ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง

การใช้คอปเปอร์ซัลเฟตในการควบคุมสาหร่าย *Oscillatoria* sp.

Controlling *Oscillatoria* sp. by Coppersulfate

โดย

นาย ตะวัน รัตนวิภาค

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา _____

(อาจารย์สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์)

ภาควิชารับรองแล้ว

_____

(อาจารย์สมชาย หวังวิบูลย์กิจ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ 5 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2543

ปพ.
๓๒๕๘๑
2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้คอปเปอร์ซัลเฟตในการควบคุม *Oscillatoria* sp.

Using Coppersulfate to Control *Oscillatoria* sp.

การใส่คอปเปอร์ซัลเฟตในโหลที่มี *Oscillatoria* sp. 5 x 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตรที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) , 10 , 11 , 12 , 13 และ 14 ppm และตรวจดูลักษณะของเซลล์ ตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ระยะเวลา 1 , 3 , 6 , 24 , 48 , 72 และ 96 ชั่วโมง หลังใส่คอปเปอร์ซัลเฟตพบว่าในชั่วโมงที่ 6 ความเข้มข้นที่ 12 , 13 และ 14 ppm มีการตายของ *Oscillatoria* sp. 100 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 24 ความเข้มข้นที่ 10 และ 11 ppm มีการตายของ *Oscillatoria* sp. 100 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อครบ 96 ชั่วโมงลักษณะเซลล์ของ *Oscillatoria* sp. เปลี่ยนกลายเป็นสีเหลืองเมื่อมองจากลักษณะภายนอกเนื่องจากคลอโรฟิลล์ถูก Cu_2SO_4 ทำลาย และเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่า พบว่าเซลล์ของ *Oscillatoria* sp. เกิดการขาดเป็นท่อนสั้น ๆ จนไม่สามารถนับจำนวนเซลล์ได้

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าคอปเปอร์ซัลเฟตที่ความเข้มข้น 13 และ 14 ppm มีประสิทธิภาพในการกำจัด *Oscillatoria* sp. ได้ผลดีที่สุดแต่มีผลทำให้คุณภาพน้ำไม่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ และความเข้มข้นที่เหมาะสมในการลดปริมาณ *Oscillatoria* sp. คือ 10 ppm เนื่องจาก Nitrite และ Total ammonia มีค่าที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำเมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่น โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 30.7 องศาเซลเซียสในชั่วโมงที่ 6 ต่ำสุด 26.9 องศาเซลเซียสในชั่วโมงที่ 48 , pH สูงสุด 10.132 $\pm$ 0.017 ในชั่วโมงที่ 6 ค่าต่ำสุด 8.764 $\pm$ 0.121 ในชั่วโมงที่ 72 , Alkalinity สูงสุด 215.3 $\pm$ 21.6 mg/l ในชั่วโมงที่ 96 ค่าต่ำสุด 126.7 $\pm$ 5.8 mg/l ในชั่วโมงที่ 72 , Nitrite สูงสุด 0.573 $\pm$ 0.021 mg/l ในชั่วโมงที่ 1 ค่าต่ำสุด 0.051 $\pm$ 0.011 mg/l ในชั่วโมงที่ 96 , Total ammonia สูงสุด 0.596 $\pm$ 0.061 mg/l ในชั่วโมงที่ 24 ค่าต่ำสุด 0.055 $\pm$ 0.007 mg/l ในชั่วโมงที่ 1 และ Unionize ammonia สูงสุด 0.299 $\pm$ 0.041 mg/l ในชั่วโมงที่ 24 ค่าต่ำสุด 0.034 $\pm$ 0.005 mg/l ในชั่วโมงที่ 1

การใช้คอปเปอร์ซัลเฟตจะทำให้คุณภาพน้ำ pH มีแนวโน้มลดลง , ค่า Alkalinity มีแนวโน้มเพิ่ม , ค่าของ Nitrite มีแนวโน้มลดลงเนื่อง , ค่า Total ammonia มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Unionize ammonia มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จึงควรป้องกันโดยทำการถ่ายน้ำเมื่อคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ โดยที่คอปเปอร์ซัลเฟตทุกความเข้มข้นจะทำให้คุณภาพน้ำเกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำได้มากที่สุดในชั่วโมงที่ 24 เพราะมีค่าของแอมโมเนียสูงสุดในทุกความเข้มข้นเนื่องมาจากการตายของ *Oscillatoria* sp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษเล่มนี้ สามารถสำเร็จได้ด้วยความกรุณาของบุคคลหลายฝ่ายดังนี้ อ. สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง และตรวจแก้ไข อ. สมชาย หวังวิบูลย์กิจ ผู้ให้ความช่วยเหลือ ปรึกษาปัญหาด้านคุณภาพน้ำ ผู้เขียนจึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย ขอขอบคุณ นางสาวบุปผา จงพัฒน์ นักวิชาการภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง และ นายนิพนธ์ จิตตำนาน เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง ผู้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการทำการทดลอง ขอขอบคุณ นายชาญวิทย์ พายัพวัฒนวงษ์ , นายกิตติศักดิ์ สุกใส , นางสาวอัญชลี ศิริเกตุ , นางสาวจริยา ฐิติเวศ , นางสาวอุมาพร ศรีผุย , นางสาวกรรณิการ์ พวงเพชร , นางสาวชนิกา คงสวัสดิ์ และเพื่อน ๆ ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจตลอดมา

ปัญหาพิเศษนี้จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ หากขาดผู้สนับสนุนหลัก คือ บิดา มารดา ที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูมาตลอดจนทุกวันนี้และเป็นกำลังใจตลอดมาหวังว่าปัญหาพิเศษฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ และหากมีส่วนดีบ้างผู้เขียนขอมอบให้บุคคลที่ได้กล่าวมาทั้งหมด ส่วนความผิดพลาด ผู้เขียนขอรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

ตะวัน รัตนวิภาค

5 มิถุนายน 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

	หน้า
สารบาญ	(1)
สารบาญตาราง	(2)
สารบาญภาพ	(3)
คำนำ	1
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์	14
วิธีการ	15
ผลการทดลองและวิจารณ์	19
สรุป	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	ความแตกต่างทางสถิติของ pH	26
2.	ความแตกต่างทางสถิติของ Alkalinity	27
3	ความแตกต่างทางสถิติของ Nitrite	28
4	ความแตกต่างทางสถิติของ Total ammonia	29
5	ความแตกต่างทางสถิติของ Unionize ammonia	30

ตารางผนวกที่

1	ผลการทดลองที่ 0 ชั่วโมง	41
2	ผลการทดลองที่ 1 ชั่วโมง	42
3	ผลการทดลองที่ 3 ชั่วโมง	43
4	ผลการทดลองที่ 6 ชั่วโมง	44
5	ผลการทดลองที่ 24 ชั่วโมง	45
6	ผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง	46
7	ผลการทดลองที่ 72 ชั่วโมง	47
8	ผลการทดลองที่ 96 ชั่วโมง	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญภาพ

ภาพที่ หน้า

1. แสดงค่าของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชั่วโมง 23
2. แสดงค่าของ pH ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชั่วโมง 23
3. แสดงค่าของ Alkalinity ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชั่วโมง 24
4. แสดงค่าของ Nitrite ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชั่วโมง 24
5. แสดงค่าของ Total ammonia ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชั่วโมง 25
6. แสดงค่าของ Unionize ammonia ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชั่วโมง 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้คอปเปอร์ซัลเฟตในการควบคุม *Oscillatoria* sp.

Using Coppersulfate to Control *Oscillatoria* sp

คำนำ

การเลี้ยงสัตว์น้ำให้ได้ผลผลิตสูง สัตว์น้ำมีคุณภาพดี จะต้องมีการควบคุมจัดการการเลี้ยงให้มีประสิทธิภาพ ไม่มีปัญหาในด้านโรค อาหาร คุณภาพน้ำ ฯลฯ ซึ่งปัญหาต่าง ๆ จะต้องมีการควบคุมป้องกันอย่างถูกวิธี ปัญหาหนึ่งที่พบบ่อยในการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไปคือปัญหาการบลูมของแพลงก์ตอน ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาต่อสัตว์น้ำทั้งในด้านคุณภาพน้ำและคุณภาพของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะเมื่อพบว่ามีการบลูมของ *Oscillatoria* sp. มักจะพบว่าเนื้อของสัตว์น้ำจะมีกลิ่นเหม็นโคลนทำให้คุณภาพสัตว์น้ำลดลงไม่เป็นที่ต้องการของตลาดจึงส่งผลเสียต่อผู้เลี้ยง ในการป้องกันไม่ให้มีการบลูมของ *Oscillatoria* sp. เป็นวิธีที่ทำได้ยากเพราะมักมีเศษอาหารและสิ่งขับถ่ายจากสัตว์น้ำเหลือในแหล่งน้ำซึ่งจะทำการกำจัดได้ยากจึงทำให้มีการบลูมของ *Oscillatoria* sp. ได้ง่าย มีวิธีหนึ่งที่ค่อนข้างได้ผลคือการควบคุมหรือกำจัดไม่ให้ *Oscillatoria* sp. มีมากเกินไปโดยการใช้สารเคมี การใช้สารเคมี กำจัดแพลงก์ตอนพืชเริ่มแพร่หลายและนิยมใช้กันกันมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับการกำจัดแพลงก์ตอนพืชด้วยวิธีอื่น ๆ สารเคมีแต่ละชนิดที่ใช้กำจัดแพลงก์ตอนพืชมีคุณสมบัติแตกต่างกัน สารเคมีที่ควรใช้กำจัดแพลงก์ตอนพืชนั้นจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้คือ ปลอดภัยต่อผู้ใช้ สามารถกำจัดแพลงก์ตอนพืชได้ตามต้องการ ไม่เป็นอันตรายต่อปลาหรือสัตว์น้ำชนิดอื่นเมื่อใช้ตามความเข้มข้นที่กำหนด ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าไม่เป็นอันตรายร้ายแรงต่อระบบนิเวศน์แหล่งน้ำ ไม่เป็นอันตรายต่อคนหรือสัตว์เลี้ยงที่ใช้น้ำนั้นและควรมีราคาถูก การกำจัดแพลงก์ตอนพืชด้วยสารเคมีให้ผลดีหลายประการ เช่น สะดวกต่อการใช้ ครอบคลุมพื้นที่กว้างขวางในช่วงเวลาอันสั้นและในทุกลักษณะภูมิประเทศ ให้ผลในการกำจัดอย่างรวดเร็ว สามารถใช้เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตและแพร่กระจายของสาหร่ายที่สร้างขึ้นใหม่อย่างได้ผลอีกด้วย สาหร่ายประเภทจมอยู่ใต้ผิวน้ำการกำจัดจะทำได้โดยละลายตัวยาลงไปในน้ำโดยตรงซึ่งปริมาณที่ใช้จะมากหรือน้อยต้องคิดคำนวณจากพื้นที่ผิวน้ำ ปริมาณน้ำในส่วนที่ต้องการกำจัดแพลงก์ตอนพืช และความเข้มข้นของตัวยาที่ใช้กำจัดแพลงก์ตอนพืชนั้นอย่างมีประสิทธิภาพ โดยในการทดลองนี้ได้นำสารเคมี $CuSO_4$ มาทำการฆ่าแพลงก์ตอนพืชชนิด *Oscillatoria sp.* ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการกำจัดอย่างมีประสิทธิภาพรวมถึงผลกระทบที่มีต่อคุณภาพน้ำด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟตที่สามารถลดปริมาณ *Oscillatoria* sp. ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. เพื่อศึกษาค่าคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงหลังจากมีการใช้คอปเปอร์ซัลเฟตควบคุมปริมาณ *Oscillatoria* sp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปของ *Oscillatoria* sp.

แพลงก์ตอนสกุล *Oscillatoria sp.* ซึ่งมีการจัดอันดับทางอนุกรมวิธานดังนี้

Division Cyanophyta

Class Cyanophyceae

Order Nostocales

Family Oscillatoriaceae

Genus *Oscillatoria*

Oscillatoria sp. มีลักษณะเป็นเส้นสายที่อาจอยู่เดี่ยวๆหรืออยู่รวมกันเป็นกลุ่มหนาแน่น แต่ละเส้นสายไม่แตกแขนงลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกขนาดกว้างเท่ากันตลอดสาย โดยปกติแต่ละเซลล์มักมีขนาดกว้างมากกว่ายาว เซลล์ยอด (apical cell) มีลักษณะกลมมน อาจกว้างเท่ากับเซลล์อื่นๆในสายหรือเรียวเล็กลง ไม่มีซีทหุ้ม แต่อาจมีน้ำใสหุ้มอยู่ สามารถเคลื่อนไหวได้แบบถอยหน้าถอยหลัง หรือแกว่งซ้าย-ขวา ขยายพันธุ์โดยเกิดเซลล์ตายในสายและสร้างเซพาเรชันดิส (separation disc) เพื่อแบ่งทรัยโคมออกเป็นโฮโมโกนหรือโฮโมโกเนีย (hormogone/hormogonia) *Oscillatoria* sp.ขึ้นอยู่ในสภาพเป็นแพลงค์ตอนน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม หรืออาจขึ้นตามที่ชื้นแฉะทั่วไป (กาญจนภาชน์ , 2527)

Oscillatoria sp. จะทำให้เกิดกลิ่นโคลนขึ้นในสัตว์น้ำและการบลูมของมันทำให้เกิดผลเสียอย่างรุนแรงโดยที่การบลูมของ *Oscillatoria* sp. นี้จะทำให้น้ำในบ่อเลี้ยงเกิดสีเขียวเข้มอาจข้นหนืด ภายหลังการตายของแพลงก์ตอนกลุ่มนี้ยังก่อให้เกิดการเน่าอย่างรุนแรงและยังพบว่าเศษซากของแพลงก์ตอนที่ตายไปติดเหงือกของสัตว์น้ำรบกวนการแลกเปลี่ยนออกซิเจน ช่วงที่ฝนตกหนักอาจมีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำโดยเฉพาะค่า pH น้ำอาจลดลงได้ประกอบกับอุณหภูมิน้ำช่วงฝนตกจะมีค่าน้อยกว่าปกติทำให้สัตว์น้ำกินอาหารลดลง อาหารที่เหลือและแพลงก์ตอนที่ตายข้างต้นเป็นสาเหตุน้ำเน่าที่ก้นบ่อได้ผลผลิตเป็นก๊าซแอมโมเนียและ *Oscillatoria* sp. ก็มีความสามารถพิเศษในการตรึงสารประกอบไนโตรเจนได้ เช่น เปลี่ยนแอมโมเนียเป็นกรดอะมิโน (Aspatic acid , Glutamic acid) เพื่อใช้เป็นสารอาหารภายในเซลล์ *Oscillatoria* sp. จึงสามารถเจริญเติบโตได้ดีแม้

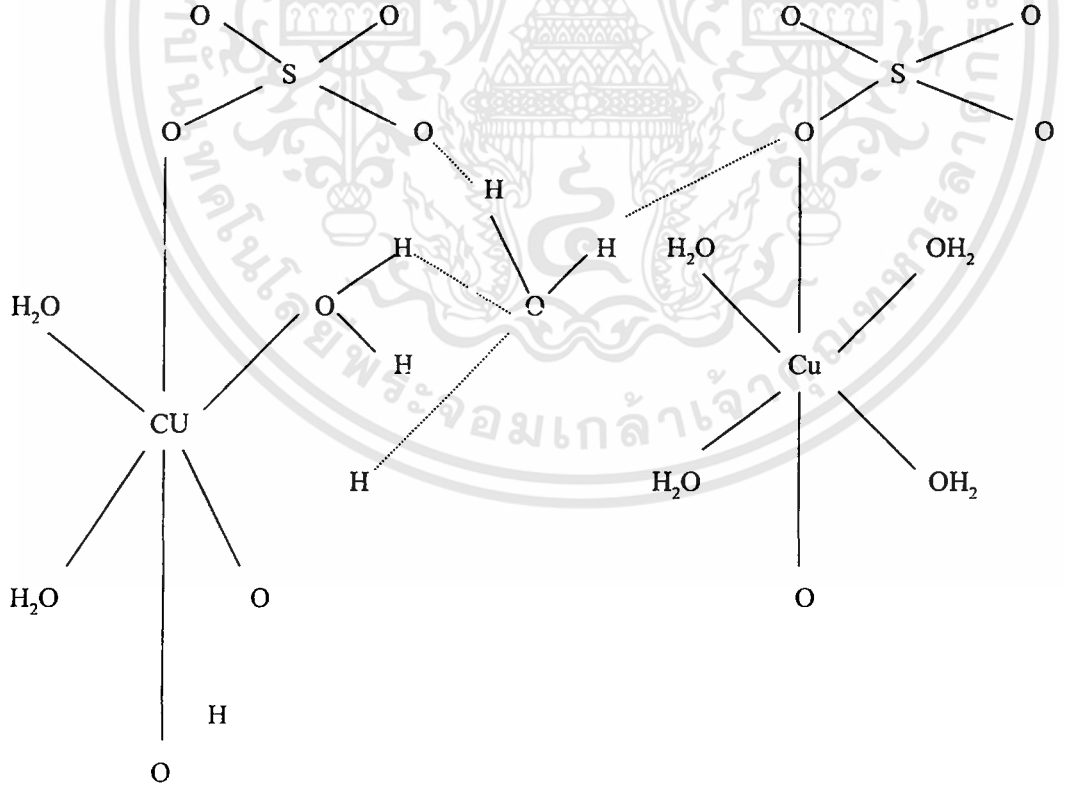
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาพบ่อเน่า และยังสามารถตรึงไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในฤดูฝนอีกด้วย (ฝ่ายวิชาการและพัฒนาผลิตภัณฑ์, 2542)

การศึกษาอันตรายจากการใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืชน้ำ ใช่แต่คำนึงถึงพิษของสารเคมีเพียงในขณะที่ใช้อยู่เท่านั้นจะต้องตระหนักถึงพิษของสารเคมีส่วนที่หลงเหลืออยู่ในแหล่งน้ำหลังจากการใช้แล้วด้วยว่าสารเคมีส่วนที่หลงเหลืออยู่ในแหล่งน้ำนั้นจะสูญหายหรือเสื่อมสภาพการมีพิษเมื่อใดและกินเวลานานเท่าใดอีกด้วย (ธีรพันธ์, 2518)

<u>คุณสมบัติของ copper sulfate</u>

Copper sulfate ในรูปปกติจะมีโมเลกุลของน้ำประกอบอยู่ด้วย 5 โมเลกุลมีชื่อภาษาไทยว่าจุนสี และมีชื่อสามัญหลายชื่อ ได้แก่ Blue stone , Blue Vitriol , Roman vitriol , Trielinie crystals สูตรทางเคมีคือ $CuSO_4 . 5H_2O$ น้ำหนักโมเลกุล 249.5 มีสูตรโครงสร้างดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอปเปอร์ซัลเฟตมีลักษณะเป็นผลึกสีฟ้า สามารถระเหยเป็นไอในอากาศได้อย่างช้า ๆ จำนวนโมเลกุลของน้ำที่ประกอบอยู่ในโมเลกุลของคอปเปอร์ซัลเฟตจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยน้ำจะลดลง 2 โมเลกุล ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และจะลดลงอีก 2 โมเลกุล ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ซึ่งจะกลายเป็นผลึกสีขาวที่เรียกว่า white or greenish white monohydrate เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 250 องศาเซลเซียส โมเลกุลของน้ำจะหมดไปและเรียกคอปเปอร์ซัลเฟตในรูปนี้ว่า anhydrous ที่อุณหภูมิ 340 องศาเซลเซียส คอปเปอร์ซัลเฟตจะอยู่ในรูป basic sulfate ($CuSO_4$. CuO) และจะเป็นคอปเปอร์ออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียสขึ้นไป คอปเปอร์ซัลเฟตสามารถละลายในน้ำ เมธิลแอลกอฮอล์ และกลีเซอรอลได้ แต่จะละลายในเอธิลแอลกอฮอล์ได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยทั่วไปเมื่อคอปเปอร์ซัลเฟตละลายน้ำจะมีสภาพเป็นกรด (Shell and Ettre , 1970 อ้างโดย พนาวรรณ, 2533)

คอปเปอร์ (copper) เป็นตัวยับยั้งทั้งกระบวนการหายใจและกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่าย (algae) แต่จะมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมากกว่า (Boyd, 1990 อ้างโดย จามรี, 2540) สารกลุ่มคอปเปอร์ที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิด คือ คอปเปอร์ซัลเฟต และ คอปเปอร์คีเลท (copper chelate) ซึ่งสารประกอบคอปเปอร์คีเลทคือ สารละลายคอปเปอร์ในสารคีเลท ซึ่งได้แก่พวก alkanolamine คือมี alkyl group อย่างน้อย 1 group แต่สารคีเลทมักเป็น triethanolamine สารประกอบคอปเปอร์คีเลทมีคอปเปอร์ 9 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักขึ้นไป สารคีเลทจะช่วยให้สัตว์น้ำไม่ดูดซึมคอปเปอร์เข้าไปในร่างกาย คอปเปอร์จะมีพิษต่อปลา เนื่องจากทำให้ความเข้มข้นของเกลือใน blood serum ลดลงโดยที่การเปลี่ยนแปลงในเลือดนี้ จะทำให้ปลาอ่อนแอและตายลงได้ (Lewis และ Lewis, 1971 อ้างโดย จามรี, 2540)

คอปเปอร์คีเลททางการค้า คือ Cutrine (Boyd, 1990) ซึ่งเป็นสารประกอบของ copper triethanolamine ในน้ำมีคอปเปอร์ 7.1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแนะนำให้ใช้ความเข้มข้น 0.2 ppm ในการควบคุมปริมาณแพลงค์ตอน คอปเปอร์คีเลทมีราคาแพงกว่าคอปเปอร์ซัลเฟต แต่ก็มีประสิทธิภาพดีกว่าและใช้ในสภาพแวดล้อมได้ในระยะความเข้มข้นที่กว้างกว่า (จามรี, 2540)

<u>การใช้คอปเปอร์ซัลเฟตในการป้องกันและกำจัดโรคสัตว์น้ำ</u>

คอปเปอร์ซัลเฟตสามารถใช้ในการรักษาโรค Columnaris ซึ่งเกิดมาจากเชื้อแบคทีเรีย *Flexibacter columnaris* ในปลาได้ (Herwig, 1979) และสามารถกำจัดเชื้อราจำพวก *Branchiomyces sanyuinis*, *B. demigrans* และ *Saprolegnia* sp. ได้ โดยเฉพาะ *Saprolegnia* sp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นคอปเปอร์ซัลเฟตสามารถฆ่าและทำลายสปอร์ของราชนิดนี้ได้ แต่ต้องใช้ในน้ำที่มีความเป็นด่างมากกว่า 60 ppm (Brown และ Gratcek, 1980 อ้างโดย พนาวรรณ, 2533)

การใช้คอปเปอร์ซัลเฟตในการกำจัดปรสิตของปลา จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของน้ำ โดยเฉพาะความกระด้าง โดยทั่วไปนิยมใช้ 1 - 2 ppm ในการกำจัดปรสิตภายนอกแต่จะต้อง พิจารณาถึงชนิดของปลาและชนิดของปรสิตด้วย โดยเฉพาะพบว่าคอปเปอร์ซัลเฟต 500 ppm. ไม่มีผลต่อการกำจัด *Myxosoma* ในเวลา 14 วัน ในขณะที่คอปเปอร์ซัลเฟต 0.3 ppm มีพิษต่อปลาทะเล อย่างมาก (Herwig ,1979 อ้างโดย พนาวรรณ, 2533)

<u>คุณสมบัติของน้ำที่มีผลต่อความเป็นพิษของคอปเปอร์ซัลเฟต</u>

1. <u>ความเป็นกรด-ด่าง (pH)</u>

ในน้ำมีความเป็นกรดเป็นด่างต่ำ พิษของคอปเปอร์ซัลเฟตจะมีมากกว่าในน้ำที่มี ความเป็นกรด เป็นด่างสูง เนื่องจากในสภาพที่น้ำมีความเป็นกรด เป็นด่างสูงจะทำให้คอปเปอร์ซัลเฟตตกตะกอน (Phelps, 1975)

2. <u>ความกระด้าง (Hardness)</u>

การเพิ่มความกระด้างในแหล่งน้ำมีผลทำให้ความเป็นพิษของคอปเปอร์ซัลเฟตลดลง (Alabaster, 1980) ในน้ำที่มีความกระด้างมากๆ จะมีปริมาณแคลเซียมมาก ซึ่งจะมีผลทำให้การแพร่ของโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายปลาช้าลง รวมทั้งทำให้การแพร่ออกของเกลือในร่างกาย (Na^{+}และ Cl^{-}) ช้าลงด้วย (Frerichs และคณะ, 1985) นอกจากนี้แคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมไบคาร์บอเนต ยังมีผลทำให้คอปเปอร์ไอออน (Cu^{++}) ตกตะกอนเป็นคอปเปอร์คาร์บอเนตในเวลา 1 ชั่วโมงด้วย (Trama, 1954 อ้างตาม Phelps, 1975 อ้างโดย พนาวรรณ , 2533)

3. <u>อุณหภูมิ (Temperature)</u>

อุณหภูมิมีผลต่อความเป็นพิษของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อปลาทางอ้อม คือ เมื่ออุณหภูมิสูงจะทำให้ออกซิเจนที่ละลายน้ำได้น้อยลง ทำให้ปลาต้องหายใจมากขึ้น เพื่อจะได้รับออกซิเจนใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณที่ต้องการจึงทำให้ปลามีโอกาสได้รับคอปเปอร์ซัลเฟตเข้าสู่ร่างกายได้เร็วขึ้น (Frerichs และคณะ, 1985; Miller และ Mackay, 1979 อ้างโดย พนาวรรณ , 2533)

4. อินทรีย์สารและสารแขวนลอยในน้ำ

อินทรีย์สารบางตัวมีผลทำให้พิษของคอปเปอร์ซัลเฟตลดลง โดยการที่อินทรีย์สารเหล่านั้นจะรวมตัวกับคอปเปอร์ไอออนเกิดเป็นสารประกอบออกาไนคอปเปอร์ซัลเฟตในแหล่งน้ำธรรมชาติมีค่าน้อยกว่าน้ำในห้องทดลอง (Alabaster, 1980 และ Grande, 1967 อ้างตาม Alabaster, 1980 อ้างโดย พนาวรรณ, 2533)

ผลของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อคุณสมบัติของน้ำ พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในถังที่เติมคอปเปอร์ซัลเฟต 1.0 และ 2.0 ppm จะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับถังที่ไม่ได้เติมคอปเปอร์ซัลเฟต หลังจาก 72 ชั่วโมงผ่านไปแล้ว ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในถังที่เติมคอปเปอร์ซัลเฟตจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระทั้งในถังที่เติมและไม่เติมคอปเปอร์ซัลเฟต มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวันแต่พบว่าในถังที่ไม่ได้เติมคอปเปอร์ซัลเฟตมีการเปลี่ยนแปลงในอัตราที่มากกว่าถังที่เติมคอปเปอร์ซัลเฟต

สำหรับอุณหภูมิและความเป็นกรดเป็นด่าง ทั้งในถังที่เติมและไม่เติมคอปเปอร์ซัลเฟต มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของแต่ละวัน โดยทั้งอุณหภูมิและความเป็นกรดเป็นด่างจะมีค่าสูงในช่วงกลางวัน และมีความเป็นกรดเป็นด่างลดลงในช่วงกลางคืน ค่าความเป็นด่างและความกระด้างของน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเล็กน้อย ทั้งในถังที่เติมและไม่เติมคอปเปอร์ซัลเฟต

ความเป็นพิษของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อปลา

1. ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน

ความเป็นพิษของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อปลาจะอยู่ในช่วงกว้าง คือ ระหว่าง 0.5 – 160 ppm. วรวิทย์ และ คณะ (2527) อ้างถึง Ellis (1937) ว่าคอปเปอร์ซัลเฟตเป็นอันตรายต่อระบบหายใจของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลาโดยจะเข้าไปแทนที่ช่องว่างในเหงือก (gill filament) ทำให้น้ำผ่านช่องเหงือกไปไม่ถึงซี่เหงือก นอกจากนั้น คอปเปอร์ไอออน (Cu^{++}) ยังเข้าแทนที่ช่องว่างระหว่างกิ่งเหงือก (gill lamellae) ซึ่งจะทำให้ซี่เหงือกหมดการเคลื่อนไหว พร้อมกันนั้นระบบหมุนเวียนของเลือดจะหยุดลงด้วย หลังจากนั้นปลาจะตายเนื่องจากเกิดการล้มเหลวของหัวใจ

Lewis และ Lewis (1971) รายงานว่าโลหะหนักรวมทั้งคอปเปอร์มีพิษต่อปลาเนื่องจากจะทำให้ความเข้มข้นของเกลือใน blood serum ลดลงโดยที่การเปลี่ยนแปลงในเลือดนี้จะทำให้ปลาอ่อนแอและตายได้

นอกจากคอปเปอร์ซัลเฟตจะตกค้างในเหงือกแล้ว ยังพบว่าคอปเปอร์ซัลเฟตบางส่วนจะไปชะงักการทำงานของเอมไซม์ในลำไส้ และมีผลต่อระบบเลือด ทำให้ฮีมาโตคริทและความเข้มข้นของฮีโมโกลบินเพิ่มขึ้นมากโดยที่โปรตีนในเลือด (plasma protein) และการทำงานของฮีโมโกลบินไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก (วรวิทย์ และ คณะ,2527) ผลของคอปเปอร์ซัลเฟตเหล่านี้อาจทำให้ปลาเกิดอาการเครียดเมื่อปลาสัมผัสหรือได้รับคอปเปอร์ซัลเฟตในเวลานาน

2. <u>พิษเรื้อรัง</u>

เมื่อปลาสัมผัสหรือได้รับคอปเปอร์ซัลเฟตในระดับความเข้มข้นที่ไม่ทำให้ปลาตาย (sublethal dose) เป็นเวลานานจะเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีระหรือทางพฤติกรรมบางอย่าง (วรวิทย์ และ คณะ, 2527) แม้ว่าคอปเปอร์จะเป็นธาตุที่จำเป็นต่อสัตว์โดยสัตว์สามารถนำไปใช้ในการสังเคราะห์ฮีโมโกลบิน กระดูก และเป็นส่วนประกอบของ myelin ในระบบประสาท รวมทั้งเป็นส่วนประกอบสำคัญของ key melloenzyme แต่ถ้าสัตว์ได้รับในปริมาณที่ไม่เหมาะสมกับความต้องการ จะทำให้เกิดผลเสียต่อสัตว์เหล่านั้น

เมื่อผสมคอปเปอร์ 4 , 16 และ 32 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ให้ปลา channel catfish กินเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของปลาที่ให้กินอาหารผสมคอปเปอร์ 16 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม น้อยกว่าปลาที่กินคอปเปอร์ 4 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าปลากลุ่มที่กินอาหารผสมคอปเปอร์ 32 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นเวลานาน 16 สัปดาห์ มีปริมาณฮีมาโตคริท และจำนวนเม็ดเลือดแดงน้อยกว่าปลากลุ่มที่กินอาหารผสมคอปเปอร์ 4 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมอย่างมีนัยสำคัญ (Murai และ คณะ , 1981 อ้างโดย พนาวรรณ , 2533)

Jang chudjai (1980) อ้างถึงการศึกษาของ Hidaba (1970) ว่าเมื่อปลาได้สัมผัสกับคอปเปอร์ซัลเฟตจะทำให้การตอบสนองต่อการรับรส (taste receptor) ลดลงทำให้ปลากินอาหารน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mound (1968) อ้างตาม Boyd (1979) ซึ่งได้ทดลองนำปลา fathead minnows มาเลี้ยงและให้สัมผัสกับคอปเปอร์ซัลเฟตความเข้มข้น 0.033 ppm ในน้ำที่ค่าความเป็นด่าง 161 ppm เป็นเวลา 11 เดือน (ค่า 96 ชั่วโมง LC_{50} ของปลา fathead minnows ต่อคอปเปอร์ซัลเฟตในน้ำที่มีระดับความเป็นด่าง 161 ppm เท่ากับ 0.45 ppm) พบว่าปลากลุ่มนี้ไม่สามารถวางไข่ได้

3. ผลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อ

เหงือกของปลาตะเพียนขาวที่ได้รับการสัมผัสสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต ที่มีความเข้มข้น 0.5-1.0 ppm ในน้ำนิ่งเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน พบว่ามีอนุภาคของทองแดงเกาะติดที่เซลล์บุผิวของเหงือก และภายในเซลล์บุผิวของเหงือก และภายในเซลล์ด้านนอกของเหงือกนั้นยังมี inclusion เกิดขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่ามีการตายของคลอไรด์เซลล์ (chloride cell) รวมทั้งพบว่ากิ่งเหงือกอัดตัวกันแน่น (ประมาณ , 2524)

พนาวรรณ (2533) ทำการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อปลาไนและปลานิลในสภาพที่มีความเป็นกรดเป็นด่างต่างกันพบว่าความเป็นพิษของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อปลาไนและปลานิล ในสภาพน้ำที่มีความเป็นกรดเป็นด่างต่างกัน มีผลคือทำให้ปลาทั้ง 2 ชนิด มีเปอร์เซ็นต์การตายสูงใน 24 ชั่วโมงแรก หลังจากนั้นจำนวนปลาตายจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนสิ้นสุดการทดลองคือ 96 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การตายของปลาทั้ง 2 ชนิด จะมีค่าเพิ่มขึ้น จากระดับของคอปเปอร์ซัลเฟตมากตามระดับ ค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง จะได้ว่าค่าของปลาไนเท่ากับ 0.115 , 0.17 และ 0.27 ppm ปลานิลเท่ากับ 12.5 , 16.5 และ 21.0 ppm ที่ความเป็นกรดเป็นด่าง 6.30-6.55 , 7.457.60 และ 8.40-8.55 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความเป็นพิษของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อปลาไนและปลา-นิลพบว่าสภาพน้ำที่มีความเป็นกรดเป็นด่างต่างกันจะไม่มีผลทำให้ปลาตายแตกต่างกัน

ในสภาพน้ำที่มีระดับความกระด้างต่างกันพบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของปลาทั้ง 2 ชนิด มีค่าสูงใน 24 ชั่วโมงแรก หลังจาก 24 ชั่วโมงผ่านไปแล้วเปอร์เซ็นต์การตายจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การตายของปลาทั้ง 2 ชนิด จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความเข้มข้นของระดับคอปเปอร์ซัลเฟตเพิ่มขึ้น ค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมงของปลาไนเท่ากับ 0.24 , 0.60 และ 1.75 ppm ปลานิลเท่ากับ 19.0 , 24.5 และ 29.5 ppm ที่ระดับความกระด้าง 46-54 , 150-168 และ 220-250 ppm ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบความเป็นพิษของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อปลาไนแล้วพบว่าสภาพน้ำที่มีระดับความกระด้าง 46-50 ppm คอปเปอร์ซัลเฟตเป็นพิษมากกว่าในสภาพน้ำที่มีระดับความกระด้าง 158-160 และ 245-250 ppm คือมีความเป็นพิษมากกว่า 1.88-4.55 เท่า ส่วนความเป็นพิษของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อปลานิลไม่มีความแตกต่างกันในสภาพน้ำที่มีระดับความกระด้างต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะอาการของปลาเมื่อสัมผัสกับคอปเปอร์ซัลเฟตพบว่าปลาในโหลการทดลองที่มีระดับความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟตสูง จะแสดงอาการกระวนกระวาย ว่ายน้ำไปมาและขึ้นลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งแผ่นกระดูกปิดเหงือกจะเคลื่อนไหวปิดเปิดอย่างรวดเร็ว ต่อมาปลาจะสูญเสียการทรงตัว และตายอยู่ก้นโหล หลังจาก 24 ชั่วโมงแรกผ่านไป ปลาส่วนใหญ่ที่ยังมีชีวิตอยู่จะไม่ค่อยเคลื่อนไหว มีการลอยตัวนิ่งอยู่กับที่ ตามลำตัวและบริเวณเหงือกจะมีตะกอนสีฟ้าติดอยู่ทั่วไป ปลาที่ตายหลังจากสัมผัสกับคอปเปอร์ซัลเฟต 24 ชั่วโมง มีการพบตะกอนสีฟ้าอุดอยู่บริเวณเหงือก และลำตัวจำนวนมาก

การเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อปลาไนได้รับ Cu_2SO_4 พบว่าเหงือกบางส่วนมีอาการบวมน้ำ (edema) เกิด inclusion ในเซลล์ของซี่เหงือก และพบว่าปลาบางตัวมีการเพิ่มจำนวนเซลล์ที่ฐานของกิ่งเหงือก ทำให้ฐานของกิ่งเหงือกเชื่อมกัน (hyperplasia)

$CuSO_4$ ความ เข้มข้น 0.03 มิลลิกรัม - ทองแดงต่อลิตร ฆ่าลูกปลา stickle back ภายในเวลา 160 ชั่วโมง และเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัม - ทองแดงต่อลิตร ฆ่าลูกปลา Blue gill ภายในเวลา 96 ชั่วโมง และเข้มข้น 1.0 มลลิกรัม - ทองแดงต่อลิตร ฆ่าปลา Broom trout ภายในเวลา 80 ชั่วโมง อาการของปลาที่ถูกพิษโลหะหนักทางกายมีอาการคล้ายคลึงกัน ไม่ว่าจะเป็นโลหะหนักมาก ปรอท ทองแดง สังกะสี แคดเมียม หรือตะกั่ว อาการโดยทั่วไปคือหายใจติดขัดเพราะเหงือกถูกทำลาย ออกซิเจนจึงไม่เพียงพอตามร่างกายมีแผ่นบางๆ ปกคลุม และตะกอนของเมือกจะคลุมอยู่ภายในกระพุ้งแก้มด้วย สันนิษฐานว่าอนุมูลของโลหะหนักไปทำปฏิกิริยากับเมือกที่อยู่ตามเหงือกและผิวหนัง เมื่อร่างกายและเหงือกปราศจากเมือกทำให้เกิด fiction เวลาว่ายน้ำ และเกิดการเสียดสีของเหงือก ทำให้เซลล์บางๆ ที่คลุมอยู่ตามเหงือกหลุดไป เหงือกจึงมีสีแดงจัด สรุปว่า ตะกอนของ $CuSO_4$ เข้าไปทำลายอวัยวะหายใจ โดยเข้าไปแทรกอยู่ตามซี่เหงือก (gill filament) และ gill lamellae ตะกอนของ $CuSO_4$ นี้จึงกั้นไม่ให้น้ำไหลผ่าน branchial chamber ไปถึง gill filament ทำให้ gill filament เคลื่อนไหวไม่สะดวก ทำให้เลือดที่ไหลเวียนผ่านหัวใจ ไปสู่หัวได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ การหายใจจึงติดขัด และหายใจช้าลงเรื่อยๆ ในที่สุดปลาจะตาย (Jone, 1964 อ้างโดย จารุวรรณ, 2523)

<u>ความเป็นพิษของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อวัชพืชและสาหร่าย</u>

คอปเปอร์ซัลเฟตเมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวเป็น Cu^{++} (cupric ion) ซึ่ง Cu^{++} จะมีผลต่อขบวนการหายใจและการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย (Boyd, 1975 อ้างโดย พนาวรรณ , 2533)โดย Cu^{++} 63.5 มิลลิกรัมต่อลิตรจะสามารถหยุดการสังเคราะห์แสงของ *Chlorella* ได้ใน 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอปเปอร์ซัลเฟตสามารถรวมตัวกับโปรตีนและส่วนประกอบอื่นอื่นของสาหร่ายเป็นสารประกอบหนักที่ไม่ละลายน้ำซึ่งผลสุดท้ายสารประกอบเหล่านั้นจะจมลงสู่พื้นน้ำทำให้สาหร่ายตาย (วรวิทย์ และ คณะ, 2527) ด้วยเหตุนี้คอปเปอร์ซัลเฟตจึงถูกนำมาใช้ในการกำจัดวัชพืชและสาหร่ายกันอย่างกว้างขวางคอปเปอร์ซัลเฟตจะมีผลในการควบคุมสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่ขึ้นอยู่อย่างแน่นหนาได้ดีโดยเฉพาะ *Microcystis* และ *Anabaena* (Brown และ Gratzex , 1980 อ้างโดย พนา วรรณ , 2533)

คอปเปอร์ซัลเฟต 0.3-0.5 ppm จะสามารถกำจัดสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว และสาหร่ายสีเขียวได้ส่วนในน้ำกระด้างจะต้องใช้คอปเปอร์ซัลเฟตในระดับความเข้มข้นถึง 1.0 ppm (ธีรพันธ์ , 2518)

ผลของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อแพลงค์ตอนพืชพบว่าที่ความเข้ม 1.0 และ 2.0 ppm มีผลทำให้ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในถังไฟเบอร์กลาสลดลง โดยที่ความเข้มข้น 1.0 ppm ปริมาณแพลงก์ตอนพืชลดลง ในอัตราที่น้อยกว่าความเข้มข้น 2.0 ppm และเมื่อเวลาผ่านไปถึง 54 ชั่วโมง ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในถังที่เติมคอปเปอร์ซัลเฟต 2.0 ppm จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ส่วนในถังที่เติมคอปเปอร์ซัลเฟต 1.0 ppm ปริมาณแพลงก์ตอนพืชจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลา 54 ชั่วโมงไปแล้ว

<u>ผลของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อแพลงก์ตอนพืชชนิด *Chaetoceros calcitrans*</u>

คอปเปอร์ซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้น 0.10 ppm ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ของ *C. calcitrans* ลดลงจนถึงระยะเวลา 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0.35 และ 1.20 ppm มีผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ของ *C. calcitrans* ลดต่ำลงเล็กน้อยตั้งแต่ 48 ชั่วโมง และที่ความเข้มข้น 4.16 ppm มีผลทำให้การเจริญเติบโตจำนวนเซลล์ของ *C. calcitrans* ลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่เวลา 48 ชั่วโมง และที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด คือ 50.00 pmm มีผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ของ *C. calcitrans* ลดต่ำลงเรื่อยๆ ที่ 96 ชั่วโมง โดยผลกระทบของคอปเปอร์ซัลเฟตที่ทำให้ *C. calcitrams* ลดการเจร์ญเติบโตลงครึ่งหนึ่ง (EC_{50}) ที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1.50 ppm

<u>ผลของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อแพลงค์ตอนพืชสกุล *Chlorella* sp.</u>

คอปเปอร์ซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้น 0.10 ppm ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ของ *Chlorella* sp. ลดลงที่เวลา 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0.38 , 1.45 และ 5.52 ppm มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ของ *Chlorella* sp. ลดต่ำลงเล็กน้อย ตั้งแต่เวลา 48 ชั่วโมง และที่ความเข้มข้น 21.01 ppm มีผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ของ *Chlorella* sp. ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ตั้งแต่เวลา 72 ชั่วโมง และที่ระดับความเข้มข้นสูงสุดคือ 80.00 ppm มีผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ของ *Chlorella* sp. ลดต่ำลงเรื่อยๆ ที่ 96 ชั่วโมง โดยค่าผลกระทบของคอปเปอร์ซัลเฟตที่ทำให้ *Chlorella* sp. ลดการเจริญเติบโตครึ่งหนึ่ง (EC_{50}) ที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1.70 ppm

ผลของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อแพลงก์ตอนพืชสกุล *Oscillatoria sp.* ในน้ำเค็ม

คอปเปอร์ซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้น 0.25 ppm.ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ของ *Oscillatoria* sp. ลดต่ำลงที่เวลา 96 ชั่วโมง และที่ระดับความเข้มข้น 0.69, 1.90 และ 5.25 ppm มีผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ของ *Oscillatoria* sp. ลดต่ำลงเล็กน้อยตั้งแต่เวลา 48 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 14.49 ppm มีผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจำนวนเซลล์ของ *Oscillatoria* sp. ลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดเจนตั้งแต่เวลา 48 ชั่วโมง และที่ระดับความเข้มข้นสูงสุดคือ 40.00 ppm มีผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ของ *Oscillatoria* sp. ลดต่ำลงเรื่อยๆ จนที่ 96 ชั่วโมง โดยค่าผลกระทบของคอปเปอร์ซัลเฟตที่ทำให้ *Oscillatoria* sp. ลดการเจริญเติบโตลงครึ่งหนึ่ง (EC_{50}) ที่ 96 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 1.45 ppm

ผลของ คอปเปอร์ซัลเฟตต่อแพลงก์ตอนสัตว์

คอปเปอร์ซัลเฟตความเข้มข้น 0.50 ppm ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ของ *B. rotundiformis* ลดลงที่ 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 1.25 ppm มีผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ของ *B. rotundiformis* ลดต่ำลงเล็กน้อย 1 ชั่วโมงหลังจากเติมสาร ที่ระดับความเข้มข้น 3.14, 7.89 และ 19.81 ppm มีผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ของ *B. rotundiformis* ลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดที่ 3 ชั่วโมงหลังเติมสาร และที่ระดับความเข้มข้นสูงสุดคือ 50.00 ppm มีผลทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ของ *B. rotundiformis* ลดลงเรื่อยๆ จนถึง 96 ชั่วโมงโดยค่าผลกระทบของคอปเปอร์ซัลเฟตที่ทำให้ *B. rotundiformis* ลดการเจริญเติบโตลงครึ่งหนึ่งชุด (EC_{50}) ที่ 96 ชั่ว-โมง มีค่าเท่ากับ 4.7 ppm (จามรี, 2540)

ความเป็นพิษของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อแบคทีเรีย *Aeromonas hydrophila*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอปเปอร์ซัลเฟตความเข้มข้น 0.5 , 1.0 และ 2.0 ppm มีความเป็นพิษต่อแบคทีเรีย *A. hydrophila* โดยทั้ง 3 ระดับสามารถฆ่า *A. hydrophila* ในน้ำเกลือ 0.85 เปอร์เซ็นต์ ได้เกิน 90 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเปอร์เซ็นต์ของแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในทุกระดับความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟตในเวลา 24 ชั่วโมง คอปเปอร์ซัลเฟตเข้มข้น 0.5 ppm สามารถฆ่าแบคทีเรียได้ 99.82% ความเข้มข้น 1.0 ppm สามารถฆ่าแบคทีเรียได้ 99.99% ในเวลา 8 ชั่วโมง และที่ความเข้มข้น 2.0 ppm สามารถฆ่าแบคทีเรียได้ 99.99% ในเวลาเพียง 4 ชั่วโมง และฆ่าได้หมดภายในเวลาไม่ถึง 8 ชั่วโมง สำหรับแบคทีเรียในกลุ่มควบคุมจะค่อยๆ ลดลงตามเวลาที่เกิดขึ้น โดยมีเปอร์เซ็นต์การตาย 68.10% เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง (พนาวรรณ, 2533)

สารละลาย $CuSO_4$ เข้มข้น 4 มิลลิกรัม - ทองแดงต่อลิตร จะฆ่าปลา *Funulus heteroclitus* ภายใน 10 ชั่วโมง ในน้ำประปา และ $CuSO_4$ จะไม่ตกตะกอนในน้ำที่ฤทธิ์เป็นกรด และในน้ำกลั่นส่วนในน้ำที่มีฤทธิ์เป็นด่างจะตกตะกอนมาก (Doudoroff และ Kate, 1951 อ้างโดย จารุวรรณ, 2523)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์ขนาด 100 ml , 200 ml และ 1000 ml
2. Volumetric flask 500 ml
3. สไลด์นับเซลล์เม็ดเลือด Hemocytocrit
4. Flask ขนาด 125 ml
5. Volumetric pipete ขนาด 0.5 ml , 1 ml และ 2 ml
6. pH meter
7. เครื่องกรอง และกระดาษกรอง Wattman เบอร์ 2
8. Burette และขาตั้ง
9. Cylinder ขนาด 25 ml และ 50 ml
10. น้ำกลั่น
11. เครื่องวัดความเข้มแสง
12. Spectrophotometer
13. อุปกรณ์ให้อากาศ
14. *Oscillatoria sp.* และอาหารเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช
15. Phenol reagent
16. $Na_2S_2O_3$
17. Oxidizing reagent
18. Hypochlolite
19. NNED solution
20. Sulphanilamine solution
21. Buffer solution
22. Phenolphthalein
23. Methyl orange
24. H_2SO_4
25. Cu_2SO_4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

1. <u>แผนการทดลอง</u>

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด หรือ CRD (Completely Randomized Design) **โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 6 ทรีตเมนต์ ในแต่ละทรีตเมนต์มี 3 ซ้ำดังนี้**

ทรีตเมนต์ที่ 1 *Oscillatoria* sp. $5x10^5$ **เซลล์ต่อมิลลิลิตร**

ทรีตเมนต์ที่ 2 *Oscillatoria* sp. $5x10^5$ **เซลล์ต่อมิลลิลิตรใส่คอปเปอร์ซัลเฟตที่ความเข้มข้น** 10 ppm

ทรีตเมนต์ที่ 3 *Oscillatoria* sp. $5x10^5$ **เซลล์ต่อมิลลิลิตรใส่คอปเปอร์ซัลเฟตที่ความเข้มข้น** 11ppm

ทรีตเมนต์ที่ 4 *Oscillatoria* sp. $5x10^5$ **เซลล์ต่อมิลลิลิตรใส่คอปเปอร์ซัลเฟตที่ความเข้มข้น** 12 ppm

ทรีตเมนต์ที่ 5 *Oscillatoria* sp. $5x10^5$ **เซลล์ต่อมิลลิลิตรใส่คอปเปอร์ซัลเฟตที่ความเข้มข้น** 13 ppm

ทรีตเมนต์ที่ 6 *Oscillatoria* sp. $5x10^5$ **เซลล์ต่อมิลลิลิตรใส่คอปเปอร์ซัลเฟตที่ความเข้มข้น** 14 ppm

และวิเคราะห์ข้อมูลจาก เปอร์เซ็นต์เซลล์ของแพลงก์ตอน *Oscillatoria* sp. **ที่ตายหลังจากที่ได้รับ คอปเปอร์ซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน เพื่อทราบผลของคอปเปอร์ซัลเฟต ในระดับที่เหมาะสมต่อการควบคุมความหนาแน่นของ** *Cscillatoria* sp.

2. <u>การทดลองหาค่าความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต ที่ใช้ในการควบคุมแพลงก์ตอนพืช</u>

แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน

2.1. ทดสอบหาความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต

ทำการทดลองที่ ระดับความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต ที่ 0 , 10 , 12 , 14 , 16 **และ** 18 ppm **เพื่อหาค่าความเข้มข้นในระดับต่ำที่สุดที่สามารถควบคุม** *Oscillatoria* sp.**ได้** 100 % **โดยในแต่ละชุดการทดลองจะมี** 2 **ซ้ำ ปริมาณที่ใช้ในการทดลอง** 3 **ลิตร ต่อ** 1 **ตู้ทดลอง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. ทดสอบหาความหนาแน่นของจำนวนเซลล์ที่มีผลต่อการทำงานของสารเคมี

ทำการทดลองที่ ระดับความหนาแน่นของจำนวน cell ต่าง ๆ กัน ดังนี้

7×10^5 , 5×10^5 , 10^5 , 5×10^4 , 10^4 , 5×10^3 cell / ml ใช้ความเข้มข้นที่สามารถควบคุม *Oscillatoria* sp. ได้ 100 % ที่เป็นค่ากลาง จากตอนที่ 1 โดยในแต่ละชุดการทดลองจะมี 2 ซ้ำ ปริมาณที่ใช้ในการทดลอง 3 ลิตร ต่อ 1 ตู้ทดลอง

3. การทดลองหาค่าความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟตที่เหมาะสมในการควบคุมความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช *Oscillatoria*

3.1. *การเตรียม Oscillatoria* sp.

ทำการแยก *Oscillatoria* sp. จากน้ำตัวอย่างที่ได้จาก คลองประเวศบุรีรมย์ เขต ลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร นำเชื้อไปเพาะขยายจนได้ปริมาณที่จะนำไปทดลอง โดยวิธีการขยายมีดังนี้

3.1.1 นำหัวเชื้อที่ได้จากการแยกน้ำตัวอย่างมาขยาย โดยหัวเชื้อที่ใช้จะอยู่ในช่วง Stationary phase

3.1.2 นำน้ำที่ผ่านการกรองมาใส่ลงถังขนาด 15 ลิตร จากนั้นเติมน้ำกรองให้ได้ 15 ลิตร แล้วเติมปุ๋ยที่ใช้เลี้ยงแพลงก์ตอนพืช แล้วจึงใส่หัวเชื้อ *Oscillatoria* sp.

3.1.3 ให้ออกซิเจนตลอดเพื่อไม่ให้ *Oscillatoria* sp. ตกตะกอนและตายไป

3.1.4 ทำการเพาะขยายแพลงก์ตอน *Oscillatoria* sp. ให้มีปริมาณเพียงพอที่จะใช้ในการทดลอง ตลอดการทดลอง โดยจะต้องเพาะขยายแพลงก์ตอน *Oscillatoria* sp. ให้มีจำนวนเซลล์ประมาณ 5×10^5 cell / ml

3.2. การเตรียมตู้ทดลอง

ทำความสะอาดตู้ทดลอง ตากให้แห้ง นำไปทดลอง โดยจะแยกตู้ทดลองเป็นทรีตเมนต์ แต่ละทรีตเมนต์จะมี 3 ตู้การทดลอง เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจเช็คผลการทดลอง ควรมีการติดเครื่องหมายที่ตู้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3. การเตรียมความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต

คำนวนปริมาณคอปเปอร์ซัลเฟตที่ต้องใช้ในการทดลองทั้งหมด เพื่อให้การเตรียมคอปเปอร์ซัลเฟตเหมาะสมต่อการนำไปใช้ และทำให้ได้ความเข้มข้นตามที่ต้องการ โดยสูตรการคำนวนคือ $N_1V_1 = N_2V_2$

N_1 = ความเข้มข้นของ คอปเปอร์ซัลเฟตใน stock

N_2 = ความเข้มข้นของ คอปเปอร์ซัลเฟตที่ต้องการ

V_1 = ปริมาตรของ คอปเปอร์ซัลเฟตที่ใช้ (มีหน่วยเป็น ml)

V_2 = ปริมาตรน้ำที่ใช้ในการทดลอง (3,000 ml)

3.4. การดำเนินการทดลอง

ควรดำเนินการทดลองในช่วงเวลา 10.00 น. เพราะเป็นเวลาที่นิยมใส่สารเคมีในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อรักษาและป้องกันโรคสัตว์น้ำ

3.4.1. นำ *Oscillatoria* sp. ที่เพาะไว้ใส่ลงในตู้ทดลองที่ได้เตรียมไว้ที่ความเข้มข้นของเซลล์เท่ากับ $5x10^5$ โดยใช้สูตร $N_1V_1=N_2V_2$ เติมน้ำในตู้ทดลองให้มีปริมาตร 3 ลิตร โดยไม่มีการให้ ออกซิเจน วิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนใส่คอปเปอร์ซัลเฟตทุกตู้การทดลอง ทั้งหมด 12 ตู้การทดลอง โดยรวมชุดควบคุม

3.4.2. ใส่คอปเปอร์ซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้นที่จะทดลอง คือ 10 , 11 ,12 , 13 และ 14 ppm และ มีชุดควบคุม ที่ไม่ใส่คอปเปอร์ซัลเฟตเวลาในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังใส่สารคอปเปอร์ซัลเฟต วิเคราะห์ ในชั่วโมงที่ 1 , 3 , 6 , 24 , 48 , 72 และ 96

3.4.3. คุณภาพน้ำที่วิเคราะห์มี อุณหภูมิ , pH , DO , แอมโมเนีย (NH_3) , ไนไตร์(NO_2^-) , Alkalinity และความเข้มแสง

3.4.4. ทำการตรวจปริมาณเปอร์เซ็นต์เซลล์ที่ตายของ *Oscillatoria* sp. ตรวจดูลักษณะเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5. การบันทึกผลการทดลอง

ทำการบันทึกโดยการบันทึกจำนวนเซลล์ทั้งก่อนและหลังการทดลองใส่คอปเปอร์ซัลเฟตและทำการบันทึกผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ อุณหภูมิ , pH , แอมโมเนีย (NH_3) , ไนไตรท์ (NO_2^-) , Alkalinity และความเข้มแสง โดยแยกบันทึกในแต่ละชั่วโมงที่ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

3.6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test เป็นการวิเคราะห์ผลของเคมีภัณฑ์ที่มีต่อแพลงก์ตอนพืช

<u>ระยะเวลาการทดลอง</u>

เดือน กุมภาพันธ์ 2543 – เดือน พฤษภาคม 2543

<u>สถานที่ทดลอง</u>

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเซลล์ของ *Oscillatoria* sp.

เมื่อทำการใส่คอปเปอร์ซัลเฟตในโหลทดลองที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) , 10 , 11 , 12 , 13 , 14 ppm ในชั่วโมงแรกเซลล์ของ *Oscillatoria* sp.เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่ายังมีลักษณะแข็งแรงมีการเคลื่อนที่หนีแสงและเป็นสีเขียว โดยความเข้มข้นที่ 13 และ 14 ppm เมื่อดูจากลักษณะภายนอกมีการเกาะกันเป็นกลุ่มบ้าง ในชั่วโมงที่ 3 เซลล์ทุกความเข้มข้นยกเว้นชุดควบคุมแตกหักออกเป็นเส้นสั้น ๆ จนไม่สามารถนับจำนวนเซลล์ได้เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่า และในชั่วโมงที่ 6 ทุกความเข้มข้นยกเว้นชุดควบคุมสีของเซลล์ *Oscillatoria* sp. เริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อดูจากลักษณะภายนอก เนื่องจากคอปเปอร์ซัลเฟตมีผลในการทำลายคลอโรฟิลล์ของ *Oscillatoria* sp. จึงมองเห็นเซลล์เป็นสีเหลือง ความเข้มข้นที่ 12 , 13 และ 14 ppm มีการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 24 ความเข้มข้นที่ 10 และ 11 ppm มีการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และเซลล์ของ *Oscillatoria* sp. ทุกความเข้มข้นยกเว้นชุดควบคุมกลายเป็นสีเหลืองอย่างเห็นได้ชัดเมื่อดูจากลักษณะภายนอก และแต่ละเซลล์แตกหักจนไม่สามารถนับจำนวนเซลล์ได้เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่าจนจบการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพน้ำหลังจากใส่คอปเปอร์ซัลเฟต

เมื่อทำการใส่คอปเปอร์ซัลเฟตในโหลทดลองที่ความเข้มข้น 10 , 11 , 12 , 13 , 14 ppm และชุดควบคุมแล้ววัดคุณภาพน้ำที่ 1 , 3 , 6 , 24 , 48 , 72 และ 96 ชั่วโมงหลังใส่สารโดยทำการวัดค่าของ อุณหภูมิ , pH , Alkalinity , Nitrite , Total ammonia และ Unionize ammonia ได้ผลการทดลองดังนี้

อุณหภูมิตลอดการทดลองมีค่าของอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25.7 – 30.7 องศาเซลเซียส ก่อนใส่สารอุณหภูมิจะเท่ากับ 28.6 องศาเซลเซียสและเมื่อใส่สารไปในช่วงแรกตั้งแต่ชั่วโมงแรกจนถึงชั่วโมงที่ 6 อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นทุกความเข้มข้นรวมทั้งชุดควบคุมถึง 30.7 องศาเซลเซียสเท่ากันทุกความเข้มข้น แล้วจึงลดลงในช่วงเวลาต่อมาในชั่วโมงที่ 24 และ 48 เนื่องจาก ทั้ง 2 ช่วงนี้มีความเข้มแสงน้อยเพราะฝนจะตก อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาต่อมาชั่วโมงที่ 72 โดยที่อุณหภูมิในชุดควบคุมมีค่ามากกว่าความเข้มข้นอื่นเล็กน้อยคือเท่ากับ 29.2 องศาเซลเซียสซึ่งความเข้มข้นอื่นจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีอุณหภูมิเท่ากับ 28.5 , 28.1 , 27.7 , 27.5 และ 27 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มข้น 10 , 11 , 12 , 13 และ 14 ppm ตามลำดับ ในชั่วโมงที่ 96 อุณหภูมิในชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 28.9 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นอื่นซึ่งมีอุณหภูมิเท่ากับ 28.9 , 28.7 , 28.9 , 29.1 และ 28.9 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มข้น 10 , 11 , 12 , 13 และ 14 ppm ตามลำดับ (ภาพที่ 1)

pH ตลอดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 8.546 – 10.722 โดยก่อนใส่สาร pH จะมีค่าเท่ากับ 8.474 การเปลี่ยนแปลงของ pH ตลอดการทดลองพบว่าในทุกความเข้มข้นมีการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกันยกเว้นชุดควบคุมซึ่งมี pH สูงกว่าชุดอื่น โดย pH ของทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นจากเริ่มทดลองแล้วมีค่าสูงสุดในชั่วโมงที่ 6 จากนั้นจะลดลงและมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง (ภาพที่ 2) สาเหตุที่ชุดควบคุมมีค่า pH ที่สูงกว่าชุดที่ใส่คอปเปอร์ซัลเฟตเนื่องจากในชุดที่ใส่คอปเปอร์ซัลเฟตมีการสังเคราะห์แสงของ *Oscillatoria* sp.น้อยเพราะเซลล์ของ *Oscillatoria* sp. ถูกทำลายคลอโรฟิลล์ที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงโดยคอปเปอร์ซัลเฟต และเมื่อมีการตายของ *Oscillatoria* sp. จะเกิดแอมโมเนียขึ้นและแตกตัวเป็น Unionize ammonia จะได้ H^+:ซึ่งมีผลทำให้ค่าของ pH ลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่มีการสังเคราะห์แสงมากกว่าจึงทำให้มีค่าของ pH ที่สูงกว่าเพราะคาร์บอนไดออกไซด์ถูกใช้ไปในการสังเคราะห์แสง และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าเริ่มการทดลองจนถึงชั่วโมงที่ 6 ทุกความเข้มข้นมีค่าไม่แตกต่างกัน และจะเริ่มมีความแตกต่างกันในชั่วโมงที่ 24 จนถึงจบการทดลองโดยจะพบว่าชุดควบคุมมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดอื่น (ตารางที่ 1) โดยค่าที่ pH เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำจะพบตั้งแต่ชั่วโมงแรกทุกชุดการทดลองซึ่งค่าของ pH ที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำจะอยู่ในช่วง 6.5 – 9.0 (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528)

Alkalinity ตลอดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 125.3 – 215.3 mg/l โดยก่อนใส่สารค่าของ Alkalinity จะมีค่าเท่ากับ 130 mg/l การเปลี่ยนแปลงของ Alkalinity ในทุกความเข้มข้นมีการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกันยกเว้นชุดควบคุมซึ่งมีค่าต่ำกว่าชุดอื่น โดย Alkalinity มีค่าเพิ่มขึ้นจากเริ่มการทดลองและมีค่าสูงสุดในชั่วโมงที่ 96 (ภาพที่ 3) สาเหตุที่ Alkalinity มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการตายของ *Oscillatoria* sp.จนเกิดการย่อยสลายของจุลินทรีย์โดยการใช้ออกซิเจนทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น ซึ่งค่า Alkalinity จะเกิดจาก $H_2O + CO_2$ ได้เป็น H_2CO_3 และจะแตกตัวเป็น $H^+ + HCO_3^-$ และ HCO_3^- จะแตกตัวอีกเป็น $H^+ + CO_3^=$ จึงทำให้ชุดที่ใส่คอปเปอร์ซัลเฟตมีค่าของ Alkalinity มากกว่าชุดควบคุม และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าทุกความเข้มข้นตลอดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันยกเว้นชั่วโมงที่ 3 ซึ่งความเข้มข้นที่ 10 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับความเข้มข้นที่ 14 และชุดควบคุมซึ่งทั้ง 3 ชุดนี้ไม่แตกต่างกันกับชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อื่น และในชั่วโมงที่ 48 กับ 72 ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันยกเว้นที่ความเข้มข้นที่ 13 จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดควบคุม (ตารางที่ 2) โดยที่ค่า Alkalinity ที่พบในทุกชุดการทดลองไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

คุณสมบัติที่สำคัญของ Aklalinity ต่อแหล่งน้ำคือ เป็นตัวการที่ช่วยควบคุมไม่ให้แหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงของ pH รวดเร็วเกินไป Alkalinity จึงใช้เป็นเครื่องแสดงความสามารถของน้ำที่ป้องกันไม่ให้ pH ของน้ำเปลี่ยนแปลงเร็วไปซึ่งจะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ โดยค่าของ Alkalinityที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 100 – 120 mg/l หรือสูงกว่า (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528)

Nitrite ตลอดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0 – 0.593 mg/l โดยก่อนใส่สารมีค่า Nitrite เท่ากับ 0.549 mg/l การเปลี่ยนแปลงของ Nitrite ตลอดการทดลองพบว่า ในทุกความเข้มข้นมีค่าลดลงเมื่อเวลาผ่านไปยกเว้นที่ความเข้มข้น 14 ppm ซึ่งมีค่าของ Nitrite ค่อนข้างคงที่ ชุดควบคุมมีค่าลดลงจนเกือบเท่ากับ 0 ในชั่วโมงที่ 48 หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนจบการทดลอง (ภาพที่ 4) สาเหตุที่ Nitrite ในชุดควบคุมมีค่าน้อยลงเมื่อเทียบกับชุดที่ใส่คอปเปอร์ซัลเฟตเนื่องจาก Nitrite มีการเปลี่ยนรูปจากการได้รับ O_2 โดยขบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนเปลี่ยนเป็น Nitrate และจากการวิเคราะห์ทางสถิติในชั่วโมงแรกความเข้มข้นที่ 14 ppm มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p <0.05$) กับชุดควบคุมโดยในชุดความเข้มข้นอื่นจะไม่แตกต่างกับทั้ง 2 ชุดนี้ ในชั่วโมงที่ 3 จะไม่มีความแตกต่างกันทุกความเข้มข้นและในชั่วโมงที่ 6 จนถึงชั่วโมงที่ 72 จะพบว่าชุดควบคุมจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p <0.05$) กับความเข้มข้นอื่นทุกความเข้มข้น ในชั่วโมงที่ 96 จะพบความเข้มข้นที่ 10 และ 11 กับชุดควบคุมไม่แตกต่างกันแต่ชุดควบคุมจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p <0.05$) กับชุดความเข้มข้นที่ 12 , 13 และ14 (ตารางที่ 3) โดยค่าที่ Nitrite เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำจะเริ่มพบตั้งแต่ทำการทดลอง แต่เมื่อครบ 96 ชั่วโมงจะมีเพียงความเข้มข้นที่ 14 ppm ที่มีค่าของ Nitrite ที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ซึ่งค่าของ Nitrite ที่เหมาะสมกับสัตว์น้ำจะไม่ควรเกิน 0.1 mg/l และจะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำที่มากกว่า 0.359 mg/l (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528)

Total ammonia ตลอดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.043 – 0.909 mg/l โดยก่อนใส่สารค่าของ Total ammonia มีค่าเท่ากับ 0.066 mg/l การเปลี่ยนแปลงของ Total ammonia ตลอดการทดลองพบว่าในทุกความเข้มข้นมีการเพิ่มขึ้นจนสูงสุดในชั่วโมงที่ 24 และจะลดลงมาในระดับค่อนข้างจะคงที่จนจบการทดลองโดยที่ชุดควบคุมมีค่าของ Total ammonia น้อยกว่าชุดอื่นมาก (ภาพที่ 5) สาเหตุที่ชุดการทดลองที่ใส่คอปเปอร์ซัลเฟตมีค่าของ Total ammonia มากกว่าชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

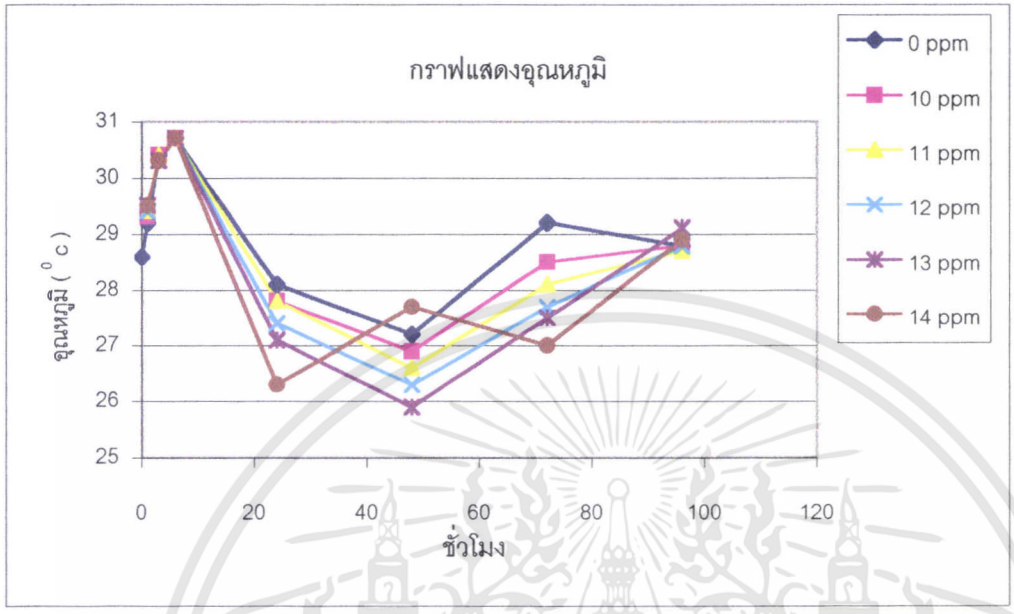
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ฉลองกรุง

เนื่องมาจากการใส่คอปเปอร์ซัลเฟตทำให้ *Oscillatoria* sp.ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้จนทำให้เกิดการตายทำให้เกิดแอมโมเนีย และเกิดมากในชั่วโมงที่ 24 ซึ่งหลังจากนั้นมีการลดลงของ Ammonia ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนรูปไปเป็น Nitrite และ Nitrate และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าในชั่วโมงแรกไม่มีความแตกต่างกัน ในชั่วโมงที่ 3 มีความเข้มข้นที่ 10 และ 13 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ทั้งสองชุดนี้จะไม่แตกต่างกันกับชุดอื่น ในชั่วโมงที่ 6 พบว่าชุดควบคุมจะแตกต่างกับความเข้มข้นที่ 12 และ14 แต่ชุดควบคุมจะไม่แตกต่างกันกับชุดอื่น โดยตั้งแต่ชั่วโมงที่ 24 ไปจนถึงสิ้นสุดการทดลองพบว่าชุดควบคุมจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับทุกความเข้มข้น (ตารางที่ 4) โดยค่าที่ Total ammonia เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำจะเริ่มพบในชั่วโมงที่ 24 ทุกความเข้มข้นรวมทั้งชุดควบคุม แต่ในชั่วโมงที่ 48 ถึงชั่วโมงที่ 96 ชุดควบคุมจะมีค่า Total ammonia ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ซึ่งค่าของ Total ammonia ที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำไม่ควรเกิน 0.1 mg/l และระดับที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำจะอยู่ในช่วง 0.4 – 2 mg/l (ซลอ, 2535)

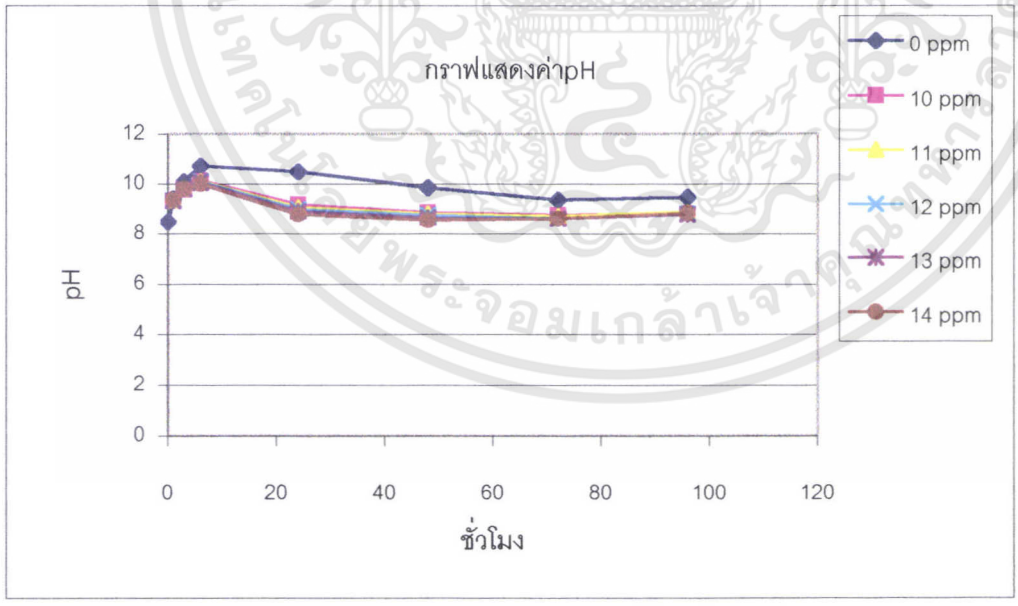
Unionize ammonia ตลอดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.034 – 0.299 โดยก่อนใส่สารค่าของ Unionize ammonia มีค่าเท่ากับ 0.011 mg/l การเปลี่ยนแปลงของ Unionize ammonia ตลอดการทดลองพบว่าในทุกความเข้มข้นมีการเพิ่มขึ้นจนสูงสุดในชั่วโมงที่ 24 และลดลงจนถึงชั่วโมงที่ 72 และเพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 96 โดยที่ชุดควบคุมมีค่าของ Unionize ammonia น้อยกว่าชุดอื่นมาก (ภาพที่ 6) สาเหตุที่ชุดการทดลองที่ใส่คอปเปอร์ซัลเฟตมีค่าของ Unionize ammonia มากกว่าชุดควบคุมเนื่องมาจากการใส่คอปเปอร์ซัลเฟตทำให้ *Oscillatoria* sp.ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้จนทำให้เกิดการตายเกิด Ammonia และแตกตัวออกมาเป็น Unionize ammonia ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำจะเกิดมากในชั่วโมงที่ 24 และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าในชั่วโมงแรกและชั่วโมงที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกัน ในชั่วโมงที่ 6 มีความเข้มข้นที่ 10 และชุดควบคุมจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับความเข้มข้นที่ 14 โดยที่ทั้งสามชุดนี้ไม่แตกต่างกันกับชุดความเข้มข้นที่เหลือ ในชั่วโมงที่ 24 จนถึงชั่วโมงที่ 96 พบว่าชุดควบคุมมีความแตกต่างกับทุกความเข้มข้นยกเว้น ความเข้มข้นที่ 13 ในชั่วโมงที่ 48 และความเข้มข้นที่ 10 กับ 11 ในชั่วโมงที่ 96 ที่ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม และทุกความเข้มข้นที่ใส่คอปเปอร์ซัลเฟตตลอดการทดลองจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5) โดยค่าที่ Unionize ammonia เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำเริ่มพบตั้งแต่เริ่มทำการทดลอง และจะอันตรายมากในชั่วโมงที่ 24 ในทุกความเข้มข้น ซึ่งค่าของ Unionize ammonia ที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำไม่ควรเกิน 0.02 mg/l (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1 แสดงค่าของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชั่วโมง

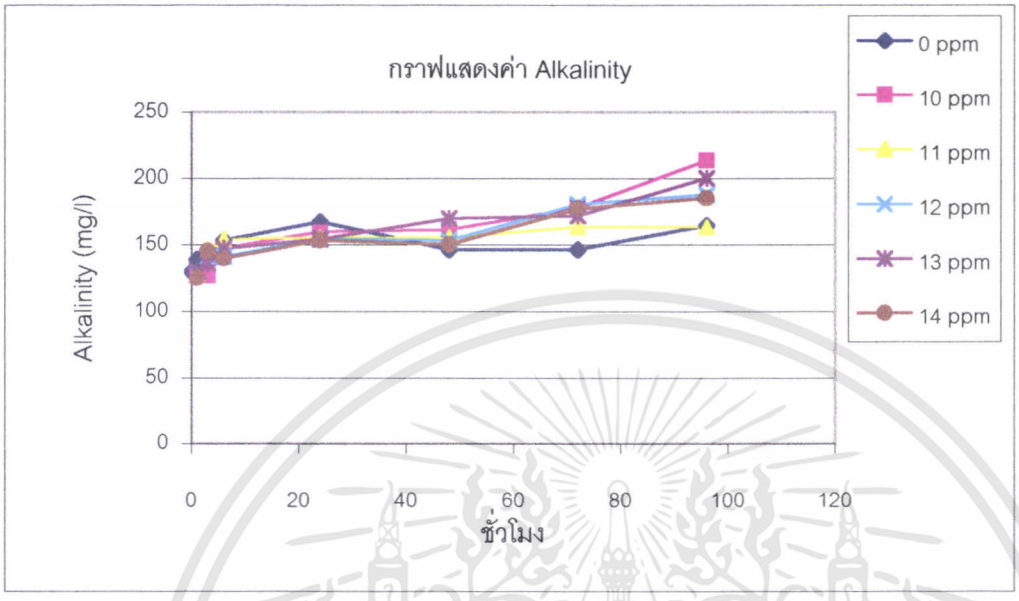


ภาพที่ 2 แสดงค่าของ pH ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชั่วโมง

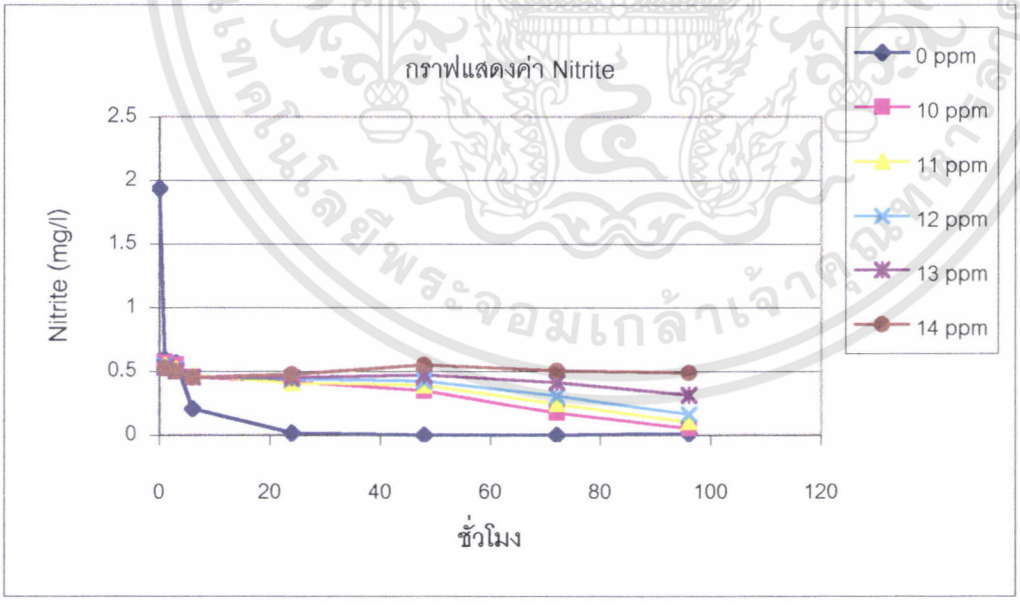


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 แสดงค่าของ Alkalinity ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชั่วโมง

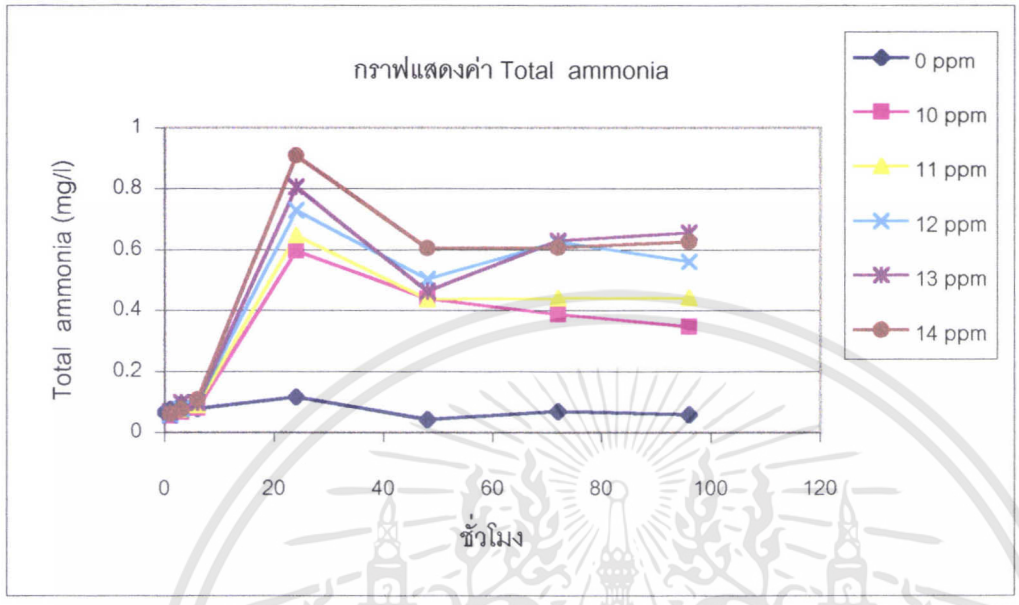


ภาพที่ 4 แสดงค่าของ Nitrite ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชั่วโมง

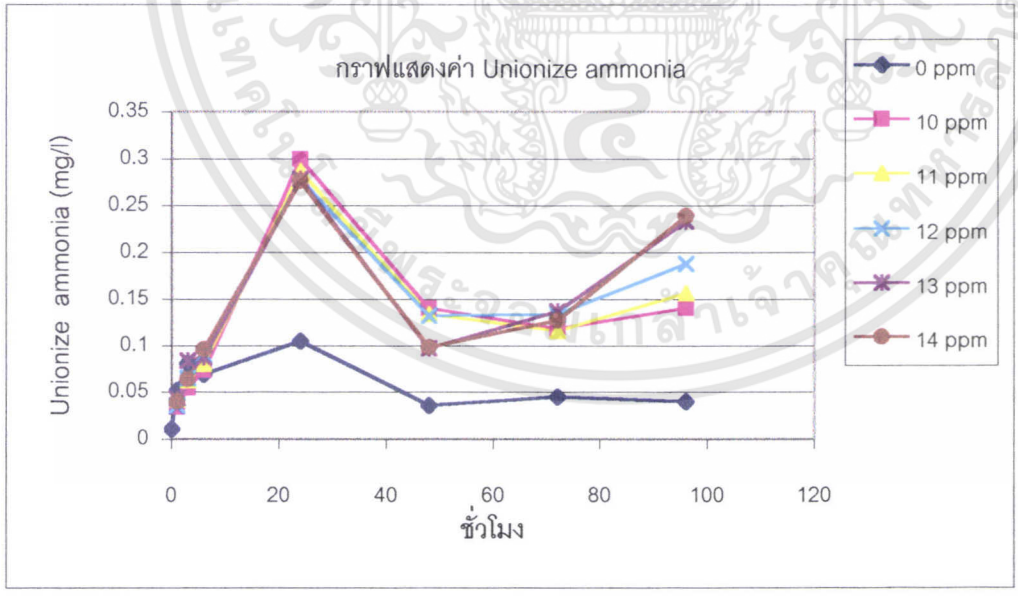


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5 แสดงค่าของ Total ammonia ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชั่วโมง



ภาพที่ 6 แสดงค่าของ Unionize ammonia ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชั่วโมง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของ pH ตลอดการทดลอง

Cu_2SO_4	1 hour	3 hour	6 hour	24 hour	48 hour	72 hour	96 hour
0 ppm	9.414 ± 0.109^{a}	10.094 ± 0.451^{a}	10.722 ± 0.191^{a}	10.500 ± 0.044^{a}	9.852 ± 0.081^{a}	9.369 ± 0.089^{a}	9.479 ± 0.070^{a}
10 ppm	9.351 ± 0.136^{a}	9.781 ± 0.131^{a}	10.132 ± 0.017^{b}	9.178 ± 0.090^{b}	8.870 ± 0.064^{b}	8.764 ± 0.121^{b}	8.928 ± 0.033^{b}
11 ppm	9.346 ± 0.102^{a}	9.814 ± 0.115^{a}	10.108 ± 0.030^{b}	9.080 ± 0.018^{bc}	8.813 ± 0.062^{bc}	8.708 ± 0.032^{b}	8.891 ± 0.053^{b}
12 ppm	9.341 ± 0.102^{a}	9.799 ± 0.148^{a}	10.086 ± 0.019^{b}	8.987 ± 0.085^{cd}	8.766 ± 0.030^{bc}	8.608 ± 0.056^{b}	8.825 ± 0.042^{b}
13 ppm	9.353 ± 0.151^{a}	9.807 ± 0.112^{a}	10.042 ± 0.017^{b}	8.895 ± 0.108^{de}	8.648 ± 0.122^{cd}	8.608 ± 0.136^{b}	8.780 ± 0.066^{b}
14 ppm	9.370 ± 0.132^{a}	9.793 ± 0.161^{a}	10.002 ± 0.018^{b}	8.787 ± 0.118^{e}	8.546 ± 0.182^{d}	8.598 ± 0.084^{b}	8.821 ± 0.240^{b}

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของ Alkalinity ตลอดการทดลอง

Cu_2SO_4	1 hour	3 hour	6 hour	24 hour	48 hour	72 hour	96 hour
0 ppm	139.33 ± 7.204[a]	142.00 ± 2.000[a]	153.33 ± 11.547[a]	167.33 ± 11.015[a]	146.66 ± 11.547[a]	146.66 ± 11.547[a]	164.67 ± 23.180[a]
10 ppm	126.67 ± 5.773[a]	126.67 ± 11.547[a]	147.33 ± 23.693[a]	160.00 ± 20.000[a]	161.33 ± 10.066[a]	178.00 ± 14.422[a]	215.33 ± 21.572[a]
11 ppm	128.00 ± 7.211[a]	148.67 ± 10.263[a]	154.00 ± 12.166[a]	155.33 ± 13.614[a]	155.33 ± 13.614[a]	163.33 ± 11.373[a]	163.33 ± 54.930[a]
12 ppm	130.00 ± 10.000[a]	141.33 ± 1.155[ab]	141.33 ± 1.155[a]	157.33 ± 9.238[a]	153.33 ± 11.547[a]	180.67 ± 10.263[a]	188.00 ± 13.856[a]
13 ppm	130.67 ± 10.065[a]	136.00 ± 14.000[a]	147.33 ± 11.015[a]	154.00 ± 12.166[a]	170.00 ± 0.000[a]	172.00 ± 3.464[a]	200.00 ± 28.214[a]
14 ppm	125.33 ± 6.928[a]	145.33 ± 2.309[a]	140.00 ± 20.000[a]	153.33 ± 11.547[a]	160.67 ± 11.015[a]	177.33 ± 15.534[a]	185.33 ± 30.746[a]

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของ Nitrite ตลอดการทดลอง

Cu_2SO_4	1 hour	3 hour	6 hour	24 hour	48 hour	72 hour	96 hour
0 ppm	0.593 ± 0.069^{a}	0.566 ± 0.094^{a}	0.209 ± 0.174^{b}	0.017 ± 0.002^{d}	0.000 ± 0.000^{e}	0.002 ± 0.002^{e}	0.011 ± 0.007^{d}
10 ppm	0.573 ± 0.021^{ab}	0.552 ± 0.022^{a}	0.454 ± 0.040^{a}	0.413 ± 0.032^{bc}	0.346 ± 0.050^{d}	0.175 ± 0.007^{d}	0.051 ± 0.011^{cd}
11 ppm	0.550 ± 0.018^{ab}	0.521 ± 0.046^{a}	0.464 ± 0.021^{a}	0.407 ± 0.035^{c}	0.390 ± 0.010^{cd}	0.246 ± 0.005^{c}	0.099 ± 0.023^{cd}
12 ppm	0.543 ± 0.024^{ab}	0.510 ± 0.037^{a}	0.454 ± 0.033^{a}	0.441 ± 0.026^{abc}	0.442 ± 0.026^{bc}	0.311 ± 0.017^{c}	0.168 ± 0.016^{c}
13 ppm	0.527 ± 0.032^{ab}	0.498 ± 0.041^{a}	0.451 ± 0.034^{a}	0.450 ± 0.002^{ab}	0.467 ± 0.035^{b}	0.410 ± 0.007^{b}	0.313 ± 0.035^{b}
14 ppm	0.520 ± 0.044^{b}	0.493 ± 0.044^{a}	0.449 ± 0.038^{a}	0.473 ± 0.005^{a}	0.547 ± 0.072^{a}	0.504 ± 0.096^{a}	0.486 ± 0.170^{a}

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของ Total ammonia ตลอดการทดลอง

Cu_2SO_4	1 hour	3 hour	6 hour	24 hour	48 hour	72 hour	96 hour
0 ppm	0.076 ± 0.029^{a}	0.093 ± 0.022^{ab}	0.074 ± 0.010^{c}	0.116 ± 0.101^{d}	0.043 ± 0.002^{b}	0.068 ± 0.007^{b}	0.058 ± 0.012^{c}
10 ppm	0.055 ± 0.007^{a}	0.066 ± 0.010^{b}	0.079 ± 0.017^{bc}	0.596 ± 0.061^{c}	0.438 ± 0.064^{a}	0.386 ± 0.127^{a}	0.346 ± 0.025^{b}
11 ppm	0.064 ± 0.012^{a}	0.074 ± 0.012^{ab}	0.088 ± 0.009^{abc}	0.646 ± 0.031^{c}	0.436 ± 0.118^{a}	0.440 ± 0.016^{a}	0.442 ± 0.062^{ab}
12 ppm	0.058 ± 0.005^{a}	0.078 ± 0.007^{ab}	0.099 ± 0.021^{ab}	0.729 ± 0.132^{bc}	0.502 ± 0.187^{a}	0.626 ± 0.097^{a}	0.561 ± 0.088^{ab}
13 ppm	0.068 ± 0.014^{a}	0.098 ± 0.027^{a}	0.096 ± 0.006^{abc}	0.805 ± 0.004^{ab}	0.463 ± 0.140^{a}	0.630 ± 0.254^{a}	0.655 ± 0.029^{a}
14 ppm	0.062 ± 0.006^{a}	0.076 ± 0.009^{ab}	0.107 ± 0.014^{a}	0.909 ± 0.111^{a}	0.604 ± 0.350^{a}	0.606 ± 0.222^{a}	0.626 ± 0.331^{a}

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของ Unionize ammonia ตลอดการทดลอง

Cu_2SO_4	1 hour	3 hour	6 hour	24 hour	48 hour	72 hour	96 hour
0 ppm	0.052 ± 0.023^{a}	0.081 ± 0.021^{a}	0.069 ± 0.009^{b}	0.106 ± 0.093^{b}	0.036 ± 0.002^{b}	0.045 ± 0.008^{b}	0.040 ± 0.008^{b}
10 ppm	0.034 ± 0.005^{a}	0.055 ± 0.010^{a}	0.073 ± 0.017^{b}	0.299 ± 0.041^{a}	0.140 ± 0.029^{a}	0.118 ± 0.021^{a}	0.140 ± 0.002^{ab}
11 ppm	0.042 ± 0.012^{a}	0.062 ± 0.011^{a}	0.080 ± 0.008^{ab}	0.287 ± 0.031^{a}	0.134 ± 0.049^{a}	0.116 ± 0.004^{a}	0.156 ± 0.012^{ab}
12 ppm	0.036 ± 0.006^{a}	0.065 ± 0.008^{a}	0.090 ± 0.019^{ab}	0.278 ± 0.031^{a}	0.132 ± 0.040^{a}	0.134 ± 0.006^{a}	0.188 ± 0.014^{a}
13 ppm	0.044 ± 0.010^{a}	0.084 ± 0.029^{a}	0.087 ± 0.005^{ab}	0.278 ± 0.042^{a}	0.097 ± 0.031^{ab}	0.137 ± 0.052^{a}	0.203 ± 0.011^{a}
14 ppm	0.040 ± 0.006^{a}	0.064 ± 0.004^{a}	0.096 ± 0.012^{a}	0.256 ± 0.027^{a}	0.098 ± 0.038^{a}	0.127 ± 0.048^{a}	0.239 ± 0.175^{a}

*ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวแนวตั้ง หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95 เปอร์เซ็นต์

สรุป

จากการทดลองใส่คอปเปอร์ซัลเฟตที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) ,10 , 11 , 12 , 13 และ 14 ppm ในโหลที่มี *Oscillatoria* sp. $5x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบว่าเมื่อครบ 96 ชั่วโมงเซลล์ทุกความเข้มข้นยกเว้นชุดควบคุม จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อมองจากลักษณะภายนอกเพราะคอปเปอร์ซัลเฟตไปทำลายคลอโรฟิลล์ของ *Oscillatoria* sp. และเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่าจะไม่สามารถนับจำนวนเซลล์ได้เนื่องจากเซลล์ของ *Oscillatoria* sp. ขาดเป็นท่อนสั้น ๆ จนไม่สามารถนับจำนวนเซลล์ได้

ที่ความเข้มข้น 13 และ 14 ppm มีประสิทธิภาพในการกำจัด *Oscillatoria* sp. ได้ดีที่สุด แต่มีผลทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงจนเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ความเข้มข้นที่ 10 ppm จึงเหมาะสมในการใช้ควบคุม *Oscillatoria* sp. มากกว่าเพราะเมื่อครบ 96 ชั่วโมงค่าของ Nitrite และ Total ammonia มีค่าที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำเมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่นคือมีค่าของ Nitrite เท่ากับ 0.051 ± 0.011 mg/l และมีค่าของ Total ammonia เท่ากับ 0.346 ± 0.025 mg/l โดยที่คอปเปอร์ซัลเฟตจะทำให้คุณภาพน้ำมีอันตรายต่อสัตว์น้ำได้มากที่สุดในชั่วโมงที่ 24 เพราะมีค่าของแอมโมเนียสูงสุดเนื่องมาจากการตายของ *Oscillatoria* sp.จึงควรมีการถ่ายน้ำเมื่อใส่คอปเปอร์ซัลเฟตไปครบ 24 ชั่วโมง เมื่อใส่คอปเปอร์ซัลเฟตมีแนวโน้มว่าทำให้ค่าของ Alkalinity , Total ammonia และ Unionize ammonia เพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มว่าทำให้ค่าของ pH และ Nitrite ลดลง

ในการใช้สารเคมีเพื่อทำการควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ไม่แนะนำให้ใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟต เนื่องจากทำให้คุณภาพน้ำไม่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ และคอปเปอร์จะมีพิษต่อสัตว์น้ำ เนื่องจากทำให้ความเข้มข้นของเกลือใน blood serum ลดลง โดยที่การเปลี่ยนแปลงในเลือดนี้ จะทำให้ปลาอ่อนแอและตายลงได้ ซึ่งโดยทั่วไปการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะใช้สารคอปเปอร์คีเลทในการควบคุมแพลงก์ตอนพืช เนื่องจากสารคีเลทจะช่วยให้สัตว์น้ำไม่ดูดซึมคอปเปอร์เข้าไปในร่างกาย (Lewis และ Lewis, 1971 อ้างโดย จามรี, 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์ . 2527 . สาหร่าย . คณะประมง , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ . 343 น .

จามรี ภู่เงิน . 2540 . การประเมินการใช้ฟอร์มาลีนและคอปเปอร์ซัลเฟตเพื่อควบคุมความหนาแน่นของแพลงค์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ .

จารุวรรณ สมศิริ. 2523. การศึกษาผลระยะสั้นของ $HgCl_2$, $CuSO_4 . 5H_2O$ และ $ZnSO_4 . 7H_2O$ ต่อการอยู่รอดของปลานิล Tilapia nilotica Linn . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ .

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2535. คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. ฐานเศรษฐกิจ จตุจักร, กรุงเทพฯ. 202 น.

ธีรพันธ์ ภูคาสวรรค์ . 2518 . การกำจัดวัชพืชด้วยสารเคมี . วารสารการประมง 28 (4) : 455-464 .

ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์ . 2524 . การศึกษาเหงือกของปลาตะเพียนขาว (Puntius gonionotus Bleeker) คณะประมง , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ . 13 น .

ฝ่ายวิชาการและพัฒนาผลิตภัณฑ์. 2542. การควบคุมสาหร่ายขนแมวในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. โลกสัตว์น้ำ, 5(2) : 2 – 3.

พนาวรรณ จิระวงษ์ . 2533 . ความเป็นพิษของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อปลา แพลงค์ตอนพืช และแบคทีเรีย Aeromonas hydrophila. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ .

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำ และวิธีการวิเคราะห์สำหรับงานวิจัยทางการประมง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 115 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วรวิทย์ ชีวาพร , รุจิวรรณ พานิชชัยกุล และ พรพรรณ เลิศทวีศินธุ์ . 2527 . การวัดความแรงของสารอันตราย โดยใช้ปลาและแพลงค์ตอนพืชเป็นตัวประเมินทางชีวภาพ . คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตพลศึกษา , กรุงเทพฯ . 125 น .

Alabaster , J .B . 1980. Water Quality Criteria for Fresh Water Fish. Food and Agriculture Organization of the United Nations , London . 297 p

Boyd , C . E . 1979 . Water Quality in Wormwater Fish Pond . Craft Master Printers , Inc ., Alabama . 359 p .

Frerichs , G . N . , D . J .Macintosh , I . H . Macrae , S . D . Millar , M . J . Phillips and R . J . Robert . 1985 . Problem Associated with pH , Heavy Metal and Perticides . Proceeding of the Workshop on Fish Disease Bangkok , Thailand . 17 th February – 1 st March 1985 . National Inland Fisheries Institute , Department of Fisheries . 97 p .

Herwig , N . 1979 . Handbook of Drugs and Chemical Used in the Treatment of Fish Disease . Charles C . Thomus Publisher , Illinois . 641 p .

Jangchudjai , C . 1986 . Acute Toxicity of the Synergism of Surfactant (las) and Copper on Puntius gonionotus (Bleeker) . M . S . Thesis , Mahidol University , Bangkok .

Lewis , S . D . and W . M . Lewis . 1971 . The effect of zinc and copper on the osmolarity of blood serum of the channel catfish , Ictalurus punctatus Rafinesque , and golden shiner , Notemigonus crysoleucas Mitchill . Trans . Am . Fish . Soc . (4) : 639-643 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Murai , T . , J . W . Andrew and R . G . Smith . 1981 . Effect of dietary copper on channel Catfish . Aquaculture 22 : 353-357.

Phelps , R . P . 1975 . Toxicity and Efficacy of Five Chemotherapeutics Use in Aquaculture When Applied to Waters of Different Quality . Ph . D . Thesis , Auburn Univ. , Alabama .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์หาปริมาณค่าความเป็นด่างในน้ำ

1. ตวงตัวอย่างน้ำ 50 ลบ.ซม.ใส่ลงใน flask ขนาด 250 ลบ.ซม.
2. หยด phenolphthalein 2 หยดเขย่าให้ผสมกัน

- ถ้าสารละลายใสแสดงว่า phenolphthalein alkalinity = 0 นั่นคือในน้ำไม่มีสารประกอบ

คาร์บอเนต ($CO_3^{=}$)

- ถ้าสารละลายมีสีชมพูแสดงว่าในตัวอย่างน้ำมีสารประกอบของคาร์บอเนตละลายอยู่ นั่นคือ

phenolphthalein alkalinity > 0 ให้ติเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 0.02 N ที่ใช้ไป

phenolphthalein alkalinity (ppm) = ปริมาตร(ลบ.ซม.)ของสารละลาย 0.02 N ที่ใช้ไปคูณด้วย 20

3. นำสารผสมจากข้อ 2 มาหยด methyl orange 2 หยดเขย่าเพื่อให้ผสมกันจะได้สารละลายสีเหลือง
4. ติเตรทด้วยสารละลาย H_2SO_4 0.02 N จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มจด ปริมาตรของสารละลาย H_2SO_4 ทั้งหมดที่ใช้ไป

การคำณวน

Total alkalinity (ppm) = ปริมาตรของ H_2SO_4 ทั้งหมดคูณด้วย 20

Methyl orange alkalinity (ppm) = Total alkalinity – phenolphthalein alkalinity

การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ในน้ำ

สารเคมีและวิธีการเตรียมสารละลาย

1. Buffer solution

ใช้ Ammonia chloride (NH_4Cl) 100 กรัม

Sodium tetraborate 20 กรัม

EDTA (disodium dihydrate) 1 กรัม

ละลายในน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 1000 ลบ.ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Sulphanilamide solution

ค่อย ๆ รินกรด HCl เข้มข้น 100 ลบ.ซม.ลงใน beaker ที่มีน้ำกลั่น 300 ลบ.ซม.คนให้เข้ากันชั่ง sulphanilamide 5 กรัมแล้วนำมาละลายในสารละลายกรด HCl แล้วเติมน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 500 ลบ.ซม.

3. N-l-(naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride (NNED)

ใช้ NNED 0.5 กรัมละลายในน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 500 ลบ.ซม.จะได้สารละลายสีชมพูจางๆหรือไม่มีสี เก็บสารละลายในขวดสีน้ำตาล (ถ้าสารละลายเปลี่ยนสีชมพูหรือน้ำชมพูหรือน้ำตาลเข้มต้องเตรียมใหม่)

4. Nitrite standrad (NO_2-N)

ใช้ Sodium nitrite ($NaNO_2$) ที่อบแห้ง 0.4952 กรัมละลายในน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 1000 ลบ.ซม. สารละลายนี้จะมีความเข้มข้นเท่ากับ 100 ppm หรือ 1 ลบ.ซม.ของสารละลาย = 100 ไมโครกรัมของ NO_2-N

<u>วิธีการวิเคราะห์หาไนไตรท์ (NO_2-N) ในน้ำตัวอย่าง</u>

1. กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรอง
2. ดูดน้ำตัวอย่างที่กรองแล้ว 25 ลบ.ซม.และน้ำกลั่น 25 ลบ.ซม.เพื่อทำเป็น blank เปรียบเทียบใส่ลงในขวดแก้ว
3. เติม Buffer solution ลงไปตัวอย่างละ 2.5 ลบ.ซม.เขย่าให้ผสมกัน
4. เติม Sulphanilamine solution ลงไปตัวอย่างละ 0.5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกันตั้งทิ้งไว้ 5 นาที
5. เติม NNED ลงไปตัวอย่างละ 0.5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกันตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาทีแต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมงแล้วนำไปวัดค่า absorbance โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 nm. บันทึกค่า absorbance ที่วัดได้ไปหาความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐานที่ทำไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำกราฟมาตรฐานสำหรับไนไตรท์ (NO_2-N) standard curve)

1. นำสาร $NaNO_2$ (อบที่ 105 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง)0.4925 กรัมละลายน้ำแล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1000 ลบ.ซม. (100ppm)
2. ดูดสารละลายมา 2.5 ลบ.ซม. เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 500 ลบ.ซม.(0.5ppm)
3. ดูดสารละลายจาก 500 ลบ.ซม.มา 0 , 5 , 10 , 15 , 20 , 30 , 40 , 50ลบ.ซม. แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 50 ลบ.ซม.
4. เติม Buffer solution ลงไปขวดละ 5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน
5. เติม Sulphanilamide solution ลงไปขวดละ 1 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน
6. เติม NNED solution ลงไปขวดละ 1 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกันหลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาทีแต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมงแล้วนำไปวัดค่า absorbance โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 nm. บันทึกค่า absorbance ที่วัดได้หลังจากนั้นนำค่า absorbance ที่ลบค่า blank ออกแล้วมา plot กับค่าความเข้มข้นในแต่ระดับ ลากเส้นตรงผ่านจุดที่อยู่ในแนวเดียวกันมากที่สุดเส้นตรงนี้จะใช้เป็นกราฟมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบเพื่อหาความเข้มข้นของไนไตรท์

การวิเคราะห์แอมโมเนีย (NH_3-N) ในน้ำ

สารเคมีที่ใช้และวิธีการเตรียมสารละลาย

1. น้ำกลั่นบริสุทธิ์ที่ไม่มีแอมโมเนีย (ammnonia free water) ทำได้โดยการกรองน้ำกลั่นที่มีสารสังเคราะห์ (ion-exchang resin) หรือใช้วิธีกลั่น 2 ครั้งโดยนำน้ำกลั่นครั้งแรกมาเติมกรด H_2SO เข้มข้น 0.1ลบ.ซม.ต่อน้ำ 1 ลิตรแล้วกลั่นอีกครั้ง
2. Hypochlorite stock

ใช้ Sodium hypochlorite (5.5 percent available chlorine) หรือใช้น้ำยาฟอกสี (Bleach) ที่ขายตามท้องตลาด ซึ่งจะมีคลอรีนประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำยานี้จะเสื่อมคุณภาพตามระยะเวลา จึงไม่ควรเก็บไว้นานโดยบรรจุในภาชนะทึบแสงและปิดฝาให้แน่น

3. Alkaline stock solution

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Oxidizing reagent

ใช้ Alkaline stock solution 4 ส่วนผสมกับ Hypochlorite stock 1 ส่วนสารละลายนี้เตรียมเมื่อต้องการใช้ในแต่ละครั้งแล้วเก็บไว้ในขวดทึบแสงปิดฝาให้สนิทจนกระทั่งถึงเวลาใช้

5. Sodium nitroprusside reagent

ใช้ Sodium nitroprusside 1 กรัมละลายในน้ำกลั่น (deionized water) จนได้ปริมาตรครบ 200 ลบ.ซม.

6. Phenol reagent

ใช้ Phenol 100 กรัมละลายในเอธิลแอลกอฮอล์ (C_2H_5OH) 95เปอร์เซ็นต์ จนได้ปริมาตรครบ 1000 ลบ.ซม.

7. Ammonia standard

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

<u>วิธีการหาแอมโมเนีย (NH_3-N) จากน้ำตัวอย่าง</u>

1. ดูดน้ำตัวอย่าง 25 ลบ.ซม.และน้ำกลั่น 25 ลบ.ซม.เพื่อเปรียบเทียบเป็น Blank ใส่ลงในขวดขนาด
   100 ลบ.ซม.
2. เติม Phenol reagent 1 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน
3. เติม Sodium nitroprusside reagent 1 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน
4. เติม Oxidizing reagent 2.5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกันตั้งทิ้งไว้อย่าง 1 ชั่วโมงแต่ไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมงแล้วนำไปวัดค่า absorbance โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 nm. บันทึกค่า absorbance ที่วัดได้ไปหาความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐานที่ทำไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำกราฟมาตรฐานของแอมโมเนีย (NH_3-N)

1. นำ NH_4Cl (อบที่ 105 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง) 0.3819 กรัมนำมาละลายแล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1000 ลบ.ซม.(100 ppm)

2. นำมา 2 ลบ.ซม. ทำการ dirute ให้ได้ปริมาตร 100 ลบ.ซม.(2 ppm)

3. ดูดสารละลายมาตรฐานของแอมโมเนีย 0 , 2 , 5 , 10 , 15 , 20 ลบ.ซม.ลงใน flask แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 20 ลบ.ซม.

4. เติม Phenol reagent 2 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน

5. เติม Sodium nitroprusside reagent 2 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกัน

6. เติม Oxidizing reagent 5 ลบ.ซม. เขย่าให้ผสมกันตั้งทิ้งไว้อย่าง 1 ชั่วโมงแต่ไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมงแล้วนำไปวัดค่า absorbance โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 nm. บันทึกค่า absorbance ที่วัดได้หลังจากนั้น plot ค่าความเข้มข้นกับค่า absorbance ที่วัดได้บนที่วัดได้บนกระดาษกราฟลากเส้นตรงผ่านจุดที่อยู่ในแนวเดียวกันมากที่สุดเส้นตรงนี้จะใช้เป็นกราฟมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบเพื่อหาความเข้มข้นของแอมโมเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ผลการทดลองที่ 0 ชั่วโมง

Cu_2SO_4(ppm	Replication	Temp(^0C)	pH	Alkalinity	NO_2^-	NH_4^+	NH_3
0	1	28.6	8.474	130	0.536	0.058	0.01
0	2	28.6	8.474	130	0.556	0.053	0.009
0	3	28.6	8.474	130	0.556	0.086	0.015

ความเข้มแสงเฉลี่ย = 11553.3 lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 ผลการทดลองที่ 1 ชั่วโมง

Cu_2SO_4(ppm	Replication	Temp(^0C)	pH	Alkalinity	NO_2^-	NH_4^+	NH_3
0	1	29.2	9.517	132	0.516	0.109	0.079
0	2	29.2	9.427	140	0.614	0.056	0.038
0	3	29.2	9.299	146	0.649	0.062	0.039
10	1	29.3	9.499	130	0.549	0.055	0.039
10	2	29.3	9.321	120	0.581	0.049	0.03
10	3	29.3	9.233	130	0.588	0.062	0.034
11	1	29.4	9.455	134	0.529	0.077	0.055
11	2	29.4	9.332	130	0.557	0.054	0.033
11	3	29.4	9.252	120	0.563	0.062	0.038
12	1	29.4	9.437	140	0.516	0.064	0.042
12	2	29.4	9.352	130	0.551	0.055	0.036
12	3	29.4	9.234	120	0.563	0.055	0.03
13	1	29.4	9.499	120	0.507	0.058	0.038
13	2	29.5	9.363	140	0.511	0.083	0.055
13	3	29.5	9.198	132	0.564	0.059	0.038
14	1	29.5	9.486	120	0.479	0.057	0.041
14	2	29.5	9.398	132	0.514	0.069	0.046
14	3	29.5	9.226	120	0.566	0.061	0.034

ความเข้มแสงเฉลี่ย = 11866.6 lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 ผลการทดลองที่ 3 ชั่วโมง

Cu_2SO_4(ppm	Replication	Temp(^0C)	pH	Alkalinity	NO_2^-	NH_4^+	NH_3
0	1	30.4	10.6	140	0.464	0.081	0.075
0	2	30.4	9.95	144	0.587	0.118	0.105
0	3	30.4	9.733	142	0.648	0.08	0.064
10	1	30.4	9.92	120	0.527	0.077	0.067
10	2	30.4	9.761	120	0.56	0.061	0.051
10	3	30.4	9.661	140	0.569	0.06	0.048
11	1	30.4	9.934	140	0.47	0.066	0.057
11	2	30.4	9.803	146	0.531	0.088	0.074
11	3	30.3	9.705	160	0.561	0.067	0.054
12	1	30.3	9.92	140	0.471	0.084	0.073
12	2	30.3	9.842	142	0.515	0.078	0.066
12	3	30.3	9.634	142	0.545	0.071	0.057
13	1	30.3	9.903	120	0.46	0.129	0.118
13	2	30.3	9.835	142	0.493	0.079	0.066
13	3	30.3	9.684	146	0.542	0.086	0.069
14	1	30.3	9.916	148	0.452	0.071	0.062
14	2	30.3	9.852	144	0.486	0.071	0.061
14	3	30.3	9.611	144	0.54	0.086	0.069

ความเข้มแสงเฉลี่ย = 10463.3 lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 ผลการทดลองที่ 6 ชั่วโมง

Cu_2SO_4(ppm	Replication	Temp(^0C)	pH	Alkalinity	$N0_2^-$	NH_4^+	NH_3
0	1	30.7	10.893	140	0.009	0.078	0.073
0	2	30.7	10.758	160	0.322	0.062	0.058
0	3	30.7	10.516	160	0.296	0.081	0.075
10	1	30.7	10.15	162	0.412	0.099	0.092
10	2	30.7	10.13	120	0.458	0.069	0.063
10	3	30.7	10.117	160	0.491	0.069	0.063
11	1	30.7	10.141	162	0.444	0.094	0.086
11	2	30.7	10.102	140	0.462	0.091	0.083
11	3	30.7	10.082	160	0.485	0.078	0.071
12	1	30.7	10.107	140	0.421	0.123	0.112
12	2	30.7	10.078	142	0.454	0.091	0.083
12	3	30.7	10.072	142	0.486	0.083	0.076
13	1	30.7	10.057	142	0.427	0.089	0.081
13	2	30.7	10.044	140	0.436	0.1	0.09
13	3	30.7	10.024	160	0.489	0.099	0.089
14	1	30.7	10.005	120	0.411	0.099	0.089
14	2	30.7	10.019	100	0.45	0.123	0.11
14	3	30.7	9.983	140	0.486	0.098	0.088

ความเข้มแสงเฉลี่ย = 9720 lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 ผลการทดลองที่ 24 ชั่วโมง

Cu_2SO_4(ppm	Replication	Temp(^0C)	pH	Alkalinity	NO_2^-	NH_4^+	NH_3
0	1	28.3	10.521	180	0.016	0.067	0.061
0	2	28.2	10.53	162	0.019	0.232	0.213
0	3	27.9	10.45	160	0.015	0.049	0.045
10	1	27.8	9.123	140	0.436	0.545	0.254
10	2	27.8	9.128	160	0.426	0.664	0.309
10	3	27.8	9.282	180	0.376	0.578	0.334
11	1	27.8	9.025	140	0.368	0.638	0.261
11	2	27.8	9.045	160	0.435	0.68	0.278
11	3	27.7	9.169	166	0.418	0.619	0.322
12	1	27.5	8.928	144	0.412	0.873	0.309
12	2	27.4	8.948	160	0.459	0.7	0.247
12	3	27.2	9.084	160	0.453	0.614	0.279
13	1	27.2	8.811	140	0.453	0.8	0.236
13	2	27.1	8.858	160	0.449	0.808	0.28
13	3	27	9.017	162	0.449	0.807	0.319
14	1	26.3	8.688	140	0.475	0.947	0.228
14	2	26.3	8.755	160	0.477	0.995	0.281
14	3	26.2	8.918	160	0.468	0.784	0.26

ความเข้มแสงเฉลี่ย = 11050 lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 ผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง

Cu_2SO_4(ppm	Replication	Temp(^0C)	pH	Alkalinity	NO_2^-	NH_4^+	NH_3
0	1	27.4	9.889	140	0	0.045	0.038
0	2	27.3	9.907	140	0	0.042	0.035
0	3	27	9.759	160	0	0.043	0.035
10	1	26.9	8.929	172	0.289	0.459	0.157
10	2	27	8.802	160	0.383	0.366	0.107
10	3	26.8	8.88	152	0.367	0.488	0.156
11	1	26.5	8.778	166	0.389	0.404	0.115
11	2	26.7	8.776	140	0.4	0.338	0.097
11	3	26.4	8.884	160	0.381	0.567	0.19
12	1	26.3	8.737	160	0.422	0.687	0.165
12	2	26.3	8.765	160	0.434	0.313	0.088
12	3	26.2	8.797	140	0.471	0.507	0.142
13	1	26.2	8.508	170	0.466	0.529	0.088
13	2	25.7	8.726	170	0.433	0.303	0.071
13	3	25.8	8.711	170	0.502	0.558	0.131
14	1	25.7	8.383	160	0.623	1.003	0.131
14	2	25.8	8.513	172	0.536	0.351	0.057
14	3	25.5	8.743	150	0.481	0.458	0.105

ความเข้มแสงเฉลี่ย = 2603.3 lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 ผลการทดลองที่ 72 ชั่วโมง

Cu_2SO_4(ppm	Replication	Temp(^0C)	pH	Alkalinity	$N0_2^-$	NH_4^+	NH_3
0	1	29.5	9.373	140	0	0.072	0.048
0	2	29.2	9.455	140	0.002	0.072	0.051
0	3	28.9	9.278	160	0.003	0.06	0.036
10	1	28.7	8.626	190	0.177	0.533	0.14
10	2	28.5	8.854	162	0.18	0.31	0.114
10	3	28.3	8.812	182	0.167	0.316	0.099
11	1	28.2	8.671	176	0.243	0.431	0.115
11	2	28.1	8.721	154	0.252	0.458	0.121
11	3	27.9	8.731	160	0.243	0.431	0.113
12	1	27.8	8.616	192	0.292	0.6	0.129
12	2	27.8	8.548	172	0.315	0.734	0.133
12	3	27.7	8.66	178	0.326	0.545	0.141
13	1	28.6	8.587	176	0.417	0.347	0.079
13	2	27.8	8.477	170	0.404	0.84	0.153
13	3	27.4	8.747	170	0.408	0.702	0.179
14	1	27.2	8.606	182	0.594	0.861	0.18
14	2	27	8.678	190	0.516	0.454	0.113
14	3	26.9	8.51	160	0.403	0.504	0.087

ความเข้มแสงเฉลี่ย = 5666.6 lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดลองที่ 96 ชั่วโมง

Cu_2SO_4(ppm	Replication	Temp(^0C)	pH	Alkalinity	NO_2^-	NH_4^+	NH_3
0	1	28.9	9.549	138	0.019	0.063	0.044
0	2	28.8	9.48	176	0.008	0.044	0.031
0	3	28.8	9.409	180	0.005	0.067	0.044
10	1	29	8.9	200	0.064	0.341	0.142
10	2	28.9	8.964	240	0.044	0.324	0.139
10	3	28.6	8.919	206	0.046	0.373	0.138
11	1	28.7	8.948	208	0.123	0.381	0.142
11	2	28.8	8.883	102	0.096	0.441	0.165
11	3	28.7	8.842	180	0.078	0.505	0.161
12	1	29	8.863	180	0.17	0.461	0.174
12	2	28.8	8.833	204	0.182	0.591	0.19
12	3	28.7	8.78	180	0.151	0.63	0.201
13	1	29.2	8.849	204	0.354	0.626	0.206
13	2	29	8.773	170	0.297	0.655	0.213
13	3	29	8.718	226	0.289	0.684	0.191
14	1	29.1	9.038	206	0.308	0.968	0.42
14	2	28.8	8.856	150	0.503	0.601	0.225
14	3	28.9	8.568	200	0.646	0.308	0.071

ความเข้มแสงเฉลี่ย = 11896.6 lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้