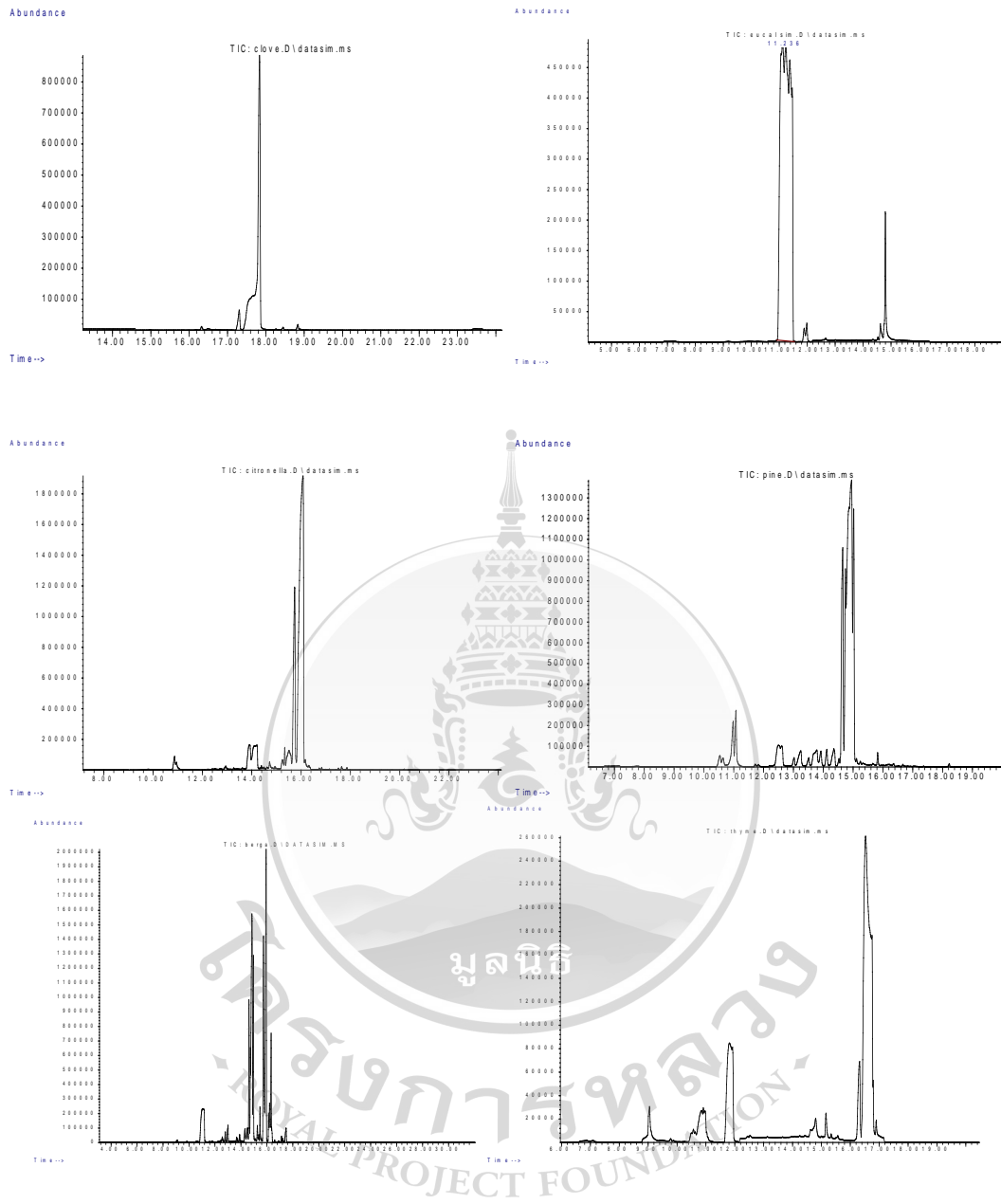
Linalool	Peak Area
50	120777
100	916817
200	1700878
400	3245046
800	7555651
slope	9405
intercept	-103864

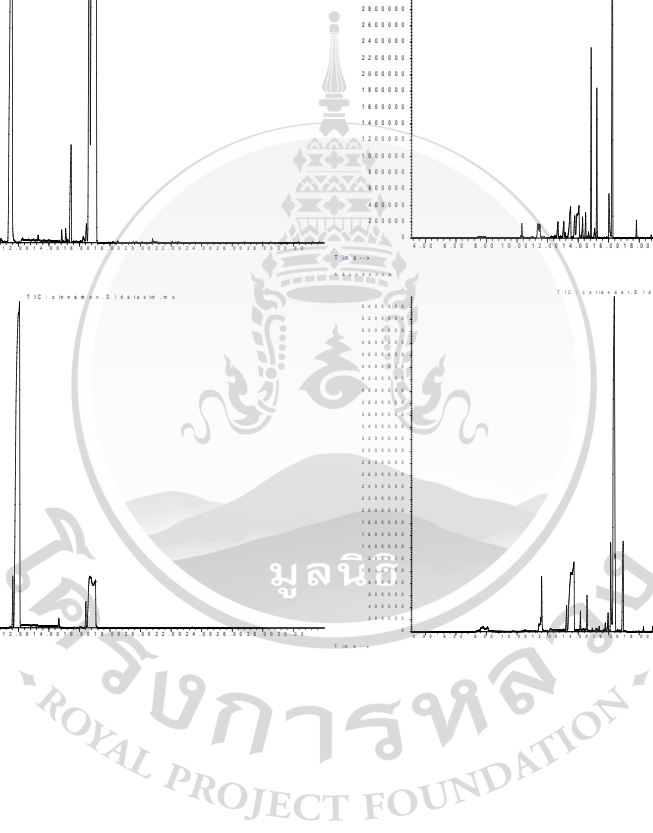
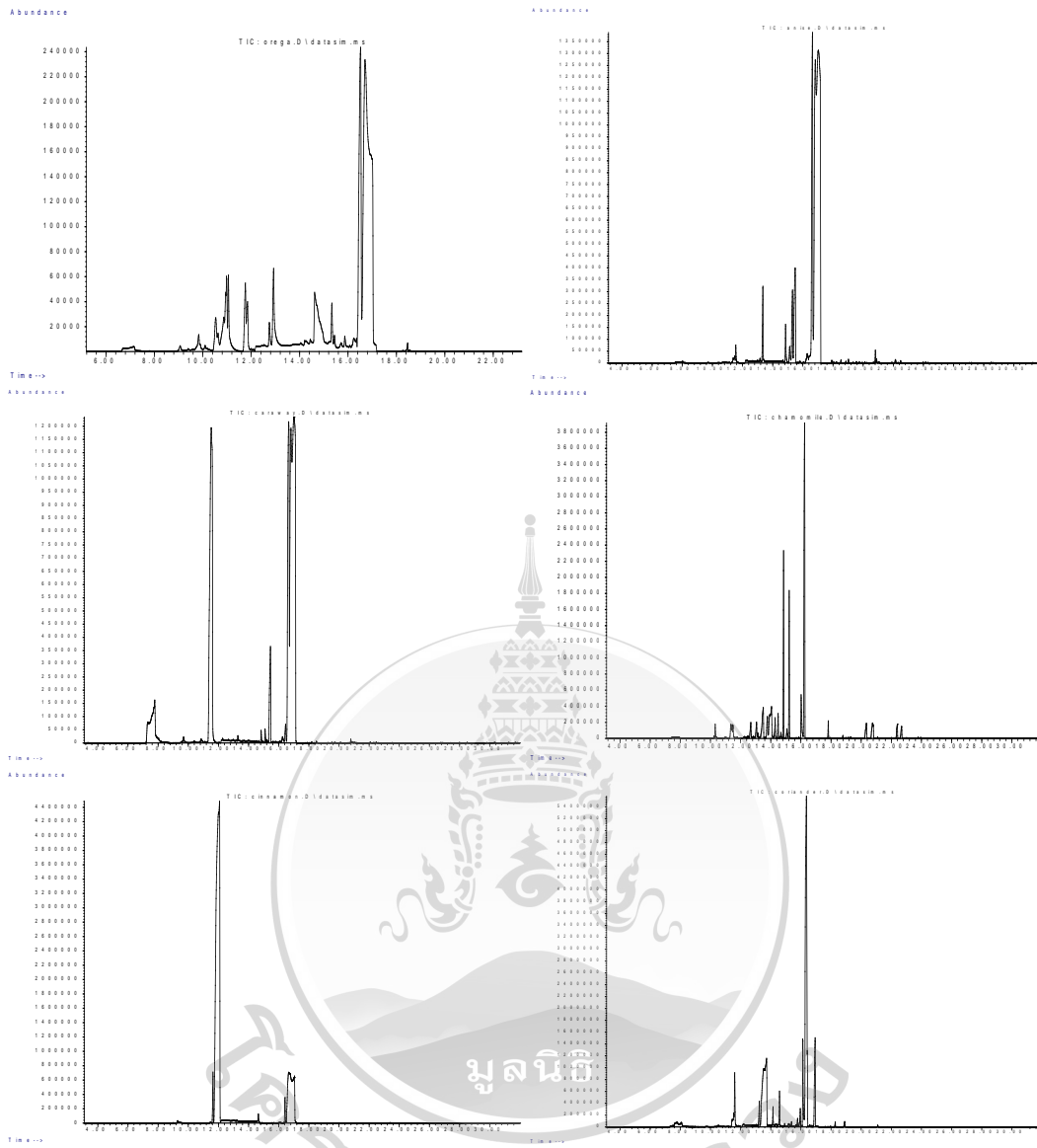


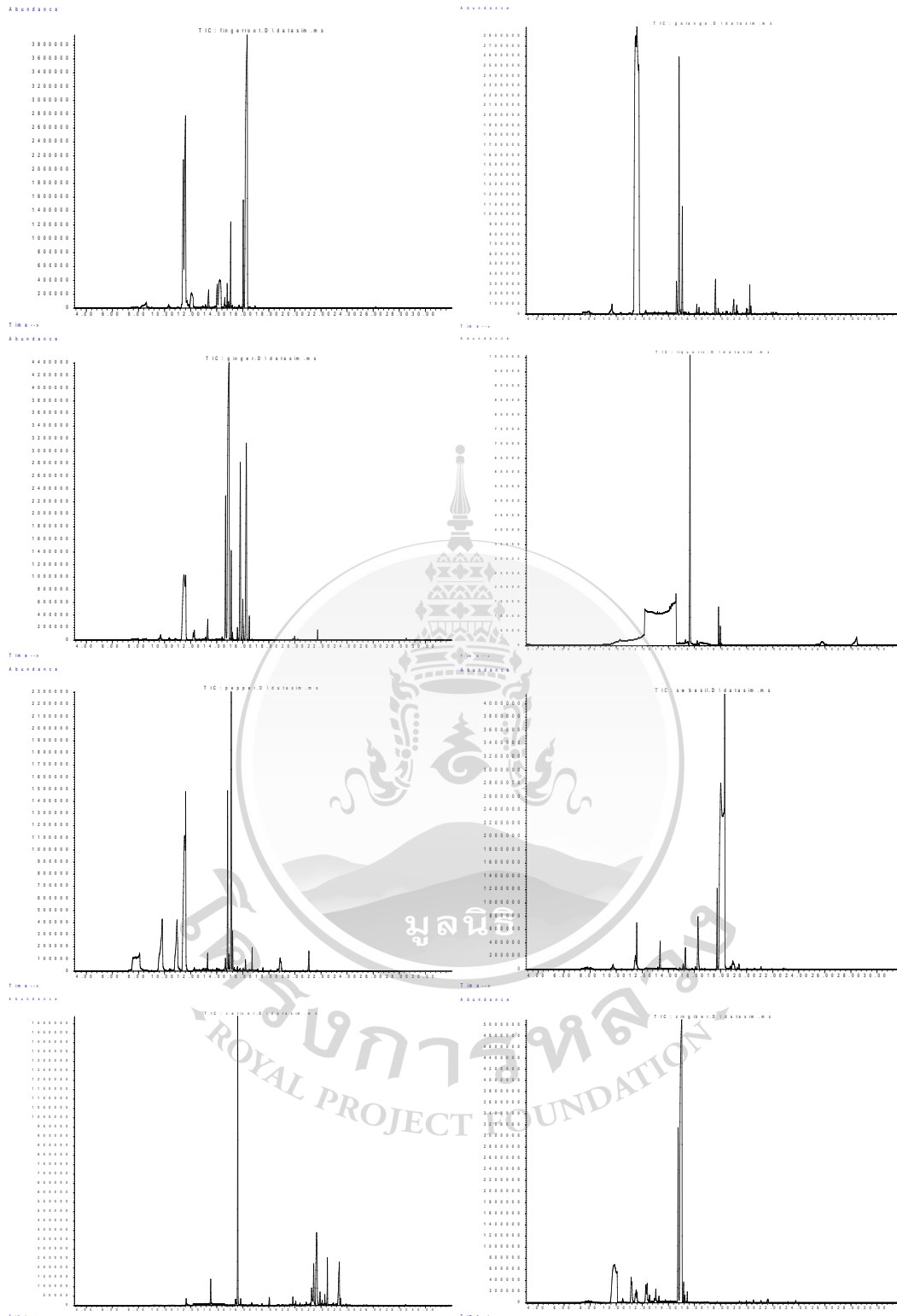
Alpha pinene	Peak Area
25	156500
50	324093
100	689670
200	1507166
400	2946021
slope	7484
Intercept	-34330



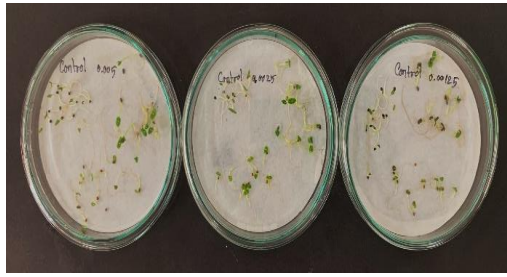
กราฟมาตรฐานของ Eugenol, Eucalyptol, Limonene, Thymol, Geraniol, Linalool, Alpha-pinene ของสารละลายมาตรฐาน (จากบนลงล่างตามลำดับ)



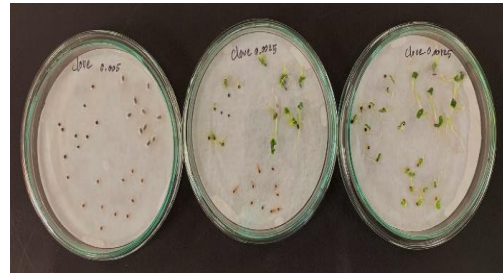




โครมาโทแกรมของผลการวิเคราะห์ด้วย GC-MS ในน้ำมันหอมระเหย 20 ชนิด ได้แก่ กานพลู ยูคาลิปตัส ตะไคร้หอม ไพน์ มะกรูด ทาร์ม ออร์กานโน โป๊ยก็๊ก ยี่หระ คาร์โมมายด์ อบเชย เมล็ดผักชี กระชาย ข่า จิงชะอม พริกไทย กะเพรา หนุ่ยแฝก และ ไพล



คววม



กานพลู



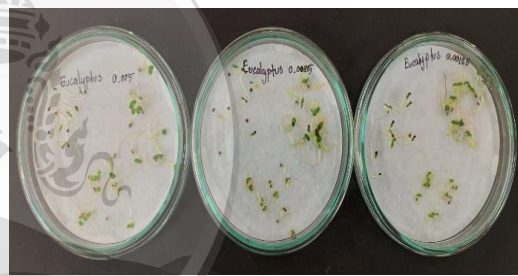
ตะไคร้หอม



ไทม์



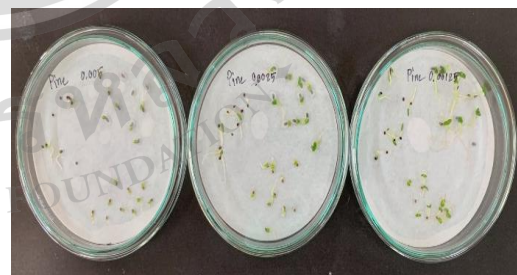
มะกรูด



ยูคาลิปตัส

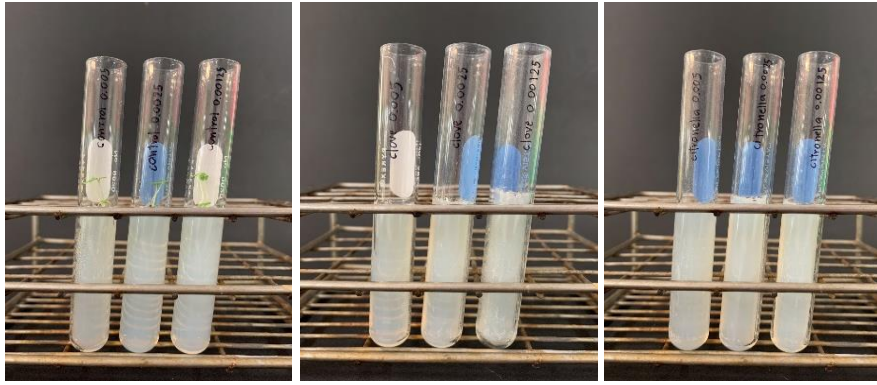


สน



ออริกาโน

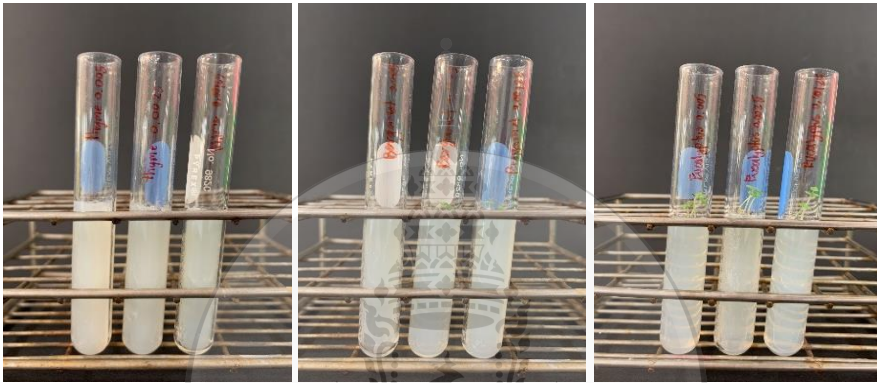
รูป ผลของน้ำมันหอมระเหยกานพลู ตะไคร้หอม ไทม์ มะกรูด ยูคาลิปตัส สน และออริกาโน ปริมาตร 0.00125, 0.0025 และ 0.005 mL ที่ส่งผลต่อการงอกของกะเพรา ผักโขม และแมงลัก ตามลำดับ (จากซ้ายไปขวา)



ควบคุม

กานพลู

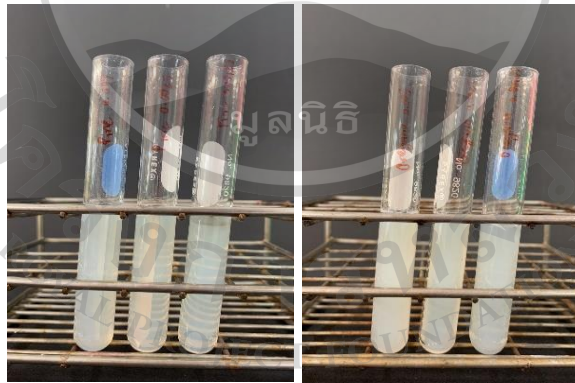
ตะไคร้หอม



ไทม์

มะกรูด

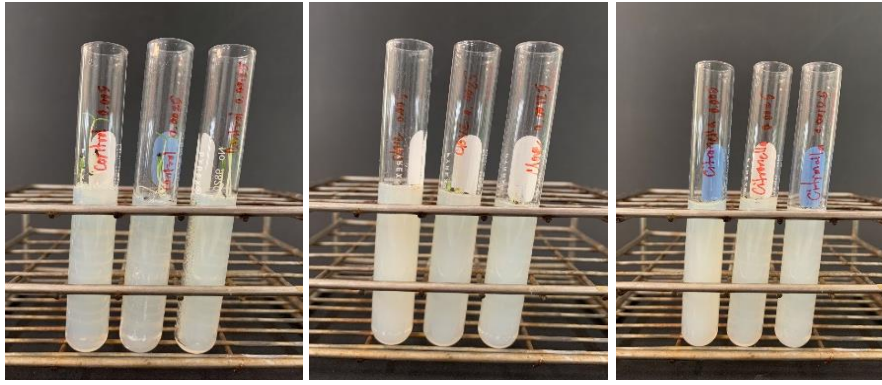
ยูคาลิปตัส



สน

ออริกานอ

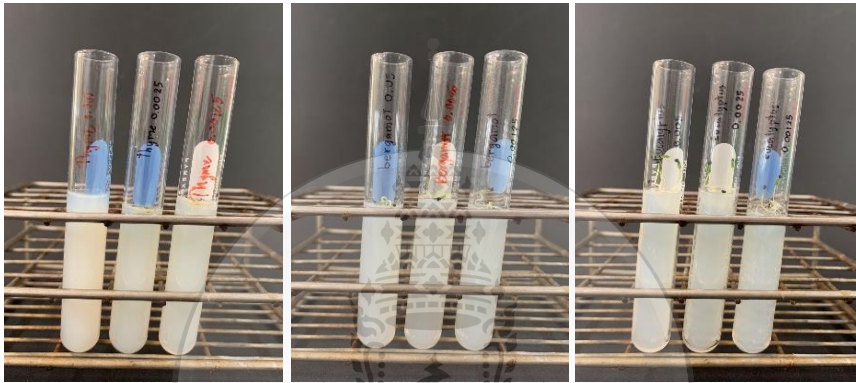
รูป ผลของน้ำมันหอมระเหยกานพลู ตะไคร้หอม ไทม์ มะกรูด ยูคาลิปตัส สน และออริกานอ ปริมาตร 0.00125, 0.0025 และ 0.005 mL ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกะเพรา (จากซ้ายไปขวา)



ควบคุม

กานพลู

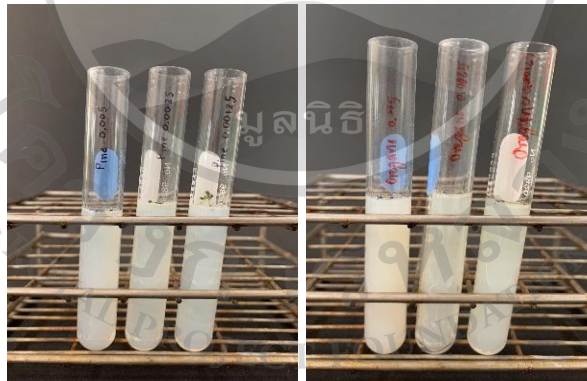
ตะไคร้หอม



ไทม์

มะกรูด

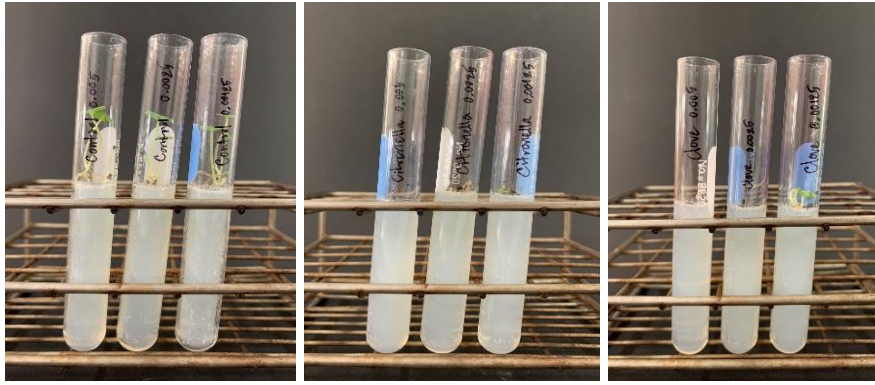
ยูคาลิปตัส



สน

ออริกาน

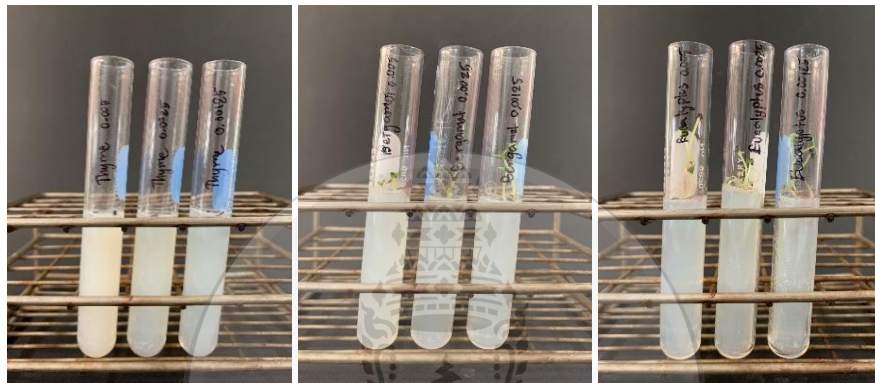
รูป ผลของน้ำมันหอมระเหยกานพลู ตะไคร้หอม ไทม์ มะกรูด ยูคาลิปตัส สน และออริกาน ปริมาตร 0.00125, 0.0025 และ 0.005 mL ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักโขม (จากซ้ายไปขวา)



คววม

กานพลู

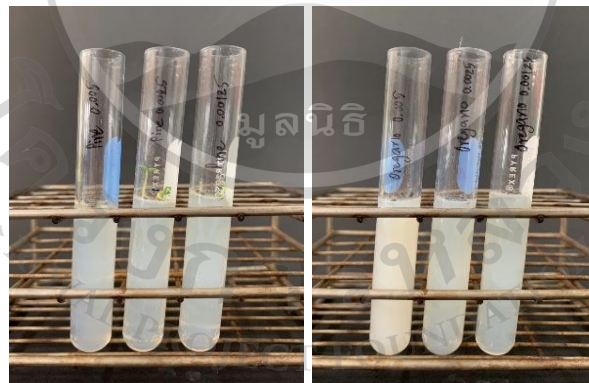
ตะไคร้หอม



ไทม์

มะกรูด

ยูคาลิปตัส



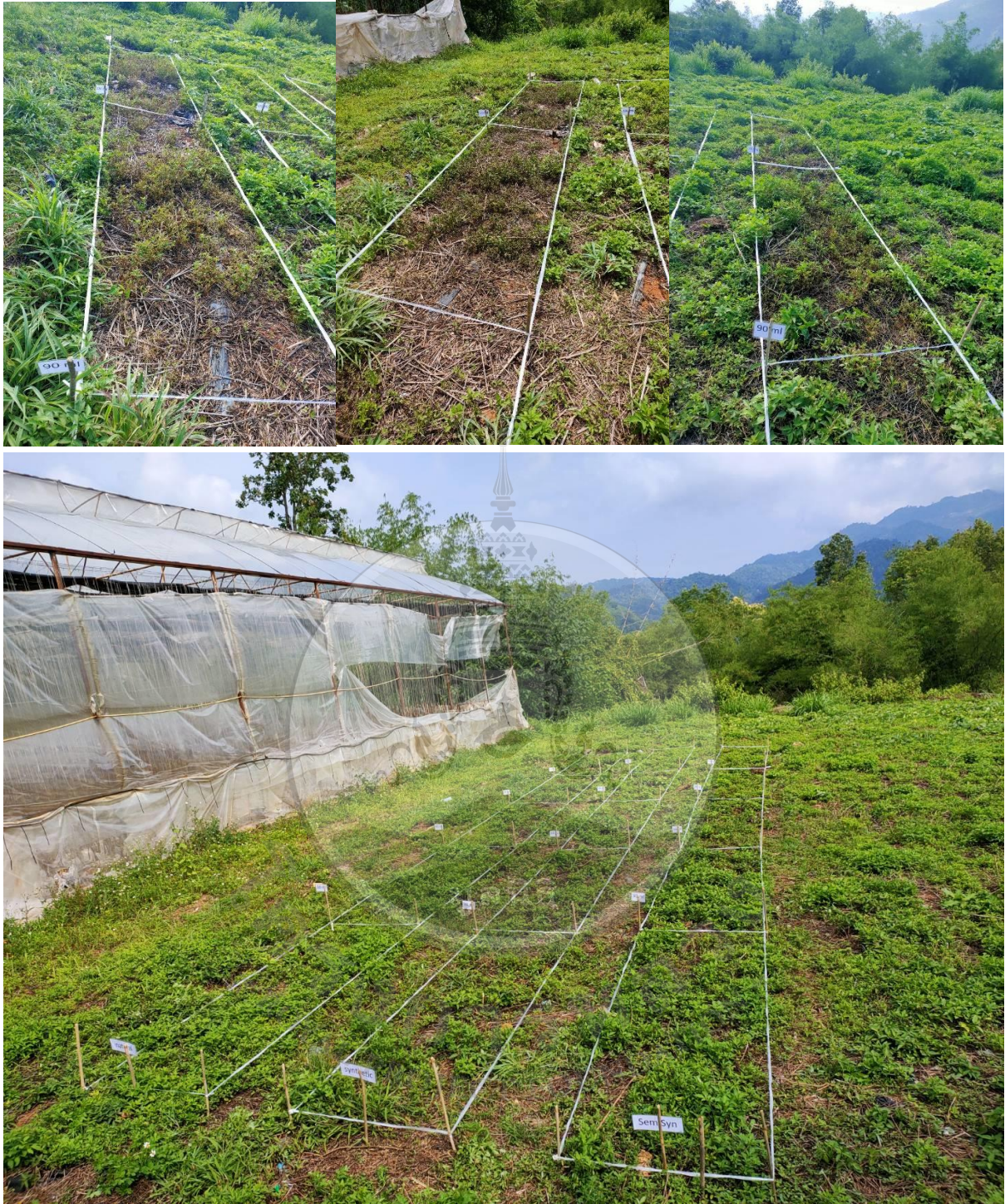
สน

ออริกาน

รูป ผลของน้ำมันหอมระเหยกานพลู ตะไคร้หอม ไทม์ มะกรูด ยูคาลิปตัส สน และออริกาน ปริมาตร 0.00125, 0.0025 และ 0.005 mL ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแมงลัก (จากซ้ายไปขวา)



รูป ใช้สูตรผสมที่ออกแบบคือน้ำมันหอมระเหย 30% (อบเชย กานพลู ตะไคร้หอม อัตราส่วนผสม 5:4:3), Tween-80 60%, pelargonic acid 5% และ 2-phenethyl propionate 5% ทำการทดลอง 7 ระดับ คือ 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 40 mL ผสมกับน้ำ 100 mL เป็นกรรมวิธีทดสอบ นำไปพ่นวัชพืชพื้นที่ ขนาด 1 ตารางเมตร



รูป ใช้สูตรผสมที่ออกแบบ นำไปพ่นวัชพืช เพื่อหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม