



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์)

ปริญญา

พฤกษศาสตร์

พฤกษศาสตร์

สาขา

ภาควิชา

เรื่องฤทธิ์ทางชีวภาพและพฤกษเคมีของสารสกัดจากฟางข้าวต่อวัชพืชและพืชปลูกบางชนิด

Bioactivities and Phytochemistry of Rice Straw Extract on Some Weeds and Crops

นามผู้วิจัย นายธีระ วัชรมงคล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ศรีสม สุวรรณวงศ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สรัญญา วัชรโรทัย, Dr.rer.nat.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ลลิตา กาวิตะ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์สรัญญา วัชรโรทัย, Dr.rer.nat.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงห์สีหิ มตาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ฤทธิ์ทางชีวภาพและพฤกษเคมีของสารสกัดจากฟางข้าวต่อวัชพืชและพืชปลูกบางชนิด

Bioactivities and Phytochemistry of Rice Straw Extract on Some Weeds and Crops

โดย

นายธีระ วัชรมงคล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธีระ วัชรมงคล 2554:ฤทธิ์ทางชีวภาพและพฤษเคมีของสารสกัดจากฟางข้าวต่อวัชพืชและพืชปลูก
บางชนิด ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤษศาสตร์) สาขาวิชาพฤษศาสตร์ ภาควิชา
พฤษศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ศรีสม สุวรรณวงศ์, Ph.D. 141
หน้า

การศึกษาสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ
ที่มีผลต่อการงอก การเจริญเติบโตของต้นกล้า และการเกิด lipid peroxidation โดยวัดปริมาณ malondialdehyde
(MDA) พบว่าสารสกัดที่สกัดด้วย hexane มีผลทำให้การงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้นในไมยราบยักษ์ หนุ่ยปล้อง
ข้าว และข้าว สำหรับการเจริญเติบโตของต้นกล้า พบว่า สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ทำให้ความยาว
รากเพิ่มขึ้นในไมยราบยักษ์ ผักกาดขาวปลี และข้าว และสารสกัดที่สกัดด้วย methanol และน้ำทำให้ความยาว
ยอดของผักกาดขาวปลีและความยาวรากของหนุ่ยปล้องข้าวสูงขึ้น ขณะที่สารสกัดที่สกัดด้วย hexane ทำให้
ความยาวยอดของหนุ่ยปล้องข้าวลดลงด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ยังทำให้ความ
ยาวยอดและความยาวรากของไมยราบยักษ์ลดลง เมื่อศึกษาการเกิด lipid peroxidation พบว่า สารสกัดฟางข้าวที่
สกัดด้วย methanol และน้ำสามารถทำให้การเกิด lipid peroxidation ในรากและยอดของหนุ่ยปล้องข้าวลดลง
ตามลำดับ แต่สารสกัดที่สกัดด้วยน้ำ ทำให้การเกิด lipid peroxidation ในรากของผักกาดขาวปลีเพิ่มขึ้น และเมื่อ
นำสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าไมยราบยักษ์มาแยกด้วย
เทคนิค Vacuum Liquid Chromatography พบว่า ได้ 6 fraction และเมื่อนำกลับไปทดสอบกับไมยราบยักษ์อีก
ครั้ง พบว่า fraction 6 ซึ่งเกิดจากการรวม fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 65 :
35 ถึง fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 0 : 100 สามารถยับยั้งความยาวยอดและ
รากได้ดีที่สุด ขณะที่ fraction อื่นทำให้ความยาวยอดและรากเพิ่มขึ้น โดยที่ fraction 1 ซึ่งเกิดจากการรวม
fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 95 : 5 : 0 ถึง fraction ที่มีอัตราส่วน hexane :
chloroform : methanol เป็น 0 : 100 : 0 ทำให้ความยาวยอดเพิ่มขึ้นมากที่สุด และ fraction 2 ซึ่งเกิดจาก fraction
ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 95 : 5 ทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้นมากที่สุด

ในการตรวจสอบกลุ่มสารประกอบในสารสกัดฟางข้าวโดยเทคนิค Thin Layer Chromatography พบ
สารกลุ่ม steroid, terpenoid และ phenolic compound ในสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายทุกชนิด นอกจากนี้
ในสารสกัดที่สกัดด้วย methanol และน้ำ พบสารกลุ่ม coumarin ด้วย ดังนั้นสารสกัดที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพในสาร
สกัดฟางข้าวอาจเป็นฤทธิ์ของสารกลุ่ม steroid, terpenoid และ phenolic compound

Teera Watcharamongkol 2011: Bioactivities and Phytochemistry of Rice Straw Extract on Some Weeds and Crops. Master of Science (Botany), Major Field: Botany, Department of Botany. Thesis Advisor: Associate Professor Srisom Suwanwong, Ph.D. 141 pages.

Rice straw extracted by hexane, ethyl acetate, methanol and water were tested on seed germination, seedling growth and lipid peroxidation which used malondialdehyde (MDA) as an indicator. The result showed that rice straw extracted by hexane enhanced seed germination of giant mimosa (*Mimosa pigra* L.) crabgrass (*Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler) and rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML 105). Seedling growth of tested plant demonstrated that hexane extract increased root length of giant mimosa, chinese cabbage (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis*) and rice. It was also found that methanolic and aqueous extracts increased shoot length of chinese cabbage and root length of crabgrass. While hexane extracts decreased shoot length of crabgrass. Besides this, methanolic extracts decreased shoot and root length of giant mimosa. The study on lipid peroxidation showed that methanolic and aqueous extracts reduced lipid peroxidation in root and shoot of crabgrass, respectively but aqueous extract induced lipid peroxidation in chinese cabbage. Then methanolic extracts, that inhibited giant mimosa seedling growth, were separated by Vacuum Liquid Chromatographic technique, six fractions were received and the fractions were tested back on giant mimosa growth. Fraction 6 that combined among fraction at ratio 0: 65: 35 of hexane: chloroform: methanol to fraction at ratio 0: 0: 100 of hexane: chloroform: methanol gave the best result on inhibition of shoot and root growth while the other fractions enhanced root and shoot length. Fraction 1 which combined hexane: chloroform: methanol fraction at the ratio of 95: 5: 0 to fraction of hexane: chloroform: methanol at 0: 100: 0 ratio gave the highest increase in shoot length and fraction 2 being hexane: chloroform: methanol fraction at the ratio of 0: 95: 5 promoted highest root length.

Phytochemical screening of rice straw extract had been done by using Thin Layer Chromatographic technique. Steroids, terpenoids and phenolic compounds could be detected. Moreover, methanolic and water extracts had shown a spot of coumarins. Therefore, bioactive compounds in rice straw extracts may comprise of steroids, terpenoids and phenolic compounds.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ศรีสม สุวรรณวงศ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สรัญญา วัชรโรทัย กรรมการที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับงานทางด้านพฤกษเคมี และรองศาสตราจารย์ ดร. ลิลลี่ กาวีตะ กรรมการที่ปรึกษา ที่ให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์ทางสถิติ และแผนการทดลอง และขอขอบคุณ ดร. ณัฏฐา เสนีवास ประธานการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร. สุริยา ตันติวิวัฒน์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่สละเวลาเพื่อมาสอบและแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณมูลนิธิศาสตราจารย์ ดร. แดบ นิละนิต ที่ให้ทุนอุดหนุนการศึกษาในการเรียนชั้นปีที่หนึ่ง University of Tsukuba ที่ให้ทุน exchange research study เพื่อทำวิจัยที่ญี่ปุ่น และ Prof. Hiroshi Matsumoto ที่ให้คำแนะนำและวางแผนการทดลองที่ทำในประเทศญี่ปุ่น

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่และน้องๆ ที่เป็นกำลังใจที่สำคัญ และให้ความสนับสนุนในการศึกษา และการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างต่อเนื่อง จนสามารถฝ่าฟันอุปสรรคและความยากลำบากจนประสบความสำเร็จในครั้งนี้ ประโยชน์อันเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะมีเพียงใด ขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน

ธีระ วัชรมงคล

มกราคม 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(8)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(14)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	19
อุปกรณ์	19
วิธีการ	19
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	27
ผลการทดลอง	27
วิจารณ์ผลการทดลอง	91
สรุปและข้อเสนอแนะ	102
สรุป	102
ข้อเสนอแนะ	104
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	105
ภาคผนวก	116
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	141

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สารทฤษฎีสำคัญที่พบในส่วนต่างๆ ของข้าว	7
2	ตัวอย่างค่า E_T^N ของตัวทำละลายบางชนิด	12
3	ระยะเวลาที่ใช้ในการนับจำนวนเมล็ดที่งอกของวัชพืชและพืชปลูก	20
4	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของไมยราบยักษ์	28
5	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของไมยราบยักษ์	30
6	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของไมยราบยักษ์	33
7	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของไมยราบยักษ์	36
8	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด ความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของหญ้าปล้องข้าวเนก	38
9	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของหญ้าปล้องข้าวเนก	41

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
10	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของหญ้าปล้องข้าวนก 43
11	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของหญ้าปล้องข้าวนก 46
12	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของผักกาดขาวปลี 48
13	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และ ปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของ ผักกาดขาวปลี 51
14	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของผักกาดขาวปลี 53
15	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของผักกาดขาวปลี 56
16	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของข้าวพันธุ์ขาวดอก มะลิ 105 59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
17	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	61
18	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	64
19	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	66
20	ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก และปริมาณ MDA ในยอดและในราก ของวัชพืชและพืชปลูก	70
21	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่แยกจากสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ที่มีสารประกอบ และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอด (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม) ของไมยราบยักษ์	73
22	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่แยกจากสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ที่มีสารประกอบ และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวราก (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม) ของไมยราบยักษ์	74
23	ผลของผลึกที่แยกจาก fraction 6 ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอด และราก (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม) ของไมยราบยักษ์	75
24	แสดงค่า R_f ของสารสกัดฟางข้าวด้วยการตรวจสอบการเรืองแสงโดย UV ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร	77

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
25	แสดงค่า R_f ของสารสกัดฟางข้าวด้วยการตรวจสอบการเรืองแสงโดย UV ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร	78
26	แสดงค่า R_f ของสารสกัดฟางข้าวด้วยการตรวจสอบโดย day light	80
27	แสดงค่า R_f ของสารสกัดฟางข้าวด้วยการตรวจสอบโดยการสเปรย์ sulfuric acid	81
28	แสดงค่า R_f ของสารสกัดฟางข้าวด้วยการตรวจสอบโดยการรมไอ iodine	82
29	แสดงค่า R_f ของสารสกัดฟางข้าวในการตรวจสอบสารกลุ่ม steroid และ terpenoid โดยการสเปรย์ anisaldehyde sulfuric acid	85
30	แสดงค่า R_f ของสารสกัดฟางข้าวในการตรวจสอบสารกลุ่ม phenolic compound โดยการสเปรย์ Folin-Ciocalteu's reagent	87
ตารางผนวกที่		
1	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก	119
2	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อความยาวยอดและรากของวัชพืชและพืชปลูก	120
3	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก	121
4	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก	122
5	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดและรากของวัชพืชและพืชปลูก	123
6	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก	124

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
7 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก	125
8 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดและรากของวัชพืชและพืชปลูก	126
9 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก	127
10 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก	128
11 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดและรากของวัชพืชและพืชปลูก	129
12 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก	130
13 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่แยกจากสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ที่มีสารประกอบ และความเข้มข้นแตกต่างกันต่อความยาวยอดและรากของไมยราบยักษ์	131
14 ผลของผลึกที่แยกจาก fraction 6 จากสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อความยาวยอดและรากของไมยราบยักษ์	132
15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก	132
16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดและความยาวรากของวัชพืชและพืชปลูก	133
17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก	133
18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก	134

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดและความยาวรากของวัชพืชและพืชปลูก	135
20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก	135
21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก	136
22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดและความยาวรากของวัชพืชและพืชปลูก	136
23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก	137
24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก	137
25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดและความยาวรากของวัชพืชและพืชปลูก	138
26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก	138
27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่แยกจากสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ที่มีสารประกอบและความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดและรากของไมยราบยักษ์	139
28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลึกที่แยกจาก fraction 6 ที่แยกจากสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอดและรากของไมยราบยักษ์	140

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนและ ROS	16
2	กลไกการเกิด lipid peroxidation ในพืช	18
3	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของไมยราบยักษ์	28
4	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อความยาวยอดและความยาวรากของไมยราบยักษ์ (เซนติเมตร)	29
5	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของไมยราบยักษ์ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	29
6	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของไมยราบยักษ์	31
7	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อความยาวยอดและความยาวรากของไมยราบยักษ์ (เซนติเมตร)	31
8	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของไมยราบยักษ์ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	32
9	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของไมยราบยักษ์	33
10	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อความยาวยอดและความยาวรากของไมยราบยักษ์ (เซนติเมตร)	34
11	ต้นกล้าไมยราบยักษ์ที่ได้รับสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นต่างๆ (ก) ชุดควบคุม (ข) 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค) 10 มิลลิกรัมต่อลิตร (ง) 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (จ) 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร	34
12	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของไมยราบยักษ์ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	35
13	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของไมยราบยักษ์	36

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อความขาวยอดและความขาวรากของ ไมยราบยักษ์ (เซนติเมตร)	37
15	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของ ไมยราบยักษ์ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	37
16	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับ ครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของหนู่ปล้องข้าวนก	39
17	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อความขาวยอดและความขาวราก ของหนู่ปล้องข้าวนก (เซนติเมตร)	39
18	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อปริมาณ MDA ในยอดและราก ของหนู่ปล้องข้าวนก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	40
19	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการ นับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของหนู่ปล้องข้าวนก	41
20	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อความขาวยอดและความ ขาวรากของหนู่ปล้องข้าวนก (เซนติเมตร)	42
21	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อปริมาณ MDA ในยอดและ รากของหนู่ปล้องข้าวนก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	42
22	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับ ครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของหนู่ปล้องข้าวนก	44
23	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อความขาวยอดและความขาว รากของหนู่ปล้องข้าวนก (เซนติเมตร)	44
24	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อปริมาณ MDA ในยอดและ รากของหนู่ปล้องข้าวนก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	45
25	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรก และครั้งสุดท้ายของหนู่ปล้องข้าวนก	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อความขาวขดและความขาวรากของหญ้าปล้องข้าวนก (เซนติเมตร)	47
27	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของหญ้าปล้องข้าวนก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	47
28	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของผักกาดขาวปลี	49
29	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อความขาวขดและความขาวรากของผักกาดขาวปลี (เซนติเมตร)	49
30	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของผักกาดขาวปลี (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	50
31	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของผักกาดขาวปลี	51
32	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อความขาวขดและความขาวรากของผักกาดขาวปลี (เซนติเมตร)	52
33	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของผักกาดขาวปลี (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	52
34	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของผักกาดขาวปลี	54
35	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อความขาวขดและความขาวรากของผักกาดขาวปลี (เซนติเมตร)	54
36	ต้นกล้าผักกาดขาวปลี ที่ได้รับสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นต่างๆ (ก) ชุดควบคุม (ข) 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค) 10 มิลลิกรัมต่อลิตร (ง) 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (จ) 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร	55
37	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของผักกาดขาวปลี (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	55

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
38	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรก และครั้งสุดท้ายของผักกาดขาวปลี	57
39	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อความยาวยอดและความยาวรากของ ผักกาดขาวปลี (เซนติเมตร)	57
40	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของ ผักกาดขาวปลี (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	58
41	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับ ครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	59
42	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อความยาวยอดและความยาวราก ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (เซนติเมตร)	60
43	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อปริมาณ MDA ในยอดและราก ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	60
44	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการ นับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	62
45	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อความยาวยอดและความ ยาวรากของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (เซนติเมตร)	62
46	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อปริมาณ MDA ในยอดและ รากของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	63
47	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับ ครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	64
48	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อความยาวยอดและความยาว รากของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (เซนติเมตร)	65
49	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อปริมาณ MDA ในยอดและ รากของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	65
50	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรก และครั้งสุดท้ายของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
51	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อความยาวยอดและความยาวรากของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (เซนติเมตร)	67
52	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	68
53	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อความยาวยอดของไมยราบยักษ์ (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)	71
54	ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อความยาวรากของไมยราบยักษ์ (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)	71
55	ภาพแสดงการตรวจสอบสารภายใต้แสง UV ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตรของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)	77
56	ภาพแสดงการตรวจสอบสารภายใต้แสง UV ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตรของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)	79
57	ภาพแสดงการตรวจสอบสารภายใต้แสง day light ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)	80
58	ภาพแสดงการตรวจสอบสารโดยการสเปรย์ sulfuric acid ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)	81
59	ภาพแสดงการตรวจสอบสารโดยการรม iodine ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)	82
60	ภาพแสดงการตรวจสอบสารที่มี unsaturated lactone ring โดยการสเปรย์ Kedde's reagent และ Raymond's reagent ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)	84
61	ภาพแสดงการตรวจสอบสารกลุ่ม steroid และ terpenoid โดยการสเปรย์ anisaldehyde sulfuric acid ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)	86

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
62	ภาพแสดงการตรวจสอบสารกลุ่ม phenolic compound โดยการสเปรย์ Folin-Ciocalteu's reagent ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)	88
63	ภาพแสดงการตรวจสอบสารกลุ่ม coumarin โดยการสเปรย์ 5% ethanolic potassium hydroxide แล้วส่องภายใต้ UV ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)	89
64	ภาพแสดงการตรวจสอบสารกลุ่ม anthraquinone โดยการสเปรย์ 5% ethanolic potassium hydroxide แล้วส่องภายใต้ daylight ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)	90

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

μ	=	Micro
%	=	Percent
CRD	=	Complete randomized design
DNA	=	Deoxyribonucleic acid
E_T^N	=	Normalized E_T (30) solvent polarity parameter
FW	=	Fresh weight
M	=	Molar
MDA	=	Malondialdehyde
PSI	=	Photosystem I
PSII	=	Photosystem II
R_f	=	Relative front
RNA	=	Ribonucleic acid
ROS	=	Reactive oxygen species
TBA	=	Thiobarbuturic acid
TCA	=	Trichloroacetic acid
TLC	=	Thin Layer Chromatography
VLC	=	Vacuum Liquid Chromatography
UV	=	Ultraviolet
W/V	=	Weight per volume

ฤทธิ์ทางชีวภาพและพฤษเคมีของสารสกัดจากฟางข้าวต่อวัชพืชและพืชปลูกบางชนิด

Bioactivities and Phytochemistry of Rice Straw Extract on Some Weeds and Crops

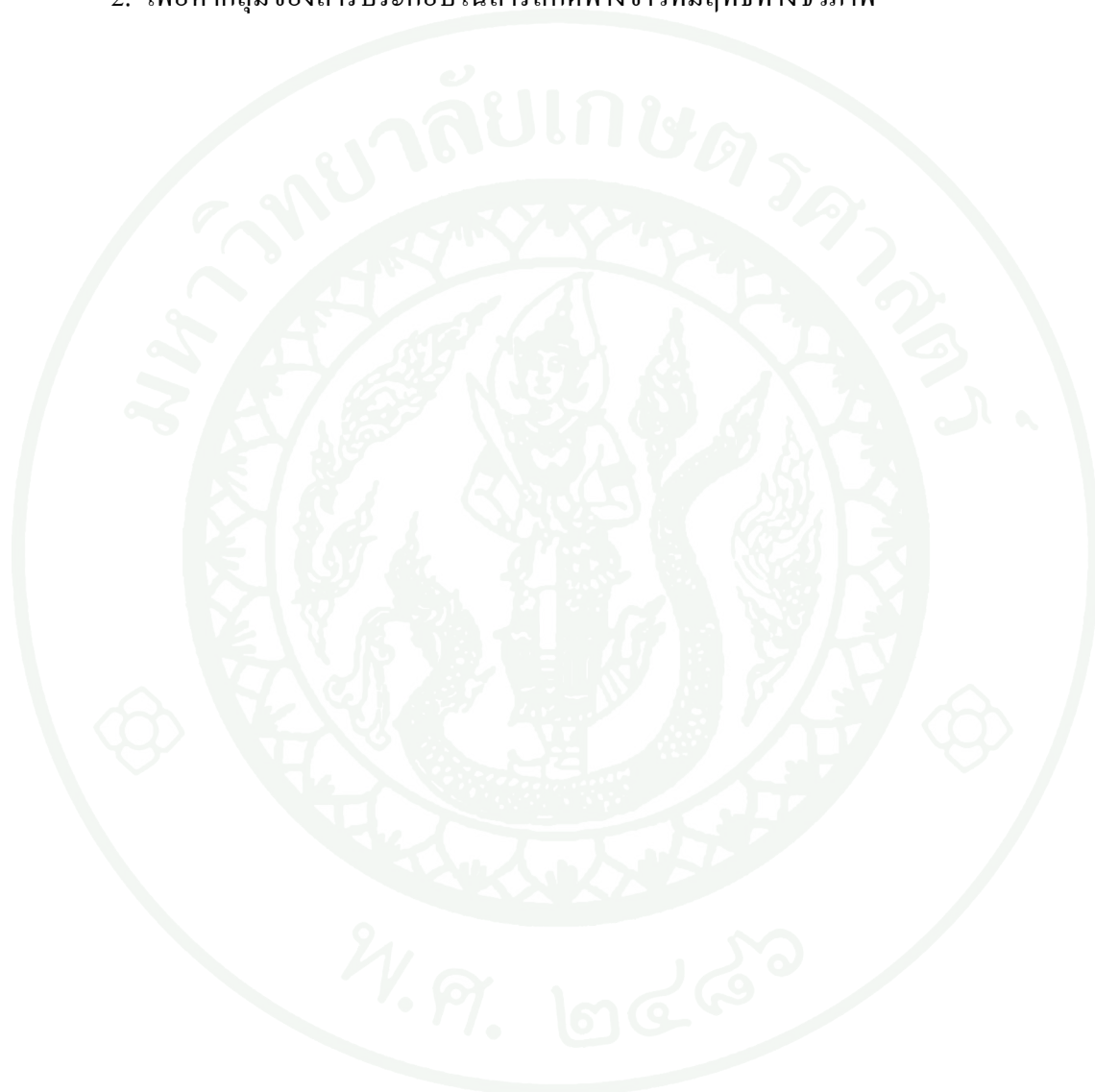
คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม และมีการผลิตข้าวเพื่อใช้ในการบริโภคภายในประเทศและส่งออกเป็นจำนวนมาก ซึ่งหลังจากเกษตรกรเก็บเกี่ยวข้าวแล้วจะมีฟางข้าวเหลือใช้จำนวนมาก แม้ว่าการจัดการกับฟางข้าวเหลือใช้จะมีหลายวิธี เช่น นำไปเลี้ยงสัตว์ ใช้คลุมหน้าดินเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น หรือใช้ในการเพาะเห็ด หากแต่เกษตรกรมักใช้วิธีการเผาฟางข้าวซึ่งก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ และภาวะโลกร้อน ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรเองไม่เห็นถึงความสำคัญของฟางข้าวดังกล่าว ดังนั้นหากสามารถเพิ่มมูลค่าจากการใช้ประโยชน์ของฟางข้าวได้น่าจะเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรหยุดเผาฟางข้าว ซึ่งมีการศึกษาพบว่าสารสกัดจากฟางข้าวมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย เช่น สามารถยับยั้งแมลงศัตรูพืชและโรคพืชได้ (An *et al.*, 2003) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย และควบคุมการรุกรานของสาหร่ายบางชนิด (Park *et al.*, 2006) เช่นเดียวกับสารสกัดจากฟางข้าวบาร์เลย์ที่ใช้ในการควบคุมการรุกรานของสาหร่ายในแหล่งน้ำธรรมชาติ และยังมีรายงานว่าสารสกัดด้วยน้ำของฟางข้าวบางสายพันธุ์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าปล้องละมาน (*Echinochloa crus-galli*) (Chung *et al.*, 2001a, 2003) จึงเห็นว่าสารสกัดจากฟางข้าวบางสายพันธุ์ในประเทศไทยน่าจะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืชได้ และการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ที่แตกต่างกันสามารถสกัดสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพได้แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเห็นว่าการศึกษาเปรียบเทียบตัวทำละลายอินทรีย์อื่นกับน้ำ อาจทำให้ได้สารสกัดฟางข้าวที่มีประสิทธิภาพดีกว่าสารสกัดฟางข้าวด้วยน้ำ และเนื่องจากยังไม่มีการศึกษาผลของสารสกัดฟางข้าวต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา ซึ่งแตกต่างจากสารสกัดจากเมล็ดที่มีการศึกษาผลของสารสกัดต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชทำให้เข้าใจผลของสารสกัดต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืชมากขึ้น (Chung *et al.*, 2005) นอกจากนั้นจากการศึกษาพบว่า สารสกัดฟางข้าวประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ซึ่งมีฤทธิ์ทางชีวภาพ (Khanh *et al.*, 2007) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงศึกษาทางพฤษเคมีของสารสกัดฟางข้าวด้วยเพื่อที่จะทำให้ทราบชนิดสารสำคัญซึ่งจะสามารถนำไปพัฒนาและใช้ประโยชน์ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากกว่าสารสกัดหยาบ อีกทั้งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทางพฤษเคมียังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการหาฟางข้าว

สายพันธุ์อื่นๆ ในประเทศไทยที่น่าจะมีศักยภาพต่อไปได้ ซึ่งจากการทดลองนี้จะนำไปสู่การพัฒนาสารสกัดจากฟางข้าวเพื่อนำไปใช้ในการกำจัดวัชพืชด้วยวิธีทางชีวภาพทดแทนสารเคมีสังเคราะห์ได้ เนื่องจากปัญหาจากวัชพืชเป็นปัญหาสำคัญของเกษตรกรและการใช้สารเคมีสังเคราะห์กำจัดวัชพืชยังเป็นทางเลือกของเกษตรกร เพราะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง และสะดวก แต่นำมาซึ่งผลเสียต่อเกษตรกรและสิ่งแวดล้อม โดยสารเคมีสังเคราะห์จะตกค้างอยู่ในร่างกายซึ่งอาจนำไปสู่โรคต่างๆ และตกค้างในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน อีกทั้งสารเคมีสังเคราะห์มีคุณสมบัติในการให้ผลอย่างรุนแรง ทำให้ระบบนิเวศที่มีอยู่สูญเสียไป ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากสารสกัดฟางข้าวจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการกำจัดวัชพืชโดยหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีสังเคราะห์และช่วยลดฟางข้าวเหลือทิ้งได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าว
2. เพื่อหากลุ่มของสารประกอบในสารสกัดฟางข้าวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ



การตรวจเอกสาร

ฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าว

มีการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าวหลายด้านทั้งทาง allelopathy และสารสกัดพืช โดยการศึกษาผลทาง allelopathy ของข้าวก็ยังมีหลายระดับ ตั้งแต่ระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่ง Olofsdotter *et al.* (1999) ใช้วิธีเพาะเมล็ดข้าวร่วมกับเมล็ดหญ้าปล้องละมาน (*Echinochloa crus-galli*) ในจานแก้ว พบว่าการเจริญเติบโตของรากหญ้าปล้องละมาน ถูกยับยั้งด้วยข้าวบางสายพันธุ์ เช่น Takanenishiki, Musashikogane, Lubang Red, Tan Gang, Kouketsumuchi และ Woo Co Chin Yu นอกจากนี้เมื่อเพาะต้นกล้าข้าวร่วมกับเมล็ด alfalfa (*Medicago sativa*), เทียนแดง (*Lepidium sativum*) และผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) พบว่าข้าวมีผลในการยับยั้งการเจริญของยอดและราก ทำให้น้ำหนักสดของพืชทดสอบดังกล่าวลดลง โดยการยับยั้งการเจริญจะมีค่าแตกต่างกันตามชนิดของพืชทดสอบและพันธุ์ข้าว (Kato-Nokuchi and Ino, 2001)

ในระดับโรงเรือนทดลอง มีการศึกษาทั้งผลที่เกิดจากการปลูกข้าวให้เจริญเติบโตร่วมกับพืชที่ทดสอบ และผลจากการย่อยสลายของส่วนต่างๆของข้าวที่เหลือจากการเก็บเกี่ยว โดยพบว่าเมื่อนำข้าวเพาะร่วมกับหญ้าปล้องละมาน โดยเฉพาะเป็นแถวสลับกันในกระถางที่ได้ดินพบว่าข้าวพันธุ์ PI312777 และ Huagan-1 ซึ่งเป็นข้าวที่เป็น allelopathic rice สามารถยับยั้งการเจริญของหญ้าปล้องละมานได้ และจากการศึกษาผลของส่วนต่างๆของข้าวที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวโดยผสมฟางข้าวกับดินแล้วให้ดินอึดด้วยน้ำทิ้งไว้ 30, 60 และ 90 วันจึงเพาะเมล็ดหญ้าปล้องละมาน พบว่าพันธุ์ข้าวทั้งที่เป็น allelopathic rice และที่ไม่ได้เป็น allelopathic rice ที่ปล่อยให้สลายตัว 30 และ 60 วัน สามารถยับยั้งการเจริญของหญ้าปล้องละมานได้ และพบอีกว่าถ้าเติมถ่านกัมมันต์ (activated charcoal) จะทำให้ความสามารถในการยับยั้งลดลง (Kong *et al.*, 2006) เช่นเดียวกับ Jung *et al.* (2004) ที่ศึกษาผลของส่วนที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวข้าวโดยนำส่วนที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวข้าวผสมกับทรายในกระถางแล้วนำไปปลูกหญ้าปล้องละมาน พบว่าข้าว 16 สายพันธุ์มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตสูง (77%) เช่น Duchungiong, Damagung, Dadajo และ Nato selection ซึ่งผลจากเกลบใบผสมกับฟาง และเกลบผสมกับใบและฟาง ให้ผลการยับยั้งไม่แตกต่างกัน โดยพบว่าจะทำให้น้ำหนักแห้งลดลงมากกว่าเปอร์เซ็นต์การงอก และความยาวของต้นพืช

ในระดับแปลงทดลองได้มีการศึกษาโดยการปลูกข้าวพันธุ์ PI312777 และ Huagan-1 ร่วมกับหญ้าปล้องละมาน พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของหญ้าปล้องละมานได้ (Kong *et al.*, 2006) และ Ahn *et al.* (2005) และการศึกษาผลทาง allelopathy โดยการย้ายทั้งข้าวและหญ้าปล้องละมานที่เพาะแยกกันมาปลูกร่วมกัน พบเช่นเดียวกันว่าข้าวบางสายพันธุ์ เช่น Buldo และ Agudo สามารถยับยั้งการเจริญของหญ้าปล้องละมานได้ โดยมีทั้งผลต่อ การแตกกอ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของใบและต้น

นอกจากการศึกษาผลทาง allelopathy ในพืชเหล่านี้ยังมีการศึกษาผลของข้าวที่มีต่อการยับยั้งการเจริญของพืชชนิดอื่นทั้งในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น ข้าวโอ๊ต (*Avena spp.*) ข้าวสาลี (*Triticum aestivum*) หญ้าข้าวนก (*Echinochloa colona*) little seed canary grass (*Phalaris minor*) (Khanh *et al.*, 2007) และ กกขนาก (*Cyperus difformis*) (Kato-Noguchi, 2004) และพืชใบเลี้ยงคู่ เช่น แตงกวา (*Cucumis sativus*) monarh redstem (*Ammania baccifera*) gulf leaf flower (*Phyllanthus fraternus*) ถั่วแดง (*Lens sp.*), ผักบุ้งรุ่ม (*Convolvulus arvensis*) (Khanh *et al.*, 2007) ducksalad (*Heteranthera limosa*) ผักเบี้ยหิน (*Trianthema portulacastrum*) และ toothcup (*Ammania coccinea*) (Olofsdotter, 2001)

นอกจากการศึกษาทาง allelopathy ของข้าวแล้วยังมีการศึกษาผลของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของข้าวด้วย โดยพบว่าสารสกัดด้วยน้ำของส่วนต่างๆ ของข้าว ทั้งใบ รากและต้นมีผลในการยับยั้งการงอกและการเจริญของรากผักกาดหอมและ ducksalad ซึ่งทั้งสามส่วนมีผลต่อการงอกไม่แตกต่างกัน แต่สารสกัดจากใบมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของรากมากที่สุด (Ebana *et al.*, 2001) และได้มีการศึกษาในหญ้าปล้องละมานด้วย โดยเปรียบเทียบผลของสารสกัดด้วยน้ำจากใบ ฟาง และแกลบ พบว่าสารสกัดฟางข้าวสามารถยับยั้งการเจริญของหญ้าปล้องละมานได้ดีกว่าสารสกัดจากใบและแกลบ นอกจากนี้พบว่าการยับยั้งจะสูงมากในข้าว 6 พันธุ์จากทั้งหมด 144 พันธุ์ เช่น Cuba 65-v-58, Dongobyeeo, Hongdodo, Danganueibangju, Basmati และ Chindadchiki (Chung *et al.*, 2003) และเมื่อสกัดแกลบด้วยน้ำอุ่นและน้ำร้อนพบว่าสามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าปล้องละมานได้ โดยสารสกัดแกลบด้วยน้ำอุ่นมีประสิทธิภาพดีกว่า (Ahn and Chung, 2000) นอกจากการศึกษาในผักกาดหอม ducksalad และหญ้าปล้องละมาน ยังมีการศึกษาในผักเจียด (*Monochoria vaginalis*) โดยสารสกัดด้วยน้ำจากแกลบ ยอด และรากข้าว สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของผักเจียดได้ (Kawaguchi *et al.*, 1997) และ Pramanik *et al.* (2001) พบว่าสารสกัดด้วยน้ำจากฟางข้าวมีผลยับยั้งการเจริญของ Chinese milk vetch (*Astagalus sinicus*) ด้วย สำหรับการสกัดด้วยตัวทำละลายอื่น เช่น methanol 50 เปอร์เซ็นต์พบว่าที่สกัดจากรากข้าวสามารถ

ยับยั้งการเจริญของหญ้าปล้องละมานและผักกาดหอมได้ (Rimando *et al.*, 2001) และสารสกัดที่สกัดด้วย methanol 80 เปอร์เซ็นต์ จากเกลบพบว่าสามารถยับยั้งการงอกของผักกาดหอมได้ เช่นเดียวกัน (Kato *et al.*, 1977) และได้มีการศึกษาเปรียบเทียบผลของตัวทำละลาย คือ methanol dichloromethane และน้ำ ในรากและส่วนเหนือดิน พบว่า dichloromethane และ methanol สามารถยับยั้งความยาวรากหญ้าปล้องละมานได้ โดยสารสกัดจากส่วนเหนือดินจะมีผลมากกว่าสารสกัดจากราก (Macias *et al.*, 2006)

จากการแยกสารบริสุทธิ์จากข้าว (ตารางที่ 1) พบว่ามีสารบางชนิดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช เช่น momilactone A และ momilactone B ที่สกัดจากเกลบสามารถยับยั้งความยาวยอดและรากของเทียนแดงได้ (Kato-Noguchi and Ino, 2003; Kato-Noguchi *et al.*, 2008) ยับยั้งการงอกและความยาวรากของผักกาดหอม (Kato *et al.*, 1977) กกขนาก (*Cyperus difformis*) หญ้าดอกขาว (*Leptochloa chinensis*) และ *Amaranthus reflexus* และทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในแห่นเป็ด (*Lemna paucicostata*) ลดลง (Chung *et al.*, 2005) สาร 3-isopropyl-5-acetoxycyclohexane-2-one-1, 5,7,4'-trihydroxy-3'5'-dimethoxyflavone และ flavone O-glycoside ที่สกัดจากส่วนเหนือดินสามารถยับยั้งการเจริญของหญ้าปล้องละมาน กกขนาก และ *Cyperus iris* (Kong *et al.*, 2004a, 2004b, 2007) เช่นเดียวกับ 1-tetratriacontanol และ β -sitosterol-3-O- β -D-glucoside ที่สกัดจากเกลบทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในแห่นเป็ดลดลงได้ (Chung *et al.*, 2005) สารกลุ่ม steroid เช่น ergosterol peroxide และ 7-oxo-stigmasterol ที่สกัดจากรากและทุกส่วนของข้าวสามารถยับยั้งความยาวยอดและรากของหญ้าปล้องละมานได้ (Macias *et al.*, 2006) และ cholest-11-en-3 β ,6 β ,7 α ,22 β -teraol-24-one-3 β -palmitoleate ที่สกัดจากเกลบยับยั้งการเจริญเติบโตของแห่นเป็ดได้

นอกจากสารสกัดที่ได้จากข้าวจะยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชแล้วยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตอื่นได้ โดยสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol จะยับยั้งการเจริญของ *Microcystis aeruginosa* ซึ่งเป็นไซยาโนแบคทีเรีย (Park *et al.*, 2006) เช่นเดียวกับสารสกัดจากเกลบที่สกัดด้วย methanol สามารถยับยั้งการเจริญของ *Microcystis aeruginosa* ได้เช่นกัน แต่สารสกัดดังกล่าวจะมีผลน้อยใน *Ankistodesmus convolutes* และ *Scenedesmus quadricauda* ซึ่งเป็น green algae และ *Daphnia magna* ซึ่งเป็น zooplankton (Park *et al.*, 2009b) และสารบริสุทธิ์ที่แยกได้จากเกลบที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียได้เช่นกันคือ สาร 14-methyl stigmaster-9(11)-en-3 α -ol-3 β -d-glucopyranoside และ cholest-11-en-3 β ,6 β ,7 α ,22 β -tetraol-24-3 β -palmitoleate (Chung *et al.*, 2007) และสาร 5,7,4'-trihydroxy-3'5'-dimethoxyflavone และ flavone O-glycoside ที่สกัดจากใบข้าว สามารถยับยั้งโรคใบไหม้ของข้าว ที่เกิดจากเชื้อรา *Pyricularia*

oryzae และ โรคใบแห้งของข้าว ที่เกิดจากเชื้อ *Rhizoctonia solani* ได้ (Kong *et al.*, 2004b) และโรคใบไหม้ของข้าว จะถูกยับยั้งได้ด้วยสาร oryzalexin ที่สกัดได้จากใบข้าวที่ได้รับแสงอัลตราไวโอเลต (Kato *et al.*, 1993a)

สารทุติยภูมิที่มีการศึกษาพบในข้าว

ตารางที่ 1 สารทุติยภูมิสำคัญที่พบในส่วนต่างๆของข้าว

กลุ่มสาร	ชื่อสาร	ส่วนที่พบ	หมายเหตุ
Cytokinins	Cytokinins	Root exudates	Soejima <i>et al.</i> , 1992
Indoles	Azelaic acid	Root exudates	Rimando <i>et al.</i> , 2001
	Indoles (1H-indole-3-carboxaldehyde; 1H-indole-3-carboxylic acid; 1H-indole-5-carboxylic acid)	Root exudates	Rimando <i>et al.</i> , 2001
	Indole-5-carboxylic acid	Root exudates	Seal <i>et al.</i> , 2004b
	Momilactones	Momilactone A and B	Rice hulls
Phenolic acids		Rice hulls	Chung <i>et al.</i> , 2005
		Leaves and straw	Kato <i>et al.</i> , 1973
		Root exudates	Kato-Nokuchi and Ino, 2003, 2005
	Benzoic acid	Straw	Kuwatsuka and Shindo, 1973
	Caffeic acid	Straw	Kuwatsuka and Shindo, 1973
		Root exudates	Seal <i>et al.</i> , 2004a
	Ferulic acid	Decomposed straw	Chou and Lin, 1976
		Rice soil	Chou and Chiou, 1979
		Leaves and stems	Chou <i>et al.</i> , 1991
	m-Coumaric acid	Leaves and stems	Chou <i>et al.</i> , 1991
	o-Coumaric acid	Leaves and stems	Chou <i>et al.</i> , 1991
	p-Coumaric acid	Decomposed straw	Chou and Lin, 1976
		Leaves and stems	Chou and Chiou, 1979
		Rice soil	Rimando <i>et al.</i> , 2001
		Root exudates	Seal <i>et al.</i> , 2004a
	t-Coumaric acid	Root exudates	Seal <i>et al.</i> , 2004a
		Straw	Kuwatsuka and Shindo, 1973
	Gallic acid	Leaves and stems	Chou <i>et al.</i> , 1991
Gentisic acid	Straw	Kuwatsuka and Shindo, 1973	
t-Ferulic acid	Root exudates	Seal <i>et al.</i> , 2004a	
	Decomposed straw	Chou and Lin, 1976	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

กลุ่มสาร	ชื่อสาร	ส่วนที่พบ	หมายเหตุ
Steroids	p-Hydroxybenzoic acid	Leaves and stems	Chou <i>et al.</i> , 1991
		Rice soil	Olofsdotter <i>et al.</i> , 2002
		Root exudates	Seal <i>et al.</i> , 2004a
	p-Salicylic acid	Decomposed straw	Chou and Lin, 1976
	Protocatechuic acid	Straw	Kuwatsuka and Shindo, 1973
		Leaves and straw	Chou <i>et al.</i> , 1991
	Salicylic acid	Straw	Kuwatsuka and Shindo, 1973
		Root exudates	Seal <i>et al.</i> , 2004a
	Mandelic acid	Decomposed straw	Chou and Lin, 1976
	Sinapic acid	Straw	Kuwatsuka and Shindo, 1973
	Vanillic acid	Decomposed straw	Chou and Lin, 1976
		Root exudates	Seal <i>et al.</i> , 2004a
	Syringic acid	Straw	Kuwatsuka and Shindo, 1973
		Rice soil	Chou and Chiou, 1979
		Decomposed straw	Chou <i>et al.</i> , 1977
		Root exudates	Seal <i>et al.</i> , 2004a
	Stigmastanols (-3 β -p-glyceryldihydrocoumaroate and -3 β -p-butanoyldihydrocoumaroate)	Rice hulls	Chung <i>et al.</i> , 2006a
	Ergosterol peroxide and 7-oxo-stigmasterol	Fresh roots, plant parts of rice	Macias <i>et al.</i> , 2006
	14-methyl stigmast-9(11)-en-3 α -ol-3 β -d-glucopyranoside	Rice hull extract	Chung <i>et al.</i> , 2007
	cholest-11-en-3 β ,6 β ,7 α ,22 β -tetral-24-3 β -palmitoleate	Rice hull extract	Chung <i>et al.</i> , 2007
Other constituents	1,2-Benzenedicarboxylic acid bis (2-ethylhexyl)ester	Root exudates	Rimando <i>et al.</i> , 2001
	1-Phenyl-2-hydroxy-3,7-dimethyl-11-aldehydic-tetradecane-2- β -D-glucopyranoside	Rice hulls	Chung <i>et al.</i> , 2006a
	4-Ethylbenzaldehyde	Root exudate	Kong <i>et al.</i> , 2004a
	2- and 4 hydroxyphenylacetic acid	Root exudate	Seal <i>et al.</i> , 2004b
	5-Hydroxyindole-3-acetic acid	Root exudate	Seal <i>et al.</i> , 2004b
	4-Phenylbutyric acid	Root exudate	Seal <i>et al.</i> , 2004b
	Abietic acid	Root exudate	Seal <i>et al.</i> , 2004a
	Lanast-7,9(11)-dien-3 α ,15 α -diol-3 α -D-glucofuranoside	Rice hull	Chung <i>et al.</i> , 2006a
	β -Resorcylic acid	Straw	Kuwatsuka and Shindo, 1973
	Resorcinols	Root exudate	Bouillant <i>et al.</i> , 1994

สารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพในพืช

สารทุติยภูมิของพืชที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพส่วนใหญ่เกิดจาก shikimate pathway หรือ acetate pathway หรืออาจมีโครงสร้างหลักจากทั้งสองกระบวนการ โดยได้มีการจัดกลุ่มสารไว้หลายแบบ โดยสารสำคัญที่เป็นสาร allelochemical ได้มีการแบ่งชนิดและโครงสร้างไว้ (รัตนา, 2550; Ahn *et al.*, 2001; Rizvi and Rizvi, 1991; Reigosa and Pedrol, 2002) ดังนี้

1. สารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน (simple water soluble organic acid) เป็นสารจำพวกแอลกอฮอล์แบบโซ่ตรง (aliphatic alcohol) aliphatic aldehyde หรือ ketone เช่น malic acid และ citric acid พบในผลไม้โดยจะยับยั้งการงอกของเมล็ดได้

2. Aromatic acid สารประกอบกลุ่มนี้ประกอบด้วย phenolic acid, benzoic acid และ derivative aromatic acid เช่น สารประกอบ p-hydroxybenzoic และ vanillic acid เป็นสารพวก phenolic acid ที่พบในข้าว และพืชตระกูลหญ้าหลายชนิด ซึ่งมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ ซึ่งผลของสารกลุ่มนี้ที่มีต่อกระบวนการทางสรีรวิทยามีหลายประการ เช่น ยับยั้งการเคลื่อนย้ายไอออน การปิดเปิดปากใบ การสังเคราะห์แสง และการหายใจ นอกจากนี้ยังพบว่าสารกลุ่มนี้ยังทำลายเยื่อหุ้มเซลล์โดยการเกิด lipid peroxidation ได้อีกด้วย

3. Unsaturated lactone เช่นสารประกอบ aglycone ของ ranunculin จากพืชในวงศ์ Ranunculaceae สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของแบคทีเรียหลายชนิด

4. Coumarin สารพวก coumarin สามารถยับยั้งการงอกได้ดีพบในพืชตระกูลถั่วและธัญพืช เช่น สาร p-coumaric acid ที่พบในข้าวยับยั้งการงอกของหญ้าได้ และพบว่าสารกลุ่มนี้มีบทบาทในการพักตัวของเมล็ดโดยการหยุดการพัฒนาของเซลล์ เช่น ลดการเกิด mitosis และมีผลยับยั้งการเกิด oxidation ของ indole acetic acid อีกทั้งยังยับยั้งการสังเคราะห์แสง และการปิดปากใบอีกด้วย โดยจะทำให้การลำเลียงน้ำลดลง ซึ่งในระยะยาวทำให้พืชเกิด stress จากการขาดน้ำ มีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลงได้

5. Quinone สารประกอบในกลุ่มนี้ประกอบด้วย naphthoquinone, anthraquinone และ quinone ที่มีโครงสร้างซับซ้อน เช่น juglone ซึ่งเป็นสาร naphthoquinone ที่พบใน black walnut (*Juglans nigra*) โดยสารดังกล่าวมีผลทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง ยับยั้งการหายใจ และยับยั้ง

stomatal conductance และ sorgoleone ซึ่งเป็นสาร benzoquinone ที่พบใน พืชสกุลข้าวฟ่าง (*Sorghum*) ทำให้เกิดการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงสอง (PSII) และยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนใน mitochondria

6. Flavonoid สารประกอบกลุ่ม flavonoid มีความหลากหลายมาก มักพบในเมล็ดพืช เช่น flavonol ในเมล็ดของพืชตระกูลถั่ว ซึ่งยับยั้งการเจริญเติบโตของไรโซเบียม (*Rhizobium*) และสารกลุ่มนี้มีผลทางสรีรวิทยาโดยยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนใน mitochondria และยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในระบบแสงสองด้วย

7. Tannin เป็นสารพวก polyphenol พบในพืชใบเลี้ยงคู่ และเกิดไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ได้ง่าย กลายเป็นอนุพันธ์ของ tannic acid ซึ่งสาร tannic acid จะมีผลต่อต้านการทำงานของฮอร์โมนที่กระตุ้นการเจริญเติบโต ยับยั้งการสังเคราะห์เอนไซม์ α -amylase และยับยั้งการปิดปากใบ และ tannin ยังมีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนและ DNA polymerase

8. Alkaloid เป็นกลุ่มสารประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อน โดยมีไนโตรเจนในโมเลกุลและมักอยู่ใน heterocyclic ring ซึ่งสารกลุ่มนี้จะมีผลต่อการยับยั้งการงอกของเมล็ดอย่างรุนแรง และพบว่าสารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่มีผลต่อเซลล์ในระดับโมเลกุล เช่น การยับยั้ง DNA polymerase การสังเคราะห์โปรตีน และ membrane stability

9. Terpenoid เป็นกลุ่มสารประกอบที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า isoprene unit ซึ่งจะมีการเชื่อมเข้าด้วยกันแบบหัวไปหาง (head to tail) ทำให้เกิดรูปแบบต่างๆ กัน ดังนั้นการแบ่งประเภทของสารกลุ่มนี้จึงแบ่งตามจำนวน isoprene unit เป็น monoterpene, sesquiterpene, diterpene, triterpene และ polyterpene ซึ่งสารกลุ่มนี้มักพบในรูปสารประกอบ monoterpene ในน้ำมันหอมระเหยของพืชชั้นสูง เช่น camphor ซึ่งได้จากการบูร (*Cinnamomum camphora*) สามารถยับยั้งการเจริญของรากพืชได้เพราะมีฤทธิ์ลดการแบ่งเซลล์ ลดการใช้ออกซิเจนของ mitochondria และลดการเกิด phosphorylation

ตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent)

ตัวทำละลายเป็นของเหลวหรือก๊าซที่สามารถละลายตัวถูกละลาย (solute) ที่เป็นของแข็งของเหลว หรือก๊าซ โดยจะเรียกสถานะที่เกิดขึ้นดังกล่าวว่าสารละลาย (solution) ซึ่งตัวทำละลายที่เป็นที่รู้จักและใช้มากที่สุด คือน้ำ สำหรับการสกัดสารจากพืชนิยมใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เพราะน้ำมีคุณสมบัติในการทำละลายดี ง่ายและราคาถูก แต่มีข้อเสียคือ เมื่อสกัดแล้วจะได้สารที่ไม่ต้องการ เช่น น้ำตาลซึ่งทำให้เกิดการบูด และน้ำจะระเหยได้ที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นถ้าต้องการทำให้สารสกัดเข้มข้นจะต้องใช้อุณหภูมิสูงในการระเหยไล่น้ำออกไป ซึ่งอาจจะเกิดความเสียหายกับสารสกัดได้ สำหรับตัวทำละลายอินทรีย์ หมายถึงตัวทำละลายที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ (organic compound) ซึ่งมีอะตอมของคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ โดยปกติจะมีจุดเดือดต่ำ และระเหยง่าย จึงสามารถกำจัดโดยการกลั่นได้ง่าย และตัวทำละลายโดยทั่วไปไม่ควรทำปฏิกิริยากับตัวถูกละลาย คือมีคุณสมบัติเฉื่อยทางเคมี สำหรับสมบัติการละลายได้ของสารขึ้นอยู่กับหลักที่ว่า “like dissolves like” คือตัวถูกละลายที่มีขั้วจะละลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว และตัวถูกละลายที่ไม่มีขั้วจะละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว ซึ่งสภาพความมีขั้ว (polarity) ของสารสามารถบอกได้ด้วยหลายค่า ในที่นี้จะใช้ค่า E_T^N (normalized $E_T(30)$ solvent polarity parameter) (ตารางที่ 2) จะมีค่าตั้งแต่ 0.000 ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีสภาพความมีขั้วน้อยที่สุดจนถึงค่า 1.000 ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีสภาพความมีขั้วมากที่สุด จากค่า E_T^N สามารถแบ่งตัวทำละลายได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ตัวทำละลายมีขั้ว (protic (HBD: hydrogen-bond donor) solvents) ซึ่งมีค่า E_T^N 0.5-1.0 ตัวทำละลายมีขั้วปานกลาง (dipolar non-HBD solvents) มีค่า E_T^N 0.3-0.5 และตัวทำละลายไม่มีขั้ว (apolar non-HBD solvents) มีค่า E_T^N 0.0-0.3 ตัวทำละลายอินทรีย์สามารถใช้สกัดสารจากพืชได้เช่นเดียวกับน้ำ โดยตัวทำละลายอินทรีย์ที่นิยมใช้มีหลายชนิด เช่น แอลกอฮอล์ เพราะมีความจำเพาะมากกว่าน้ำ สามารถระเหยและกำจัดได้ง่าย และสามารถสกัดสารที่มีขั้วได้ คลอโรฟอร์ม อีเทอร์ จัดเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วปานกลาง ใช้สกัดสารที่ไม่มีขั้วไปจนถึงสารที่มีขั้วปานกลาง เฮกเซน นิยมใช้สกัดสารที่ไม่มีขั้ว เช่น ไขมัน เป็นต้น (รัตน, 2550; Reichardt, 2003)

ตารางที่ 2 ตัวอย่างค่า E_T^N ของตัวทำละลายบางชนิด

ตัวทำละลาย	E_T^N
hexane	0.009
diethyl ether	0.117
ethyl acetate	0.231
dichloromethane	0.309
acetone	0.355
ethanol	0.654
methanol	0.762
water	1.000

ที่มา: Reichardt (2003)

จากที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีผู้ทำการศึกษาผลของสารสกัดจากตัวทำละลายต่างชนิดกันต่อประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น Goncalves *et al.* (2009) ได้ศึกษาผลของสารสกัดจากใบของ *Drosophyllum lusitanicum* ที่สกัดด้วย hexane และน้ำ พบว่าสารสกัดทั้งสองชนิดสามารถยับยั้งการงอก การเจริญของยอดและรากของผักกาดหอมและข้าวสาลีได้ และพบว่าสารสกัดจากน้ำมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญมากกว่าสารสกัดจาก hexane และในการศึกษาสารสกัดจากใบของพืชในวงศ์ Chenopodiaceae 4 ชนิดโดยใช้ methanol และน้ำเป็นตัวทำละลาย พบว่าสารสกัดด้วยน้ำจาก *Atriplex bunburyana* มีผลยับยั้งการงอกของผักกาดหอมสูงกว่าสารสกัดด้วย methanol แต่ใน *Maireana georgei* พบว่าสารสกัดด้วย methanol มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกได้ดีกว่าน้ำ (Jefferson and Pennacchio, 2003) และสารสกัดจากส่วนรากและส่วนเหนือดินในข้าวได้มีการศึกษาเปรียบเทียบผลของตัวทำละลาย methanol, dichloromethane และน้ำ พบว่าสารสกัดที่สกัดด้วย dichloromethane และ methanol สามารถยับยั้งความยาวรากของหนุ่ยปล้องละมานได้ แต่สารสกัดด้วยน้ำไม่สามารถยับยั้งความยาวรากของหนุ่ยปล้องละมานได้ (Macias *et al.*, 2006)

การงอกของเมล็ด (seed germination)

การงอกของเมล็ด (seed germination) คือกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นภายในเมล็ด ซึ่งมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาทางสัณฐานวิทยา จนกระทั่ง radicle งอกออกมาจนเมล็ดเห็นได้ชัดเจน (ลิลลี่, 2549) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดมีดังนี้

1. ปัจจัยภายในเมล็ด

1.1 ความมีชีวิตและช่วงชีวิตของเมล็ด เนื่องจากเมล็ดพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน โดยเมล็ดพืชบางชนิดมีการพักตัวและบางชนิดไม่มีการพักตัว จึงทำให้ความมีชีวิตและช่วงชีวิตของเมล็ดแตกต่างกัน ซึ่งจะทำให้การงอกแตกต่างกัน (Mayer and Mayber, 1982; Scott, 2008)

1.2 สารยับยั้งการงอกของเมล็ด โดย abscisic acid (ABA) เป็นสารหลักที่ทำให้เกิดการพักตัวของเมล็ด ซึ่งถ้าเมล็ดพืชถูกชะเอาสารยับยั้งที่พืชสร้างขึ้นนี้ออกไปก็จะทำให้เมล็ดเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึม นำไปสู่การงอกของเมล็ดได้ (Scott, 2008)

1.3 เนื้อเยื่อบริเวณรอบ embryo axis ซึ่งจะส่งผลให้เมล็ดได้รับน้ำหรือออกซิเจนในปริมาณที่จำกัดทำให้เอนบริโอลดกระบวนการเมแทบอลิซึม ทำให้เกิดการพักตัวของเมล็ด แต่ถ้ามีการทำลายเนื้อเยื่อดังกล่าว เช่นการทำลาย seed coat ก็จะทำให้การงอกเกิดขึ้นได้ (Scott, 2008)

2. ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด

2.1 น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการงอกของเมล็ด เมื่อเมล็ดดูดน้ำ (imbibition) น้ำจะเข้าไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่ช่วยในการย่อยสลายอาหารที่สะสมภายในเมล็ดให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน ซึ่งสารอาหารเหล่านี้จะถูกเคลื่อนย้ายไปยังส่วนที่กำลังเจริญเติบโต ส่วนพลังงานที่ได้จากการออกซิไดซ์อาหารหรือการหายใจ จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่อไป และนอกจากนั้นแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ที่เกิดจากน้ำกับสารละลายมีผลต่อการงอกของเมล็ดด้วย โดยพบว่าถ้าให้นำเมล็ดพืชไปเพาะในสารละลายที่มีแรงดันออสโมติกสูง เช่น น้ำตาล หรือเกลืออนินทรีย์ (inorganic salt) ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ หรือสารประกอบอื่นๆ จะมีผลทำให้การดูดน้ำของเมล็ดพืชลดลง แล้วส่งผลให้เมล็ดพืชงอกได้ช้าลง

หรือเมล็ดพืชอาจไม่สามารถงอกได้ (Mayer and Mayber, 1982; Copeland and McDonald, 1995; Haugland and Brandsaeter, 1996)

2.2 ก๊าซ ขณะที่เมล็ดกำลังงอกจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น ซึ่งเมล็ดต้องการออกซิเจนนำไปใช้ในกระบวนการหายใจเพื่อให้ได้พลังงาน แล้วนำไปใช้ในการเจริญเติบโต นอกจากออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ก็มีผลต่อการงอกของเมล็ดโดยถ้ามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 0.03 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้การงอกของเมล็ดช้าลง (Mayer and Mayber, 1982; Copeland and McDonald, 1995)

2.3 อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการงอกของเมล็ดพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเมล็ดพืชทั่วไป คือ อุณหภูมิประมาณ 15-30 องศาเซลเซียส แต่สำหรับพืชบางชนิดที่อยู่ในเขตหนาว ต้องการอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำหรืออุณหภูมิที่ใกล้จุดเยือกแข็งช่วยในการงอก (สมบุญ, 2544; Copeland and McDonald, 1995) ส่วนพืชที่อยู่ในเขตร้อนต้องการอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงในการงอก และในพืชบางชนิดต้องการอุณหภูมิที่ต่างกันระหว่างช่วงกลางวันกับช่วงกลางคืน หรืออุณหภูมิสูงสลับอุณหภูมิต่ำ จึงจะทำให้เมล็ดงอกได้ (สมบุญ, 2544)

2.4 แสง แสงมีผลต่อการงอกของเมล็ดพืชเล็กน้อย แต่สำหรับพืชป่าเมล็ดพืชบางชนิดต้องการแสงในการงอก หรือต้องการความมืดในการงอก ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับ phytochrome ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณ (Mayer and Mayber, 1982; Scott, 2008)

2.5 สารกระตุ้นการงอกของเมล็ด สารที่สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ด ได้แก่ hydrogen peroxide (H_2O_2), potassium nitrate (KNO_3), thiourea หรือสารจำพวกฮอร์โมนพืช เช่น gibberellin (GA), ethylene, cytokinin, auxin เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าสารที่ผลิตได้จากธรรมชาติสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดได้เช่นกัน เช่น สาร scopoletin ซึ่งเป็นสารกลุ่มphenolic compound จะกระตุ้นการงอกของเมล็ด *Sinapsis alba* (Mayer and Mayber, 1982; Copeland and McDonald, 1995)

2.6 สารยับยั้งการงอกของเมล็ด สารที่ยับยั้งการงอกของเมล็ดมีหลายชนิด เช่น cyanide, dinitrophenol, azide, fluoride และ hydroxylamine ซึ่งจะมีผลยับยั้งการหายใจของเมล็ด เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าสารที่อยู่ในกลุ่ม phenolic compound หลายชนิดมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ เช่น สาร coumarin ที่มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกาดหอม (Mayer and Mayber, 1982)

Oxidative stress

Oxidative stress คือสภาวะเครียดที่เกิดจาก active oxygen species (AOS) หรือ reactive oxygen species (ROS) ซึ่งเป็นโมเลกุลของออกซิเจนที่มีความสามารถในการออกซิไดซ์สูงและสามารถเกิดขึ้นได้ในหลายออร์แกเนลล์ (organelles)

ชนิดของ reactive oxygen species และแหล่งที่เกิด

1. Superoxide anion radical ($O_2^{\cdot-}$) เป็นผลผลิตตัวแรกในปฏิกิริยารีดักชันของ ground state-oxygen เกิดขึ้นใน

1.1 คลอโรพลาสต์ ที่ระบบแสงหนึ่ง (PSI) โดยออกซิเจนไปแย่งรับอิเล็กตรอนจาก ferredoxin และระบบแสงสอง (PSII) ในช่วงที่เกิดการแตกตัวของน้ำเพื่อให้ได้อิเล็กตรอนและออกซิเจน

1.2 ไมโทคอนเดรีย ขณะมีการถ่ายทอดอิเล็กตรอน

2. Hydrogen peroxide (H_2O_2) ไม่จัดเป็นอนุมูลอิสระ แต่เป็นตัวออกซิไดซ์และตัวรีดิวซ์ในปฏิกิริยาระดับเซลล์หลายชนิด มีความสามารถในการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มและส่วนที่เป็นของเหลวได้ค่อนข้างเสถียรและมีพิษน้อยกว่า ROS ชนิดอื่น เกิดขึ้นใน

2.1 ไมโทคอนเดรีย ขณะมีการถ่ายทอดอิเล็กตรอน

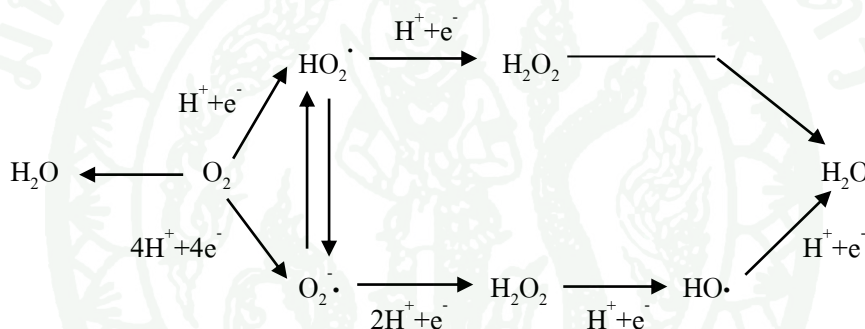
2.2 เพอรอกซิโซมในระหว่างการเกิด photorespiration

2.3 คลอโรพลาสต์ ขณะมีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (Asada, 1996; Inze' and Montagu, 2002)

3. Hydroxyl radical ($HO^{\cdot}$) เป็น ROS ที่มีความสามารถในการออกซิไดซ์สูงสุดในระบบชีวภาพ เกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์ เมื่อมีไอออนของโลหะทรานซิชัน คือ เหล็กและทองแดง ซึ่งจะเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยน superoxide anion radical และ hydrogen peroxide ไปเป็น hydroxyl radical

4. Singlet oxygen ($^1\text{O}_2$) เกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์ เมื่อออกซิเจนได้รับพลังงานที่ปล่อยออกมาจาก chlorophyll ที่ถูกกระตุ้นซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งใน PSI และ PSII (Inze' and Montagu, 2002)

จึงอาจกล่าวได้ว่าคลอโรพลาสต์ (chloroplast) เป็นบริเวณที่สำคัญของการเกิด ROS ในพืช ซึ่ง ROS แต่ละชนิดมีความสัมพันธ์กัน โดยเมื่อโมเลกุลของออกซิเจน (O_2) ได้รับอิเล็กตรอนจะเปลี่ยนเป็น superoxide anion radical ($\text{O}_2^{\cdot-}$) และจะถูกเปลี่ยนเป็น hydrogen peroxide (H_2O_2) โดยเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) และ hydrogen peroxide นี้สามารถเปลี่ยนรูปไปเป็น hydroxyl radical ($\text{HO}\cdot$) และน้ำต่อไป หรือเมื่อโมเลกุลของออกซิเจนได้รับโปรตอนและอิเล็กตรอนจะเปลี่ยนเป็น hydroperoxyl ($\text{HO}_2\cdot$) ซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปต่อไปเป็น hydrogen peroxide และน้ำได้เช่นเดียวกัน (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนและ ROS

ที่มา: Baskin and Salem (1997)

ผลของ reactive oxygen species ที่มีต่อพืช

ROS มีผลทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเซลล์ ซึ่งเป็นผลจากกระบวนการออกซิเดชัน (oxidation process) โดยจะทำให้เกิด lipid peroxidation ซึ่งส่งผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์และ ออร์แกเนลล์ทุกชนิด เกิดการเสื่อมของเซลล์ ความสามารถในการเลือกผ่านสารลดลง และในที่สุดก็จะทำให้เซลล์ตาย ทำให้เกิดการออกซิเดชันของโปรตีน เกิดการแตกหักของสาย polypeptide เกิดการตกตะกอนของโปรตีน ทำให้โปรตีนและเอนไซม์เกิดการสลายตัวและเสียสภาพไม่สามารถทำงานได้ ทำให้เกิดการออกซิเดชันของ DNA และ RNA โดย hydroxyl radical จะทำลายคู่เบส เกิด DNA

สายเดี่ยว ส่งผลถึงลักษณะพันธุกรรมที่ผิดปกติ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ โดย ROS จะทำให้เกิด lipid peroxidation ที่ thylakoid และ chloroplast membrane ซึ่งส่งผลต่อปริมาณ chlorophyll ที่อยู่ใน chloroplast (Inze' and Montagu, 2002)

Lipid peroxidation

Lipid peroxidation เป็นกระบวนการที่ไขมัน (lipid) ถูกทำลาย เมื่อเกิด oxidative stress ซึ่งเป็นความเครียดที่เกิดจากโมเลกุลของ reactive oxygen species (ROS) โดยโมเลกุลเหล่านี้จะไปออกซิไดซ์ polyunsaturated fatty acid ในเซลล์ เป็นสาเหตุให้เกิดการเสื่อมสภาพของเซลล์ และทำให้เซลล์ตาย (Inze' and Montagu, 2002)

กลไกการเกิด lipid peroxidation ในพืช

กระบวนการเกิด lipid peroxidation ในพืช ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1. Initiation

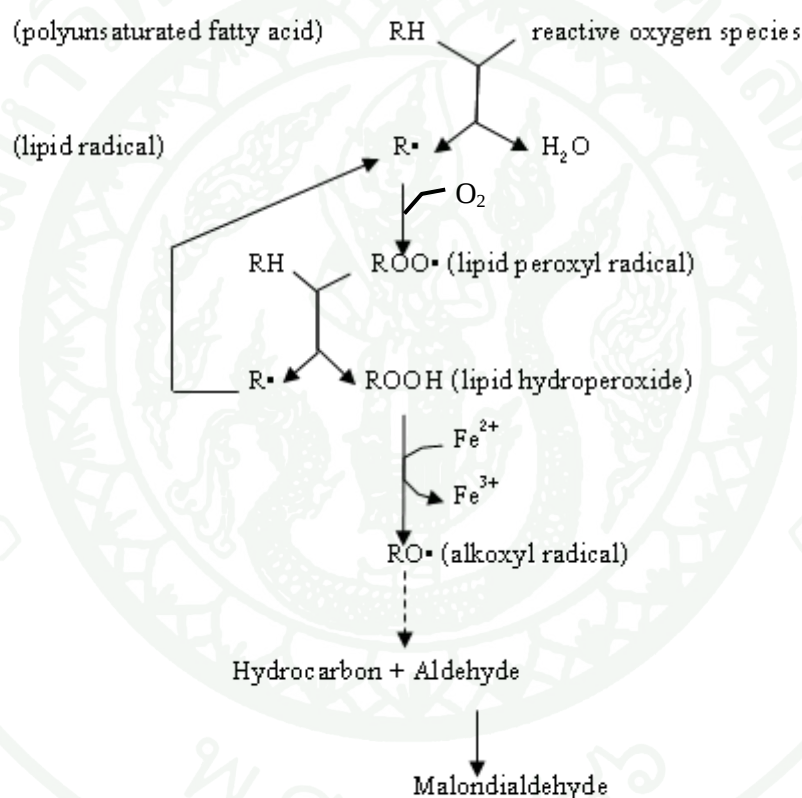
เริ่มจาก reactive oxygen species ($\text{HO}\cdot$) ไปออกซิไดซ์ polyunsaturated fatty acids โดยทำปฏิกิริยาที่หมู่ methylene ($-\text{CH}_2-$) เกิดเป็น lipid radical ($\text{R}\cdot$) กับน้ำ

2. Propagation

Lipid radical ($\text{R}\cdot$) ซึ่งเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียร และจะรวมกับออกซิเจน เกิดเป็น peroxy radical ($\text{ROO}\cdot$) ซึ่งไม่เสถียร สามารถทำปฏิกิริยากับ polyunsaturated fatty acids โมเลกุลต่อไปได้เป็น lipid hydroperoxide (ROOH) และ lipid radical ซึ่งสามารถไปรวมกับออกซิเจนโมเลกุลต่อไป เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อเนื่องไปเรื่อยๆ โดยปกติจะเสถียรที่อุณหภูมิปกติแต่จะไม่เสถียรเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

3. Termination

เกิดการยับยั้งปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ โดยทำให้เกิดเป็น non-radical species (Watanabe *et al.*, 2000) ซึ่งโดยปกติในสิ่งมีชีวิต เมื่อมีไอออนของเหล็ก (Fe^{2+}) จะเกิดเป็น alkoxy radical ($\text{RO}\cdot$) (Halliwell and Gutteridge, 1999) และจะเกิดปฏิกิริยาต่อไปหลายปฏิกิริยาจนกระทั่งได้เป็น hydrocarbons และ aldehydes ซึ่ง aldehydes ที่สำคัญคือ malondialdehyde (MDA) ดังนั้นจึงใช้เป็นดัชนีชี้วัดการเกิด lipid peroxidation ได้ (Hodge *et al.*, 1999) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 กลไกการเกิด lipid peroxidation ในพืช

ที่มา: ดัดแปลงจาก Halliwell and Gutteridge (1999)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ฟางข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

2. สารเคมี ได้แก่

สารเคมีสำหรับเตรียมสารสกัดจากฟางข้าว ได้แก่ hexane, ethyl acetate, methanol และ น้ำกลั่น

สารเคมีสำหรับทดสอบการเกิด lipid peroxidation โดยวิธีวัดปริมาณ MDA (Velikova *et al.*, 2000)

สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์กลุ่มของสารประกอบ ได้แก่ silica gel 60, methanol, ethyl acetate, diethyl ether, n-hexane, glacial acetic acid, sulfuric acid, chloroform, anisaldehyde, o-phosphoric acid, potassium bromide และ น้ำกลั่น เป็นต้น

3. เครื่องแก้วและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

วิธีการ

1. การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าว

การเตรียมสารสกัดจากฟางข้าว

สกัดฟางข้าวด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำกลั่นโดยแช่ฟางข้าวที่บดให้ละเอียดใน hexane เป็นเวลา 7 วัน กรองแยกสารละลายที่ใช้สกัดออกและแช่ฟางข้าวที่ได้จากการกรองในตัวทำละลายชนิดต่อไปเรียงลำดับตาม polarity (hexane มี polarity ต่ำที่สุด ethyl acetate, methanol และน้ำกลั่นมี polarity สูงขึ้นตามลำดับ) นำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องกลั่นระเหย จะได้สารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลาย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ นำสาร

สกัดที่ได้ไปศึกษาผลของสารสกัดต่อการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของต้นกล้าและการเกิด lipid prooxidation เพื่อหาสารสกัดที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพแล้วจึงนำไปวิเคราะห์สารทุติยภูมิ

การทดสอบการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้า

นำเมล็ดพืชทดสอบ ซึ่งได้แก่ ผักกาดขาวปลี (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis*) ไมยราบยักษ์ (*Mimosa pigra* L.) ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (*Oryza sativa* L. cv. KDML 105) และหญ้าปล้องข้าว (Digitaria ciliaris (Retz.) Koeler) โดยเพาะบนกระดาษเพาะเมล็ดในกล่องพลาสติก จำนวน 25 เมล็ดต่อกล่อง แล้วนับจำนวนเมล็ดที่งอก โดยนับเมล็ดที่มี radicle โผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ดอย่างน้อย 2 มิลลิเมตรนับการงอกสองครั้งคือการนับครั้งแรก (first count) และการนับครั้งสุดท้าย (final count) (ตารางที่ 3) (จงจันท์, 2529) ในการนับครั้งสุดท้ายวัดความยาวยอดและความยาวรากของต้นกล้าพืชทดสอบ

ตารางที่ 3 ระยะเวลาที่ใช้ในการนับจำนวนเมล็ดที่งอกของวัชพืชและพืชปลูก

ชนิดพืช	นับครั้งแรก (วัน)	นับครั้งสุดท้าย (วัน)
ผักกาดขาวปลี	3	10
ไมยราบยักษ์	5	8
ข้าว	5	14
หญ้าปล้องข้าว	5	14

ที่มา: คัดแปลงจาก จงจันท์ (2529)

การวิเคราะห์ผลการทดลอง นำจำนวนเมล็ดที่งอกในการนับครั้งแรก และครั้งสุดท้ายในแต่ละซ้ำมาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การงอกในแต่ละซ้ำ โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{การงอก (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกในชุดที่ได้รับสารสกัด} \times 100}{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกในชุดที่ไม่ได้รับสาร}}$$

การวิเคราะห์การเกิด lipid peroxidation

ทดสอบการเกิด lipid peroxidation โดยวัดปริมาณ MDA (malondialdehyde) ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดการเกิด lipid peroxidation โดยดัดแปลงจากวิธีของ Velikova *et al.* (2000) โดยใช้น้ำหนักพืชสด 0.5 กรัม บดให้ละเอียดด้วยโกร่งโดยใช้ในโตรเจนเหลว ใส่สารละลาย trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้น 0.1% (w/v) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที และปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 Xg เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำสารละลายส่วนบนปริมาตร 1 มิลลิลิตร มาเติม thiobarbituric acid (TBA) ความเข้มข้น 0.5% (w/v) ใน TCA ความเข้มข้น 20% (w/v) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นแช่ในน้ำอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และนำออกมาแช่ในน้ำแข็งทันที 5 นาที ถ้ามีตะกอนนำไปปั่นเหวี่ยงอีกครั้งที่ 5,000 Xg นาน 5 นาที นำสารละลายส่วนบนไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร นำมาคำนวณหาปริมาณ MDA จากสูตร

$$\text{ปริมาณ MDA } (\mu\text{mol/g FW}) = \left(\frac{A_{532} - A_{600}}{155} \times V_f \times \frac{V_e}{V_a} \right) \div W$$

A_{532} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

A_{600} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

V_f = ปริมาตรสุดท้าย (มิลลิลิตร)

V_e = ปริมาตรสารละลาย TCA ความเข้มข้น 0.1% (มิลลิลิตร)

V_a = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืช (กรัม)

1.1 ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ ในไมยราบยักษ์

ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ ที่มีผลต่อกระบวนการสรีรวิทยา โดยศึกษาการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของต้นกล้า และการเกิด lipid peroxidation โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD โดยจัดสิ่งทดลอง (treatment) แบบ factorial จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัย A: ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารจากฟางข้าว มี 4 ชนิด คือ hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ โดยทดลองเป็นลำดับตาม polarity ของตัวทำละลาย

ปัจจัย B: ความเข้มข้นของสารสกัดฟางข้าว มี 5 ระดับ คือ 0, 1, 10, 100 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

โดยเพาะเมล็ดไมยราบยักษ์บนกระดาดเพาะเมล็ดในกล่องพลาสติก จำนวน 25 เมล็ด ต่อกล่อง ชุดควบคุมคือ ตัวอย่างพืชที่ไม่ได้รับสาร วัดการงอกโดยการนับครั้งแรก คือวันที่ 5 หลัง เพาะ และการนับครั้งสุดท้ายวันที่ 8 หลังเพาะ (จงจันทร์, 2529) วัดความยอดและความยาวราก แล้วจึงเก็บต้นพืชไปวิเคราะห์การเกิด lipid peroxidation ตามวิธีข้างต้น โดยแยกวิเคราะห์ในส่วน ยอดและรากของพืชบันทึกผลการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของต้นกล้า และการเกิด lipid peroxidation ทำการทดลองซ้ำละ 1 กล่อง

1.2 ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ ในหญ้าปล้องข้าวนก

ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ ที่มีผลต่อกระบวนการสรีรวิทยา โดยศึกษาการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของต้นกล้า และการเกิด lipid peroxidation โดยวางแผนการทดลอง เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

1.3 ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ ในผักกาดขาวปลี

ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ ที่มีผลต่อกระบวนการสรีรวิทยา โดยศึกษาการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของต้นกล้า และการเกิด lipid peroxidation โดยวางแผนการทดลอง เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

1.4 ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ ที่มีผลต่อกระบวนการสรีรวิทยา โดยศึกษาการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของต้นกล้า และการเกิด lipid peroxidation โดยวางแผนการทดลอง เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำผลการทดลองที่ได้จากเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด ความยาวยอดและความยาวรากของ ต้นกล้าพืชและพืชปลูก และการวิเคราะห์การเกิด lipid peroxidation นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เพื่อตรวจสอบหาสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของต้นกล้า และการเกิด lipid peroxidation และตรวจสอบหาสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ

2. ศึกษาผลของสารสกัดและผลึกที่ได้จากการแยกสารสกัดฟางข้าวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชทดสอบที่ตอบสนองต่อสารสกัด

2.1 การศึกษาผลของสารสกัดที่ได้จากการแยกสารสกัดฟางข้าวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพด้วยเทคนิค Vacuum Liquid Chromatography ในพืชทดสอบที่ตอบสนองต่อสารสกัด

ศึกษาผลของสารสกัดที่ได้จากการแยกสารสกัดฟางข้าวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพด้วยเทคนิค Vacuum Liquid Chromatography (VLC) แล้วรวมสารสกัดที่มีสารประกอบที่เหมือนกันเป็น fraction โดยศึกษาผลของสารสกัดแต่ละ fraction ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทดสอบที่ตอบสนองต่อสารสกัด (เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD โดยจัดสิ่งทดลอง (treatment) แบบ factorial จำนวน 3 ขั้ว ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัย A: ชนิดของ fraction ที่ได้จากสารสกัดฟางข้าวที่แยกด้วยเทคนิค VLC

ปัจจัย B: ความเข้มข้นของสารสกัดฟางข้าว มี 3 ระดับ คือ 0, 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

โดยเฉพาะเมล็ดพืชทดสอบบนกระดาษเพาะเมล็ดในจานแก้ว จำนวน 5 เมล็ดต่อจานแก้ว ชุดควบคุมคือ ตัวอย่างพืชที่ไม่ได้รับสาร วัดความยอดและความยาวราก แล้วบันทึกผลการเจริญเติบโตของต้นกล้า ทำการทดลองซ้ำละ 1 จานแก้ว

เทคนิค Vacuum Liquid Chromatography (VLC)

นำสารสกัดฟางข้าวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพละลายในตัวทำละลายแล้วผสมกับ silica gel 60 (230-400 mesh) นำไปประเหยตัวทำละลายให้แห้งก่อนนำลงคอลัมน์

ขนาดคอลัมน์	เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 6.5 เซนติเมตร
ตัวดูดซับ	silica gel 60 (230-400 mesh Merck) 100 กรัม
การ packing คอลัมน์	wet packing (Pelletier <i>et. al.</i> , 1986)
ปริมาณตัวอย่าง	10 กรัมสารสกัดฟางข้าวใน 10 กรัม silica gel 60
ระบบตัวทำละลาย	hexane, chloroform และ methanol จาก 95:5:0 ถึง 0:0:100
การรับ fraction	100 มิลลิลิตร
การตรวจวัด	Thin Layer Chromatography
ปั๊ม	Buchi Vacuum pump V-700

2.2 การศึกษาผลของผลึกที่แยกได้จากสารสกัดฟางข้าวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชทดสอบที่ตอบสนองต่อสารสกัด

ศึกษาผลของผลึกโดยวิธีการตกผลึกซ้ำ (recrystallization) ด้วย chloroform กับ methanol จากสารสกัดที่แยกได้จากการทดลองที่ 2.1 ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทดสอบ (เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำมีปัจจัย คือ ความเข้มข้นของผลึกที่ได้จากสารสกัดที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่ 0, 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเพาะเมล็ดพืชทดสอบบนกระดาษเพาะเมล็ดในจานแก้ว จำนวน 5 เมล็ดต่อจานแก้ว ชุดควบคุมคือ ตัวอย่างพืชที่ไม่ได้รับสาร วัดความยอดและความยาวราก แล้วบันทึกผลการเจริญเติบโตของต้นกล้า ทำการทดลองซ้ำละ 1 จานแก้ว

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำผลการทดลองที่ได้จาก ความยาวยอดและความยาวรากที่เป็นเปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุมของต้นกล้าพืชทดสอบ นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เพื่อตรวจสอบหาสารสกัดฟางข้าวที่สกัดแต่ละ fraction และผลึกที่ได้จากการแยกสารสกัดฟางข้าวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทดสอบ

3. การหากลุ่มของสารประกอบในสารสกัดฟางข้าวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ

นำสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ จากการทดลองที่ 1 มาตรวจสอบกลุ่มของสารประกอบโดยใช้เทคนิค Thin Layer Chromatography (TLC) แล้วเปรียบเทียบกลุ่มสารประกอบในสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด

เทคนิค Thin Layer Chromatography (TLC)

ใช้แผ่น TLC ขนาด 20 x 20 เซนติเมตร (silica gel 60F₂₅₄, Merck) เพื่อทดสอบกลุ่มสารต่างๆของสารสกัดฟางข้าว โดยเปรียบเทียบค่า R_f (R_f value) ของสารที่แยกได้ด้วยเทคนิค colour detection กับการตรวจภายใต้แสง UV ที่มีความยาวคลื่น 254 และ 365 นาโนเมตร และ daylight

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

การตรวจสอบสารอินทรีย์ทั้งหมดโดยการรมด้วย iodine และการสเปรย์ด้วย sulfuric acid แล้วนำไปอบที่ 110 องศาเซลเซียส

การทดสอบกลุ่มสารด้วยโดยการสเปรย์ด้วย detecting reagent ซึ่งตรวจสอบด้วยปฏิกิริยาการเกิดสี (Merck, 1980; Jork *et al.*, 1990, 1994; Houghton and Raman, 1998)

1. การตรวจสอบ unsaturated lactone ring ด้วย Kedde's reagent และ Raymond's reagent โดยหลังจากสเปรย์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีชมพูอมม่วง และน้ำเงินอมม่วง ตามลำดับ

2. การตรวจสอบ steroid และ terpenoid ด้วย anisaldehyde sulfuric acid โดยหลังจากสเปรย์แล้วนำไปอบที่ 110 องศาเซลเซียส จะปรากฏสีม่วง น้ำเงิน แดง เทา หรือเขียว

3. การตรวจ phenolic compound ด้วย Folin-Ciocalteu's reagent โดยสเปรย์ด้วย sodium carbonate ความเข้มข้น 20% แล้วสเปรย์ด้วย Folin-Ciocalteu's reagent เมื่อนำไปอบที่ 110 องศาเซลเซียสจะเกิดสีม่วงหรือน้ำเงินกับ phenol ซึ่งเป็นองค์ประกอบของสารกลุ่ม phenolic compound และการตรวจสอบสารกลุ่ม coumarin และ anthraquinone ซึ่งเป็น phenolic compound ด้วย potassium hydroxide ความเข้มข้น 5% ใน ethanol โดยหลังจากสเปรย์จะเกิดสีแดง เมื่อดูที่ day light แสดงว่าพบสารกลุ่ม anthraquinone และจะเกิดการเรืองแสงเมื่อฉายภายใต้ UV ที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร โดยจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีเขียวหรือเหลืองแสดงว่าพบสารกลุ่ม coumarin

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตบางเขน

ห้องปฏิบัติการวิจัยพฤกษเคมีเปรียบเทียบและพฤกษเคมีเชิงนิเวศ ภาควิชาพฤกษศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ระยะเวลาทำการทดลอง

การทดลองเริ่มต้นตั้งแต่เดือน มิถุนายน 2551 สิ้นสุดการทดลองเดือน ตุลาคม 2553

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง

1. ผลการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าว

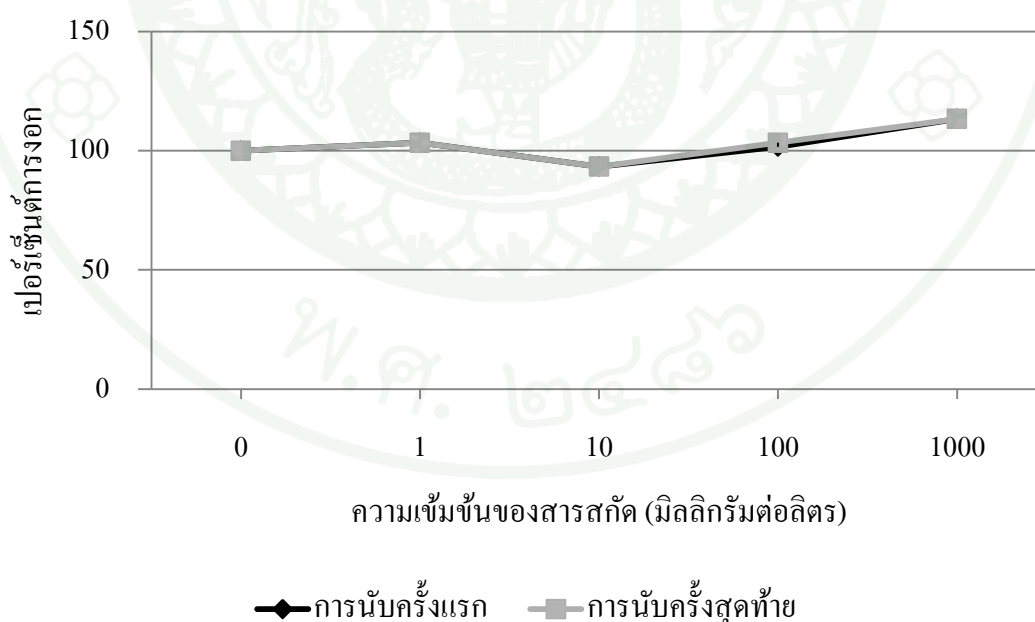
1.1 ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ ในไมยราบยักษ์

สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane มีผลในการส่งเสริมการงอก โดยที่ความเข้มข้นของสารสกัดที่ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มสูงขึ้นเป็น 133.33 เปอร์เซ็นต์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม ในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้าย (ตารางที่ 4 และภาพที่ 3) และพบว่าสารสกัดมีผลทำให้การเจริญเติบโตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยสารสกัดที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้นเป็น 4.02 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสารสกัดที่ความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีความยาวรากเป็น 2.26 เซนติเมตร และการเกิด lipid peroxidation ในไมยราบยักษ์ พบว่าปริมาณ MDA ในรากมีแนวโน้มจะลดลง ขณะที่ปริมาณ MDA ในยอดสูงขึ้น แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4 และภาพที่ 5)

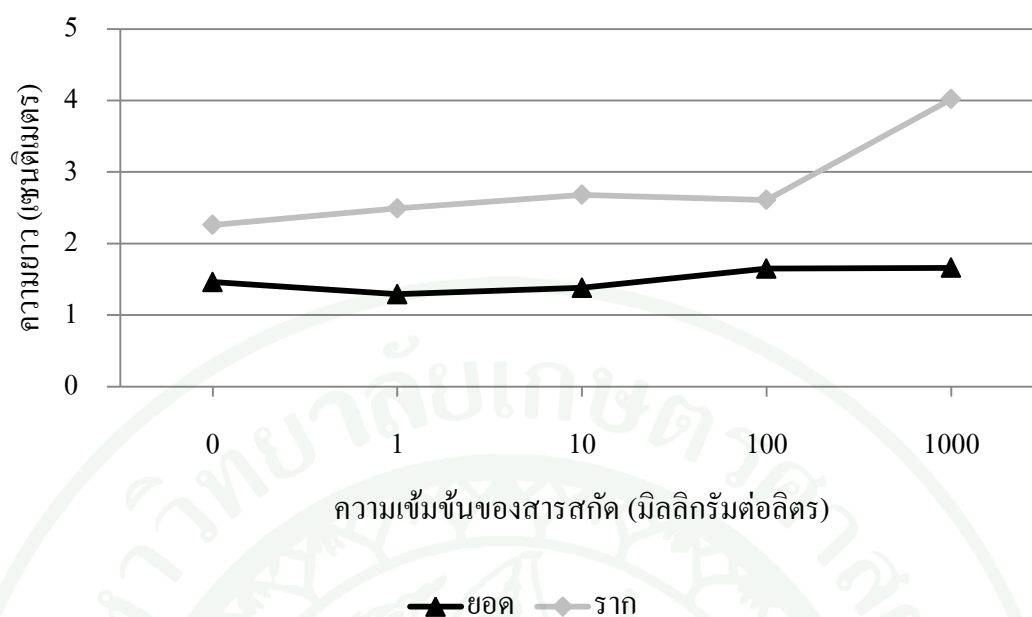
ตารางที่ 4 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของไมยราบยักษ์

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	100.00b ¹	100.00b	1.46	2.26b	15.75	25.19
1	103.33ab	103.33ab	1.29	2.49b	17.26	20.38
10	93.33b	93.33b	1.38	2.68b	19.41	23.51
100	101.67b	103.33ab	1.65	2.61b	17.72	18.43
1000	113.33a	113.33a	1.66	4.02a	18.67	15.74
เฉลี่ย	102.33	102.67	1.49	2.81	17.76	20.65

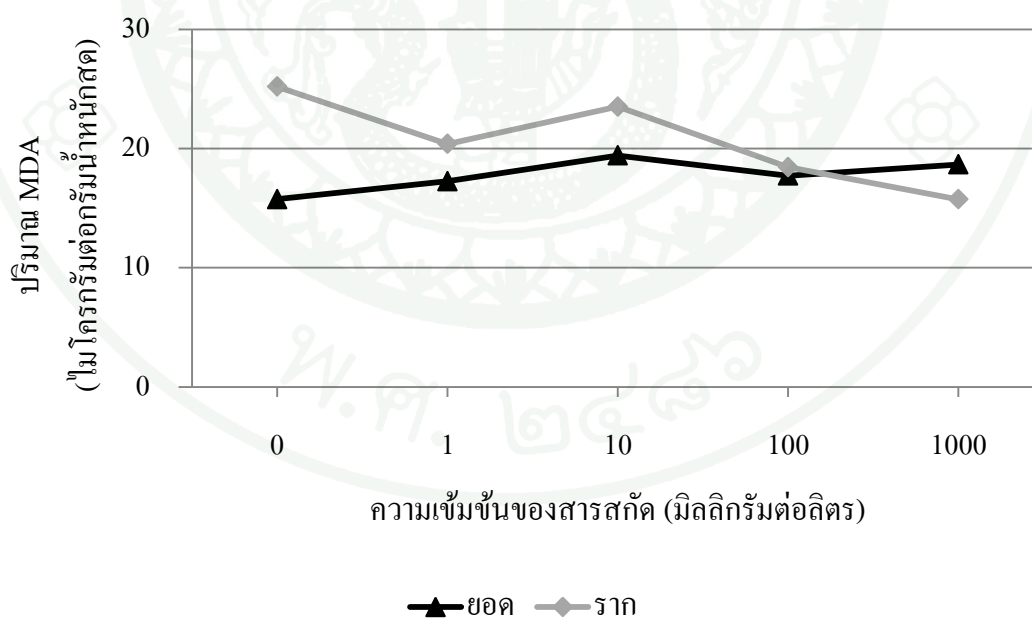
หมายเหตุ ¹ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง (a, b) แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี DMRT



ภาพที่ 3 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของไมยราบยักษ์



ภาพที่ 4 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อความยาวยอดและความยาวรากของ
ไมยราบยักษ์ (เซนติเมตร)



ภาพที่ 5 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของ
ไมยราบยักษ์ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

จากการทดลองพบว่าสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate มีแนวโน้มที่จะยับยั้งการงอก แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5 และภาพที่ 6) และสารสกัดมีแนวโน้มทำให้ความยาวยอดและความยาวรากของของไมยราบยักษ์ลดลง (ตารางที่ 5 และภาพที่ 7) สำหรับการเกิด lipid peroxidation ในไมยราบยักษ์ พบว่าสารสกัดมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ MDA ในรากเพิ่มสูงขึ้น โดยสารสกัดที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณ MDA ในรากของไมยราบยักษ์ เพิ่มสูงขึ้นเป็น 24.90 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุมที่มีปริมาณ MDA เป็น 15.39 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด แตกต่างจากในยอดที่พบว่าสารสกัดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ MDA (ตารางที่ 5 และภาพที่ 8)

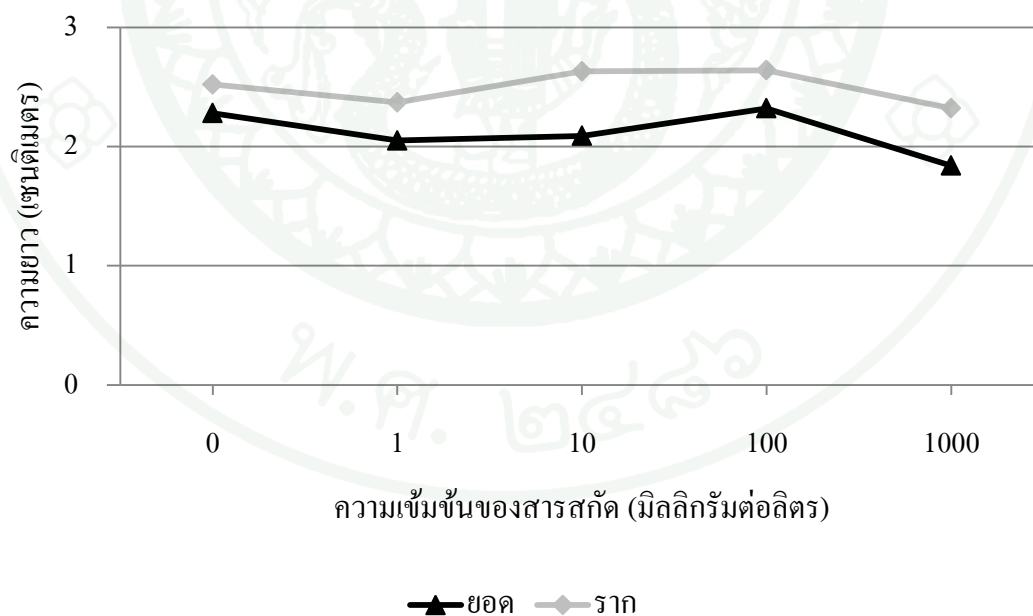
ตารางที่ 5 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของไมยราบยักษ์

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	100.00	100.00	2.28	2.52	10.46	15.39b ¹
1	96.92	95.52	2.05	2.37	14.10	16.19b
10	100.00	101.49	2.09	2.63	10.68	19.44b
100	98.46	97.02	2.32	2.64	10.34	18.48b
1000	84.62	83.58	1.84	2.32	10.80	24.90a
เฉลี่ย	96.00	95.52	2.12	2.50	11.27	18.88

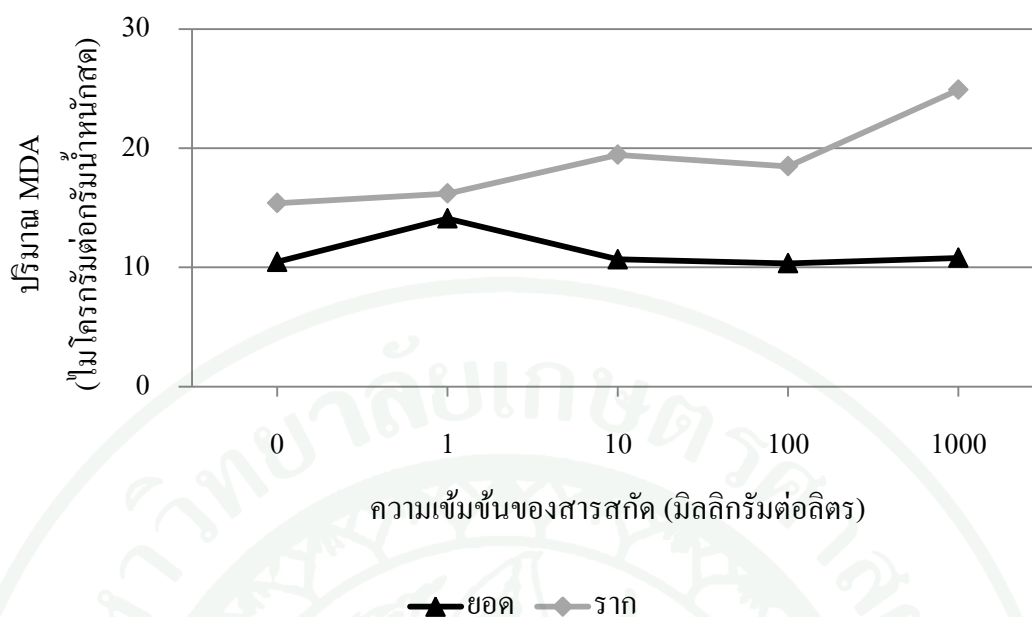
หมายเหตุ ¹ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง (a, b) แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT



ภาพที่ 6 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อเปอร์เซ็นต์การออกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของไมยราบยักษ์



ภาพที่ 7 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อความยาวยอดและความยาวรากของไมยราบยักษ์ (เซนติเมตร)



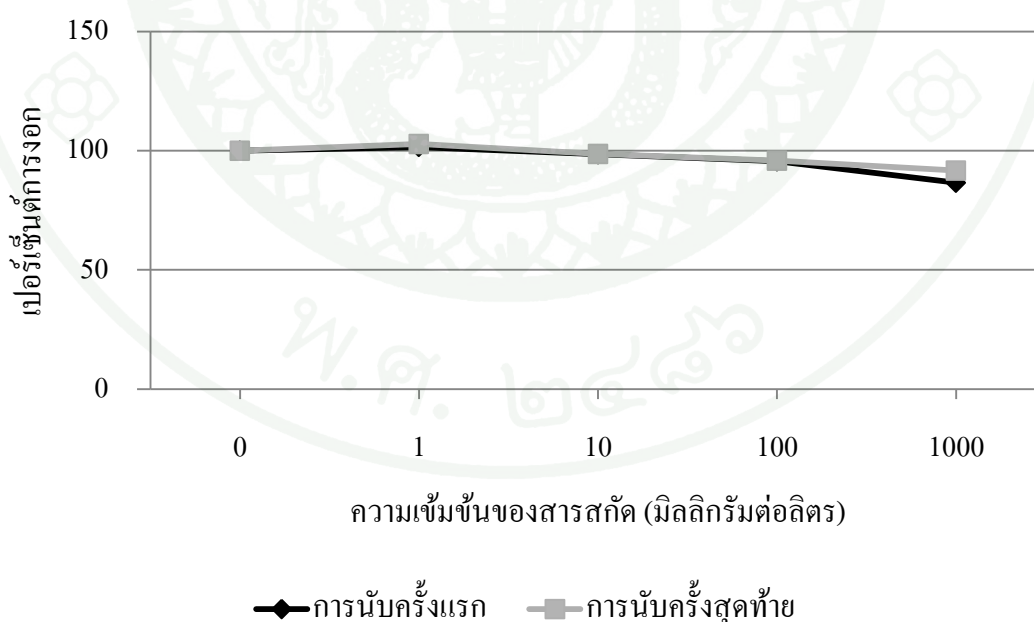
ภาพที่ 8 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรอกของไมยราบยักษ์ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol มีแนวโน้มในการยับยั้งการงอกของไมยราบยักษ์ในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้าย โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจะทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกลดลง แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6 และภาพที่ 9) เช่นเดียวกับผลของสารสกัดต่อการเจริญเติบโต พบว่าสารสกัดมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโต โดยสารสกัดที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความยาวยอดของไมยราบยักษ์ลดลงเป็น 1.55 เซนติเมตร แตกต่างจากชุดควบคุมที่มีความยาว 4.09 เซนติเมตร และทำให้ความยาวรากลดลงเป็น 1.37 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุมที่มีความยาวราก 2.93 เซนติเมตร (ตารางที่ 6, ภาพที่ 10 และภาพที่ 11) และผลของสารสกัดต่อการเกิด lipid peroxidation พบว่า สารสกัดมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ MDA เพิ่มขึ้น ทั้งในยอดและในราก โดยปริมาณ MDA ในรากจะสูงกว่าในยอด (ตารางที่ 6 และภาพที่ 12)

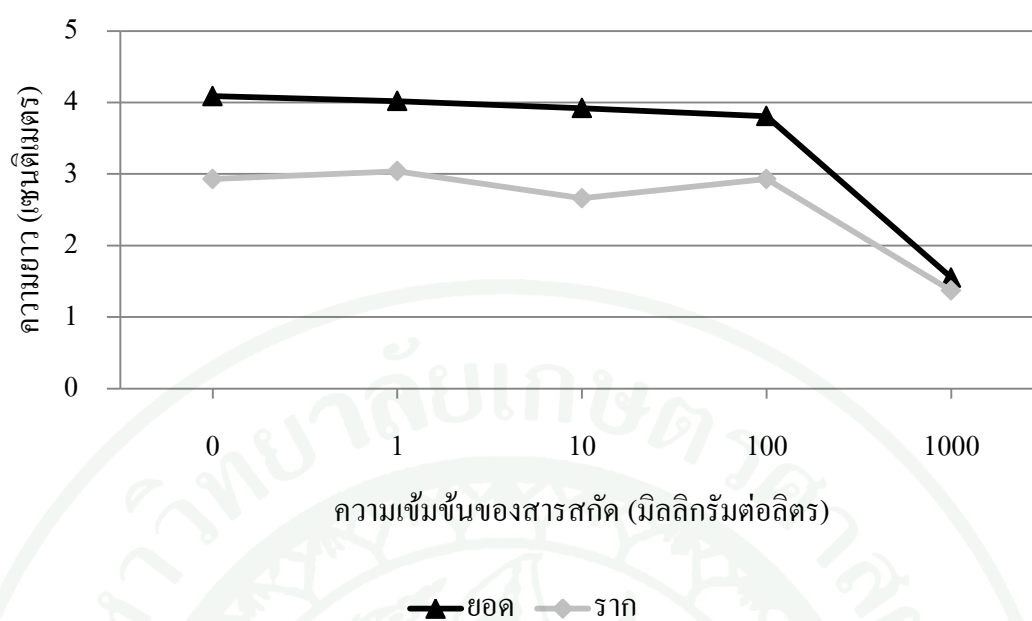
ตารางที่ 6 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของไมยราบยักษ์

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	100.00	100.00	4.09a ¹	2.93a	10.03	12.39
1	101.49	102.78	4.02a	3.04a	11.23	12.32
10	98.51	98.61	3.92a	2.66a	12.08	12.94
100	95.52	95.83	3.81a	2.93a	8.73	12.74
1000	86.57	91.67	1.55b	1.37b	13.21	13.68
เฉลี่ย	96.42	97.78	3.48	2.59	11.06	12.81

หมายเหตุ ¹ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง (a, b) แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT



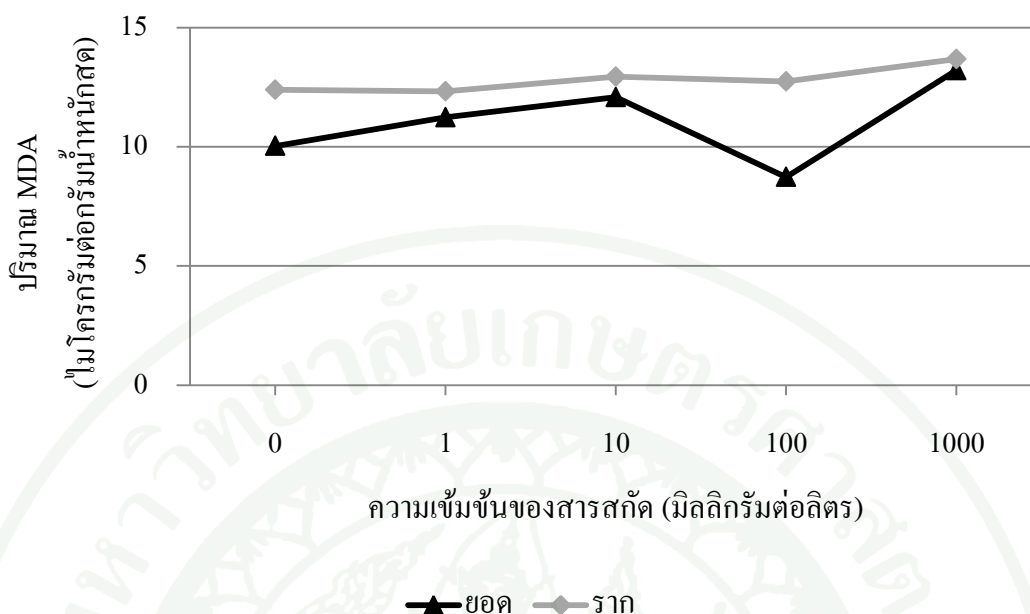
ภาพที่ 9 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรก และครั้งสุดท้ายของไมยราบยักษ์



ภาพที่ 10 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อความยาวยอดและความยาวรากของไมยราบยักษ์ (เซนติเมตร)



ภาพที่ 11 ต้นกล้าไมยราบยักษ์ ที่ได้รับสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นต่างๆ
 ก) ชุดควบคุม ข) 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ค) 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ง) 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
 จ) 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร



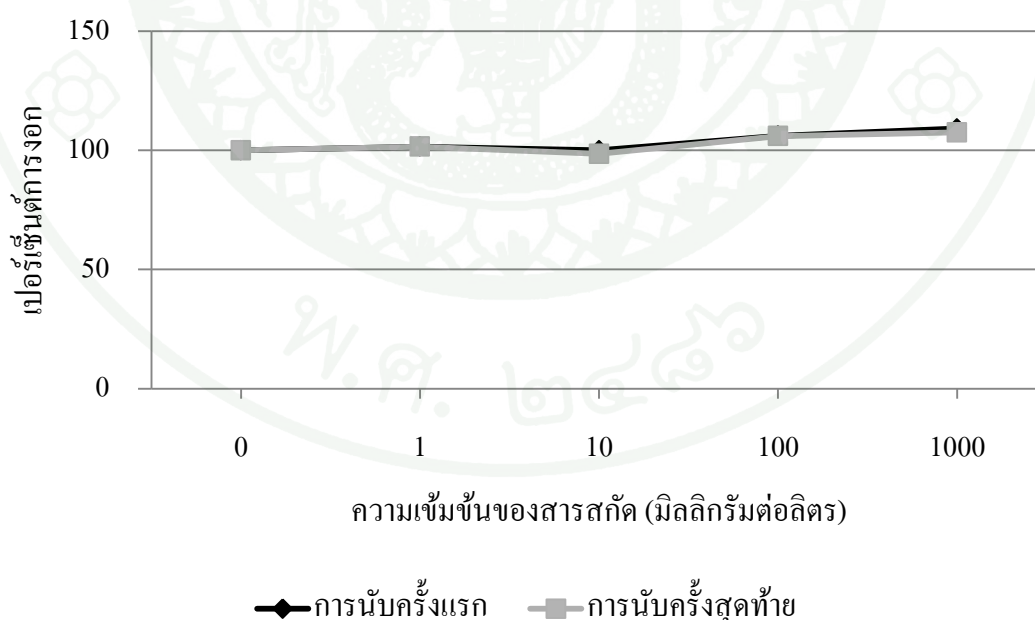
ภาพที่ 12 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของไมยราบยักษ์ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

จากการทดลองพบว่าสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำมีแนวโน้มในการส่งเสริมการออกในไมยราบยักษ์ โดยทำให้เปอร์เซ็นต์การออกเพิ่มสูงขึ้นแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 13) และมีแนวโน้มที่จะส่งเสริมการเจริญเติบโตด้วย โดยทำให้ความยาวยอดและความยาวรากของไมยราบยักษ์เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 14) และสารสกัดยังมีแนวโน้มในการทำให้เกิด lipid peroxidation ลดลง โดยสารสกัดสามารถทำให้ปริมาณ MDA ในยอดและในรากลดลง (ตารางที่ 7 และภาพที่ 15)

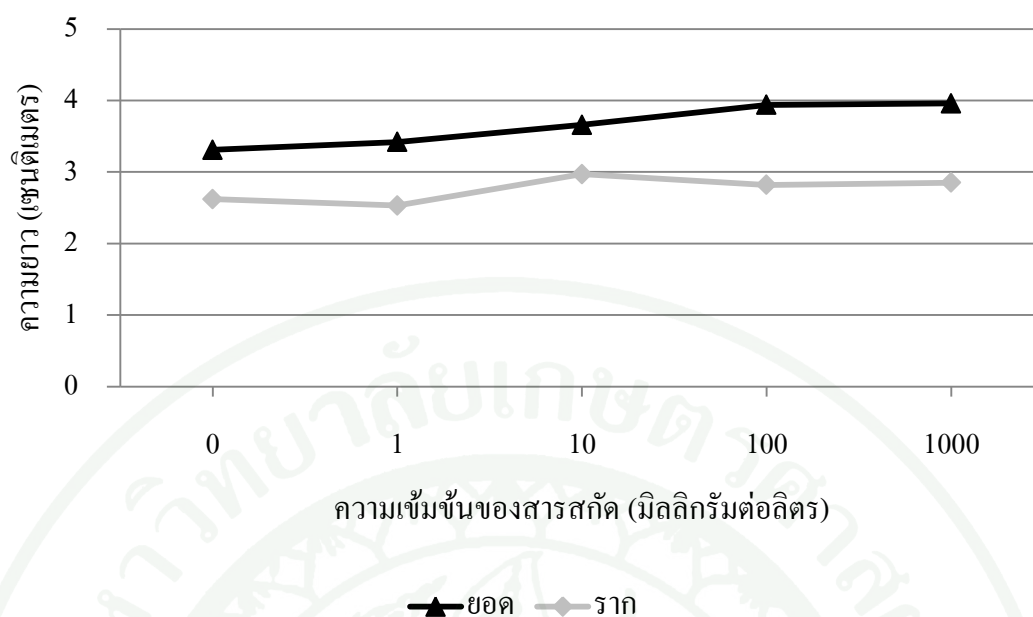
ตารางที่ 7 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของไมยราบยักษ์

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	100.00	100.00	3.31	2.62	12.22ab ¹	28.52
1	101.52	101.49	3.42	2.53	10.18b	26.01
10	100.00	98.51	3.66	2.97	16.18a	21.16
100	106.06	105.97	3.94	2.82	8.10b	18.30
1000	109.09	107.46	3.96	2.85	8.38b	20.59
เฉลี่ย	103.33	102.69	3.65	2.76	11.01	22.91

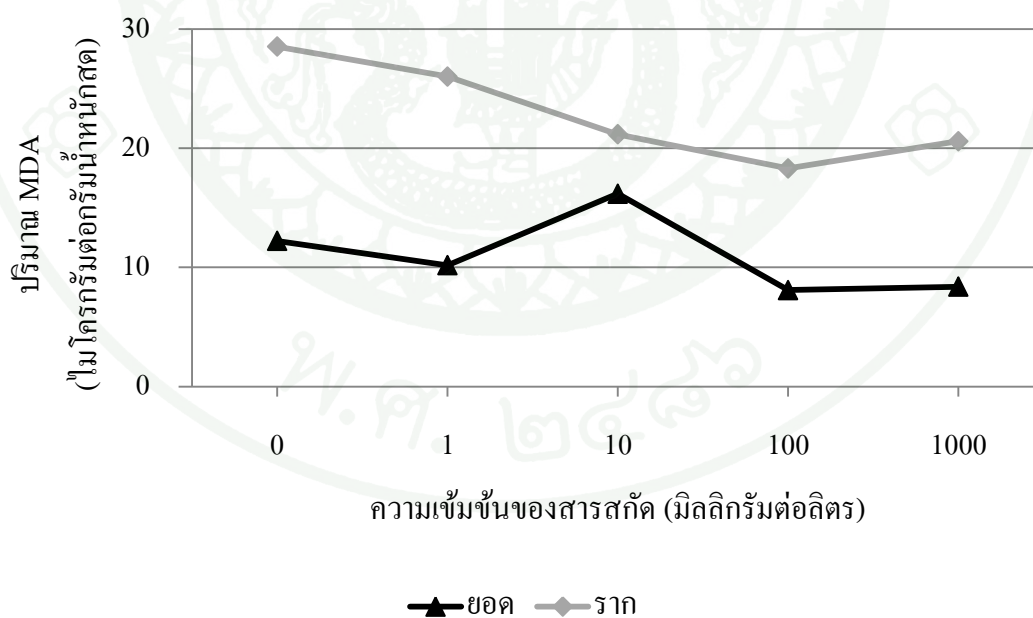
หมายเหตุ ¹ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง (a, b) แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT



ภาพที่ 13 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของไมยราบยักษ์



ภาพที่ 14 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อความยาวขอดและความยาวรากของไมยราบยักษ์ (เซนติเมตร)



ภาพที่ 15 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อปริมาณ MDA ในขอดและรากของไมยราบยักษ์ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

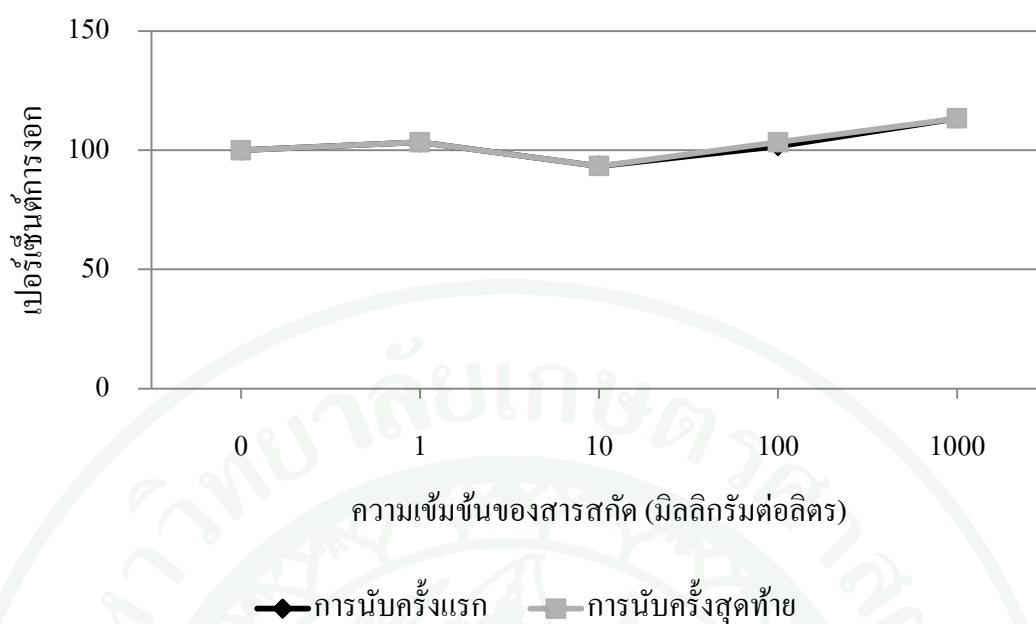
1.2 ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ ในหญ้าปล้องข้าวนก

สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane มีผลในการส่งเสริมการงอกของเมล็ดหญ้าปล้องข้าวนก โดยเมื่อได้รับสารสกัดความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้นเป็น 113.33 เปอร์เซ็นต์ ในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้าย ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม (ตารางที่ 8 และภาพที่ 16) และสารสกัดมีแนวโน้มส่งเสริมความยาวราก แต่มีผลยับยั้งความยาวยอด โดยสารสกัดที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความยาวยอดลดลงเป็น 0.71 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุมที่มีความยาวยอด 1.07 เซนติเมตร (ตารางที่ 8 และภาพที่ 17) สำหรับการเกิด lipid peroxidation พบว่าในยอดสารสกัดมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ MDA เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับในราก สารสกัดมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ MDA เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 8 และภาพที่ 18)

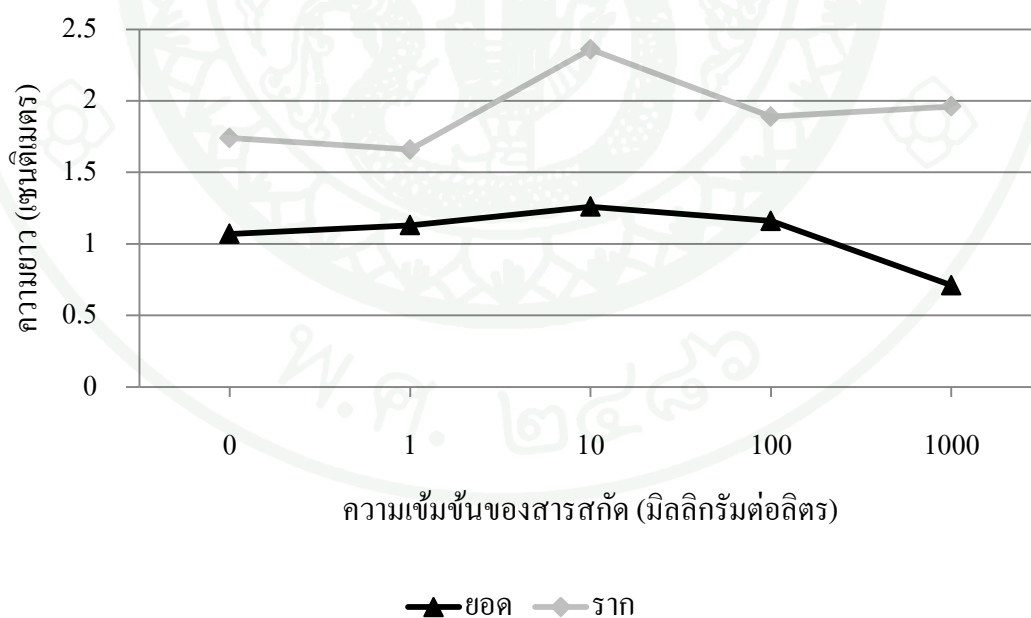
ตารางที่ 8 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด ความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของหญ้าปล้องข้าวนก

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	100.00b ¹	100.00b	1.07a	1.74	56.42	40.48
1	103.33ab	103.33ab	1.13a	1.66	78.13	61.26
10	93.33b	93.33b	1.26a	2.36	67.79	44.89
100	101.67b	103.33ab	1.16a	1.89	53.00	61.04
1000	113.33a	113.33a	0.71b	1.96	58.21	56.88
เฉลี่ย	102.33	102.67	1.07	1.92	62.71	53.22

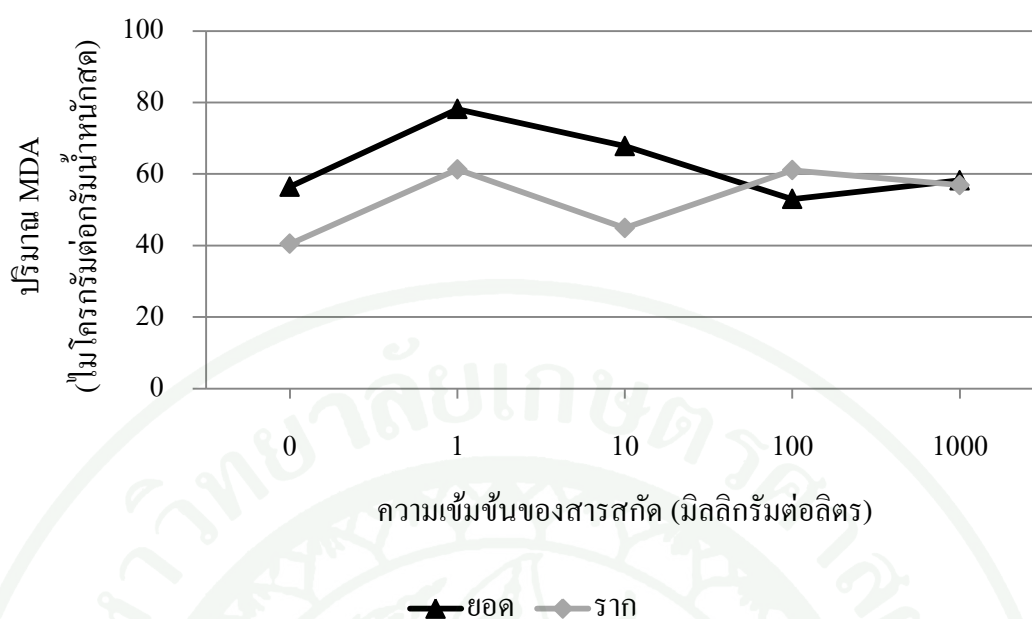
หมายเหตุ ¹ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง (a, b) แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT



ภาพที่ 16 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อเปอร์เซ็นต์การออกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของหญ้าปล้องข้าวฉ่ำ



ภาพที่ 17 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อความยาวยอดและความยาวรากของหญ้าปล้องข้าวฉ่ำ (เซนติเมตร)



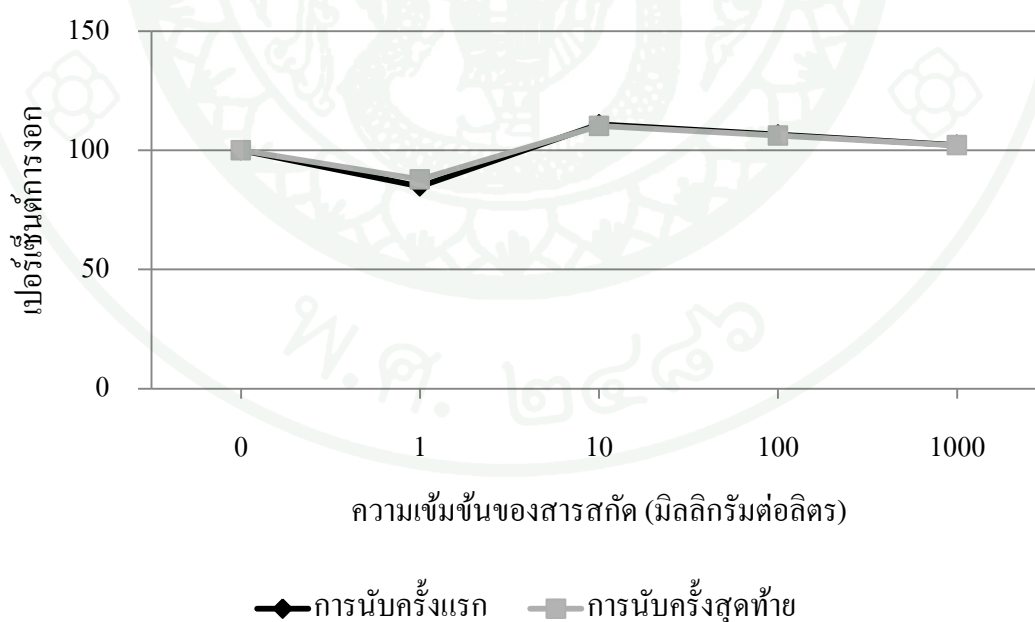
ภาพที่ 18 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของหญ้าปล้องข้าว (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

จากผลการทดลองพบว่าสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate มีแนวโน้มที่จะเพิ่มเปอร์เซ็นต์การออกในหญ้าปล้องข้าว พบว่าไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (ตารางที่ 9 และภาพที่ 19) และสารสกัดยังมีแนวโน้มในการส่งเสริมการเจริญเติบโต โดยจะพบว่าสารสกัดทำให้ความยาวยอดและความยาวรากเพิ่มขึ้น แม้ว่าจะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม (ตารางที่ 9 และภาพที่ 20) สำหรับการเกิด lipid peroxidation พบว่าสารสกัดที่ความเข้มข้น 10 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มที่จะทำให้ปริมาณ MDA ในรากลดลง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ และสารสกัดไม่มีผลทำให้ปริมาณ MDA เปลี่ยนแปลงในยอด (ตารางที่ 9 และภาพที่ 21)

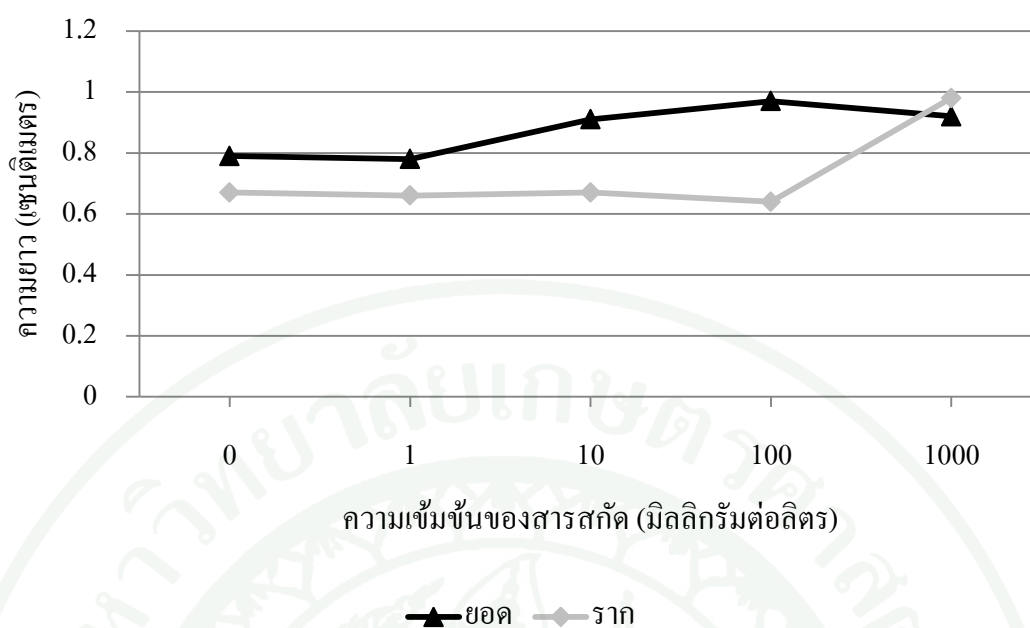
ตารางที่ 9 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของหญ้าปล้องข้าวนก

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	100.00ab ¹	100.00	0.79	0.67	77.92	299.10
1	84.78b	87.76	0.78	0.66	62.27	142.60
10	110.87a	110.20	0.91	0.67	81.69	158.42
100	106.52a	106.12	0.97	0.64	68.55	143.01
1000	102.17ab	102.04	0.92	0.98	78.60	270.70
เฉลี่ย	100.87	101.22	0.88	0.73	73.80	202.77

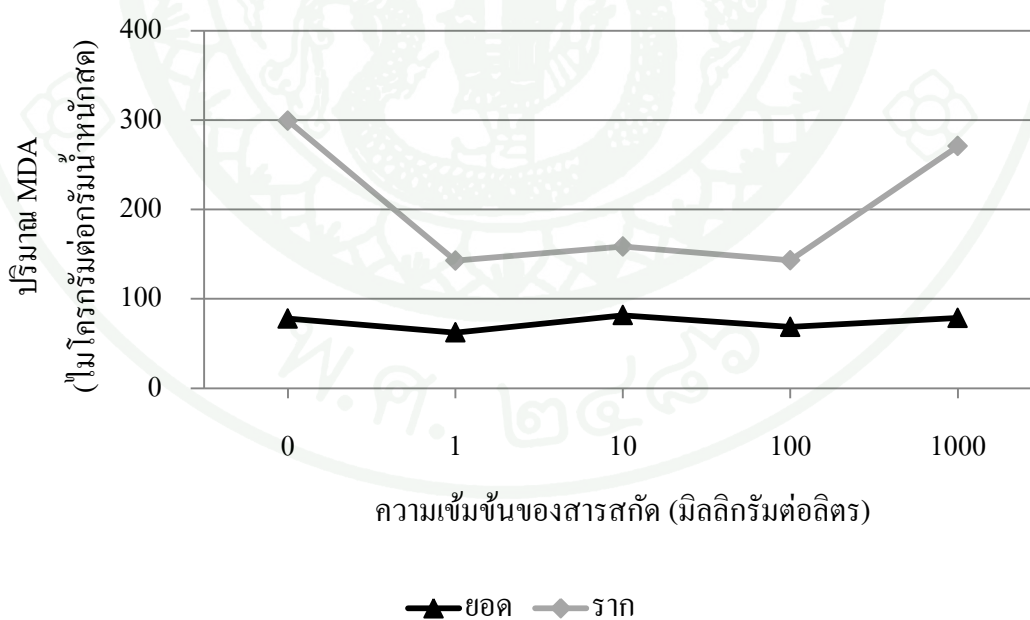
หมายเหตุ ¹ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง (a, b, c) แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT



ภาพที่ 19 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของหญ้าปล้องข้าวนก



ภาพที่ 20 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อความยาวยอดและความยาวรากของ
หญ้าปล้องข้าว (เซนติเมตร)



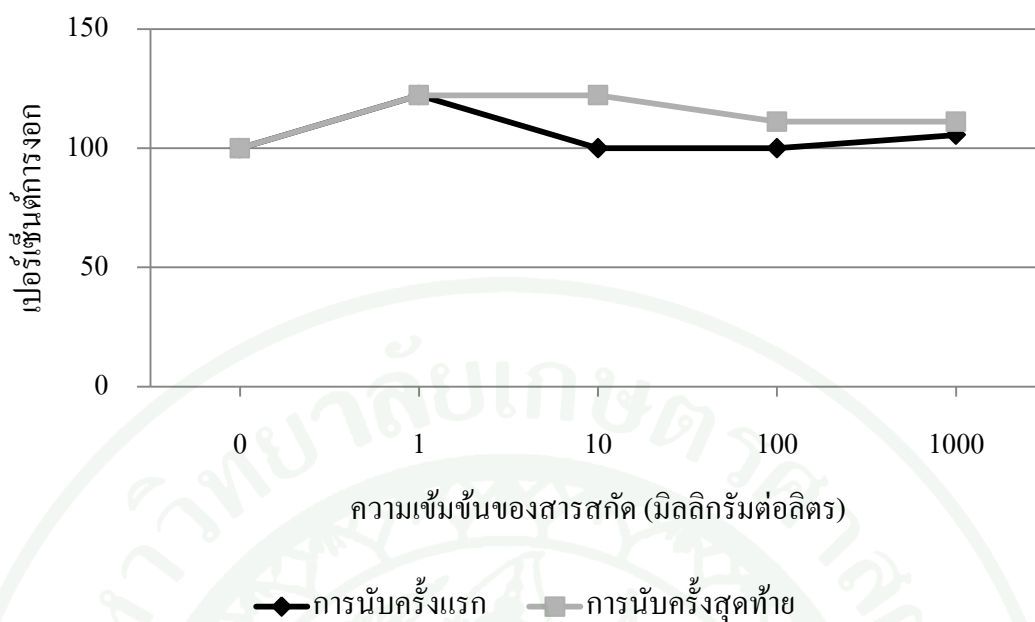
ภาพที่ 21 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของ
หญ้าปล้องข้าว (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol มีแนวโน้มในการเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกในหลอดเลี้ยงข้าวตาก แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 10 และภาพที่ 22) และสารสกัดมีแนวโน้มในการส่งเสริมการเจริญเติบโต โดยพบว่าสารสกัดที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้นเป็น 4.17 เซนติเมตร แตกต่างจากเมื่อไม่ได้รับสารสกัดที่ทำให้ความยาวเป็น 2.41 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทำให้ความยาวยอดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 10 และภาพที่ 23) นอกจากนี้สารสกัดยังสามารถลดการเกิด lipid peroxidation โดยสารสกัดมีแนวโน้มในการลดปริมาณ MDA ในยอดได้และสารสกัดที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดปริมาณ MDA ในรากเป็น 41.85 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด แตกต่างจากชุดควบคุมที่มีปริมาณ MDA เป็น 96.75 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 10 และภาพที่ 24)

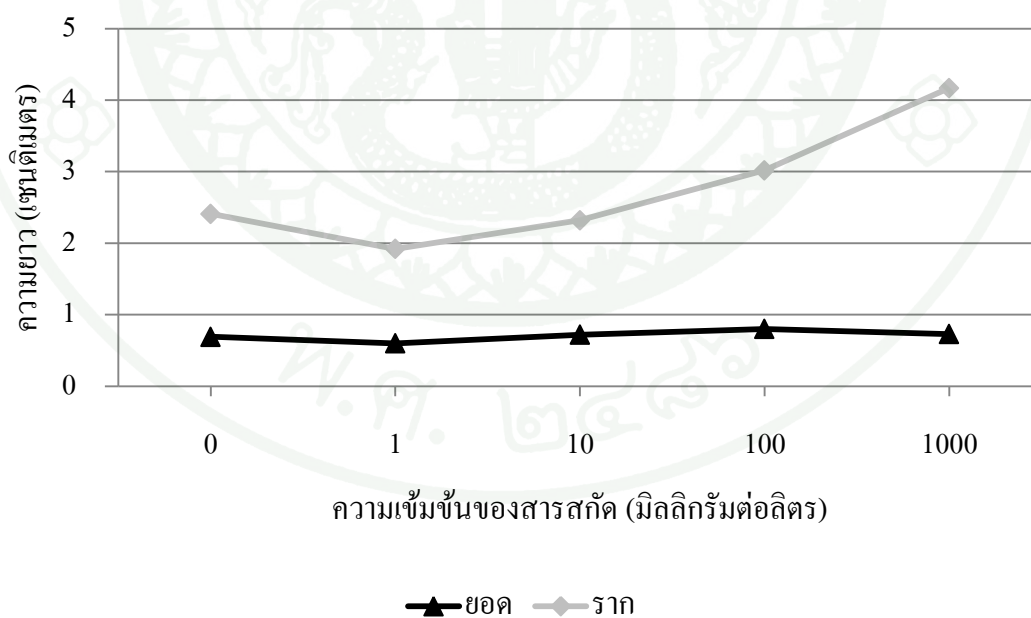
ตารางที่ 10 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของหลอดเลี้ยงข้าวตาก

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	100.00	100.00	0.69	2.41bc ¹	51.35	96.75a
1	122.22	122.22	0.60	1.92c	54.15	91.80a
10	100.00	122.22	0.72	2.32bc	46.71	64.74ab
100	100.00	111.11	0.80	3.02b	66.15	69.17ab
1000	105.56	111.11	0.73	4.17a	29.92	41.85b
เฉลี่ย	105.56	113.33	0.71	2.77	49.66	73.44

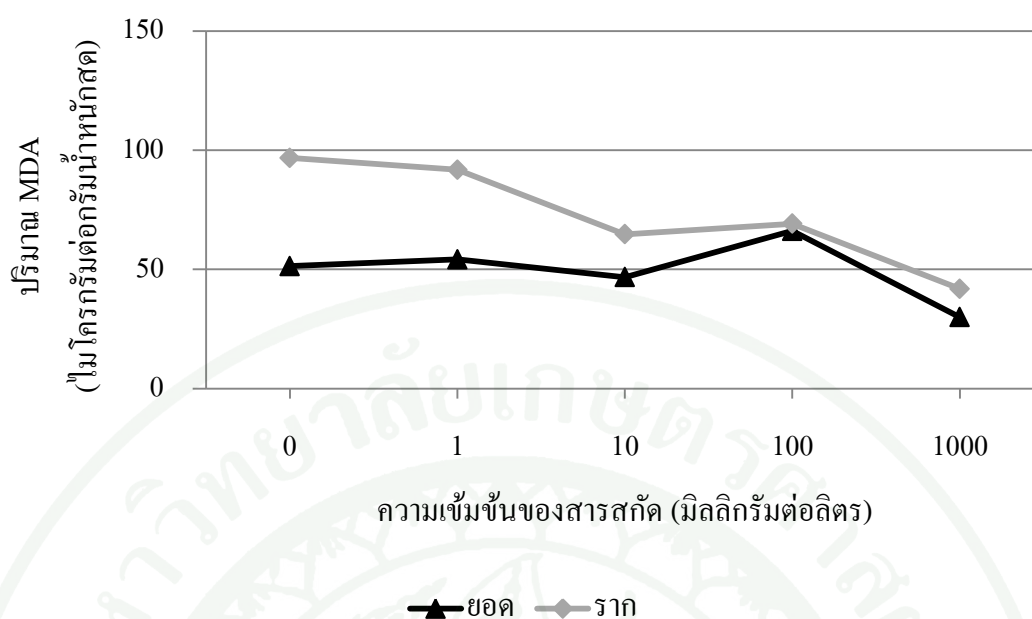
หมายเหตุ ¹ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง (a, b) แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT



ภาพที่ 22 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อเปอร์เซ็นต์การออกในการนับครั้งแรก และครั้งสุดท้ายของหญ้าปล้องข้าวฉ่ำ



ภาพที่ 23 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อความยาวยอดและความยาวรากของ หญ้าปล้องข้าวฉ่ำ (เซนติเมตร)



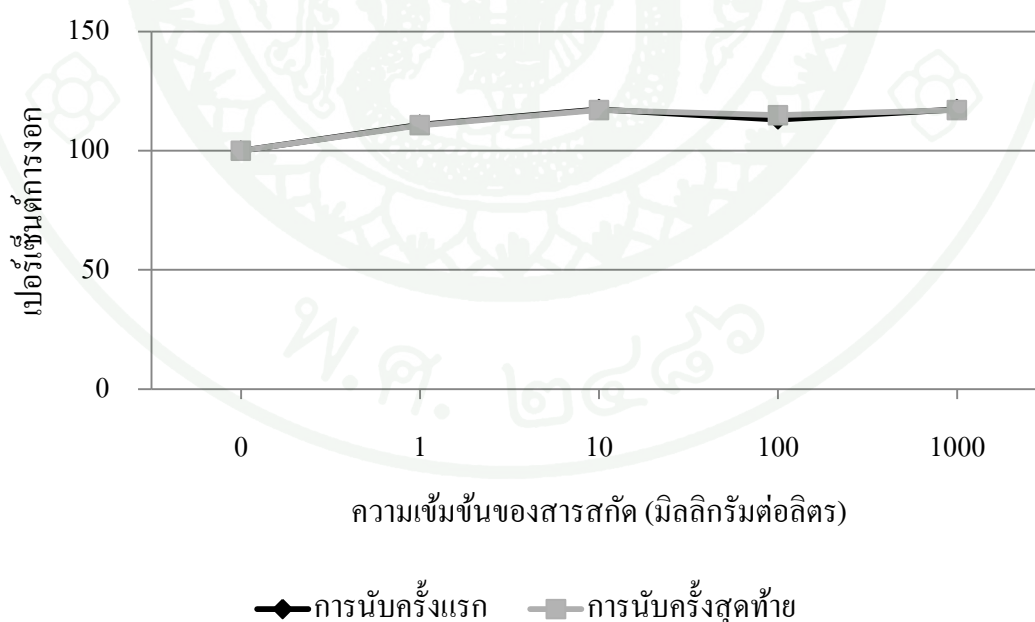
ภาพที่ 24 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อปริมาณ MDA ในไข่แดงและไข่ขาวของห่านป่าเลี้ยง
ปล่อยขำวนก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำมีแอลกอฮอล์จะทำให้เปอร์เซ็นต์การออกของไข่ขาวปล่อยขำวนกเพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 11 และภาพที่ 25) และสารสกัดยังสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ ซึ่งจากการทดลองพบว่า สารสกัดมีแอลกอฮอล์จะทำให้ความยาวไข่แดงเพิ่มสูงขึ้น แม้จะไม่แตกต่างจากชุดควบคุม แต่สารสกัดสามารถทำให้ความยาวไข่ขาวเพิ่มขึ้นแตกต่างจากชุดควบคุมได้ที่ความเข้มข้น 100 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยทำให้ความยาวไข่ขาวเพิ่มขึ้นเป็น 3.43 และ 5.57 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุมที่มีความยาวไข่ขาวเป็น 1.38 เซนติเมตร (ตารางที่ 11 และภาพที่ 26) และสารสกัดยังมีแอลกอฮอล์ในการลดการเกิด lipid peroxidation ได้ โดยสารสกัดมีแอลกอฮอล์ในการลดปริมาณ MDA ในไข่แดง และทำให้ปริมาณ MDA ในไข่ขาวลดลงเป็น 34.90 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด เมื่อได้รับสารสกัดความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุมที่มีปริมาณ MDA เป็น 100.26 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 11 และภาพที่ 27)

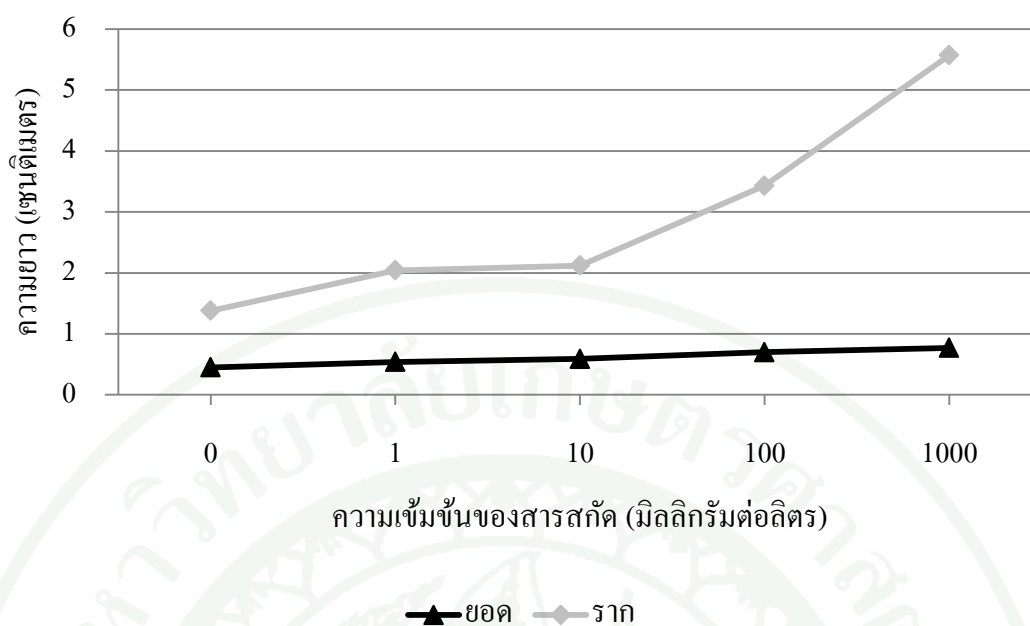
ตารางที่ 11 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของหญ้าปล้องข้าวนก

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	100.00	100.00	0.45	1.38c ¹	100.26ab	127.89
1	110.87	110.64	0.54	2.04bc	120.07a	121.39
10	117.39	117.02	0.59	2.12bc	57.97bc	88.84
100	113.04	114.89	0.70	3.43b	44.03bc	61.58
1000	117.39	117.02	0.77	5.57a	34.90c	55.85
เฉลี่ย	111.74	111.91	0.61	2.91	71.45	91.11

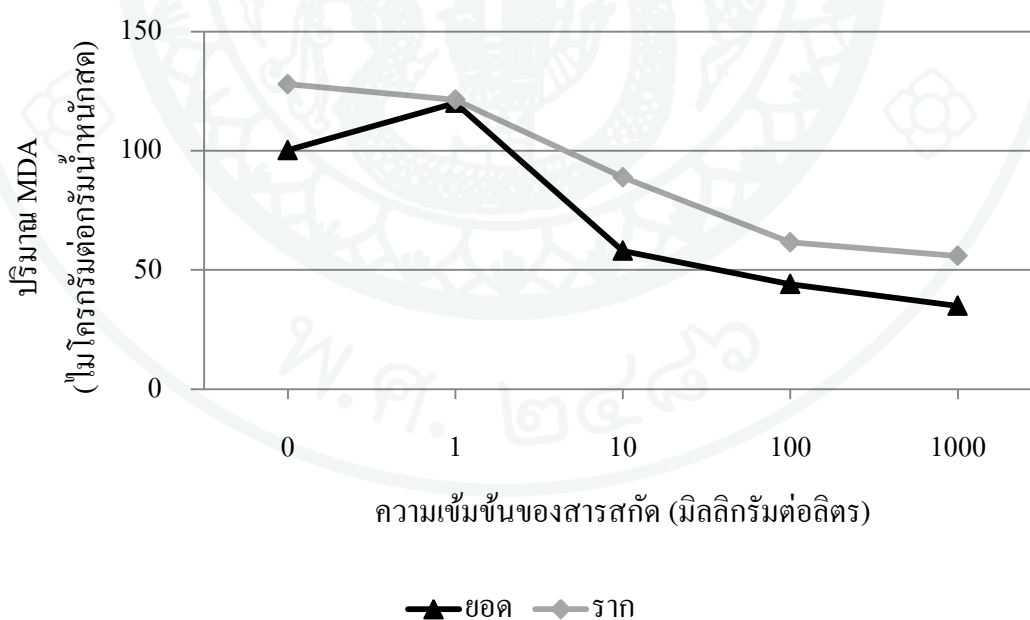
หมายเหตุ ¹ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง (a, b, c) แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT



ภาพที่ 25 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของหญ้าปล้องข้าวนก



ภาพที่ 26 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อความยาวยอดและความยาวรากของหญ้าปล้อง
ข้าวนก (เซนติเมตร)



ภาพที่ 27 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของหญ้าปล้อง
ข้าวนก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

1.3 ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ ในผักกาดขาวปลี

สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดของผักกาดขาวปลี (ตารางที่ 12 และภาพที่ 28) แต่สารสกัดมีแนวโน้มที่จะส่งเสริมการเจริญเติบโต โดยจากผลการทดลองพบว่า สารสกัดที่ความเข้มข้น 100 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้นเป็น 3.79 และ 3.91 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากเมื่อไม่ได้รับสารสกัด ที่มีความยาวรากเป็น 2.81 เซนติเมตร (ตารางที่ 12 และภาพที่ 29) และสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ยังมีแนวโน้มที่จะทำให้เกิด lipid peroxidation ลดลงด้วย แต่ปริมาณ MDA ที่ลดลงไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (ตารางที่ 12 และภาพที่ 30)

ตารางที่ 12 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ

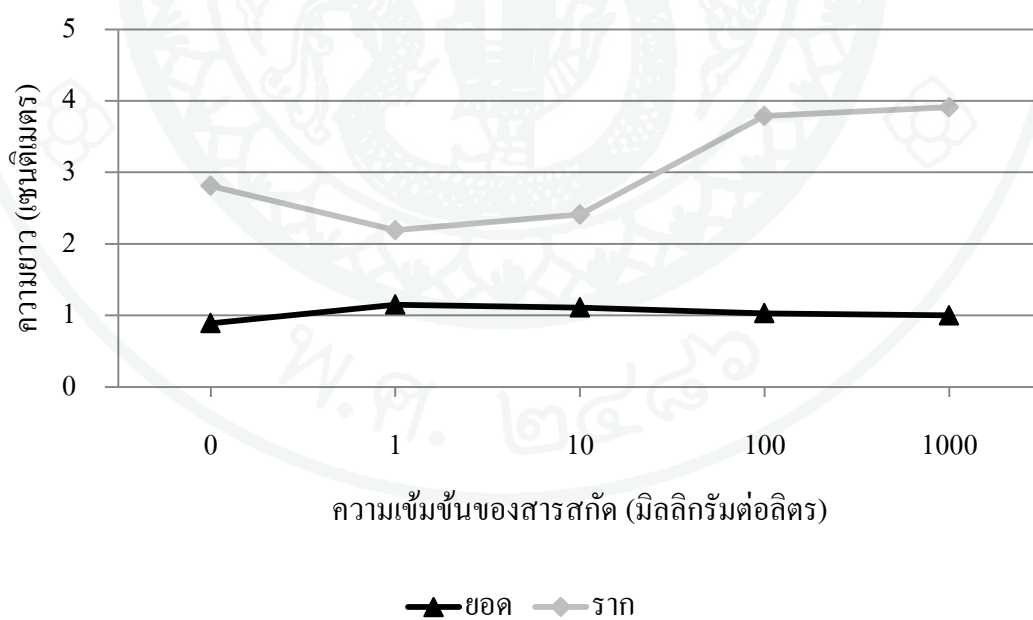
เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของผักกาดขาวปลี

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	100.00	100.00	0.89	2.81b ¹	16.96	18.35
1	101.45	101.45	1.15	2.19b	16.68	15.75
10	100.00	100.00	1.11	2.41b	16.42	13.36
100	102.90	102.90	1.03	3.79a	15.57	14.43
1000	100.00	100.00	1.00	3.91a	13.00	11.20
เฉลี่ย	100.87	100.87	1.04	3.02	15.73	14.62

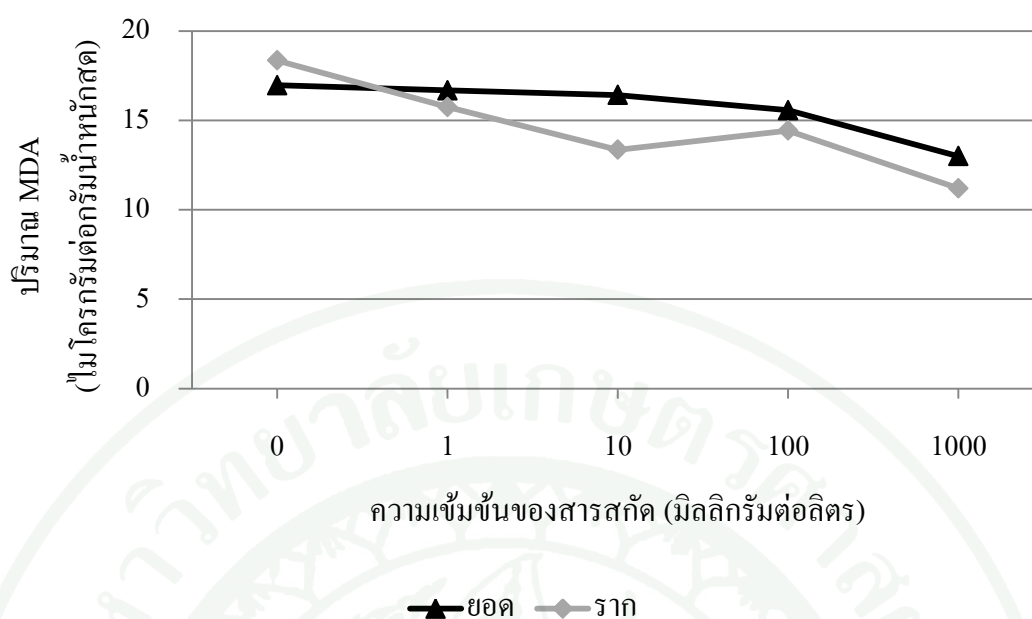
หมายเหตุ ¹ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว (a, b) แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT



ภาพที่ 28 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อเปอร์เซ็นต์การสกัดในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของผักกาดขาวปลี



ภาพที่ 29 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อความยาวยอดและความยาวรากของผักกาดขาวปลี (เซนติเมตร)

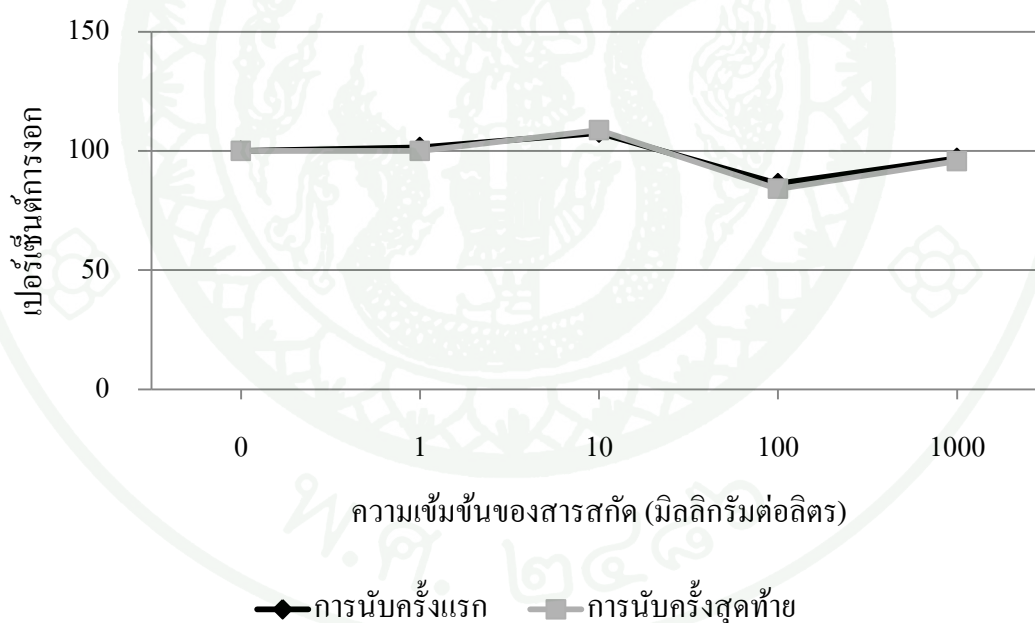


ภาพที่ 30 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อปริมาณ MDA ในชอดและรากของ ผักกาดขาวปลี (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

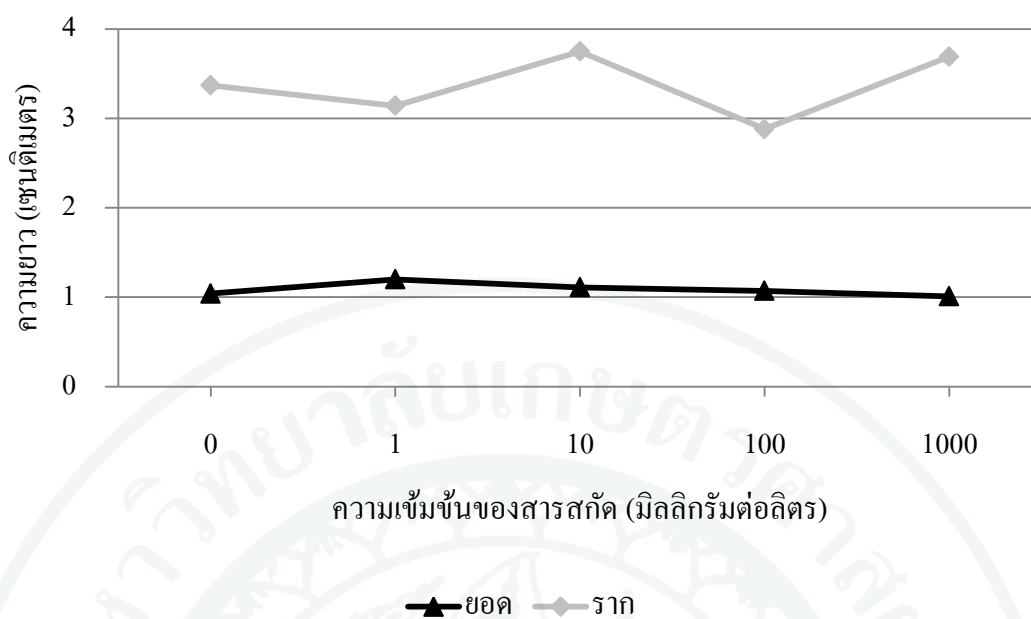
จากการทดลองพบว่าสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate มีแนวโน้มที่จะลดเปอร์เซ็นต์การงอกในผักกาดขาวปลี (ตารางที่ 13 และภาพที่ 31) แต่สารสกัดมีแนวโน้มเพิ่มความยาวราก แต่ไม่มีผลอย่างชัดเจนกับความยาวชอด (ตารางที่ 13 และภาพที่ 32) และสารสกัดมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ MDA ในชอดและรากลดลงด้วย โดยค่าที่ได้ทั้งหมดไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม (ตารางที่ 13 และภาพที่ 33)

ตารางที่ 13 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของผักกาดขาวปลี

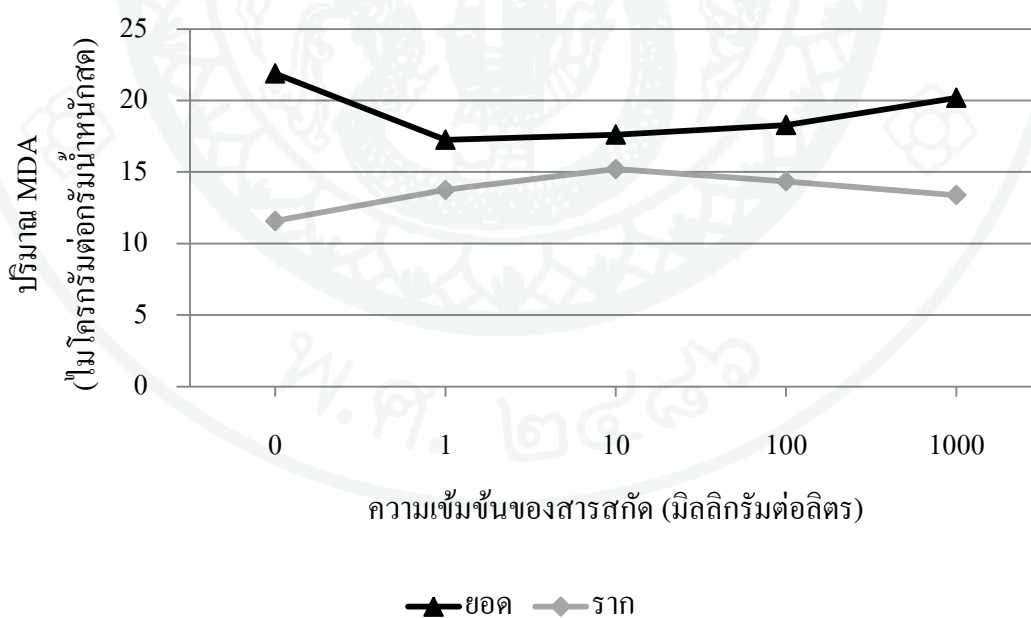
ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	100.00	100.00	1.04	3.37	21.89	11.58
1	101.52	100.00	1.20	3.14	17.25	13.75
10	107.58	108.70	1.11	3.75	17.61	15.21
100	86.36	84.06	1.07	2.88	18.29	14.34
1000	96.97	95.65	1.01	3.69	20.19	13.38
เฉลี่ย	98.49	97.68	1.09	3.37	19.05	13.65



ภาพที่ 31 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของผักกาดขาวปลี



ภาพที่ 32 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อความยาวยอดและความยาวรากของผักกาดขาวปลี (เซนติเมตร)



ภาพที่ 33 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของผักกาดขาวปลี (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

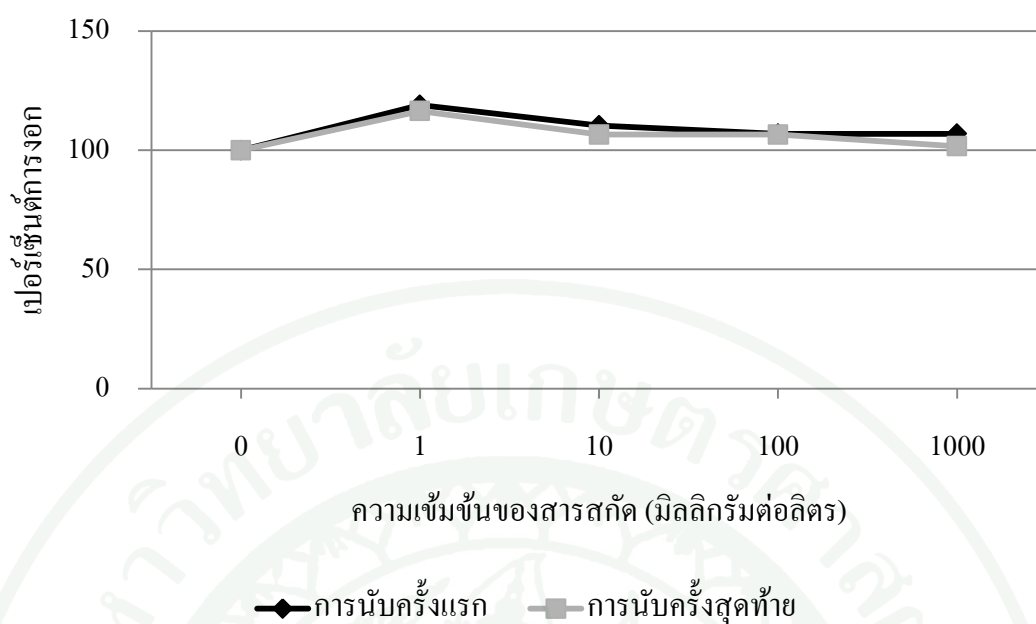
สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol มีแนวโน้มในการเพิ่มการงอกในผักกาดขาวปลี (ตารางที่ 14 และภาพที่ 34) และมีแนวโน้มในการส่งเสริมการเจริญเติบโต โดยพบว่าสารสกัดความเข้มข้น 1, 100 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความยาวยอดเพิ่มสูงขึ้นเป็น 1.21, 1.24 และ 1.78 เซนติเมตร แตกต่างจากชุดควบคุมที่มีความยาวยอดเป็น 0.90 เซนติเมตร และความยาวรากที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัด (ตารางที่ 14, ภาพที่ 35 และ ภาพที่ 36) สำหรับการเกิด lipid peroxidation พบว่า สารสกัดไม่มีผลต่อปริมาณ MDA ทั้งในยอดและรากของผักกาดขาวปลี (ตารางที่ 14 และภาพที่ 37)

ตารางที่ 14 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อ

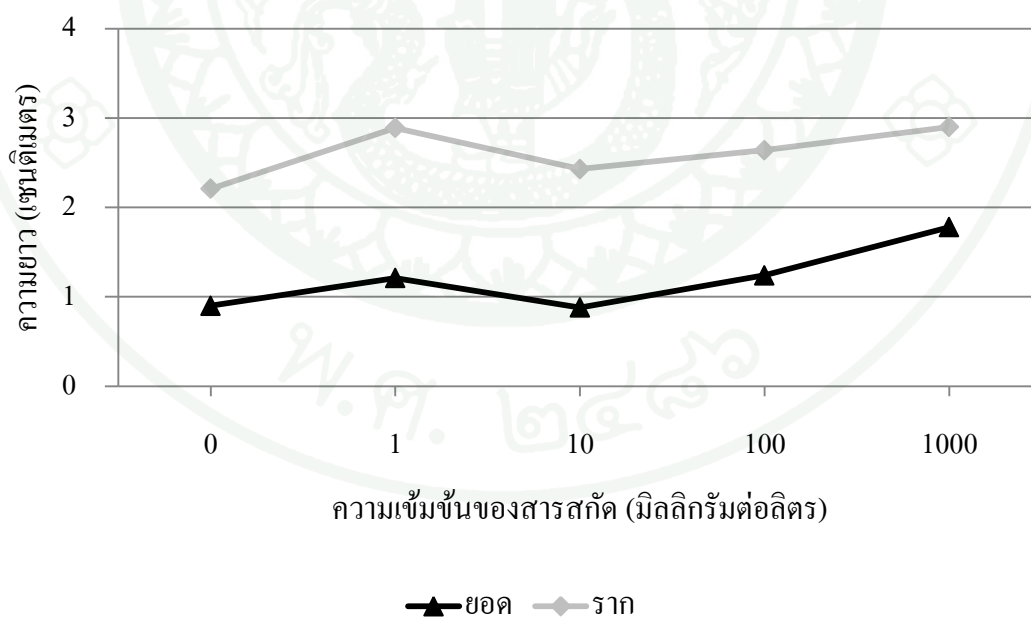
เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของผักกาดขาวปลี

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	100.00	100.00	0.90c ¹	2.21	15.24	15.72
1	118.97	116.39	1.21b	2.89	11.62	15.25
10	110.35	106.56	0.88c	2.43	11.88	12.08
100	106.90	106.56	1.24b	2.64	10.73	12.15
1000	106.90	101.64	1.78a	2.90	16.23	14.14
เฉลี่ย	108.62	106.23	1.20	2.61	13.14	13.87

หมายเหตุ ¹ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว (a, b, c) แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT



ภาพที่ 34 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรก และครั้งสุดท้ายของฝักกาดขาวปลี



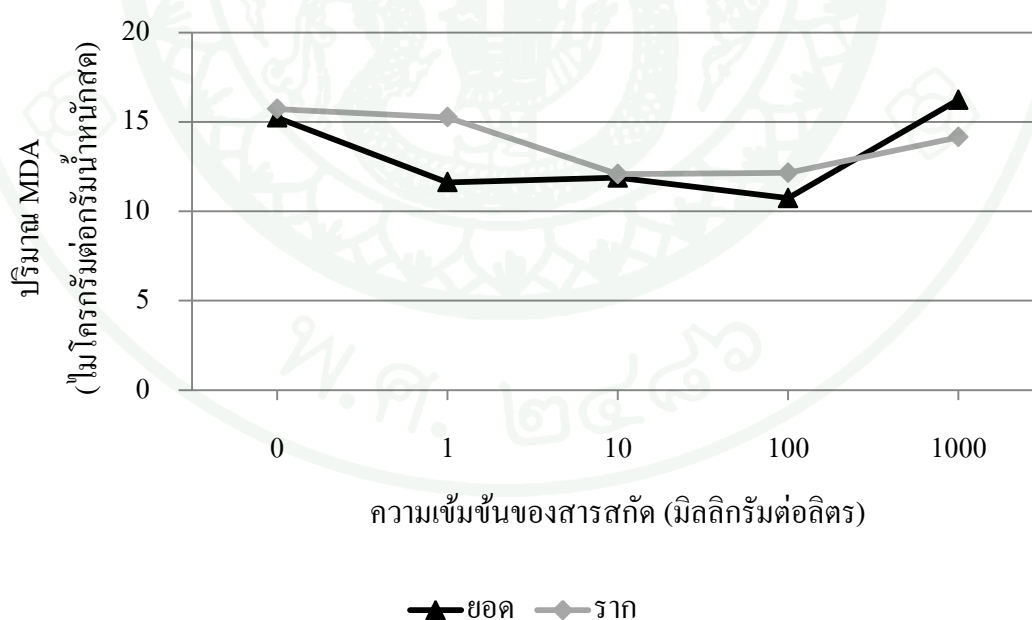
ภาพที่ 35 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อความยาวยอดและความยาวรากของ ฝักกาดขาวปลี (เซนติเมตร)



ภาพที่ 36 ต้นกล้าผักกาดขาวปลี ที่ได้รับสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ก) ชุดควบคุม ข) 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ค) 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ง) 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

จ) 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร



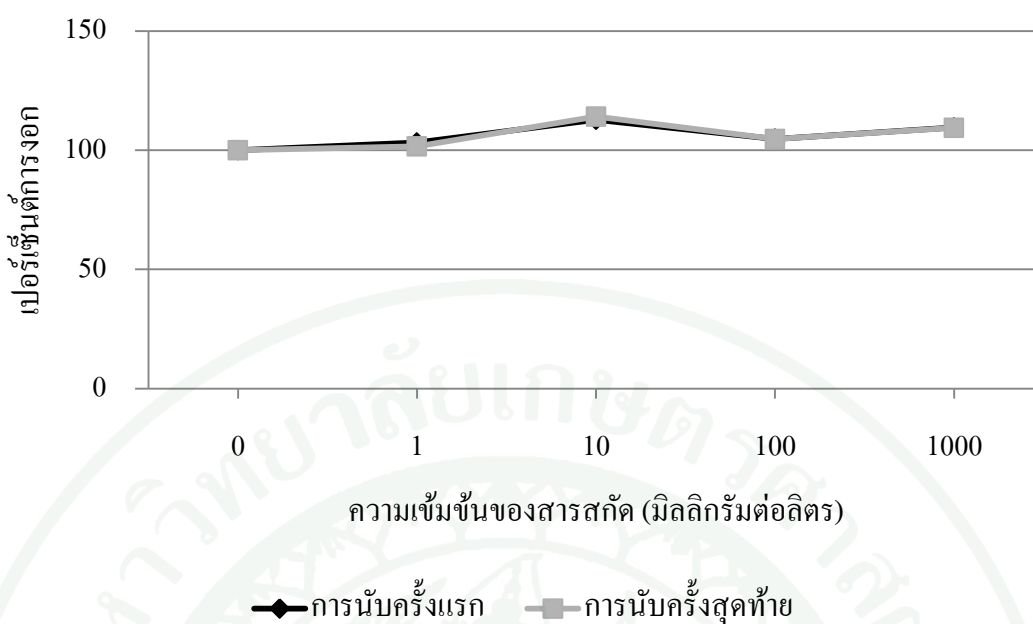
ภาพที่ 37 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของผักกาดขาวปลี (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

จากการทดลองพบว่า สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำมีแนวโน้มทำให้การงอกของผักกาดขาวปลีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 15 และภาพที่ 38) และสารสกัดยังมีผลในการส่งเสริมความยาวยอด โดยสารสกัดที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความยาวยอดเพิ่มขึ้นเป็น 1.83 เซนติเมตร แตกต่างจากชุดควบคุมที่มีความยาวยอดเป็น 1.04 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มลดความยาวรากที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 15 และภาพที่ 39) และจากการเกิด lipid peroxidation จะพบว่าสารสกัดมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ MDA ในยอดเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับสารสกัดที่ทำให้ปริมาณ MDA ในรากเพิ่มขึ้น ที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 15 และภาพที่ 40)

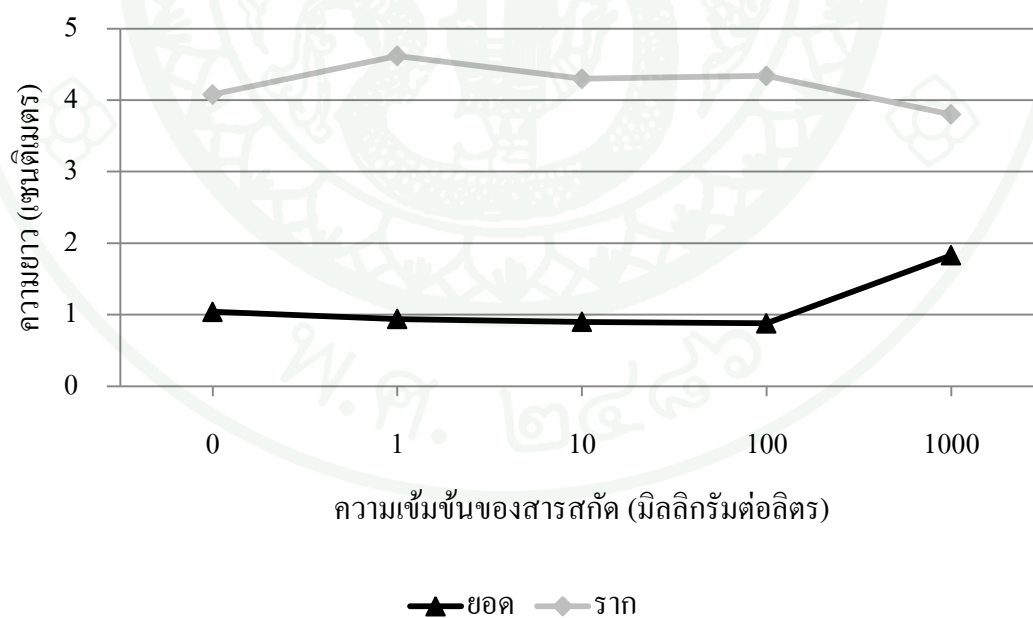
ตารางที่ 15 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของผักกาดขาวปลี

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	100.00	100.00	1.04b ¹	4.08	3.49	0.89b
1	103.18	101.56	0.94b	4.62	4.01	0.81b
10	112.70	114.06	0.90b	4.30	4.19	0.88b
100	104.76	104.69	0.88b	4.34	3.88	0.79b
1000	109.52	109.38	1.83a	3.80	3.54	1.71a
เฉลี่ย	106.03	105.94	1.12	4.23	3.82	1.02

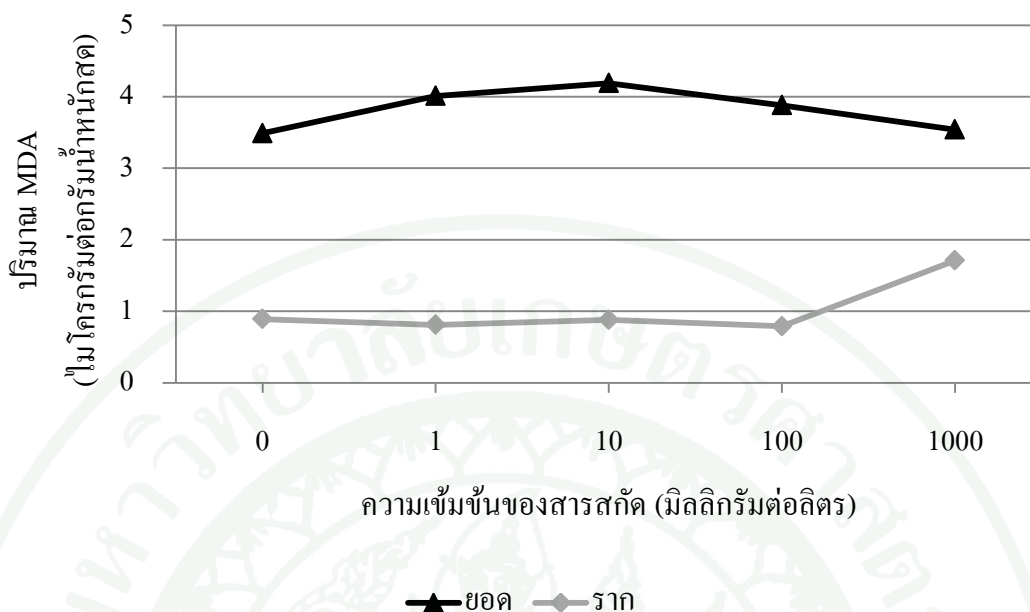
หมายเหตุ ¹ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง (a, b) แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT



ภาพที่ 38 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของผักกาดขาวปลี



ภาพที่ 39 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อความยาวยอดและความยาวรากของผักกาดขาวปลี (เซนติเมตร)



ภาพที่ 40 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรากของผักกาดขาวปลี (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

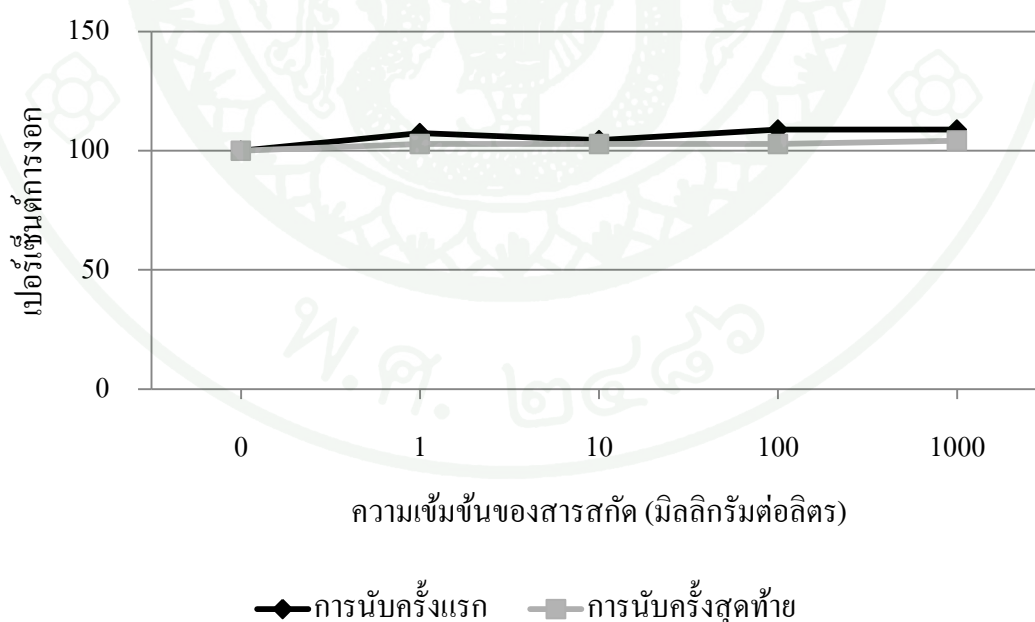
1.4 ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในการนับครั้งแรกเพิ่มขึ้น โดยสารสกัดที่ความเข้มข้น 1, 100 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้นเป็น 107.35, 108.82 และ 108.82 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในการนับครั้งสุดท้าย พบว่าแม้สารสกัดจะมีแนวโน้มที่จะทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 16 และภาพที่ 41) และสารสกัดสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโต โดยสารสกัดที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้นมากที่สุดเป็น 7.16 เซนติเมตร รองลงมาเป็นสารสกัดที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้นเป็น 5.68 เซนติเมตร แตกต่างจากชุดควบคุมที่มีความยาวรากเป็น 4.76 เซนติเมตร และความยาวยอดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกันแม้ว่าจะไม่แตกต่างทางสถิติ (ภาพที่ 42) นอกจากนั้นสารสกัดยังมีแนวโน้มในการลดการเกิด lipid peroxidation ในทั้งยอดและรากของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ตารางที่ 16 และภาพที่ 43)

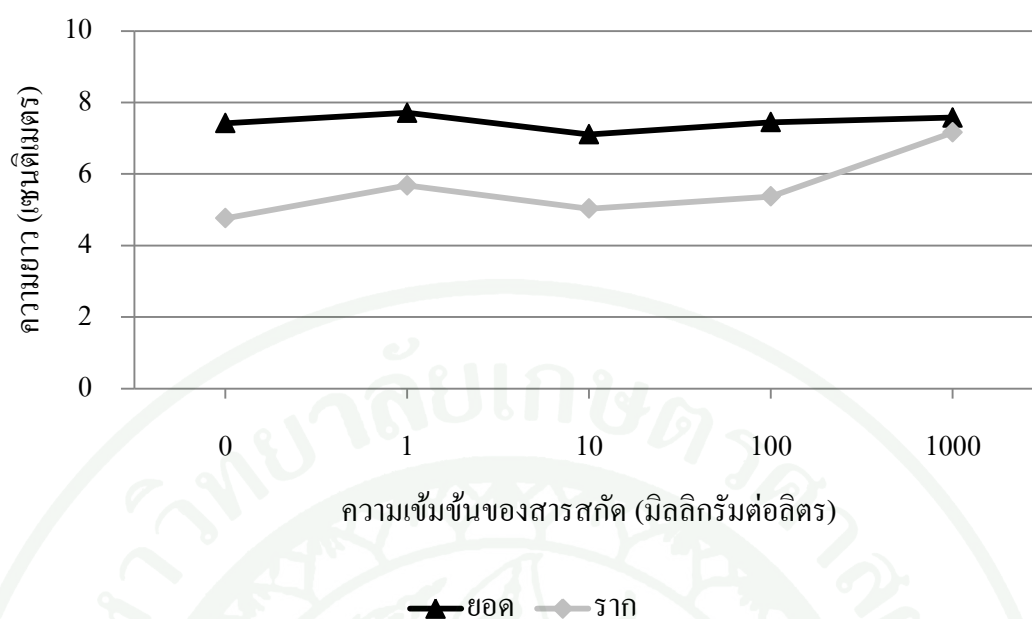
ตารางที่ 16 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	100.00b ¹	100.00	7.42	4.76c	26.65	48.99
1	107.35a	102.78	7.71	5.68b	31.96	39.71
10	104.41ab	102.78	7.11	5.03bc	24.28	36.51
100	108.82a	102.78	7.45	5.37bc	25.66	34.35
1000	108.82a	104.17	7.58	7.16a	22.32	37.99
เฉลี่ย	105.88	102.50	7.45	5.60	26.17	39.51

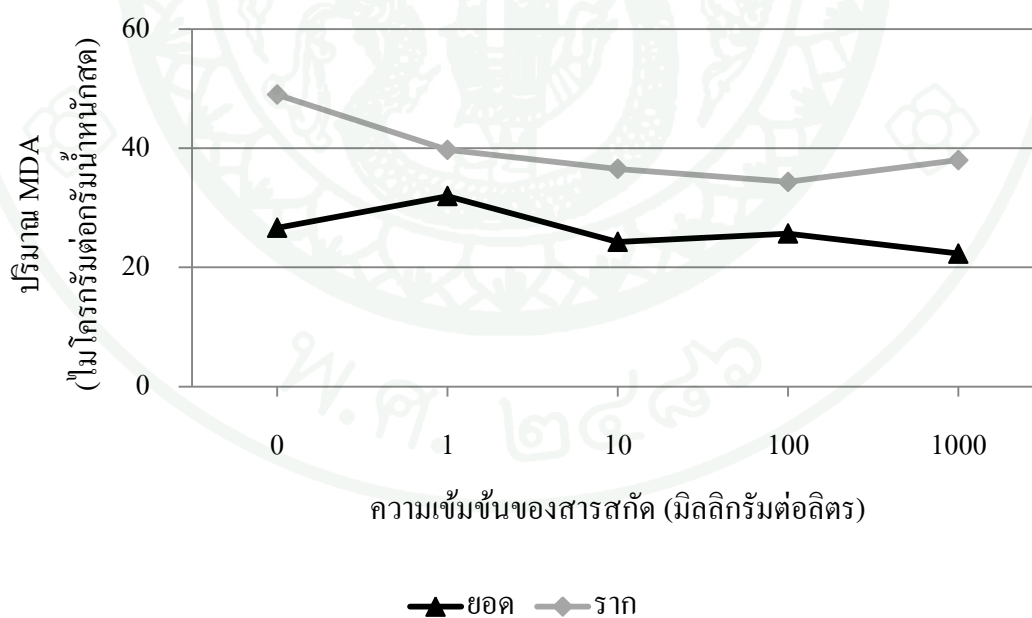
หมายเหตุ ¹ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง (a, b, c) แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT



ภาพที่ 41 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105



ภาพที่ 42 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อความยาวขอดและความยาวรากของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (เซนติเมตร)

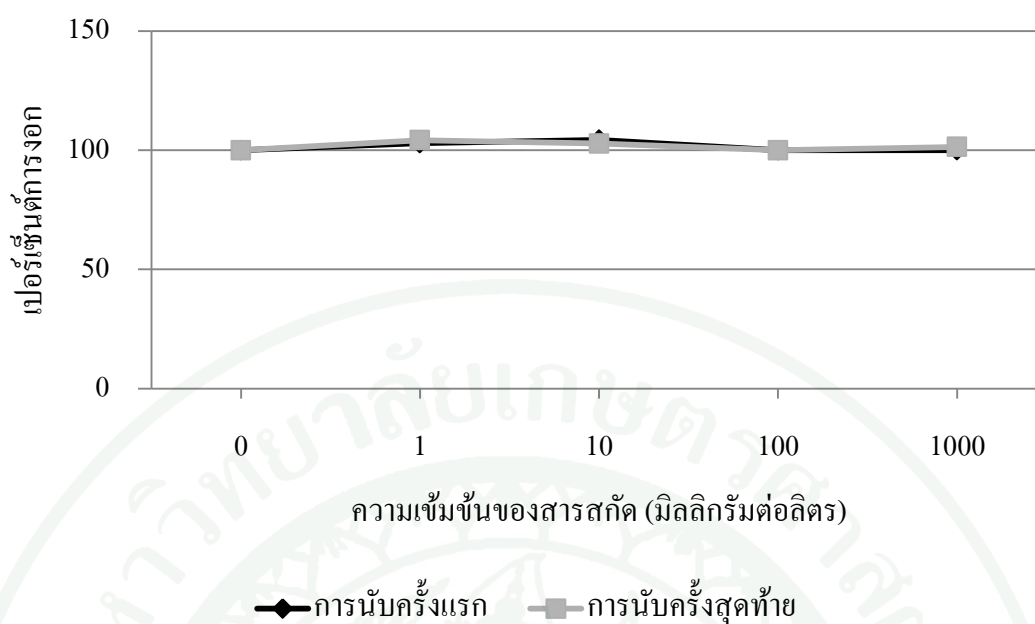


ภาพที่ 43 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ต่อปริมาณ MDA ในขอดและรากของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

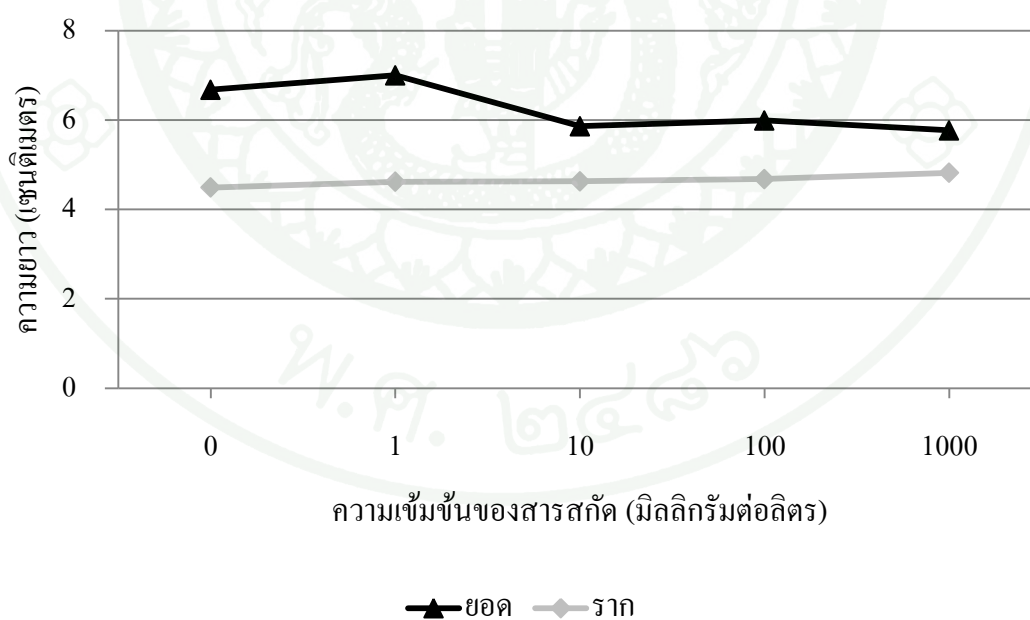
จากการทดลองพบว่า สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ไม่มีผลต่อการงอกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในการนับทั้งสองครั้ง (ตารางที่ 17 และภาพที่ 44) แต่สำหรับการเจริญเติบโตของต้นกล้า พบว่าสารสกัดมีแนวโน้มทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้น แต่มีแนวโน้มทำให้ความยาวยอดลดลง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 17 และภาพที่ 45) และสารสกัดมีแนวโน้มทำให้เกิด lipid peroxidation ในรากเพิ่มขึ้น โดยทำให้ปริมาณ MDA ในรากเพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม (ตารางที่ 17 และภาพที่ 46)

ตารางที่ 17 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

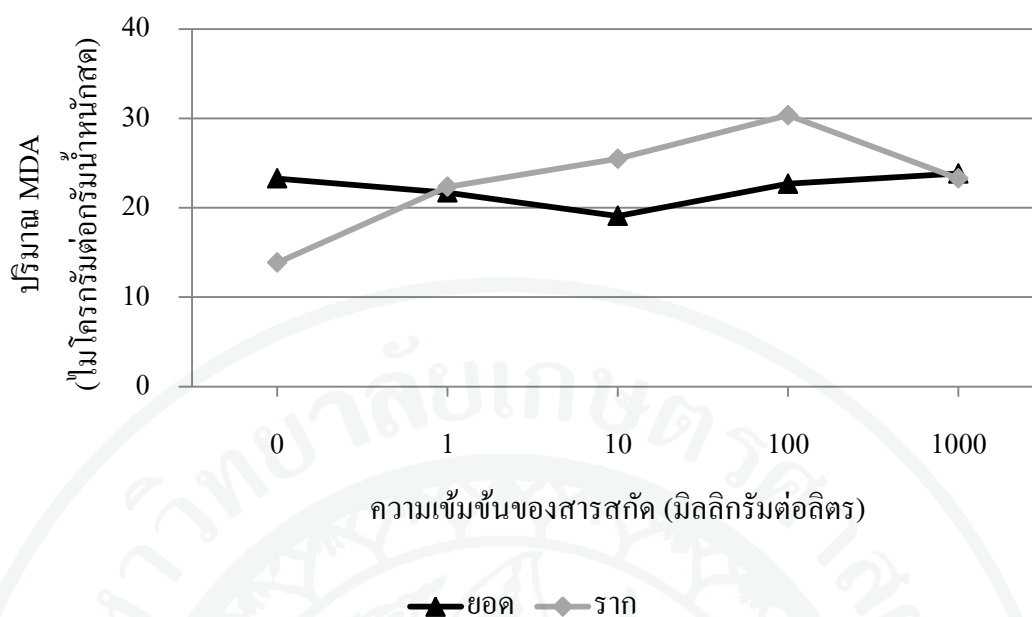
ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	100.00	100.00	6.68	4.49	23.27	13.85
1	102.90	104.23	7.00	4.62	21.69	22.34
10	104.35	102.82	5.86	4.63	19.08	25.48
100	100.0	100.00	5.99	4.68	22.69	30.34
1000	100.00	101.41	5.77	4.82	23.83	23.27
เฉลี่ย	101.45	101.69	6.26	4.65	22.11	23.06



ภาพที่ 44 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105



ภาพที่ 45 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อความยาวยอดและความยาวรวงของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (เซนติเมตร)

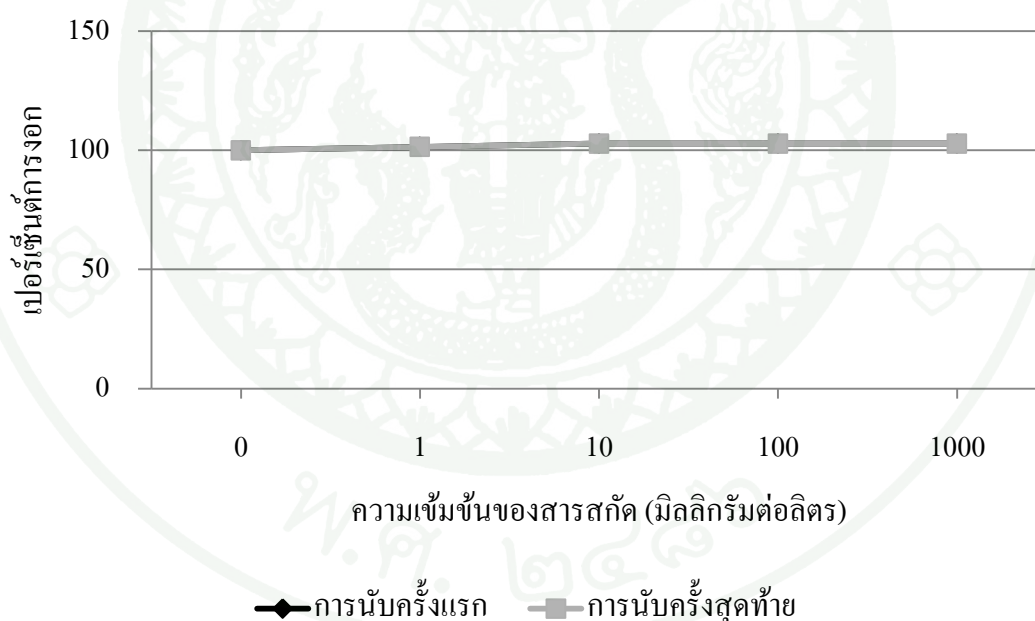


ภาพที่ 46 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ต่อปริมาณ MDA ในชอดและรากของข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

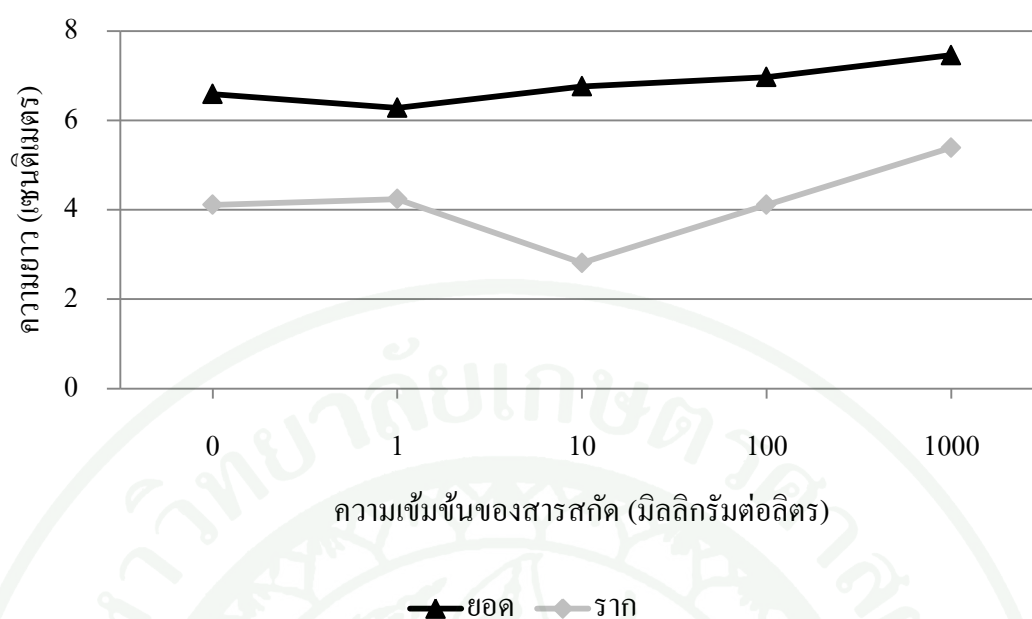
สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol มีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์การออกเพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (ตารางที่ 18 และภาพที่ 47) และสารสกัดมีแนวโน้มในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้า โดยมีแนวโน้มทำให้ความยาวชอดและความยาวรากของข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 18 และภาพที่ 48) แต่สารสกัดมีแนวโน้มทำให้เกิด lipid peroxidation โดยปริมาณ MDA จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 18 และภาพที่ 49)

ตารางที่ 18 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

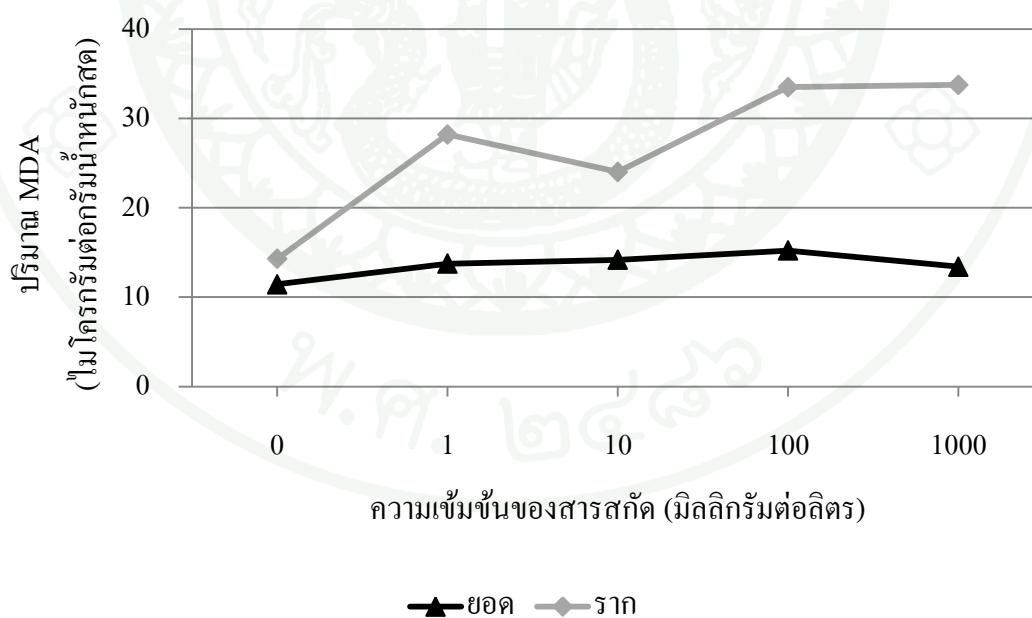
ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	100.00	100.00	6.59	4.11	11.44	14.28
1	101.41	101.39	6.28	4.24	13.74	28.20
10	102.81	102.78	6.76	2.81	14.18	24.00
100	102.81	102.78	6.97	4.11	15.21	33.50
1000	102.81	102.78	7.46	5.39	13.41	33.75
เฉลี่ย	101.97	101.94	6.81	4.13	13.59	26.75



ภาพที่ 47 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรก และครั้งสุดท้ายของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105



ภาพที่ 48 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อความยาวขอดและความยาวรากของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (เซนติเมตร)



ภาพที่ 49 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อปริมาณ MDA ในขอดและรากของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำมีแวนโนมทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ลดลงเล็กน้อย ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 19 และภาพที่ 50) แต่สารสกัดมีแวนโนมทำให้ความยาวยอดและความยาวรากเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 19 และภาพที่ 51) และมีแวนโนมในการทำให้ปริมาณ MDA ลดลง โดยสารสกัดที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1 ถึง 1000 มิลลิกรัมต่อลิตรสามารถทำให้ปริมาณ MDA ในยอดลดลง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม (ตารางที่ 19 และภาพที่ 52)

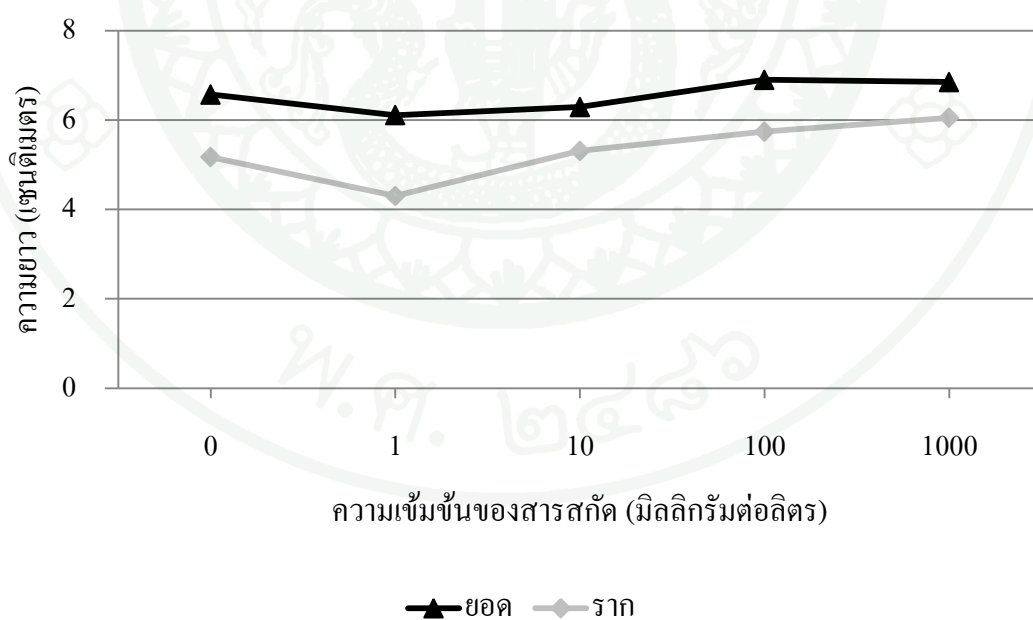
ตารางที่ 19 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก (เซนติเมตร) และปริมาณ MDA ในยอดและในราก (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก		ความยาว		ปริมาณ MDA	
	นับครั้ง	นับครั้ง	ยอด	ราก	ยอด	ราก
	แรก	สุดท้าย				
0	100.00	100.00	6.57	5.17	18.83a ¹	25.45
1	96.00	96.00	6.11	4.30	14.37b	28.53
10	98.67	98.67	6.29	5.31	13.37b	19.36
100	100.00	100.00	6.90	5.74	13.54b	25.40
1000	94.67	94.67	6.85	6.05	12.62b	19.54
เฉลี่ย	97.87	97.87	6.54	5.31	14.55	23.65

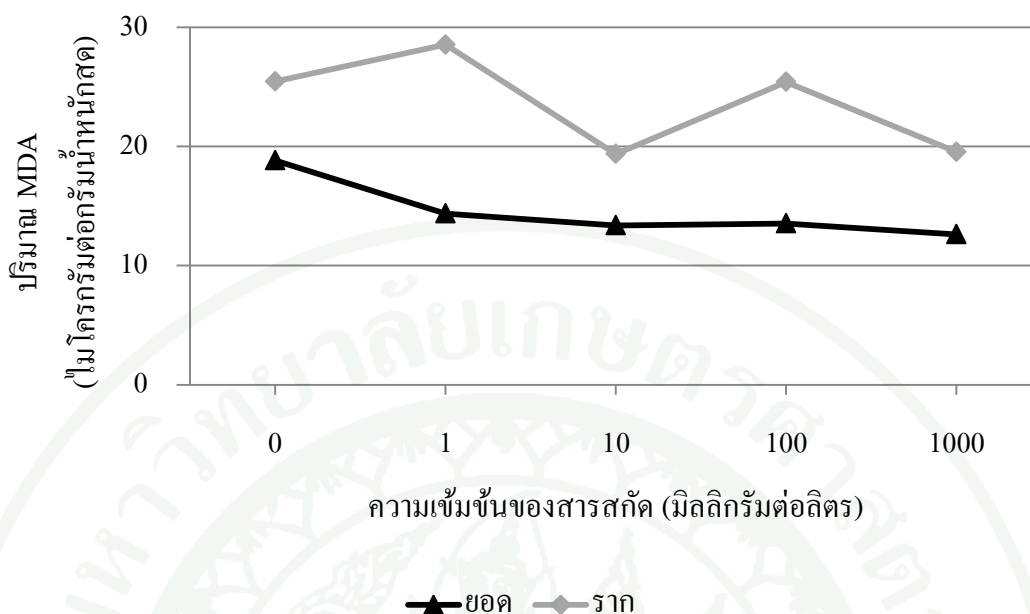
หมายเหตุ ¹ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว (a, b) แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT



ภาพที่ 50 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อเปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105



ภาพที่ 51 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อความยาวยอดและความยาวรากของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (เซนติเมตร)



ภาพที่ 52 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำ ต่อปริมาณ MDA ในยอดและรำของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)

จากผลการทดลองจะพบว่า สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ในพืชแต่ละชนิดโดยไม่ขึ้นอยู่กับว่าเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือใบเลี้ยงคู่ ซึ่งสารสกัดมีผลทั้งส่งเสริมและยับยั้ง โดยเมื่อพิจารณาสารสกัดที่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวรากลดลง และสารสกัดที่มีผลทำให้ปริมาณ MDA เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช จะพบว่า สารสกัดที่สกัดด้วย hexane ทำให้ความยาวยอดของหญ้าปล้องข้าวลดลง แม้จะแตกต่างทางสถิติ แต่เป็นการตอบสนองในการยับยั้งของสารสกัดเพียงลักษณะเดียวและในพืชเดียว สำหรับสารสกัดที่สกัดด้วย ethyl acetate มีแนวโน้มในการยับยั้งการงอกและการเจริญของไมยราบยักษ์และผักกาดขาวปลี และมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ MDA ในรากของข้าวเพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยสารสกัดมีเพียงประสิทธิภาพในการทำให้ปริมาณ MDA ในรากของไมยราบยักษ์เพิ่มขึ้นแตกต่างทางสถิติ แต่สารสกัดที่สกัดด้วย methanol มีผลทำให้ความยาวยอดและความยาวรากของไมยราบยักษ์ลดลงแตกต่างจากชุดควบคุม และสารสกัดมีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกลดลงและมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นในยอดและรากของไมยราบยักษ์ และสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำมีแนวโน้มในการยับยั้งการงอกของข้าว มีแนวโน้มทำให้ความยาวรากลดลงในผักกาดขาวปลี แต่สารสกัดทำให้ปริมาณ MDA ในรากของผักกาดขาวปลีเท่านั้นที่

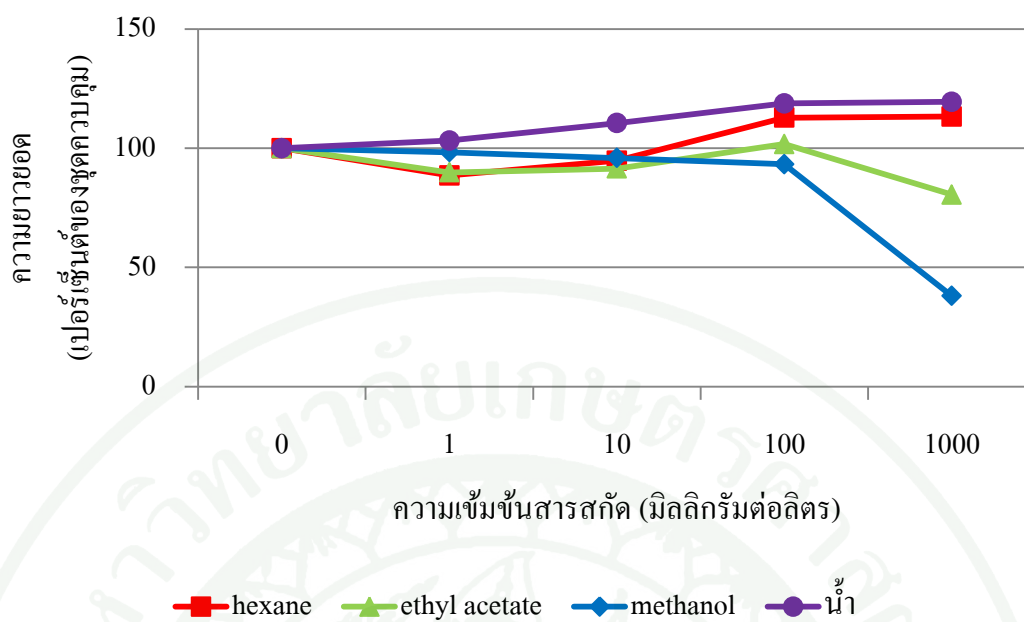
เพิ่มขึ้นแตกต่างทางสถิติ ดังนั้นสารสกัดที่มีแนวโน้มว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ สารสกัดที่สกัดด้วย ethyl acetate และ methanol และเมื่อเปรียบเทียบผลของสารสกัดทั้งสองชนิด ต่อไมยราบยักษ์ พบว่าสารสกัดที่สกัดด้วย methanol มีผลในการยับยั้งดีที่สุดที่สุดเพราะมีแนวโน้มในการยับยั้งการงอกและมีแนวโน้มในการเพิ่มปริมาณ MDA ในยอดและราก และยังสามารถทำให้ทั้ง ยอดและรากของไมยราบยักษ์มีความยาวนานน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ สารสกัดที่สกัดด้วย methanol เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดเป็น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร จะสามารถทำให้ความยาวยอดและความยาวรากลดลงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุมได้ (ภาพ ที่ 53 และ 54)

สำหรับผลในการส่งเสริมการเจริญเติบโต พบว่าสารสกัดที่สกัดด้วย hexane เป็นสารสกัดที่ส่งเสริมการงอกดีที่สุดเพราะสารสกัดสามารถทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้นได้ในพืชทดสอบสามในสี่ชนิด คือ ไมยราบยักษ์ หนุ่ยปล้องข้าวนก และข้าว ซึ่งทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้นในการนับครั้งแรก นอกจากนี้สารสกัดยังมีแนวโน้มสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชทดสอบส่วนใหญ่ มีเพียงความยาวยอดของหนุ่ยปล้องข้าวนกที่ได้รับสารสกัดที่สกัดด้วย hexane ที่ลดลงโดยแตกต่างทางสถิติ และสารสกัดที่สกัดด้วย methanol มีผลทำให้ความยาวยอดและความยาวรากน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบเช่นกันว่า สำหรับสารสกัดที่สกัดด้วย methanol มีแนวโน้มในการส่งเสริมการงอกและการเจริญเติบโตของพืชสามในสี่ชนิด คือ หนุ่ยปล้องข้าวนก ผักกาดขาวปลี และข้าว และมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ MDA ในหนุ่ยปล้องข้าวนกลดลงได้ และสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำเป็นสารสกัดที่มีแนวโน้มในการส่งเสริมการงอกและการเจริญเติบโต และมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ MDA ของไมยราบยักษ์ หนุ่ยปล้องข้าวนก และข้าว ลดลง นอกจากนี้สารสกัดยังมีแนวโน้มที่จะส่งเสริมการเจริญเติบโต และมีแนวโน้มลดปริมาณ MDA ในข้าวด้วย สารสกัดที่สกัดด้วยน้ำ เป็นสารสกัดที่มีแนวโน้มในการลดปริมาณ MDA ได้ดีที่สุด เพราะสารสกัดมีแนวโน้มลดปริมาณ MDA ในพืชสามในสี่ชนิด คือ ไมยราบยักษ์ หนุ่ยปล้องข้าวนก และข้าว (ตารางที่ 20)

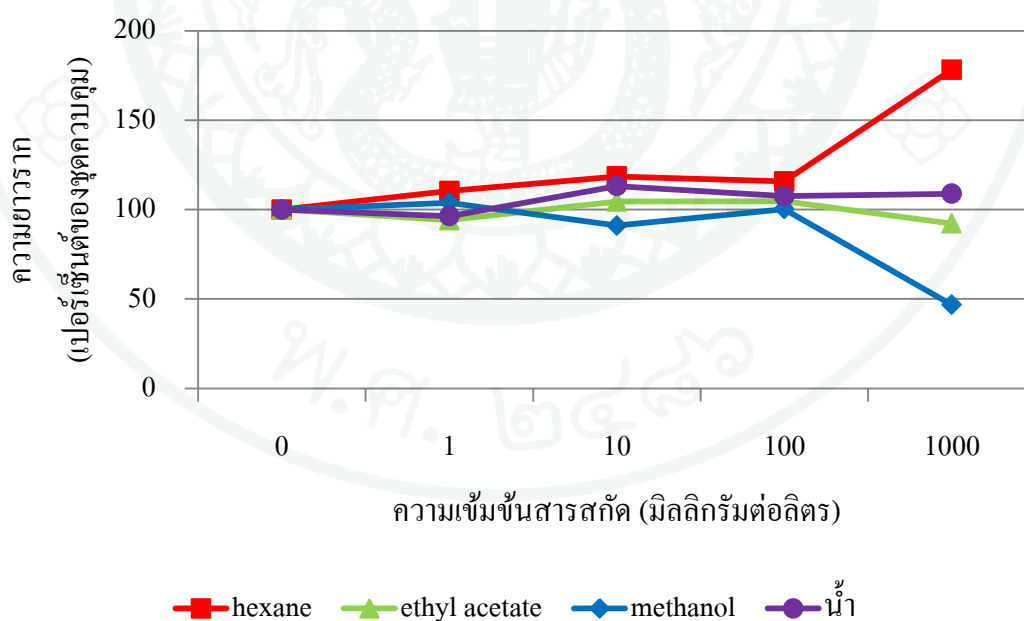
ตารางที่ 20 ผลของสารสกัดจากฟางข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวยอด และความยาวราก และปริมาณ MDA ในยอดและในราก ของวัชพืชและพืชปลูก

พืชทดสอบ	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	ตัวทำละลาย			
		hexane	ethyl acetate	methanol	น้ำ
ไมยราบยักษ์	เปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรก	เพิ่มขึ้น*	ลดลง	ลดลง	เพิ่มขึ้น
	เปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งสุดท้าย	เพิ่มขึ้น*	ลดลง	ลดลง	เพิ่มขึ้น
	ความยาวยอด	เพิ่มขึ้น	ลดลง	ลดลง*	เพิ่มขึ้น
	ความยาวราก	เพิ่มขึ้น*	ลดลง	ลดลง*	เพิ่มขึ้น
	ปริมาณ MDA ในยอด	เพิ่มขึ้น	ไม่มีผล	เพิ่มขึ้น	ลดลง
	ปริมาณ MDA ในราก	ลดลง	เพิ่มขึ้น*	เพิ่มขึ้น	ลดลง
หญ้าปล้อง ข้าว	เปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรก	เพิ่มขึ้น*	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
	เปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งสุดท้าย	เพิ่มขึ้น*	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
	ความยาวยอด	ลดลง*	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
	ความยาวราก	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น*	เพิ่มขึ้น*
	ปริมาณ MDA ในยอด	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	ลดลง	ลดลง*
	ปริมาณ MDA ในราก	เพิ่มขึ้น	ลดลง	ลดลง*	ลดลง
ผักกาดขาว ปลี	เปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรก	ไม่มีผล	ลดลง	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
	เปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งสุดท้าย	ไม่มีผล	ลดลง	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
	ความยาวยอด	เพิ่มขึ้น	ไม่มีผล	เพิ่มขึ้น*	เพิ่มขึ้น*
	ความยาวราก	เพิ่มขึ้น*	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	ลดลง
	ปริมาณ MDA ในยอด	ลดลง	ลดลง	ไม่มีผล	เพิ่มขึ้น
	ปริมาณ MDA ในราก	ลดลง	ลดลง	ไม่มีผล	เพิ่มขึ้น*
ข้าว	เปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งแรก	เพิ่มขึ้น*	ไม่มีผล	เพิ่มขึ้น	ลดลง
	เปอร์เซ็นต์การงอกในการนับครั้งสุดท้าย	เพิ่มขึ้น	ไม่มีผล	เพิ่มขึ้น	ลดลง
	ความยาวยอด	เพิ่มขึ้น	ลดลง	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
	ความยาวราก	เพิ่มขึ้น*	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
	ปริมาณ MDA ในยอด	ลดลง	ไม่มีผล	เพิ่มขึ้น	ลดลง*
	ปริมาณ MDA ในราก	ลดลง	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	ลดลง

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 53 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อความยาวยอดของไมยราบยักษ์ (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)



ภาพที่ 54 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อความยาวรากของไมยราบยักษ์ (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)

2. ศึกษาผลของสารสกัดและผลึกที่ได้จากการแยกสารสกัดฟางข้าวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชทดสอบที่ตอบสนองต่อสารสกัด

2.1 การศึกษาผลของสารสกัดที่ได้จากการแยกสารสกัดฟางข้าวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพด้วยเทคนิค Vacuum Liquid Chromatography ในพืชทดสอบที่ตอบสนองต่อสารสกัด

จากการทดลองที่ 1 พบว่าสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol เป็นสารสกัดที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพในการยับยั้งดีที่สุดและพืชทดสอบที่ตอบสนองในการทดลองที่ 1 คือไมยราบยักษ์ โดยหลังจากแยกสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ด้วยเทคนิค Vacuum Liquid Chromatography (VLC) แล้วรวมเป็น fraction ได้ 6 fraction คือ fraction 1 เกิดจาก fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 95 : 5 : 0 ถึง fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 100 : 0 fraction 2 เกิดจาก fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 95 : 5 fraction 3 เกิดจากการรวม fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 90 : 10 กับ fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 85 : 15 fraction 4 เกิดจากการรวม fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 80 : 20 กับ fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 75 : 25 fraction 5 เกิดจาก fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 70 : 30 fraction 6 เกิดจากการรวม fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 65 : 35 ถึง fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 0 : 100

เมื่อนำ fraction ทั้ง 6 มาทดสอบการเจริญเติบโต พบว่าสารสกัดจาก fraction 1 และ fraction 4 ทำให้ความยาวยอดเพิ่มสูงขึ้นเป็น 121.34 และ 122.99 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุมตามลำดับ ขณะที่สารสกัดจาก fraction 6 ทำให้ความยาวยอดลดลงมากที่สุดเป็น 81.27 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม โดยสารสกัดจาก fraction 1 ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารสกัดจาก fraction 4 ที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความยาวยอดของไมยราบยักษ์เพิ่มสูงขึ้นเป็น 151.86 และ 150.75 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุมซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม แต่สารสกัดจาก fraction 3 ที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารสกัดจาก fraction 6 ที่ความเข้มข้น 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความยาวยอดลดลงอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม โดยมีความยาวเป็น 89.71, 69.01 และ 74.80 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม ตามลำดับ (ตารางที่ 21) สำหรับผลของสารสกัดที่แยกได้จากสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ต่อความยาวราก พบว่า สารสกัดจาก fraction 2 ทำให้ความยาวรากเพิ่มสูงขึ้นเป็น 131.66 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม

ซึ่งแตกต่างจากสารสกัดจาก fraction 6 ที่ทำให้ความยาวรากลดลงเป็น 80.57 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม นอกจากนี้สารสกัดจาก fraction 1, fraction 3 และ fraction 5 ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร fraction 2 ที่ความเข้มข้น 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตรและ fraction 4 ที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความยาวรากเพิ่มสูงขึ้นแตกต่างจากชุดควบคุม โดยสารสกัดจาก fraction 1 ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารสกัดจาก fraction 4 ที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้นสูงขึ้นเป็น 151.85 และ 150.79 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุมตามลำดับ ขณะที่สารสกัดจาก fraction 6 ที่ความเข้มข้น 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตรทำให้ความยาวรากลดลงเป็น 76.38 และ 65.33 เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 21 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่แยกจากสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ที่มีสารประกอบ และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอด (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม) ของไมยราบยักษ์

ความเข้มข้น ของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	ความยาวยอด (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม) ¹						เฉลี่ย
	Fraction 1	Fraction 2	Fraction 3	Fraction 4	Fraction 5	Fraction 6	
0	100.00bc	100.00bc	100.00bc	100.00bc	100.00bc	100.00bc	100.00
500	151.86a	98.64bcd	115.76bc	118.22b	96.93cd	69.01f	108.40
1000	112.17bc	95.50cd	89.71de	150.75a	110.04bcd	74.80ef	105.49
เฉลี่ย	121.34A	98.05B	101.82B	122.99A	102.32B	81.27C	

หมายเหตุ ¹ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในระดับเดียวกัน (a, b, c,...; A, B) แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT

ตารางที่ 22 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่แยกจากสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ที่มีสารประกอบ และความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวราก (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม) ของไมยราบยักษ์

ความเข้มข้น ของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	ความยาวราก (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม) ¹						เฉลี่ย
	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	
	1	2	3	4	5	6	
0	100.00c	100.00c	100.00c	100.00c	100.00c	100.00c	100.00z
500	151.85a	164.66a	129.76b	118.22bc	127.74b	76.38d	128.11x
1000	112.17bc	130.34b	106.55c	150.79a	109.54c	65.33d	112.46y
เฉลี่ย	121.35AB	131.66A	112.10B	123.00AB	112.43B	80.57C	

หมายเหตุ ¹ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในระดับเดียวกัน (a, b, c,...;x, y; A, B) แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT

2.2 การศึกษาผลของผลึกที่แยกได้จากสารสกัดฟางข้าวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชทดสอบที่ตอบสนองต่อสารสกัด

จากการทดลองที่ 2.1 พบว่าสารสกัดจาก fraction 6 ทำให้ความยาวยอดและความยาวรากของไมยราบยักษ์ ซึ่งเป็นพืชทดสอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 21 และตารางที่ 22) ดังนั้นจึงทำการศึกษาสารสกัดจาก fraction 6 โดยนำสารสกัดที่ได้มาตกผลึก แล้วนำมาศึกษาผลของผลึกต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ พบว่าผลึกที่ได้ไม่มีผลต่อความยาวยอดและความยาวรากของไมยราบยักษ์ ในทุกความเข้มข้น (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 ผลของผลึกที่แยกจาก fraction 6 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อความยาวยอด และราก (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม) ของไมยราบยักษ์

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความยาว (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)	
	ยอด	ราก
0	100.00	100.00
500	69.01	110.06
1000	74.80	94.13
เฉลี่ย	81.27	101.40

3. การหากลุ่มของสารประกอบในสารสกัดฟางข้าวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ

เมื่อนำสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ จากการทดลองที่ 1 มาตรวจสอบกลุ่มของสารประกอบโดยใช้เทคนิค Thin Layer Chromatography (TLC) แล้วเปรียบเทียบกลุ่มสารประกอบในสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด พบว่าลักษณะจุดสารประกอบที่แยกได้จาก TLC ส่วนใหญ่มีตำแหน่งเดียวกัน แสดงว่าสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิดประกอบด้วยสารประกอบส่วนใหญ่เป็นชนิดเดียวกัน แต่การที่มีจุดสารประกอบบางส่วนที่แตกต่างกันระหว่างสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด เพราะสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายบางชนิดจะมีสารประกอบบางชนิดที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากตัวทำละลายแต่ละชนิดจะสามารถสกัดสารประกอบในฟางข้าวได้มากน้อยแตกต่างกัน ทำให้รูปแบบทางเคมีของสารสกัดแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เมื่อตรวจสอบภายใต้ UV, day light และการตรวจสอบสารอินทรีย์ทั้งหมด โดยจากการทดลองพบว่าสารสกัดที่สกัดด้วย hexane และ ethyl acetate จะมีรูปแบบทางเคมีคล้ายกัน

จากการตรวจสอบการเรืองแสงภายใต้ UV ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร จุดสารประกอบที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.311 ถึง 0.909 จะเหมือนกันในสารสกัดที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate และ methanol แต่จุดสารประกอบที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.222 พบในเฉพาะสารสกัดที่สกัดด้วย hexane และ ethyl acetate และจุดสารประกอบที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.044 ถึง 0.148 ที่พบในเฉพาะสารสกัดที่สกัดด้วย ethyl acetate และ methanol (ตารางที่ 24 และภาพที่ 55)

การตรวจสอบภายใต้ UV ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร พบจุดสารประกอบที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.306 และ 0.777 ถึง 0.990 ในสารสกัดที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate และ methanol แต่จะเห็นว่าจุดสารประกอบที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.338, 0.563, 0.950 และ 0.990 พบเหมือนกันเฉพาะในสารสกัดที่สกัดด้วย hexane และ ethyl acetate ส่วนจุดสารประกอบที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.133 และ 0.190 พบเฉพาะในสารสกัดที่สกัดด้วย ethyl acetate และ methanol (ตารางที่ 25 และภาพที่ 56)

การตรวจสอบภายใต้ daylight จุดสารประกอบที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.754 ถึง 0.897 พบในเฉพาะสารสกัดที่สกัดด้วย hexane และ ethyl acetate แต่จุดสารประกอบที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.040 และ 0.100 พบในเฉพาะสารสกัดที่สกัดด้วย hexane และ ethyl acetate (ตารางที่ 26 และภาพที่ 57)

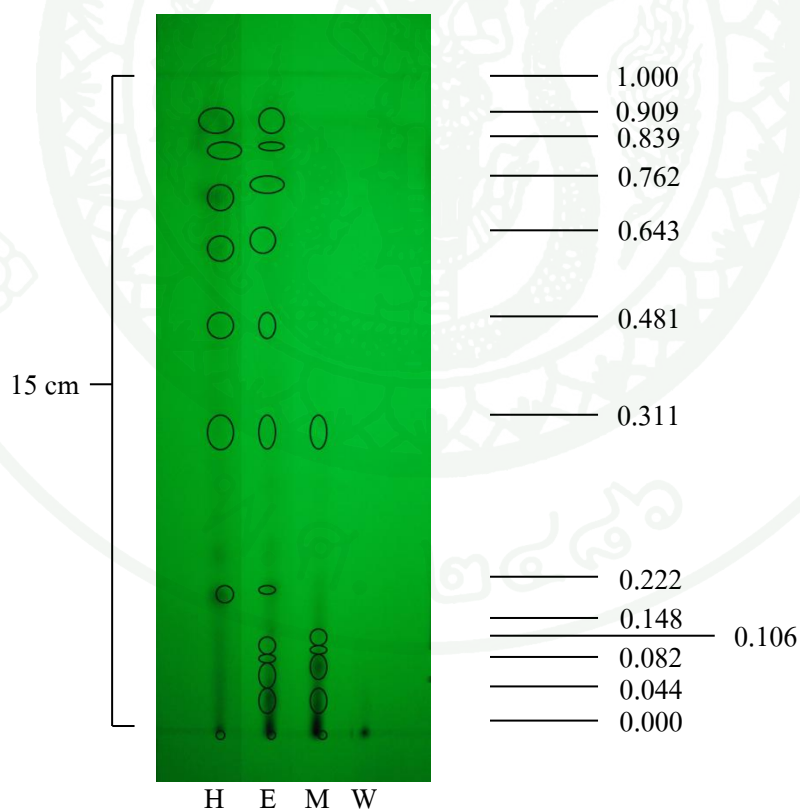
การตรวจสอบโดยการสเปรย์ sulfuric acid พบว่าจุดสารประกอบที่มีค่า R_f ตั้งแต่ 0.112 ถึง 0.315 และจุดสารประกอบที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.592 และ 0.953 พบร่วมกันในสารสกัดที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate และ methanol แต่จุดสารประกอบที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.429, 0.733 และ 0.890 พบร่วมกันเฉพาะในสารสกัดที่สกัดด้วย hexane และ ethyl acetate และ จุดสารประกอบที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.006 และ 0.027 พบร่วมกันเฉพาะในสารสกัดที่สกัดด้วย ethyl acetate และ methanol (ตารางที่ 27 และภาพที่ 58)

การตรวจสอบโดยการรม iodine พบจุดสารประกอบที่มีค่า R_f เท่ากับ 0.050 และ 0.383 ในสารสกัดที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate และ methanol แต่จุดสารประกอบที่มีค่า R_f ตั้งแต่ 0.417 ถึง 0.971 พบเฉพาะในสารสกัดที่สกัดด้วย hexane และ ethyl acetate (ตารางที่ 28 และภาพที่ 59)

ตารางที่ 24 แสดงค่า R_f ของสารสกัดฟางข้าวด้วยการตรวจสอบการเรืองแสงโดย UV ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร

สารสกัดที่สกัดด้วย	R _f											
	0.000	0.044	0.082	0.106	0.148	0.222	0.311	0.481	0.643	0.762	0.839	0.909
Hexane	✓	—	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ethyl acetate	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Methanol	✓	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓
น้ำ	✓	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

หมายเหตุ ✓ หมายถึงพบจุดที่บ่งแสง
— หมายถึงไม่พบการเปลี่ยนแปลง

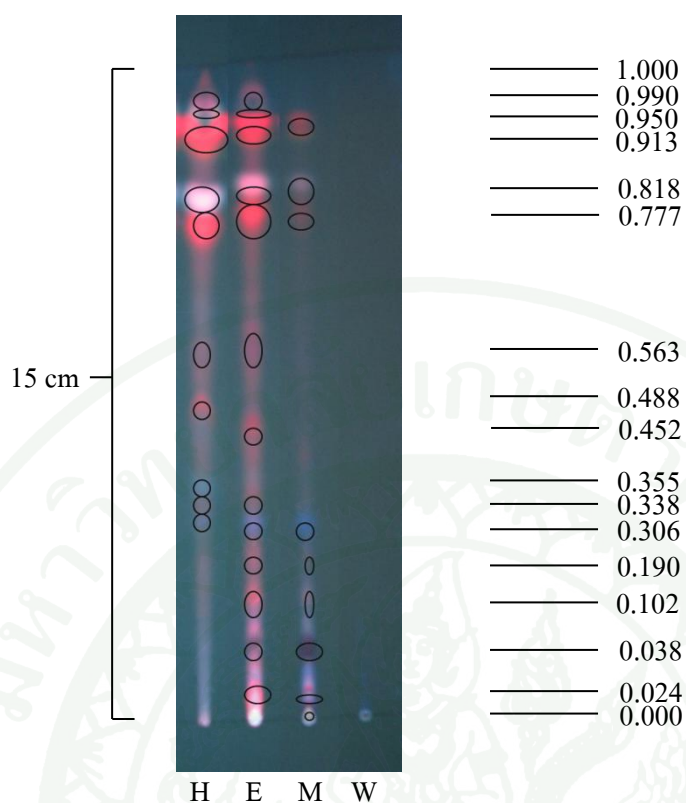


ภาพที่ 55 ภาพแสดงการตรวจสอบสารภายใต้แสง UV ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)

ตารางที่ 25 แสดงค่า R_f ของสารสกัดฟางข้าวด้วยการตรวจสอบการเรืองแสงโดย UV ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร

สารสกัดที่สกัดด้วย	R_f															
	0.000	0.024	0.038	0.133	0.190	0.306	0.338	0.355	0.452	0.488	0.563	0.777	0.818	0.913	0.950	0.990
Hexane	แดง	—	—	—	—	ฟ้า	แดง	ฟ้า	—	แดง	แดง	แดง	ชมพู	แดง	เขียว	แดง
Ethyl acetate	แดง	—	แดง	แดง	แดง	ฟ้า	แดง	—	แดง	—	แดง	แดง	ชมพู	แดง	เขียว	แดง
Methanol	ฟ้า	ทึบแสง	ทึบแสง	แดง	แดง	ฟ้า	—	—	—	—	—	แดง	ชมพู	แดง	—	—
น้ำ	ฟ้า	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

หมายเหตุ — หมายถึงไม่พบการเปลี่ยนแปลง

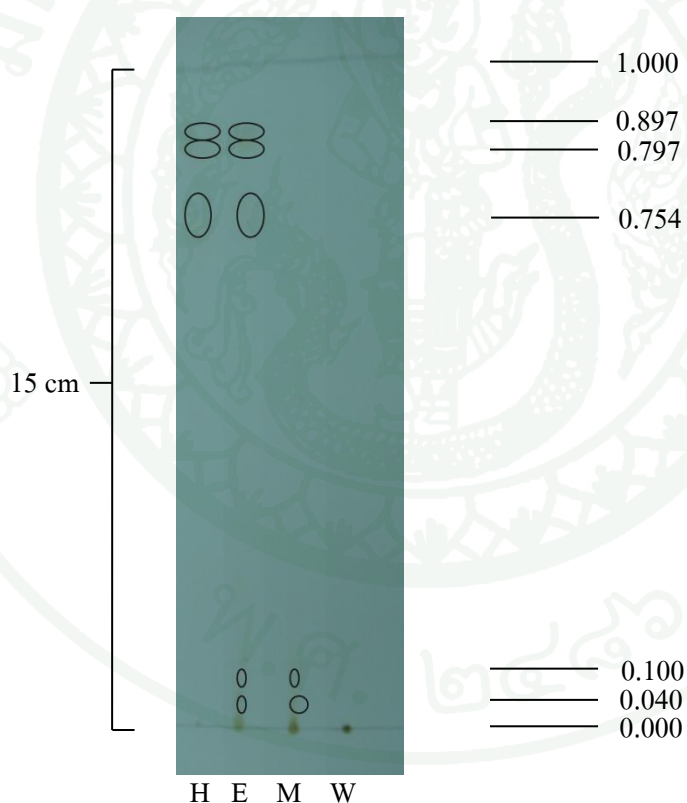


ภาพที่ 56 ภาพแสดงการตรวจสอบสารภายใต้แสง UV ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร ของสารสกัด
ฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)

ตารางที่ 26 แสดงค่า R_f ของสารสกัดฟางข้าวด้วยการตรวจสอบโดย day light

สารสกัดที่สกัดด้วย	R_f					
	0.000	0.040	0.100	0.754	0.797	0.897
Hexane	—	—	—	เหลือง	เขียว	เทา
Ethyl acetate	เหลือง	เทา	เทา	เหลือง	เขียว	เทา
Methanol	เหลือง	เทา	เทา	—	—	—
น้ำ	เหลือง	—	—	—	—	—

หมายเหตุ — หมายถึงไม่พบการเปลี่ยนแปลง



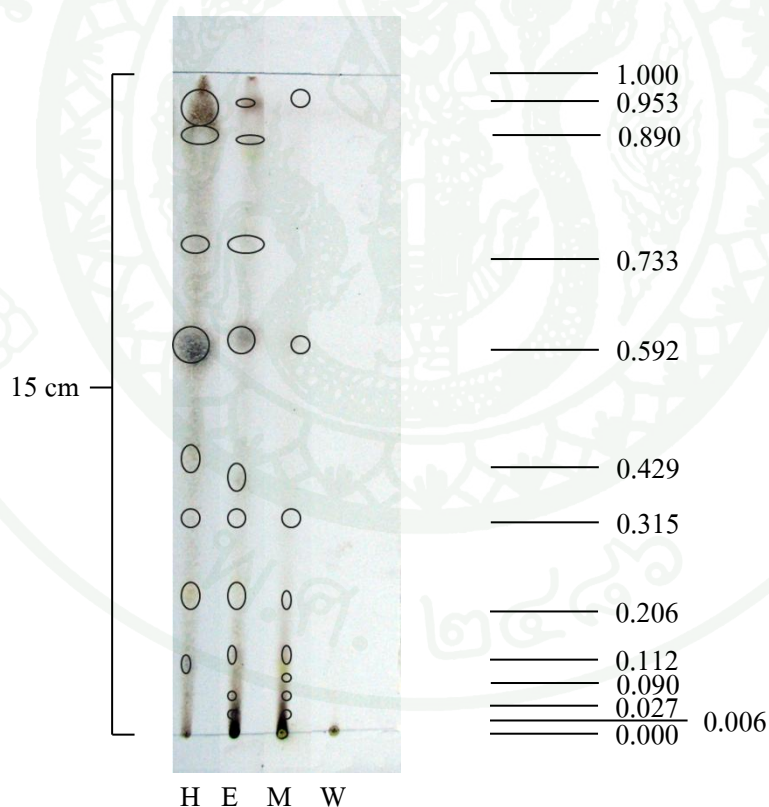
ภาพที่ 57 ภาพแสดงการตรวจสอบสารภายใต้แสง day light ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)

ตารางที่ 27 แสดงค่า R_f ของสารสกัดฟางข้าวด้วยการตรวจสอบโดยการสเปรย์ sulfuric acid

สารสกัดที่ สกัดด้วย	R_f											
	0.000	0.006	0.027	0.090	0.112	0.206	0.315	0.429	0.592	0.733	0.890	0.953
Hexane	✓	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ethyl acetate	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Methanol	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	✓	—	—	✓
น้ำ	✓	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

หมายเหตุ ✓ หมายถึงพบจุดสาร

— หมายถึงไม่พบการเปลี่ยนแปลง



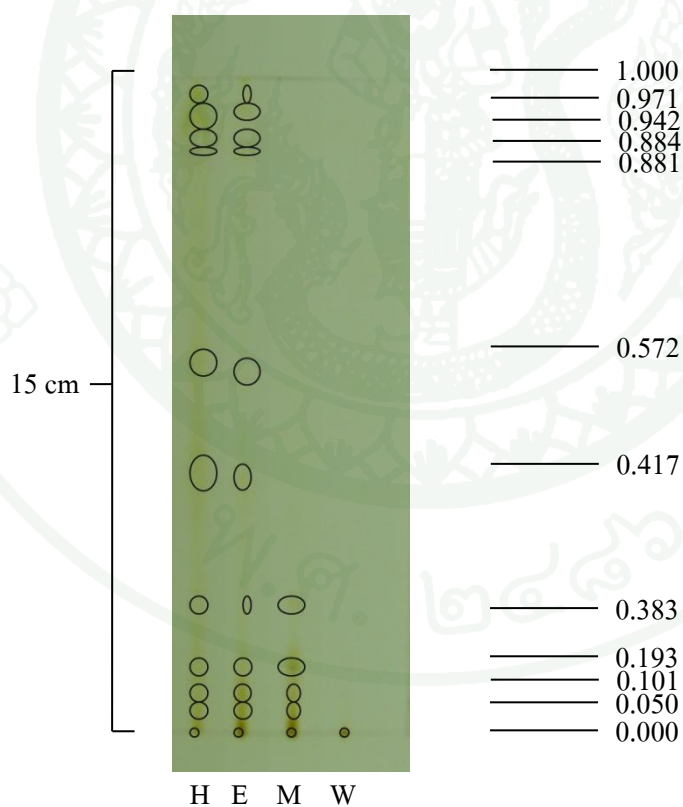
ภาพที่ 58 ภาพแสดงการตรวจสอบสารโดยการสเปรย์ sulfuric acid ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)

ตารางที่ 28 แสดงค่า R_f ของสารสกัดฟางข้าวด้วยการตรวจสอบโดยการรม iodine

สารสกัดที่สกัดด้วย	R_f										
	0.000	0.050	0.101	0.193	0.383	0.417	0.572	0.881	0.884	0.942	0.971
Hexane	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ethyl acetate	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Methanol	✓	✓	✓	✓	✓	—	—	—	—	—	—
น้ำ	✓	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

หมายเหตุ ✓ หมายถึงพบจุดสีเหลืองหรือน้ำตาล

— หมายถึงไม่พบการเปลี่ยนแปลง

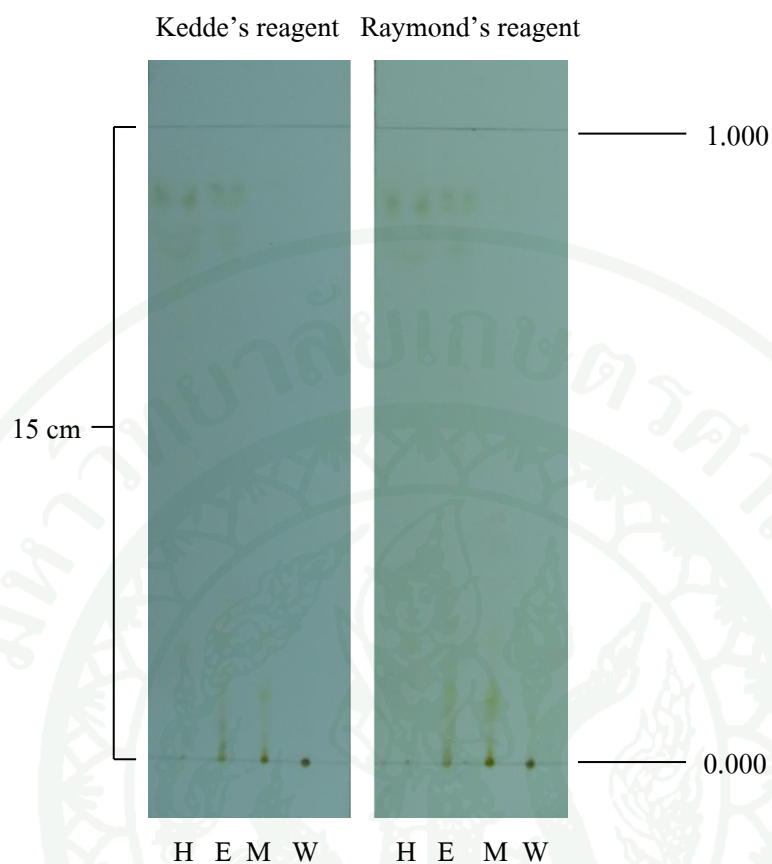


ภาพที่ 59 ภาพแสดงการตรวจสอบสารโดยการรม iodine ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)

การตรวจสอบ ด้วยวิธี TLC โดยการสเปรย์ด้วย Kedde's reagent แม้ว่าจะพบจุดสารที่มีสีเหลือง แต่ไม่พบจุดสารซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นชมพูอมม่วง เช่นเดียวกับ Raymond's reagent ที่ไม่พบจุดสารที่เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำเงินอมม่วงในสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายทุกชนิด เช่นกัน แสดงว่าสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายทุกชนิด ไม่พบสารที่มีโครงสร้าง unsaturated lactone ring เป็นองค์ประกอบ (ภาพที่ 60)

การตรวจสอบสารกลุ่ม steroid และ terpenoid ด้วยวิธี TLC โดยการสเปรย์ด้วย anisaldehyde sulfuric acid แล้วนำไปอบที่ 110 องศาเซลเซียส โดยถ้ามีสารกลุ่ม steroid และ terpenoid จะปรากฏสีม่วง น้ำเงิน แดง เทา หรือเขียว จากการทดสอบพบว่า เมื่อสเปรย์ด้วย anisaldehyde sulfuric acid แล้วนำไปอบที่ 110 องศาเซลเซียส พบจุดสารประกอบที่เปลี่ยนเป็นสีม่วง น้ำเงิน และเทา ในสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายทุกชนิด แสดงว่าสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายทุกชนิด มีสารกลุ่ม steroid และ terpenoid เป็นองค์ประกอบ โดยพบจุดสารในสารสกัดที่สกัดด้วย hexane และ ethyl acetate มากกว่าสารสกัดที่สกัดด้วย methanol และน้ำ (ตารางที่ 29 และ ภาพที่ 61)

การตรวจสอบสารกลุ่ม phenolic compound โดยการสเปรย์ด้วย Folin-Ciocalteu's reagent แล้วอบที่ 110 องศาเซลเซียส ถ้าเกิดสีม่วงหรือน้ำเงินแสดงว่าพบสารกลุ่ม phenolic compound ซึ่งจากการทดลองพบจุดสารประกอบที่เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ในสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายทุกชนิด แสดงว่าสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายทุกชนิดมีสารกลุ่ม phenolic compound เป็นองค์ประกอบ โดยพบจุดสารในสารสกัดที่สกัดด้วย ethyl acetate และ methanol มากกว่าสารสกัดที่สกัดด้วย hexane และน้ำ (ตารางที่ 30 และภาพที่ 62) และจากการตรวจสอบสารกลุ่ม phenolic compound โดยเฉพาะสารกลุ่ม anthraquinone และ coumarin โดยสเปรย์ด้วย 5% ethanolic potassium hydroxide แล้วส่องภายใต้ UV ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร ถ้าเกิดการเรืองแสงภายใต้ UV ที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร แล้วมีการเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีเขียวหรือเหลืองแสดงว่าพบสารกลุ่ม coumarin ซึ่งจากการทดลองพบจุดสารที่เรืองแสงที่เปลี่ยนสีจากสีฟ้าเป็นสีเหลืองที่ค่า R_f เท่ากับศูนย์ ในสารสกัดที่สกัดด้วย methanol และน้ำ แสดงว่ามีสารกลุ่ม coumarin ในสารสกัดที่สกัดด้วย methanol และน้ำ (ภาพที่ 63) และเมื่อส่องภายใต้ day light ถ้าพบจุดสารประกอบเป็นสีแดง แสดงว่าพบสารกลุ่ม anthraquinone แต่จากการทดลองไม่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีแดงหรือสีชมพู แสดงว่าไม่พบสารในกลุ่ม anthraquinone (ภาพที่ 64)

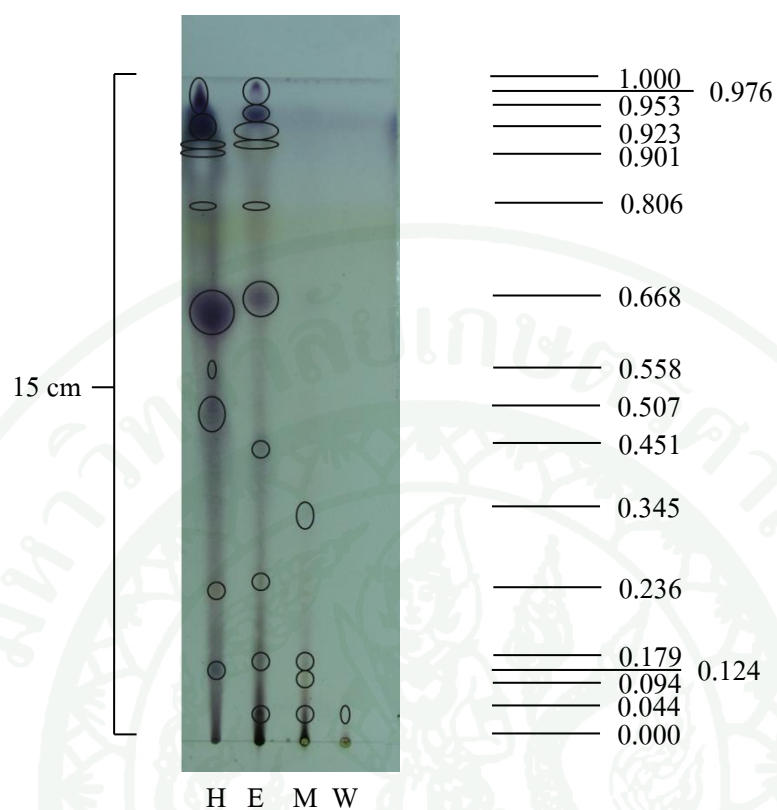


ภาพที่ 60 ภาพแสดงการตรวจสอบสารที่มี unsaturated lactone ring โดยการสเปรย์ Kedde's reagent และ Raymond's reagent ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)

ตารางที่ 29 แสดงค่า R_f ของสารสกัดฟางข้าวในการตรวจสอบสารกลุ่ม steroid และ terpenoid โดยการสเปรย์ anisaldehyde sulfuric acid

สารสกัดที่สกัดด้วย	R_f														
	0.044	0.097	0.124	0.179	0.236	0.345	0.451	0.507	0.558	0.668	0.806	0.901	0.923	0.953	0.976
Hexane	—	—	น้ำเงิน	เทา	เหลือง	—	—	ม่วง	ม่วง	ม่วง	ม่วง	เทา	เทา	น้ำเงิน	ม่วง
Ethyl acetate	เทา	—	—	เทา	เหลือง	—	ม่วง	—	—	ม่วง	ม่วง	เทา	เทา	น้ำเงิน	ม่วง
Methanol	เทา	เหลือง	—	—	—	ม่วง	—	—	—	—	—	—	—	—	—
น้ำ	เทา	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

หมายเหตุ — หมายถึงไม่พบการเปลี่ยนแปลง



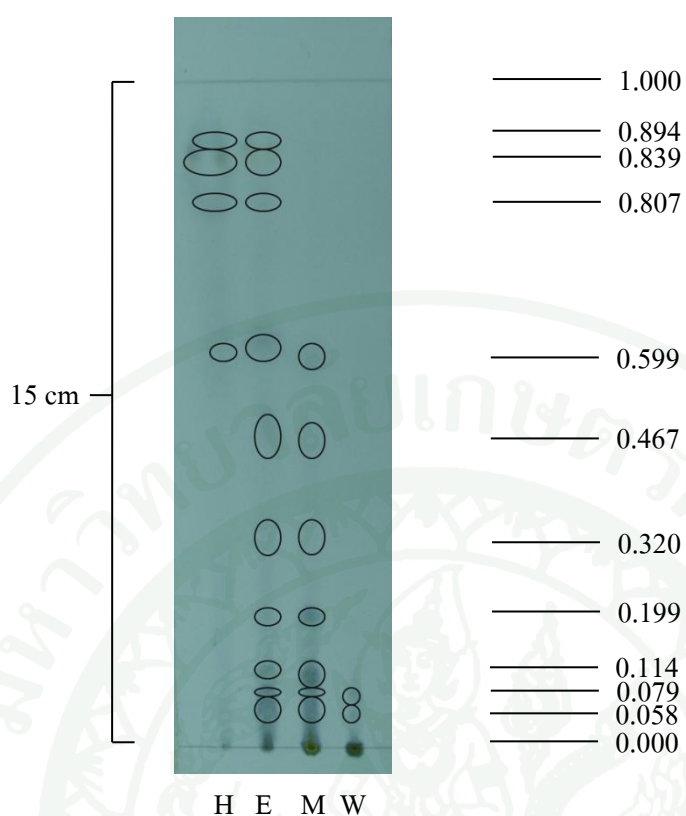
ภาพที่ 61 ภาพแสดงการตรวจสอบสารกลุ่ม steroid และ terpenoid โดยการสเปรย์ anisaldehyde sulfuric acid ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)

ตารางที่ 30 แสดงค่า R_f ของสารสกัดฟางข้าวในการตรวจสอบสารกลุ่ม phenolic compound โดยการสเปรย์ Folin-Ciocalteu's reagent

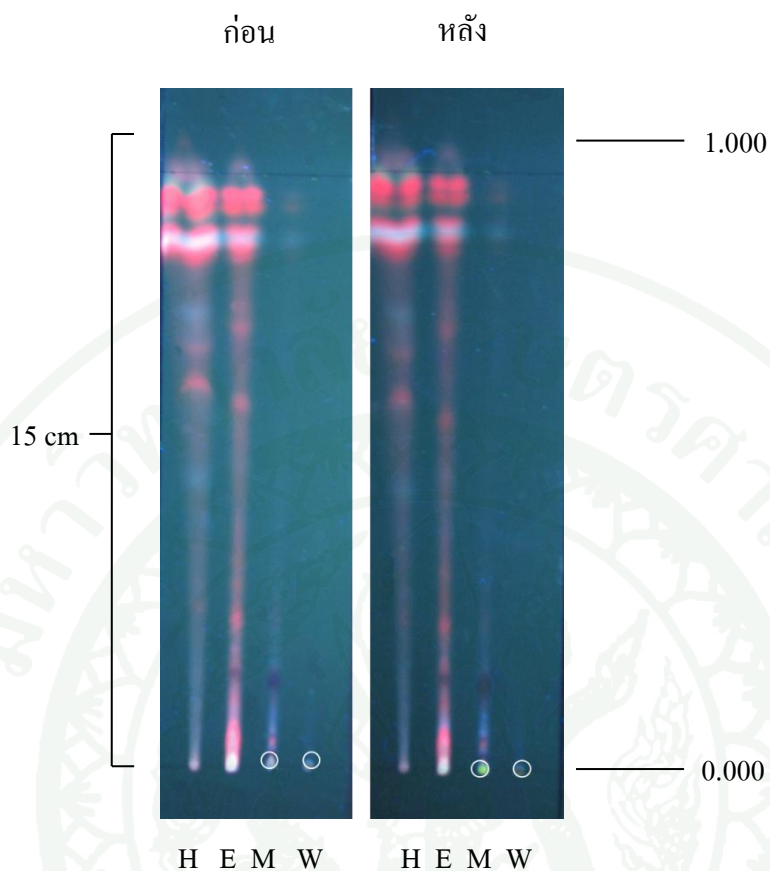
สารสกัดที่สกัดด้วย	R_f										
	0.000	0.058	0.079	0.114	0.199	0.320	0.467	0.599	0.807	0.839	0.894
Hexane	✓	—	—	—	—	—	—	✓	✓	✓	✓
Ethyl acetate	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Methanol	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	—	—
น้ำ	✓	✓	✓	—	—	—	—	—	—	—	—

หมายเหตุ ✓ หมายถึงพบจุดสีม่วงหรือน้ำเงิน

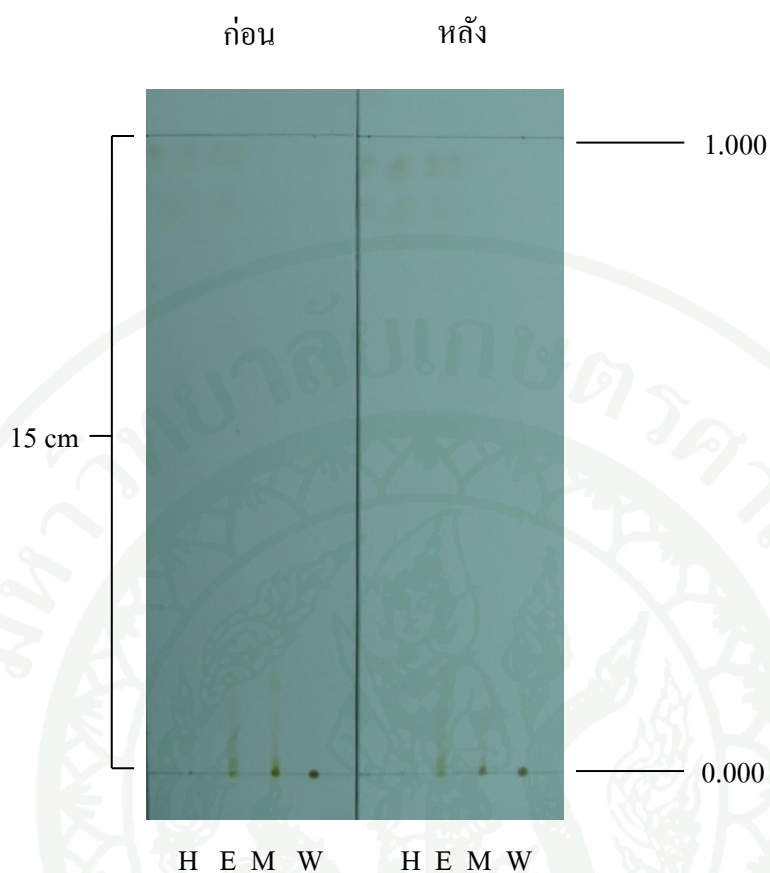
— หมายถึงไม่พบการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 62 ภาพแสดงการตรวจสอบสารกลุ่ม phenolic compound โดยการสเปรย์ Folin-Ciocalteu's reagent ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)



ภาพที่ 63 ภาพแสดงการตรวจสอบสารกลุ่ม coumarin โดยการสเปรย์ 5% ethanolic potassium hydroxide แล้วส่องภายใต้ UV ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)



ภาพที่ 64 ภาพแสดงการตรวจสอบสารกลุ่ม anthraquinone โดยการสเปรย์ 5% ethanolic potassium hydroxide แล้วส่องภายใต้ daylight ของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane (H), ethyl acetate (E), methanol (M) และน้ำ (W)

วิจารณ์ผลการทดลอง

เนื่องจากข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย และมีการปลูกในหลายพื้นที่ทั่วประเทศ ดังนั้นฟางข้าวจึงสามารถหาได้ง่ายในช่วงหลังการเก็บเกี่ยว ด้วยเหตุนี้ทำให้การใช้ประโยชน์จากฟางข้าวเพื่อเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพทางการเกษตรได้รับความสนใจมากขึ้นโดยได้มีการทดลองในข้าวสายพันธุ์ต่างประเทศ (Chung *et. al.*, 2003; Jung *et. al.*, 2004; Olofsdotter, 2001) พบว่าสารสกัดจากฟางข้าวมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด ทั้งเชื้อรา สาหร่ายสีเขียว cyanobacteria, zooplankton (Koga *et al.*, 1995; Park *et. al.*, 2006, 2009a, 2009b) และพืชหลายชนิด ทั้งพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ (Khanh *et. al.*, 2007) รวมทั้งข้าวยังมีผลทาง allelopathy ต่อพืชอื่นหลายชนิดด้วย (Chou *et. al.*, 1991; Kato-Noguchi, 2004) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้ทำการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดฟางข้าวในประเทศไทย เพราะจากการศึกษาพบว่าความแตกต่างของพื้นที่ในการปลูกข้าวไม่มีผลต่อการยับยั้งวัชพืช แต่ผลจากลักษณะทางพันธุกรรมของข้าวมีผลต่อการยับยั้งวัชพืช ดังนั้นฟางข้าวในประเทศไทยจึงน่าจะมีศักยภาพในการยับยั้งวัชพืชได้เช่นเดียวกับฟางข้าวสายพันธุ์ต่างประเทศ (Olofsdotter, 2001) และเป็นการใช้ประโยชน์ฟางข้าวสายพันธุ์ของประเทศไทย โดยการศึกษาผลต่อการยับยั้งวัชพืชโดยใช้ชีววิธี (bioassay) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในการศึกษาผลของสารสกัดจากสิ่งมีชีวิตต่างๆ ต่อสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น การทดสอบการงอกของเมล็ด และทดสอบความยาวยอดและความยาวรากของต้นกล้า (Chiapusio *et al.*, 1997; Leather and Einhellig, 1988) เนื่องจากสารบางชนิดอาจไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ด แต่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทดสอบจนทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้

การศึกษาผลของสารสกัดต่อการเกิด lipid peroxidation ซึ่งเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของ reactive oxygen species (ROS) ในสภาวะเครียดแล้วเข้าทำลายไขมันซึ่งเป็นองค์ประกอบของเซลล์ เช่นเดียวกับสารกำจัดวัชพืชบางชนิดที่ ROS สามารถทำให้เกิดความเป็นพิษจนทำให้พืชตายได้ (Reigosa *et al.*, 2006) ดังนั้นผลที่ได้จากการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าวจะนำไปใช้ประเมินศักยภาพของสารสกัดว่าสามารถควบคุมวัชพืชระยะก่อนงอก และหลังงอกได้ และเป็นความรู้พื้นฐานในการศึกษาต่อไป เพื่ออธิบายกลไกการทำงานของสารสกัดต่อพืชทดสอบ นอกจากนั้นในสารสกัดจากข้าวได้มีการศึกษาพบว่าประกอบด้วยสารประกอบหลายชนิดซึ่งมีฤทธิ์ทางชีวภาพ (Khanh *et. al.*, 2007) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้ศึกษากลุ่มของสารประกอบที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพด้วยเทคนิค Thin Layer Chromatography ร่วมด้วย

ในการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าวในครั้งนี้ เลือกศึกษาผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด เพราะตัวทำละลายเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการสกัดสารประกอบที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยตัวทำละลายที่แตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณสารและชนิดของสารสกัดที่ได้แตกต่างกัน (Sarker *et al.*, 2005) โดยในการทดลองครั้งนี้ใช้ตัวทำละลาย 4 ชนิดที่มีค่า polarity ที่แตกต่างกัน คือ hexane, ethyl acetate, methanol และน้ำ ซึ่งจะสามารถสกัดได้สารที่มีสภาพขั้วที่แตกต่างกัน โดยจาก hexane ที่จะสกัดสารที่มีสภาพขั้วต่ำที่สุด จนถึง น้ำที่จะสกัดสารที่มีสภาพขั้วสูง (Reichardt, 2003) จากสารสกัดนี้ นำมาศึกษาผลต่อการงอก การเจริญเติบโตของต้นกล้า และการเกิด lipid oxidation ในวัชพืชและพืชปลูก เพื่อดูการตอบสนองของพืชต่อสารสกัดฟางข้าว นอกจากนี้ สารสกัดฟางข้าวที่ได้จะนำไปศึกษาทางพิษวิทยาเพื่อทดสอบว่าสารสกัดนี้ประกอบด้วยสารประกอบกลุ่มใดบ้าง

1. การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดฟางข้าว

ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol ต่อการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าวัชพืชและพืชปลูก

จากการศึกษาผลของสารสกัดฟางข้าวที่มีต่อการงอกของพืชทดสอบ โดยทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่า สารสกัดฟางข้าวมีผลในการยับยั้งและส่งเสริมการงอกแตกต่างกันในสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด โดยสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane มีแนวโน้มในการส่งเสริมการงอกในทั้งพืชใบเลี้ยงคู่และใบเลี้ยงเดี่ยว โดยทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้นได้ในไมยราบยักษ์ ซึ่งเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ เช่นเดียวกับหญ้าปล้องข้าวเนก และข้าว ซึ่งเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และสารสกัดที่สกัดด้วย methanol มีแนวโน้มในการส่งเสริมการงอกทั้งในพืชใบเลี้ยงคู่และใบเลี้ยงเดี่ยวด้วย โดยสารสกัดที่สกัดด้วย hexane มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการงอกได้ดีกว่าสารสกัดอื่น เพราะสารสกัดที่สกัดด้วย hexane มีแนวโน้มที่จะส่งเสริมการงอกของทั้งพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ โดยไม่มีแนวโน้มในการลดเปอร์เซ็นต์การงอก เช่นเดียวกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่สามารถกระตุ้นการงอกและการเจริญเติบโตของพืชได้ (Chauhan *et al.*, 2009) แต่สารสกัดที่สกัดด้วย methanol พบว่าในไมยราบยักษ์ มีแนวโน้มในการยับยั้งการงอก ซึ่งแสดงถึงความจำเพาะของสารสกัดในการตอบสนองต่อการงอกในพืชแต่ละชนิด เช่นเดียวกับสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำที่มีแนวโน้มในการส่งเสริมการงอกในไมยราบยักษ์และหญ้าปล้องข้าวเนก และสอดคล้องกับการศึกษาผลของสารสกัดฟางข้าว และแกลบ ต่อการงอกของเมล็ดพบว่าสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำมีผลในการส่งเสริมการงอกในทั้งพืชใบเลี้ยงเดี่ยว คือ หญ้าปล้องละมาน และพืชใบ

เลี้ยงคู่ คือ ผักเปียด (*Monochoria vaginalis*) และ *Parthenium hysterophorus* ที่ความเข้มข้นของสารสกัดต่ำ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจะทำให้การงอกลดลงในหญ้าปล้องละมาน และ *Parthenium hysterophorus* (Ahn and Chung, 2000; Javaid *et al.*, 2006; Kawaguchi *et al.*, 1997) ซึ่งในการทดลองสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำก็มีแนวโน้มยับยั้งการงอกในผักกาดขาวปลีและข้าว ซึ่งการตอบสนองดังกล่าวไม่สอดคล้องกับกลุ่มพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ แต่สารสกัดที่สกัดด้วย ethyl acetate มีแนวโน้มที่จะส่งเสริมการงอกในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว คือ หญ้าปล้องข้าวเนก แต่มีแนวโน้มในการยับยั้งการงอกในพืชใบเลี้ยงคู่ นอกจากนั้นการตอบสนองของพืชแต่ละชนิดต่อสารสกัดฟางข้าวที่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากลักษณะของเมล็ด ทั้งขนาดของเมล็ดและอาหารที่สะสมในเมล็ด ทำให้การตอบสนองของเมล็ดพืชต่อสารสกัดแตกต่างกัน (Chou *et al.*, 1991; Rao, 2002)

นอกจากสารสกัดฟางข้าวจะมีฤทธิ์ทางชีวภาพในการยับยั้งและส่งเสริมการงอกแล้ว ยังพบว่าสารสกัดฟางข้าวมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชเหล่านั้นด้วย โดยสารสกัดที่สกัดด้วย hexane และน้ำ มีแนวโน้มในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทั้งสี่ชนิด โดยทำให้ความยาวยอดและความยาวรากเพิ่มขึ้น ยกเว้นผลของสารสกัดที่สกัดด้วย hexane ต่อความยาวยอดของหญ้าปล้องข้าวเนกและผลของสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำต่อความยาวรากของผักกาดขาวปลี ซึ่งมีแนวโน้มทำให้ความยาวลดลงได้ สำหรับสารสกัดที่สกัดด้วย methanol มีแนวโน้มทำให้ความยาวยอดและความยาวรากของต้นกล้าเพิ่มสูงขึ้นในทั้งพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่เช่นกัน แต่ในไมยราบยักษ์สารสกัดที่สกัดด้วย methanol กลับทำให้ความยาวยอดและความยาวรากลดลงแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม และสารสกัดที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่มีแนวโน้มทำให้ความยาวยอดและความยาวรากลดลงในไมยราบยักษ์ แต่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในหญ้าปล้องข้าวเนก

จากการศึกษาผลของสารสกัดฟางข้าวต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า พบว่าผลความยาวยอดและความยาวรากสอดคล้องกับผลของเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด ยกเว้นสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำ มีแนวโน้มทำให้การงอกลดลงแต่มีแนวโน้มทำให้ความยาวยอดและความยาวรากเพิ่มขึ้นในผักกาดขาวปลีและข้าว และในการทดลองพบว่าสารสกัดมีแนวโน้มทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้นหรือลดลงแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุมมากกว่าความยาวยอด อาจเนื่องมาจากรากของพืชทดสอบสัมผัสกับสารสกัดมากกว่าและดูดซับสารสกัดโดยตรงจึงได้รับผลของสารสกัด สอดคล้องกับการทดลองที่เกี่ยวกับผลทาง allelopathy ของข้าวต่อวัชพืชโดยพบว่ารากจะได้รับผลกระทบมากกว่ายอด (Chung *et al.*, 2003)

ความยาวยอดและความยาวรากที่มีแนวโน้มลดลงในไมยราบยักษ์เมื่อได้รับสารสกัดที่สกัดด้วย ethyl acetate และ methanol อาจเกิดจากสารสกัดไปมีผลยับยั้งการแบ่งเซลล์และการยึดตัวของเซลล์ ในบริเวณเนื้อเยื่อเจริญ โดยอาจไปขัดขวางการจัดเรียงตัวของ microtubule ในระหว่างที่มีการแบ่งเซลล์ (Singh *et al.*, 2002; Zimdahl, 1999) จึงทำให้รากพืชไม่สามารถยืดยาวได้ตามปกติ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Macias *et al.* (2006) สารสกัดส่วนเหนือดินและใต้ดินของข้าวที่สกัดด้วย dichloromethane ซึ่งมีค่า polarity ใกล้เคียงกับ ethyl acetate นอกจากนั้นสารสกัดส่วนเหนือดินและใต้ดินของข้าวที่สกัดด้วย methanol พบว่า ทั้งสารสกัดที่สกัดด้วย dichloromethane และ methanol ทำให้ความยาวรากของหนุ่ยปล้องละมานลดลง แต่สารสกัดส่วนเหนือดินและใต้ดินของข้าวที่สกัดด้วยน้ำทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้น และสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้งสามชนิดยังทำให้ความยาวของ coleoptile ลดลงด้วย

ขณะที่จากผลการทดลองนี้สารสกัดที่สกัดด้วยน้ำมีแนวโน้มส่งเสริมการเจริญเติบโต เช่นเดียวกับการศึกษาสารสกัดฟางข้าวด้วยน้ำโดย Chon and Kim (2004) ที่พบว่าสารสกัดที่ความเข้มข้นของสารสกัดต่ำจะทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้นแต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นจะทำให้ความยาวรากลดลง ใน alfafa กะเม็ง และหนุ่ยปล้องละมาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Anh and Chung (2000) ที่ศึกษาผลของสารสกัดแกลบต่อหนุ่ยปล้องละมาน ที่พบว่า ความเข้มข้นของสารสกัดน้อยจะทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้นแต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นจะทำให้ความยาวรากลดลง และจากการศึกษาของ Chon and Kim (2004) ยังพบว่าสารสกัดจากข้าวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งความยาวยอดได้น้อยกว่าสารสกัดจากข้าวสาลี และข้าวบาร์เลย์ แต่มีประสิทธิภาพดีกว่าข้าวโอ๊ต ทำให้เห็นว่าการใช้สารสกัดฟางข้าวด้วยน้ำจำเป็นต้องใช้ในปริมาณมากจึงจะมีประสิทธิภาพดีในการยับยั้งการเจริญเติบโต และพบเช่นกันว่าสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำโดย Pramanik *et al.* (2001) พบว่าสารสกัดสามารถยับยั้งความยาวยอดและความยาวรากของ *Astragalus sinicus* ที่ความเข้มข้นสูงถึง 7500 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ความเข้มข้นของสารสกัดสูงสุดที่ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำจะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ที่ความเข้มข้นที่สูงถึง 7.5 เท่าของความเข้มข้นสูงสุดในการทดลองนี้ ดังนั้นถ้าเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดน่าจะสามารถยับยั้งความยาวยอดและความยาวรากของพืชทดสอบในการทดลองนี้ได้ และสารสกัดจากข้าวด้วยน้ำทำให้ความยาวรากของผักกาดหอม และ ducksalad ลดลง โดยสารสกัดจากใบและลำต้นจะมีผลมากกว่าสารสกัดจากราก (Ebana *et al.*, 2001) และสารสกัดจากฟางข้าวทำให้น้ำหนักแห้งของหนุ่ยปล้องละมานลดลง มากกว่าสารสกัดจากใบข้าว และแกลบ ตามลำดับ (Chung *et al.*, 2003) แตกต่างจากการศึกษาของ Chung *et al.* (1997) ที่พบว่าสารสกัดจากแกลบมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของหนุ่ยปล้องละมานมากกว่าสารสกัดจากใบข้าว และจากการศึกษาของ Jung *et al.*

(2004) พบว่าแอลกอฮอล์ที่ปล่อยให้อยู่สลายในทรายทำให้ความสูงและน้ำหนักแห้งของหญ้าปล้องลดลงมากกว่าฟางข้าวผสมกับใบที่ปล่อยให้อยู่สลายในทราย

จากผลการทดลองในผักกาดขาวปลี พบว่าสารสกัดที่สกัดด้วย methanol มีผลทำให้ความยาวยอดเพิ่มขึ้นแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุมขณะที่ความยาวรากเพิ่มสูงขึ้นแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ อาจเป็นเพราะสารสกัดดังกล่าวมีสารสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยอดผักกาดขาวปลีโดยตรงจึงทำให้ความยาวยอดของผักกาดขาวปลีเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Kawaguchi *et al.* (1997) ที่พบว่าสารสกัดจากแอลกอฮอล์ และรากข้าวที่สกัดด้วยน้ำมีผลทำให้ความยาวยอดเพิ่มขึ้นมากกว่าความยาวรากในผักเขียว และจากการทดลองจะเห็นว่าผลของสารสกัดต่อความยาวยอดและรากของพืชทดสอบมีหลากหลาย แต่มีแนวโน้มเหมือนกันในตัวอย่างละลายเดียวกัน โดยเฉพาะการส่งเสริมความยาว เนื่องมาจากพืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อชนิดสารและปริมาณของสารที่ต่างกัน โดยการตอบสนองขึ้นอยู่กับผลของสารสกัดที่มีต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา และการควบคุม stress ที่เกิดจากสารสกัด ไม่ว่าจะเป็นวิธีการลดสารที่ทำให้เกิด stress หรือการสร้างเอนไซม์ใหม่ขึ้นเพื่อทดแทนเอนไซม์เดิมที่ถูกทำลายจากสารสกัด (Jenks and Hasegawa, 2005) นอกจากนี้ยังพบว่าต้นกล้าไมยราบยักษ์เมื่อได้รับสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีลักษณะแตกต่างจากไมยราบยักษ์ในชุดควบคุม คือ ต้นกล้ามีขนาดสั้นกว่าชุดควบคุมมาก มีสีน้ำตาลที่รากและต้น ที่ปลายรากมีสีดำเข้ม (ภาพที่ 3) ที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากสารสกัดไปเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำลาย carrier protein และยับยั้งการเกิด redox ของเยื่อหุ้มเซลล์ หรืออาจยับยั้งการแบ่งและยึดตัวของเซลล์ โดยอาจไปยับยั้งการเกิด cell plate ทำให้ไม่มีการแบ่งเซลล์ขยายขนาด (Reigosa and Pedrol, 2002)

ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, ethyl acetate, methanol ต่อการเกิด lipid peroxidation

การเกิด lipid peroxidation เป็นกระบวนการที่ไขมันถูกทำลายเนื่องจากการเกิด oxidative stress ภายในเซลล์ ซึ่งแสดงถึงโมเลกุลของ reactive oxygen species (ROS) ที่เกิดขึ้นมากเกินไป โดยทั่วไป ROS สามารถเกิดขึ้นได้ในเซลล์ปกติ แต่เมื่อพืชอยู่ในสภาวะเครียด จะทำให้ปริมาณ ROS ในพืชเพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับที่เป็นพิษต่อเซลล์ (Inze' and Montagu, 2002) จากการทดลองพบว่าสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate และ methanol มีแนวโน้มทำให้ปริมาณ MDA ซึ่งใช้วัดการเกิด lipid peroxidation เพิ่มขึ้นในไมยราบยักษ์ และข้าว โดยสารสกัดที่สกัดด้วย ethyl acetate ทำให้การเกิด lipid peroxidation เพิ่มมากขึ้นในรากของไมยราบยักษ์แตกต่างจากชุดควบคุม

แสดงว่าสารสกัดอาจมีผลต่อการเกิด ROS ในพืชได้ แต่สารสกัดอาจจะไม่ได้เข้าทำลายพืชโดยการทำให้เกิด ROS จนส่งผลถึงการเกิด lipid peroxidation โดยตรงเพราะแม้ว่าการเกิด lipid peroxidation ที่เพิ่มขึ้นในพืชไม่แตกต่างจากชุดควบคุม นอกจากนั้นสารสกัดที่สกัดด้วย ethyl acetate ทำให้การเกิด lipid peroxidation เพิ่มขึ้นแตกต่างจากชุดควบคุม แต่ไม่ทำให้ความยาวยอดและความยาวรากลดลงแตกต่างจากชุดควบคุม แสดงว่าพืชสามารถควบคุมการเกิด lipid peroxidation ได้ เช่นเดียวกับเมื่อพืชได้รับเกลือความเข้มข้นต่ำ เกลือจะทำให้พืชเกิด stress จากการขาดน้ำ ส่งผลให้เกิด ROS เพิ่มขึ้น นำไปสู่การเกิด lipid peroxidation และเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลายในที่สุด ซึ่งจะเห็นว่าในพืชบางชนิดสามารถควบคุมการเกิด ROS ได้โดย defense mechanism ของพืช ทำให้ ROS ลดลงจนอยู่ในระดับที่พืชสามารถทนทานได้ ซึ่งแตกต่างจากการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรงที่จะทำให้พืชตายอย่างรวดเร็ว (Mckersie and Leshem, 1994; Schulze *et al.*, 2005)

ในการทดลองของการเกิด lipid peroxidation เมื่อได้รับสารสกัดในพืชทดสอบ พบว่าสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำมีแนวโน้มทำให้การเกิด lipid peroxidation ลดลงในพืชทดสอบทั้งหมด แต่มีเพียงผลของสารสกัดต่อการเกิด lipid peroxidation ในรากของผักกาดขาวปลีที่ทำให้ปริมาณ MDA เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane มีแนวโน้มทำให้ปริมาณ MDA ลดลงในผักกาดขาวปลี และข้าว นอกจากนั้นสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ยังมีแนวโน้มในการลดการเกิด lipid peroxidation ในหญ้าปล้องข้าวนกด้วย โดยสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ทำให้ปริมาณ MDA ในรากของหญ้าปล้องข้าวนกลดลงแตกต่างจากชุดควบคุม แสดงว่าสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำอาจจะไปกระตุ้น defense mechanism ทำให้ antioxidative enzyme เพิ่มขึ้นจนทำให้ระดับ ROS ในเซลล์ลดลง ทำให้เกิด lipid peroxidation ลดลงได้ และมีแนวโน้มในการเพิ่มความยาวยอดและรากของพืชทดสอบด้วย เมื่อพิจารณาตัวทำลาย พบว่าสารสกัดที่สกัดด้วย ethyl acetate และ methanol มีแนวโน้มทำให้การเกิด lipid peroxidation เพิ่มขึ้น ขณะที่สารสกัดที่สกัดด้วย hexane และน้ำ มีแนวโน้มทำให้การเกิด lipid peroxidation ลดลง

2. ผลของสารสกัดและผลึกที่ได้จากการแยกสารสกัดฟางข้าวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชทดสอบที่ตอบสนองต่อสารสกัด

จากการทดลองแยกสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ในการทดลองที่ 1 ที่มีผลต่อความยาวยอดและความยาวราก ด้วยเทคนิค Vacuum Liquid Chromatography (VLC) ได้ 6 fraction โดยใช้อัตราส่วนของ hexane, chloroform และ methanol จาก 95:5:0 ถึง 0:0:100 พบว่าสารสกัดจาก fraction 6 ที่เกิดจาก fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 65 : 35 ถึง

fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 0 : 100 ทั้งที่ความเข้มข้น 500 และ 1000 มิลลิกรัมลิตร มีผลในการยับยั้งความยาวยอดและรากได้ดีที่สุด และสารสกัดจาก fraction 3 ที่เกิดจากการรวม fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 90 : 10 กับ fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 85 : 15 มีผลในการยับยั้งความยาวยอดรองลงมา แตกต่างจากสารสกัดใน fraction อื่นที่พบว่าจะทำให้ความยาวยอดและรากของไมยราบยักษ์เพิ่มสูงขึ้น โดยสารสกัดจาก fraction 1 ที่เกิดจาก fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 95 : 5 : 0 ถึง fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 100 : 0 ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตรทำให้ความยาวยอดเพิ่มขึ้นมากที่สุด และสารสกัดจาก fraction 2 ที่เกิดจาก fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 95 : 5 ทำให้ความยาวรากเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาสารที่ปลดปล่อยจากข้าวโดยการแยกด้วย column chromatography แบบ reverse-phase แล้วทดสอบสารที่ได้จากการแยก พบว่าสารใน fraction ที่ถูกชะด้วยตัว methanol อัตราส่วนที่สูง เช่นเดียวกับ fraction 6 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตทั้งความยาวยอดและความยาวรากของเทียนแดง (Kato-Noguchi and Ino, 2003) และสารสกัดจากข้าวที่แยกด้วย silica gel column chromatography โดยใช้ตัวทำละลายเป็น hexane และ methanol ในอัตราส่วนต่างๆ พบว่า fraction ที่เกิดจาก fraction ที่มีอัตราส่วนของ hexane สูง เช่นเดียวกับ fraction 1 ที่เกิดจาก fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 95 : 5 : 0 ถึง fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 100 : 0 ในการทดลองนี้ จะได้สารที่มี polarity ต่ำมาก ซึ่งไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของกกขนาก *Cyperus iris* และหญ้าปล้องละมาน รวมทั้งยับยั้งโรคใบไหม้ของข้าว ที่เกิดจากเชื้อ *Pyricularia oryzae* และโรคใบแห้งของข้าว ที่เกิดจากเชื้อ *Rhizoctonia solani* แต่ fraction ที่มีอัตราส่วน ethyl acetate สูง เช่นเดียวกับ fraction 3 หรือ 6 ในการทดลองนี้พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชและโรคพืชได้ (Kong *et al.*, 2004b)

นอกจากการแยกด้วย column chromatography การแยกสารด้วยวิธี partition สารในตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วต่างกันก็สอดคล้องกับการทดลองนี้ด้วย โดยจากการแยกสารสกัดจากแกลบและยอดข้าวด้วย ethyl acetate ได้สารสกัดในส่วน of lipophilic และ hydrophilic พบว่าสารที่ยับยั้งการงอกของผักชีอยู่ในส่วน of lipophilic ขณะที่สารส่วน hydrophilic ส่งเสริมการงอก แสดงให้เห็นว่าในสารสกัดก่อนการแยกด้วยวิธี partition ประกอบด้วยสารที่สามารถส่งเสริมและยับยั้งการงอก (Kawaguchi *et al.*, 1997) และสารสกัดฟางข้าวที่แยกด้วย hexane และ ethyl acetate พบว่า fraction ที่แยกด้วย ethyl acetate ที่มีขั้วมากกว่า ทำให้ความยาวยอดและความยาวรากของ *Astragalus sinicus* ลดลงมากกว่า fraction ที่แยกด้วย hexane ซึ่งมีขั้วต่ำ เช่นเดียวกับการทดลองนี้ที่

พบว่า fraction 6 ที่มีอัตราส่วน methanol สูงและมีขี้ผึ้งมากกว่ามีผลในการยับยั้งความยาวยอดและความยาวรากได้ดีกว่า fraction 1 ที่มีอัตราส่วน hexane สูงและมีขี้ผึ้งต่ำ (Pramanik *et al.*, 2001)

จากการทดลองตกผลึกสารจาก fraction 6 ในการทดลองที่ 2.1 แล้วนำมาศึกษาผลของผลึกต่อความยาวยอดและความยาวรากของไมยราบยักษ์ พบว่าผลึกที่ได้ไม่สามารถยับยั้งความยาวยอดและความยาวรากของไมยราบยักษ์ แต่มีแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของสารสูงขึ้นจะทำให้ความยาวลดลง แสดงว่าผลึกที่ได้ไม่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของไมยราบยักษ์ที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร และอาจมีสารอื่นในสารสกัดจาก fraction 6 ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของไมยราบยักษ์ หรืออาจเป็นเพราะสารสำคัญใน fraction 6 มีผลส่งเสริมกัน ดังนั้นเมื่อแยกออกมาเป็นสารเดี่ยวจึงไม่มีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Park *et al.* (2006) ที่พบว่าสารผสมระหว่าง phenolic สามชนิดทำให้การเจริญเติบโตของ *Microcystis aeruginosa* ลดลง 66 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การใช้สารแต่ละชนิดทั้ง p-coumaric, salicylic acid และ benzoic acid สามารถยับยั้งการเจริญได้เพียงไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารเท่ากัน ซึ่งจากผลดังกล่าวเป็นไปได้ว่าการผสมกันของสารหลายชนิดจะสามารถแสดงผลของการทำงานร่วมกันของสารแล้วส่งผลให้สารผสมดังกล่าวมีฤทธิ์ทางชีวภาพ แม้ว่าความเข้มข้นของสารเหล่านั้นจะไม่ถึงระดับความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดที่จะมีฤทธิ์ทางชีวภาพได้ (Einhellig, 1996) และการศึกษาของ Seal *et al.* (2004a) ที่พบว่าสารบางชนิดมีผลในการต่อต้านฤทธิ์ของสารอื่นโดยสาร abietic acid, t-ferulic และ 5-hydroxyindole-3-acetic acid เมื่อเติมเข้าไปในสารที่ผสมด้วย phenolic acid หลายชนิด พบว่าทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Sagittaria monotevidensis* ลดลง

3. การหาคุณสมบัติของสารประกอบในสารสกัดฟางข้าวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ

จากการศึกษาคุณสมบัติของสารประกอบโดยใช้เทคนิค Thin Layer Chromatography (TLC) โดยเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มสารประกอบในสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด พบว่าลักษณะจุดสารประกอบที่แยกได้จาก TLC ส่วนใหญ่มีตำแหน่งเดียวกัน แสดงว่าสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิดประกอบด้วยสารประกอบส่วนใหญ่เป็นชนิดเดียวกัน แต่การที่มีจุดสารประกอบบางส่วนที่แตกต่างกันระหว่างสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด เพราะสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิดจะสามารถสกัดสารประกอบในสารสกัดฟางข้าวได้มากน้อยแตกต่างกัน

นอกจากพิจารณาจากการทดสอบสารอินทรีย์ทั้งหมดแล้ว ยังมีการทดสอบกลุ่มสารประกอบด้วย โดยพบสารกลุ่ม steroid และ terpenoid ในสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายทุกชนิด โดยจุดสารส่วนใหญ่พบในสารสกัดที่สกัดด้วย hexane และ ethyl acetate และพบสารกลุ่ม phenolic compound ในสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายทุกชนิดเช่นกัน แต่จุดสารประกอบส่วนใหญ่พบในสารสกัดที่สกัดด้วย ethyl acetate และ methanol และจากการตรวจสอบสารกลุ่ม coumarin พบเฉพาะในสารสกัดที่สกัดด้วย methanol และน้ำ สอดคล้องกับรายงานการศึกษาสารประกอบในต้นข้าว พางข้าว แกลบ และสารที่ปลดปล่อยจากข้าว ซึ่งพบสารกลุ่ม steroid เช่น สาร 14-methylstigmat-9(11)-en-3 α -ol-3 β -d-glucopyranoside, สาร cholest-11-en-3 β ,6 β ,7 α ,22 β -tetra-24-3 β -palmitoleate และสาร 1-phenyl-2-hydroxy-3,7-dimethyl-11-aldehydic-tetradecane-2- β -D-glucopyranoside ที่พบในแกลบ (Chung *et al.*, 2006a, 2007) และสารกลุ่ม terpenoid เช่น Momilactone A และ B ที่พบในแกลบ (Cartwright *et al.*, 1981; Chung *et al.*, 2005) oryzalexin A ถึง F ที่พบในใบข้าว (Kato *et al.*, 1993a, 1993b) และสารกลุ่ม phenolic compound โดยพบตั้งแต่สารกลุ่ม simple phenylpropanoid เช่น สาร caffeic acid และ สาร ferulic acid ที่พบในพางข้าว (Chou and Lin, 1976; Kuwatsuka and Shindo, 1973) สารกลุ่ม coumarin เช่น สาร p-coumaric acid และ สาร t-coumaric ที่พบในพางข้าว สารกลุ่ม benzoic acid เช่น สาร vanilic acid และ สาร salicylic acid ที่พบในพางข้าว (Chou and Lin, 1976; Kuwatsuka and Shindo, 1973) สารกลุ่ม flavonoid เช่น สาร flavone o-glycoside ที่พบในใบ (Kong *et al.*, 2007) และ สาร 5,7,4'-trihydroxy-3',5'-dimethoxyflavone ที่พบในต้นกล้าข้าว (Kong *et al.*, 2004a) และสารกลุ่ม lignin เช่น p-hydroxyphenyl-guaiacyl-syringyl lignin ที่พบในพางข้าว (Buranov and Mazza, 2008) นอกจากกลุ่มสารที่ได้ทำการทดสอบยังมีรายงานพบสารกลุ่มอื่นด้วย เช่น volatile aroma compound, fatty acid, long-chain hydrocarbon, indole, cytokinin และ anthracene (Chung *et al.*, 2006b; Smith and Dilday, 2002; Khanh *et al.*, 2007; Mahatheeranont *et al.*, 1995)

จากสารสกัดพางข้าวที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิดพบว่าประกอบด้วยกลุ่มสารสำคัญ 3 กลุ่มคือ steroid, terpenoid และ phenolic compound ซึ่งสารทั้งสามกลุ่มนี้มีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาต่อการทดลองที่ 1 ที่สารสกัดพางข้าวสามารถยับยั้งการงอก การเจริญเติบโตของพืช และการเกิด lipid peroxidation ในพืชบางชนิดได้ เช่นเดียวกับที่ Chung *et al.* (2006a, 2007) รายงานว่าสารในทั้งสามกลุ่ม โดยสารในกลุ่ม steroid ที่แยกได้จากสารสกัดแกลบ พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของ duckweed (*Lemna paucicostata*) โดยทำให้ปริมาณ chlorophyll ใน duckweed ลดลงและเป็นสาเหตุทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตได้ และพบว่าสารกลุ่ม steroid ที่แยกได้จากสารสกัดแกลบ ยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Microcystis*

aeruginosa ได้อีกด้วย และสารกลุ่ม steroid บางชนิดที่แยกได้จากต้นข้าว สามารถยับยั้งความยาวยอดและรากของหญ้าปล้องละมานได้ (Macias *et al.*, 2006)

ส่วนสารในกลุ่ม terpenoid ที่มีการศึกษาในข้าว คือ momilactone A และ B ที่แยกได้จากสารสกัดเกลบ พบว่าสารดังกล่าวสามารถยับยั้งการงอกของผักกาดหอมและการเจริญของรากข้าว (Kato *et al.*, 1977) และสารนี้ยังสามารถยับยั้งการเจริญของเหียนแดง (Kato-Noguchi and Ino, 2003; Kato-Noguchi *et al.*, 2008) และยับยั้งการเจริญเติบโตของ duckweed โดยทำให้ปริมาณ chlorophyll ใน duckweed ลดลงและเป็นสาเหตุทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโต เช่นเดียวกับสารกลุ่ม steroid นอกจากนี้ยังยับยั้งการงอกของเมล็ดกกขนาก *Leptochloa chinensis* และ *Amaranthus retroflus* (Chung *et al.*, 2005) โดยสารนี้สามารถสกัดด้วย methanol ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ได้ดี ขณะที่น้ำสามารถสกัดสารนี้ได้ประมาณ 30 - 40 เปอร์เซ็นต์ และจะมีสารนี้สะสมในฟางข้าวสูงที่สุดในวันที่ 120 หลังจากปลูก (Lee *et al.*, 1999) แสดงว่าสารนี้น่าจะเป็นสารที่มีผลในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตในสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่นในสารสกัดที่สกัดด้วย methanol หรือน้ำ นอกจาก momilactone แล้ว oryzalexin ซึ่งเป็นสารกลุ่ม terpenoid ซึ่งละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วปานกลาง เช่นใน chloroform ก็สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อ *Pyricularia oryzae* ที่เป็นสาเหตุของโรคใบไหม้ของข้าว (Kato *et al.*, 1993a, 1993b) และ phytocassane สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อ *Magnaporthe grisea* ที่เป็นสาเหตุของโรคใบไหม้และไหม้คอรวงของข้าว และเชื้อ *Rhizoctnia solani* ที่เป็นสาเหตุของโรคใบแห้งของข้าว (Koga *et al.*, 1995)

สารกลุ่ม phenolic compound เป็นสารกลุ่มใหญ่และพบจำนวนชนิดมากที่สุดในข้าว ซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ โดยสารกลุ่ม simple phenylpropanoid, coumarin และ benzoic acid ที่พบในข้าว มีผลในการยับยั้งการเจริญของ *Astragalus sinicus* โดยมีผลทำให้รากเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล การสร้างขนรากลดลง (Pramanik *et al.*, 2001) ยับยั้งการเจริญของก่องข้าวทีโอ (*Abutilon theoprasti*), *Dactylis glomerata* และหญ้าปล้องละมาน (Chung *et al.*, 2001b; Einhellig and Rasmussen, 1989) สารกลุ่ม flavonoid ที่พบในใบข้าวสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของกกขนาก *Cyperus iris* และหญ้าปล้องละมาน และยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อ *Pyricularia oryzae* ที่เป็นสาเหตุของโรคใบไหม้ของข้าว และเชื้อ *Rhizoctnia solani* ที่เป็นสาเหตุของโรคใบแห้งของข้าว (Kong *et al.*, 2004a, 2004b, 2007) ซึ่งจากการศึกษาผลของสารกลุ่ม phenolic compound ต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาอื่นโดย Smith and Dilday (2002) พบว่าสารกลุ่ม phenolic acid สามารถยับยั้งการสังเคราะห์แสง โดยลดค่า stomatal conductant ได้ นอกจากนี้การที่สารนี้สามารถยับยั้ง

การงอกและการเจริญเติบโต อาจเป็นเพราะสารนี้มีผลต่อการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้การดูดซึมธาตุอาหารลดลง โดยได้มีรายงานว่าสารกลุ่ม phenolic acid บางชนิด ทำให้การดูดฟอสฟอรัส phenylalanine และ โปแทสเซียมลดลง และสารกลุ่มนี้ยังมีผลทำให้ปริมาณของออกซินในพืชเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ จึงทำให้นอกจากจะยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตแล้ว ยังสามารถส่งเสริมการงอกหรือการเจริญเติบโตได้อีกด้วย และ phenolic acid บางชนิด เช่น salicylic acid เป็น signal molecule ซึ่งมีบทบาทในการกระตุ้นกระบวนการทางสรีรวิทยาเพื่อให้พืชตอบสนองต่อโรคพืช เพื่อป้องกันอันตรายจากการเข้าทำลายของโรคพืช โดยกระตุ้นการเกิด defense mechanism ทำให้การเกิด lipid peroxidation ลดลงได้ (Smith and Dilday, 2002) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองนี้ที่พบว่าสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane มีปริมาณ MDA ลดลงแสดงถึงการเกิด lipid peroxidation ที่ลดลง สารกลุ่ม flavonoid มีรายงานว่ามิผลในการยับยั้งการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนใน mitochondria และ chloroplast (Reigosa and Pedrol, 2002)

แม้ว่าสารกลุ่ม phenolic compound จะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตและกระบวนการทางสรีรวิทยา แต่จากรายงานพบว่าจำเป็นต้องใช้ความเข้มข้นของสารสูงมากจึงจะมีผล โดยความเข้มข้นของ phenolic compound ที่ใช้เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตจะสูงถึง 30 – 300 เท่าของความเข้มข้นของ momilactone (Kato-Noguchi and Ino, 2005) ดังนั้นความเข้มข้นของ phenolic compound ในสารสกัดจึงต้องสูงเพียงพอ แสดงว่าการที่สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำไม่ยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโต อาจเป็นเพราะวิธีที่สกัดไม่ทำให้ได้ความเข้มข้นของ phenolic compound มากเพียงพอ และความเข้มข้นของสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำอาจน้อยเกินไปทำให้ความเข้มข้นของ phenolic compound ไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ เช่นเดียวกับการทดสอบสารกลุ่ม phenolic compound ที่ปลดปล่อยออกมาจากธรรมชาติกับการยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืชพบว่าปริมาณที่ปลดปล่อยออกมาน้อยกว่าระดับความเข้มข้นของสารที่จะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโต แต่พบว่ายังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืชได้ (Olofsdotter *et al.*, 2002) จากผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ที่มีผลในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืช โดยฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดที่สกัดด้วย methanol น่าจะมีผลมาจากการทำงานร่วมกันของสารหลายกลุ่ม เช่น steroid, terpenoid และ phenolic compound

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. สารสกัดฟางข้าวมีผลทั้งส่งเสริมและยับยั้งการงอก ความยาวยอดและความยาวราก แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลายและชนิดของพืชทดสอบ โดยสารสกัดที่สกัดด้วย methanol มีฤทธิ์ทางชีวภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตดีที่สุด ขณะที่สารสกัดสกัดด้วย hexane และ น้ำมีฤทธิ์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตดีที่สุด
2. สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane, methanol และน้ำ มีแนวโน้มในการกระตุ้นการเจริญเติบโต ยกเว้นสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ที่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของไมยราบยักษ์
3. สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate และ methanol มีแนวโน้มทำให้เกิด lipid peroxidation เพิ่มขึ้น ขณะที่สารสกัดที่สกัดด้วย hexane และน้ำ มีแนวโน้มทำให้เกิด lipid peroxidation ลดลง และการเกิด lipid peroxidation น้อยลงมีแนวโน้มสอดคล้องกับการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น
4. สารสกัด fraction 6 ซึ่งเกิดจากการรวม fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 65 : 35 ถึง fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 0 : 100 สามารถยับยั้งความยาวยอดและรากได้ดีที่สุด ขณะที่ fraction อื่นทำให้ความยาวยอดและรากเพิ่มขึ้น และ fraction 1 ซึ่งเกิดจากการรวม fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 95 : 5 : 0 ถึง fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 100 : 0 ทำให้ความยาวยอดเพิ่มขึ้นมากที่สุด และ fraction 2 ซึ่งเกิดจาก fraction ที่มีอัตราส่วน hexane : chloroform : methanol เป็น 0 : 95 : 5 ทำให้ความยาวรากเพิ่มขึ้นมากที่สุด
5. ผลึกที่แยกจากสารสกัดจาก fraction 6 ด้วยการตกตะกอนซ้ำด้วย chloroform และ methanol ไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของไมยราบยักษ์
6. พืชแต่ละชนิดที่นำมาทดลองมีการตอบสนองต่อสารสกัดฟางข้าวแตกต่างกันโดยสารสกัดฟางข้าวสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตในพืชบางชนิด ขณะที่ยับยั้งการเจริญเติบโตในพืช

ชนิดอื่น โดยที่หญ้าปล้องข้าวนกมีความต้านทานต่อสารสกัดมากที่สุด เพราะสารสกัดฟางข้าวไม่มี
แนวโน้มที่จะยับยั้งการงอก การเจริญเติบโต และเพิ่มการเกิด lipid peroxidation ได้

7. สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด พบว่าจุดสารประกอบที่แยกได้จาก
TLC ส่วนใหญ่มีตำแหน่งเดียวกัน แต่การที่มีจุดสารประกอบบางส่วนที่แตกต่างกันระหว่างสาร
สกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด แสดงถึงรูปแบบทางเคมีของสารสกัดแต่ละชนิดมี
ความแตกต่างกัน

8. สารสกัดฟางข้าวประกอบด้วยกลุ่มสารสำคัญ 3 กลุ่มคือ steroid, terpenoid และ phenolic
compound แต่ไม่พบสารที่มี unsaturated lactone ring

ข้อเสนอแนะ

1. การทดสอบการงอกของเมล็ด โดยเฉพาะเมล็ดวัชพืชควรเลือกเมล็ดที่มีความสมบูรณ์ และเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืชในสภาพที่เหมาะสม เพื่อให้เมล็ดพืชสามารถงอกได้อย่างสม่ำเสมอ และควรเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดให้สูงขึ้น แต่ต้องคำนึงถึงปริมาณของสารสกัดที่ใช้ในการทดสอบด้วยเพื่อให้ใช้ได้จริง
2. แนวทางในการศึกษาต่อไปควรเลือกใช้พืชทดสอบให้มีความหลากหลายมากขึ้น หรือทดสอบต่อไปว่าสารสกัดมีผลต่อกระบวนการในการเจริญเติบโตของพืชกระบวนการอื่นๆ หรือไม่ ซึ่งผลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการประยุกต์ใช้ในทางการเกษตรได้
3. ผลการทดลองนี้สามารถนำไปปรับใช้ในการควบคุมวัชพืชในแปลงเพาะปลูกได้ โดยต้องผ่านการทดลองผลในโรงเรือนและแปลงทดลองก่อน
4. สารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่มีผลในการส่งเสริมการงอก และการเจริญเติบโต ควรจะทำการศึกษาผลของสารสกัดต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาอื่นๆ
5. สารสกัดที่แยกได้ที่เหลือจากการตกผลึกควรทำการแยกสารเพื่อหาสารบริสุทธิ์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพต่อไป และควรแยกหาสารบริสุทธิ์จากสารสกัดที่มีฤทธิ์ส่งเสริมการเจริญเติบโตด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.
- รัตน อินทรานุปกรณ์. 2550. การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร. สำนักพิมพ์
แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ลิลลี่ กาวิฑี. 2549. พัฒนาการทางลำต้นและสืบพันธุ์. น. 187-199. ใน ลิลลี่ กาวิฑี, มาลี ฉนกร,
ศรีสม สุวรรณวงศ์ และ สุริยา ดันติวิวัฒน์, ผู้รวบรวม. **สรีรวิทยาของพืช**. สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. **สรีรวิทยาของพืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.
- Ahn, J.K. and I.M. Chung. 2000. Allelopathic potential of rice hulls on germination and seedling
growth of barnyardgrass. **Agronomy Journal**. 92: 1162-1167.
- _____, _____ and S.J. Yun. 2001. Identification of allelopathic compound from rice (*Oryza
sativa* L.) straw and their biological activity. **Canadian Journal of Plant Science**. 81:
815-819.
- _____, S.J. Hahn, J.T. Kim, T.D. Khanh and I.M. Chung. 2005. Evaluation of allelopathic
potential among rice (*Oryza sativa* L.) germplasm for control of *Echinochloa crus-galli*
P. Beauv in the field. **Crop Protection**. 24: 413-419.
- An, P.S., S.O. Yu and Y.S. Kim. 2003. The phytopesticidal activity of aqueous rice straw
extract. **Choson Minjujuui Inmin Konghwaguk Kwahagwon Tongbo**. 5: 48-49.
- Asada, K. 1996. **Photosynthesis and Environment**. Kluwer Academic Publishers, Natherland.

- Baskin, S.I. and H. Salem. 1997. **Oxidants, Antioxidants and Free Radicals**. Taylor & Francis, London.
- Bouillant, M.I., C. Jacoud, I. Zanella, J. Favre-Bonvin and R. Bally. 1994. Identification of 5-(12-heptadecenyl)-resorsinol in rice root exudates. **Phytochemistry**. 35: 769-771.
- Buranov, A.U. and G. Mazza. 2008. Lignin in straw of herbaceous crops. **Industrial Crops and products**. 28: 237-259.
- Cartwright, D.W., P. Langcake, R.J. Pryce, D.P. Leworthy and J.P. Ride. 1981. Isolation and characterization of two phytoalexins from rice as mamilactone A and B. **Phytochemistry**. 20: 535-537.
- Chauhan, J.S., Y.K. Tomar, N.I. Singh, S. Ali and Debarati. 2009. Effect of growth hormones on seed germination and seedling growth of black gram and horse gram. **Journal of American Science**. 2009(5) 79-84.
- Chiapusio, G., A.M. Sanchez, M.J. Reigosa, L. Gonzalez and F. Pellissier. 1997. Do germination indicators adequately reflect allelochemical effects on the germination process. **Journal of Chemical Ecology**. 23(11): 2445-2453.
- Chon, S.U. and Y.M. Kim. 2004. Herbicidal potential and quantification of suspected allelochemicals from four grass crop extracts. **Journal of Agronomy and Crop Science**. 190: 145-150.
- Chou, C.H. and S.J. Chiou. 1979. Autointoxication mechanism of *Oryza sativa* II. Effect of culture treatments on the chemical nature of paddy soil and on soil productivity. **Journal of Chemical Ecology**. 5: 839-859.
- _____, F.J. Chang and H.S. Kim. 1991. Allelopathic potential of wild rice, *Oryza perennis*. **Taiwania**. 36: 201-210.

- Chou, C.H. and S.J. Lin 1976. Autointoxication mechanism of *Oryza sativa* L. Phytotoxic effects of decompose rice residues in soil. **Journal of Chemical Ecology**. 2: 353-367.
- _____, H.J. Liu and C.I. Kao. 1977. Phytotoxins produced during decomposition of rice stubble in paddy soil and their effect on leachable nitrogen. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**. 18; 45-60.
- Chung I.M., J.K. Ahn and S.J Yun. 2001a. Assessment of allelopathic potential of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) on rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Crop Protection**. 20; 921-928.
- _____, _____ and _____. 2001b. Identification of allelopathic compounds from rice (*Oryza sativa* L.) straw and their biological activity. **Canadian Journal of Plant Science**. 81: 815-819.
- _____, M. Ali, A. Ahmad, S.C. Chun, J.T. Kim, S. sultana, J.S. Kim, S.K. Min and B.R. Seo. 2007. Steroidal constituents of rice (*Oryza sativa*) hulls with algicidal and herbicidal activity against blue-green algae and duckweed. **Phytochemical Analysis**. 18: 133-145.
- _____, _____, _____, J.D. Lim, C.Y. Yu and J.T. Kim.. 2006a. Chemical constituents of rice (*Oryza sativa*) hulls and their herbicidal activity against duckweed (*Lemna paucicostata*). **Phytochemical Analysis**. 17: 36-45.
- _____, S. Hahn and A. Ahmad. 2005. Confirmation of potential herbicidal agents in hull of rice, *Oryza sativa*. **Journal of Chemical Ecology**. 31(6): 1339-1352.
- _____, K.H. Kim, J.K. Ahn and H.J. Ju. 1997. Allelopathic potential of rice varieties on *Echinochloa crus-galli*. **Korean Journal of Weed Science**. 17: 52-58.

- Chung, I.M., K.H. Kim, J.K. Ahn, S.B.Lee, S.H.Kim and S.J.Hahn. 2003. Comparison of allelopathic potential of rice leaves, straw and hull extracts on barnyardgrass. **Agronomy Journal**. 95: 1063-1070.
- _____, Y.H. Lim, M. ali, S. Sultana and A. Ahmad. 2006b. Novel anthracene derivatives Isolated from rice hulls of *Oryza sativa* and their growth inhibitory activity of radish seed. **Bulletin of the Korean Chemical Society**. 27(7): 995-1000.
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 1995. **Principles of Seed Science and Technology**. Chapman & Hall, New York.
- Ebana K., W. Yan, R.H. Dilday, H. Namai and K. Okuno. 2001. Variation in the allelopathic effect of rice with water soluble extracts. **Agronomy Journal**. 93: 12-16.
- Einhellig, F.A. 1996. Interactions involving allelopathy in cropping systems. **Agronomy Journal**. 88: 886-893.
- _____. and J.A. Rasmussen. 1989. Prior cropping with grain sorghum inhibitions weeds. **Journal of Chemical Ecology**. 15: 951-960.
- Goncalves, S., M. Ferraz and A. Romanno. 2009. Phytotoxic properties of *Drosophyllum lusitanicum* leaf extracts and its main compound plumbagin. **Scientia Horticulturae**. 122(1): 96-101.
- Halliwell, B. and J. Gutteridge. 1999. **Free Radicals in Biology and Medicine**. Oxford Science Publication, London.
- Haugland, E. and L. O. Brandsaeter. 1996. Experiments on bioassay sensitivity in the study of allelopathy. **Journal of Chemical Ecology**. 22: 1845-1859.

- Hodges, D.M., J.M. Delong, C.F. Forney and R.K. Prange. 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissue containing anthocyanin and other interfering compounds. **Planta**. 207: 604-611.
- Houghton, P.J. and A. Raman. 1998. **Laboratory Handbook for the Fractionation of Natural Extracts**. Chapman & Hall, Suffolk.
- Inze', D. and M.V. Montagu. 2002. **Oxidative Stress in Plants**. Taylor & Francis, London.
- Javaid, A., S. Shafique, R. Bajwa and S. Shafique. 2006. Effect of aqueous extracts of allelopathic crops on germination and growth of *Parthenium hysterophorus* L. **South Africa Journal of Botany**. 72: 609-612.
- Jefferson, L.V. and M. Pennacchio. 2003. Allelopathic effects of foliage extracts from four Chenopodiaceae species on seed germination. **Journal of Arid Environments**. 55: 275-285.
- Jenks, M.A. and P.M. Hasegawa. 2005. **Plant Abiotic Strss**. Blackwell Publishing Ltd., India.
- Jork, H., W. Funk, W. Fischer, F. Hampson and J.A. Hampson. 1990. **Thin-layer chromatography : reagents and detection methods volume 1a**. VCH, New york.
- _____, _____, _____, _____ and _____. 1994. **Thin-layer chromatography : reagents and detection methods volume 1b**. VCH, New york.
- Jung, W.S., K.H. Kim, J.K. Ahn, S.J. Hahn and I.M. Chung. 2004. Allelopathic potential of rice (*Oryza sativa* L.) residues against *Echinochloa crus-galli*. **Crop Production**. 23: 211-218.
- Kato, H., O. Kodama and T. Akatsuka. 1993a. Oryzalexin E a diterpene phytoalexin from UV-irradiated rice leaves. **Phytochemistry**. 33(1): 79-81.

Kato, H., O. Kodama and T. Akatsuka. 1993b. Oryzalexin F a diterpene phytoalexin from UV-irradiated rice leaves. **Phytochemistry**. 36(2): 299-301.

Kato, T., N. Sasaki, M. Tsunagawa, H. Aizawa, K. Fujita, Y. Kato and Y. Kitahara. 1973. Momilactones are growth inhibitors from rice (*Oryza sativa* L.). **Tetrahedron Letters**. 39: 3861-3864.

_____, M. Tsunagawa, N. Sasaki, H. Aizawa, K. Fujita, Y. Kitahara and N. Takahashi. 1977. Growth and germination inhibitors in rice husks. **Phytochemistry**. 16: 45-48.

Kato-Noguchi, H. 2004. Allelopathic substance in rice root exudates: rediscovery of momilactone B as an allelochemical. **Journal of Plant Physiology**. 161: 271-276.

_____ and T. Ino. 2001. Assessment of allelopathic potential of root exudate of rice seedlings. **Biologia Plantarum**. 44(4): 635-638.

_____ and _____. 2003. Rice seedling release momilactone B into the environment. **Phytochemistry**. 63: 551-554.

_____ and _____. 2005. Possible involvement of momilactone B in rice allelopathy. **Journal of Plant Physiology**. 162: 718-721.

_____, _____ and K. Ota. 2008. Secretion of momilactone A from rice roots to the rhizosphere. **Journal of Plant Physiology**. 165: 691-696.

Kawaguchi S., K. Yoneyama, T. Yokota, Y. Takeuchi, M. Ogasawara and M. Konnai. 1997. Effects of aqueous extract of rice plants (*Oryza sativa* L.) on seed germination and radicle elongation of *Monochoria vaginalis* var. plantaginea. **Plant Growth Regulation**. 23: 183-189.

Khanh, T.D., T.D. Xuan and I.M. Chung. 2007. Rice allelopathy and the possibility for weed management. **Annals of Applied Biology**, 151: 325-339.

Koga, J., M. Shimura, K. Oshima, N. Ogawa, T. Yamauchi and N. Ogasawara. 1995. Phytocassanes A, B, C and D, novel diterpene phytoalexins from rice, *Oryza sativa* L. **Tetrahedron**. 51(29): 7907-7918.

Kong, C.H., H.B. Li, F. Hu and X.H. Xu. 2006. Allelochemicals released by rice root and residues in soil. **Plant soil**. 228: 47-56.

_____, W. Liang, X.H. Xu, F. Hu, P. Wang and Y. Jiang. 2004a. Release and activity of allelochemicals from allelopathic rice seedling. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 52: 2861-1865.

_____, X.H. Xu, B. Zhou, F. Hu, C.X. Zhang and M.X. Zhang. 2004b. Two compounds from allelopathic rice accession and their inhibitory activity on weeds and fungal pathogens. **Phytochemistry**. 65(8): 1123-1128.

_____, H. Zhao, X.H. Xu, F. Hu, P. Wang and Y. Gu. 2007. Activity and allelopathy of soil of flavone O-glycosides from rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 56: 6007-6012.

Kuwatsuka, S. and H. Shindo. 1973. Behavior of phenolic substances in the decaying process of plants I. identification and quantitative determination of phenolic acid in rice straw and its decayed product by gas chromatography. **Soil Science and Plant Nutrition**. 19: 219-227.

Leather, G.R. and F.A. Einhellig. 1988. Bioassay of naturally occurring allelochemicals for phytotoxicity. **Journal of Chemical Ecology**. 14: 1821-1828.

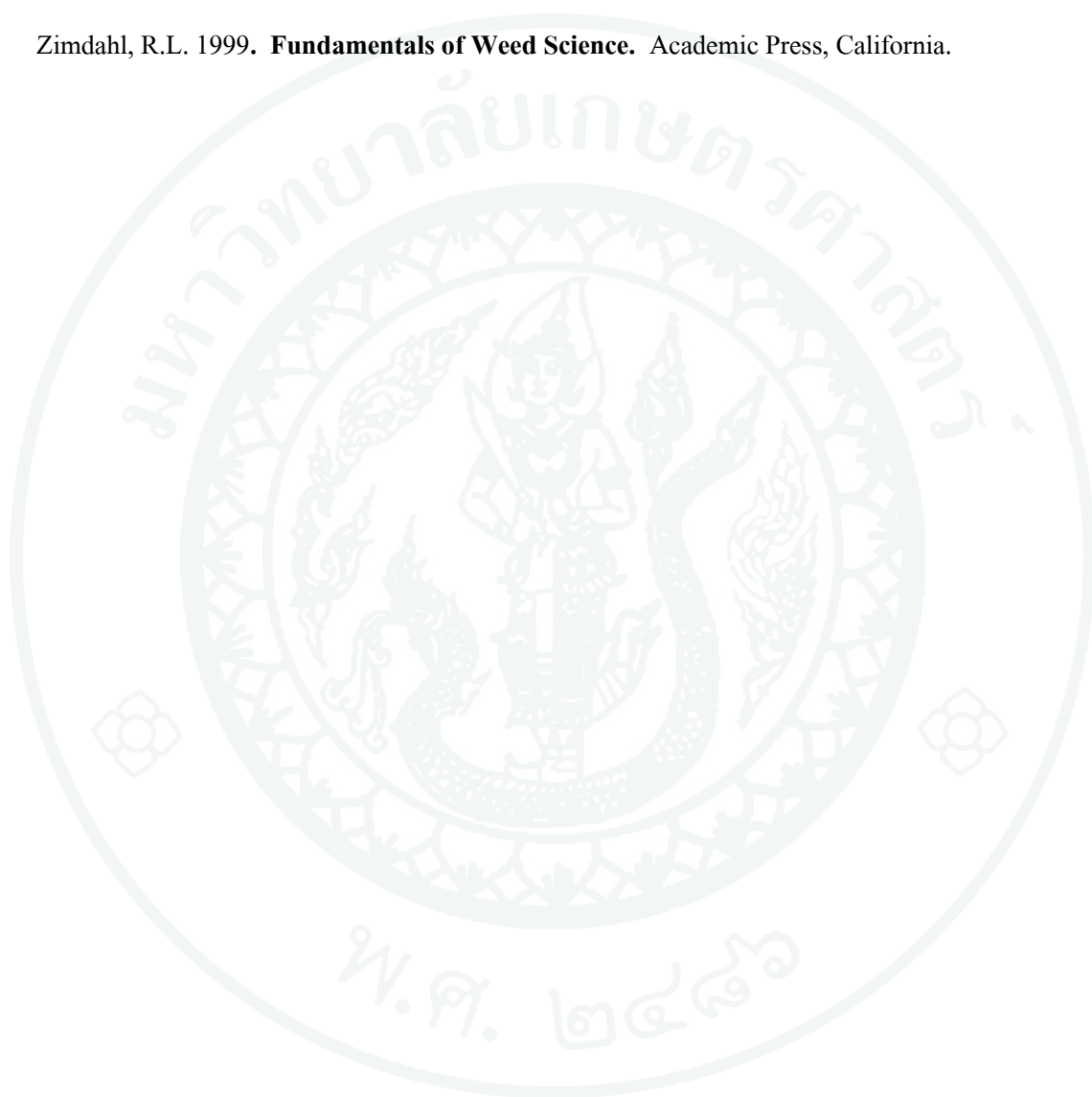
- Lee, C.W., K. Yoneyama, Y. Takeuchi, M. Konnai, S. Tamogami and O. Kodama. 1999. Momilactones A and B in rice straw harvested at different growth stages. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**. 63(7): 1318-1320.
- Macias F.A., N. Chinchilla, R.M. Varela and J.M. Molinillo. 2006. Bioactive steroids from *Oryza sativa* L. **Steroids**. 71: 603-608.
- Mahatheeranont, S., S. Promdang and A. Chiampiriyakul. 1995. Volatile aroma compounds of Khao Dawk Mali 105 rice. **Kasetsart Journal**. 29: 508-514.
- Mayer, A.M. and A.P. Mayber. 1982. **The Germination of Seeds**. 3rd Edition. Pergamon Press Ltd., Great Britain.
- Mckersie, R.D. and Y.Y. Leshem. 1994. **Stress and Stress Coping in Cultivated Plants**. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Merck, E. 1980. **Dyeing Reagents for Thin Layer and Paper Chromatography**. B. Grim Healthcare Co. LTD, Darmstadt, Germany.
- Olofsdotter, M. 2001. Rice-a step toward use of allelopathy. **Agronomy Journal**. 93: 3-8.
- Olofsdotter, M., D. Navarez, M. Rebulanan and J.C. Stereibig. 1999. Weed-suppressing rice cultivars-does allelopathy play role. **Weed Research**. 39: 441-454.
- _____, M. Rebulanan, A. Madrid, W. Dali, D. Navarez, and D.C. Olk. 2002. Why phenolic acids are unlikely primary allelochemicals in rice. **Journal of Chemical Ecology**. 28: 229-242.
- Park, M.P., I.M. Chung, A. Ahmad, B.H. Kim and S.J. Hwang. 2009a. Growth inhibition of unicellular and colonial *Microcystis* strains (Cyanophyceae) by compounds isolated from rice (*Oryza sativa*) hulls. **Aquatic Botany**. 90: 309-314.

- Park, M.P., M.H., M.S. Han, C.Y. Ahn, H.S. Kim, B.D. Yoon, H.M. Oh. 2006. Growth inhibition of bloom-forming cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* by rice straw extract. **Letters in Applied Microbiology**. 43(3): 307-312.
- _____, B.H. Kim, I.M. Chung and S.J. Hwang. 2009b. Selective bactericidal potential of rice (*Oryza sativa*) hull extract on *Microcystis* strains in comparison with green algae and zooplankton. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**. 83(1): 97-101.
- Pelletier, S.W., H.P. Chokski and H.K. Desai, 1986. Separation of different alkaloid mixtures using vacuum liquid chromatography. **Journal of Natural Products**. 49(5): 892-900.
- Pramanik, M., Y. Minesaki, T. Yamamoto, Y. Matsui and H. Nakano. 2001. Growth inhibitors in rice-straw extracts and their effects on Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus*) seedling. **Weed Biology and Management**. 1: 133-136.
- Rao, V. S. 2002. **Principles of Weed Science**. 2nd Edition. Science Publisher, Inc., India.
- Reichardt, C. 2003. **Solvents and Solvent Effects in Organic Chemistry**. 3rd Edition. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Germany.
- Reigosa, M.J. and N. Pedrol 2002. **Allelopathy From Molecules to Ecosystem**. Scinece Publishers, Inc., India.
- _____, _____ and L. Gonzalez. 2006. **Allelopathy, a Physiological Process with Ecological Implications**. Springer, Netherlands.
- Rimando, A.M., M. Olofsdotter, F.E. Dayan and S.O. Duke. 2001. Searching for rice allelochemicals: an example of bioassay-guided isolation. **Agronomy Journal**. 93: 16-20.

- Rizvi, S.J. and V. Rizvi. 1991. **Allelopathy: basic and applied aspects**. Chapman and Hall, New York.
- Sarker, S.D., Z. Latif and A.I. Gray. 2005. Natural Product Isolation. 2nd Edition. Humana Press Inc., United States of America.
- Schulze, E., E. Beck and K. Mull-Hohenstein. 2005. **Plant Ecology**. Springer Berlin, Germany.
- Scott, P. 2008. **Physiology and Behaviour of Plants**. John Wiley & Son Ltd., Trento.
- Seal, A.N., T. Haig and J.E. Pratley. 2004a. Evaluation of putative allelochemicals in rice root exudates for their role in the suppression of arrowhead root growth. **Journal of Chemical Ecology**. 30: 1663-1678.
- _____, _____, _____ and M An. 2004b. Identification and quantitation of compounds in a series of allelopathic and non- allelopathic rice root exudates. **Journal of Chemical Ecology**. 30: 1647-1662.
- Singh, H.P., D.R. Batish and R.K. Kohli. 2002. Allelopathic effect of two volatile monoterpenes against bill goat weed (*Ageratum conyzoides* L.). **Crop Protection**. 21: 347-350.
- Smith, R and H. Dilday. 2002. **Rice : Origin, History, Technology, and Production**. Wiley & Son, Inc, United States of America.
- Soejima, H., T. Sugiyama and K. Ishihara. 1992. Changes in cytokinin activities and mass spectrometric analysis of cytokinins in root exudates of rice plant (*Oryza sativa* L.). **Plant Physiology**. 100; 1724-1729.
- Velikova, V., I. Yordanov and A. Edreva. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants protective role of exogenous polyamines. **Plant Science**. 151: 59-66.

Watanabe, T., S. Katayama, M. Enoki, Y. Honda and M. Kuwahara. 2000. Formation of acyl radical in lipid peroxidation of linoleic acid by manganese-dependent peroxidase from *Ceriporiopsis subvermispora* and *Bjerkandera adusta*. **European Journal of Biochemistry**. 267: 4222-4231.

Zimdahl, R.L. 1999. **Fundamentals of Weed Science**. Academic Press, California.





การเตรียมสารเคมี

Anisaldehyde sulfuric reagent (Merck, 1980)

เตรียมใหม่ทุกครั้งก่อนใช้

Anisaldehyde	0.5	มิลลิลิตร
glacial acetic acid	50	มิลลิลิตร
7% sulfuric acid	1	มิลลิลิตร

Kedde's reagent (Merck, 1980)

Solution A :

3,5-dinitrobenzoic acid	1	กรัม
ethanol	50	มิลลิลิตร

Solution B :

2 M Potassium hydroxide	50	มิลลิลิตร
-------------------------	----	-----------

ผสม solution A และ B ในอัตราส่วน 1:1 ก่อนใช้ทุกครั้ง

Raymond's reagent (Merck, 1980)

Solution A :

1,3-dinitrobenzene	1	กรัม
ethanol	50	มิลลิลิตร

Solution B :

5% Potassium hydroxide	50	มิลลิลิตร
------------------------	----	-----------

ผสม solution A และ B ในอัตราส่วน 1:1 ก่อนใช้ทุกครั้ง

Folin Ciocalteu reagent (Merck, 1980)

Solution A :

20% sodium carbonate	10	กรัม
น้ำ	50	มิลลิลิตร

Solution B :

Folin Ciocalteu	1	ส่วน
น้ำ	3	ส่วน

สเปรย์ด้วย Solution A ทิ้งไว้แห้งแล้วสเปรย์ตามด้วย Solution B

ตารางผนวกที่ 1 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อ
เปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก

ความ เข้มข้น (มิลลิกรัม ต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก							
	ไมยราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าวนก		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ ขาวดอกมะลิ 105	
	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1	103.33	103.33	103.33	103.33	101.45	101.45	107.35	102.78
10	93.33	93.33	93.33	93.33	100.00	100.00	104.41	102.78
100	101.67	103.33	101.67	103.33	102.89	102.89	108.82	102.78
1000	113.33	113.33	113.33	113.33	100.00	100.00	108.82	104.17
F-test	*	*	*	*	ns	ns	*	ns
LSD _{0.05}	5.26	5.14	11.02	11.02	-	-	4.63	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 2 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อความยาวยอดและรากของวัชพืชและพืชปลูก

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความยาว (เซนติเมตร)							
	ไมขราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าวนก		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105	
	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	1.46	2.26	1.08	1.74	0.89	2.81	7.42	4.76
1	1.29	2.49	1.13	1.66	1.15	2.19	7.07	5.68
10	1.38	2.68	1.26	2.36	1.11	2.41	7.11	5.03
100	1.65	2.61	1.16	1.89	1.04	3.80	7.45	5.37
1000	1.65	4.02	0.72	1.96	1.00	3.91	7.58	7.16
F-test	ns	*	*	ns	ns	*	ns	*
LSD _{0.05}	-	0.85	0.21	-	-	0.85	-	0.74

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 3 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณ MDA (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)							
	ไมยราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าวนก		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105	
	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	15.75	25.19	56.42	40.48	16.96	18.35	26.64	48.99
1	17.26	20.38	78.13	61.26	16.18	15.75	31.96	39.71
10	19.41	23.51	67.79	44.92	16.42	13.36	24.28	36.51
100	17.724	18.43	53.00	61.04	15.57	14.43	25.66	34.35
1000	18.66	15.74	58.21	56.87	13.00	11.20	22.32	37.99
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD _{0.05}	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 4 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อ
เปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก

ความ เข้มข้น (มิลลิกรัม ต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก							
	โมธราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าวนก		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ ขาวดอกมะลิ 105	
	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1	96.92	95.52	84.78	87.75	101.52	100.00	102.90	104.23
10	100.00	101.49	110.87	110.20	107.58	108.70	104.35	102.82
100	98.46	97.02	106.52	106.12	86.36	84.06	100.00	100.00
1000	84.62	83.58	102.17	102.04	96.97	95.65	100.00	101.41
F-test	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
LSD _{0.05}	-	-	16.779	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 5 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อ
ความยาวยอดและรากของวัชพืชและพืชปลูก

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความยาว (เซนติเมตร)							
	ไมขราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าวนก		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105	
	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	2.56	2.82	0.80	0.67	1.04	3.37	6.68	4.49
1	2.43	2.76	0.78	0.66	1.20	3.14	7	4.62
10	2.30	2.90	0.92	0.68	1.11	3.76	5.86	4.63
100	2.68	3.04	0.97	0.64	1.06	2.88	5.99	4.68
1000	2.46	3.12	0.92	0.98	1.01	3.69	5.77	4.82
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD _{0.05}	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 6 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณ MDA (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)							
	ไมยราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าวนก		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105	
	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	10.46	15.39	77.92	229.10	21.89	11.58	23.27	13.85
1	14.10	16.19	62.27	142.60	17.25	13.75	21.69	22.34
10	10.68	19.44	81.69	158.42	17.61	15.21	19.08	25.48
100	10.34	18.48	68.55	243.01	18.29	14.34	22.69	30.34
1000	10.80	24.90	78.60	270.69	20.20	13.38	23.83	23.27
F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD _{0.05}	-	5.21	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 7 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อ
เปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก							
	ไมยราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าวนก		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ ขาวดอกมะลิ 105	
	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1	101.49	102.78	122.22	122.22	118.97	116.39	101.41	101.39
10	98.51	98.61	100.00	122.22	110.35	106.56	102.81	102.78
100	95.52	95.83	100.00	111.11	106.90	106.56	102.81	102.78
1000	86.57	91.67	105.56	111.11	106.90	101.64	102.81	102.78
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD _{0.05}	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 8 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อความยาวยอดและรากของวัชพืชและพืชปลูก

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	ความยาว (เซนติเมตร)							
	ไมยราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าวนก		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105	
	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	4.09	2.93	0.69	2.41	0.90	2.21	6.59	4.11
1	4.02	3.04	0.60	1.92	1.21	2.89	6.28	4.24
10	3.92	2.66	0.72	2.32	0.88	2.43	6.76	2.81
100	3.81	2.93	0.80	3.02	1.24	2.64	6.97	4.11
1000	1.55	1.37	0.73	4.17	1.78	2.90	7.46	5.39
F-test	*	*	ns	*	*	ns	ns	ns
LSD _{0.05}	0.97	0.76	-	0.95	0.26	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 9 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	ปริมาณ MDA (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)							
	ไมยราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าวนก		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105	
	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	10.03	12.39	51.35	96.75	15.24	15.72	11.44	14.28
1	11.23	12.32	54.15	91.80	11.62	15.25	13.74	28.20
10	12.08	12.94	46.71	64.74	11.88	12.08	14.18	24.00
100	8.73	12.74	66.15	69.17	10.73	12.15	15.21	33.50
1000	13.21	13.68	29.92	41.85	16.23	14.14	13.41	33.75
F-test	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
LSD _{0.05}	-	-	-	30.19	-	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 10 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก							
	ไมยราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าวนก		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ ขาวดอกมะลิ 105	
	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย	นับครั้ง แรก	นับครั้ง สุดท้าย
0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1	101.52	101.49	110.87	110.64	103.18	101.56	96.00	96.00
10	100.00	98.51	117.39	117.02	112.70	114.06	98.67	98.67
100	106.06	105.97	113.04	114.89	104.76	104.69	100.00	100.00
1000	109.09	107.46	117.39	117.02	109.52	109.38	94.67	94.67
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD _{0.05}	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 11 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อความยาวยอด
และรากของวัชพืชและพืชปลูก

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	ความยาว (เซนติเมตร)							
	ไมยราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าวนก		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105	
	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	3.31	2.62	0.45	1.38	1.04	4.08	6.57	5.17
1	3.42	2.53	0.54	2.04	0.94	4.62	6.11	4.30
10	3.66	2.97	0.59	2.12	0.90	4.30	6.29	5.31
100	3.94	2.82	0.70	3.43	0.88	4.34	6.90	5.74
1000	3.96	2.85	0.77	5.57	1.83	3.80	6.85	6.05
F-test	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns
LSD _{0.05}	-	-	-	1.49	0.16	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 12 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	ปริมาณ MDA (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)							
	ไมยราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าวนก		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105	
	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
0	12.22	28.52	100.26	127.89	3.49	0.89	18.83	25.45
1	10.18	26.01	120.07	121.39	4.01	0.81	14.37	28.53
10	16.18	21.16	57.97	88.84	4.19	0.88	13.37	19.36
100	8.10	18.3	44.03	61.58	3.88	0.79	13.54	25.4
1000	8.38	20.59	34.90	55.85	3.54	1.71	12.62	19.54
F-test	*	ns	*	ns	ns	*	*	ns
LSD _{0.05}	5.06	-	58.22	-	-	0.14	4.15	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 13 ผลของสารสกัดฟางข้าวที่แยกจากสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ที่มีสารประกอบและความเข้มข้นแตกต่างกันต่อความยาวยอดและรากของไมยราบยักษ์

	ความยาว (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)	
	ยอด	ราก
fraction 1	121.337	121.345
fraction 2	98.046	131.664
fraction 3	101.821	112.103
fraction 4	122.992	123.000
fraction 5	102.327	112.462
fraction 6	81.1593	80.571
F-test	*	*
LSD _{0.05}	11.952	12.716
0 มิลลิกรัมต่อลิตร	10.000	100.000
500 มิลลิกรัมต่อลิตร	108.404	128.108
1000 มิลลิกรัมต่อลิตร	105.437	112.447
F-test	ns	*
LSD _{0.05}	8.452	8.991

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 14 ผลของผลึกที่แยกจาก fraction 6 จากสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อความยาวยอดและรากของ ไมยราบยักษ์

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความยาว (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)	
	ยอด	ราก
0	10.000	100.000
500	108.404	128.108
1000	105.437	112.447
F-test	ns	ns
LSD _{0.05}	8.452	8.991

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก

Source of Variation	DF	Mean Square							
		เปอร์เซ็นต์การงอก							
		ไมยราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าว		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
		นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย
Concentration	4	156.67	156.67	156.67	156.67	5.04	5.04	42.17	6.94
		*	*	*	*	ns	ns	*	*
Error	10	36.67	36.67	36.67	36.67	17.64	17.64	6.49	6.94
CV (%)		5.9	5.9	5.9	5.9	4.2	4.2	2.4	2.6

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อความยาวยอดและความยาวรากของวัชพืชและพืชปลูก

Source of Variation	DF	Mean Square							
		ความยาว (เซนติเมตร)							
		ไม่ทราบชื่อยี่ห้อ		หญ้าปล้อง		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
		ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
Concentration	4	0.076	1.44	0.13	0.23	0.030	1.86	0.15	2.64
		ns	*	*	ns	ns	*	ns	*
Error	10	0.035	0.22	0.013	0.078	0.048	0.22	0.28	0.16
CV (%)		12.7	16.5	10.8	14.6	21.1	15.5	7.1	7.2

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย hexane ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก

Source of Variation	DF	Mean Square							
		ปริมาณ MDA (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)							
		ไม่ทราบชื่อยี่ห้อ		หญ้าปล้อง		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
		ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
Concentration	4	5.87	43.48	313.38	277.45	7.76	21.36	39.31	95.92
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Error	10	5.68	28.16	341.07	263.96	6.36	24.47	19.60	39.03
CV (%)		13.4	25.7	29.5	30.5	16.0	33.8	16.9	15.8

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก

Source of Variation	DF	Mean Square							
		เปอร์เซ็นต์การงอก							
		ไมยราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าวนก		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
		นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย
Concentration	4	126.39	150.37	294.90	216.16	182.51	241.34	12.602	10.117
		ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Error	10	56.80	74.85	85.07	114.95	95.04	88.22	12.602	22.044
CV (%)		7.9	9.1	9.1	10.6	9.9	9.6	3.5	4.7

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อความยาวยอดและความยาวรากของวัชพืชและพืชปลูก

Source of Variation	DF	Mean Square							
		ความยาว (เซนติเมตร)							
		ไมขราบยักษ์		หญ้าปล้อง		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
		ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
Concentration	4	0.062	0.068	0.021	0.062	0.017	0.41	0.90	0.0431
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Error	10	0.071	0.054	0.015	0.021	0.019	0.40	0.06	0.29
CV (%)		10.7	7.9	24.0	20.0	12.7	18.7	12.4	11.5

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย ethyl acetate ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก

Source of Variation	DF	Mean Square							
		ปริมาณ MDA (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)							
		ไมขราบยักษ์		หญ้าปล้อง		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
		ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
Concentration	4	7.59	42.14	197.08	17289	11.44	5.46	10.49	108.21
		ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Error	10	7.09	8.19	190.94	13596	6.25	5.28	37.22	58.14
CV (%)		23.6	15.2	18.7	57.5	13.1	16.7	27.7	33.1

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก

Source of Variation	DF	Mean Square							
		เปอร์เซ็นต์การงอก							
		ไมขราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าวฉาบ		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
		นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย
Concentration	4	105.59	53.82	277.78	259.26	142.69	122.55	4.76	4.63
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Error	10	41.43	19.68	203.70	629.63	71.34	41.92	11.90	8.10
CV (%)		6.7	4.5	13.5	22.1	7.8	6.1	3.4	2.8

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อความยาวยอดและความยาวรากของวัชพืชและพืชปลูก

Source of Variation	DF	Mean Square							
		ความยาว (เซนติเมตร)							
		ไมขราบยักษ์		หญ้าปล้องข้าวฉาบ		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
		ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
Concentration	4	3.50	1.45	0.016	2.31	0.39	0.27	0.58	2.50
		*	*	ns	*	*	ns	ns	ns
Error	10	0.29	0.17	0.014	0.27	0.021	0.44	0.79	1.01
CV (%)		15.4	16.1	17.2	18.9	12.0	25.4	13.1	24.3

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก

Source of Variation	DF	Mean Square							
		ปริมาณ MDA (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)							
		ไมขร่ายักษ์		หญ้าปล้องข้าว		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
		ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
Concentration	4	9.12	0.89	520.17	1477.34	17.76	8.68	5.72	194.78
		ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
Error	10	5.61	6.35	203.93	267.12	21.45	16.90	6.82	91.44
CV (%)		21.4	19.7	28.8	22.3	35.3	29.6	19.2	35.8

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของวัชพืชและพืชปลูก

Source of Variation	DF	Mean Square							
		เปอร์เซ็นต์การงอก							
		ไมขร่ายักษ์		หญ้าปล้องข้าว		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
		นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย	นับครั้งแรก	นับครั้งสุดท้าย
Concentration	4	49.56	44.74	153.12	153.46	77.10	100.34	17.60	17.50
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Error	10	26.02	22.28	252.36	369.40	34.77	38.09	5.33	5.33
CV (%)		4.9	4.6	14.2	17.2	5.6	5.8	2.4	2.4

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อความยาวยอดและความยาวรากของวัชพืชและพืชปลูก

Source of Variation	DF	Mean Square							
		ความยาว (เซนติเมตร)							
		ไม่ขรบบยักษ์		หญ้าปล้อง		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
		ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
Concentration	4	0.26	0.097	0.047	8.29	0.49	0.28	0.35	1.33
		ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns
Error	10	0.075	0.072	0.021	0.67	0.0076	0.17	1.70	0.49
CV (%)		7.5	9.8	23.8	28.2	7.8	9.6	6.3	13.1

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่สกัดด้วยน้ำที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อปริมาณ MDA ของวัชพืชและพืชปลูก

Source of Variation	DF	Mean Square							
		ปริมาณ MDA (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)							
		ไม่ขรบบยักษ์		หญ้าปล้อง		ผักกาดขาวปลี		ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
		ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก	ยอด	ราก
Concentration	4	33.21	53.09	4097.59	3291.87	0.27	0.46	18.32	49.05
		*	ns	*	ns	ns	*	*	ns
Error	10	7.73	39.08	1024.27	1452.71	0.23	0.0056	5.04	15.44
CV (%)		25.2	27.3	44.8	41.8	12.6	7.4	15.4	16.6

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารสกัดฟางข้าวที่แยกจากสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ที่มีสารประกอบและความเข้มข้นแตกต่างกันต่อความยาวยอดและรากของไมยราบยักษ์

Source of Variation	DF	Mean Square	
		ความยาว (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)	
		ยอด	ราก
Solvent (S)	5	2202.68 *	2824.45 *
Concentration (C)	2	326.974 ns	3570.69 *
S × C	10	1071.97 *	1206.70 *
Error	36	152.711	172.843
CV (%)		11.9	11.7

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลึกที่ แยกจาก fraction 6 ที่แยกจากสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อความยาวยอดและรากของไมยราบยักษ์

Source of Variation	DF	Mean Square	
		ความยาว (เปอร์เซ็นต์ของชุดควบคุม)	
		ยอด	ราก
Concentration (C)	2	326.974	3570.69
		ns	ns
Error	6	152.711	172.843
CV (%)		11.9	11.7

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นายธีระ วัชรมงคล
เกิดวันที่	26 พฤษภาคม 2528
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เกียรตินิยมอันดับ 1
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
รางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนมูลนิธิศาสตราจารย์ ดร. แถบ นีละนิธิ (พ.ศ. 2551)