# ภาคผนวก ก

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

## วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี (APHA, 1992)

1. **วิธีวิเคราะห์ไนเตรท-ไนโตรเจน ($NO_3$-N) (nitrate-nitrogen) โดยวิธี Phenoldisulphonic acid method B)**
   1. กรองน้ำ 30-50 ml โดยใช้กระดาษกรอง
   2. ใช้ 25 ml มาระเหยให้แห้งบน water bath (ถ้าไม่มีอาจใช้ hot plate ที่มีอุณหภูมิต่ำแทน)
   3. เติม 1 ml phenoldisulfonic acid ลงบนตะกอนให้เปียกโดยทั่วถึง และปรับปริมาตรให้เป็น 20 ml ด้วยน้ำกลั่น
   4. เติม 6 N NaOH จนกระทั่งสารละลายเป็นสีเหลืองเต็มที่แต่ไม่ควรให้เกิน 5-6 ml
   5. กรองด้วยกระดาษกรอง rinse ภาชนะและกระดาษกรองและปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น
   6. วัดเปอร์เซ็นต์ tranamittance โดยใช้ spectrophotometer ที่ wavelength 425 nm
   7. คำนวณโดยสมการ

      $$\text{Nitrate-N } (mgl^{-1}) = \frac{\text{ml of standard } NaNO_3 \times 10}{\text{ml of sample ในข้อ 2}}$$

   8. stock ของ standard nitrate solution ($KNO_3$) 1 ml = 0.044627
   9. เตรียม standard solution เพื่อทำ calibration curve โดย pipette 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 ml standard $KNO_3$ เติมกรดฟีนอลไดซัลโฟไดนิค 2 ml และด่างให้ปริมาตรที่เท่ากับเมื่อเติมลงในตัวอย่าง ปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น
   10. วัดเปอร์เซ็นต์ absorbance ด้วย spectrophotometer (wavelength 425 nm)

**2. แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia Nitrogen) โดยวิธี phenate**

โดยปกติ $NH_3$-N นี้จะอยู่ในน้ำธรรมชาติในปริมาณน้อยกว่า 1 mg/l ซึ่งจัดว่าเป็นสภาพที่ไม่มีผลพิษเกิดขึ้นในสภาพที่ความเข้มข้นของ $NH_3$-N สูงจะเกิดพิษต่อสิ่งมีชีวิตโดยจะไปเพิ่ม pH ของน้ำให้สูงขึ้น

1.นำน้ำตัวอย่างมากลั่น เพื่อแยกแอมโมเนียจากสารขัดขวางต่างๆ โดยแอมโมเนียมไนโตรเจนจะระเหยเป็นไอ แล้วกลั่นตัวเป็นหยดน้ำอยู่ภายในน้ำนั้น ในขั้นตอนนี้จะต้องรักษา pH ให้อยู่ในช่วง 7.2-7.4 เพื่อป้องกันการสูญหายของแอมโมเนีย

2.กำจัดความขุ่นโดยใช้ $ZnSO_4$ และด่าง เพื่อตกตะกอนแคลเซียม แมกนีเซียมและเหล็ก

3.เติม EDTA เพื่อป้องกันตะกอนของ $Mg^{++}$ และ $Ca^{++}$

4.นำน้ำตัวอย่างที่ได้ไปทำปฏิกิริยากับ Nessler' s reagent (สารละลายด่างแก่ของโปตัสเซียมเมอร์คิวริกไอโอได $K_2HgI_4$ จะได้สีเหลือน้ำตาลเกิดขึ้น

5คำนวนโดยสมการ

$$mg/l\ NH\text{-}N = \frac{Vd \times N \times 1000}{Vdn \quad S}$$

Vd = มิลลิลิตรของส่วนที่กลั่นออกมา

Vdn = มิลลิตรของส่วนที่กลั่นออกมาที่นำมาทำให้เกิดสีกับ Nessler' s reagent

N = มิลลิกรัมของแอมโมเนียไนโตรเจน ซึ่งพบในส่วนที่กลั่นออกมาที่นำมาทำให้เกิดสีกับ Nessler' s reagent

S = มิลลิลิตรของน้ำตัวอย่างที่นำมากลั่น

**3. ฟอสฟอรัส โดยวิธี ascorbic acid**

ออร์โธฟอสเฟตเป็นรูปเดียวที่สามารถวิเคราะห์หาได้โดยตรง สำหรับรูปอื่นจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงกลับมาเป็นออร์โธฟอสเฟตก่อนจึงจะทำการวิเคราะห์ได้ ในการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสนั้น โดยปกติจะนิยมวัดหาความเข้มข้นของฟอสเฟตทั้งหมด (Total phosphate) และ ออร์โธฟอสเฟต

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสนี้ จำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบเนื่องจากการใช้ผงซักฟอกในการชำระล้างเครื่องมือ เพราะจะมีผลทำให้การวิเคราะห์ผิดพลาดในแง่ของการประเมินที่มากเกินไป ดังนั้นจึงต้องใช้สารละลายสำหรับทำความสะอาดที่ไม่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ และจะต้องชำระล้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยสารละลายกรดก่อน และในกรณีที่จะต้องเก็บตัวอย่างไว้นานเกิน 1-2 ชม. ก็จะต้องเก็บไว้ในสภาพแช่แข็ง

**อุปกรณ์**

1. Spectrophotometer ซึ่งประกอบด้วย red phototube และ filter ซึ่งตั้งความยาวคลื่นที่ 880 nm
2. หลอดแก้วชนิดพิเศษ ขนาด 1 นิ้ว
3. น้ำยาล้างแก้วที่เป็นกรด (ล้างเครื่องแก้วต่างๆ ด้วย 1-2 N HCl ก่อน แล้วจึงล้างด้วยผงซักฟอกที่ปราศจากฟอสเฟต แล้วล้างด้วยน้ำประปา แล้วล้างอีกครั้งด้วยน้ำกลั่นเป็นครั้งสุดท้าย)
4. สารเคมี
5. Autoclave หรือ boliling water bath
6. แผ่นอะลูมินั่ม
7. Sulfuric acid solution
8. Ammonium molybdate reagent
9. Potassium antimonyl tartrate
10. Ascorbic acid solution

11.Strong sulfuric acid solution (เติม 30 ml conc. H2SO4 ลงในน้ำกลั่น 60 ml)

12.Mixed reagent (เติม 5 ml Potassium antimonyl tartrate ลงใน 50 ml sulfuric acid และผสมให้เข้ากัน เติม 15 ml Ammonium molybdate reagent แล้วผสมให้เข้ากันอีกเติม ascorbic acid 30 ml แล้วผสมเช่นเดิม สารนี้จะต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่วิเคราะห์)

13.Stock phosphorus solution (1.00 ml = 0.05 mg P) ละลาย 0.2197 gm Potassium dihydrogen phosphate ($KH_2PO_4$) โดยอบแห้งที่ 105°C นาน 1 ชม. ในน้ำกลั่น ทำปริมาตรให้เท่ากับ 1 litre แล้วเติม 1 ml chloroform สารละลายนี้จะต้องเก็บไว้ในที่มืดในตู้เย็นและจะเก็บไว้ใช้ได้นานเป็นเดือน

14.Standard solution (1.00 ml = 0.5 μg P) เจือจาง 10.0 ml ของ stock phosphorus solution ให้เป็น 1 litre ด้วยน้ำกลั่น สารละลายนี้จะเก็บไว้ใช้ได้ไม่เกิน 1-2 วัน

15.Digestion reagent เตรียมจาก 5% solution (W.V) ของ potassium persulfate ($K_2S_2O_8$) โดยละลาย 50 g ของ $K_2S_2O_8$ ลงในน้ำกลั่นให้เป็นปริมาตร 1 litre Phenolphthalein indicator

**5.1 ออร์โธฟอสเฟต (Soluble Reactive Phosphorus, SRP)**

น้ำตัวอย่างที่จะนำมาตรวจวิเคราะห์จะต้องปราศจากตะกอนแขวนลอย ซึ่งถ้ามีความขุ่นมากก็จำเป็นต้องกรองด้วย Membrane filter method ก่อนที่จะใช้ membrane filter จะต้องชะล้างด้วยสารละลาย แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น (ข้อควรระวัง จะต้องตรวจคุณภาพของน้ำกลั่น เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีฟอสฟอรัสเจือปนอยู่ โดยอาศัยวิธีการเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส) ส่วน standard solution ก็นำมาทำตามขั้นตอนต่าง ๆ เช่นเดียวกับที่ทำกับน้ำตัวอย่าง

1. เติม 1 หยด ของ phenolphthalein indicator ลงในน้ำตัวอย่าง 50 ml ถ้าเกิดสีชมพูขึ้นก็เติม strong sulfuric acid หยดต่อหยด จนกระทั่งสีชมพูนั้นหายไป (ไม่ควรเติมเกิน 5 หยด) ถ้าต้องเติมมากกว่า 5 หยดขึ้นไป ก็เอาตัวอย่างนั้น 40 ml แล้วทำให้ปริมาตร 100 ml ด้วน้ำกลั่น

2a. เติม 8.0 ml mixed reagent ลงในน้ำตัวอย่าง แล้วผสมให้เข้ากัน ถ้ามีฟอสฟอรัสก็จะเกิดสีฟ้า ทิ้งไว้ 10 นาที แล้วจึงนำมาวัด absorbance ของแต่ละตัวอย่างที่ 880 nm หรือ 690 nm ด้วย Spectrophotometer โดยใช้ mixed reagent เป็นสารละลายอ้างอิง แล้วกำหนดหาค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัส จากกราฟมาตรฐาน

2b. ในกรณีที่มีฟอสฟอรัสในปริมาณต่ำ ๆ สีฟ้าที่เกิดขึ้นอาจจะถูกทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยการสกัด โดยใช้น้ำตัวอย่างมากขึ้นสกัดด้วยสารละลายอินทรีย์ ดังนี้คือ

เตรียมน้ำตัวอย่างหรือ standard solution 200 ml ลงในกรวยแก้วสำหรับแยกสารละลายขนาด 250 ml เติม 40 ml mixed reagent และผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที แล้วเติม 10.0 ml

reagent grade butyl acetate แล้วเขย่ากลับไปกลับมานาน 3 นาที ตั้งทิ้งให้แยกชั้น แล้วจึงเทสารละลายชั้นล่าง ทำการวัด absorbance ของ blue butyl acetate extract ที่ 880 nm หรือ 690 nm และต้องใช้ reagent blank เป็นสารละลายอ้างอิง แล้วหาค่าปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสจากกราฟ Standard calibration curve ที่เตรียมดังตาราง

**ปริมาตรของ standard solution (1.00 ml = 0.5 μg P) โดยทำให้มีปริมาตร 50.0 ml ด้วยน้ำกลั่น**

| Ml of Standard Solution | Phosphorus Concentration (μg /l) |
|---|---|
| 0.5 | 5 |
| 1.0 | 10 |
| 3.0 | 30 |
| 5.0 | 50 |
| 10.0 | 100 |

**5.2 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphorus)**

ทุกรูปของฟอสฟอรัสถูก oxidized ได้ในน้ำตัวอย่างหรือน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรอง (total soluble phosphorus) ให้เป็นฟอสฟอรัสอนินทรีย์ โดยใช้ persulfate digestion method ซึ่งฟอสเฟตที่เกิดขึ้นจะถูกวิเคราะห์ต่อไป

**วิธีการ**

Standard solution จะต้องเตรียมและทำตามขั้นต่าง ๆ เช่นเดียวกับที่ทำกับน้ำตัวอย่าง

1. ริน 50 ml ของน้ำตัวอย่างลงในขวดแก้วรูปชมพู่ แล้วเติม 8.0 ml digestion reagent ปิดจุกด้วยแผ่นอะลูมินั่ม แล้วเขย่าเบา ๆ ให้ผสมกัน

2.digest organic matter ในตัวอย่าง โดยการทำ autoclave ที่ 15 psi (1 kg/cm$^3$) นาน 30 นาที หรือ digestion อาจทำโดยใช้ water bath นาน 1 ชม.

3.ทิ้งให้เย็น แล้วทำปริมาตรรวมให้เท่ากับ 60 ml ด้วยน้ำกลั่น

4.นำสารละลายนี้ไปทำปฏิกิริยาต่อด้วยวิธีของออร์โธฟอสเฟตในขั้นที่ 2a. แต่ให้เติม mixed reagent 10.0 ml แล้วหาค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดจากกราฟมาตรฐาน(ทำคล้ายออร์โธฟอสเฟต)

**6. การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำโดยวิธี Iodometric method แบบ Azide modification**

1. ล้างขวด BOD ด้วยน้ำตัวอย่าง (rinse) 2-3 ครั้ง
2. เก็บตัวอย่างน้ำด้วยขวด BOD ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตรโดยไม่ให้มีฟองอากาศ และปิดฝาขวดให้สนิทขณะอยู่ใต้น้ำ

3. เติมสารละลาย $MnSO_4$ 1 ml (ห้ามเขย่าขวด) และสารละลาย alkali-iodide azide reagent 1 ml ปิดฝา
4. เขย่าตั้งทิ้งไว้จนได้ตะกอน 2 ใน 3 ของสารละลายทั้งหมด เขย่าอีกครั้งและทิ้งไว้ให้เกิดตะกอน 2 ใน 3 ของสารละลายใหม่
5. เติม conc. $H_2SO_4$ 1 ml ปิดฝา เขย่าให้เข้ากัน
6. นำสารละลายจาก 5 มา 100 ml ไตเตรทด้วย $Na_2S_2O_3$ 0.021 M จนได้สีเหลืองซีด
7. เติมน้ำแป้ง 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน
8. ไตเตรทต่อไปเรื่อยๆ ทีละหยด จนสีน้ำเงินจางหายไป จดปริมาตรที่ใช้
9. คำนวณจากสมการ

DO (ml/l) = จำนวน ml ของสารละลายมาตรฐาน 0.021 M $Na_2S_2O_3$ x 2

**7. วิธีการวิเคราะห์ความเป็นด่างของน้ำโดยวิธี Phenolphthalein methyl orange indicator**

1. ตวงน้ำ 100 ml ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 250 ml และน้ำกลั่นในปริมาณเท่ากันใน erlenmeyer flask อีกใบเป็น blank
2. เติม 3 หยด phenolphthalein indicator ลงในแต่ละ flask แล้วเขย่าให้เข้ากัน
3. ถ้าตัวอย่างเป็นสีชมพูอ่อนให้ titrate ด้วย 0.02 N $H_2SO_4$ จนสังเกตเห็นสีการเปลี่ยนแปลงจางหายไปและบันทึกปริมาตรที่ใช้
4. เติม 3 หยด methyl orange indicator ลงในแต่ละ flask
5. ถ้าตัวอย่างเป็นสีเหลืองให้ titrate ด้วย 0.02 N $H_2SO_4$ จนสังเกตเห็นสีการเปลี่ยนแปลงไปจาก blank และค่อยๆ titrate ทีละหยด จนได้ end point เป็นสีส้มเหลืองหรือแดง (methyl orange จะให้สีเหลืองในสารละลายที่เป็นด่าง สีส้มในสารละลายที่เป็นกลาง และสีแดงในสารละลายที่เป็นกรด)
6. คำนวณจากสมการ

   Total alkalinity (mg/l as $CaCO_3$) = จำนวนกรดที่ใช้เป็น ml x 10

# ภาคผนวก ข

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

## การประเมินคุณภาพน้ำในลักษณะ diagram

คุณภาพของแหล่งน้ำสามารถทำการศึกษาและตรวจสอบได้โดยใช้ปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งทางด้าน กายภาพ เคมี และชีวภาพ เพื่อที่จะแบ่งแยกและประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำนั้น ซึ่งได้มีผู้ศึกษาในเรื่องนี้กันมาก แต่ที่ได้รับความนิยมมากคือ Lorraine and Vollenweider (1981) และ Wetzel (1983) ซึ่งใช้หลักในการแบ่งแยกคุณภาพน้ำออกเป็นระดับต่าง ๆ ตามปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพร่วมกัน

การประเมินคุณภาพน้ำในลักษณะ diagram ครั้งนี้ ได้ใช้ปัจจัยทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการมาประเมินโดยใช้หลักของ Wetzel (1983) และ Lorraine and Vollenweider (1981) นอกจากนั้นยังนำมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 มาประเมินร่วมด้วย ปัจจัยที่นำมาประเมินจะเป็นปัจจัยพื้นฐานและสามารถทำการตรวจสอบวิเคราะห์ได้ง่าย และนำมาแปรผลในรูปของไดอะแกรมสีที่สามารถเข้าใจง่าย

วิธีวิเคราะห์

1. ศึกษาปัจจัยทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการได้แก่
   - -ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)
   - -ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD)
   - -ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity)
   - -ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน
   - -ปริมาณแอมโมเนียม ไนโตรเจน
   - -ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ ($mg.l^{-1}$)

2. นำผลจากข้อ1 ในแต่ละหัวข้อมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

| ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ($mg.l^{-1}$) | ค่ามาตรฐาน |
|---|---|
| มากกว่า8 | 0.1 |
| 7-8 | 0.2 |
| 6-7 | 0.3 |
| 7-6 | 0.4 |
| 6-5 | 0.5 |
| 5-4 | 0.6 |
| 4-3 | 0.7 |
| 3-2 | 0.8 |
| 2-1 | 0.9 |
| น้อยกว่า 1 | 1.0 |

| ค่าการนำไฟฟ้า ($us.cm^{-1}$) | ค่ามาตรฐาน |
|---|---|
| น้อยกว่า 10 | 0.1 |
| 10-20 | 0.2 |
| 20-40 | 0.3 |
| 40-70 | 0.4 |
| 70-100 | 0.5 |
| 100-150 | 0.6 |
| 150-230 | 0.7 |
| 230-400 | 0.8 |
| 400-550 | 0.9 |
| มากกว่า550 | 1.0 |

| ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ($mg.l^{-1}$) | ค่ามาตรฐาน |
|---|---|
| น้อยกว่า 0.25 | 0.1 |
| 0.25-0.5 | 0.2 |
| 0.5-1 | 0.3 |
| 1-2 | 0.4 |
| 2-4 | 0.5 |
| 4-10 | 0.6 |
| 10-20 | 0.7 |
| 20-40 | 0.8 |
| 40-80 | 0.9 |
| มากกว่า 80 | 1.0 |

| ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน ($mg.l^{-1}$) | ค่ามาตรฐาน |
|---|---|
| น้อยกว่า 0.05 | 0.1 |
| 0.05-0.1 | 0.2 |
| 0.1-0.3 | 0.3 |
| 0.3-0.8 | 0.4 |
| 0.8-1.5 | 0.5 |
| 1.5-3.0 | 0.6 |
| 3.0-10.0 | 0.7 |

| | |
|---|---|
| 10.0-20.0 | 0.8 |
| 20.0-40.0 | 0.9 |
| มากกว่า 40.0 | 1.0 |

| ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ($mg.l^{-1}$) | ค่ามาตรฐาน |
|---|---|
| น้อยกว่า 0.1 | 0.1 |
| 0.1-0.2 | 0.2 |
| 0.2-0.4 | 0.3 |
| 0.4-0.8 | 0.4 |
| 0.8-1.5 | 0.5 |
| 1.5-3.0 | 0.6 |
| 3.0-5.0 | 0.7 |
| 5.0-10.0 | 0.8 |
| 10.0-20.0 | 0.9 |
| มากกว่า 20.0 | 1.0 |

| ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ ($mg.l^{-1}$) | ค่ามาตรฐาน |
|---|---|
| น้อยกว่า 0.05 | 0.1 |
| 0.05-0.2 | 0.2 |
| 0.2-0.4 | 0.3 |
| 0.4-0.8 | 0.4 |
| 0.8-1.5 | 0.5 |
| 1.5-3.0 | 0.6 |
| 3.0-5.0 | 0.7 |
| 5.0-10.0 | 0.8 |
| 10.0-20.0 | 0.9 |
| มากกว่า 20.0 | 1.0 |

เมื่อได้ค่าทั้งหมดของแต่ละ parametr แล้วนำค่าที่ได้มาแปรเป็นค่ามาตรฐาน แล้วนำผลที่แปรเป็นค่ามาตรฐานมารวมกันทุก parameter ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและแต่ละครั้งที่เก็บ นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟ โดยจะแบ่งออกเป็น 6 ช่วงดังนี้

0.1-0.8 น้ำสะอาดมากเทียบเท่า hyperoligotrophic status

oligotrophic status

| | |
|---|---|
| 1.7-2.4 | น้ำปานกลางค่อนข้างสะอาด เทียบเท่า oligotrophic-mesotrophic status |
| 2.5-3.2 | น้ำปานกลาง เทียบเท่า mesotrophic status |
| 3.3-4.0 | น้ำปานกลาวงค่อนข้างเสีย เทียบเท่า mesotrophic-eutrophic status |
| 4.1-4.8 | น้ำเสีย เทียบเท่า eutrophic status |
| มากกว่า 4.8 | น้ำเสียมาก เทียบเท่า hypereutrophic status |

เมื่อแทนที่ค่าคุณภาพน้ำที่ผ่านการประเมินของแต่ละจุดด้วยสีที่แตกต่างกัน จะสามารถเห็นความเปลี่ยนแปลงของแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและแต่ละครั้งที่ทำการศึกษาอย่างชัดเจน

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

# ภาคผนวก ค

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ 7 การจัดชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของฟอสฟอรัสรวม ไนโตรเจน คลอโรฟิลล์ เอและความลึกที่แสงส่องถึง

| Variable (Annual Mean Values) | | Oligotrophic | Mesotrophic | Eutrophic | Hyper-eutrophic |
|---|---|---|---|---|---|
| Total phosphorus mg./m.$^3$ | $\overline{X}$ | 8.0 | 26.7 | 84.4 | |
| | $X \pm 1$ SD | 4.85 - 13.3 | 14.5 - 49 | 38 - 189 | |
| | $X \pm 2$ SD | 2.9 - 22.1 | 7.9 - 90.8 | 16.8 - 424 | |
| | Range | 3.0 - 17.7 | 10.9 - 95.6 | 16.2 - 386 | 750 - 1200 |
| | n | 21 | 19 (21) | 71 (72) | 2 |
| Total nitrogen mg./m.$^3$ | $\overline{X}$ | 661 | 753 | 1875 | |
| | $X \pm 1$ SD | 371 - 1180 | 485 - 1170 | 861 - 4081 | |
| | $X \pm 2$ SD | 208 - 2103 | 313 - 1816 | 395 - 8913 | |
| | Range | 307 - 1630 | 361 - 1387 | 393 - 6100 | |
| | n | 11 | 8 | 37 (38) | |
| Chlorophyll a mg./m.$^3$ | $\overline{X}$ | 1.7 | 4.7 | 14.3 | |
| | $X \pm 1$ SD | .8 - 3.4 | 3.0 - 7.4 | 6.7 - 31 | |
| | $X \pm 2$ SD | .4 - 7.1 | 1.9 - 11.6 | 3.1 - 66 | |
| | Range | 0.3 - 4.5 | 3.0 - 11 | 2.7 - 78 | 100 - 150 |
| | n | 22 | 16 (17) | 70 (72) | 2 |
| Chlorophyll a Peak Value mg./m.$^3$ | $\overline{X}$ | 4.2 | 16.1 | 42.6 | |
| | $X \pm 1$ SD | 2.6 - 7.6 | 8.9 - 29 | 16.9 - 107 | |
| | $X \pm 2$ SD | 1.5 - 13 | 4.9 - 52.5 | 6.7 - 270 | |
| | Range | 1.3 - 10.6 | 4.9 - 49.5 | 9.5 - 275 | |
| | n | 16 | 12 | 46 | |
| Secchi Depth m. | $\overline{X}$ | 9.9 | 4.2 | 2.45 | |
| | $X \pm 1$ SD | 5.9 - 16.5 | 2.4 - 7.4 | 1.5 - 4.0 | |
| | $X \pm 2$ SD | 3.6 - 27.5 | 1.4 - 13 | .9 - 6.7 | |
| | Range | 5.4 - 28.3 | 1.5 - 8.1 | .8 - 7.0 | 0.4 - 0.5 |
| | n | 13 | 20 | 70 (72) | 2 |

$\overline{X}$ = geometric mean

SD = standard deviation

( ) = value in bracket refers to the number of variables (n) employed in the first calculation.

(Lorraine and Vollenweider, 1981)

ตารางที่ 8 การจัดชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของสารอาหาร คุณสมบัติน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพบางประการ แพลงก์ตอนพืชชนิดที่เด่นและแพลงก์ตอนพืชชนิดที่พบได้ทั่วไป ในชั้นน้ำระดับต่าง ๆ

| GENERAL LAKE TROPHY | WATER CHARACTERISTICS | DOMINANT ALGAE | OTHER COMMONLY OCCURRING ALGAE |
|---|---|---|---|
| Oligotrophic | Slightly acidic; very low salinity | Desmids *Staurodesmus*, *Staurastrum* | *Sphaerocystis*, *Gloeocysis*, *Rhizosolenia*, *Tabellaria* |
| Oligotrophic | Neutral to slightly alkaline; nutrient-poor lakes | Diatoms, especialy, *Cyclotella* and *Tabellaria* | Some *Asterionella* spp., some *Melosira* spp., *Dinobryon* |
| Oligotrophic | Neutral to slightly alkaline; nutrient-poor lakes or more productive lakes at seasons of nutrient reduction | Chrysophycean algae, especially *Dinobryon*, some *Mallomonas* | Other Chrysophyceans, e.g., *Synura*, *Uroglena*; diatom *Tabellaria* |
| Oligotrophic | Neutral to slightly alkaline; nutrient-poor lakes | Chlorococcal *Oocystis* or Chrysophycean *Botryococcus* | Oligotrophic diatoms |
| Oligotrophic | Neutral to slightly alkaline; generally nutrient poor; common in shallow Arctic lakes | Dinoflagellates, especially some *Peridinium* and *Ceratium* spp. | Small chrysophytes cryptophytes, and diatoms |
| Mesotrophic or Eutrophic | Neutral to slightly alkaline; annual dominants or in eutrophic lakes at certain seasons | Dinoflagellates, some *Peridinium* and *Ceratium* spp. | *Glenodinium* and many other algae |
| Eutrophic | Usually alkaline lakes with nutrient enrichment | Diatoms much of year, especially *Asterionella* spp., *Fragilaria crotonensis*, *Synedra*, *Stephanodiscus*, and *Melosira granulata* | Many other algae, especially green and blue-greens during warmer periods of year; desmids of dissolved organic matter is fairly high |
| Eutrophic | Usually alkaline; nutrient enriched; common in warmer periods of temperature lakes or perennially in enriched tropical lakes | Blue-green algae, especially *Anacystis* (= *Microcystis*), *Aphanizomenon*, *Anabaena* | Other blue-green; euglenophytes if organically enriched or polluted |

(Wetzel, 1983)

ตารางที่ 8 การจัดชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของสารอาหาร คุณสมบัติน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพบางประการ แพลงก์ตอนพืชชนิดที่เด่น ในชั้นน้ำระดับต่าง ๆ

| TROPHIC TYPE | MEAN PRIMARY PRODUC-TIVITY ($mg\ C\ m^{-2}\ DAY^{-1}$) | PHYTO-PLANKTON DENSITY ($cm^3\ m^{-3}$) | PHYTO-PLANKTON BIOMASS ($mg\ C\ m^{-3}$) | CHORO-PHYLL a ($mg\ m^{-3}$) | DOMINANT PHYTO-PLANKTON | LIGHT EXTINCTION COEFFI-CIENTS ($\eta m^{-1}$) | TOTAL ORGANIC CARBON ($\mu g.l^{-1}$) | TOTAL P ($\mu g.l^{-1}$) | TOTAL N ($\mu g.l^{-1}$) | TOTAL INORGANIC SOLIDS ($\mu g.l^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ultraoligotrophic | < 50 | < 1 | < 50 | 0.01-0.5 | | 0.03-0.8 | | < 1-5 | < 1-250 | 2-15 |
| Oligotrophic | 50-300 | | 20-100 | 0.3-3 | Chrysophyceae Cryptophyceae | 0.05-1.0 | < 1-3 | | | |
| Oligomesotrophic | | 1-3 | | | Dinophyceae, Bacillariophyceae | | | 5-10 | 250-600 | 10-200 |
| Mesotrophic | 250-1000 | | 100-300 | 2-15 | | 0.1-2.0 | < 1-5 | | | |
| Mesoeutrophic | | 3-5 | | | | | | 10-30 | 500-1100 | 100-500 |
| Eutrophic | > 1000 | | > 300 | 10-500 | Bacillariophyceae, Cyanophyceae | 0.5-4.0 | 5-30 | | | |
| Hypereutrophic | | > 10 | | | Chlorophyceae, Euglenophyceae | | | 30->5000 | 500->15000 | 400-60000 |
| Dystrophic | < 50-500 | | < 50-200 | 0.1-10 | | 1.0-4.0 | 3-30 | < 1-10 | < 1-500 | 5-200 |

(Wetzel, 1983)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

# ภาคผนวก ง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ 9 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และเคมีบางประการ ของลำน้ำแม่สา อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ในรอบ 1 ปี 6 เดือน

(เมษายน 2541 - กันยายน 2542)

velocity ( $m.s^{-1}$ )

| จุดเก็บตัวอย่าง | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.หมู่บ้านกองแหะ | 0.087 | 0.3 | 0.007 | 0.3 | 0.113 | 0.153 | 0.153 | 0.193 | 0.06 | 0.12 | 0.007 | 0.093 | 0.127 | 0.173 | 0.233 | 0.113 | 0.06 | 0.113 |
| 2.สะพานหมู่บ้านกองแหะ | 0.093 | 0.273 | 0.147 | 0.273 | 0.253 | 0.213 | 0.207 | 0.24 | 0.247 | 0.173 | 0.22 | 0.173 | 0.22 | 0.113 | 0.008 | 0.273 | 0.16 | 0.253 |
| 3.ปางช้างแม่สา | 0.167 | 0.353 | 0.14 | 0.353 | 0.413 | 0.447 | 0.207 | 0.473 | 0.347 | 0.46 | 0.32 | 0.213 | 0.3 | 0.333 | 0.56 | 0.353 | 0.233 | 0.26 |
| 4.สะพานชลประทาน | 0.047 | 0.233 | 0.06 | 0.233 | 0.233 | 0.18 | 0.017 | 0.44 | 0.18 | 0.127 | 0.2 | 0.013 | 0.127 | 0.473 | 0.507 | 0.527 | 0.32 | 0.267 |
| 5.บ้านแม่สาหลวง | 0.12 | 0.1 | 0.093 | 0.1 | 0.267 | 0.147 | 0.073 | 0.267 | 0.173 | 0.073 | 0.473 | 0 | 0.267 | 0.227 | 0.24 | 0.193 | 0.26 | 0.613 |

conductivity ( $uS.cm^{-1}$ )

| จุดเก็บตัวอย่าง | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.หมู่บ้านกองแหะ | 109.7 | 77.2 | 116.1 | 77.2 | 60.6 | 53 | 61.7 | 66.5 | 72.4 | 37.7 | 72.1 | 75.2 | 83 | 71.1 | 35 | 36 | 53.3 | 68.7 |
| 2.สะพานหมู่บ้านกองแหะ | 201 | 195.5 | 225 | 195.5 | 179.5 | 147.6 | 181.6 | 184 | 211 | 199 | 225 | 253 | 226 | 191 | 118.4 | 120 | 188.7 | 149.5 |
| 3.ปางช้างแม่สา | 297 | 301 | 296 | 301 | 335 | 187 | 310 | 323 | 305 | 314 | 297 | 272 | 321 | 202 | 229 | 280 | 255 | 525 |
| 4.สะพานชลประทาน | 310 | 300 | 276 | 300 | 293 | 282 | 221 | 312 | 321 | 274 | 186.2 | 232 | 328 | 217 | 230 | 220 | 220 | 415 |
| 5.บ้านแม่สาหลวง | 227 | 288 | 103 | 288 | 281 | 200 | 199.9 | 281 | 285 | 207 | 175.9 | 203 | 266 | 266 | 192 | 200 | 177 | 594 |

Turbidity ( NTU )

| จุดเก็บตัวอย่าง | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.หมู่บ้านกองแหะ | 2.9 | 4.5 | 3 | 2.9 | 1.8 | 7.5 | 7 | 4.2 | 4.7 | 6.1 | 1.6 | 1.5 | 3.1 | 2.3 | 3 | 1.3 | 2.1 | 5.2 |
| 2.สะพานหมู่บ้านกองแหะ | 3.3 | 7.5 | 3.1 | 9 | 3.8 | 11 | 8.8 | 8.8 | 7.8 | 4.8 | 2.7 | 20 | 3.7 | 24.5 | 7.3 | 5.7 | 5.3 | 22 |
| 3.ปางช้างแม่สา | 19.2 | 67 | 17 | 134 | 11.5 | 82.3 | 5100 | 45 | 15 | 79 | 20 | 67 | 90 | 82.5 | 70 | 55 | 78 | 56 |
| 4.สะพานชลประทาน | 4.4 | 35 | 3.5 | 148 | 19 | 34 | 43 | 21 | 13 | 16.6 | 7 | 4.9 | 30 | 216 | 220 | 13 | 102 | 68 |
| 5.บ้านแม่สาหลวง | 5.6 | 37 | 4 | 57 | 17 | 6.2 | 8.4 | 16.5 | 10 | 19.8 | 190 | 14 | 20 | 228 | 254 | 7.5 | 146 | 86 |

ตารางที่ 9 (ต่อ)

Temp. ( o C )

| จุดเก็บตัวอย่าง | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.หมู่บ้านกองแหะ | 22.8 | 22.1 | 23 | 22.1 | 22.3 | 21.8 | 20.9 | 19.5 | 19 | 19 | 20.3 | 22.8 | 21.7 | 22.9 | 21.6 | 21.8 | 21.3 | 21 |
| 2.สะพานหมู่บ้านกองแหะ | 22.8 | 22.3 | 22.9 | 22.3 | 22.8 | 22.7 | 21.7 | 20.8 | 20 | 19.6 | 20.8 | 22.8 | 23.4 | 23.5 | 22.7 | 22.8 | 22.8 | 22 |
| 3.ป่างช้างแม่สา | 28.7 | 25 | 26.5 | 25 | 27.6 | 26.9 | 24.2 | 23.4 | 22.5 | 24.5 | 23.8 | 25.8 | 25.7 | 27 | 25.6 | 25.6 | 25.2 | 23 |
| 4.สะพานชลประทาน | 33.1 | 26.8 | 29.8 | 26.8 | 28.4 | 30.4 | 29.2 | 24.4 | 26.8 | 26.6 | 25.7 | 30.2 | 26.3 | 27.3 | 27.3 | 29.1 | 26.7 | 23.4 |
| 5.บ้านแม่สาหลวง | 31.5 | 27.1 | 29.9 | 27.1 | 28.7 | 30.1 | 28.7 | 26.6 | 24.8 | 26.6 | 24.8 | 30.2 | 27.3 | 28.9 | 27.6 | 28.4 | 26.8 | 24 |

pH

| จุดเก็บตัวอย่าง | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.หมู่บ้านกองแหะ | 7.65 | 7.19 | 6.7 | 7.19 | 6.9 | 6.63 | 7.15 | 6.87 | 7.5 | 6.66 | 6.45 | 6.9 | 6.98 | 7.28 | 7.06 | 6.84 | 6.8 | 7.15 |
| 2.สะพานหมู่บ้านกองแหะ | 7.55 | 7.1 | 6.76 | 7.1 | 6.9 | 6.97 | 7.5 | 7.27 | 7.35 | 7.18 | 7.13 | 7.33 | 6.84 | 7.14 | 7.26 | 7.36 | 7.32 | 7.3 |
| 3.ป่างช้างแม่สา | 8.49 | 8.6 | 8.38 | 8.6 | 7.61 | 8.44 | 8.57 | 8.4 | 8 | 7.16 | 8.25 | 8.4 | 8.16 | 8.18 | 7.6 | 8.46 | 7.98 | 8.95 |
| 4.สะพานชลประทาน | 7.54 | 7.76 | 7.1 | 7.76 | 7.1 | 7.33 | 7.79 | 7.78 | 7.5 | 7.4 | 7.63 | 7.61 | 7.34 | 7.22 | 7.22 | 7.15 | 7.45 | 8.28 |
| 5.บ้านแม่สาหลวง | 7.65 | 7.76 | 6.99 | 7.76 | 7.2 | 7.11 | 7.56 | 7.43 | 7.6 | 7.1 | 7.63 | 7.63 | 7.13 | 7.4 | 7.26 | 7.2 | 7.63 | 8.11 |

DO ( $mg.l^{-1}$ )

| จุดเก็บตัวอย่าง | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.หมู่บ้านกองแหะ | 5.2 | 7.5 | 4.8 | 7.5 | 7.6 | 7.8 | 8 | 7.5 | 7.5 | 7.3 | 6.8 | 7.8 | 7.2 | 6.6 | 6.8 | 6.8 | 7.3 | 7.5 |
| 2.สะพานหมู่บ้านกองแหะ | 5.2 | 6.5 | 5.2 | 6.5 | 7.2 | 7.2 | 7.5 | 7 | 7.1 | 7.2 | 6.8 | 6.2 | 7.2 | 6.2 | 6.2 | 7 | 6.2 | 7.4 |
| 3.ป่างช้างแม่สา | 6.2 | 7.8 | 5.2 | 7.8 | 7.8 | 7.4 | 8 | 7.9 | 8 | 8 | 7.7 | 7.8 | 7 | 6.8 | 7 | 7.6 | 6.8 | 7.6 |
| 4.สะพานชลประทาน | 5.6 | 7.4 | 8 | 7.4 | 6.2 | 7.1 | 7.4 | 7.2 | 7.8 | 7.8 | 6.5 | 8.8 | 5.8 | 7.6 | 5.8 | 5.6 | 5.6 | 7 |
| 5.บ้านแม่สาหลวง | 7.6 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.6 | 7.8 | 6.9 | 7.1 | 7.6 | 7.8 | 7.4 | 7.5 | 6.2 | 7.2 | 6.2 | 6.4 | 6.6 | 6.9 |

ตารางที่ 9 (ต่อ)

BOD ( $mg.l^{-1}$ )

| จุดเก็บตัวอย่าง | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.หมู่บ้านกองแหะ | 0.4 | 0.3 | 0.6 | 0.3 | 3.2 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.4 | 1.1 | 3.4 | 1.4 | 2.9 | 1.6 | 0.4 | 2.8 | 0.7 |
| 2.สะพานหมู่บ้านกองแหะ | 0.6 | 0.3 | 3.8 | 0.3 | 2.8 | 1.2 | 1.3 | 2 | 1.6 | 0.8 | 1.8 | 0.2 | 1.2 | 1.3 | 1 | 0.4 | 1.7 | 0.9 |
| 3.ป่างช้างแม่สา | 1.2 | 1.2 | 2.2 | 1.2 | 3.6 | 0.8 | 0.4 | 6.7 | 5.2 | 1.1 | 3 | 4.5 | 1.4 | 2.8 | 1.6 | 3.2 | 0.5 | 0.4 |
| 4.สะพานชลประทาน | 0.8 | 1.8 | 2 | 1.8 | 1.8 | 1.4 | 1 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 1.4 | 0.8 | 2.4 | 1.5 | 2.2 | 0.4 | 0.8 | 1.1 |
| 5.บ้านแม่สาหลวง | 0.6 | 0.6 | 1.6 | 0.6 | 0.8 | 1 | 0.8 | 0.4 | 0.6 | 1.6 | 3 |  | 1.8 | 0.6 | 1.2 | 0.6 | 1.3 | 0.6 |

TDS ( $mg.l^{-1}$ )

| จุดเก็บตัวอย่าง | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.หมู่บ้านกองแหะ | 55.2 | 38.6 | 58.2 | 38.6 | 30.9 | 26.9 | 31.7 | 33.2 | 32.2 | 18.3 | 36 | 25.4 | 26.7 | 35.5 | 18 | 18 | 26 | 33.9 |
| 2.สะพานหมู่บ้านกองแหะ | 81 | 85.1 | 114 | 85.1 | 90.3 | 76.1 | 91 | 92 | 109 | 98 | 113 | 124 | 114 | 98.5 | 60 | 60 | 94 | 78.1 |
| 3.ป่างช้างแม่สา | 144 | 151 | 162 | 151 | 169 | 101 | 156 | 164 | 163 | 159 | 151 | 135 | 171 | 103 | 115 | 140 | 128 | 246 |
| 4.สะพานชลประทาน | 158 | 150 | 140 | 150 | 150 | 144 | 116 | 156 | 116 | 139 | 93.4 | 116 | 164 | 116 | 116 | 110 | 110 | 206 |
| 5.บ้านแม่สาหลวง | 87.9 | 144 | 51.5 | 144 | 143 | 100 | 99.9 | 140 | 131 | 115 | 87.9 | 103 | 133 | 134 | 98 | 101 | 89 | 290 |

Alkalinity ( $meq.l^{-1}$ )

| จุดเก็บตัวอย่าง | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.หมู่บ้านกองแหะ | 41 | 36 | 43 | 34 | 31.5 | 31 | 29 | 32 | 34.5 | 39 | 42.5 | 43.8 | 41.5 | 26.5 | 19.5 | 31.5 | 29 | 28 |
| 2.สะพานหมู่บ้านกองแหะ | 124 | 74.5 | 113 | 93 | 84 | 79 | 76.5 | 96 | 107 | 117 | 63 | 138.8 | 122.5 | 50.5 | 55 | 92 | 89 | 50 |
| 3.ป่างช้างแม่สา | 132 | 132 | 155 | 146 | 156 | 144 | 133.5 | 157 | 173.5 | 174.5 | 94.5 | 181 | 172.5 | 92.5 | 101.5 | 156.5 | 151 | 137 |
| 4.สะพานชลประทาน | 128 | 123.5 | 142 | 139 | 150.5 | 141 | 138.5 | 151 | 164 | 160 | 87.5 | 172.5 | 158 | 42 | 80 | 154 | 127.5 | 115 |
| 5.บ้านแม่สาหลวง | 90 | 119 | 102 | 122 | 126 | 123.5 | 122 | 133 | 147.5 | 102 | 97.5 | 154.5 | 121 | 27.5 | 75.5 | 135.5 | 93.5 | 117 |

ตารางที่ 9 (ต่อ)

Nitrate nitrogen ( $ug.l^{-1}$ )

| จุดเก็บตัวอย่าง | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.หมู่บ้านกองแหะ | 427 | 112 | 49 | 887 | 2426 | 1883 | 476 | 714 | 399 | 168 | 251 | 53 | 38 | 365 | 158 | 69 | 166 | 174 |
| 2.สะพานหมู่บ้านกองแหะ | 655 | 432 | 89 | 1573 | 7373 | 6534 | 1440 | 1657 | 775 | 510 | 721 | 140 | 80 | 635 | 292 | 348 | 317 | 510 |
| 3.ปางช้างแม่สา | 776 | 279 | 87 | 2581 | 7385 | 9635 | 1571 | 2763 | 997 | 618 | 918 | 150 | 401 | 455 | 487 | 269 | 491 | 623 |
| 4.สะพานชลประทาน | 399 | 487 | 68 | 1089 | 3454 | 3766 | 786 | 1705 | 265 | 262 | 579 | 281 | 314 | 300 | 240 | 95 | 257 | 393 |
| 5.บ้านแม่สาหลวง | 491 | 300 | 75 | 1815 | 3400 | 2547 | 475 | 1496 | 177 | 222 | 325 | 41 | 64 | 240 | 309 | 126 | 238 | 361 |

Nitrite nitrogen ( $ug.l^{-1}$ )

| จุดเก็บตัวอย่าง | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.หมู่บ้านกองแหะ | 2 | 3 | 2 | 3 | 2.4 | 2 | 6 | 5 | 7 | 2 | 2 | 4 | 6 | 11 | 6 | 2 | 2 | 5 |
| 2.สะพานหมู่บ้านกองแหะ | 6 | 16 | 8 | 7 | 5.7 | 4 | 13 | 11 | 15 | 5 | 9 | 7 | 15 | 25 | 12 | 7 | 4 | 11 |
| 3.ปางช้างแม่สา | 15 | 9 | 4 | 12 | 10.9 | 3 | 19 | 15 | 12 | 3 | 5 | 9 | 22 | 19 | 8 | 8 | 5 | 10 |
| 4.สะพานชลประทาน | 1 | 7 | 5 | 8 | 12.7 | 5 | 18 | 14 | 12 | 4 | 7 | 2 | 29 | 37 | 7 | 6 | 7 | 14 |
| 5.บ้านแม่สาหลวง | 6 | 6 | 7 | 16 | 14.7 | 4 | 11 | 18 | 11 | 2 | 3 | 7 | 24 | 47 | 5 | 10 | 9 | 13 |

Ammonium nitrogen ( $ug.l^{-1}$ )

| จุดเก็บตัวอย่าง | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.หมู่บ้านกองแหะ | 155 | 49 | 0 | 195 | 250 | 200 | 342 | 89 | 101 | 28 | 38 | 85 | 28 | 89 | 62 | 15 | 22 | 25 |
| 2.สะพานหมู่บ้านกองแหะ | 32 | 89 | 2.7 | 280 | 310 | 280 | 430 | 134 | 125 | 210 | 340 | 195 | 52 | 256 | 80 | 56 | 65 | 74 |
| 3.ปางช้างแม่สา | 289 | 87 | 0 | 355 | 260 | 330 | 400 | 198 | 118 | 280 | 482 | 238 | 285 | 150 | 180 | 38 | 78 | 85 |
| 4.สะพานชลประทาน | 138 | 68 | 3.3 | 210 | 180 | 220 | 480 | 110 | 72 | 55 | 180 | 525 | 368 | 200 | 138 | 22 | 50 | 64 |
| 5.บ้านแม่สาหลวง | 95 | 75 | 0 | 278 | 290 | 310 | 390 | 100 | 68 | 35 | 78 | 95 | 40 | 11 | 220 | 40 | 45 | 50 |

ตารางที่ 9 (ต่อ)

Soluble Reactive Phosphorus ( $ug.l^{-1}$ )

| จุดเก็บตัวอย่าง | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.หมู่บ้านกองแหะ | 24 | 205 | 1380 | 24 | 21.6 | 25 | 731 | 23 | 49 | 81 | 44 | 567 | 80 | 15 | 60 | 10 | 10 | 36 |
| 2.สะพานหมู่บ้านกองแหะ | 49 | 2040 | 1380 | 59 | 90.8 | 128 | 922 | 47 | 79 | 268 | 58 | 972 | 85 | 38 | 158 | 15 | 24 | 48 |
| 3.ปางช้างแม่สา | 88 | 1120 | 960 | 47 | 71.4 | 192 | 844 | 34 | 42 | 214 | 39 | 411 | 200 | 25 | 90 | 22 | 36 | 69 |
| 4.สะพานชลประทาน | 20 | 663 | 870 | 25 | 69.2 | 82 | 906 | 20 | 36 | 117 | 44 | 446 | 160 | 38 | 120 | 15 | 16 | 45 |
| 5.บ้านแม่สาหลวง | 49 | 256 | 1100 | 68 | 58.4 | 256 | 876 | 32 | 58 | 78 | 50 | 427 | 120 | 62 | 152 | 12 | 29 | 27 |

Total Phosphate ( $ug.l^{-1}$ )

| จุดเก็บตัวอย่าง | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.หมู่บ้านกองแหะ | 28 | 1206 | 1750 | 32 | 28.2 | 32 | 752 | 28 | 53 | 98 | 54 | 601 | 83 | 22 | 72 | 15 | 15 | 40 |
| 2.สะพานหมู่บ้านกองแหะ | 53 | 2830 | 2470 | 68 | 100.4 | 140 | 942 | 53 | 88 | 282 | 63 | 993 | 90 | 45 | 173 | 18 | 30 | 56 |
| 3.ปางช้างแม่สา | 88 | 1430 | 2150 | 55 | 80.2 | 210 | 860 | 37 | 55 | 256 | 47 | 438 | 225 | 30 | 98 | 29 | 42 | 73 |
| 4.สะพานชลประทาน | 25 | 2700 | 2340 | 32 | 75.5 | 98 | 932 | 28 | 42 | 150 | 62 | 485 | 172 | 46 | 130 | 20 | 19 | 50 |
| 5.บ้านแม่สาหลวง | 53 | 1840 |  | 79 | 62.5 | 272 | 882 | 39 | 65 | 92 | 57 | 469 | 130 | 71 | 176 | 18 | 35 | 31 |

Iron ( $ug.l^{-1}$ )

| จุดเก็บตัวอย่าง | A | M | J | J | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.หมู่บ้านกองแหะ | 167 | 1190 | 56 | 139 | 100 | 31 | 227 | 231 | 35 | 57 | 125 | 97 | 45 | 100 | 250 | 50 | 188 | 37 |
| 2.สะพานหมู่บ้านกองแหะ | 833 | 1250 | 208 | 583 | 350 | 156 | 273 | 654 | 334 | 200 | 312 | 161 | 178 | 400 | 350 | 200 | 375 | 290 |
| 3.ปางช้างแม่สา | 433 | 1120 | 26 | 722 | 250 | 125 | 136 | 462 | 135 | 114 | 281 | 64 | 533 | 350 | 150 | 150 | 750 | 111 |
| 4.สะพานชลประทาน | 933 | 1520 | 0 | 1000 | 800 | 94 | 636 | 808 | 500 | 600 | 500 | 194 | 289 | 550 | 400 | 300 | 438 | 300 |
| 5.บ้านแม่สาหลวง | 367 | 870 | 0 | 750 | 375 | 22 | 364 | 385 | 135 | 201 | 385 | 64 | 111 | 600 | 700 | 100 | 562 | 222 |

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| **ชื่อ** | นาย ทัตพร คุณประดิษฐ์ |
| **วัน เดือน ปีเกิด** | 29 กรกฎาคม 2517 |
| **ภูมิลำเนา** | จังหวัดเชียงใหม่ |
| **ประวัติการศึกษา** | **สำเร็จการศึกษาชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษาจากโรงเรียน** ปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2534<br>**สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี** วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2539<br>**สำเร็จการศึกษาปริญญาโท** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2543 |
| **ทุนการศึกษา** | โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (BRT) |
| **สถานที่ติดต่อ** | 3 ถนนเจริญเมือง ซอย 5 ตำบลท่าศาลา อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50000 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University