วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 27 (ฉบับที่ 1) มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2565
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 27 (No.1) January – April 2022 บทความวิจัย

การศึกษาผลผลิตของสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh) ที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในระบบปิด

Study of Sea Grapes Seaweed (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh) Production by Using Vermicompost Extracts in Closed Culture System

พรพิมล พิมลรัตน์[1*], ณัฐพล แซ่ตั้น[1], พัชราวลัย ศรียะศักดิ์[2] และ สุพันธ์ณี สุวรรณภักดี[2]

Pornpimol Pimolrat [1*], Natthaphon Saetan[1], Patcharawalai Sriyasak[2] and Supannee Suwanpakdee [2]

[1]*สาขาวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร*

[2] *สาขาวิชาประมง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร*

[1] *Department of Coastal Aquaculture, Faculty of Maejo University at Chumphon, Maejo University*

[2] *Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon Campus*

Received : 14 January 2021

Revised : 1 July 2021

Accepted : 23 July 2021

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการนำน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมาใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh) ด้วยระบบปิดเพื่อผลิตเป็นอาหารปลอดภัย โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลองคือ การทดลองที่ 1) ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินและปุ๋ยยูเรียในระบบปิดที่มีความเข้มแสง 3,000 Lux แบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ คือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำทะเล (ชุดควบคุม) ชุดที่เติมน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ชุดที่เติมเติมปุ๋ยยูเรีย และชุดที่เติมน้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยยูเรีย ทดลองเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นน้ำหนักเริ่มต้น 200 กรัม และความยาวช่อ 3 เซนติเมตร ในน้ำทะเลความเค็ม 30-35 ส่วนในพันส่วน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า สาหร่ายพวงองุ่นชุดที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยยูเรียให้ผลดีที่สุด โดยมีน้ำหนัก 405.33±4016 กรัม และความยาวของช่อ 8.58±0.02 เซนติเมตร มีค่าสูงที่สุดแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ การทดลองที่ 2) ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงในระบบปิดที่มีการเติมน้ำหมักมูลไส้เดือนดินและยูเรียด้วยความหนาแน่นต่างกัน คือ ที่น้ำหนักเริ่มต้น 200 300 400 และ 600 กรัมต่อน้ำ 15 ลิตร เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า สาหร่ายพวงองุ่นในชุดการทดลองที่ 1 คือเพาะเลี้ยงด้วยน้ำหนักเริ่มต้น 200 กรัม มีน้ำหนักและความยาวของช่อสูงที่สุด น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นคิดเป็น 104.6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเริ่มต้น ดังนั้นการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น 200 กรัม ในระบบปิดด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยยูเรีย จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง สำหรับนำไปใช้เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นเพื่อแก้ไขปัญหาในด้านของสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะในฤดูฝน ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเลและส่งผลต่อการผลิตสาหร่ายพวงองุ่นอย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ : สาหร่ายพวงองุ่น ; การเจริญเติบโต ; ยูเรีย ; น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ; ระบบปิด

Abstract

The purpose of this experiment was to study the results of the vermicompost extracts on the production of sea grapes seaweed (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh) in closed culture system to produce safe food. The experiments were divided into two experiments. The first experiment was to investigate the effect of different fertilizers on the growth of seaweed in the closed system with a light intensity of 3,000 Lux. The experimental design used in this study was 4 treatments and 3 replications. These four treatments were seawater experiment set (control unit), adding vermicompost extracts, adding urea, and adding vermicompost extracts together with urea. *C. lentillifera* was trialed with the initial weight starting at 200 g and thallus length starting at 3 cm in the salinity of seawater of 30-35 part per thousand for the total period of 8 weeks. The results showed that the seaweed in the vermicompost extracts together with urea produced the highest increasing yield (average weight of 405.33±4.16 g and thallus length of 8.58±0.02 cm), significantly different (p <0.05) with the other experiments. The second experiment was to investigate the growth of seaweed cultured with vermicompost extracts with urea in the close system with different density consisted of: 200 (control), 300, 400 and 600 g of the initial weight per 15 liters of seawater for the total period of 8 weeks. The results showed that the initial weight starting at 200 g (control) yielded the highest average weight gain and thallus length. Weight gain reported for 104.6 percent of the initial weight. Therefore, culturing 200 g of the seaweed in a closed system with vermicompost extracts together with urea in 15 liters of seawater should be another option for culturing this seaweed in order to solve the problems caused by the climate change, especially in the rainy season. That can change the salinity of seawater and affect the production of the seaweed (C.*lentillifera* J. Agardh) continuously.

Keywords : *Caulerpa lentillifera* ; growth ; urea ; vermicompost extracts ; closed culture system

* **Corresponding Author. E-mail Address** : paqua50@gmail.com

บทนำ

จำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดจนกระแสนิยมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพทำให้ปัจจุบันความต้องการบริโภคอาหารปลอดภัยเพื่อสุขภาพมีเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh) มีชื่อสามัญว่า Sea grapes หรือ Green Caviar เนื่องจากมีเม็ดกลมและเป็นช่อคล้ายพวงองุ่น หรือคล้ายไข่ปลาคาร์เวียร์ (Trono and Toma, 1993; Silapajarn *et al*., n.d.) จัดเป็นอาหารสุขภาพที่นิยมในปัจจุบันเพราะมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยพบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 8.55 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 32.69 ไขมันร้อยละ 1.92 กากใยร้อยละ 3.87 และมีเถ้าร้อยละ 56.84 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (Munlum, 2017) นอกจากนี้ยังอุดมด้วยวิตามินหลายชนิด ได้แก่ วิตามินบี 1 บี 2 วิตามินอี วิตามินเอ วิตามินซี และมีปริมาณแร่ธาตุภายในเซลล์ในหน่วยมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ได้แก่ แคลเซียม (780) แมกนีเซียม (630) โปแตสเซียม (855.6) ฟอสฟอรัส (106) เหล็ก(5.63) และไอโอดีน (1.42) (Ratana-arporn and Chirapart, 2006; Silapajarn *et al*., n.d.) นอกจากเป็นอาหารเพื่อสุขภาพแล้วยังมีการใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ เช่น เป็นแหล่งอาหารของสัตว์น้ำวัยอ่อน ช่วยดูดซับสารอาหารในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (Kunawongdet, 2020) จึงทำให้มีผู้สนใจเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นเพิ่มมากขึ้น โดยการเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นสามารถทำได้ทั้งรูปแบบของการเลี้ยงในบ่อดินและบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่อยู่บริเวณใกล้น้ำทะเล (ระบบเปิด) แต่การเลี้ยงในระบบเปิดยังคงประสบปัญหาในด้านของสภาพอากาศที่ในฤดูฝนจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล (Pimolrat *et al*., 2018) ซึ่งจากรายงานพบว่าความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นอยู่ระหว่าง 27-33 ส่วนในพันส่วน ถ้าน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่ำกว่า 25 ส่วนในพันส่วนจะมีผลต่อการเจริญเติบโต (Silapajarn *et al*., n.d.) จึงต้องมีการพัฒนาแนวทางการเลี้ยงในบ่อคอนกรีตหรือระบบปิดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งนี้จากการเปรียบเทียบพบว่าผลผลิตในบ่อคอนกรีตจะน้อยกว่าบ่อดินจากข้อจำกัดในส่วนของปริมาณสารอาหารที่อยู่ในน้ำทะเล การเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นมีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณแสง ความแข็งแรงของท่อนพันธุ์ ความขุ่นของน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และสารอาหารเป็นต้น (Pugdeepun, 2001) น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (Vermicompost extracts) คือ น้ำที่ได้จากกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินหรือน้ำที่ได้จากวัสดุที่นำมาใช้ให้ไส้เดือนดินกำจัด มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลดำคล้ายน้ำโคล่า ในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีธาตุอาหารพืช ทั้งธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรอง ที่พืชต้องการในทุกช่วงของการเจริญเติบโตส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Germaley et al., 2001; Arancon *et al*., 2005) Gutiérrez-Miceli *et al.* (2007) ได้ศึกษาองค์ประกอบและคุณลักษณะของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินพบว่า มี pH, conductivity, K^+, NO_3^-, PO_4^{3-} เท่ากับ 7.8, 2.16 dS/m, 834 mg/L, 247 mg/L, 168 mg/L ตามลำดับ นอกจากนี้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินยังมีสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น Indole acetic acid (IAA), Gibberellins และ Cytokinins ซึ่งฮอร์โมนพืชเหล่านี้ช่วยเสริมสร้างและช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งยังมีกรด humic ที่มีส่วนช่วยปรับโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น ทำให้พืชมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สูงขึ้นจึงสังเคราะห์แสงได้ดีขึ้น นำไปสู่มีการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (Tancho, 2007; Atiyeh *et al*., 2001) น้ำหมักมูลไส้เดือนดินสามารถใช้เป็นปุ๋ยสำหรับการเพาะปลูกพืชชนิดต่างๆ ได้ เช่น ข้าวฟ่าง มะเขือเทศ รวมถึงใช้เป็นปุ๋ยน้ำสำหรับการปลูกพืชไม่ใช้ดินด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ (Tejada *et al*., 2007) อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับการนำน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมาใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยระบบปิดยังมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลผลิตของสาหร่ายพวงองุ่น

ที่เลี้ยงด้วยน้ำสกัดจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินในระบบปิดเพื่อผลิตเป็นอาหารปลอดภัยทดแทนสารอาหารจากน้ำทะเล และดินตามธรรมชาติ เพื่อให้สามารถเลี้ยงและเก็บเกี่ยวผลผลิตได้อย่างสม่ำเสมอและคุณภาพดี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วิธีการทดลอง

การวางแผนการทดลอง

การทดลองเพื่อพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมในการนำน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมาใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น (*C. lentillifera* J. Agardh) ด้วยระบบปิดแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่

1) ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน โดยออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ คือ

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงด้วยน้ำทะเล (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 เติมน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ความเข้มข้น 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 เติมเติมปุ๋ยยูเรีย ความเข้มข้น 0.02 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร

ชุดการทดลองที่ 4 เติมน้ำหมักมูลไส้เดือนดินความเข้มข้น 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตรร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 0.01 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร

โดยความเข้มข้นของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินและปุ๋ยยูเรียที่เลือกใช้ในการศึกษานี้พิจารณาจากความเข้มข้นสูงสุดที่ปลอดภัยต่อการใช้เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นจากการศึกษาก่อนหน้านี้ (ข้อมูลไม่ได้แสดง) การกำหนดความเข้มข้นของปุ๋ยยูเรียจะอ้างอิงแนวทางการใช้ปุ๋ยเคมีจากการศึกษาของ Ketma *et al.*, (2008) เติมปุ๋ยยูเรียและน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์การเรียนรู้เกษตรยั่งยืนอินทนิลออร์แกนิกฟาร์ม ตั้งอยู่ในหมู่ 5 ตำบลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร พิกัด 9°51'00.0"N 99°04'59.9"E) ตามอัตราส่วนด้านบนทุกๆ สัปดาห์ตลอดการทดลอง

การศึกษาและการเก็บข้อมูล

ชั่งน้ำหนักสาหร่ายพวงองุ่นสดที่ซับด้วยกระดาษให้แห้งกำหนดน้ำหนักเริ่มต้นทุกชุดการทดลองที่ 200 กรัม มีความยาวช่อเริ่มต้น 3 เซนติเมตร มีการให้อากาศโดยใช้หัวทรายทุกถัง ระหว่างการเพาะเลี้ยงตรวจสอบการเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักเปียก Thallus ของสาหร่ายด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง และวัดความยาวของ Stolon with ramulus ของสาหร่ายพวงองุ่นด้วยไม้บรรทัด ทุกๆ 7 วัน เพื่อหาอัตราการเจริญเติบโตตลอดระยะเวลาการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำตรวจสอบคุณภาพน้ำที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นทุกๆ 3 วัน ตลอดระยะเวลาการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยมีพารามิเตอร์ดังนี้

- ความเข้มแสง โดยใช้เครื่องมือวัดความเข้มแสง Digital Lux-Meter รุ่น TM-201L TENMARS
- ค่าความเค็ม (Salinity) โดยใช้เครื่องมือวัดความเค็มแบบหักเหแสง (Refracto-salinometer) ยี่ห้อ ATAGO รุ่น S/Mill-Eมีการปรับความเค็มให้อยู่ในช่วง 30-35 ส่วนในพันส่วน ตลอดการทดลอง

- ความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยวิธี Electrometric method ด้วยเครื่องมือวัด pH แบบตัวเลข ยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น model 50 pH/ion/conductivity meter
- อุณหภูมิน้ำ โดยใช้ Thermometer

2) การเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นในระบบปิดที่ความหนาแน่นต่างกัน โดยออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ คือ

ชุดการทดลองที่ 1 น้ำหนักเริ่มต้น 200 กรัมต่อน้ำ 15 ลิตร
ชุดการทดลองที่ 2 น้ำหนักเริ่มต้น 300 กรัมต่อน้ำ 15 ลิตร
ชุดการทดลองที่ 3 น้ำหนักเริ่มต้น 400 กรัมต่อน้ำ 15 ลิตร
ชุดการทดลองที่ 4 น้ำหนักเริ่มต้น 600 กรัมต่อน้ำ 15 ลิตร

ชั่งน้ำหนักสาหร่ายพวงองุ่นเริ่มต้นที่ 200, 300, 400 และ 600 กรัมต่อน้ำ 15 ลิตร ตามชุดการทดลองที่วางแผนไว้ข้างต้น มีการให้อากาศโดยใช้หัวทรายในทุกถังตลอดการทดลอง เติมน้ำหมักมูลไส้เดือนดินความเข้มข้น 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตรร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 0.01 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ตามอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1 ทุกๆ สัปดาห์ตลอดการทดลอง ระหว่างการเพาะเลี้ยงตรวจสอบการเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักเปียก Thallus ของสาหร่ายด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง และวัดความยาวของ Stolon with ramulus ของสาหร่ายพวงองุ่นด้วยไม้บรรทัด ทุกๆ 7 วัน เพื่อหาอัตราการเจริญเติบโตตลอดระยะเวลาการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์

การเตรียมน้ำ

เตรียมน้ำทะเล ได้แก่ น้ำทะเลผ่านการฆ่าเชื้อ ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน จากบริษัทเจริญโภคภัณฑ์ อาหาร จำกัด (มหาชน) ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเลี้ยงกุ้งละแม ในถังปริมาตร 500 ลิตร จำนวน 2 ถัง ให้ออกซิเจนผ่านหัวทรายในทุกถัง พักน้ำไว้ 3 วัน ก่อนนำไปใช้ในการทดลอง

การเตรียมระบบการทดลอง

เตรียมถังสี่เหลี่ยมปริมาตร 50 ลิตร จำนวน 12 ถัง ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อถังด้วยโซลูดีน (soludine) เติมน้ำทะเลผ่านการฆ่าเชื้อ มีการให้อากาศโดยใช้ระบบน้ำวนให้น้ำเป็นคลื่นตลอดเวลา และมีการให้แสงผ่านหลอดไฟแอลอีดีแบบยาว (Philips LED tube T8 หลอดนีออนแอลอีดี หลอดยาว 18 วัตต์ รุ่น LED Ecofit) ที่มีความเข้มแสง 3,000 Lux แบบต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง (*ภาพที่* 1)

ภาพที่ 1 ระบบทดลองการเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นแบบปิด

การเตรียมสาหร่ายพวงองุ่น

สาหร่ายพวงองุ่นที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้นำมาจากโครงการฟาร์มทะเลตัวอย่างตามพระราชดำริในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ตั้งอยู่ที่ ตำบลบางแก้ว อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 3,000 กรัม ใช้ต้นพันธุ์สาหร่ายพวงองุ่น เกรด C ติดก้าน ราคากิโลกรัมละ 70 บาท มาปรับความเค็มให้อยู่ที่ 30-35 ส่วนในพันส่วน นำมาพักไว้ในถังไฟเบอร์ 500 ลิตร เป็นเวลา 7 วัน โดยให้อากาศด้วยหัวทรายตลอดเวลา ก่อนที่จะนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อนำไปใช้ในการทดลองทำการคัดสาหร่ายพวงองุ่นมีลักษณะสมบูรณ์ ทำความสะอาดสาหร่ายด้วยการนำสิ่งแปลกปลอมและสิ่งที่เกาะติด เช่น เพรียง หอยขนาดเล็ก และสาหร่ายชนิดอื่นที่ปะปนอยู่ออกไปให้หมด ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ทั้ง Thallus (ส่วนที่คล้ายลำต้นและส่วนคล้ายใบ) โดยคัดเลือกสาหร่ายที่ Thallus มีสีเขียวไม่มีลักษณะเป็นสีขาว และยังไม่สร้างสปอร์

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลน้ำหนักของ Thallus และความยาวของ Stolon with ramulus เริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองของสาหร่ายพวงองุ่นจากการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก ของ Thallus และความยาวของ Stolon with ramulus โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการวิจัย

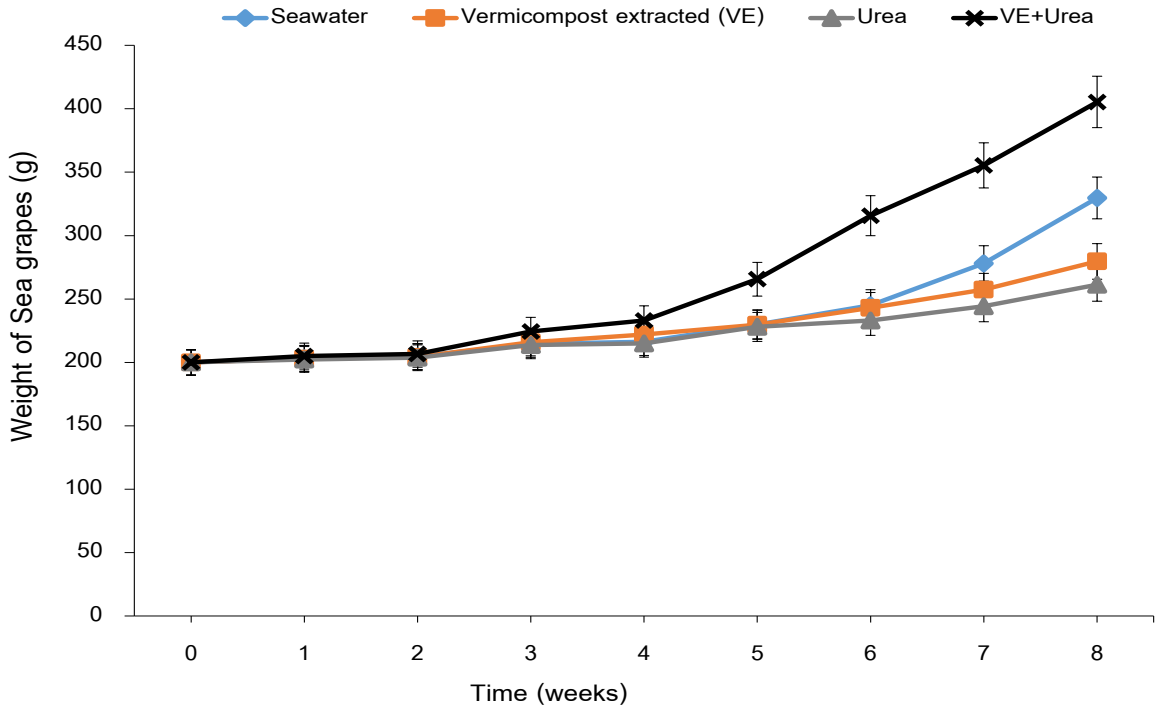
1. ผลการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยปุ๋ยที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ผลการศึกษาน้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยแตกต่างกันเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาดังข้อมูลในตารางที่ 1 โดยชุดการทดลองที่ใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยยูเรีย มีน้ำหนักสูงที่สุด (405.33±4.16 กรัม) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) กับชุดการทดลองอื่นๆ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 จนสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 8 รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำทะเลมีน้ำหนักสูงสุดอยู่ที่ 329.67±2.52 กรัม (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 1 น้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยแตกต่างกันเป็นเวลา 8 สัปดาห์

Treatment	Time (weeks)				
	0	2	4	6	8
Seawater	200.00±0.00[a]	204.67±0.58[a]	216.33±1.15[a]	245.00±3.61[b]	329.67±2.52[c]
Vermicompost extracts (VE)	200.00±0.00[a]	204.33±0.58[a]	222.00±2.00[b]	243.00±2.00[b]	279.67±4.51[b]
Urea	200.00±0.00[a]	203.67±0.58[a]	215.00±1.00[a]	233.00±2.00[a]	261.33±3.51[a]
VE+ Urea	200.00±0.00[a]	206.67±0.58[b]	233.00±2.65[c]	315.67±3.06[c]	405.33±4.16[d]

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทดสอบโดยวิธี Duncan's multiple range test



ภาพที่ 2 น้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยแตกต่างกันเป็นเวลา 8 สัปดาห์

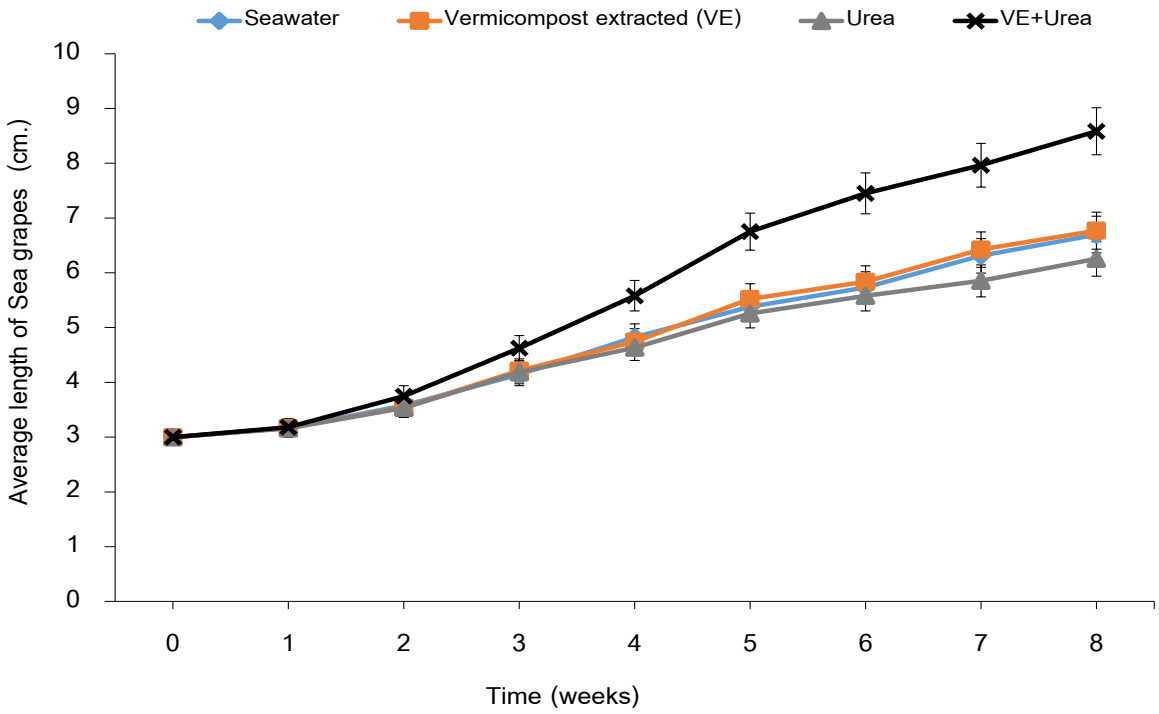
ความยาวของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยแตกต่างกัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า จากความยาวของ Stolon with ramulus ของช่อสาหร่ายพวงองุ่นเริ่มต้นที่ 3 เซนติเมตร เมื่อเลี้ยงด้วยปุ๋ยแตกต่างกันความยาวของสาหร่ายในทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นดังข้อมูลในตารางที่ 2 โดยชุดการทดลองที่ใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยยูเรีย จะมีความยาวมากที่สุด (8.58±0.02เซนติเมตร) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินอย่างเดียว (6.77±0.02 เซนติเมตร) (ภาพที่ 3 และ 4)

ตารางที่ 2 ความยาวของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยแตกต่างกันเป็นเวลา 8 สัปดาห์

Treatment	Time (weeks)					เกรดทางการค้า*
	0	2	4	6	8	
Seawater	3.00±0.00[a]	3.58±0.03[a]	4.83±0.03[c]	5.73±0.03[b]	6.70±0.02[b]	B
Vermicompost extracts (VE)	3.00±0.00[a]	3.54±0.05[a]	4.74±0.02[b]	5.84±0.03[c]	6.77±0.02[c]	B
Urea	3.00±0.00[a]	3.54±0.04[a]	4.63±0.03[a]	5.58±0.01[a]	6.25±0.03[a]	B
VE+ Urea	3.00±0.00[a]	3.75±0.03[b]	5.58±0.02[d]	7.45±0.02[d]	8.58±0.02[d]	A

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทดสอบโดยวิธี Duncan's multiple range test

*อ้างอิงจากรายงานของ Pimolrat *et al.* (2017)



ภาพที่ 3 ความยาวของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยแตกต่างกันเป็นเวลา 8 สัปดาห์

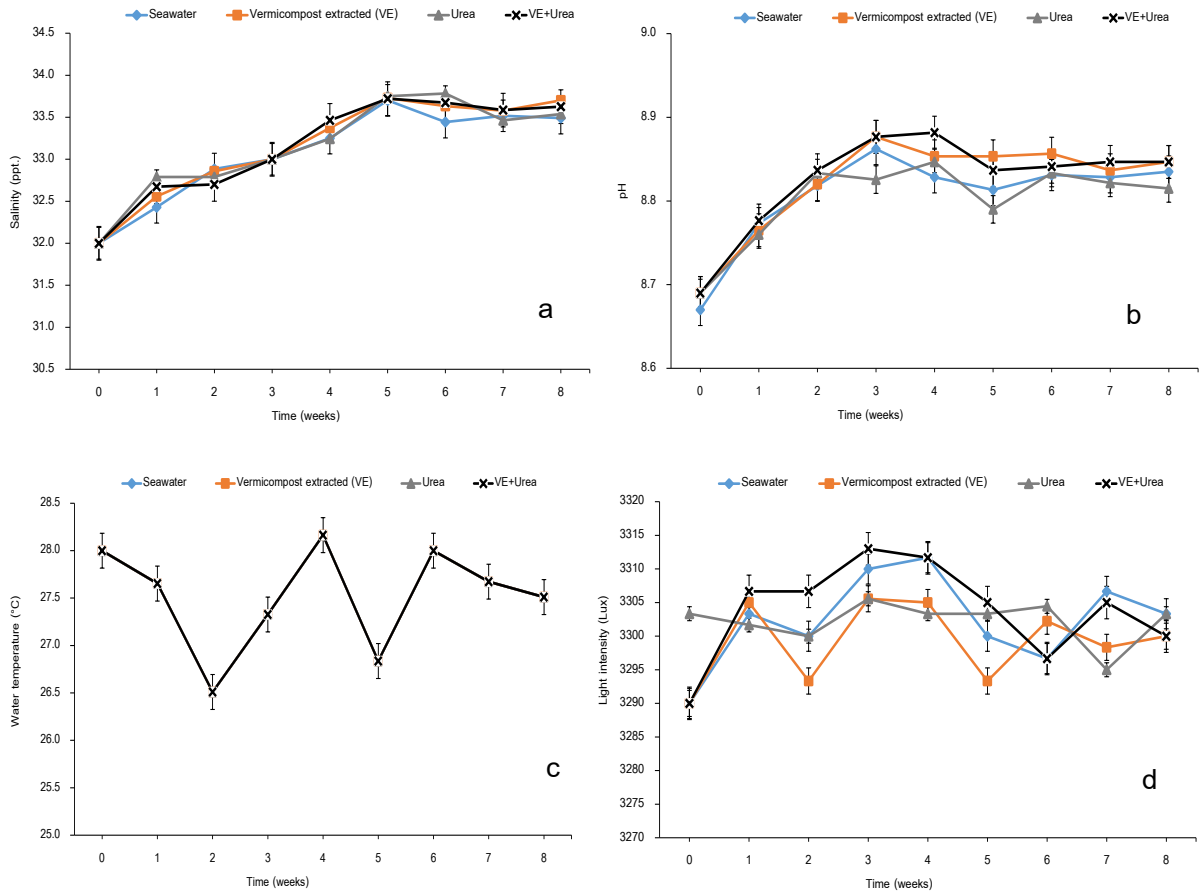
ภาพที่ 4 ความยาวของช่อและลักษณะของรามูลัสของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยแตกต่างกัน: Seawater (T1R1-T1R3), Vermicompost extract (VE) (T2R1-T2R3), Urea (T3R1-T3R3) และ VE+ Urea (T4R1-T4R3) เป็นเวลา 8 สัปดาห์

2. คุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อมในการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยปุ๋ยแตกต่างกัน

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำและสภาวะแวดล้อมของน้ำที่เพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยปุ๋ยแตกต่างกัน พบว่า ปริมาณแอมโมเนียรวมเริ่มต้นการทดลองในชุดการทดลองที่ใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยยูเรียมีค่าสูงที่สุด (1.63±0.02 mg-N/L) รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (1.18±0.01 mg-N/L) ปุ๋ยยูเรีย (0.87±0.02 mg-N/L) และน้ำทะเล (0.84±0.01 mg-N/L) ตามลำดับ ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเริ่มต้นทดลองในชุดการทดลองที่ใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนมีค่าสูงที่สุด (0.58±0.04 mg-P/L) รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ใช้ ยูเรีย (0.56±0.06 mg-P/L) น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยยูเรีย (0.52±0.05 mg-P/L) และน้ำทะเล (0.40±0.05 mg-P/L) ตามลำดับ ความเค็มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 30-35 ส่วนในพันส่วน ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.69-8.88 อุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.51-28.15 องศาเซลเซียส และความเข้มแสงอยู่ในช่วง 3,290-3,313 ลักซ์ (ตารางที่ 3 และภาพที่ 5a-d)

ตารางที่ 3 ปริมาณแอมโมเนียรวมและออร์โธฟอสเฟตเริ่มต้นในน้ำของชุดการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยปุ๋ยแตกต่างกันเป็นเวลา 8 สัปดาห์

Treatment	Total Ammonia (mg-N/L)	Orthophosphate (mg-P/L)
Seawater	0.84±0.01	0.40±0.05
Vermicompost extracts (VE)	1.18±0.01	0.58±0.04
Urea	0.87±0.02	0.56±0.06
VE+ Urea	1.63±0.02	0.52±0.05



ภาพที่ 5 คุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อม ความเค็ม (a) ค่าความเป็นกรด-เบส (b) อุณหภูมิ (c) ของน้ำ และความเข้มแสง (d) บริเวณที่เพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยแตกต่างกันเป็นเวลา 8 สัปดาห์

3. ผลการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นในระบบปิดด้วยความหนาแน่นแตกต่างกันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ผลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยความหนาแน่นแตกต่างกันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า จากน้ำหนักเริ่มต้นที่ 200 (13.33 กรัมต่อลิตร) 300 (20.00 กรัมต่อลิตร) 400 (26.67 กรัมต่อลิตร) และ 600 (40.00 กรัมต่อลิตร) กรัมต่อถังในน้ำ 15 ลิตร เมื่อเลี้ยงระยะเวลาผ่านไปสาหร่ายพวงองุ่นจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ใช้น้ำหนักเริ่มต้นที่เริ่มต้น 200 กรัมต่อถัง มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่นๆ รองลงมาคือชุดที่ใช้น้ำหนักสาหร่ายพวงองุ่นเริ่มต้น 300, 400 และ 600 กรัมต่อถัง ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 3 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (mean ± SD) ของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นแตกต่างกัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	ร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)
200 กรัม (13.33 กรัมต่อลิตร)	200±0.71	409.25±1.20	209.25±1.20	104.11±0.12
300 กรัม (20.00 กรัมต่อลิตร)	300±2.82	509.00±1.70	209.00±1.70	69.67± 1.01
400 กรัม (26.67 กรัมต่อลิตร)	400±1.73	554.15±75.31	154.15±2.31	38.54±1.47
600 กรัม (40.00 กรัมต่อลิตร)	600±1.41	725.40±49.36	125.40±3.36	20.90±0.48

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยปุ๋ยที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

จากการที่สาหร่ายพวงองุ่นในชุดการทดลองที่ใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยยูเรียมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำหมักจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินประกอบไปด้วยธาตุอาหารจำนวนมากทั้งธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรอง ที่พืชต้องการในทุกช่วงของการเจริญเติบโตส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ยังมีสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น Indole acetic acid (IAA), Gibberellins และ Cytokinins ซึ่งฮอร์โมนพืชเหล่านี้ช่วยเสริมสร้างและช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช และจากรายงานของ Tejada *et al*. (2007) พบว่า กรด humic ที่มีในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ทำให้พืชมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สูงขึ้น ส่งผลทำให้พืชสังเคราะห์แสงได้ดีขึ้น มีการเจริญเติบโตที่ดีและส่งผลให้คุณภาพของผลผลิตเพิ่มขึ้น ขณะที่ยูเรียเมื่อละลายในน้ำจะสลายตัวอย่างช้าๆ ไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และแอมโมเนีย ได้เป็นปุ๋ยมีไนโตรเจนที่ดี นอกจากนี้การเติมยูเรียลงไปในน้ำสามารถช่วยปรับอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนให้เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์และแพลงก์ตอนพืช ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้สามารถนำไปใช้ได้ในทันที (Phansawat, 2001) และสาหร่ายพวงองุ่นจะเลือกใช้สารประกอบไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียก่อนไนเตรทเสมอและระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนและ

ฟอสฟอรัสก็มีผลต่อการเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น (Thongdet, 2010) จึงน่าจะสาเหตุที่ทำให้ชุดการทดลองที่ใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยยูเรียมีน้ำหนักและความยาวช่อสูงที่สุด (ภาพที่ 2 และ 3)

โดยปกติความยาวของสาหร่ายจะนำไปใช้ในการแบ่งเกรดทางการค้า ดังนี้ เกรด C ความยาว 1-2 นิ้ว (ประมาณ 4 เซนติเมตร) กิโลกรัมละ 300 บาท เกรด B ความยาว 2-3 นิ้ว (ประมาณ 6 เซนติเมตร) กิโลกรัมละ 500 บาท และเกรด A ความยาว 3-4.5 นิ้วขึ้นไป (ประมาณ 8 เซนติเมตร) กิโลกรัมละ 700-800 บาท สำหรับเกรดสาหร่ายพวงองุ่นจากรายงานของ Pimolrat *et al*. (2017) ซึ่งจากผลการศึกษาครั้งนี้ความยาวของช่อและลักษณะของรามูลัสเรียงชิดติดกันของชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยยูเรียที่เพิ่มขึ้นมาเป็น 8.5 เซนติเมตร เมื่อทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สามารถจัดเป็นเกรด A โดยราคาจะอยู่ที่ 700-800 บาท ต่อกิโลกรัม ขณะที่ชุดที่ใช้ยูเรียมีความยาวน้อยที่สุด ความยาว 2-3 นิ้ว (ประมาณ 6 เซนติเมตร) จะอยู่ที่เกรด B ซึ่งราคาจะแตกต่างกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นชุดการทดลองที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินอย่างเดียว จะพบลักษณะของรามูลัสมีสีเขียวอ่อน เรียงห่างกัน มีสโตลอนเยอะกว่ารามูลัสส่วนช่อมีขนาดเล็กแต่มีลักษะช่อที่ยาว เช่นเดียวกับชุดการทดลองที่ใช้ปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวลักษณะของรามูลัสมีสีเขียวอ่อน เรียงห่างกัน สโตลอนมีสีเขียวเข้ม ช่อมีขนาดเล็กแต่มีลักษณะช่อยาว (ภาพที่ 4)

2. คุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อมในการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยปุ๋ยแตกต่างกัน

จากข้อจำกัดของปริมาณสารอาหารที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตในบ่อคอนกรีต (ระบบปิด) จะน้อยกว่าบ่อดิน จึงต้องมีการพัฒนาแนวทางการเลี้ยงในบ่อคอนกรีตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งนี้ในบรรดาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นมีหลายๆ ประการ คือ ฤดูกาล แสง อุณหภูมิ สารอาหารที่อยู่ในน้ำทะเล ความขุ่นของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรด-เบส และความเค็ม (Pugdeepun, 2001) ปริมาณสารอาหารถืออีกเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ โดยปกติการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดใหญ่ในบ่อซีเมนต์จะมีการเติมปุ๋ยเคมีทั้งปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยสูตร 16-16-16 อัตราการใช้ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เติมทุกๆ สัปดาห์ (Ketma *et al*., 2008) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า เมื่อเติมปุ๋ยแต่ละสูตรลงในชุดการทดลองส่งผลต่อทั้งปริมาณแอมโมเนียและออร์โธฟอสเฟตเริ่มต้นในแต่ชุดการทดลอง ดังนี้ ปริมาณแอมโมเนียรวมเริ่มต้นการทดลองในชุดการทดลองที่ใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยยูเรียมีค่าสูงที่สุด (1.63±0.02 mg-N/L) รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (1.18±0.01 mg-N/L) ปุ๋ยยูเรีย (0.87±0.02 mg-N/L) และน้ำทะเล (0.84±0.01 mg-N/L) ตามลำดับ ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเริ่มต้นทดลองในชุดการทดลองที่ใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนมีค่าสูงที่สุด (0.58±0.04 mg-P/L) รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ใช้ ยูเรีย (0.56±0.06 mg-P/L) น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยยูเรีย (0.52±0.05 mg-P/L) และน้ำทะเล (0.40±0.05 mg-P/L) ตามลำดับ และมีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.69-8.88 ทั้งนี้คุณภาพน้ำทั้ง 3 พารามิเตอร์นับว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับรายงานของ Silapajarn *et al*., (n.d.) ที่ได้สรุปว่าจะประสบความสำเร็จในการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นควรมีการควบคุมปริมาณแอมโมเนีย (NH_4^+) ให้ไม่ต่ำกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสเฟส (Orthophosphate) ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร และควบคุมค่าความเป็นกรด-เบส ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือ 6.3-8.9 ซึ่งเป็นช่วงที่อนินทรียสารฟอสเฟสอยู่ในรูปที่สาหร่ายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด

ในการศึกษาครั้งนี้สิ่งแวดล้อมในการเลี้ยงได้แก่ ความเค็ม อุณหภูมิ และความเข้มแสงยังคงอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น สอดคล้องกับรายงานของ Pimolrat *et al*. (2019) ศึกษาการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น

ด้วยเกลือทางการค้าร่วมกับน้ำทะเลอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ความเค็มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25-35.67 ส่วนในพันส่วน โดยชุดที่ใช้น้ำทะเลมีความเค็มเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงที่สุด รองลงมาคือ เกลือเสริมไอโอดีน เกลือเม็ด และเกลือแกง ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-เบส เฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.33-9.00 อุณหภูมิอยู่ในช่วง 26-30 องศาเซลเซียส และความเข้มแสงอยู่ในช่วง 3000-7600 ลักซ์ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Pugdeepun, (2001) พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นสามารถเจริญเติบโตได้ที่ความเค็ม 30 ถึง 40 ส่วนในพันส่วน โดยสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน สำหรับอุณหภูมิและความเข้มแสงที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของสาหร่ายคือ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และที่ความเข้มแสง 7.2±0. 7 μE $m^{-2}s^{-1}$ (500 ลักซ์) ขณะที่ Priyawatae *et al*. (2003) รายงานการศึกษาสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น *C.lentillifera* (J. Agardh) เพื่อนำสาหร่ายพวงองุ่นไปใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นเจริญเติบโตได้ดีในน้ำทะเลที่มีความเค็มในช่วง 25-30 ส่วนในพันส่วน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินและปุ๋ยยูเรียในระบบปิด ได้ผลสรุปว่า การเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นในระบบปิดด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยยูเรียด้วยและใช้น้ำหนักสาหร่ายพวงองุ่นเริ่มต้นที่ 200 กรัมต่อถัง ให้ผลดีที่สุดเนื่องจากมีน้ำหนัก (405.33±4.16 กรัม) และความยาวของช่อ (8.58±0.02เซนติเมตร) เพิ่มขึ้นสูงที่สุด มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นคิดเป็น 104.11±0.12 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเริ่มต้น นอกจากนั้นยังมีลักษณะภายนอกที่สังเกตได้ คือ มีรามูลัสแน่นเรียงชิดติดกัน ช่ออวบยาวสวย ขนาดช่อใหญ่และมีลักษณะยาว มีสีเขียวเข้มกว่าชุดการทดลองอื่น ส่วนที่เป็นสโตลอนน้อย ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการของตลาด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ดังนั้นการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นในระบบปิดที่ใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยยูเรีย จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับนำไปใช้เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นเพื่อผลิตเป็นอาหารปลอดภัยทดแทนสารอาหารจากน้ำทะเล และดินตามธรรมชาติ เพื่อให้สามารถเลี้ยงและเก็บเกี่ยวผลผลิตได้อย่างสม่ำเสมอและมีคุณภาพดี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ขอบคุณคุณมนทการติ ท้ามติ้น ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งเพชรบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ความรู้เกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงและท่อนพันธุ์สาหร่ายพวงองุ่นสำหรับการทำงานวิจัยบางส่วน

เอกสารอ้างอิง

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Metzger, J.D. & Lucht, C. (2005). Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia*, *49,* 297–306.

Atiyeh, R.M., Edwards, C. A., Subler, S. & Metzger, J. D. (2001). Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technol*, *78*, 11-20.

Germaley A.V., Nadporozhskaya, M. A., Popov, A.I., Chertov, O.G., Kovsh, N.V. & Gromova, O. A. (2001). *Non-root nutrition with vermicompost extracts as the way of ecological optimization*. Germany: Springer Netherlands, Hannover.

Gutiérrez-Miceli, F.A., García-Gómez, R.C., Rincón-Rosales, R., Abud-Archila, María Angela, O. L., Cruz, M.J. & Dendooven, L. (2007). Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost extracts. *Bioresource Technology*, *99*(14), 6174-6180.

Ketma, C., Kaewsuralikhit, C., Suriyaphan, J., Limsuwan, C., Chuchird, N., Prasertsri, S., Thongphitak, D., & Hongrat, P. (2018). Factors affecting the growth of gut weed, Ulva intestinalis Linnaeus, in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) ponds. In Proceedings of 46th Kasetsart University Annual Conference: Fisheries (pp. 200-209). Thailand: Bangkok. (in Thai)

Kunawongdet, P. (2020). Biological Water Treatment in Recirculating Aquaculture System by Using *Caulerpa lentillifera* J Agardh. *Burapha Science Journal*, *25*(2), 509-523. (in Thai)

Munlum, S. (2017). The Development of Playor (White Fish Sausage) Production Mixed with Green Caviars. *Dusit Thani College Journal*, *11*(2), 17-30. (in Thai)

Phansawat, T. (2001). *Biological removal of nitrogen and phosphorus*. Bangkok: The Environmental Engineering Association of Thailand (EEAT). (in Thai)

Pimolrat, P., & Suksai, N. (2017). *Culture and processing of sea grapes (Caulerpa lentillifera J. Agardh)*. Retrieved January 12, 2021, from https://chumphon.mju.ac.th/goverment/20111119104834_chumphon2/Doc_25630331091429_985188.pdf

Pimolrat, P., Monghit, A., Phetsut, W. & R Jaiyen, N. (2018). Effects of season on water qualities at Lamae coast, Lamae district, Chumphon Province. In Proceeding of the 6th Marine Science Conference (pp. 785-795). Thailand: Chon Buri. (in Thai)

Pimolrat, P., Kanchana, T., Suksai, N. & Savangarrom, Y. (2019). Effects of commercial salt on growth of Sea grapes (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh). *Walailak Procedia*. ST.11. (in Thai)

Priyawatae, S., Songsangjinda, P., Direkbusarakom, S., Tantichodok, P. & Chiayvareesajja, S. (2003). Optimum condition of environmental factors for growth of sea grape (*Caulerpa lentillifera*: J. Agardh). *Thai fisheries gazette*, *56*(5), 443-448. (in Thai)

Pugdeepun, N. (2001). Growth rate and biochemical composition of Sea Grape, *Caulerpa lentillifera* J. Agardh. (Master's thesis). Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Ratana-arporn, P. & Chirapart, A. (2006). Nutritional evaluation of tropical green seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulata*. *Kasetsart Journal of Natural Science, 40*, 75-83. (in Thai)

Silapajarn, K., Tamtin, M., Chaisri, C., Lia-Thongkhom, N., Youpensook, K. & Keawprasert, T. (n.d.). Culture and processing of sea grape (*Caulerpa lentillifera*). Department of Fisheries: Phetchaburi Coastal Fisheries Research & Development Center. (in Thai)

Tancho, A. (2007). *Earthworms*. Thailand: National Science and Technology Development Agency, Pathum Thani. (in Thai)

Tejada M., Gonzalez J.L., Hernandez M.T. & Garcia, C. (2008). Agricultural use of leachates obtained from two different vermicomposting processes. *Bioresource Technology*, *99*(14), 6228-6232.

Thongdet, E. (2010). Effects of nitrogen and phosphorus on growth and biochemical composition of the marine seaweeds *Caulerpa*, *Ulva* and *Gracilaria*. (Master's thesis). Chulalongkorn University, Bangkok. (in Thai)

Trono, G.C. Jr. & Toma, T. (1993). Cultivation of the green alga *Caulerpa lentillifera*. In: Ohno, M. and Critchley, A. (Eds.) *Seaweed cultivation and marine ranching*. (pp. 17-23). Japan: JICA, Kanagawa.