การศึกษาประสิทธิภาพและผลกระทบของการใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟต ในการกำจัดสาหร่ายพิษในแหล่งน้ำของกองทัพอากาศ ณ ที่ตั้งดอนเมือง

The Efficiency and the Effect of Copper Sulfate for Toxic Algae Elimination in Water Sources in the Air Force compound, Donmuang

สิริแข พงษ์สวัสดิ์* สุทธวรรณ สุพรรณ และ วลีวรรณ แฉ่งประเสริฐ
สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
Sirikhae Pongswat*, Sutthawan Suphan and Waleewan Changpasert
Division of Biology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพและผลกระทบของการใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟตในการกำจัดสาหร่ายพิษในสระน้ำของพื้นที่กองทัพอากาศดอนเมือง เป็นระยะเวลา 5 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม (ก่อนทดสอบด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟต) และเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน (หลังทดสอบด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟต) พ.ศ. 2554 จำนวน 5 จุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ สระน้ำข้างตลาดโต้รุ่ง 2 คูระบายน้ำหน้าโรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย คูระบายน้ำหลังบ้านพักเรือนแถว เขต 2 ซอย 5 คูระบายน้ำหน้าโรงกรองน้ำสโมสรประทวน และคูระบายน้ำหน้าสโมสรประทวน จากการศึกษาพบว่า สระน้ำข้างตลาดโต้รุ่ง 2 มีความหลากหลายของสาหร่ายมากที่สุดโดยพบทั้งหมด 7 หมวด 75 ชนิด จากการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟต พบว่าสามารถบำบัดสาหร่ายพิษให้ลดลงได้ 8 ชนิด ได้แก่ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, *Anabaena catenula* Kützing ex Bornet & Flahault, *Oscillatoria limosa* var. *tenuis* Seckt, *Phormidium* sp.1, *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek, *Pseudanabaena* sp.1, *Oscillatoria tenuis* var. *asiatica* Wille และ *Pseudanabaena galeata* Böcher แต่ยังคงมีการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่บ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำไม่ดีอยู่เสมอ เนื่องจากในแหล่งน้ำรับการปนเปื้อนจากสารอินทรีย์อยู่ตลอดเวลา ส่งผลให้คุณภาพน้ำไม่ดีขึ้นหลังการใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟต และจากการศึกษาผลกระทบของการใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟตในดิน พบว่าดินทั้ง 5 จุดเก็บตัวอย่างมีปริมาณธาตุเหล็ก แมงกานีส และทองแดงสะสมอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าคุณสมบัติทางเคมีทั่วไปของดินเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่งผลต่อระบบนิเวศทางน้ำและดิน ทำให้ไม่เหมาะสมในการนำดินไปใช้สำหรับการเกษตร การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ฯลฯ เมื่อพิจารณาตามมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดโดยประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 โดยพิจารณาปัจจัยทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยเฉพาะปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์และปริมาณ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน พบว่าสระน้ำข้างตลาดโต้รุ่ง 2 คูระบายน้ำหน้าโรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย คูระบายน้ำหน้าโรงกรองน้ำสโมสร ประทวน และคูระบายน้ำหน้าสโมสรประทวนอยู่ในประเภท 3-4 ส่วนคูระบายน้ำหลังบ้านพักเรือนแถวเขต 2 ซอย 5 จัดอยู่ในประเภทที่ 4 โดยสามารถนำไปอุปโภค บริโภคได้โดยต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน

คำสำคัญ : คอปเปอร์ซัลเฟต สาหร่ายพิษ คุณภาพน้ำ กองทัพอากาศ ดอนเมือง

***Corresponding author.** E-mail: pongswat_s@yahoo.com

Abstract

The efficiency and effect of copper sulfate for toxic algal elimination in different water sources located around Air Force compound, Donmuang were investigated for five months. The study started in May 2011 when the water sources had not been treated with copper sulfate. However, from June to September 2011, each water source was later treated with copper sulfate. Water samples were collected from 5 sampling sites: the pond beside the night market No.2 and four other different sites along the narrow water passage circulating in the Air Force compound namely the sample sites in front of Rittiyawannalai High School, behind the row of houses in Zone 2, Soi 5, in front of the water filter plant of the Commission Club and the Commission Club. The results showed that the highest diversity of algae with 7 divisions 75 species were found in the pond beside the night market No.2. Copper sulfate was effective in elimination of 8 species of toxic algae. The eliminated toxic algae were *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, *Anabaena catenula* Kützing ex Bornet & Flahault, *Oscillatoria limosa* var. *tenuis* Seckt, *Phormidium* sp.1, *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek, *Pseudanabaena* sp.1, *Oscillatoria tenuis* var. *asiatica* Wille and *Pseudanabaena galeata* Böcher. The remaining algae whether toxic or non-toxic still proliferated and were used as indicators of the eutrophication status of such water. Since the water circulating in the Air Force compound had been constantly contaminated by organic matter existing in waste water from the Air Force community, the water quality had not been improved even after the treatment with copper sulfate. The result of the effect of copper sulfate in soil shown that soil samples from 5 sampling sites contained high amount of Ferric, Manganese and Copper. These amounts are higher than general soil chemical parameters and badly affected aquatic and soil ecosystem that unsuitable for agriculture and aquaculture etc. According to the standard of surface water quality defined by National Environmental Committee of Thailand (1994) based on physical-chemical factors and biological factors especially in the biochemical oxygen demand and ammonia-nitrogen, the water quality of the pond beside the night market No.2 and the three other sites along the narrow water passage in the Air Force compound could be classified into the third to fourth category. The water quality at the site behind the row of houses in Zone 2, Soi 5 could be classified into the fourth category. However, the water could be used for household consumption after special water treatment process.

Keywords : Copper sulfate, Toxic Algae, Water quality, Air Force, Donmuang

บทนำ

ปัญหาสำคัญที่พบในแหล่งน้ำหลายแห่งของประเทศไทย คือการพบการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Cyanobacteria) ที่สร้างสารพิษ ได้แก่ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju, *Anabaena* spp. และ *Oscillatoria* spp. เป็นต้น (Scheffer *et al*., 1997) ซึ่งมีการเจริญอย่างรวดเร็วและก่อให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) โดยสาหร่ายเหล่านี้สามารถสร้างสารพิษไมโครซิสติน ซึ่งมีฤทธิ์ส่งเสริมเร่งการเกิดมะเร็งตับได้ (Dawson, 1998) นอกจากนี้ยังพบสาหร่ายกลุ่มอื่นที่สามารถทำให้คุณภาพน้ำไม่ดี โดยจะพบปริมาณมากในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารสูง ได้แก่ สาหร่ายกลุ่มยูกลีนอยด์ (Euglenophyta) เช่น *Euglena* sp., *Strombomanas* sp. และ *Phacus* sp. เป็นต้น แต่กลุ่มสาหร่ายเหล่านี้ไม่สร้างสารพิษ (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2549) โดยปัญหาจากปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันจะส่งผลกระทบในด้านการอุปโภค บริโภค การประมง และการเกษตรกรรมต่างๆของมนุษย์ นอกจากนี้พิษของสาหร่ายยังมีผลโดยตรงต่อสัตว์น้ำหรือสัตว์บกที่ไปบริโภคน้ำที่มีสาหร่ายชนิดนี้อยู่ ก่อให้เกิดปลาตายเป็นจำนวนมากเนื่องจากการขาดแคลนออกซิเจน หรือสัตว์บกบริเวณใกล้เคียงล้มตายลง และเป็นปัญหาที่ต้องทำการแก้ไขอย่างเร่งด่วน (Gray *et al*., 2002) คอปเปอร์ซัลเฟตเป็นสารที่มีการใช้ในการกำจัดสาหร่ายมานานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1904 และใช้กันอย่างกว้างขวางในสหรัฐอเมริกา โดยสารคอปเปอร์ (coppper) จะเป็นตัวยับยั้งกระบวนการหายใจและกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่าย ส่งผลให้สาหร่ายตายลง (Bartlay, 1976)

พื้นที่ในสระน้ำต่างๆ บริเวณโดยรอบบ้านพักของกองทัพอากาศเกิดปัญหาของปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันขึ้น เนื่องจากแหล่งน้ำดังกล่าวได้รับการปนเปื้อนจากน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลภูมิพลฯ และจากบ้านพักข้าราชการทหาร งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นถึงความสำคัญในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยมีการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างจากบริเวณที่มีการเจริญอย่างรวดเร็วของสาหร่ายพิษทั้งหมด 5 จุดเก็บตัวอย่าง พร้อมทั้งศึกษาชนิดและปริมาณของสาหร่าย รวมทั้งศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพที่ทำให้เกิดการเจริญอย่างรวดเร็วของสาหร่ายพิษ อันเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำและมีผลต่อทัศนียภาพที่เสื่อมโทรมของแหล่งน้ำนี้ และทดสอบการกำจัดสาหร่ายดังกล่าวโดยใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟต ซึ่งเป็นสารที่มีราคาไม่แพงมาใช้ในควบคุมการเจริญของสาหร่ายสร้างพิษ (Bartlay, 1976) รวมทั้งศึกษาผลกระทบของการใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟตต่อระบบนิเวศ เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำดังกล่าวให้ดีขึ้นและมีทัศนียภาพที่ดีตลอดไป

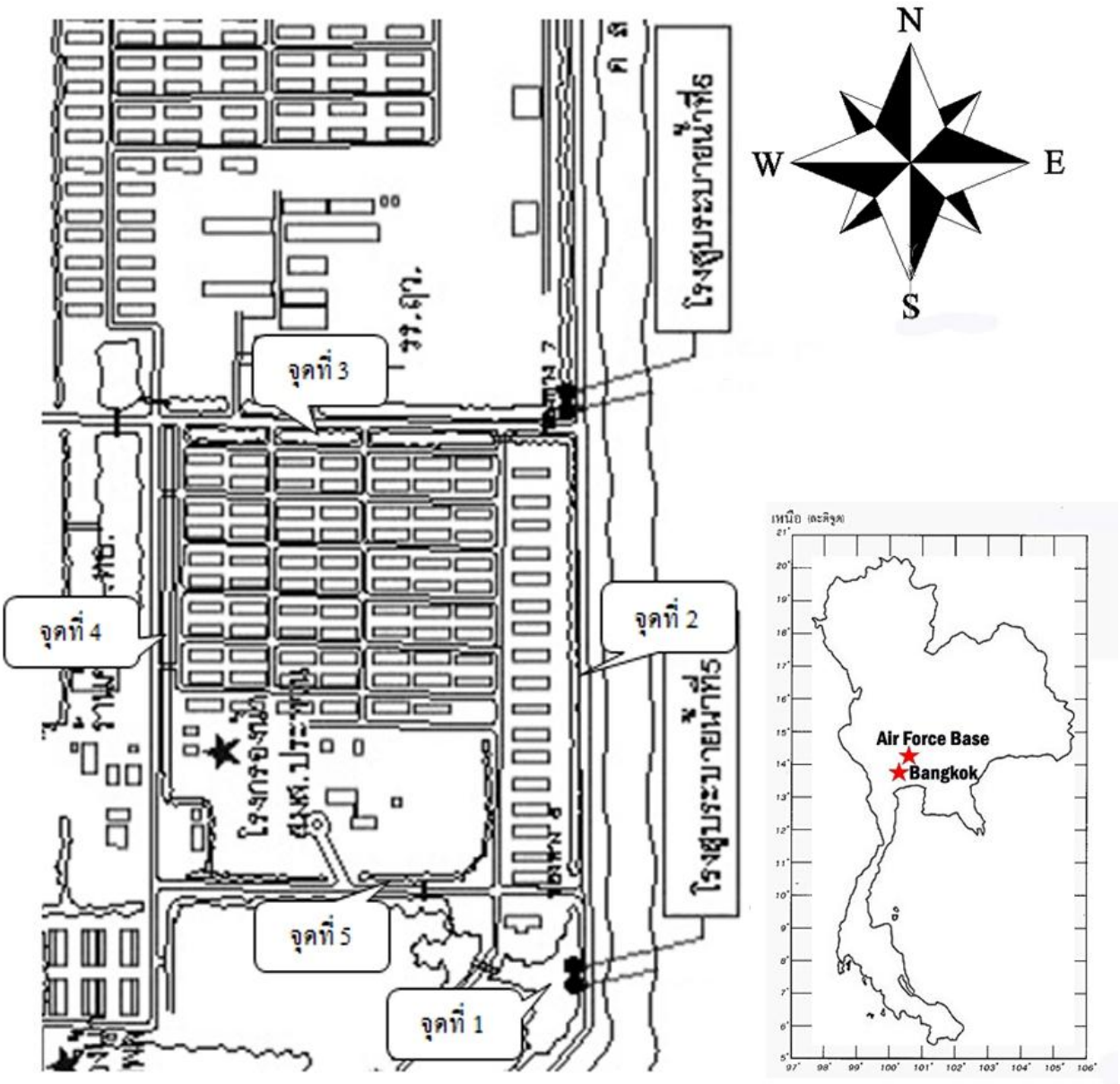
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. พื้นที่ในการศึกษา

ทำการสำรวจแหล่งน้ำบริเวณพื้นที่ของกองทัพอากาศดอนเมือง ในบริเวณที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่าย ประกอบไปด้วย 5 จุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 สระน้ำข้างตลาดโต้รุ่ง 2 มีปริมาตรน้ำประมาณ 6,200 ลบ.ม. จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 คูระบายน้ำหลังบ้านพักเรือนแถวเขต 2 ซอย 5 มีปริมาตรน้ำประมาณ 3,840 ลบ.ม. จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 คูระบายน้ำหน้าโรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัยมีปริมาตรน้ำประมาณ 3,130 ลบ.ม. จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 คูระบายน้ำหน้าโรงกรองน้ำสโมสรประทวน มีปริมาตรน้ำประมาณ 6,656 ลบ.ม. และจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 คูระบายน้ำหน้าสโมสรประทวนมีปริมาตรน้ำประมาณ 1,770 ลบ.ม. (ภาพที่ 1) ซึ่งคูน้ำในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2-4 น้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างสามารถเชื่อมต่อถึงกันได้ โดยจุดเก็บตัวอย่างที่ 1, 3, 4 และ 5 ทางกองทัพอากาศมีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศเพื่อช่วยเพิ่มออกซิเจนแก่แหล่งน้ำอยู่แล้ว ซึ่งจะเปิดเครื่องในช่วงเวลา 8.30-16.30 น.

2. วิธีการใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟตในการทดสอบ

สารคอปเปอร์ซัลเฟตที่ใช้ในการทดสอบเป็นสารของแข็งอยู่ในรูปผงสีฟ้า สูตรทางเคมีคือ CuSO4.5H2O (copper sulfate pentahydrate) มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 11.5 (Bartlay, 1976) ความเข้มข้นของสารคอปเปอร์ซัลเฟตที่ใช้คือ 2.5 พีพีเอ็ม โดยคำนวณปริมาตรน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างกับปริมาณสารคอปเปอร์ซัลเฟต ได้แก่ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 สระน้ำข้างตลาดโต้รุ่ง 2 มีปริมาตรน้ำประมาณ 6,200 ลบ.ม. ใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟตเท่ากับ 15.5 กิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 คูระบายน้ำหลังบ้านพักเรือนแถวเขต 2 ซอย 5 มีปริมาตรน้ำประมาณ 3,840 ลบ.ม. ใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟตเท่ากับ 9.6 กิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 คูระบายน้ำหน้าโรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัยมีปริมาตรน้ำประมาณ 3,130 ลบ.ม. ใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟตเท่ากับ 7.8 กิโลกรัม จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 คูระบายน้ำหน้าโรงกรองน้ำสโมสรประทวน มีปริมาตรน้ำประมาณ 6,656 ลบ.ม. ใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟตเท่ากับ 16.6 กิโลกรัม และจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 คูระบายน้ำหน้าสโมสรประทวนมีปริมาตรน้ำประมาณ 1,770 ลบ.ม. ใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟตเท่ากับ 4.4 กิโลกรัม โดยนำสารคอปเปอร์ซัลเฟตมาละลายกับน้ำและใช้รถน้ำที่มีความจุน้ำ 6 ลบ.ม. ฉีดพ่นสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่กองทัพอากาศ ดอนเมือง

ให้ครอบคลุมทั่วผิวน้ำ ในช่วงเวลาเช้าประมาณ 9.00-11.00 น. ทุกวันพฤหัสบดีในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 ของทุกๆเดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2554

3. วิธีการวิจัย

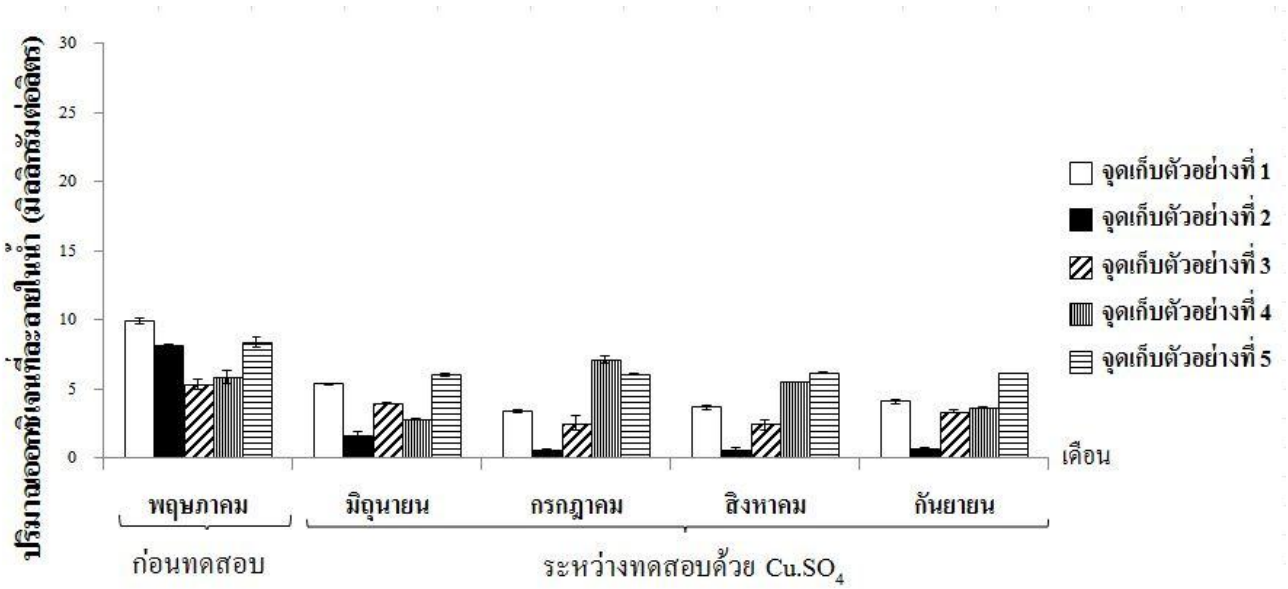
ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเป็นเวลา 5 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม (ก่อนทดสอบด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟต) และเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน (ระหว่างทดสอบด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟต) พ.ศ. 2554 จำนวน 5 จุดเก็บตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างสาหร่ายเพื่อศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายพิษและสาหร่ายชนิดอื่นๆ บริเวณจุดกึ่งกลางน้ำโดยใช้ตาข่ายแพลงก์ตอนขนาดความถี่ 10 ไมโครเมตร ตวงน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดสีชาเก็บรักษาด้วยสารละลายลูกอล 2 มิลลิลิตร นำไปศึกษาต่อในห้องปฏิบัติการ และทำการนับจำนวนสาหร่ายพิษ 1 ชนิด คือ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing โดยนำมาแยกเซลล์สาหร่ายให้เป็นเซลล์เดี่ยวๆ ด้วยเครื่องอัลตราโซนิคและนับปริมาณเซลล์ด้วย Haemacytometer ส่วนสาหร่ายชนิดอื่นๆ และสาหร่ายพิษอีก 7 ชนิด ทำการนับโดยวิธี Whole count (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2542) โดยสาหร่ายพิษที่พบ

ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นแบบเส้นสายจึงทำการนับจำนวนสาหร่ายเป็นเส้นสาย (หน่วยต่อมิลลิลิตร) และศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้า ทำการวิเคราะห์ในภาคสนามโดยเครื่อง HACH Model Senlon 5 ค่าความเป็นด่าง วิเคราะห์โดยวิธี Methyl orange indicator method ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ วิเคราะห์โดยวิธี Azide modification ปริมาณออร์โธฟอสเฟตวิเคราะห์โดยวิธี Ascorbic acid method ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน วิเคราะห์โดยวิธี Nesslerization method ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน วิเคราะห์โดยวิธี Cadmium reduction method ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียวิเคราะห์ด้วยวิธี Multiple tube method วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และวิเคราะห์ธาตุโลหะหนักในน้ำและดิน ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส และทองแดงวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน (Standard method) สำหรับการวิเคราะห์น้ำ (APHA, AWWA & WPCF, 1992)

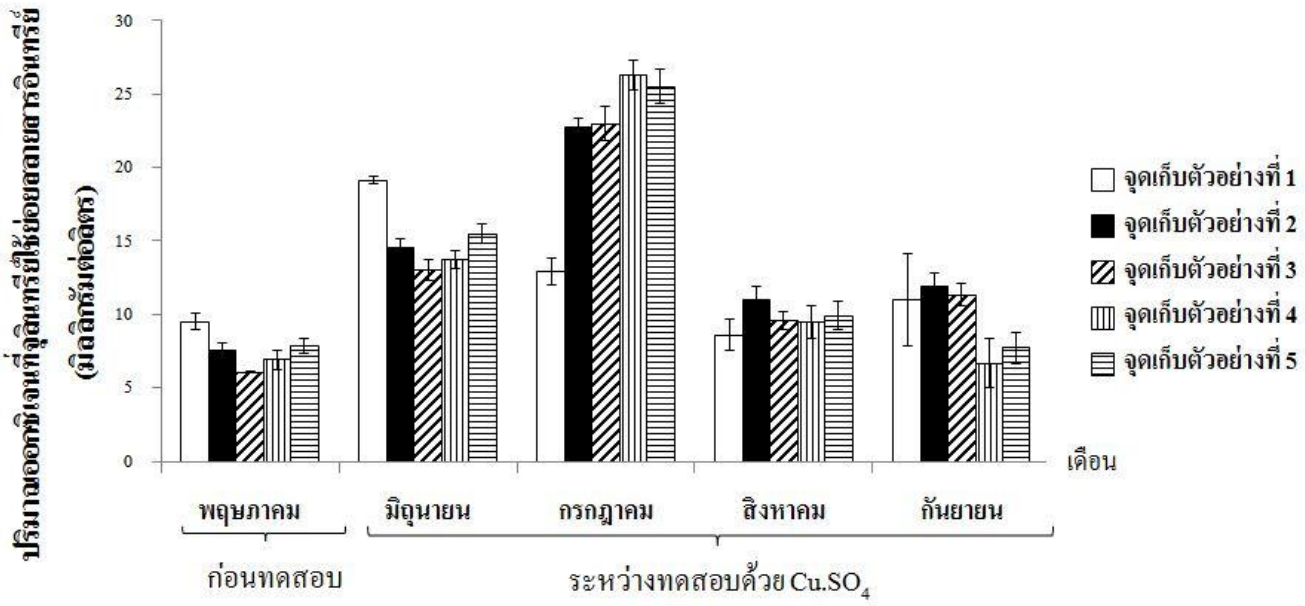
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. คุณภาพน้ำด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการ

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังทดสอบด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟต พบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงแตกต่างกันในแต่ละเดือน โดยทุกจุดเก็บตัวอย่างมีค่าสูงเกิน 300 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 580.73 ถึง 640.73 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร เนื่องจากแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์จำนวนมาก ซึ่งแสดงว่าแหล่งน้ำมีมลพิษปนเปื้อน (ชาญณรงค์ แก้วเล็ก, 2532) ค่าความเป็นด่างของทุกจุดเก็บตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในเดือนสิงหาคมและเดือนกันยายน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 54.50-139.42 มิลลิกรัมต่อแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งจัดเป็นค่าที่พบได้ตามแหล่งน้ำธรรมชาติ (นันทนา คชเสนี, 2536) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำทั้งก่อนและหลังทดสอบด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟตของจุดเก็บตัวอย่างที่ 1, 3, 4 และ 5 มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภท 4 ที่กำหนดไว้ไม่ควรต่ำกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ยกเว้นจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.84 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 2) สอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่พบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 คูระบายน้ำหลังบ้านพักเรือนแถวที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 13.55 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำที่อยู่ติดกับหลังบ้านพักทหารอากาศที่มีการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำตลอดเวลา ส่งผลให้มีการปนเปื้อนของอินทรียสารเป็นจำนวนมาก และพบว่าทุกจุดเก็บตัวอย่างมีค่าออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เกินมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ที่กำหนดว่าไม่ควรเกิน 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8, 2537) ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 และ 5 ในเดือนกรกฎาคมเกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

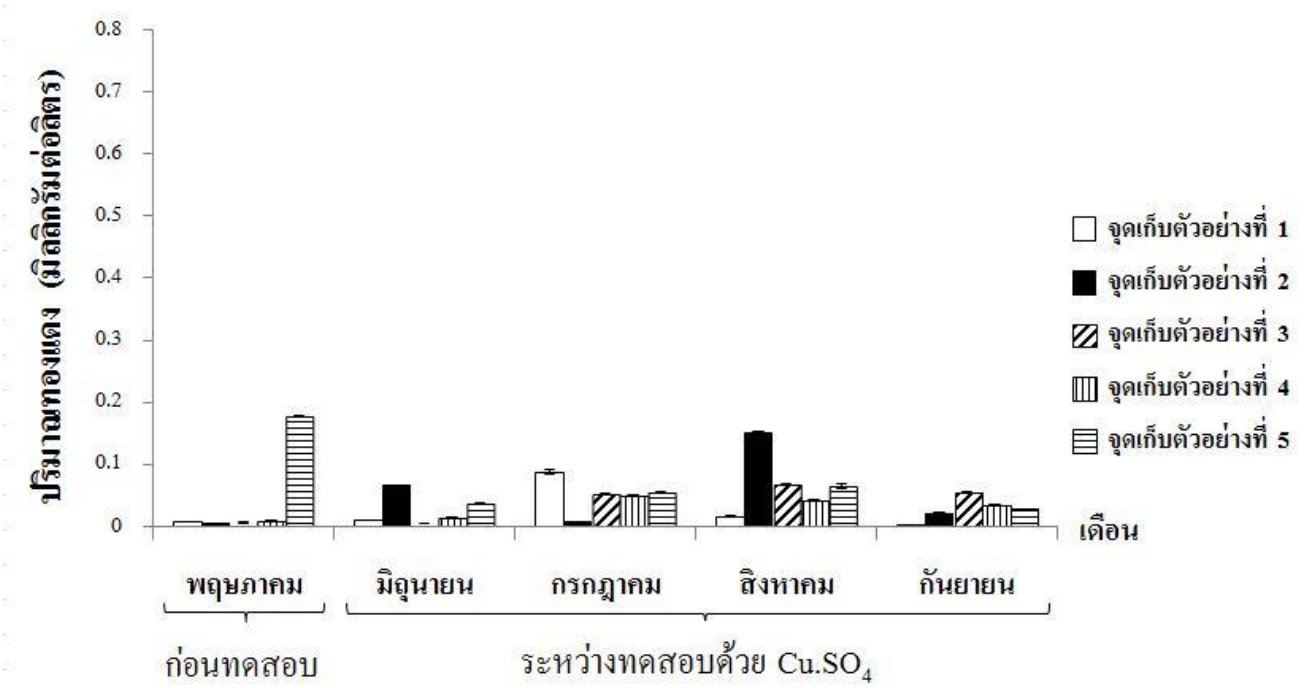


ภาพที่ 2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่กองทัพอากาศ

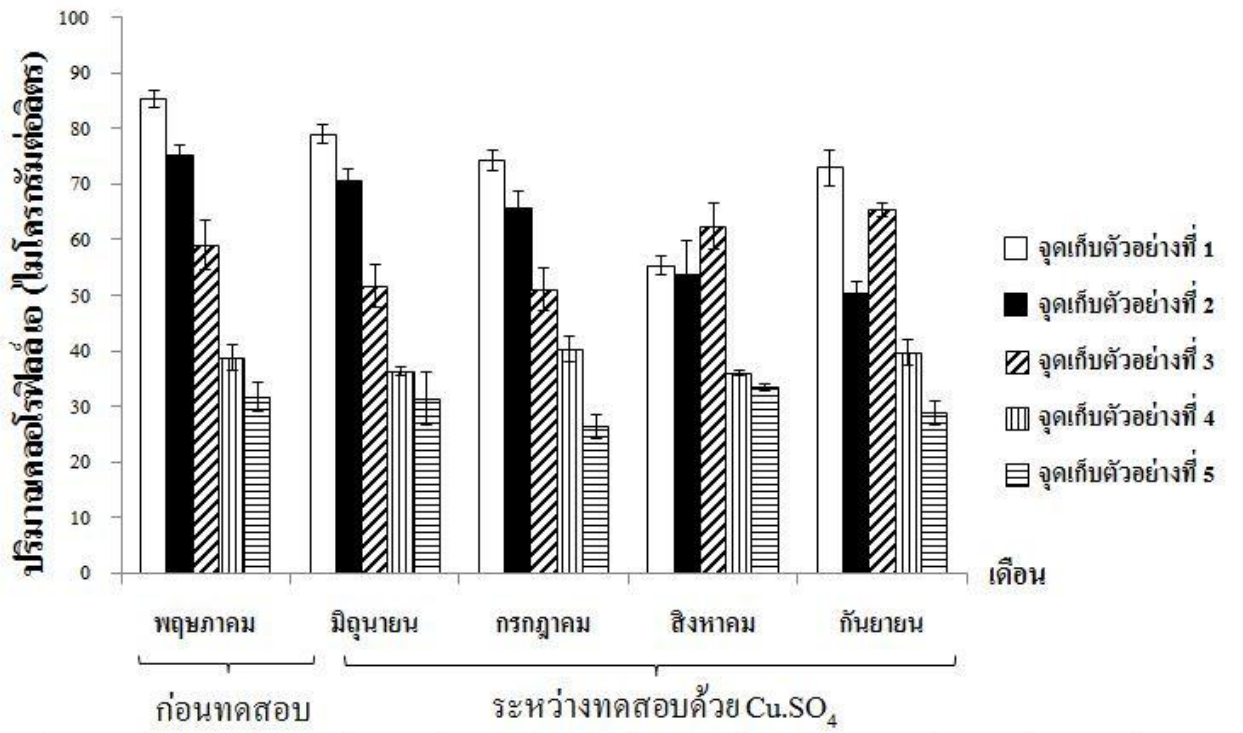


ภาพที่ 3 ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่กองทัพอากาศ

ที่กำหนดเกณฑ์ว่าไม่ควรเกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2548) (ภาพที่ 3) จากการศึกษาปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน พบว่าทุกจุดเก็บมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ที่กำหนดว่าไม่ควรเกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับปริมาณออร์โธฟอสเฟตที่พบว่าในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากมีการทิ้งสารชะล้างต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำมากมาย ส่งผลให้คุณภาพน้ำทั้ง 5 จุดเก็บตัวอย่างมีคุณภาพน้ำไม่ดี (Lorrarine & Vollenweider, 1981) ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน พบว่าทุกจุดเก็บตัวอย่างมีอยู่ในช่วง 0.01-1.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ที่กำหนดไว้ไม่ควรเกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณซัลเฟต พบว่าหลังจากการทดสอบมีปริมาณซัลเฟตในแหล่งน้ำสูงสุดในเดือนมิถุนายน และมีแนวโน้มลดต่ำลงในเดือนสิงหาคมและกันยายนตามลำดับ มีค่าอยู่ในช่วง 33.38-67.48 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีปริมาณสะสมอยู่ในแหล่งน้ำค่อนข้างสูง โดยสารคอปเปอร์ซัลเฟตมีส่วนประกอบของเกลือซัลเฟต ซึ่งเมื่อละลายอยู่ในแหล่งน้ำจะเกิดการสะสมเป็นตะกอนของเกลือซัลเฟตเกิดขึ้น (Lewis & Lewis, 1971) ปริมาณทองแดง พบว่าทุกจุดเก็บตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม และลดต่ำลงในเดือนกันยายน โดยพบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 คูระบายน้ำหลังบ้านพักเรือนแถวในเดือนสิงหาคมมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 4 ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 4) โดยสารคอปเปอร์ซัลเฟต เมื่อละลายลงสู่ในแหล่งน้ำจะเกิดการแตกตัวในน้ำจะกลายเป็นสารคอปเปอร์ไอออน (Cu^{2+}) อยู่ในรูปที่เป็นพิษ สาหร่ายจะดูดซับสารดังกล่าวเข้าไป มีผลในการยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและหยุดกระบวนการสร้างพลังงานภายในเซลล์ ทำให้สาหร่ายตาย (Boyd, 1979) นอกจากนี้พบว่าปริมาณเหล็กหลังจากการทดสอบด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟตในทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีแนวโน้มของปริมาณของเหล็กสะสมอยู่ในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้นในแต่ละเดือนและมีปริมาณสูงสุดในเดือนกันยายน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.22-1.99 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาปริมาณแมงกานีส พบว่าหลังจากทดสอบด้วยคอปเปอร์ซัลเฟตทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีแนวโน้มปริมาณแมงกานีสเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละเดือน โดยจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 คูระบายน้ำหน้าโรงกรองน้ำสโมสรประทวน มีปริมาณแมงกานีสในแหล่งน้ำสูงที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.099 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 4 ที่กำหนดไว้ไม่ควรเกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากสาหร่ายมีการใช้แมงกานีสซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของรงควัตถุคลอโรฟิลล์ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชและสาหร่าย (ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์, 2540) การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ พบว่าหลังการทดสอบด้วยคอปเปอร์ซัลเฟต ทุกจุดเก็บตัวอย่างมีแนวโน้มของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงและมีปริมาณเซลล์สาหร่ายลดลงไปในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 5) สอดคล้องกับงานวิจัยที่ทำการทดสอบสารคอปเปอร์ซัลเฟตในทะเลสาบ Paranoá ประเทศบราซิลที่เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันและพบว่าภายในเวลา



ภาพที่ 4 ปริมาณทองแดงที่พบในน้ำแต่ละจุดเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่กองทัพอากาศ



ภาพที่ 5 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ลดลงในแต่ละเดือน

2 เดือนสามารถกำจัดสาหร่ายพิษให้มีปริมาณลดลงจากแหล่งน้ำได้ (Fonseca & Philomeno, 2004) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม โดยเฉพาะจุดเก็บตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 ในเดือนกรกฎาคมและกันยายนมีค่าสูง ≥2,400 MPN/100 ml เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้กับร้านอาหารและบ้านพักมากที่สุดจึงมีการปล่อยน้ำเสียจากครัวเรือนและสิ่งปฏิกูลต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำซึ่งเป็นสาเหตุให้แหล่งน้ำมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคหลายชนิด

2. ความหลากหลายของสาหร่ายทั่วไปและสาหร่ายพิษก่อนและหลังทดสอบด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟต

จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 สระน้ำข้างตลาดโต้รุ่ง 2 มีความหลากหลายของสาหร่ายมากที่สุด พบทั้งหมด 7 หมวด 75 ชนิด โดยกลุ่มที่มีความหลากหลายด้านชนิดมากที่สุด คือ หมวด Chlorophyta มี 18 ชนิด คิดเป็น 36.74% รองลงมาคือ หมวด Euglenophyta มี 10 ชนิด คิดเป็น 20.41% หมวด Cyanophyta มี 9 ชนิด คิดเป็น 18.37% และ หมวด Bacillariophyta พบ 6 ชนิด คิดเป็น 12.24% หมวด Cryptophyta มี 3 ชนิด คิดเป็น 6.12% หมวด Chrysophyta มี 2 ชนิด คิดเป็น 4.08% และหมวด Pyrrhophyta มี 1 ชนิด คิดเป็น 2.04% โดยพบสาหร่ายที่สามารถสารพิษทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ *Anabaena catenula* Kützing ex Bornet & Flahault พบจำนวน 1,000.5 หน่วยต่อมิลลิลิตร, *Oscillatoria limos*a var. *tenuis* Seckt พบจำนวน 4,500 หน่วยต่อมิลลิลิตร, *Phormidium* sp.1 พบจำนวน 416.5 หน่วยต่อมิลลิลิตร, *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek พบจำนวน 383 หน่วยต่อมิลลิลิตร และ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing พบจำนวน 16 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานประเทศออสเตรเลีย ซึ่งกำหนดไว้ 12,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (WHO, 1993) และหลังการทดสอบด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟต พบว่าสามารถกำจัดสาหร่ายให้หมดไปในเดือนสุดท้ายของการทดลอง ได้แก่ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, *Anabaena catenula* Kützing ex Bornet & Flahault, *Phormidium* sp.1 และ *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek ส่วนสาหร่าย *Oscillatoria limosa* var. tenuis Seckt พบว่าก่อนทดสอบด้วยคอปเปอร์ซัลเฟตพบทั้งหมด 4,500 หน่วยต่อมิลลิลิตร และเมื่อทดสอบด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟตมีจำนวนหน่วยลดลงเหลือเพียง 500 หน่วยต่อมิลลิลิตร สอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาผลกระทบของการทดสอบสารคอปเปอร์ซัลเฟต ต่อ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing ที่ระดับคอปเปอร์ซัลเฟต 2.0 ไมโครโมลาร์ พบว่า สารคอปเปอร์ซัลเฟตสามารถยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่ายและทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของสาหร่ายชนิดนี้ลดลงได้ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ (Hadjoudjaa *et al*., 2009)

จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 คูระบายน้ำหลังบ้านพักเรือนแถว เขต 2 ซอย 5 พบสาหร่ายทั้งหมด 6 หมวด 72 ชนิด โดยกลุ่มที่มีความหลากหลายด้านชนิดมากที่สุด คือ หมวด Chlorophyta มี 31 ชนิด คิดเป็น 43.11% รองลงมาคือ หมวด Cyanophyta และ Euglenophyta พบ 13 ชนิด คิดเป็น 18.03% หมวด Bacillariophyta พบ 10 ชนิด คิดเป็น 13.90% หมวด Cryptophyta มี 3 ชนิด คิดเป็น 4.17% และหมวด Pyrrhophyta มี 2 ชนิด คิดเป็น 2.77% โดยพบสาหร่ายพิษทั้งหมด 4 ชนิด คือ *Anabaena catenula* Kützing ex Bornet & Flahault พบจำนวน 500 หน่วยต่อมิลลิลิตร, *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing พบจำนวน 15.64 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานประเทศออสเตรเลียกำหนดไว้ 12,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (WHO, 1993) *Oscillatoria limosa* var. tenuis Seckt พบจำนวน 10,100 หน่วยต่อมิลลิลิตร และ *Phormidium* sp.1 พบจำนวน 133 หน่วยต่อมิลลิลิตร และหลังการทดสอบด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟต พบว่า *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing และ *Phormidium* sp.1 มีจำนวนหน่วยลดลงจนไม่พบเลยในเดือนกันยายนซึ่งเป็นเดือนสุดท้ายของการวิจัย ส่วนสาหร่ายพิษ *Anabaena catenula* Kützing ex Bornet & Flahault และ *Oscillatoria limosa* var. *tenuis* Seckt มีจำนวนหน่วยลดลงเหลือเพียง 50 หน่วยต่อมิลลิลิตร สอดคล้องกับงานวิจัยที่ทำการบำบัดสาหร่ายพิษด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟตที่ความเข้มข้น 1.0 และ 2.5 ppm พบว่า สามารถลดปริมาณสาหร่ายในกลุ่มของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้เป็นอย่างดี ได้แก่ *Microcystis* spp. และ *Anabaenopsis* spp. เป็นต้น (พนาวรรณ จิระวงษ์, 2533)

จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 3 คูระบายน้ำหน้าโรงเรียนฤทธิยะ-วรรณาลัย พบสาหร่ายทั้งหมด 6 หมวด 39 ชนิดโดยกลุ่มที่มีความหลากหลายด้านชนิดมากที่สุด คือ หมวด Chlorophyta มี 14 ชนิด คิดเป็น 37.74% รองลงมาคือ หมวด Euglenophyta มี 11 ชนิด คิดเป็น 29.66% หมวด Cyanophyta พบ 8 ชนิด คิดเป็น 21.57% หมวด Bacillariophyta มี 3 ชนิด คิดเป็น 7.69% หมวด Pyrrhophyta พบ 2 ชนิด คิดเป็น 5.12% และหมวด Chrysophyta พบ 1 ชนิด คิดเป็น 2.56% โดยพบสาหร่ายพิษทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ *Anabaena catenula* Kützing ex Bornet & Flahault พบจำนวน 317 หน่วยต่อมิลลิลิตร, *Oscillatoria limosa* var. *tenuis* Seckt พบจำนวน 3,300 หน่วยต่อมิลลิลิตร, *Oscillatoria tenuis* var. *asiatica* Wille พบจำนวน 50 หน่วยต่อมิลลิลิตร

และ *Phormidium* sp.1 พบจำนวน 1,050 หน่วยต่อมิลลิลิตร และหลังการทดสอบด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟต *Anabaena catenula* Kützing ex Bornet & Flahault มีจำนวนหน่วยลดลงเหลือเพียง 33 หน่วยต่อมิลลิลิตร ส่วน *Oscillatoria limosa* var. *tenuis* Seckt, *Oscillatoria tenuis* var. *asiatica* Wille และ *Phormidium* sp.1 มีจำนวนหน่วยลดลงจนไม่พบเลยในเดือนกันยายนซึ่งเป็นเดือนสุดท้ายของการวิจัย

จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 4 คูระบายน้ำหน้าโรงกรองน้ำสโมสรประทวน พบสาหร่ายทั้งหมด 4 หมวด 24 ชนิด โดยกลุ่มที่มีความหลากหลายด้านชนิดมากที่สุด คือ หมวด Euglenophyta มี 10 ชนิด คิดเป็น 41.60% รองลงมาคือ หมวด Chlorophyta มี 8 ชนิด คิดเป็น 33.30% และหมวด Cyanophyta และ Bacillariophyta พบ 3 ชนิด คิดเป็น 12.50% โดยพบสาหร่ายพิษเพียง 2 ชนิด คือ *Pseudanabaena galeata* Böcher มีจำนวนหน่วยเท่ากับ 783 หน่วยต่อมิลลิลิตร และ *Pseudanabaena* sp.1 มีจำนวนหน่วยเท่ากับ 16.5 หน่วยต่อมิลลิลิตรและหลังการทดสอบด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟต พบว่าสาหร่ายพิษทั้ง 2 ชนิดนี้มีจำนวนหน่วยลดลงจนไม่พบเลยในเดือนกันยายนซึ่งเป็นเดือนสุดท้ายของการวิจัย

จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 5 คูระบายน้ำหน้าสโมสรประทวน พบสาหร่ายทั้งหมด 4 หมวด 43 ชนิด โดยกลุ่มที่มีความหลากหลายด้านชนิดมากที่สุด คือ หมวด Chlorophyta มี 20 ชนิด คิดเป็น 46.51% รองลงมาคือ หมวดEuglenophyta มี 12 ชนิด คิดเป็น 29.90% หมวด Bacillariophyta พบ 6 ชนิด คิดเป็น 13.95% และหมวด Cyanophyta พบ 5 ชนิด คิดเป็น 11.62% โดยพบสาหร่ายสร้างสารพิษเพียง 2 ชนิด คือ *Oscillatoria limos*a var. *tenuis* Seckt พบจำนวน 66.5 หน่วยต่อมิลลิลิตร และ *Pseudanabaena* sp.1 พบจำนวน 166.5 หน่วยต่อมิลลิลิตร และพบว่าสาหร่ายพิษทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวมีจำนวนหน่วยลดลงโดย *Oscillatoria limosa* var. *tenuis* Seckt มีจำนวนหน่วยลดลงเหลือ 50 หน่วยต่อมิลลิลิตร ส่วน *Pseudanabaena* sp.1 มีจำนวนหน่วยลดลงจนไม่พบเลยในเดือนกันยายนซึ่งเป็นเดือนสุดท้ายของการวิจัย

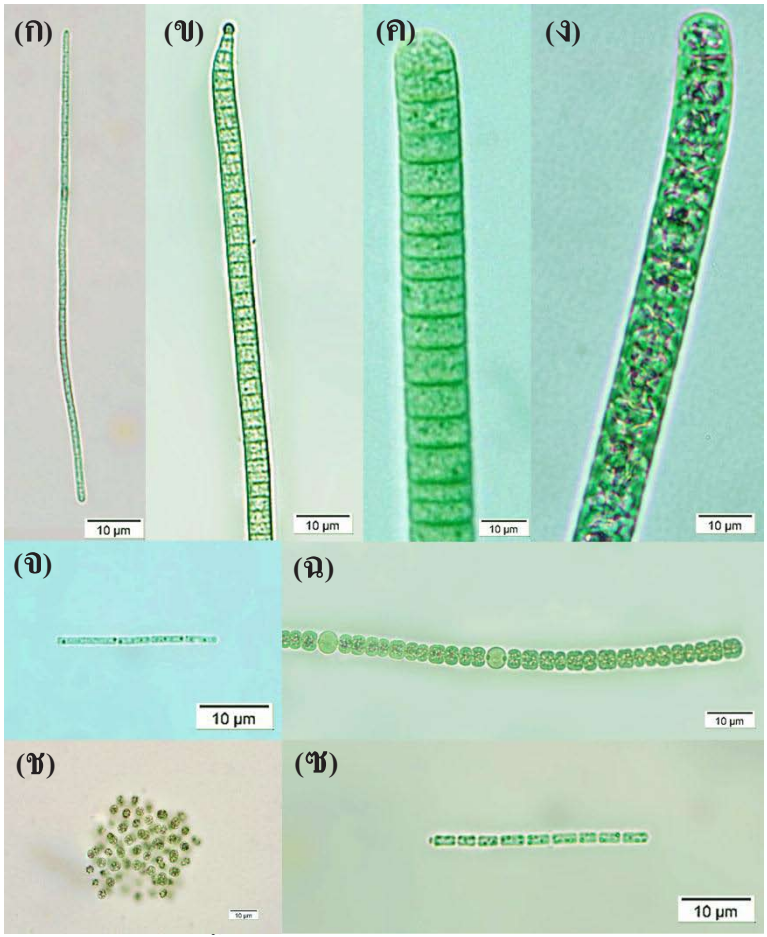
จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารคอปเปอร์ซัลเฟตในการกำจัดสาหร่ายพิษในแหล่งน้ำของกองทัพอากาศ ดอนเมือง พบว่าการหลังทดสอบด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟตในเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2554 สามารถบำบัดสาหร่ายพิษให้ลดลงได้ทั้งหมด 8 ชนิด (ภาพที่ 6) จากทั้งหมด 5 จุดเก็บตัวอย่าง แต่ยังคงมีการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่บ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำไม่ดีชนิดอื่นๆ เพิ่มขึ้นอยู่เสมอ เนื่องจากแหล่งน้ำทุกจุดเก็บตัวอย่างของทางกองทัพอากาศได้รับผลกระทบจากการปล่อยของเสียที่ปนเปื้อนลงในแหล่งน้ำตลอดเวลา

3. ด้านคุณภาพน้ำ

เมื่อพิจารณาการจัดชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของคลอโรฟิลล์ เอ (Lampert & Sommer, 1993) โดยพิจารณาจากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณฟอสเฟต พบว่าคุณภาพน้ำในทั้ง 5 จุดเก็บตัวอย่างมีคุณภาพน้ำไม่ดี (Eutrophic status) และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2548) พบว่า มีค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และค่าของแข็งละลายในน้ำมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาดที่กำหนดไว้ และเมื่อพิจารณาตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8, 2537) โดยเฉพาะปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์และปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน สามารถจัดคุณภาพน้ำของสระน้ำข้างตลาดโต้รุ่ง 2 คูระบายน้ำหน้าโรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย คูระบายน้ำหน้าโรงกรองน้ำสโมสรประทวน และคูระบายน้ำหน้าสโมสรประทวนอยู่ในประเภท 3-4 ส่วนคูระบายน้ำหลังบ้านพักเรือนแถวเขต 2 ซอย 5 จัดอยู่ในประเภทที่ 4 ซึ่งสามารถนำมาใช้อุปโภคและบริโภคได้ แต่ต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน

4. ผลกระทบของการใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟตในดิน

จากการศึกษาปริมาณเหล็กที่สะสมในดินบริเวณใต้ท้องน้ำของแหล่งน้ำกองทัพอากาศ ดอนเมือง พบว่าทั้ง 5 จุดเก็บตัวอย่างมีปริมาณเหล็กสะสมอยู่ในดินในระดับที่สูงมาก โดยจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 คูระบายน้ำหน้าโรงกรองน้ำสโมสรประทวนมีปริมาณเหล็กสะสมดินสูงสุดเท่ากับ 19,190 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คือมีปริมาณสูงเกินกว่า 4.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณแมงกานีสที่สะสมในดินในจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 มีปริมาณแมงกานีสสะสมอยู่ในดินสูงสุดเท่ากับ 5,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่กำหนดว่าไม่ควรเกิน 18,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25, 2547) และเมื่อศึกษาปริมาณทองแดงที่สะสมในดิน พบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 เช่นเดียวกันมีปริมาณทองแดงสะสมในดินสูงสุดเท่ากับ 700 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 7) และเมื่อประเมินคุณสมบัติทางเคมีของดิน พบว่าปริมาณทองแดงในดินที่พบทั้ง 5 จุดเก็บ



ภาพที่ 6 สาหร่ายสร้างพิษ 8 ชนิดที่พบบริเวณพื้นที่กองทัพอากาศ ดอนเมือง

Division Cyanophyta: (ก) *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek

(ข) *Phormidium* sp.1

(ค) *Oscillatoria tenuis* var. *asiatica* Wille

(ง) *Oscillatoria limosa* var. *tenuis* Seckt

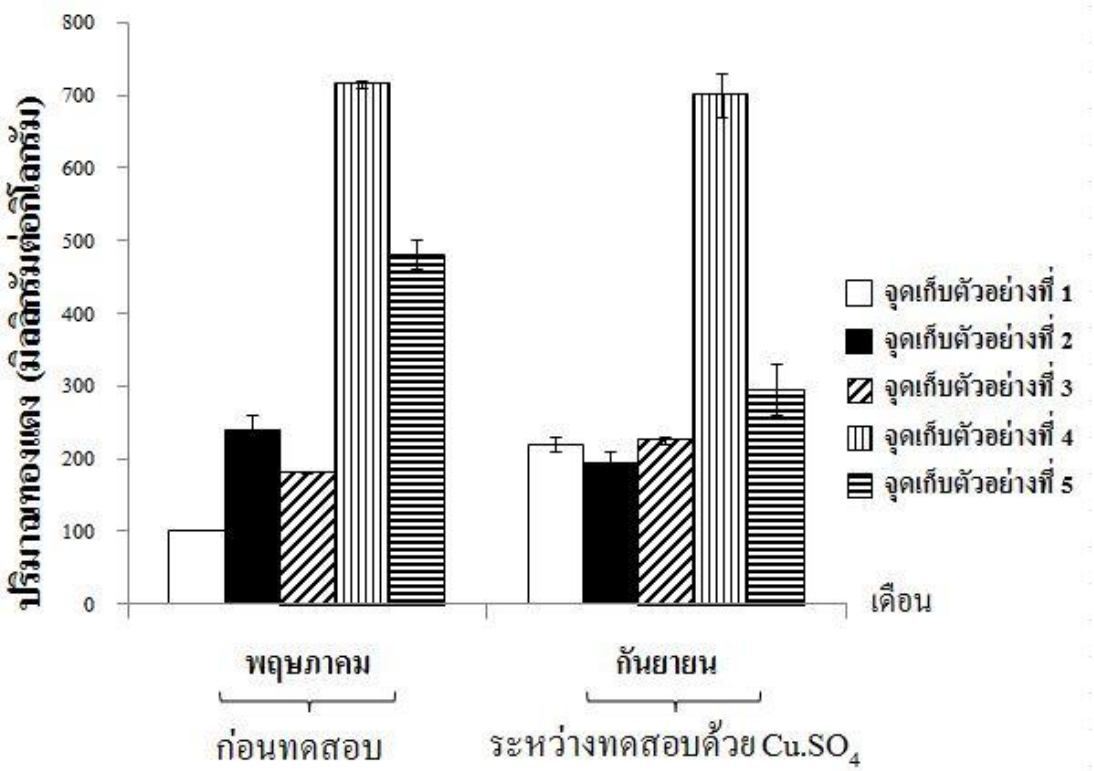
(จ) *Pseudanabaena* sp.1

(ฉ) *Anabaena catenula* Kützing ex Bornet x Flahault

(ช) *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing

(ซ) *Pseudanabaena galeata* Böcher

ตัวอย่างสะสมอยู่ในระดับสูงมาก คือมีค่าสูงกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ซึ่งจะส่งผลเสียต่อการนำดินไปใช้ในการปลูกพืช คือจะทำให้พืชแคระแกรน ลดการแตกพุ่ม และมียางในปริมาณมากกว่าปกติ และถ้ามนุษย์รับประทานเข้าไป จะก่อให้เกิดอาการอาเจียน เหน็บชา สำลัก และถ้าได้รับในปริมาณมากอาจทำให้ตายได้ (ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์, 2540) สอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศสเปนที่พบว่ามีปริมาณทองแดงสะสมอยู่ในดินสูงถึง 484 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Carmona *et al*., 2009) จากการศึกษาพบว่า ดินทั้ง 5 จุดเก็บตัวอย่างมีปริมาณเหล็ก แมงกานีส และทองแดงสะสมในปริมาณที่สูงมาก ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมในการนำดินไปใช้สำหรับการทำเกษตรกรรม การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ฯลฯ เนื่องจากสารพิษจากธาตุดังกล่าวจะส่งผลกระทบก่อให้เกิดโทษต่อร่างกายมนุษย์และสัตว์ต่างๆ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำและดิน ดังนั้นก่อนการนำดินดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในอนาคตควรทำการบำบัดดินให้มีปริมาณธาตุต่างๆ ลดลงเสียก่อน และเนื่องจากงานวิจัยนี้มีระยะเวลาในการทำวิจัย



ภาพที่ 7 ปริมาณทองแดงที่พบในดินแต่ละจุดเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่กองทัพอากาศ

เพียง 4 เดือนจึงไม่ได้ศึกษาผลกระทบของสารคอปเปอร์ซัลเฟตต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในน้ำ

ข้อเสนอแนะ

จากการบำบัดสาหร่ายพิษในแหล่งน้ำของกองทัพอากาศควรมีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศเพื่อช่วยเพิ่มออกซิเจนแก่แหล่งน้ำให้ครบทุกจุดเก็บตัวอย่าง เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 คูระบายน้ำหลังบ้านพักเรือนแถวเขต 2 ซอย 5 ทางกองทัพอากาศไม่ได้ทำการติดตั้งเครื่องเติมอากาศจึงทำให้คุณภาพน้ำไม่ดีขึ้นหลังจากบำบัดด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟต รวมทั้งแหล่งน้ำดังกล่าวได้รับผลกระทบจากการปล่อยของเสียที่ปนเปื้อนลงในแหล่งน้ำตลอดเวลา ซึ่งส่งเสริมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่บ่งชี้คุณภาพน้ำไม่ดีชนิดอื่นๆ เพิ่มขึ้นอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้ควรมีการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำให้มีปริมาณลดลงก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งจะส่งผลให้การบำบัดสาหร่ายพิษด้วยสารคอปเปอร์ซัลเฟตมีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

จากการศึกษาผลกระทบของการใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟตในการกำจัดสาหร่ายพิษในแหล่งน้ำ พบว่าสารคอปเปอร์ซัลเฟตเหมาะสมสำหรับการบำบัดสาหร่ายพิษภายในระยะเวลาสั้นๆ ประมาณ 1-2 สัปดาห์ (Oliveira *et al*., 2004) ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุด เพื่อป้องกันการสะสมของธาตุโลหะหนักในน้ำและดิน และเพื่อให้การบำบัดสาหร่ายพิษในแหล่งน้ำมีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้นจึงควรทำการบำบัดสาหร่ายพิษควบคู่กับวิธีทางกายภาพและเคมีอื่นๆ เช่น การใช้เครื่องอัลตราโซนิค โดยพบว่าคลื่นความถี่ที่ 200 kHz สามารถกำจัดสาหร่ายพิษ*Microcystis* sp. และย่อยสลายสารพิษ Microcystin ได้ดีที่สุดในบ่อเลี้ยงปลา (Srisuksomwong *et al*., 2011) นอกจากนี้ การฉายรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) หรือการใช้โอโซนสามารถกำจัดสาหร่ายพิษได้ พบว่าประสิทธิภาพของใช้โอโซนปริมาณ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกำจัดสาหร่ายได้ถึง 93% ในแหล่งน้ำดิบของประเทศไต้หวัน (Chen *et at*., 2009) เป็นต้น ซึ่งวิธีดังกล่าวนอกจากสามารถกำจัดสาหร่ายพิษให้มีปริมาณลดลงได้แล้วยังสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำดังกล่าวให้ดีขึ้นได้ด้วย

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟตในการกำจัดสาหร่ายพิษในแหล่งน้ำของกองทัพอากาศ ดอนเมือง พบว่าสารคอปเปอร์ซัลเฟตมีประสิทธิภาพในการกำจัดสาหร่ายพิษ

ให้มีจำนวนลดลงได้จริง โดยจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 1 สระน้ำข้างตลาดโต้รุ่ง 2 พบสาหร่ายพิษทั้งหมด 5 ชนิด สามารถกำจัดสาหร่ายพิษให้หมดไปได้ทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, *Anabaena catenula* Kützing ex Bornet & Flahault, *Phormidium* sp.1 และ *Pseudanabaena limnetica* (Lemmermann) Komárek ส่วน *Oscillatoria limosa* var. *tenuis* Seckt มีจำนวนลดลงเหลือเพียง 500 หน่วยต่อมิลลิลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนทดสอบที่มีจำนวนหน่วยเท่ากับ 4,500 หน่วยต่อมิลลิลิตร จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 คูระบายน้ำหลังบ้านพักเรือนแถวเขต 2 ซอย 5 พบสาหร่ายพิษทั้งหมด 4 ชนิด สามารถกำจัดสาหร่ายพิษให้หมดไปได้ทั้งหมด 2 ชนิด ได้แก่ *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing และ *Phormidium* sp.1 ส่วนสาหร่ายพิษอีก 2 ชนิดมีจำนวนหน่วยลดลง ได้แก่ *Anabaena catenula* Kützing ex Bornet & Flahault พบจำนวนหน่วยเริ่มต้นเท่ากับ 500 หน่วยต่อมิลลิลิตร และหลังการทดสอบมีจำนวนลดลงเหลือเพียง 50 หน่วยต่อมิลลิลิตร ส่วน *Oscillatoria limosa* var. *tenuis* Seckt พบจำนวนหน่วยเริ่มต้นเท่ากับ 10,100 หน่วยต่อมิลลิลิตร และหลังการทดสอบมีจำนวนลดลงเหลือเพียง 50 หน่วยต่อมิลลิลิตร จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 3 คูระบายน้ำหน้าโรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย พบสาหร่ายพิษทั้งหมด 4 ชนิด สามารถกำจัดสาหร่ายพิษให้หมดไปได้ทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ *Oscillatoria limosa* var. *tenuis* Seckt, *Oscillatoria tenuis* var. *asiatica* Wille และ *Phormidium* sp.1 ส่วน *Anabaena catenula* Kützing ex Bornet & Flahault มีจำนวนหน่วยลดลงเหลือเพียง 33 หน่วยต่อมิลลิลิตร จากจำนวนหน่วยเริ่มต้น 317 หน่วยต่อมิลลิลิตร จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 4 คูระบายน้ำหน้าโรงกรองน้ำสโมสรประทวน พบสาหร่ายพิษทั้งหมด 2 ชนิด สามารถกำจัดสาหร่ายพิษให้หมดไปได้ทั้งหมด 2 ชนิด คือ *Pseudanabaena galeata* Böcher และ *Pseudanabaena* sp.1 และจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 5 คูระบายน้ำหน้าสโมสรประทวน พบสาหร่ายพิษทั้งหมด 2 ชนิด สามารถกำจัดสาหร่ายพิษให้หมดไปได้ 1 ชนิด คือ *Pseudanabaena* sp.1 ส่วน *Oscillatoria limosa* var. *tenuis* Seckt มีจำนวนหน่วยลดลงเหลือ 50 หน่วยต่อมิลลิลิตร จากจำนวนหน่วยเริ่มต้น 66.5 หน่วยต่อมิลลิลิตร จากการศึกษาผลกระทบของการใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟตในดิน พบว่าดินทั้ง 5 จุดเก็บตัวอย่างมีปริมาณธาตุเหล็ก แมงกานีส และทองแดงสะสมอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าคุณสมบัติทางเคมีทั่วไปของดินเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่งผลต่อระบบนิเวศทางน้ำและดิน ทำให้ไม่เหมาะสมในการนำดินไปใช้สำหรับการเกษตร การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ฯลฯ เมื่อพิจารณาตามมาตรฐานน้ำผิวดิน สามารถจัดคุณภาพน้ำของสระน้ำข้างตลาดโต้รุ่ง 2 คูระบายน้ำหน้าโรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย คูระบายน้ำหน้าโรงกรองน้ำสโมสรประทวน และคูระบายน้ำหน้าสโมสรประทวนอยู่ในประเภท 3-4 ส่วนคูระบายน้ำหลังบ้านพักเรือนแถวเขต 2 ซอย 5 จัดอยู่ในประเภทที่ 4

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณกรมช่างโยธาทหารอากาศ กองทัพอากาศ ดอนเมือง ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2544). *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาญณรงค์ แก้วเล็ก. (2532). *สหสัมพันธ์ของสารอาหารบางชนิดและการกระจายตัวของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง*. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. (2540). *หนังสือสารานุกรมธาตุ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

นันทนา คชเสนี. (2536). *คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8. (2537). เรื่อง กำหนดคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. (2537, 24 กุมภาพันธ์). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่มที่ 111 ตอนที่ 16ง.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25. (2547). เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน. (2547, 20 ตุลาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่มที่ 121 ตอนพิเศษ 119ง.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2548). เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด. (2548, 7 พฤศจิกายน). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง.

พนาวรรณ จิระวงษ์. (2533). *ความเป็นพิษของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อปลา แพลงก์ตอนพืช และแบคทีเรีย Aeromonas hydrophila*. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2542). *สาหร่าย (ALGAE) ตอน 1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีเขียว*. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2549). *สาหร่ายวิทยา (Phycology)*. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

APHA, AWWA & WPCF. (1992). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. (19th ed.). Washington D.C.: American Public Health Association.

Bartlay, T.R. (1976). *Investigations of Copper Sulfate for Aquatic Weed Control*. Colorado: Water Resources Technical Publication Environmental Science Section Engineering and Research Center.

Boyd, C.E. (1979). *Water Quality in Wormwater Fish Ponds*. Alabama: Craft Master Printers.

Carmona, D.M., Cano, F.A., & Arocena, J.M. (2009). Cadmium, copper, lead, and zinc in secondary sulfate minerals in soils of mined areas in Southeast Spain. *Geoderma, 150*, 150–157.

Chen, J.J, Yeh, H.H., & Tseng, I.C. (2009). Effect of ozone and permanganate on algae coagulation removal – Pilot and bench scale tests. *Chemosphere, 74*, 840–846.

Dawson, R.M. (1998). The toxicology of microcystins. *Toxincon, 36*(7), 953-963.

Fonseca, C.P., & Philomeno, M.G. (2004). Effects of Algicide (COPPER SULFATE) Application on short-term fluctuation of phytoplankton in lake paranoa. *Brazilian Journal of Biology, 64*(4), 819-826.

Gray, J.S., Wu, R.S., & Or, Y.Y. (2002). Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. *Marine Ecology Progress Series, 238*, 249-279.

Hadjoudjaa, S., Vignolesb, C., Deluchata, V., Lenaina, J.F., Jeunea, A. H., & Baudua, M. (2009). Short term copper toxicity on *Microcystis aeruginosa* and *Chlorella vulgarisusing* using flow cytometry. *Aquatic Toxicology, 94*, 255-264.

Lampert, W., & Sommer, U. (1993). *Limnoökologie*. Innsbruck: Institute of Botanik.

Lewis, S.D., & Lewis, W.M. (1971). The effect of zinc and copper on the osmolarity of blood serum of the channel catfish. *Transactions of the American Fisheries Society, 4*, 639-643.

Lorraine, L.J., & Vollenweider, R.A. (1981). *Summary report, the OECD cooperative programme on eutrophication*. Burlington: Nation Water Research Institute.

Oliveira, F.E., Lopes, R., & Paumgartten, F. (2004). Comparative studies on the susceptibility of freshwater species to copper-based pesticides. *Chemosphere, 56*, 369–374.

Scheffer, M., Rinaldi, S., Gragnani, A., Mur, L.R., & Nes, E. H. (1997). On the dominance of filamentous cyanobacteria in shallow, turbid lakes. *Ecology, 78*, 272–282.

Srisuksomwong, P., Whangchai, N., Yagita, Y., Okada, K., Peerapornpisal, Y., & Nomura, N. (2011). Effects of Ultrasonic Irradiation on Degradation of Microcystin in Fish Ponds. *International Journal of Agriculture and Biology, 11*, 67–70.

WHO. (1993). *Guidelines for Drinking-Water Quality*. Geneva: World Health Organization.