

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ ศึกษาผลกระทบทางนิเวศพิษวิทยาและการติดตามทางชีวภาพ ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำที่ปนเปื้อน โครเมียม (Cr) และแคดเมียม (Cd) ที่มีต่อหอยน้ำจืดและหนอน รึ้นน้ำจืด มีการทำการทดลองและเสนอผลการทดลองที่เกี่ยวข้องดังหัวข้อต่อไปนี้

- 4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษา
- 4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ศึกษา
- 4.3 ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของ Cr และ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำที่มีต่อหอยน้ำจืดและหนอนรึ้นน้ำจืด
- 4.4 ผลการศึกษาปริมาณ เอนไซม์เมทัลโลไธโอนีน (Metallothionein: MT) และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดและหนอนรึ้นน้ำจืดหลังจากได้รับ Cr และ Cd ในตะกอนดินใต้น้ำ

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพและเคมี

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพและเคมีทั้งใน พื้นที่ที่มีประวัตการ ปนเปื้อนและพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ได้มีการศึกษาในสองช่วงฤดูกาลคือ ฤดูที่มีน้ำมาก ในเดือนกันยายน 2553 ที่มีปริมาณน้ำฝนรายเดือนรวม เท่ากับ 266.9 mm และฤดูที่มีน้ำน้อย ในเดือนกุมภาพันธ์ 2554 ที่มีปริมาณน้ำฝนรายเดือนรวม เท่ากับ 7.0 mm (<http://www.khonkaen.tmd.go.th> สืบค้น เมื่อ 2 กุมภาพันธ์ 2554) สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

##### 4.1.1 ตัวอย่างน้ำผิวดินในฤดูน้ำมาก

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพและเคมี บางประการ ทั้งในตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน และใน พื้นที่ที่มีประวัตการ ปนเปื้อน ใน ฤดูที่มีน้ำมาก สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

### (1) ตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน

#### (1.1) ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพ

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ในช่วงฤดูที่มีน้ำมากพบว่า TDS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $62.2 \pm 0.00$  mg/l และ TSS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $6.67 \pm 11.55$  mg/l แสดงดังตารางที่ 4.1

#### (1.2) ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางเคมี

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางเคมีในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในช่วงฤดูที่มีน้ำมากพบว่า pH มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $7.3 \pm 0.01$ ,  $BOD_5$  มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.37 \pm 0.15$  mg/l, DO มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $8.43 \pm 0.06$  mg/l, Nitrate-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.027 \pm 0.03$  mg/l และ Ammonia-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.006 \pm 0.0$  mg/l ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) และเป็นไปตามค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย ส่วน EC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $30.17 \pm 0.06$   $\mu$ S/cm, Available-P มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.024 \pm 0$  mg/l, TP มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.97 \pm 0.13$  mg/l, TKN มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $9.33 \pm 4.04$  mg/l, Hardness มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $31.33 \pm 2.31$  mg/l, Alkalinity มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $27.0 \pm 1.0$  mg/l, EC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $30.17 \pm 0.06$   $\mu$ S/cm แสดงดังตารางที่ 4.1

#### (1.3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำผิวดิน

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน พบว่าตรวจไม่พบปริมาณ Cd และ Cr ในตัวอย่างน้ำผิวดิน แสดงดังตารางที่ 4.1

### (2) ตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน

#### (2.1) ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพ

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน ในช่วงฤดูที่มีน้ำมากพบว่า TDS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $653.33 \pm 227.45$  mg/l และ TSS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $53.33 \pm 41.63$  mg/l แสดงดังตารางที่ 4.1

#### (2.2) ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางเคมี

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางเคมีในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในช่วงฤดูที่มีน้ำมากพบว่า pH มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $7.87 \pm 0.05$ ,  $BOD_5$  มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.90 \pm$

0.62 mg/l, DO มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $7.20 \pm 0.46$  mg/l และ Ammonia-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.004 \pm 0$  mg/l, Nitrate-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.101 \pm 0.01$  mg/l ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำผิวดินของประเทศไทยพบว่า มีค่าไม่เกินมาตรฐานน้ำผิวดิน ส่วน EC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $973.33 \pm 11.55$   $\mu$ S/cm, Available-P มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.453 \pm 0.01$  mg/l, TP มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.25 \pm 0.01$  mg/l, TKN มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $7.0 \pm 0.0$  mg/l, Hardness มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $141.67 \pm 4.04$  mg/l, Alkalinity มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $166.33 \pm 3.51$  mg/l แสดงดังตารางที่ 4.1

### (2.3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำผิวดิน

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนพบว่า Cd ในตัวอย่างน้ำผิวดิน มีค่าน้อยกว่า 0.0005 mg/l ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำผิวดินของประเทศไทย และไม่พบ Cr ในตัวอย่างน้ำผิวดิน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีของ ตัวอย่าง น้ำผิวดินในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในช่วงฤดูน้ำมาก

ดัชนีสิ่งแวดล้อม	ฤดูน้ำมากในเดือนกันยายน 2553)	
	พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน	พื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน
<b>คุณภาพน้ำทางกายภาพ</b>		
TDS (mg/l)	$62.20 \pm 0.00^b$	$653.33 \pm 227.45^a$
SS (mg/l)	$6.67 \pm 11.55$	$53.33 \pm 41.63$
<b>คุณภาพน้ำทางเคมี</b>		
pH	$7.30 \pm 0.01^b$	$7.87 \pm 0.05^a$
EC ( $\mu$ S/cm)	$30.17 \pm 0.06^b$	$973.33 \pm 11.55^a$
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	$0.37 \pm 0.15$	$0.90 \pm 0.62$
DO (mg/l)	$8.43 \pm 0.06^a$	$7.20 \pm 0.46^b$
Available-P (mg/l)	$0.024 \pm 0.00^b$	$0.453 \pm 0.01^a$
TP (mg/l)	$0.97 \pm 0.13^a$	$0.25 \pm 0.01^b$
TKN (mg/l)	$9.33 \pm 4.04$	$7.00 \pm 0.00$
Ammonia-N (mg/l)	$0.006 \pm 0.00$	$0.004 \pm 0.00$
Nitrate-N (mg/l)	$0.027 \pm 0.03^b$	$0.101 \pm 0.01^a$

\* ตัวอักษร a และ b ที่ต่างกัน ในแนวนอนแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

**ตารางที่ 4.1** ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีของ ตัวอย่าง น้ำผิวดินในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในช่วงฤดูน้ำมาก (ต่อ)

ดัชนีสิ่งแวดล้อม	ฤดูน้ำมากในเดือนกันยายน 2553	
	พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน	พื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน
Hardness (mg/l)	31.33 ± 2.31 <sup>b</sup>	141.67 ± 4.04 <sup>a</sup>
Alkalinity (mg/l)	27.00 ± 1.00 <sup>b</sup>	166.33 ± 3.51 <sup>a</sup>
Cd (mg/l)	ND <sup>**</sup>	< 0.0005
Cr (mg/l)	ND <sup>**</sup>	ND <sup>**</sup>

\*ตัวอักษร a และ b ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

\*\*ND: ตรวจไม่พบ

#### 4.1.2 ตัวอย่างน้ำผิวดินในฤดูน้ำน้อย

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพและเคมีทั้งในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน ในฤดูที่มีน้ำน้อยในเดือนกุมภาพันธ์ 2554 สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

##### (1) ตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน

###### (1.1) ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพ

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพใน พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ในช่วงฤดูที่มีน้ำน้อยพบว่า TDS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $173.33 \pm 23.09$  mg/l และ TSS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $20.0 \pm 0.0$  mg/l แสดงดังตารางที่ 4.2

###### (1.2) ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางเคมี

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางเคมีในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ในช่วงฤดูที่มีน้ำน้อยพบว่า pH มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $7.0 \pm 0.01$ , BOD<sub>5</sub> มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.13 \pm 0.06$  mg/l, DO มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $9.97 \pm 0.12$  mg/l, Ammonia-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.013 \pm 0.0$  mg/l และ Nitrate-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.009 \pm 0.0$  mg/l ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำผิวดินของ ประเทศไทย ส่วน EC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.05 \pm 0.0$  μS/cm, Available-P มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.079 \pm 0.02$  mg/l, TP มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.082 \pm 0.003$  mg/l, TKN มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $5.83 \pm 2.02$  mg/l, Hardness มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $34.67 \pm 2.31$  mg/l, Alkalinity มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $16.0 \pm 2.0$  mg/l แสดงดังตารางที่ 4.2

### (1.3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำผิวดิน

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำผิวดิน ในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนพบว่า ไม่พบ Cd และ Cr ในตัวอย่างน้ำผิวดิน แสดงดังตารางที่ 4.2

## (2) ตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน

### (2.1) ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพใน พื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน ในช่วงฤดูที่มีน้ำน้อยพบว่า TDS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $2,426.0 \pm 122.2$  mg/l และ TSS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $20.0 \pm 0.0$  mg/l แสดงดังตารางที่ 4.2

### (2.2) ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทางเคมี

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินทาง เคมี ใน พื้นที่ ที่มีประวัติการปนเปื้อน ในช่วงฤดูที่มีน้ำน้อยพบว่า pH มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $8.16 \pm 0.02$  ซึ่งน้ำมีความเป็นด่างอ่อน , BOD<sub>5</sub> มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.5 \pm 0.0$  mg/l, DO มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $4.37 \pm 0.06$  mg/l และ Nitrate-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.061 \pm 0.01$  mg/l ที่มีค่าไม่เกินมาตรฐานน้ำผิวดิน ของประเทศไทย ส่วน Ammonia-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $2.917 \pm 0.29$  mg/l และมีค่าเกินมาตรฐานน้ำผิวดินของ ประเทศไทย โดยที่ EC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $36,970.0 \pm 0.06$   $\mu$ S/cm, Available-P มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.684 \pm 0.04$  mg/l, TP มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.10 \pm 0.00$  mg/l, TKN มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $14.0 \pm 0.00$  mg/l, Hardness มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $481.33 \pm 4.62$  mg/l, Alkalinity มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $338.67 \pm 2.31$  mg/l แสดงดังตารางที่ 4.2

### (2.3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำผิวดิน

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำ ผิวดินใน พื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนพบว่า ไม่พบทั้ง Cd และ Cr ในตัวอย่างน้ำผิวดิน แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีของ ตัวอย่าง น้ำผิวดินใน พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในช่วงฤดูน้ำน้อย

ดัชนีสิ่งแวดล้อม	ฤดูน้ำน้อย ในเดือนกุมภาพันธ์ 2554	
	พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน	พื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน
<b>คุณภาพน้ำทางกายภาพ</b>		
TDS (mg/l)	173.33 ± 23.09 <sup>b</sup>	2,426.0 ± 122.2 <sup>a</sup>
SS (mg/l)	20.0 ± 0.0	20.0 ± 0.00
<b>คุณภาพน้ำทางเคมี</b>		
pH	7.0 ± 0.01 <sup>b</sup>	8.16 ± 0.02 <sup>a</sup>
EC (µS/cm)	0.05 ± 0.0 <sup>b</sup>	36,970 ± 0.06 <sup>a</sup>
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	0.13 ± 0.06 <sup>b</sup>	0.50 ± 0.00 <sup>a</sup>
DO (mg/l)	9.97 ± 0.12 <sup>a</sup>	4.37 ± 0.06 <sup>b</sup>
Available-P (mg/l)	0.079 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.684 ± 0.04 <sup>a</sup>
TP (mg/l)	0.082 ± 0.003 <sup>b</sup>	0.10 ± 0.00 <sup>a</sup>
TKN (mg/l)	5.83 ± 2.02 <sup>b</sup>	14.00 ± 0.00 <sup>a</sup>
Ammonia-N (mg/l)	0.013 ± 0.00 <sup>b</sup>	2.917 ± 0.29 <sup>a</sup>
Nitrate-N (mg/l)	0.009 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.061 ± 0.01 <sup>a</sup>
Hardness (mg/l)	34.67 ± 2.31 <sup>b</sup>	481.33 ± 4.62 <sup>a</sup>
Alkalinity (mg/l)	16.0 ± 2.00 <sup>b</sup>	338.67 ± 2.31 <sup>a</sup>
Cd (mg/l)	ND <sup>**</sup>	ND <sup>**</sup>
Cr (mg/l)	ND <sup>**</sup>	ND <sup>**</sup>

\* ตัวอักษร a และ b ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05)

\*\*ND: ตรวจไม่พบ

#### 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของตะกอนดินใต้น้ำทางกายภาพและเคมี

จากผลการศึกษาคุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำทางกายภาพและเคมีทั้งใน พื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนและพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ได้มีการศึกษาในสองช่วงฤดูกาล คือ ฤดูที่มีน้ำมากในเดือน กันยายน 2553 และฤดูที่มีน้ำน้อยในเดือนกุมภาพันธ์ 2554 สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

#### 4.2.1 ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูน้ำมาก

จากผลการศึกษา คุณสมบัติของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ทางกายภาพและเคมี ทั้งในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูที่มีน้ำมาก สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

##### (1) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน

###### (1.1) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของตะกอนดินใต้น้ำทางกายภาพ

จากผลการศึกษา คุณสมบัติของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำ ทางกายภาพ ในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน พบว่า ขนาดอนุภาค ดินจากตะกอนดินใต้น้ำ ใต้น้ำที่พบเป็น ทราย (Sand) โดยมีสัดส่วนของ Sand, Silt และ Clay ร้อยละ 94.991, 2.603 และ 2.406 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.3

###### (1.2) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของตะกอนดินใต้น้ำทางเคมี

จากผลการศึกษาคูสมบัติของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ทางเคมีใน พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน พบว่า pH มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $6.16 \pm 0.07$ , EC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $38.6 \pm 1.0 \mu\text{S/cm}$ , SOD มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.111 \pm 0.19 \text{ mgO}_2/\text{g/hr}$ , OM มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1.84 \pm 0.06 \%$ , CEC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $4.87 \pm 0.06 \text{ cmol/kg}$ , Available-P มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $25.51 \pm 0.46 \text{ mg/kg}$ , TP มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.062 \pm 0.06 \text{ mg/kg}$ , Ammonium-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $25.67 \pm 2.02 \text{ mg/kg}$ , Nitrate-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $12.83 \pm 4.04 \text{ mg/kg}$  และ TN มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $140.0 \pm 0.0 \text{ mg/kg}$  ดังตารางที่ 4.3

###### (1.3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินใต้น้ำ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักใน ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำ ในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน พบว่า Cd มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.018 \pm 0.00 \text{ mg/kg}$  และ Cr มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $5.25 \pm 0.00 \text{ mg/kg}$  แสดงดังตารางที่ 4.3

##### (2) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน

###### (2.1) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของตะกอนดินใต้น้ำทางกายภาพ

จากผลการศึกษา คุณสมบัติของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำ ทางกายภาพ ในพื้นที่ที่มีประวัติการ ปนเปื้อนพบว่า ขนาดของอนุภาค ตะกอนดินใต้น้ำ ที่พบเป็นทราย (Sand) โดยมีสัดส่วนของ Sand, Silt และ Clay ร้อยละ 97.640, 0.433 และ 1.927 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.3

### (2.2) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของตะกอนดินใต้น้ำทางเคมี

จากผลการศึกษาคูสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำทางเคมีในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนพบว่า pH มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $7.67 \pm 0.06$ , EC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $242.67 \pm 1.53$   $\mu\text{S/cm}$ , SOD มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.833 \pm 0.29$   $\text{mgO}_2/\text{g/hr}$ , OM มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $2.82 \pm 0.06$  %, CEC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $2.18 \pm 0.08$   $\text{cmol/kg}$ , Available-P มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $16.58 \pm 0.23$   $\text{mg/kg}$ , TP มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $16.23 \pm 0.22$   $\text{mg/kg}$ , Ammonium-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $19.83 \pm 2.02$   $\text{mg/kg}$ , Nitrate-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $7.0 \pm 0.0$   $\text{mg/kg}$  และ TN มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $373.33 \pm 20.21$   $\text{mg/kg}$  ดังตารางที่ 4.3

### (2.3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินใต้น้ำ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักใน ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำ ในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนพบว่า Cd มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.043 \pm 0.0$   $\text{mg/kg}$  และ Cr มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $5.82 \pm 0.0$   $\text{mg/kg}$  แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในช่วงฤดูน้ำมาก

ดัชนีสิ่งแวดล้อม	ฤดูน้ำมากในเดือนกันยายน 2553	
	พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน	พื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน
<b>คุณสมบัติของตะกอนดินใต้น้ำทางกายภาพ</b>		
Soil texture	sand	sand
% sand	94.991	97.640
% silt	2.603	0.433
% clay	2.406	1.927
<b>คุณสมบัติของตะกอนดินใต้น้ำทางเคมี</b>		
pH	$6.16 \pm 0.07^b$	$7.67 \pm 0.06^a$
EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	$38.6 \pm 1.00^b$	$242.67 \pm 1.53^a$
SOD ( $\text{mgO}_2/\text{g/hr}$ )	$0.11 \pm 0.19^b$	$0.833 \pm 0.29^a$
OM (%)	$1.84 \pm 0.06^b$	$2.82 \pm 0.06^a$
CEC ( $\text{cmol/kg}$ )	$4.87 \pm 0.06^a$	$2.18 \pm 0.08^b$
Available-P ( $\text{mg/kg}$ )	$25.51 \pm 0.46^a$	$16.58 \pm 0.23^b$

\* ตัวอักษร a และ b ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

**ตารางที่ 4.3** ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและในพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนในช่วงฤดูน้ำมาก (ต่อ)

ดัชนีสิ่งแวดล้อม	ฤดูน้ำมาก (เดือนกันยายน 2553)	
	พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน	พื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อน
TP (mg/kg)	0.062 ± 0.006 <sup>b</sup>	16.23 ± 0.22 <sup>a</sup>
Ammonium-N (mg/kg)	25.67 ± 2.02 <sup>a</sup>	19.83 ± 2.02 <sup>b</sup>
Nitrate-N (mg/kg)	12.83 ± 4.04 <sup>a</sup>	7.0 ± 0.00 <sup>b</sup>
TN (mg/kg)	140.0 ± 0.00 <sup>b</sup>	373.33 ± 20.21 <sup>a</sup>
Cd ((mg/kg)	0.018 ± 0.00	0.043 ± 0.00
Cr (mg/kg)	5.25 ± 0.00	5.82 ± 0.00

\*ตัวอักษร a และ b ที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

#### 4.2.2 ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ในฤดูน้ำน้อย

จากผลการศึกษา คุณสมบัติของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำ ทางกายภาพและเคมี ทั้งในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและในพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนในฤดูที่มีน้ำน้อย สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

##### (1) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน

###### (1.1) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของตะกอนดินใต้น้ำทางกายภาพ

จากผลการศึกษา คุณสมบัติของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำ ทางกายภาพ ในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน พบว่า เนื้อดินจาก ตะกอนดินใต้น้ำ ที่พบเป็นทราย (Sand) โดยมีสัดส่วนของ Sand, Silt และ Clay ร้อยละ 96.883, 2.643 และ 0.474 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.4

###### (1.2) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของตะกอนดินใต้น้ำทางเคมี

จากผลการศึกษาคุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำทางเคมีในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนพบว่า pH มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $6.84 \pm 0.21$ , EC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $71.8 \pm 1.92 \mu\text{S/cm}$ , SOD มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.175 \pm 0.0 \text{ mgO}_2/\text{g/hr}$ , OM มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1.04 \pm 0.08 \%$ , CEC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $7.99 \pm 0.10 \text{ cmol/kg}$ , Available-P มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $16.26 \pm 0.15 \text{ mg/kg}$ , TP มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $2.81 \pm 0.03 \text{ mg/kg}$ , Ammonium-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $27.95 \pm 1.94 \text{ mg/kg}$ , Nitrate-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $8.95 \pm 1.94 \text{ mg/kg}$  และ TN มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $355.10 \pm 19.84 \text{ mg/kg}$  ดังตารางที่ 4.4

### (1.3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินใต้น้ำ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ของตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำ ในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนพบว่า ไม่พบ Cd และ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ แสดงดังตารางที่ 4.4

## (2) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน

### (2.1) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของตะกอนดินใต้น้ำทางกายภาพ

จากผลการศึกษา คุณสมบัติของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำ ทางกายภาพ ในพื้นที่ที่มีประวัติการ ปนเปื้อน พบว่า เนื้อดินจาก ตะกอนดินใต้น้ำ ที่พบเป็น ทราย (Sand) โดยมีสัดส่วนของ Sand, Silt และ Clay ร้อยละ 96.357, 2.807 และ 0.836 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.4

### (2.2) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของตะกอนดินใต้น้ำทางเคมี

จากผลการศึกษาคุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำทางเคมีในพื้นที่ที่มีประวัติการ ปนเปื้อนพบว่า pH มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $7.8 \pm 0.07$ , EC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $370.67 \pm 0.53$   $\mu\text{S/cm}$ , SOD มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $2.12 \pm 0.19$   $\text{mgO}_2/\text{g/hr}$ , OM มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1.63 \pm 0.06$  %, CEC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $9.9 \pm 0.10$   $\text{cmol/kg}$ , Available-P มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $142.34 \pm 1.58$   $\text{mg/kg}$ , TP มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $2.15 \pm 0.26$   $\text{mg/kg}$ , Ammonium-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $15.17 \pm 2.02$   $\text{mg/kg}$ , Nitrate-N มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $9.33 \pm 2.02$   $\text{mg/kg}$  และ TN มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $245.0 \pm 0.0$   $\text{mg/kg}$  ดังตารางที่ 4.4

### (2.3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินใต้น้ำ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักใน ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำ ในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนพบว่าตรวจไม่พบ Cd ส่วน Cr พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $5.36 \pm 0.0$   $\text{mg/kg}$  แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในช่วงฤดูน้ำน้อย

ดัชนีสิ่งแวดล้อม	ฤดูน้ำน้อยในเดือนกุมภาพันธ์ 2554	
	พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน	พื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน
<b>คุณสมบัติของตะกอนดินใต้น้ำทางกายภาพ</b>		
Soil texture	sandy	sandy
% sand	96.883	96.357
% silt	2.643	2.807
% clay	0.474	0.836
<b>คุณสมบัติของตะกอนดินใต้น้ำทางเคมี</b>		
pH	6.84 ± 0.21 <sup>b</sup>	7.80 ± 0.07 <sup>a</sup>
EC (µS/cm)	71.8 ± 1.92 <sup>b</sup>	370.67 ± 0.53 <sup>a</sup>
SOD (mgO <sub>2</sub> /g/hr)	0.175 ± 0.0 <sup>b</sup>	2.12 ± 0.19 <sup>a</sup>
OM (%)	1.04 ± 0.08 <sup>b</sup>	1.63 ± 0.06 <sup>a</sup>
CEC (cmol/kg)	7.99 ± 0.10 <sup>b</sup>	9.9 ± 0.10 <sup>a</sup>
Available-P (mg/kg)	16.26 ± 0.15 <sup>b</sup>	142.34 ± 1.58 <sup>a</sup>
TP (mg/kg)	2.81 ± 0.03 <sup>a</sup>	2.15 ± 0.26 <sup>b</sup>
Ammonium-N (mg/kg)	27.95 ± 1.94 <sup>a</sup>	15.17 ± 2.02 <sup>b</sup>
Nitrate-N (mg/kg)	8.95 ± 1.94	9.33 ± 2.02
TN (mg/kg)	355.10 ± 19.84 <sup>a</sup>	245.0 ± 0.00 <sup>b</sup>
Cd (mg/kg)	ND	ND
Cr (mg/kg)	ND	5.36 ± 0.00

ND: ตรวจไม่พบ

\* ตัวอักษร a และ b ที่ต่างกัน ในแนวนอนแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05)

#### 4.3 ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลัน ของ Cr และ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำที่มีต่อหอยน้ำจืดและหนอนรึ้นน้ำจืด

การทดสอบพิษเฉียบพลันต่อหอยน้ำจืดและหนอนรึ้นน้ำจืดของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ในครั้งนี้ได้มีการศึกษาในสองช่วงฤดูกาล คือ ฤดูกาลที่มีน้ำมากในเดือนกันยายน 2553 และฤดูกาลที่มีน้ำน้อยในเดือนกุมภาพันธ์ 2554 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้หอยน้ำจืดและหนอนรึ้นน้ำจืดเพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดในระบบนิเวศทางน้ำ สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

##### 4.3.1 ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูน้ำมาก

ในการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันของโลหะหนักต่อสัตว์หน้าดินนั้นได้มีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำประปาพักก่อนนำมาใช้ในการทดสอบพิษเฉียบพลัน พบว่ามีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ  $7.36 \pm 0.0$  มีค่า EC เท่ากับ  $170.33 \pm 2.08 \mu\text{S/cm}$  มีค่า Hardness เฉลี่ยเท่ากับ  $134.67 \pm 2.31 \text{ mg/l}$  มีค่า Alkalinity เฉลี่ยเท่ากับ  $69.33 \pm 1.15 \text{ mg/l}$  มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $25.2 \pm 0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  และ DO เฉลี่ยเท่ากับ  $7.33 \pm 0.06 \text{ mg/l}$

(1) การทดสอบพิษเฉียบพลัน ของ Cr และ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนที่มีต่อหอยน้ำจืด

##### (1.1) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน

###### 1) โครเมียม (Cr)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี บางประการของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่ามีค่า T เฉลี่ย เท่ากับ  $20.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.39 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.28, 7.25, 7.18, 7.00 และ 6.63 ตามลำดับ EC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $127 \mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 124, 120, 130, 255 และ  $585 \mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.5

ส่วน คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่า มีค่า T เฉลี่ยเท่ากับ  $23.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.29 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.99, 7.00, 6.97, 6.76 และ 6.85 ตามลำดับ EC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $193 \mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 203, 148, 202, 768 และ  $1,097 \mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ โดยพบว่า ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีแนวโน้มค่า EC ของน้ำสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นและสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ Cr ที่เพิ่มขึ้น แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำ ในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ในการทดสอบ Cr ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืดในฤดูน้ำมาก

ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0.00	7.39	127	20.2	7.29	193	23
6.25	7.28	124	20.2	6.99	203	23
12.50	7.25	120	20.2	7.00	148	23
25.00	7.18	130	20.2	6.97	202	23
50.00	7.00	255	20.2	6.76	768	23
100.00	6.63	585	20.2	6.85	1,097	23

## 2) แคดเมียม (Cd)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $22.3^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.90 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.85, 5.81, 5.76, 5.63 และ 5.34 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $133 \mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 157, 194, 277, 414 และ  $745 \mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.6

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $22.0^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.03 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.04, 7.01, 7.01, 6.87 และ 6.74 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $556 \mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 559, 592, 654, 860 และ  $975 \mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ โดยพบว่า ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีแนวโน้มค่า EC สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นและสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ Cd ที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 คุณสมบัติของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำ ในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน Cd ที่มีต่อหอยน้ำจืดในฤดูน้ำมาก

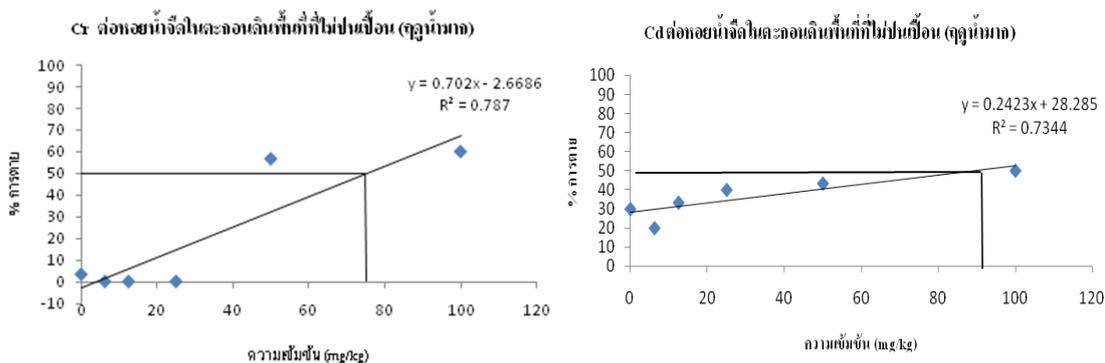
ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0.0	5.90	133	22.3	7.03	556	22
6.25	5.85	157	22.3	7.04	559	22
12.5	5.81	194	22.3	7.01	592	22
25.0	5.76	277	22.3	7.01	654	22
50.0	5.63	414	22.3	6.87	860	22
100.0	5.34	745	22.3	6.74	975	22

และจากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันในรูป  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืดที่มีขนาด 1-2 cm พบว่า ค่า  $LC_{50}$  ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน เท่ากับ 76.762 (40.350 – 939.721) และ 89.203 (54.618 – 419.122) mg/kg ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และพบว่า Cr มีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหอยน้ำจืดมากกว่า Cd ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน และในสภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน ทุกประการและพบว่าหอยน้ำจืดมีเปอร์เซ็นต์การตาย (% mortality) เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ Cr และ Cd เพิ่มมากขึ้น ดังภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.7 ค่า  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืด ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

โลหะหนัก	$LC_{50}$ (mg/kg)	ความเชื่อมั่น 95 %	
		ต่ำสุด	สูงสุด
Cr	76.762	40.350	939.721
Cd	89.203	54.618	419.122

$LC_{50}$ : Median lethal concentration คือ ค่าความเข้มข้นของ Cr และ Cd ที่ทำให้หอยน้ำจืดตายร้อยละ 50 ในระยะเวลาที่กำหนด ในหน่วย mg/kg



ภาพที่ 4.1 เปอร์เซนต์การตายของหอยน้ำจืดที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

## (1.2) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน

### 1) โครเมียม (Cr)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $20.5^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.10 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.21, 7.28, 7.36, 7.36 และ 7.41 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $192\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีเฉลี่ย เท่ากับ 174, 204, 304, 599 และ  $1,203\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.8

ส่วน คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $25.3^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.09 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.11, 7.16, 6.94, 7.00 และ 7.06 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $229\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 303, 289, 895, 1,157 และ  $1,560\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.8 โดยพบว่า ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีแนวโน้มค่า EC สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นและสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ Cr ที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.8 คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในการทดสอบ Cr ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืดในฤดูน้ำมาก

ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0.0	7.10	192	20.5	7.09	229	25.3
6.25	7.21	174	20.5	7.11	303	25.3
12.5	7.28	204	20.5	7.16	289	25.3
25.0	7.36	304	20.5	6.94	895	25.3
50.0	7.36	599	20.5	7.00	1157	25.3
100.0	7.41	1203	20.5	7.06	1560	25.3

## 2) แคดเมียม (Cd)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่ามี T เฉลี่ยเท่ากับ  $25.0^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.46 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.29, 7.20, 7.18, 7.09 และ 6.84 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $294 \mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 306, 372, 506, 761 และ  $1,177 \mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.9

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่ามี T เฉลี่ยเท่ากับ  $25.0^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.47 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.74, 6.96, 6.94, 6.76 และ 6.66 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $951 \mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 991, 945, 953, 1,773 และ  $2,380 \mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.9 โดยพบว่า ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีแนวโน้มค่า EC สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นและสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ Cd ที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.9 คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืดในฤดูน้ำมาก

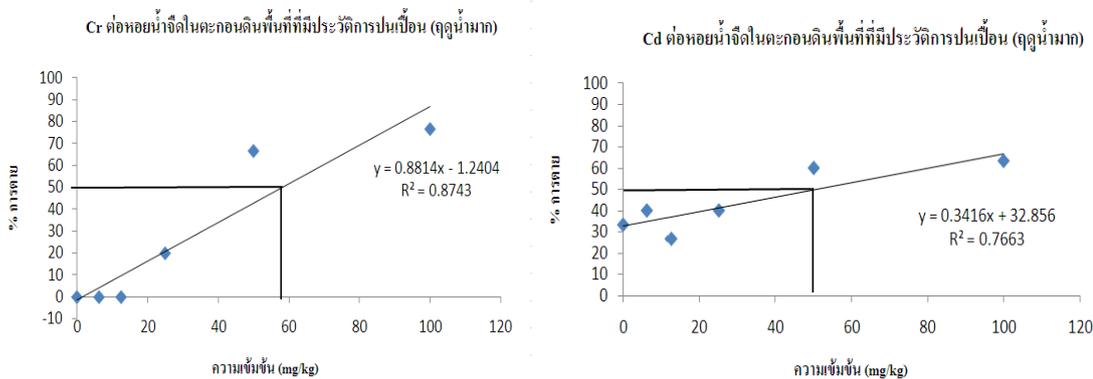
ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0.0	7.46	294	25	6.47	951	25
6.25	7.29	306	25	6.74	991	25
12.5	7.20	372	25	6.96	945	25
25.0	7.18	506	25	6.94	953	25
50.0	7.09	761	25	6.76	1773	25
100.0	6.84	1177	25	6.66	2380	25

จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันในรูป  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อน มีค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 60.067 (32.639 – 142.841) และ 50.119 (28.719 – 94.142) mg/kg ตามลำดับ และพบว่าที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันในสภาพแวดล้อมที่เหมือนกันนั้น Cd มีค่าความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหอยน้ำจืดมากกว่า Cr ดังตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.1 และพบว่าหอยน้ำจืดมีเปอร์เซ็นต์การตาย (% mortality) เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ Cr และ Cd เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.2) และในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนนั้นมีความเป็นพิษเฉียบพลันของทั้ง Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืดมากกว่าตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน (ภาพที่ 4.3)

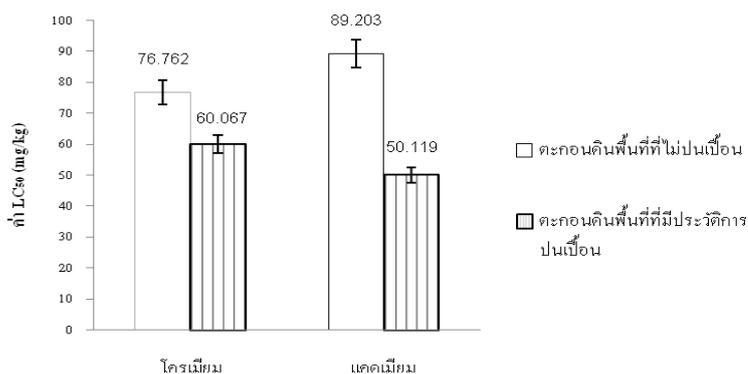
ตารางที่ 4.10 ค่า  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืด ในช่วงเวลา 96hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

โลหะหนัก	$LC_{50}$ (mg/kg)	ความเชื่อมั่น 95 %	
		ต่ำสุด	สูงสุด
Cr	60.067	32.639	142.841
Cd	50.119	28.719	94.142

$LC_{50}$ : Median lethal concentration คือ ค่าความเข้มข้นของ Cr และ Cd ที่ทำให้หอยน้ำจืดตายร้อยละ 50 ในระยะเวลาที่กำหนด ในหน่วย mg/kg



ภาพที่ 4.2 เปอร์เซนต์การตายของหอยน้ำจืดที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก



ภาพที่ 4.3 ค่า LC<sub>50</sub> ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืดในฤดูน้ำมาก

(2) การทดสอบพิษเฉียบพลัน ของ โครเมียม (Cr) และแคดเมียม (Cd) ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนที่มีต่อหอยน้ำจืด

(2.1) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน

1) โครเมียม (Cr)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ 21.1 °C ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.88 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.94, 5.96, 5.97, 6.00 และ 6.65 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีเฉลี่ยเท่ากับ 131 μS/cm ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 123, 130, 134, 174 และ 314 μS/cm ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.11

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดิน ใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ 21.0 องศา C ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.93 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.97, 6.01, 6.05, 6.07 และ 6.23 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 131  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 133, 126, 117, 126 และ 232  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.11

**ตารางที่ 4.11** คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ในการทดสอบ Cr ระดับ ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหนอนริ้นน้ำจืดวัยสองในฤดูน้ำมาก

ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0.0	5.88	131	21.1	5.93	131	21
0.1	5.94	123	21.1	5.97	133	21
1.0	5.96	130	21.1	6.01	126	21
10.0	5.97	134	21.1	6.05	117	21
20.0	6.00	174	21.1	6.07	1126	21
50.0	6.65	314	21.1	6.23	232	21

## 2) แคดเมียม (Cd)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดิน ใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ 21.1  $^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.91 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.90, 5.94, 5.87, 5.92 และ 5.79 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 122  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 123, 127, 185, 239 และ 404  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.12

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดิน ใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ 21.0  $^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.01 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.99, 6.02, 6.00, 5.93 และ 5.69 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 131  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 126, 117, 168, 244 และ 474  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองในฤดูน้ำมาก

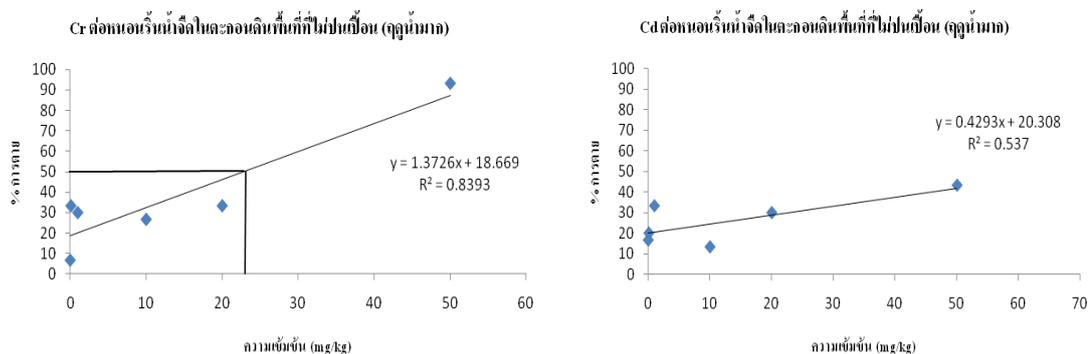
ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0.0	5.91	122	21.1	6.01	131	21
0.1	5.90	123	21.1	5.99	126	21
1.0	5.94	127	21.1	6.02	117	21
10.0	5.87	185	21.1	6.00	168	21
20.0	5.92	239	21.1	5.93	244	21
50.0	5.79	404	21.1	5.69	474	21

จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันในรูป  $\text{LC}_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองที่มีขนาด 2-3 mm พบว่า ค่า  $\text{LC}_{50}$  ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน เท่ากับ 21.501 (8.75 – 66.493) และ 66.361 (39.666 – 394.799) mg/kg ตามลำดับ และพบว่าที่ระดับความเข้มข้นเหมือนกัน และในสภาพแวดล้อมเหมือนกันนั้น Cr จะมีความเป็นพิษเฉียบพลันมากกว่า Cd ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และมีเปอร์เซ็นต์การตาย (%mortality) ดังแสดงในภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.13 ค่า  $\text{LC}_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสอง ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

โลหะหนัก	$\text{LC}_{50}$ (mg/kg)	ความเชื่อมั่น 95 %	
		ต่ำสุด	สูงสุด
Cr	21.501	8.75	66.493
Cd	66.361	39.666	394.799

$\text{LC}_{50}$ : Median lethal concentration คือ ค่าความเข้มข้นของ Cr และ Cd ที่ทำให้หนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองตายร้อยละ 50 ในระยะเวลาที่กำหนด ในหน่วย mg/kg



ภาพที่ 4.4 เปอร์เซนต์การตายของหนองน้ำจืดด้วยสอง ที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

## (2.2) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน

### 1) โครเมียม (Cr)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดิน ใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ 25 °C ค่า pH ใน กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.71 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.83, 6.91, 7.34, 7.17 และ 7.11 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 264  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 303, 283, 350, 456 และ 799  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดิน ใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ 25.0 °C ค่า pH ใน กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.42 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.42, 7.48, 7.50, 7.50 และ 7.51 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 297  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 360, 352, 380, 483 และ 892  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) โดยพบว่า ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่ม ทดลองมีแนวโน้มค่า EC และ pH สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นและสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ Cr ที่เพิ่มขึ้น

**ตารางที่ 4.14** คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในการทดสอบ Cr ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหนอนริ้นน้ำจืดวัยสองในฤดูน้ำมาก

ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0.0	6.71	264	25	7.42	297	25
0.1	6.83	303	25	7.42	360	25
1.0	6.91	283	25	7.48	352	25
10.0	7.34	350	25	7.50	380	25
20.0	7.17	456	25	7.50	483	25
50.0	7.11	799	25	7.51	892	25

## 2) แคดเมียม (Cd)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $21.1^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.26 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.55, 6.56, 6.63, 6.59 และ 6.52 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $218 \mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 218, 220, 232, 266 และ  $494 \mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $20.9^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.14 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.27, 7.30, 7.31, 7.31 และ 7.18 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $268 \mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 265, 265, 275, 302 และ  $533 \mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15) โดยพบว่า ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีแนวโน้มค่า EC และ pH สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นและสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ Cd ที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.15 คุณสมบัติของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ มีประวัติการ ปนเปื้อนในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีหอนรึนน้ำจืดวัยสองในฤดูน้ำมาก

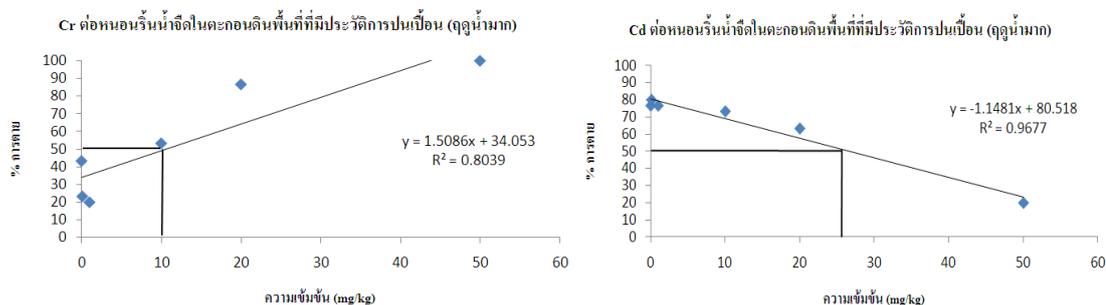
ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0.0	6.26	218	21.1	7.14	268	20.9
0.1	6.55	218	21.1	7.27	265	20.9
1.0	6.56	220	21.1	7.30	265	20.9
10.0	6.63	232	21.1	7.31	275	20.9
20.0	6.59	266	21.1	7.31	302	20.9
50.0	6.52	494	21.1	7.18	533	20.9

ส่วนการศึกษาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันในรูป  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอนรึนน้ำจืด วัยสองที่มีขนาด 2-3 mm พบว่า ค่า  $LC_{50}$  ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเข้มข้น 95 % ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการ ปนเปื้อนมีค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 7.494 (4.801 – 10.721) และ 26.377 (19.740 – 36.784) mg/kg ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์การตายแสดงดังภาพที่ 4.5 และใน ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ มีประวัติการ ปนเปื้อนนั้นมีความเป็นพิษเฉียบพลันของทั้ง Cr และ Cd ต่อหอนรึนน้ำจืดวัยสองมากกว่าตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน แสดงดังภาพที่ 4.6

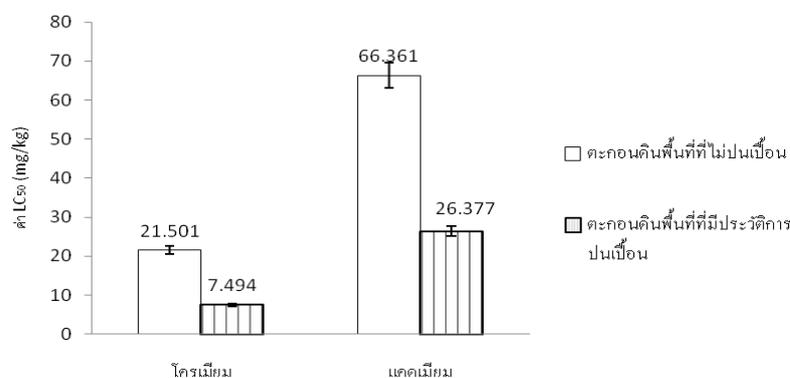
ตารางที่ 4.16 ค่า  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอนรึนน้ำจืดวัยสอง ในช่วงเวลา 96 ที่ระดับความเข้มข้น 95% ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

โลหะหนัก	$LC_{50}$ (mg/kg)	ความเข้มข้น 95 %	
		ต่ำสุด	สูงสุด
Cr	7.494	4.801	10.721
Cd	26.377	19.740	36.784

$LC_{50}$ : Median lethal concentration คือ ค่าความเข้มข้นของ Cr และ Cd ที่ทำให้หอนรึนน้ำจืดวัยสองตายร้อยละ 50 ในระยะเวลาที่กำหนด ในหน่วย mg/kg



ภาพที่ 4.5 เปอร์เซนต์การตายของหอนรึ้นน้ำจืดด้วยสอง ที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก



ภาพที่ 4.6 ค่า LC<sub>50</sub> ของ Cr และ Cd ต่อหอนรึ้นน้ำจืดด้วยสองในฤดูน้ำมาก

#### 4.3.2 ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูน้ำน้อย

จากการทดลองเพื่อศึกษาระดับความเป็นพิษเฉียบพลันของ Cr และ Cd ที่ทำให้หอนรึ้นน้ำจืด ขนาด 1-2 cm และหอนรึ้นน้ำจืดด้วยสองขนาด 2-3 mm ตายร้อยละ 50 ในช่วงเวลา 96 hr และนำมา คำนวณค่า LC<sub>50</sub> จากการวิเคราะห์ Probit Analysis ด้วยโปรแกรม SPSS 11.5

ในการทดสอบความเป็นพิษของโลหะหนักต่อสัตว์หน้าดินนั้นได้มีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำประปาพักก่อนนำมาใช้ในการทดสอบพิษเฉียบพลันมีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ  $7.47 \pm 0.06$  มี EC เฉลี่ยเท่ากับ  $173.67 \pm 1.53 \mu\text{S/cm}$  มีค่าความ Hardness เฉลี่ย เท่ากับ  $134.0 \pm 0.0 \text{ mg/l}$  มีค่า Alkalinity เฉลี่ยเท่ากับ  $71.33 \pm 1.15 \text{ mg/l}$  มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $25.0 \pm 0.1 ^\circ\text{C}$  และมีค่า DO เฉลี่ยเท่ากับ  $7.47 \pm 0.06 \text{ mg/l}$

(1) ผลการทดสอบพิษเฉียบพลัน ของโครเมียม (Cr) และแคดเมียม (Cd) ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนที่มีต่อหอยน้ำจืด

(1.1) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน

1) โครเมียม (Cr)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ 25.2 °C ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.73 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.64, 6.72, 6.72, 6.60 และ 6.39 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 188  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 221, 269, 377, 577 และ 923  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.17)

ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ 25.0 °C ค่า pH เฉลี่ยในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.61 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.74, 6.62, 6.76, 7.05 และ 7.04 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 575  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 726, 1237, 1257, 1377 และ 1763  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.17) โดยพบว่า ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีแนวโน้มค่า EC สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นและสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ Cr ที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.17 คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ในการทดสอบ Cr ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืดในฤดูแล้ง

ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T (°C)	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T (°C)
0.0	6.73	188	25.2	6.61	575	25
6.25	6.64	221	25.2	6.74	726	25
12.5	6.72	269	25.2	6.62	1237	25
25.0	6.72	377	25.2	6.76	1257	25
50.0	6.60	577	25.2	7.05	1377	25
100.0	6.39	923	25.2	7.04	1763	25

## 2) แคดเมียม (Cd)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ 22.0 °C ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.30 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.18, 7.11, 7.04, 6.90 และ 6.71 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 165  $\mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 194, 224, 279, 401 และ 633  $\mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18)

ส่วน คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ 24.0 °C ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.54 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.81, 6.84, 6.79, 6.75 และ 6.73 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 516  $\mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 764, 897, 1210, 1377 และ 1447  $\mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18) โดยพบว่า ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีแนวโน้มค่า EC สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นและสูง ขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ Cd ที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.18 คุณสมบัติของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืดในฤดูแล้ง

ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T (°C)	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T (°C)
0.0	7.30	165	22	6.54	516	24
6.25	7.18	194	22	6.81	764	24
12.5	7.11	224	22	6.84	897	24
25.0	7.04	279	22	6.79	1210	24
50.0	6.90	401	22	6.75	1377	24
100.0	6.71	633	22	6.73	1447	24

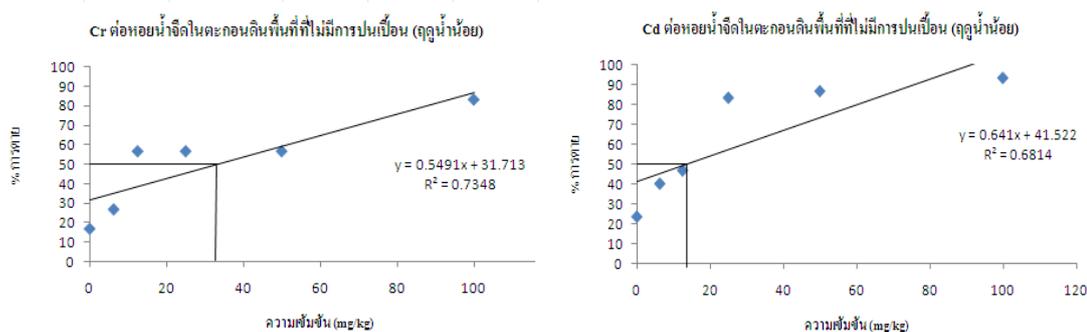
ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันในรูป  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืดที่มีขนาด 1-2 cm พบว่า ค่า  $LC_{50}$  ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในตัวอย่างตะกอนดิน ใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนเท่ากับ 31.936 (-18.425 – 100.579) และ 13.227 (-105.847 – 43.676) mg/kg ตามลำดับ ซึ่งพบว่าในตัวอย่างตะกอนดิน ใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน มีความเป็นพิษ

เทียบพลังของ Cd ต่อหอยน้ำจืดมากกว่า Cr ดังแสดงในตารางที่ 4.19 และเปอร์เซ็นต์การตายของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืด แสดงดังภาพที่ 4.7

ตารางที่ 4.19 ค่า  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืด ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูแล้ง

โลหะหนัก	$LC_{50}$ (mg/kg)	ความเชื่อมั่น 95 %	
		ต่ำสุด	สูงสุด
Cr	31.936	-18.425	100.579
Cd	13.227	-105.847	43.676

$LC_{50}$ : Median lethal concentration คือ ค่าความเข้มข้นของ Cr และ Cd ที่ทำให้หอยน้ำจืดตายร้อยละ 50 ในระยะเวลาที่กำหนด ในหน่วย mg/kg



ภาพที่ 4.7 เปอร์เซนต์การตายของหอยน้ำจืดที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูแล้ง

## (1.2) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน

### 1) โครเมียม (Cr)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $22.0^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.39 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.45, 6.57, 7.11, 7.16 และ 7.14 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $233\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 233, 252, 315, 455 และ  $905\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20)

ส่วน คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $24.0^{\circ}\text{C}$

ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.31 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.68, 7.00, 6.99, 6.89 และ 6.97 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 467  $\mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 528, 529, 881, 1457 และ 1577  $\mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20) โดยพบว่า ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีแนวโน้มค่า EC สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นและสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ Cr ที่เพิ่มขึ้น

**ตารางที่ 4.20** คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในการทดสอบ Cr ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืดในฤดูแล้ง

ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0.0	6.39	233	22	6.31	467	24
6.25	6.45	233	22	6.68	528	24
12.5	6.57	252	22	7.00	529	24
25.0	7.11	315	22	6.99	881	24
50.0	7.16	455	22	6.89	1457	24
100.0	7.14	904	22	6.97	1577	24

## 2) แคดเมียม (Cd)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $25.0^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.18 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.25, 6.27, 6.24, 6.16 และ 6.00 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 264  $\mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 305, 335, 408, 547 และ 819  $\mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.21)

ส่วน คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $25.0^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.73 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.97, 7.13, 7.13, 6.94 และ 6.85 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 928  $\mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 811, 948, 1263, 1373 และ 1550  $\mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.21) โดยพบว่า ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีแนวโน้มค่า EC สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นและสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ Cd ที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.21 คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืดในฤดูแล้ง

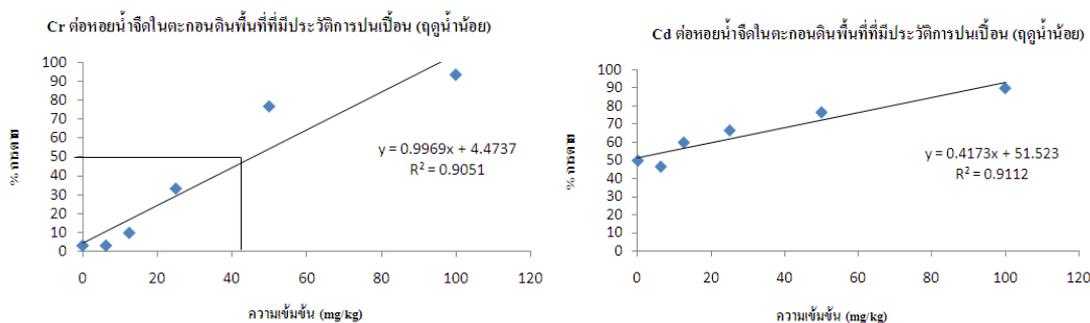
ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0.0	6.18	264	25	6.73	928	25
6.25	6.25	305	25	6.97	811	25
12.5	6.27	335	25	7.13	948	25
25.0	6.24	408	25	7.13	1263	25
50.0	6.16	547	25	6.94	1373	25
100.0	6.00	819	25	6.85	1550	25

ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันในรูป  $\text{LC}_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืดที่มีขนาด 1-2 cm พบว่า ค่า  $\text{LC}_{50}$  ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของ พื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน มีค่า  $\text{LC}_{50}$  เท่ากับ 41.951 (26.775 – 71.327) และ 0.060 (-31.312 – 15.257) mg/kg ตามลำดับ ซึ่งพบว่าตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนนั้น Cd มีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหอยน้ำจืดมากกว่า Cr ดังแสดงในตารางที่ 4.22 มีเปอร์เซ็นต์การตายของหอยน้ำจืดต่อ Cr และ Cd ดังภาพที่ 4.8 และค่า  $\text{LC}_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืดทั้งในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน ดังภาพที่ 4.9

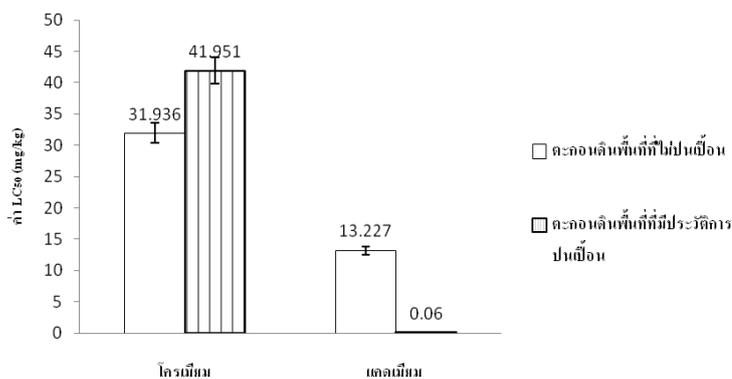
ตารางที่ 4.22 ค่า  $\text{LC}_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืด ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูแล้ง

โลหะหนัก	$\text{LC}_{50}$ (mg/kg)	ความเชื่อมั่น 95 %	
		ต่ำสุด	สูงสุด
Cr	41.951	26.775	71.327
Cd	0.060	-31.312	15.257

$\text{LC}_{50}$ : Median lethal concentration คือ ค่าความเข้มข้นของ Cr และ Cd ที่ทำให้หอยน้ำจืดตายร้อยละ 50 ในระยะเวลาที่กำหนด ในหน่วย mg/kg



ภาพที่ 4.8 เปรี่เซนต์การตายของหอยน้ำจืดที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย



ภาพที่ 4.9 ค่า  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืดในฤดูน้ำน้อย

(2) การทดสอบพิษเฉียบพลัน ของโครเมียม (Cr) และแคดเมียม (Cd) ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนที่มีต่อหอยน้ำจืด

### (2.1) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน

#### 1) โครเมียม (Cr)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่ามี T เฉลี่ยเท่ากับ  $25.2^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.47 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.45, 6.48, 6.47, 6.49 และ 6.37 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $181\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 171, 174, 247, 331 และ  $579\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23)

ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $25.0^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.02 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.09, 7.08, 7.01, 6.98 และ 6.81 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $170\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 168, 156, 185, 266 และ  $512\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ดังตารางที่ 4.23)

ตารางที่ 4.23 คุณสมบัติของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ในการทดสอบ Cr ที่ ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหนอนรึ้นน้ำจืดด้วยสองในฤดูน้ำน้อย

ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0.0	6.47	181	25.2	7.02	170	25
6.25	6.45	171	25.2	7.09	168	25
12.5	6.48	174	25.2	7.08	156	25
25.0	6.47	247	25.2	7.01	185	25
50.0	6.49	331	25.2	6.98	266	25
100.0	6.37	579	25.2	6.81	512	25

## 2) แคดเมียม (Cd)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เท่ากับ  $25.0^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.25 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.36, 6.46, 6.48, 6.48 และ 6.37 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $212\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 209, 209, 266, 337 และ  $509\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.24)

ส่วน คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $25.0^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.32 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.27, 6.30, 6.30, 6.29 และ 6.12 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $183\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 170, 179, 247, 317 และ  $550\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.24)

ตารางที่ 4.24 คุณสมบัติของ ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองในฤดูแล้ง

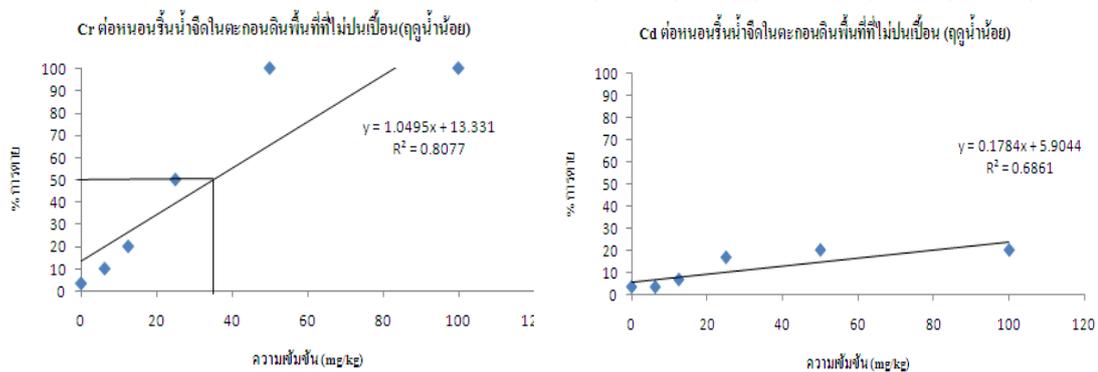
ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0.0	6.25	212	25	6.32	183	25
6.25	6.36	209	25	6.27	170	25
12.5	6.46	209	25	6.30	179	25
25.0	6.48	266	25	6.30	247	25
50.0	6.48	337	25	6.29	317	25
100.0	6.37	509	25	6.12	550	25

จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันในรูป  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองที่มีขนาด 2-3 mm พบว่าค่า  $LC_{50}$  ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนเท่ากับ 8.457 (6.765 – 10.629) และ 94.869 (58.134 – 459.129) mg/kg ตามลำดับ ซึ่งพบว่าในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนพบว่า Cr มีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองมากกว่า Cd ดังแสดงในตารางที่ 4.25 และมีเปอร์เซ็นต์การตายดังภาพที่ 4.10

ตารางที่ 4.25 ค่า  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสอง ในช่วงเวลา 96 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูแล้ง

โลหะหนัก	$LC_{50}$ (mg/kg)	ความเชื่อมั่น 95 %	
		ต่ำสุด	สูงสุด
Cr	8.457	6.765	10.629
Cd	94.869	58.134	459.129

$LC_{50}$ : Median lethal concentration คือ ค่าความเข้มข้นของ Cr และ Cd ที่ทำให้หนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองตายร้อยละ 50 ในระยะเวลาที่กำหนด ในหน่วย mg/kg



ภาพที่ 4.10 เปอร์เซนต์การตายของหอนรินน้ำจืด วัชสองที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย

## (2.2) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน

### 1) โครเมียม (Cr)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $25.0^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.04 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.87, 6.84, 6.91, 6.97 และ 7.02 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $270\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 266, 265, 281, 353 และ  $634\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.26)

ส่วน คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $25.2^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.19 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.29, 6.41, 6.48, 6.59 และ 6.78 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $333\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 328, 322, 350, 377 และ  $555\ \mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.26)

ตารางที่ 4.26 คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในการทดสอบ Cr ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหนอนริ้นน้ำจืดวัยสองในฤดูแล้ง

ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0.0	7.04	270	25	6.19	333	25.2
0.1	6.87	266	25	6.29	328	25.2
1.0	6.84	265	25	6.41	322	25.2
10.0	6.91	281	25	6.48	350	25.2
20.0	6.97	353	25	6.59	377	25.2
50.0	7.02	634	25	6.78	555	25.2

## 2) แคดเมียม (Cd)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $25.2^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.23 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.29, 6.33, 6.34, 6.33 และ 6.24 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $245 \mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 234, 231, 267, 343 และ  $505 \mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.27)

ส่วน คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $25.0^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.78 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.74, 6.73, 6.72, 6.72 และ 6.63 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $326 \mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 315, 316, 363, 429 และ  $585 \mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.27) โดยพบว่าทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีแนวโน้มค่า EC สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นและสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ Cd ที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.27 คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอนรึนน้ำจืดวัยสองในฤดูน้ำน้อย

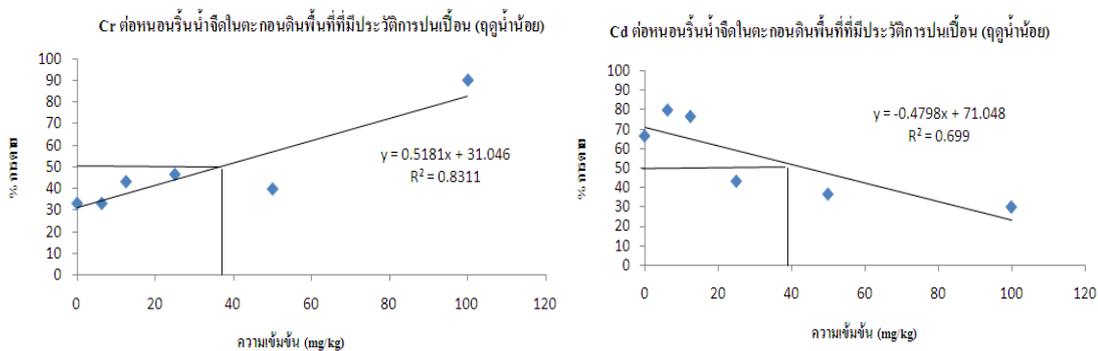
ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0.0	6.23	245	25.2	6.78	326	25
0.1	6.29	234	25.2	6.74	315	25
1.0	6.33	231	25.2	6.73	316	25
10.0	6.34	267	25.2	6.72	363	25
20.0	6.33	343	25.2	6.72	429	25
50.0	6.24	505	25.2	6.63	585	25

ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันในรูป  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอนรึนน้ำจืดวัยสองที่มีขนาด 1-3 mm พบว่าค่า  $LC_{50}$  ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนมีค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 14.612 (7.847 – 22.681) และ 19.275 (-4.455 – 191.419) mg/kg ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.28 ซึ่งพบว่าในตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำของ พื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อน นั้น Cr มีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหอนรึนน้ำจืดวัยสองมากกว่า Cd และมีเปอร์เซ็นต์การตาย แสดงดังภาพที่ 4.11 และค่า  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอนรึนน้ำจืดทั้งใน ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและพื้นที่ ที่มีประวัตการปนเปื้อน แสดงดังภาพที่ 4.12

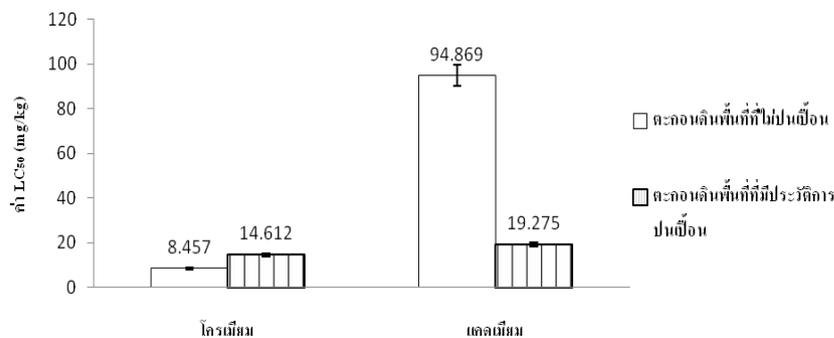
ตารางที่ 4.28 ค่า  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอนรึนน้ำจืดวัยสอง ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย

โลหะหนัก	$LC_{50}$ (mg/kg)	ความเชื่อมั่น 95 %	
		ต่ำสุด	สูงสุด
Cr	14.612	7.847	22.681
Cd	19.275	-4.455	191.419

$LC_{50}$ : Median lethal concentration คือ ค่าความเข้มข้นของ Cr และ Cd ที่ทำให้หอนรึนน้ำจืดวัยสองตายร้อยละ 50 ในระยะเวลาที่กำหนด ในหน่วย mg/kg



ภาพที่ 4.11 เปอร์เซนต์การตายของหอนรึนน้ำจืด ้วยสองที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย



ภาพที่ 4.12 ค่า LC<sub>50</sub> ของ Cr และ Cd ต่อหอนรึนน้ำจืด ้วยสองในฤดูน้ำน้อย

### 4.3.3 ตัวอย่างตะกอนดินเทียม (Artificial Sediment)

#### (1) การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหอยน้ำจืด

##### (1.1) โครเมียม (Cr)

คุณสมบัติของ ตัวอย่าง ตะกอนดิน เทียม ต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ 20 °C ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีเฉลี่ยเท่ากับ 6.48 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.59, 6.64 และ 6.57 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 223  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 279, 348 และ 534  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.29) ส่วนที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ 20 °C ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.87 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.79, 6.77 และ 7.02 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 976

$\mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1015, 978 และ 1005  $\mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.29) โดยพบว่า ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีแนวโน้มค่า pH และ EC สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น

**ตารางที่ 4.29** คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินเหนียว ในการทดสอบ Cr ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืด

ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0	6.48	223	20	6.87	976	20
10	6.59	279	20	6.79	1015	20
20	6.64	348	20	6.77	978	20
50	6.57	534	20	7.02	1005	20

### (1.2) แคดเมียม (Cd)

ส่วนคุณสมบัติของ ตัวอย่าง ตะกอนดินเหนียว ต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $20^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.25 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.24, 6.28 และ 6.19 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 227  $\mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 285, 329 และ 501  $\mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.30) ส่วนที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ  $20^{\circ}\text{C}$  ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.73 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.74, 6.82 และ 6.57 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1055  $\mu\text{S/cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 957, 1045 และ 1225  $\mu\text{S/cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.30) โดยพบว่า ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีแนวโน้ม pH และ EC สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.30 คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินเหนียว ในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหอยน้ำจืด

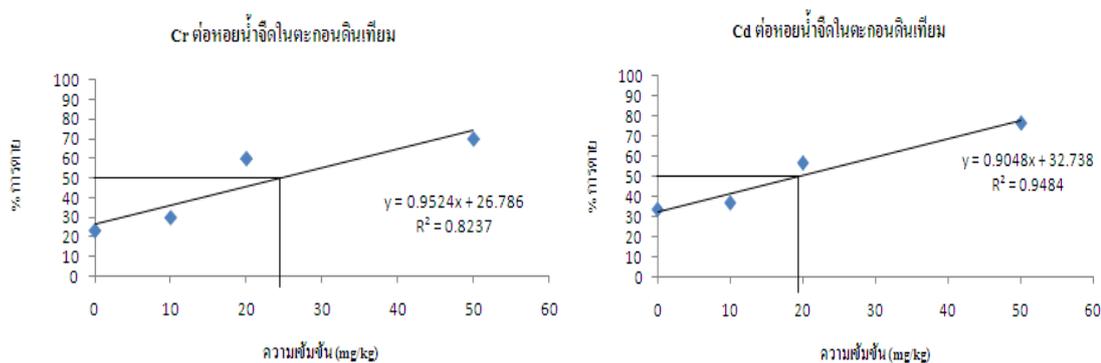
ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
0	6.25	227	20	6.73	1055	20
10	6.24	285	20	6.74	957	20
20	6.28	329	20	6.82	1045	20
50	6.19	501	20	6.57	1225	20

ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันในรูป  $\text{LC}_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืดที่มีขนาด 1-2 cm พบว่า ค่า  $\text{LC}_{50}$  ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในตัวอย่างตะกอนดินเหนียวมีค่า  $\text{LC}_{50}$  เท่ากับ 24.262 (14.648 – 36.863) และ 18.636 (7.211 – 29.834) mg/kg ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.31 และพบว่า Cd มีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหอยน้ำจืดมากกว่า Cr และมีเปอร์เซ็นต์การตายดังภาพที่ 4.13

ตารางที่ 4.31 ค่า  $\text{LC}_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหอยน้ำจืดในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในตัวอย่างตะกอนดินเหนียว

โลหะหนัก	$\text{LC}_{50}$ (mg/kg)	ความเชื่อมั่น 95 %	
		ต่ำสุด	สูงสุด
Cr	24.262	14.648	36.863
Cd	18.636	7.211	29.834

$\text{LC}_{50}$ : Median lethal concentration คือ ค่าความเข้มข้นของ Cr และ Cd ที่ทำให้หอยน้ำจืดตายร้อยละ 50 ในระยะเวลาที่กำหนด ในหน่วย mg/kg



ภาพที่ 4.13 เปอร์เซนต์การคายของหย่อนน้ำจืดที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินเทียม

## (2) การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสอง

### (1.1) โครเมียม (Cr)

คุณสมบัติของ ตัวอย่าง ตะกอนดิน เทียม ต่อ Cr ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ 20 °C ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.32 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.40, 6.49 และ 6.52 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 236  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 262, 292 และ 362  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.32) ส่วนที่เวลา 96 hr พบว่า มี T เฉลี่ยเท่ากับ °C ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.74 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.80, 6.82 และ 6.87 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 210  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 225, 258 และ 330  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.32) โดยพบว่า ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีแนวโน้มค่า pH และ EC สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.32 คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินเทียม ในการทดสอบ Cr ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสอง

ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T (°C)	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T (°C)
0	6.32	236	20	6.74	210	20
5	6.40	262	20	6.80	225	20
10	6.49	292	20	6.82	258	20
20	6.52	362	20	6.87	330	20

### (1.2) แคดเมียม (Cd)

คุณสมบัติของ ตัวอย่าง ตะกอนดินเทียมต่อ Cd ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 0 hr พบว่ามี T เฉลี่ยเท่ากับ 20 °C ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.22 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.14, 6.12 และ 6.11 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 232  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 262, 289 และ 345  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.33) ส่วนที่เวลา 96 hr พบว่ามี T เฉลี่ยเท่ากับ 20 °C ค่า pH ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.16 ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.87, 6.73 และ 6.67 ตามลำดับ ค่า EC ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 208  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 241, 272 และ 287  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4.33) โดยพบว่า ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีแนวโน้มค่า pH และ EC สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.33 คุณสมบัติของตัวอย่างตะกอนดินเทียมในการทดสอบ Cd ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่มีหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสอง

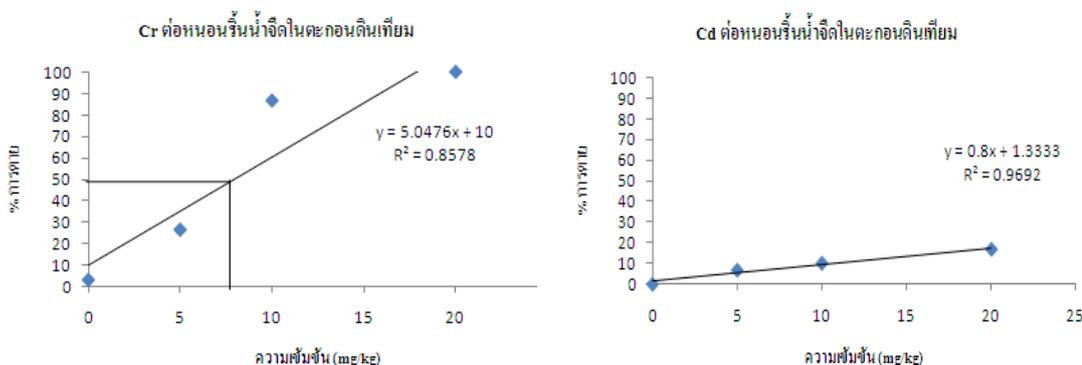
ความเข้มข้น (mg/kg)	0 hr			96 hr		
	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T (°C)	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T (°C)
0	6.22	232	20	7.16	208	20
5	6.14	262	20	6.87	241	20
10	6.12	289	20	6.73	272	20
20	6.11	345	20	6.67	287	20

ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันในรูป  $\text{LC}_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองที่มีขนาด 2-3 mm พบว่า ค่า  $\text{LC}_{50}$  ในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในตัวอย่างตะกอนดินเทียมมีค่า  $\text{LC}_{50}$  เท่ากับ 6.649 (5.522 – 7.866) และ 36.568 (24.289 – 193.581) mg/kg ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.34 ที่พบว่า Cr มีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองมากกว่า Cd และมีเปอร์เซ็นต์การตายดังภาพที่ 4.14 และค่า  $\text{LC}_{50}$  ของ Cr และ Cd ต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองและหอยน้ำจืดในตัวอย่างตะกอนดินเทียม แสดงดังภาพที่ 4.15

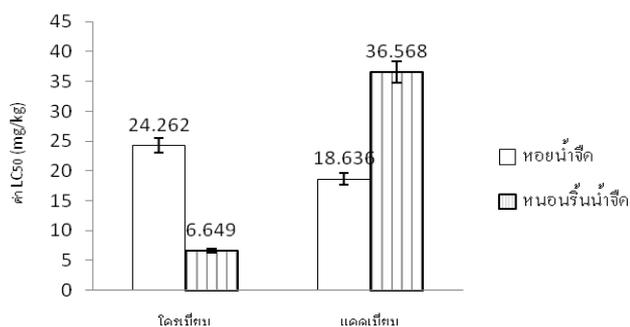
ตารางที่ 4.34 ค่า LC<sub>50</sub> ของ Cr และ Cd ต่อหอนรึนน้าจืดวัยสองในช่วงเวลา 96 hr ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในตัวอย่างตะกอนดินเทียม

โลหะหนัก	LC <sub>50</sub> (mg/kg)	ความเชื่อมั่น 95 %	
		ต่ำสุด	สูงสุด
Cr	6.649	5.522	7.866
Cd	36.568	24.289	193.581

LC<sub>50</sub>: Median lethal concentration คือ ค่าความเข้มข้นของ Cr และ Cd ที่ทำให้หอนรึนน้าจืด วัยสองตายร้อยละ 50 ในระยะเวลาที่กำหนด ในหน่วย mg/kg



ภาพที่ 4.14 เปอร์เซนต์การตายของหอนรึนน้าจืดวัยสอง ที่ได้รับ Cr และ Cd ที่ 96 hr ในตัวอย่างตะกอนดินเทียม



ภาพที่ 4.15 ค่า LC<sub>50</sub> ของ Cr และ Cd ต่อหอนรึนน้าจืดและหอนรึนน้าจืดวัยสองในตัวอย่างตะกอนดินเทียม

#### 4.4 ผลการศึกษาปริมาณเอนไซม์เมทัลโลไธโอนีน (Metallothionein: MT) และโปรตีนในหอยน้ำจืดและหอนอนน้ำจืดวัยสอง

##### 4.4.1 ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูกาลน้ำมาก

##### (1) ปริมาณเอนไซม์ MT และโปรตีนในหอยน้ำจืด

##### (1.1) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน

##### 1) โครเมียม (Cr)

จากการศึกษาปริมาณ เอนไซม์ MT ในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับปริมาณ Cr ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 6.25 และ 100 mg/kg ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ที่ระยะเวลา 96 hr พบว่า Cr ในหอยน้ำจืดมีปริมาณเอนไซม์ MT เฉลี่ยเท่ากับ  $7.17 \pm 5.77$ ,  $20.5 \pm 17.32$  และ  $43.83 \pm 11.55$   $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 6.25 mg/kg ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้นที่ 0.00 และ 100.00 mg/kg ส่วนที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.00 และ 100.00 mg/kg นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางที่ 4.35 และภาพที่ 4.16 และปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1.07 \pm 0.12$ ,  $1.77 \pm 0.12$  และ  $1.93 \pm 0.06$  mg/g ตามลำดับ พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 6.25 และ 100.00 mg/kg นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ส่วนที่ความเข้มข้น 0.00 mg/kg มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้นที่ 6.25 และ 100.00 mg/kg ดังแสดงในตารางที่ 4.35 และภาพที่ 4.16

ตารางที่ 4.35 ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหอยน้ำจืดหลังได้รับ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cr	0.00	$7.17 \pm 5.77^b$	$1.07 \pm 0.12^b$
	6.25	$20.5 \pm 17.32^{ab}$	$1.77 \pm 0.12^a$
	100.00	$43.83 \pm 11.55^a$	$1.93 \pm 0.06^a$

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

##### 2) แคดเมียม (Cd)

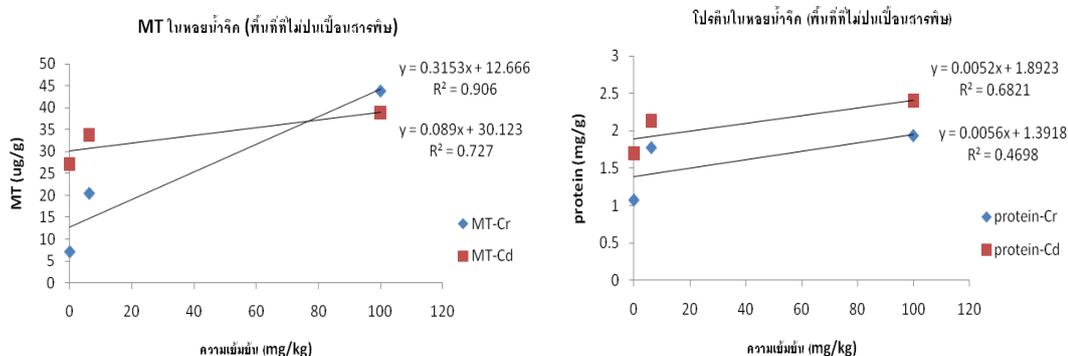
ปริมาณเอนไซม์ MT ในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับ Cd ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 6.25 และ 100 mg/kg ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ที่ระยะเวลา 96 hr พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $27.17 \pm 2.89$ ,  $33.83 \pm 28.87$  และ  $38.83 \pm 2.89$   $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ ซึ่งทั้ง

สามระดับความเข้มข้นนั้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.36 และภาพที่ 4.16 และปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1.70 \pm 0.00$ ,  $2.13 \pm 0.23$  และ  $2.40 \pm 0.52$  mg/kg ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น  $6.25$  mg/kg นั้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับความเข้มข้นที่  $0.00$  และ  $100.00$  mg/kg ส่วนที่ระดับความเข้มข้น  $0.00$  และ  $100.00$  mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.36 และภาพที่ 4.16

ตารางที่ 4.36 ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหอยน้ำจืดหลังได้รับ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cd	0.00	$27.17 \pm 2.89$	$1.70 \pm 0.00$ <sup>b</sup>
	6.25	$33.83 \pm 28.87$	$2.13 \pm 0.23$ <sup>ab</sup>
	100.00	$38.83 \pm 2.89$	$2.40 \pm 0.52$ <sup>a</sup>

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกัน ในแนวตั้งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 4.16 ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหอยน้ำจืดใน ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

## (1.2) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน

### 1) โครเมียม (Cr)

จากการศึกษาปริมาณเอนไซม์ MT ในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับปริมาณ Cr ที่ระดับความเข้มข้น  $0.00$ ,  $6.25$  และ  $100.00$  mg/kg ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของ

พื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนที่ระยะเวลา 96 hr พบว่า Cr ในหอยน้ำจืดมีปริมาณเอนไซม์ MT เฉลี่ยเท่ากับ  $0.50 \pm 0.00$ ,  $3.83 \pm 2.89$  และ  $13.83 \pm 2.89$   $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.00 และ 6.25 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่ที่ระดับความเข้มข้นทั้งสองจะมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับที่ระดับความเข้มข้นที่ 100.00 mg/kg ดังตารางที่ 4.37 และภาพที่ 4.17 ส่วนปริมาณโปรตีนที่พบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.10 \pm 0.00$ ,  $0.13 \pm 0.12$  และ  $4.97 \pm 1.27$  mg/g ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโปรตีนที่ระดับความเข้มข้น 0.00 และ 6.25 mg/kg ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่ที่ระดับความเข้มข้นทั้งสองจะมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับที่ระดับความเข้มข้นที่ 100.00 mg/kg ดังตารางที่ 4.37 และภาพที่ 4.17

ตารางที่ 4.37 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืด หลังจากได้รับ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cr	0.00	$0.50 \pm 0.00^b$	$0.10 \pm 0.00^b$
	6.25	$3.83 \pm 2.89^b$	$0.13 \pm 0.12^b$
	100.00	$13.83 \pm 2.89^a$	$4.97 \pm 1.27^a$

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

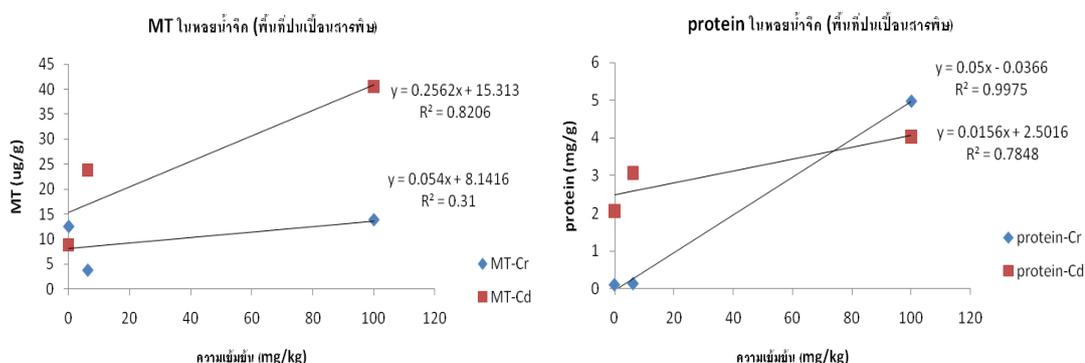
## 2) แคดเมียม (Cd)

ปริมาณเอนไซม์ MT ในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับ Cd ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 6.25 และ 100.00 mg/kg ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $8.83 \pm 7.64$ ,  $23.83 \pm 11.55$  และ  $40.50 \pm 17.32$   $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 6.25 mg/kg นั้น ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้น 0.00 และ 100.00 mg/kg และที่ระดับความเข้มข้น 0.00 และ 100.00 mg/kg นั้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.38 และภาพที่ 4.17 ส่วนปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $2.07 \pm 0.00$ ,  $3.07 \pm 0.06$  และ  $4.03 \pm 0.12$  mg/g ตามลำดับ และพบว่าทั้งสามระดับความเข้มข้นนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แสดงดังตารางที่ 4.38 และภาพที่ 4.17

ตารางที่ 4.38 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหย่อน้ำจืด หลังจากได้รับ Cd ในตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cd	0.00	$8.83 \pm 7.64^b$	$2.07 \pm 0.00$
	6.25	$23.83 \pm 11.55^{ab}$	$3.07 \pm 0.06$
	100.00	$40.50 \pm 17.32^a$	$4.03 \pm 0.12$

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 4.17 ปริมาณเอนไซม์ MT และโปรตีนในหย่อน้ำจืดของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

## (2) ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหย่อน้ำจืดด้วยสอง

### (2.1) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน

#### 1) โครเมียม (Cr)

จากการศึกษาปริมาณเอนไซม์ MT ในหย่อน้ำจืดด้วยสอง หลังจากได้รับปริมาณ Cr ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 0.10 และ 50.00 mg/kg ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ที่ระยะเวลา 96 hr พบว่า Cr ในหย่อน้ำจืดด้วยสองมีปริมาณเอนไซม์ MTเฉลี่ยเท่ากับ  $12.50 \pm 0.00$ ,  $95.83 \pm 72.17$  และ  $345.83 \pm 72.17 \mu\text{g/g}$  ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 50.00 mg/kg มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้น 0.00 และ 0.10 mg/kg และที่ระดับความเข้มข้น 0.00 และ 0.10 mg/kg นั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตาราง 4.39 และภาพที่ 4.18 ส่วนปริมาณโปรตีนพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $2.50 \pm 0.00$ ,  $3.33 \pm 2.89$  และ  $124.17 \pm 31.75 \text{ mg/g}$

ตามลำดับ ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 50.00 mg/kg มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้นที่ 0.00 และ 0.10 mg/kg และที่ระดับความเข้มข้น 0.00 และ 0.10 mg/kg นั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณเอนไซม์ MT ในหนอนรึ้นน้ำจืดด้วยสองนี้ดังแสดงในตาราง 4.39 และภาพที่ 4.18

**ตารางที่ 4.39** ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหนอนรึ้นน้ำจืด วยสองหลังจากได้รับ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cr	0.00	$12.50 \pm 0.00^b$	$2.50 \pm 0.00^b$
	0.10	$95.83 \pm 72.17^b$	$3.33 \pm 2.89^b$
	50.00	$345.83 \pm 72.17^a$	$124.17 \pm 31.75^a$

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

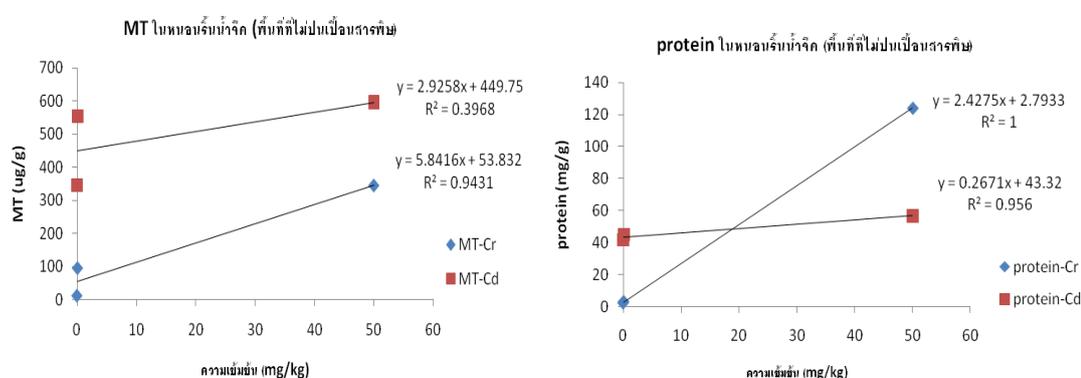
## 2) แคดเมียม (Cd)

ปริมาณเอนไซม์ MT ในหนอนรึ้นน้ำจืด วยสองหลังจากได้รับ Cd ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 0.10 และ 10.00 mg/kg ในตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนที่ระยะเวลา 96 hr พบว่า Cd ในหนอนรึ้นน้ำจืดด้วยสองมีปริมาณ เอนไซม์ MT เฉลี่ยเท่ากับ  $345.83 \pm 72.17$ ,  $554.17 \pm 72.17$  และ  $595.83 \pm 72.17 \mu\text{g/g}$  ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 0.10 และ 50.00 mg/kg ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และที่ระดับความเข้มข้น 0.00 mg/kg นั้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้น 0.10 และ 50.0 mg/kg ดังตารางที่ 4.40 และภาพที่ 4.18 ส่วนปริมาณโปรตีนพบว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $41.67 \pm 1.43$ ,  $45.00 \pm 17.32$  และ  $56.67 \pm 5.77 \text{ mg/g}$  ตามลำดับ ซึ่งที่ความเข้มข้นทั้งสามระดับนั้นไม่ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.40 และภาพที่ 4.18

ตารางที่ 4.40 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหนองรึ้นน้ำจืด ้วยสองหลังจากได้รับ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cd	0.00	$345.83 \pm 72.17^b$	$41.67 \pm 1.43$
	0.10	$554.17 \pm 72.17^a$	$45.00 \pm 17.32$
	50.00	$595.83 \pm 72.17^a$	$56.67 \pm 5.77$

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 4.18 ปริมาณเอนไซม์ MT และโปรตีนในหนองรึ้นน้ำจืด ในตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

## (2.2) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน

### 1) โครเมียม (Cr)

จากการศึกษาปริมาณ เอนไซม์ MT ในหนองรึ้นน้ำจืด ้วยสองหลังจากได้รับ Cr ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 0.10 และ 10.00 mg/kg ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนที่ระยะเวลา 96 hr พบว่า Cr ในหนองรึ้นน้ำจืด้วยสองมีปริมาณเอนไซม์ MT เฉลี่ยเท่ากับ  $1,637.50 \pm 0.00$ ,  $720.83 \pm 144.34$  และ  $429.17 \pm 88.39$   $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ โดยที่ความเข้มข้นทั้งสามระดับมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางที่ 4.41 และดังภาพที่ 4.19 และปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $39.17 \pm 1.44$ ,  $41.67 \pm 1.77$  และ  $40.00 \pm 0.00$  mg/g ตามลำดับ ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นที่ 10.00 mg/kg นั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 0.00 และ 0.10 mg/kg นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังตารางที่ 4.41 และภาพที่ 4.19

ตารางที่ 4.41 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองหลังจากได้รับ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน ( $\mu\text{g/g}$ )
Cr	0.00	$1,637.50 \pm 0.00^a$	$39.17 \pm 1.44^b$
	0.10	$720.83 \pm 144.34^b$	$41.67 \pm 1.77^a$
	10.00	$429.17 \pm 88.39^c$	$40.00 \pm 0.00^{ab}$

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

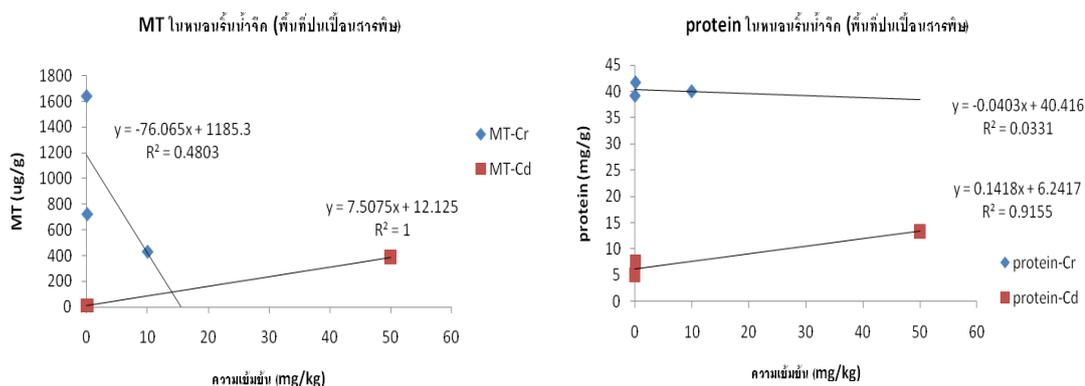
## 2) แคดเมียม (Cd)

ปริมาณเอนไซม์ MT ในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองหลังจากได้รับ Cd ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 0.10 และ 50.00 mg/kg ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนที่ระยะเวลา 96 hr พบว่า Cd ในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองมีปริมาณ เอนไซม์ MT เฉลี่ยเท่ากับ  $12.50 \pm 0.00$ ,  $12.50 \pm 0.00$  และ  $387.50 \pm 0.00 \mu\text{g/g}$  ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.42 และภาพที่ 4.19 และมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ  $5.00 \pm 0.00$ ,  $7.50 \pm 0.00$  และ  $13.33 \pm 7.22 \text{ mg/g}$  ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 0.00 และ 50.00 mg/kg มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และที่ระดับความเข้มข้น 0.10 mg/kg นั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้น 0.00 และ 50.00 mg/kg ดังในตารางที่ 4.42 และภาพที่ 4.19

ตารางที่ 4.42 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองหลังจากได้รับ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน ( $\mu\text{g/g}$ )
Cd	0.00	$12.50 \pm 0.00$	$5.00 \pm 0.00^b$
	0.10	$12.50 \pm 0.00$	$7.50 \pm 0.00^{ab}$
	50.00	$387.50 \pm 0.00$	$1.33 \pm 7.22^a$

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 4.19 ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหอยน้ำจืด วัชสองในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำมาก

#### 4.4.2 ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูกาลน้ำน้อย

##### (1) ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืด

##### (1.1) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน

##### 1) โครเมียม (Cr)

ปริมาณเอนไซม์ MT ในหอยน้ำจืด ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน หลังได้รับ Cr ที่ระดับความเข้มข้น 0.00 50.00 และ 100.00 mg/kg พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.50 \pm 0.00$ ,  $25.5 \pm 0.00$  และ  $32.17 \pm 10.41$  µg/g ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้นที่ 50.00 และ 100.00 mg/kg นั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 0.00 mg/kg นั้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้นที่ 50.00 และ 100.00 mg/kg ดังตารางที่ 4.43 และภาพที่ 4.20 และปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $3.17 \pm 0.29$ ,  $3.40 \pm 0.35$  และ  $3.53 \pm 0.29$  mg/g ตามลำดับ ซึ่งทั้งสามระดับความเข้มข้นนั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.43 และดังภาพที่ 4.20

ตารางที่ 4.43 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหย่อน้ำจืดหลังจากได้รับ Cr ในตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน ( $\mu\text{g/g}$ )
Cr	0.00	$0.50 \pm 0.00^b$	$3.17 \pm 0.29$
	50.00	$25.5 \pm 0.00^a$	$3.40 \pm 0.35$
	100.00	$32.17 \pm 10.41^a$	$3.53 \pm 0.29$

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

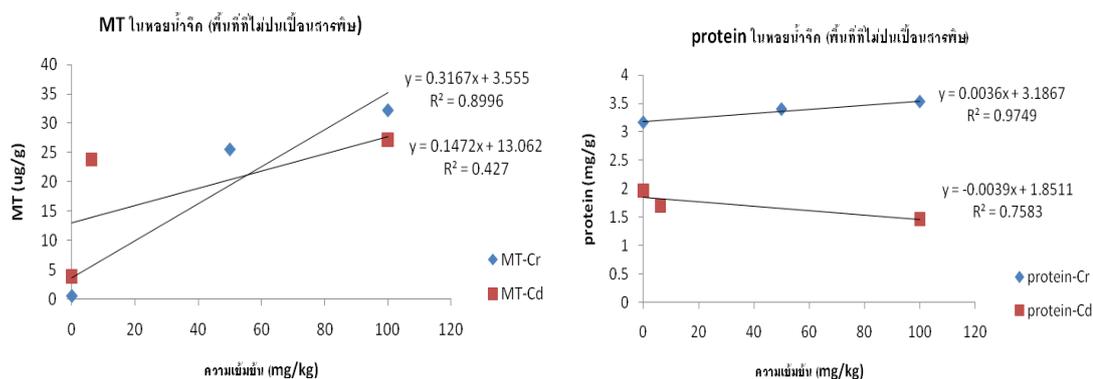
## 2) แคดเมียม (Cd)

ปริมาณเอนไซม์ MT ในหย่อน้ำจืดในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน หลังได้รับ Cd ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 6.25 และ 100.00 mg/kg พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $3.83 \pm 2.89$ ,  $23.83 \pm 5.77$  และ  $27.17 \pm 5.77 \mu\text{g/g}$  ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้นที่ 6.25 และ 100.00 mg/kg นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ส่วนที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.00 mg/kg มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับที่ความเข้มข้น 6.25 และ 100.00 mg/kg ดังตารางที่ 4.44 และดังภาพที่ 4.20 ส่วนปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1.97 \pm 0.29$ ,  $1.70 \pm 0.17$  และ  $1.47 \pm 0.06 \text{ mg/g}$  ตามลำดับ ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 6.25 mg/kg นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้นที่ 0.00 และ 100.00 mg/kg และที่ระดับความเข้มข้น 0.00 และ 100.00 mg/kg มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.44 และดังภาพที่ 4.20

ตารางที่ 4.44 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหย่อน้ำจืด หลังจากได้รับ Cd ในตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน ( $\mu\text{g/g}$ )
Cd	0.00	$3.83 \pm 2.89^b$	$1.97 \pm 0.29^a$
	6.25	$23.83 \pm 5.77^a$	$1.70 \pm 0.17^{ab}$
	100.00	$27.17 \pm 5.77^a$	$1.47 \pm 0.06^b$

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 4.20 ปริมาณเอนไซม์ MT และโปรตีนในหอยน้ำจืดในตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย

### (1.2) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน

#### 1) โครเมียม (Cr)

ปริมาณเอนไซม์ MT ในหอยน้ำจืดในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน หลังได้รับ Cr ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 6.25 และ 100.00 mg/kg พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $8.83 \pm 2.89$ ,  $18.83 \pm 5.77$  และ  $38.83 \pm 2.89$  µg/g ตามลำดับ ซึ่งที่ความเข้มข้นทั้งสามระดับนั้น มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางที่ 4.45 และภาพที่ 4.21 และปริมาณโปรตีนพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1.40 \pm 0.17$ ,  $1.70 \pm 0.00$  และ  $2.23 \pm 0.58$  mg/g ตามลำดับ ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 6.25 mg/kg นั้น ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้น 0.00 และ 100.00 mg/kg ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 0.00 และ 100.00 mg/kg นั้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.45 และดังภาพที่ 4.21

ตารางที่ 4.45 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT (µg/g)	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cr	0.00	$8.83 \pm 2.89^c$	$1.40 \pm 0.17^b$
	6.25	$18.83 \pm 5.77^b$	$1.70 \pm 0.00^{ab}$
	100.00	$38.83 \pm 2.89^a$	$2.23 \pm 0.58^a$

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกัน ในแนวตั้งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

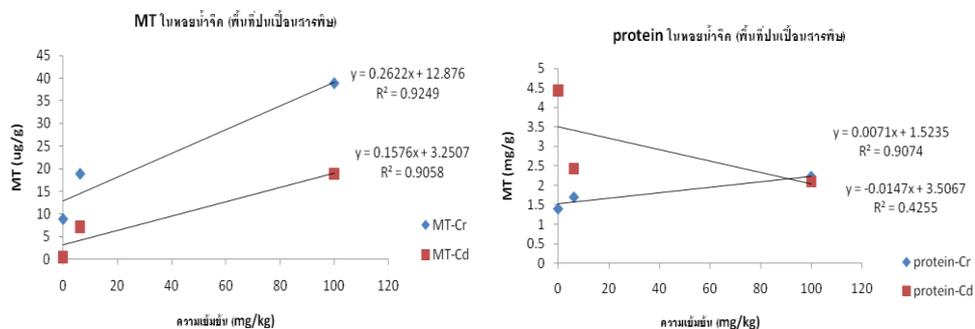
## 2) แคดเมียม (Cd)

ปริมาณเอนไซม์ MT ในหอยน้ำจืด ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนหลังได้รับ Cd ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 6.25 และ 100.00 mg/kg พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.50 \pm 0.00$ ,  $7.17 \pm 5.77$  และ  $18.83 \pm 7.64$   $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 100.00 mg/kg นั้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้น 0.00 และ 6.25 mg/kg และที่ระดับความเข้มข้น 0.00 และ 6.25 mg/kg ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.46 และดังภาพที่ 4.21 ส่วนปริมาณโปรตีนพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $4.43 \pm 0.92$ ,  $2.43 \pm 0.29$  และ  $2.10 \pm 0.00$  mg/g ตามลำดับ ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 0.00 mg/kg นั้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้นที่ 6.25 และ 100.00 mg/kg และที่ระดับความเข้มข้นที่ 6.25 และ 100.00 mg/kg นั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางที่ 4.46 และภาพที่ 4.21

ตารางที่ 4.46 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืด หลังจากได้รับ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cd	0.00	$0.50 \pm 0.00$ <sup>b</sup>	$4.43 \pm 0.92$ <sup>a</sup>
	6.25	$7.17 \pm 5.77$ <sup>b</sup>	$2.43 \pm 0.29$ <sup>b</sup>
	100.00	$18.83 \pm 7.64$ <sup>a</sup>	$2.10 \pm 0.00$ <sup>b</sup>

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกัน ในแนวตั้งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 4.21 ปริมาณเอนไซม์ MT และโปรตีนในหอยน้ำจืดในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย

## (2) ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสอง

## (2.1) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน

## 1) โครเมียม (Cr)

ปริมาณเอนไซม์ MT ในหนอนรึ้นน้ำจืด วัยสอง ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน หลังได้รับ Cr ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 0.10 และ 20.00 mg/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $95.83 \pm 72.17$ ,  $137.50 \pm 0.00$  และ  $345.83 \pm 72.17$   $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 0.00 และ 0.10 mg/kg นั้นไม่มีความแตกต่าง กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ส่วนที่ระดับความเข้มข้นที่ 20.00 mg/kg นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้น 0.00 และ 0.10 mg/kg ดังแสดงในตารางที่ 4.47 และภาพที่ 4.22 ส่วนปริมาณ โปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $53.33 \pm 2.89$ ,  $59.17 \pm 1.44$  และ  $63.33 \pm 1.44$  mg/g ตามลำดับ ซึ่งทั้งสามระดับความเข้มข้นนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.47 และดังภาพที่ 4.22

ตารางที่ 4.47 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณ โปรตีนในหนอน รึ้นน้ำจืดวัยสองหลังจากได้รับ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cr	0.00	$95.83 \pm 72.17^b$	$53.33 \pm 2.89^c$
	0.10	$137.50 \pm 0.00^b$	$59.17 \pm 1.44^b$
	20.00	$345.83 \pm 72.17^a$	$63.33 \pm 1.44^a$

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

## 2) แคดเมียม (Cd)

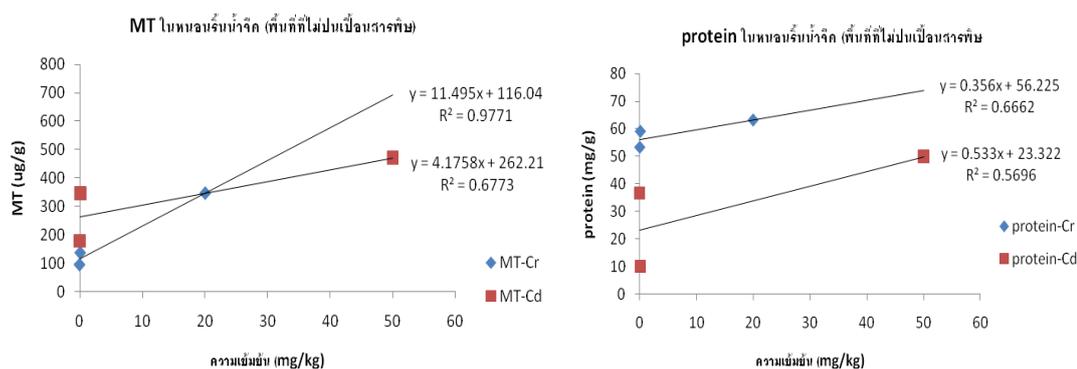
ปริมาณเอนไซม์ MT ในหนอนรึ้นน้ำจืด วัยสองหลังได้รับ Cd ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 0.10 และ 50.00 mg/kg ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ที่ระยะเวลา 96 hr พบว่า Cd ในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองมีปริมาณ เอนไซม์ MT เฉลี่ยเท่ากับ  $179.17 \pm 72.17$ ,  $345.83 \pm 144.34$  และ  $470.83 \pm 72.17$   $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 0.10 mg/kg ไม่มีความแตกต่างทาง สถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้น 0.00 และ 50.00 mg/kg ส่วนที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.00 และ 50.00 mg/kg นั้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 ดังตารางที่ 4.48 และดังภาพที่ 4.22 และปริมาณ โปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $36.67 \pm 7.22$ ,  $10.00 \pm 0.00$  และ  $50.00 \pm 4.33$   $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ และ ที่ความเข้มข้นทั้ง

สามระดับ ความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.48 และกราฟที่ 4.22

ตารางที่ 4.48 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณ โปรตีนในหนอน รึ้นน้ำจืด วยสองหลังจากได้รับ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cd	0.00	$179.17 \pm 72.17^b$	$36.67 \pm 7.22^b$
	0.10	$345.83 \pm 144.34^{ab}$	$10.00 \pm 0.00^c$
	50.00	$470.83 \pm 72.17^a$	$50.00 \pm 4.33^a$

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกัน ในแนวตั้งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 4.22 ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหนอน รึ้นน้ำจืดในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย

## (2.2) ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน

### 1) โครเมียม (Cr)

ปริมาณเอนไซม์ MT ในหนอน รึ้นน้ำจืด วยสองหลังได้รับ Cr ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 0.10 และ 50.00 mg/kg ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนที่ระยะเวลา 96 hr พบว่า Cr ในหนอน รึ้นน้ำจืด วยสองมีปริมาณ เอนไซม์ MT เฉลี่ยเท่ากับ  $429.17 \pm 72.17$ ,  $512.50 \pm 0.00$  และ  $1,637.50 \pm 0.00 \mu\text{g/g}$  ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.49 โดยที่ความเข้มข้นทั้งสามระดับมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ส่วนปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $45.83 \pm 1.44$ ,  $20.83 \pm 8.84$  และ  $66.67 \pm 10.10 \text{ mg/g}$

ตามลำดับ และที่ความเข้มข้นทั้งสามระดับมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.49 และดั่งภาพที่ 4.23

ตารางที่ 4.49 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองหลังจากได้รับ Cr ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cr	0.00	$429.17 \pm 72.17^c$	$45.83 \pm 1.44^b$
	0.10	$512.50 \pm 0.00^b$	$20.83 \pm 8.84^c$
	50.00	$1,637.50 \pm 0.00^a$	$66.67 \pm 10.10^a$

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกัน ในแนวตั้งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

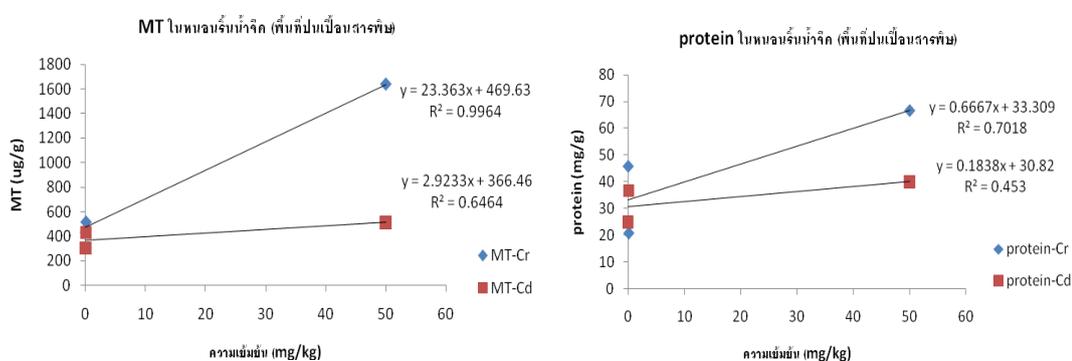
## 2) แคดเมียม (Cd)

ปริมาณเอนไซม์ MT ในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองหลังได้รับ Cd ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 0.10 และ 50.00 mg/kg ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนที่ระยะเวลา 96 hr พบว่า Cd ในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองมีปริมาณ เอนไซม์ MT เฉลี่ยเท่ากับ  $304.17 \pm 72.17$ ,  $429.17 \pm 72.17$  และ  $512.50 \pm 125.00$   $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ ซึ่งที่ความเข้มข้นที่ 0.10 mg/kg นั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้น 0.00 และ 50.00 mg/kg ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 0.00 และ 50.00 mg/kg นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางที่ 4.50 และภาพที่ 4.23 และปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $25.00 \pm 4.33$ ,  $36.67 \pm 10.10$  และ  $40.00 \pm 4.33$  mg/g ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.10 mg/kg นั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้น 0.00 และ 50.00 mg/kg และที่ระดับความเข้มข้น 0.00 และ 50.00 mg/kg นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางที่ 4.50 และดั่งภาพที่ 4.23

ตารางที่ 4.50 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหนอนรึนน้ำจืด วัยสองหลังจากได้รับ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cd	0.00	$304.17 \pm 72.17^b$	$25.00 \pm 4.33^b$
	0.10	$429.17 \pm 72.17^{ab}$	$36.67 \pm 10.10^{ab}$
	50.00	$512.50 \pm 125.00^a$	$40.00 \pm 4.33^a$

\*ตัวอักษร a, b และ c ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 4.23 ปริมาณเอนไซม์ MT และโปรตีนในหนอนรึนน้ำจืด วัยสอง ในตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนในฤดูน้ำน้อย

#### 4.4.3 ตัวอย่างตะกอนดินเทียม (Artificial Sediment)

##### (1) ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืด

###### 1) โครเมียม (Cr)

ปริมาณเอนไซม์ MT ในหอยน้ำจืดหลังได้รับ Cr ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 10.00, 20.00 และ 50.00 mg/kg ในตัวอย่างตะกอนดินเทียมที่ระยะเวลา 96 hr พบว่า Cr ในหอยน้ำจืดมีปริมาณเอนไซม์ MT เฉลี่ยเท่ากับ  $3.83 \pm 2.89$ ,  $27.17 \pm 2.89$ ,  $42.17 \pm 7.64$  และ  $50.50 \pm 0.00$   $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ ซึ่งที่ความเข้มข้นทั้งสามระดับมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.51 และดังภาพที่ 4.24 ส่วนปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.73 \pm 0.06$ ,  $1.07 \pm 0.06$ ,  $1.17 \pm 0.29$  และ  $1.60 \pm 0.35$  mg/g ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 10.00 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้น 0.00 และ 20.00 mg/kg ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 20.00 และ 50.00 mg/kg

นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางที่ 4.51 และแสดงดังภาพที่ 4.24

ตารางที่ 4.51 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับ Cr ของตัวอย่างตะกอนดินเทียม

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cr	0.00	$3.83 \pm 2.89^d$	$0.73 \pm 0.06^c$
	10.00	$27.17 \pm 2.89^c$	$1.07 \pm 0.06^{bc}$
	20.00	$42.17 \pm 7.64^b$	$1.17 \pm 0.29^b$
	50.00	$50.50 \pm 0.00^a$	$1.60 \pm 0.35^a$

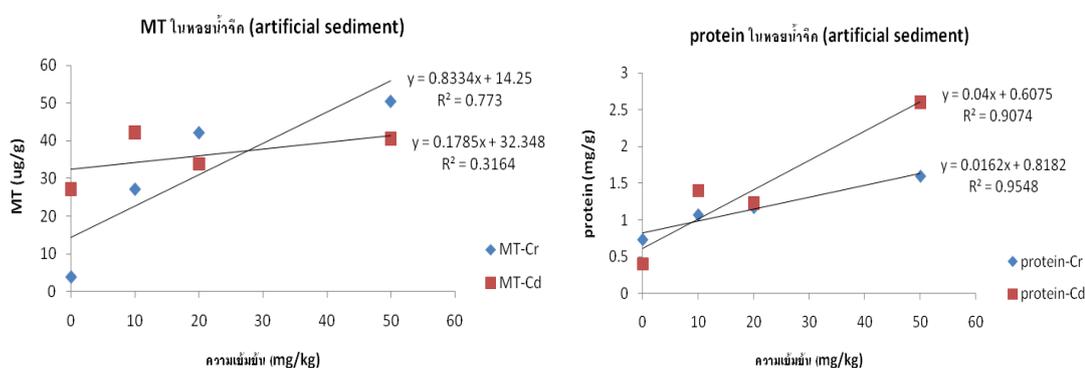
## 2) แคดเมียม (Cd)

ปริมาณเอนไซม์ MT ในหอยน้ำจืดหลังได้รับ Cd ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 10.00, 20.00 และ 50.00 mg/kg ของตัวอย่างตะกอนดินเทียมที่ระยะเวลา 96 hr พบว่า Cd ในหอยน้ำจืดมีปริมาณเอนไซม์ MT เฉลี่ยเท่ากับ  $27.17 \pm 2.89$ ,  $42.17 \pm 14.14$ ,  $33.83 \pm 5.77$  และ  $40.50 \pm 0.00 \mu\text{g/g}$  ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้นที่ 20.00 mg/kg นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้นที่ 0.00, 10.00 และ 50.00 mg/kg ที่ความเข้มข้น 0.00 mg/kg มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้นที่ 10.00 และ 50.00 mg/kg และที่ระดับความเข้มข้นที่ 10.00 และ 50.00 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางที่ 4.52 และดังภาพที่ 4.24 ส่วนปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.40 \pm 0.17$ ,  $1.40 \pm 0.00$ ,  $1.23 \pm 0.12$  และ  $2.60 \pm 1.08 \text{ mg/g}$  ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.00, 10.00 และ 20.00 mg/kg นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 50.00 mg/kg นั้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับความเข้มข้น 0.00, 10.00 และ 20.00 mg/kg ดังแสดงในตารางที่ 4.52 และแสดงดังภาพที่ 4.24

ตารางที่ 4.52 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอยน้ำจืด หลังจากได้รับ Cd ของตัวอย่าง ตะกอนดินเทียม

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cd	0.00	$27.17 \pm 2.89^b$	$0.40 \pm 0.17^b$
	10.00	$42.17 \pm 14.14^a$	$1.40 \pm 0.00^b$
	20.00	$33.83 \pm 5.77^{ab}$	$1.23 \pm 0.12^b$
	50.00	$40.50 \pm 0.00^a$	$2.60 \pm 1.08^a$

\*ตัวอักษร a, b, c และ d ที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 4.24 ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหอยน้ำจืดของตัวอย่างตะกอนดินเทียม

## (2) ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอนอนรีน้ำจืดวัยสอง

### 1) โครเมียม (Cr)

จากการศึกษาปริมาณ เอนไซม์ MT ในหอนอนรีน้ำจืด วัยสอง หลังได้รับ Cr ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 5.00 และ 10.00 mg/kg ของตะกอนดินเทียมที่ระยะเวลา 96 hr พบว่า Cr ในหอนอนรีน้ำจืด วัยสองมีปริมาณเอนไซม์ MT เฉลี่ยเท่ากับ  $637.50 \pm 0.00$ ,  $679.17 \pm 144.34$  และ  $1,137.50 \pm 0.00$   $\mu\text{g/g}$  ซึ่งระดับความเข้มข้นที่ 0.00 และ 5.00 mg/kg นั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่ที่ระดับความเข้มข้นทั้งสองนั้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับระดับความเข้มข้น 10.00 mg/kg ดังแสดงในตารางที่ 4.53 และดังภาพที่ 4.25 ส่วนปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $7.50 \pm 0.00$ ,  $14.17 \pm 7.22$  และ  $20.00 \pm 10.00$  mg/g โดยที่ความเข้มข้น ทั้งสามระดับนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.53 และแสดงดังภาพที่ 4.25

ตารางที่ 4.53 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองของ ตัวอย่าง ตะกอนดินเทียม

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cr	0.00	$637.50 \pm 0.00^b$	$7.50 \pm 0.00$
	5.00	$679.17 \pm 144.34^b$	$14.17 \pm 7.22$
	10.00	$1,137.50 \pm 0.00^a$	$20.00 \pm 10.00$

\*ตัวอักษร a, b, c และ d ที่ต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

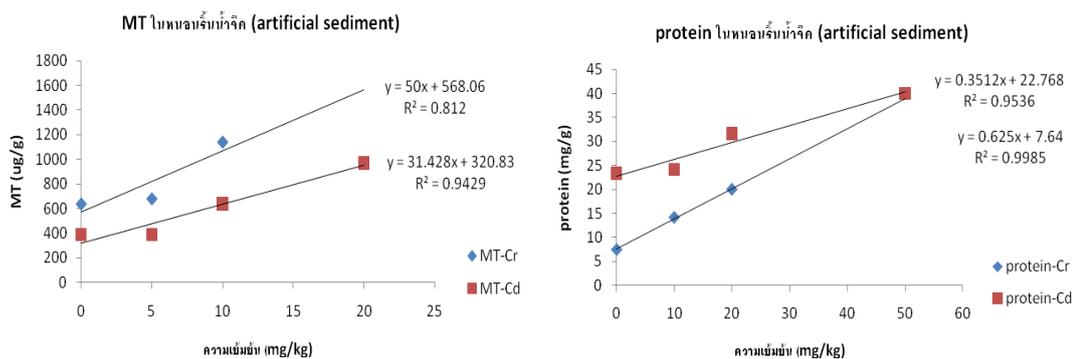
## 2) แคดเมียม (Cd)

จากการศึกษาปริมาณ เอนไซม์ MT ในหนอนรึ้นน้ำจืด วัยสองหลังได้รับ Cd ที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 5.00, 10.00 และ 20.00 mg/kg ของตัวอย่างตะกอนดินเทียมที่ระยะเวลา 96 hr พบว่า Cd ในหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองมีปริมาณเอนไซม์ MT เฉลี่ยเท่ากับ  $387.50 \pm 0.00$ ,  $387.50 \pm 0.00$ ,  $637.50 \pm 250.00$  และ  $970.83 \pm 72.17 \mu\text{g/g}$  ตามลำดับ โดยที่ 0.00 และ 5.00 mg/kg ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับความเข้มข้นที่ 10.00 และ 20.00 mg/kg ดังตารางที่ 4.54 และภาพที่ 4.25 และปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $23.33 \pm 5.77$ ,  $24.17 \pm 0.06$ ,  $31.67 \pm 15.88$  และ  $40.00 \pm 0.00 \text{ mg/g}$  ตามลำดับ ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นที่ 5.00 และ 10.00 mg/kg ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ส่วนความเข้มข้น 0.00 และ 20.00 mg/kg และที่ความเข้มข้นที่ 0.00 และ 20.00 mg/kg นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.54 และดังภาพที่ 4.25

ตารางที่ 4.54 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหนอนรึ้น น้ำจืดวัยสองของตัวอย่าง ตะกอนดินเทียม

โลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
Cd	0.00	$387.50 \pm 0.00^c$	$23.33 \pm 5.77^b$
	5.00	$387.50 \pm 0.00^c$	$24.17 \pm 0.06^{ab}$
	10.00	$637.50 \pm 250.00^b$	$31.67 \pm 15.88^{ab}$
	20.00	$970.83 \pm 72.17^a$	$40.00 \pm 0.00^a$

\*ตัวอักษร a, b, c และ d ที่ต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 4.25 ปริมาณเอนไซม์ MT และ โปรตีนในหนองน้ำเทียมของตัวอย่างตะกอนดินได้นำเทียบ

#### 4.4.4 ปริมาณเอนไซม์ MT และโปรตีนในหนองน้ำเทียมและหนองน้ำเทียม

##### (1) ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหนองน้ำเทียม

จากการศึกษาปริมาณ MT ในหนองน้ำเทียม โดยเก็บตัวอย่างหนองน้ำเทียมมาจากแหล่งน้ำที่ไม่ปนเปื้อนและแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $18.83 \pm 2.89$  และ  $55.50 \pm 17.32$  µg/g ตามลำดับ โดยที่หนองน้ำเทียมทั้งสองพื้นที่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางที่ 4.55 ส่วนปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.10 \pm 0.00$  และ  $1.70 \pm 0.52$  mg/g ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางที่ 4.55

ตารางที่ 4.55 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณ โปรตีนในหนองน้ำเทียมและหนองน้ำเทียม

สัตว์หน้าดิน	แหล่งที่มา	เอนไซม์ MT	โปรตีน
		(µg/g)	(มิลลิกรัมต่อกรัม)
หนองน้ำเทียม	พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน	$18.83 \pm 2.89^b$	$0.10 \pm 0.00^b$
	พื้นที่ปนเปื้อน	$55.50 \pm 17.32^a$	$1.70 \pm 0.52^a$

\*ตัวอักษร a และ b ที่ต่างกัน ในแนวตั้งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

##### (2) ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหนองน้ำเทียม

จากการศึกษาปริมาณเอนไซม์เมทัล โลไฮโอนินในหนองน้ำเทียม โดยเก็บตัวอย่างหนองน้ำเทียมมาจากแหล่งน้ำที่ไม่ปนเปื้อนและแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $12.50 \pm 0.00$  และ  $753.57 \pm 309.29$  µg/g ตามลำดับ โดยที่ หนองน้ำเทียมทั้งสองพื้นที่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางที่ 4.56 และปริมาณ โปรตีน

มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $61.67 \pm 11.55$  และ  $19.76 \pm 1.65$  mg/g ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางที่ 4.56

ตารางที่ 4.56 ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณ โปรตีนในหอยน้ำจืดและหอนรึนน้ำจืด

สัตว์หน้าดิน	แหล่งที่มา	เอนไซม์ MT ( $\mu\text{g/g}$ )	โปรตีน (มิลลิกรัมต่อกรัม)
หอนรึนน้ำจืด	พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน	$12.50 \pm 0.00^b$	$61.67 \pm 11.55^a$
	พื้นที่ปนเปื้อน	$753.57 \pm 309.29^a$	$19.76 \pm 1.65^b$

\*ตัวอักษร a และ b ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )