

## บทที่ 5

### อภิปรายผลการวิจัย

#### 5.1 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพและเคมี

การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินครั้งนี้ได้ทำการศึกษาโดยแบ่งเป็น 2 ฤดูกาลคือฤดูกาลที่มีน้ำมากในเดือนกันยายน 2553 และฤดูกาลที่มีน้ำน้อยเดือนกุมภาพันธ์ 2554 ซึ่งในแต่ละฤดูกาลได้ทำการเก็บตัวอย่างลงในสองพื้นที่ คือ พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน และพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน ซึ่งสามารถอภิปรายผลการศึกษาดังต่อไปนี้

##### (1) ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำผิวดินในฤดูน้ำมาก

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพได้ทำการเปรียบเทียบกันทั้งสองพื้นที่ศึกษาพบว่าตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนมีค่า TDS และค่า TSS เท่ากับ 653.33 และ 53.33 mg/l ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ที่มีค่าเท่ากับ 62.2 และ 6.67 mg/l ตามลำดับ ซึ่งตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนมีค่า TDS มากกว่าตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ส่วนผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางเคมีพบว่า ตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนมีค่า EC, Available-P, Nitrate-N, Hardness และ Alkalinity เท่ากับ 973.33  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 0.453, 0.101, 141.67 และ 166.33 mg/l ตามลำดับ ซึ่งพารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่ามากกว่า ตัวอย่างน้ำผิวดิน ในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนที่มีค่าเท่ากับ 30.17  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 0.024, 0.027, 31.33 และ 27 mg/l ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่ยังคงพบว่าทั้งสองพื้นที่ศึกษามีค่าคุณภาพน้ำต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) และตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนนั้นตรวจไม่พบ ปริมาณโลหะหนักทั้ง Cr และ Cd ส่วนตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนพบว่า Cd มีค่าน้อยกว่า 0.0005 mg/l ซึ่งมีต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) และไม่พบ Cr ในน้ำผิวดิน เนื่องจากในช่วงฤดูน้ำมากนี้มีปริมาณน้ำในลำห้วยมากและมีการไหลของกระแสน้ำตลอดเวลาจึงทำให้มีการพัดพาสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ในแหล่งน้ำนี้ จึงทำให้คุณภาพน้ำยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำนั้น ยกเว้นค่า EC ที่มีค่าสูงและไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

## (2) ผลการศึกษาตัวอย่างน้ำผิวดินในฤดูน้ำน้อย

การศึกษาคูณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพพบว่า ตัวอย่างน้ำผิวดิน ในพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนมีค่า TDS เท่ากับ 2,426 mg/l ที่มีค่ามากกว่าตัวอย่างน้ำผิวดินพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนที่มีค่าเท่ากับ 173.33 mg/l และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ส่วนค่า TSS ของทั้งสองพื้นที่ศึกษามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % คือมีค่าเท่ากับ 20 mg/l และผลการศึกษาคุณภาพน้ำ ผิวดินทางเคมีพบว่า ตัวอย่างน้ำผิวดิน ในพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนมีค่า pH เท่ากับ 8.16 ซึ่งมีค่า pH เป็นด่างอ่อน ค่า EC เท่ากับ 36,970  $\mu\text{S}/\text{cm}$  เป็นค่าที่สูงและไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และมีค่า Available-P, TP, TKN, Ammonia-N, Nitrate-N, Hardness และ Alkalinity เท่ากับ 0.684, 0.10, 14.0, 2.917, 0.061, 481.33 และ 338.67 mg/l ตามลำดับ ซึ่งพารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่ามากกว่าและแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำผิวดิน ในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ที่มีค่า pH เท่ากับ 7 ซึ่งค่า pH เป็นกลาง ค่า EC เท่ากับ 0.05  $\mu\text{S}/\text{cm}$  และมีค่า Available-P, TP, TKN, Ammonia-N, Nitrate-N, Hardness และ Alkalinity เท่ากับ 0.079, 0.082, 5.83, 0.013, 0.009, 34.67 และ 16 mg/l ตามลำดับ และยังพบว่า Ammonia-N ของตัวอย่างน้ำผิวดิน ในพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำผิวดินของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) และปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำผิวดินไม่พบทั้ง Cr และ Cd ในตัวอย่างน้ำผิวดินทั้งสองพื้นที่ศึกษา

เมื่อทำการเปรียบเทียบกันทั้งสองฤดูกาลและในสองพื้นที่ศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำผิวดินทางกายภาพมีค่า TDS ในตัวอย่างน้ำผิวดิน ในพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อน ในทั้งสองฤดูกาลมีค่ามากกว่าตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เนื่องจากในสภาพพื้นที่จริง น้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนนั้นสภาพน้ำมีความขุ่นและมีตะกอนของแข็งแขวนลอยมากกว่า น้ำผิวดิน ในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ส่วนผลการศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินทางเคมี เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) พบว่าในฤดูน้ำน้อยของพื้นที่ปนเปื้อนมีค่า Ammonia-N เท่ากับ 2.917 mg/l ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง มีค่า pH เท่ากับ 8.16 ซึ่งมีค่า pH ของน้ำเป็นด่างอ่อน แต่ค่า pH ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะอยู่ในช่วง 4.0-9.0 และยังเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับสิ่งมีชีวิตในน้ำอยู่คือ ในช่วง 6.0-8.0 ส่วนค่า EC ของน้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อน ของฤดูน้ำน้อยมีค่ามากที่สุดซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณ TDS ที่มีค่าสูงสุด และค่า EC จะมากขึ้นยังขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ อุณหภูมิและ pH ของน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำ ซึ่งในแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไปมีค่า EC อยู่ระหว่าง 150 – 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ถ้ามีค่าสูงกว่า 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  แสดงว่าน้ำมีมลพิษมีผลต่อการอยู่รอดของพืชน้ำและสิ่งมีชีวิตในน้ำด้วย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่า

ตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนทั้งสองฤดูกาลมีค่า EC สูงกว่าตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน คือในฤดูกาลน้ำมากมีค่า EC เฉลี่ยเท่ากับ 973.33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  และในฤดูกาลน้ำน้อยมีค่า EC เฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 36,970  $\mu\text{S}/\text{cm}$  มีค่า DO ต่ำที่สุดแต่ยังต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำผิวดินของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำควรมีค่าอย่างน้อย 5 mg/l แต่ไม่ควรต่ำกว่า 3 mg/l เพราะจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งสิ่งมีชีวิตในน้ำจะใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจและกระบวนการย่อยสลายทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำยังใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำที่สำคัญด้วย มีค่า ความเค็มต่างและค่าความกระด้างของน้ำมากที่สุด ซึ่งความกระด้างของน้ำช่วยลดมลพิษหลายชนิด เช่น โลหะหนักต่าง ๆ ได้แก่ พรอท ตะกั่ว แล ะแคลเซียม ในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปมีค่าความกระด้างน้อยกว่า 1,000 mg/l และยังมีค่า Available-P ค่า TKN สูงสุดเนื่องจากในพื้นที่มีการชะล้างหรือมีการไหลของน้ำน้อยกว่าในฤดูน้ำมากจึงทำให้มีการสะสมของสารอินทรีย์มากกว่า ส่วนปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาทั้งสองพื้นที่และในสองฤดูกาลที่ศึกษาตรวจไม่พบสารโลหะหนัก ทั้ง Cr และ Cd เนื่องจากโลหะหนักเป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำหรือมีการปนเปื้อนในน้ำน้อยมาก

## 5.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของตะกอนดินใต้น้ำ

การศึกษาศมบัติทางกายภาพและเคมีของ ตัวอย่าง ตะกอนดิน ใต้น้ำครั้งนี้ได้ทำการศึกษาแบ่งเป็น 2 ฤดูกาล คือฤดูกาลที่มีน้ำมาก เดือนกันยายน 2553 และฤดูกาลที่มีน้ำน้อยเดือนกุมภาพันธ์ 2554 ซึ่งในแต่ละฤดูกาลได้ทำการเก็บตัวอย่างใน 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน และพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน ซึ่งสามารถอภิปรายผลการศึกษาดังต่อไปนี้

### (1) ผลการศึกษาตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูน้ำมาก

จากการศึกษาศมบัติทางกายภาพ พบว่าพื้นที่ ศึกษาทั้งสองมีอนุภาคของตะกอนดิน เป็นทราย (Sand) โดยที่ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน มีสัดส่วน Sand, Silt และ Clay เท่ากับ 94.991, 2.603 และ 2.406 % ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ พื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนมีค่าเท่ากับ 97.640, 0.433 และ 1.927 % ตามลำดับ ส่วนผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ พบว่า ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ในพื้นที่ที่มีประวัติการ ปนเปื้อนมีค่า pH, EC, SOD, OM, TP และ TN เท่ากับ 7.67, 242.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 0.833  $\text{mgO}_2/\text{g}/\text{hr}$ , 2.82 %, 16.23 และ 373.33 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งค่าตามพารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่ามากกว่าและแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของ พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.16, 38.6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 0.11  $\text{mgO}_2/\text{g}/\text{hr}$ , 1.84 %, 0.062 และ 140 mg/kg ตามลำดับ และพบว่าปริมาณโลหะหนัก ของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำใน พื้นที่ที่มีประวัติการ ปนเปื้อนมีปริมาณ Cd และ

Cr เท่ากับ 0.043 และ 5.82 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโลหะหนักดังกล่าวมีปริมาณมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ที่มีค่าเท่ากับ 0.018 และ 5.25 mg/kg ตามลำดับ แต่ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

## (2) ผลการศึกษาตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูน้ำน้อย

ผลการศึกษาสมบัติของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ทางกายภาพพบว่าพื้นที่ศึกษาทั้งสองมีอนุภาคของตะกอนดินเป็นอนุภาคทราย (Sand) โดยที่ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของ พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนมีสัดส่วน Sand, Silt และ Clay เท่ากับ 96.883, 2.643 และ 0.474 % ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของ พื้นที่ที่มีประวัติการ ปนเปื้อน มีอนุภาคของตะกอนดิน เท่ากับ 96.357, 2.807 และ 0.836 % ตามลำดับ และสมบัติทางเคมีของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ พบว่า ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการ ปนเปื้อนมีค่า pH, EC, SOD, OM, CEC, Available-P, Nitrate-N และ TN เท่ากับ 7.80, 370.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 2.12  $\text{mgO}_2/\text{g}/\text{hr}$ , 1.63 %, 9.9  $\text{cmol}/\text{kg}$ , 142.34, 9.33 และ 245  $\text{mg}/\text{kg}$  ตามลำดับ ซึ่งค่าตามพารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่ามากกว่าตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของ พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน นั้นมีค่าเท่ากับ 6.84, 71.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 0.175  $\text{mgO}_2/\text{g}/\text{hr}$ , 1.04 %, 7.99  $\text{cmol}/\text{kg}$ , 16.26, 8.95 และ 355.10  $\text{mg}/\text{kg}$  ตามลำดับ ส่วนปริมาณโลหะหนักพบว่า ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ไม่พบปริมาณโลหะหนักทั้ง Cr และ Cd ส่วนตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนนั้น ไม่พบ Cd แต่พบ Cr ที่มีค่าเท่ากับ 5.36  $\text{mg}/\text{kg}$

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนทั้งสองฤดูกาลพบว่า ในฤดูน้ำน้อยมีค่า pH, EC ค่า SOD ค่า CEC ค่า Available-P และ Nitrate-N ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.80, 370.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 2.12  $\text{mgO}_2/\text{g}/\text{hr}$ , 9.9  $\text{cmol}/\text{kg}$ , 142.34 และ 9.33  $\text{mg}/\text{kg}$  ตามลำดับ สูงกว่าตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของ พื้นที่ที่มีประวัติการ ปนเปื้อนในฤดูน้ำมากซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.67, 242.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 0.833  $\text{mgO}_2/\text{g}/\text{hr}$ , 2.18  $\text{cmol}/\text{kg}$ , 16.58 และ 7.0  $\text{mg}/\text{kg}$  ตามลำดับ

จากผลการศึกษาค่า pH พบว่าตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ในพื้นที่ที่มีประวัติการ ปนเปื้อนในทั้งสองฤดูกาลนั้นมีค่าความเป็นด่างอ่อน ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน และค่า pH ที่เป็นด่างอ่อนนี้อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์ของพืชได้, ค่า EC พบว่าตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัติการ ปนเปื้อนทั้งสองฤดูกาลมีค่าสูงกว่าและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % กับตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ซึ่งค่า EC จะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของพืชน้ำ แผลง

ตอนพืชและสิ่งมีชีวิตในน้ำด้วย , ค่า SOD พบว่าตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ในพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อน ในทั้งสองฤดูกาลมีค่ามากกว่า ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน และในฤดูน้ำน้อยของตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำใน พื้นที่ที่มีประวัตการ ปนเปื้อนมีค่าสูงที่สุด ซึ่งค่าความต้องการออกซิเจนในตะกอนดิน ใต้น้ำเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง และกล่าวได้ว่าแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนจะมีค่า SOD สูงกว่าแหล่งน้ำที่ไม่มีการปนเปื้อน ส่วนค่า CEC พบว่าตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของ พื้นที่ที่มีประวัตการ ปนเปื้อน ในฤดูน้ำน้อยมีค่ามา กที่สุด คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.9 cmol/kg และยังพบว่าปริมาณ OM ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัตการ ปนเปื้อนของทั้งสองฤดูกาลนั้นมีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่าตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน และปริมาณ  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  พบว่าตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน มีค่ามากกว่า ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนในทั้งสองฤดูกาลที่ทำการศึกษา

### 5.3 ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลัน ของ Cr และ Cd ในตะกอนดินใต้น้ำ ที่มีต่อหอยน้ำจืดและหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสอง

จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของ Cr และ Cd ในตะกอนดินใต้น้ำที่มีต่อหอยน้ำจืด และหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสองสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

#### (1) ผลการศึกษาตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูน้ำมาก

##### 1) ผลการศึกษาพิษเฉียบพลันต่อหอยน้ำจืด

ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันที่ทำให้หอยน้ำจืด (*Filopaludina (Siamopaludina) martensi martensi*) ตายร้อยละ 50 ที่เวลา 96 hr พบว่าค่า  $\text{LC}_{50}$  ของ Cr และ Cd ในฤดูน้ำมากในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.762 (40.350 – 939.721) และ 89.203 (54.618 – 419.122) mg/kg ตามลำดับ ส่วน ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.067 (32.639 – 142.841) และ 50.119 (28.719 – 94.142) mg/kg ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนกับตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่มีประวัตการ ปนเปื้อนพบว่าทั้ง Cr และ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัตการปนเปื้อนมีความเป็นพิษเฉียบพลัน สูงกว่าในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน

##### 2) ผลการศึกษาพิษเฉียบพลันต่อหนอนรึ้นน้ำจืด

ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันที่ทำให้หนอนรึ้นน้ำจืด วัยสอง (*Chironomus* sp.) ตายร้อยละ 50 ที่เวลา 96 hr พบว่าค่า  $\text{LC}_{50}$  ของ Cr และ Cd ในฤดูน้ำมาก ในตัวอย่างตะกอน

ดินได้นำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนนั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.501 (8.750 – 66.493) และ 66.361 (39.666 – 394.799) mg/kg ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างตะกอนดินได้นำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.494 (4.801 – 10.721) และ 26.377 (19.740 – 36.784) mg/kg ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง Cr และ Cd ของทั้งสองพื้นที่ศึกษาพบว่า หนองรีนน้ำจืด ้วยสองมีการตอบสนองต่อ Cr มากกว่า Cd ดังนั้นจึงพบว่า Cr มีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหนองรีนน้ำจืดมากกว่า Cd ที่ตรงกับการทดลองโดยใช้ ตัวอย่างตะกอนดินเทียม และยังสอดคล้องกับการทดลองของ Vedamanikam and Shazili. (2008; 2009) ดังตารางที่ 5.2

## (2) ผลการศึกษาตัวอย่างตะกอนดินได้นำในฤดูแล้ง

### 1) ผลการศึกษาพิษเฉียบพลันต่อหอยน้ำจืด

ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันที่ทำให้หอยน้ำจืด

(*Filopaludina*

(*Siamopaludina*) *martensi martensi*) ตายร้อยละ 50 ที่เวลา 96 hr พบว่าค่า  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ในฤดูแล้งในตัวอย่างตะกอนดินได้นำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.939 (-18.425 – 100.579) และ 13.227 (-105.847 – 43.676) mg/kg ตามลำดับ ซึ่งในตัวอย่างตะกอนดินได้นำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.951 (26.775 – 71.327) และ 0.060 (-31.312 – 15.257) mg/kg ตามลำดับ และการทดสอบค่า  $LC_{50}$  ของตัวอย่างตะกอนดินเทียม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.262 (14.648 – 36.863) และ 18.636 (7.211 – 29.834) mg/kg ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า ตัวอย่างตะกอนดินได้นำ ในฤดูแล้งที่มีน้ำน้อยนั้นมีความเป็นพิษเฉียบพลันของ Cr และ Cd ทั้งตัวอย่างตะกอนดินได้นำของทั้งสองพื้นที่ศึกษามีค่า มากกว่าตัวอย่างตะกอนดินได้นำ ในฤดูแล้งที่มีน้ำมาก เนื่องจากในฤดูแล้งที่มีน้ำน้อยนั้นจะ มีการชะล้างของตะกอน ได้นำน้อยจึงทำให้มีการสะสมของโลหะหนักในตะกอนดินได้นำสูงกว่าในช่วงเดือนอื่น ๆ ซึ่งตรงกับการศึกษาของอุไรวรรณ และคณะ (2542) ที่ทำการศึกษา ปริมาณโลหะหนักตกค้างในตะกอน ดินได้นำของลำน้ำพอง พบว่าในเดือนมกราคมซึ่งเป็นฤดูหนาวและเป็นฤดูที่มีน้ำน้อยมีการสะสมของโลหะหนักสูงกว่าเดือนอื่น ๆ

เมื่อเปรียบเทียบความเป็นพิษเฉียบพลันในตัวอย่างตะกอนดินได้นำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนต่อโลหะหนักที่ใช้ทดลองพบว่า Cd มีความเป็นพิษต่อหอยน้ำจืดมากกว่า Cr ซึ่งตรงกับการทดลองใน ตัวอย่างตะกอนดินได้นำของ ฤดูแล้งมากและสอดคล้องกับการทดลองโดยใช้ ตัวอย่างตะกอนดินเทียม ขณะเดียวกันหอยน้ำจืดจะทนต่อ Cr มากกว่า Cd และตรงกับงานวิจัยของนักวิจัยต่างประเทศที่ได้ทำการศึกษาค่า  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ที่มีต่อหอยดังแสดงในตารางที่ 5.2 และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Suedel et al. (1997) ที่รายงานไว้ว่า Cd มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำสูงขึ้นเมื่อมีระยะเวลาเพิ่มขึ้น

และจากการทดลองครั้งนี้ยังพบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าสูงสุดของค่า  $LC_{50}$  ของ Cd ในหอยน้ำจืด (*Filopaludina (Siamopaludina) martensi martensi*) ที่มีค่าเท่ากับ 89.203 (54.618-419.122) mg/kg กับผลการทดลองของ Pitatiratitivorakul and Boonchamoi. (2008); Hall and Golding. (1998); Ong and Din. (2001); Ahsanullah. (1976); Cheung et.al. (2002); พรรณวิมล (2003) ที่ทำการทดสอบค่า  $LC_{50}$  ของ Cd ต่อหอยชนิด *Filopaludina martensi*, *Potamopyrgus antipodarum*, *Donax faba*, *Mytilus edulis planulatus*, *Nassarius festivus* และ *Babylonia areolata* ตามลำดับ พบว่าหอยน้ำจืด *Filopaludina martensi* ของการทดลองนี้มีความทนทานต่อ Cd มากกว่าการทดลองของนักวิจัยข้างต้น ดังแสดงในตารางที่ 5.1 และค่า  $LC_{50}$  สูงสุดของ Cr ต่อหอยน้ำจืด *Filopaludina (Siamopaludina) martensi martensi* ซึ่งมีค่าเท่ากับ 76.762 (40.350-939.721) mg/kg และยังพบว่าหอยที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ยังมีความทนทานต่อ Cr มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหอยชนิด *Paphies elongate* ในการทดลองของ Tsvetnenko et al. (2000) ดังแสดงในตารางที่ 5.1

## 2) ผลการศึกษาพิษเฉียบพลันต่อหนอนรึ้นน้ำจืดวัยสอง

ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันที่ทำให้หนอนรึ้นน้ำจืด (*Chironomus sp.*) ตายร้อยละ 50 ที่เวลา 96 hr พบว่าค่า  $LC_{50}$  ของ Cr และ Cd ในฤดูกาลน้ำน้อย ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.457 (6.765 – 10.629) และ 94.869 (58.134 – 459.129) mg/kg ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.612 (7.847 – 22.681) และ 19.275 (-4.455 – 191.419) mg/kg ตามลำดับ และค่า  $LC_{50}$  ของตัวอย่างตะกอนดินเทียมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.649 (5.522 – 7.866) และ 36.568 (24.289 – 193.581) mg/kg ตามลำดับ

ในการทดลองครั้งนี้ยังพบว่าค่า  $LC_{50}$  ของ Cd ที่มีต่อหนอนรึ้นน้ำจืด วัยสอง (*Chironomus sp.*) ที่มีค่าสูงสุดเท่ากับ 94.869 (58.134-459.129) mg/kg ซึ่งมีความทนทานต่อ Cd มากกว่าการทดลองของ Printes et al. (2007); Suedel et al. (1997) และ Vedamanikam and Shazili. (2009) ที่ทำการทดลองกับหนอนรึ้นน้ำจืดชนิด *Chironomus xanthus*, *Chironomus tentans* และ *Chironomus plumosus* ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.2 ส่วนค่า  $LC_{50}$  ของ Cr ในการทดลองนี้มีค่าสูงสุดเท่ากับ 21.501 (8.75-66.493) mg/kg ซึ่งหนอนรึ้นน้ำจืดที่ใช้ทดลองครั้งนี้มีความทนทานต่อ Cr มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ Vedamanikam and Shazilli. (2008) ที่ใช้หนอนรึ้นน้ำจืดชนิด *Chironomus plumosus* แสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 ค่า LC<sub>50</sub> ของ Cd และ Cr ต่อหอยน้ำจืด ที่ 96 hr ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โลหะหนัก	สัตว์หน้าดิน	ค่า LC <sub>50</sub> (mg/l)	พื้นที่ศึกษา	อ้างอิง
Cd	<i>Filopaludina martensi</i>	2.33 (2.02-2.63)	-	Pitiratitivorakul and Boonchamoi. (2008)
Cd	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	0.72 (0.62-0.82)	-	Hall and Golding. (1998)
Cd	<i>Donax faba</i>	0.99 (0.86-1.12)	-	Ong and Din. (2001)
Cd	<i>Mytilus edulis planulatus</i>	1.62 (1.19-2.22)	-	Ahsanullah. (1976)
CdCl <sub>2</sub>	<i>Nassarius festivus</i>	1.520	-	Cheung et.al. (2002)*
Cd	<i>Babylonia areolata</i>	3.35	-	พรณวิมล (2003)
CdCl <sub>2</sub>	<i>Filopaludina (Siamopaludina) martensi martensi</i>	89.203 (54.618-419.122)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน (ฤดูน้ำมาก)	การศึกษานี้**
CdCl <sub>2</sub>	<i>Filopaludina (Siamopaludina) martensi martensi</i>	50.119 (28.719-94.142)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน (ฤดูน้ำมาก)	การศึกษานี้**
CdCl <sub>2</sub>	<i>Filopaludina (Siamopaludina) martensi martensi</i>	13.227 (-105.847-43.676)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน (ฤดูน้ำน้อย)	การศึกษานี้**
CdCl <sub>2</sub>	<i>Filopaludina (Siamopaludina) martensi martensi</i>	0.060 (-31.312-15.257)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน (ฤดูน้ำน้อย)	การศึกษานี้**
CdCl <sub>2</sub>	<i>Filopaludina (Siamopaludina) martensi martensi</i>	18.636 (7.211-29.834)	ตัวอย่างตะกอนดินเทียม	การศึกษานี้**

ที่มา: \* ดัดแปลงจาก <http://cfpub.epa.gov/ecotox/> สืบค้นเมื่อวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2554, \*\* หน่วยของค่า LC<sub>50</sub> ในการศึกษาครั้งนี้มีหน่วยเป็น mg/kg

ตารางที่ 5.1 ค่า LC<sub>50</sub> ของ Cd และ Cr ต่อหอยน้ำจืด ที่ 96 hr ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

โลหะหนัก	สัตว์หน้าดิน	ค่า LC <sub>50</sub> (mg/l)	พื้นที่ศึกษา	อ้างอิง
Cr (VI)	<i>Paphies elongate</i>	29.8 (23.1-40.6)	-	Tsvetnenko et al. (2000)
Cr (VI)	<i>Paphies elongate</i>	34.3 (28.9-40.6)	-	Tsvetnenko et al. (2000)
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	<i>Filopaludina (Siamopaludina) martensi martensi</i>	76.762 (40.350-939.721)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน (ฤดูน้ำมาก)	การศึกษานี้**
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	<i>Filopaludina (Siamopaludina) martensi martensi</i>	60.067 (32.639-142.841)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน (ฤดูน้ำมาก)	การศึกษานี้**
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	<i>Filopaludina (Siamopaludina) martensi martensi</i>	31.936 (-18.425-100.579)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน (ฤดูน้ำน้อย)	การศึกษานี้**
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	<i>Filopaludina (Siamopaludina) martensi martensi</i>	41.951 (26.775-71.327)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน (ฤดูน้ำน้อย)	การศึกษานี้**
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	<i>Filopaludina (Siamopaludina) martensi martensi</i>	24.262 (14.648-36.863)	ตัวอย่างตะกอนดินเทียม	การศึกษานี้**

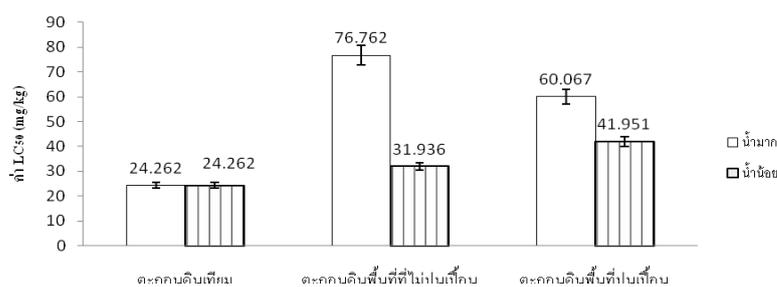
ที่มา: \* ดัดแปลงจาก <http://cfpub.epa.gov/ecotox/> สืบค้นเมื่อวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2554, \*\* หน่วยของค่า LC<sub>50</sub> ในการศึกษาครั้งนี้มีหน่วยเป็น mg/kg

ตารางที่ 5.2 ค่า LC<sub>50</sub> ของ Cd และ Cr ต่อหนอนริ้นน้ำจืด ที่ 96 hr ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โลหะหนัก	สัตว์หน้าดิน	ค่า LC <sub>50</sub> (mg/l)	พื้นที่ศึกษา	อ้างอิง
CdCl <sub>2</sub>	<i>C.xanthus</i>	0.52 (0.42-0.64)	-	Printes et al. (2007)
Cd	<i>C. tentans</i>	8.000	-	Suedel et al. (1997)
CdCl <sub>2</sub>	<i>C.plumosus</i>	1.69 (1.52-1.86)	-	Vedamanikam and Shazili. (2009)*
CdCl <sub>2</sub>	<i>Chironomus</i> sp.	66.361 (39.666-394.799)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน (ฤดูน้ำมาก)	การศึกษานี้**
CdCl <sub>2</sub>	<i>Chironomus</i> sp.	26.377 (19.740-36.784)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน (ฤดูน้ำมาก)	การศึกษานี้**
CdCl <sub>2</sub>	<i>Chironomus</i> sp.	94.869 (58.134-459.129)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน (ฤดูน้ำน้อย)	การศึกษานี้**
CdCl <sub>2</sub>	<i>Chironomus</i> sp.	19.275 (-4.455-191.419)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน (ฤดูน้ำน้อย)	การศึกษานี้**
CdCl <sub>2</sub>	<i>Chironomus</i> sp.	36.568 (24.289-193.581)	ตัวอย่างตะกอนดินเทียม	การศึกษานี้**
CrCl <sub>2</sub>	<i>C.plumosus</i>	0.9 (0.8-1.1)	-	Vedamanikam and Shazilli. (2008)*
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	<i>Chironomus</i> sp.	21.501 (8.75-66.493)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน (ฤดูน้ำมาก)	การศึกษานี้**
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	<i>Chironomus</i> sp.	7.494 (4.801-10.721)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน (ฤดูน้ำมาก)	การศึกษานี้**
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	<i>Chironomus</i> sp.	8.457 (6.765-10.629)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน (ฤดูน้ำน้อย)	การศึกษานี้**
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	<i>Chironomus</i> sp.	14.612 (7.847-22.681)	ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน (ฤดูน้ำน้อย)	การศึกษานี้**
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	<i>Chironomus</i> sp.	6.649 (5.522-7.866)	ตัวอย่างตะกอนดินเทียม	การศึกษานี้**

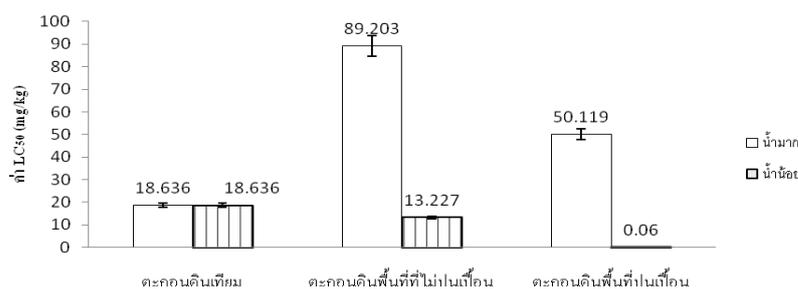
ที่มา: \* ดัดแปลงจาก <http://cfpub.epa.gov/ecotox/> สืบค้นเมื่อวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2554, \*\* หน่วยของค่า LC<sub>50</sub> ในการศึกษานี้มีหน่วยเป็น mg/kg

และพบว่าค่า  $LC_{50}$  ของ Cr ต่อหอยน้ำจืดในฤดูน้ำมากใน ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน มีค่า  $LC_{50} >$  ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำของ พื้นที่ที่มีประวัติการ ปนเปื้อน  $>$  ตัวอย่าง ตะกอนดินเทียม ตามลำดับ ส่วนฤดูน้ำน้อยพบว่า ตัวอย่าง ตะกอนดินใต้น้ำของ พื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนมีค่า  $LC_{50} >$  ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน  $>$  ตัวอย่างตะกอนดินเทียม ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 5.1



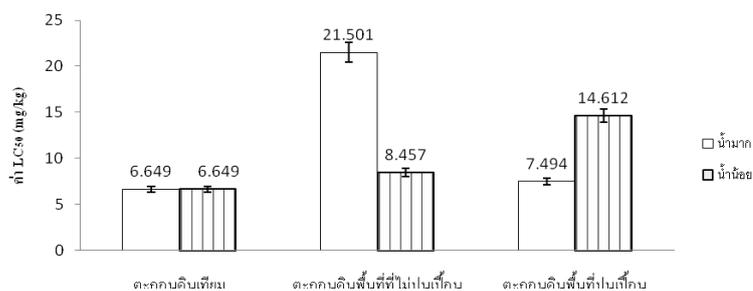
ภาพที่ 5.1 ค่า  $LC_{50}$  ของ Cr ต่อหอยน้ำจืด ที่ 96 hr

ค่า  $LC_{50}$  ของ Cd ต่อหอยน้ำจืดในฤดูน้ำมากในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน  $>$  ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน  $>$  ตัวอย่างตะกอนดินเทียม ตามลำดับ ส่วนในฤดูน้ำน้อยพบว่า ตัวอย่างตะกอนดินเทียม  $>$  ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน  $>$  ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน ตามลำดับ ดังภาพที่ 5.2



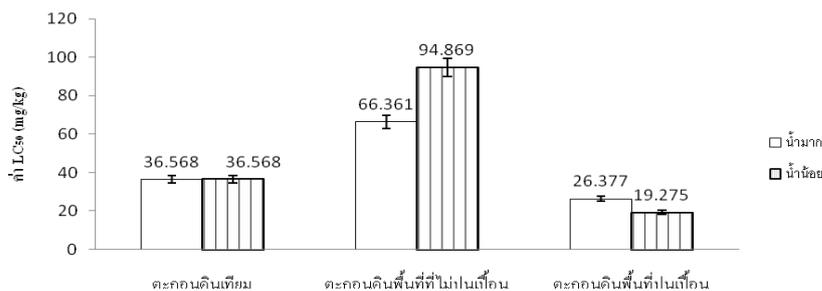
ภาพที่ 5.2 ค่า  $LC_{50}$  ของ Cd ต่อหอยน้ำจืด ที่ 96 hr

ค่า  $LC_{50}$  ของ Cr ต่อหนอนรึ้นน้ำจืดด้วยสองในฤดูน้ำมากใน ตัวอย่างตะกอนดินได้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน มีค่า  $LC_{50} >$  ตัวอย่างตะกอนดินได้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน  $>$  ตัวอย่างตะกอนดินเทียม ตามลำดับ ส่วนในฤดูน้ำน้อยพบว่าใน ตัวอย่างตะกอนดินได้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน มีค่า  $LC_{50} >$  ตัวอย่าง ตะกอนดินได้น้ำของ พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน  $>$  ตัวอย่าง ตะกอนดินเทียม ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 5.3



ภาพที่ 5.3 ค่า  $LC_{50}$  ของ Cr ต่อหนอนรึ้นน้ำจืดด้วยสอง ที่ 96 hr

และค่า  $LC_{50}$  ของ Cd ต่อหนอนรึ้นน้ำจืดด้วยสองใน ตัวอย่างตะกอนดินได้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน  $>$  ตัวอย่าง ตะกอนดินเทียม  $>$  ตัวอย่าง ตะกอนดินได้น้ำของ พื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน ตามลำดับทั้งสองฤดูกาล แสดงดังภาพที่ 5.4



ภาพที่ 5.4 ค่า  $LC_{50}$  ของ Cd ต่อหนอนรึ้นน้ำจืดด้วยสอง ที่ 96 hr

ดังนั้นการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของ Cr และ Cd ที่มีต่อหนอนรึ้นน้ำจืด ด้วยสองดังกล่าวจะมีค่าแตกต่างกันและมีความไวต่อการตอบสนองของโลหะหนักแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของหนอนรึ้นน้ำจืด แหล่งที่อยู่อาศัยของแต่ละประเทศ อายุของหนอนรึ้นน้ำจืด และชนิดของ

โลหะหนักด้วย และสามารถใช้นอนรีนน้ำจืด วัชที่สองเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพ ได้ และเหมาะสำหรับใช้เป็นสัตว์ทดลองในการชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ดี เนื่องจาก มีการตอบสนองต่อสารพิษ แข็งแรง มีขนาดโตพอที่จะนำมาใช้ทดสอบความเป็นพิษ และทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงกับสิ่งแวดล้อมได้ดี หาง่ายในแหล่งน้ำธรรมชาติ เลี้ยงและเพาะพันธุ์ได้ง่ายในห้องปฏิบัติการ ส่วนตัวนอนรีนน้ำจืดวัชที่ สามและวัชที่สี่นั้น เฮอร์พัคตร (2546) กล่าวว่ามีความทนทานต่อการได้รับสารพิษสูงเกินไปไม่เหมาะสำหรับใช้เป็นสัตว์ทดลองในการชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ส่วนตัวนอนวัชที่ หนึ่ง นั้นมีขนาดลำตัวที่เล็กเกินไปไม่สะดวกในการทดลอง ยกต่อการสังเกต และอ่อนแอเกินไป และการศึกษาค่า  $LC_{50}$  นี้สามารถใช้ เป็นข้อมูลพื้นฐาน ประกอบ ในการ กำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำเพื่อความปลอดภัยของสิ่งมีชีวิตในน้ำและใช้เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพได้

#### 5.4 ผลการศึกษาปริมาณเอนไซม์เมทัลโลไทโอนีน (Metallothionein: MT) และปริมาณโปรตีน

##### (1) ผลการศึกษาตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูน้ำมาก

###### 1) ผลการศึกษาในหอยน้ำจืด

จากการศึกษาในฤดูกาลน้ำมากในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของ พื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนพบว่าปริมาณเอนไซม์ MT ในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับ Cr และ Cd ที่ระยะเวลา 96 hr พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.00 - 100.00 mg/kg มีค่าอยู่ในช่วง 7.17 – 43.83 และ 27.17 – 38.83  $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ ส่วนปริมาณโปรตีนมีอยู่ในช่วง 1.07 – 1.93 และ 1.70 – 2.40 mg/g ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนพบว่าปริมาณเอนไซม์ MT มีค่าอยู่ในช่วง 0.50 – 13.83 และ 8.83 – 40.50  $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ และมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 0.10 – 4.97 และ 2.07 – 4.03 mg/g ตามลำดับ ซึ่งพบว่าปริมาณโปรตีนนั้นจะแปรผันตามปริมาณ เอนไซม์ MT ที่เพิ่มขึ้น และ ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนและ ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อน นั้นหอยน้ำจืด ตอบสนองต่อ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ที่ระดับความเข้มข้น 100.00 mg/kg และอาจกล่าวได้ว่าใน ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ นั้นมีการปนเปื้อนและการสะสมของ Cr และ Cd และหอยสามารถสะสมโลหะหนักไว้ในเนื้อเยื่อในร่างกายจากการกินตะกอนที่ปนเปื้อนสารโลหะหนัก (Gomot and Pihan, 2000; Berger et al., 1995) และยังคงสอดคล้องกับผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันในหอยน้ำจืดที่พบว่า Cd นั้นมีความเป็นพิษต่อหอยน้ำจืดมากกว่า Cr

###### 2) ผลการศึกษาในนอนรีนน้ำจืดวัชสอง

จากการศึกษาในฤดูน้ำมากพบว่าใน ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนมีปริมาณเอนไซม์ MT ในนอนรีนน้ำจืดวัชสองหลังจากได้รับ Cr และ Cd ที่ระยะเวลา 96 hr

พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.00 - 50.00 mg/kg มีค่าอยู่ในช่วง 12.50 – 345.83 และ 345.83 -595.83  $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ ส่วนปริมาณโปรตีนมีค่าอยู่ในช่วง 2.50 – 124.17 และ 41.67 – 56.67 mg/g ตามลำดับ และในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนพบว่ามีปริมาณเอนไซม์ MT อยู่ในช่วง 429.17 – 1,637.50 และ 12.50 – 387.50  $\mu\text{g/g}$  และปริมาณโปรตีนมีค่าอยู่ในช่วง 39.17 – 40.00 และ 1.33 – 7.50 mg/g ตามลำดับ ซึ่งพบว่าหนอนรึ้นน้ำจืด วัชสองมีการตอบสนองต่อ Cr และ Cd ที่ระดับความเข้มข้น 0.10 mg/kg เป็นต้นไป

## (2) ผลการศึกษาตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำในฤดูน้ำน้อย

### 1) ผลการศึกษาในหอยน้ำจืด

จากการศึกษาในฤดูกาลน้ำน้อยพบว่าใน ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ในหอยน้ำจืดหลังจากได้รับ Cr และ Cd ที่ระยะเวลา 96 hr ที่ระดับความเข้มข้น 0.00 – 100.00 mg/kg มีปริมาณเอนไซม์ MT อยู่ในช่วง 0.50 – 32.17 และ 3.83 – 27.17  $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ ส่วนปริมาณโปรตีนนั้นมีค่าอยู่ในช่วง 3.17 – 3.53 และ 1.47 – 1.97 mg/g ตามลำดับ และในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนนั้นหอยน้ำจืดหลังจากได้รับ Cr และ Cd มีปริมาณเอนไซม์ MT อยู่ในช่วง 8.83 – 38.83 และ 0.50 – 18.83  $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนนั้นมีค่าอยู่ในช่วง 1.40 – 2.23 และ 2.10 – 4.43 mg/g ตามลำดับ ซึ่งพบว่าในทุกระดับความเข้มข้นของ Cr และ Cd ที่สะสมในหอยน้ำจืดมีผลต่อทำให้ปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนที่เพิ่มมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นและหอยน้ำจืดมีการตอบสนองต่อ Cr และ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ที่ระดับความเข้มข้น 6.25 mg/kg เป็นต้นไป สามารถชี้บ่งชี้ว่าในหอยน้ำจืดนั้นมีการสะสมปริมาณโลหะหนักในเนื้อเยื่อ เมื่อได้รับโลหะหนักแม้ในระดับความเข้มข้นต่ำ ๆ ซึ่งสอดคล้องกับ Prusa et al. (2006); Strouhal et al. (2003); Fabrik et al. (2008); Ureña et al. (2010) ที่กล่าวว่าระดับของเอนไซม์ MT จะเพิ่มขึ้นเมื่ออวัยวะในร่างกายได้รับปริมาณไอออนของโลหะหนักมากขึ้น และสามารถนำมาใช้สำหรับในการติดตามการปนเปื้อนของสารโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมได้

### 2) ผลการศึกษาในหนอนรึ้นน้ำจืดวัชสอง

การศึกษาในฤดูน้ำน้อยพบว่าใน ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน ในหนอนรึ้นน้ำจืด วัชสองหลังจากได้รับ Cr และ Cd ที่ระยะเวลา 96 hr มีปริมาณเอนไซม์ MT อยู่ในช่วง 95.83 – 345.83 และ 179.17 – 470.83  $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ และมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 53.33 – 63.33 และ 10.00 – 50.00 mg/g ตามลำดับ และใน ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนพบว่ามีปริมาณเอนไซม์ MT อยู่ใน

ในช่วง 429.17 – 1,637.50 และ 304.17 – 512.50  $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ ส่วนปริมาณโปรตีนมีค่าอยู่ในช่วง 20.83 – 66.67 และ 25.00 – 40.00  $\text{mg/g}$  ตามลำดับ ซึ่งพบว่าหอนรินน้ำจืด วัลสองหลังได้รับ Cr และ Cd ในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนมีปริมาณเอนไซม์ MT ทั้ง Cr และ Cd มากกว่าในตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำของพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน

และในการศึกษาปริมาณ เอนไซม์ MT และโปรตีนในหอนรินน้ำจืด วัลสองของทั้งสองฤดูกาลพบว่าใน ตัวอย่างตะกอนดินใต้น้ำ ของพื้นที่ที่มีประวัติการปนเปื้อนนั้นหอนรินน้ำจืด วัลสองมีการตอบสนองต่อ Cr มากกว่า Cd และสอดคล้องกับการศึกษาในตัวอย่างตะกอนดินเทียมของการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าในระดับความเข้มข้นของ Cr และ Cd ที่ต่ำ ๆ คือที่ระดับ ความเข้มข้น 10.00  $\text{mg/kg}$  นั้นหอนรินน้ำจืด วัลสองจะมีการตอบสนองต่อ Cr มากกว่า Cd และยังคงสอดคล้องกับการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันที่พบว่า Cr มีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหอนรินน้ำจืดมากกว่า Cd และยังพบว่าหอนรินน้ำจืด วัลสองตอบสนองต่อ Cr และ Cd ได้ตั้งแต่ระดับความเข้มข้นของโลหะหนักที่ 0.10  $\text{mg/kg}$  และยังพบว่าปริมาณของเอนไซม์ MT และโปรตีนจะเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ Cr และ Cd ที่เพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Fabrik et al. (2008) ที่ได้ศึกษาปริมาณเอนไซม์ MT ในตัวอ่อนรินน้ำจืด (*C. riparius*) วัลสามที่ได้รับแคดเมียม ( $\text{Cd}^{2+}$ ) พบว่าปริมาณ MT จะเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของ Cd ที่เพิ่มขึ้น

จากการศึกษาปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนในหอนรินน้ำจืดและหอนรินน้ำจืดนี้ จึงเป็นประโยชน์ในการใช้เป็นตัวชี้วัดมลพิษสิ่งแวดล้อมที่ดีเนื่องจากเมื่อทำการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักจากตะกอนดินใต้น้ำ ทางเคมี นั้นจะตรวจไม่พบหรือตรวจพบน้อยจนอาจกล่าวได้ว่าในพื้นที่นั้นไม่มีการตกค้างของโลหะหนัก แต่เมื่อนำหอนรินน้ำจืดและหอนรินน้ำจืดมาทำการศึกษารายละเอียดปริมาณเอนไซม์ MT และปริมาณโปรตีนหลังจากได้รับ Cr และ Cd จะพบว่าหอนรินน้ำจืดและหอนรินน้ำจืดนี้สามารถตอบสนองต่อโลหะหนักเมื่อร่างกายได้รับปริมาณ Cr และ Cd แม้ในระดับความเข้มข้นต่ำ ๆ ก็จะกระตุ้นให้ร่างกายสร้างเอนไซม์ MT เพิ่มขึ้น