หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

เข็มชาติ นิ่มสมบูรณ์. การสำรวจชีวประมงในบึงบอระเพ็ดระยะหลังการลดระดับน้ำเพื่อการปรับปรุง. กรุงเทพมหานคร: คณะการทำงานเฉพาะกิจสำรวจชีวประมง กองประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2535.

เข็มชาติ นิ่มสมบูรณ์ และสุชิน ทองมี. การสำรวจชลชีวะและการประมงในบึงบอระเพ็ด รายงานประจำปี 2513. กรุงเทพมหานคร: สถานีประมงบึงบอระเพ็ด กองบำรุงพันธุ์สัตว์น้ำ กรมประมง, 2513.

ประมง, กรม. โครงการปรับปรุงสภาพการประมงในบึงบอระเพ็ด. วารสารกรมประมง 25(2515): 7-21. กรุงเทพมหานคร: กองบำรุงพันธุ์สัตว์น้ำ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2515.

ปลอดประสพ สุรัสวดี. การศึกษาขนาดและการเปลี่ยนแปลงของประชากรในบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ในระยะที่มีการระบายน้ำและเปิดจับปลาโดยเสรี โดยการติดเครื่องหมาย รายงานหน่วยงานบริหารงานประมงและพัฒนาประมงขนาดใหญ่. กรุงเทพมหานคร: กองบำรุงสัตว์น้ำ กรมประมง, 2515.

_____. โครงการปรับปรุงพัฒนาบึงบอระเพ็ด. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2535.

_____. การปรับปรุงและพัฒนาบึงบอระเพ็ดศึกษาเพิ่มเติมปี พ.ศ. 2525-2526. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยสังคม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2528.

สุชิน ทองมี และสืบพงษ์ ฉัตรมาลัย. พันธุ์ไม้น้ำและแผนที่พันธุ์ไม้น้ำในบึงบอระเพ็ด. รายงานประจำปี 2515: สถานีประมงบึงบอระเพ็ด กองบำรุงพันธุ์สัตว์น้ำ กรมประมง, 2515.

อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล. การแพร่กระจายของพันธุ์ไม้น้ำและสัตว์ที่อาศัยกับพันธุ์ไม้น้ำในบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2527.

เอนก อ่วมแจง. วัตถุมีพิษตกค้างในนกบางชนิด ณ บึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วนศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2527.

American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: APHA, 1985.

Ausmus, B.S.,and Edward, N.T. The relationship between two microbial metabolic activity indices: ATP concentration and CO_2 evolution rate: In Oak Ridge Nat. Lab., Eastern Deciduous Forest Biome, Memo Report No.72-93., Oak Ridge, Tennesses, 1972.

Baker, J.H. Epiphytic Bacteria: In B. Austin (ed.), Methods in Aquatic Bacteriology. pp.171-191. London: John Wiley & Sons, 1988.

Benner, R., Lay, J., Knees, E., and Hodson, R.E. Carbon conversion efficiency for bacterial growth on lignocellulose: Implication for detritus-based food webs. Limmnoly Oceanographer. 33(1988) : 1514-1526.

Boyd, C.E. Losses of mineral nutrients during decomposition of Typha latfolia. Arch. Hydrobiol. 66(1970): 511-517.

Brinson, M.M. Decomposition and nutrient exchange of litter in an alluvial swamp forest. Ecology 58(1977): 601-609.

Cattaneo, A., and Kalff, J. The relative contribution of aquatic macrophytes and their epiphytes to the production of macrophyte beds. Limmoly Oceanographer. 25(1980): 280-289.

Chamie, J.R.M., and Richardson, C.J. Decomposition in northern wetlands: In R.E. Good, D.F. Whingham, and R.L. Simpson (eds.), Freshwater Watlands. pp.115-130. New York, 1978.

Chapman, S.B. A simple conductimetric soil respirometer for field use. Oikos. 22(1971): 348-353.

Clark, F.E. The microbial component of the ecosystem. Technical report. No.52. New Mexico: U.S. Internation, Biology Program, Colorado State University, 1970.

Coker, R.E. Streams lakes ponds. U.S.A.: University of North Carolina Press, 1954.

Dickinson, C.H., and Pugh,P.J. Biology of plant litter decomposition. London: Academic Press, 1974.

Dykyjova, D., and Kvet,J. Pond littoral ecosystem. Ecological Studies Vol. 28. New York: Springor-Verleig, 1978.

Godlewska-Lipowada, W.A. Destruction of organic matter in the water of some Masurian lakes of varyings tropism: In J. Salanki and J.E. Ponyi (eds.), Limnology of Shallow Waters ; Symposia Biologica Hungaria vol.15. pp.141-147. Hungary, 1973.

Godshalk, G.L., and Wetzel, R.G. Decomposition in the littoral zone of lake. In R.E. Good, Whigham, D.F., and Simpson, R.L. eds. Freshwater wetland. pp.131-143. NewYork: Academic Press.,1978a.

_____. Decomposition of aquatic angiosperm I: Dissolved Components. pp.281-330. Aquatic Botany, 1978b.

_____. Decomposition of aquatic angiosperms II: Particulate components. pp.301-328. Aquatic Botany, 1978c.

Gopal, B., R.E., Turner, R.G., Wetzel, and D.F., Whigham. Wetland: Ecology and management proceeding of the first international Wetlands conference. 1st. ed. India: UNESCO, 1982.

Heal, O.W., and French, J.D. Decomposition of organic matter in tundra: In A.J. Holding, O.W. Heal, S.F. Mactean, and P.W. Flanagan (eds.), In Soil Organisms and Decomposition in Tundra. pp.229-304. Alaska, 1974.

Howard, W.C., and Junk W.J. The decomposition of aquatic macrophytes in the floating meadows of a Central Amazonian Varzea lake. Biogeographica. 7(1976): 115-123.

Ivason, K.C. Changes in decomposition rate, microbial population and carbohydrate content of an acid peat bog after liming and recla mation. Canadian J. Soil Sci. 57(1971): 129-137.

Junk, W.J. Limnological studies in Bung Borapet, a reservoir in central Thailand. West Germany: Max-Institute for limnology, Department Tropical Ecology, Plan, 1973.

Kennish, M.J. Ecology of Estuaries Volumn I. physical and chemical aspects. USA: CRC press, 1986.

Levinton, J.S., T.S., Bianchi, and S., Stewart. What is the role of particulate organic matter in Benthic invertebrate nutrition? Bull. Marine Sci. 35(1984): 270-282.

Macfadyen, A. Soil metabolism in relation to ecosystem energy flow and to primary and secondary production: In UNESCO (ed.), Method of Study in Soil Ecology. pp.167-172. Paris, 1970.

Mason, C.F., and Bryant, R.J. Production, nutrient content and decomposition of *Phragmites communis* Trin. and *Typha angustifolia* L. J. Ecol. 63(1975): 71-95.

Mina, V.N. Comparision of methods for determining the intensity of soil respiration. Soviet Soil Sci. 10(1962): 1188-119.

Odum, E.P. Fundamentals of Ecology. 3rd ed. Philadephia: W.B. Scannders company, 1985.

Planter, M. Elution of commponent out of dead reed Pragmites communis Trin. Pol. Arch. Hydrobiol. 17(1970): 357-362.

Pozo, J., and R., colino. Decomposition process of Spartina maritima in a salt marsh of the Basque Country. Hydrobiologia 231(1992) : 165-175.

Parkinson, D., Gray, T.R.C., and Williams, S.T. Methods for studying the ecology of soil microorganism. England: Blackwell Scientific Publications, 1971.

Payne, A.I. The Ecology of tropical lake and rivers . Great Britain: John Wiley & Sons, 1986.

Reader, R.J., and Stowart, J.M. The relationship between net primary production and accumulation for a peatland in Southerns Manitoba. Ecology 53(1972): 1024-1032.

Rodina, A.G. Method in aquatic microbiology. U.S.A.: University Park Press, pp.380-388, 1972.

Romarov, V.V. Hydrophysics of Bogs . Jarusalem: Israel Program for Scientific Translation, 1968.

Rosswall, T. Plant litter decomposition studies at the Swedish Tundra site: In C.M. Sonenson (ed.) IBP - Progress Report 1972., pp.124-133. Stockholm, 1973.

Schoenberg, S.A., Benner, R., Armstrong, A., Sobecky, P., and Hodson, R.E. Effects of acid stress on aerobic decomposition of algal aquatic macrophyte detritus: Direct comparision in a radiocarbon assay. Apply Environmental Microbiology 56(1990): 237-244.

Shanks, R.E., and Olson, J.S. First-year breakdown of leaf litter in Southern Appalachian forest. Science 134(1961): 194-195.

Skujins, J. Dehydrogenase: an indicator of arid soils. Bull. Ecol. Research Committee 17(1973): 235-241.

Smith, R.L. Ecology and field biology. 4th ed. New York: Harper Collin Publishers, 1990.

Sorokin, Y.I., and Kadota, H. Techniques for the assessment of microbial production and decomposition in fresh waters. Oxford : Blackwell Scientific Publications, 1972.

Suberkropp, K., and M.J., Klug. Fungi and bacteria associated with leaves during processing in a Woodland streams. Ecology 57(1976): 707-719.

Suraswadi, P. Newly covered grass as a habitat for fish in Bung Boraped Thailand. Ph.D. Thesis, University of Manitoba, 1976.

Tate, R.L. Microbial autecology. 3rd. ed. U.S.A: John Wiley & Son,1986.

Townsend, C.R. The Ecology of streams and rivers studies in biology. No.122. Great Britain: Arnold Publishers, 1980.

Van, C.K. Energy and weight-loss function for decomposing foliage in birch and aspense forests in interior Alaska. Ecology 57(1971) : 720-723.

Wetzel, R.G. Limnology. Pennsylvania: W.B. Saunders company, 1975.

Wetzel, R.G., and Likens, G.E. Limnological analysis. Philadephia: W.B. Saunders company, 1979.

Willoughby, L.G. Freshwater biology. London: Hutchinson & Company, 1976.

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

<u>การวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนละลาย</u> โดยวิธี Winkler

1. <u>สารเคมีที่ใช้และวิธีการเตรียมสารละลาย</u>

1.1 Manganous sufate solution ($MnSO_4$)

ในการชั่งน้ำหนักต้องตรวจดูจำนวนผลึกของน้ำจากสูตรของสารเคมีที่ใช้ เช่น $MnSO_4.4H_2O$ ใช้ 480 กรัม ถ้าเป็น $MnSO_4.2H_2O$ ใช้ 400 กรัม ถ้าเป็น $MnSO_4.H_2O$ ใช้ 364 กรัม แล้วละลายน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 1000 ลบ.ซม.

1.2 Alkali-iodide-azide solution

ละลาย sodium azide (NaN_3) 10 กรัม ในน้ำกลั่น 500 ลบ.ซม. เติม Sodium hydroxide (NaOH) 400 กรัม และเติม sodium iodide (NaI) 750 กรัม คนให้เข้ากันจนละลายหมด แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 1000 ลบ.ซม.

1.3 Sulfuric acid (H_2SO_4)

ใช้กรด H_2SO_4 เข้มข้นที่มีความถ่วงจำเพาะ 1.84

1.4 น้ำแป้ง (Starch indicator)

ละลายผลแป้ง (Soluble starch) 2 กรัม ในน้ำกลั่น 100 ลบ.ซม. นำไปต้มเพื่อให้ความร้อนคนจนกระทั่งใส แล้วเติมฟอร์มาลินลงไป 0.5 ลบ.ซม. เพื่อกันเสียหรือเติม salicylic acid 0.2 กรัม

1.5 Sodium thiosulfate solution ($Na_2S_2O_3$)

ใช้ $Na_2S_2O_3.5H_2O$ 6.205 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดและทิ้งไว้ให้เย็นจนได้ปริมาตรครบ 100 ลบ.ซม. เติม chloroform ลงไป 2-3 หยด เพื่อเก็บรักษาไว้ให้นานขึ้น หรือเติม NaOH 0.4 กรัม

หมายเหตุ - น้ำกลั่นที่ใช้ต้องต้มให้เดือดใหม่ ๆ และตั้งทิ้งไว้ (ปิดฝา) ให้เย็น

- เก็บสารละลายไว้ในขวดสีชา ไม่ควรให้ถูกแสง
- ควรตรวจความเข้มข้น ทุก ๆ เดือน

2. วิธีการตรวจความเข้มข้นของสารละลาย Sodium Thiosulfate

2.1 สารเคมีที่ใช้

2.2.1 potassium dicromate ($K_2Cr_2O_7$) solution

ใช้ $K_2Cr_2O_7$ ที่อบแห้งสนิทโดยอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 90 นาที แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น จำนวน 0.6129 กรัม (ชั่งโดยละเอียด) ละลายในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดใหม่ ๆ และทำให้เย็นจนได้ปริมาตรครบ 500 ลบ.ซม. สารละลายนี้มีความเข้มข้น $K_2Cr_2O_7$ เท่ากับ 0.025 N.

2.2.2 Potassium iodide solution (KI)

ใช้ KI 25 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดใหม่ ๆ และ ทำให้เย็นจนได้ปริมาตรครบ 100 ลบ.ซม.

2.2.3 กรด H_2SO_4 เข้มข้น

2.2 วิธีการ

2.2.1 น้ำกลั่นที่ต้มเดือดใหม่ ๆ และทำให้เย็น 100 ลบ.ซม. ใส่ลงใน beaker ขนาด 250 ลบ.ซม.

2.2.2 เติมสารละลาย KI 3 ลบ.ซม.

2.2.3 เติมสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ลงไปอีก 50 ลบ.ซม.

2.2.4 ค่อย ๆ เติม H_2SO_4 เข้มข้นอย่างช้า ๆ 10 ลบ.ซม.

2.2.5 ติเตรทด้วยสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ที่เตรียมไว้จนได้สารละลายสีเหลืองอ่อนหยดน้ำแป้งลงไป 2-3 หยด สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินติเตรทต่อด้วยสารละลาย $Na_2S_2O_3$ จนกระทั่งสีน้ำเงินหมดไปบันทึกปริมาตรสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไป (A)

2.3 การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของสารละลาย } Na_2S_2O_3 = \frac{0.025 \times 50}{\text{ปริมาตร (ลบ.ซม.) ของสารละลาย } Na_2S_2O_3 \text{ ที่ใช้}}$$

$$\text{หรือ} = \frac{1.25}{A}$$

ตัวอย่างเช่น ปริมาตรของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไป (A) เท่ากับ 48.0 ลบ.ซม.

ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ที่แท้จริงเท่ากับ $\frac{1.25}{48.0} = 0.026$ N.

จึงต้องทำการปรับค่าความเข้มข้นให้เท่ากับ 0.025 N.

โดยใช้สูตร $N_1V_1 = N_2V_2$

N_1 ความเข้มข้นของสารละลายที่จะปรับค่า ซึ่งเท่ากับ 0.026

N_2 ความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการ ซึ่งเท่ากับ 0.025

V_1 ปริมาตรของสารละลายที่จะปรับค่า

V_2 ปริมาตรของสารละลายที่ต้องการ ซึ่งเท่ากับ 1000 ลบ.ซม.

แทนค่าในสูตร

$$0.026\ V_1 = 0.025 \times 1000$$

$$V_1 = \frac{0.025 \times 1000}{0.026}$$

$$= 961.54 \text{ ลบ.ซม.}$$

ดังนั้น ปริมาตรของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ที่ต้องนำมาเตรียมเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้น 0.025 N. จึงเท่ากับ 961.54 ลบ.ซม. แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 1000 ลบ.ซม.

3. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายในตัวอย่างน้ำ (Winkler Method)

3.1 ใช้ขวด BOD ที่มีความจุประมาณ 300 ลบ.ซม. เก็บตัวอย่างน้ำที่ต้องการตรวจสอบ โดยในระหว่างเก็บพยายามอย่าให้เกิดฟองอากาศ แล้วปิดจุกแก้วให้สนิท

3.2 เติม $MnSO_4$ solution 1 ลบ.ซม. และ alkali-iodide-azide solution 3 ลบ.ซม. ปิดจุกเอียงคว่ำไปมา เพื่อให้สารละลายผสมกัน ซึ่งจะเกิดตะกอนตั้งทิ้งไว้จนตะกอนนอนก้น

3.3 ละลายตะกอนด้วย H_2SO_4 เข้มข้น 1-2 ลบ.ซม. ปิดจุกเอียงคว่ำไปมาจนตะกอนละลายหมดไป

ขั้นตอนที่ 3 นี้หากยังไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ก็อาจเก็บตัวอย่างไว้ในที่เย็นและไม่ถูกแสงสว่าง แล้วทำการวิเคราะห์ในภายหลัง แต่ไม่ควรเกิน 6 ชั่วโมง

3.4 ตวงสารละลายจากขวด BOD 100 ลบ.ซม.ใส่ flaskขนาด 250 ลบ.ซม.

3.5 ติเตรทด้วยสารละลาย $Na_2S_2O_3$ 0.025 N. จนได้สีเหลือง หยดน้ำแป้ง 2-3 หยด สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ติเตรทต่อจนกระทั่งสีน้ำเงินหมดไป บันทึกปริมาตรของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไป

4. การคำนวณ

ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (ppm) หรือ mg/l เท่ากับปริมาณของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ (ลบ.ซม.) ที่ใช้ไป คูณด้วย 2

การวิเคราะห์แอมโมเนีย (NH_3-N) ในน้ำ

1. สารเคมีที่ใช้และวิธีการเตรียมสารละลาย

1.1 น้ำกลั่นบริสุทธิ์ที่ไม่มีแอมโมเนีย (ammonia free water) ทำได้โดยกรองน้ำกลั่นผ่านเครื่องกรองน้ำที่มีสารสังเคราะห์ (ion-exchange resin) หรือใช้วิธีกลั่น 2 ครั้ง โดยนำน้ำกลั่นครั้งแรกมาเติมกรด H_2SO_4 เข้มข้น 0.1 ลบ.ซม. ต่อน้ำ 1 ลิตร แล้วกลั่นอีกครั้ง

1.2 Hypochlorite stock

ใช้ Sodium hypochlorite (5.5 % available chlorine) หรือใช้น้ำยาฟอกสี (Bleach) ที่ขายตามท้องตลาด ซึ่งจะมีคลอรีนประมาณ 5 % น้ำยานี้จะเสื่อมคุณภาพตามระยะเวลา จึงไม่ควรเก็บไว้นาน โดยบรรจุในภาชนะทึบแสง และปิดฝาให้แน่น

1.3 Alkaline stock solution

ใช้ Sodium citrate 100 กรัม กับ Sodium hydroxide (NaOH) 5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 500 ลบ.ซม.

1.4 Oxidizing reagent

ใช้ Alkaline stock solution 4 ส่วน ผสมกับ Hypochlorite stock 1 ส่วน สารละลายนี้เตรียมเมื่อต้องการจะใช้ในแต่ละครั้ง แล้วเก็บไว้ในขวดทึบแสงปิดฝาให้สนิทจนกระทั่งถึงเวลาใช้

1.5 Sodium nitroprusside reagent

ใช้ Sodium nitroprusside 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 1000 ลบ.ซม.

1.6 Phenol reagent

ใช้ Phenol 100 กรัม ละลายในเอทธิลแอลกอฮอล์ (C_2H_5OH) 95 % จนได้ปริมาตรครบ 1000 ลบ.ซม.

1.7 Ammonia standard

ใช้ Ammonia chloride (NH_4Cl) ที่อบแห้งแล้วที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จำนวน 3.818 กรัม ละลายในกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 1000 ลบ.ซม.

ละลาย 1 ลบ.ซม. ของ ammonia standard จนมีความเข้มข้นเท่ากับ 1000 ไมโครกรัม ของแอมโมเนีย (NH_4-N)

2. การทำกราฟมาตราฐานของแอมโมเนีย (NH_3-N standard curve)

2.1 ดูดสารละลายมาตรฐานของแอมโมเนีย .01, .02, .05, .07, .1 ลบ.ซม. ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 ลบ.ซม. แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 100 ลบ.ซม. สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 100, 200, 300, 700, 1000 ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) ตามลำดับ

2.2 ดูดสารละลายมาตรฐานมาความเข้มข้นละ 50 ลบ.ซม. ใส่ลงในขวดแก้วมีจุกและน้ำกลั่นอย่างเดียว 50 ลบ.ซม. เพื่อใช้เทียบเป็นค่า Blank

2.3 เติม Phenol reagent 2 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน

2.4 เติม Sodium nitroprusside reagent 2 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน

2.5 เติม Oxidizing reagent 5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกันแล้วตั้งทิ้งไว้นาน 1 ชั่วโมง แต่ไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกริยาโดยสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน จากนั้นนำไปวัดหาค่า absorbance โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 640 nm. โดยใช้ cell ขนาดความกว้าง 1 ซม. บันทึก absorbance ที่วัดได้ของแต่ละความเข้มข้น หลังจากนั้น plot ค่าความเข้มข้นกับค่า absorbance ที่วัดได้ (หลังจากหักค่า absorbance ของน้ำกลั่น หรือ blank แล้ว) บนกระดาษกราฟลากเส้นตรงผ่านจุดที่อยู่ในแนวเดียวกันมากที่สุด เส้นตรงนี้จะใช้เป็นกราฟมาตราฐาน สำหรับเปรียบเทียบเพื่อหาความเข้มข้นของแอมโมเนียต่อไป ซึ่งใช้ได้จนกว่าจะมีการเปลี่ยนสารละลายชุดใหม่อีก

3. วิธีการหาแอมโมเนีย (NH_4-N) จากน้ำตัวอย่าง

3.1 ดูดน้ำตัวอย่าง 50 ลบ.ซม. (น้ำที่ใช้ไม่ต้องกรอง) และน้ำกลั่น 50 ลบ.ซม. เพื่อเปรียบเทียบเป็น blank ใส่ลงในขวดแก้วมีจุกขนาด 100 ลบ.ซม.

3.2 เติม Phenol reagent 2 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน

3.3 เติม Sodium nitroprusside reagent 2 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน

3.4 เติม Oxidizing reagent 5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน

ตั้งทิ้งไว้นาน 1 ชั่วโมง แต่ไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกริยาสมบูรณ์ โดยสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน หลังจากนั้นนำไปวัดหาค่า absorbance โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 640 nm. โดยใช้ cell ขนาดความกว้าง 1 ซม. แล้วนำค่า absorbance ที่หักค่า blank ของน้ำกลั่นออกแล้วไปลบด้วยค่า sample blank (ค่า absorbance ของน้ำตัวอย่างที่ไม่ได้ใส่ reagent) อีกครั้งหนึ่ง ต่อจากนั้นจึงนำค่า absorbance ที่ได้ ไปหาความเข้มข้นจาก standard curve ที่ทำไว้

การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ในน้ำ (NO_2-N)

1. สารเคมีที่ใช้และวิธีการเตรียมสารละลาย

1.1 Buffer solution

ใช้ Ammonium chloride (NH_4Cl) 100 กรัม

Sodium tetraborate 20 กรัม

EDTA (disodium dihydrate) 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 1000 ลบ.ซม.

1.2 Sulphanilamide solution

ค่อย ๆ รินกรด HCl เข้มข้น 100 ลบ.ซม. ลงใน Beaker ที่มีน้ำกลั่น 300 ลบ.ซม. คนให้เข้ากัน ชั่ง Sulphanilamide 5 กรัม แล้วนำมาละลายในสารละลายกรด HCl แล้วเติมน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 500 ลบ.ซม.

1.3 N-1-(napthyl) ethlenediamine dihydrochloride (NNED)

ใช้ NNED 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 500 ลบ.ซม. จะได้สารละลายสีชมพูจาง ๆ หรือไม่มีสี เก็บสารละลายในขวดสีน้ำตาล ถ้าสารละลายเปลี่ยนสีชมพู หรือน้ำตาลเข้ม ต้องเตรียมใหม่

1.4 Nitrite standard (NO_2-N)

ใช้ Sodium nitrite ($NaNO_2$) ที่อบแห้ง 0.4926 กรัม ละลายในน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 1000 ลบ.ซม. สารละลายนี้จะมีความเข้มข้นเท่ากับ 100 ppm หรือ 1.00 ลบ.ซม. ของสารละลาย = 100 ไมโครกรัม ของ NO_2-N

2. การทำกราฟมาตราฐานสำหรับไนไตรท์

2.1 ดูดสารละลาย NO_2-N มาตราฐาน 100 ppm. 0.01, 0.025, 0.05, 0.1, 0.25 ลบ.ซม. ใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 ลบ.ซม. เติมน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 100 ลบ.ซม. สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้น 10, 25, 50, 100, และ 250 ppb NO_2-N ตามลำดับ

2.2 แบ่งสารละลายมาตาฐานความเข้มข้นละ 50 ลบ.ซม. และน้ำกลั่นอย่างเดียว 50 ลบ.ซม. เพื่อทำเป็น blank เปรียบเทียบ ใส่ลงในขวดแก้วมีจุก ขนาดความจุประมาณ 80-100 ลบ.ซม. 6 ขวด

2.3 เติม Buffer solution ลงไปขวดละ 5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน

2.4 เติม Sulphanilamide solution ขวดละ 1 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน ตั้งทิ้งไว้นาน 5 นาที

2.5 เติม NNED solution ขวดละ 1 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน หลังจากนั้น ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่า absorbance โดยใช้เครื่อง spectroptometer ที่ความยาวคลื่น 543 nm. ใช้ cell ขนาดความกว้าง 1 ซม. บันทึกค่า absorbance ที่ได้หลังจากนั้น นำค่า absorbance ที่ลบค่า blank ออกมาแล้ว มา plot กับค่าความเข้มข้นในแต่ละระดับ ลากเส้นตรงผ่านจุดที่อยู่ในแนวเดียวกันมากที่สุด เส้นตรงนี้จะเป็นกราฟมาตราฐานสำหรับเปรียบเทียบ เพื่อหาความเข้มข้นของไนไตรท์ต่อไป ซึ่งจะใช้ได้จนกว่าจะมีการเปลี่ยนสารละลายชุดใหม่

3. <u>การวิเคราะห์หาไนไตรท์ (NO_2-N) ในตัวอย่างน้ำ</u>

3.1 กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรอง

3.2 ดูดน้ำตัวอย่างที่กรองแล้ว 50 ลบ.ซม. และน้ำกลั่น (deionized water) 50 ลบ.ซม. เพื่อทำเป็น blank เปรียบเทียบใส่ลงในขวดแก้วมีจุกปิด ขนาด 80-100 ลบ.ซม.

3.3 เติม Buffer solution ลงไปตัวอย่างละ 5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน

3.4 เติม Sulphanilamide solution ลงไปตัวอย่างละ 1 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

3.5 เติม NNED solution ลงไปตัวอย่างละ 1 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่า absorbance โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 nm. ใช้ cell ขนาดความกว้าง 1 ซม. บันทึก absorbance ที่ลบค่า absorbance ของ Blank ออกแล้วไปหาความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐานที่ทำไว้

<u>การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตในน้ำ (NO_3-N)</u>

1. <u>สารเคมีที่ใช้และวิธีการเตรียมสารละลาย</u>

1.1 สารละลายที่ทำให้เกิดสีอันได้แก่

Buffer solution

Sulphanilamide solution

NNED solution

เตรียมเช่นเดียวกันกับการหาปริมาณของไนไตรท์ในน้ำ

1.2 สารละลายไนเตรทมาตราฐาน (NO_3-N standard)

ใช้ Potassium nitrate (KNO_3) ที่อบแห้งสนิทที่อุณหภูมิประมาณ 100-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 90 นาที จำนวน 0.722 กรัม (ชั่งละเอียด) ละลายในน้ำกลั่น (deionized water) จนมีปริมาตรครบ 1000 ลบ.ซม. สารละลายนี้มีความเข้มข้น 100 ppm NO_3-N หรือ 1 ลบ.ซม. = 100 ไมโครกรัม NO_3-N เก็บสารละลายในขวดทึบแสงที่อุณหภูมิต่ำ และควรเตรียมสารละลายนี้ทุก 6 เดือน

ในการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในน้ำ จำเป็นต้องเปลี่ยนรูปของไนเตรทให้อยู่ในรูปของไนไตรท์ โดยขบวนการ reduction ซึ่งทำได้โดยการผ่านน้ำตัวอย่างหรือสารละลายไนเตรทเข้าไปใน Cadmium copper reducing column

2. <u>การเตรียมสารเคมีและสารละลายสำหรับ Cadmium-copper reducing column</u>

2.1 Cupric sulphate solution ($CuSo_4.5H_2O$)

ใช้ $CuSO_4.5H_2O$ จำนวน 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 1000 ลบ.ซม.

2.2 Hydrochloric acid (HCl) 2 N.

ตวงกรด HCl 85 ลบ.ซม. ค่อย ๆ เติมลงใน beaker ที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณ 200 ลบ.ซม. แล้วเติมน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 500 ลบ.ซม.

2.3 Cadmium fillings

ใช้โลหะ Cadmium ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 มิลลิเมตร

3. <u>การเตรียม Column สำหรับรีดิวส์ไปเตรทให้เป็นไนไตรท์</u>

3.1 ชั่ง Cadmium fillings 5 กรัม ใส่ลงใน flask ขนาด 125 ลบ.ซม. ที่มีกรด HCl 2 N. อยู่ประมาณ25 ลบ.ซม. ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง และใช้แท่งแก้วคนเป็นครั้งคราว

3.2 รินส่วนที่เป็นของเหลวออก แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นหลายครั้ง จนกระทั่งแน่ใจว่า HCl ถูกล้างออกไปหมดแล้ว หลังจากนั้นรินน้ำออก

3.3 เติมสารละลาย Cupric sulphate solution ลงไป 10 ลบ.ซม. แกว่งไปมาจนกระทั่งสีฟ้าของสารละลายหมดไป

3.4 ใช้คีมคีบใยแก้ว (glass wool) ชิ้นเล็ก ๆ ใส่ลงไปใน column เกลี่ย

ให้ใยแก้วอยู่ที่ก้น column เติมน้ำกลั่นลงไใน column ให้เต็ม

3.5 ใช้ช้อนตักสาร ตัก Cadmuim จากข้อ 3.3 ค่อย ๆ ใส่ลงใน column จนหมดระวังไม่ให้ Cadmium อัดตัวแน่นเกินไป ขณะเดียวกันก็ไขน้ำออกอย่างช้า ๆ เพื่อป้องกันน้ำล้น column แต่ควรให้น้ำเต็ม column อยู่เสมอ เพื่อช่วยให้ Cadmium ถูกกับอากาศน้อยที่สุด

3.6 ใช้คีมคีบใยแก้ว (glass wool) ใส่ลงใน column พยายามเกลี่ยใยแก้วเบา ๆ ให้ชิดส่วนบนสุดของ Cadmium แล้วไขน้ำออกจนระดับน้ำอยู่เหนือส่วนบนใยแก้วเล็กน้อย

3.7 เติม column ให้เต็มด้วยสารละลายที่ผสมด้วยสารละลายที่ผสมระหว่างน้ำกลั่น 50 ลบ.ซม. กับ Buffer solution 5 ลบ.ซม.

3.8 ระบายสารละลายทิ้งไป โดยปรับอัตราการไหลของสารละลายหรือน้ำที่ผ่าน column ให้ได้ปริมาตร 25 ลบ.ซม. ในเวลาประมาณ 4 นาที

3.9 เติมน้ำกลั่นให้เต็ม column ปิดจุกให้น้ำหยุดไหล เพื่อพัก column ไว้จนกว่าจะถึงเวลาใช้ครั้งใหม่

4. <u>การทดสอบประสิทธิภาพของ column</u>

4.1 ดูดสารละลายไนเตรตมาตราฐานความเข้มข้น 100 ppm มา 0.01 ลบ.ซม. ใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 ลบ.ซม. เติมน้ำกลั่น (deionized water) ลงไปจนได้ปริมาตรครบ 100 ลบ.ซม. เขย่าให้เข้ากัน สารละลายที่ได้นี้จะมีความเข้มข้นของไนเตรทเท่ากับ 100 ppb

4.2 ดูดสารละลายจากข้อ 4.1 มา 50 ลบ.ซม. ใส่ลงในขวดแก้วมีจุกขนาด 80 -100 ลบ.ซม.

4.3 เติม Buffer solution ลงไป 5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน

4.4 นำสารละลายที่ได้ผ่าน Cadmium-copper reducing column โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

4.4.1 ก่อนผ่านสารละลายจากข้อ 4.3 ลงใน column ควรปรับอัตราการไหลของน้ำกลั่นที่เติมไว้ใน column ให้ได้ 25 ลบ.ซม. ในเวลาประมาณ 15 นาที

4.4.2 เมื่อระดับน้ำกลั่นอยู่เหนือ glass wool เล็กน้อย เติมสารละลายจากข้อ 4.3 ลงใน column ประมาณ 10 ลบ.ซม. รอจนกระทั่งสารละลายไหลผ่าน column จนระดับน้ำอยู่เหนือ glass wool เล็กน้อย จึงเติมสารละลายลงไปอีกประมาณ 10 ลบ.ซม.

4.4.3 หลังจากรอให้สารละลายที่ใส่ลงไปครั้งที่ 2 ไหลผ่าน column

เล็กน้อย จึงเติมสารละลายที่เหลือลงไปอีกประมาณ 30 ลบ.ซม. แล้วใช้กระบอกตวงขนาด 25 ลบ.ซม. รองสารละลายที่ผ่านออกมา เมื่อได้ปริมาตรครบ 25 ลบ.ซม. ก็ถ่ายสารละลายนั้นลงในขวดแก้วมีจุกประมาณ 50 ลบ.ซม.

4.4.4 ล้าง column ด้วยน้ำกลั่น deionized water อีกสองครั้ง ๆ ละประมาณ 10 ลบ.ซม. แล้วจึงเติมน้ำกลั่นให้เต็ม column ปิดจุกที่ปลาย column ไม่ให้น้ำไหลออกเพื่อพัก column จนกว่าจะนำสารละลายอันใหม่มาผ่าน

4.5 ดูดสารละลายไนไตรท์มาตราฐาน 100 ppm มา 0.10 ลบ.ซม. ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 ลบ.ซม. เติมน้ำกลั่น deionized water จนได้ปริมาตรครบ 100 ลบ.ซม. เขย่าให้เข้ากัน สารละลายที่ได้นี้มีความเข้มข้นของไนไตรท์ 100 ppb

4.6 ดูดสารละลายไนไตรท์ที่ได้มา 50 ลบ.ซม. ใส่ลงในขวดแก้วมีจุขนาด 80 -100 ลบ.ซม. เติม buffer solution 5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน แล้วนำไปผ่าน column โดยดำเนินการเช่นเดียวกับการผ่านสารละลายไนเตรทลงใน column โดยดำเนินการเช่นเดียวกับการผ่านสารละลายไนเตรทลงใน column ตั้งแต่ข้อ (4.1) ถึง (4.4)

4.7 เติม Sulphanilamide solution ลงในสารละลายที่ผ่าน column แล้วทั้งสองสารละลายละ 5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

4.8 เติม NNED solution ลงไปสารละลายละ 0.5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน แล้วตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง เพื่อให้ปฏิกริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วง (สีบานเย็น) จึงนำไปวัดหาค่า absorbance ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 nm. ใช้ cell ขนาดความกว้าง 1 ซม. นำค่าที่ได้ทั้งสองมาคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพของ column ดังนี้

สมมติวัดค่า absorbance ของไนเตรทได้ A และของไนเตรท์ได้ B ฉะนั้น ประสิทธิภาพของ column เป็น A/B X 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประสิทธิภาพของ column ที่ได้ควรมากกว่า 95 % ถ้าต่ำกว่านี้ต้องเตรียม column ใหม่ และทดสอบประสิทธิภาพใหม่ด้วย

5. <u>การทำกราฟมาตราฐานสำหรับไนเตรท</u>

5.1 ดูดสารละลายมาตราฐานความเข้มข้น 100 ppm ของไนเตรทมา 0.05, 0.10, 0.20, 0.30, และ 0.50 ลบ.ซม. ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 ลบ.ซม. เติมน้ำกลั่น deionized water ลงไปจนได้ปริมาตรครบ 100 ลบ.ซม. สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้นของไนเตรท 50, 100, 200, 300 และ 500 ppb ตามลำดับ

5.2 ดูดสารละลายจากข้อ 5.1 ความเข้มข้นละ 50 ลบ.ซม. และน้ำกลั่น deionized water อย่างเดียว (เพื่อใช้เป็น blank เปรียบเทียบ) ใส่ลงในขวดมีจุกขนาด 80-100 ลบ.ซม.

5.3 เติม Buffer solution ตัวอย่างละ 5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน

5.4 นำสารละลายทั้งหมดรวมทั้ง Blank ไปผ่าน column ทีละตัวอย่าง โดยดำเนินการตามขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของ column ตั้งแต่ ข้อ 5.1 ถึง ข้อ 5.4

5.5 เติม Sulphanilamide solution ลงในสารละลายที่ผ่าน column แล้ว ตัวอย่างละ 0.5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

5.6 เติม NNED solution ลงไปตัวอย่างละ 50 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกริยาสมบูรณ์ โดยสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วง (สีบานเย็น) แล้วนำไปวัดหาค่า absorbance โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 nm ใช้ cell ขนาดความกว้าง 1 ซม. บันทึกค่า absorbance ที่วัดได้ หลังจากนั้นนำค่า absorbance ที่หักค่า absorbance ของ blank ออกแล้วมา plot กับความเข้มข้นในแต่ละลำดับ ลากเส้นตรงผ่านจุดที่อยู่ในแนวเดียวกันมากที่สุด เส้นตรงนี้จะเป็นกราฟมาตราฐานสำหรับเปรียบเทียบเพื่อหาความเข้มข้นของไนเตรทต่อไป ซึ่งจะใช้ได้จนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงสารละลายชุดใหม่

6. <u>วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในตัวอย่างน้ำ</u>

6.1 กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรอง จนน้ำตัวอย่างใส

6.2 ดูดตัวอย่างน้ำที่กรองแล้วมา 50 ลบ.ซม. และน้ำกลั่น (deionized water) เพื่อเปรียบเทียบเป็น blank ใส่ลงในขวดแก้วมีจุกขนาด 80-100 ลบ.ซม.

6.3 เติม Buffer solution ตัวอย่างละ 5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน

6.4 นำสารละลายทั้งหมดไปผ่าน column เช่นเดียวกับการทำกราฟมาตราฐาน จนได้สารละลายที่ผ่าน column แล้ว 25 ลบ.ซม. ถ่ายสารละลายนี้ลงในขวดแก้วมีจุกขนาด 50 ลบ.ซม.

6.5 เติม Sulphanilamine solution ลงไปตัวอย่างละ 0.5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

6.6 เติม NNED solution ลงไปตัวอย่างละ 0.5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง เพื่อให้ปฏิกริยาเกิดสมบูรณ์ โดยสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วง หรือสีบานเย็น แล้วนำไปวัดค่า absorbance

โดยใช้เครื่องมือ spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 nm ใช้ cell ขนาดความกว้าง 1 ซม. บันทึกค่า absorbance ที่หักค่า absorbance ของ blank ออกแล้ว ไปหาความเข้มข้นจากกราฟมาตราฐานของไนเตรทที่ทำเอาไว้

6.7 ถ้าในตัวอย่างมีไนไตรท์อยู่ด้วย ค่าความเข้มข้นของไนเตรทที่ได้จากข้อ 6.6 ก็เป็นค่ารวมของ NO_3+NO_2 nitrogen ดังนั้นจึงต้องใช้การคำนวณดังนี้

7. การคำนวณ

7.1 ความเข้มข้นของ NO_3-N+NO_2 = X

7.2 ความเข้มข้น NO_2-N = Y

7.3 % ประสิทธิภาพของ A/B x 100 = Z

จะได้ความเข้มข้นของ $NO_3-N = X-(z/100)Y$

แต่ถ้าประสิทธิภาพของ column เป็น 100% ค่า $NO_3-N = x-Y$

การวิเคราะห์หา Orthophosphate ในน้ำ

1. สารเคมีที่ใช้และวิธีการเตรียมสารละลาย

1.1 Acid molybdate-antimony

ใช้น้ำกลั่น (deionized water) 500 ลบ.ซม. เติม Ammonium paramolybdate $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ 7.5 กรัม แล้วใส่ Antimony potassium tatrate 0.14 กรัม และเติม Sulphuric acid (H_2SO_4 conc) 88 ลบ.ซม. ผสมสารทั้งหมดตามลำดับ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 1000 ลบ.ซม. เก็บไว้ในขวดทึบแสง

1.2 Ascorbic acid solution

ใช้ L-ascorbic acid 2.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตร 100 ลบ.ซม. สารละลายนี้เมื่อเตรียมแล้วต้องใช้ในเวลา 24 ชั่วโมง หากแช่ตู้เย็นก็สามารถเก็บไว้นานเป็นเวลา 2-3 วัน

1.3 Mixed molybdate

ใช้ Acid molybdate antimony 4 ส่วน ผสมกับ Ascorbic acid solution 1 ส่วน สารละลายนี้ใช้ได้ภายใน 24 ชั่วโมง

1.4 Phosphate standard

ใช้ Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4) 0.2197 กรัม ละลายในน้ำกลั่น (deionized water) 100 ลบ.ซม. แล้วเติมน้ำกลั่นที่อิ่มตัวด้วย

Chloroform จนได้ปริมาตรครบ 1000 ลบ.ซม. ความเข้มข้นของสารละลายนี้คือ 1 ลบ.ซม. ของสารละลายมาตราฐาน = 50 ไมโครกรัมของฟอสเฟต (PO_4-P)

2. <u>การทำกราฟมาตราฐานสำหรับฟอสเฟต</u>

2.1 ดูดสารละลายมาตราฐานของฟอสเฟต .01, .05, 0.1, 0.2, 0.3, และ 0.5 ลบ.ซม. ใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 ลบ.ซม. แล้วเติมน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 100 ลบ.ซม. สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นฟอสเฟต (PO_4-P) เท่ากับ 5, 25, 100, 150, และ 250 ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) ตามลำดับ

2.2 ดูดสารละลายมาตราฐานความเข้มข้นละ 25 ลบ.ซม. และน้ำกลั่นอย่างเดียว 25 ลบ.ซม. เพื่อใช้เป็น blank ใส่ลงใน flask ขนาด 125 ลบ.ซม.

2.3 เติม Mixed molybdate ที่เตรียมใหม่ ๆ 5 ลบ.ซม. ลงในแต่ละความเข้มข้นหลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกริยาโดยสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน นำไปวัดค่า absorbance โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 885 nm โดยใช้ cell ขนาดความกว้าง 5 ซม. บันทึกค่า absorbance ของแต่ละความเข้มข้น แล้ว plot ค่า absorbance ที่วัดได้ (หลังจากหักค่า absorbance ของน้ำกลั่น หรือ blank แล้ว) กับค่าความเข้มข้นในแต่ละระดับบนกระดาษกราฟมาตราฐาน สำหรับเปรียบเทียบเพื่อหาความเข้มข้นของฟอสเฟตในน้ำตัวอย่างต่อไป โดยสามารถใช้ได้จนกว่าจะทำการเปลี่ยนสารละลายชุดใหม่

3. <u>การหาฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำ</u>

3.1 ดูดน้ำกลั่นเพื่อทำ blank และน้ำตัวอย่าง 25 ลบ.ซม. ใส่ลงใน flask ขนาด 125 ลบ.ซม.

3.2 เติม mixed molybdate ตัวอย่างละ 5 ลบ.ซม. แล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง เพื่อให้ปฏิกริยาเกิดสมบูรณ์ แล้วนำไปวัดหาค่า absorbance โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความคลื่น 885 nm ใช้ cell ขนาดความกว้าง 5 ซม. ต่อจากนั้นนำค่า absorbance ที่วัดได้โดยหักค่า blank (ค่า absorbance ของน้ำกลั่น) ออก แล้วไปหาความเข้มข้นจาก Standard curve

<u>หมายเหตุ</u> ถ้าตัวอย่างน้ำที่กรองแล้วยังมีสี เช่น สีเหลืองหรือน้ำตาลอ่อน ให้ทำเพิ่มเติมดังนี้ 1. ดูดตัวอย่างน้ำ 25 ลบ.ซม. ใส่ลงไปใน flask ขนาด 125 ลบ.ซม.

2. เติมสารละลายผสมระหว่าง Acid molybdate antimony 4 ส่วน กับน้ำกลั่น (deionized water) 1 ส่วน ลงไปตัวอย่างละ 5 ลบ.ซม. หลังจากนั้นนำสารละลาย

ที่ได้ไปวัดหาค่า absorbance โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 885 nm ใช้ cell ขนาดความกว้าง 5 ซม. ค่า absornance ที่วัดได้นำไปลบออกจากค่า absorbance ของแต่ละตัวอย่างที่อ่านได้จากวิธีการดังกล่าวข้างต้น แล้วจึงนำไปเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นจาก standard ต่อไป

<u>การหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และ alkalinity ในน้ำ</u>

1. <u>สารเคมีที่ใช้และการเตรียม</u>

1.1 Standard sodium hydroxide solution (ประมาณ 0.2 N)

ชั่ง NaOH 10 กรัม เติมน้ำกลั่น 1000 ลบ.ซม. หรือใช้ 0.045 N ของ Na_2CO_3 แทน 0.2 N NaOH

1.2 Standard sulfuric acid solution (ประมาณ 0.2 N)

ชั่ง conc H_2SO_4 (ถพ. 1.84) 0.8 กรัม หรือ 5.33 ลบ.ซม. เติมน้ำกลั่น 1000 ลบ.ซม. (ต้องเติมกรดลงในน้ำอย่างช้า ๆ)

1.3 Phenolphthalien indicater ชั่ง phenolphthalein 0.5 กรัม เติม ethyl alcohol 95 % 100 ลบ.ซม.

1.4 Methyl orange indicater ชั่ง methyl orange 0.5 กรัม เติมน้ำกลั่น 100 ลบ.ซม.

1.5 Methyl red indicater ชั่ง methyl red 0.1 กรัม เติม ethyl alcohol 95 % 100 ลบ.ซม.

2. <u>วิธีการหาคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ</u>

2.1 ใช้ตัวอย่างน้ำ 100 ลบ.ซม. ใส่ใน flask (เวลารินให้น้ำไหลลงอย่างช้า ๆ อย่าให้กระทบเป็นฟอง จะทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงได้)

2.2 หยด phenopthalein indicater 10 หยด ถ้าเป็นสีชมพูหมายความว่าไม่มีคาร์บอนไดออกไซด์ ถ้าไม่เป็นสีชมพูให้ไตเตรทด้วย N/44 NaOH จนได้สีชมพูอ่อน จำนวน ลบ.ซม. ของ N/44 NaOH คูณด้วย 10 = จำนวน ppm มิลลิกรัม/ลิตร ของ free CO_2 ในน้ำ

3. <u>วิธีการหา alkalinity ในน้ำ</u>

3.1 ใช้ตัวอย่างน้ำ 100 ลบ.ซม. ใส่ใน flask หยด phenolphthalein indicater 3-4 หยด ถ้าตัวอย่างน้ำใสอยู่แสดงว่า phenolphthalein Alkalinity 0.0 -3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ต้องหา methyl orange alkalinity ต่อไป

3.2 ถ้าตัวอย่างน้ำเป็นสีชมพู ไตเตรทด้วย N/50 H_2SO_4 จนสีหมด จำนวนของ ลบ.ซม. N/50 H_2SO_4 คูณด้วย 10 จำนวนมิลลิกรัม ของ Phenolphthalein alkalinity หยด Methyl orange indicater ลงในทั้ง 2 กรณี

3.2 ถ้าตัวอย่างน้ำเป็นสีส้มแสดงว่า Methyl alkalinity = 0 ถ้าตัวอย่างน้ำเป็นสีเหลือง ไตเตรทด้วย N/50 H_2SO_4 จนเป็นสีส้ม (ทำ blank เทียบสี) จำนวน N/50 H_2SO_4 คูณด้วย 10 = จำนวนมิลลิกรัมต่อลิตรของ methyl alkalinity

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ

<u>สถิติที่ใช้ในการวิจัย</u>

1. การวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ยของสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำโดยใช้สมการ

$$x = \frac{\Sigma x}{n}$$

โดยที่ x คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทั้งหมด

Σx คือ ผลรวมของตัวแปรทั้งหมด

n คือ จำนวนของตัวแปร

2. การวิเคราะห์ข้อมูลหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอาหารกับระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นหรือกับเวลา ในการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง (x,y) จะวิเคราะห์จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ซึ่งหาได้จากสมการ

$$r_{xy} = \frac{\Sigma(x - \bar{x})\ (y - \bar{y})}{\sqrt{[\Sigma(x-\bar{x})^2]\ [(y-\bar{y})^2]}}$$

โดยที่ r_{xy} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x และ y และ $-1 < r_{xy} < 1$ ค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยสามารถบอกขนาดของความสัมพันธ์และทิศทางของความสัมพันธ์ได้ดังนี้คือ

ก. เมื่อ $r_{xy} = -1$ หมายถึงตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปร มีความสัมพันธ์กันมาก หรือมีความสัมพันธ์กันสมบูรณ์และเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม

ข. เมื่อ r_{xy} เข้าใกล้ -1 หมายถึงตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปร มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก และเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม

ค. เมื่อ $r_{xy} = 0$ หมายถึงตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปร มีความสัมพันธ์กันในรูปที่ไม่แน่นอนกล่าวคือ มีการกระจายไปในทุกทิศทางจนไม่สามารถบอกได้ว่าถ้าค่าตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มขึ้นหรือลดลง ค่าของตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะเป็นอย่างไร

ง. เมื่อ r_{xy} เข้าใกล้ 1 หมายถึงตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

จ. เมื่อ $r_{xy} = 1$ หมายถึงตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันมากหรือมีความกันสมบูรณ์ และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

นอกจากนี้ยังสามารถพิจารณาลักษณะของความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองว่ามีแนวโน้มที่จะเป็นเส้นตรงได้หรือไม่ จากการหาค่า R^2 จากสมการ

$$R^2 = \frac{\Sigma(\hat{y}-\bar{y})^2}{\Sigma(y_i-\bar{y})^2}$$

โดยที่ R^2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination)

$\hat{y}$ คือ ค่าของตัวแปรตามที่ได้มาจากสมการถดถอย

$\bar{y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม

y_i คือ ค่าของตัวแปรตามใด ๆ เมื่อ i มีค่าเท่ากับ 1-n

ซึ่งถ้า $R^2 = 1$ ค่า y_i จะอยู่บนเส้นถดถอยทุกจุด นั่นคือสมการถดถอยที่ใช้อยู่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง 100%

ถ้า R^2 มากหรือเข้าใกล้ 1 แสดงว่า ค่า y_i จะอยู่ใกล้เส้นถดถอยมาก นั่นคือสมการถดถอยที่ใช้อยู่มีแนวโน้มใกล้เส้นตรงมาก

ถ้า R^2 น้อยหรือเข้าใกล้ 0 แสดงว่าค่า y_i จะอยู่ห่างจากเส้นตรงถดถอยมาก สมการถดถอยที่ใช้มีแนวโน้มไม่ใช่เส้นตรง

ถ้า $R^2 = 0$ แสดงว่า ค่า y_i จะกระจายไปจนหาแนวโน้มที่ไม่แน่นอนไม่ได้ ไม่ควรใช้สมการถดถอยเชิงเส้นนี้ในการประมาณค่า

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าสมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ x (ความลึกหรือเวลา) ซึ่งกำหนดสมมติฐานทางสถิติดังนี้คือ

H_o : ตัวแปรอิสระ (ความลึกหรือเวลา) ไม่มีผลต่อตัวแปรตาม (สารอาหาร)

H_1 : ตัวแปรอิสระ (ความลึกหรือเวลา) มีผลต่อตัวแปรตาม (สารอาหาร)

การทดสอบสมมติฐานจะกำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ และทำการตัดสินใจสรุปผลจากค่าสถิติ F หรือค่าความน่าจะเป็น Signif F ดังนี้คือ

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_o

เมื่อ ค่าสถิติที่คำนวนได้ (F) มีค่ามากกว่า ค่าสถิติ F ที่เปิดจากตารางสถิติโดยใช้ df = 106 พร้อมกับค่า $\alpha = 0.05$ ซึ่งมีค่า $F_{(1,106)} = 3.94$

หรือเมื่อความน่าจะเป็น Signif F มีค่าน้อยกว่าค่า α ที่กำหนด =0.01

ดังนั้นสรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐาน H_o

นั่นคือ ยอมรับสมมติฐาน H_1 ว่า ตัวแปรอิสระมีผลต่อตัวแปรตาม

ซึ่งหมายถึง ความลึกหรือเวลามีผลต่อปริมาณสารอาหาร

ภาคผนวก ค.

ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ 9 แสดงน้ำหนักแห้งที่หายไป (กรัม) ของพืชน้ำทั้งสามชนิดที่ระยะเวลาต่าง ๆ

วันที่	กกสามเหลี่ยม			บัวสาย			ดีปลีน้ำ		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
03/11/35	9.40	10.81	10.68	0.93	6.15	4.69	4.61	3.55	8.31
17/11/35	9.20	7.81	11.20	2.51	0.33	3.51	6.22	4.45	2.25
15/12/35	6.76	5.77	9.04	2.79	0.00	0.00	5.20	3.30	3.40
19/01/36	4.82	6.06	3.58	1.33	0.46	0.81	4.39	2.10	2.70
23/02/36	0.00	3.75	4.67	2.50	0.00	0.00	3.88	0.00	1.27
22/03/36	1.92	2.60	0.00	1.00	0.00	0.00	4.52	0.00	0.00
27/04/36	0.00	2.60	0.00	0.19	0.00	0.20	3.97	0.00	0.00

ตารางที่ 10 แสดงจำนวนสิ่งมีชีวิตที่พบในถุงตาข่าย (ตัว) ของพืชน้ำทั้งสามชนิดที่ระยะเวลาต่าง ๆ

วันที่	จำนวน crustacean ที่พบในถุงตาข่าย (ตัวต่อถุง)								
	กกสามเหลี่ยม			บัวสาย			ดีปลีน้ำ		
03/11/35	11	44	28	0	13	2	3	0	1
17/11/35	16	7	21	2	11	7	0	6	2
15/12/35	11	20	18	0	0	0	3	4	7
19/01/36	18	20	23	14	0	0	2	1	0
23/02/36	0	45	27	8	0	0	1	0	29
22/03/36	0	34	0	0	0	0	1	0	0
27/04/36	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 11 แสดงปริมาณแคลเซียม (Ca=40.08) ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุด (meq/l)

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
03/09/35	1.47	1.06	2.51	2.35	0.00	0.00	0.60
01/10/35	1.00	1.10	0.53	0.00	0.00	0.00	0.44
22/10/35	0.80	1.14	1.72	0.80	0.75	0.64	0.38
03/11/35	1.23	1.15	0.92	0.72	0.68	0.87	0.20
17/11/35	1.24	1.12	0.87	0.78	0.56	0.92	0.19
04/12/35	1.20	1.12	1.01	0.84	0.94	1.05	0.14
15/12/35	1.20	1.12	1.03	0.81	0.94	1.33	0.15
19/01/36	1.22	1.16	1.16	0.96	1.09	1.28	0.10
23/02/36	1.27	1.21	1.24	1.08	1.08	1.35	0.07
27/04/36	1.26	1.21	1.22	1.09	1.09	1.36	0.06

ตารางที่ 12 แสดงปริมาณแมกนีเซียม (Mg=24.31) ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุด (meq/l)

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
03/09/35	0.34	0.50	0.80	0.57	0.00	0.00	0.17
01/10/35	0.50	0.34	0.18	0.00	0.00	0.00	0.19
22/10/35	0.30	0.48	0.58	0.26	0.25	0.26	0.13
03/11/35	0.48	0.42	0.33	0.30	0.31	0.36	0.07
17/11/35	0.41	0.37	0.32	0.32	0.37	0.41	0.04
04/12/35	0.41	0.37	0.38	0.35	0.40	0.47	0.02
15/12/35	0.42	0.38	0.37	0.34	0.40	0.48	0.03
19/01/36	0.41	0.30	0.39	0.38	0.42	0.50	0.04
23/02/36	0.44	0.41	0.42	0.42	0.45	0.58	0.01
27/04/36	1.49	0.49	0.46	0.50	0.54	0.66	0.44

ตารางที่ 13 แสดงปริมาณโซเดียม (Na=22.98) ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุด (meq/l)

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
03/09/35	1.49	1.76	2.53	2.17	0.00	0.00	0.41
01/10/35	1.83	1.33	0.83	0.00	0.00	0.00	0.68
22/10/35	0.50	1.56	2.01	0.94	0.87	0.75	0.58
03/11/35	1.43	1.30	1.00	0.74	0.73	0.74	0.27
17/11/35	1.27	1.21	0.95	0.75	0.80	0.88	0.21
04/12/35	1.25	1.10	1.07	0.80	0.80	0.90	0.16
15/12/35	1.30	1.17	1.06	0.86	0.82	0.99	0.16
19/01/36	1.20	1.18	1.20	0.93	0.93	0.02	0.11
23/02/36	1.22	1.15	1.12	0.95	0.88	1.16	0.10
27/04/36	1.31	1.27	1.29	1.05	1.02	1.35	0.10

ตารางที่ 14 แสดงปริมาณโปแตสเซียม (K=39.1) ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุด (meq/l)

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
03/09/35	0.05	0.07	0.11	0.09	0.00	0.00	0.02
01/10/35	0.07	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03
22/10/35	0.05	0.06	0.07	0.94	0.02	0.02	0.38
03/11/35	0.05	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01
17/11/35	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
04/12/35	0.05	0.05	0.05	0.02	0.02	0.02	0.01
15/12/35	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
19/01/36	0.04	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03	0.01
23/02/36	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.00
27/04/36	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.00

ตารางที่ 15 แสดงปริมาณไนโตรเจน (N) ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุด (ppm)

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
03/09/35	0.84	1.12	0.84	0.84	0.00	0.00	0.12
01/10/35	1.21	1.21	0.93	0.00	0.00	0.00	0.50
22/10/35	0.55	0.93	1.40	0.65	0.93	0.56	0.33
03/11/35	1.40	1.03	0.65	0.56	0.65	0.56	0.33
17/11/35	1.12	0.03	0.75	0.01	0.98	0.93	0.48
04/12/35	0.93	0.75	1.03	0.75	0.65	0.84	0.12
15/12/35	0.93	0.84	0.93	0.56	0.84	1.12	0.15
19/01/36	0.84	0.75	0.84	0.56	0.56	0.84	0.11
23/02/36	0.75	0.84	0.47	0.56	0.56	0.56	0.15
27/04/36	3.65	1.68	2.24	1.87	1.49	1.68	0.77

ตารางที่ 16 แสดงปริมาณฟอสฟอรัส (P) ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุด (ppm)

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
03/09/35	0.04	0.07	0.01	0.13	0.00	0.00	0.04
01/10/35	0.04	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02
22/10/35	0.03	0.03	0.07	0.02	0.02	0.03	0.02
03/11/35	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.01
17/11/35	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
04/12/35	0.04	0.01	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01
15/12/35	0.06	0.02	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02
19/01/36	0.05	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01
23/02/36	0.07	0.04	0.05	0.02	0.03	0.02	0.02
27/04/36	0.04	0.04	0.06	0.03	0.04	0.04	0.01

ตารางที่ 17 แสดงระดับความลึก (เมตร) ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุดในการวัดแต่ละครั้ง

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
13/10/35	1.10	2.20	0.75	2.20	1.70	0.30	0.72
03/11/35	1.15	2.25	0.80	2.25	1.75	0.35	0.72
17/11/35	3.18	4.33	2.88	4.33	3.83	2.43	0.72
01/12/35	3.20	4.35	2.90	4.35	3.85	2.45	0.72
15/12/35	3.18	4.33	2.88	4.33	3.83	2.43	0.72
19/01/36	3.06	4.21	2.76	4.10	3.71	2.31	0.75
23/02/36	2.18	4.13	2.68	4.13	3.63	2.23	0.83
22/03/36	2.14	4.09	2.64	4.09	3.59	2.19	0.83
27/04/36	2.09	4.04	2.59	4.04	3.54	2.14	0.83

ตารางที่ 18 แสดงค่าออกซิเจนละลาย (มก./ล.) ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุดในการวัดแต่ละครั้ง

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
13/10/35	3.20	7.00	3.60	5.40	6.00	7.10	1.52
03/11/35	6.00	5.00	5.80	5.60	5.60	5.20	0.34
17/11/35	5.60	6.80	5.50	6.50	7.00	5.50	0.63
01/12/35	3.30	4.00	2.40	3.40	4.00	4.20	0.61
15/12/35	4.60	7.20	5.20	7.00	7.00	6.00	0.99
19/01/36	4.80	6.00	5.60	8.00	5.20	3.00	1.49
23/02/36	5.40	9.80	6.20	7.00	7.00	5.80	1.44
22/03/36	6.00	6.40	8.70	8.20	6.00	4.00	1.55
27/04/36	7.00	8.20	5.40	7.80	6.60	5.80	1.00

ตารางที่ 19 แสดงค่าความเป็นกรดด่างที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุดในการวัดแต่ละครั้ง

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
13/10/35	6.27	7.66	6.62	6.85	6.78	6.70	0.42
03/11/35	7.70	6.68	6.02	7.15	7.01	6.67	0.51
17/11/35	7.29	7.80	7.91	6.84	7.61	7.49	0.35
01/12/35	7.80	8.00	6.50	7.80	7.80	7.71	0.50
15/12/35	6.78	7.44	6.90	7.18	6.95	6.72	0.25
19/01/36	7.30	7.50	7.50	7.30	7.30	7.20	0.11
23/02/36	7.50	8.00	7.50	7.50	7.50	7.50	0.19
22/03/36	7.50	7.90	8.00	8.40	9.50	8.00	0.63
27/04/36	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	0.00

ตารางที่ 20 แสดงอุณหภูมิ ('c) ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุดในการวัดแต่ละครั้ง

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
13/10/35	31.3	29.0	30.1	30.3	31.9	33.0	1.30
03/11/35	28.0	28.0	30.2	29.3	29.0	30.9	1.07
17/11/35	31.3	29.5	27.8	29.0	29.5	29.7	1.03
01/12/35	27.4	27.0	24.9	24.6	24.5	26.5	1.19
15/12/35	29.4	29.4	26.4	26.4	27.7	30.1	1.48
19/01/36	27.0	28.0	29.0	28.0	25.0	25.0	1.53
23/02/36	27.0	28.0	28.0	26.0	25.0	25.5	1.17
22/03/36	29.0	28.0	29.0	27.0	27.0	26.0	1.11
27/04/36	30.0	32.0	29.0	31.0	30.5	28.5	1.18

ตารางที่ 21 แสดงค่าความโปร่งใส (ซม.) ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุดในการวัดแต่ละครั้ง

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
13/10/35	103	97	52	210	160	30	61
03/11/35	74	150	210	170	134	120	42
17/11/35	90	120	245	300	270	98	86
01/12/35	106	100	110	220	260	80	68
15/12/35	125	132	160	250	120	100	49
19/01/36	92	105	110	194	180	117	39
23/02/36	155	122	170	180	190	150	22
22/03/36	90	90	157	122	180	105	33
27/04/36	110	90	122	80	150	90	23

ตารางที่ 22 แสดงกาซคาร์บอนไดออกไซด์ (มก./ล.)ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุดในการวัดแต่ละครั้ง

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
13/10/35	2.4	0.8	1.5	1.2	1.4	5.5	1.57
03/11/35	2.3	0.8	0.9	0.8	1.6	3.6	1.02
17/11/35	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.08
01/12/35	1.1	0.5	1.4	1.1	0.5	1.4	0.36
15/12/35	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.6	0.16
19/01/36	3.0	1.9	1.7	1.1	2.2	4.3	1.04
23/02/36	14.0	11.0	13.0	11.0	8.0	17.0	2.81
22/03/36	6.6	1.4	3.4	1.5	1.1	2.8	1.89
27/04/36	11.0	17.0	12.0	9.0	7.0	10.0	3.11

ตารางที่ 23 แสดงค่าความเป็นด่าง (มก./ล.) ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุดในการวัดแต่ละครั้ง

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
13/10/35	60	73	117	56	51	44	24.2
03/11/35	82	78	66	68	64	89	9.1
17/11/35	81	50	71	75	82	104	16.0
01/12/35	94	74	94	83	85	84	6.9
15/12/35	85	82	89	62	85	118	16.4
19/01/36	83	119	86	81	81	100	13.8
23/02/36	110	22	93	55	110	142	39.4
22/03/36	95	101	105	97	106	110	5.2
27/04/36	116	110	118	59	65	180	40.0

ตารางที่ 24 แสดงปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุดในการวัดแต่ละครั้ง

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
13/10/35	0.000	0.000	0.003	0.003	0.010	0.007	0.004
03/11/35	0.005	0.006	0.002	0.009	0.009	0.002	0.003
17/11/35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
01/12/35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15/12/35	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004
19/01/36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23/02/36	0.000	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022
22/03/36	0.045	0.005	0.004	0.017	0.065	0.016	0.022
27/04/36	0.008	0.003	0.017	0.004	0.022	0.001	0.008

ตารางที่ 25 แสดงปริมาณไนไตรท์ (มก./ล.) ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุดในการวัดแต่ละครั้ง

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
13/10/35	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.004	0.001
03/11/35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17/11/35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
01/12/35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15/12/35	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19/01/36	0.004	0.000	0.005	0.003	0.002	0.001	0.002
23/02/36	0.011	0.003	0.023	0.012	0.005	0.021	0.007
22/03/36	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034
27/04/36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ตารางที่ 26 แสดงปริมาณแอมโมเนีย (มก./ล.) ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุดในการวัดแต่ละครั้ง

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
13/10/35	0.000	0.015	0.000	0.013	0.019	0.000	0.008
03/11/35	0.051	0.010	0.028	0.026	0.035	0.020	0.013
17/11/35	0.022	0.000	0.000	0.012	0.014	0.000	0.009
01/12/35	0.026	0.015	0.018	0.012	0.028	0.004	0.008
15/12/35	0.040	0.114	0.000	0.030	0.019	0.001	0.039
19/01/36	0.035	0.009	0.101	0.000	0.018	0.000	0.035
23/02/36	0.012	0.022	0.020	0.022	0.021	0.018	0.003
22/03/36	0.075	0.003	0.008	0.009	0.004	0.013	0.025
27/04/36	0.003	0.025	0.159	0.022	0.020	0.028	0.053

ตารางที่ 27 แสดงปริมาณฟอสเฟต (มก./ล.) ที่จุดเก็บตัวอย่าง 6 จุดในการวัดแต่ละครั้ง

วันที่	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	S.D.
13/10/35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
03/11/35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17/11/35	0.013	0.010	0.011	0.012	0.010	0.011	0.001
01/12/35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15/12/35	0.006	0.004	0.008	0.008	0.007	0.009	0.002
19/01/36	0.003	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
23/02/36	0.010	0.013	0.019	0.021	0.027	0.025	0.006
22/03/36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27/04/36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายประโพธ จูประชากรณ์ เกิดเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ.2511 ที่เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปีการศึกษา 2534 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ.2534