

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
คำอุทิศ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ด
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ชีววิทยาของสัตว์หน้าดินที่ใช้ในการศึกษา	4
2.1.1 ชีววิทยาของรึ้นน้ำจืด	4
2.1.2 ชีววิทยาของหอยน้ำจืด	6
2.2 โลหะหนัก	8
2.2.1 โครเมียม	9
2.2.2 แคดเมียม	11
2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย	14
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
2.4.1 การปนเปื้อนและการประเมินความเสี่ยงของโลหะหนัก ในแหล่งน้ำ	15
2.4.2 การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศทางน้ำ โดยใช้ตัวชี้วัดทางชีวภาพ (Bioindicator)	17
2.4.3 การติดตามมลพิษสิ่งแวดล้อมโดยใช้ตัวชี้วัดมลพิษ สิ่งแวดล้อม (Biomarker)	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 ลักษณะพื้นที่ศึกษาและเก็บตัวอย่าง	25
3.2 วิธีการศึกษา	26
3.2.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	27
3.2.2 วิธีเตรียมการทดลอง	31
3.3 การวางแผนการทดลอง	33
3.3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำผิวดินและ ตะกอนดินใต้น้ำ	33
3.3.2 ศึกษาความปนเปื้อนพิษเฉียบพลันของ Cr และ Cd ในตะกอนดินใต้น้ำ ที่มีต่อหอยน้ำจืดและหนอนรึ้นน้ำจืด	43
3.3.3 การศึกษาปริมาณเอนไซม์เมทิลโลโซโอนินในหอยน้ำจืดและ หนอนรึ้นน้ำจืดหลังจากได้รับ Cr และ Cd ในตะกอนดินใต้น้ำ	45
3.3.4 การศึกษาปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดและหนอนรึ้นน้ำจืดหลัง จากได้รับ Cr และ Cd ในตะกอนดินใต้น้ำ	46
3.4 การวิเคราะห์สถิติ	47
3.5 สถานที่ปฏิบัติการ	47
3.6 ระยะเวลาทำการศึกษา	47
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพและเคมี	48
4.1.1 ตัวอย่างน้ำผิวดินในฤดูน้ำมาก	48
4.1.2 ตัวอย่างน้ำผิวดินในฤดูน้ำน้อย	51
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของตะกอนดินใต้น้ำทางกายภาพและเคมี	53
4.2.1 ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูน้ำมาก	54
4.2.2 ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูน้ำน้อย	56

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของ Cr และ Cd ในตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำที่มีต่อหอยน้ำจืดและหนอนรึ้นน้ำจืด	59
4.3.1 ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูน้ำมาก	59
4.3.2 ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูน้ำน้อย	71
4.3.3 ตัวอย่างตะกอนดินเทียม (Artificial Sediment)	83
4.4 ผลการศึกษาปริมาณเอนไซม์เมทัลโลไธโอนีน (Metallothionein: MT) และโปรตีนในหอยน้ำจืดและหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสอง	89
4.4.1 ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูกาลน้ำมาก	89
4.4.2 ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูกาลน้ำน้อย	96
4.4.3 ตัวอย่างตะกอนดินเทียม (Artificial Sediment)	103
4.4.4 ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหอยน้ำจืดและ หนอนรึ้นน้ำจืดวัยสอง	107
บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย	
5.1 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพและเคมี	109
5.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของตะกอนดินใต้น้ำ	111
5.3 ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของ Cr และ Cd ใน ตะกอนดินใต้น้ำที่มีต่อหอยน้ำจืดและหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสอง	113
5.4 ผลการศึกษาปริมาณเอนไซม์เมทัลโลไธโอนีน (Metallothionein: MT) และปริมาณโปรตีน	121
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปผลการทดลอง	124
6.2 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้	128
เอกสารอ้างอิง	129
ภาคผนวก	140
ประวัติผู้เขียน	147

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ค่าเฉลี่ยของปริมาณโครเมียม (mg/kg dry wt.) ในตะกอนดินบริเวณชายฝั่งของประเทศไทย	10
ตารางที่ 2.2	การเปรียบเทียบวิธีพิจารณากำหนดมาตรฐานคุณภาพดินตะกอน	11
ตารางที่ 2.3	ค่าเฉลี่ยของปริมาณแคดเมียม (mg/kg dry wt.) ในตะกอนดินบริเวณชายฝั่งของประเทศไทย	13
ตารางที่ 2.4	การเปรียบเทียบวิธีพิจารณากำหนดมาตรฐานคุณภาพตะกอนดิน	13
ตารางที่ 2.5	มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย	14
ตารางที่ 2.6	ค่า LC ₅₀ ของสาร โลหะหนักต่อหอยน้ำจืดและหอนรินน้ำจืด	20
ตารางที่ 2.7	จุดเด่นและจุดด้อยของสิ่งมีชีวิตกลุ่มต่าง ๆ ที่ใช้เป็นตัวชี้วัดมลพิษสิ่งแวดล้อม (Biomarker) ในแหล่งน้ำ	21
ตารางที่ 2.8	ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เมทัลโลไธโอนีน (Metallothionein: MT) ในสิ่งมีชีวิตชนิดที่แตกต่างกัน	24
ตารางที่ 3.1	วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี	34
ตารางที่ 3.2	การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ	39
ตารางที่ 3.3	ส่วนประกอบของตะกอนดินเทียม (Artificial Sediment)	44
ตารางที่ 4.1	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในช่วงฤดูน้ำมาก	50
ตารางที่ 4.2	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในช่วงฤดูน้ำน้อย	53
ตารางที่ 4.3	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในช่วงฤดูน้ำมาก	55
ตารางที่ 4.4	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในช่วงฤดูน้ำน้อย	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า	
ตารางที่ 4.5	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในการทดสอบ Cr ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืดในฤดูแล้งมาก	60
ตารางที่ 4.6	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน Cd ที่มีต่อหอยน้ำจืดในฤดูแล้งมาก	61
ตารางที่ 4.7	ค่า LC ₅₀ ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืด ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูแล้งมาก	61
ตารางที่ 4.8	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในการทดสอบ Cr ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืดในฤดูแล้งมาก	63
ตารางที่ 4.9	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืดในฤดูแล้งมาก	64
ตารางที่ 4.10	ค่า LC ₅₀ ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืด ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูแล้งมาก	64
ตารางที่ 4.11	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในการทดสอบ Cr ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืดด้วยสองในฤดูแล้งมาก	66
ตารางที่ 4.12	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืดด้วยสองในฤดูแล้งมาก	67
ตารางที่ 4.13	ค่า LC ₅₀ ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืดด้วยสอง ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูแล้งมาก	67

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า	
ตารางที่ 4.14	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในการทดสอบ Cr ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอนรึ้นน้ำจืดวัยสองในฤดูน้ำมาก	69
ตารางที่ 4.15	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอนรึ้นน้ำจืดวัยสองในฤดูน้ำมาก	70
ตารางที่ 4.16	ค่า LC ₅₀ ของ Cr และ Cd ต่อหอนรึ้นน้ำจืดวัยสอง ในช่วงเวลา 96 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	70
ตารางที่ 4.17	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในการทดสอบ Cr ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอนรึ้นน้ำจืดในฤดูน้ำน้อย	72
ตารางที่ 4.18	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอนรึ้นน้ำจืดในฤดูน้ำน้อย	73
ตารางที่ 4.19	ค่า LC ₅₀ ของ Cr และ Cd ต่อหอนรึ้นน้ำจืด ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย	74
ตารางที่ 4.20	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ ที่มีประวัติการปนเปื้อนในการทดสอบ Cr ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอนรึ้นน้ำจืดในฤดูน้ำน้อย	75
ตารางที่ 4.21	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ ที่มีประวัติการปนเปื้อนในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอนรึ้นน้ำจืดในฤดูน้ำน้อย	76
ตารางที่ 4.22	ค่า LC ₅₀ ของ Cr และ Cd ต่อหอนรึ้นน้ำจืด ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย	76
ตารางที่ 4.23	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในการทดสอบ Cr ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอนรึ้นน้ำจืดวัยสองในฤดูน้ำน้อย	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า	
ตารางที่ 4.24	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอนรึนน้ำจืดด้วยสองในฤดูน้ำน้อย	79
ตารางที่ 4.25	ค่า LC ₅₀ ของ Cr และ Cd ต่อหอนรึนน้ำจืดด้วยสองในชวงเวลา 96 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย	79
ตารางที่ 4.26	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในการทดสอบ Cr ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอนรึนน้ำจืดด้วยสองในฤดูน้ำน้อย	81
ตารางที่ 4.27	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอนรึนน้ำจืดด้วยสองในฤดูน้ำน้อย	82
ตารางที่ 4.28	ค่า LC ₅₀ ของ Cr และ Cd ต่อหอนรึนน้ำจืดด้วยสองในชวงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย	82
ตารางที่ 4.29	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินเทียมในการทดสอบ Cr ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืด	84
ตารางที่ 4.30	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินเทียมในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืด	85
ตารางที่ 4.31	ค่า LC ₅₀ ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืดในชวงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในตัวอย่างตะกอนดินเทียม	85
ตารางที่ 4.32	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินเทียมในการทดสอบ Cr ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอนรึนน้ำจืดด้วยสอง	86
ตารางที่ 4.33	คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินเทียมในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอนรึนน้ำจืดด้วยสอง	87

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า	
ตารางที่ 4.34	ค่า LC_{50} ของ Cr และ Cd ต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในตัวอย่างตะกอนดินเทียม	88
ตารางที่ 4.35	ปริมาณเอนไซม์ MT และโปรตีนในหอยน้ำจืดหลังได้รับ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	89
ตารางที่ 4.36	ปริมาณเอนไซม์ MT และโปรตีนในหอยน้ำจืดหลังได้รับ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	90
ตารางที่ 4.37	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	91
ตารางที่ 4.38	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน ในฤดูน้ำมาก	92
ตารางที่ 4.39	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองหลังจากได้รับ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	93
ตารางที่ 4.40	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองหลังจากได้รับ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	94
ตารางที่ 4.41	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองหลังจากได้รับ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	95
ตารางที่ 4.42	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองหลังจากได้รับ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	95
ตารางที่ 4.43	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย	97
ตารางที่ 4.44	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 4.45	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูแล้ง	98
ตารางที่ 4.46	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูแล้ง	99
ตารางที่ 4.47	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดด้วยสอง หลังจากได้รับ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูแล้ง	100
ตารางที่ 4.48	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดด้วยสอง หลังจากได้รับ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูแล้ง	101
ตารางที่ 4.49	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดด้วยสองหลังจาก ได้รับ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูแล้ง	102
ตารางที่ 4.50	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดด้วยสอง หลังจาก ได้รับ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูแล้ง	103
ตารางที่ 4.51	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับ Cr ของตัวอย่างตะกอนดินเทียม	104
ตารางที่ 4.52	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับ Cd ของตัวอย่างตะกอนดินเทียม	105
ตารางที่ 4.53	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดด้วยสองของ ตัวอย่างตะกอนดินเทียม	106
ตารางที่ 4.54	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดด้วยสองของ ตัวอย่างตะกอนดินเทียม	106
ตารางที่ 4.55	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดและหอยน้ำจืด	107
ตารางที่ 4.56	ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดและหอยน้ำจืด	108
ตารางที่ 5.1	ค่า LC ₅₀ ของ Cd และ Cr ต่อหอยน้ำจืด ที่ 96 hr ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	116

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2.1	วงจรชีวิตของหอนอนรินน้ำจืด	5
ภาพที่ 2.2	วงจรชีวิตของหอยน้ำจืด	7
ภาพที่ 3.1	พื้นที่ศึกษา บริเวณห้วยโจด ต.กุดน้ำใส อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น	26
ภาพที่ 4.1	เปอร์เซ็นต์การตายของหอยน้ำจืดที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	62
ภาพที่ 4.2	เปอร์เซ็นต์การตายของหอยน้ำจืดที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	65
ภาพที่ 4.3	ค่า LC ₅₀ ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืดในฤดูน้ำมาก	65
ภาพที่ 4.4	เปอร์เซ็นต์การตายของหอนอนรินน้ำจืดด้วยสองที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	68
ภาพที่ 4.5	เปอร์เซ็นต์การตายของหอนอนรินน้ำจืดด้วยสองที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	71
ภาพที่ 4.6	ค่า LC ₅₀ ของ Cr และ Cd ต่อหอนอนรินน้ำจืดด้วยสองในฤดูน้ำมาก	71
ภาพที่ 4.7	เปอร์เซ็นต์การตายของหอยน้ำจืดที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย	74
ภาพที่ 4.8	เปอร์เซ็นต์การตายของหอยน้ำจืดที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย	77
ภาพที่ 4.9	ค่า LC ₅₀ ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืดในฤดูน้ำน้อย	77
ภาพที่ 4.10	เปอร์เซ็นต์การตายของหอนอนรินน้ำจืดด้วยสองที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย	80
ภาพที่ 4.11	เปอร์เซ็นต์การตายของหอนอนรินน้ำจืดด้วยสองที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย	83
ภาพที่ 4.12	ค่า LC ₅₀ ของ Cr และ Cd ต่อหอนอนรินน้ำจืดด้วยสองในฤดูน้ำน้อย	83
ภาพที่ 4.13	เปอร์เซ็นต์การตายของหอยน้ำจืดที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินเทียม	86
ภาพที่ 4.14	เปอร์เซ็นต์การตายของหอนอนรินน้ำจืดด้วยสองที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินเทียม	88

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า	
ภาพที่ 4.15	ค่า LC_{50} ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืดและหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองในตัวอย่างตะกอนดินเหนียว	88
ภาพที่ 4.16	ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหอยน้ำจืดในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	90
ภาพที่ 4.17	ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหอยน้ำจืดของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	92
ภาพที่ 4.18	ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหนอนรึ้นน้ำจืดในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	94
ภาพที่ 4.19	ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก	96
ภาพที่ 4.20	ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหอยน้ำจืดในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย	98
ภาพที่ 4.21	ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหอยน้ำจืดในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย	99
ภาพที่ 4.22	ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหนอนรึ้นน้ำจืดในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย	101
ภาพที่ 4.23	ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย	103
ภาพที่ 4.24	ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหอยน้ำจืดของตัวอย่างตะกอนดินเหนียว	105
ภาพที่ 4.25	ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหนอนรึ้นน้ำจืดของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำเหนียว	107
ภาพที่ 5.1	ค่า LC_{50} ของ Cr ต่อหอยน้ำจืด ที่ 96 hr	119
ภาพที่ 5.2	ค่า LC_{50} ของ Cd ต่อหอยน้ำจืด ที่ 96 hr	119
ภาพที่ 5.3	ค่า LC_{50} ของ Cr ต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสอง ที่ 96 hr	120
ภาพที่ 5.4	ค่า LC_{50} ของ Cd ต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสอง ที่ 96 hr	120