



## ความเป็นพิษเฉียบพลันและการกลายพันธุ์ จากสารมลพิษรวมในน้ำและตะกอนดิน กรณีศึกษา คลองชวดหมัน จังหวัดสมุทรปราการ

วรางคณา วิเศษมณี ลี\* และกาญจนา หริ่มเพ็ง\*\*

### บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันที่เกิดจากสารมลพิษรวมในน้ำจากคลองชวดหมันโดยใช้เมล็ดข้าวโดยเปรียบเทียบระดับความเป็นพิษเฉียบพลันจากค่ายับยั้งการงอกที่ 50% (Inhibition Concentration at 50% : IC50) ของการงอกและความยาวราก ร่วมกับการทดสอบการกลายพันธุ์ด้วยวิธีเอมส์ (Ames test) นอกจากนี้ยังศึกษาคุณภาพน้ำและตะกอนดินเบื้องต้นทางกายภาพ เคมี และชีวภาพรวมทั้งปริมาณโลหะชนิดต่างๆ จากผลการศึกษาพบว่า คุณภาพน้ำทางกายภาพของคลองชวดหมัน มีค่าพีเอช (pH) อยู่ในช่วง 6.40 – 8.03 และค่าสภาพนำไฟฟ้า (Conductivity) อยู่ในช่วง 1076 – 3660  $\mu\text{S}/\text{cm}$  คุณภาพน้ำทางเคมีพบว่ามีความเข้มข้นของไนเตรต (Nitrate) อยู่ในช่วง 23.23 – 45.88 mg/l Chemical Oxygen Demand (COD) อยู่ในช่วง 166.4-873.6 mg/l และแอมโมเนีย (Ammonia) อยู่ในช่วง 0.49-7.12 mg/l สำหรับคุณภาพน้ำทางชีวภาพในน้ำพบว่าปริมาณแบคทีเรียอยู่ในระดับที่ไม่สามารถนำมาอุปโภค บริโภคได้ นอกจากนี้ปริมาณโลหะในน้ำคลองชวดหมันพบโลหะที่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ของประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) คือ ตะกั่ว (Lead) และ สารหนู (Arsenic) ซึ่งมีความเข้มข้นที่ 0.11 และ 0.01 mg/l ตามลำดับ สำหรับคุณภาพตะกอนดินทางกายภาพและเคมีของคลองชวดหมันพบว่า มีค่าพีเอช (pH) อยู่ในช่วง 7.42 - 8.05 ความเข้มข้นของไนเตรต (Nitrate) และแอมโมเนีย (Ammonia) อยู่ในช่วง 42.22 - 51.72 และ 32.76 - 103.45 mg – N/kg dry sediment ตามลำดับ สำหรับปริมาณโลหะหนักในตะกอนดิน พบว่า ปริมาณมากที่สุด คือ 0.5846 g/kg

ระดับความเป็นพิษของสารมลพิษรวมในน้ำคลองชวดหมัน พิจารณาจากค่า IC50 ของการงอกของเมล็ดข้าว พบว่าอยู่ในช่วง 53.65 - 241.99% และค่า IC50 ของความยาวรากมีค่าอยู่ในช่วง 143.8 - 487.16% ในขณะที่ ความเป็นพิษเฉียบพลันของตะกอนดินคลองชวดหมันเมื่อพิจารณาจากค่า IC50 เช่นกันอยู่ในช่วง 44.85 - 92.85% และ 70.82% - 358.73% สำหรับการงอกและความยาวราก

\* อาจารย์ประจำคณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

\*\* อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา



ตามลำดับ นอกจากนี้สารมลพิษรวมที่อยู่ในน้ำและตะกอนดิน ไม่พบว่าเป็นสารก่อกลายพันธุ์เมื่อทำการทดสอบด้วยวิธีเอมส์ (Ames test)

**คำสำคัญ :** ความเป็นพิษเฉียบพลัน ค่ายับยั้งการงอกที่ 50% สารก่อกลายพันธุ์ วิธีเอมส์ สารมลพิษรวม

## Abstract

The objective of this research was conducted the acute toxicity of total pollutants of the surface water from Chuad Mhun Canal using rice seed as an indicator. The toxicity was compared by the values of the Inhibition Concentration at 50% (IC50) of Seed germination and Root elongation, including mutagenicity was tested by Ames test. In addition, the water quality in term of physical chemical and biological characteristics including metal quantity was measured. The results of this research found that the water quality in term of physical characteristic, these were the pH and conductivity were found to be 6.40-8.03 and 1,076-3,660  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectively. In addition, the water quality in term of chemical characteristic, these were Nitrate, Chemical Oxygen Demand (COD) and Ammonia were found to be 23.23-45.88, 166.4-873.6 and 0.49-7.12 mg/l, respectively. In addition, the biological characteristic of surface water interpreted that bacterial count was in the non-consumable range. The metal concentration in surface of Chuad Mhun Canal which exceeded than the surface water standard of The Notification of Environmental Committee, Copy 8 (B.E. 2537) were Lead and Arsenic at the concentration of 0.11 and 0.01 mg/l, respectively. The physical and chemical characteristic of sediment which measured from pH, Nitrate and Ammonia were found to be 7.42 - 8.05, 42.22 - 51.72 and 32.76 - 103.45 mg - Nkg dry sediment, respectively. The highest concentration of metal in sediment was Mercury with the concentration of 0.5846 ug/kg dry weight.

The toxicity level of total pollutants in surface water, Chuad-mhun Canal was considered by Inhibition Concentration at 50% (IC50) of seed germination and root elongation. They were found to be 53.65-241.99% and 143.8-487.16% for seed germination and root elongation, respectively. While toxicity level of total pollutants in sediment were found to be 44.85- 92.85 % and 70.82 % – 358.73 % for seed germination and root elongation, respectively. In addition, these pollutants did not affect as mutagen when tested with Ames test.

**Keywords:** Acute toxicity, Inhibition concentration at 50%, Mutagen, Ames test, total pollutants



## บทนำ

คลองขุดหมันเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์ไหลผ่านทางด้านหลังของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ในอดีตประชาชนบริเวณริมคลองเคยใช้ประโยชน์จากน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค แต่ในปัจจุบันประชาชนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้เนื่องจากคุณภาพน้ำเสื่อมลง ซึ่งสาเหตุการเสื่อมลงของคุณภาพน้ำอาจเนื่องมาจากกิจกรรมต่างๆ เช่น การปล่อยน้ำทิ้งของชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรม การตื่นเงินของลำคลอง และการเน่าเสียของพีชน้ำ เป็นต้น (กนกกร ศรีจันทวงษ์ และคณะ. 2551: 18-20) นอกจากนี้ คลองขุดหมันยังเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ โดยการศึกษาของ กษมา นั้บถิติดี และคณะ (2551) พบว่า คุณภาพน้ำบริเวณจุดปล่อยออกจากระบบบำบัดของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติลงคลองขุดหมันมีค่า Chemical Oxygen Demand (COD) อยู่ในระดับที่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งอาคารประเภท ก. (กรมควบคุมมลพิษ. 2551 : 1-6)

การศึกษาคุณภาพน้ำในคลองขุดหมันที่ผ่านมาพบว่ามีเฉพาะการวิจัยที่มุ่งเน้นในการศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีเบื้องต้น เช่น COD ความเป็นกรดต่าง ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณไนโตรเจน เป็นต้น (กนกกร ศรีจันทวงษ์ และคณะ. 2551: 22-23 ; กษมา นั้บถิติดี และคณะ. 2551: 15-17) โดยคุณภาพน้ำปัจจุบันในคลองขุดหมันควรจัดอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 กล่าวคือ มีการใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรค

ตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน รวมทั้งใช้เพื่อการเกษตร ซึ่งจากการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำตามมาตรฐานดังกล่าวกับผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า คุณภาพน้ำในคลองบางจุดมีคุณภาพน้ำต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานในบางพารามิเตอร์ และบางจุดที่คุณภาพน้ำอยู่ในระดับที่ยอมรับได้โดยยังไม่เกินค่ามาตรฐานต่างๆ ที่กำหนด อย่างไรก็ตามหากพิจารณาจากกิจกรรมต่างๆ ที่อาจส่งผลต่อคุณภาพน้ำจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า สารมลพิษบางชนิดยังไม่ได้รับการสำรวจ เช่น โลหะหนัก ซึ่งมีโอกาสปนเปื้อนในน้ำทิ้งของชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล เป็นต้น (กนกกร ศรีจันทวงษ์และคณะ. 2551: 26) ทำให้เกิดการปนเปื้อนในน้ำ และอาจตกตะกอนเกิดการสะสมในตะกอนดินของคลองได้ ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และอาจปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหารเป็นอันตรายเชื่อมโยงถึงประชาชนหากมีการอุปโภค หรืออุปโภคน้ำจากคลองแม้จะผ่านการฆ่าเชื้อแล้วก็ตาม หรือการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการเพาะเลี้ยงในลำคลองเนื่องจากการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งปลายังเป็นกิจกรรมหนึ่งที่ยังใช้น้ำจากคลองขุดหมันเป็นหลักโดยไม่ได้ผ่านการบำบัดแต่อย่างใด

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาอันตรายที่อาจเกิดจากสารมลพิษต่างๆ ในน้ำและสารมลพิษที่สะสมในตะกอนดินโดยตรงโดยใช้เทคนิคอย่างง่ายที่มีการทดสอบด้วยสิ่งมีชีวิตโดยตรงเพื่อเป็นการคัดกรองระดับความเป็นอันตรายของสารมลพิษในน้ำและตะกอนดินเบื้องต้น กล่าวคือ การศึกษาความเป็นพิษ



เฉียบพลัน (Acute toxicity) ด้วยเทคนิค Seed germination/Root Elongation และการกลายพันธุ์ (Mutagenicity) ด้วยการทดสอบเอมส์ (Ames test) โดยผู้วิจัยคาดหวังว่าผลจากการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นข้อมูลสำคัญในการช่วยให้ข้อมูลคุณภาพน้ำในคลองชวดหมันได้สมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งจะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งในการวางแผนการจัดการคุณภาพคลองชวดหมัน รวมถึงการใช้เป็นข้อมูลสำหรับการประชาสัมพันธ์สร้างความตระหนักในการอนุรักษ์คลองชวดหมันแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องต่อไป

### วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อสำรวจคุณลักษณะทางกายภาพเคมี และชีวภาพของน้ำและตะกอนดินคลองชวดหมัน
2. เพื่อสำรวจปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำและตะกอนดินคลองชวดหมัน
3. เพื่อศึกษาความเป็นพิษชนิดเฉียบพลันและการกลายพันธุ์ของสารมลพิษรวมในน้ำและตะกอนดินของคลองชวดหมัน

### วิธีดำเนินงานวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดิน  
โครงการวิจัยนี้จะสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดินในเดือน สิงหาคม 2552 ซึ่งคลองชวดหมันมีสภาพน้ำนิ่งไม่แสดงทิศทางการไหลที่ชัดเจน เนื่องจากเป็นช่วงปิดประตูระบายน้ำ โดยการเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดินแบ่งการพิจารณาเป็น 2 ประเด็น คือ

(1.1) วิธีการเก็บตัวอย่างตามแนวยาวของลำคลอง จะเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดินจากจุดต่างๆตลอดลำคลองชวดหมันและคลองเชื่อมต่อ โดยจะสุ่มเก็บตัวอย่างแบบจ้วงตัก (Grab sampling) ซึ่งการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างจะมาจากการสำรวจเบื้องต้น และการรวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ โดยพิจารณาจากบริเวณแหล่งกำเนิดมลพิษแต่ละแหล่ง

(1.2) วิธีการเก็บตัวอย่างตามแนวลึกของลำคลอง จะเก็บตัวอย่างน้ำในคลองที่ระดับความลึกเฉพาะกึ่งกลางคลอง และเก็บตัวอย่างตะกอนดินที่ระดับผิวหน้าตะกอน ซึ่งจะใช้เป็นตัวแทนความลึกทั้งหมด จุดเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดินทั้ง 10 จุด ประกอบด้วย

- จุดที่ 1 หมายถึง น้ำและตะกอนดินบริเวณสะพานคลองชวดหมันข้างหอพัก “ริมคลอง”
- จุดที่ 2 หมายถึง น้ำและตะกอนดินบริเวณใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้งของหอพักริมคลอง
- จุดที่ 3 หมายถึง น้ำและตะกอนดินบริเวณใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานปลากระป๋อง
- จุดที่ 4 หมายถึง น้ำและตะกอนดินบริเวณ 3 แยกใต้สะพานไม้หลังโรงงานปลากระป๋อง
- จุดที่ 5 หมายถึง น้ำและตะกอนดินบริเวณใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานขนมปัง
- จุดที่ 6 หมายถึง น้ำและตะกอนดินบริเวณใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานเหล็ก
- จุดที่ 7 หมายถึง น้ำและตะกอนดินบริเวณใกล้บ่อเลี้ยงปลา



- จุดที่ 8 หมายถึง น้ำและตะกอนดินบริเวณใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้งหลังโรงอาหารของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

- จุดที่ 9 หมายถึง น้ำและตะกอนดินบริเวณใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้งหลังหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

- จุดที่ 10 หมายถึง น้ำและตะกอนดินบริเวณใต้สะพาน ขอยมณฑนา

## 2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำและตะกอนดิน

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำและตะกอนดินทางกายภาพและเคมีใช้วิธีการเตรียมตัวอย่างตาม APHA, AWWA and WEF (1998) และ Chuan and Sugahara (1984) ตามลำดับ และทำการวิเคราะห์สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ไนเตรต และแอมโมเนีย ด้วยเครื่อง Conductivity Meter (Multi 340i) pH Meter (Multi 340i) Ion Selective Electrode Mettertoledo รุ่น 7 Multi (probe : 261) และ รุ่น 7 Multi (Probe : DX 218) ตามลำดับ สำหรับโลหะหนัก ใช้การเตรียมตัวอย่างตาม APHA, AWWA and WEF. (1998) และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) รุ่น (ICP-OES, PerkinElmer model optima 2100 DV)

## 3. การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน

ความเป็นพิษเฉียบพลันของสารมลพิษรวมในน้ำและตะกอนดิน ใช้เมล็ดข้าวเป็นตัวแทนเมล็ดพืชชนิดอื่นในการทดสอบด้วยวิธี Seed germination/ Root elongation ซึ่งเป็นวิธี

ทดสอบที่ประยุกต์มาจาก Ecological effect test guideline OPPTS 850.4200 Seed Germination/Root Elongation Toxicity Test (EPA. 1996: 1-8) โดยมีขั้นตอน คือทำการเจือจางน้ำตัวอย่างทั้ง 10 จุดด้วยน้ำกลั่นโดยแบ่งระดับความเข้มข้นในแต่ละตัวอย่างเป็น 0% ,10%, 20%, 40%, 80% และ 100% ตามลำดับ โดยใช้ปริมาณน้ำตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร จากนั้นเตรียมเพาะเมล็ดข้าวจำนวน 20 เมล็ด ในแต่ละ Plate และใช้ความเข้มข้น 0% เป็นชุดควบคุม (Control Plate) ทิ้งไว้ในที่มีดภายใต้อุณหภูมิห้องทำการสังเกต Control Plate เมื่อมีการงอกของเมล็ดข้าวครบ 100% ของจำนวนเมล็ดข้าวทั้งหมด และมีความยาวรากถึง 20 mm. จึงทำการนับจำนวนเมล็ดข้าวที่งอกและวัดความยาวรากของเมล็ดข้าวในแต่ละความเข้มข้น สำหรับตัวอย่างตะกอนดินจะทำการเตรียมตัวอย่างตะกอนดินด้วยการผสมน้ำตัวอย่างจากจุดเก็บในบริเวณเดียวกันในสัดส่วน 1: 2 โดยปริมาตร เนื่องจากตะกอนดินตัวอย่างอยู่ในสภาวะกึ่งของเหลวจึงต้องมีการทดสอบความชื้นในตะกอนดิน และจากการทดสอบหาร้อยละของความชื้นในตะกอนตัวอย่างพบว่า มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 50 ในทุกจุดเก็บตัวอย่าง หลังจากนั้นจึงนำตะกอนตัวอย่างมาทดสอบความเป็นพิษต่อเมล็ดข้าวโดยมีขั้นตอนเช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำ

การประเมินระดับความเป็นพิษเฉียบพลันใช้การเปรียบเทียบระดับความเป็นพิษของน้ำด้วยดัชนี IC50 ซึ่งคำนวณได้จากสมการเส้นตรงที่สร้างขึ้นจากความสัมพันธ์ระหว่างระดับความ



เข้มข้นจากการเจือจางของน้ำและตะกอนดิน ตัวอย่างกับเปอร์เซ็นต์การตาย (หรือการยับยั้งการงอก) และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความยาวราก

#### 4. การทดสอบฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ของสารมลพิษรวมในน้ำและตะกอนดิน

การทดสอบฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ของสารมลพิษรวมในน้ำและตะกอนดิน ทำการทดสอบด้วยวิธีเอมส์ (Ames test) โดยใช้แบคทีเรีย *S. typhimurium* จำนวน 2 สายพันธุ์ (strains) ซึ่งมีวิธีการทดสอบสรุปได้ดังนี้ (Mortelmans and Zeiger. 2000)

##### (4.1) การเตรียมตัวอย่างน้ำ และตะกอนดิน

นำตัวอย่างน้ำทั้ง 10 ตัวอย่าง ละ 20 มิลลิลิตร กรองด้วยหัวกรอง whatman 0.45 ไมครอน ใส่ในหลอดพลาสติกปราศจากเชื้อสำหรับตะกอนดิน ทำการชั่งตัวอย่างตะกอนดินทั้ง 10 จุดจุดเก็บตัวอย่างละ 5 กรัม ใส่ในหลอดพลาสติก เติมน้ำกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไป centrifuge ที่ความเร็ว 8,000 rpm. นาน 10 นาที และกรองส่วนใสด้วยหัวกรอง whatman 0.45 ไมครอน ใส่ในหลอดพลาสติกปราศจากเชื้อ

##### (4.2) แบคทีเรียที่ใช้ทดสอบ

เชื้อที่ใช้ทดสอบฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ของตัวอย่างน้ำและตะกอนดิน ได้แก่ *S. Typhimurium* สายพันธุ์ TA98 และ TA100 ซึ่งถูกชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลำดับดีเอ็นเอตรงส่วนของยีน histidine (his) แบบ frameshift mutation และ basepair substitution ตามลำดับ

##### (4.3) อาหารเลี้ยงเชื้อ สารเคมีและสารก่อกลายพันธุ์

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้เพื่อทดสอบฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ ได้แก่ Oxoid nutrient broth No.2 , minimal glucose agar plate และ Top agar สารเคมี ได้แก่ sodium phosphate buffer (pH 7.4) , histidine และ biotin และสารก่อกลายพันธุ์ ได้แก่ 1-aminopyrene และ sodium azide

##### (4.4) วิธีการทดสอบฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์จากตัวอย่างน้ำและตะกอนดิน

การทดสอบฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์จากตัวอย่างน้ำและตะกอนดินใช้วิธี preincubation ของการทดสอบด้วยวิธีเอมส์ชนิดไม่มี metabolic activation โดยการนำเชื้อ *S. Typhimurium* TA98 และ TA100 จาก stock. ที่เก็บในอุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Oxoid nutrient broth No.2 ปริมาตร 12 มิลลิลิตร บ่มเชื้อแบบเขย่า (shaking incubator) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงของเชื้อทั้ง 2 สายพันธุ์ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ให้มีค่าการดูดกลืนแสงประมาณ 0.3 ซึ่งมีปริมาณเชื้อ 106-108 เซลล์ต่อมิลลิลิตร แล้วนำตัวอย่างทั้งหมดใส่ในหลอดแก้วปราศจากเชื้อ ตัวอย่างละ 100 ไมโครลิตร จากนั้นเติม sodium phosphate buffer (pH 7.4) ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และเติมเชื้อที่ใช้ทดสอบ 100 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปบ่มใน shaking incubator ที่อุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส นาน



20 นาที แล้วเติม top agar (ที่มีส่วนผสมของ สารละลาย 0.5 มิลลิโมลาร์ histidine/biotin ใน อัตราส่วน histidine/biotin : top agar เท่ากับ 1:10) หลอดละ 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยเขย่าเบาๆ แล้วเทลงบนผิวหน้าอาหาร Minimal glucose agar plate ให้กระจายสม่ำเสมอทั่ว ผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

### การแปลผลฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์

ทำการนับจำนวนโคโลนีที่กลายพันธุ์ (revertant colony) ที่สามารถเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มี histidine ถ้าจำนวน revertant colony มีมากกว่า 4 เท่าของ spontaneous colonies เทียบกับ negative control แสดงว่าตัวอย่างน้ำและตะกอนดินนั้นน่าจะมีฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ สำหรับ positive control จะมีเฉพาะ สารก่อกลายพันธุ์มาตรฐาน ได้แก่ 1-aminopyrene และ sodium azide ชนิดละ 100 ไมโครลิตร จากนั้นเติม sodium phosphate buffer (pH 7.4) ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และเชื้อ 100 ไมโครลิตร และ negative control เติร์ยมเช่นเดียวกันโดยมีน้ำกลั่นปริมาตร 100 ไมโครลิตร แต่ไม่มีสารก่อกลายพันธุ์มาตรฐานทั้งสองชนิด

## ผลของการวิจัย

### (1) คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ

คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีของน้ำตัวอย่างมีการตรวจวัดพารามิเตอร์ทั้งหมด 5 พารามิเตอร์ ได้แก่ pH, Conductivity, Nitrate, Ammonia และ COD ซึ่งจากผลการสำรวจพบว่าน้ำทุกจุดมีสภาพความเป็นด่างเล็กน้อย ยกเว้นน้ำจุดที่ 8 มีสภาพเป็นกรด สำหรับค่า COD อยู่ในช่วง 166.4 ถึง 873.6 mg/l โดยน้ำจุดที่ 8 มีค่า COD สูงที่สุด สภาพน้ำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 900 ถึง 1490  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ยกเว้นน้ำจุดที่ 6 มีสภาพน้ำไฟฟ้าสูงที่สุด ค่าไนเตรตและแอมโมเนียของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 23.23 ถึง 105.90 mg/l และ 0.491 ถึง 7.127 โดยน้ำจุดที่ 10 ปริมาณแอมโมเนียมากที่สุด สำหรับคุณภาพน้ำทางชีวภาพ พบว่า Coliforms bacteria มีค่ามากกว่า 1600 MPN index/ 100 ml และพบการปนเปื้อนเชื้อ E. coli ในทุกจุดเก็บตัวอย่างน้ำ ในขณะที่ fecal coliforms มีค่าอยู่ระหว่าง 23-300 MPN index/100 ml รายละเอียดผลการทดลองคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพในแต่ละพารามิเตอร์แสดงในตารางที่ 1



**ตารางที่ 1** คุณภาพน้ำทางกายภาพเคมีและชีวภาพของน้ำตัวอย่าง

จุดเก็บ ตัวอย่าง	พารามิเตอร์							
	pH	Conductivity ( $\mu$ S/cm)	Nitrate (mg/l)	Ammonia (mg/l)	COD (mg/l)	Coliforms*	Fecal* coliforms	E. coli (เบื่องตัน)
1	7.38	1172	44.72	3.658	208.0	> 1600	70	พบ
2	7.45	1169	36.75	2.645	166.4	> 1600	300	พบ
3	8.03	1315	38.18	3.266	249.4	> 1600	300	พบ
4	7.55	1129	34.93	2.501	187.2	> 1600	130	พบ
5	7.38	1487	45.88	3.178	187.2	> 1600	170	พบ
6	7.47	3660	105.90	5.711	208.0	> 1600	110	พบ
7	7.48	919	23.23	1.970	249.6	> 1600	130	พบ
8	6.40	1150	29.76	3.684	873.6	> 1600	50	พบ
9	7.22	1076	24.73	0.491	166.4	> 1600	50	พบ
10	7.27	1172	28.88	7.127	187.2	> 1600	23	พบ

หมายเหตุ : \* MPN index/ 100 ml

**(2) คุณภาพตะกอนทางกายภาพและเคมี**

คุณภาพของตะกอนดินตัวอย่างทางกายภาพและเคมีพบว่าตะกอนดินทุกจุดมีสภาพเป็นต่างเล็กน้อย โดยตะกอนดินทุกจุดมีค่า pH ใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 7.42 – 8.05 สำหรับค่าไนเตรต ในตะกอนดินมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง

42.22 – 51.72 mg-N/kg dry weight โดยตะกอนดินจุดที่ 4 มีปริมาณไนเตรตมากที่สุด และค่าแอมโมเนียมีความเข้มข้นในช่วง 32.76 – 103.45 72 mg-N/kg dry weight โดยตะกอนดินจุดที่ 3 มีปริมาณแอมโมเนียสูงที่สุด รายละเอียดผลการสำรวจคุณภาพตะกอนดินทางกายภาพและเคมีแสดงในตารางที่ 2





## ตารางที่ 2 คุณภาพตะกอนดินทางกายภาพและเคมี

จุดเก็บตะกอนดิน ตัวอย่าง	พารามิเตอร์		
	pH	Nitrate*	Ammonia*
1	8.05	46.77	85.30
2	7.71	48.12	57.82
3	7.88	49.04	103.45
4	7.84	51.72	72.57
5	7.47	45.34	67.41
6	7.50	46.17	39.72
7	7.64	45.53	46.59
8	7.76	42.22	32.76
9	7.46	46.07	46.79
10	7.42	47.97	35.40

หมายเหตุ : \* mg-N/kg dry weight

### (3) ปริมาณโลหะในน้ำและตะกอนดิน

ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะจากตะกอนดินทั้ง 10 จุด พบว่า ปริมาณโลหะหนักทั้งหมดในน้ำพบว่า ปริมาณแคดเมียม โครเมียม ทองแดง แมงกานีส นิกเกิล สังกะสี และปรอท ในน้ำทั้ง 10 จุดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3 แต่ปริมาณเหล็ก ตะกั่ว และสารหนู

เกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานในบางจุด สำหรับตะกอนดินทั้ง 10 จุด อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คุณภาพตะกอนดินตาม (ร่าง) ค่ามาตรฐานตะกอนดินจากสารอันตราย (กรมควบคุมมลพิษ. 2553) รายละเอียดผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำและตะกอนดินแสดงในตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ



### ตารางที่ 3 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะต่างๆในน้ำ

จุดเก็บน้ำ	ปริมาณของโลหะต่างๆ (mg/l)								
	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Hg	As
1	0.0020	0.0104	0.1712	0.0484	0.0028	0.1136	0.0904	0.0016	0.0128
2	0.0016	0.0080	0.1796	0.0544	0.0020	0.0896	0.4616	ND	0.0120
3	0.0016	0.0188	0.1300	0.0392	0.0012	0.0960	0.4480	ND	0.0100
4	0.0016	0.0112	0.1912	0.0676	0.0016	0.0532	0.2696	ND	0.0088
5	0.0032	0.0116	0.5324	0.0680	0.0028	0.0556	0.4076	ND	0.0060
6	0.0048	0.0096	0.9504	0.1024	0.0016	0.0348	0.4080	ND	0.0068
7	0.0020	0.0180	0.1580	0.0896	0.0024	0.0516	0.0728	ND	0.0040
8	0.0028	0.0092	1.0372	0.0544	0.0020	0.0264	0.0740	ND	0.0040
9	0.0020	0.0100	0.1356	0.0620	0.0012	0.0392	0.0756	ND	0.0024
10	0.0024	0.0112	0.0768	0.0732	0.0020	0.0804	0.1072	ND	0.0012

หมายเหตุ : ND = Non Detectable หมายถึง ไม่สามารถตรวจวัดได้เนื่องจากมีความเข้มข้นต่ำกว่า  $1 \mu\text{g/l}$



#### ตารางที่ 4 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะต่างๆในตะกอนดิน

จุดเก็บ ตะกอน ดิน	ปริมาณของโลหะต่างๆ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )									
	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Hg	As
1	0.0002	0.0127	0.0229	10.8183	0.2853	0.0207	0.0289	1.5556	0.0020	0.0195
2	ND	0.0132	0.0441	89.6970	1.1371	0.0637	0.0637	15.4397	0.5846	0.0461
3	ND	0.0954	0.0811	56.1385	3.6154	0.0334	0.0954	4.9175	0.0052	0.0439
4	ND	0.3275	0.0798	73.0937	1.0073	0.0893	0.0794	72.9449	0.0109	0.0567
5	ND	0.3345	0.0970	67.2491	0.7638	0.0897	0.1098	53.0205	0.0099	0.0521
6	ND	0.5638	0.1250	102.4144	0.9168	0.1226	0.0833	79.3212	0.0138	0.0745
7	ND	0.0386	0.0249	43.4115	0.7095	0.0338	0.0241	1.4963	0.0056	0.0220
8	ND	0.0376	0.0215	87.2246	0.6920	0.0376	0.0329	0.3483	0.0126	0.0089
9	ND	0.0527	0.0523	42.4338	0.6058	0.0527	0.0336	3.2125	0.0057	0.0271
10	ND	0.0748	0.1388	52.0750	0.3741	0.0547	0.0748	1.0325	0.0071	0.0336

ND = Non Detectable หมายถึง ไม่สามารถตรวจวัดได้เนื่องจากมีความเข้มข้นต่ำกว่า  $0.0001 \mu\text{g}/\text{kg}$

(4) ความเป็นพิษเฉียบพลันของสารมลพิษรวมในตะกอนดิน

ความเป็นพิษเฉียบพลันของสารมลพิษรวมในน้ำแบ่งเป็นการแปรผลใน 2 ลักษณะคือการงอกและความยาวรากของเมล็ดข้าวโดยเปรียบเทียบระดับความเป็นพิษด้วยค่า IC50 พบว่า น้ำจุดที่มีสารมลพิษรวมที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษมากที่สุดคือน้ำจากจุดที่ 8 ซึ่งมีค่า IC50 เท่ากับ 53.65 % ในขณะที่น้ำจากจุดที่ 2, 4, 5, 9 และ 10 มีค่า IC50 ของการงอกเท่ากับ 116.48 %, 202.52 %, 215.15 %, 241.99 %

และ 206.79 % ตามลำดับ ซึ่งน้ำจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุดดังกล่าว มีค่า IC50 ของการงอกเกิน 100 % ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า น้ำมีความเป็นพิษน้อยจนเกือบไม่มีความเป็นพิษ เช่นเดียวกับระดับความเป็นพิษจากความยาวรากสำหรับความเป็นพิษเฉียบพลันของสารมลพิษรวมในตะกอนดินเมื่อพิจารณาจากการงอกของเมล็ดข้าวพบว่า สารมลพิษรวมจากตะกอนตัวอย่างจุดที่ 7 มีระดับความเป็นพิษมากที่สุดโดยมีค่า IC50 เท่ากับ 44.85 % และเมื่อพิจารณาจากความยาวรากพบว่าส่วนใหญ่ระดับความเป็นพิษต่อความ



ยวราก อยู่ในระดับสูงกว่า 70 % กล่าวคืออยู่ในช่วง 70.82 % – มากกว่า 100 % แสดงให้เห็นว่าสารมลพิษรวมในตะกอนดินมีผลต่อการยับยั้ง

ความยวรากน้อย สำหรับระดับความเป็นพิษของตะกอนดินที่มีผลต่อการงอกและความยวรากแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** ระดับความเป็นพิษเฉียบพลันของสารมลพิษรวมในน้ำและตะกอนดิน

จุดเก็บตัวอย่าง	IC50 ของน้ำ (%)		IC50 ของตะกอนดิน (%)	
	การงอก	ความยวราก	การงอก	ความยวราก
1	62.94	> 100	88.14	> 100
2	> 100	> 100	66.02	> 100
3	85.99	> 100	63.47	93.49
4	> 100	> 100	54.32	> 100
5	> 100	> 100	57.76	> 100
6	63.61	> 100	48.77	> 100
7	73.75	> 100	44.85	70.82
8	53.65	> 100	56.18	89.75
9	> 100	> 100	92.85	> 100
10	> 100	> 100	57.21	> 100

#### (4) การกลายพันธุ์

การกลายพันธุ์เป็นลักษณะความผิดปกติอีกชนิดหนึ่งที่ถูกทดสอบโดยใช้แบคทีเรีย ซึ่งจากการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีเอ็มเอส โดยใช้แบคทีเรียชนิด *S. typhimurium* สายพันธุ์ TA98 และ TA100 จากผลการทดสอบด้วยตัวอย่างน้ำและตะกอนดินทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่าง พบว่า ในน้ำและตะกอน

ดินไม่มีสารมลพิษรวมที่ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยวิธีการทดสอบนี้ ซึ่งฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์พิจารณาโดยใช้เกณฑ์จำนวน revertant colonies มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 4 เท่าของจำนวน spontaneous colonies จาก negative control รายละเอียดของผลการกลายพันธุ์เมื่อทดสอบด้วยตะกอนตัวอย่างแสดงในตารางที่ 6 ถึง 7



**ตารางที่ 6** ค่าเฉลี่ยของโคโลนี revertant จากการทดสอบความสามารถในการก่อการกลายพันธุ์ของตัวอย่างน้ำในเชื้อ *S. typhimurium* สายพันธุ์ TA98 และ TA100

ตัวอย่างที่ทดสอบ	ค่าเฉลี่ยของโคโลนี				ฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์	
	TA98		TA100		TA98	TA100
	Spontaneous (Negative control)	Revertant	Spontaneous (Negative control)	Revertant		
1- aminopyrene (Positive control)	27	90			+	
Sodium azide (Positive control)			65	620		+
จุดที่ 1	27	34	65	91	-	-
จุดที่ 2	27	33	65	101	-	-
จุดที่ 3	27	28	65	103	-	-
จุดที่ 4	27	33	65	97	-	-
จุดที่ 5	27	26	65	100	-	-
จุดที่ 6	27	20	65	89	-	-
จุดที่ 7	27	29	65	101	-	-
จุดที่ 8	27	22	65	102	-	-
จุดที่ 9	27	36	65	115	-	-
จุดที่ 10	27	36	65	102	-	-

หมายเหตุ : (+) = มีฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์ , (-) = ไม่มีฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์



**ตารางที่ 7** ค่าเฉลี่ยของโคโลนี revertant จากการทดสอบความสามารถในการก่อการกลายพันธุ์ ของตัวอย่างตะกอนดินในเชื้อ *S. typhimurium* สายพันธุ์ TA98 และ TA100

ตัวอย่างที่ทดสอบ	ค่าเฉลี่ยของโคโลนี				ฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์	
	TA98		TA100		TA98	TA100
	Spontaneous (Negative control)	Revertant	Spontaneous (Negative control)	Revertant		
1- aminopyrene (Positive control)	27	90			+	
Sodium azide (Positive control)			65	620		+
จุดที่ 1	27	22	65	103	-	-
จุดที่ 2	27	22	65	123	-	-
จุดที่ 3	27	19	65	98	-	-
จุดที่ 4	27	21	65	99	-	-
จุดที่ 5	27	28	65	87	-	-
จุดที่ 6	27	30	65	104	-	-
จุดที่ 7	27	23	65	95	-	-
จุดที่ 8	27	20	65	122	-	-
จุดที่ 9	27	42	65	97	-	-
จุดที่ 10	27	39	65	110	-	-

หมายเหตุ : (+) = มีฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์ , (-) = ไม่มีฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์



## การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

### (1) คุณภาพน้ำและตะกอนดินทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ

#### (1.1) คุณภาพน้ำ

จากตารางที่ 1 พบว่าน้ำทุกจุดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน คือมี pH ในช่วง 5-9 และเป็นช่วง pH ที่ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ รวมทั้งไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ในน้ำ (วงศต ชลเทพ. 2552) สำหรับค่า COD ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกเป็นพารามิเตอร์ที่ช่วยบ่งชี้ความสกปรกของแหล่งน้ำเบื้องต้น ซึ่งจากการสำรวจพบว่าคุณภาพน้ำโดยรวมของคลองชวดหมั่นอาจจะมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ โดยน้ำจุดที่ 8 มีค่า COD สูงที่สุด เนื่องจากน้ำจุดที่ 8 เป็นน้ำจากบริเวณใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้งหลังโรงอาหาร ทำให้มีสารอินทรีย์เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมันสูง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาสภาพนำไฟฟ้าของน้ำทุกจุดมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีความอยู่ในช่วง 919 ถึง 1490  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ยกเว้นน้ำจุดที่ 6 มีสภาพนำไฟฟ้าสูงกว่าบริเวณอื่น คือ 3,660  $\mu\text{S}/\text{cm}$  เนื่องจากน้ำจุดที่ 6 เป็นน้ำจากบริเวณใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานเหล็ก (ผลิตน็อต) ซึ่งอาจทำให้มีปริมาณสารละลายอนินทรีย์อยู่ในน้ำปริมาณมากจากกระบวนการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ของโรงงานเหล็ก ซึ่งสารละลายอนินทรีย์เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จึงมีผลต่อสภาพการนำไฟฟ้า เช่นเดียวกับค่าไนเตรตของน้ำที่มีปริมาณสูงในจุดที่ 6 สันนิษฐานว่าน้ำจะเกิดจากน้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากโรงงานเหล็ก (ผลิตน็อต) เนื่องจากในกระบวนการผลิตเหล็กจะต้องมีการกำจัดสารไนโตรเจนออกจากวัตถุดิบที่เป็นแร่เหล็ก เมื่อ

ปล่อยลงสู่คลองชวดหมั่นจะมีการเปลี่ยนแปลงด้วยกระบวนการวัฏจักรไนโตรเจนตามธรรมชาติด้วยแบคทีเรียในน้ำทำให้เกิดไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของสารประกอบไนเตรต (Ashby and David Jones.1992) สำหรับค่าแอมโมเนียของน้ำทุกจุดมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน โดยน้ำจุดที่ 10 มีปริมาณแอมโมเนียมากที่สุด สันนิษฐานว่ามาจากการปล่อยน้ำเสียจากบ้านเรือนและหอพักต่างๆ

คุณภาพน้ำทางชีวภาพเป็นอีกตัวชี้วัดหนึ่งที่มีผลการสำรวจพบว่า มีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียทั้ง Coliform, Fecal Coliform และ E. Coli ซึ่งโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เป็นสิ่งบ่งชี้ว่าไม่สะอาดและหากนำมาบริโภคโดยไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้ออาจเป็นสาเหตุของโรคทางเดินอาหาร ซึ่งในกรณีของคุณภาพน้ำทางชีวภาพในการวิจัยครั้งนี้ให้ความสำคัญกับกลุ่ม fecal Coliform และ E. Coli เพื่อเป็นการยืนยันผลการสำรวจว่าคุณภาพน้ำในลำคลองไม่เหมาะสมแก่การนำมาใช้อุปโภคบริโภคสำหรับมนุษย์ แต่อาจใช้เพื่อกิจกรรมทางน้ำอื่น เช่น การคมนาคม การเกษตรกรรม เป็นต้น

#### (1.2) คุณภาพตะกอนดิน

จากตารางที่ 2 พบว่าตะกอนดินทุกจุดมีสภาพเป็นต่างเล็กน้อย โดยตะกอนดินทุกจุดมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่า pH ดังกล่าวเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานจากประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (2547) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน (กรมควบคุมมลพิษ. 2551) สำหรับค่าไนเตรต (Nitrate) ในตะกอนดินพบว่า จุดที่ 4 มีปริมาณไนเตรตมากที่สุด



สันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากน้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากโรงงานปลากระป๋อง เนื่องจากกระบวนการผลิตปลากระป๋องมีการเนาเปื่อยของปลาที่ใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับค่าแอมโมเนีย ในตะกอนดินจุดที่ 3 มีปริมาณแอมโมเนียสูงที่สุด รองลงมา คือ ตะกอนดินจุดที่ 4 ซึ่งสันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากสาเหตุเดียวกับปริมาณไนเตรต คือ โรงงานปลากระป๋อง ซึ่งสอดคล้องกับการอธิบายการเกิดแอมโมเนียในตะกอนดินที่ว่าแอมโมเนียในตะกอนดินเป็นผลมาจากกระบวนการทางชีวเคมีของการเนาเปื่อยสารอินทรีย์ เมื่อมีการสะสมสารอินทรีย์ที่ตะกอนดิน แบคทีเรียจะเริ่มกระบวนการเปลี่ยนสารอินทรีย์ไนโตรเจนได้เป็นแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) และไนไตรท์ ( $\text{NO}_2^-$ ) แอมโมเนียที่ตรวจวัดในน้ำตะกอนดิน (pore water) หรือน้ำชะตะกอนดิน (elutriate) จะอยู่ในรูป ของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด (Total Ammonia as Nitrogen: TAN) ประกอบด้วยแอมโมเนียที่อยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออน ( $\text{NH}_4^+$ ) และแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ซึ่งความเป็นอันตรายของแอมโมเนียที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตในตะกอนดินขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งมีชีวิต (US EPA. 2011)

## (2) ปริมาณโลหะหนักในน้ำและตะกอนดิน

### (2.1) ปริมาณโลหะหนักในน้ำ

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์โลหะจากน้ำทั้ง 10 จุด พบว่าชนิดของโลหะหนักที่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ได้แก่ เหล็ก ตะกั่ว และสารหนู ในบางจุด กล่าวคือ ปริมาณเหล็กในน้ำจุดที่ 8 มีปริมาณสูงที่สุดโดยเป็นน้ำจากบริเวณใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้งหลังโรงอาหาร

ซึ่งเหล็กที่พบอาจเป็นเหล็กอินทรีย์ซึ่งเป็นสารประกอบของเหล็กที่อยู่ร่วมกับสารอินทรีย์ซึ่งเกิดจากการเนาเปื่อยของพืชในน้ำ (มันส์ตันทูลเวสต์. 2551: 205-208) สำหรับปริมาณตะกั่วจากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าตะกั่วอาจจะมีแหล่งกำเนิดจากน้ำเสียจากโรงงานผลิตเหล็ก โรงงานปลากระป๋องเนื่องมาจากกระบวนการผลิต หรือมีแหล่งกำเนิดจากสิ่งของในชีวิตประจำวัน เช่น แบตเตอรี่ หมึก สี ท่อ จากผลการสำรวจพบว่าปริมาณตะกั่วในคลองชวดหมันทั้ง 10 จุดมีความใกล้เคียงกัน แนวโน้มของการปนเปื้อนตะกั่วมีการปนเปื้อนทั้งลำน้ำ สันนิษฐานว่าตะกั่วมีการไหลจากจุดกำเนิดหนึ่งจุดแล้วสะสมในลำน้ำ หรือมีจุดกำเนิดหลายจุด แล้วสะสมใกล้แหล่งกำเนิดเหล่านั้น โดยจากการสำรวจพบว่า น้ำจากจุดที่ 1 มีปริมาณตะกั่วมากที่สุด อาจเนื่องมาจากการปล่อยน้ำเสียของโรงงานเหล็กและโรงงานปลากระป๋อง

ปริมาณสารหนูของตัวอย่างน้ำทั้ง 10 จุด อยู่ในช่วง 0.0012 ถึง 0.13 mg/l โดยมิจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่มีปริมาณสารหนูเกินค่ามาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3 เล็กน้อยสองจุดคือ น้ำจุดที่ 1 เป็นน้ำบริเวณสะพานคลองชวดหมันข้างหอพักกรมคลอง มีปริมาณสารหนู 0.0128 mg/l และน้ำจุดที่ 2 เป็นน้ำบริเวณใกล้จุดปล่อยน้ำของหอพักกรมคลอง สันนิษฐานว่าน้ำจะมีสาเหตุเดียวกันเนื่องจากแหล่งเก็บน้ำตัวอย่างทั้ง 2 จุดอยู่ในบริเวณแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีลักษณะกิจกรรมที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคืออาจเกิดจากกิจกรรมของชุมชน เช่น การฉีดยากำจัดวัชพืชริมคลอง (กนกอร ศรีจันทวงษ์และคณะ.





2551: 18-20) ซึ่งสารหนูอาจถูกนำมาใช้เป็นวัตถุพิษในการผลิตยากำจัดศัตรูพืช ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าวัชพืช ในกลุ่ม Dimethylarsinate เป็นต้น (สถาบันอาหาร. 2547)

## (2.2) ปริมาณโลหะในตะกอนดิน

จากตารางที่ 4 ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะจากตะกอนดิน พบว่า โลหะหนักในตะกอนดินทั้ง 10 จุด อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพร่างค่ามาตรฐานตะกอนดินจากสารอันตราย (กรมควบคุมมลพิษ.2553) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาโลหะหนักที่มีปริมาณมากที่สุดในตะกอนดิน พบว่า คือปรอท ในจุดที่ 2 มีปริมาณ 0.5846  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ซึ่งสารปรอทเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่งที่น่ามาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ เทอร์โมมิเตอร์ ถ่านไฟฉาย สีทาอาคาร สารเหล่านี้มีการใช้ในชีวิตประจำวัน โดยอาจจะปนเปื้อนในตะกอนดินในจุดที่ 2 คือ หอพัก ทำให้บริเวณนี้มีปริมาณปรอทสูงกว่าบริเวณอื่นๆ นอกจากนี้หากพิจารณาจุดเก็บตะกอนดินจุดที่ 6 ตะกอนดินใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานเหล็ก พบว่าตะกอนดินบริเวณนี้มีปริมาณโลหะหลายชนิดด้วยกันที่มีค่าสูง แต่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งจากข้อมูลเบื้องต้นพบว่าในกระบวนการผลิตเหล็กมีการใช้โลหะหลายประเภทเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น เหล็กโครเมียม แมงกานีส นิกเกิล และทองแดง (สถาบันเหล็กกล้าและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย.2551) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณโลหะชนิดดังกล่าวที่ตรวจพบในตะกอนดินจุดที่ 6 จึงอาจสันนิษฐานได้ว่า โรงงานเหล็กอาจเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ ประเภทหนึ่งที่ทำให้ปริมาณโลหะหลายชนิดสูงในตะกอนดินคลองชวดหมัน

อย่างไรก็ตามโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในตะกอนดินอาจอยู่ในรูปที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำเนื่องจากความเป็นพิษของโลหะหนักในตะกอนดินขึ้นอยู่กับสัดส่วนของโลหะหนักที่สามารถเข้าสู่ร่างกายของ สัตว์หน้าดินได้ (Bioavailability) ซึ่งสัดส่วนนั้นขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของตะกอนดิน โดยคุณลักษณะของตะกอนดินที่สำคัญที่มีผลต่อความเป็นพิษของโลหะหนักคือการมีสารกลุ่มที่สามารถจับกับโลหะหนักให้กลายเป็นของแข็งหรือสารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่สามารถเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตในน้ำและสัตว์หน้าดินได้ สารกลุ่มที่มีความสำคัญต่อการทำนายความเป็นพิษของสารอันตรายกลุ่มโลหะหนักได้แก่ ซัลไฟด์ในตะกอนดินโดยเฉพาะที่อยู่ในรูปเหล็กซัลไฟด์ (FeS) และแมงกานีสซัลไฟด์ (MnS) หรือที่รวมเรียกว่า Acid Volatile Sulfides (AVS) เนื่องจากซัลไฟด์ที่จับกับเหล็กและแมงกานีสสามารถแตกตัวได้ง่ายและมาจับกับโลหะหนัก ที่มีค่าออกอน +2 ได้ เช่น Ca, Cd, Pb, Ni, Cu และ Zn ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบระดับความเป็นพิษด้วยค่า IC50 ที่พบว่าเป็นภาพรวมเฉลี่ยมีค่าสูงกว่า 50% แสดงให้เห็นว่าระดับความเป็นพิษยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

## (3) ระดับความเป็นพิษเฉียบพลันของสารมลพิษรวมในน้ำและตะกอนดิน

จากตารางที่ 5-6 การงอกของน้ำทั้ง 10 จุด พบว่าน้ำจุดที่ 2, 4, 5, 9 และ 10 มีค่า IC50 ของการงอกเท่ากับ 116.48%, 202.52%, 215.15%, 241.99% และ 206.79% ตามลำดับ ซึ่งน้ำจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุดดังกล่าว มีค่า IC50 ของการงอกเกิน 100 % ดังนั้นจึงอาจสรุป



ได้ว่า น้ำมีความเป็นพิษน้อยจนเกือบไม่มีความเป็นพิษ สำหรับบริเวณอื่นๆ มีระดับความเป็นพิษสูงกว่า 50% ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าความเป็นพิษเฉียบพลันของสารมลพิษรวมที่อยู่ในน้ำคลองขวดหมั่นตลอดลำน้ำไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีระดับความเป็นพิษที่ไม่รุนแรง ซึ่งสอดคล้องกับผลของระดับความเป็นพิษที่แปลผลด้วยค่า IC50 ของความยาวรากที่มีค่าเกิน 100% อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาระดับความเป็นพิษร่วมกับคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งมีบางจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่มีบางพารามิเตอร์ที่เกินกว่ามาตรฐานต่างๆที่กำหนด แต่พารามิเตอร์เหล่านั้นยังไม่อยู่ในความเข้มข้นที่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นพิษจากการทดสอบด้วยวิธี seed germination/root elongation ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าวิธีดังกล่าวอาจจะไม่มีความไว (sensitivity) เพียงพอที่จะประเมินความเป็นพิษของสารมลพิษรวมที่สะสมอยู่ในน้ำในคลองขวดหมั่น สำหรับระดับความเป็นพิษของตะกอนดินคลองขวดหมั่นพบว่า ตะกอนดินจากจุดที่ 7 มีค่า IC50 น้อยที่สุด คือ 44.85 % จึงมีระดับความเป็นพิษมากกว่าจุดอื่น ซึ่งจุดดังกล่าวเป็นบริเวณบ่อเลี้ยงปลาอาจสันนิษฐานได้ว่าอาจมีการใช้สารเคมีบางประเภท เช่น ยาปฏิชีวนะที่ใช้ในการเลี้ยงปลา สารกำจัดเชื้อรา เป็นต้น ทำให้ตะกอนดินมีการสะสมของสารเคมีดังกล่าวซึ่งสารเคมีเหล่านี้ทำให้ตะกอนบริเวณนี้มีความเป็นพิษสูงกว่าบริเวณอื่น (กรมควบคุมมลพิษ. 2554) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาระดับความเป็นพิษในภาพรวมของตะกอนคลองขวดหมั่น พบว่า โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่สูงกว่า 50 % ทั้งในส่วนของคุณค่า IC50 ของการงอกและความยาวราก ดังนั้นจึงอาจ

กล่าวได้ว่าการปนเปื้อนของสารมลพิษรวมที่อยู่ในตะกอนดินมีระดับความเป็นพิษน้อย อย่างไรก็ตามการทำการกิจกรรมใดที่เป็นกระบวนการชะของตะกอนดิน เช่น การขุดลอกคลอง ยังคงต้องดำเนินการด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารมลพิษรวมที่สะสมในตะกอนดินสู่แหล่งน้ำและสะสมในสิ่งมีชีวิตในน้ำ

#### (4) การกลายพันธุ์ของสารมลพิษรวมในน้ำและตะกอนดิน

สารมลพิษที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติที่เป็นสารก่อกลายพันธุ์มีอยู่ด้วยกันหลายกลุ่ม เช่น ยาฆ่าแมลง ยากำจัดวัชพืช ยากำจัดเชื้อรา โลหะหนัก เช่น สารหนู ปรอท เป็นต้น ซึ่งการปนเปื้อนสารเหล่านี้มาจากน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการบำบัดจากทั้งภาคชุมชน อุตสาหกรรม และการเกษตร โดยการทดสอบเบื้องต้นว่าความเข้มข้นของสารมลพิษเหล่านั้นอยู่ในระดับที่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ได้หรือไม่วิธีหนึ่งการคัดกรองด้วยวิธีเอ็มเอส ซึ่งผลของการกลายพันธุ์อาจนำไปสู่ข้อควรระวังของการพัฒนาเป็นสารก่อมะเร็งได้ หากมีการรับสัมผัสอย่างต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตามจากตัวอย่างน้ำและตะกอนดินทั้งหมด เมื่อนำมาทดสอบฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์โดยดูความสามารถของเชื้อแบคทีเรีย *S. typhimurium* สายพันธุ์ TA98 หรือ TA100 สามารถอธิบายได้ 2 ลักษณะคือ สารมลพิษที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำดังกล่าวไม่มีสารใดที่มีฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม หรือมีความเป็นไปได้ว่าอาจเกิดจากความไม่เหมาะสมของสายพันธุ์ของเชื้อที่นำมาทดสอบโดยเฉพาะ *S. typhimurium* สายพันธุ์ TA100 ซึ่งสอดคล้อง



กับงานวิจัยของ Varella และคณะ (2004) ที่ได้รายงานว่ายายพันธุ์ TA100 นั้นยากต่อการตอบสนองต่อการเหนี่ยวนำกลับของสารเคมีที่นำมาศึกษา โดยให้เหตุผลว่าอาจเกิดจากการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงยีนต่างจากสายพันธุ์ TA98 ซึ่งสายพันธุ์ TA100 จะมีกลไกการกลายพันธุ์แบบ base-pair substitution ที่จะไม่ปรากฏการแสดงออกทาง phenotype อย่างเด่นชัดเมื่อเกิดการกลายพันธุ์ ต่างจากสายพันธุ์ TA98 ที่มีกลไกการกลายพันธุ์แบบ frameshift mutation ซึ่งมีผลต่อการแสดงออกของ phenotype ที่เด่นชัดหากมีการกลายพันธุ์เกิดขึ้น จึงควรมีการพัฒนาสายพันธุ์ของ *S. typhimurium* เพื่อให้มีความไวและความจำเพาะต่อการทดสอบฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป นอกจากนี้การที่จะสามารถสรุปได้ว่าตัวอย่างน้ำและตะกอนดินที่นำมาทดสอบมีสารก่อการกลายพันธุ์ที่มีผลต่อยีนของมนุษย์นั้นควรมีการทดสอบเพิ่มเติมโดยใช้การทดสอบที่ใช้ยีนของสิ่งมีชีวิตที่ใกล้เคียงกับมนุษย์ เช่น หนู ได้แก่ วิธี mouse lymphoma assay หรือการใช้ยีนของมนุษย์ ได้แก่ วิธี chromosome aberration อย่างไรก็ตาม การศึกษาฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์เบื้องต้นโดยวิธีเอมส์โดยใช้แบคทีเรียในการทดสอบก่อนนั้นเป็นการคัดกรองหาสารเคมีที่มีฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์ เพราะสามารถทดสอบได้ง่าย สะดวก และให้ผลที่รวดเร็ว

## ข้อเสนอแนะ

(1) ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยที่พบและการนำไปใช้

จากผลการวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยที่สามารถนำไปใช้คือ

1. ปริมาณไนเตรตและแอมโมเนียในน้ำสูงรวมทั้งปริมาณเหล็ก ตะกั่ว และสารหนูในน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีปริมาณสูงกว่ามาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งแหล่งกำเนิดของสารดังกล่าวมาจากหลายแหล่งกำเนิด ซึ่งหากเปรียบเทียบข้อมูลการสำรวจคลองขุดหมันเบื้องต้นพบว่า แหล่งที่พักอาศัยจำนวนมากปล่อยน้ำทิ้งลงคลองโดยไม่ผ่านการบำบัด การใช้น้ำจากการเกษตรกรรม และการปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่ง ดังนั้นชุมชนและส่วนราชการที่เกี่ยวข้องควรเข้ามามีส่วนร่วมอย่างจริงจังในการกำหนดให้มีการบำบัดน้ำเสียให้ได้มาตรฐานก่อนระบายทิ้งลงคลองขุดหมัน และควรมีการตรวจเพื่อเฝ้าระวังคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่อง

2. ข้อมูลการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำและตะกอนดินส่วนใหญ่รวมทั้งผลการทดสอบความเป็นพิษแม้จะอยู่ในระดับต่ำแต่สามารถใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการจัดการคุณภาพน้ำได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวางแผนการขุดลอกคลองขององค์การบริหารส่วนตำบลบางโฉลง เพื่อให้การดำเนินการเกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและชุมชนที่อาศัยอยู่โดยรอบริมคลองให้น้อยที่สุด

3. จากข้อมูลคุณภาพน้ำและตะกอนดินด้านต่างๆจากการวิจัยสามารถแนะนำเบื้องต้นได้ว่าควรใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำเพื่อการสัญจร การเกษตร และการสันทนาการ แต่ไม่แนะนำให้ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค



(2) ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป  
ควรใช้การทดสอบระดับความเป็น  
พิษชนิดอื่นที่มีความไว (sensitivity) มากกว่า  
การทดสอบด้วยวิธี seed germination/root

elongation เช่น การทดสอบด้วยจุลินทรีย์ หรือ  
การทดสอบความเป็นพิษของตะกอนดินโดยการใช้  
สัตว์หน้าดินโดยตรงเพื่อยืนยันระดับความเป็นพิษ

### บรรณานุกรม

- กนกอร ศรีจันทวงษ์ และคณะ. (2551) รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาคุณภาพน้ำในคลองชวดหมัน.  
สมุทรปราการ : มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ. (2551) พระราชบัญญัติส่งเสริม  
และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535. [Online] Available : <http://www.pcd.go.th> (15 สิงหาคม 2551)
- กรมควบคุมมลพิษ. (2553) รายงานการศึกษาการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดินในแหล่ง  
น้ำผิวดิน. [Online] Available : <http://www.pcd.go.th> (3 กันยายน 2553)
- กรมควบคุมมลพิษ. (2554) มลพิษในตะกอนดิน. ส่วนแหล่งน้ำทะเล สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ.  
[Online] Available : [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/water\\_marine.html](http://www.pcd.go.th/info_serv/water_marine.html) (2 มีนาคม  
2554)
- กษมา นันถิณีดี และคณะ. (2551) รายงานการวิจัยเรื่อง การทดสอบความเป็นพิษของน้ำโดยใช้เมล็ด  
ข้าวเป็นตัวชี้วัด. สมุทรปราการ : มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.
- จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2548) ดินตะกอน. เอกสารการเรียนการสอนภาควิชาชีววิทยาประมง.  
กรุงเทพมหานคร : คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทองใบ เวชพันธ์ และ ภรณี หวังอำรงวงศ์. (2541) ผลของน้ำชะมูลฝอยและน้ำกากส่าต่อการเจริญ  
เติบโตของพืชเศรษฐกิจบางชนิด. กรุงเทพมหานคร : คณะสาธารณสุขศาสตร์และ  
สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล.
- มันลิน ตันทุลเวศม์ และ มันรัชต์ ตันทุลเวศม์. (2551) คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 3.  
กรุงเทพมหานคร : แชน. อี 68 แลป.
- วงกต ชลเทพ. (2552) พีเอช. วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีลำพูน. [Online] Available : <http://www.lcat.ac.th/vongkot/p64.doc> (6 กันยายน 2552)



- สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. (2551) อุตสาหกรรมเหล็ก [Online] Available : <http://www.isit.or.th/th/home/index.php> (6 กันยายน 2552)
- สถาบันอาหาร. (2547) **สารหนู**. [Online] Available : <http://www.konayutthaya.com/jpo/files/disease/arsenic.pdf> (2 กันยายน 2552)
- Ashby, M. F. and David, R. H. Jones. (1992) **Engineering Materials 2**. Oxford : Pergamon Press.
- Chuan, L. L. and I. Sugahara. (1984) **A Manual on Chemical Analysis of Coastal Water and Bottom Sediment**. Primary Production Department/Marine Fisheries Research. [Online] Available : <http://www.nicaonline.com/download/analysis4.pdf> (1 สิงหาคม 2552)
- EPA (United States Environmental Protection Agency). (1996) **Prevention, Pesticides and Toxic Substances (7101)**. EPA 712-C-96-154. Ecological effect test guideline (OPPTS 850.4200 Seed Germination/Root Elongation Toxicity Test).
- Mortelmans, K. and Zeiger, E. (2000) "The Ames Salmonella/microsome mutagenicity assay" **Mutat Res.** 20 page 29-60.
- US Environmental Protection Agency. (2011) **Toxicants in sediment**. [Online] Available : <http://www.epa.gov/region2/water/dredge/testing.htm> (2 มีนาคม 2554)
- Varella, S.D. et al. (2004) **Mutagenic activity in waste from an aluminum products factory in Salmonella/microsome assay**.

