สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

เรื่อง

ผลของธาตุอาหารและความเค็มต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Caulerpa* sp.

Nutrients and salinity effects on the growth of seaweed (*Caulerpa* sp.).

RC H
SH
391
.C3
อ514ผ
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 78081
วัน,เดือน,ปี 20 ก.พ. 2551

โดย

นางสาวอัจฉรี เรืองเดช

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ได้รับทุนวิจัยจากงบรายได้ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

ประจำปี 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.b 11814203
.i

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	II
บทคัดย่อ	1
คำนำ	2
วัตถุประสงค์	3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	3
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	5
สรุปผลการทดลอง	9
เอกสารอ้างอิง	10
ภาคผนวก	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อุณหภูมิและ pH ของน้ำที่มีสารอาหารระดับต่าง ๆ ระหว่างการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น	8
2	น้ำหนักและความยาวของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงในน้ำระดับความเค็มต่าง ๆ	9

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	น้ำหนักรวมของสาหร่ายจากการทดลองเลี้ยงในสภาวะที่มีสารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในความเข้มข้นต่าง ๆ	5
2	น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปของสาหร่ายจากการทดลองเลี้ยงในสภาวะที่มีสารอาหารไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัสในความเข้มข้นต่าง ๆ	6
3	ความเข้มข้นของฟอสเฟตละลายน้ำที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น	6
4	ความเข้มข้นของไนเตรทที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น	7
5	ความเข้มข้นของไนไตรท์ที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น	7
6	ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของธาตุอาหารและความเค็มต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Caulerpa* sp.

อัจฉรี เรืองเดช

บทคัดย่อ

การเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น (Caulerpa lentilifera) โดยใช้น้ำทะเลเทียม และมีการเพิ่มสารอาหารไนโตรเจนและฟอสเฟตในระดับ 0.5, 1.0 และ 1.5 ไมโครโมล เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตดีที่สุดในกลุ่มที่ใช้น้ำทะเลเทียมเพียงอย่างเดียวคือ ทำให้สาหร่ายมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 72.33 กรัม ปริมาณสารอาหารที่เพิ่มขึ้นในน้ำทะเลเทียมไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นแต่ยังส่งผลในทางลบต่อสาหร่าย เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงความเค็ม สาหร่ายจะสามารถเติบโตได้เฉพาะในน้ำที่มีความเค็มระหว่าง 30 -35 พีพีที จากการทดลองนี้

คำสำคัญ : สาหร่ายพวงองุ่น ธาตุอาหาร ความเค็ม คุณภาพน้ำ

Nutrients and salinity effects on the growth of seaweed (*Caulerpa* sp.).

Uscharee Ruangdej

Abstract

Seaweed (*Caulerpa lentilifera*) was cultured in artificial seawater with/without nitrogen and phosphate supplementation at 0.5, 1.0, and 1.5 mM for 30 days. The optimum nutrient concentrations, artificial seawater without adding any nutrient, showed final weight of 72.33 gram. The optimum salinity for *caulerpa lentilifera* culture are in the range of 30-35 ppt. There is no need to supply any nitrogen or phosphate to artificial seawater in *Caulerpa lentilifera* cultured.

Keywords : *Caulerpa* sp., nutrients, salinity, water quality

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

สาหร่ายทะเลในปัจจุบันเริ่มมีผู้ให้ความสนใจในการบริโภคมากขึ้น เพราะในสาหร่ายมีแร่ธาตุที่มีประโยชน์บางตัวที่สูงกว่าพืชบก เช่น ไอโอดีน เหล็ก แคลเซียม รวมทั้งสาหร่ายทะเลเป็นอาหารที่ให้พลังงานต่ำ ช่วยทำให้สุขภาพดี แต่สาหร่ายตามธรรมชาติในประเทศไทยยังคงเป็นที่รู้จักและบริโภคอยู่ในแวดวงจำกัดเฉพาะประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้ทะเล

สาหร่ายพวงองุ่น หรือสาหร่ายเม็ดพริกไทย *(Caulerpa racemosa)* เป็นสาหร่ายที่พบในบริเวณป่าชายเลน หรือหาดหินในบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง นิยมใช้รับประทานสดเป็นผักจิ้มน้ำพริก หรือนำมายำ นอกจากนี้ในสาหร่ายกลุ่มนี้ยังพบสารที่ช่วยยับยั้งเชื้อแบคทีเรียบางชนิด แต่เนื่องจากสาหร่ายชนิดนี้ที่นำมาใช้เป็นอาหารจะได้จากการเก็บจากทะเลในธรรมชาติ ซึ่งจะขึ้นกับฤดูกาล ดังนั้นการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายชนิดนี้จะช่วยให้ทราบถึงข้อมูลเบื้องต้น เพื่อใช้ในการพัฒนาการเพาะเลี้ยงเพื่อเป็นอาหาร และอาจส่งเสริมให้เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงสาหร่ายเพื่อการค้า

การเจริญเติบโตของสาหร่ายมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ และขึ้นกับสารอาหารที่ได้รับ เช่น การเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจน ฟอสฟอรัส สารอินทรีย์ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen) ในรอบวัน (Argyrou et al., 1999; Ferrat et al., 2003) *Caulerpa sp.* เป็นสาหร่ายทะเลที่เกาะกับพื้น มีรูปแบบสวยงามเหมาะที่จะนำมาใช้ประดับตู้ปลา มีทั้งรูปแบบที่เป็นขนนก (*Caulerpa taxifolia*) และแบบที่เป็นเม็ดคล้ายพวงองุ่น(*Caulerpa racemosa*) สาหร่ายที่เก็บจากธรรมชาติยังนิยมนำมาบริโภคโดยตรง ในประเทศไทยเริ่มมีการศึกษาการใช้สาหร่ายชนิดนี้เพื่อการควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง แต่ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของสาหร่ายยังต้องการการศึกษาเพื่อให้มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาการเลี้ยงสาหร่ายในเชิงพาณิชย์

โครงการวิจัยมุ่งเน้นการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับ ปริมาณไนโตรเจนที่เหมาะสมกับการเจริญของสาหร่าย *Caulerpa* sp. และหาระดับของความเค็ม ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยง ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จะช่วยให้ได้ข้อมูลที่เฉพาะเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Caulerpa sp.* เมื่อใช้สารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในอัตราส่วนต่าง ๆ

2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ในระดับต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Caulerpa* sp.

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการทดลอง

แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองย่อยวางแผนการทดลองแบบแบบสุ่มตลอด (CRD) โดยในแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ

การทดลองที่1 ทดลองหาระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ที่ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ต่างกัน 4 ระดับ คือ

ชุดการทดลองที่ 1 น้ำทะเลเทียมที่มีความเค็ม 30 พีพีทีเป็นกลุ่มควบคุมไม่มีการเพิ่มไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (Control; ภาคผนวก ข. 1)

ชุดการทดลองที่ 2 น้ำทะเลเทียมที่มีความเค็ม 30 พีพีที เติมปุ๋ยที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากขึ้น 0.5 มิลลิโมล (T05; ภาคผนวก ข. 2)

ชุดการทดลองที่ 3 น้ำทะเลเทียมที่มีความเค็ม 30 พีพีทีเติมปุ๋ยที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากขึ้น 1.0 มิลลิโมล (T10; ภาคผนวก ข. 3)

ชุดการทดลองที่ 4 น้ำทะเลเทียมที่มีความเค็ม 30 พีพีทีเติมปุ๋ยที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากขึ้น 1.5 มิลลิโมล (T15; ภาคผนวก ข. 4)

การทดลองที่ 2 ทดลองศึกษาเปรียบเทียบความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่าย โดยใช้ความเค็มที่ต่างกัน 5 ระดับ คือ

ชุดการทดลองที่ 1 น้ำทะเลเทียมที่มีความเค็ม 15 พีพีที

ชุดการทดลองที่ 2 น้ำทะเลเทียมที่มีความเค็ม 20 พีพีที

ชุดการทดลองที่ 3 น้ำทะเลเทียมที่มีความเค็ม 25 พีพีที

ชุดการทดลองที่ 4 น้ำทะเลเทียมที่มีความเค็ม 30 พีพีที

ชุดการทดลองที่ 5 น้ำทะเลเทียมที่มีความเค็ม 35 พีพีที

2. วิธีการทดลอง

การทดลองที่1 ก่อนดำเนินการทดลองนำสาหร่ายมาชั่งน้ำหนักเริ่มต้นให้เท่ากันทุกชุดการทดลอง คือ 100 กรัมน้ำหนักสด ในแต่ละชุดการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกสัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-Nitrogen) ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite-Nitrogen) ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen)ปริมาณไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen) และ ปริมาณออร์โธฟอสเฟส (Orthophosphate) ดำเนินการทดลองเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แล้วจึงชั่งน้ำหนักรวมเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นก่อนทำการทดลอง

การทดลองที่ 2 ก่อนดำเนินการทดลองนำสาหร่ายมาชั่งน้ำหนักเริ่มต้นให้เท่ากันทุกชุดการทดลอง ชุดละ 100 กรัม น้ำหนักสด ระหว่างดำเนินการทดลอง มีการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกสัปดาห์ ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-Nitrogen) ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite-Nitrogen) ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen) และ ปริมาณออร์โธฟอสเฟส (Orthophosphate) ถ่ายน้ำในบ่อทดลอง สัปดาห์/ครั้ง และดำเนินการทดลองเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ แล้วจึงชั่งน้ำหนักรวมเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นก่อนทำการทดลอง

2.1 การวัดการเจริญเติบโตของสาหร่าย

วัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายด้วยการชั่งน้ำหนักก่อนการทดลอง และหลังจากเลี้ยงสาหร่ายจนครบ 4 สัปดาห์ และ 6 สัปดาห์

2.2 การวัดคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเลี้ยงสาหร่าย

ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุก 3-4 วัน ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-Nitrogen) ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite-Nitrogen) ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen) และ ปริมาณออร์โธฟอสเฟส (Orthophosphate)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลน้ำหนักของสาหร่าย และคุณภาพน้ำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test

4. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการคุณภาพน้ำ และโรงเพาะอนุบาลสัตว์น้ำ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5. ระยะเวลาในการวิจัย

เริ่มการวิจัยตั้งแต่ ตุลาคม 2547 – กลางเดือนกันยายน 2548

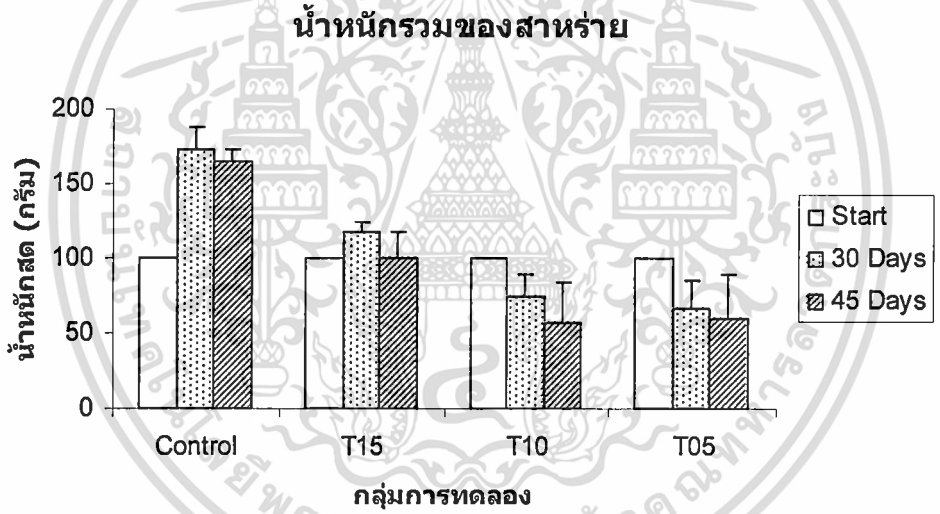
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง และวิจารณ์ผล

6.1 การเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น

การเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยสารอาหารในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน

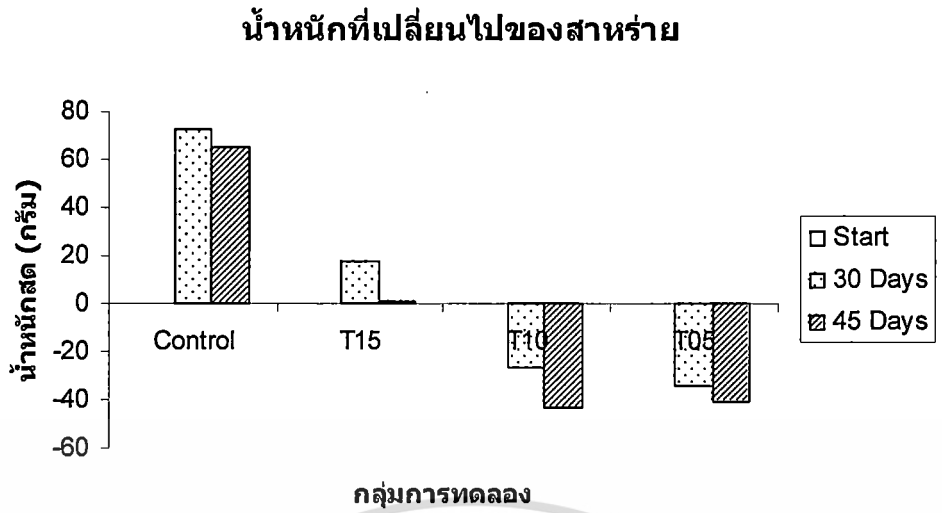
พบว่าสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงในตู้ทดลองโดยใช้น้ำทะเลเทียมที่มีการเสริมสารอาหารในกลุ่มไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในระดับความเข้มข้นที่ต่างกันมีการเจริญเติบโตที่ไม่ดีนักเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้น้ำทะเลเทียมเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการเพิ่มสารอาหารลงไป โดยที่น้ำหนักสาหร่ายเริ่มต้นที่ 100 กรัม เมื่อทำการเลี้ยงไป 4 สัปดาห์ สาหร่ายในกลุ่มที่มีการเสริมสารอาหารลงไปในระดับ 0.5, 1.0, และ 1.5 ทำให้สาหร่ายมีน้ำหนักเท่ากับ 65.67, 73.6, 117.6 กรัม และ 59.3, 56.6, 100.6 กรัมที่ 30 วัน และ 45 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 1) แม้ว่าน้ำหนักสาหร่ายที่ได้จะเพิ่มตามปริมาณสารอาหารที่ได้รับ ก็ยังพบว่าการเจริญเติบโตไม่ดีเท่ากับกลุ่มที่ใช้น้ำทะเลเทียมเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีน้ำหนักเท่ากับ 172.3 กรัม และ 164.7 กรัม ที่30 วัน และ 45 วัน ตามลำดับ



ภาพที่ 1 น้ำหนักรวมของสาหร่ายจากการทดลองเลี้ยงในสภาวะที่มีสารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในความเข้มข้นต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักที่เปลี่ยนไปจะพบว่า สาหร่ายพวงองุ่นจากการทดลองไม่ต้องการสารอาหารในปริมาณที่สูงนัก การที่ให้สารอาหารเพิ่มมากเกินไปจากการทดลองครั้งนี้จึงมีผลทำให้สาหร่ายไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีเท่าที่ควร เนื่องจากเซลของสาหร่ายพวงองุ่นเป็นเซลอวบน้ำ การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสภาพแวดล้อมจึงทำให้เซลสาหร่ายต้องมีการปรับตัว เซลบางส่วนที่ไม่สามรถทนต่อการเปลี่ยนแปลงได้ก็จะแตกออก จึงทำให้น้ำหนักลดลง (ภาพที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

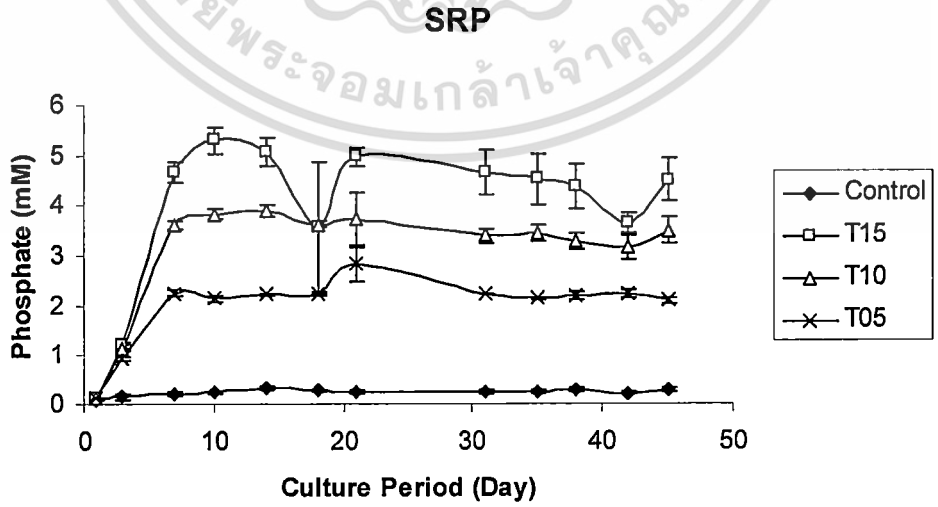


ภาพที่ 2 น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปของสาหร่ายจากการทดลองเลี้ยงในสภาวะที่มีสารอาหารไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัสในความเข้มข้นต่าง ๆ

6.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ

การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในระหว่างการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยสารอาหารในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน

ปริมาณสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่นสารอาหารในกลุ่มไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่เป็นสารอนินทรีย์จะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน โดยเฉพาะฟอสเฟต และไนเตรท คือจะเพิ่มสูงสุดในวันที่ 7 ของการทดลอง และมีการลดลงบ้างแต่ไม่มากนัก (ภาพที่ 3)



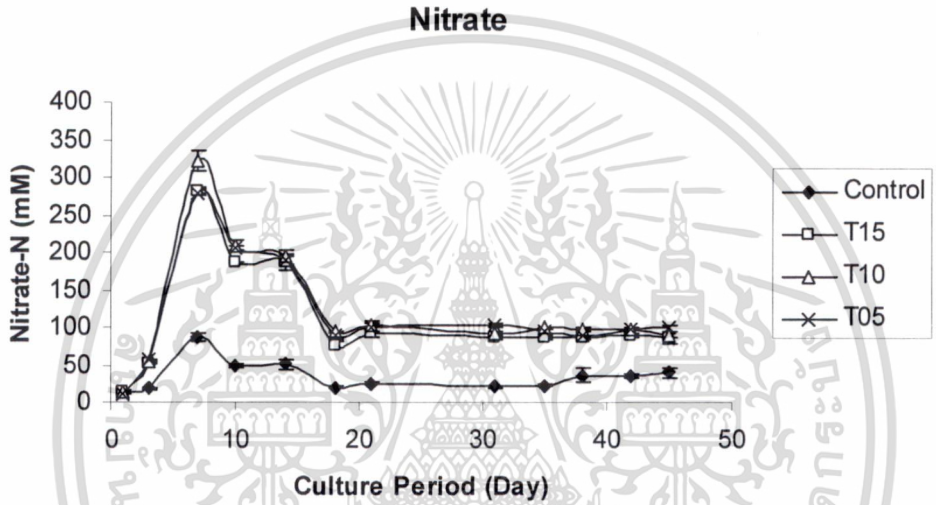
ภาพที่ 3 ความเข้มข้นของฟอสเฟตละลายน้ำที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

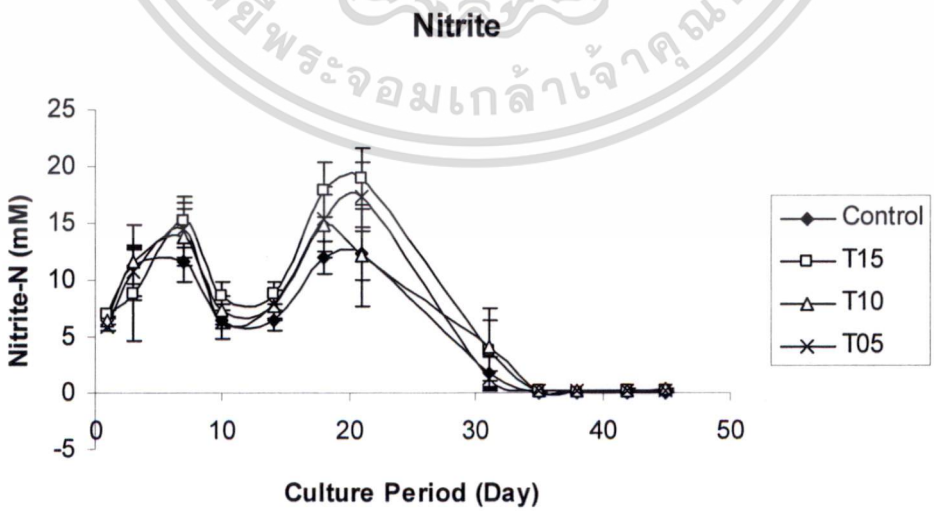
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สารอาหารที่เพิ่มให้มีทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสแต่ผลการทดลองปรากฏว่าปริมาณของฟอสเฟต ที่อยู่ในน้ำไม่มีความจำเป็นต่อการเจริญของสาหร่ายพวงองุ่น แม้ว่าความเข้มข้นของฟอสเฟตใน ระหว่างการทดลองจะน้อยกว่า 0.5 ไมโครโมลฟอสเฟต สาหร่ายก็สามารถเจริญได้ และเจริญได้ ดีกว่าการที่เพิ่มปริมาณธาตุฟอสฟอรัสลงไป (ภาพที่ 3)

สารอาหารไนโตรเจนที่เพิ่มให้ในแต่ละชุดการทดลอง ขณะเริ่มต้นจะพบว่าอยู่ในรูปของ แอมโมเนีย และเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ และไนเตรทในเวลา 7 วัน หลังจากเลี้ยงสาหร่ายนานกว่า 30 วันจะไม่พบปริมาณไนไตรท์ หรือแอมโมเนีย สารประกอบไนโตรเจนที่พบจะอยู่ในรูปของไนเตรท (ภาพที่ 4-6)

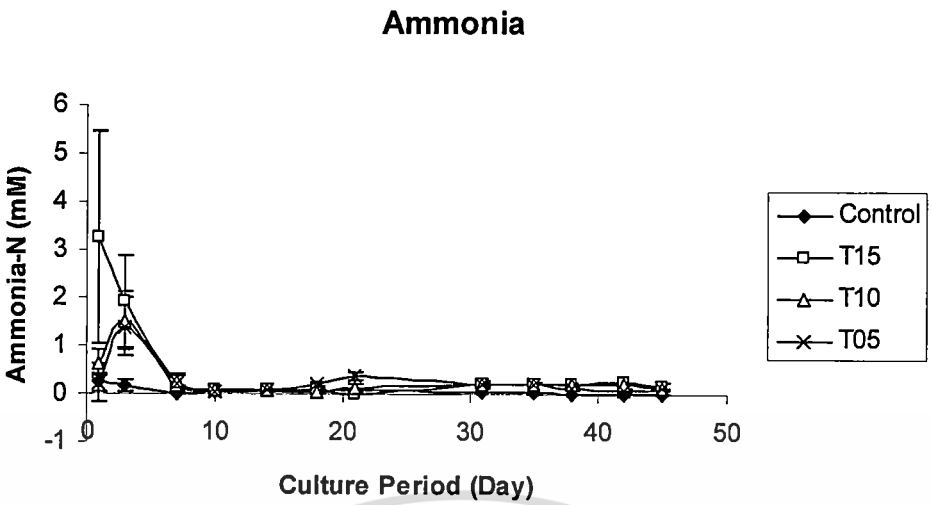


ภาพที่ 4 ความเข้มข้นของไนเตรทที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น



ภาพที่ 5 ความเข้มข้นของไนไตรท์ที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
78081



ภาพที่ 6 ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และ pH ในระหว่างการเลี้ยงไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก และเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 อุณหภูมิและ pH ของน้ำที่มีสารอาหารระดับต่าง ๆ ระหว่างการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น

กลุ่มการทดลอง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	pH
ควบคุม	24.0-26.5	8.2-8.9
เพิ่มสารอาหาร 0.5 mM	24.5-26.8	8.5-8.9
เพิ่มสารอาหาร 1.0 mM	24.5-27.2	8.0-9.0
เพิ่มสารอาหาร 1.5 mM	24.5-26.5	7.8-8.5

6.3 การเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยน้ำระดับความเค็มต่าง ๆ

ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีความเค็มเปลี่ยนไป สาหร่ายพวงองุ่นจะขาดเป็นท่อนสั้น ๆ และหลุดลอยออกจากวัสดุยึดเกาะ ในการทดลองนี้คือตะกร้าที่ลอยน้ำ ส่วนที่เป็นไรซอยด์ (rhizoid) จะขาดออกและสาหร่ายไปรวมกันเป็นกลุ่ม แม้ว่าจะมีสาหร่ายที่เกิดใหม่ขึ้นมาบ้างพบเป็น ฟรอนด์ (frond) สั้น ๆ แต่ไม่มีการเพิ่มขนาดของฟรอนด์ที่เกิดใหม่ในระหว่างการทดลอง 45 วัน

การที่สาหร่ายไม่สามารถเจริญได้เนื่องจากความเข้มข้นของสารภายนอกและภายในเซลแตกต่างกัน และเซลสาหร่ายมีลักษณะที่นุ่มและอวบน้ำการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของสิ่งแวดล้อมจึงส่งผลกระทบได้ง่ายและรวดเร็วต่อการออสโมซิส แม้ว่าตัวสาหร่ายเองจะมีกลไก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการป้องกันตัวเองจากการถูกรุกราน (Thake, 2000;Cavas, 2005) แต่คงต้องใช้เวลามากกว่านี้ในการปรับตัว ซึ่งทำให้การทดลองครั้งนี้มีน้ำหนักลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นกลุ่มที่เลี้ยงในระดับความเค็มใกล้เคียงกับแหล่งกำเนิดเดิมของสาหร่าย คือระหว่าง 30-35 พีพีที ทำให้สาหร่ายมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจาก 100 กรัม เป็น 188 และ 160 กรัม ในกลุ่มที่เลี้ยงในความเค็ม 30 และ 35 พีพีที ตามลำดับ (ตารางที่ 2) สรุปได้ว่าสาหร่ายพวงองุ่นเติบโตได้ในช่วงความเค็มแคบระหว่าง 30 ถึง 35 พีพีที (Chisholm, 2000)

ตารางที่ 2 น้ำหนักและความยาวของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงในน้ำระดับความเค็มต่าง ๆ

ความเค็ม (พีพีที)	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม)	ความยาวเริ่มต้น (ซม.)	ความยาวสิ้นสุด (ซม.)
15	100	24.3^{c}	28.4^{a}	5.8^{c}
20	100	25.6^{c}	30.2^{a}	4.9^{c}
25	100	86.3^{b}	35.1^{a}	6.6^{c}
30	100	188.0^{a}	27.9^{a}	18.6^{a}
35	100	160.6^{a}	33.3^{a}	10.2^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

สรุป

สาหร่ายพวงองุ่นเป็นสาหร่ายที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม และอวบน้ำ มีรูปทรงสวยงาม สามารถเลี้ยงให้เจริญเติบโตได้ในน้ำทะเลเทียมที่มีความเค็มอยู่ในช่วง 30-35 พีพีที ปริมาณสารอาหารที่มีในน้ำทะเลเทียมจะมีความเหมาะสมในการเลี้ยง การเติมสารอาหารในกลุ่มไนโตรเจน หรือฟอสฟอรัสไม่มีความจำเป็น ถ้าใช้น้ำในการเลี้ยงนานเกินกว่า 30 วัน ควรทำการเติมธาตุอาหารรองลงไป โดยที่ระยะเวลาในการเลี้ยงไม่ควรใช้น้ำทะเลที่ไม่มีการหมุนเวียนนานเกินกว่า 45 วัน เพราะสาหร่ายจะต้องการธาตุอาหารที่มีความหลากหลายมากกว่าการเสริมธาตุหลักอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

APHA. 1981. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (ed.15th). American Public Health Association. Washington, DC. 1134 p.

Argyrou, M., A. Demetropoulos, and M. Hadjichristophorou. 1999. Expansion of the macroalga *Caulerpa racemosa* and changes in soft bottom macrofaunal assemblages in Moni Bay, Cyprus. *Oceanol. Acta* 22: 517–528.

Cavas, L. and K. Yurdakoc. 2005. A comparative study: Assessment of the antioxidant system in the invasive green alga *Caulerpa recemosa* and some macrophytes from the Mediterranean. Experimental Marine Biology and Ecology 321: 35-41.

Chisholm, J. R. M., M. Marchioretti, and J. M. Jaubert. 2000. Effect of low water temperature on metabolism and growth of a subtropical strain of *Caulerpa taxifolia* (Chlorophyta). Marine Ecological Progress Series 201: 189-198.

Ferrat, L., C. Pergent-Martini, and M. Roméo. 2003. Assessment of the use of biomarkers inaquatic plants for the evaluation of environmental quality: application to seagrasses. Aquatic toxicology 65:187-204.

Thake, B., L. Herfort, M. Randone, and G. Hill. 2003. Susceptibility of the invasive seaweed *Caulerpa taxifolia* to ionic aluminium. Botanica Marina 46: 17-23.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ก. วิธีการวิเคราะห์น้ำ

1 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1.1 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน

1. standard ammonia 100 ppm
2. สารละลาย $MgSO_4$
3. hypochlorous acid solution
4. phenate solution

1.2 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ไนไตรท์-ไนโตรเจน

1. standard nitrite 100 ppm
2. diazotizing reagent
3. NNED (N-(1-napthyl)-ethlyenediamine-dihydrochloride)

1.3 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ไนเตรท-ไนโตรเจน

1. standard nitrate 200 ppm
2. buffer solution I (NH_4Cl, Disodiumtetraborate และ EDTA)
3. diazotizing reagent
4. NNED (N-(1-napthyl)-ethlyenediamine-dihydrochloride)

1.4 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ

1. standard SRP
2. combine reagent (H_2SO_4 5N, potassium antimonyl tertrate, ammonium molybdate และ ascorbic acid)

2 วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. วิธีวัดอุณหภูมิ (temperature) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์
2. วิธีวัดความเป็นกรด ด่าง (pH) โดยใช้ pH meter HANNA รุ่น HI8424
3. วิธีวิเคราะห์แอมโมเนีย (ammonia nitrogen) โดยนำน้ำตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร เติม $MnSO_4.H_2O$ 1 หยด เติม Hypochlorus acid solution 1 มิลลิลิตร เขย่า แล้วเติม Phenate solution 1.2 มิลลิลิตร เขย่า ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แต่ไม่เกิน 24 ชั่วโมง นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 630 นาโนเมตร เทียบกับสารมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิธีวิเคราะห์ไนไตรท์ (nitrite nitrogen) โดยนำน้ำตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร เติม Diazotizing reagent จำนวน 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 2 นาที แต่ไม่เกิน 8 นาที เติม NNED (N-(1-napthyl)- ethylenediamine- dihydrochloride) 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 543 นาโนเมตร เทียบกับสารมาตรฐาน

5. วิธีวิเคราะห์ไนเตรท (nitrate nitrogen) โดยนำน้ำตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายบัฟเฟอร์ I ซึ่งประกอบด้วย 25 กรัม ของ NH_4Cl, disodiumtetraborate 5 กรัม และ EDTA 0.5 กรัม ปรับปริมาตรให้ได้ 250 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปผ่านคอลัมน์ครั้งที่ 1 จำนวน 25 มิลลิลิตร (ทิ้งสารละลายที่ผ่านคอลัมน์ครั้งที่ 1) จากนั้นนำสารที่ต้องการวิเคราะห์มาผ่านคอลัมน์ครั้งที่ 2 จำนวน 25 มิลลิลิตร นำมาเติม Diazotizing reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 2 นาที แต่ไม่เกิน 8 นาที เติม NNED (N-(1-napthyl)- ethylenediamine- dihydrochloride) 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 543 นาโนเมตร เทียบกับสารมาตรฐาน

6. วิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในรูปของ orthophosphate โดยนำน้ำตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร เติม combine reagent จำนวน 8 มิลลิลิตร ซึ่งประกอบด้วย 5N H_2SO_4, potassium antimonyl tartrate, ammonium molybdate solution และ ascorbic acid เขย่าตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แต่ไม่เกิน 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 880 นาโนเมตร เทียบกับสารมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 สูตรน้ำทะเลเทียมที่ใช้ในการทดลอง (T.V.R. Pillay, *Aquaculture Principles and Practices;* 1990)

ADDITIVE	CONCENTRATION
NaCl	24.0 g/l
KCl	0.6 g/l
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	4.5 g/l
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	6.0 g/l
$CaCl_2$	0.7 g/l
K_2HPO_4	10.0 mg/l
Vitamin B_{12}	1.0 µg/l
Thiamin HCl	10.0 mg/l
Biotin	0.5 ug/l
SULPHIDES[1]	1.0 ml/l
VITAMIN MIX [2]	0.1 ml/l
TRACE METALS MIX[3]	5.0 ml/l
Adenine sulphate	1.0 mg/l
Tris buffer	0.1 g/l
NaEDTA	10.0 mg/l
NUTRIENT MIXES	
[1] SULPHIDES	MAKE UP TO ONE LITER DISTILLED WATER
NH_4Cl	0.2 g
KH_2PO_4	0.1 g
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	0.04 g
$NaHCO_3$	0.2 g
$Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$	0.15 g
[2] VITAMIN MIX	MAKE UP TO 100 ML DISTILLED WATER
Thiamin-HCl	20 mg
Biotin	50 µg
Vitamin B_{12}	5 µg
Folic acid	0.25 mg
PABA	1.0 mg
Nicotine acid	10 mg
Thymine	80 mg
Choline	50 mg
Inositol	100 mg
Putrescine	0.8 mg
Riboflavin	0.5 mg
Pyridoxine	4.0 mg
Orotic acid	26 mg
Fe Tartrate	2.5 ml (5 mg Fe)
[3] TRACE METAL MIX (1 % SOLUTION)	MAKE UP TO 100 ML DISTILLED WATER
H_3BO_3	3.0 ml (5.1 mg B)
H_2SeO_3	0.1 ml (1.0 mg Se)
NH_4VO_3	0.12 ml (0.5 mg V)
K_2CrO_4	0.11 ml (0.2 mg Cr)
$MnCl_2$	0.37 ml (1.0 mg Mn)
TiO_2	0.11 ml (5.0 mg Ti)
Na_2SiO_3	5.0 ml (5.0 mg Si)
$ZrOCl_2$	0.4 ml (2.0 mg Zr)
$BaCl_2$	0.15 ml (1.0 mg Ba)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. สูตรอาหารที่ใช้

ข. 1 สารละลายธาตุอาหารสูตรที่ 1 ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 0 มิลลิโมลต่อลิตร

ข.1.1 สารละลาย A

1. Calcium Nitrate ($Ca(NO_3)_2.4H_2O$) 1.487 กิโลกรัม
2. Iron Chelate (Fe-EDTA) 0.122 กิโลกรัม

ข.1.2 สารละลาย B

1. Potassium Nitrate (KNO_3) 1.192 กิโลกรัม
2. Potassium Dihydrogenphosphate (KH_2PO_4) 0.354 กิโลกรัม
3. Magnesium Sulphate ($MgSO_4.7H_2O$) 0.350 กิโลกรัม
4. Zinc Sulphate ($ZnSO_4.7H_2O$) 2.378 กรัม
5. Copper Sulphate ($CuSO_4.5H_2O$) 0.508 กรัม
6. Manganese Sulphate ($MnSO_4.H_2O$) 7.452 กรัม
7. Boric Acid (H_3BO_3) 6.226 กรัม

ข.2 สารละลายธาตุอาหารสูตรที่ 2 ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 0.5 มิลลิโมลต่อลิตร

ข.2.1 สารละลาย A

1. Calcium Nitrate ($Ca(NO_3)_2.4H_2O$) 1.487 กิโลกรัม
2. Iron Chelate (Fe-EDTA) 0.122 กิโลกรัม

ข.2.2 สารละลาย B

1. Potassium Nitrate (KNO_3) 1.192 กิโลกรัม
2. Potassium Dihydrogenphosphate (KH_2PO_4) 0.354 กิโลกรัม
3. Ammonium Sulphate ($(NH_4)_2SO_4$ 0.053 กิโลกรัม
4. Magnesium Sulphate ($MgSO_4.7H_2O$) 0.350 กิโลกรัม
5. Zinc Sulphate ($ZnSO_4.7H_2O$) 2.378 กรัม
6. Copper Sulphate ($CuSO_4.5H_2O$) 0.508 กรัม
7. Manganese Sulphate ($MnSO_4.H_2O$) 7.452 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Boric Acid (H_3BO_3) 6.226 กรัม

ข.3 สารละลายธาตุอาหารสูตรที่ 3 ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 1.0 มิลลิโมลต่อลิตร

ข.3.1 สารละลาย A

1. Calcium Nitrate ($Ca(NO_3)_2.4H_2O$) 1.487 กิโลกรัม
2. Iron Chelate (Fe-EDTA) 0.122 กิโลกรัม

ข.2.2 สารละลาย B

1. Potassium Nitrate (KNO_3) 1.192 กิโลกรัม
2. Potassium Dihydrogenphosphate (KH_2PO_4) 0.354 กิโลกรัม
3. Ammonium Sulphate ($(NH_4)_2SO_4$) 0.106 กิโลกรัม
4. Magnesium Sulphate ($MgSO_4.7H_2O$) 0.350 กิโลกรัม
5. Zinc Sulphate ($ZnSO_4.7H_2O$) 2.378 กรัม
6. Copper Sulphate ($CuSO_4.5H_2O$) 0.508 กรัม
7. Manganese Sulphate ($MnSO_4.H_2O$) 7.452 กรัม
8. Boric Acid (H_3BO_3) 6.226 กรัม

ข.4 สารละลายธาตุอาหารสูตรที่ 4 ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม 1.5 มิลลิโมลต่อลิตร

ข.4.1 สารละลาย A

1. Calcium Nitrate ($Ca(NO_3)_2.4H_2O$) 1.487 กิโลกรัม
2. Iron Chelate (Fe-EDTA) 0.122 กิโลกรัม

ข.2.2 สารละลาย B

1. Potassium Nitrate (KNO_3) 1.192 กิโลกรัม
2. Potassium Dihydrogenphosphate (KH_2PO_4) 0.354 กิโลกรัม
3. Ammonium Sulphate ($(NH_4)_2SO_4$) 0.158 กิโลกรัม
4. Magnesium Sulphate ($MgSO_4.7H_2O$) 0.350 กิโลกรัม
5. Zinc Sulphate ($ZnSO_4.7H_2O$) 2.378 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Copper Sulphate ($CuSO_4.5H_2O$) 0.508 กรัม

7. Manganese Sulphate ($MnSO_4.H_2O$) 7.452 กรัม

8. Boric Acid (H_3BO_3) 6.226 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้