

การแพร่กระจายของเมตาบอไลต์ของเอนโดซัลเฟนในระบบนิเวศน้ำจืด
โดยใช้เทคนิคเชิงนิวเคลียร์

ทิพวัลย์ อัดถาหาร

28 ก.ค. 2547

180247

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำรงหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

มีนาคม 2547

ISBN 974-383-006-5

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ ทิพวัลย์ อัดถาหาร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์ สว่างวงศ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรณี พักคง)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัฒนา อนุรักษพงษ์สร)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์ สว่างวงศ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรณี พักคง)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัฒนา อนุรักษพงษ์สร)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิญญิต มั่นทะจิตร)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. สุวรรณ ภาณุตระกูล)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประทุม ม่วงมี)

วันที่ ๑ เดือน สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๕๗

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนสนับสนุนบางส่วน จากโครงการบัณฑิตศึกษา ฝึกอบรมและวิจัย ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม ภายใต้การกำกับของโครงการพัฒนา บัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทบวงมหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนสนับสนุนวิจัยบางส่วน จากสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ดีเนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำปรึกษาและช่วยแนะนำ ข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์ สุว่งวงศ์ ประธานกรรมการ ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรณี พักทอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัฒนา อนุรักษ์พงสร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิญญิต มั่นหจจิตร และ อาจารย์ ดร.สุวรรณา ภานุตระกูล กรรมการควบคุม วิทยานิพนธ์ ทำให้ได้รับแนวทางการศึกษาค้นคว้าหาความรู้และประสบการณ์ในการทำ วิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ผู้วิจัยรู้สึกทราบบ้างเป็นออย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน และเจ้าหน้าที่ต่างๆ ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือ อุปกรณ์ในการทดลองรวมทั้งให้คำปรึกษาและคำแนะนำอย่างดีตลอดการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ คุณนิพนธ์ มาฆทาน ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ดิน รังสีที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปากเปล่าทุกท่านที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการ ปรับปรุงแก้ไขจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณตา คุณยาย และพี่ชายที่เป็นกำลังใจสำคัญด้วยดี เสมอมา รวมทั้งท่านอื่น ๆ ที่มีได้เอื้อนนามในที่นี้ ที่มีส่วนช่วยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือ ซึ่ง มีส่วนทำให้การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ทิพวัลย์ อัดถาหาร

43910966: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ: เอน โคซัลเฟนซัลเฟต/ เอน โคซัลเฟนไดออกไซด์/ ระบบนิเวศนาข้าวจำลอง/ สุพรรณบุรี 1/
เทคนิคเชิงนิวเคลียร์/ คาร์บอน-14

ทิพวัลย์ อัดดาหาร: การแพร่กระจายของเมตาบอไลต์ของเอน โคซัลเฟนในระบบนิเวศ
นาข้าวจำลองโดยใช้เทคนิคเชิงนิวเคลียร์ (DISTRIBUTION OF ENDOSULFAN METABOLITES
IN PADDY LYSIMETER MODEL BY NUCLEAR TECHNIQUE) อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์
: พิชาย สุว่างวงศ์, Ph.D., พรรณี พักคง, M.Sc., พัฒนา อนุรักษ์พงศ์พร, D.Tech.Sc.,
วิญญิต มั่นพะจิตร, Ph.D., สุวรรณภา ภาณุตระกูล, D.Sc. 84 หน้า. ปี พ.ศ. 2547.

ISBN 974-383-006-5

งานวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาการแพร่กระจายของเมตาบอไลต์ของเอนโคซัลเฟนโดยใช้เทคนิคเชิง
นิวเคลียร์ ซึ่งมีคาร์บอน-14 เอนโคซัลเฟนซัลเฟต และคาร์บอน-14 เอนโคซัลเฟนไดออกไซด์เป็นตัวติดตาม
ระบบนิเวศนาข้าวจำลองทำด้วยท่อซีเมนต์จำนวน 3 ท่อ เส้นผ่าศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร ได้ดินรังสีติดในระบบ
นิเวศนาข้าวจำลองให้มีความสูงจากพื้น 20 เซนติเมตร เติมน้ำลงไปและรักษาระดับน้ำสูงจากผิวดินประมาณ 5
เซนติเมตร เลี้ยงหอยเชอรี่ จากนั้นใส่สารคาร์บอน-14 เอนโคซัลเฟนซัลเฟตและคาร์บอน-14 เอนโคซัลเฟน-
ไดออกไซด์ไปยังระบบนิเวศนาข้าวจำลอง ปลุกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และเก็บเกี่ยวข้าว เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 132 วัน
จึงวิเคราะห์คาร์บอน-14 เอนโคซัลเฟนซัลเฟตและ คาร์บอน-14 เอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ที่มีในตัวอย่างน้ำ, ตัวอย่าง
หอยเชอรี่ที่ตาย, ตัวอย่างดินข้าว และ ตัวอย่างดิน ในตัวอย่างน้ำ พบว่า มีการลดลงของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตและ
เอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ภายใน 1 วัน ลดลงเพียง 1.25 และ 17.52 เปอร์เซ็นต์ ของสารเริ่มต้น ตามลำดับ หลังจาก
นั้นปริมาณของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตและเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์เริ่มคงที่ในวันที่ 75 และวันที่ 3 หลังการใส่สาร
คิดเป็น 0.24 และ 11.79 เปอร์เซ็นต์ ของสารเริ่มต้น ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการแพร่กระจายของเมตาบอไลต์
ของเอนโคซัลเฟนทั้งสองชนิด พบว่า เอนโคซัลเฟนซัลเฟตมีการแพร่กระจายในน้ำน้อยกว่าเอนโคซัลเฟน
ไดออกไซด์ ถ้ารับปริมาณของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในหอยเชอรี่ที่ตาย พบว่า มีการลดลงอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกับ
ในน้ำ แต่ ปริมาณของเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ในหอยเชอรี่นั้น พบว่า มีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ปริมาณของเมตา
บอไลต์ทั้งสอง เท่ากับ 0.07 และ 0.89 เปอร์เซ็นต์ ของสารเริ่มต้น ตามลำดับ ปริมาณของเอนโคซัลเฟนซัลเฟต
ในดินข้าว มีค่าเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตของดินข้าว เท่ากับ 3.73 เปอร์เซ็นต์ ของสารเริ่มต้น หลังการใส่สาร
132 วัน สำหรับในดิน พบว่า การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตและเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ มีค่าใกล้เคียง
กัน พบในปริมาณ เท่ากับ 73.68 และ 72.88 เปอร์เซ็นต์ ของสารเริ่มต้น ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า
ปริมาณเปอร์เซ็นต์หลังการใส่สารรวมของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตและเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ที่แพร่กระจายในทุก
ตัวอย่าง คิดเป็น 93.42 และ 90.68 เปอร์เซ็นต์ ของสารเริ่มต้น ตามลำดับ

43910966: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M.Sc (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS: ENDOSULFAN SULFATE/ ENDOSULFAN DIOL/ LYSIMETER,
SUPANBURI I/ NUCLEAR TECHNIQUE/ CARBON – 14

THIPPAWAN ATTHAHARN: DISTRIBUTION OF ENDOSULFAN METABOLITES
IN PADDY LYSIMETER MODEL BY NUCLEAR TECHNIQUES. THESIS ADVISORS:
PICHAN SAWANGWONG, Ph.D., PANNEE PAKKONG, M.Sc.,
PATANA ANURAKPONGSATORN, D.Tech.Sc., VIPOOSIT MANTHACHITRA, Ph.D.,
SUWANNA PANUTRAKUL, D.Sc. 84 P. 2003 ISBN 974-383-006-5

This research was conducted to study the distribution of endosulfan metabolites using a nuclear technique. C-14 endosulfan sulfate and C-14 endosulfan diol were used as tracers. Three cement lysimeters of 25 cm in diameter filled with Rangsit soil up to 20 cm were set up and the water level was kept at 5 cm from the soil surface. Golden Apple snails were reared in the paddy field and the rice strain Supanburi I was used in this experiment. Each compound was put in separate lysimeters. The rice seedlings were grown in each lysimeter for 132 days until grain harvesting when C-14 endosulfan sulfate and C-14 endosulfan diol were analysed. The residual compounds were detected from water, dead snails, plant and soil samples. The residue of endosulfan sulfate and endosulfan diol in water decreased rapidly to 1.25 percent and 17.52 percent of initial concentration within 1 day. The residue stability of endosulfan sulfate and endosulfan diol has altered slightly to 0.24 percent and 11.79 percent of initial concentration within 75 and 3 days. When considering distribution of endosulfan metabolite in water, endosulfan sulfate was less well distributed than endosulfan diol. The residue of endosulfan sulfate in dead snails decreased rapidly as well. However, the residue of endosulfan diol in snails changed only slightly whereas the detected amount was 0.07 percent and 0.89 percent of initial concentration within 131 days. The residue of endosulfan sulfate in rice plants increased during the time of growing. The detected amount was 3.73 percent of initial concentration within 132 days. The residue of endosulfan sulfate and endosulfan diol in soil was 73.68 percent and 72.88 percent of initial concentration within 132 days. The distribution of endosulfan sulfate and endosulfan diol in all components were 93.42 percent and 90.68 percent of initial concentration.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
สมมติฐานของการวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
เมตาบอลิซึมของเอน โคซัลเฟน.....	4
ระบบนิเวศจำลอง.....	8
เทคนิคเชิงนิวเคลียร์.....	10
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	13
อุปกรณ์และวิธีการ.....	13
แผนการทดลอง.....	14
การดำเนินการทดลอง.....	16
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	21
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	23
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ.....	24
4 ผลการวิจัย.....	25
การแพร่กระจายของเอน โคซัลเฟนซัลเฟตและเอน โคซัลเฟน ไดออกไซด์ในน้ำ.....	25
การแพร่กระจายของเอน โคซัลเฟนซัลเฟตในหอยเชอรี่.....	26

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ในหอยเชอรี่.....	27
การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในดินข้าว.....	28
การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตและเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ในดิน.....	29
การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตและเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ในน้ำชะ....	30
การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตและเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ ที่กระจายอยู่ในองค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบนิเวศนาข้าวจำลองทั้งหมด.....	30
การสะสมของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตและเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ในสิ่งมีชีวิต.....	31
5 อภิปรายและสรุปผล.....	45
อภิปรายผล.....	45
สรุปผลการวิจัย.....	54
ข้อเสนอแนะ.....	55
บรรณานุกรม.....	56
ภาคผนวก.....	61
ภาคผนวก ก อุปกรณ์ ขั้นตอน และ ข้อมูลการทดลอง.....	62
ภาคผนวก ข สถิติที่ใช้ในการทดลอง.....	75
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	84

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 สมบัติทางกายภาพของเมตาบอไลต์ของเอนโคซัลเฟน.....	5
3-1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินร้งสิดที่ใช้ในการทดลอง.....	17
3-2 การเก็บตัวอย่างในระบบนิเวศนาข้าวจำลองตลอดการทดลอง.....	20
3-3 ค่าต่าง ๆ ที่กำหนดให้กับเครื่องลิวติวิตัลทิลเลอร์รุ่น Wallac 1400.....	21
3-4 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ค่าจำนวนนับต่าง ๆ.....	22
4-1 การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในน้ำ.....	32
4-2 การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ในน้ำ.....	34
4-3 การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในหอยเชอรี่ ที่เวลาหอยตาย หลังการใส่สาร 1, 15, 32, 45 และ 131 วัน.....	36
4-4 การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ในหอยเชอรี่ หลังการใส่สาร 32, 45 และ 131 วัน.....	38
4-5 การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในต้นข้าว หลังการใส่สาร 32, 62, 88 และ 132 วัน.....	40
4-6 การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในดิน หลังการใส่สาร 132 วัน.....	42
4-7 การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ในดิน หลังการใส่สาร 132 วัน.....	42
4-8 การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตและเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ในน้ำจะ หลังการใส่สาร 131 วัน.....	43
4-9 การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตและเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ใน องค์ประกอบต่าง ๆ ทั้งหมด เมื่อสิ้นสุดการทดลอง หลังการใส่สาร 132 วัน.....	43
5-1 การแพร่กระจายของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตและเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ใน องค์ประกอบต่าง ๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง หลังการใส่สาร 132 วัน.....	54
ภาคผนวก ก-1 การปฏิบัติงานในระบบนิเวศนาข้าวจำลอง.....	63
ภาคผนวก ก-2 ข้อมูลที่บันทึกระหว่างการทดลอง.....	67
ภาคผนวก ข-1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในน้ำ หลังการใส่สาร 1 hr, 3 hr, 5 hr, 8 hr, 1, 3, 5, 12, 15, 19, 26, 32, 40, 43, 45, 48, 50, 54, 62, 67, 75, 81, 88, 96, 103, 110, 117, 124 และ 131 วัน.....	76

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ภาคผนวก ข-2 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ในน้ำ หลังการใส่สาร 1 hr, 3 hr, 5 hr, 8 hr, 1, 3, 5, 12, 15, 19, 26, 32, 40, 43, 45, 48, 50, 54, 62, 67, 75, 81, 88, 96, 103, 110, 117, 124 และ 131 วัน.....	76
ภาคผนวก ข-3 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในหอยเชอรี่ (เปลือก+เนื้อ) ที่เวลาหอยตายหลังใส่สาร 1, 15, 32, 45 และ 131 วัน.....	76
ภาคผนวก ข-4 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในเปลือกหอยเชอรี่ หลังการใส่สาร 1, 15, 32, 45 และ 131 วัน.....	77
ภาคผนวก ข-5 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในเนื้อหอยเชอรี่ หลังการใส่สาร 1, 15, 32, 45 และ 131 วัน.....	77
ภาคผนวก ข-6 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ในหอยเชอรี่ (เปลือก+เนื้อ) หลังการใส่สาร 32, 45 และ 131 วัน.....	77
ภาคผนวก ข-7 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ในเปลือกหอยเชอรี่ หลังการใส่สาร 32, 45 และ 131 วัน.....	78
ภาคผนวก ข-8 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ในเนื้อหอยเชอรี่ หลังการใส่สาร 32, 45 และ 131 วัน.....	78
ภาคผนวก ข-9 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในดินข้าว หลังการใส่สาร 32, 62, 88 และ 132 วัน.....	77
ภาคผนวก ข-10 วิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในส่วนต่าง ๆ ของดินข้าว กับ ระยะเวลาหลังการใส่สาร 32, 62, 88 และ 132 วัน.....	79
ภาคผนวก ข-11 วิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบเอนโคซัลเฟนซัลเฟตในดินบนและ ดินล่าง หลังการใส่สาร 132 วัน.....	82
ภาคผนวก ข-12 วิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบเอนโคซัลเฟนไดออกไซด์ในดินบนและ ดินล่างหลังการใส่สาร 132 วัน.....	82
ภาคผนวก ข-13 วิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบเอนโคซัลเฟนซัลเฟตและเอนโค- ซัลเฟนไดออกไซด์ในน้ำชะ หลังการใส่สาร 131 วัน.....	82

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ภาคผนวก ข-14 วิเคราะห์ความแปรปรวนเอนโดซัลเฟนซัลเฟดกับตัวอย่างน้ำ, หอยเชอรี่, ต้นข้าวและดินทั้งหมด เมื่อสิ้นสุดการทดลอง.....	83
ภาคผนวก ข-15 วิเคราะห์ความแปรปรวนเอนโดซัลเฟนไดออกไซด์กับตัวอย่างน้ำ, หอยเชอรี่, ต้นข้าวและดินทั้งหมด เมื่อสิ้นสุดการทดลอง.....	83

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 เมตาบอลิซึมของเอนโดซัลเฟน.....	5
2-2 สรุปการศึกษาพฤติกรรมระยะยาวของสารอินทรีย์เคมีในระบบนิเวศ ทางการเกษตร.....	9
4-1 การแพร่กระจายของเอนโดซัลเฟนซัลเฟตในน้ำ.....	33
4-2 การแพร่กระจายของเอนโดซัลเฟนไดออกไซด์ในน้ำ.....	35
4-3 การแพร่กระจายของเอนโดซัลเฟนซัลเฟตในหอยเชอรี่ ที่เวลาหอยตายหลังใส่สาร 1, 15, 32, 45 และ 131 วัน.....	37
4-4 การแพร่กระจายของเอนโดซัลเฟนซัลเฟตในเปลือกหอยเชอรี่ ที่เวลาหอยตาย หลังใส่สาร 1, 15, 32, 45 และ 131 วัน.....	37
4-5 การแพร่กระจายของเอนโดซัลเฟนซัลเฟตในเนื้อหอยเชอรี่ ที่เวลาหอยตาย หลังการใส่สาร 1, 15, 32, 45 และ 131 วัน.....	38
4-6 การแพร่กระจายของเอนโดซัลเฟนไดออกไซด์ในหอยเชอรี่ หลังการใส่สาร 32, 45 และ 131 วัน.....	39
4-7 การแพร่กระจายของเอนโดซัลเฟนไดออกไซด์ในเปลือกหอยเชอรี่ หลังการใส่สาร 32, 45 และ 131 วัน.....	39
4-8 การแพร่กระจายของเอนโดซัลเฟนไดออกไซด์ในเนื้อหอยเชอรี่ หลังการใส่สาร 32, 45 และ 131 วัน.....	40
4-9 การแพร่กระจายของเอนโดซัลเฟนซัลเฟตในดินข้าวทั้งต้น (ราก, ลำต้น, ใบ และรวง) หลังการใส่สาร 32, 62, 88 และ 132 วัน.....	41
4-10 การแพร่กระจายของเอนโดซัลเฟนซัลเฟตในส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าว หลังการใส่สาร 32, 62, 88 และ 132 วัน.....	41
4-11 การแพร่กระจายของเอนโดซัลเฟนซัลเฟตในดิน หลังการใส่สาร 132 วัน.....	42
4-12 การแพร่กระจายของเอนโดซัลเฟนไดออกไซด์ในดิน หลังการใส่สาร 132 วัน.....	43
4-13 ปริมาณเอนโดซัลเฟนซัลเฟตในองค์ประกอบต่าง ๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (หลังการใส่สาร 132 วัน)	44
4-14 ปริมาณเอนโดซัลเฟนไดออกไซด์ในองค์ประกอบต่าง ๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (หลังการใส่สาร 132 วัน).....	44

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5-1 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอน โคซัลเฟนซัลเฟตและเอน โคซัลเฟน ไดออกด ในน้ำ.....	51
5-2 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอน โคซัลเฟนซัลเฟต ในน้ำและหอยเชอรี่.....	51
5-3 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอน โคซัลเฟนซัลเฟตในเปลือกและเนื้อหอยเชอรี่ หลังการใส่สาร 1, 15, 32, 45 และ 131 วัน.....	52
5-4 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอน โคซัลเฟน ไดออกดในเปลือกและเนื้อหอยเชอรี่ หลังการใส่สาร 32, 45 และ 131 วัน.....	52
5-5 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอน โคซัลเฟนซัลเฟตและเอน โคซัลเฟน ไดออกด ในดิน หลังการใส่สาร 132 วัน.....	53
5-6 เปรียบเทียบการแพร่กระจายของเอน โคซัลเฟนซัลเฟตและเอน โคซัลเฟน ไดออกด เมื่อสิ้นสุดการทดลอง หลังการใส่สาร 132 วัน.....	53
ภาคผนวก ก-1 บ่อเลี้ยงหอยเชอรี่.....	72
ภาคผนวก ก-2 ขนาดของหอยเชอรี่ที่ใช้ในการทดลองระบบนิเวศนาข้าวจำลอง.....	72
ภาคผนวก ก-3 ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่เพาะกล้าก่อนการทดลอง.....	72
ภาคผนวก ก-4 แบบจำลองนาข้าวระบบนิเวศนาข้าวจำลอง.....	73
ภาคผนวก ก-5 ตำแหน่งที่ใส่สารในระบบนิเวศนาข้าวจำลอง.....	73
ภาคผนวก ก-6 เครื่องวัดลิวติสซิลทิลเลชัน(Liquid Scitillation Counter, LSC).....	74