สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้ไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella* sp. บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์

Synthetic wastewater treatment through using cyanobacterium *Fischerella* sp.

T104550

โดย

นางสาวชัชนันท์ ปาระจิตต์

ปก.
ส 354ก
2549
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....104550
วัน,เดือน,ปี.....- 5 พ.ย. 2552

b.....12159396.....
i.....

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง การใช้ไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella* sp. บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์

Synthetic wastewater treatment through using cyanobacterium *Fischerella* sp.

ชื่อนักศึกษา นางสาวชัชนันท์ ปาระจิตต์
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย
อาจารย์ที่ปรึกษา.....
(อาจารย์ สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์)

ภาควิชารับรองแล้ว
.....
(รองศาสตราจารย์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ)
หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
วันที่ 4 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้ไซยาโนแบคทีเรีย *Fischerella* sp. บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์

Synthetic wastewater treatment through using cyanobacterium *Fischerella* sp.

การใช้แพลงก์ตอนพืชบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชน ซึ่งแพลงก์ตอนพืชที่นำมาศึกษานี้คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิด *Fischerella sp.* ที่ระดับเซลล์ 0 (ควบคุม), 1, 2, 3 กรัม/ลิตร (น้ำหนักสด) ตามลำดับโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์เพื่อทำการหาระดับเซลล์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย โดยทำการประเมินคุณภาพน้ำทุกๆ 2 วัน โดยทำการวิเคราะห์ค่า NH_4-N, NO_3-N, SRP (PO_4-P), DO, pH การศึกษาใช้เวลาทั้งหมด 7 วัน จากผลการทดลอง พบว่าสาหร่าย *Fischerella* sp. ที่ระดับเซลล์ 2 และ 3 มิลลิกรัม/ลิตร มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ใกล้เคียงกัน ซึ่งผลที่ได้คือที่ 2 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถบำบัดไนเตรตได้ดีที่สุด ส่วน SRP และแอมโมเนีย ที่ระดับเซลล์ 3 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถบำบัดได้ดีที่สุด เพราะฉะนั้นระดับเซลล์ที่เหมาะ และสามารถนำไปใช้ได้ ควรเป็นที่ระดับเซลล์ 2 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากร้อยละในการกำจัดที่ระดับเซลล์ทั้งสองไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับที่ระดับเซลล์ 0 และ 1 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าน้ำหนักเปียกของสาหร่าย *Fischerella* sp. ที่ระดับเซลล์ มิลลิกรัม/ลิตร มีน้ำหนักเปียกมากที่สุดคือ 0.6±0.004 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

การทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี รวมทั้งคำแนะนำต่างๆ จนถึงแนวทางในการทดลอง แนวทางการแก้ปัญหา และชี้ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาทดลอง จนกระทั่งปัญหาพิเศษนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณ บุปผา จงพัฒนา และคุณ นพภล เผ่ามนัส ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือทั้งคำแนะนำต่างๆ สารเคมีและอุปกรณ์ทำการทดลอง

ขอขอบคุณ พี่ๆ นักศึกษาปริญญาโท ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำในการทำการทดลอง

นางสาวชัชนันท์ ปาระจิตต์

เมษายน 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	9
ผลการทดลอง	13
วิจารณ์ผลการทดลอง	18
สรุปผลการทดลอง	25
ข้อเสนอแนะ	25
เอกสารอ้างอิง	26

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถตรึงไนโตรเจน	4
2	สูตรอาหาร BG-11 สำหรับเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	9
3	แสดงค่า SRP เริ่มต้น, สิ้นสุดการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การกำจัด SRP ที่ระดับเซลล์ต่างๆ (ค่าเฉลี่ย±SE)	15
4	แสดงปริมาณไนเตรตเริ่มต้น, สิ้นสุดการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรตที่ระดับเซลล์ต่างๆ (ค่าเฉลี่ย±SE)	16
5	แสดงปริมาณแอมโมเนียเริ่มต้น, สิ้นสุดการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนียที่ระดับเซลล์ต่างๆ (ค่าเฉลี่ย±SE)	17
6	เปรียบเทียบความสามารถของสาหร่ายที่แตกต่างกันในการกำจัดไนเตรต แอมโมเนีย และฟอสเฟตในน้ำเสีย	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สาหร่าย *Fischerella sp.*	5
2	หัวเชื้อสาหร่าย *Fischerella sp.*	10
3	ขยายสาหร่าย *Fischerella sp.* ลงขวดแก้วขนาด 1 ลิตร	11
4	*Fischerella sp.* ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ระดับเซลล์ 0, 1, 2, 3 g/L ตามลำดับ	12
5	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเสียจากการบำบัดโดยสาหร่าย *Fischerella* sp. ที่ระดับเซลล์ต่างๆ ใน 7 วัน	13
6	ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสียจากการบำบัดโดยสาหร่าย *Fischerella* sp. ที่ระดับเซลล์ต่างๆ ใน 7 วัน	14
7	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า SRP ใน 7 วัน ที่ระดับเซลล์ต่างๆ	14
8	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของไนเตรต ใน 7 วัน ที่ระดับเซลล์ต่างๆ	15
9	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนีย ใน 7 วัน ที่ระดับเซลล์ต่างๆ	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหามลพิษของแหล่งน้ำโดยมีสาเหตุมาจากกิจกรรมในชุมชน ภาคอุตสาหกรรม และเกษตรกรรม คุณภาพน้ำโดยทั่วไปเมื่อไหลผ่านแหล่งชุมชนที่หนาแน่น เขตเกษตรกรรมที่มีการใช้สารเคมีอย่างเข้มข้น และเขตอุตสาหกรรมจะมีคุณภาพต่ำลงอย่างมาก สาเหตุของมลพิษทางน้ำในประเทศไทย เกิดจากการเพิ่มจำนวนประชากรอย่างรวดเร็ว การขยายตัวของเขตเมือง และการพัฒนาประเทศโดยขาดการจัดการน้ำเสียที่เกิดขึ้น ดังนั้นการจัดการน้ำเสียจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดสภาวะมลพิษของแหล่งน้ำที่เกิดขึ้น

แพลงก์ตอนพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำสามารถสร้างอาหารขึ้นมาได้เอง จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง อันเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำ โดยอาศัยแร่ธาตุและสารต่างๆ ที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าชนิดและการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชมีความแตกต่างกันในสภาพแหล่งน้ำที่แตกต่างกัน เพราะมีช่วงความทน และความไวต่อสภาพรีดิวซ์หรือออกซิไดซ์ต่างกัน จึงสามารถใช้แพลงก์ตอนพืชบำบัดคุณภาพน้ำในแหล่งต่างๆ ได้ พบอีกว่าแพลงก์ตอนพืชในดิวิชัน Cyanophyta หรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินนั้น บางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนได้โดยส่วนใหญ่เกิดในส่วนที่เป็น heterocyst cell ซึ่งส่วนใหญ่เป็น aerobic cyanobacteria แพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำต่างๆ และสามารถใช้บำบัดน้ำเสียได้

ปริมาณแพลงก์ตอนพืช มีผลต่อคุณภาพน้ำในแง่ของการบำบัดน้ำเสีย กล่าวคือสามารถบำบัดน้ำเสียได้ แต่เนื่องจากปริมาณแพลงก์ตอนต้องอยู่ในระดับที่เหมาะสม เพราะถ้าปริมาณแพลงก์ตอนมากเกินไป จะส่งผลทำให้น้ำเน่าเนื่องจากแพลงก์ตอนจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและตายทำให้คุณภาพน้ำแย่ลง ค่าคุณภาพน้ำที่มีค่าลดลงเมื่อถูกบำบัดโดยแพลงก์ตอน คือ แอมโมเนีย ไนเตรต และ ฟอสเฟต ซึ่งค่าคุณภาพน้ำเหล่านี้เป็นตัวที่แพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงศึกษาเกี่ยวกับการหาระดับเซลล์ของสาหร่ายที่เหมาะสมเพื่อใช้บำบัดน้ำเสีย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Fischerella* sp. บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ และหาระดับเซลล์ที่เหมาะสมเพื่อใช้บำบัดน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Cyanobacteria)

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (cyanobacteria) เป็นจุลินทรีย์ที่จัดอยู่ใน Division Cyanophyta พบว่ามีชีวิตอยู่ประมาณ $3x10^9$ ปีมาแล้ว เป็น prokaryotic microorganisms ชนิดแกรมลบ (Rassussen และ Svenning, 1998) สามารถสังเคราะห์แสงได้ และบางชนิดมีคุณสมบัติในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ เนื่องจากมีโครงสร้างที่คล้าย chloroplast ซึ่งได้รับมาจากการอยู่ร่วมกันของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินกับพืช และการมีเอ็นไซม์ไนโตรจีเนส (nitrogenase enzyme) ตามลำดับ จากการที่มีความหลากหลายทางสรีรวิทยา, สัณฐานวิทยา และการพัฒนารูปร่างต่าง ๆ ทำให้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในสิ่งแวดล้อมต่างๆ อย่างหลากหลาย ได้แก่ หิน ดิน ทะเลทราย น้ำพุร้อน น้ำจืด น้ำทะเล และทะเลสาบ เป็นต้น (Mazel และคณะ, 1990)

โดยปกติเซลล์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ประกอบด้วยผนังเซลล์ (cell wall) หุ้มด้วย gelatinous sheath ภายในเซลล์มี thylakoid, ribosome, nucleus และเม็ดสีซึ่งอยู่ในส่วนที่เรียกว่า chromoplasm มี chlorophyll a ใช้ในการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้ยังมีเม็ดสีพวก carotenoid, phycobilins ซึ่งประกอบด้วย phycocyanins และ phycoerythrins ส่วนใหญ่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะมีสีเขียวแกมน้ำเงิน แต่บางชนิดมีสีแดง สีม่วง สีเขียว สีเขียวมะกอก สีน้ำตาล และสีดำ ไม่มีอวัยวะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ แต่จะสามารถเคลื่อนที่ไปด้านหน้า-หลังได้ เช่น *Oscillatoria* อาหารจะเก็บสะสมในรูป cyanophycean starch ซึ่งได้แก่ ไกลโคเจนและโปรตีน มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยจะมีการสร้างสปอร์ เป็นโครงสร้างที่เรียกว่า akinete cell โดยจะสร้างผนังเซลล์ที่หนาขึ้นของเซลล์พื้นฐาน (vegetative cell) และสามารถทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ บางครั้งอาจสร้าง sporangiospores จากการแบ่งตัวหลาย ๆ ครั้งของ protoplast ทำให้ผนังเซลล์ทำหน้าที่เป็น sporangium ซึ่งมี spore บรรจุอยู่ โดยทั้ง akinete และ sporangiospore ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ นอกจากนี้ยังมีโครงสร้างอื่น เช่น heterocyst cell ซึ่งนอกจากจะเป็นที่อยู่ของเอ็นไซม์ไนโตรจีเนส แล้วยังเป็นส่วนที่ทำให้มีการแบ่งสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นท่อนสั้น ๆ ที่เรียกว่า hormogonia อีกด้วย ตัวอย่างของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ได้แก่ สกุล *Gloeocapsa, Merismoperdia, Oscillatoria, Lyngbya, Nostoc, Anabaena, Gloeotrichia, Rivularia* และ *Microcystis* เป็นต้น

เซลล์ต่าง ๆ ของ cyanobacteria ประกอบด้วย vegetative cell เป็นเซลล์ทั่วไปที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของเซลล์ เป็นแหล่งเก็บธาตุอาหารจำพวกแร่ธาตุ และสามารถสร้างอาหารได้เองโดยการสังเคราะห์แสง heterocyst cell เป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์หนามักพบใน filamentous

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cyanobacteria บางชนิด และเป็นเซลล์ที่มีการตรึงไนโตรเจน, akinete cell เป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์หนา มีคุณสมบัติคล้ายกับสปอร์ของแบคทีเรียและเชื้อรา และ hormogonia เป็นเซลล์ที่พบใน filamentous cyanobacteria โดยจะทำหน้าที่เป็น reproductive body ดังกล่าวข้างต้น

การจำแนกชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

การจำแนกชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในระดับจีนัส และสปีชีส์จะอาศัยลักษณะโครงสร้างของเซลล์ การเรียงตัวเป็นเส้นสาย สี รูปร่าง และการเกาะกลุ่ม (Rippka, 1988) เช่น

1. ลักษณะการเจริญเติบโต : เป็นเซลล์เดี่ยว, รวมกันเป็นกลุ่ม หรือเรียงตัวเป็นเส้นสาย
2. ลักษณะโคโลนี : ลักษณะโคโลนีเมื่อนำมาเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง
3. โครงสร้างที่เป็นเส้นสาย :
   - เส้นสายอย่างง่าย (Simple filament) เช่น *Oscillatoria* sp. และ *Lyngbya* sp. เป็นต้น
   - เส้นสายที่เป็นกิ่งก้าน (Branching filament) แบ่งได้เป็น กิ่งก้านแท้ (true branching) ได้แก่ *Fischerella* sp. และ *Stigonema* sp. และกิ่งก้านเทียม (false branching) ได้แก่ *Plectonema* sp. และ *Scytonema* sp. เป็นต้น
4. ความแตกต่างกันของเซลล์ที่เรียงกันอยู่บนเส้นสาย : เช่น *Anabaena* sp. โดยส่วนใหญ่จะพบว่ามี akinete cell เรียงตัวอยู่ใกล้ๆ heterocyst cell
5. การมีขั้ว : เช่น *Gloeotrichia* sp. จะมี heterocyst cell อยู่บริเวณปลายของเส้นสาย
6. การสร้าง sheath : เช่น *Lyngbya* sp. และ *Phormidium* sp.
7. ขนาด และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ vegetative cell , heterocyst cell และ akinete cell

จากลักษณะทางสัณฐานวิทยาสามารถแบ่ง cyanobacteria ได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มที่ไม่เป็นเส้นสาย (Non-filamentous form หรือ unicellular cyanobacteria) ส่วนใหญ่มีรูปร่างเป็นทรงกลม (coccoid form) พบทั้งที่เป็นเซลล์เดี่ยว และอยู่กันเป็นกลุ่มแบบ palmelloid colonies ที่มีเมือกหุ้มอยู่ (firm mucilaginous envelopes) มีการแบ่งตัวจาก 1 เป็น 2, จาก 2 เป็น 3,... (amitotic) เช่น *Microcystis* sp. เป็นต้น

2. กลุ่มที่เป็นเส้นสาย (Filamentous form) กลุ่มนี้เซลล์จะเรียงต่อกันเป็นเส้นสาย เรียกว่า trichome พบได้หลายลักษณะ เช่น สกุล *Oscillatoria* จัดเป็นกลุ่มที่มีเส้นสายอย่างง่ายมีเซลล์ชนิดเดียวกัน (vegetative cell) มาเรียงต่อกัน เช่นเดียวกับ *Lyngbya* เรียกว่า homocystous forms ส่วนกลุ่มเส้นสายที่มีเซลล์มากกกว่า 1 ชนิด มาเรียงต่อกัน โดยนอกจากจะมี vegetative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cell แล้วยังมี heterocyst cell ซึ่งมีหนังเซลล์หนา 2 ชั้น ชั้นนอกเป็น polysaccharide ส่วนชั้นใน เป็น glycolipid เพื่อจำกัดการเข้าของออกซิเจน เรียงสลับหรืออยู่ปลายสุดของเส้นสาย trichome เรียกว่า heterocystous forms เช่น *Nostoc* sp. และ *Anabaena* sp. เป็นต้น บางชนิดมีลักษณะเป็น spirally coiled ได้แก่ *Arthrospira* sp. และ *Spirulina* sp. บางชนิดมีลักษณะเป็น tube-like ที่มีเมือกหุ้ม (mucilaginous sheath) ได้แก่ *Lyngbya* sp. และยิ่งไปกว่านั้นยังแบ่งเป็นลักษณะที่ไม่มีกิ่งก้าน (unbranched group) เช่น *Oscillatoria* sp. และ *Lyngbya* sp. และมีกิ่งก้าน (branched group) เช่น *Scytonema* sp. และ *Tolypothrix* sp.

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนได้โดยส่วนใหญ่เกิดในส่วนที่เป็น heterocyst cell Sprent และ Sprent (1990) รายงานว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้มี 26 สกุล ส่วนใหญ่เป็น aerobic cyanobacteria (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถตรึงไนโตรเจน

วงศ์	สกุล
Chroococceaceae	*Chlorogloea, Chroococcidiopsis, Gleothece, Synechococcus*
Mastidocladaceae	*Mastidocladus, Michraete*
Nostoccaceae	*Anabaena, Anabaenopsis, Aphanizomenon, Aulosira, Cylindrospermum, Nodularia, Nostoc, Pseudoanabaena*
Oscillatoria	*Lyngbya, Oscillatoria (Trichodesmium), Phormidium,*
Rivulariaceae	*Plectonema*
Scytonemataceae	*Calothrix, Dichothrix, Gleotrichia*
Stigonemataceae	*Scytonema, Tolypothrix*
	Fischerella, Hapalosiphon, Stigonema

ที่มา : Sprent และ Sprent (1990)

อนุกรมวิทานของ *Fischerella sp.*

Kingdom Monera

Division Cyanophyta

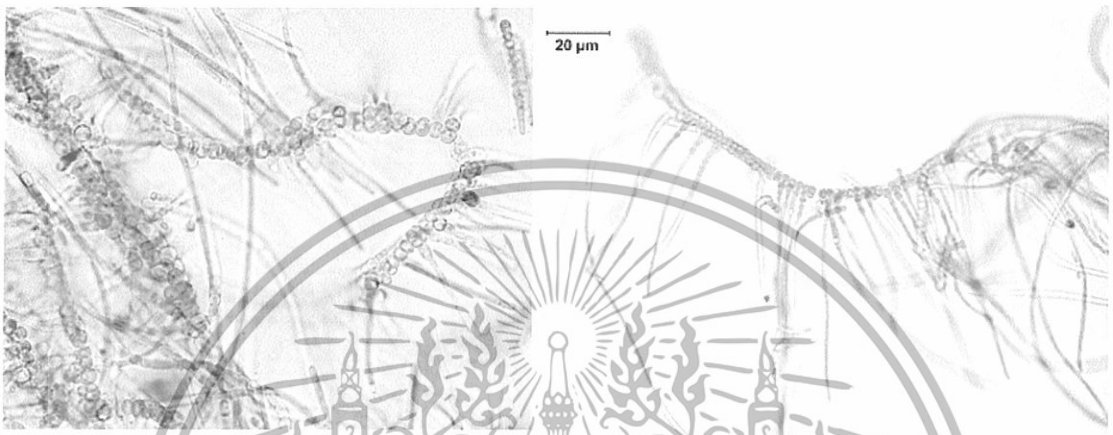
Family Stigonemataceae

Genus Fischerella

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทั่วไปของ *Fischerella* sp.

สาหร่ายชนิดนี้มีลักษณะเป็นกิ่งก้าน มีโครงสร้างที่หลากหลาย โดยมีส่วนที่ใช้ยึดเกาะกับวัตถุและมีส่วนที่แตกออกมาเป็นกิ่งตั้งตรงเพียงด้านเดียว ประกอบด้วยเซลล์หลายแบบซึ่งบางเซลล์มีส่วนที่งอกออกมาคล้ายขน (trichomes) บางเซลล์เป็นทรงกระบอกที่มีเมือกรอบเซลล์ นอกจากนี้ยังมีเซลล์ที่ใช้ในขบวนการตรึงไนโตรเจน คือ heterocysts สาหร่ายชนิดนี้จะมีการจับตัวกันเป็นก้อนเมื่ออยู่อย่างหนาแน่น คล้ายสักหลาด (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 สาหร่าย *Fischerella* sp.

ที่มา : http//:www.nicaonline/Fischerella1.htm

ลักษณะทางชีววิทยา

สาหร่ายชนิด *Fischerella* sp. มักเจริญในบริเวณที่เปียกชื้น บริเวณดินที่มีสารอินทรีย์สูงและดินเป็นกรด บางชนิดที่อยู่ในน้ำจะชอบเกาะอยู่ตามขอนไม้ สาหร่ายชนิดนี้เป็นสาหร่ายที่ชอบอุณหภูมิสูง

การตรึงไนโตรเจน

เริ่มจากกระบวนการตรึงไนโตรเจน (N_2-fixation) กระบวนการนี้ต้องอาศัยเอนไซม์ไนโตรจีเนส (nitrogenase enzyme) ซึ่งบางชนิดอยู่ใน heterocyst cell แต่บางชนิดมีปะปนอยู่ใน vegetative cell ซึ่งกลุ่มหลังจะตรึงไนโตรเจนได้น้อยกว่าและต้องอยู่ในสภาวะไร้อากาศ (anaerobic condition) อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะขึ้นอยู่กับจีนัส/สปีชีส์ และสภาพทางกายภาพ เช่น กลางวัน กลางคืนด้วย โดยเอนไซม์ไนโตรจีเนสจะทำงานในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ฉะนั้น เอนไซม์ไนโตรจีเนสจึงมักอยู่ใน heterocyst cell โดยเอนไซม์ดังกล่าวจะทำงานได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ ในขณะที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนได้ใน vegetative cell (Zerh และ McRoynolds, 1989)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเสีย

น้ำเสียหมายถึงน้ำที่มีสภาพทางกายภาพ ชีวภาพ ส่วนประกอบทางเคมี ที่ไม่เหมาะสม เป็นมลพิษทางทัศนียภาพและก่อให้เกิดผลผลเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม และมีสารใด ๆ หรือสิ่งปฏิกูลที่ไม่พึงปรารถนาปนอยู่ การปนเปื้อนของสิ่งสกปรกเหล่านี้ จะทำให้ คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจนอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ สิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ น้ำมัน ไขมัน ผงซักฟอก สบู่ ยาฆ่าแมลง สารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเหม็นและเชื้อโรคต่าง ๆ สาเหตุส่วนใหญ่และสำคัญมาจากมนุษย์ ที่ใช้แหล่งน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมอย่างขาดการอนุรักษ์ (ชนินทร์, 2001)

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่ามหาศาล และมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ สัตว์ และพืชถ้าขาดน้ำเมื่อใดก็เป็นการยากที่มนุษย์สัตว์และพืชจะดำรงชีวิตอยู่ได้นาน ดังนั้นตั้งแต่สมัยโบราณ จนถึงปัจจุบันเราจะพบว่ามนุษย์ทุกหมู่ สัตว์และพืชจะดำรงชีวิตอยู่ได้นานดังนั้นตั้งแต่ทุกเหล่า ทุกเผ่าพันธุ์ เลือกตั้งถิ่นฐานอยู่ใกล้น้ำ น้ำธรรมชาติมีอยู่ทั่วไปทั้งบนผิวดิน ใต้ดิน และในบรรยากาศ น้ำบนผิวดินเป็นแหล่งน้ำที่เราจะพบมากที่สุด ได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ห้วย ลำธาร ทะเลสาบ ทะเล และมหาสมุทร ส่วนน้ำใต้ดินมีแตกต่างกันเป็น 2 ประเภท คือ น้ำในดิน และน้ำบาดาล ถ้าเราขุดบ่อลงไปบริเวณแหล่งน้ำในดิน เราเรียกบ่อน้ำชนิดนี้ว่า บ่อน้ำในดิน และถ้าขุดบ่อลึกลงไปมาก ๆ หรือใต้ชั้นหินจนถึงระดับน้ำบาดาล เราเรียกบ่อน้ำชนิดนี้ว่า บ่อน้ำบาดาล น้ำธรรมชาติที่มีส่วนเกี่ยวพันกับความเป็นอยู่ของมนุษย์ สัตว์ และความเจริญของพืชพันธุ์ ได้แก่ น้ำบนผิวดิน ในแต่ละวัน คนเราต้องใช้น้ำจำนวนมากทั้งในด้านการอุปโภค บริโภค การประกอบอาชีพ เช่น การประมง เกษตรกรรมและอุตสาหกรรม เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องช่วยกันรักษาแหล่งน้ำธรรมชาติเหล่านี้ให้สะอาดอยู่เสมอ หากปล่อยให้มีสิ่งสกปรก เช่น ขยะ หรือน้ำทิ้ง ลงปะปนอยู่ในน้ำธรรมชาติ ก็จะทำให้แหล่งน้ำนั้นกลายเป็นน้ำเสียในภายหลัง เมื่อแหล่งน้ำดีกลายเป็นน้ำเสีย ก็จะเป็นอันตรายต่อชีวิตความเป็นอยู่ของคน พืช และสัตว์ ไม่เฉพาะแต่พื้นที่เดียวเท่านั้น อาจขยายบริเวณภยันตรายกว้างไกลออกไปทั้งชุมชนละแวกนั้น ๆ ได้ คุณประโยชน์อีกอย่างหนึ่งของน้ำคือ อาชีพทางน้ำ น้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับมนุษย์ทั้งในด้านการอุปโภคและบริโภค (http://www.dmcr.go.th/Mcrc/research%20nn2_1.htm)

สาเหตุที่จะทำให้น้ำในแม่น้ำลำคลอง และแหล่งน้ำธรรมชาติอื่น ๆ กลายเป็นน้ำเสีย กล่าวโดยสรุปได้แก่

1. สิ่งปฏิกูลจากบ้านเรือน

ที่อยู่อาศัยของชนที่อยู่รวมกันเป็นชุมชนเป็นย่านที่อยู่อาศัย และย่านการค้าขาย ในอาณาบริเวณดังกล่าวนี้ ย่อมจะมีน้ำทิ้งจากการอุปโภคและบริโภค เช่น น้ำจากการซักล้างและการทำครัว น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากส้วมที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดให้มีคุณภาพตามมาตรฐานและอยู่ไม่ไกลจากแม่น้ำลำคลอง น้ำทิ้งเช่นนี้จะทำให้เกิดน้ำเน่าน้ำเสียได้

2. สิ่งปฏิกูลจากการเกษตรกรรม

ในการเพาะปลูกปัจจุบันนี้ เกษตรกรใช้สารเคมีมากขึ้น เช่น ปุ๋ย สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่งบางชนิดสลายตัวยาก สารอาจจะตกค้างอยู่ตามพืชผักผลไม้ ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภค และบางส่วนอาจจะกระจายอยู่ตามพื้นดิน เมื่อฝนตกน้ำฝนจะชะล้างสิ่งเหล่านี้ลงแม่น้ำลำคลอง เป็นเหตุให้กุ้ง ปลา หอย ปู และสัตว์น้ำอื่น ๆ เป็นอันตรายถึงตายได้ ถ้าสัตว์น้ำได้รับสารเคมีบางชนิดในปริมาณไม่มาก ก็อาจสะสมอยู่ในตัวสัตว์ เมื่อคนจับสัตว์น้ำเหล่านี้มาทำอาหาร สารเคมีนั้นก็จะเข้าไปสะสมอยู่ในร่างกายของคนอีกทอดหนึ่ง บริเวณเพาะปลูกอาจมีมูลสัตว์ปนอยู่ เมื่อฝนตกหรือเมื่อใช้น้ำรดพืชผักผลไม้ น้ำก็จะชะล้างสิ่งปฏิกูล คือมูลสัตว์นี้ลงสู่แม่น้ำลำคลอง ในมูลสัตว์อาจมีเชื้อโรคและพยาธิปนอยู่ เป็นเหตุให้ผู้ใช้แม่น้ำลำคลองได้รับเชื้อโรคจากสิ่งปฏิกูลนั้นได้

3. สิ่งปฏิกูลจากการอุตสาหกรรม

โรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปใช้น้ำในปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน น้ำที่ใช้ทำความสะอาดเครื่องมือและพื้นที่ในโรงงาน และน้ำทิ้งจากโรงงาน จะเป็นน้ำเสียไหลลงสู่แม่น้ำลำคลอง บางโรงงานอาจมีวัสดุเหลือจากผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบางประเภทปนไปกับน้ำทิ้งทั้งหมดนี้ เป็นเหตุให้น้ำในแม่น้ำลำคลองเน่า ส่งกลิ่นเหม็น มีสารพิษปะปนอยู่กลายเป็นมลภาวะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้น น้ำมันจากโรงงานอุตสาหกรรมก็มีส่วนทำความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม หากใช้น้ำมันโดยขาดความระมัดระวัง เช่น การเทน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วลงน้ำ ตลอดจนการทำความสะอาดโรงงาน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยลงแม่น้ำลำคลองเช่นนี้ จะมีคราบน้ำมันลอยเป็นฝา ทำให้ก๊าซออกซิเจนในอากาศไม่สามารถจะละลายลงไปในน้ำ มีผลทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำขาดก๊าซออกซิเจน ยิ่งกว่านั้นถ้ามีคราบน้ำมันคลุมผิวพื้นน้ำ แสงแดดส่องลอดลงไปใต้น้ำไม่ได้ ทำให้พืชในน้ำบางชนิดไม่สามารถสร้างอาหารและเจริญเติบโต แล้วยังมีผลเสียต่อเนื่องทำให้สัตว์ในน้ำตายด้วย เพราะพืชเล็ก ๆ ในน้ำ ซึ่งเป็นอาหารของสัตว์ตายเพราะน้ำเสีย สิ่งปฏิกูลจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นเหตุให้น้ำเน่าเสีย เหมืองแร่เป็นอุตสาหกรรมอีกประเภทหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของน้ำเสียไป ถ้าเหมืองแร่นั้นเป็นเหมืองฉีด น้ำจากเหมืองฉีดจะพาตะกอนซึ่งเกิดจากดิน หิน ทราย และเศษแร่ไหลปนไปกับน้ำที่ชะแร่ลงสู่แม่น้ำหรือทะเล ทำให้ลำน้ำตื้นเขิน ทับถมและทำลายแหล่งอาหารของสัตว์น้ำ

จะเห็นว่าถ้าไม่มีการระมัดระวังในการใช้น้ำ ไม่ว่าจะเป็นน้ำประปาหรือน้ำในแม่น้ำลำคลอง จะก่อให้เกิดน้ำเสียต่อเนื่องกันเป็นประดุจลูกโซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำที่สะอาดก่อนปล่อยทิ้งเป็นวิธีการหนึ่งในการแก้ไขปัญหาแม่น้ำลำคลองเน่าเสีย โดยอาศัยกรรมวิธีต่าง ๆ เพื่อลดหรือทำลายความสกปรกที่ปนเปื้อนอยู่ในห้องน้ำ ได้แก่ ไขมัน น้ำมัน สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารพิษ รวมทั้งเชื้อโรคต่างๆ ให้หมดไปหรือให้เหลือน้อยที่สุดเมื่อปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำก็จะไม่ทำให้แหล่งน้ำนั้นเน่าเสีย อีกต่อไป

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพเป็นการกำจัดน้ำเสียที่เป็นพวกสารอินทรีย์อยู่ในรูปสารละลายหรืออนุภาคคอลลอยด์ โดยต้องอาศัยจุลินทรีย์ หรือพืชน้ำขนาดใหญ่ เช่น ผักตบชวา กกธูปฤาษี เป็นต้น ในการย่อยสลาย หรือทำลายความสกปรกในน้ำเสีย น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีจะมีคุณภาพมาตรฐานน้ำทิ้งตามที่ทางราชการกำหนดไว้ การบำบัดน้ำเสียด้วยขบวนการทางชีววิทยาแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ขบวนการที่ใช้ออกซิเจน เช่น ระบบบ่อเติมอากาศ ระบบแอติเวตเตดสลัดจ์ ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ ฯลฯ และ ขบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน เช่น ระบบถังกรองไร้อากาศ ระบบถังหมักตะกอน ฯลฯ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ ที่ทำหน้าที่ย่อยสลาย

การบำบัดน้ำเสียโดยใช้แพลงก์ตอนพืช หรือสาหร่าย เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยการใช้ธาตุอาหารที่มีมาก และเป็นสาเหตุของน้ำเน่าเสีย การบำบัดนี้นอกจากจะช่วยปรับคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นแล้ว ยังช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำอีกด้วย

(http://www.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9490000088288)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. โหลทรงกระบอก ขนาด 10 ลิตร จำนวน 12 ใบ
2. ขวดแก้วขนาด 1 ลิตร จำนวน 10 ใบ
3. Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 4 ใบ
4. สายยางให้อากาศ และปลายหลอดหยด

วิธีการทดลอง

1. ขั้นตอนเตรียมการทดลอง

1.1 เตรียมหัวเชื้อ ใช้อาหาร BG-11 (ตารางที่ 2) ลงใน flask ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 4 ขวด (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 2 สูตรอาหาร BG-11 สำหรับเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

$NaNO_3$	1.5 g
K_2HPO_4	0.04 g
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.075 g
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	0.036 g
Citric acid	0.006 g
Ferric ammonium citrate	0.006 g
EDTA (disodium salt)	0.001 g
$NaCO_3$	0.02 g
Trace metal mix A5	1.0 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Trace metal mix A5:

H_3BO_3	2.86 g
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	2.86 g
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.222 g
$NaMoO_4 \cdot 2H_2O$	0.39 g
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.079 g
$Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	49.4 mg
Distilled water	1.0 L

ที่มา : Tien and Huang (1991)

ภาพที่ 2 หัวเชื้อสาหร่าย *Fischerella* sp.

1.2 ขยายสาหร่าย หลังจากที่หัวเชื้อเจริญเพียงพอแล้ว (ประมาณ 4 วัน) ทำการย้ายหัวเชื้อลงขวดขนาด 1 ลิตร จำนวน 1 ขวด ซึ่งทั้ง 2 ขั้นตอนนี้ทำในตู้ laminar flow เพื่อให้อยู่ในสภาวะปลอดเชื้อ ป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อตัวอื่นที่เราไม่ต้องการ (ภาพที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 ขยายสาหร่าย *Fischerella* sp. ลงขวดแก้วขนาด 1 ลิตร

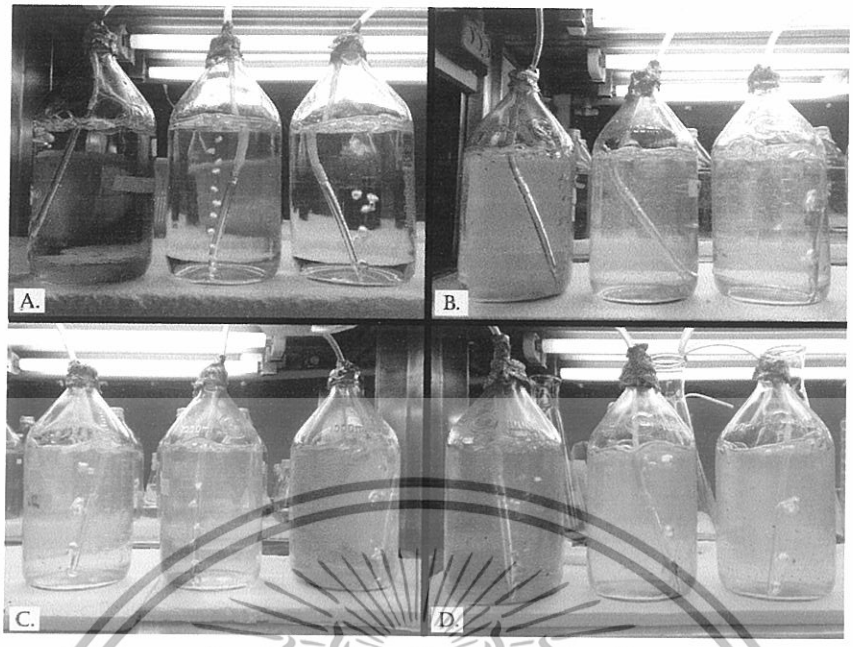
2. ขั้นตอนการทดลอง

ทดลองในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ระดับเซลล์ต่างกัน โดยเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ดังนี้

แอมโมเนียมซัลเฟต	0.005 กรัม/ลิตร
ปุ๋ยยูเรีย	0.025 กรัม/ลิตร
ปุ๋ยสูตร 25-5-0	0.025 กรัม/ลิตร

การทดลองมีทั้งหมด 4 ชุดการทดลอง โดยใช้ *Fischerella sp.* ที่ระดับเซลล์ 0, 1, 2, 3 กรัมต่อลิตร น้ำหนักสด ตามลำดับ ดังภาพที่ 4 ซึ่งแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ประเมินคุณภาพน้ำทุกๆ 2 วัน โดยทำการวิเคราะห์ค่า TAN, NO_3-N, SRP, DO, pH การศึกษาใช้เวลาทั้งหมด 7 วัน เพื่อหาระดับเซลล์ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 สาหร่าย *Fischerella* sp. ที่ระดับเซลล์ต่างกัน (A. คือระดับเซลล์ 0 กรัมต่อลิตร หรือชุดควบคุม, B. คือระดับเซลล์ 1 กรัมต่อลิตร, C. คือระดับเซลล์ 2 กรัมต่อลิตร และ D. คือระดับเซลล์ 3 กรัมต่อลิตร)

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทดลองแรกทำการเก็บข้อมูลทุก 2 วัน เป็นจำนวน 4 ครั้งรวมทั้งสิ้น 7 วัน ซึ่งมี 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้ไปคิดเปอร์เซ็นต์การกำจัด วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ANOVA แบบวิเคราะห์ทางเดียว และ *t*-test ที่ $P<0.05$

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

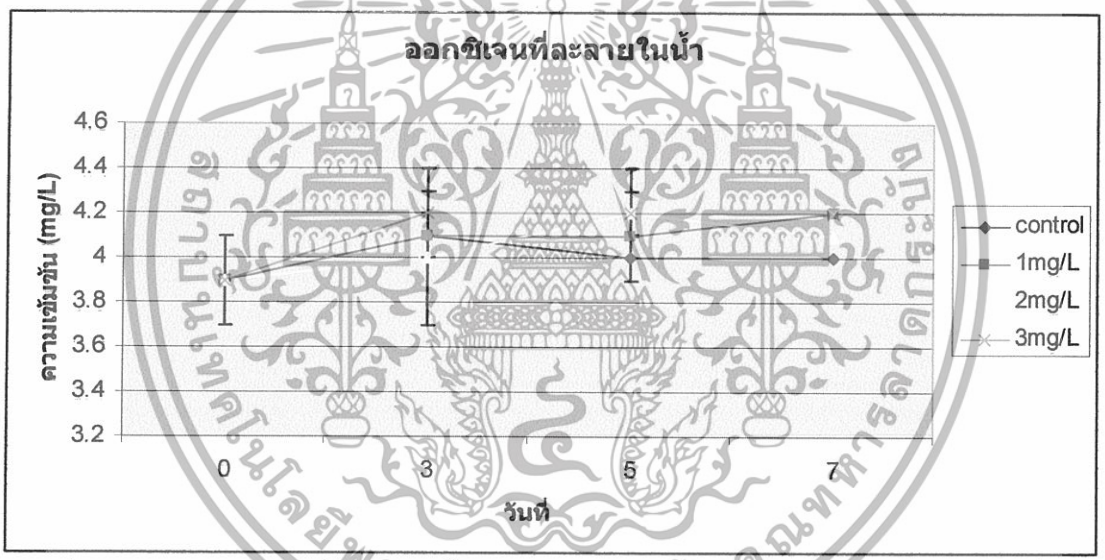
ระยะเวลาในการทดลอง

15 พฤษภาคม 2550 – 27 พฤษภาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

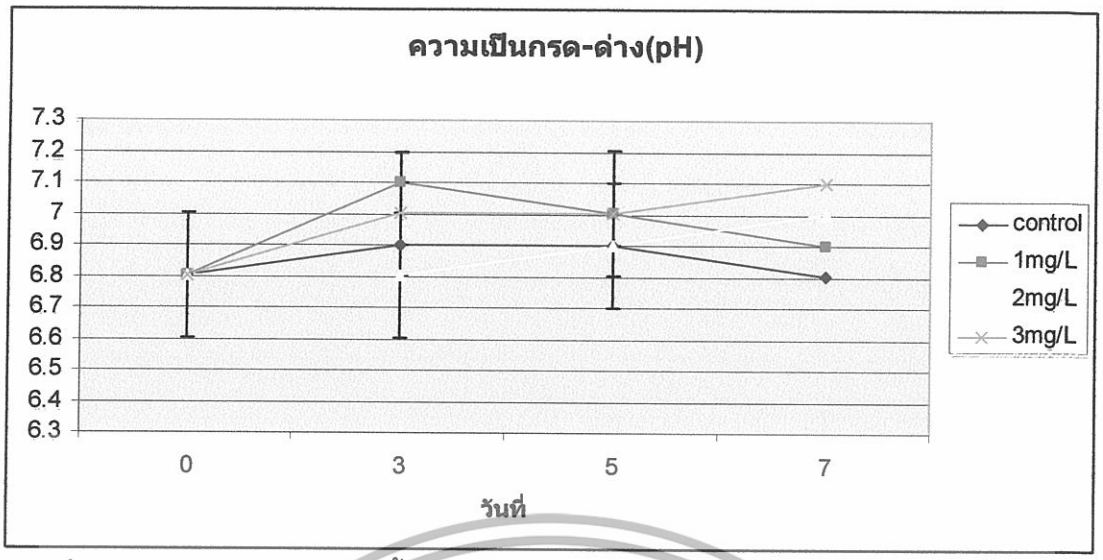
ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่ามีค่า DO มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากในการทดลองมีการเติมอากาศลงไปในน้ำ โดยน้ำเสียที่มีสาหร่ายที่ระดับเซลล์ต่างๆ มีค่าสูงกว่าน้ำเสียที่ไม่มีสาหร่าย, pH พบว่าน้ำเสียที่มีสาหร่ายที่ระดับเซลล์ต่างๆ มีค่า pH สูงกว่าน้ำเสียที่ไม่มีสาหร่าย (ภาพที่ 5,6) อุณหภูมิ 26.65±0.15°C และพบว่าค่า SRP มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับเซลล์เพิ่มขึ้น และลดลงอย่างชัดเจนในวันที่ 5 (ภาพที่ 7) จากตารางที่ 3 พบว่าที่ระดับเซลล์ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกำจัดค่า SRP ได้ร้อยละ78.84±0.001 ซึ่งมีค่ามากที่สุดรองลงมาคือที่ระดับเซลล์ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสามารถกำจัดได้ร้อยละ 77.78±0.0002, 72.25±0.001 และ 62.85±0.0002 ตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับเซลล์ 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร

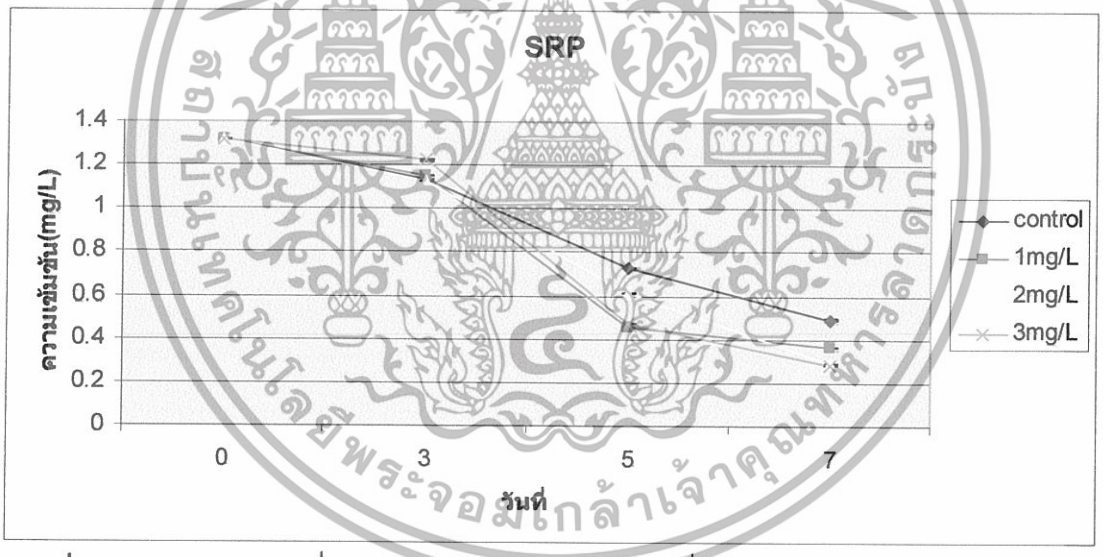


ภาพที่ 5 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเสียจากการบำบัดโดยสาหร่าย *Fischerella* sp. ที่ระดับเซลล์ต่างๆ ใน 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสียจากการบำบัดโดยสาหร่าย *Fischerella* sp. ที่ระดับเซลล์ต่างๆ ใน 7 วัน



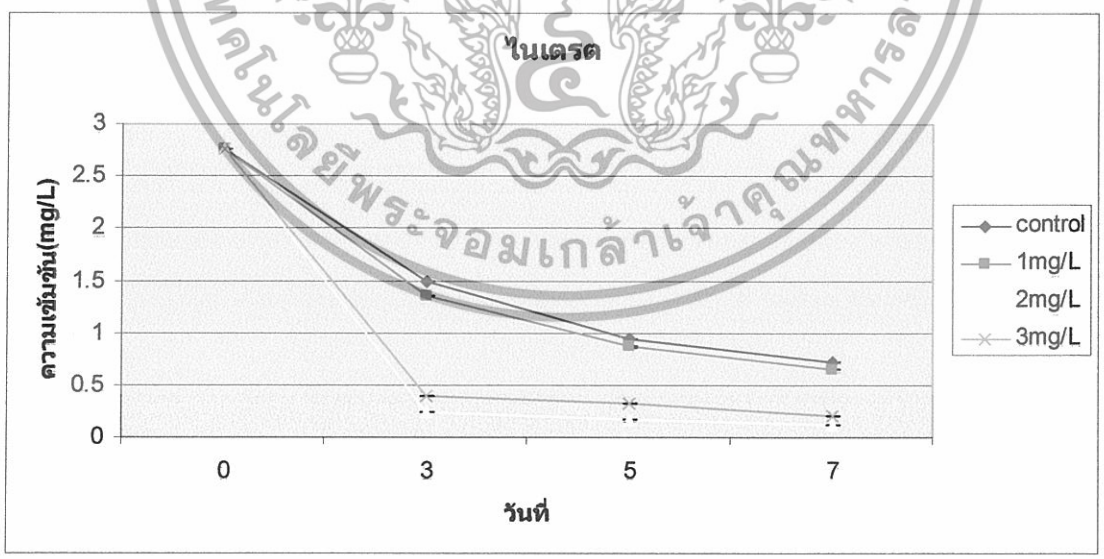
ภาพที่ 7 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า SRP ใน 7 วัน ที่ระดับเซลล์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงค่า SRP เริ่มต้น, สิ้นสุดการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การกำจัด SRP ที่ระดับเซลล์ต่างๆ (ค่าเฉลี่ย±SE)

ระดับเซลล์	SRP (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	เริ่มต้น	สิ้นสุด (7วัน)	%การกำจัด
0 mg/L(control)	1.319±0.002	0.49±0.003	62.85±0.0002[a]
1 mg/L	1.319±0.002	0.366±0.0008	72.25±0.001[b]
2 mg/L	1.319±0.002	0.293±0.001	77.78±0.0002[c]
3 mg/L	1.319±0.002	0.279±0.0002	78.84±0.001[c]

จากภาพที่ 8 พบว่าปริมาณไนเตรตมีแนวโน้มลดลง และลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 3 โดยที่ระดับเซลล์ 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับระดับเซลล์ 0 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งที่ระดับเซลล์ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสามารถในการกำจัดไนเตรตได้ถึงร้อยละ 95.47±0.001 รองลงมาคือที่ระดับเซลล์ 3, 1 และ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีร้อยละ 92.64±0.0003, 76.65±0.001 และ 73.61±0.001 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)



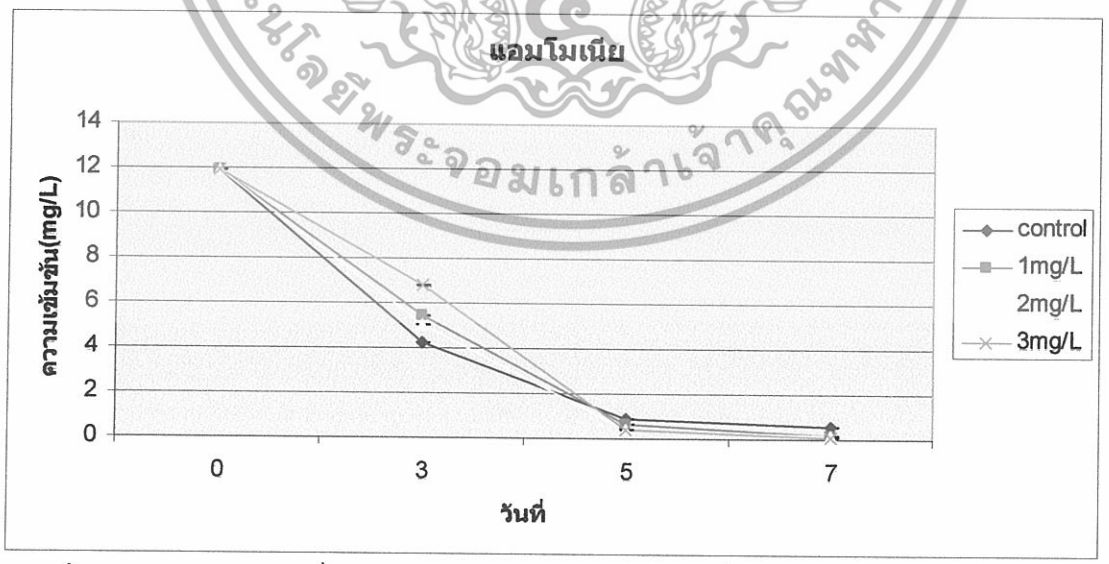
ภาพที่ 8 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของไนเตรต ใน 7 วัน ที่ระดับเซลล์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณไนเตรตเริ่มต้น, สิ้นสุดการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรตที่ระดับเซลล์ต่างๆ (ค่าเฉลี่ย±SE)

ระดับเซลล์	NO_3^{2-} (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	เริ่มต้น	สิ้นสุด (7วัน)	%การกำจัด
0mg/L(control)	2.759±0.002	0.728±0.0003	73.61±0.001[a]
1 mg/L	2.759±0.002	0.644±0.0003	76.65±0.001[a]
2 mg/L	2.759±0.002	0.125±0.0003	95.47±0.001[b]
3 mg/L	2.759±0.002	0.203±0.0008	92.64±0.0003[b]

ปริมาณแอมโมเนียมีแนวโน้มลดลงอย่างมากในช่วง 5 วันแรก หลังจากนั้นมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยจนถึงวันที่ 7 เมื่อดูความสามารถในการกำจัดพบว่า ที่ระดับเซลล์ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกำจัดแอมโมเนีย ได้ร้อยละ 99.23±0.0003 ซึ่งมีค่ามากที่สุดรองลงมาคือที่ระดับเซลล์ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสามารถกำจัดได้ร้อยละ 98.94±0.0008, 98.7±0.001 และ 95.52±0.001ตามลำดับ (ภาพที่ 9, ตารางที่5) นอกจากนี้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของทั้งสามระดับเซลล์ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับระดับเซลล์ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ควบคุม)



ภาพที่ 9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนีย ใน 7 วัน ที่ระดับเซลล์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณแอมโมเนียเริ่มต้น, สิ้นสุดการทดลอง และเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนียที่ระดับเซลล์ต่างๆ (ค่าเฉลี่ย±SE)

	NH_4 (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
ระดับเซลล์	**เริ่มต้น**	**สิ้นสุด (7วัน)**	**%การกำจัด**
0mg/L(control)	11.9±0.002	0.533±0.0003	95.52±0.001[a]
1 mg/L	11.9±0.002	0.154±0.0003	98.7±0.001[b]
2 mg/L	11.9±0.002	0.125±0.001	98.94±0.0008[b]
3 mg/L	11.9±0.002	0.091±0.0006	99.23±0.0003[b]

เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้มีการชั่งน้ำหนักสุดท้ายของสาหร่ายโดยเก็บข้อมูลเป็นน้ำหนักเปียกพบว่าที่ระดับเซลล์ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุดรองมาคือที่ 2 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (0.6±0.004, 0.47±0.05 และ 0.35±0.126 กรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ)

104550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากในการทดลองมีการเติมอากาศลงไปในน้ำ เพื่อให้อากาศแก่สาหร่าย และช่วยให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลน้ำทำให้สาหร่ายไม่เกิดการตกตะกอน และเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำ เนื่องจากการเติมอากาศเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยบำบัดน้ำได้ (Malik, 2004) ดังนั้นจึงส่งผลให้ค่าแอมโมเนียและ SRP ในระดับเซลล์ 0 มิลลิกรัม/ลิตร (ควบคุม) มีค่าลดลงเนื่องจากเกิดปฏิกิริยารีดิวซ์หรือออกซิไดซ์ โดยแอมโมเนียที่เกิดขึ้น จะถูกพืชนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างโปรตีนใหม่ แต่ถ้ามีปริมาณมากก็จะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรีย เป็นสารประกอบพวกไนไตรท์ และไนเตรท ตามลำดับ ไนเตรทจะถูกพืชนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ส่วนที่เหลือจะถูกชะล้างลงหน้าดิน ในสภาพไม่มีออกซิเจน ไนเตรทอาจถูกทำปฏิกิริยา reduction ให้กลับมาเป็นไนไตรท์ และแอมโมเนีย มีแบคทีเรียบางชนิดเท่านั้นที่สามารถทำปฏิกิริยาดังกล่าวได้ (Volesky and Schiewer, 2000) ปริมาณออกซิเจนจะละลายในน้ำได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เช่นเดียวกับน้ำที่มีความเค็มสูงก็จะทำให้ออกซิเจนละลายน้อยลง ดังนั้น สัตว์น้ำจึงต้องเสี่ยงกับการขาดแคลนออกซิเจน มากกว่าสัตว์บกโดยเฉพาะน้ำที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นในช่วงฤดูร้อน อัตราการย่อยสลายและปฏิกิริยาต่าง ๆ จะเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณความต้องการออกซิเจน เพื่อไปใช้ในกิจกรรมเหล่านั้นสูงขึ้นไปด้วย ในขณะที่ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนน้อยลง จึงมีผลทำให้เกิดสภาพการขาดแคลนออกซิเจนในน้ำขึ้นได้ จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการกับปลาน้ำจืดของไทยบางชนิดพบว่าระดับต่ำสุดของปริมาณออกซิเจนที่ทำให้ปลาตายอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง 0.1 – 2.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นในการควบคุมป้องกันไม่ให้สัตว์น้ำได้รับอันตรายจึงไม่ควรให้ปริมาณออกซิเจนละลายต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือหากจำเป็นที่จะลดต่ำกว่านี้ ก็ควรเป็นระยะเวลาสั้น ๆ (ชนินทร์, 2001)

นอกจากนี้การอุณหภูมิในน้ำ(ชนินทร์, 2001) ยังมีผลทำให้พืชน้ำ โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชมีการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนปริมาณแตกต่างกัน บางชนิดชอบอาศัยอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ไดอะตอม สามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำ อุณหภูมิระหว่าง 15-25 องศาเซลเซียส สาหร่ายสีเขียวชอบอาศัยในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงถึง 35 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า ดังนั้น น้ำที่มีอุณหภูมิสูงจะมีพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมาก ซึ่งอุณหภูมิในการทดลองมีค่า 26.65±0.15°C เนื่องจากทำการทดลองในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และจากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะลดลง ในขณะที่ขบวนการเมตาโบลิซึมผันแปรตามอุณหภูมิดังกล่าวมาแล้ว ซึ่งจะทำให้สัตว์น้ำต้องการออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น จึงเกิดปัญหาการขาดแคลนออกซิเจนได้ ในขณะเดียวกัน การทำงานของพวกแบคทีเรีย และจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในการย่อยสลายสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ ในน้ำก็จะเพิ่มขึ้น และต้องใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งจะทำให้แหล่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำขาดออกซิเจนเร็วขึ้น เช่นเดียวกับการใช้ออกซิเจนในการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิด *Fischerella* sp.

ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ในการทดลองมีค่าคงที่ แต่ทั้งนี้ค่า pH สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในรอบวัน เนื่องจากสิ่งมีชีวิตทั้งในดินและน้ำ เช่น จุลินทรีย์และแพลงก์ตอนพืช สามารถทำให้ค่า pH ของน้ำมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นค่าความเป็นกรดเป็นด่าง จึงความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และในแหล่งน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในช่วงกลางวันและกลางคืน เนื่องจากแพลงก์ตอนพืช และพืชน้ำ ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในขบวนการสังเคราะห์แสงตอนกลางวัน ทำให้ค่า pH สูงขึ้น และค่อย ๆ ลดลงตอนกลางคืน เพราะคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยออกมาจากระบบการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ น้ำที่มีค่าความเป็นด่างต่ำ และมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมาก จะมีค่า pH สูงถึง 9 ถึง 10 ในตอนบ่าย แต่ถ้าน้ำมีค่าความเป็นด่างสูง การเปลี่ยนแปลง pH มีไม่มากนัก อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงค่า pH แม้จะอยู่ในช่วงที่ดีและสูงมาก หากเกิดขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ นับว่ายังไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ แหล่งน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงของ pH เกินกว่า 2 หน่วยในรอบวัน (Asthana et al., 2001)

แอมโมเนีย (WHO, 1986) เมื่อแอมโมเนียละลายอยู่ในน้ำ โดยปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดคือผลรวมของแอมโมเนียที่มีอยู่ในรูปไม่มีประจุ (NH_3) และมีประจุ (NH_4^+)

$$NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$$

ปริมาณแอมโมเนียขึ้นอยู่กับความดันอากาศ อุณหภูมิ และค่าพีเอชของน้ำ ถ้าค่าพีเอชต่ำปฏิกิริยาจะเคลื่อนไปทางขวา ค่าพีเอชสูงปฏิกิริยาจะเคลื่อนไปทางซ้าย เปอร์เซ็นต์การแตกตัวของแอมโมเนียขึ้นอยู่กับค่า pH และอุณหภูมิของน้ำ หาก pH ลดลง เปอร์เซ็นต์การแตกตัวก็จะมีมากขึ้น ทำให้ความเป็นพิษลดลง ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในรูปของ Unionized Form หรือ NH_3 ที่จะไม่เป็นอันตรายไม่ควรเกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วน Ionized Form หรือ NH_4^+ ไม่มีพิษต่อสัตว์น้ำ เว้นแต่จะมีอยู่ในปริมาณสูงมาก ๆ

แอมโมเนียที่เกิดขึ้น จะถูกพืชนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างโปรตีนใหม่ แต่ถ้ามีปริมาณมากก็จะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรีย เป็นสารประกอบพวกไนไตรท์ และไนเตรท ตามลำดับ เรียกขบวนการนี้ว่ากระบวนการไนตริฟิเคชันซึ่งเป็นกระบวนการออกซิเดชันที่เกิดขึ้นทางชีววิทยา เพื่อทำการเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียให้กลายเป็นไนเตรท ซึ่งปฏิกิริยานี้เกิดจากจุลินทรีย์ชนิดไนตริฟายอิง (Nitrifying) โดยจะประกอบด้วยขั้นตอน 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกจะเปลี่ยนแอมโมเนียให้อยู่ในรูปไนไตรท์ โดยอาศัยจุลินทรีย์ไนโตรโซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมแนส (Nitrosomonas) ส่วนขั้นตอนที่สองจะเปลี่ยนไนไตรท์ให้เป็นไนเตรทโดยอาศัยจุลินทรีย์ชนิดไนโตรแบคเตอร์ (Nitrobacter) ดังสมการที่ 1 ถึง 3 (เกรียงศักดิ์, 2543)

ไนโตรโซโมแนส :

$$2\,NH_4^+ + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,NO_2^- + 4\,H^+ + 2\,H_2O \quad \text{.....(1)}$$

ไนโตรแบคเตอร์ :

$$2\,NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2\,NO_3^- \quad \text{.....(2)}$$

ปฏิกิริยารวม :

$$NH_4^+ + 2\,O_2 \longrightarrow NO_3^- + 2\,H^+ + H_2O \quad \text{.....(3)}$$

ไนเตรทจะถูกพืชนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ส่วนที่เหลือจะถูกชะล้างลงหน้าดิน ซึ่งในการทดลองอาจเกิดการตกตะกอน ทำให้ผลที่ได้จากการทดลองมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ในสภาพไม่มีออกซิเจน ไนเตรทอาจถูกทำปฏิกิริยา reduction ให้กลับมาเป็นไนไตรท์ และแอมโมเนีย มีแบคทีเรียบางชนิดเท่านั้นที่สามารถทำปฏิกิริยาดังกล่าวได้ และไนไตรท์มักจะถูกเปลี่ยนเป็นแก๊สไนโตรเจนมากกว่า ซึ่งแก๊สไนโตรเจนนี้สามารถระเหยออกจากน้ำได้ จากการทดลอง ปริมาณไนโตรเจนที่หายไปบางส่วนสามารถหายไปโดยการระเหยจากกระบวนการดังกล่าวได้เช่นกัน (ชนินทร์, 2001)

ไนไตรท์ (เกรียงศักดิ์, 2543) โดยปกติ ก็มีพิษต่อสัตว์น้ำได้เช่นเดียวกับแอมโมเนีย แต่มักจะเกิดขึ้นในปริมาณไม่มากนักในแหล่งน้ำธรรมชาติ เพราะไนโตรท์จะเกิดขึ้นเป็นปฏิกริยาระหว่างกลางซึ่งจะถูกแบคทีเรียทำการเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรท ซึ่งไม่มีพิษต่อสัตว์น้ำ แต่จะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ หรือสัตว์น้ำเอง

สารประกอบไนโตรเจนในแต่ละรูปแบบ มีผลกระทบต่อทรัพยากรสัตว์น้ำแตกต่างกัน ซึ่งในการเปลี่ยนรูปแบบของสารประกอบนั้น อุณหภูมิและระดับ pH ของน้ำ มีอิทธิพลโดยตรงและขณะเดียวกันสารประกอบไนโตรเจนบางรูปแบบก็สามารถควบคุมระดับ pHของน้ำได้

ฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารเช่นเดียวกับไนโตรเจน จำเป็นต่อการดำรงชีวิตด้วยเช่นกัน หากน้ำผิวดินมีค่าฟอสฟอรัสสูงจะทำให้เกิดสาหร่ายขึ้นเป็นจำนวนมาก ฟอสฟอรัสมีอยู่หลายรูปแบบเช่นเดียวกับไนโตรเจน คือ ในรูปของสารอินทรีย์ โพลิฟอสเฟต และออโธฟอสเฟตในน้ำทิ้งชุมชนทั่วไปจะมีค่าฟอสฟอรัสประมาณ 2 ถึง 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทั้งนี้ปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรต และ SRP มีค่าลดลงเนื่องจากสาหร่าย *Fischerella* sp. เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มี heterocyst cell สามารถตรึงไนโตรเจนได้ และฟอสเฟตเป็นตัวที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบความสามารถของสาหร่ายที่แตกต่างกันในการกำจัดไนเตรต แอมโมเนีย และฟอสเฟตในน้ำเสีย

ค่าคุณภาพน้ำ	ชนิด (algal/cyanobacterial)	น้ำเสีย	ความเข้มข้นเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	การกำจัด (%) (ระยะเวลา-วัน)	ที่มา
ไนเตรต	*Phormidium laminosum*	อุตสาหกรรม	51.81	82.90 (12)	Sawayama, 1998
	Phormidium laminosum	สังเคราะห์	22.14	38 (7)	Sawayama, 1998
	Oscillatoria sp.	อุตสาหกรรม	21.74	92.41 (2)	สุนีรัตน์ และคณะ, 2546
	Chlorella vulgaris	ชุมชน	4-5.18	6 (6)	Bashan et al., 2004
	Chlorella vulgaris	สังเคราะห์	7.1-198	7.4 (-)	Aslan et al., 2006
	Chlorella sorokiniana	ชุมชน	ไม่มีข้อมูล	5.3 (15)	Bashan et al., 2004
	Microcystis sp.	อุตสาหกรรม	18.73	98.53 (2)	สุนีรัตน์ และคณะ, 2546
	Fischerella sp.	สังเคราะห์	2.76	95.47 (7)	การศึกษาครั้งนี้
แอมโมเนีย	*Scenedesmus obliquss*	อุตสาหกรรม	ไม่มีข้อมูล	100 (7)	Martinez, 2000
	Phormidium bohneri	อุตสาหกรรม	30.36	100 (4)	Blier et al., 1995
	Micractinium pusilum	อุตสาหกรรม	30.36	100 (4)	Blier et al., 1995
	Oscillatoria sp.	อุตสาหกรรม	8.46	100 (14)	Craggs, 1997
	Phaeodactylum tricornutum	อุตสาหกรรม	8.46	100 (14)	Craggs, 1997
	Chlorella vulgaris	สังเคราะห์	13.2-410	62 (-)	Aslan et al., 2006

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ค่าคุณภาพน้ำ	ชนิด (algal/cyanobacterial)	น้ำเสีย	ความเข้มข้นเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	การกำจัด (%) (ระยะเวลา-วัน)	ที่มา
	Chlorella vulgaris	ชุมชน	ไม่มีข้อมูล	79.1 (15)	Bashan et al., 2004
	Chlorella vulgaris	ชุมชน	0.1-4.26	75 (6)	Bashan et al., 2004
แอมโมเนีย	*Chlorella* sp.	อุตสาหกรรม	ไม่มีข้อมูล	38.09 (9)	ณัญทริการ์ และคณะ, 2544
	Oscillatoria sp.	อุตสาหกรรม	74.34	97.36 (11)	สุนีรัตน์ และคณะ, 2546
	Microcystis sp.	อุตสาหกรรม	62.48	97.62 (11)	สุนีรัตน์ และคณะ, 2546
	Fischerella sp.	สังเคราะห์	11.9	99.23 (7)	การศึกษาครั้งนี้
ออโธฟอสเฟต	*Scenedesmus obliquss*	อุตสาหกรรม	ไม่มีข้อมูล	99 (7)	Martinez, 2000
	Phormidium laminosum	อุตสาหกรรม	20.33	99.70 (12)	Sawayama, 1998
	Micractimium pusillum	อุตสาหกรรม	49.13	68.75 (4)	Blier et al., 1995
	Phormidium bohneri	อุตสาหกรรม	49.13	27.50 (4)	Blier et al., 1995
	Oscillatoria sp.	อุตสาหกรรม	234.02	100 (14)	Craggs, 1997
	Phaeodactylum tricornutum	อุตสาหกรรม	234.02	99.40 (14)	Craggs, 1997
	Chlorella vulgaris	สังเคราะห์	7.7-199	16.23 (-)	Aslan et al., 2006
	Chlorella vulgaris	ชุมชน	ไม่มีข้อมูล	17.4 (15)	Bashan et al., 2004

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ค่าคุณภาพน้ำ	ชนิด (algal/cyanobacterial)	น้ำเสีย	ความเข้มข้นเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	การกำจัด (%) (ระยะเวลา-วัน)	ที่มา
ออโธฟอสเฟต	*Chlorella sorokiniana*	ชุมชน	ไม่มีข้อมูล	18.37 (15)	Bashan et al., 2004
	Chlorella vulgaris	ชุมชน	4.1	19 (6)	Bashan et al., 2004
	Chlorella sp.	อุตสาหกรรม	ไม่มีข้อมูล	42.78 (9)	ณัญทริการ์ และคณะ, 2544
	Oscillatoria sp.	อุตสาหกรรม	3.50	60.08 (14)	สุนีรัตน์ และคณะ, 2546
	Microcystis sp.	อุตสาหกรรม	4.12	54.68 (14)	สุนีรัตน์ และคณะ, 2546
	Fischerella sp.	สังเคราะห์	1.32	78.84 (7)	การศึกษาครั้งนี้

การศึกษาเกี่ยวกับสาหร่ายชนิด *Fischerella* sp. มีน้อยมาก ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้พบว่าที่ระดับเซลล์ 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตรมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ได้ใกล้เคียงกัน น้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้นนั้นส่วนใหญ่นิยมใช้สัดส่วน N:P เท่ากับ 2:1 (Cromar et al., 1996;Deviller et al., 2004) จากการทดลองของ Aslan และ Kapdan (2006) ได้ใช้สาหร่าย *Chlorella vulgaris* บำบัดแอมโมเนีย ไนเตรต และฟอสเฟตจากน้ำเสียสังเคราะห์ โดยมีแอมโมเนียอยู่ในช่วง13.2–410 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่ฟอสเฟตมีความเข้มข้นระหว่าง 7.7–199 มิลลิกรัมต่อลิตร เปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนียและฟอสเฟตแตกต่างกันออกไปในแต่ละความเข้มข้น เมื่อเทียบความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกันพบว่า มีความสามารถในการบำบัดน้ำน้อยกว่าสาหร่าย *Fischerella* sp. ซึ่งในการทดลองนี้ มีสัดส่วนของฟอสเฟต และแอมโมเนียที่ต่างกันออกไป จากการทดลองของ Bashan et al. (2004) โดยใช้สาหร่าย *Chlorella vulgaris* และ *C. sorokiniana* เพื่อลดปริมาณแอมโมเนีย และฟอสเฟตจากน้ำเสียจากชุมชน พบว่าสาหร่ายทั้งสองชนิดสามารถกำจัดแอมโมเนียได้น้อยกว่าเมื่อใช้สาหร่าย *Fischerella* sp. และพบว่าสาหร่าย *Chlorella vulgaris* และ *C. sorokiniana* สามารถกำจัดฟอสเฟตได้น้อยกว่าอีกด้วย (ตารางที่ 6)

จากตารางที่ 6 พบว่าสาหร่าย *Fischerella* sp. มีประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสเฟตได้น้อยกว่า *Phormidium laminosum* (Blier et al., 1995) และ *Phaeodactylum tricornutum* (Craggs, 1997) แต่มีความสามารถในการกำจัดแอมโมเนียได้ใกล้เคียงกับ *Scenedesmus obliquss* (Martinez, 2000), *Phormidium bohneri* (Blier et al., 1995), *Micractinium pusilum* (Blier et al., 1995), *Oscillatoria* sp. (Craggs, 1997) และ *Phaeodactylum tricornutum* (Craggs, 1997) และความสามรถในการกำจัดไนเตรตนั้นมีค่าน้อยกว่าสาหร่าย *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp.(สุนีรัตน์ และคณะ, 2546)

นอกจากนี้ในการทดลองใช้ *Cyperus papyrus* และ *Miscanthidium violaceum* เพื่อบำบัดน้ำเสียในเขตร้อน ของ Kyambadde et al. (2004) พบว่าพืชน้ำทั้งสองชนิดช่วยบำบัดน้ำได้โดยสามารถกำจัดแอมโมเนียได้ 69.5% และกำจัดฟอสฟอรัสได้ 88.8% ซึ่งมีประสิทธิภาพน้อยกว่าสาหร่าย *Fischerella* sp. และสาหร่าย *C. vulgaris* และเมื่อเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การกำจัดแล้วพบว่า ผลที่ได้ดีกว่าการใช้พืชน้ำเช่นการศึกษาโดยใช้ *Selenastrum Capricornutum* (Cassidya และ Belia 2004) ในการบำบัดแอมโมเนีย ซึ่งผลที่ได้คือ สามารถกำจัดได้เพียง 40-72% เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง พบว่าสาหร่าย *Fischerella* sp. ที่ระดับเซลล์ 2 และ 3 มิลลิกรัม/ลิตร มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ใกล้เคียงกัน ซึ่งผลที่ได้คือที่ 2 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถบำบัดไนเตรตได้ดีที่สุด ส่วน SRP และแอมโมเนีย ที่ระดับเซลล์ 3 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถบำบัดได้ดีที่สุด เพราะฉะนั้นระดับเซลล์ที่เหมาะ และสามารถนำไปใช้ได้ ควรเป็นที่ระดับเซลล์ 2 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากร้อยละในการกำจัดที่ระดับเซลล์ทั้งสองไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับที่ระดับเซลล์ 0 และ 1 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าน้ำหนักเปียกของสาหร่าย *Fischerella* sp. ที่ระดับเซลล์ มิลลิกรัม/ลิตร มีน้ำหนักเปียกมากที่สุดคือ 0.6±0.004 กรัม

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษานี้เป็นการใช้น้ำเสียโดยเตรียมขึ้นจากสารเคมี ควรมีการนำสาหร่ายชนิดนี้ในระดับเซลล์ที่เหมาะสมจากการศึกษาข้างต้นมา บำบัดน้ำเสียจากการเกษตร โรงงานอุตสาหกรรม และจากแหล่งชุมชน
2. ควรใช้เวลาในการศึกษามากขึ้นเพื่อดูประสิทธิภาพของสาหร่ายได้ชัดเจนขึ้น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

Gottschall N., C. Boutinb, A. Crolla, C. Kinsley, P. Champagne. 2007. The role of plants in the removal of nutrients at a constructed wetland treating agricultural (dairy) wastewater, Ontario, Canada. ecological engineering. 29 : 154–163.

Elif P., D. L. Sedlak. 2004. Bioavailability of wastewater-derived organic nitrogen to the alga Selenastrum Capricornutum. Water Research. 38 : 3189–3196.

Erik G., A. Klang., S. Falk, J. Hanæusb. 2004. Sustainability of wastewater treatment with microalgae in cold climate, evaluated with emergy and socio-ecological principles. Ecological Engineering. 22 : 155–174.

Juan-Pablo H., L. E. de-Bashan, Y. Bashan. 2006. Starvation enhances phosphorus removal from wastewater by the microalga *Chlorella* spp. co-immobilized with *Azospirillum brasilense*. Enzyme and Microbial Technology. 38 :190–198.

Kuusemets, V., Lohmus, K., Mander, U., 2002. Nitrogen and phosphorus assimilation and biomass production by *Scirpus sylvaticus* and *Phragmites australis* in a horizontal subsurface flow constructed wetland. In: Mbwette, T.S.A., Katima, J.H.Y., Pratap, H.B., Kayombo, S. (Eds.), Proceedings of the Eighth International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control. International Water Association, Arusha, Tanzania, 16–19 September, pp. 930–93

Luz E. de-Bashan, J.P. Hernandez, T. Morey, Y. Bashan. 2004. Microalgae growth-promoting bacteria as "helpers" for microalgae: a novel approach for removing ammonium and phosphorus from municipal wastewater. Water Research. 38 : 466–474.

Sarabjeet S. A., D. Goyal. 2007. Microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from wastewater. Bioresource Technology. 98 : 2243–2257.

Sebnem A., I. K. Kapdan. 2006. Batch kinetics of nitrogen and phosphorus removal from synthetic wastewater by algae. ecological engineering. 28 : 64-70.

Tam NFY, Wong YS. 2000. Effect of immobilized microalgal bead concentration on wastewater nutrient removal. Environ Pollut.107:145–51.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Valderrama, L.T., Del Campo, C.M., Rodriguez, C.M., De-Bashan, L.E., Bashan, Y., 2002. Treatment of recalcitrant wastewater from ethanol and citric acid production using the microalga *Chlorella vulgaris* and macrophyte *Lemna minuscula*. Water Res. 36: 4185–4192.

http://teenet.tei.or.th/DatabaseGIS/wastewater_characteristics.html

http://www.brenda.uni-koeln.de/php/result_flat.php4?ecno=1.2.1.59&organism=

http://www.dmcr.go.th/Mcrc/research%20nn2_1.htm

http://www.fisheries.go.th/cs-trat/Bule/m.htm

http://www.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9490000088288

http://www.reo11.net/environment/env_07.php

http://www.sa.ac.th/biodiversity/contents/2plankton/body_2.3.html

http://www.sut.ac.th/e-texts/medicine/behs/lesson8/lesson8-1.html

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้