สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

รายงานการวิจัย

เรื่อง

ผลของไอออนโลหะหนักต่อการเจริญของสาหร่าย

The Effects of Heavy Metal Ions on the Growth of Algae.

นางพรรณี เพชรยศ
นางสาวศศิพินทุ์ นรเศรษฐพันธุ์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน
ประจำปี พ.ศ. 2534

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ธรรมนูญ เพชรยศ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการทำวิจัยโดยตลอด และขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมคิด บุญเรือง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัช วงษ์นาม และอาจารย์ผจง ตันวัฒนกูล ที่ช่วยตรวจแก้ไข ให้คำแนะนำในการวางแผนการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์พินิจ เจริญชาศรี หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาที่ให้ความสะดวกทั้งในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

นางพรรณี เพชรยศ

นางสาวศศิพินทรทุ์ นรเศรษฐพันธุ์

พฤษภาคม 2541

บทคัดย่อผลงานวิจัย

ชื่อโครงการ ผลของไอออนโลหะหนักต่อการเจริญของสาหร่าย

The Effects of Heavy Metal Ions on the Growth of Algae.

ชื่อผู้วิจัย นางพรรณี เพชรยศ

นางสาวศศิพินทุ์ นรเศรษฐพันธุ์

การศึกษาผลของไอออนโลหะหนัก 5 ชนิด คือ ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ต่อการเจริญของสาหร่าย 4 ชนิดคือ Spirulina sp.,Chlorella sp.,Scenedesmus sp.และ Closterium sp. จากการทดลองพบว่าไอออนโลหะหนักตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสี ทุกระดับความเข้มข้น ไม่มีผลยับยั้งการเจริญของ Spirulina sp. ส่วนไอออนโลหะหนักปรอท และทองแดงมีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้ ตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 1และ 10 ppm ขึ้นไปตามลำดับ การเจริญของ Chlorella sp พบว่าไอออนโลหะหนักตะกั่วและสังกะสี ทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้ ส่วนไอออนโลหะหนัก ปรอท แคดเมียม และทองแดง มีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้ตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 1,25 และ 25 ppm ขึ้นไป ตามลำดับ การเจริญของ Scenedesmus sp. พบว่าไอออนโลหะหนักตะกั่วทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้ ส่วนไอออนโลหะหนักปรอท แคดเมียม และ ทองแดง ยับยั้งการเจริญ ตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 5,20และ 25 ppm ขึ้นไปตามลำดับ สำหรับไอออนโลหะหนักสังกะสีทำให้สาหร่ายชนิดนี้มีการเจริญลดลงตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 1 ppm เป็นต้นไป การเจริญของ Closterium sp. พบว่าไอออนโลหะหนักตะกั่วและสังกะสีทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้ ส่วนไอออนโลหะหนักปรอท แคดเมียม และ ทองแดงมีผลยับยั้งการเจริญตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 1,10 และ 15 ppm ขึ้นไป ตามลำดับ

Research Title The Effects of Heavy Metal Ions on the Growth of Algae.

Name Mrs. Punnee Pedyod

Miss. SaSipin Norasretphan

Abstract

The Purpose of this study was to investigate the effects of five heavy metal ions : Lead ,Murcury,Cadmium, Copper and Zinc,on the growth of four genera in algae: Spirulina sp.,Chlorella sp.,Scenedesmus sp.and Closterium sp.It was found that Lead,Cadmium,and Zinc in every concentration level,have no result on the growth of : Spirulina sp.,But Mercury and Copper stopped growing at the concentration level 1 and 10 ppm. Lead and Zinc in every concentration level,have no result on the growth of Chlorella sp.,but Murcury,Cadmium and Copper stopped growing at the concentration level 1,25 and 25 ppm. Lead in every concentration level, has no result on the growth of Scenedesmus sp.,but Murcury,Cadmium and Copper stopped growing at the concention level 5,20 and 25 ppm. And Zinc slow down the growth of this genus at concentration level 1 ppm. Lead and Zinc in every concentration level, have no result on the growth of Closterium sp.,but Murcury,Cadmium and Copper stopped growing at Concentration level 1,10 and 15 ppm.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพประกอบ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การสำรวจเอกสาร	3
เอกสารเกี่ยวกับชีววิทยาของสาหร่าย	3
เอกสารเกี่ยวกับโลหะหนัก	7
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการทดลอง	13
บทที่ 4 ผลการทดลอง	16
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	24
บรรณานุกรม	28
ภาคผนวก	31

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1. การเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Spirulina sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนัก ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน..... 16
2. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Chlorella sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน..... 18
3. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Scenedesmus sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน..... 20
4. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Closterium sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน..... 22

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1. การเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Spirulina sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนัก ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน..... 17
2. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Chlorella sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน..... 19
3. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Scenedesmus sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน..... 21
4. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Closterium sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน..... 23

บทที่ 1

บทนำ

สาหร่ายเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นในระบบนิเวศแหล่งน้ำทั่วไปทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม ซึ่งเป็นอาหารที่สำคัญของผู้บริโภค อันได้แก่สัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ ตามที่ในปัจจุบันรัฐได้มีนโยบายในการพัฒนาประเทศประการหนึ่งอันได้แก่การกระจายกิจกรรมทางเศรฐกิจออกไปสู่ส่วนภูมิภาค และเร่งรัดให้เกิดชุมชนใหม่อันเป็นศูนย์กลางอุตสาหกรรมขึ้นในพื้นที่หลายแห่ง ตัวอย่างเช่น เขตพัฒนาชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภทนั้น ได้มีการนำโลหะหนักมาใช้เป็นวัตถุดิบและในกระบวนการผลิต ทำให้เกิดการแพร่กระจายของโลหะหนักเหล่านี้ออกไปสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจแพร่กระจายไปในอากาศ หรือออกมากับน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมและในที่สุดก็ลงสู่แหล่งน้ำ การปนเปื้อนของโลหะหนักเหล่านี้ในสิ่งแวดล้อมจะทำให้เกิดการสะสมของโลหะหนักในแหล่งน้ำ และในตะกอนอันมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาหร่ายซึ่งเป็นผู้ผลิตที่สำคัญในระบบนิเวศแหล่งน้ำ เมื่อผู้บริโภคลำดับขั้นถัดไปมาบริโภคสาหร่ายก็จะทำให้มีการสะสมโลหะหนักเหล่านี้มากขึ้น และจากการกินต่อกันเป็นทอดๆ ตามลำดับในห่วงโซ่อาหารนั้น ในที่สุดอาจจะสะสมมากขึ้นไปจนเป็นอันตรายต่อมนุษย์ซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับสุดท้ายได้เช่นกัน

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเห็นเป็นการสมควรที่จะทดลองเพื่อหาระดับความเข้มข้นที่เป็นพิษของไอออนโลหะหนักจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ที่มีผลต่อการเจริญของสาหร่าย 4 ชนิด คือ Spirulina sp.,Chlorella sp.,Scenedesmus sp.และ Closterium sp. คาดว่าค่าความเข้มข้นที่เป็นพิษต่อไอออนโลหะหนักจะมีผลต่อการเจริญของสาหร่ายทั้ง 4 ชนิด ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นแนวทางในการแก้ไข และ ควบคุมปัญหาภาวะมลพิษของสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากโลหะหนักเหล่านี้ และนอกจากนั้นยังเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัยในโอกาสต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาการเจริญของสาหร่ายในสารละลายของไอออนโลหะหนักที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงการเจริญของสาหร่ายในสารละลายของไอออนโลหะหนักที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน
2. สามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้เป็นแนวทางในการแก้ไข และ ควบคุมปัญหาภาวะมลพิษของสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากโลหะหนักดังกล่าว
3. ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่นำไปใช้ในการวิจัย ในโอกาสต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาการเจริญของสาหร่าย 4 ชนิด คือ Spirulina sp., Chlorella sp.,Scenedesmus sp.และ Closterium sp.ในสารละลายโลหะหนัก 5 ชนิด คือ ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 8 ระดับ คือ 0,1,5,10,15,20,25และ30 ppm. ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

บทที่ 2

การสำรวจเอกสาร

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา มีดังนี้

1. เอกสารเกี่ยวกับชีววิทยาของสาหร่าย
2. เอกสารเกี่ยวกับโลหะหนัก
3. เอกสารที่เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารเกี่ยวกับชีววิทยาของสาหร่าย

สาหร่าย หมายถึงกลุ่มของพืชที่มีโครงสร้างง่ายๆ คือประกอบด้วย เซลล์เดียว หรือหลายเซลล์ แต่การเรียงตัวของเซลล์ไม่สลับซับซ้อน ไม่มีเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่เฉพาะ จึงไม่มีท่อลำเลียง ไม่มีราก ลำต้น และใบที่แท้จริง โครงสร้างสาหร่ายทั้งหมดเรียกว่า ทัลลัส (thallus) สาหร่ายบางชนิดจัดเป็นแพลงค์ตอนพืชสามารถสังเคราะห์แสงได้ด้วยรงควัตถุชนิดต่างๆ ดังนั้นในการแบ่งชนิดของสาหร่าย จึงแบ่งชนิดตามรงควัตถุ เช่นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีแดง สาหร่ายสีน้ำตาล เป็นต้น (กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนรมนต์.2527 : 1-26) บรรดาสาหร่ายทุกชนิดสาหร่ายสีเขียว และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เป็นสาหร่ายที่พบมากที่สุดในแหล่งน้ำจืดทั่วไปทุกฤดูกาล

Spirulina sp. สาหร่ายเกลียวทอง เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งเวนคาทาราแมน (Venkataraman,1983:3) จัดอนุกรมวิธานไว้ดังนี้

Division Cyanophyta

Class Cyanophyceae

Order Oscillatoriales

Family Oscillatoriaceae

Genus Spirulina

สาหร่ายเกลียวทองที่ค้นพบแล้วมีประมาณ 30 ชนิด (species) ชนิดที่มีรายงานการทดลองและใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ Spirulina platensis และ Spirulina maxima (สุมาลี ดุลยอนุกิจ. 2535:4)

สาหร่ายเกลียวทองประกอบด้วย เซลล์รูปทรงกระบอกหลายเซลล์เรียงต่อกันเป็นเส้นสายที่ไม่แตกแขนง เรียกว่า ไตรโคม (trichome) เส้นสายจะบิดเป็นเกลียว รูปร่างที่เป็นเกลียวเป็นลักษณะของสกุล(genus) ความกว้างของเกลียว (helix) ระยะห่างระหว่างเกลียว(pitch) และความยาวของไตรโคม จะแตกต่างไปตามชนิด สาหร่ายเกลียวทองชนิด S.platensis มีขนาดความกว้างหรือเส้นผ่าศูนย์กลางของเกลียว 35-50 ไมครอน (สุมาลี ดุลยอนุกิจ. 2535 : 4-7)

การเคลื่อนที่ของสาหร่ายเกลียวทองเป็นแบบเลื่อนไถล(gliding) โดยหมุนตัวบิดเป็นเกลียวไปรอบแกนความยาวของเซลล์ซึ่งเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือไปข้างหลังแบบควงสว่าน ทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็ว (Venkataraman and others.1974:131)

เวนคาทาราแมน (Venkataraman 1983: 40) กล่าวว่า รงควัตถุที่พบในสาหร่ายเกลียวทองที่สำคัญ คือ. คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) เบต้า แคโรทีน (β carotene) เบต้า คริปโตแซนทีน (β cryptoxanthin) ซีแซนทิน (Zeaxanthin) มิกโซแซนโทฟิลล์ (myxoxanthophyll) ซี ไฟโคไซยานิน (c-phycocyanin) และ ออลโลไฟโคไซยานิน (allophycocyanin)

สาหร่ายเกลียวทองมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการสร้างฮอร์โมโกเนีย (hormogonia) มีลักษณะเป็นท่อสั้น ๆ เกิดจากการขาดออกเป็นท่อนๆของไตรโคม มีปลอกหุ้มหัวและท้ายของเซลล์ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ ฮอร์โมโกเนียที่ถูกสร้างขึ้น จะมีการพักตัวและเจริญเป็นไตรโคมใหม่ต่อไป (Bold and Wynne. 1978: 40)

สาหร่ายเกลียวทองมีอยู่ทั่วไปในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ส่วนใหญ่พบในน้ำจืด ภายในเซลล์มีแกสแวคคิลโอล เป็นจำนวนมากทำให้สาหร่ายชนิดนี้ลอยตัวเป็นอิสระอยู่บนผิวน้ำได้ (Prescott. 1968: 148)

ระดับ pH ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงคือ 8.3-11 และเป็นสาหร่ายชนิดเดียวที่สามารถเจริญได้ดีในน้ำเลี้ยงที่มี pH และปริมาณเกลือแร่สูง (pH มีค่ามากกว่า 10 และปริมาณเกลือแร่มากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสาหร่ายชนิดอื่นเจริญได้ยาก (สุมาลี ดุลยอนุกิจ. 2535:9)

สาหร่ายเกลียวทองจัดเป็นสาหร่ายที่มีปริมาณโปรตีนสูงมากกว่าสาหร่ายชนิดอื่นๆโดยมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 65 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (Trainor 1978 : 449) นอกจากนี้ เวนคาทาราแมน (Venkataraman 1978 : 38) พบว่ายังประกอบด้วยไขมันร้อยละ 2-6 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 10-15 สารเส้นใยร้อยละ 1-4 เถ้าร้อยละ 6-15 และความชื้นร้อยละ 5-10 มีไวตามินที่สำคัญ เช่น เบต้า แคโรทีน 500 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง ไธอามีน ไรโบฟลาวิน และโคบาลามิน ประมาณ 27.8 33.4 และ 2.4 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัมของน้ำหนักแห้งตามลำดับ

Chlorella sp. เป็นสาหร่ายสีเขียวเซลล์เดียวจัดอยู่ใน Phylum Chlorophyta เท่าที่พบขณะนี้มี 11 ชนิด ได้แก่

Chlorella vulgaris , Chlorella pyrenoidosa ,Chlorella conglomerala , Chlorella simplex , Chlorella miniala , Chlorella ellipsoidea , Chlorella protothecoides , Chlorella saccharophila , Chlorella acuminata , Chlorella faginea และ Chlorella variegata โดยมีลักษณะที่ใช้ในการจำแนกคือ รูปร่างของเซลล์ ความหนาของผนังเซลล์ ขนาดของเซลล์ ลักษณะของไพรีนอยด์ ลักษณะของคลอโรพลาสต์ (สกานต์ พูลทวี. 2536 : 1)

Chlorella sp เป็นสาหร่ายสีเขียวเซลล์เดียว มีขนาด 3-15 ไมครอน เซลล์มีรูปร่างกลมหรือรี มีผนังเซลล์หุ้มอยู่ภายนอก นิวเคลียสมีขนาด 0.3-0.5 ไมครอน มีคลอพลาสต์เป็นรูปถ้วย มีไพรีนอยด์ 1 อันขนาดใหญ่กว่านิวเคลียส (สกานต์ พูลทวี. 2536 : 1)

Chlorella sp มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยการสร้างออโตสปอร์ (autospore) ภายในเซลล์แม่ มีจำนวนเป็น 2, 4, 8, หรือ 16 แต่ละสปอร์ มีลักษณะเหมือนเซลล์แม่ทุกประการ บางทีเรียกสปอร์เหล่านี้ว่า แอพลาโนสปอร์ (aplanospore) เมื่อหลุดออกไปจากเซลล์แม่จะเจริญเป็นคลอเรลลาเซลล์ใหม่ที่มีจำนวนโครโมโซมชุดเดียว (สุเทพ มงคลเลิศภพ. 2530 : 2) ส่วนใหญ่จะพบสาหร่ายชนิดนี้ที่ผิวน้ำของแหล่งน้ำจืด เช่น ทะเลสาบ บ่อคลอง แม่น้ำ ค่าความเป็นกรดเบสที่เหมาะสมคือ 4.5-5.6 คลอเรลลามีคุณค่าทางอาหารสูง โดยมีโปรตีนอยู่ประมาณ 55.6 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งประกอบไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด

ด้วยเหตุนี้จึงมีการเลี้ยง Chlorella sp . ,ในระดับอุตสาหกรรมเพื่อใช้เป็นอาหารเสริมขึ้นในหลายประเทศ เช่น ญี่ปุ่น ไต้หวัน ออสเตรเลีย และ สหรัฐอเมริกา โดยสายพันธุ์ที่นิยมใช้เลี้ยงคือ Chlorella pyrenoidosa และ Chlorella vulgaris โดยคุณสมบัติของสายพันธุ์ที่ต้องการคือ มีอัตราการเจริญสูง มีความต้านทานต่อจุลินทรีย์อื่น มีคุณค่าทางอาหารสูง และสามารถย่อยได้ง่าย นอกจากนี้ยังเป็นสาหร่ายที่นิยมนำมาใช้ในการทดลอง เช่น ทดลองเกี่ยวกับการสังเคราะห์แสง ในโครงการอวกาศก็กำลังค้นคว้าเพื่อนำไปใช้เป็นอาหารสำหรับมนุษย์อวกาศ (สกานต์ พูลทวี. 2536:3-4,7,สุเทพ มงคลเลิศภพ. 2530 :2)

Scenedesmus sp. เป็นสาหร่ายสีเขียวชนิดหนึ่ง พบอยู่ทั่วไปในแหล่งน้ำจืด จัดอนุกรมวิธานดังนี้ (Round. 1979:13)

Division Chlorophyta

Class Chlorophyceae

Order Chlorophyceae

Family Scenedesmus

Genus Scenedesmus

ลักษณะของสาหร่ายสกุลนี้ เซลล์จะรวมกันเป็นกลุ่มที่มีชื่อเฉพาะว่าซีโนเบียม (coenobium) มีตั้งแต่ 2,4,8,16 จนถึง 32 เซลล์ แต่บางครั้งก็ดำรงชีวิตเป็นอิสระเป็นเซลล์เดียว เซลล์มีรูปร่างแบบกระสวย มีส่วนปลายเซลล์กลมหรือแหลม เซลล์เรียงเป็นแถวหรือสองแถวโดยเอาด้านข้างชิดกันซึ่งอยู่ในแนวเดียวหรือเหลื่อมกัน ผนังเซลล์เรียบหรือบางส่วนมีหนาม เช่น Scenedesmus quadricauda บางชนิดมีส่วนคล้ายเขายื่นออกมาใช้ประโยชน์ในการลอยตัว

เซลล์ของ Scenedesmus sp. จะมีไพรีนอยด์ 1 อัน นิวเคลียส 1 อัน คลอโรพลาสต์ที่มีลักษณะเป็นร่างแหกระจายอยู่ทั่วเซลล์ เซลล์มีสีเขียวไม่มีแฟลกเจลลา และไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เอง

การสืบพันธุ์ของ Scenedesmus sp. มีทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ โดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศจะสร้างออโตโคโลนี ซึ่งเป็นการสร้างโคโลนีใหม่ขึ้นในโคโลนีเดิม อาจแยกเป็นโคโลนีอิสระ ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ มีการสืบพันธุ์ที่เรียกว่า ไอโซแกมมัส (isogamous) เป็นการรวมกันของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ที่มีรูปร่างเหมือนกันและขนาดเท่ากัน แต่บางครั้งอาจเป็นแบบแอนิโซแกมมัส(anisogamous) เป็นการรวมตัวกันของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียที่มีรูปร่างเหมือนกันแต่ขนาดต่างกัน โดยที่เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้มีขนาดเล็กกว่าเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย หรือเป็นแบบโอโอแกมมัส(oogamous) ซึ่งเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียต่างกันทั้งขนาดและรูปร่างโดยเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้มีขนาดเล็กและเคลื่อนที่ได้ แต่เซลล์สืบพันธุ์เพศเมียมีขนาดใหญ่และไม่เคลื่อนที่ (Bold. 1978:42)

Scenedesmus sp. จะพบทั่วไปในแหล่งน้ำจืดและบนดิน สำหรับประเทศไทยจากรายงานการสำรวจสาหร่ายน้ำจืดจากแหล่งต่างๆ คือ จังวัดปทุมธานี จังหวัดสกลนคร จังหวัดสมุทรปราการ ปรากฏว่าพบ Scenedesmus sp. ทุกท้องที่และทุกฤดูกาล อุณหภูมิที่สำรวจพบสาหร่ายเหล่านี้อยู่ระหว่าง 21-31 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-เบสประมาณ 3.6 - 8 (เชาว์ ทวีผล.2519:21)

จากการศึกษาของสุนันท์ เทศเพ็ญ (2523: 2) พบว่าสาหร่าย Scenedesmus sp. เจริญได้รวดเร็ว สังเคราะห์แสงทำให้ได้ออกซิเจนจำนวนมาก ซึ่งช่วยให้แหล่งน้ำปราศจากมลพิษ และมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี นอกจากนี้ยังพบว่า Scenedesmus sp. มีจำนวนโปรตีนสูงถึง 60-65 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นปริมาณโปรตีนที่พบมากกว่าสาหร่ายชนิดอื่น และยังพบสารอาหารพวกไขมัน คาร์โบไฮเดรต และวิตามินต่างๆ เช่น วิตามินบี 1 วิตามิน บี2 ซึ่งเป็นสารที่จำเป็นต่อร่างกาย

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้ปรับปรุงอาหารสำหรับใช้เลี้ยงสาหร่ายชนิดต่างๆหลายสูตร พบว่าสูตร NSIII(ภาคผนวก) ทำให้อัตราการเจริญของสาหร่ายสีเขียวดีที่สุด

Closterium sp. เป็นสาหร่ายสีเขียวชนิดหนึ่ง จัดอนุกรมวิธานดังนี้

Division Chlorophyta

Class Chlorophyceas

Order Zygnematales

Family Desmidiaceae

Genus Closterium

มีลักษณะสำคัญคือรูปร่างของเซลล์คล้ายพระจันทร์เสี้ยว เขาสัตว์ คันธนู หรือกระสวย ปลายทั้งสองข้างเรียวแหลมโค้งประมาณ 10 องศา ผนังเซลล์เรียบหรือขรุขระก็ได้ ผนังเซลล์อาจต่อกันเป็นแผ่นเดียว หรืออาจมีรอยเชื่อมต่อกัน ผนังเซลล์ด้านในประกอบด้วยสารเซลล์ลูโลสและเหล็ก เนื่องจากมีสารประกอบจำพวกเหล็กอยู่ด้วย จึงทำให้ผนนังเซลล์มีสีเหลืองปนน้ำตาลหรือสีน้ำตาล ผนังเซลล์นั้นนอกจากจะมีชั้นเมือกซึ่งเป็นสารพวกเพกติน(pectin) หุ้มไว้ โครงสร้างภายในเซลล์จะเหมือนกันทั้งสองข้าง แต่ละข้างจะมีคลอโรพลาสต์ลักษณะเป็นแผ่นเรียบหรืออาจเป็นสันเรียงตามความยาวของเซลล์ บนแผ่นคลอโรพลาสต์จะมีไพรีนอยด์ ซึ่งอาจจะเรียงเป็นแถวเดียวตามแกนความยาวของเซลล์ หรือมากกว่า 1 แถว หรืออาจจะไม่เรียงเป็นระเบียบก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด กึ่งกลางเซลล์จะมีช่องว่างแคบๆ ซึ่งเป็นที่อยู่ของนิวเคลียสจำนวน 1 อัน ปลายทั้งสองข้างเซลล์จะมีแวคิลโอข้างละ 1 อัน ภายในมีจำนวนผนึกยิบซัมจำนวน 1 หรือมากกว่าเคลื่อนที่ตลอดเวลา เชื่อกันว่าผลึกนี้เกิดจากสารที่เซลล์ขับออกมา มีการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศโดยวิธีคอนจูเกชัน (conjugation) และแบบไม่อาศัยเพศ โดยการแบ่งออกเป็นสองส่วน ปัจจุบันนักสาหร่ายวิทยาได้แบ่ง Closterium sp. ออกเป็นหลายชนิดตามรูปร่างของเซลล์ ความโค้งของเซลล์ ลักษณะของผนังเซลล์ และโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ (Smith. 1950:318)

เอกสารเกี่ยวกับโลหะหนัก

โลหะหนัก คือโลหะที่มีความหนาแน่นอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 5 เท่าของน้ำ หรือโลหะที่มีน้ำหนักอะตอมมากกว่าน้ำหนักอะตอมของธาตุโซเดียม (Na=22.9) โลหะประเภทนี้เมื่อทำปฏิกริยากับกรดไขมันแล้วจะได้สบู่ (heavy metal soaps) ซึ่งเป็นชนิดที่ไม่ละลายน้ำ แต่มีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม เช่นใช้เป็นสารหล่อลื่น และเป็นสารที่ผสมลงในสีเพื่อช่วยให้สีแห้งและเรียบ เป็นต้น โลหะหนักแพร่ลงสู่แหล่งน้ำโดยสาเหตุ 2 ประการได้แก่ จากปรากฏการณ์ธรรมชาติ และจากกิจกรรมของมนุษย์ ภายในแห่งน้ำโลหะหนักจะกระจายอยู่ในส่วนต่างๆ คือละลายอยู่ในน้ำ ถูกดูดซับโดยสิ่งของที่แขวนลอย หรือฟุ้งกระจายอยู่ในน้ำรวมทั้งพวกวัตถุและตะกอนในแหล่งน้ำ และสะสมไว้ในตัวของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ (ชูชาติ ชัยรัตน์. 2528 :4)

1. ตะกั่ว(Pb) ตะกั่วเป็นธาตุที่จัดอยู่ในพวกโลหะหนักในหมู่ที่ 4 ของตารางธาตุ มีสมบัติทั่วไป คือ อ่อนตัว มีสีเงินปนเทา มีจุดหลอมเหลวที่ 327.5 องศาเซลเซียส จุดเดือด 1,620 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 11.35 จึงเป็นโลหะที่สามารถทำให้อ่อนตัวและดัดแปลงให้มีรูปร่างลักษณะต่างๆ ตามต้องการ ตะกั่วเป็นธาตุที่นำมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่สมัยโบราณ เช่น ชาวโรมันใช้

ตะกั่วทำท่อส่งน้ำ และภาชนะหมักเหล้าไวน์ และในประเทศไทยใช้ตะกั่วเป็นส่วนผสมในโลหะอื่นๆ เป็นท่อส่งน้ำประปาไปตามบ้าน โดยธรรมชาติแล้วในสิ่งแวดล้อม เช่นในดินและน้ำจะมีตะกั่วเจือปนอยู่ในระดับต่ำ แต่ในระยะ 20-30 ปี ที่ผ่านมามีการใช้สารตะกั่วเพิ่มมากขึ้น กิจกรรมส่วนใหญ่จะใช้ตะกั่วในรูปของสารประกอบอนินทรีย์มากกว่าในรูปสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของสารตะกั่วทั้งในดิน น้ำ และอากาศ (อำพัน อยู่คงคร้าม. 2534 :5)

การนำตะกั่วมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบันเป็นสาเหตุสำคัญในการแพร่ของโลหะหนักลงสู่แหล่งน้ำ โดยเฉพาะปะปนมากับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จากรายงานของพลประเสริฐและคนอื่นๆ (Polprasert and others : 1979:78) ที่กล่าวถึงการปล่อยน้ำเสียจากโรงงานต่างๆ 22 แห่งลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาในปี พ.ศ. 2521-2522 โดยพบว่าโรงงานที่ปล่อยตะกั่วลงสู่แหล่งน้ำมากที่สุดคือ โรงงานกระดาษ (1 กิโลกรัม/วัน) และรองลงมาได้แก่โรงงานประกอบรถยนต์และโรงงานแบตเตอรี่(แห่งละ 0.5 กิโลกรัม/วัน) นอกจากนั้นตัวอย่างของอุตสาสหกรรมที่ปล่อยตะกั่วลงสู่แม่น้ำมีดังนี้ (จวงจันทร์ ชัยธชวงศ์ และปิยวัฒน์ โตสุโขวงศ์ 2526:35-45) อุตสาหกรรมเชื่อมหรือฉาบโลหะด้วยตะกั่ว เป็นรูปตะกั่วซับออกไซด์ (PbO_2) อุตสากรรมแบตเตอรี่ใช้ตะกั่วออกไซด์ทำอิเลคโตรด อุตสาหกรรมทำสี เช่นตะกั่วโมนอกไซด์ทำสีเหลือง ตะกั่วโครเมตทำสีเหลือง ตะกั่วออกไซด์(Pb_3O_4) ทำสีกันสนิม ตะกั่วคาร์บอเนต ($PbCO_3$) ผสมกับตะกั่วไดออกไซด์($Pb(OH)_2$) ใช้ในการทำสีน้ำมันและหมึกพิมพ์ อุตสาหกรรมเครื่องเคลือบใช้ตะกั่ว
ซิลิเคท($PbSiO_3$) เพื่อทำให้ผิวเรียบเป็นเงางาม อุตสาหกรรมน้ำมันและปิโตรเลียมใช้ตะกั่วเตตราเอทธิล และตะกั่วเตตราเมทธิลผสมในน้ำมันเบนซินเพื่อให้เครื่องยนต์เดินเรียบ ใช้ในทางเกษตรกรรมโดยผสมในน้ำยาปราบศัตรูพืช และยังใช้ในวงการแพทย์อีกด้วย

ตะกั่วเป็นโลหะที่เป็นพิษร้ายแรงต่อร่างกายของเราถ้าเรารับเข้าไปในปริมาณสูง โดยปกติร่างกายคนทั่วไปถ้ามีตะกั่วในเลือดประมาณ 0.25 ppm. จะไม่ก่อให้เกิดอาการแต่อย่างใด แต่ถ้าร่างกายรับเข้าไปในปริมาณมากในทันทีทันใด เช่นในเลือดมีมากกว่า 0.8 ppm.จะเกิดอาการเป็นพิษอย่างเฉียบพลัน เช่นปวดท้องอย่างแรง อุจจาระมีสีดำ เกิดอาการซอค ตื่นเต้นง่าย ความจำเสื่อม และทำอันตรายต่อไต (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2532:411) การเกิดพิษจากตะกั่วขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ คือระยะเวลาที่สัมผัส ปริมาณสารที่เข้าสู่ร่างกาย คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของสารนั้นๆ (จวงจันทร์ ชัยธชวงศ์ และ ปิยวัฒน์ โตสุโขวงศ์.2526:55)

2. แคดเมียม (Cd) แคดเมียมเป็นโลหะสีขาวเงิน อ่อนและดัดได้ง่าย ทนทานต่อการ

ผุกร่อน มีจุดหลอมเหลวที่ 321 องศาเซลเซียส และมีจุดเดือดที่ 765 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นเท่ากับ 8.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีเลขอะตอมเท่ากับ 48 มีน้ำหนักอะตอมเท่ากับ 112.4 อยู่ในหมู่ IIB ของตารางธาตุร่วมกับสังกะสีและปรอท (Hiatt and Huff. 1975:280)

แคดเมียมเกิดขึ้นในธรรมชาติร่วมกับสังกะสีในรูปของสารประกอบซัลไฟด์ เพราะธาตุทั้งสองมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีคล้ายคลึงกัน มนุษย์เราได้แคดเมียมเป็นผลพลอยได้จากการถลุงสินแร่สังกะสีในอัตราส่วน 3 ตัน ของแคดเมียมต่อ 1,000 ตันของสังกะสี แคดเมียมใช้ทำผลิตภัณฑ์และของใช้ที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ แบตเตอรี โลหะเจือ เคลือบผิวหรือชุบโลหะ ทำกระป๋องบางชนิด ผสมสีบางชนิด ผสมในน้ำมันเครื่อง ยาง และพลาสติก นอกจากนั้นยังนำไปผลิตสารฆ่าเชื้อรา การใช้และการผลิตแคดเมียมในโลกเพิ่มขึ้นมากในศตวรรษที่ 20 โดยตอนต้นของศตวรรษมีการผลิตหลายสิบตันต่อปี แต่ในปี 1975 มีการผลิตสูงถึง 15,000 ตัน ประกอบกับการนำแคดเมียมมาใช้ใหม่มีน้อย แคดเมียมส่วนที่ไม่ได้นำกลับมาใช้จึงแพร่กระจายไปในสิ่งแวดล้อม จึงทำให้ปัญหามลพิษจากแคดเมียมรุนแรงขึ้น (เสียง เชษฐศิริพงศ์ 2527 :3-4: ทบวงมหาวิทยาลัย 2532: 412) แคดเมียมที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมนั้นมีทั้งที่มีอยู่ในธรรมชาติที่อยู่รวมกับแร่ชนิดอื่น กับอยู่ในหินประเภทต่างๆ แคดเมียมที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่นการทำเหมืองสังกะสี เหมืองตะกั่ว และเหมืองทองแดง รวมทั้งการทำโลหะเจือ นอกจากนั้นแหล่งสำคัญของแคดเมียม อีกแหล่งหนึ่งก็คือ ควันบุหรี่

มนุษย์ได้รับแคดเมียม ทั้งในระบบทางเดินอาหาร และระบบหายใจ พิษของแคดเมียมทำให้เกิดอาการต่างๆ เช่น ปอดอักเสบ น้ำขังในปอด และการทำงานของตับและไตเสียไป (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2532:412)

3. ปรอท (Hg) ปรอทเป็นโลหะสีขาวคล้ายเงิน มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ค่าความถ่วงจำเพาะ 13.59 ที่อุณหภูมิปกติจะระเหยเป็นไอได้ ก่อให้เกิดอันตรายได้ง่าย สารปรอทในธรรมชาติพบในดิน หิน แร่ และน้ำ รวมทั้งถ่านหิน ดังนั้นการเผาถ่านหินก็จัดเป็นแหล่งที่ปล่อยปรอทสู่บรรยากาศที่สำคัญที่สำคัญที่สุดแหล่งหนึ่ง นอกจากนั้นยังมีการนำปรอทมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น ทำโลหะเจือ ทำคะตะลิสต์ ผลิตกระดาษ และผลิตน้ำยาซักแห้ง เป็นต้น ทบวงมหาวิทยาลัย. 2532: 406-407)

การใช้ปรอทในอุตสาหกรรมอย่างมากนั่นเองเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ปรอทแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตรวมทั้งมนุษย์ด้วย อาการที่เกิดจากพิษปรอทนั้นมีทั้งพิษเฉียบพลัน และพิษเรื้อรัง (วรพันธ์ แก้วอุดม. 2532: 18)

4. ทองแดง (Cu) ทองแดงเป็นโลหะสีแดงมีความถ่วงจำเพาะ 8.96 นำไฟฟ้าได้ดีรอง

จากเงิน ทนการกัดกร่อนในอากาศได้ดีกว่าเหล็ก ทองแดงบริสุทธิ์มีความอ่อนปานกลาง ไอของทองแดงเป็นสีเขียว ปกติพบในรูปของสารประกอบ(Hawley. 1977: 450) สารประกอบของทองแดงละลายน้ำได้ดีเมื่ออยู่ในรูปของคลอไรด์ ซัลเฟต และไนเตรต ส่วนสารประกอบในรูปคาร์บอเนตไฮดรอกออกไซด์ และซัลไฟด์จะไม่ละลายน้ำ(สงัด อัครวนิช.2534: 13,โสภาพรรณ จิรนิรัติศัย.2534:8)

ทองแดงเป็นโลหะที่นำมาใช้ประโยชน์มาก ร้อยละ 50 นำมาใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้า โลหะผสม ส่วนประกอบของยารักษาโรค ยาฆ่าเชื้อรา ยากันแมลงในอุตสาหกรรมทอผ้า ผลิตภัณฑ์เซรามิค โรงงานผลิตสารเคมีที่เกี่ยวกับทองแดง โรงงานชุบโลหะ โรงงานวิทยุโทรทัศน์ และโรงงานทำลวดทองแดง (สงัด อัครวนิช. 2534 :13) จากการนำทองแดงมาใช้ประโยชน์ต่างๆ นั้นเป็นผลให้มีการแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมและมีโอกาสเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ กองมาตราฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม(2532:61) ได้รายงานปริมาณทองแดงที่ตรวจพบในแม่น้ำแม่กลองในปี 2529-2531โดยในปี 2529 มีตั้งแต่ตรวจไม่พบจนถึง 17.5 ไมโครกรัม/ลิตร ปี 2530 พบ 2.8-39.5 ไมโครกรัม/ลิตร ปี 2531 พบ 3.6-72.0 ไมโครกรัม/ลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณทองแดงที่ตรวจพบมีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และจุฑามาศ เกตุทัต (2530:168) ได้รายงานความเข้มข้นของทองแดงในอากาศในย่านอุตสาหกรรมและที่พักอาศัยในกรุงเทพฯ และสมุทรปราการมีค่า 0.77 และ 1.19 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

ทองแดงเข้าสู่ทางร่างกายได้ทั้งทางเดินอาหารและทางเดินหายใจ มีการดูดซับที่กระเพาะอาหารและสะสมไว้ที่ตับ ไต สมอง หัวใจและผม ในคนปกติจะมีทองแดงในเลือด 1 มิลลิกรัม/ลิตร เพศหญิงจะมีปริมาณทองแดงในเลือดสูงกว่าชาย โดยเฉพาะผู้ที่อยู่ในระยะคุมกำเนิดหรือตั้งครรภ์ ถ้าร่างกายได้รับทองแดงเกินความต้องการจะมีอาการอ่อนเพลีย อาเจียน ท้องร่วง เม็ดเลือดแดงถูกทำลาย เกิดอาการตับวาย มีเลือดมากในทางเดินอาหาร หากได้รับคอปเปอร์ซัลเฟตในปริมาณมากจะทำให้เกิดพิษเฉียบพลัน ทำให้อาเจียนบางครั้งมีสีเขียว ความดันโลหิตต่ำ ดีซ่าน หมดสติ (โสภาพรรณ จิรนิรัติศัย . 2534:9)

4. สังกะสี (Zn) สังกะสีมีสีขาวแกมเทา มีความถ่วงจำเพาะ 7.14 แข็งแต่เปราะ ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในกรดเจือจาง เช่นกรดซัลฟูริก และกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง ได้ก๊าซไฮโดรเจน ในธรรมชาติพบสังกะสีในรูปสารประกอบ(Hawley.1977:940) เนื่องด้วยสังกะสีมีความทนต่อการกัดกร่อนได้ดีมากจึงได้นำมาใช้ในการเคลือบวัตถุอื่น เช่นฉาบผิวเหล็กในการก่อสร้างและใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่นยาปราบศัตรูพืช อุตสาหกรรมยา ผ้า สี กระดาษ และเครื่องสำอาง นอกจากนั้นยังใช้สารประกอบของสังกะสีในการเพิ่มค่าออกเทนในน้ำมันเชื้อเพลิงแทนตะกั่ว และใช้เกลือของสังกะสีมาประยุกต์ใช้ในการแพทย์ (สงัด อัครวนิช. 2534 :15)

สังกะสีมีการแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งในอากาศ ดิน และแหล่งน้ำ การชะล้างของบ้านที่มุงด้วยโลหะที่มีสังกะสีเคลือบและการทิ้งของเสียลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้มีสังกะสีปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำ จากการศึกษาสังกะสีในแหล่งน้ำ พบว่าแม่น้ำแม่กลองมีความเข้มข้นของสังกะสีในปี 2529,2530,2531 มีค่าเท่ากับ 77,65 และ 116 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ (กองมาตราฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม.2532: 66) และในปี 2534 พบสังกะสีในแม่น้ำแม่กลอง 70.26 ไมโครกรัม/ลิตร (โสภาพรรณ จิรนิรัติศัย . 2534) และจากการศึกษาของ สงัด อัครวนิช.(2534) ในลุ่มน้ำป่าสักพบสังกะสี 58.91- 105.49 ไมโครกรัม/ลิตร

สังกะสีเป็นธาตุที่จำเป็นต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช บางชนิดแต่ในปริมาณน้อย เนื่องจากสังกะสีเป็นส่วนประกอบของเอ็นไซม์หลายชนิด สังกะสีเข้าสู่ร่างกายโดยทางเดินอาหารและทางหายใจ ความเป็นพิษเนื่องจากร่างกายได้รับเป็นปริมาณมาก จะมีอาการผิดปกติ เช่น ปวดท้อง วิงเวียน ชอค และอาจถึงตายได้ การสัมผัสสังกะสีคลอไรด์นานๆ จะทำให้เกิดพิษต่อผิวหนัง และถ้าหายใจเอาฝุ่นสังกะสีคลอไรด์ และสังกะสีออกไซด์ เข้าไปจะมีอาการไข้ คลื่นไส้ อาเจียน คอแห้ง ไอ อ่อนเพลีย และปวดตามร่างกาย และยังมีผลต่อโคโมโซมของคน (สงัด อัครวนิช. 2534 :16)

เอกสารที่เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชื่นจิตร์ ชื่นกระมล (2530) เปรียบเทียบผลผลิตของสาหร่ายสไปรูไลนา (Spirulina platensis) ในอาหารสูตรต่างๆ ผลการทดลองพบว่า สูตรอาหารที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ SJ_2 medium (มูลไก่+ปุ๋ยเคมี) รองลงมาตามลำดับคือ AME_2 (มูลไก่) SJ_1 (มูลสุกร+ปุ๋ยเคมี) และ SJ_3 medium (มูลเป็ด+ปุ๋ยเคมี) ความเป็นกรดเบสที่ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 6 รองลงมาคือ 8 ระยะเวลาของการเพาะเลี้ยงที่ทำให้ผลผลิตสูงสุดคือ 10 วัน

นิตยา ไสยรินทร์ (2533) เปรียบเทียบผลผลิตของสาหร่าย Scenedesmus acutus ในน้ำสกัดจากมูลสัตว์ชนิดต่างๆ ที่ระดับความเข้มข้นและความเป็นกรด-เบสแตกต่างกัน พบว่าสาหร่ายเจริญได้ดีที่สุดจากน้ำสกัดจากมูลเป็ด และรองลงมาตามลำดับคือ น้ำสกัดจากมูลสุกร น้ำสกัดจากมูลโค น้ำสกัดจากมูลไก่ น้ำสกัดจากมูลนกกระทา และน้ำสกัดจากมูลค้างคาว สาหร่ายเจริญได้ดีที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ และค่าความเป็นกรด เบสที่เจริญได้ดีที่สุดคือ 8 รองลงมาคือ 9

เลเต้ และคนอื่นๆ (Leite and others. 1993 :54-58) ศึกษาความเป็นพิษของแคดเมียมต่อการเจริญของ Chlorella homosphaera และ Scenedesmus quadricauda โดยการใส่ $CdCl_2$ ที่ความเข้มข้น 0.0 ถึง 12.0 mg/l ลงในอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง พบว่าการเจริญของ Chlorella sp. และ Scenedesmus sp. ถูกยับยั้งความเข้มข้นของแคดเมียม 4.0 mg/l และ2.0 mg/l ตามลำดับ

มะโกะโตะ มิโซะกุชิ,อะคิระ โอะคิ และโทะชิโอะ ทะเคะชิตะ (Makoto Mizoguchi, Akira Ohki and Toshio Takeshita. 1990:953) ได้ทดลองแยกสาหร่ายน้ำจืด Chlorella vulgaris จากบ่อน้ำเสียที่มีสารหนูอยู่ และนำมาศึกษาความเป็นพิษและการสะสมสังกะสีและแคดเมียม พบว่าสังกะสีที่ระดับคามเข้มข้น 60-100 ppm ยับยั้งการเจริญของสาหร่าย ส่วนแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้น 25 และ 50 ppm ทำให้การเจิญลดลงอย่างเห็นได้ชัด

โฮเซตไต, ชิวาราัจ และแพทิล (Hosetti,Shivaraj and Patil. 1990: 1220-1223) ศึกษาอิทธิพลของสังกะสีต่อการเจริญ Scenedesmus quadricauda พบว่าการเจริญถูกยับยั้งที่ความเข้มข้น 10-15 mg/1 และผลผลิตของเอนไซม์ catalase phosphatase protease และ amylase ลดลง

สถาบันวิจัย ซาลวา เชฮาตา (Salwa A. Shehata research centre. 1980 : 431) ศึกษาของโลหะหนัก ทองแดง แคดเมียม นิเกิล สังกะสี และตะกั่ว ต่อการเจริญของ Scenedesmus sp. พบว่าการเจริญของ Scenedesmus sp. ลดลงที่ระดับความเข้มข้นของโลหะต่างๆ ดังนี้ ทองแดง 0.5 mg/1 แคดเมียม 0.5 mg/l นิเกิล 2 mg/1 สังกะสี 2 mg/l สำหรับตะกั่วนั้นสาหร่ายทนได้ถึงระดับความเข้มข้น 30 ppm

อาซี และบาเนอร์จี (Azeez and Banerjee. 1987 :1062-1069) ได้ทำการศึกษาผลของโลหะหนักต่อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Spirurina platensis) พบว่าโลหะหนักมีผลต่อปฏิกริยาต่างๆ เช่น การสังเคราะห์โปรตีน การสร้างองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งจะมีผลต่อการสังเคราะห์แสง

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการทดลอง

วัสดุ

สาหร่าย คือ Spirulina sp., Chlorella sp., Scenedesmus sp. และ Clostarium sp.

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่
2. บีกเกอร์
3. กระบอกตวง
4. ขวดวัดปริมาตร
5. ปิเปต
6. เครื่องสเปคโทโฟโตมิเตอร์ ชนิดสเปคโทรนิค 70
7. หม้อนึ่งความดัน
8. ตู้อบ
9. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด
10. เครื่องวัดความเข้มของแสงสว่าง
11. pHมิเตอร์
12. กระดาษกรอง
13. ขวดแก้วทึบแสง

สารเคมี

1. $(CH_3COO)_2$ Pb
2. $CdCl_2.2H_2O$
3. $HgCl_2$
4. $CuSO_4.5H_2O$
5. $ZnSO_4.7H_2O$
6. KNO_3
7. KH_2PO_4
8. $MgSO_4.7H_2O$
9. $CaCl_2.2H_2O$
10. NaCl
11. KBr
12. KI

13. LiCl
14. H_3BO_3
15. $NiSO_4.6H_2O$
16. $CoSO_4.7H_2O$
17. $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$
18. $(NH_4)6Mo_7O_{24}.4H_2O$
19. NH_4VO_3
20. $MnCl_2.4H_2O$
21. $Fe(NO_3).9H_2O$
22. TiTriplex III (EDTA)
23. น้ำกลั่น
24. NaOH
25. CH_3COOH

วิธีดำเนินการทดลอง

1. การเตรียมอาหาร (ภาคผนวก) เตรียมอาหารสูตร NSIII ไว้สำหรับเลี้ยงสาหร่ายสีเขียว Chlorella sp.,Scenedesmus sp.และ Clostarium sp. อาหารซารุคไว้สำหรับเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Spirulina sp. เมื่อเตรียมเสร็จแล้วปรับ pH ให้ได้ pH 7 แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจากไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายให้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

2. การเตรียมสาหร่ายเพื่อไว้ใช้ในการทดลอง นำหัวเชื้อสาหร่ายสีเขียว Chlorella sp.,Scenedesmus sp.และ Clostarium sp. มาเลี้ยงในอาหารเหลว NSIII เพื่อเป็นสตอคคัลเจอร์ (stock culture) นำหัวเชื้อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Spirulina sp. มาเลี้ยงในอาหารเหลวซารุค เพื่อเป็นสตอคคัลเจอร์

3. สภาวะการทดลอง การทดลองครั้งนี้ควบคุมความเข้มของแสง 4,000 ลักซ์ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าความเร็ว 120 รอบ/นาที

4. รูปแบบการทดลอง การทดลองครั้งนี้ใช้วิธีวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลสุ่มสมบูรณ์ 5x8 (Completely Randomized Factorial Design with two Treatment) (Kith,Roger E. 1982 : 429 –441) โดยใช้สาหร่าย 4 ชนิด ทดลองกับโลหะหนัก ชนิด ความเข้มข้นของโลหะ

หนักแต่ละชนิด 8 ระดับ การทดลองครั้งนี้มี 160 หน่วยการทดลอง ทำ 5 ซ้ำ ดังนั้นการทดลองครั้งนี้มี 800 หน่วยการทดลอง

5. การเพาะเลี้ยง การเพาะเลี้ยงสาหร่าย 4 ชนิดด้วยโลหะหนัก 5 ชนิด คือตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี และกำหนดค่าความเข้มข้นของโลหะหนักทุกชนิดเป็น 8 ระดับ ดังนี้ 0,1,5,10,15,20,25 และ 30 ppm.

หลังจากเพาะเลี้ยงได้ 7 วัน วัดค่า OD แสดงการเจริญของสาหร่าย โดยใช้สปคโทโฟโตมิเตอร์ ที่มีความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร และนำค่าOD ไปเทียบกับสมการพยากรณ์ เพื่อหาค่าการเจริญของสาหร่ายแต่ละชนิดเป็นน้ำหนักแห้ง (ภาคผนวก)

6. การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อได้ค่าน้ำหนักแห้งจากสมการพยากรณ์ นำค่าน้ำหนักแห้งเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การหาค่าเฉลี่ย (mean)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

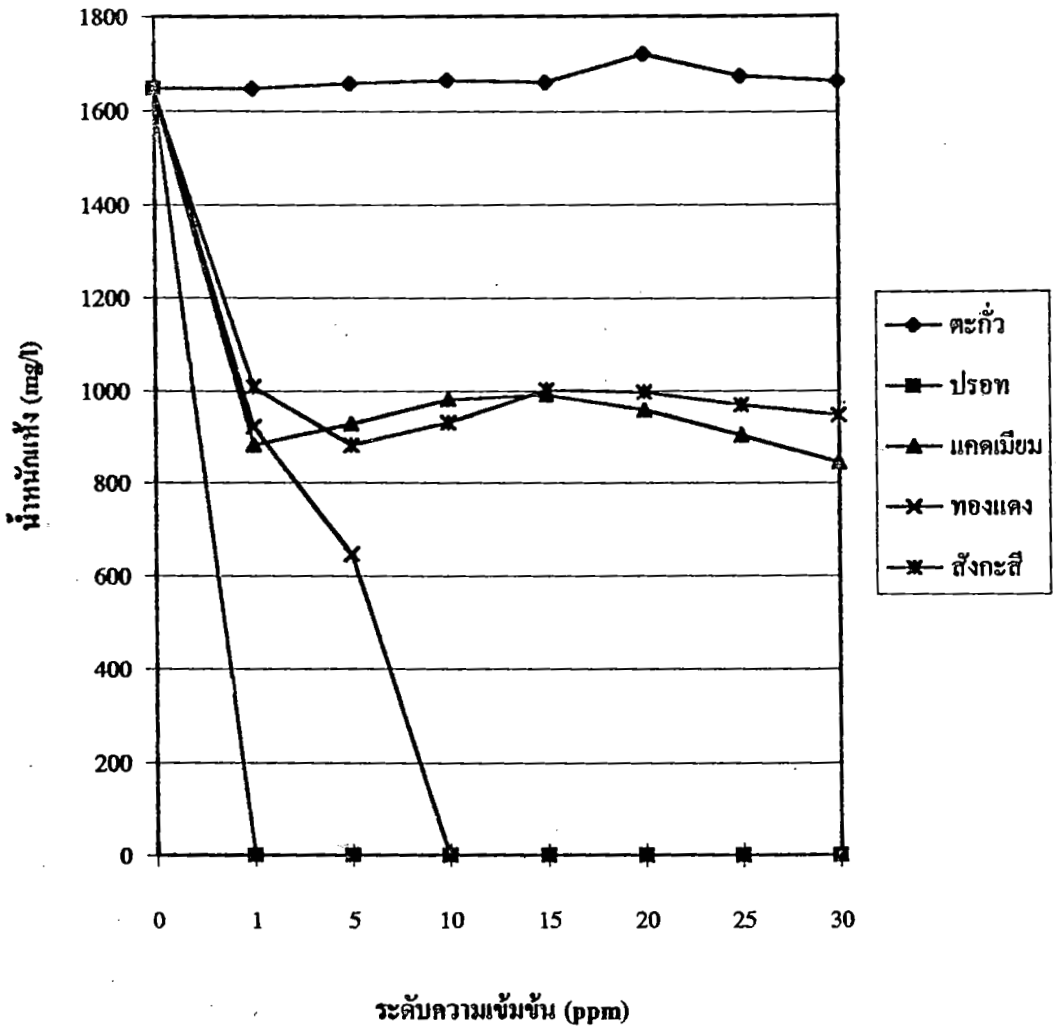
การวิจัยครั้งนี้ได้เสนอผลการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงการเจริญของสาหร่าย 4 ชนิด ดังนี้

1. การเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Spirulina sp.ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซารุค และมีไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน โดยวัดการเจริญเป็นค่าน้ำหนักแห้งมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร โดยกำหนดความเข้มข้นของสารละลายไอออนโลหะหนัก 0 ppm เป็นชุดควบคุม ดังตาราง 1 และภาพประกอบ 1

ตาราง 1 การเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Spirulina sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน

ไอออนโลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (ppm)							
	0	1	5	10	15	20	25	30
ตะกั่ว	1647.34	1647.34	1658.35	1665.07	1660.28	1720.92	1674.86	1663.86
ปรอท	1647.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
แคดเมียม	1647.34	882.15	927.19	981.24	992.25	959.22	904.17	843.61
ทองแดง	1647.34	921.68	645.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
สังกะสี	1647.34	1008.76	882.14	931.69	1003.25	997.35	970.22	948.20

จากตาราง 1 พบว่าไอออนโลหะหนัก ตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสี ทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่าย Spirulina sp. ส่วนไอออนโลหะหนัก ปรอทและทองแดงมีผลยับยั้งการเจริญ และทำให้สาหร่ายชนิดนี้ตายหมด ตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 1 และ 10 ppm ขึ้นไปตามลำดับ



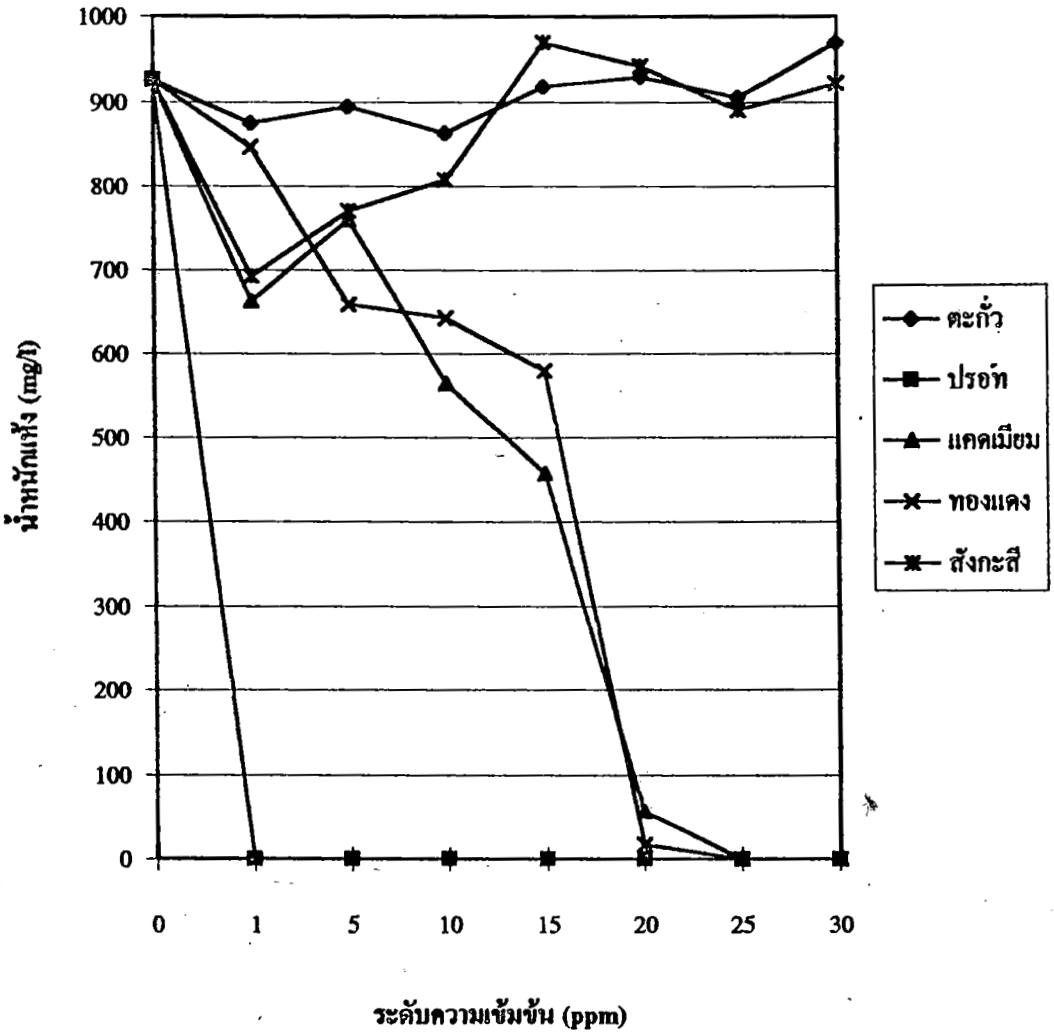
ภาพประกอบ 1 การเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Spirulina sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนัก ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน

2. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Chlorella sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร NSIII และมีไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน โดยวัดค่าความเจริญเป็นน้ำหนักแห้งมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตรโดยกำหนดความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนัก 0 ppm เป็นชุดควบคุม ดังตาราง 2 และภาพประกอบ 2

ตาราง 2 การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Chlorella sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน

ไอออนโลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (ppm)							
	0	1	5	10	15	20	25	30
ตะกั่ว	925.82	874.64	894.32	862.83	917.94	929.75	906.13	969.11
ปรอท	925.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
แคดเมียม	925.82	662.08	760.49	563.67	457.39	56.05	0.00	0.00
ทองแดง	925.82	847.09	658.14	642.40	579.41	16.68	0.00	0.00
สังกะสี	925.82	692.13	770.93	808.04	969.11	941.56	890.39	921.88

จากตาราง 2 พบว่าไอออนโลหะหนักตะกั่วและสังกะสีทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลยับยั้งการเจริญ ของสาหร่าย Chlorella sp. ไอออนโลหะหนักปรอท แคดเมียม และทองแดง มีผลยับยั้งการเจริญ และทำให้สาหร่ายชนิดนี้ตายหมด ตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 1,25และ 25 ppm ขึ้นไปตามลำดับ



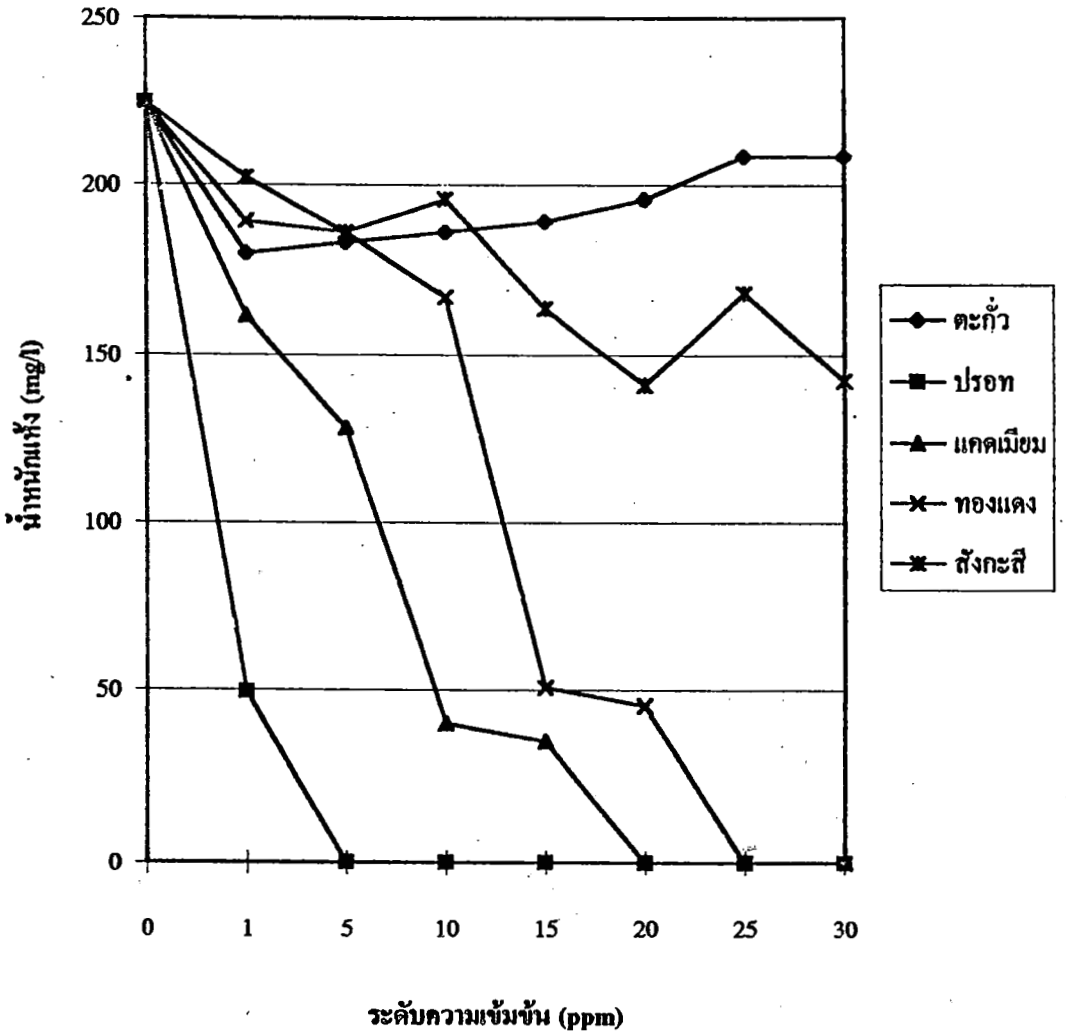
ภาพประกอบ 2 การเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่าย Chlorella sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนัก ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน

3. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Scenedesmus sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร NSIII และมีไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน โดยวัดการเจริญเป็นค่าน้ำหนักแห้งที่มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร โดยกำหนดความเข้มข้นของสารละลายไอออนโลหะหนัก 0 ppm เป็นชุดควบคุม ดังตาราง 3 และภาพประกอบ 3

ตาราง 3 การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Scenedesmus sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน

ไอออนโลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (ppm)							
	0	1	5	10	15	20	25	20
ตะกั่ว	224.59	179.65	182.86	136.07	189.28	195.70	208.54	208.54
ปรอท	224.59	49.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
แคดเมียม	224.59	161.26	128.38	40.42	35.28	0.00	0.00	0.00
ทองแดง	224.59	189.28	186.07	166.81	50.69	45.55	0.00	0.00
สังกะสี	224.59	202.12	186.07	195.70	163.60	141.22	168.19	142.50

จากตาราง 3 พบว่าไอออนโลหะหนักตะกั่วและทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลยับยั้งการเจริญ ของสาหร่าย Scenedesmus sp. ไอออนโลหะหนักปรอท แคดเมียม และทองแดง มีผลยับยั้งการเจริญ และทำให้สาหร่ายชนิดนี้ตายหมด ตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 5,20และ 25 ppm ขึ้นไป ตามลำดับ สำหรับไอออนโลหะหนักสังกะสี ทำให้สาหร่ายชนิดนี้มีการเจริญลดลงตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 1 ppm เป็นต้น



ภาพประกอบ 3 การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Scenedesmus sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน

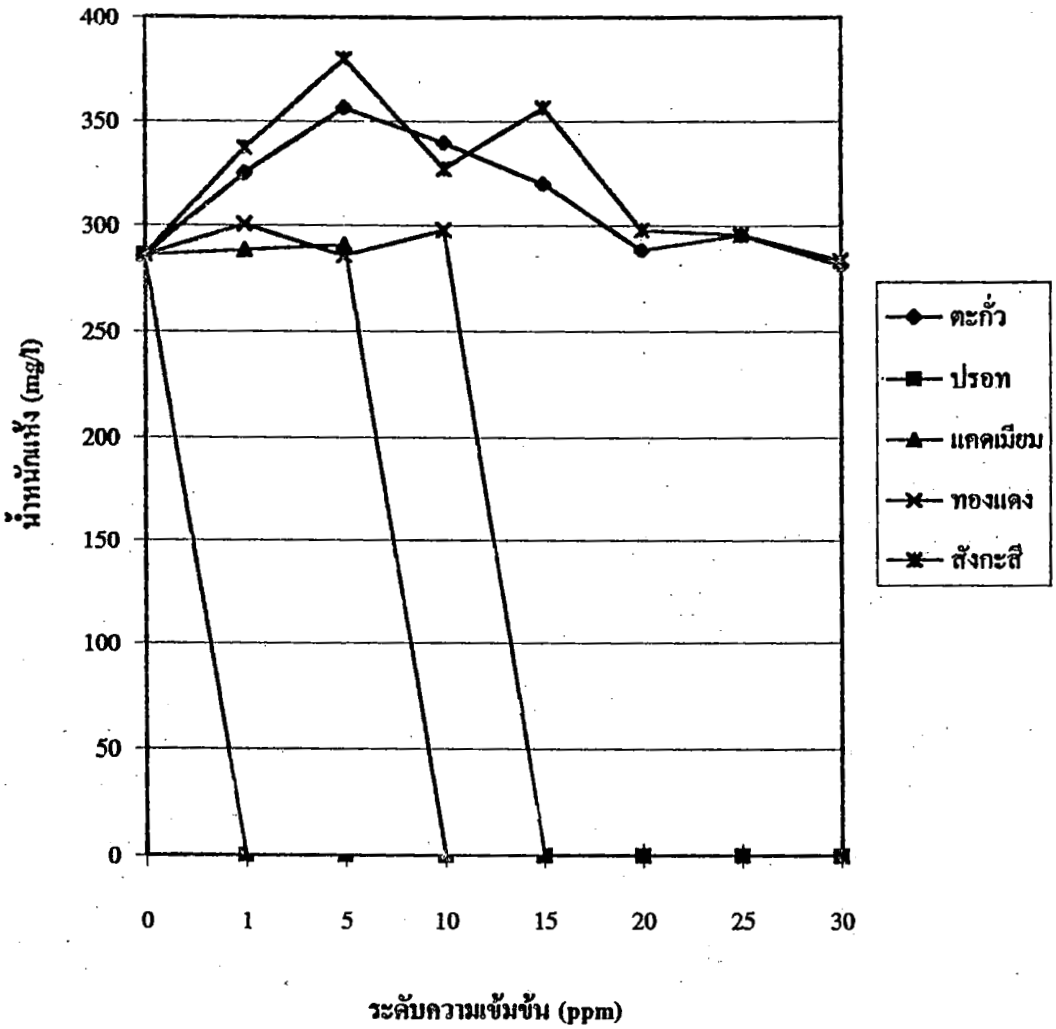
4. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Closterium sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร NSIII และมีไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน โดยวัดการเจริญเป็นค่าน้ำหนักแห้งมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร โดยกำหนดความเข้มข้นของสารละลายไอออนโลหะหนัก 0 ppm เป็นชุดควบคุม ดังตาราง 4 และภาพประกอบ 4

ตาราง 4 การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Closterium sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน

ไอออนโลหะหนัก	ระดับความเข้มข้น (ppm)							
	0	1	5	10	15	20	25	30
ตะกั่ว	285.94	324.78	356.33	339.34	319.92	288.37	295.65	281.08
ปรอท	285.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
แคดเมียม	285.94	288.37	290.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ทองแดง	285.94	300.51	285.65	297.78	0.00	0.00	0.00	0.00
สังกะสี	285.94	336.91	380.61	327.20	356.33	298.08	295.65	283.51

จากตาราง 4 พบว่าไอออนโลหะหนักตะกั่วและสังกะสีทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลยับยั้งการเจริญ ของสาหร่าย Closterium sp. ไอออนโลหะหนักปรอท แคดเมียม และทองแดง มีผลยับยั้งการเจริญ และทำให้สาหร่ายชนิดนี้ตายหมด ตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 1,10และ 15 ppm ขึ้นไป ตามลำดับ

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131



ภาพประกอบ 4 การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Closterium sp. ที่เพาะเลี้ยงในสารละลายไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน

579.8
W274W
ภ.2
139066

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

<u>สรุปผล</u> จากการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. การเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน <u>Spirulina</u> sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซารุค และมีไอออนโลหะหนักตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ที่ระดับความเข้มข้น 0,1,5,10,20,25 และ 30 ppm พบว่าไอออนโลหะหนักตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสี ไม่มีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้ ส่วนไอออนโลหะหนักปรอทและทองแดงมีผลยับยั้งการเจริญและทำให้สาหร่ายชนิดนี้ตายหมด ตั้งแต่ความเข้มข้น 1 และ 10 ppm ขึ้นไป ตามลำดับ และพบว่าไอออนโลหะหนักปรอทมีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้มากที่สุด

2. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว <u>Chlorella</u> sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร NSIII และมีไอออนโลหะหนัก ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0,1,5,10,15,20,25 และ 30 ppm พบว่าไอออนโลหะหนักตะกั่ว และสังกะสีทุกระดับความเข้นข้นไม่มีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้ ส่วนไอออนโลหะหนัก ปรอท แคดเมียม และทองแดงมีผลยับยั้งการเจริญ และทำให้สาหร่ายชนิดนี้ตายหมด ตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 1,25 และ 25 ppm ขึ้นไป ตามลำดับ และพบว่าไอออนโลหะหนักปรอทมีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้มากที่สุด

3. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว <u>Scenedesmus</u> sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร NSIII และมีไอออนโลหะหนัก ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ที่ระดับความเข้มข้น ตั้งแต่ 0,1,5,10,15,20,25 และ 30 ppm พบว่าไอออนโลหะหนักตะกั่วทุกระดับคามเข้มข้นไม่มีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้ ส่วนไอออนโลหะหนักปรอท แคดเมียม และทองแดงมีผลยับยั้งการเจริญ และทำให้สาหร่ายชนิดนี้ตายหมดตั้งแต่ความเข้มข้น 5,20,และ 25 ppm ขึ้นไปตามลำดับ สำหรับไอออนโลหะหนักสังกะสี ตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 1 ppm ขึ้นไป ทำให้สาหร่ายชนิดนี้มีการเจริญลดลง และพบว่าไอออนโลหะหนักปรอทมีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้มากที่สุด

5. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว <u>Closterium</u> sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร NSIII และมีไอออนโลหะหนัก ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0,1,5,10,15,25 และ 30 ppm พบว่าไอออนโลหะหนักตะกั่ว และสังกะสี ทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้ ส่วนไอออนโลหะหนักปรอท แคดเมียม และทองแดงมีผลยับยั้งการเจริญ และทำให้สาหร่ายชนิดนี้ตายหมด ตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 1,10,และ 15 ppm ขึ้นไป ตามลำดับ และพบว่าไอออนโลหะหนักปรอทมีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้มากที่สุด

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผล จากการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. การเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Spirulina sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซารุค และมีไอออนโลหะหนักตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ที่ระดับความเข้มข้น 0,1,5,10,20,25 และ 30 ppm พบว่าไอออนโลหะหนักตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสี ไม่มีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้ ส่วนไอออนโลหะหนักปรอทและทองแดงมีผลยับยั้งการเจริญและทำให้สาหร่ายชนิดนี้ตายหมด ตั้งแต่ความเข้มข้น 1 และ 10 ppm ขึ้นไป ตามลำดับ และพบว่าไอออนโลหะหนักปรอทมีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้มากที่สุด

2. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Chlorella sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร NSIII และมีไอออนโลหะหนัก ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0,1,5,10,15,20,25 และ 30 ppm พบว่าไอออนโลหะหนักตะกั่ว และสังกะสีทุกระดับความเข้นข้นไม่มีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้ ส่วนไอออนโลหะหนัก ปรอท แคดเมียม และทองแดงมีผลยับยั้งการเจริญ และทำให้สาหร่ายชนิดนี้ตายหมด ตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 1,25 และ 25 ppm ขึ้นไป ตามลำดับ และพบว่าไอออนโลหะหนักปรอทมีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้มากที่สุด

3. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Scenedesmus sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร NSIII และมีไอออนโลหะหนัก ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ที่ระดับความเข้มข้น ตั้งแต่ 0,1,5,10,15,20,25 และ 30 ppm พบว่าไอออนโลหะหนักตะกั่วทุกระดับคามเข้มข้นไม่มีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้ ส่วนไอออนโลหะหนักปรอท แคดเมียม และทองแดงมีผลยับยั้งการเจริญ และทำให้สาหร่ายชนิดนี้ตายหมดตั้งแต่ความเข้มข้น 5,20,และ 25 ppm ขึ้นไปตามลำดับ สำหรับไอออนโลหะหนักสังกะสี ตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 1 ppm ขึ้นไป ทำให้สาหร่ายชนิดนี้มีการเจริญลดลง และพบว่าไอออนโลหะหนักปรอทมีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้มากที่สุด

5. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Closterium sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร NSIII และมีไอออนโลหะหนัก ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0,1,5,10,15,25 และ 30 ppm พบว่าไอออนโลหะหนักตะกั่ว และสังกะสี ทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้ ส่วนไอออนโลหะหนักปรอท แคดเมียม และทองแดงมีผลยับยั้งการเจริญ และทำให้สาหร่ายชนิดนี้ตายหมด ตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 1,10,และ 15 ppm ขึ้นไป ตามลำดับ และพบว่าไอออนโลหะหนักปรอทมีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้มากที่สุด

อาหารที่มีสารละลายไอออนโลหะหนักแคดเมียมในครั้งนี้ยังมีผลใกล้เคียงกับการศึกษาของเลเต้และคนอื่นๆ (Leite and others. 1993: 54-58) พบว่าแคลเซียมคลอไรด์ยับยั้งการเจริญของ Scenedesmus quadricauda ที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับไอออนโลหะหนักสังกะสีตั้งแต่ระดับความเข้มข้น 1 ppm เป็นต้นไปนั้น ทำให้สาหร่ายชนิดนี้มีการเจริญลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของโฮเซตไต ชิวาร์จ และแพทิล (Hosetti Shivaraj and Patil.1990: 1220-1223) โดยพบว่า Scenedesmus quadricauda ถูกยับยั้งโดยไอออนโลหะหนักสังกะสีที่ระดับความเข้มข้น 10-15 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากสังกะสีทำให้ปริมาณของเอนไซม์ catalase phosphatase protease amylase ลดลง

4. การเจริญของสาหร่ายสีเขียว Closterium sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีสารละลายไอออนโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าการที่สาหร่ายชนิดนี้ถูกยับยั้งและตายหมดเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีสารละลายไอออนโลหะหนัก ปรอท แคดเมียม และทองแดง ที่ระดับความเข้มข้น 1,10 และ 15 ppm ขึ้นไปตามลำดับนั้น คาดว่าเนื่องมาจากการที่โลหะหนักมีผลต่อปฏิกริยาต่างๆ เช่นการสังเคราะห์โปรตีน การสังเคราะห์แสง เช่นเดียวกับการมีผลต่อการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Spirulina platensis ในการศึกษาของอาซีซ์ และบาเนอร์จี (Azeez and Banerjee .1987:1062-1069)

5. จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายทั้ง 4 ชนิด ในอาหารที่มีสารละลายไอออนโลหะหนักตะกั่วในระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 1-30 ppm นั้นพบว่าทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายทุกชนิด ซึ่งอาจเป็นเพราะว่า สาหร่ายทั้ง 4 ชนิดนี้สามารถทนต่อสารละลายไอออนโลหะหนักตะกั่วได้ถึงระดับความเข้มข้น 30 ppm เช่นเดียวกับการเจริญของ Scenedesmus sp. ที่เป็นผลจากการศึกษาของสถาบันวิจัยซาลวา เอ เชฮาตา (Salwa A. Shehata reseach centre. 1980:431)

6. จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายทั้ง 4 ชนิด ในอาหารที่มีสารละลายไอออนโลหะหนักปรอท พบว่าสาหร่ายทุกชนิดตายตั้งแต่มีการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีสารละลายไอออนโลหะหนักปรอทที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm ขึ้นไป ยกเว้น Scenedesmus sp. ที่ตายตั้งแต่มีการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีความเข้มข้น 5 ppm ขึ้นไป ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของกรกฎ วิเชษฎฐพิทยาพงษ์.(2535:1) ที่ได้ศึกษาการแพร่กระจายของโลหะหนักที่เป็นพิษในน้ำและดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พบว่าโลหะหนักปรอทมีแนวโน้มที่จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียม

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

ผลจากการวิจัยครั้งนี้ทำให้มีแนวคิดที่จะเสนอแนะให้ผู้สนใจศึกษาในโอกาสต่อไป ดังนี้

1. ควรศึกษาสารละลายไอออนโลหะหนักตะกั่วและสังกะสีเพื่อหาระดับความเข้มข้นที่สูงกว่า 30 ppm. ที่มีผลต่อการเจริญของสาหร่าย

2. ควรศึกษาสารละลายไอออนโลหะหนักปรอทเพื่อหาระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 1 ppm มีผลต่อการเจริญของสาหร่าย

บรรณานุกรม

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์. สาหร่าย. กรุงเทพ ฯ : คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2527.

กรกฎ พิเชษฎฐพิทยาพงษ์. การศึกษาการแพร่กระจายของโลหะหนักที่เป็นพิษในน้ำและดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

กองมาตราฐานอุตสาหกรรมสิ่งแวดล้อม. รายงานคุณภาพน้ำแม่น้ำแม่กลอง พ.ศ. 2529-2531. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและพลังงาน, 2532.

จวงจันทร์ ชัยธชวงศ์ และปิยวัฒน์ โตสุโขวงศ์ การเป็นพิษของโลหะหนัก. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.

จุฑามาศ เกตุทัศ. "โลหะหนักในอากาศของกรุงเทพมหานครและสมุทรปราการ" ใน รายงานสัมมนาวิชาการเรื่องปัญหาโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย ครั้งที่ 12. 19-21 สิงหาคม 2530 กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.

ชูชาติ ชัยรัตน์. พิษเฉียบพลันของปรอท ตะกั่วและสารผสมระหว่างโลหะทั้งสองชนิดที่มีผลต่อปลากะพงขาว Lates calcarifer (Bloch). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2528.

ชื่นจิตร์ ชื่นกระมล. การเปรียบเทียบผลผลิตของสาหร่ายสไปรูไลนา (Spirulina platensis) ในอาหารสูตรต่าง ๆ. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. ชลบุรี : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน, 2530.

เชาว์ ทวีผล. การสำรวจสาหร่ายในเขตอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. กรุงเทพ ฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2519.

ทบวงมหาวิทยาลัย. เคมี เล่ม 2 . พิมพ์ครั้งที่ 3 . กรุงเทพ ฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2532.

นิตยา ไสยรินทร์. การเปรียบเทียบผลผลิตจากการเพาะเลี้ยง Scenedesmus acutus ในน้ำสกัดจากมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่ระดับความเข้มข้นและความเป็นกรด –เบส ต่างกัน. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. ชลบุรี : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒบางแสน, 2533.

สกานต์ พูลทวี . สภาวะที่เหมาะสมในการเลี้ยง Chlorella sp. สายพันธุ์ B.K.1 วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพ ฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

สงัด อัครวนิช. ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี ในน้ำและดินตะกอนในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำต่างๆ บริเวณลุ่มน้ำป่าสัก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2534.

สุเทพ มงคลเลิศภพ. การสะสมสังกะสีโดยสาหร่ายเซลล์เดียว Chlorella sp. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพ ฯ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี, 2530.

สุนันท์ เทศเพ็ญ. อิทธิพลของคุณภาพแสงต่อปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และคลอโรฟิลล์ในสาหร่ายสีเขียว Scenedesmus acutus 276 -39 วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2523.

สุมาลี ดุลยอนุกูลกิจ. ผลของระดับความเข้มข้นต่าง ๆของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสูตรอาหาร Zarrouk ต่อการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (Spirulina sp.) วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535.

เสียง เชษฐศิริพงศ์. การศึกษาปริมาณแคดเมียมในดิน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2527.

โสภาพรรณ จิรนิรัติศัย. ปริมาณตะกั่ว ทองแดง แคดเมียม สังกะสี ในน้ำ และดินตะกอนจากชั้นคุณภาพลุ่มน้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำแม่กลอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2534.

อำพัน อยู่คงคร้าม. การศึกษาความผันแปรของปริมาณตะกั่วในแม่น้ำเจ้าพระยาจากจังหวัดนครสวรรค์ถึงสมุทรปราการ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2534.

Azeez,P.A. and Banerjee,D.K. " Influence of Light on Chlorophyll a Content of Blue – Green Algae Treated with Heavy Metals" Environ. Contam. Toxicol. 38(6) : 1062 – 1069; 1987.

Bold, Harold C. and Michael J. Wynne. Introduction to the Algae. New Jersey : Prentice- Hall,1978.

Bold, Harold C. and others. Morphology of Plant and Fungi. New York: Harper& Row,1980.

Hawleey,G.G. The Condensed Chemical Dictionary. 9 th ed., London : Van Nostrand Reinhold. Co.,1977.

Hiatt, V. and J.E. Huff. "The Environmental Impact of Cadmium : An overview." Intern. J. Environmental Studies. 7 : 277-285; 1975.

Hosetti,B.B., Shivarj K.M. and Patil, H.S. "Effect of Zinc on the Treatment of Domestic Sewage by Scenedesmus quadricauda" Environmental Ecology. S(4) : 1220-1223; 1990.

Kitk, Roger E. Experimental Design : Peocedures for the Behavioral Sciences. Montercy California : Brooks Cole Publishing Company, 1982.

Leite, S.G.F., carlos A., Moore M.C., and Pinto, G.A.S. " Cadmium Uptake and its Effect on the Growth of Chlorell homosphaera and Scenedesmus quadricauda Cells in Laboratory Conditions." Microbiology. 24(1) : 54 –58;1993.

Makato Mizoguchi, Akira Ohki and Toshio Takeshita."Bioaccumulation of Zinc and Cadmium in Freshwater Algae" Chemospere. 21(8) : 953; 1990.

Polprasert, C. and others. Research Reportion Heavy Metals, DDT and PCBs in the Upper Gulf of Thailand. Bangkok : Division of Environmental Enginerring, 1979.

Prescott, G.W. How to Know the Fresh- water Algae. Iowa : Wm.C. Brown, 1964.

Round, F.E. The Biology of the Algae. 2nd ed. London : Edward Arnold, 1977.

Salwa A. Shehata Research Centre. "growth Response of Scenedesmus to Different Concentrations of Copper, Cadmium, Nickel, Zinc and Lead" Environmental Institute. 4(5) : 431;1980.

Smith, G.M. The Fresh- water Algae of the united States. 2 nd ed . New York : Megraw – Hill Book Co., 1950.

Trainor, F.R. Introductory Phycology. New York : John Wiley & Sons Inc .,1978.

Venkataraman, G.S. and others. Algae : Form and Function. New Delhi : Today & Tomorrow Printers, 1974.

Venkataraman, L.V. A Monograph on Spirulina Platensis. Mysore : Department of Science and Technology, 1983.

Winer, B.J. Statistical Principles in Experimental Design . 2nd ed . New York: McGraw-Hill, 1971.

ภาคผนวก

การเตรียมอาหารสำหรับเลี้ยงสาหร่ายสีเขียว Chlorella sp. ,Scenedesmus sp. และ Closterium sp. เตรียมตามสูตรเลี้ยงอาหาร NSIII ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ม. เกษตรศาสตร์ ซึ่งเตรียมได้ดังตาราง 5

ตาราง 5 อาหารเลี้ยงสาหร่ายสีเขียว Chlorella sp., Scenedesmus sp. และ Closterium sp. ตามสูตรเลี้ยงอาหาร NSIII

สารเคมี	น้ำหนักสาร(g):น้ำกลั่น 1 ลิตร	นำมาใช้(ml):น้ำกลั่น 1 ลิตร
KNO_3	101.1	10
KH_2PO_4	120.0	2
$K_2HPO_4.3H_2O$	142.0	
$MgSO_4.H_2O$	62.0	2
$CaCl_2.2H_2O$	7.4	2
NaCl	116.8	0.1
Micro A.		
Micro B.		
Micro C.		

ส่วนการเตรียมสารละลาย Microelement A.,B และ C. เตรียมได้ดังตาราง 6

ตาราง 6 การเตรียมสารละลาย Microelement A.,B และ C.

สารเคมี	น้ำหนักสาร (mg)	สารละลาย 1	สารละลาย 2
Micro A.			
KBr	595	น้ำกลั่น 1000 ml + 3 ml	200 ml
KI	415	HCl 35%	
LiCl	21.2		
H_3BO_3	77.0		
$ZnSO_4.7H_2O$	144		
$NiSO_4.6H_2O$	658		
$CoSO_4.5H_2O$	70	น้ำกลั่น 100 ml + 3 ml	2 ml + น้ำกลั่น
$CuSO_4.5H_2O$	125	HCl 35%	798 ml
$Al_2(SO_4)_3.18H_2O$	167		
$(NH_4)6Mo_7O_{24}.4H_2O$	44		
NH_4VO_3	29		
Micro B.			
$MnCl_2.4H_2O$	50	น้ำกลั่น 1000 ml + 3 ml	
		HCl 35%	
MiCro C.			
$Fe(NO_3)_39.H_2O$	810	น้ำกลั่น 100 ml	
EDTA	750	(เก็บไว้ในที่มืด)	

แล้วนำไปทำให้ปราศจากเชื้อ โดยใช้หม้อนึ่งความดัน 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 20 นาที แล้วเก็บไว้ในขวดทึบแสง

การเตรียมอาหารสำหรับเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Spirulina sp. เตรียมขึ้นจากสูตรอาหารเลี้ยงสาหร่ายของซารุค ดังตาราง 7

ตาราง 7 อาหารเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Spirulina sp. ตามสูตรอาหารเลี้ยงสาหร่ายของซารุค

สารเคมี	ปริมาณที่ใช้(กรัมต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร)
$NaHCO_3$	16.80
K_2HPO_4	0.50
$NaNO_3$	2.50
NaCl	1.00
$MgSO_4.7H_2O$	0.20
$FeSO_4.7H_2O$	0.01
K_2SO_4	1.00
$CaCl_2.H_2O$	0.04
EDTA	0.08
สารละลาย A5	1 มิลลิกรัมต่อลิตร
สารละลาย B6	1 มิลลิกรัมต่อลิตร

สารละลาย B5 และ B6 เตรียมได้ดังตาราง 8

ตาราง 8 การเตรียมสารละลาย A5 และ B6

สารเคมี	ปริมาณที่ใช้
<u>สารละลาย A5</u>	(กรัมต่อลิตร)
H_3BO_3	2.86
$MnCl_2.4H_2O$	1.80
$ZnSO_4.7H_2O$	0.22
MoO_3	0.01
$CuSO_4$	0.08
<u>สารละลาย B6</u>	(กรัมต่อลิตร)
NH_4VO_3	22.9
$NiSO_3.7H_2O$	47.8
Na_2WO_4	17.9
$Ti(SO_4)$	40.0
$Co(NO_3)_2.6H_2O$	4.4

แล้วนำไปทำให้ปราศจากเชื้อ โดยใช้หม้อนึ่งความดันที่ 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แล้วนำไปเก็บในขวดทึบแสง

การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอดีกับน้ำหนักแห้ง

การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอดีกับน้ำหนักแห้งของสาหร่าย (มิลลิกรัมต่อลิตร) เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ ทำดังนี้

1. นำกระดาษกรองไปอบในตู้อบจนแห้งสนิทที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำไปเก็บในโถดูดความชื้นจนอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก
2. นำ pure culture ของสาหร่ายแต่ละชนิดไปปรับให้ความเข้มต่าง ๆกัน โดยใช้อาหารเลี้ยง แล้วนำไปวัดค่าโอดีด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร โดยใช้อาหารเลี้ยงสาหร่ายเป็นแบลงค์

3. นำ pure culture ที่ความเข้มข้นต่าง ๆซึ่งวัดค่า OD แล้ว จำนวน 10 มิลลิลิตร ไปกรองบนกระดาษกรองจากข้อ 1.
4. นำกระดาษกรองที่กรองสาหร่ายในข้อ 3 ไปอบจนแห้งอีกครั้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้นจนอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง หักน้ำหนักแห้งของกระดาษกรองออก น้ำหนักที่เหลือเป็นน้ำหนักแห้งของสาหร่าย คิดให้เป็นหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร
5. นำค่า OD ในข้อ 2 และค่าของน้ำหนักแห้งของสาหร่าย(มิลลิกรัมต่อลิตร) ในข้อ 4 สร้างสมการพยากรณ์เพื่อใช้ประมาณค่าน้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร) จากค่า OD ที่วัดได้จากการทดลอง ดังนี้

สมการพยากรณ์ Y เมื่อทราบค่า X

จากสมการ $Y = a + bX$

เมื่อกำหนดให้ Y คือน้ำหนักแห้ง มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

X คือ ค่า OD

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอดี กับน้ำหนักแห้งของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Spirulina sp. ได้ข้อมูลดังตาราง 9

ตาราง 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอดีกับน้ำหนักแห้งของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Spirulina sp.

ค่าโอดี	น้ำหนักแห้ง(mg/l)	ค่าโอดี	น้ำหนักแห้ง(mg/l)
0.00	0	0.60	330
0.07	30	0.75	420
0.14	73	0.85	480
0.22	105	0.95	530
0.30	150	1.00	580
0.38	200	1.10	620
0.40	219	1.20	680
0.50	280	1.40	700

จากข้อมูลในตาราง คำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอดีกับน้ำหนักแห้งของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Spirulina sp. ได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$Y = 550.5011x - 1.9338$$

การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอดี กับน้ำหนักแห้งของสาหร่าย Chlorella sp. ได้ข้อมูลดังตาราง 10

ตาราง 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอดีกับน้ำหนักแห้งของสาหร่ายสีเขียว Chlorella sp.

ค่าโอดี	น้ำหนักแห้ง	ค่าโอดี	น้ำหนักแห้ง(mg/l)
0.00	0	0.80	304
0.07	20	0.90	358
0.13	48	0.95	380
0.22	70	1.00	420
0.34	110	1.10	425
0.43	160	1.20	456
0.56	210	1.30	503
0.68	250	1.40	524

จากข้อมูลในตาราง คำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอดีกับน้ำหนักแห้งของสาหร่ายสีเขียว Chlorella sp. ได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$Y = 393.6363x - 7.7181$$

การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอดี กับน้ำหนักแห้งของสาหร่ายสีเขียว Scenedesmus sp. ได้ข้อมูลดังตาราง 11

ตาราง 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอดีกับน้ำหนักแห้งของสาหร่ายสีเขียว Scenedesmus sp.

ค่าโอดี	น้ำหนักแห้ง(mg/l)	ค่าโอดี	น้ำหนักแห้ง(mg/l)
0.00	0	0.70	210
0.05	15	0.76	220
0.11	22	0.82	260
0.20	73	095	310
0.30	80	1.00	315
0.40	110	1.10	348
0.50	140	1.20	380
0.60	180	1.30	410

จากข้อมูลในตาราง คำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอดีกับน้ำหนักแห้งของสาหร่ายสีเขียว Scenedesmus sp. ได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$Y = 312.0135x - 8.3703$$

การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอดี กับน้ำหนักแห้งของสาหร่ายสีเขียว Closterium sp. ได้ข้อมูลดังตาราง 12

ตาราง 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอดีกับน้ำหนักแห้งของสาหร่ายสีเขียว Closterium sp.

ค่าโอดี	น้ำหนักแห้ง(mg/l)	ค่าโอดี	น้ำหนักแห้ง(mg/l)
0.00	0	0.82	218
0.07	15	0.88	230
0.23	50	0.95	235
0.30	78	1.00	248
0.42	110	1.10	272
0.54	160	1.20	298
0.64	198	1.30	305
0.70	210	1.40	346

จากข้อมูลในตาราง คำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอดีกับน้ำหนักแห้งของสาหร่ายสีเขียว Closterium sp. ได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$Y = 242.7431x + 10.5822$$