

# การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณแร่ธาตุในดิน น้ำ และเลือดปลาดุกค้ำจวน จากบ่อเลี้ยงในจังหวัดนครปฐม ลพบุรี และสุพรรณบุรี

Studies on the Relationships of Mineral Elements in Mud, Water and Blood of Walking Catfish, *Clarias batrachus* (Linnaeus) in the Fishpond in Nakhon Pathom, Lop Buri and Suphan Buri Provinces.

สงศรี มหาสวัสดิ์<sup>1</sup> และ ชัยชาญ มหาสวัสดิ์<sup>2</sup>

Songsri Mahasawasde and Chaichan Mahasawasde

## ABSTRACT

The relationships between the mineral elements in mud, water and in the blood of the walking catfish *Clarias batrachus* (Linnaeus) were studied. The samples were collected during January to August of 1985 from three provinces, Nakhon Pathom, Lop Buri and Suphan Buri. Nine mineral elements, including sodium (Na), potassium (K), iron (Fe), zinc (Zn) magnesium (Mg), manganese (Mn), calcium (Ca), phosphorus (P) and copper (Cu) were analyzed. The result showed that the concentrations of mineral elements in the mud and water sample were not different. The amount of the mineral elements in the walking catfish blood was high. The information obtained from walking catfish blood could be used as a guideline for the future research on the mineral elements in the aquatic animals.

## บทคัดย่อ

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของแร่ธาตุอาหาร 9 ชนิด ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม เหล็ก สังกะสี แมกนีเซียม แมงกานีส แคลเซียม ฟอสฟอรัส และ ทองแดง ในตัวอย่าง ดิน น้ำ และเลือดปลาดุกค้ำจวน จากบ่อเลี้ยงปลาในจังหวัดนครปฐม ลพบุรี และ สุพรรณบุรี ระหว่างเดือนมกราคมถึงสิงหาคม 2528 แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของแร่ธาตุทั้ง 9 ชนิด ระหว่าง ดิน : น้ำ มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในเลือดปลาจะมีสัดส่วนที่สูงกว่าดินและน้ำอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้ข้อมูลการศึกษา ในเลือดปลาดุกค้ำจวนนี้ เป็นข้อมูลขั้นพื้นฐานที่ไม่เคย

มีการศึกษามาก่อน อันเป็นแนวทางที่ใช้ศึกษาวิจัย ปริมาณแร่ธาตุในเลือดปลาชนิดอื่น ๆ ต่อไป ทั้งใน ปลาดุกค้ำจวนและในสภาวะที่เป็นโรค

## คำนำ

การเลี้ยงปลาดุกตามฟาร์มต่าง ๆ มักนิยม เลี้ยงในบ่อดินและปล่อยปลาอ่อนข้างหนาแน่น อาหาร ส่วนใหญ่เป็นปลาเป็ดผสมรำข้าว และบางแห่งใส่ มูลไก่ผสม การเลี้ยงปลาจะใช้น้ำจากคลองส่งน้ำ ชลประทานเป็นหลัก น้ำจากคลองชลประทานจะ

1 ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
Dept. of Fishery Biology, Faculty of Fishery, Kasetsart Univ.

2 ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไหลผ่านสวนไร่นาต่าง ๆ รวมทั้งการไหลรวมของน้ำฝนที่จะชะล้างสิ่งต่าง ๆ บนพื้นดินไหลลงสู่แหล่งรับน้ำในคลองชลประทาน เมื่อนำน้ำไปเลี้ยงปลาปริมาณสารเคมีหรือแร่ธาตุอาหารที่ปะปนมากจะสะสมอยู่ในบ่อดิน น้ำ และในตัวปลา การเลี้ยงปลานั้นจำเป็นต้องให้อาหารครบถ้วนทั้ง 5 หมู่ แร่ธาตุอาหารจัดว่าเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากเป็นกลุ่มธาตุอาหารที่ร่างกายขาดไม่ได้ ร่างกายจำเป็นต้องใช้ในการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ตลอดจนโครงสร้างของตัวปลาด้วย แร่ธาตุอาหารนี้ ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม เหล็ก สังกะสี แมกนีเซียม แมงกานีส และทองแดง เป็นต้น ปกติปลาจะรับปริมาณแร่ธาตุอาหารที่ต้องการจากอาหารที่กินเข้าไปหรือจากน้ำที่อยู่ล้อมรอบ รวมทั้งดินและปุ๋ยที่ไหลลงในบ่อ

ในการเลี้ยงปลา นอกจากธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของปลาแล้ว ควรคำนึงถึงสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ เช่น คุณภาพน้ำ ควรวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ฯลฯ สิ่งที่ต้องพิจารณาพร้อมไปกับคุณภาพน้ำคือ คุณภาพของดินในบ่อเลี้ยงปลา เพราะดินเป็นสิ่งที่จะมีอิทธิพลต่อคุณภาพของน้ำในบ่อ น้ำจะเป็นตัวละลายธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินออกมา ถ้าดินนั้นเป็นดินเปรี้ยวหรือดินกรด จะทำให้น้ำเป็นกรดด้วย ซึ่งเป็นอันตรายต่อปลามาก

เนื่องจากปลาดุกเป็นปลาที่นิยมเลี้ยงขายกันมาก แต่การศึกษาเกี่ยวกับปริมาณแร่ธาตุต่าง ๆ ที่สะสมในบ่อดิน น้ำ และตัวปลา ยังมีการศึกษาน้อย เพราะปริมาณแร่ธาตุถึงแม้จะเป็นสิ่งจำเป็นที่ร่างกายขาดไม่ได้ แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปก็จะเป็นประเด็นหนึ่งที่ก่อให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับปลาที่เลี้ยง (Boyd, 1982) โดยมีผลทำให้ปลาเกิดความเครียด ร่างกายอ่อนแอและมีโอกาสติดเชื้อได้ง่าย ในการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างดิน น้ำ และเลือดปลาดุก จากฟาร์มที่ทำการเลี้ยงปลาเป็นอาชีพของจังหวัดนครปฐม ลพบุรี และสุพรรณบุรี เพื่อศึกษาปริมาณแร่ธาตุในดิน น้ำ และเลือดปลาว่ามีความสัมพันธ์มากน้อยแค่ไหน

## อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บตัวอย่างดิน น้ำ และเลือดปลา จากบ่อเลี้ยงปลาดุก 3 จังหวัด คือ จ. นครปฐม อ. สามพราน จ. ลพบุรี อ. เมือง ต. ป่าหวาย และ จ. สุพรรณบุรี อ. บางปลาม้า ต. มะขามล้ม โดยเก็บตัวอย่างในเดือนมกราคม มีนาคม พฤษภาคม กรกฎาคม และสิงหาคม พ.ศ. 2528

– การเก็บตัวอย่างดิน จะตักดินได้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาดุก หนักประมาณ 1 กิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติกใช้กระดาษอะลูมิเนียมหุ้มให้มิดชิด

– การเก็บตัวอย่างน้ำ ใช้ขวดพลาสติกหุ้มด้วยกระดาษอะลูมิเนียม เก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาดุก ปริมาณ 1.5 ลิตรต่อการเก็บตัวอย่างหนึ่งครั้ง

– การเก็บตัวอย่างเลือดปลาดุก นำตัวอย่างปลาดุกมาชั่งน้ำหนักและวัดความยาว ใช้ปลาดุกครั้งละ 2-4 ตัว ทำให้ปลาสลบด้วยยาสลบควินาสดิน ให้สลบอย่างอ่อน แล้วตัดหางปลา เก็บตัวอย่างเลือดใส่ขวดที่ฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้ว ทิ้งให้เลือดแข็งตัวแล้วเก็บส่วนของซีรัมแช่เย็นแล้วนำกลับมาแช่ตู้เย็น

นำตัวอย่างดิน น้ำ และเลือดปลาตรวจวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุโซเดียม, โพแทสเซียม, แมงกานีส เหล็ก สังกะสี ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม แคลเซียม และทองแดง ด้วยเครื่องอะตอมมิก แอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic absorption spectrophotometer, Mode Flame Emission, Hitachi 170-30 ของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขณะที่ทำการเก็บตัวอย่าง จะวัดคุณภาพของน้ำบางอย่างด้วย คือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินและน้ำ ความขุ่นใสของน้ำ โดยวัดด้วยเครื่องมือ water quality checker และวัดความนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, E.C.) เป็นการวัดปริมาณเกลือของแร่ธาตุไอออนลบ เช่น คาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต คลอไรด์ และซัลเฟตของดินและน้ำ ด้วยเครื่องมือ Conductivity bridge ที่ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร

## ผลและวิจารณ์

1. ปริมาณโซเดียมในดิน น้ำ และเลือดปลา แต่ละจังหวัดแสดงไว้ในตารางที่ 1 และแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณโซเดียมในดิน น้ำ และเลือดปลาของ 3 จังหวัดในรูปที่ 1 พบว่า ค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีของโซเดียมในดินและน้ำของจังหวัดนครปฐมและลพบุรีมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนจังหวัดสุพรรณบุรีในดินจะมีค่าสูงกว่าในน้ำมาก ส่วนโซเดียมในเลือดปลาจะพบว่าปริมาณสูงทั้ง 3 จังหวัด เนื่องจากบ่อเลี้ยงปลาของจังหวัดนครปฐมและลพบุรีเป็นบ่อที่เลี้ยงปลาประมาณ 6 ปี ส่วนจังหวัดสุพรรณบุรีเลี้ยงมาแล้ว 15 ปี ประกอบกับระยะ 2-3 ปีมานี้ บ่อเลี้ยงปลาได้ประสบปัญหาเกี่ยวกับโรคระบาดปลา และมีการส่งเสริมให้ใช้เกลือแคง ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ดี สาคั่วบ่อ เมื่อมีเกลือในบ่อมาก เพื่อรักษาความสมดุลภายในตัวปลา (Osmoregulatory function) ปริมาณโซเดียมอาจจะถูกดูดซึมเข้าไปในตัวปลาได้ และเกลือบางส่วนจะถูกดูดซึมอยู่ในเม็ดดินบ้าง (จักรพงษ์และวิศิษฐ, 2520)

เมื่อเทียบสัดส่วนปริมาณโซเดียมในดิน น้ำ และเลือดปลา ในจังหวัดนครปฐม 1 : 1 : 92 จังหวัดลพบุรี 2 : 1 : 116 และจังหวัดสุพรรณบุรี 5 : 1 : 167 ซึ่ง 2 จังหวัดแรกความสัมพันธ์ของดินและน้ำจะมีความสัมพันธ์กัน ยกเว้นจังหวัดสุพรรณบุรีซึ่งเป็นบ่อเก่า อาจจะมีการสะสมของพวกธาตุอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ได้จากการให้อาหารที่เหลือตกค้างอยู่ภายในบ่อสะสมมาเป็นเวลาหลาย ๆ ปี สำหรับปริมาณโซเดียมในน้ำ เท่าที่มีรายงานของจักรพงษ์และวิศิษฐ (2520) พบว่า ในแหล่งน้ำธรรมชาติของไทยจะมีปริมาณโซเดียม 10.7 มก./ลิตร ส่วนในดินและเลือดปลายังไม่พบรายงาน

2. ปริมาณโพแทสเซียมในดิน น้ำ และเลือดปลา แต่ละจังหวัดแสดงไว้ในตารางที่ 2 และแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 2 พบว่า ข้อมูลที่ได้คล้ายกับปริมาณโซเดียม เมื่อเทียบสัดส่วนแล้วระหว่างดิน น้ำ และเลือดปลา ในจังหวัดนครปฐม 1 : 1 : 190

จังหวัดลพบุรี 1 : 1 : 194 และจังหวัดสุพรรณบุรี 1 : 1 : 234 จะเห็นว่าปริมาณโพแทสเซียมในเลือดปลาสูง ในดินและน้ำก็ค่อนข้างสูง เพราะตามที่มีรายงาน ปริมาณโพแทสเซียมในแหล่งน้ำธรรมชาติของไทยมีประมาณ 2.5 มก./ลิตร และมีการสำรวจแหล่งน้ำในจังหวัดนครปฐมและจังหวัดสุพรรณบุรี ในปี 2516-2519 พบว่า มีปริมาณเพียง 3.82 และ 2.97 มก./ลิตร (จักรพงษ์และวิศิษฐ, 2520) สำหรับในดิน ปริมาณโพแทสเซียมโดยทั่วไปมักจะสูง เพราะโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในแร่ต่าง ๆ หลายชนิด เป็นองค์ประกอบของหินที่ให้กำเนิดดิน (สรสิทธิ์และคณะ, 2527) ส่วนในเลือดปลานั้นยังไม่มีรายงาน อย่างไรก็ตาม แร่ธาตุอาหารโพแทสเซียมและโซเดียมจัดว่าเป็นธาตุหลักที่มีความสำคัญต่อการทำงานของร่างกายสัตว์ซึ่งขาดไม่ได้ หากเกิดความไม่สมดุลของแร่ธาตุอาหาร 2 ชนิดนี้ทำให้ร่างกายของสัตว์ป่วยได้ (มาลินี, 2527) อีกอย่างที่ต้องคำนึงถึงก็คือ ปัจจุบันเกษตรกรทั่วไปมักจะใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (N.P.K.) ลงในสวนไร่นา ซึ่งปุ๋ยเหล่านี้อาจถูกน้ำฝนที่ตกลงมาชะล้างปริมาณแร่ธาตุไหลรวมลงสู่แหล่งรับน้ำคลองชลประทาน ซึ่งเป็นแหล่งน้ำหมุนเวียนสู่การเกษตรและฟาร์มบ่อเลี้ยงปลาทั้งหลาย

3. ปริมาณแมงกานีส ในดิน น้ำ และเลือดปลา ในแต่ละจังหวัดแสดงไว้ในตารางที่ 3 และแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณแมงกานีสในดินและเลือดปลาจะสูงกว่าในน้ำ เมื่อเทียบสัดส่วนปริมาณแมงกานีสในดิน น้ำ และเลือดปลา ในจังหวัดนครปฐม 11 : 1 : 17 จังหวัดลพบุรี 2 : 1 : 6 และจังหวัดสุพรรณบุรี 3 : 1 : 5 โดยปกติปริมาณแมงกานีสในสารละลายดินที่มีน้ำขังจะมีปริมาณ 1-10 มก./ลิตร ถ้าดินนั้นเป็นกรดมากจะมีแมงกานีสสูง (สรสิทธิ์และคณะ, 2527) ซึ่งค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างของดินและน้ำทั้ง 3 จังหวัด ตามตารางที่ 10 ค่อนข้างจะเป็นด่าง และตามมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำขององค์การอนามัยโลก ควรมีปริมาณแมงกานีสได้สูงสุด 5.0 มก./ลิตร

4. ปริมาณเหล็กในดิน น้ำ และเลือดปลา แต่ละจังหวัดแสดงไว้ในตารางที่ 4 และแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 4 พบว่า เมื่อเทียบสัดส่วนแล้ว จังหวัดนครปฐม 1 : 1 : 237 จังหวัดลพบุรี 1 : 6 : 458 และจังหวัดสุพรรณบุรี 1 : 1 : 223 ปริมาณเหล็กในเลือดปลาค่อนข้างสูงมาก อย่างไรก็ตาม เหล็กเป็นธาตุอาหารที่ร่างกายสัตว์ขาดไม่ได้ โดยเฉพาะตับและเลือด (Underwood, 1956) ตามรายงานของสรสิทธิ์และคณะ (2527) กล่าวว่า ธาตุเหล็กจะสลายตัวได้ง่ายในสภาพดินที่เป็นกรด ดึกว่าดินที่มีความเป็นกลางหรือด่างอ่อน หรือดินที่มีสารพวกปูนขาวอยู่มาก และดินนาที่มีความเป็นด่าง เมื่อขังน้ำจะมีธาตุเหล็กในสารละลายดินเพิ่มเพียง 1-20 มก./ลิตร จากข้อมูลตารางที่ 10 พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินและน้ำค่อนข้างเป็นด่าง เนื่องจากการเลี้ยงปลาแต่ละครั้งจะต้องมีการตากบ่อ ropyปูนขาวก่อนปล่อยน้ำเข้าบ่อ ทำให้สภาพของบ่ออยู่ในสภาพที่ค่อนข้างเป็นด่างในช่วง pH 6.5-9.0 ซึ่งเป็นระดับที่พอเหมาะในการเลี้ยงปลา

5. ปริมาณแมกนีเซียมในดิน น้ำ และเลือดปลา แต่ละจังหวัดแสดงไว้ในตารางที่ 5 และแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 5 พบว่า เมื่อเทียบสัดส่วนแล้ว จังหวัดนครปฐม 2 : 1 : 6 จังหวัดลพบุรี 2 : 1 : 11 และจังหวัดสุพรรณบุรี 4 : 1 : 9 ปริมาณแมกนีเซียมในดินและเลือดปลาจะสูง ส่วนในน้ำซึ่งจักรพงษ์และวิศิษฐ์ (2520) กล่าวว่า ในแหล่งน้ำธรรมชาติของไทยมีปริมาณแมกนีเซียม 3.7 มก./ลิตร และจากการสำรวจที่จังหวัดนครปฐมและจังหวัดสุพรรณบุรีในปี 2518-2519 มีปริมาณ 8.08 และ 5.24 มก./ลิตร

6. ปริมาณสังกะสีในดิน น้ำ และเลือดปลา แต่ละจังหวัดแสดงไว้ในตารางที่ 6 และแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 6 พบว่า ปริมาณสังกะสีในดินและน้ำมีปริมาณน้อยมาก จนเครื่องมือไม่สามารถวัดออกมาเป็นตัวเลขได้ แต่จะพบสูงมากในเลือดปลา การที่ปลาไม่มีปริมาณสังกะสีปริมาณมากเช่นนี้ ส่วนหนึ่งอาจจะได้รับจากอาหารที่เลี้ยงปลา ส่วนในดิน De Groot (1975) รายงานว่า ในดินตะกอนในแม่น้ำเจ้าพระยา

มีธาตุสังกะสีประมาณ 30 มก./ลิตร ส่วนในน้ำตามมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำขององค์การอนามัยโลกมีปริมาณสูงสุดไม่เกิน 1.5 มก./ลิตร

7. ปริมาณแคลเซียมในดิน น้ำ และเลือดปลา แต่ละจังหวัดแสดงไว้ในตารางที่ 7 และแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 7 พบว่า เมื่อเทียบสัดส่วนแล้ว จังหวัดนครปฐม 2 : 1 : 4 จังหวัดลพบุรี 2 : 1 : 3 และจังหวัดสุพรรณบุรี 2 : 1 : 4 ปริมาณแคลเซียมทั้งในดิน น้ำ และเลือดปลา ค่อนข้างจะสอดคล้องกัน แต่ในเลือดปลาก็ค่อนข้างสูง เพราะปริมาณแคลเซียมในบ่อปลาจะได้จากการที่ผู้เลี้ยงมักจะใส่ปูนขาว ( $\text{CaCO}_3$ ) โรยกันบ่อก่อนเลี้ยงปลา และในขณะที่มีการปล่อยน้ำจากคลองชลประทานเข้าบ่อพักน้ำ คุณภาพของน้ำค่อนข้างเป็นกรด ผู้เลี้ยงมักจะใช้ปูนขาวโรยลงบ่อ ปูนขาวบางส่วนอาจจะตกตะกอนจมอยู่ในดินสำหรับปลาต้องการแร่ธาตุแคลเซียมเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและกระบวนการเมแทบอลิซึม (N.R.C., 1977) จากรายงานปริมาณแร่ธาตุแคลเซียมในแหล่งน้ำธรรมชาติของไทย ประมาณ 19.8 มก./ลิตร (จักรพงษ์และวิศิษฐ์, 2520)

8. ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน และน้ำ แต่ละจังหวัดแสดงไว้ในตารางที่ 8 และแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 8 พบว่า ข้อมูลที่ได้ในดินและน้ำจะมีปริมาณค่อนข้างน้อย ทั้งนี้ไม่มีข้อมูลของเลือดปลา สำหรับในดินทั่วไป แร่ธาตุฟอสฟอรัสเมื่ออยู่ในสภาพอิมิตัวด้วยน้ำจะมีอยู่ในสารละลายดินต่ำกว่า 1 มก./ลิตร ดินส่วนใหญ่จะมีอยู่ในช่วง 0.02-0.08 มก./ลิตร (สรสิทธิ์และคณะ, 2527) ถึงแม้ว่าธาตุฟอสฟอรัสจะมีปริมาณน้อย แต่สัตว์ก็ยังคงต้องการเพื่อการเจริญเติบโตของร่างกาย (N.R.C., 1977)

9. ปริมาณทองแดงในดิน น้ำ และเลือดปลา แต่ละจังหวัดแสดงไว้ในตารางที่ 9 พบว่า จากข้อมูลปริมาณทองแดงในดินและน้ำมีปริมาณน้อยมากจนเครื่องมือตรวจวัดไม่ได้ และในเลือดปลาก็มีปริมาณน้อยเช่นกัน แร่ธาตุทองแดงเป็นแร่ธาตุที่มีมากเกินไปจะเป็นพิษ ถ้าปริมาณทองแดงมีมากเกินไปในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาจะทำให้การเจริญเติบโตหยุดชะงัก

**Table 1 Amount of Sodium (mg/l) in mud, water and fish blood in each province.**

| Samples       | Month | Nakhon Pathom | Lop Buri       | Suphan Buri    |
|---------------|-------|---------------|----------------|----------------|
| Mud           | Jan.  | 20.0          | 25.0           | 140.0          |
|               | Mar.  | 30.0          | 60.0           | 70.0           |
|               | May   | 15.5          | 19.5           | 19.0           |
|               | Jul.  | 30.0          | 32.5           | 65.0           |
|               | Aug.  | 21.5          | 15.0           | 14.5           |
| Mean          |       | 23.4 ± 6.4    | 30.4 ± 17.8    | 61.7 ± 50.6    |
| Water         | Jan.  | 13.5          | 24.0           | 24.0           |
|               | Mar.  | 28.0          | 13.0           | 7.0            |
|               | May   | 17.5          | 18.0           | 9.0            |
|               | Jul.  | 19.0          | 15.0           | 9.0            |
|               | Aug.  | 19.0          | 10.5           | 8.0            |
| Mean          |       | 19.4 ± 5.3    | 16.1 ± 5.2     | 11.4 ± 7.1     |
| Fish blood    | Jan.  | 1625          | 2000           | 1938           |
|               | Mar.  | 1500          | 1500           | 1500           |
|               | May   | 2125          | 1938           | 2250           |
|               | Jul.  | 1875          | 1875           | 2000           |
|               | Aug.  | 1750          | 2000           | 1875           |
| Mean          |       | 1775 ± 240.4  | 1862.6 ± 209.2 | 1912.6 ± 271.0 |
| Mud : Water : |       |               |                |                |
| Fish blood    |       | 1 : 1 : 92    | 2 : 1 : 116    | 5 : 1 : 167    |

**Table 2 Amount of Potassium (mg/l) in mud, water and fish blood in each province.**

| Samples       | Month | Nakhon Pathom | Lop Buri     | Suphan Buri |
|---------------|-------|---------------|--------------|-------------|
| Mud           | Jan.  | 8.0           | 4.3          | 8.5         |
|               | Mar.  | 11.0          | 6.0          | 7.0         |
|               | May   | 5.0           | 2.8          | 2.5         |
|               | Jul.  | 10.0          | 6.0          | 1.5         |
|               | Aug.  | 4.0           | 8.5          | 2.0         |
| Mean          |       | 7.6 ± 3.0     | 5.5 ± 2.2    | 4.3 ± 3.2   |
| Water         | Jan.  | 4.0           | 10.0         | 7.5         |
|               | Mar.  | 10.0          | 5.0          | 3.0         |
|               | May   | 4.0           | 5.0          | 3.5         |
|               | Jul.  | 4.5           | 11.0         | 3.5         |
|               | Aug.  | 3.5           | 6.3          | 3.0         |
| Mean          |       | 5.2 ± 2.7     | 7.5 ± 2.9    | 4.1 ± 1.9   |
| Fish blood    | Jan.  | 1375          | 1375         | 1375        |
|               | Mar.  | 425           | 625          | 475         |
|               | May   | 900           | 850          | 950         |
|               | Jul.  | 1050          | 1175         | 950         |
|               | Aug.  | 1200          | 1300         | 1050        |
| Mean          |       | 990 ± 361.7   | 1065 ± 317.5 | 960 ± 322.4 |
| Mud : Water : |       |               |              |             |
| Fish blood    |       | 1 : 1 : 190   | 1 : 1 : 194  | 1 : 1 : 234 |

**Table 3 Amount of Manganese (mg/l) in mud, water and fish blood in each province.**

| Samples       | Month | Nakhon Pathom | Lop Buri      | Suphan Buri   |
|---------------|-------|---------------|---------------|---------------|
| Mud           | Jan.  | 2.7           | 1.3           | 1.3           |
|               | Mar.  | trace element | trace element | trace element |
|               | May   | 0.9           | 1.0           | 0.3           |
|               | Jul.  | 2.2           | 0.6           | 3.7           |
|               | Aug.  | 2.7           | 2.0           | 0.6           |
| Mean          |       | 2.1 ± 0.9     | 1.2 ± 0.6     | 1.5 ± 1.5     |
| Water         | Jan.  | trace element | 0.1           | 0.3           |
|               | Mar.  | 0.2           | trace element | trace element |
|               | May   | 0.1           | 0.5           | trace element |
|               | Jul.  | 0.3           | 0.8           | 0.8           |
|               | Aug.  | trace element | trace element | trace element |
| Mean          |       | 0.2 ± 0.1     | 0.5 ± 0.4     | 0.6 ± 0.4     |
| Fish blood    | Jan.  | 3.7           | trace element | 3.5           |
|               | Mar.  | 4.0           | 2.8           | 3.2           |
|               | May   | 3.6           | 3.3           | 3.6           |
|               | Jul.  | 2.8           | 2.3           | 2.6           |
|               | Aug.  | 2.8           | 3.0           | 2.7           |
| Mean          |       | 3.4 ± 0.6     | 2.9 ± 0.4     | 3.1 ± 0.5     |
| Mud : Water : |       |               |               |               |
| Fish blood    |       | 11 : 1 : 17   | 2 : 1 : 6     | 3 : 1 : 5     |

**Table 4 Amount of Iron (mg/l) in mud, water and fish blood in each province.**

| Samples       | Month | Nakhon Pathom | Lop Buri      | Suphan Buri   |
|---------------|-------|---------------|---------------|---------------|
| Mud           | Jan.  | 1.8           | 0.1           | 0.3           |
|               | Mar.  | trace element | 0.2           | trace element |
|               | May   | 0.3           | trace element | 0.8           |
|               | Jul.  | 0.4           | 0.2           | 0.3           |
|               | Aug.  | trace element | 1.2           | 0.8           |
| Mean          |       | 0.8 ± 0.8     | 0.4 ± 0.5     | 0.6 ± 0.3     |
| Water         | Jan.  | 0.1           | 0.1           | 0.5           |
|               | Mar.  | 1.0           | 1.5           | 0.4           |
|               | May   | 0.7           | 0.9           | 0.5           |
|               | Jul.  | trace element | 0.5           | 0.1           |
|               | Aug.  | trace element | 0.3           | 1.4           |
| Mean          |       | 0.6 ± 0.5     | 2.3 ± 3.8     | 0.6 ± 0.5     |
| Fish blood    | Jan.  | 140           | 230           | 90            |
|               | Mar.  | 35            | 75            | 40            |
|               | May   | 130           | 100           | 160           |
|               | Jul.  | 185           | 250           | 155           |
|               | Aug.  | 220           | 260           | 225           |
| Mean          |       | 142 ± 69.9    | 183 ± 88.3    | 134 ± 71.0    |
| Mud : Water : |       |               |               |               |
| Fish blood    |       | 1 : 1 : 237   | 1 : 6 : 458   | 1 : 1 : 223   |

**Table 5 Amount of Magnesium (mg/l) in mud, water and fish blood in each province.**

| Samples       | Month | Nakhon Pathom | Lop Buri    | Suphan Buri |
|---------------|-------|---------------|-------------|-------------|
| Mud           | Jan.  | 25.0          | 8.0         | 26.5        |
|               | Mar.  | 21.0          | 8.0         | 19.0        |
|               | May   | 6.0           | 4.0         | 4.0         |
|               | Jul.  | 19.5          | 7.0         | 17.0        |
|               | Aug.  | 15.5          | 11.0        | 5.5         |
|               | Mean  | 17.4 ± 7.2    | 7.6 ± 2.5   | 14.4 ± 9.5  |
| Water         | Jan.  | 7.5           | 6.5         | 7.0         |
|               | Mar.  | 9.0           | 3.0         | 3.0         |
|               | May   | 7.5           | 4.0         | 4.0         |
|               | Jul.  | 8.0           | 6.5         | 3.3         |
|               | Aug.  | 7.8           | 3.5         | 3.0         |
|               | Mean  | 8.0 ± 0.6     | 8.7 ± 1.7   | 4.1 ± 1.7   |
| Fish blood    | Jan.  | 55.0          | 82.5        | 25.0        |
|               | Mar.  | 23.0          | 23.0        | 16.0        |
|               | May   | 37.5          | 32.5        | 37.5        |
|               | Jul.  | 50.0          | 58.0        | 45.0        |
|               | Aug.  | 60.0          | 73.0        | 58.0        |
|               | Mean  | 45.1 ± 14.9   | 53.2 ± 26.5 | 36.3 ± 16.5 |
| Mud : Water : |       |               |             |             |
| Fish blood    |       | 2 : 1 : 6     | 2 : 1 : 11  | 4 : 1 : 9   |

**Table 6 Amount of zinc (mg/l) in fish blood in each province**

| Samples    | Month | Nakhon Pathom | Lop Buri   | Suphan Buri |
|------------|-------|---------------|------------|-------------|
| Fish blood | Jan.  | 10            | 8          | 12          |
|            | Mar.  | 19            | 12         | 18          |
|            | May   | 14            | 12         | 19          |
|            | Jul.  | 14            | 15         | 15          |
|            | Aug.  | 19            | 14         | 19          |
| Mean       |       | 15.2 ± 3.8    | 12.2 ± 2.7 | 16.6 ± 3.1  |

Note. zinc is trace element in mud and water.

**Table 7 Amount of Calcium (mg/l) in mud water and fish blood in each province.**

| Samples       | Month | Nakhon Pathom | Lop Buri    | Suphan Buri |
|---------------|-------|---------------|-------------|-------------|
| Mud           | Jan.  | 56            | 64          | 58          |
|               | Mar.  | 54            | 70          | 64          |
|               | May   | 28            | 52          | 22          |
|               | Jul.  | 58            | 98          | 46          |
|               | Aug.  | 24            | 80          | 26          |
| Mean          |       | 44 ± 16.6     | 72.8 ± 17.4 | 43.2 ± 18.7 |
| Water         | Jan.  | 22            | 41          | 30          |
|               | Mar.  | 26            | 20          | 12          |
|               | May   | 32            | 38          | 20          |
|               | Jul.  | 30            | 50          | 20          |
|               | Aug.  | 30            | 34          | 18          |
| Mean          |       | 28 ± 4.0      | 36.6 ± 10.9 | 20 ± 6.5    |
| Fish blood    | Jan.  | 100           | 110         | 70          |
|               | Mar.  | 108           | 80          | 96          |
|               | May   | 116           | 112         | 92          |
|               | Jul.  | 86            | 74          | 100         |
|               | Aug.  | 84            | 120         | 60          |
| Mean          |       | 98.8 ± 13.8   | 99.2 ± 20.7 | 83.6 ± 17.6 |
| Mud : Water : |       |               |             |             |
| Fish blood    |       | 2 : 1 : 4     | 2 : 1 : 3   | 2 : 1 : 4   |

**Table 8 Amount of Phosphorus (mg/l) in mud and water in each province.**

| Samples | Month | Nakhon Pathom | Lop Buri      | Suphan Buri |
|---------|-------|---------------|---------------|-------------|
| Mud     | Jan.  | trace element | trace element | 0.55        |
|         | Mar.  | 0.23          | 0.12          | 0.12        |
|         | May   | 0.20          | 0.05          | 0.06        |
|         | Jul.  | 0.03          | 0.3           | 0.18        |
|         | Aug.  | 0.05          | 0.20          | 0.02        |
| Mean    |       | 0.13 ± 0.10   | 0.1 ± 0.08    | 0.19 ± 0.21 |
| Water   | Jan.  | 7.0           | 2.50          | 0.50        |
|         | Mar.  | 4.33          | 0.43          | 0.21        |
|         | May   | 0.41          | 0.39          | 0.63        |
|         | Jul.  | 0.40          | 1.04          | 0.77        |
|         | Aug.  | 0.43          | 0.38          | 0.28        |
| Mean    |       | 2.59 ± 2.72   | 0.95 ± 0.9    | 0.48 ± 0.23 |

**Table 9 Amount of Copper (mg/l) in fish blood in each province.**

| Samples    | Month | Nakhon Pathom | Lop Buri    | Suphan Buri |
|------------|-------|---------------|-------------|-------------|
| Fish blood | Jan.  | 0.35          | 0.15        | 0.25        |
|            | Mar.  | 1.00          | 0.30        | 0.60        |
|            | May   | 0.40          | 0.50        | 1.00        |
|            | Jul.  | 1.00          | 0.95        | 0.90        |
|            | Aug.  | 1.00          | 0.90        | 0.50        |
| Mean       |       | 0.85 ± 0.25   | 0.56 ± 0.36 | 0.65 ± 0.30 |

**Note.** Copper is trace element in mud and water.



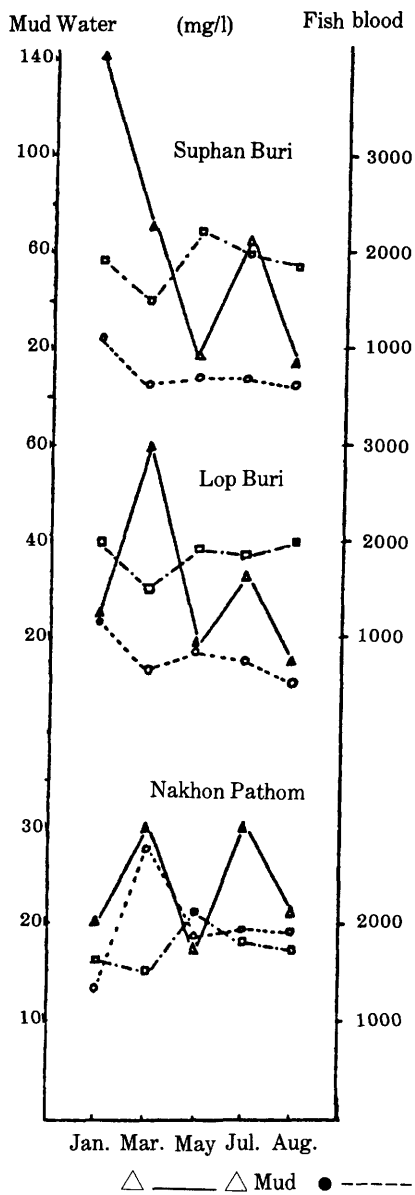


Figure 1. Amount of Sodium in mud, water and fish blood in each province

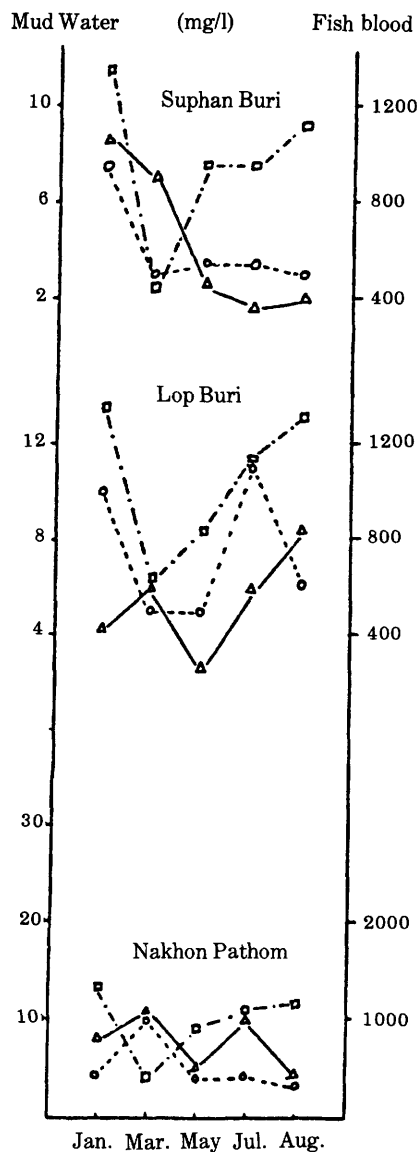


Figure 2. Amount of Potassium in mud, water and fish blood in each province.

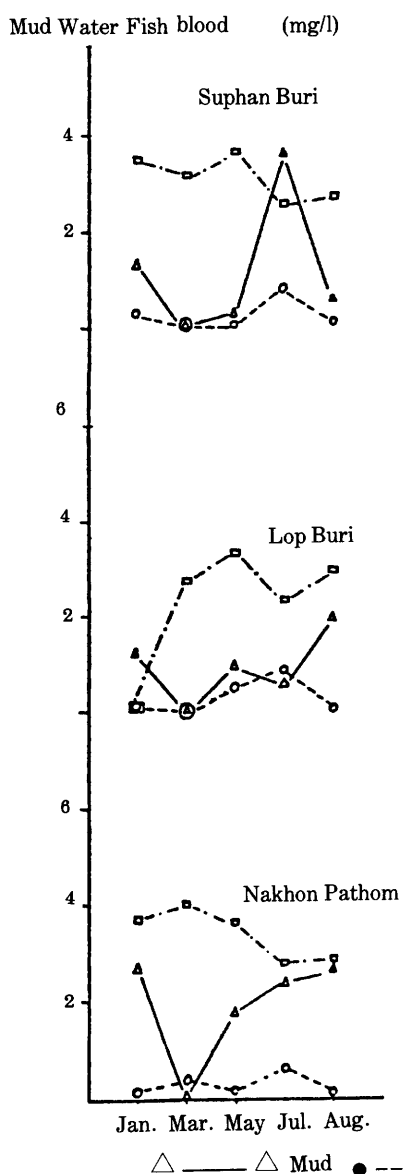


Figure 3. Amount of Manganese in mud, water and fish blood in each province

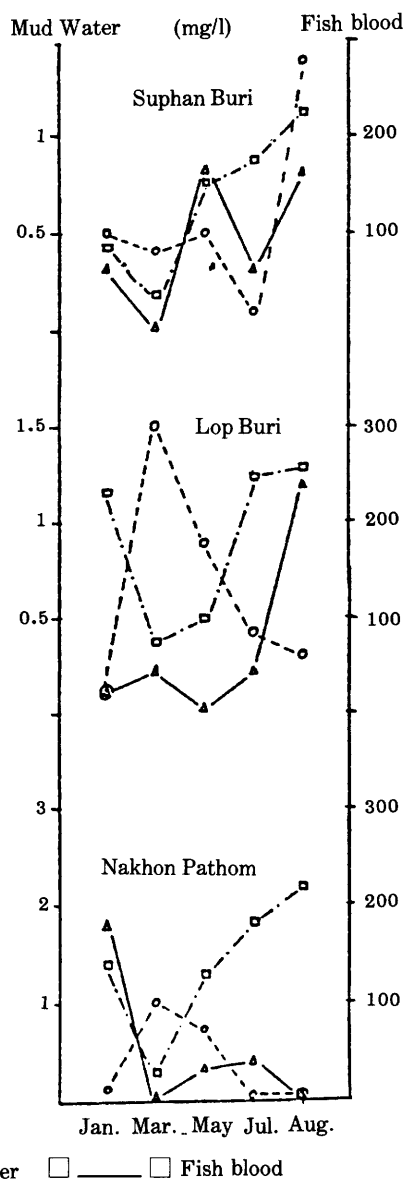


Figure 4. Amount of Iron in mud, water and fish blood in each province.

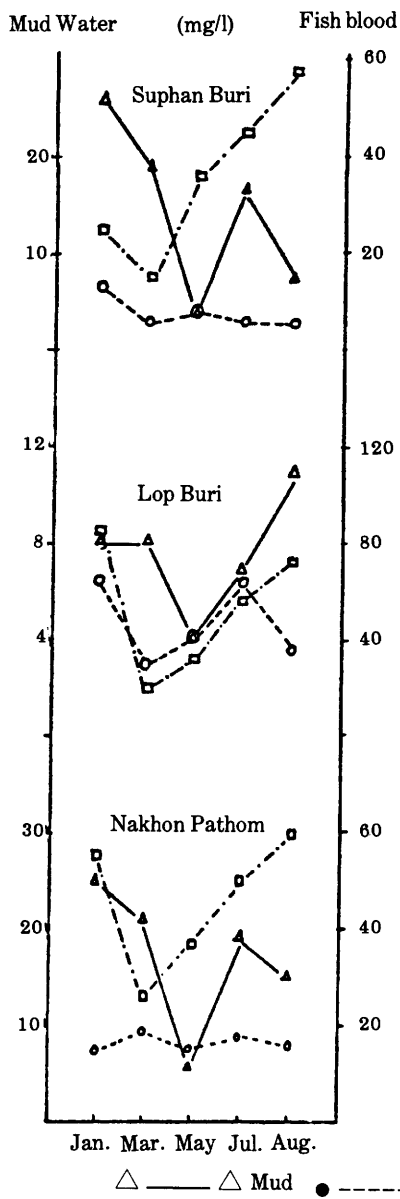


Figure 5. Amount of Magnesium in mud, water and fish blood in each province.

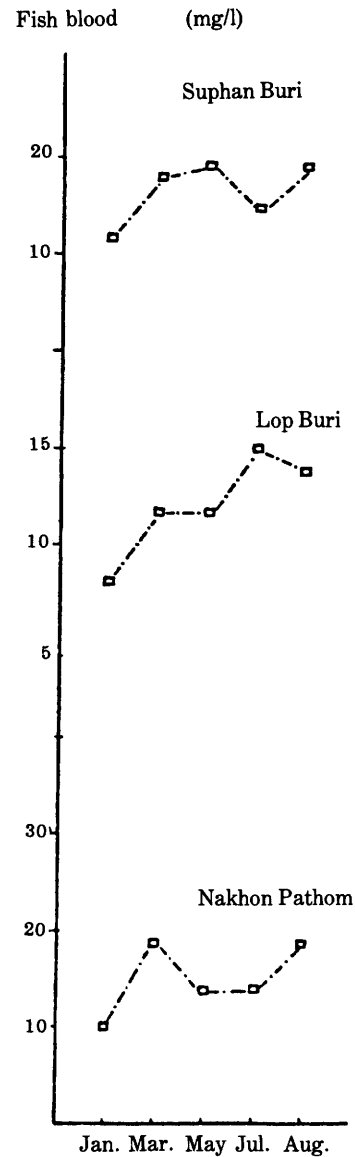


Figure 6. Amount of Zinc in fish blood in each province.

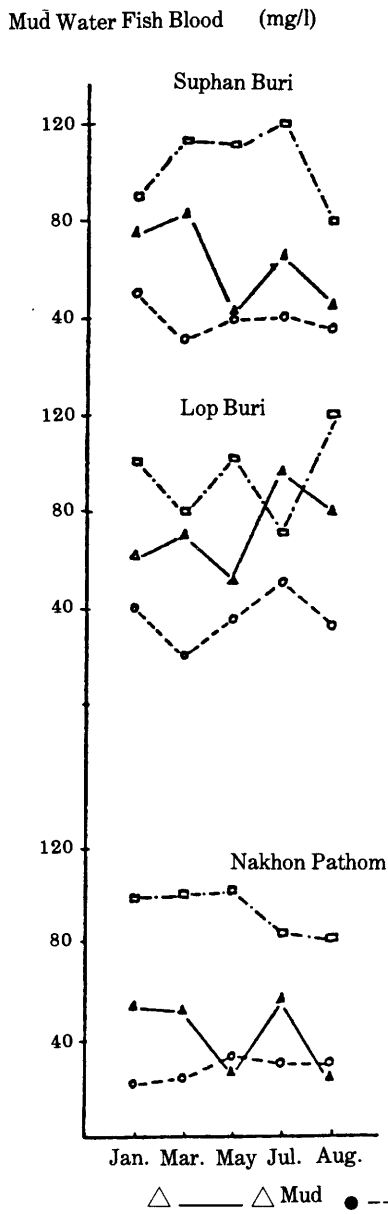


Figure 7. Amount of Calcium in mud, water and fish blood in each province.

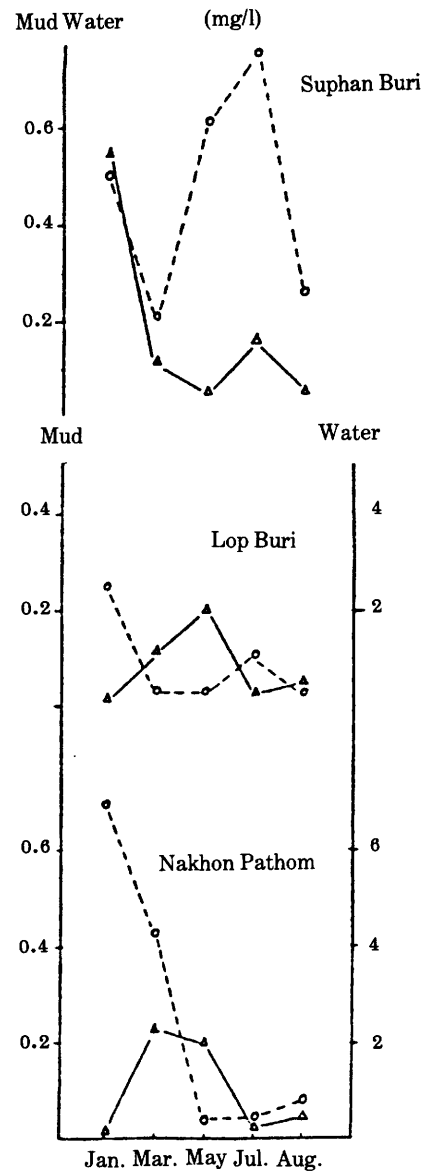


Figure 8. Amount of Phosphorus in mud and water in each province.

Table 10 Average length and weight of fish and quality of mud and water.

| Provinces     | Month | Length<br>(inch) | Weight<br>(gm) | E.C. water<br>mmho/cm<br>25°C | E.C. mud<br>mmho/cm<br>25°C | pH mud    | pH water  | Water temp. | Dissolve<br>oxygen<br>(mg/l) |
|---------------|-------|------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-------------|------------------------------|
| Nakhon Pathom | Jan.  | 6.5              | 130            | 0.93                          | 1.85                        | 8.5       | 7.10      | 28.0        | 3.0                          |
|               | Mar.  | 11.5             | 193            | 1.35                          | 1.03                        | 6.7       | 7.20      | 29.5        | 1.2                          |
|               | May   | 12.8             | 245            | 0.33                          | 0.37                        | 8.6       | 6.03      | 30.0        | —                            |
|               | Jul.  | 10.0             | 180            | —                             | 0.95                        | 6.9       | 6.00      | 29.0        | 4.0                          |
|               | Aug.  | 14.5             | 480            | —                             | 0.93                        | 7.0       | 6.00      | 29.0        | 1.2                          |
| Mean          |       | 11.1 ± 3.0       | 245.6 ± 137.3  | 0.9 ± 0.5                     | 1.0 ± 0.5                   | 7.5 ± 0.9 | 6.5 ± 0.6 | 29.1 ± 0.7  | 2.4 ± 1.4                    |
| Lop Buri      | Jan.  | 9.2              | 250            | 1.39                          | 1.67                        | 8.1       | 8.6       | 29.0        | 1.2                          |
|               | Mar.  | 11.8             | 190            | 0.76                          | 0.58                        | 6.9       | 6.5       | 35.0        | 3.2                          |
|               | May   | 10.0             | 150            | 0.32                          | 0.42                        | 8.7       | 6.3       | 31.5        | 3.8                          |
|               | Jul.  | 13.5             | 340            | —                             | 0.85                        | 7.0       | 6.9       | 28.0        | 2.0                          |
|               | Aug.  | 16.0             | 510            | —                             | 1.02                        | 7.1       | 8.2       | 30.0        | 2.4                          |
| Mean          |       | 12.1 ± 2.7       | 288 ± 143.2    | 0.8 ± 0.5                     | 0.9 ± 0.5                   | 7.6 ± 0.8 | 7.3 ± 1.0 | 30.7 ± 2.7  | 2.5 ± 1.0                    |
| Suphan Buri   | Jan.  | 9.5              | 171            | 1.85                          | 0.09                        | 8.9       | 7.4       | 28.0        | 1.0                          |
|               | Mar.  | 9.3              | 150            | 0.54                          | 1.35                        | 6.9       | 6.8       | 30.5        | 3.8                          |
|               | May   | 14.0             | 400            | 0.22                          | 0.36                        | 8.4       | 6.2       | 32.0        | 1.2                          |
|               | Jul.  | 14.0             | 410            | —                             | 0.99                        | 6.4       | 6.3       | 31.0        | 0.7                          |
|               | Aug.  | 14.5             | 415            | —                             | 0.46                        | 6.5       | 6.5       | 30.0        | 2.0                          |
| Mean          |       | 12.3 ± 2.6       | 309.2 ± 136.1  | 0.9 ± 0.9                     | 1.7 ± 1.96                  | 7.4 ± 1.2 | 6.6 ± 0.5 | 30.3 ± 1.5  | 1.7 ± 1.2                    |

(N.R.C., 1977) และตามมาตรฐานคุณภาพของแหล่งน้ำขององค์การอนามัยโลก ให้มีปริมาณสูงสุดไม่เกิน 1.5 มก./ลิตร และปริมาณของธาตุทองแดงในดินจะเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้นเมื่อความเป็นกรดของดินมากขึ้น และถ้าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงขึ้น จะมีปริมาณทองแดงในดินต่ำลง (สรสิทธิ์ และคณะ, 2527) ซึ่งจากข้อมูลในตารางที่ 10 ความเป็นกรดเป็นด่างของดินทั้ง 3 จังหวัด ก่อนข้างเป็นด่าง

## สรุป

จากการศึกษา พอจะสรุปได้ว่า แร่ธาตุอาหารของปลาในบ่อเลี้ยงส่วนใหญ่จะได้รับจากอาหารที่ให้อาจจะมีได้จากน้ำและดินเป็นส่วนประกอบ เพราะตามสัดส่วนระหว่างดิน น้ำ และเลือดปลา พบว่ามีแร่ธาตุเกือบทุกแร่ธาตุที่ศึกษานี้ จะพบในเลือดปลา ก่อนข้างสูงกว่าในดินและน้ำ

ข้อมูลของงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยเสริมความรู้ด้านแร่ธาตุอาหารของปลา หรือระดับธาตุอาหารต่าง ๆ ของดิน น้ำ และตัวปลา ส่วนใหญ่จะมีรายงานแต่ในพวกสัตว์บก ซึ่งมีการศึกษากันกว้างขวาง เช่น หมู ม้า วัว ควาย เป็นต้น แต่จะนำข้อมูลของสัตว์บกมาเทียบกับสัตว์น้ำก็ยังไม่ได้ เพียงแต่เป็นแนวทางที่จะใช้ศึกษาที่คล้ายกันเนื่องจากสภาวะแวดล้อมของสัตว์บกและสัตว์น้ำแตกต่างกัน ดังนั้น จากข้อมูลปริมาณแร่ธาตุอาหารทั้ง 9 ชนิดที่ตรวจวัดได้จากเลือดปลาคูในสภาวะปกติดังกล่าว ไม่เคยมีการศึกษามาก่อน จึงเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเปรียบเทียบกับปลาคูที่เป็นโรคและปลาชนิดอื่น ๆ ต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

จักรพงษ์ เจริญ และ วิศิษฐ์ โชติกุล. 2520. คุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรของแม่น้ำเจ้าพระยาทำจีนและแม่กลอง. น. 74-110. ใน เคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน เล่ม 3 (น้ำสำหรับ

การเกษตร) งานวิจัยเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร.

นิรนาม. 2520. มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำขององค์การอนามัยโลก. น. 39-40. ใน เคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน เล่ม 3 (น้ำสำหรับการเกษตร) งานวิจัยเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร.

มาลินี ลิ้มโกคา. 2527. พืชวิทยาและปัญหาที่พบในสัตว์. โรงพิมพ์จรัสสินทวงศ์. 364 น.

สรสิทธิ์ วัชรโรยาน, ถวิล กรุฑกุล, ไพบุลย์ ประพฤทธิธรรม และ อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2527. ความอุดมสมบูรณ์ในดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 737 น.

Boyd, C. 1982. Water quality management for pond fish culture. Elsevier Scientific Publishing Company. New York. 318 p.

De Groot, A.J. and E. Allersma. 1975. Fields observations on the transport of heavy metals in sediments. pp. 85-95. In P.A. Krenkel (ed). Heavy metals in the aquatic environment. Pergamon Press. New York. 352 p.

National Research Council. 1973. Nutrient requirements of domestic animals No 11. Nutrient requirements of trout, salmon, and catfish. National Academy of Science. Washington, D.C. 57 p.

National Research Council. 1977. Nutrient requirements of domestic animals. Nutrient requirements of warm water fishes. National Academy of Science. Washington, D.C. 78 p.

Underwood, E.J. 1956. Trace elements in human and animal nutrition. Academic Press Inc. New York. 430 p.