ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชไร่นา

สาขา

พืชไร่นา

ภาควิชา

เรื่อง ความเป็นพิษต่อพืชทดสอบและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในดินของสาร MBOA

Phytotoxicity of MBOA on Test Plants and the Changes in Its Concentration in Soil

นามผู้วิจัย นางสาวภัทรนภา สกุณวัฒน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ทศพล พรพรหม, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์นวรัตน์ อุดมประเสริฐ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยสิทธิ์ ทองจู, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์สนธิชัย จันทร์เปรม, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วัน ..... เดือน ..... พ.ศ .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ความเป็นพิษต่อพืชทดสอบและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในดินของสาร MBOA

Phytotoxicity of MBOA on Test Plants and the Changes in Its Concentration in Soil

โดย

นางสาวภัทรนภา สกุณวัฒน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภัทรนภา สกุณวัฒน์ 2553: ความเป็นพิษต่อพืชทดสอบและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในดินของสาร MBOA ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่นา ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ทศพล พรพรหม, Ph.D. 65 หน้า

การศึกษาความเป็นพิษต่อพืชทดสอบบางชนิดและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในดินของสาร MBOA (6-methoxy-2-benzoxazolinone) ได้ดำเนินการทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการที่ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม และที่ห้องปฏิบัติการ Life and Environmental Science มหาวิทยาลัยทซึคุบะ ประเทศญี่ปุ่น ในช่วงระหว่างเดือนมกราคม 2550 – กันยายน 2551 การประเมินประสิทธิภาพของการใช้สาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ โดยการทดสอบทางชีววิธีในพืชทดสอบ ได้แก่ ก้นจ้ำขาวดอกใหญ่ สาบแร้งสาบกา และข้าวพันธุ์ กข 6 พบว่า ระดับความเข้มข้นของสาร MBOA 1 มิลลิโมลาร์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทดสอบได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในลักษณะของความยาวส่วนราก การศึกษาความเป็นพิษต่อพืชของสาร MBOA ในดินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ โดยการทดสอบทางชีววิธีในข้าวพันธุ์ Nipponbare พบว่า ความเป็นพิษต่อพืชในทรายสูงที่สุด รองลงมาคือ ชุดดิน Ryugasaki และชุดดิน Tennodai ตามลำดับ นอกจากนี้ ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA ในดิน ที่ 0, 1, 2 และ 3 วันหลังจากได้รับสาร โดยใช้การปั่นเหวี่ยงด้วย double tubes เพื่อแยกน้ำในดินออกจากดิน แล้วทำการวัดปริมาณความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดิน และดิน โดยการใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) พบว่า ความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดินของชุดดิน Ryugasaki สูงกว่าชุดดิน Tennodai อย่างไรก็ตาม ปริมาณของสาร MBOA ที่ถูกดูดซับในชุดดิน Tennodai สูงกว่าในชุดดิน Ryugasaki จะเห็นได้ว่า ความเป็นพิษต่อพืชของสาร MBOA ในชุดดิน Ryugasaki และชุดดิน Tennodai มีความแตกต่างกัน จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของสาร MBOA ในดินถูกชักนำจากความเข้มข้นของสารดังกล่าวของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ โดยการประเมินในขั้นต้นจากการดูดซับของสารในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอินทรียวัตถุภายในดิน

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Pattaranapa Sakoonawat 2010: Phytotoxicity of MBOA on Test Plants and the Changes in Its Concentration in Soil. Master of Science (Agriculture), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Associate Professor Tosapon Pornprom, Ph.D. 65 pages.

This study of phytotoxicity of MBOA (6-methoxy-2-benzoxazolinone) on some test plants and the changes in its concentration in soil was carried out in the laboratory at the Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom and Laboratory of Life and Environmental Science, University of Tsukuba, Japan during January, 2007 - September, 2008. The efficacy of various concentrations of MBOA by plant bioassay in *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. Biq., *Ageratum conyzoides* Linn., and *Oryza sativa* Linn. var. RD 6 was evaluated. The results showed that MBOA at 1 mM can inhibit growth of all test plants especially in root length. The phytotoxicity of various concentrations of MBOA in the soil was determined using plant bioassay in *Oryza sativa* Linn. cv. Nipponbare. The results indicated that the phytotoxicity of MBOA was the highest in sea sand, followed by Ryugasaki and Tennodai soil, respectively. In addition, the concentration of MBOA in the soil was investigated at 0, 1, 2 and 3 days after application. By centrifugation method using double tubes, the soil water was separated from the applied-soil. The amount of MBOA in the soil water and the centrifuged-soil were then measured by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). The results indicated that MBOA concentration in the soil water in Ryugasaki soil was higher than Tennodai soil. However, the amount of MBOA adsorbed in Tennodai soil was higher than that of Ryugasaki soil which was closely related with the different phytotoxicity of MBOA between the two soils. These results suggested that MBOA concentration in the soil was induced substantially by its concentration in plant-available soil water which was primarily determined by its adsorption in soil, mostly in soil organic matter.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ทศพล พรพรหม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร. นวรัตน์ อุดมประเสริฐ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยสิทธิ์ ทองจู อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งได้กรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำในด้านการทดลอง และเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณ ดร. วิทิตร ใจอารีย์ ประธานในการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย และ ดร. ปาริชาติ เบิร์นส ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์จากภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และอบรมสั่งสอนจนสำเร็จการศึกษา ขอกราบขอบพระคุณ Prof. Dr. Katsuichiro Kobayashi, Graduate School of Life and Environmental Science, University of Tsukuba ประเทศญี่ปุ่น ที่ได้ให้ความรู้ และคำปรึกษาแนะนำต่าง ๆ ในช่วงระหว่างที่ทำการศึกษาวิจัยในต่างประเทศ ตลอดจนเพื่อน ๆ ในห้องปฏิบัติการที่ได้ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด รวมทั้งขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ นิสิตภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการศึกษาตลอดมา

ภัทรนภา สกุณวัฒน์

มีนาคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์	15
วิธีการ	17
ผลและวิจารณ์	20
สรุปและข้อเสนอแนะ	40
สรุป	40
ข้อเสนอแนะ	41
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	42
ภาคผนวก	52

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลของสาร MBOA ต่อการเจริญเติบโตของก้นจ้ำขาวดอกใหญ่	22
2	ผลของสาร MBOA ต่อการเจริญเติบโตของสาบแร้งสาบกา	23
3	ผลของสาร MBOA ต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข 6	24
4	ผลของความเข้มข้นของสาร MBOA ต่อความยาวส่วนเหนือดิน และส่วนรากของข้าวพันธุ์ Nipponbare ในทราย ชุดดิน Ryugasaki และ Tennodai ที่ 4 วันหลังจากได้รับสาร	28
5	ความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดิน ในชุดดิน Ryugasaki และ Tennodai หลังจากได้รับสาร (วัน)	34
6	ปริมาณของสาร MBOA ในดินของชุดดิน Ryugasaki และ Tennodai หลังจากได้รับสาร (วัน)	36

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของชุดดิน Ryugasaki และ Tennodai	53
2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนเหนือดินในก้นจ้ำขาวดอกใหญ่ หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	54
3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนรากในก้นจ้ำขาวดอกใหญ่ หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	54
4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสะสมน้ำหนักสดในก้นจ้ำขาวดอกใหญ่ หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	55
5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสะสมน้ำหนักแห้งในก้นจ้ำขาวดอกใหญ่ หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	55
6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนเหนือดินในสาบแร้งสาบกา หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	56
7	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนรากในสาบแร้งสาบกา หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	56
8	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสะสมน้ำหนักสดในสาบแร้งสาบกา หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	57
9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสะสมน้ำหนักแห้งในสาบแร้งสาบกา หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	57
10	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนเหนือดินในข้าวพันธุ์ กข 6 หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	58
11	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนรากในข้าวพันธุ์ กข 6 หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	58
12	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสะสมน้ำหนักสดในข้าวพันธุ์ กข 6 หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	59
13	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสะสมน้ำหนักแห้งในข้าวพันธุ์ กข 6 หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	59
14	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนเหนือดินในข้าวพันธุ์ Nipponbare หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
15	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนรากในข้าวพันธุ์ Nipponbare หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	60
16	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดินที่ 0 วันหลังจากได้รับสาร	61
17	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดิน ที่ 1 วันหลังจากได้รับสาร	61
18	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดิน ที่ 2 วันหลังจากได้รับสาร	62
19	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดิน ที่ 3 วันหลังจากได้รับสาร	62
20	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสาร MBOA ในดิน ที่ 1 วันหลังจากได้รับสาร	63
21	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสาร MBOA ในดิน ที่ 2 วันหลังจากได้รับสาร	63
22	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสาร MBOA ในดิน ที่ 3 วันหลังจากได้รับสาร	64

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างทางเคมีของสาร MBOA (6-methoxy-2-benzoxazolinone)	6
2	รูปแบบการตรวจวัดปริมาณของสาร MBOA ในดิน และน้ำในดินโดยการใช้ Double tubes	8
3	ส่วนประกอบหลักของ HPLC	9
4	ระบบการทำงานของ HPLC	10
5	ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นและความเป็นพิษของสารอัลลิโลพาธิคในดิน	12
6	ผลของสาร MBOA ต่อความยาวส่วนเหนือดิน (ก) และส่วนราก (ข) ของข้าวพันธุ์ Nipponbare ในทราย ชุดดิน Ryugasaki และ Tennodai ที่ 4 วันหลังจากได้รับสาร	27
7	ผลของสาร MBOA ต่อความยาวส่วนเหนือดิน และส่วนรากของข้าวพันธุ์ Nipponbare ในชุดดิน Ryugasaki ที่ 4 วันหลังจากได้รับสาร	29
8	ผลของสาร MBOA ต่อความยาวส่วนเหนือดิน (ก) และส่วนราก (ข) ของข้าวพันธุ์ Nipponbare ในชุดดิน Ryugasaki ที่ 4 วันหลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์	30
9	ผลของสาร MBOA ต่อความยาวส่วนเหนือดิน และส่วนรากของข้าวพันธุ์ Nipponbare ในชุดดิน Tennodai ที่ 4 วันหลังจากได้รับสาร	31
10	ผลของสาร MBOA ต่อความยาวส่วนเหนือดิน (ก) และส่วนราก (ข) ของข้าวพันธุ์ Nipponbare ในชุดดิน Tennodai ที่ 4 วันหลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์	32
11	การดูดซับของสาร MBOA ในชุดดิน Tennodai (ก) และ Ryugasaki (ข) ที่ 1, 2 และ 3 วันหลังจากได้รับสาร	37

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเป็นพิษต่อพืชทดสอบและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในดินของสาร MBOA

Phytotoxicity of MBOA on Test Plants and the Changes in Its Concentration in Soil

คำนำ

ในช่วงที่ผ่านมาการทำการเกษตรแผนใหม่ได้มีการนำสารกำจัดวัชพืชมาใช้ในการควบคุมวัชพืช ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างมากจากเกษตรกร เนื่องจากสะดวก ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย และใช้แรงงานน้อย รวมทั้งยังทำลายวัชพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพและเห็นผลเร็วกว่าการใช้วิธีการกำจัดวัชพืชด้วยวิธีการอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตาม ผลจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรที่มากเกินความจำเป็นเริ่มส่งผลกระทบต่อวิกฤตการณ์ทางด้านสภาพแวดล้อม ความปลอดภัยของเกษตรกรและผู้บริโภค กล่าวคือ มีการตกค้างของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม ดินและสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมเร็วมากขึ้น ส่งผลให้ระบบนิเวศเสียไปอย่างสิ้นเชิง รวมทั้งมีการปนเปื้อนของสารเคมีในอาหาร ตลอดจนก่อให้เกิดปัญหาวัชพืชต้านทานสารกำจัดวัชพืชที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตามมา (Patrick and Wright, 2002) ซึ่งการค้นคว้าวิจัยทางด้านการจัดการวัชพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับการใช้สารผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากธรรมชาติ (natural herbicide) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาระบบการผลิตทางการเกษตร โดยไม่มีผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ใช้เทคโนโลยี ผู้บริโภค ผลผลิต และสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากในปัจจุบันกระแสการดูแลรักษาเกี่ยวกับเรื่องสุขภาพของประชากรโลกเริ่มมีมากขึ้น ทำให้ผู้บริโภคหันมาใส่ใจในการเลือกซื้อผลผลิตที่มีความปลอดภัยทางด้านอาหารและสิ่งแวดล้อม (food and environmental safety) จึงมีความพยายามในการรณรงค์ให้มีการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชให้ถูกวิธี และลดการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชลง ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับสารผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากธรรมชาติกันมากขึ้น สำหรับนำมาใช้ในการควบคุมวัชพืช ซึ่งจะเป็นการช่วยลดหรือทดแทนการใช้สารกำจัดวัชพืชได้ เพื่อความปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตต่อไป โดยที่ได้มีรายงานว่า สารสกัดจากใบของบัวตอง (*Tithonia diversifolia* Hemsl. A. Gray) มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตส่วนต้นและส่วนรากของผักกาดหอม ข้าว ข้าวฟ่าง กกทราย และผักโขม (Tongma *et al*., 1998) ต่อมา Chung *et al*. (2002) ได้รายงานว่า สารสกัดจากส่วนใบข้าว เปลือกข้าว และฟางข้าว มีผลในการยับยั้งการงอกของเมล็ดหญ้าข้าวนก นอกจากนี้ยังได้มีรายงานว่า สารสกัดจากใบข้าว (*Oryza sativa* L.) มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หญ้าข้าวนก กกขนาก และกกทราย (Kong *et al*., 2004) เช่นเดียวกับสารสกัดจากผักกาดหอมพันธุ์ Cheongchima ที่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของรากถั่วอัลฟาฟ่า (Chon *et al*., 2005)

สาร MBOA (6-methoxy-2-benzoxazolinone) จัดเป็นสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) ที่ได้จากการสลายตัวของ primary benzoxazinoids คือ สาร 2, 4-dihydroxy-7-methoxy-2-11-4-benzoxin-3-(4H)-one (DIMBOA) ซึ่งเป็นกรดไฮดรอกซามิคที่รวมตัวกันเป็นกลูโคไซด์ภายในแวคิวโอล และจะถูกปลดปล่อยโดยการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ β-glucosidases (Megan and Kohn, 2008) นอกจากนี้ ได้มีรายงานว่า สาร MBOA มักจะพบในธัญพืชพวกข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าวไรย์ เป็นต้น (Yenish, 1995) โดยที่สาร MBOA มีผลในการยับยั้งการงอกของผักกาดหอม ทำให้เกิดการยับยั้งกิจกรรมของแอลฟาอะไมเลส (α-amylase) ที่มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนรูปคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาล ซึ่งเป็นสารสำคัญที่พืชใช้ในการงอกของเมล็ด (Kato-Noguchi and Macias, 2005) รวมทั้งมีผลในการยับยั้งการงอกของพืชทดสอบชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ข้าว ข้าวสาลี ข้าวไรย์ หัวหอม ข้าวโอ๊ต หญ้าข้าวนก ผักกาดหอม มะเขือเทศ แครอท และบานไม่รู้โรย เป็นต้น (Kato-Noguchi and Macias, 2008) ต่อมา Daigo *et al*. (2008) ได้ทำการศึกษาความเป็นพิษของสารทุติยภูมิจากสารสกัดจากหญ้าโขย่ง พบว่า มีสาร MBOA ในปริมาณที่สูงกว่าสารชนิดอื่น ๆ ซึ่งในประเทศไทยได้มีการรายงานจากเกษตรกรในเขตพื้นที่ อ.แจ้ห่ม จ.ลำปาง ว่าได้มีการนำหญ้าโขย่งมาใช้ในการควบคุมวัชพืชในระบบการผลิตพืชผัก (สุญญตา และคณะ, 2551; Sunyata and Pornprom, 2010) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเกี่ยวกับศักยภาพของสาร MBOA ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชจากธรรมชาติที่สกัดได้จากหญ้าโขย่งยังไม่ชัดเจน ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสาร MBOA ที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบบางชนิด รวมทั้งศึกษาผลของสาร MBOA ในดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าว ตลอดจนศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA ในดินโดยใช้เทคนิค Doubles tubes และ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยเชื่อว่า ศักยภาพทางอัลลิโลพาธีของสาร MBOA นี้ อาจจะสามารถพัฒนาไปเป็นสารต้นแบบในการผลิตสารผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากธรรมชาติชนิดใหม่ที่มีความปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะเป็นการช่วยลดหรือทดแทนการใช้สารกำจัดวัชพืชที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการจัดการวัชพืชในระบบการผลิตพืชที่เป็นแบบการเกษตรยั่งยืนต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินศักยภาพทางอัลลิโลพาธิคเบื้องต้นของสาร MBOA ที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบบางชนิด

2. ศึกษาผลของสาร MBOA ในดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าว เพื่อใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในดินของสาร MBOA ที่มีต่อพืชทดสอบ

3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA ในดิน โดยใช้ Double tubes และ HPLC เพื่อใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ของความเข้มข้นในดินของสาร MBOA ที่ส่งผลต่อความเป็นพิษในพืชทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

อัลลิโลพาธี (allelopathy)

อัลลิโลพาธี (allelopathy) มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก 2 คำ คือ alleon หมายถึง ซึ่งกันและกัน (of each other) กับ pathos หมายถึง เดือดร้อน หรือทำให้เกิดอันตราย (to suffer-the injurious effect of one upon another) โดย Putnam (1985) ได้ให้ความหมายของอัลลิโลพาธีว่า เป็นผลกระทบในทางที่เป็นอันตรายของพืชชั้นสูงชนิดหนึ่ง (เรียกว่า ผู้ให้) ที่มีต่อการงอก การเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืชอีกชนิดหนึ่ง (เรียกว่า ผู้รับ) กล่าวคือ อัลลิโลพาธีจะเกี่ยวข้องกับสารประกอบทางเคมีที่พืชต้นหนึ่งปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม และไปมีผลทั้งในการกระตุ้น (stimulatory) หรือการยับยั้ง (inhibitory) ต่อการเจริญเติบโตของพืชชนิดอื่น ๆ รวมทั้งจุลินทรีย์ด้วย ซึ่งสารดังกล่าวนี้เรียกว่า สารอัลลิโลพาธิค (allelopathic substances) ในพืชส่วนใหญ่จะเป็นสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) เกิดจากการที่พืชชนิดหนึ่งสร้างสารเคมีธรรมชาติ หรือจากการที่สารนั้นถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ เพื่อไปรบกวนหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ตั้งแต่เริ่มงอกจนถึงระยะต่าง ๆ ดังนั้นหากสามารถคัดเลือกหาพืชที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งต่อการเจริญเติบโตของวัชพืช แล้วมีการจัดการนำมาปลูกร่วมในระบบการปลูกพืช เช่น การปลูกเป็นพืชหมุนเวียน พืชข้างเคียง (companion crop) หรือพืชคลุมดินจะช่วยลดการเจริญเติบโตของวัชพืชได้ ซึ่งในการจัดการวัชพืชโดยอาศัยหลักการของอัลลิโลพาธีที่เป็นไปได้ จะเกี่ยวข้องในการยับยั้งการงอกของเมล็ดและ/ หรือการเจริญเติบโตของต้นกล้าวัชพืช

สารอัลลิโลพาธิคสามารถเข้าสู่พืชและสิ่งแวดล้อมได้หลายทาง เช่น การระเหย (volatilization) การชะล้าง (leaching) การปลดปล่อยทางราก (root exudation) และการย่อยสลายของเศษซากพืช (decomposition of plant residues) เป็นต้น ทั้งนี้ได้มีรายงานว่า มีพืชจำนวน 90 ชนิดที่มีศักยภาพทางอัลลิโลพาธิค (Putnam and Weston, 1986) เช่น ในข้าวสาลี พบว่า สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดข้าวโอ๊ตป่าได้ (Pérez, 1990) รวมถึงมันเทศที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของรากของหญ้าแห้วหมู (Harrison and Paterson, 1991) ในขณะที่ Narwal (1994) ได้รายงานไว้ว่า มีวัชพืชจำนวน 129 ชนิดที่มีศักยภาพทางอัลลิโลพาธิ ซึ่งมีสารประกอบพวก phenolic เป็นองค์ประกอบหลัก (Inderjit, 1998; Ferreira *et al*., 1998; Wang *et al*., 1998; Burhan and Shaukat, 2000; Shaukat *et al*., 2003) รวมทั้งมีการตรวจวัดความเข้มข้นของสารอัลลิโลพาธิคในดินตลอดกระบวนการดูดซับ การชะล้าง ตลอดจนการย่อยสลายทั้งด้านเคมีและจุลชีววิทยา (Blum, 1999; Inderjit *et al*., 1999) นอกจากนี้ Geary (2002) ได้รายงานว่า ข้าวพันธุ์ PI 312777 มีศักยภาพทางอัลลิโลพาธิค โดย

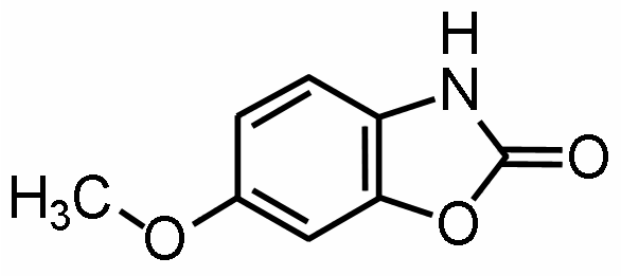
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกได้ ต่อมาได้มีรายงานว่า สาร Momilactone B ซึ่งเป็นสารอัลลิโลพาธิคในต้นข้าว สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดได้ (Ino and Kato, 2003) ในขณะที่ Batlang and Shushu (2007) ได้รายงานไว้ว่า สารสกัดจากใบ และรากของทานตะวัน สามารถยับยั้งการงอก การเจริญเติบโต การออกดอก และลดการสะสมน้ำหนักแห้งของถั่วลิสง ต่อมา Han *et al*. (2008) ได้รายงานไว้ว่า สารสกัดจากส่วนไหล ลำต้น และใบของขิง สามารถยับยั้งการงอก และการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง และต้นหอมได้ โดยที่สามารถยับยั้งการดูดน้ำของพืช และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในพืชทั้งสองชนิด นอกจากนี้ มีรายงานว่า สารสกัดจากเปลือก และใบของสะเดาสามารถยับยั้งการงอก และการเจริญเติบโตของพืชทดสอบบางชนิดได้ เช่น ถั่วอัลฟาฟ่า ข้าว ผักกาดหอม แครอท และงา เป็นต้น ตลอดจนวัชพืชบางชนิด เช่น หญ้าข้าวนก ขาเขียด และโสนหางไก่ เป็นต้น ต่อมา Daigo *et al*. (2008) ได้ทำการศึกษาความเป็นพิษของสารทุติยภูมิจากสารสกัดจากหญ้าโขย่ง พบว่า มีสาร MBOA (6-methoxy-2-benzoxazolinone) ในปริมาณที่สูงกว่าสารชนิดอื่น ๆ ซึ่งส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทดสอบบางชนิด ได้แก่ ข้าว และผักกาดหอม เป็นต้น จะเห็นได้ว่า สาร MBOA มีศักยภาพทางอัลลิโลพาธีในการควบคุมวัชพืช

สาร MBOA (6-methoxy-2-benzoxazolinone)

สาร MBOA (6-methoxy-2-benzoxazolinone) มีสูตรโมเลกุล $C_8H_7NO_3$ น้ำหนักโมเลกุล 165.15 กรัม (ภาพที่ 1) จัดเป็นสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) ที่ได้จากการสลายตัวของ primary benzoxazinoids คือ สาร 2, 4-dihydroxy-7-methoxy-2-11-4-benzoxin-3-(4H)-one (DIMBOA) ซึ่งเป็นกรดไฮดรอกซามิคที่รวมตัวกันเป็นกลูโคไซด์ภายในแวคิวโอล และถูกปลดปล่อยออกมาจากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ β-glucosidases (Megan and Kohn, 2008) เมื่อสาร MBOA เกิดการสลายตัวในดินจากการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ จะทำให้ได้สาร 2-amino-7-methoxy-3*H*-phenoxazin-3-one (AMPO) และสารผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือ 2-acetylamino-7-methoxyphenoxazin-3-one (AAMPO) (Thomas *et. al.,* 2006)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของสาร MBOA (6-methoxy-2-benzoxazolinone)
ที่มา: Kato-Noguchi (2008)

สาร MBOA มักจะพบในธัญพืชพวกข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าวไรย์ เป็นต้น (Yenish, 1995) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับความต้านทานต่อแมลงต่าง ๆ รวมทั้งเชื้อรา และแบคทีเรีย (Frey *et al.*, 1997; Yue *et al*., 1998; Bravo and Copaja, 2002; Glen *et al*., 2002) จะเห็นได้ว่า สาร MBOA มีศักยภาพทางอัลลิโลพาธีในการควบคุมศัตรูพืชทางการเกษตรที่ได้รับความสนใจ เนื่องจากการมีกิจกรรมทางอัลลิโลพาธิคต่อพืชทดสอบหลายชนิด (Barnes and Putnam, 1987; Niemeyer, 1998; Inderjit and Duke, 2003; Belz and Hurle, 2004) โดยที่ได้มีรายงานว่า สาร MBOA สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชได้หลายชนิด (Pérez, 1990; Hayashi *et al.,* 1994; Kato-Noguchi *et al.*, 1998; Kato-Noguchi, 2000) ซึ่งสาร MBOA ไปยับยั้งกิจกรรมของออกซิน ส่งผลให้เกิดการตายของตายอดในถั่วลันเตา (Nakajima *et al*., 2001) สารสกัดที่ได้จากส่วนต้น และรากของข้าวไรย์ พบว่ามีกรดไฮดรอกซามิค คือ สาร MBOA เป็นสารทุติยภูมิสำคัญที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของรากในผักกาดหอม และมะเขือเทศ (Rice *et al*., 2005) นอกจากนี้ได้มีรายงานว่า สาร MBOA มีผลในการยับยั้งการงอกของผักกาดหอม โดยไปยับยั้งกิจกรรมของแอลฟาอะไมเลส (α-amylase) มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนรูปคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาล ซึ่งเป็นสารสำคัญที่พืชใช้ในการงอกของเมล็ด (Kato-Noguchi and Macias, 2005) รวมทั้งมีผลในการยับยั้งการงอกของพืชทดสอบชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ข้าว ข้าวสาลี ข้าวไรย์ หัวหอม ข้าวโอ๊ต หญ้าข้าวนก ผักกาดหอม มะเขือเทศ แครอท และบานไม่รู้โรย เป็นต้น (Kato-Noguchi and Macias, 2008) ต่อมา Kato-Noguchi (2008) ได้รายงานไว้ว่า สาร MBOA สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดข้าวบาร์เล่ย์ได้ โดยการยับยั้ง gibberellin ทำให้กิจกรรมของ α-amylase ถูกยับยั้งในส่วนของ embryo ของเมล็ดข้าวบาร์เล่ย์ นอกจากนี้ ได้มีรายงานว่า สาร MBOA สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของรากต้นกล้าของถั่วเขียว (Singh *et al*., 2005) ต่อมา Daigo *et al*. (2008) ได้ทำการศึกษาความเป็นพิษของ สารสกัดจากหญ้าโขย่ง พบว่ามีสาร MBOA ในปริมาณที่สูงกว่าสารชนิดอื่น ๆ ซึ่งในประเทศไทยได้มีการรายงานจากเกษตรกรในเขตพื้นที่ อ.แจ้ห่ม จ.ลำปาง ว่าได้มีการนำหญ้าโขย่งมาใช้ในการควบคุมวัชพืชในระบบการผลิตพืชผัก (สุญญตา และคณะ, 2551; Sunyata and Pornprom, 2010) จะเห็นได้ว่า สาร MBOA มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศักยภาพทางอัลลิโลพาธีในการควบคุมวัชพืช อาจจะสามารถพัฒนาไปเป็นสารต้นแบบในการผลิตสารผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากธรรมชาติ (natural herbicide) ที่เป็นการอาศัยกิจกรรมทางอัลลิโลพาธีของพืชบางชนิด ซึ่งนับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการควบคุมวัชพืช ในการพัฒนาระบบการผลิตทางการเกษตรโดยไม่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (Kohli *et al*., 1998) โดยที่จะช่วยลดหรือทดแทนการใช้สารกำจัดวัชพืช สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการจัดการวัชพืชในระบบการผลิตพืชที่เป็นแบบเกษตรยั่งยืนต่อไป

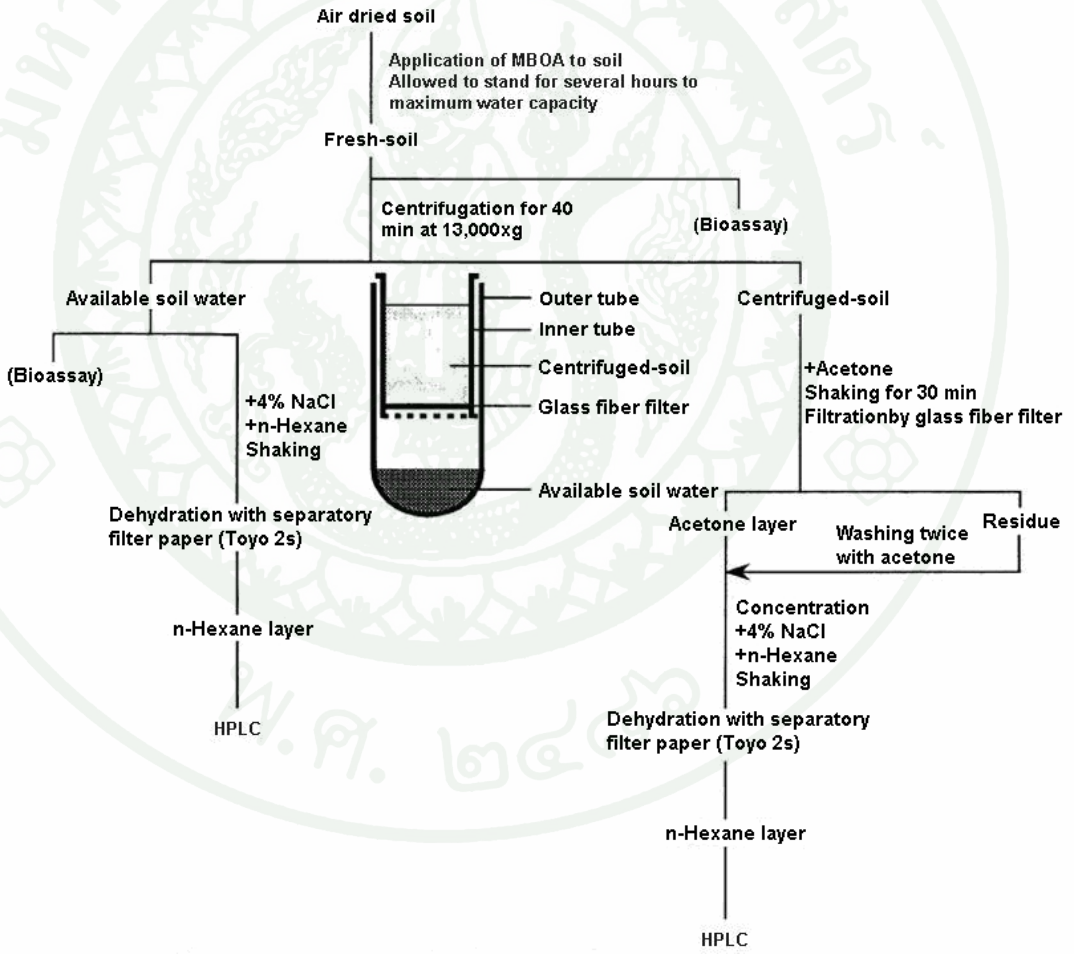
การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารอัลลิโลพาธิคโดยใช้ Double tubes และ HPLC

สารอัลลิโลพาธิคเมื่อถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของดิน (Cheng, 1995; Schmidt and Ley, 1999) เมื่อพืชอื่นได้รับสารเข้าไปจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยผลกระทบทางตรงนั้นจะเป็นผลที่มีต่อลักษณะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตและกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ของพืช ส่วนผลกระทบทางอ้อมนั้น จะเป็นผลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางคุณสมบัติของดิน สภาพของธาตุอาหาร การเปลี่ยนแปลงประชากรและกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน ทั้งที่เป็นอันตรายและเป็นประโยชน์ นอกจากนี้ ยังมีผลกระทบต่อกระบวนการต่าง ๆ ในพืช ได้แก่ การแบ่งตัวและยืดตัวของเซลล์ การทำงานของฮอร์โมน การดูดซึมธาตุอาหารของพืช การสังเคราะห์แสงและกระบวนการที่เกี่ยวข้อง การหายใจ การสังเคราะห์โปรตีน ความสามารถในการยอมให้สารซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ (membrane) การสังเคราะห์เล็กฮีโมโกลบิน (leghaemoglobin) และการตรึงไนโตรเจน (Rizvi and Rizvi, 1992) โดยมีการทดสอบศักยภาพทางอัลลิโลพาธีในสภาพธรรมชาติโดยการทดสอบทางชีววิธี (bioassay test) สามารถตรวจสอบได้จากความเข้มข้นการเจือปนของสารอัลลิโลพาธิคในส่วนของน้ำในดิน (soil water) ที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ ทั้งนี้ การศึกษาวิจัยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในดินของสาร MBOA สามารถพิจารณาโดยการใช้หลักการของ Double tubes และสามารถวิเคราะห์โดยการใช้เทคนิค HPLC ในการตรวจหาปริมาณของสาร MBOA ทั้งในส่วนที่มีการปนเปื้อนของน้ำในดิน และส่วนที่ถูกดูดซับบนอนุภาคของดิน

หลักการของ Double tubes ประกอบด้วย หลอดอลูมิเนียม 2 หลอดซ้อนกัน (ภาพที่ 2) โดยอาศัยการปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบสูง เพื่อแยกส่วนอนุภาคของดินที่เป็นของแข็ง (solid phase) จะตกค้างอยู่ในหลอดด้านใน และน้ำในดิน (soil water) ซึ่งจะอยู่ในหลอดด้านนอก ในส่วนของน้ำในดินสามารถนำไปวิเคราะห์ปริมาณสาร MBOA ด้วย HPLC ต่อไป ในขณะที่อนุภาคของดินส่วนที่เป็นของแข็งนั้น จะต้องผ่านขั้นตอนการเตรียมก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยประยุกต์ใช้ตามวิธีของ Kobayashi *et al.* (1994) ซึ่งจะนำดินที่เหลือค้างจากหลอดด้านในจำนวน 1 กรัม มาสกัดด้วย acetronitrile (ACN) 80 เปอร์เซ็นต์ จากนั้น นำสารที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสาร MBOA ด้วย HPLC ซึ่งจะสอดคล้องกับ Kobayashi *et al.* (1999) ที่ได้รายงานไว้ว่า มีการใช้การปั่นเหวี่ยงด้วย double tubes ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและความเป็นพิษของสาร pretilachlor ที่มีต่อข้าวในชุดดิน Utsunomiya ต่อมา Takahashi *et al.* (2000) ได้มีการศึกษาความเป็นพิษและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร cafenstrole ที่มีต่อข้าว และหญ้าข้าวนก โดยการใช้ Double tubes ในการแยกน้ำในดินก่อนนำไปวิเคราะห์โดยการใช้ HPLC นอกจากนี้ Miyauchi *et al.* (2002) ยังได้รายงานไว้ว่า มีการใช้ double tubes ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร pretilachlor, dymron และ fenclorim ที่มีต่อข้าว

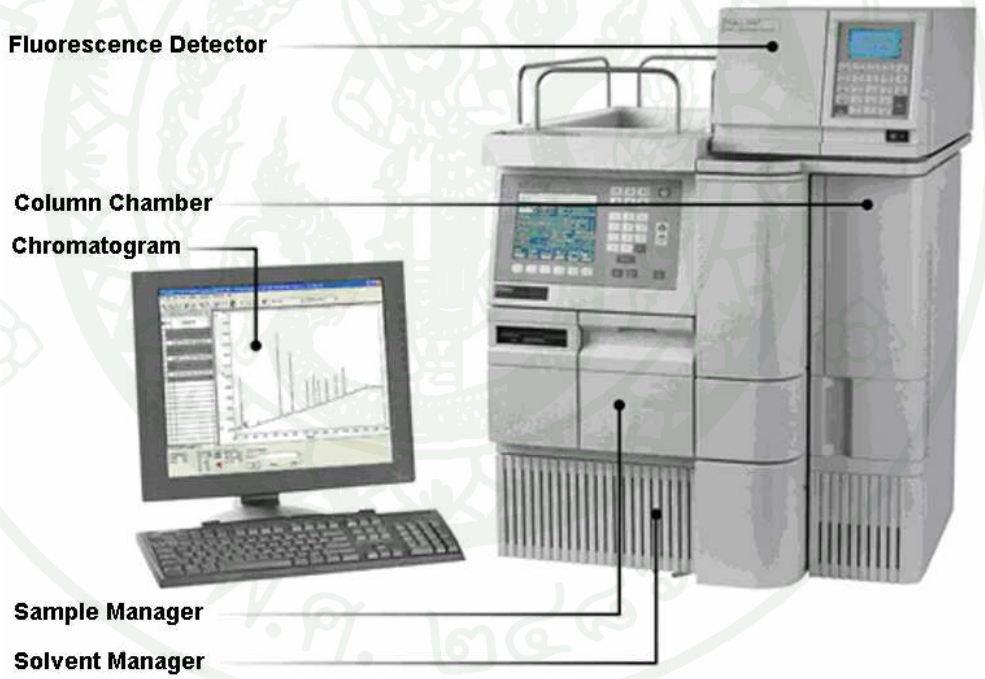


ภาพที่ 2 รูปแบบการตรวจวัดปริมาณของสาร MBOA ในดิน และน้ำในดิน โดยการใช้ Double tubes

ที่มา: Kobayashi *et al.* (1994)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หลักการของ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) เป็นเครื่องมือใช้สำหรับแยกสารประกอบที่สนใจที่ผสมอยู่ในตัวอย่าง (ภาพที่ 3) กล่าวคือ ในกระบวนการแยกสารประกอบที่สนใจ จะเกิดขึ้นระหว่างเฟส 2 เฟส คือ เฟสอยู่กับที่ (stationary phase) กับเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ซึ่งสารจะถูกแยกออกมาในเวลาที่ต่างกัน โดยสารผสมที่อยู่ในตัวอย่างสามารถถูกแยกออกจากกันได้ ขึ้นอยู่กับความสามารถในการเข้ากันได้ดีของสารนั้น กับ mobile phase หรือ stationary phase สารประกอบตัวใดที่สามารถเข้ากันได้ดีกับ mobile phase จะเคลื่อนที่ผ่าน column ได้เร็ว สารนั้นก็จะถูกแยกออกมาก่อน ส่วนสารที่เข้ากันได้ไม่ดีกับ mobile phase หรือเข้ากันได้ดีกับ stationary phase จะเคลื่อนที่ผ่าน column ได้ช้า ก็จะถูกแยกออกมาทีหลัง โดยสารที่ถูกแยกออกมาได้นี้จะถูกตรวจวัดสัญญาณด้วยเครื่องตรวจวัด สัญญาณที่บันทึกได้จะมีลักษณะเป็นพีค ซึ่งจะเรียกว่า โครมาโตแกรม การใช้ HPLC สามารถทดสอบได้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน (ทรงสุดา, 2552)



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบหลักของ HPLC

ที่มา: Waters corporation, 2009

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระบบการทำงานของเครื่อง HPLC ซึ่งได้แสดงไว้ในภาพที่ 4 ประกอบด้วย

1. Mobile phase/ Solvent: หรือตัวทำละลายที่ใช้ในการชะหรือแยกตัวอย่าง เป็นเฟสเคลื่อนที่ มีลักษณะเป็นของเหลว ทำหน้าที่ในการนำสารตัวอย่างและตัวทำละลายเข้าสู่ stationary phase (ในที่นี้คือ คอลัมน์) เพื่อให้เกิดกระบวนการแยกภายในคอลัมน์

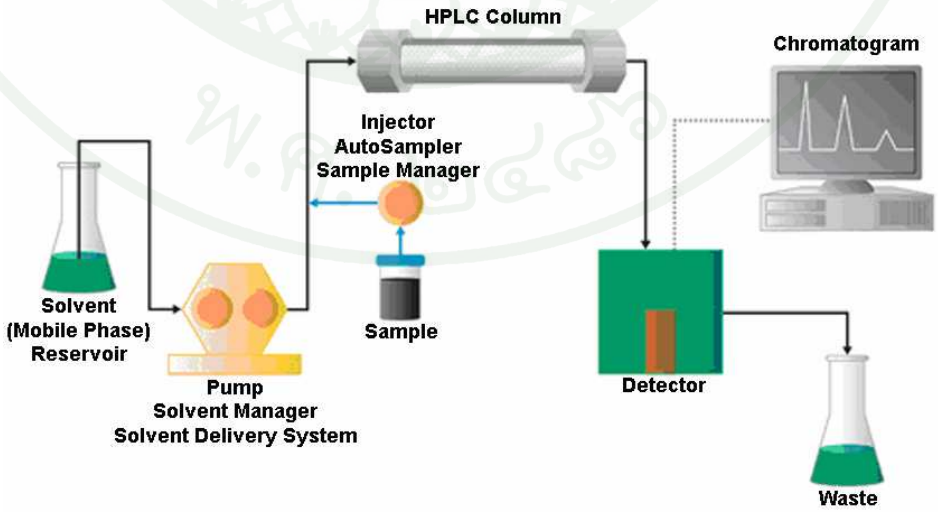
2. Degaser: ทำหน้าที่กำจัดฟองอากาศ อากาศที่มีอยู่ใน mobile phase เพื่อไม่ให้ฟองอากาศเข้าสู่ column และ detector

3. Pump: ทำหน้าที่ดึงตัวทำละลาย (mobile phase) เข้าสู่ระบบ HPLC

4. Injector/ Autosampler: ทำหน้าที่ในการฉีดสารตัวอย่างเข้าระบบ HPLC

5. Column: มีลักษณะเป็นของแข็งหรือเจล เป็นเฟสอยู่กับที่ ทำหน้าที่ให้เกิดกระบวนการแยกของสารที่สนใจ โดยการบวนการแยกเกิดขึ้นระหว่าง mobile phase กับ stationary phase

6. Detector: คือ เครื่องตรวจวัดสัญญาณ ทำหน้าที่ตรวจวัดสัญญาณของสารที่สนใจที่ได้จากกระบวนการแยก มีหลายชนิดด้วยกัน การเลือกใช้ขึ้นกับตัวอย่างที่สนใจว่าสามารถตอบสนองกับ detector ชนิดไหนได้มีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 4 ระบบการทำงานของ HPLC

ที่มา: Waters corporation, 2009

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการวิจัยความเข้มข้นของสารในดินด้วยวิธีการ Double tubes และ HPLC ทำให้สามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA ในดินได้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อความเป็นพิษของพืช เนื่องจากพืชมีการดูดซับน้ำในดินไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตตลอดจนใช้ในกระบวนการต่าง ๆ เพื่อการดำรงชีวิต ในกรณีของ phenolic acids นั้น การเจือปนในน้ำในดินจะส่งผลต่อความเป็นพิษโดยตรงต่อพืชผู้รับ (Dalton *et al*., 1989; Blum *et al*., 1994; Blum, 1998; Jose and Gillespie, 1998; Lehman and Blum, 1999) โดยมีรายงานว่า ความเป็นพิษของสารอัลลิโลพาธิคในดินนั้น ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารดังกล่าวที่เจือปนอยู่ในน้ำในดิน (soil water) (Ito *et al.,* 1998; Tongma *et al.,* 1998, 2001; Kobayashi 2004; Kobayashi *et al.,* 2004) Kobayashi *et al*. (2004) พบว่า ความเป็นพิษต่อพืชทดสอบเกิดขึ้นมากเมื่อมีการเจือปนของสาร dehydromatricaria ester (DME) ในน้ำในดินอยู่ในปริมาณที่สูง ในขณะที่เกิดการดูดซับบนอนุภาคของดินอยู่ในปริมาณน้อย นอกจากนี้ Kobayashi *et al.* (2008) พบว่า การเจริญเติบโตของผักกาดหอมซึ่งปลูกในทรายนั้น ถูกยับยั้งด้วยความเข้มข้นของสารอัลลิโลพาธิคของน้ำในดิน ซึ่งนำมาจากชุดทดลองที่มีการใส่หญ้าโขย่งแบบบดผงแล้วผสมลงในดิน ดังนั้น ความเข้มข้นของสารอัลลิโลพาธิคที่เจือปนในน้ำในดิน จึงเป็นสิ่งสำคัญในการประเมินความเป็นพิษในดินของสารได้เช่นเดียวกับในกรณีของสารกำจัดวัชพืช (Kobayashi, 2002)

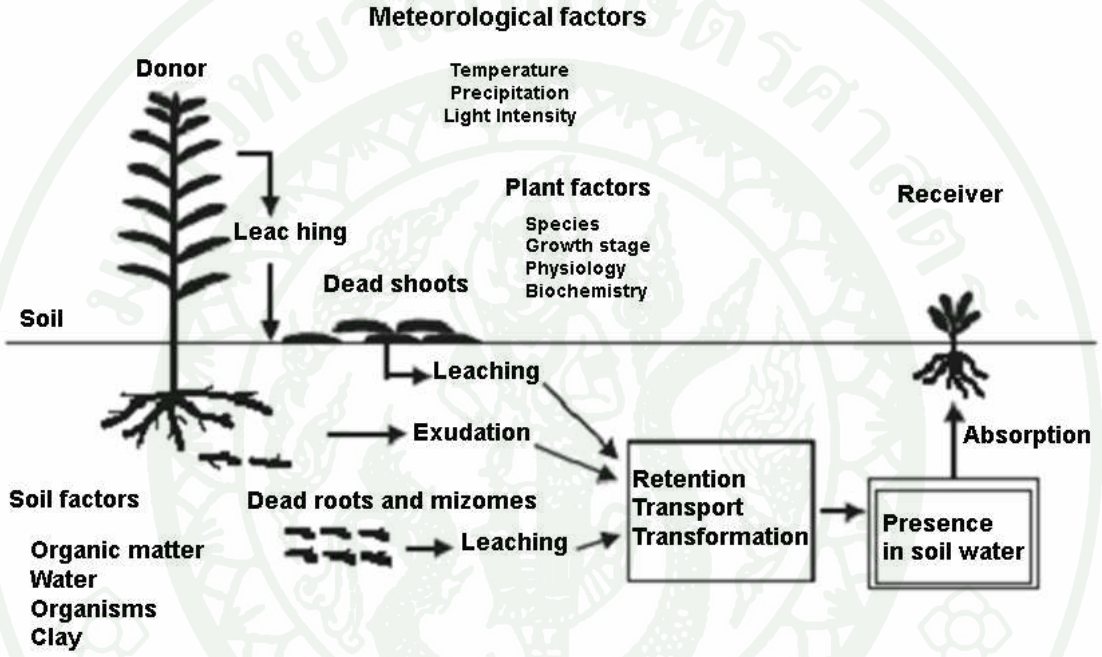
การศึกษาวิจัยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในดินของสาร MBOA จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเป็นพิษของสาร MBOA ที่มีต่อพืชทดสอบ ทั้งนี้จำเป็นต้องมีการทดสอบผลจากการใช้สาร MBOA ต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูก เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชจากธรรมชาติในระบบการผลิตพืชที่มีความปลอดภัยต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การผลิตพืชที่เป็นแบบการเกษตรยั่งยืนต่อไป

ปัจจัยทางดินที่เกี่ยวข้องกับอัลลิโลพาธี

สารอัลลิโลพาธิคเมื่อถูกปลดปล่อยจากพืชผู้ให้ (donor) ท้ายที่สุดแล้วก็จะเข้าสู่ดิน ในหลาย ๆ กรณี สารอัลลิโลพาธิคสามารถเข้าสู่พืชผู้รับ (receivers) หลายชนิดได้โดยผ่านการเคลื่อนย้ายของสารในดิน ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการยับยั้งหรือกระตุ้นการเจริญเติบโตในพืชผู้รับได้ โดยมีปัจจัยต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องในการเคลื่อนย้ายของสารอัลลิโลพาธิค (ภาพที่ 5) โดยกลไกที่ทำให้เกิดความเป็นพิษของสารอัลลิโลพาธิคในดินนั้น เริ่มจากการที่พืชผู้ให้มีการปลดปล่อยสารอัลลิโลพาธิคลงในดิน จากนั้น เกิดการเคลื่อนย้ายหรือการเปลี่ยนรูปของสาร การดูดซับ และปลดปล่อยสาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยสารอัลลิโลพาธิคบางส่วนจะถูกดูดซับไว้บนอนุภาคของดิน และบางส่วนปนเปื้อนอยู่ในน้ำในดิน ซึ่งจะส่งผลให้พืชได้รับความเป็นพิษจากการดูดซึม เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการต่าง ๆ ในการเจริญเติบโต จะเห็นได้ว่า สารอัลลิโลพาธิคเป็นสารธรรมชาติที่พืชมีการปลดปล่อยออกมา ซึ่งสารดังกล่าวนี้มีความซับซ้อนและยากที่จะจำแนกถึงผลของสารอัลลิโลพาธิค ว่าเป็นการแข่งขันกันระหว่างพืช และ/ หรือปฏิสัมพันธ์กันระหว่างพืช (Qasem and Hill, 1989; Wardle *et al*., 1992; Duke *et al*., 2000; Inderjit *et al*., 2001)



ภาพที่ 5 ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นและความเป็นพิษของสารอัลลิโลพาธิคในดิน
ที่มา: Kobayashi (2004)

การศึกษาศักยภาพทางอัลลิโลพาธีสามารถพิจารณาได้จากสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติต่าง ๆ ได้แก่ โครงสร้างของดิน น้ำ อุณหภูมิ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน เป็นต้น (Thompson, 1985; Waller, 1987) การศึกษาประเด็นหลักเช่นเดียวกับการศึกษาในกรณีของสารกำจัดวัชพืช เมื่อทำการใส่สารกำจัดวัชพืชลงในดินและทำการศึกษาการละลายของสารในน้ำ การดูดซับบนอนุภาคของดิน การย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ดิน และการเคลื่อนย้ายของสารในดิน (Ito *et al*., 1998) ซึ่งประกอบด้วยหลายปัจจัยที่จะต้องทำการศึกษา เช่น โครงสร้างของดิน น้ำ อุณหภูมิ แสง และกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีความเกี่ยวข้องในการส่งเสริมให้เกิดกระบวนการต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชในดิน และความเป็นพิษต่อพืชทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทั้งนี้พบว่า ความเป็นพิษของสารดังกล่าวเมื่อใส่ลงในดินจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารนี้ที่เจือปนอยู่ในน้ำในดินเท่านั้น แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสารต่อมวลของดินทั้งหมด ซึ่งความเข้มข้นของสารกำจัดวัชพืชที่ตรวจพบในน้ำในดินนั้น เกิดขึ้นจากกระบวนการดูดซับของสารบนอนุภาคของดิน การปลดปล่อยของสาร ตลอดจนการเคลื่อนย้ายของสารในดิน (Onoe *et al*., 1995; Nakamura, 1996; Nakamura *et al*., 1996) จากการศึกษาสาร phenolic acids ซึ่งจัดเป็นสารอัลลิโลพาธิคชนิดหนึ่งนั้น พบว่า โมเลกุลในดินส่วนที่สามารถละลายน้ำได้นั้นส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง และความเข้มข้นของสารจะเปลี่ยนแปลง โดยขึ้นอยู่กับการดูดซึมจากพืช การย่อยสลายของจุลินทรีย์ดิน การดูดซับ การปลดปล่อย และการชะล้างของสารที่เกิดขึ้นในดิน (Dalton *et al*., 1989) ความเข้มข้นในดินของสารอัลลิโลพาธิคไม่ได้เกี่ยวข้องกับปัจจัยทางดินเพียงเท่านั้น แต่ยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณของอินทรียวัตถุ (soil organic matter) ปริมาณอนุภาคดินเหนียว (clay content) และจุลินทรีย์ดิน (soil microorganisms) โดยปัจจัยเหล่านี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการดูดซับ การปลดปล่อย และการเคลื่อนย้ายของสารในดิน รวมถึงกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารอัลลิโลพาธิค (Kobayashi, 2004) ซึ่งการเปรียบเทียบอัตราของการดูดซับสารของสารอัลลิโลพาธิค สามารถใช้สมการของ Freundlich ซึ่งสันนิษฐานว่า การดูดซับเกิดขึ้นบนผิวดินที่แตกต่างกันเป็นไปแบบเส้นตรง (linearized) (สมบัติ, 2540)

$$\log x/m = \log K \; n \log C$$

เมื่อ x/m = ปริมาณที่ถูกดูดซับ

C = ปริมาณในสารละลาย

K และ n = ค่าคงที่

อัตราการดูดซับซึ่งโดยปกติแสดงในรูปของ K และ n โดยที่ K แสดงถึงอัตราการดูดซับที่สูงกว่า และ n แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย และการดูดซับ ปริมาณของสารอัลลิโลพาธิคที่ถูกดูดซับที่ความเข้มข้นหนึ่ง สามารถแสดงได้โดยค่าKd (distribution coefficient)

$$Kd = \frac{x/m}{C}$$

ทั้งนี้ Murano *et al*. (2007) ได้รายงานไว้ว่า ความเป็นพิษของสาร clomeprop ในดิน ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสาร 2-(2, 4-dichloro-3-methylphenoxy) propionic acid (DMPA) ซึ่งเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อนุพันธ์ของสาร clomeprop ที่เจือปนอยู่ในน้ำในดิน ทั้งนี้ เกิดขึ้นจากปัจจัยทางดินที่ส่งผลต่อกระบวนการดูดซับ และกระบวนการเมแทบอลิซึมของสาร clomeprop และสาร DMPA

การศึกษาความเป็นพิษต่อพืชทดสอบ และการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในดินของสาร MBOA ในครั้งนี้ จะทำการประเมินศักยภาพทางอัลลิโลพาธิคเบื้องต้นของสาร MBOA ที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบบางชนิด ได้แก่ ก้นจ้ำขาวดอกใหญ่ สาบแร้งสาบกา และข้าวพันธุ์ กข 6 เป็นต้น ทั้งนี้ มีการศึกษาผลของสาร MBOA ในดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ Nipponbare เพื่อใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับความเข้มข้นในดินของสาร MBOA ที่มีต่อพืชทดสอบ ตลอดจนศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA ในดิน โดยต้องมีการศึกษาส่วนของน้ำในดิน (soil water) ที่มีการปนเปื้อนของสาร MBOA ตลอดจนศึกษาการดูดซับสาร MBOA ที่เกิดขึ้นบนอนุภาคของดินที่เป็นของแข็ง (solid phase) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช จากการที่พืชดูดซับน้ำในดินส่วนที่เป็นประโยชน์ไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ในการเจริญเติบโต จากการใช้ Double tubes และ HPLC เพื่อใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ของสาร MBOA ที่มีต่อพืชทดสอบ ทั้งนี้ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOAในดินมีความเกี่ยวเนื่องกับความเป็นพิษในพืชทดสอบ และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยทางดิน ได้แก่ สมบัติทางเคมีกายภาพของดิน เป็นต้น โดยเชื่อว่า สาร MBOA จะสามารถนำไปพัฒนาเป็นสารต้นแบบในการผลิตสารผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากธรรมชาติชนิดใหม่ ๆ ที่มีความปลอดภัยต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. สาร MBOA ความบริสุทธิ์ 99.7 เปอร์เซ็นต์, acetronitrile (ACN), acetone และ tween 20

2. เมล็ดวัชพืช จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ก้นจ้ำขาวดอกใหญ่ (Hairy beggarticks: *Bidens pilosa* L. var. *radiate* Sch. Biq.) และสาบแร้งสาบกา (Tropic ageratum: *Ageratum conyzoides* Linn.)

3. เมล็ดพันธุ์พืชปลูก ได้แก่ ข้าวพันธุ์ กข 6 (Rice: *Oryza sativa* L. var. RD 6) และข้าวพันธุ์ Nipponbare (Rice: *Oryza sativa* Linn. cv. Nipponbare)

4. ทราย (sea sand) ชุดดิน Ryugasaki และชุดดิน Tennodai (ตารางผนวกที่ 1)

5. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย

5.1 อุปกรณ์สำหรับเพาะเมล็ด ได้แก่ จานแก้วทดลอง (Petri dishes) ขวดแก้วทดลอง น้ำกลั่น และกระดาษเพาะเมล็ด เป็นต้น

5.2 ปิเปต

5.3 centrifuge evaporator type EYELA UNI TRAP UT-1000, CVE-2000

5.4 double tubes type HIMAC CR 22E HITACHI

5.5 incubator type CI-610 ADVANTEC

5.6 oven type EYELA NDO-700

5.7 stirrer type IWAKI BS6-240, IWAKI GLASS Co., Ltd.

5.8 ultra sonic cleaner single frequency AS ONE

5.9 growth chamber type KOITOTRON

6. HPLC ประกอบด้วย

6.1 คอลัมน์ type YMC Pack ODS-AM AM 312, AM 12S05-1506 WT 150*6.0 mm. I.D. YMC Co., Ltd., Japan

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.2 system controller type SCL-10VP SHIMADZU

6.3 auto injector type SIL-10A XL SHIMADZU

6.4 liquid chromatograph type LC-10 ATVP SHIMADZU

6.5 UV-VIS detector SHIMADZU และ column oven type CTO-10 AC VP SHIMADZU

7. อุปกรณ์การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ไม้บรรทัด และเครื่องชั่งไฟฟ้า เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

ผลของสาร MBOA ที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบบางชนิด

ทำการศึกษาในสภาพห้องปฏิบัติการที่ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ระหว่างเดือนมกราคม 2550 – กันยายน 2550 โดยใช้พืชทดสอบจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ก้นจ้ำขาวดอกใหญ่ สาบแร้งสาบกา และข้าวพันธุ์ กข 6 เนื่องจากมีรายงานว่า พืชทดสอบทั้ง 3 ชนิดมีความยาวส่วนรากลดลง เมื่อปลูกในดินจากแปลงที่ใช้หญ้าโขย่งในการควบคุมวัชพืช (สุญญตา และคณะ, 2551) จัดสิ่งทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ ทำโดยการเตรียมสาร MBOA ความเข้มข้น 0.25, 0.5 และ 1.0 มิลลิโมลาร์ และชุดควบคุมการทดลอง ได้แก่ น้ำกลั่น และ acetone ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ โดยเติมสาร MBOA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ลงในจานแก้วทดลองที่รองด้วยกระดาษเพาะเมล็ด แล้วนำเมล็ดของพืชทดสอบวางเพาะลงในจานแก้วทดลอง จำนวนอย่างละ 25 เมล็ดต่อจาน ปิดฝาครอบจานเพื่อป้องกันการระเหยของสาร แล้วนำไปเก็บไว้ที่ห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

บันทึกผลการทดลองที่ 7 วันหลังจากได้รับสาร โดยพิจารณาการตอบสนองของพืชทดสอบที่มีต่อสาร MBOA จากความยาวส่วนเหนือดิน ความยาวส่วนราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง โดยการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วนำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Package for the Social Science (SPSS)

ผลของสาร MBOA ในดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าว

ทำการศึกษาในสภาพห้องปฏิบัติการที่ Life and Environmental Science มหาวิทยาลัยทซึคุบะ ประเทศญี่ปุ่น ระหว่างเดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551 โดยใช้ข้าวพันธุ์ Nipponbare เป็นพืชทดสอบ จัดสิ่งทดลองแบบ 3 x 8 factorial in completely randomized design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย โดยปัจจัยที่ 1 เป็นชนิดของวัสดุปลูกมี 3 ชนิด คือ ทราย (sea sand) ชุดดิน Ryugasaki และชุดดิน Tennodai ส่วนปัจจัยที่ 2 เป็นความเข้มข้นของสาร MBOA มี 8 ระดับ คือ 0, 0.05, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 และ 1.50 มิลลิโมลาร์ โดยใช้ตัวทำละลายประกอบด้วย acetronitrile (ACN), acetone 1 เปอร์เซ็นต์ สารจับใบ Tween 20 และน้ำกลั่น เตรียมวัสดุปลูก ได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทราย ชุดดิน Ryugasaki และชุดดิน Tennodai อย่างละ 35 กรัม ใส่ภาชนะเพาะ แล้วเติมสาร MBOA จำนวน 13, 15 และ 27.4 มิลลิลิตร ตามลำดับ นำเมล็ดข้าววางเพาะลงในภาชนะที่มีสาร MBOA จำนวน 5 ต้น แล้วนำไปเก็บไว้ใน growth chamber โดยควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และให้แสงตลอดการทดลอง

การบันทึกผลการทดลอง โดยพิจารณาการตอบสนองของข้าวที่มีต่อสาร MBOA จากความยาวส่วนเหนือดิน และความยาวส่วนราก ที่ 4 วันหลังจากได้รับสาร ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของลักษณะต่าง ๆ ตามแผนการทดลองแบบ factorial in CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Package for the Social Science (SPSS)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA ในดิน โดยใช้เทคนิค Double tubes และ HPLC

ทำการศึกษาในสภาพห้องปฏิบัติการที่ Life and Environmental Science มหาวิทยาลัยทซึคุบะ ประเทศญี่ปุ่น ระหว่างเดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551 จัดสิ่งทดลองแบบ 2 x 5 factorial in completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย โดยปัจจัยที่ 1 เป็นชนิดของดิน ได้แก่ ชุดดิน Ryugasaki และชุดดิน Tennodai ส่วนปัจจัยที่ 2 เป็นความเข้มข้นของสาร MBOA มี 5 ระดับ คือ 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 และ 1.50 มิลลิโมลาร์ ชุดดิน Ryugasaki และชุดดิน Tennodai อย่างละ 20 กรัม ใส่สาร MBOA ความเข้มข้น 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 และ 1.50 มิลลิโมลาร์ จำนวน 9.3 และ 15.7 มิลลิลิตร ตามลำดับ บ่มสารเป็นเวลา 1, 2 และ 3 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นนำดินที่ได้จากการบ่มสารจำนวน 7 กรัม มาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และอีกส่วนหนึ่งจำนวน 12.8 กรัม นำไปปั่นเหวี่ยงด้วย Double tubes ใช้ความเร็วรอบ 16,000 x g เป็นเวลา 30 นาที เพื่อแยกน้ำในดิน ซึ่งจะตกค้างอยู่ในหลอดส่วนนอก และดินส่วนที่เป็นของแข็งจะอยู่ในหลอดส่วนใน ซึ่งน้ำในดินที่ได้จากหลอดส่วนนอกนำไปวิเคราะห์โดยการใช้ HPLC ทันที ส่วนดินที่เป็นของแข็งจำนวน 1 กรัม ถูกนำมาสกัดด้วย acetronitrile 80 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 8 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสาร MBOA ที่ถูกดูดซับในดินด้วย HPLC ต่อไป

การแยกสารประกอบโดยใช้ HPLC จะเกิดขึ้นระหว่างเฟส 2 เฟส คือ เฟสอยู่กับที่ (stationary phase) กับเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) สารที่ถูกแยกออกมาได้นี้ถูกตรวจวัดสัญญาณด้วยตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตรวจวัดมีลักษณะเป็นพีค ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย system controller (SCL-10 VP Shimadzu, Kyoto, Japan), auto-injector system (SIL-10A XL Shimadzu, Kyoto, Japan), reverse phase column (YMC Pack ODS-AM AM 312, AM 12S05-1506 WT 150 x 6.0 mm. I.D. YMC Co., Ltd., Japan) และ UV detector (UV-VIS detector Shimadzu, Kyoto, Japan) ที่ 280 นาโนเมตร อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เฟสเคลื่อนที่เป็น acetronitrile และน้ำกลั่น ในสัดส่วน 40 : 60 อัตราการไหล 1 มิลลิเมตรต่อนาที retention time 5.7 นาที

การบันทึกผลการทดลอง โดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA ในดินจากความเข้มข้นของ MBOA ในน้ำในดิน และปริมาณของ MBOA ที่ถูกดูดซับในดินของชุดดิน Ryugasaki และชุดดิน Tennodai ที่ 1, 2 และ 3 วันหลังจากได้รับสาร ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของลักษณะต่าง ๆ ตามแผนการทดลองแบบ factorial in CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Package for the Social Science (SPSS)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผลของสาร MBOA ที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบบางชนิด

เมื่อพิจารณาผลของสาร MBOA ที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบบางชนิด ได้แก่ ก้นจ้ำขาวดอกใหญ่ สาบแร้งสาบกา และข้าวพันธุ์ กข 6 ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ตั้งแต่ 0.25, 0.5 และ 1.0 มิลลิโมลาร์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมการทดลอง (น้ำกลั่น และ acetone ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์) พบว่า ความยาวส่วนเหนือดิน ความยาวส่วนราก และน้ำหนักสดของก้นจ้ำขาวดอกใหญ่ในแต่ละความเข้มข้นมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ ชุดควบคุมทั้งสองมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ใส่สาร MBOA โดยที่ความเข้มข้นของสาร MBOA 1 มิลลิโมลาร์ ทำให้ความยาวส่วนเหนือดินของก้นจ้ำขาวดอกใหญ่น้อยที่สุด และมีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด ในขณะที่ความเข้มข้นของสาร MBOA 0.5 มิลลิโมลาร์ ทำให้ความยาวส่วนรากน้อยที่สุด เช่นเดียวกับสาร MBOA ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิโมลาร์ (ตารางที่ 1) ส่วนในสาบแร้งสาบกา พบว่า ความยาวส่วนเหนือดินในแต่ละความเข้มข้นมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความยาวส่วนราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งในแต่ละความเข้มข้นมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยชุดควบคุมทั้งสองมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ใส่สาร MBOA โดยที่ความเข้มข้นของสาร MBOA 1.0 มิลลิโมลาร์ ทำให้ความยาวส่วนเหนือดิน ความยาวส่วนราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งมีค่าน้อยที่สุด (ตารางที่ 2) รวมทั้งข้าวพันธุ์ กข 6 พบว่า ความยาวส่วนรากในแต่ละความเข้มข้นมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ชุดควบคุมมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ใส่สาร MBOA โดยที่ความเข้มข้นของสาร MBOA 1.0 มิลลิโมลาร์ ทำให้ความยาวส่วนรากน้อยที่สุด (ตารางที่ 3) แต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติด้านความยาวของส่วนเหนือดิน น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง

ความยาวส่วนรากของพืชทดสอบทุกชนิดที่ปลูกในชุดการทดลองที่ใส่สาร MBOA มีความยาวน้อยกว่าที่ปลูกในชุดควบคุมทั้ง 2 ชุด โดยความยาวส่วนรากของก้นจ้ำขาวดอกใหญ่ สาบแร้งสาบกา และข้าวพันธุ์ กข 6 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ Kato-Noguchi *et al*. (1998) ที่ได้รายงานไว้ว่า สาร MBOA สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของข้าวโอ๊ต และ timothy เช่นเดียวกับ Eri *et al*. (2001) พบว่า สาร MBOA ที่เป็น auxin-inhibiting substance มีผลต่อการยับยั้งการเจริญทางส่วนยอดของลำต้นถั่วลันเตา นอกจากนี้ สาร MBOA สามารถยับยั้งการงอกของ cress ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ metabolism ของน้ำตาลภายในเมล็ด cress (Kato-Noguchi and Macias, 2006) ทั้งนี้ สาร MBOA ยังทำให้เกิด oxidative stress, lipid peroxidation และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเอนไซม์ของอนุมูลอิสระบางตัว ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเขียว (Batish *et al*., 2006) รวมถึง Kato-Noguchi (2008) ที่ได้รายงานไว้ว่า สาร MBOA และอนุพันธ์มีผลในการยับยั้งการงอกของเมล็ดข้าวบาร์เล่ย์ โดยทำให้เกิดการยับยั้งกิจกรรมของแอลฟาอะไมเลส (α-amylase) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สาร MBOA มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตในส่วนรากของพืชทดสอบบางชนิด

ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป ทำการพิจารณาผลของสาร MBOA ในดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบบางชนิด โดยเป็นการศึกษาปัจจัยทางดิน ตลอดจนความเข้มข้นของสาร MBOA ในดินที่ส่งผลต่อความเป็นพิษในพืชทดสอบ แต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาการตอบสนองของสาร MBOA ที่มีต่อพืชทดสอบ สามารถแบ่งพืชทดสอบออกเป็น 2 กลุ่ม กล่าวคือ กลุ่มอ่อนแอต่อสาร MBOA ได้แก่ ก้นจ้ำขาวดอกใหญ่ และสาบแร้งสาบกา ส่วนอีกกลุ่มเป็นกลุ่มที่ทนทานต่อสาร MBOA ได้แก่ ข้าวพันธุ์กข 6 ซึ่งในการศึกษาต่อไป ควรมีการพิจารณาการตอบสนองต่อสาร MBOA ของพืช ตลอดจนกลไกที่เกิดขึ้นภายในพืช ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับกลไกทางสรีรวิทยา ชีวเคมี และชีวโมเลกุลที่เกิดขึ้นภายในพืชได้ต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ผลของสาร MBOA ต่อการเจริญเติบโตของก้นจ้ำขาวดอกใหญ่

Treatment	Shoot length	Root length	Fresh weight	Dry weight
	cm		g	
Distilled water	1.7 a [1/]	3.9 a	1.1816 a	0.0126
1% acetone	1.5 b	3.9 a	0.1687 ab	0.0120
MBOA 0.25 mM	1.3 bc	2.9 b	0.1657 ab	0.0089
MBOA 0.5 mM	1.3 bc	2.6 b	0.1407 bc	0.0105
MBOA 1 mM	1.2 c	2.6 b	0.1304 c	0.0097
F-test	**	**	**	**ns**
C.V. (%)	**13.99**	**20.19**	**14.94**	**23.08**

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ผลของสาร MBOA ต่อการเจริญเติบโตของสาบแร้งสาบกา

Treatment	Shoot length	Root length	Fresh weight	Dry weight
	cm		g	
Distilled water	0.5 a [1/]	1.9 a	0.0287 a	0.0022 a
1% acetone	0.4 ab	1.6 a	0.0251 a	0.0019 ab
MBOA 0.25 mM	0.4 ab	1.2 b	0.0240 ab	0.0018 ab
MBOA 0.5 mM	0.4 ab	0.9 b	0.0188 bc	0.0014 bc
MBOA 1 mM	0.3 b	0.4 c	0.0161 c	0.0012 c
F-test	*	**	**	**
C.V. (%)	**18.67**	**46.98**	**23.33**	**24.12**

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ผลของสาร MBOA ต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข 6

Treatment	Shoot length	Root length	Fresh weight	Dry weight
	cm		g	
Distilled water	3.1	5.0 a [1/]	1.5371	0.5322
1% acetone	2.8	4.2 ab	1.4706	0.5211
MBOA 0.25 mM	3.1	3.3 bc	1.4844	0.4986
MBOA 0.5 mM	3.0	2.5 c	1.5070	0.5003
MBOA 1 mM	3.1	2.4 c	1.4500	0.4752
F-test	**ns**	****	**ns**	**ns**
C.V. (%)	**13.01**	**32.02**	**10.64**	**6.49**

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของสาร MBOA ในดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าว

เมื่อพิจารณาผลของสาร MBOA ในดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ Nipponbare ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0, 0.05, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 และ 1.50 มิลลิโมลาร์ พบว่า ความยาวส่วนเหนือดินของข้าวเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมในชนิดดิน ได้แก่ ทราย ชุดดิน Ryugasaki และชุดดิน Tennodai มีค่าความยาวส่วนเหนือดินลดลงตามระดับความเข้มข้นของสาร MBOA ที่สูงขึ้น โดยที่ในทรายมีค่าความยาวส่วนเหนือดินของข้าวลดลงมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดดิน Ryugasaki และชุดดิน Tennodai ตามลำดับ (ภาพที่ 6a) เช่นเดียวกับความยาวส่วนรากของข้าวเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ภาพที่ 6b) จากการศึกษาผลของสาร MBOA ที่มีต่อการเจริญเติบโตในข้าว (ตารางที่ 4) เมื่อพิจารณาจากดินชนิดต่าง ๆ พบว่า มีความแตกต่างกัน ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ระหว่างชนิดของดิน ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ทราย ชุดดิน Ryugasaki และชุดดิน Tennodai กล่าวคือ ทรายมีผลในการยับยั้งความยาวส่วนเหนือดิน และความยาวส่วนรากของข้าวมากที่สุด รองลงมาคือชุดดิน Ryugasaki และชุดดิน Tennodai ตามลำดับ ซึ่งชนิดของดินต่าง ๆ เหล่านี้มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านความยาวส่วนเหนือดิน และส่วนรากของข้าว เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของสาร MBOA พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ เมื่อข้าวได้รับสาร MBOA ในระดับความเข้มข้นสูงสุด คือ 1.50 มิลลิโมลาร์ จะมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความยาวส่วนเหนือดิน และความยาวส่วนรากมากกว่าที่ระดับความเข้มข้นอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดิน และระดับความเข้มข้นของสาร MBOA พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยส่งผลต่อความยาวส่วนเหนือดิน และความยาวส่วนราก ทั้งนี้เนื่องจากชุดดิน Ryugasaki มีความเข้มข้นของสารประกอบ MBOA เจือปนในน้ำในดินมากกว่า จึงทำให้มีความเป็นพิษต่อพืชที่สูงกว่า (ภาพที่ 7 และภาพที่ 8) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดดิน Tennodai ซึ่งพืชได้รับความเป็นพิษน้อยกว่า (ภาพที่ 9 และภาพที่ 10) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่าความเป็นพิษของสาร MBOA ที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของข้าวที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (I_{50}) จากการปลูกในทรายและดินทั้ง 2 ชุด พบว่า มีค่า I_{50} แตกต่างกัน โดย I_{50} ของชุดดิน Tennodai มีค่าสูงที่สุด 1.33 มิลลิโมลาร์ รองลงมาคือ ชุดดิน Ryugasaki 1.06 มิลลิโมลาร์ และทราย 0.92 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ

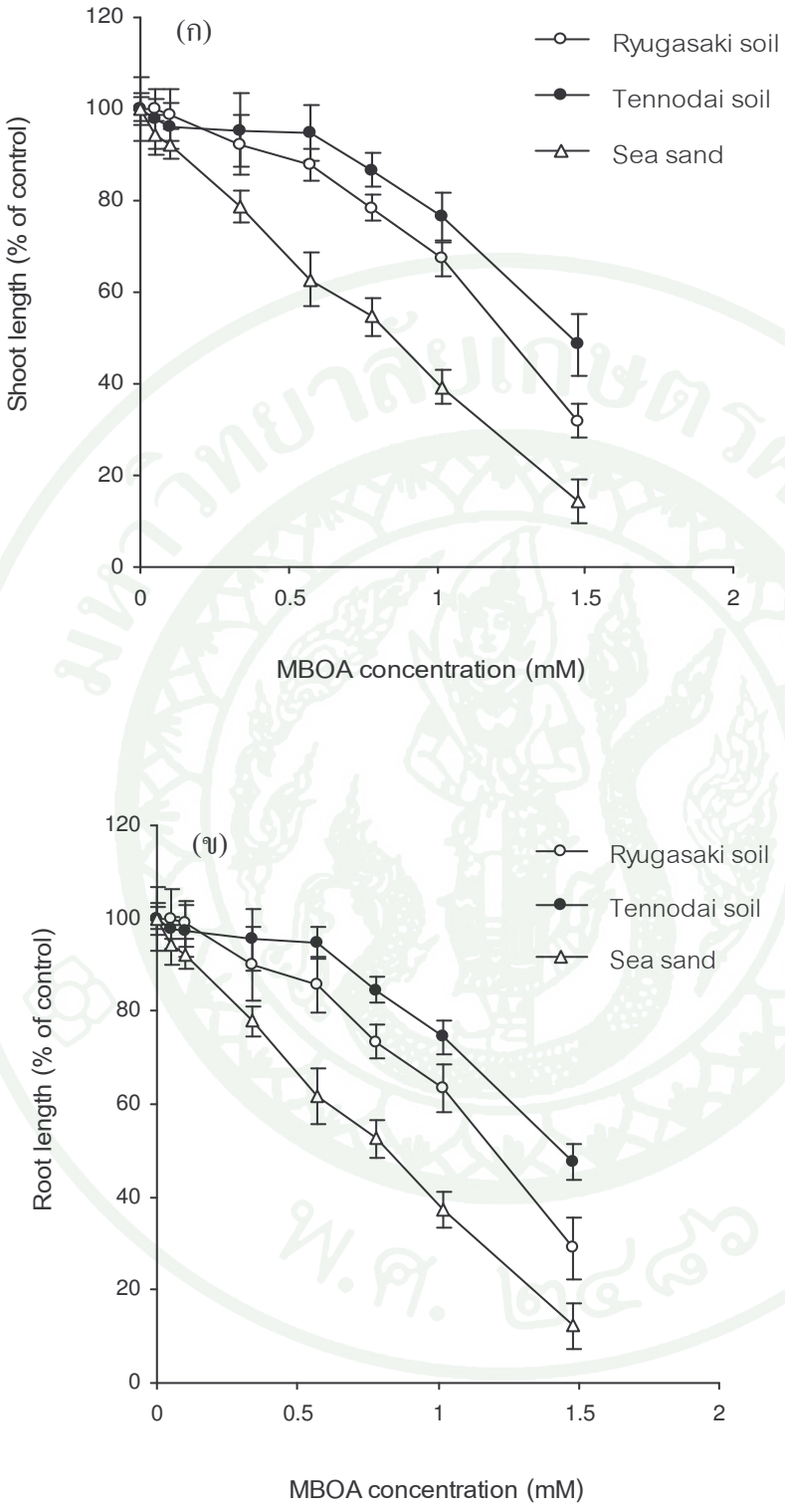
เนื่องจากสาร MBOA มีผลกระทบต่อกระบวนการทางด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในพืช ได้แก่ การแบ่งตัวและยืดตัวของเซลล์ การทำงานของฮอร์โมน การดูดซึมธาตุอาหารของพืช และการสังเคราะห์แสง เป็นต้น (Rizvi and Rizvi, 1992) ซึ่ง Kato-Noguchi *et al*. (1999) ได้รายงานไว้ว่า สาร MBOA สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตต้นอ่อนของข้าวโพดได้ โดยมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลต่อการยับยั้งการสร้างออกซินที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช เช่นเดียวกับ Chen (1999) ที่ได้รายงานไว้ว่า การยับยั้งอัตราการเจริญเติบโตในส่วน hypocotyls ของ cress และหงอนไก่ เนื่องจากการได้รับสาร MBOA ที่ปลดปล่อยมาจากส่วนใบของข้าวโพดนั้น สาร MBOA จะขัดขวางการทำงานของออกซิน (IAA) ทำให้เกิดการยับยั้งการขยายขนาดของเซลล์ การยืดตัวของเซลล์ และยับยั้งการเกิดราก ต่อมา ได้มีรายงานว่า เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตส่วนรากในข้าวโอ๊ตป่าจากสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้น 0.7 มิลลิโมลาร์ นอกจากนี้ พบว่า มีการยับยั้งการงอก ความยาวของ radical และ hypocotyls ของถั่ว Crimson clover และ Ivy-leaved morning glory (Hanwen *et al*., 2001) นอกจากนี้ Sanchez-Moreiras *et al*. (2008) ได้รายงานไว้ว่า สาร MBOA ยับยั้งการงอก และการเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนรากของต้นอ่อนผักกาดหอม

จากการศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าสาร MBOA ในดินมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ Nipponbare โดยจะมีผลยับยั้งในส่วนรากมากที่สุด จึงทำให้ความยาวส่วนรากของข้าวลดลงทั้งในทรายและดินทั้ง 2 ชุด ดังนั้น ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป จึงทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นพิษของสาร MBOA ที่มีต่อพืชทดสอบ และการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA ในดิน ซึ่งมีปัจจัยทางดิน และสมบัติทางเคมีกายภาพของดินเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยการใช้ Double tubes และ HPLC เพื่อเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA ในดิน จากการประเมินความเข้มข้นของสารประกอบ MBOA ในน้ำในดิน และปริมาณของสาร MBOA ที่ถูกดูดซับในดิน ซึ่งจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเป็นสารต้นแบบในการผลิตสารผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากธรรมชาติชนิดใหม่ที่มีความปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อมมากยิ่งขึ้นต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 ผลของสาร MBOA ต่อความยาวส่วนเหนือดิน (ก) และส่วนราก (ข) ของข้าวพันธุ์ Nipponbare ในทราย ชุดดิน Ryugasaki และ Tennodai ที่ 4 วันหลังจากได้รับสาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ผลของความเข้มข้นของสาร MBOA ต่อความยาวส่วนเหนือดิน และส่วนรากของข้าว พันธุ์ Nipponbare ในทราย ชุดดิน Ryugasaki และ Tennodai ที่ 4 วันหลังจากได้รับสาร

Treatment	Shoot length	Root length
	cm	
Soil types		
Sea sand	2.2 c [1/]	1.8 c
Ryugasaki	4.3 b	3.4 a
Tennodai	4.4 a	2.8 b
F-test	**	**
MBOA concentrations (mM)		
0	4.2 a	3.3 a
0.05	4.2 a	3.2 a
0.10	4.2 a	3.1 ab
0.25	4.1 b	3.0 bc
0.50	3.9 c	2.9 cd
0.75	3.9 c	2.8 d
1.00	2.7 d	1.9 e
1.50	1.5 e	0.8 f
F-test	**	**
Soil types x Concentrations	**	**
Mean	**3.6**	**2.6**
C.V. (%)	**31.60**	**40.15**

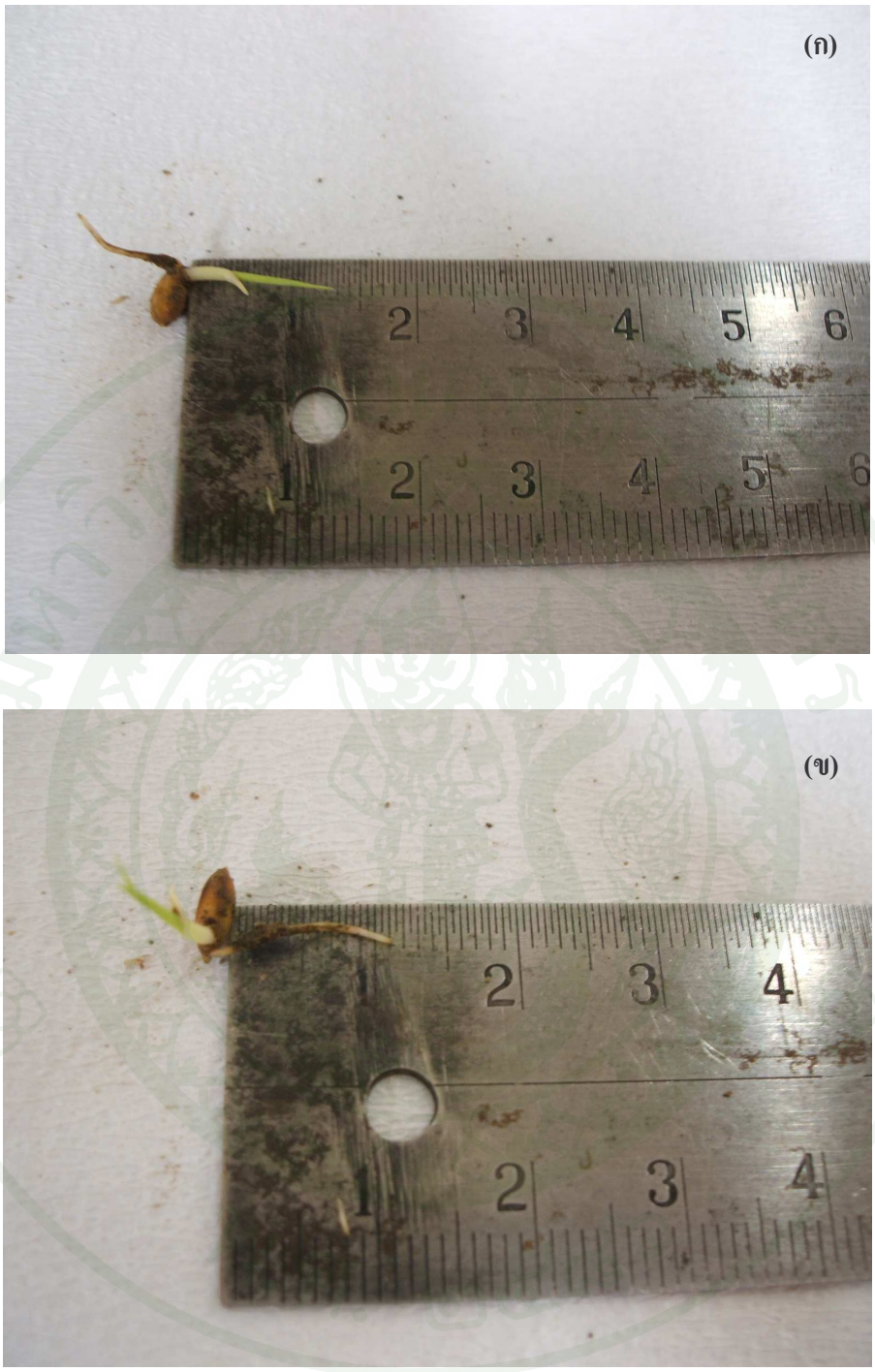
[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 7 ผลของสาร MBOA ต่อความยาวส่วนเหนือดิน และส่วนรากของข้าวพันธุ์ Nipponbare ในชุดดิน Ryugasaki ที่ 4 วันหลังจากได้รับสาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

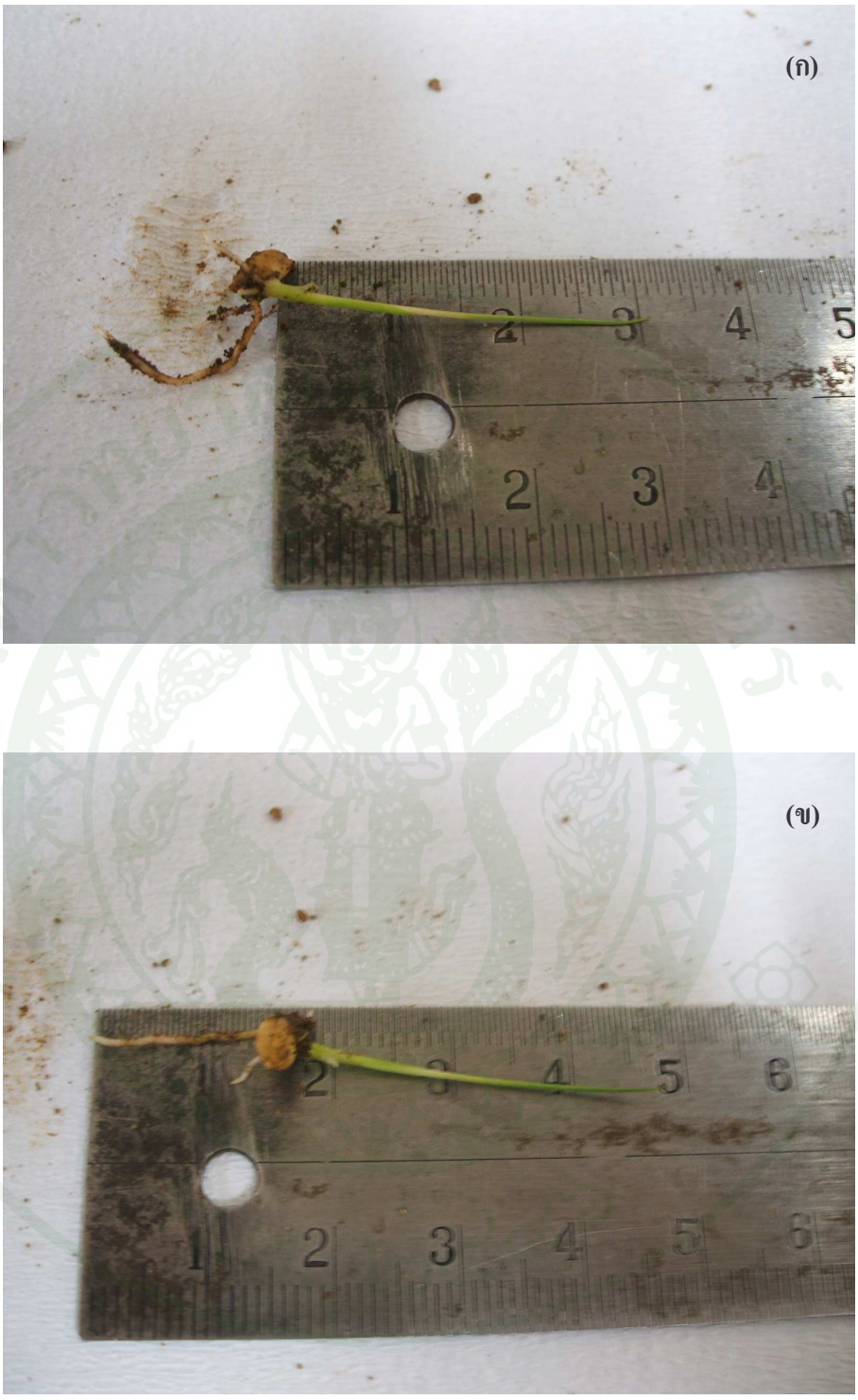


ภาพที่ 8 ผลของสาร MBOA ต่อความยาวส่วนเหนือดิน (ก) และส่วนราก (ข) ของข้าวพันธุ์ Nipponbare ในชุดดิน Ryugasaki ที่ 4 วันหลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 9 ผลของสาร MBOA ต่อความยาวส่วนเหนือดิน และส่วนรากของข้าวพันธุ์ Nipponbare ในชุดดิน Tennodai ที่ 4 วันหลังจากได้รับสาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 ผลของสาร MBOA ต่อความยาวส่วนเหนือดิน (ก) และส่วนราก (ข) ของข้าวพันธุ์ Nipponbare ในชุดดิน Tennodai ที่ 4 วันหลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA ในดิน โดยใช้เทคนิค Double tubes และ HPLC

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA ในดิน เพื่อเป็นการประเมินความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดิน (soil water) และปริมาณของสาร MBOA ที่ถูกดูดซับในดิน (soil solid) พบว่า ชุดดิน Ryugasaki มีปริมาณความเข้มข้นของสาร MBOA เจือปนอยู่ในน้ำในดินมากกว่าชุดดิน Tennodai (ตารางที่ 5) เมื่อพิจารณาจากชุดดินทั้งสองที่ 0 วันหลังจากได้รับสาร พบว่า ไม่มีความแตกต่างใด ๆ ระหว่างชุดดิน แต่เมื่อพิจารณาที่ 1, 2 และ 3 วันหลังจากได้รับสาร พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ระหว่างชุดดินทั้งสอง เมื่อพิจารณาจากระดับความเข้มข้นของสาร MBOA พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่า ที่ 1 วันหลังจากได้รับสาร จะมีความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดินมากที่สุด และจะลดลงที่ 2 และ 3 วันหลังจากได้รับสาร นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดิน และระดับความเข้มข้นของสาร MBOA พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยส่งผลต่อความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดินที่ 1, 2 และ 3 วันหลังจากได้รับสาร แต่จะไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ใด ๆ ต่อความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดินที่ 0 วันหลังจากได้รับสาร แสดงให้เห็นว่า ชุดดิน Ryugasaki มีความสามารถในการดูดซับสาร MBOA บนอนุภาคของดินน้อยกว่าชุดดิน Tennodai ดังนั้น ปริมาณของสาร MBOA ที่เจือปนในน้ำในดินจึงมีมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นพิษของสาร MBOA ที่มีต่อพืชทดสอบเมื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA ในดิน โดยพบว่า ข้าวที่ปลูกในชุดดิน Ryugasaki จะได้รับความเป็นพิษจากสาร MBOA สูงกว่าจากการได้รับสาร MBOA ในน้ำในดินที่มากกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดิน ในชุดดิน Ryugasaki และ Tennodai หลังจากได้รับสาร (วัน)

Treatment	Days after application			
	0	1	2	3
Soil types	m mol/ml			
Ryugasaki	842.242	271.683 a [1/]	255.982 a	246.360 a
Tennodai	842.165	144.166 b	120.870 b	101.275 b
F-test	**ns**	**	**	**
MBOA concentrations (mM)				
0.25	359.789 e	52.531 e	45.086 e	38.670 e
0.50	579.994 d	100.659 d	91.500 d	78.067 d
0.75	790.286 c	152.062 c	132.206 c	120.679 c
1.00	1010.490 b	230.084 b	208.367 b	191.521 b
1.50	1470.457 a	504.286 a	464.970 a	440.148 a
F-test	**	**	**	**
Soil type x Concentrations	**ns**	**	**	**
Mean	**842.203**	**207.924**	**198.712**	**173.817**
C.V. (%)	**0.05**	**3.16**	**4.44**	**3.38**

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการศึกษาปริมาณของสาร MBOA ที่ถูกดูดซับในดิน (ตารางที่ 6 และภาพที่ 11) ที่ 1, 2 และ 3 วันหลังจากได้รับสาร พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างชุดดินทั้งสอง นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจากระดับความเข้มข้นของสาร MBOA พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่า ที่ 1 วันหลังจากได้รับสารจะเกิดการดูดซับสาร MBOA ในดินมากที่สุด และการดูดซับของสาร MBOA ในดินจะลดลงที่ 2 และ 3 วันหลังจากได้รับสาร นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินและระดับความเข้มข้นของสาร MBOA พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่งผลต่อการดูดซับของสาร MBOA ในดิน ที่ 1, 2 และ 3 วันหลังจากได้รับสาร แสดงให้เห็นว่า ชุดดิน Tennodai มีความสามารถในการดูดซับสาร MBOA บนอนุภาคของดินมากกว่าชุดดิน Ryugasaki เนื่องจาก ชุดดิน Tennodai มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูงกว่า ส่งผลให้ปริมาณของสาร MBOA ที่เจือปนในน้ำในดินมีน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นพิษของสาร MBOA ที่มีต่อพืชทดสอบ เมื่อทำการศึกษาความเข้มข้นของสาร MBOA ในดิน โดยพบว่า ข้าวที่ปลูกในชุดดิน Tennodai จะได้รับความเป็นพิษจากสาร MBOA น้อยกว่าจากการได้รับสาร MBOA ในน้ำในดินในปริมาณที่น้อยกว่า

การดูดซับของสาร MBOA ในดินทั้ง 2 ชุด ที่ 1, 2 และ 3 วันหลังจากได้รับสาร พบว่า ชุดดิน Tennodai มีการดูดซับสาร MBOA ในดินมากกว่าชุดดิน Ryugasaki (ภาพที่ 11) กล่าวคือ การดูดซับสาร MBOA ของชุดดิน Tennodai ที่ 1 วันหลังจากได้รับสาร มีค่าสูงที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น และที่ 2 และ 3 วันหลังจากได้รับสาร พบว่า การดูดซับของสาร MBOA ในดินมีค่าลดลง ตามลำดับ ส่วนการดูดซับสาร MBOA ของชุดดิน Ryugasaki มีแนวโน้มเช่นเดียวกับชุดดิน Tennodai โดยพบว่า ที่ 1 วันหลังจากได้รับสารมีค่าสูงที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น ส่วนที่ 2 และ 3 วันหลังจากได้รับสาร พบว่า การดูดซับของสาร MBOA ในดินมีค่าลดลงตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าทั้งชุดดิน Tennodai และชุดดิน Ryugasaki มีการดูดซับของสาร MBOA สูงที่สุดที่ 1 วันหลังจากได้รับสาร และมีแนวโน้มของการดูดซับลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยที่ชุดดิน Tennodai มีความสามารถในการดูดซับสาร MBOA มากกว่าชุดดิน Ryugasaki แสดงให้เห็นว่า ความเป็นพิษของสาร MBOA ที่มีต่อพืชทดสอบมีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยทางดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สมบัติทางเคมีกายภาพของดิน กล่าวคือ ชุดดิน Tennodai มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูงกว่า ทำให้มีการดูดซับสาร MBOA บนอนุภาคของดินที่ดีกว่า ส่งผลให้ปริมาณของสาร MBOA ที่เจือปนในน้ำในดินมีน้อย ทำให้ข้าวที่ปลูกในชุดดิน Tennodai ได้รับความเป็นพิษจากสาร MBOA น้อยกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

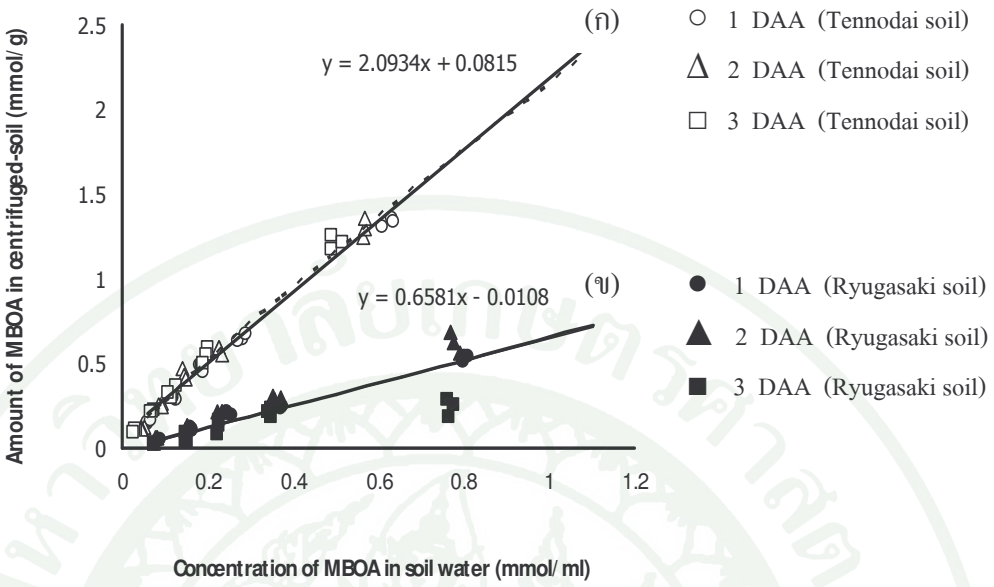
ตารางที่ 6 ปริมาณของสาร MBOA ที่ถูกดูดซับในดินของชุดดิน Ryugasaki และ Tennodai หลังจากได้รับสาร (วัน)

Treatment	Days after application		
	1	2	3
Soil types	m mol/g		
Ryugasaki	6.171 b [1/]	7.191 b	3.600 b
Tennodai	15.864 a	14.674 a	13.147 a
F-test	**	**	**
MBOA concentrations (mM)			
0.25	2.732 e	2.446 e	1.764 e
0.50	5.566 d	5.232 d	3.736 d
0.75	9.226 c	8.851 c	6.207 c
1.00	12.177 b	11.925 b	10.327 b
1.50	25.385 a	26.209 a	19.832 a
F-test	**	**	**
Soil type x Concentrations	**	**	**
Mean	**11.017**	**10.933**	**8.373**
C.V. (%)	**5.61**	**4.30**	**18.40**

[1/] ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 11 การดูดซับของสาร MBOA ในอนุภาคของชุดดิน Tennodai (ก) และ Ryugasaki (ข) หลังจากได้รับสาร (วัน)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการศึกษาในครั้งนี้ จะเห็นได้ว่า สาร MBOA สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทดสอบบางชนิด ได้แก่ ก้นจ้ำขาวดอกใหญ่ สาบแร้งสาบกา ข้าวพันธุ์ กข 6 และข้าวพันธุ์ Nipponbare ได้ โดยสาร MBOA มีผลยับยั้งในส่วนของความยาวส่วนรากของพืชทดสอบมากที่สุด ทั้งนี้ มีปัจจัยทางกายภาพและเคมีของดินเข้ามาเกี่ยวข้อง จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของชุดดิน Ryugasaki และชุดดิน Tennodai พบว่า ดินทั้ง 2 ชนิดมีสมบัติทางกายภาพและเคมีแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลให้กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในดินนั้นมีความแตกต่างกัน (ตารางผนวกที่ 1) จากการที่พืชมีการดูดซับน้ำในดินในส่วนที่เป็นประโยชน์ไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ เพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งพืชจะได้รับสาร MBOA จากการเจือปนอยู่ในน้ำในดิน การประเมินความเข้มข้นของของสาร MBOA ในน้ำในดิน ตลอดจนการดูดซับของสาร MBOA บนอนุภาคของดินจึงเป็นส่วนสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับ Kobayashi *et al.* (1996) ที่ได้รายงานว่า ปริมาณความเข้มข้นของ mefenacet ในน้ำในดินและการดูดซับสารในดินมีความสัมพันธ์ต่อความเป็นพิษต่อพืช กล่าวคือ น้ำในดินเป็นสิ่งชี้วัดความเป็นพิษของสารที่มีต่อพืชทดสอบ เนื่องจากพืชมีการนำน้ำในดินไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อการเจริญเติบโต เมื่อมีสารพิษเจือปนจึงทำให้พืชได้รับสารดังกล่าวเข้าไปจะส่งผลในการยับยั้งการเจริญเติบโต ซึ่งสามารถประเมินได้จากการดูดซับบนอนุภาคของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการดูดซับของสารที่เกิดขึ้นในอินทรียวัตถุ ต่อมา Ito *et al.* (1998) พบว่า การเจริญเติบโตของข้าวที่ปลูกในดินถูกยับยั้งเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ปลูกใน agar culture เนื่องจากความเข้มข้นของสาร dehydromatricaria ester (DME) ที่เจือปนในน้ำในดินมีน้อยกว่าใน agar culture โดยเกิดการดูดซับบนอนุภาคของดิน ต่อมา Dhareesank *et al.* (2005) ได้รายงานไว้ว่า ความเป็นพิษของสาร pethoxamid ในดิน เกิดจากความเข้มข้นของสารนี้ที่เจือปนอยู่ในน้ำในดิน ซึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัยทางดิน เช่น คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน รวมถึงปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Murano *et al.* (2007) ที่ได้รายงานไว้ว่าการเจริญเติบโตของพืชถูกยับยั้งเนื่องจากมีการปนเปื้อนของสาร thenylchlor ในน้ำในดินซึ่งพืชมีการนำไปใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ Kobayashi *et al.* (2008) พบว่าการเจริญเติบโตของ ผักกาดหอมที่ปลูกในทรายถูกยับยั้งโดยความเข้มข้นของสารอัลลิโลพาธิคที่เจือปนอยู่ในน้ำในดิน ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช

จากการศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า สาร MBOA สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทดสอบบางชนิดได้ โดยเกิดการยับยั้งในส่วนของความยาวส่วนรากมากที่สุด เมื่อระดับความเข้มข้นของสาร MBOA สูงขึ้น ทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตในส่วนของความยาวส่วนรากของพืชทดสอบมากขึ้น ทั้งนี้ เมื่อศึกษาความเป็นพิษของสาร MBOA ในดินที่มีต่อพืชทดสอบ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางดิน และความเข้มข้นของสาร MBOA ในดิน โดยพบว่า ดินที่มีปริมาณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อนุภาคดินเหนียวสูงกว่า จะมีการดูดซับสาร MBOA บนอนุภาคของดินที่ดีกว่า ส่งผลให้ปริมาณของสาร MBOA ที่เจือปนในน้ำในดินมีน้อย ทำให้พืชทดสอบได้รับความเป็นพิษจากสาร MBOA น้อยกว่า อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดิน นับว่าเป็นส่วนสำคัญในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA ในดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อความเป็นพิษของสาร MBOA ที่มีต่อพืชทดสอบ ทั้งนี้ จำเป็นที่จะต้องมีการทดสอบผลที่อาจมีต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูก และประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชสำคัญในแต่ละพื้นที่ แนวทางในการศึกษาขั้นตอนต่อไป ควรจะมีการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ (downward movement) และการปลดปล่อยของสาร MBOA (exudating) ในดิน ตลอดจนปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA เพื่อที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเป็นสารต้นแบบในการผลิตสารผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากธรรมชาติชนิดใหม่ ซึ่งจะเป็นการช่วยลดหรือทดแทนการใช้สารเคมีทางการเกษตรสำหรับการควบคุมวัชพืช ส่งผลทำให้ระบบการผลิตพืชมีความปลอดภัยทางด้านอาหารและสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น นำไปสู่การอนุรักษ์ และการนำสารกำจัดวัชพืชจากธรรมชาติที่มีศักยภาพมาใช้ประโยชน์ในการเกษตรในระบบการผลิตพืชที่เป็นแบบการเกษตรยั่งยืนต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ผลของสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตในส่วนรากของพืชทดสอบ โดยพบว่า ข้าวพันธุ์ กข 6 มีความทนทานต่อความเป็นพิษของสาร MBOA ได้มากที่สุด ในขณะที่ก้นจ้ำขาวดอกใหญ่และสาบแร้งสาบกา มีความอ่อนแอต่อสาร MBOA มากที่สุด ตามลำดับ

2. ผลของสาร MBOA ในดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ Nipponbare ทำให้เกิดการยับยั้งในส่วนรากของต้นข้าวได้ โดยที่การใช้สาร MBOA ในทรายจะมีผลกระทบต่อพืชทดสอบมากกว่าในชุดดิน Ryugasaki และชุดดิน Tennodai ตามลำดับ

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA ในดิน พบว่า น้ำในดินของชุดดิน Ryugasaki มีปริมาณสาร MBOA เจือปนอยู่มากกว่าชุดดิน Tennodai ส่วนการดูดซับของสาร MBOA ในดิน พบว่า ชุดดิน Tennodai มีความสามารถในการดูดซับสาร MBOA มากกว่าชุดดิน Ryugasaki

4. สาร MBOA สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทดสอบบางชนิดได้ ซึ่งเกิดการยับยั้งความยาวส่วนรากมากที่สุด โดยความเป็นพิษที่เกิดขึ้นในพืชทดสอบเกี่ยวเนื่องกับปัจจัยทางดิน กล่าวคือ ในชุดดินที่มีปริมาณอนุภาคดินเหนียว ปริมาณอินทรียวัตถุ และค่า CEC สูงจะมีความสามารถในการดูดซับสาร MBOA ในดินได้มากกว่า ส่งผลให้ความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดินมีอยู่น้อย ดังนั้น ความเป็นพิษต่อพืชทดสอบจึงน้อยลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการทดสอบผลกระทบของสาร MBOA ที่อาจจะมีต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูก เช่น ข้าว และผักชนิดต่าง ๆ เป็นต้น ตลอดจนประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชที่เป็นปัญหาหลักในแต่ละพื้นที่ เพื่อเป็นการนำสารกำจัดวัชพืชจากธรรมชาติที่มีศักยภาพมาใช้ประโยชน์ในการเกษตรในระบบการผลิตพืชที่เป็นแบบการเกษตรยั่งยืนต่อไป

2. ควรมีการพิจารณาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของสาร MBOA (downward movement) และการปลดปล่อยของสาร MBOA (exudating) ในดิน ตลอดจนปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร MBOA เพื่อการพัฒนาเป็นสารต้นแบบในการผลิตสารผลิตภัณฑ์กำจัดวัชพืชจากธรรมชาติ ทำให้มีความปลอดภัยทางด้านอาหารและสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ทรงสุดา พรหมทอง. 2552. **ทำความรู้จักกับ HPLC**. Science equipment. แหล่งที่มา: http://share.psu .ac.th/blog/science-equipment/945, 14 พฤษภาคม 2552.

สมบัติ ชิณะวงศ์. 2540. **เทคนิคการใช้สารกำจัดวัชพืชและการทำวิจัย**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สุญญตา เมฆสวัสดิ์ สุเทพ ทองมา และทศพล พรพรหม. 2551. ผลทางอัลลิโลพาธีของหญ้าโขย่งต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบบางชนิด. **ว. วิทย์. กษ.** 39: 115-130.

Barnes, J.P. and A.R. Putnam. 1987. Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereale* L.). **J. Chem. Ecol**. 13: 889-906.

Batish, D.R., H.P. Singh, N. Setia, S. Kaur and R.K. Kohli. 2006. 2-benzoxazolinone (BOA) induced oxidative stress, lipid peroxidation and changes in some antioxidant enzyme activities in mung bean (*Phaseolus aureus*). **Plant Physiol. Biochem.** 44: 819-827.

Batlang, U. and D.D. Shushu. 2007. Allelopathic activity of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on growth and nodulation of Bambara groundnut (*Vigna subterranean* (L.) Verdc.). **Agron. J**. 6: 541-547.

Belz, R.G. and K. Hurle. 2004. A novel laboratory screening bioassay for crop seedling allelopathy. **J. Chem. Ecol**. 30: 175-198.

Berger, P.J., N.C. Negus, E.H. Sanders and P.D. Gardners. 1981. Chemical triggering of reproduction in *Microtus montanus*. **Science** 214: 69-70.

Bravo, H.R. and S.V. Copaja. 2002. Contents and morphological distribution of 2,4-dihydroxy-1, 4-benzoxazin-3-one and 2-benzoxazolinone in *Acanthus mollis* in relation to protection From larvae of *Pseudaletia impuncta*. **Ann Appl Biol**. 140: 129-132.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Blum, U. 1998. Effects of microbial utilization of phenolic acids and their phenolic acid breakdown products on allelopathic interactions. **J. Chem. Ecol**. 24: 685-708.

_____. 1999. Designing laboratory plant-debris soil bioassay: some reflections, pp. 17-23. *In* Inderjit, K. M. M. Dakshini and C.L. Foy, eds. **Principles and Practices of Plant Ecology.** Boca Raton, Florida.

_____, A.D. Worsham, L.D. King and T.M. Gerig. 1994. Use of water and EDTA extractions to estimate available (free and reversibly bound) phenolic acids in Cecil soils. **J. Chem. Ecol.** 20: 341-359.

Burhan, N. and S.S. Shaukat. 2000. Effect of phenolic compounds on germination and seedling Growth of some crop plants. **Pak. J. Biol. Sci.** 3:269-274.

Chen, R. 1999. Physiological effects of 6-methoxy-2-benzoxazolinone (MBOA) from maize coleoptiles. **J. Tropical Subtropical Bot.** 7: 70-74.

Cheng, H.H. 1995. Characterization of the mechanisms of allelopathy: modeling and experimental approaches, pp. 132-141. *In* Inderjit, K.M.M. Dakshini and F.A. Einhelling, eds. **Allelopathy: Organisms, Processes and Applications.** American Chemical Society, Washington, USA.

Chon, S.U., H.G Jang, D.K. Kim, Y.M. Kim, H.O. Boo and Y.J. Kim. 2005. Allelopathic potential in lettuce (*Lactuca sativa* L.) plants. **Scientia Hort**. 106: 309–317.

Chung, I.M., K.H. Kim, J.K. Ahn, S.C. Chun, S.C. Kim, J.T. Kim and S.H. Kim. 2002. Screening of allelochemicals on bamyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) and identification of potentially allelopathic compounds from rice (*Oryza sativa*) variety hull extracts. **Crop Prot.** 21: 913-920.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Daigo, I., K. Yamaji and K. Kobayashi. 2008. Extraction and identification of phytotoxic compounds of Itchgrass (*Rottboellia exaltata* L.f.) and the allelopathic activity in soil, pp. 132. *In* **47th Conference of The Weed Science Society of Japan**. 18-20 April, 2008. Utsunomiya University Minecho, Japan.

Dalton, B.R., U. Blum, and S.B. Weed. 1989. Differential sorption of exogenously applied ferulic, *p*-coumaric, *p*-hydroxybenzoic and vanillic acids in soil. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 53: 757-762.

Dhareesank, A., K. Kobayashi and K. Usui. 2005. Phytotoxic activity of pethoxamid in soil under different moisture conditions. **Weed Biol. Manag**. 5: 197-202.

Duke, S.O., F.E. Dayan, J.G. Romagni and A.M. Rimando. 2000. Natural products as sources of Herbicides: current status and future trends. **Weed Res**. 40: 99-111.

Eri, N., K. Yamada, S. Kosemura, S. Yamamura and K. Hasegawa. 2001. Effect of the auxin-inhibiting substances raphanusanin and benzoxazolinone on apical dominance of pea seedlings. **Plant Growth Regul.** 35: 11-15.

Ferreira, D., B.I. Kamara, E.X. Brandt and E. Jonbert. 1998. Pluchea compounds from *Cyclopia intermedia* (honey bush tea). **J. Agric. Food Chem.** 46: 3406-3410.

Frey, M., P. Chomet, E. Glawischnig, C. Stettner, S. Grün and A. Winklmair. 1997. Analysis of a chemical plant defense mechanism in grasses. **Science** 277: 696-699.

Geary, D.R. 2002. Grass weed suppression by U.S. and foreign rice cultivars in drill seeded system. *In* **The 3rd World Congress on Allelopathy**. 26-30 August, 2002. Tsukuba, Japan.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Glen, A.E., S.E. Gold and C.W. Bacon. 2002. Fdb1 and Fdb2, *Fusarium verticillioides* loci necessary for detoxification of preformed antimicrobials from cone. **Mol Plant Microbe Interact**. 15: 91-101.

Han, C.H., K.W. Pan, N. Wu, J.C. Wang and W. Li. 2008. Allelopathic effect of ginger on seed germination and seedling growth of soybean and chive. **Scientia Hort.** 116: 330-336.

Hanwen, W., T. Haig, J. Pratley, D. Lemerle and M. An. 2001. Allelochemical in wheat (*Triticum aestivum* L.) : production and exudation of 2, 4-dihydroxy-7-methoxy-1, 4-benzoxazin-3-one. **J. Chem. Ecol**. 27: 1691-1700.

Harrison, H.F. Jr. and J.K. Peterson. 1991. Evidence that sweet potato (*Ipomoea Batatas*) is Allelopathic to yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*). **Weed Sci**. 39: 308-312.

Hayashi, T., K. Gotoh, K. Ohnishi, K. Okamura and T. Asamizu. 1994. 6-Methoxy-2-benzoxazolinone in *Scoparia dulcis* and its production by cultured tissues. **J. Phytochem.** 37: 1611-1614.

Inderjit. 1998. Influence of *Pluchea lanceolata* (Asteraceae) on selected soil properties. **Am. J. Bot**. 85: 64-69.

_____and Duke. 2003. Ecophysiological aspects of allelopathy. **Planta**. 217: 529-539.

_____, H.H. Cheng and H. Nishimura. 1999. Plant phenolics and terpenoids transformation, degradation and potential for allelopathic interactions, pp. 255-266. *In* Inderjit, K.M.M. Dakshini and C.L. Foy , eds. **Principles and Practices of Plant Ecology.** Boca Raton, Florida, USA.

_____, M. Kaur and C.L. Foy. 2001. On the significance of field studies in allelopathy. **Weed Technol**. 15: 792-797.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ino, T. and H. Kato. 2003. Release level of momilactone B, which acts as an allelochemical, from Rice plants into the environment. **Plant Cell Physiol**. 44(suppl), s153.

Ito, I., K. Kobayashi and T. Yoneyama. 1998. Fate of dehydromatricaria ester added to soil and its implications for the allelopathic effect of *Solidago altissima* L. *Ann.* **Bot**. 82: 625-630.

Jose, S. and A. Gillespie. 1998. Allelopathy in black walnut (*Juglans nigra* L.) alley cropping. I. Spatio-temporal variation in soil juglone in a black walnut-corn (*Zea mays* L.) alley cropping systems in the midwestern USA. **Plant Soil** 203: 191-197.

Kato-Noguchi, H . 2000. Allelopathy in maize. II. Allelopathic potential of a new benzoxazolinone, 5-chloro-6-methoxy-2-benzoxazolinone and its analogues. **Plant Prod. Sci.** 3: 47-50.

_____. 2008. Effects of four benzoxazinoids on gibberellin induced α-amylase activity in barley seeds. **J. Plant Physiol**. 165: 1889-1894.

_____and F.A. Macias. 2005. Effect of 6-methoxy-2-benzoxazolinone on the germination and α-amylase activity in lettuce seeds. **J. Plant Physiol**. 162: 1304-1307.

_____and _____. 2006. Possible mechanism of inhibition of 6-methoxy-benzoxazolin-2(3H)- one on germination of cress (*Lepidium sativum* L.). **J. Chem. Ecol**. 32: 1101-1109.

_____ and _____. 2008. Inhibition of germination and α-amylase induction by 6-methoxy-2-benzoxazolinone in twelve plant species. **Biologia Plantarum**. 52: 351-354.

_____, S. Kosemura and S. Yamamura. 1998. Allelopathic potential of 5-chloro-6-methoxy-2-benzoxazolinone. **J. Phytochem**. 48: 433-435.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

_____, _____and _____. 1999. A new inhibitor of auxin-induced growth, 5- chloro-6-methoxy-2-benzoxazolinone, from light-grown shoots of maize seedlings. **J. Plant Physiol**. 154: 102-105.

Kobayashi, K. 2002. Behavior and phytotoxic activities of herbicides in soil. **Weed Sci. Technol.** 47: 89-96.

_____. 2004. Factors affecting phytotoxic activity of allelochemicals in soil. **Weed Biol. Manag**. 4: 1-7.

_____, D. Itaya, P. mahatamnuchoke and T. Pornprom. 2008. Allelopathic potential of itchgrass (*Rottboellia exaltata* (Lour.) W. Clayton) powder incorporated into soil. **Weed Biol. Manag.** 8: 64-68.

_____, H. Koyama. and I.S. Shim. 2004. Relationship between behavior of dehydromatricaria ester in soil and the allelopathic activity of *Solidago altissima* L. in laboratory. **Plant Soil** 259: 97-102.

_____, M. Onoe and H. Sugiyama. 1994. Thenylchlor concentration in soil water and its herbicidal activity. **Weed Res.** 39: 160-164.

_____, N. Ashida and I.S. Shim. 1999. Pretilachlor behavior and its phytotoxic activity on transplanted rice in Utsunomiya paddy soil. **Weed Sci. Technol**. 44: 285-292.

_____, N. Nakamura, I.S. Shim and S. Nagatsuka. 1996. Relationship of herbicidal activity of soil-applied mefenacet to its concentration in soil water and adsorption in soil. **Weed Res.** 41: 98-102.

Kohli, R.K., D. Batish and H.P. Singh. 1998. Allelopathy and its implications in agroecosystem. **J. Crop. Prod.** 1: 169-202.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kong, C., X. Xu, B. Zhou, F. Hu, C. Zhang and N. Zhang. 2004. Two compounds from allelopahtic rice accession and their inhibitory activity on weeds and fungal pathogens. **J. Phytochem**. 65: 1123-1128.

Lehman, M.E. and U. Blum. 1999. Evaluation of ferulic acid uptake as a measurement of allelochemical dose: Effective concentration. **J. Chem. Ecol.** 25: 2585-2600.

Megan, S. and L.M. Kohn. 2008. Host-synthesized secondary compounds influence the in vitro interactions between fungal endophytes of maize. **Appl. Environ. Microbiol**. 74: 136-142.

Miyauchi, N., K. Kobayashi and K. Usui. 2002. Differential safening activity of dymron and fenclorim on pretilachlor injury in rice seedlings in soil. **Weed Biol. Manag**. 2: 46-51.

Murano, H., K. Kobayashi and S. Fujihara. 2007. Residual thenylchlor concentration in soil water and its phytotoxic activity in soil. **Weed Biol. Manag**. 7: 158-163.

_____, _____ and _____. 2007. Residual activity of clomeprop and its downward movemwnt under laboratory conditions. **Weed Biol. Manag**. 7: 201-208.

Nakajima, E., K. Yamada, S. Kosemura, S. Yamamura and K. Hasegawa. 2001. Effects of the auxin-inhibiting substances raphanusanin and benzoxazolinone on apical dominance of pea seedlings. **Plant Growth Regul.** 35: 11-15.

Nakamura, N. 1996. **Mechanisms of Phytotoxic Activity of Herbicides in Soil – the Significance of Mefenacet Concentrations in Soil Water**. Ph.D. Thesis, University of Tsukuba.

_____, K. Kobayashi, I.S. Shim, and S. Nagatsuka. 1996. Influence of soil organic matter content on mefenacet concentration in soil water and the phytotoxic activity. **Weed Res**. 41: 339-343.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Narwal, S.S. 1994. **Allelopathy in crop production**. Scientific Publishers. Jodhpur, India.

Niemeyer, H.M. 1998. Hydroxamic acids (4-hydroxy-1,4-benzoxazin-3-ones), defense chemicals in the Gramineae. **J. Phytochem**. 27: 3349-3358.

Onoe, M., D.J. Lee, K. Kobayashi and H. Sugiyama. 1995. Herbicidal activity of soil-applied thenylchlor and its mobility in two paddy soils. **Weed Res**. 40: 75-79.

Patrick, J.T. and T.R. Wright. 2002. Resistance of weed to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned?. **Weed Sci**. 50: 700-712.

Pérez, F.J. 1990. Allelopathic effect of hydroxamic acids from cereals on *Avena sativa* and *A. fatua*. **J. Phytochem**. 29: 773-776.

Powles, S.B. and D.L. Shaner. 2001. Herbicide resistance and world grains. London: CRC Press.

Putnam, A.R. 1985. Weed allelopathy, pp. 131-155. *In* S.O. Duke (ed.). **Weed Physiology volume I: Reproduction and Ecophysiology**. CRC Press, Inc., Florida.

_____ and L.A. Weston. 1986. Adverse impacts of allelopathy in agricultural systems, pp. 43-56. **The Science of Allelopathy**. A.R. Putnum and C.S. Tang (Eds.), John Wiley and Sons. New York.

Qasem, J.R. and T.A. Hill. 1989. On difficulties with allelopathy methodology. **Weed Res**. 29: 345-347.

Rice, C.P., Y.B. Park, F.Adam, A.A. Abdul-Baki and J.R. Teasdale. 2005. Hydroxamic acid content and toxicity of rye at selected growth stages. **J. Chem. Ecol.** 31: 1887-1905.

Rizvi, S.J.H. and V. Rizvi. 1992. **Allelopathy Basic and Applied Aspects**. Chapman & Hall, London. 480 p.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sánchez-Moreiras, A.M., T. Coba de la Peña and M.J. Reigosa. 2008. The natural compound benzoxazolin-2(3H)-one selectively retards cell cycle in lettuce root meristems. **J. Phytochem**. 69: 2172-2179.

Schmidt, S.K. and R. Ley. 1999. Microbial competition and soil structure limit the expression of Allelochemicals in nature, pp. 339-351. *In* Inderjit, K.M.M. Dakshini and C.L. Foy, eds. **Principles and Practices in Plant Ecology: Allelochemical Interactions.** Boca Raton, Florida, USA.

Shaukat, S.S., Z. Tajuddin and I.A. Siddiqui. 2003. Allelopathic potential of *Launaea procumbens* (Roxb.) Rammaya and Rajgopal: a tropical weed. **Pak. J. Biol. Sci.** 6: 225-230.

Singh, H.P., D.R. Batish, S. Kaur, N. setia and R.K. Cooli. 2005. Effect of 2- benzoxazolinone onthe germination, early growth and morphogenetic response of mung bean (*Phaseolus aureus*). **Ann. Appl. Biol.** 147: 267-274.

Sunyata, M. and T. Pornprom. 2010. Allelopathic effect of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W. D. Clayton) on seed germination and plant growth. **Weed Biol. Manag**. 10: 16-24.

Takahashi, H., K. Kobayashi and I.S. Shim. 2000. Phytotoxic activity of cafenstrole on rice (*Oryza sativa* L.) and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. Var. formosensis Ohwi) seedlings emerging from various depths and its behavior in soil. **Weed Sci. Technol**. 45: 200-206.

Thomas, E., S.T. Nielsen, A.G. Mortensen, C. Christophersen and I.S. Fomsgaard. 2006. Elucidating the transformation pattern of the cereal allelochemical 6-methoxy-2-benzoxazolinone (MBOA) and the trideuteriomethoxy analogue [D_3]-MBOA in soil. **J. Agric. Food Chem.** 54: 1075-1085.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Thompson, C.A. 1985. The chemistry of allelopathy: biochemical interactions among plants. *In* **ACS Symposium Series 268**. American Chemical Society, Washington DC, USA .

Tongma, S., K. Kobayashi. and K. Usui. 1998. Allelopathic activity of Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) in soil. **Weed Sci**. 46: 432-437.

_____, _____ and _____. 2001. Allelopathic activity of Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray) in soil under natural field conditions and different moisture conditions. **Weed Biol. Manag**. 1: 115-119.

Waller, G.R. 1987. Allelochemical: role in agriculture and forestry. *In* **ACS Symposium Series 330**. American Chemical Society, Washington DC, USA .

Wang, M.F., J.G. Li, M. Rangarajan, Y. Shao, E.J. Lavoie, T.C. Huang and C.T. Ho. 1998. Antioxidative phenolic compounds from sage (*Salvia officinalis*). **J. Agric. Food Chem.** 46: 4869-4871.

Wardle, D.A., K.S. Nicholson and M. Ahmed. 1992. Comparison of osmotic and allelopathic effects of grass leaf extracts on grass seed germination and radicle elongation. **Plant Soil** 140: 315-319.

Waters corporation. 2009. **How does a High-Performance Liquid Chromatography Work?**. Resource library. Available Source: www.waters.com/waters/nav.htm?locale=en_US, May 23, 2009.

Yenish, J.P., A.D. Worsham and W.S. Chilton. 1995. Disappearance of DIBOA-glucoside, DIBOA, and BOA from rye (Secale cereal L.) cover crop residue. **Weed Sci**. 43: 18–20.

Yue, Q., C.W. Bacon and M.D. Richardson. 1998. Biotransformation of 2-benzoxazolinone and 6-methoxy-benzoxazolinone by *Fusarium moniliforme*. **J. Phytochem.** 48: 451-454.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของชุดดิน Ryugasaki และ Tennodai

Soil properties	Ryugasaki soil	Tennodai soil
Soil texture	Sandy loam	Light clay
Organic matter (%)	0.67	3.90
CEC ($cm\,kg^{-1}$)	9.1	24.6
pH	5.9	5.7
Sand (%)	75.7	36.0
Silt (%)	17.2	38.8
Clay (%)	7.1	25.2
Field water capacity (% of dry soil)	27	43

ที่มา: Murano *et al*. (2007)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนเหนือดินในก้นจ้ำขาวดอกใหญ่ หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

	df	SS	MS	F-Value
Between Groups	4	0.584	0.146	18.870**
Within Groups	15	0.116	0.008	
Total	19	0.700		

C.V. = 13.99 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนรากในก้นจ้ำขาวดอกใหญ่ หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

	df	SS	MS	F-Value
Between Groups	4	7.188	1.797	50.807**
Within Groups	15	0.531	0.035	
Total	19	7.718		

C.V. = 20.19 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสะสมน้ำหนักสดในก้นจ้ำขาวดอกใหญ่หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

	df	SS	MS	F-Value
Between Groups	4	0.007	0.002	8.053**
Within Groups	15	0.003	0.000	
Total	19	0.010		

C.V. = 14.94 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสะสมน้ำหนักแห้งในก้นจ้ำขาวดอกใหญ่หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

	df	SS	MS	F-Value
Between Groups	4	0.000	0.000	1.820^{ns}
Within Groups	15	0.000	0.000	
Total	19	0.000		

C.V. = 23.08 %

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนเหนือดินในสาบแร้งสาบกา หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

	df	SS	MS	F-Value
Between Groups	4	0.055	0.014	4.263*
Within Groups	15	0.048	0.003	
Total	19	0.103		

C.V. = 18.67 %

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนรากในสาบแร้งสาบกา หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

	df	SS	MS	F-Value
Between Groups	4	5.638	1.410	39.440**
Within Groups	15	0.536	0.036	
Total	19	6.174		

C.V. = 46.98 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสะสมน้ำหนักสดในสาบแร้งสาบกา หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

	df	SS	MS	F-Value
Between Groups	4	0.000	0.000	13.282**
Within Groups	15	0.000	0.000	
Total	19	0.001		

C.V. = 23.33 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสะสมน้ำหนักแห้งในสาบแร้งสาบกา หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

	df	SS	MS	F-Value
Between Groups	4	0.000	0.000	12.240**
Within Groups	15	0.000	0.000	
Total	19	0.000		

C.V. = 24.12 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนเหนือดินในข้าวพันธุ์ กข 6 หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

	df	SS	MS	F-Value
Between Groups	4	0.377	0.094	0.554^{ns}
Within Groups	15	2.551	0.170	
Total	19	2.928		

C.V. = 13.01 %

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.01)

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนรากในข้าวพันธุ์ กข 6 หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

	df	SS	MS	F-Value
Between Groups	4	20.050	5.013	20.550**
Within Groups	15	3.659	0.244	
Total	19	23.709		

C.V. = 32.02 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสะสมน้ำหนักสดในข้าวพันธุ์ กข 6 หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

	df	SS	MS	F-Value
Between Groups	4	0.018	0.005	0.147^{ns}
Within Groups	15	0.459	0.031	
Total	19	0.477		

C.V. = 10.64 %

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.01)

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสะสมน้ำหนักแห้งในข้าวพันธุ์ กข 6 หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

	df	SS	MS	F-Value
Between Groups	4	0.008	0.002	2.410^{ns}
Within Groups	15	0.012	0.001	
Total	19	0.020		

C.V. = 6.49 %

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.01)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนเหนือดินในข้าวพันธุ์ Nipponbare หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source	df	SS	MS	F-value
Treatment	23	141.626		
Concentrations	7	61.609	8.801	1262.328**
Soil types	2	75.671	37.835	5426.573**
Concentrations x Soil types	14	4.347	0.310	44.534**
Error	48	0.335	0.007	
Total	71	141.961		

C.V. = 31.60 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวส่วนรากในข้าวพันธุ์ Nipponbare หลังจากได้รับสาร MBOA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source	df	SS	MS	F-value
Treatment	23	81.210		
Concentrations	7	44.369	6.338	441.358**
Soil types	2	31.775	15.887	1106.279**
Concentrations x Soil types	14	5.066	0.362	25.198**
Error	48	0.689	0.014	
Total	71	81.899		

C.V. = 40.15 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดิน ที่ 0 วันหลังจากได้รับสาร

Source	df	SS	MS	F-value
Treatment	9	4363180.138		
Concentrations	4	4363179.758	1090794.940	7098226.952**
Soil types	1	0.045	0.045	0.291^{ns}
Concentrations x Soil types	4	0.335	0.084	0.545^{ns}
Error	20	3.073	0.154	
Total	29	4363183.211		

C.V. = 0.05 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.01)

ตารางผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดิน ที่ 1 วันหลังจากได้รับสาร

Source	df	SS	MS	F-value
Treatment	9	953918.789		
Concentrations	4	762566.983	190641.746	6167.945**
Soil types	1	121953.080	121953.080	3945.620**
Concentrations x Soil types	4	69398.727	17349.682	561.324**
Error	20	618.169	30.908	
Total	29	954536.959		

C.V. = 3.16 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดิน ที่ 2 วันหลังจากได้รับสาร

Source	df	SS	MS	F-value
Treatment	9	855643.228		
Concentrations	4	659854.995	164963.749	2145.667**
Soil types	1	136914.204	136914.204	1780.829**
Concentrations x Soil types	4	58874.029	14718.507	191.442**
Error	20	1537.646	76.882	
Total	29	857180.873		

C.V. = 4.44 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของสาร MBOA ในน้ำในดิน ที่ 3 วันหลังจากได้รับสาร

Source	df	SS	MS	F-value
Treatment	9	839890.034		
Concentrations	4	609012.128	152253.032	3635.823**
Soil types	1	157872.475	157872.475	3770.016**
Concentrations x Soil types	4	73005.431	18251.358	435.845**
Error	20	837.516	41.876	
Total	29	840727.551		

C.V. = 3.38 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสาร MBOA ในดิน ที่ 1 วันหลังจากได้รับสาร

Source	df	SS	MS	F-value
Treatment	9	2894.681		
Concentrations	4	1856.068	464.017	2422.178**
Soil types	1	704.616	704.616	3678.110**
Concentrations x Soil types	4	333.997	83.499	435.868**
Error	20	3.831	0.192	
Total	29	2898.513		

C.V. = 5.61 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสาร MBOA ในดิน ที่ 2 วันหลังจากได้รับสาร

Source	df	SS	MS	F-value
Treatment	9	2736.032		
Concentrations	4	2059.181	514.795	768.871**
Soil types	1	419.895	419.895	627.133**
Concentrations x Soil types	4	256.956	64.239	95.944**
Error	20	13.391	0.670	
Total	29	2749.423		

C.V. = 4.30 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสาร MBOA ในดิน ที่ 3 วันหลังจากได้รับสาร

Source	df	SS	MS	F-value
Treatment	9	2494.605		
Concentrations	4	1229.975	307.494	367.271**
Soil types	1	683.541	683.541	816.423**
Concentrations x Soil types	4	581.089	145.272	173.513**
Error	20	16.745	0.837	
Total	29	2511.350		

C.V. = 18.40 %

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวภัทรนภา สกุณวัฒน์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 14 กันยายน 2525
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ศึกษาศาสตร์- เกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน พ.ศ. 2548

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์