เอกสารวิชาการฉบับที่ ๓๙/๒๕๖๘ Technical Paper No. 39/2025

การศึกษาปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส และความเค็มต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร (*Halymenia durvillei* Bory de Saint-Vincent, 1828)

Study of the amount of nutrients, nitrogen and phosphorus, and salinity on the growth of Dragon's tongue Seaweed (*Halymenia durvillei* Bory de Saint-Vincent, 1828)

โสภิต มาลัยวงษ์ Sopit Malaiwong
เรณุมาศ สุขก่ำ Renumas Sukkam
ศิริพร รักษาราษฎร์ Siriporn Raksarat
ประพัฒน์ กอสวัสดิ์พัฒน์ Prapat Kosawatpat
นราธร ชุมนุม Narathon Chumnum

กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง
กรมประมง
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Coastal Aquaculture Research and Development Division
Department of Fisheries
Ministry of Agriculture and Cooperatives

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๓๙/๒๕๖๘ Technical Paper No. 39/2025

การศึกษาปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส และความเค็ม ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร (*Halymenia durvillei* Bory de Saint-Vincent, 1828)

Study of the amount of nutrients, nitrogen and phosphorus, and salinity on the growth of Dragon's tongue Seaweed (*Halymenia durvillei* Bory de Saint-Vincent, 1828)

โสภิต มาลัยวงษ์ Sopit Malaiwong
เรณุมาศ สุขก่ำ Renumas Sukkam
ศิริพร รักษาราษฎร์ Siriporn Raksarat
ประพัฒน์ กอสวัสดิ์พัฒน์ Prapat Kosawatpat
นราธร ชุมนุม Narathon Chumnum

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพชรบุรี Phetchaburi Coastal Aquaculture Research and Development Center

กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง Coastal Aquaculture Research and Development Division

กรมประมง Department of Fisheries

๒๕๖๘ 2025

รหัสทะเบียนวิจัย 67-1-1-0304-66033-03

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	3
คำนำ	5
วัตถุประสงค์	6
วิธีดำเนินงาน	6
1. การวางแผนการทดลอง	6
2. การเตรียมการทดลอง	7
3. ดำเนินการทดลอง	8
4. การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล	9
ผลการศึกษา	10
วิจารณ์ผลการศึกษา	24
สรุปผลการศึกษา	25
ข้อเสนอแนะ	26
เอกสารอ้างอิง	26
ภาคผนวก	29

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรในการศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง	11
2	คุณภาพน้ำในการศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร	13
3	น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรในการศึกษาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง	15
4	คุณภาพน้ำในการศึกษาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร	17
5	น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรในการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง	19
6	คุณภาพน้ำในการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร	21
7	น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรที่เลี้ยงในอัตราส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสที่แตกต่างกัน	22

ตารางผนวกที่		
1	ผลการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรที่ระดับความเค็ม 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ppt	29
2	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่ระดับความเค็ม 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ppt	29
3	อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวันในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่ระดับความเค็ม 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ppt	30
4	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่ระดับความเค็ม 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ppt	30
5	ผลการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรที่เติมสารละลายยูเรียปริมาณแตกต่างกัน	31
6	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่เติมสารละลายยูเรียปริมาณแตกต่างกัน	31
7	อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวันในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่เติมสารละลายยูเรียปริมาณแตกต่างกัน	32
8	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่เติมสารละลายยูเรียปริมาณแตกต่างกัน	32
9	ผลการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรที่เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตปริมาณแตกต่างกัน	33
10	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นของสาหร่ายลิ้นมังกรที่เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตปริมาณแตกต่างกัน	33

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
11	อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวันในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตปริมาณแตกต่างกัน	34
12	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตปริมาณแตกต่างกัน	34

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	น้ำหนักเฉลี่ย (ก) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น (ข) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน (ค) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน (ง) ในการศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร	12
2	น้ำหนักเฉลี่ย (ก) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น (ข) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน (ค) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน (ง) ในการศึกษาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร	16
3	น้ำหนักเฉลี่ย (ก) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น (ข) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน (ค) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน (ง) ในการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร	20
4	การเตรียมตู้และการวางแผงสาหร่ายทดลอง	23
5	การวางตู้ทดลอง	23

การศึกษาปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส และความเค็ม ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร (*Halymenia durvillei* Bory de Saint-Vincent, 1828)

โสภิต มาลัยวงษ์ [1*], เรณุมาศ สุขก่ำ [1], ศิริพร รักษาราษฎร์ [2], ประพัฒน์ กอสวัสดิ์พัฒน์ [1] และ นราธร ชุมนุม [1]

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพชรบุรี

[2] สำนักงานประมงจังหวัดเพชรบุรี

บทคัดย่อ

การศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเล ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม และฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร โดยแบ่งเป็น 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด แบ่งออกเป็น 6 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ คือ การเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ppt โดยมีการปรับระดับความเค็มด้วยน้ำประปาและน้ำดีเกลือ เลี้ยงในตู้กระจกขนาด 200 ลิตร ปริมาตรน้ำทะเล 150 ลิตร/ตู้ น้ำหนักสาหร่ายเริ่มต้น 30 กรัม เติมปุ๋ยนา (สูตร 16-20-0) ผสมปุ๋ยยูเรีย (สูตร 46-0-0) ปริมาณ 20 มิลลิลิตร/ตู้ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ที่ระดับความเค็ม 40 ppt มีน้ำหนักเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันสูงที่สุด คือ 236.63±13.88 กรัม 361.86±12.81 เปอร์เซ็นต์ 3.68±0.25 กรัม/วัน และ 3.65±0.11 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และที่ระดับความเค็ม 15 และ 20 ppt สาหร่ายลิ้นมังกรมีการเจริญเติบโตลดลงในสัปดาห์ที่ 2 และตายในสัปดาห์ที่ 3 การทดลองที่ 2 ศึกษาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร โดยใช้ระดับความเค็มที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 คือ 40 ppt แบ่งออกเป็น 6 ชุดการทดลอง โดยเติมสารละลายยูเรีย 0, 0.5, 0.75, 1, 1.25 และ 1.5 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า การเติมสารละลายยูเรีย 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร มีน้ำหนักเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวันสูงที่สุด เท่ากับ 139.37±3.48 กรัม 361.86±12.81 เปอร์เซ็นต์ และ1.95±0.06 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันมีค่าสูงที่สุด 2.74±0.05 เปอร์เซ็นต์/วัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมสารละลายยูเรีย 0, 0.75 และ 1 มิลลิกรัม/ลิตร การทดลองที่ 3 ศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร โดยใช้ระดับความเค็มและสารละสายยูเรียที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 และ 2 คือ ความเค็ม 40 ppt และสารละลายยูเรีย 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร แบ่งออกเป็น 6 ชุดการทดลอง โดยเติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2 และ 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร มีน้ำหนักเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันสูงที่สุด เท่ากับ 208.79±5.67 กรัม 573.81±21.67 เปอร์เซ็นต์ 3.18±0.11 กรัม/วัน

และ 3.41±0.06 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ 0.05, 0.1 และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อคำนวณหาอัตราส่วนของธาตุอาหารไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสที่ทำให้สาหร่ายลิ้นมังกรมีการเจริญเติบโตดีที่สุด มีค่า N:P เท่ากับ 3.3:1

คำสำคัญ: สาหร่ายลิ้นมังกร, ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, ความเค็ม, อัตราการเจริญเติบโต

***ผู้รับผิดชอบ:** 122 หมู่ 1 ต.แหลมผักเบี้ย อ.บ้านแหลม จ.เพชรบุรี 76100 โทร.0 3247 3877
E-mail: sopitma55@gmail.com

Study of the amount of nutrients, nitrogen and phosphorus, and salinity on the growth of Dragon's tongue Seaweed (*Halymenia durvillei* Bory de Saint-Vincent, 1828)

Sopit Malaiwong [1*], Renumas Sukkam [1], Siriporn Raksarat [2], Prapat Kosawatpat [1] And Narathon Chumnum [1]

[1] Phetchaburi Coastal Aquaculture Research and Development Center

[2] Phetchaburi Provincial Fisheries Office

Abstract

Study of seawater salinity, amount of nitrogen in the form of ammonium and phosphorus in the form of phosphate that are suitable for the growth of Dragon's tongue Seaweed. It was divided into 3 experiments: Experiment 1, study of the appropriate seawater salinity level for the growth of Dragon's tongue Seaweed. The experiment was designed randomly throughout. It was divided into 6 experimental sets, each set of 3 replications, namely, raising at salinity levels of 15, 20, 25, 30, 35 and 40 ppt, with salinity levels adjusted with tap water and brine. Raised in a 200-liter glass tank, seawater volume of 150 liters/tank, initial algae weight of 30 grams, adding rice field fertilizer (formula 16-20-0) mixed with urea fertilizer (formula 46-0-0) in the amount of 20 ml/tank for 8 weeks. It was found that at a salinity level of 40 ppt, the average weight, percentage of algae weight increase, and the average algae growth rate per day and the highest specific growth rate of algae per day was 236.63±13.88 grams, 361.86±12.81 percent, 3.68±0.25 grams/day and 3.65±0.11 percent/day, respectively, which were significantly different from other experimental sets ($p<0.05$). At the salinity level of 15 and 20 ppt, the Dragon's tongue Seaweed had decreased growth in the 2nd week and died in the 3rd week. The 2nd experiment studied the amount of nitrogen nutrients in the form of ammonium that is suitable for the growth of Dragon's tongue Seaweed by using the appropriate salinity level from the 1st experiment which is 40 ppt, divided into 6 experimental sets by adding urea solution 0, 0.5, 0.75, 1, 1.25 and 1.5 mg/L. It was found that adding urea solution 0.5 mg/L had an average weight and percentage of algae weight increase. And the average growth rate of algae per day was the highest at 139.37±3.48 grams, 361.86±12.81 percent and 1.95±0.06 grams/day, respectively, which were significantly different from other experimental sets ($p<0.05$). And the specific growth rate of algae per day was the highest at 2.74±0.05 percent/day, but there was no significant difference ($p>0.05$) when compared with the addition of urea solution 0, 0.75 and 1 mg/L. The 3rd experiment studied the amount of phosphorus in the form of phosphate that is suitable for the growth of Dragon's tongue Seaweed. By using the appropriate salinity and urea solution levels from experiments 1 and 2, which were 40 ppt salinity and 0.5 mg/L urea solution,

divided into 6 experimental sets by adding 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2 and 0.3 mg/L disodium hydrogen phosphate solution, it was found that 0.15 mg/L disodium hydrogen phosphate solution had the highest average weight, percentage of algal weight increase, average algal growth rate per day and specific algal growth rate per day, which were 208.79±5.67 g, 573.81±21.67 percent, 3.18±0.11 g/day and 3.41±0.06 percent/day, respectively, but there was no significant difference ($p>0.05$) when compared to 0.05, 0.1 and 0.2 mg/L. And when calculating the ratio of nitrogen to phosphorus nutrients that makes the Dragon's tongue Seaweed grow the best, the N:P value is equal to 3.3:1.

Keywords: Dragon's tongue Seaweed, Nitrogen, Phosphorus, Salinity, Growth Rate

---

***Corresponding author:** 122 Moo 1, Laem Pakbia, Ban Laem District, Phetchaburi Province 76100 Tel. 0 3247 3877 E-mail: sopitma55@gmail.com

คำนำ

สาหร่ายลิ้นมังกร (*Halymenia durvillei*) มีชื่อสามัญว่า Dragon's tongue Seaweed จัดอยู่ในกลุ่ม Rhodophyta ซึ่งเป็นกลุ่มของสาหร่ายสีแดงที่อยู่ในครอบครัว Halymeniaceae โดยมีทัลลัสทำหน้าที่คล้ายใบและลำต้น ลักษณะเป็นพุ่มแตกแขนง แขนงยอดส่วนปลายจะลดขนาดลงตามลำดับ มีสีชมพูสดจนถึงแดงเข้ม ความสูง 15-24 เซนติเมตร ส่วนใหญ่พบในมหาสมุทรอินเดีย มหาสมุทรแปซิฟิก และภูมิภาคอินโดแปซิฟิก พบมากตามแนวชายฝั่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย มาเลเซีย เมียนม่า และไทย (De Clerck *et al*., 2001; Kawaguchi *et al*., 2006; Hernández-Kantún *et al*., 2012; Ei Ei Mon, 2018) สำหรับประเทศไทยพบบริเวณเกาะต่างๆ เช่น เกาะสิมิลัน เกาะสุกร (ชัชวาลี และคณะ, 2564 อ้างจาก กาญจนภาชน์ และคณะ, 2556) โดยสาหร่ายลิ้นมังกรสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น เป็นแหล่งของเม็ดสีธรรมชาติที่มีมูลค่าสูง ได้แก่ r-phycoerythrin (RPE) และ r-phycocyanin (RPC) ซึ่งคุณสมบัติเฉพาะตัวของเม็ดสีเหล่านี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง ยา และการวิจัยทางการแพทย์ (Rula *et al*., 2021)

ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดเพชรบุรี ได้นำสาหร่ายลิ้นมังกรจากแหล่งน้ำธรรมชาติมาเพาะขยายพันธุ์ตั้งแต่ปี 2545 พบว่าสามารถเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์ได้ง่าย โดยความเค็มที่ใช้เพาะเลี้ยงอยู่ระหว่าง 25-30 ppt (มนทกานติ และคณะ, 2561; ชัชวาลี และคณะ, 2564) ในขณะที่สาหร่ายสีแดงชนิดอื่น เช่น สาหร่ายผมนาง *Gracilaria fisheri* เจริญเติบโตได้ดีที่ความเค็ม 8-16 ppt (สมาน และทศพล, 2562) และสาหร่ายหนาม *Acanthophora spicifera* สามารถทนต่อความเค็มได้สูงถึง 25-40 ppt (Pererira *et al*., 2017) ซึ่งในการพัฒนาเทคนิคการเพาะเลี้ยงสาหร่ายทะเลนั้น นอกจากความเค็มที่เหมาะสมแล้ว ธาตุอาหารนับเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์สารชีวภาพของสาหร่าย โดยเฉพาะธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) โดยไนโตรเจนมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน และกระบวนการเมตาบอลิซึมอื่นๆ แม้ว่าปริมาณไนโตรเจนในอากาศมีอยู่ถึง 78 เปอร์เซ็นต์ แต่สาหร่ายทะเลไม่สามารถนำไปใช้ได้ สาหร่ายทะเลจะดูดซึมไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียไปใช้ก่อนไนเตรท เนื่องจากสาหร่ายจะนำไนเตรทไปใช้ได้ เมื่อดูดซึมเข้าสู่เซลล์และต้องเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียก่อน (จงกล, 2552) โดยปกติแหล่งไนโตรเจนมาจากเกลือ แอมโมเนียม ไนเตรท และยูเรีย เป็นต้น แต่อัตราการดูดซึมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์มีความแตกต่างกัน ตามลำดับดังนี้ แอมโมเนีย > ยูเรีย > ไนเตรท > ไนไตรท์ (นุชนาถ, 2557) และจากการเปรียบเทียบแหล่งไนโตรเจนระหว่างปุ๋ยที่ให้ไนเตรทกับปุ๋ยที่ให้แอมโมเนียมในสาหร่าย *Gracilaria tenuistipitata* พบว่าสาหร่ายสามารถดูดซับแอมโมเนียมได้ดีกว่าไนเตรท (คมน์ และคณะ, 2548 อ้างจาก Haglund and Pedersen, 2013) ฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญในการสร้างโครงสร้างเซลล์ การเผาผลาญพลังงาน และการควบคุมกระบวนการทางสรีรวิทยาในสิ่งมีชีวิต โดย Chen *et al.* (2024) พบว่า การขาดฟอสฟอรัสในสาหร่ายสีแดง *Neopyropia yezoensis* เป็นเวลานานสามารถยับยั้งการเจริญเติบโต และส่งผลเสียทางด้านสรีรวิทยา เช่น รงควัตถุ การสังเคราะห์แสง และการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเล ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม และฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหรายลิ้นมังกร ให้สามารถนำมาพัฒนาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรให้ได้ผลผลิตปริมาณมากและมีคุณภาพ อันจะนำไปใช้ประโยชน์ทั้งด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพิ่มมูลค่าสู่การเกิดอาชีพการเพาะเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรเชิงพาณิชย์ต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเล ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม และฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหรายลิ้นมังกร

วิธีดำเนินงาน

1. การวางแผนการทดลอง

ดำเนินการทดลองโดยแบ่งเป็น 3 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร

ศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรที่ระดับความเค็มต่างกัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ วางแผนแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) แบ่งออกเป็น 6 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เติมน้ำทะเลความเค็ม 15 ppt
ชุดการทดลองที่ 2 เติมน้ำทะเลความเค็ม 20 ppt
ชุดการทดลองที่ 3 เติมน้ำทะเลความเค็ม 25 ppt
ชุดการทดลองที่ 4 เติมน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt
ชุดการทดลองที่ 5 เติมน้ำทะเลความเค็ม 35 ppt
ชุดการทดลองที่ 6 เติมน้ำทะเลความเค็ม 40 ppt

การทดลองที่ 2 ศึกษาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร

เมื่อได้ระดับความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรแล้ว จึงนำความเค็มที่ได้มาศึกษาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรด้วยสารละลายยูเรีย เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ วางแผนแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) แบ่งออกเป็น 6 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สารละลายยูเรีย 0 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 2 เติมสารละลายยูเรีย 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 3 เติมสารละลายยูเรีย 0.75 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 4 เติมสารละลายยูเรีย 1 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 5 เติมสารละลายยูเรีย 1.25 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 6 เติมสารละลายยูเรีย 1.5 มิลลิกรัม/ลิตร

การทดลองที่ 3 ศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร

เมื่อได้ระดับความเค็มและปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรแล้ว นำมาศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรด้วยสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

วางแผนแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) แบ่งออกเป็น 6 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 2 เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 3 เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 4 เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 5 เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร
ชุดการทดลองที่ 6 เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร

2. การเตรียมการทดลอง

2.1 การเตรียมปุ๋ย

- เตรียมปุ๋ยนา (สูตร 16-20-0) ผสมปุ๋ยยูเรีย (สูตร 46-0-0) ชั่งปุ๋ยนา 100 กรัม และปุ๋ยยูเรีย 50 กรัม จากนั้นนำมาผสมรวมกันแล้วละลายในน้ำจืดปริมาณ 200 ลิตร เก็บไว้ในภาชนะทึบแสง เพื่อใช้ในการทดลองที่ 1

- เตรียมปุ๋ยยูเรีย (สูตร 46-0-0) โดยนำปุ๋ยยูเรีย 1 กรัม ไปละลายในน้ำกลั่นปริมาณ 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดแก้วทึบแสง ทำการตรวจสอบความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมด้วยวิธี Modified Indophenol Blue Method (นิคม, 2562) สำหรับใช้ในการทดลองที่ 2

- เตรียมปุ๋ยฟอสเฟต โดยนำสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($NA_2HPO_4.7H_2O$) 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาณ 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดแก้วทึบแสง ทำการตรวจสอบความเข้มข้นของฟอสเฟตตามวิธี Ascorbic Acid Method (นิคม, 2562) สำหรับใช้ในการทดลองที่ 3

2.2 การเตรียมสาหร่าย

เตรียมต้นพันธุ์สาหร่ายลิ้นมังกร โดยเติมน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วในบ่อซีเมนต์ปริมาตร 20 ตัน และให้อากาศโดยใช้ท่อพีวีซีขนาด 4 หุน เดินท่ออากาศที่พื้นบ่อตรงกลางบ่อและเจอะรูให้อากาศ ขนาด 1 หุน แล้วผูกสาหร่ายลิ้นมังกรติดกับแผงตาข่ายพลาสติกขนาด 50x50 เซนติเมตร โดยใช้สาหร่ายลิ้นมังกรแผงละ 200 กรัม แบ่งผูกเป็น 5 จุด คือ มุมทั้ง 4 มุม 4 จุด และตรงกลาง 1 จุด เลี้ยงเป็นระยะเวลา 1 เดือน แล้วนำต้นพันธุ์ที่ได้จากบ่อต้นพันธุ์มาคัดเลือกลักษณะที่สมบูรณ์ แข็งแรง มีสีแดงสดหรือแดงอมชมพู ไม่มีการเน่าเปื่อยหรือรอยดำ และไม่มีสัตว์เกาะติด จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาดแล้วพักในถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร (การทดลองที่ 1) และ 500 ลิตร (การทดลองที่ 2 และ 3) เป็นเวลา 7 วัน ก่อนการทดลองค่อยๆ ปรับความเค็มเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามชุดการทดลองด้วยน้ำดีเกลือหรือน้ำประปาวันเว้นวัน วันละไม่เกิน 5 ppt

2.3 การเตรียมน้ำทะเล

เตรียมน้ำทะเลที่ความเค็ม 30 ppt โดยดึงน้ำทะเลจากบ่อดินมาพักในบ่อซีเมนต์ขนาด 3.5x4.5x1.7 เมตร ปริมาตร 25 ตัน จำนวน 4 บ่อ โดยพักน้ำทะเลให้ตกตะกอน 7-15 วัน ในบ่อที่ 1 จากนั้นย้ายน้ำที่ตกตะกอนแล้วไปฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน 30 ppm และให้อากาศทิ้งไว้ 1 วัน ในบ่อที่ 2 ปิดลมพักให้ตกตะกอน แล้วย้ายน้ำที่ฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนแล้วไปยังบ่อที่ 3 ให้อากาศเพื่อให้คลอรีนสลายตัว โดยตรวจสอบคลอรีนด้วยชุดทดสอบคลอรีน จากนั้นย้ายน้ำทะเลไปพักในบ่อพักน้ำทะเลปลอดเชื้อในบ่อที่ 4 โดยผ่านถุงกรองขนาด 5 ไมครอน จากนั้นดึงน้ำทะเลที่ได้มาผสมในถังพลาสติกและปรับระดับความเค็มที่ 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ppt ด้วยน้ำประปาและน้ำดีเกลือ

2.4 การเตรียมตู้ทดลองและอุปกรณ์การทดลอง

เตรียมตู้กระจกขนาด 45x90x47 เซนติเมตร ปริมาตร 200 ลิตร จำนวน 18 ใบ และอุปกรณ์ทดลอง ได้แก่ แผงตาข่ายพลาสติกขนาด 30x30 เซนติเมตร พร้อมผูกอิฐสำหรับถ่วงน้ำหนัก แผงละ 2 ก้อน จำนวน 36 แผง โดยล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ ตู้กระจก แผงตาข่ายพลาสติก สายให้อากาศ และหัวทราย ด้วยคลอรีน 30 ppm แล้วล้างด้วยน้ำให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง ก่อนนำไปทดลองต่อไป โดยระหว่างการทดลองมีการล้างทำความสะอาดตู้ทดลอง สายให้อากาศ หัวทราย และเปลี่ยนแผงสาหร่ายทุกสัปดาห์

3. ดำเนินการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร

เลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรในตู้กระจก โดยบรรจุน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วที่ระดับความเค็ม 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ppt ปริมาณ 150 ลิตร/ตู้ เติมปุ๋ยนาผสมปุ๋ยยูเรียปริมาณ 20 มิลลิลิตร/ตู้ พร้อมให้อากาศ จากนั้นนำสาหร่ายลิ้นมังกรที่ปรับความเค็มแล้วของแต่ละชุดการทดลองมาตัดเป็นช่อ ช่อละ 30 กรัม ผูกติดกับแผงตาข่ายพลาสติกตรงกลางแผง 1 จุด เปลี่ยนถ่ายน้ำ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำการชั่งน้ำหนักสดของสาหร่ายลิ้นมังกรทุกสัปดาห์ โดยเปลี่ยนแผงตาข่ายพลาสติกทุกครั้งที่มีการชั่งน้ำหนักและทุกครั้งที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ เก็บตัวอย่างน้ำเริ่มต้นและหลังใส่ปุ๋ย 1 ชั่วโมง เพื่อส่งวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

การทดลองที่ 2 ศึกษาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร

เลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรในตู้กระจก โดยบรรจุน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปริมาณ 150 ลิตร/ตู้ ที่ระดับความเค็มที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 จากนั้นเติมสารละลายยูเรียตามชุดการทดลอง พร้อมให้อากาศ นำสาหร่ายลิ้นมังกรที่ปรับความเค็มแล้ว มาตัดเป็นช่อ ช่อละ 30 กรัม ผูกติดกับแผงตาข่ายพลาสติกตรงกลางแผง 1 จุด เปลี่ยนถ่ายน้ำ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำการชั่งน้ำหนักสดของสาหร่ายลิ้นมังกรทุกสัปดาห์ โดยเปลี่ยนแผงตาข่ายพลาสติกทุกครั้งที่มีการชั่งน้ำหนัก และทุกครั้งที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเริ่มต้นและน้ำหลังใส่ปุ๋ย 1 ชั่วโมง เพื่อส่งวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

การทดลองที่ 3 ศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร

เลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรในตู้กระจก โดยบรรจุน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปริมาณ 150 ลิตร/ตู้ ที่ระดับความเค็มที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 และเติมสารละลายยูเรียที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 2 จากนั้นเติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตตามชุดการทดลอง พร้อมให้อากาศ นำสาหร่ายลิ้นมังกรที่ปรับความเค็มแล้ว มาตัดเป็นช่อ ช่อละ 30 กรัม ผูกติดกับแผงตาข่ายพลาสติกตรงกลางแผง 1 จุด เปลี่ยนถ่ายน้ำ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำการชั่งน้ำหนักสดของสาหร่ายลิ้นมังกรทุกสัปดาห์ โดยเปลี่ยนแผงตาข่ายพลาสติกทุกครั้งที่มีการชั่งน้ำหนัก และทุกครั้งที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเริ่มต้นและน้ำหลังใส่ปุ๋ย 1 ชั่วโมง เพื่อส่งวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

4. การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

1. เก็บข้อมูลน้ำหนักสดสาหร่ายลิ้นมังกรก่อน ระหว่างทดลองสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และสิ้นสุดการทดลอง โดยสลัดน้ำออก และนำสาหร่ายวางให้สะเด็ดน้ำบนผ้าซับน้ำที่เกาะผิวของสาหร่ายลิ้นมังกร เป็นระยะเวลาประมาณ 3 นาที ก่อนนำมาชั่ง เพื่อหาการเจริญเติบโตของสาหร่าย ดังนี้

- เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น (Percentage weight gain : WG) (เปอร์เซ็นต์) จากสูตร

$$WG = \frac{(Wt_2 - Wt_1) \times 100}{Wt_1}$$

Wt_1 = น้ำหนักสาหร่ายเริ่มต้น (กรัม)

Wt_2 = น้ำหนักสาหร่าย ณ เวลาที่ใช้คำนวณ (กรัม)

- อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน (average daily gain ; ADG) (กรัมต่อวัน) ตามสูตรการคำนวณของ Oliveira *et al.* (2012)

$$ADG = \frac{W_t - W_0}{t}$$

เมื่อ W_0 = น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)

W_t = น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)

t = ระยะเวลา (วัน)

- อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน (Specific Growth Rate : SGR) (เปอร์เซ็นต์/วัน) ตามสูตรการคำนวณของ Oliveira *et al.* (2012)

$$SGR = \frac{[(\ln Wt_1 - \ln Wt_0) \times 100]}{t}$$

เมื่อ Wt_0 = น้ำหนักสาหร่ายเริ่มต้น (กรัม)

Wt_1 = น้ำหนักสาหร่ายสุดท้าย (กรัม)

t = ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน)

2. ตรวจวัดคุณสมบัติน้ำในตู้ทดลอง ทุกสัปดาห์ ดังนี้

- อุณหภูมิน้ำ ตรวจวัดโดยใช้ เทอร์โมมิเตอร์
- ความเค็ม โดยใช้ Refractometer แบบหักเหแสง ยี่ห้อ ATAGO
- ความเป็นกรด-ด่าง หรือ pH โดยใช้ pH Meter รุ่น HI2211 ยี่ห้อ Hanna
- ความเป็นด่าง ตามวิธี Potentiometric Titration Method (นิคม, 2562)
- ปริมาณแอมโมเนียรวม ตามวิธี Modified Indophenol Blue Method (นิคม, 2562)
- ปริมาณไนเตรท (NO_3^-) ตามวิธี Brucine Colorimetric Method (EPA, 1971)
- ปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-) ตามวิธี Diazotization Method (นิคม, 2562)
- ปริมาณฟอสเฟต (Total Phosphate) ตามวิธี Ascorbic Acid Method (นิคม, 2562)

3. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ได้แก่ การเจริญเติบโต และผลผลิตของสาหร่าย มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one–way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Turkey's Honestly Significant Different (HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

<u>การทดลองที่ 1</u> ศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร

ศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร น้ำหนัก 30 กรัม ในน้ำทะเลที่ระดับความเค็ม 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ppt ปริมาตร 150 ลิตร ด้วยปุ๋ยนาผสมปุ๋ยยูเรีย เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ที่ระดับความเค็ม 40 ppt มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด 236.63±13.88 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) รองลงมาคือ ที่ระดับความเค็ม 35 และ 30 ppt มีน้ำหนักเฉลี่ย 133.02±8.93 และ 124.42±9.39 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1 และพบว่าที่ระดับความเค็ม 25-40 ppt น้ำหนักเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ แต่ที่ระดับความเค็ม 15 และ 20 ppt สาหร่ายลิ้นมังกรมีการเจริญเติบโตลดลงในสัปดาห์ที่ 2 และตายในสัปดาห์ ที่ 3 ของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 1 (ก)

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า สาหร่ายลิ้นมังกรที่เลี้ยงด้วยระดับความเค็ม 40 ppt มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด 474.89±190.39 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือที่ระดับความเค็ม 35 และ 30 ppt โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น 337.12±31.55 และ 308.11±30.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งที่ระดับความเค็ม 30, 35 และ 40 ppt ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1 และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ ยกเว้นที่ระดับความเค็ม 15 และ 20 ppt ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ เนื่องจากสาหร่ายตายในสัปดาห์ที่ 3 ดังแสดงในภาพที่ 1 (ข)

อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า สาหร่ายลิ้นมังกรที่เลี้ยงด้วยระดับความเค็ม 40 ppt มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวันสูงที่สุด 3.68±0.25 กรัม/วัน ซึ่งมีความแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) รองลงมาคือ ที่ระดับความเค็ม 35 และ 30 ppt มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน 1.83±0.16 และ 1.68±0.17 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1 และที่ระดับความเค็ม 25, 30 และ 40 ppt อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ ยกเว้นที่ระดับความเค็ม 35 ppt มีแนวโน้มลดลงในสัปดาห์ที่ 4-8 และที่ระดับความเค็ม 15 และ 20 ppt ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ เนื่องจากสาหร่ายตายในสัปดาห์ที่ 3 ดังแสดงในภาพที่ 1 (ค)

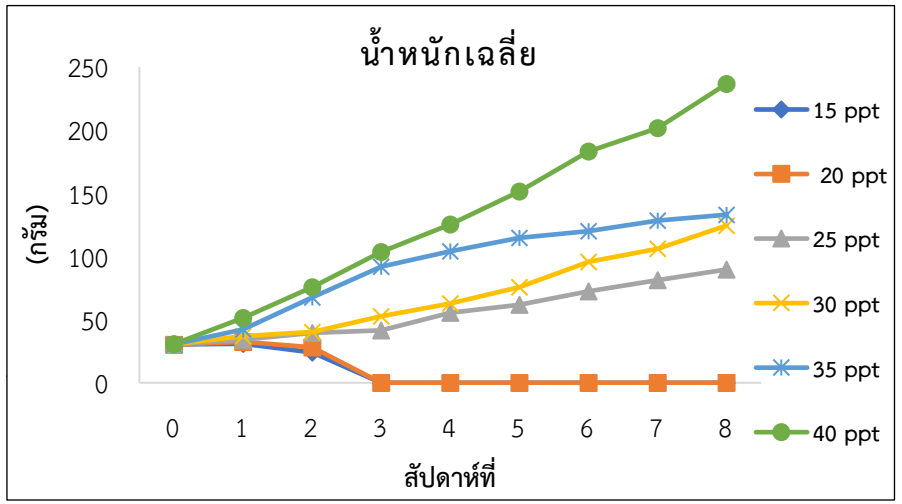
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า สาหร่ายลิ้นมังกรที่เลี้ยงด้วยระดับความเค็ม 40 ppt มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันสูงที่สุด 3.65±0.11 เปอร์เซ็นต์/วัน ซึ่งมีความแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) รองลงมาคือ ที่ระดับความเค็ม 35 และ 30 ppt มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน 2.63±0.13 และ 2.51±1.14 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1 และที่ระดับความเค็ม 25, 30, 35 และ 40 ppt อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันมีแนวโน้มลดลงทุกสัปดาห์ และที่ระดับความเค็ม 15 และ 20 ppt ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ เนื่องจากสาหร่ายตายในสัปดาห์ที่ 3 ดังแสดงในภาพที่ 1 (ง)

ตารางที่ 1 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรในการศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

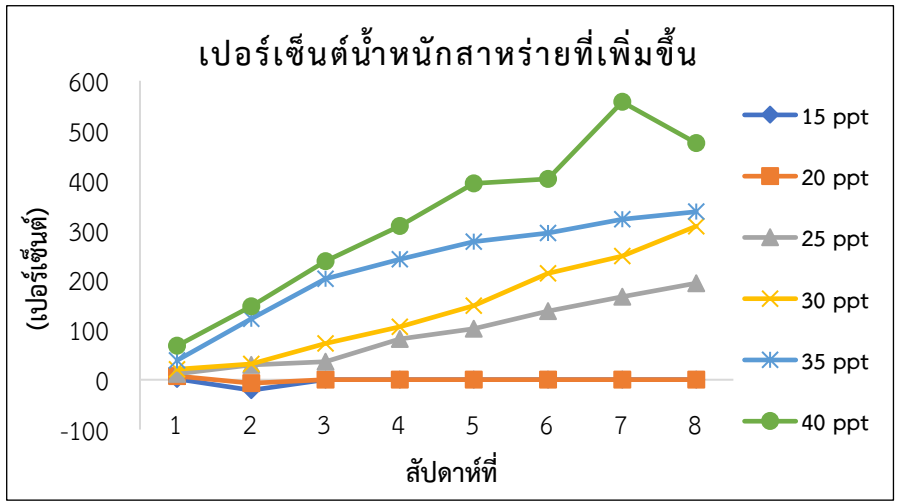
อัตราการเจริญเติบโต (ค่าเฉลี่ย±SD)	**ระดับความเค็มของน้ำทะเล (ppt)**					
	15	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**
น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	NC	NC	89.67±21.48 [c]	124.42±9.39 [b]	133.02±8.93 [b]	236.63±13.88 [a]
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)	NC	NC	193.77±68.71 [b]	308.11±30.83 [ab]	337.12±31.55 [ab]	474.89±190.39 [a]
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน (กรัม/วัน)	NC	NC	1.06±0.38 [c]	1.68±0.17 [b]	1.83±0.16 [b]	3.68±0.25 [a]
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน (เปอร์เซ็นต์/วัน)	NC	NC	1.89±0.42 [c]	2.51±1.14 [b]	2.63±0.13 [b]	3.65±0.11 [a]

หมายเหตุ: 1. ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

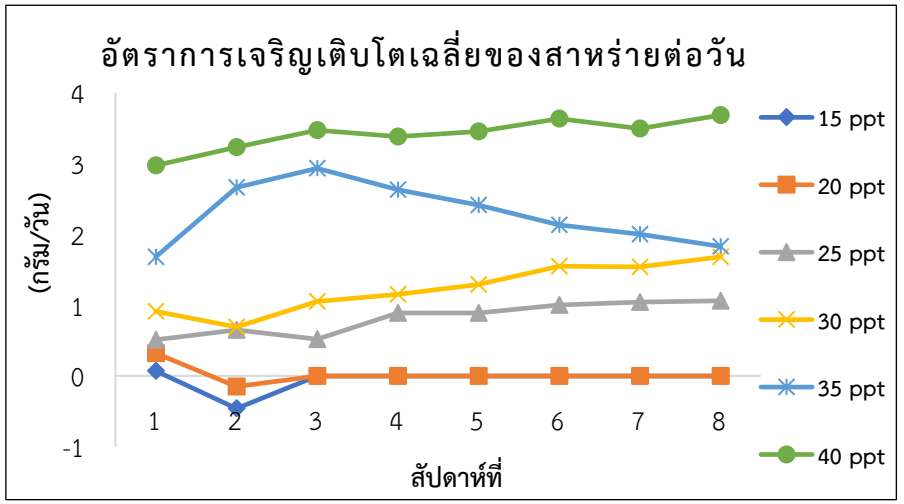
2. NC = not calculated ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ เนื่องจากสาหร่ายตาย



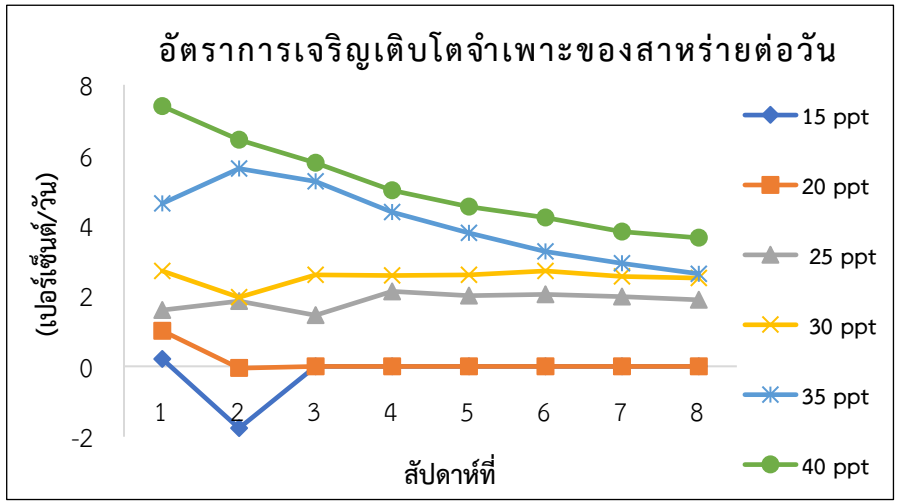
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ย (ก) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น (ข) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน (ค) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน (ง) ในการศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำในการศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร

ค่าคุณภาพน้ำ		ระดับความเค็ม (ppt)					
		15	20	25	30	35	40
อุณหภูมิน้ำ	ค่าเฉลี่ย±SD	28±0.41	28±0.55	27±1.51	27±1.43	27±1.45	27±1.45
(องศาเซลเซียส)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	27-28	27-28	24-28	24-28	24-28	24-28
ความเค็ม	ค่าเฉลี่ย±SD	14.33±1.00	19.11±1.36	25±0.00	30±0.00	34.7±0.67	40±0.00
(ppt)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	13-15	17-20	25	30	33-35	40
ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าเฉลี่ย±SD	8.28±0.36	8.35±0.38	8.46±0.19	8.52±0.19	8.52±0.15	8.55±0.09
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	7.82-8.76	7.93-8.87	8.14-8.87	8.13-8.86	8.22-8.85	8.41-8.67
ความเป็นด่าง	ค่าเฉลี่ย±SD	80.11±7.69	98.33±10.32	128.67±15.59	145.59±14.67	157.33±21.16	189.07±22.03
(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	68-89	88-118	98-162	120-172	115-196	145-241
แอมโมเนียรวม	ค่าเฉลี่ย±SD	0.0098±0.0073	0.0114±0.0107	0.0125±0.0148	0.0112±0.0114	0.0250±0.0295	0.0134±0.0224
(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.0012-0.0191	0.0011-0.0306	0.0000-0.0550	0.0011-0.0470	0.0005-0.1140	0.0009-0.1180
ไนไตรท์	ค่าเฉลี่ย±SD	0.0022±0.0018	0.0077±0.0102	0.0044±0.0079	0.0064±0.0122	0.0052±0.0084	0.0009±0.0006
(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.0001-0.0045	0.0012-0.0323	0.0000-0.0376	0.0000-0.0429	0.0001-.0287	0.0000-0.0020
ไนเตรท	ค่าเฉลี่ย±SD	0.4251±0.4601	0.5470±0.5726	0.4600±0.4072	0.5882±0.4221	0.5570±0.4900	0.3669±0.0548
(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.0751-1.0629	0.0891-1.3184	0.1342-1.6909	0.2115-1.6296	0.2251-1.7360	0.2370-0.4484
ฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย±SD	0.1471±0.1396	0.2640±0.1512	0.3480±0.1246	0.4840±0.0945	0.3597±0.2018	0.1739±0.0868
(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.0161-0.3324	0.0641-0.4902	0.1760-0.6499	0.3620-0.6998	0.0260-0.6833	0.0330-0.3140

<u>การทดลองที่ 2</u> ศึกษาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร

ศึกษาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร น้ำหนัก 30 กรัม ในน้ำทะเลที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 ที่ระดับความเค็ม 40 ppt ปริมาตร 150 ลิตร โดยการเติมสารละลายยูเรีย 0, 0.5, 0.75, 1, 1.25 และ 1.5 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า การเติมสารละลายยูเรีย 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด 139.37±3.48 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) รองลงมาคือ การเติมสารละลายยูเรีย 0 และ 0.75 มิลลิกรัม/ลิตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 120.30±3.01 และ 120.30±4.36 กรัม ตามลำดับ ซึ่งการเติมสารละลายยูเรีย 0, 0.75 และ 1 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำหนักเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 และน้ำหนักเฉลี่ยของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ ดังแสดงในภาพที่ 2 (ก)

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การเติมสารละลายยูเรีย 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด 361.86±12.81 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) รองลงมาคือ การเติมสารละลายยูเรียปริมาณ 0.75 และ 0 มิลลิกรัม/ลิตร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น 298.80±14.47 และ 298.24±11.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งการเติมสารละลายยูเรีย 0, 0.75 และ 1 มิลลิกรัม/ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ ดังแสดงในภาพที่ 2 (ข)

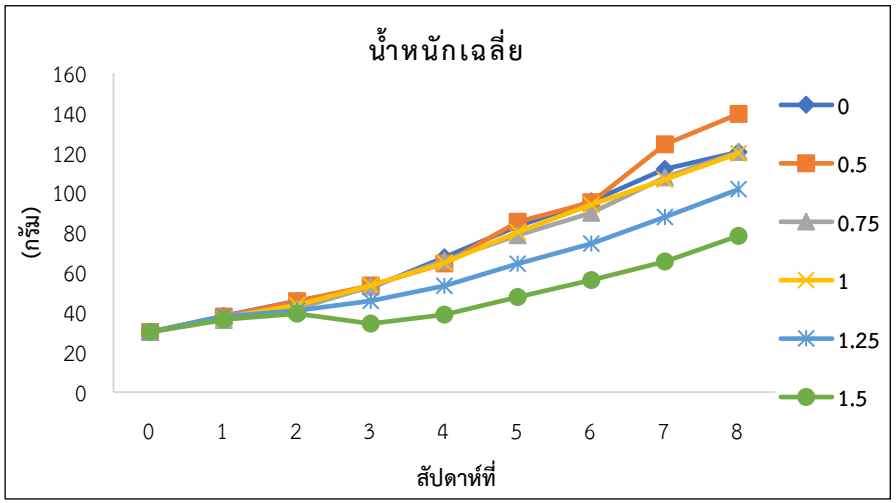
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การเติมสารละลายยูเรีย 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวันสูงที่สุด 1.95±0.06 กรัม/วัน ซึ่งมีความแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) รองลงมาคือ การเติมสารละลายยูเรีย 0.75, 0 และ 1 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน เท่ากับ 1.61±0.08, 1.61±0.06 และ 1.60±0.16 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวันของทุกชุดการทดลองลดลงในสัปดาห์ที่ 3 และเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 2 (ค)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันที่เติมด้วยสารละลายยูเรีย 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงที่สุด 2.74±0.05 เปอร์เซ็นต์/วัน แต่ไม่มีความแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) รองลงมาคือ การเติมด้วยสารละลายยูเรีย 0.75, 0 และ 1 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันเท่ากับ 2.47±0.06, 2.47±0.05 และ 2.45±0.13 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันที่เติมสารละลายยูเรีย 0, 0.5, 0.75 และ 1 มิลลิกรัม/ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันของทุกชุดการทดลองลดลงในสัปดาห์ที่ 3 และเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 แล้วเริ่มคงที่ในสัปดาห์ 5-8 ดังแสดงในภาพที่ 2 (ง)

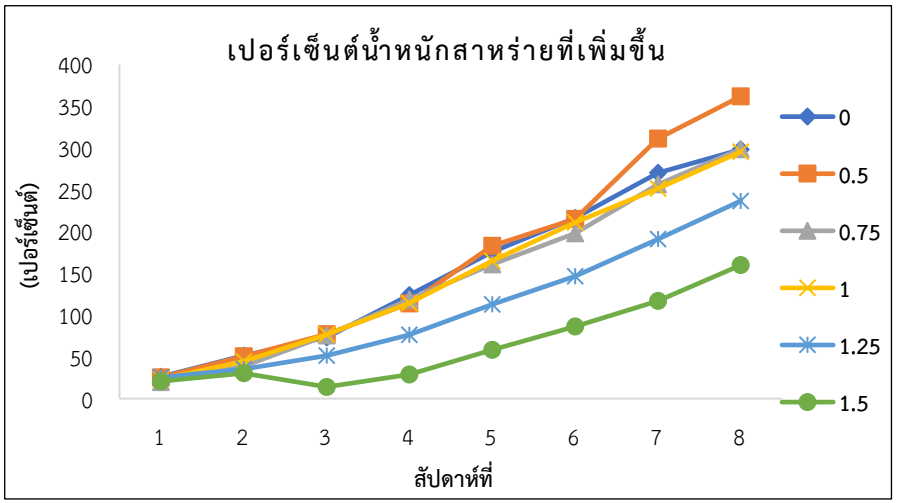
ตารางที่ 3 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรในการศึกษาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

อัตราการเจริญเติบโต (ค่าเฉลี่ย±SD)	**ปริมาณสารละลายยูเรีย (มิลลิกรัม/ลิตร)**					
	0	**0.5**	**0.75**	**1**	**1.25**	**1.5**
น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	120.30±3.01 [b]	139.37±3.48 [a]	120.30±4.36 [b]	119.69±9.05 [b]	101.62±5.13 [c]	78.28±9.79 [d]
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)	298.24±11.30 [b]	361.86±12.81 [a]	298.80±14.47 [b]	295.60±29.41 [b]	236.74±18.23 [c]	159.82±31.77 [d]
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน (กรัม/วัน)	1.61±0.06 [b]	1.95±0.06 [a]	1.61±0.08 [b]	1.60±0.16 [b]	1.27±0.09 [c]	0.86±0.17 [d]
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน (เปอร์เซ็นต์/วัน)	2.47±0.05 [ab]	2.74±0.05 [a]	2.47±0.06 [ab]	2.45±0.13 [ab]	2.17±0.10 [b]	1.70±0.23 [c]

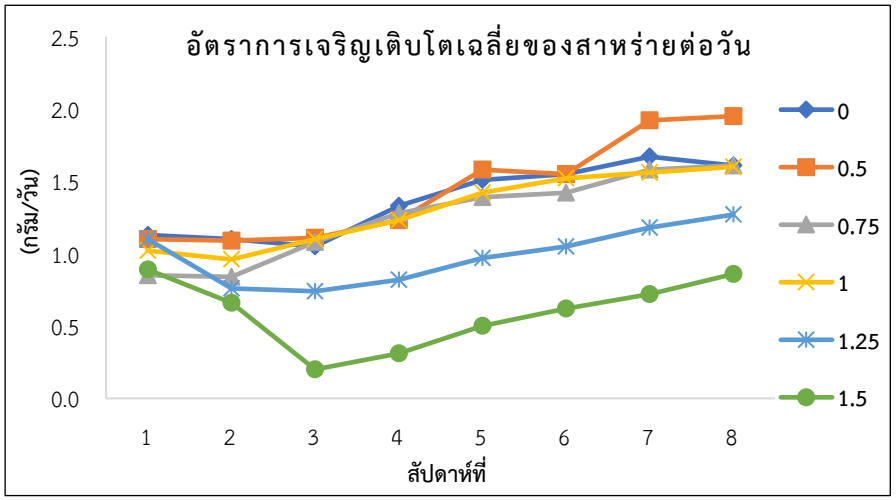
หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



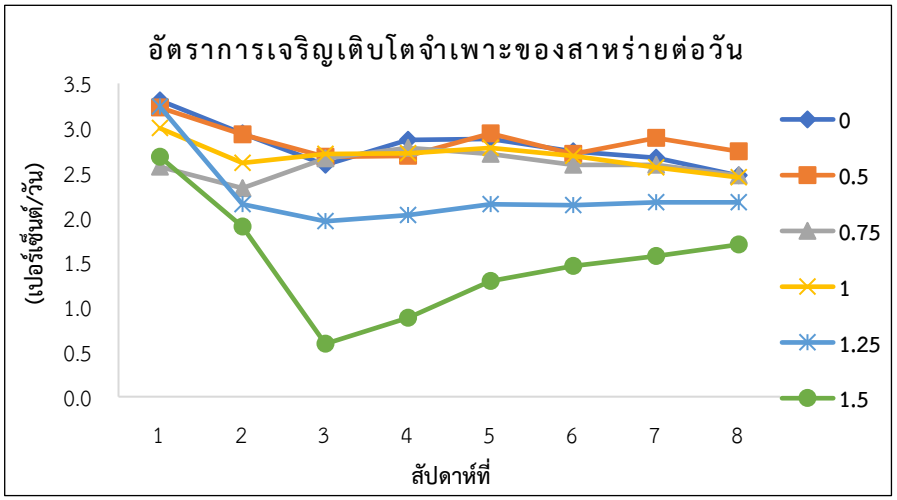
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ย (ก) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น (ข) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน (ค) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน (ง) ในการศึกษาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำในการศึกษาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร

ค่าคุณภาพน้ำ		ปริมาณสารละลายยูเรีย (มิลลิกรัม/ลิตร)					
		0	0.5	0.75	1	1.25	1.5
อุณหภูมิน้ำ	ค่าเฉลี่ย±SD	28.81±1.29	28.83±1.25	28.88±1.32	28.88±1.27	28.90±1.33	28.78±1.19
(องศาเซลเซียส)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	27.40-31.10	27.50-31.00	27.50-31.20	27.40-31.50	27.40-31.30	27.40-30.90
ความเค็ม	ค่าเฉลี่ย±SD	40	40	40	40	40	40
(ppt)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	40	40	40	40	40	40
ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าเฉลี่ย±SD	8.20±0.07	8.23±0.06	8.25±0.06	8.26±0.06	8.26±0.06	8.27±0.06
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	8.08-8.32	8.14-8.32	8.15-8.32	8.16-8.33	8.16-8.34	8.17-8.34
ความเป็นด่าง	ค่าเฉลี่ย±SD	177.58±31.21	177.83±31.33	178.00±32.57	177.83±32.35	177.63±32.20	178.25±32.05
(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	140-230	140-232	136-232	136-235	136-236	135-230
แอมโมเนียรวม	ค่าเฉลี่ย±SD	0.0579±0.0392	0.0641±0.0467	0.0642±.0628	0.0518±0.0483	0.0581±0.0569	0.0648±0.0725
(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.0163-0.1528	0.0150-0.1658	0.0066-0.2370	0.0187-0.2413	0.0177-0.2195	0.0108-0.2766
ไนไตรท์	ค่าเฉลี่ย±SD	0.0480±0.0653	0.0481±0.0660	0.0483±0.0665	0.0484±0.0661	0.0485±0.0659	0.0481±0.0660
(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.0044-0.2073	0.0046-0.2014	0.0048-0.2035	0.0047-0.2026	0.0048-0.2029	0.0047-0.2024
ไนเตรท	ค่าเฉลี่ย±SD	0.4018±0.1045	0.4360±0.1815	0.3809±0.1079	0.4003±0.1069	0.3768±0.0892	0.3806±0.1116
(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.1957-0.5875	0.2576-0.9446	0.2768-0.6981	0.2680-0.7411	0.2721-0.5645	0.2659-0.6548
ฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย±SD	0.5318±0.4314	0.5329±0.4289	0.5386±0.4342	0.5412±0.4353	0.5414±0.4364	0.5387±0.4440
(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.1047-1.1435	0.1088-1.1406	0.1096-1.1639	0.1106-1.1355	0.1104-1.1330	0.0126-1.1473

<u>การทดลองที่ 3</u> ศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร

ศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรน้ำหนัก 30 กรัม ในน้ำทะเลที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 ที่ระดับความเค็ม 40 ppt ปริมาตร 150 ลิตร และสารละลายยูเรียที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 2 ปริมาณ 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร จากนั้นเติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2 และ 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร เลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการเติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด 208.79±5.67 กรัม แต่ไม่มีความแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) รองลงมาคือ การเติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.1, 0.05 และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 182.18±7.82, 181.46±16.90 และ 171.84±31.66 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 และน้ำหนักเฉลี่ยของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ ดังแสดงในภาพที่ 3 (ก)

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การเติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด 573.81±21.67 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) รองลงมาคือ การเติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.1, 0.05 และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น 491.83±33.77, 486.10±48.02 และ 460.65±103.21 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1-6 แล้วลดลงในสัปดาห์ที่ 7 และเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 8 ดังแสดงในภาพที่ 3 (ข)

อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การเติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวันสูงที่สุด 3.18±0.11 กรัม/วัน แต่ไม่มีความแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) รองลงมาคือ การเติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.1, 0.05 และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน เท่ากับ 2.70±0.14, 2.69±0.30 และ 2.52±0.56 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวันของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 1-4 แล้วเริ่มคงที่ในสัปดาห์ที่ 4-8 ดังแสดงในภาพที่ 3 (ค)

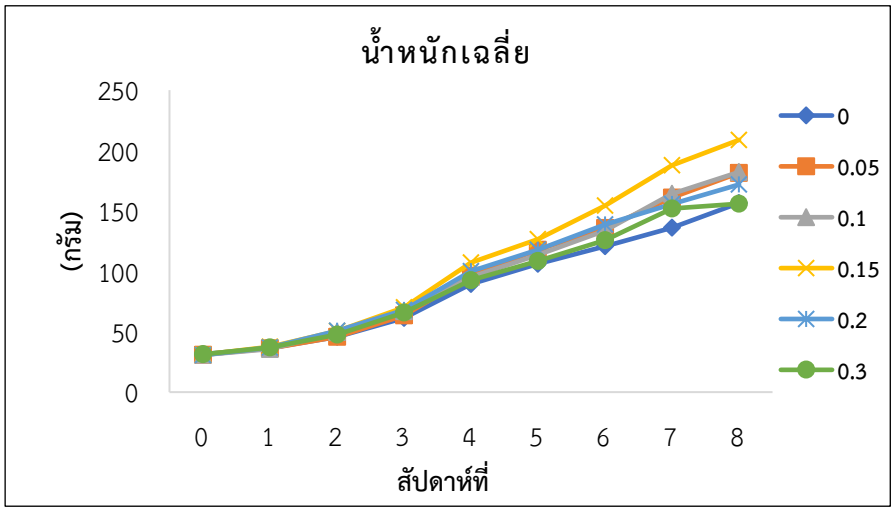
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การเติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันสูงที่สุด 3.41±0.06 เปอร์เซ็นต์/วัน แต่ไม่มีความแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) รองลงมาคือ การเติมด้วยสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.1 และ 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันเท่ากับ 3.17±0.11 และ 3.15±0.15 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 1-4 แล้วเริ่มลดลงในสัปดาห์ที่ 4-8 ดังแสดงในภาพที่ 3 (ง)

จากการทดลอง เมื่อคำนวณหาอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสที่เหมาะสมในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกร คิดเป็นอัตราส่วน ดังนี้ 0.5:0, 10:1, 5:1, 3.3:1, 2.5:1 และ 1.7:1 ซึ่งพบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในปุ๋ยที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส 3.3:1 มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรเมื่อสิ้นสุดการทดลองสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับสาหร่ายที่เลี้ยงในปุ๋ยที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส 10:1, 5:1 และ 2.5:1 ดังแสดงในตารางที่ 7

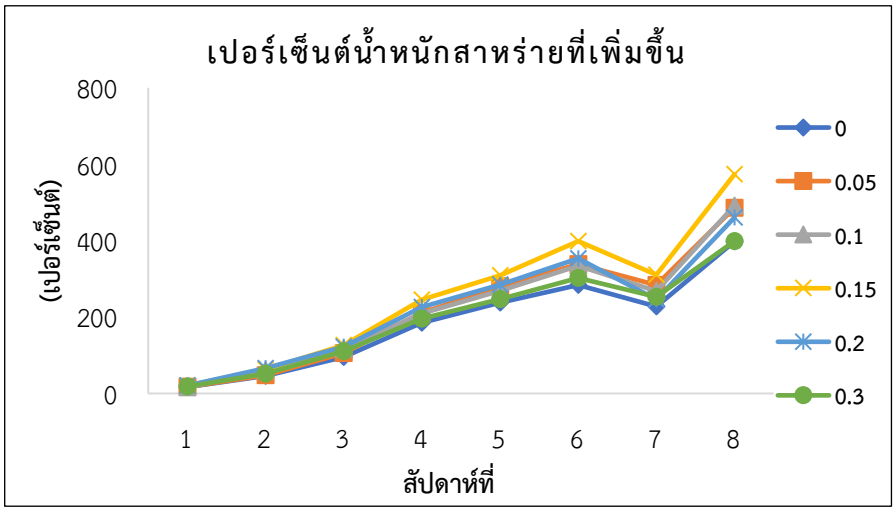
ตารางที่ 5 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรในการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

อัตราการเจริญเติบโต (ค่าเฉลี่ย±SD)	**ปริมาณสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตปริมาณ (มิลลิกรัม/ลิตร)**					
	0	**0.05**	**0.1**	**0.15**	**0.2**	**0.3**
น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	156.54±22.89 [b]	181.46±16.90 [ab]	182.18±7.82 [ab]	208.79±5.67 [a]	171.84±31.66 [ab]	155.95±14.17 [b]
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)	398.06±70.40 [b]	486.10±48.02 [ab]	491.83±33.77 [ab]	573.81±21.67 [a]	460.65±103.21 [ab]	398.97±52.59 [b]
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน (กรัม/วัน)	2.23±0.41 [b]	2.69±0.30 [ab]	2.70±0.14 [ab]	3.18±0.11 [a]	2.52±0.56 [ab]	2.23±0.26 [b]
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน (เปอร์เซ็นต์/วัน)	2.86±0.27 [a]	3.15±0.15 [a]	3.17±0.11 [a]	3.41±0.06 [a]	3.06±0.34 [a]	2.86±0.19 [a]

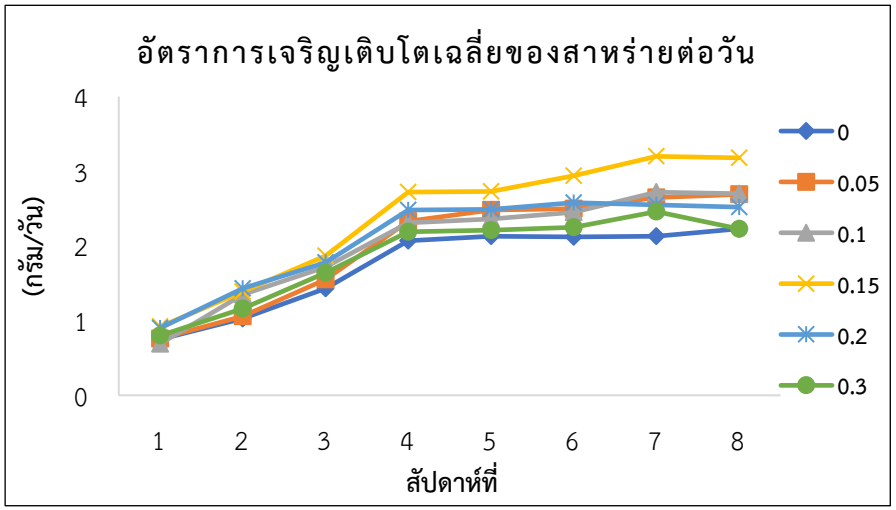
หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



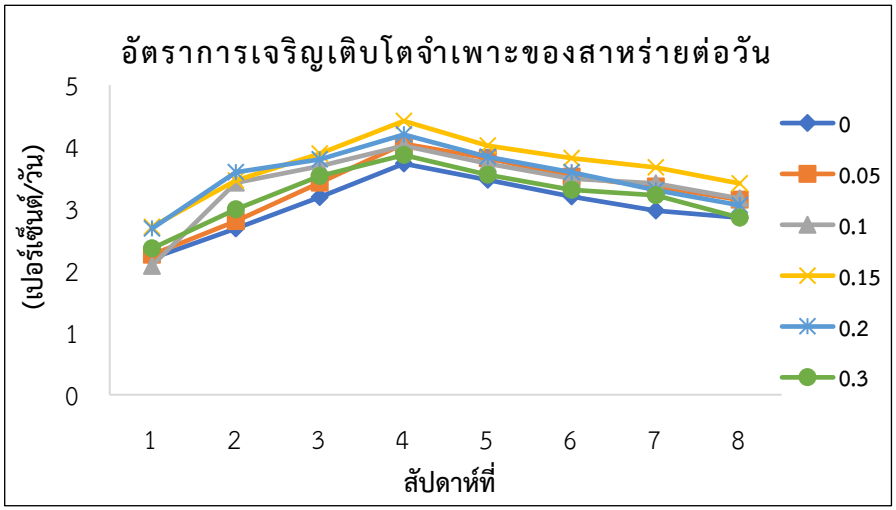
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 3 น้ำหนักเฉลี่ย (ก) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น (ข) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน (ค) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน (ง) ในการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร

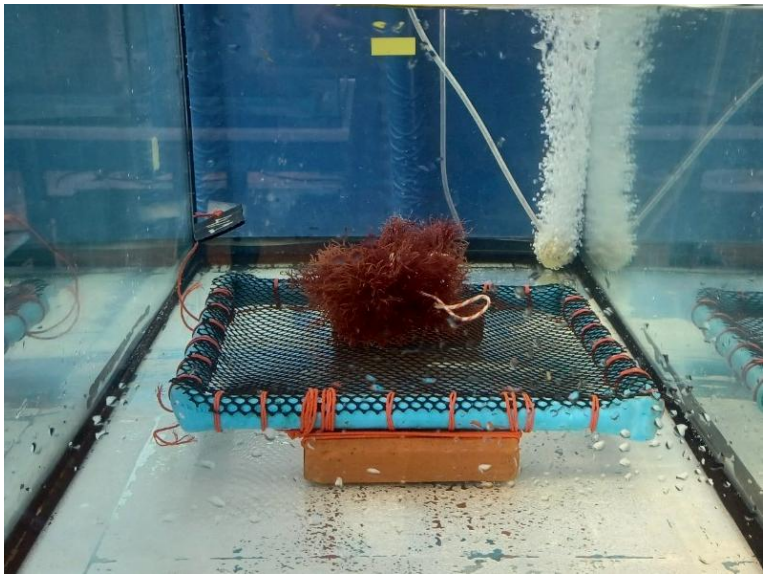
ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำในการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร

ค่าคุณภาพน้ำ		ปริมาณสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตปริมาณ (มิลลิกรัม/ลิตร)					
		ชุดควบคุม	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3
อุณหภูมิน้ำ	ค่าเฉลี่ย±SD	29.82±0.95	29.86±0.97	29.99±1.00	29.93±1.03	30.04±1.03	29.76±0.92
(องศาเซลเซียส)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	28.20-31.10	28.20-31.20	28.30-31.30	28.30-31.60	28.40-31.40	28.30-31.10
ความเค็ม	ค่าเฉลี่ย±SD	40	40	40	40	40	40
(ppt)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	40	40	40	40	40	40
ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าเฉลี่ย±SD	8.36±0.11	8.35±0.06	8.35±0.06	8.35±0.06	8.36±0.05	8.36±0.05
	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	8.25-8.80	8.27-8.42	8.28-8.44	8.28-8.42	8.29-8.43	8.29-8.43
ความเป็นด่าง	ค่าเฉลี่ย±SD	156.46±6.10	155.54±5.73	155.33±6.02	155.25±5.89	154.75±5.19	156.17±5.79
(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	148-168	146-165	143-165	146-164	148-164	148-165
แอมโมเนียรวม	ค่าเฉลี่ย±SD	0.0663±0.0936	0.0472±0.0639	0.0368±0.0401	0.0415±0.0582	0.0388±0.0525	0.0351±0.0381
(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.0002-0.4260	0.0007-0.2065	0.0011-0.1315	0.0004-0.2461	0.0002-0.1970	0.0004-0.1360
ไนไตรท์	ค่าเฉลี่ย±SD	0.0032±0.0011	0.0033±0.0012	0.0033±0.0012	0.0033±0.0011	0.0033±0.0011	0.0033±0.0012
(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.0019-0.0053	0.0018-0.0060	0.0018-0.0055	0.0018-0.0052	0.0017-0.0052	0.0018-0.0056
ไนเตรท	ค่าเฉลี่ย±SD	1.0344±0.1225	0.9958±0.2393	0.9390±0.2274	0.9490±0.1722	1.00024±0.1510	0.9350±0.2595
(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.8321-1.2899	0.1056-1.3563	0.0962-1.2922	0.6451-1.2737	0.7817-1.3472	0.0944-1.3124
ฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย±SD	0.3159±0.0254	0.3293±0.0234	0.3308±0.0405	0.3310±0.0509	0.3378±0.0530	0.3527±0.0541
(มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.2646-0.3583	0.2789-0.3727	0.2003-0.3960	0.1990-0.3888	0.2008-0.3978	0.2129-0.4108

ตารางที่ 7 น้ำหนักและอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรที่เลี้ยงในอัตราส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสที่แตกต่างกัน

อัตราการเจริญเติบโต (ค่าเฉลี่ย±SD)	**อัตราส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส (N:P)**					
	0.5:1	**10:1**	**5:1**	**3.3:1**	**2.5:1**	**1.7:1**
น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	156.54±22.89 [b]	181.46±16.90 [ab]	182.18±7.82 [ab]	208.79±5.67 [a]	171.84±31.66 [ab]	155.95±14.17 [b]
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)	398.06±70.40 [b]	486.10±48.02 [ab]	491.83±33.77 [ab]	573.81±21.67 [a]	460.65±103.21 [ab]	398.97±52.59 [b]
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน (กรัม/วัน)	2.23±0.41 [b]	2.69±0.30 [ab]	2.70±0.14 [ab]	3.18±0.11 [a]	2.52±0.56 [ab]	2.23±0.26 [b]
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน (เปอร์เซ็นต์/วัน)	2.86±0.27 [a]	3.15±0.15 [a]	3.17±0.11 [a]	3.41±0.06 [a]	3.06±0.34 [a]	2.86±0.19 [a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 4 การเตรียมตู้และการวางแผงสาหร่ายทดลอง

ภาพที่ 5 การวางตู้ทดลอง

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาระดับความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร โดยเลี้ยงด้วยน้ำทะเลที่ระดับความเค็ม 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ppt ด้วยปุ๋ยนา (สูตร 16-20-0) ผสมปุ๋ยยูเรีย (สูตร 46-0-0) เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์นั้น ในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำทะเลระดับความเค็ม 40 ppt มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยมีน้ำหนักเฉลี่ย 236.63±13.88 กรัม เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น 361.86±12.81 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน 3.68±0.25 กรัม/วัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน 3.65±0.11 เปอร์เซ็นต์/วัน ต่างจากการทดลองของ Subur *et al*. (2024) ที่ทำการทดลองเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกร (*Halymenia durviela)* ที่ชายฝั่งประเทศอินโดนีเซีย เป็นระยะเวลา 45 วัน ที่ระดับความเค็ม 26-34 ppt พบว่า ระดับความเค็มที่เหมาะสมในการเลี้ยงอยู่ในช่วง 32-34 ppt จะให้ผลการเจริญเติบโตสมบูรณ์ดี มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน 1.23 เปอร์เซ็นต์/วัน ในขณะที่สาหร่ายสีแดง *Acanthophora spicifera* สามารถทนต่อความเค็มได้ในช่วง 25-40 ppt โดยที่ระดับความเค็ม 15, 20, 45 และ 50 ppt เป็นระดับที่ทำให้สูญเสียมวลชีวภาพ เกิดการซีดจางของปลายยอด และมีผลต่อความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความเค็มระดับ 50 ppt ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด เช่น การลดลงอย่างมากของมวลชีวภาพและปริมาณคลอโรฟิลล์ และยังเอื้อต่อการเจริญของเอนโดไฟต์ที่เป็นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของพืช (Pererira *et al*. 2017) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่ระดับความเค็ม 15 และ 20 ppt สาหร่ายลิ้นมังกรเริ่มเปื่อยที่ปลายยอด ซีดขาว ในสัปดาห์ที่ 2 และตายลงในสัปดาห์ที่ 3 และเมื่อพิจารณาที่ระดับความเค็ม 40 ppt ที่มีการผสมน้ำดีเกลือนั้น น้ำดีเกลืออาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตดี เนื่องจากน้ำดีเกลือมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แมกนีเซียมคลอไรด์ แมกนีเซียมซัลเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์ และแมกนีเซียมโบรไมด์ (Jung *et al*., 2015) ซึ่งประกอบไปด้วยธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองหลายชนิด เช่น คลอไรด์ แมกนีเซียม ซัลเฟต โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียมไอออน โบรไมด์ โบรอน โคบอลต์ โครเมียม เฟอร์ริก แมงกานีส และนิกเกิล (Bagastyo *et al*., 2021) ซึ่งเป็นแหล่งของธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในการเจริญเติบโต สาหร่ายก็เป็นพืชที่อยู่ในพวก Thallophytes ที่โครงสร้างยังไม่ได้เปลี่ยนแปลงเป็นลำต้น ราก และใบที่แท้จริง (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน), ม.ป.ป.) แต่ยังคงต้องการธาตุอาหารเหมือนพืชทั่วไป ดังนั้นเมื่อผสมน้ำดีเกลือเพื่อให้ได้ความเค็ม 40 ppt จึงทำให้มีธาตุอาหารมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ และทำให้ที่ระดับความเค็ม 40 ppt มีผลการเจริญเติบโตดีกว่าชุดทดลองอื่นๆ

การศึกษาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร โดยเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 40 ppt และเติมสารละลายยูเรีย 0, 0.5, 0.75, 1, 1.25 และ 1.5 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในชุดการทดลองที่มีการเติมสารละลายยูเรีย 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร มีน้ำหนักเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวันสูงที่สุดเท่ากับ 139.37±3.48 กรัม 361.86±12.81 เปอร์เซ็นต์ และ 1.95±0.06 กรัม/วัน ตามลำดับ แต่อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันที่เติมด้วยสารละลายยูเรีย 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงที่สุด 2.74±0.05 เปอร์เซ็นต์/วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดการทดลองที่เติมสารละลายยูเรีย 0, 0.75 และ 1 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันคงที่ในสัปดาห์ 5-8 ซึ่งจากการศึกษาของ Peinado *et al*. (2004) ที่ศึกษาแอมโมเนียมและรังสี UV กระตุ้นการสะสมกรดอะมิโนที่คล้ายไมโคสปอรีน (Mycosporine-like Amino Acids; MAAs) ที่เป็นสารป้องกันแสงแดดตามธรรมชาติในสาหร่ายสีแดง *Porphyra columbina* จากปาตาโกเนีย ประเทศอาร์เจนตินา ที่เลี้ยง

ด้วยความเข้มข้นของแอมโมเนียม 0, 50 และ 300 μM/L NH_4Cl (ปุ๋ยแอมโมเนียมคลอไรด์ 0, 2.65 และ 15.9 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ) พบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยแอมโมเนียม 300 μM/L NH_4Cl มีความเข้มข้นของกรดอะมิโนที่คล้ายไมโคสปอรีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับชุดทดลองอื่นๆ และในการคัดเลือกสายพันธุ์ Porphyra 4 สายพันธุ์จากมหาสมุทรแอตแลนติกตะวันตกเฉียงเหนือ ได้แก่ *P. leucosticta, P. amplissima, P. linearis* และ *P. umbilicalis* เพื่อพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเลี้ยงด้วยแอมโมเนียม 25 และ 250 μM/L NH_4Cl (ปุ๋ยแอมโมเนียมคลอไรด์ 1.325 และ 13.25 มิลลิกรัม/ลิตร) และฟอสเฟต (Na_2HPO_4) ในอัตราส่วน N:P เท่ากับ 10:1 เป็นเวลา 1 และ 2 สัปดาห์ พบว่าสายพันธุ์ *P. linearis* และ *P. umbilicalis* เหมาะสมในการนำไปเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป (Kim *et al*., 2007)

การศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร โดยเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 40 ppt เติมสารละลายยูเรีย 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร และเติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2 และ 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ชุดการทดลองที่มีการเติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร มีน้ำหนักเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน และค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันสูงที่สุด เท่ากับ 208.79±5.67 กรัม 573.81±21.67 เปอร์เซ็นต์ 3.18±0.11 กรัม/วัน และ 3.41±0.06 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับชุดทดลองที่เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตปริมาณ 0.05, 0.1 และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร

จากการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่ระดับความเค็ม 40 ppt ด้วยสารละลายยูเรีย 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร และสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อคำนวณหาอัตราส่วนของธาตุอาหารไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสที่ทำให้สาหร่ายลิ้นมังกรมีการเจริญเติบโตดีที่สุด มีค่า N:P เท่ากับ 3.3:1 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ คมน์ และคณะ (2548) ในการเลี้ยงสาหร่ายผมนาง *Gracilaria fisheri* โดยใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (16-20-0) และปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) เป็นแหล่งของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ผลการทดสอบหาอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสที่เหมาะสมในการเลี้ยงสาหร่ายผมนาง ตั้งแต่ 2:1 จนถึง 13:1 พบว่า ในอัตราส่วน N:P เท่ากับ 2:1 สาหร่ายมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ต่างจากการศึกษาของ เอกธิดา (2553) ที่ศึกษาอิทธิพลของสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่ออัตราการเติบโตและปริมาณสารชีวเคมีของสาหร่ายทะเล 3 ชนิด คือ *Gracilaria fisheri*, *Caulerpa lentilifera* และ *Ulva rigida* พบว่า ในอัตราส่วน N:P เท่ากับ 12:1, 10:1 และ 30:1 ตามลำดับ มีอัตราการเติบโตดีที่สุดหลังจากเติมสารอาหาร 1 สัปดาห์

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ สรุปว่าในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่ระดับความเค็ม 40 ppt (จากการปรับความเค็มด้วยน้ำดีเกลือ) ด้วยสารละลายยูเรีย 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร และสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร มีน้ำหนักเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันสูงที่สุด รวมถึงเมื่อคำนวณหาอัตราส่วนของธาตุอาหารไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสที่ทำให้สาหร่ายลิ้นมังกรมีการเจริญเติบโตดีที่สุด มีค่า N:P เท่ากับ 3.3:1

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับองค์ประกอบ ปัจจัย หรืออิทธิพลของน้ำดีเกลือต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกร อีกทั้งวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกร เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการส่งเสริมการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ รวมถึงการนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, ธิดารัตน์ น้อยรักษา, จันทนา ไพรบูรณ์ และ ศิริกุล โตขำ. 2556. สาหร่ายทะเลบริเวณหมู่เกาะสิมิลัน. บริษัท เวิร์ค สแควร์ จำกัด, กรุงเทพฯ. 130 หน้า.

คมน์ ศิลปาจารย์, คมคาย ลาวัณยวุฒิ, รัชดาภรณ์ เอี่ยมลำอางค์ และ อุไร เอียรนัย. 2548. การทดลองหาระดับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เหมาะสมในการเลี้ยงสาหร่ายผมนาง *GRACILARIA FISHERI* (XIA & ABBOTT) ABBOTT, ZHANG & XIA โดยวิธี NON-LINEAR REGRESSION ANALYSIS. เอกสารวิชาการฉบับที่ 33/2548. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 24 หน้า.

จงกล พรมยะ. 2552. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 128 หน้า.

ชัชวาลี ชัยศรี, มนทกานติ ท้ามติ้น, ธีรพงศ์ บรรเลง, บุษบา ทองแดง และ พรเทพ ดูเหมาะ. 2564. อัตราการดูดซับแอมโมเนียรวมและความเข้มสงที่เหมาะสมในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกร (*Halymenia durvillei*, Bory de Saint-Vincent). เอกสารวิชาการฉบับที่ 6/2564. กองวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 23 หน้า.

นุชนาถ แช่มช้อย. 2557. สาหร่ายขนาดเล็ก: การเพาะเลี้ยงและการนำมาใช้ประโยชน์. วารสาร มฉก.วิชาการ 17(34):169-183.

มนทกานติ ท้ามติ้น, ชัชวาลี ชัยศรี, บุษบา ทองแดง และ สุพล ตั่นสุวรรณ. 2561. การเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกร (*Halymenia durvillei*, Bory de Saint-Vincent, 1828). ใน: รายงานประจำปี 2559-2560 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพชรบุรี. กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. หน้า 62-78.

สมาน กูจิ, ฟารีซี มะหมัด และ ทศพล พลรัตน์. 2562. ผลของความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายผมนางเส้นใหญ่ (*Gracilaria fisheri* (Xia et Abbott) Abbott, Zhang et Xia) ใน: รายงานประจำปี 2562 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งปัตตานี. กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. หน้า 109-114.

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). ม.ป.ป. ฐานข้อมูลงานวิจัยสาหร่าย. แหล่งที่มา: http://agknowledge.arda.or.th/algae/?page_id=827. 20 กรกฎาคม 2568.

เอกธิดา ทองเด็จ. 2553. ผลของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อการเติบโตและองค์ประกอบทางชีวเคมีของสาหร่ายทะเล สกุล Caulerpa, Ulva และ Gracilaria. แหล่งที่มา: https://digiverse.chula.ac.th/Info/item/dc:34888. 5 กรกฎาคม 2568.

Bagastyo, A. Y., A. Z. Sinatria, A. D. Anggrainy, K. A. Affandi, S. W. T. Kartika and E. Nurhayati. 2021. Resource recovery and utilization of bittern wastewater from salt production: a review of recovery technologies and their potential applications. *Environ. Technol. Rev.* 10(1): 1–19.

Chen, Y., S. He, Y. Wang, C. Hu, W. Cheng, L. Zhou, N. Ji, H. Chen and X. Shen. 2024. Physiological and Transcriptional Responses to Phosphorus Deficiency and Glucose-6-Phosphate Supplementation in Neopyropia yezoensis. *Int. J. Mol. Sci*. (25): 1–16.

De Clerck, O., F. Leliaert, E. Coppejans, L. Liao. 2001. Morphology and systematics of the genus *Halymenia C. Agardh* (Halymeniales, Rhodophyta) in the Philippines. *Nova Hedwigia* 73(3–4): 293–322.

Ei Ei Mon. 2018. The Morphology and Distribution of *Halymenia durvillei* Bory de Saint-Vincent (Halymeniales, Rhodophyta) from Myanmar. *J. Aquat. Sci. Mar. Biol.* Vol. 1 (4): 15-25.

EPA. 1971. Method 352.1: Nitrogen, Nitrate (Colorimetric, Brucine) by Spectrophotometer. 5 p.

Haglund, K. and M. Pedersen. 1993. Outdoor pond cultivation of the subtropical marine red alga Gracilaria tenuistipitata in brackish water in Sweden. Growth, nutrient uptake, cocultivation with rainbow trout and epiphyte control. *J. Appl. Phycol.* 5(3):271

Hernández-Kantún, J. J., A. R. Sherwood, R. Riosmena-Rodriguez, J. M. Huisman and O. De Clerck. 2012. Branched *Halymenia* species (Halymeniaceae, Rhodophyta) in the Indo-Pacific region, including descriptions of *Halymenia hawaiiana* sp. nov. and *H. tondoana* sp. nov. *Eur J. Phycol.* 47(4): 421–432.

Jung, H. M., J. H. Paik, J. H. Kim and S. B. Han. 2015. A case report of bittern intoxication. *J Emerg Trauma Shock* 8(2): 108–109.

Kawaguchi, S., S. Shimada, T. ABE and R. Terada. 2006. Morphological and molecular phylogenetic studies of a red alga, *Halymenia durvillei* (Halymeniaceae, Halymeniales) from Indo-Pacific. *Coast. Mar. Sci.* 30(1): 201–208.

Kim, J. K., G. P. Kraemer, C. D. Neefus, I. K. Chung and C. Yarish. 2007. Effects of temperature and ammonium on growth, pigment production and nitrogen uptake by four species of Porphyra (Bangiales, Rhodophyta) native to the New England coast. *J. Appl. Phycol.* 19(5): 431–440.

Peinado, N. K., R. T. Abdala Díaz and F. L. Figueroa. 2004. Ammonium and UV radiation stimulate the accumulation of mycosporine-like amino acids in *Porphyra columbina* (Rhodophyta) from Patagonia, Argentina. *J. Phycol.* 40(4): 248–259.

Oliveira, V. P., F. A. M. Freire and E. M. Soriano. 2012. Influence of depth on the growth of the seaweed *Gracilaria birdiae* (Rhodophyta) in a shrimp pond. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol*. 16(1): 33-39.

Pererira, D. T., C. Simioni, E. P. Filipin, F. Bouvie, F. Ramlov, M. Maraschin, Z. L. Bouzon and E. C. Schmidt. 2017. Effects of salinity on the physiology of the red macroalga, *Acanthophora spicifera* (Rhodophyta, Ceramiales). *Acta Bot. Bras.* 31(4): 555–565.

Rula, N. A. M., E. T. Ganzon-Fortes, M. J. R. Pante and G. C. Trono Jr. 2021. Influence of light, water motion, and stocking density on the growth and pigment content *of Halymenia durvillei* (Rhodophyceae) under laboratory conditions. *J. Appl. Phycol.* 33: 2367–2377.

Subur, R., M. Irfan, F. Muchdar, R. Andriani, and Juharni. 2024. Seaweed Variety Growth Different (*Halyemenia durviela* and *Caulerpa racemosa*) with the Off- Bottom Method. *Egypt. J. Aquat. Biol. Fish.* 28(5): 1-9.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ผลการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรที่ระดับความเค็ม 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ppt

อายุการเลี้ยง (สัปดาห์)	น้ำหนักเฉลี่ย±SD (กรัม)					
	ระดับความเค็ม (ppt)					
	15	20	25	30	35	40
0	30.38±0.32 [a]	30.21±0.12 [a]	30.49±0.29 [a]	30.49±0.11 [a]	30.44±0.41 [a]	30.63±0.50 [a]
1	30.84±0.50 [d]	32.44±0.85 [cd]	34.10±0.44 [cd]	36.89±1.43 [bc]	42.22±4.00 [b]	51.42±2.04 [a]
2	23.99±3.90 [b]	28.09±0.20 [b]	39.55±2.05 [b]	40.11±0.66 [b]	67.63±12.86 [a]	75.80±9.74 [a]
3	NC	NC	41.45±2.94 [b]	52.60±0.46 [b]	91.94±7.11 [a]	103.55±12.99 [a]
4	NC	NC	55.37±1.55 [b]	62.78±1.63 [b]	104.03±8.71 [a]	125.29±20.57 [a]
5	NC	NC	61.73±5.17 [c]	75.71±4.48 [c]	114.81±8.96 [b]	151.5±26.11 [a]
6	NC	NC	72.42±12.22 [c]	95.60±10.29 [bc]	120.04±9.45 [b]	183.18±34.76 [a]
7	NC	NC	81.34±15.36 [c]	106.16±4.78 [bc]	128.43±12.39 [b]	201.50±26.14 [a]
8	NC	NC	89.67±21.48 [c]	124.42±9.39 [b]	133.02±8.93 [b]	236.63±13.88 [a]

หมายเหตุ: 1. ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
2. NC = not calculated ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ เนื่องจากสาหร่ายตาย

ตารางผนวกที่ 2 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่ระดับความเค็ม 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ppt

อายุการเลี้ยง (สัปดาห์)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น±SD (เปอร์เซ็นต์)					
	ระดับความเค็ม (ppt)					
	15	20	25	30	35	40
1	1.50±0.57 [d]	7.38±2.70 [cd]	11.84±2.47 [cd]	21.00±4.88 [bc]	38.80±14.66 [b]	67.92±6.61 [a]
2	-21.07±12.66 [b]	-6.99±0.75 [b]	29.71±6.61 [b]	31.57±1.87 [b]	122.39±43.78 [a]	147.41±30.19 [a]
3	NC	NC	35.99±10.59 [b]	72.55±1.89 [b]	202.18±26.05 [a]	238.06±41.07 [a]
4	NC	NC	81.64±6.86 [b]	105.93±4.61 [b]	241.93±31.23 [a]	308.76±63.57 [a]
5	NC	NC	102.46±16.96 [c]	148.30±13.96 [c]	277.27±31.13 [b]	394.08±79.62 [a]
6	NC	NC	137.41±39.18 [c]	213.52±33.11 [bc]	294.49±33.18 [b]	402.99±62.71 [a]
7	NC	NC	166.53±48.71 [c]	248.19±14.51 [bc]	321.98±41.84 [b]	557.43±78.17 [a]
8	NC	NC	193.77±68.71 [b]	308.11±30.83 [ab]	337.12±31.55 [ab]	474.89±190.39 [a]

หมายเหตุ: 1. ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
2. NC = not calculated ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ เนื่องจากสาหร่ายตาย

ตารางผนวกที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวันในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่ระดับความเค็ม 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ppt

อายุการเลี้ยง (สัปดาห์)	อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน±SD (กรัม/วัน)					
	ระดับความเค็ม (ppt)					
	15	20	25	30	35	40
1	0.07±0.02 ^{d}	0.32±0.11 ^{cd}	0.51±0.10 ^{cd}	0.91±0.21 ^{bc}	1.68±0.62 ^{b}	2.97±0.29 ^{a}
2	-0.46±0.27 ^{b}	-0.15±0.02 ^{b}	0.65±0.14 ^{b}	0.69±0.04 ^{b}	2.66±0.93 ^{a}	3.23±0.68 ^{a}
3	NC	NC	0.52±0.15 ^{b}	1.05±0.03 ^{b}	2.93±0.35 ^{a}	3.47±0.61 ^{a}
4	NC	NC	0.89±0.06 ^{b}	1.15±0.06 ^{b}	2.63±0.32 ^{a}	3.38±0.72 ^{a}
5	NC	NC	0.89±0.15 ^{c}	1.29±0.12 ^{c}	2.41±0.26 ^{b}	3.45±0.74 ^{a}
6	NC	NC	1.00±0.29 ^{c}	1.55±0.24 ^{bc}	2.13±0.23 ^{b}	3.63±0.82 ^{a}
7	NC	NC	1.04±0.31 ^{c}	1.54±0.10 ^{bc}	2.00±0.26 ^{b}	3.49±0.52 ^{a}
8	NC	NC	1.06±0.38 ^{c}	1.68±0.17 ^{b}	1.83±0.16 ^{b}	3.68±0.25 ^{a}

หมายเหตุ: 1. ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
2. NC = not calculated ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ เนื่องจากสาหร่ายตาย

ตารางผนวกที่ 4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่ระดับความเค็ม 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ppt

อายุการเลี้ยง (สัปดาห์)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน±SD (เปอร์เซ็นต์/วัน)					
	ระดับความเค็ม (ppt)					
	15	20	25	30	35	40
1	0.21±0.08 ^{d}	1.01±0.36 ^{cd}	1.60±0.32 ^{cd}	2.71±0.58 ^{bc}	4.63±1.55 ^{b}	7.39±0.57 ^{a}
2	-1.76±1.21 ^{c}	-.052±0.06 ^{c}	1.85±0.36 ^{b}	1.96±0.10 ^{b}	5.62±1.37 ^{a}	6.44±0.85 ^{a}
3	NC	NC	1.45±0.38 ^{c}	2.60±0.05 ^{b}	5.25±0.40 ^{a}	5.78±0.57 ^{a}
4	NC	NC	2.13±0.13 ^{b}	2.58±0.08 ^{b}	4.38±0.3 ^{a}	5.00±0.53 ^{a}
5	NC	NC	2.01±0.24 ^{c}	2.60±0.16 ^{c}	3.79±0.23 ^{b}	4.54±0.45 ^{a}
6	NC	NC	2.04±0.38 ^{c}	2.71±0.25 ^{bc}	3.26±0.20 ^{b}	4.23±0.41 ^{a}
7	NC	NC	1.98±0.38 ^{c}	2.55±0.09 ^{b}	2.93±0.20 ^{b}	3.83±0.23 ^{a}
8	NC	NC	1.89±0.42 ^{c}	2.51±1.14 ^{b}	2.63±0.13 ^{b}	3.65±0.11 ^{a}

หมายเหตุ: 1. ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
2. NC = not calculated ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ เนื่องจากสาหร่ายตาย

ตารางผนวกที่ 5 ผลการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรที่เติมสารละลายยูเรียปริมาณแตกต่างกัน

อายุการเลี้ยง (สัปดาห์)	น้ำหนักเฉลี่ย±SD (กรัม)					
	ปริมาณสารละลายยูเรีย (มิลลิกรัม/ลิตร)					
	0	0.5	0.75	1	1.25	1.5
0	30.21±0.18 [a]	30.18±0.10 [a]	30.17±0.03 [a]	30.25±0.05 [a]	30.18±0.11 [a]	30.12±0.10 [a]
1	38.11±1.73 [a]	37.85±1.64 [a]	36.11±0.57 [a]	37.37±2.26 [a]	37.87±0.97 [a]	36.34±1.24 [a]
2	45.71±4.29 [a]	45.49±1.86 [a]	41.90±3.44 [a]	43.69±2.85 [a]	40.82±1.47 [a]	39.30±1.56 [a]
3	52.34±6.26 [a]	53.47±8.80 [a]	52.92±5.12 [a]	53.43±0.43 [a]	45.67±2.79 [ab]	34.35±5.07 [b]
4	67.60±4.90 [a]	64.52±9.47 [a]	65.97±7.19 [a]	64.80±3.67 [a]	53.29±3.25 [ab]	38.83±5.21 [b]
5	83.21±10.97 [a]	85.39±16.04 [a]	78.63±11.67 [a]	80.20±4.20 [a]	64.26±4.60 [ab]	47.68±6.74 [b]
6	95.54±7.65 [a]	95.15±16.22 [a]	89.9±10.21 [a]	94.04±7.55 [a]	74.38±7.63 [ab]	56.09±8.73 [b]
7	111.81±7.68 [a]	124.191±7.07 [a]	107.58±8.02 [ab]	106.43±12.42 [ab]	87.75±6.02 [bc]	65.36±8.44 [c]
8	120.30±3.01 [b]	139.37±3.48 [a]	120.30±4.36 [b]	119.69±9.05 [b]	101.62±5.13 [c]	78.28±9.79 [d]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ 6 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่เติมสารละลายยูเรียปริมาณแตกต่างกัน

อายุการเลี้ยง (สัปดาห์)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น±SD (เปอร์เซ็นต์)					
	ปริมาณสารละลายยูเรีย (มิลลิกรัม/ลิตร)					
	0	0.5	0.75	1	1.25	1.5
1	26.17±6.05 [a]	25.41±5.22 [a]	19.70±2.01 [a]	23.54±7.60 [a]	25.49±3.55 [a]	20.63±3.78 [a]
2	51.34±14.83 [a]	50.73±5.69 [a]	38.91±11.50 [a]	44.41±9.64 [a]	35.25±4.40 [a]	30.48±4.78 [a]
3	73.32±21.71 [a]	77.19±29.08 [a]	75.45±17.09 [a]	76.60±1.52 [a]	51.31±8.68 [ab]	14.01±16.45 [b]
4	123.82±17.55 [a]	113.77±30.90 [a]	118.70±23.85 [a]	114.17±11.97 [a]	76.54±10.18 [ab]	28.87±16.86 [b]
5	175.56±37.85 [a]	182.88±52.41 [a]	160.64±38.69 [a]	165.08±13.49 [a]	112.93±15.14 [ab]	58.25±21.87 [b]
6	216.32±26.83 [a]	215.22±52.84 [a]	198.00±33.80 [a]	210.83±24.60 [a]	146.46±25.34 [ab]	86.15±28.37 [b]
7	270.21±27.68 [a]	311.52±22.59 [a]	256.61±26.56 [ab]	251.74±40.59 [ab]	190.80±20.82 [bc]	116.94±27.34 [c]
8	298.24±11.30 [b]	361.86±12.81 [a]	298.80±14.47 [b]	295.60±29.41 [b]	236.74±18.23 [c]	159.82±31.77 [d]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ 7 อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวันในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกร ที่เติมสารละลายยูเรียปริมาณแตกต่างกัน

อายุการเลี้ยง (สัปดาห์)	อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน±SD (กรัมต่อวัน) ปริมาณสารละลายยูเรีย (มิลลิกรัม/ลิตร)					
	0	0.5	0.75	1	1.25	1.5
1	1.13±0.26 [a]	1.10±0.22 [a]	0.85±0.09 [a]	1.02±0.33 [a]	1.10±0.15 [a]	0.89±0.17 [a]
2	1.10±0.32 [a]	1.09±0.13 [a]	0.84±0.25 [a]	0.96±0.21 [a]	0.76±0.10 [a]	0.66±0.11 [a]
3	1.05±0.31 [a]	1.11±0.42 [a]	1.08±0.24 [a]	1.10±0.02 [a]	0.74±0.13 [ab]	0.20±0.24 [b]
4	1.33±0.18 [a]	1.23±0.34 [a]	1.28±0.25 [a]	1.23±0.13 [a]	0.82±0.11 [ab]	0.31±0.18 [b]
5	1.51±0.32 [a]	1.58±0.46 [a]	1.39±0.34 [a]	1.42±0.12 [a]	0.97±0.13 [ab]	0.50±0.19 [b]
6	1.55±0.19 [a]	1.55±0.39 [a]	1.42±0.24 [a]	1.52±0.18 [a]	1.05±0.18 [ab]	0.62±0.21 [b]
7	1.67±0.16 [a]	1.92±0.14 [a]	1.58±0.17 [ab]	1.56±0.25 [ab]	1.18±0.12 [bc]	0.72±0.17 [c]
8	1.61±0.06 [b]	1.95±0.06 [a]	1.61±0.08 [b]	1.60±0.16 [b]	1.27±0.09 [c]	0.86±0.17 [d]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ 8 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกร ที่เติมสารละลายยูเรียปริมาณแตกต่างกัน

อายุการเลี้ยง (สัปดาห์)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน±SD (เปอร์เซ็นต์/วัน) ปริมาณสารละลายยูเรีย (มิลลิกรัม/ลิตร)					
	0	0.5	0.75	1	1.25	1.5
1	3.31±0.69 [a]	3.23±0.60 [a]	2.57±0.24 [a]	3.00±0.89 [a]	3.24±0.41 [a]	2.68±0.45 [a]
2	2.94±0.70 [a]	2.93±0.27 [a]	2.33±0.58 [a]	2.61±0.48 [a]	2.15±0.24 [a]	1.90±0.26 [a]
3	2.59±0.58 [a]	2.68±0.82 [a]	2.66±0.45 [a]	2.71±0.04 [a]	1.96±0.28 [ab]	0.59±0.67 [b]
4	2.87±1.28 [a]	2.69±0.52 [a]	2.78±0.40 [a]	2.72±0.20 [a]	2.03±0.20 [a]	0.88±0.47 [b]
5	2.88±0.38 [a]	2.94±0.54 [a]	2.71±0.45 [a]	2.78±0.15 [a]	2.15±0.21 [ab]	1.29±0.40 [b]
6	2.74±0.20 [a]	2.71±0.40 [a]	2.59±0.28 [a]	2.69±0.19 [a]	2.14±0.25 [ab]	1.46±0.37 [b]
7	2.67±0.15 [ab]	2.89±0.12 [a]	2.59±0.16 [ab]	2.56±0.23 [ab]	2.17±0.14 [b]	1.57±0.27 [c]
8	2.47±0.05 [ab]	2.74±0.05 [a]	2.47±0.06 [ab]	2.45±0.13 [ab]	2.17±0.10 [b]	1.70±0.23 [c]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ 9 ผลการเจริญเติบโตของสาหร่ายลิ้นมังกรที่เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตปริมาณแตกต่างกัน

อายุการเลี้ยง (สัปดาห์)	น้ำหนักเฉลี่ย±SD (กรัม)					
	ปริมาณสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (มิลลิกรัม/ลิตร)					
	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3
0	31.42±0.39 [a]	30.94±0.48 [a]	30.80±0.58 [a]	30.99±0.16 [a]	30.65±0.20 [a]	31.29±0.53 [a]
1	36.36±1.15 [a]	36.25±0.82 [a]	35.64±1.26 [a]	37.48±1.48 [a]	36.98±0.34 [a]	36.91±0.49 [a]
2	45.79±2.29 [a]	45.80±0.79 [a]	49.70±0.35 [a]	50.43±4.29 [a]	50.75±2.62 [a]	47.58±1.81 [a]
3	61.40±1.90 [a]	63.45±3.09 [a]	66.98±3.83 [a]	70.22±3.82 [a]	68.07±3.18 [a]	65.79±4.48 [a]
4	89.46±7.69 [a]	96.35±7.17 [a]	95.32±10.30 [a]	107.12±6.27 [a]	99.98±12.34 [a]	92.62±4.67 [a]
5	106.08±9.63 [a]	117.74±4.70 [a]	113.57±7.85 [a]	126.61±8.46 [a]	117.89±13.07 [a]	108.46±2.70 [a]
6	120.69±12.25 [b]	135.77±12.97 [ab]	133.59±5.57 [ab]	154.40±13.86 [a]	138.84±11.97 [ab]	125.69±5.76 [ab]
7	136.00±19.31 [b]	160.98±13.17 [ab]	164.05±6.98 [ab]	187.71±13.27 [a]	155.79±26.20 [ab]	151.87±12.50 [ab]
8	156.54±22.89 [b]	181.46±16.90 [ab]	182.18±7.82 [ab]	208.79±5.67 [a]	171.84±31.66 [ab]	155.95±14.17 [b]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ 10 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นของสาหร่ายลิ้นมังกรที่เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตปริมาณแตกต่างกัน

อายุการเลี้ยง (สัปดาห์)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสาหร่ายที่เพิ่มขึ้น±SD (เปอร์เซ็นต์)					
	ปริมาณสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (มิลลิกรัม/ลิตร)					
	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3
1	16.73±4.99 [a]	17.13±1.40 [a]	15.72±3.22 [a]	20.96±4.91 [a]	20.66±1.14 [a]	17.99±1.04 [a]
2	45.80±8.17 [a]	48.00±0.28 [a]	61.41±3.31 [a]	62.78±14.66 [a]	65.63±9.51 [a]	52.15±8.10 [a]
3	95.43±5.75 [a]	105.00±7.22 [a]	117.40±9.21 [a]	126.64±13.48 [a]	122.15±11.74 [a]	110.46±17.76 [a]
4	184.66±22.21 [a]	211.32±21.90 [a]	209.36±30.83 [a]	245.72±21.63 [a]	226.39±42.01 [a]	196.24±19.90 [a]
5	237.51±27.82 [a]	280.51±14.51 [a]	268.87±27.06 [a]	308.63±29.18 [a]	284.84±44.75 [a]	246.78±12.20 [a]
6	284.01±36.33 [b]	338.50±37.02 [ab]	333.71±14.71 [ab]	398.39±47.09 [a]	353.20±41.48 [ab]	302.02±25.27 [ab]
7	227.80±36.08 [b]	283.85±26.64 [ab]	268.02±12.18 [ab]	310.82±6.32 [a]	245.95±46.90 [ab]	253.09±19.12 [ab]
8	398.06±70.40 [b]	486.10±48.02 [ab]	491.83±33.77 [ab]	573.81±21.67 [a]	460.65±103.21 [ab]	398.97±52.59 [b]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ 11 อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวันในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตปริมาณแตกต่างกัน

อายุการเลี้ยง (สัปดาห์)	อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของสาหร่ายต่อวัน±SD (กรัมต่อวัน)					
	ปริมาณสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (มิลลิกรัม/ลิตร)					
	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3
1	0.75±0.22 [a]	0.76±0.07 [a]	0.69±0.15 [a]	0.92±0.22 [a]	0.90±0.05 [a]	0.80±0.04 [a]
2	1.03±0.17 [a]	1.06±0.02 [a]	1.35±0.05 [a]	1.39±0.32 [a]	1.43±0.20 [a]	1.16±0.16 [a]
3	1.43±0.09 [a]	1.55±0.13 [a]	1.72±0.16 [a]	1.87±0.19 [a]	1.78±0.16 [a]	1.64±0.24 [a]
4	2.07±0.27 [a]	2.33±0.25 [a]	2.31±0.36 [a]	2.72±0.23 [a]	2.48±0.45 [a]	2.19±0.19 [a]
5	2.13±0.27 [a]	2.48±0.13 [a]	2.36±0.22 [a]	2.73±0.25 [a]	2.49±0.38 [a]	2.21±0.09 [a]
6	2.12±0.29 [b]	2.50±0.30 [ab]	2.45±0.13 [ab]	2.94±0.33 [a]	2.58±0.29 [ab]	2.25±0.15 [ab]
7	2.13±0.39 [b]	2.65±0.27 [ab]	2.72±0.14 [ab]	3.20±0.28 [a]	2.55±0.54 [ab]	2.46±0.27 [ab]
8	2.23±0.41 [b]	2.69±0.30 [ab]	2.70±0.14 [ab]	3.18±0.11 [a]	2.52±0.56 [ab]	2.23±0.26 [b]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ 12 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวันในการเลี้ยงสาหร่ายลิ้นมังกรที่เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตปริมาณแตกต่างกัน

อายุการเลี้ยง (สัปดาห์)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายต่อวัน±SD (เปอร์เซ็นต์/วัน)					
	ปริมาณสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (มิลลิกรัม/ลิตร)					
	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3
1	2.20±0.62 [a]	2.26±0.17 [a]	2.08±0.40 [a]	2.71±0.58 [a]	2.68±0.14 [a]	2.36±0.12 [a]
2	2.68±0.39 [a]	2.80±0.01 [a]	3.42±0.14 [a]	3.46±0.66 [a]	3.59±0.41 [a]	2.99±0.38 [a]
3	3.19±0.14 [a]	3.42±0.17 [a]	3.69±0.20 [a]	3.89±0.29 [a]	3.80±0.25 [a]	3.53±0.40 [a]
4	3.73±0.28 [a]	4.05±0.25 [a]	4.02±0.35 [a]	4.42±0.23 [a]	4.20±0.47 [a]	3.87±0.23 [a]
5	3.47±0.24 [a]	3.82±0.11 [a]	3.73±0.21 [a]	4.02±0.21 [a]	3.84±0.34 [a]	3.55±0.10 [a]
6	3.20±0.23 [b]	3.52±0.21 [ab]	3.49±0.08 [ab]	3.82±0.23 [a]	3.59±0.22 [ab]	3.31±0.15 [ab]
7	2.97±0.29 [b]	3.36±3.36 [ab]	3.41±0.10 [ab]	3.67±0.16 [a]	3.30±0.36 [ab]	3.22±0.20 [b]
8	2.86±0.27 [a]	3.15±0.15 [a]	3.17±0.11 [a]	3.41±0.06 [a]	3.06±0.34 [a]	2.86±0.19 [a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)