

การผลิตไรแดงและไรน้ำนางฟ้าไทยโดยใช้คลอเรลลาที่เลี้ยงจากน้ำทิ้ง ของระบบไฮโดรโปนิคส์

Production of Water flea (*Moina macrocopa*) and Thai fairy shrimp
(*Branchinella thailandensis*) by using *Chlorella* sp. Cultivated from Hydroponics
Wastewater

จามรี เครือหงษ์ จงดี ศรีนพรัตน์วัฒน์ และสุรภี ประชุมพล

Jamree Khrueahong, Chongdee Srinoparatawatana and Surapee Prachumpon

ภาคเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
นครสวรรค์ 60000

Department of Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan
Rajabhat University, Muang district, Nakhon Sawan Province 60000

*Corresponding author. E-mail: aggie39_kku@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตไรแดงและไรน้ำนางฟ้าไทยโดยใช้คลอเรลลาที่เลี้ยงจากน้ำทิ้งของระบบไฮโดรโปนิคส์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) 5 ซ้ำ ประกอบด้วย 5 ชุดการทดลอง ได้แก่ 1) ปุ๋ยเคมี (ชุดควบคุม) 2) ปุ๋ยเคมี 75%+น้ำทิ้งไฮโดรโปนิคส์ 25% 3) ปุ๋ยเคมี 50%+น้ำทิ้งไฮโดรโปนิคส์ 50% 4) ปุ๋ยเคมี 25%+น้ำทิ้งไฮโดรโปนิคส์ 75% 5) น้ำทิ้งไฮโดรโปนิคส์ 100% เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า คลอเรลลาเจริญเติบโตได้สูงที่สุดในวันที่ 5 โดยชุดควบคุมมีจำนวนเซลล์สูงที่สุดเท่ากับ $22.65 \pm 0.04 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 โดยมีจำนวนเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ $21.99 \pm 0.04 \times 10^6$, $19.87 \pm 0.04 \times 10^6$, $16.35 \pm 0.05 \times 10^6$ และ $15.21 \pm 0.03 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ จากนั้นนำคลอเรลลาไปเลี้ยงไรแดงและไรน้ำนางฟ้า พบว่าผลผลิตของไรแดงและไรน้ำนางฟ้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) จากการทดลองดังกล่าวจึงสรุปได้ว่าสามารถใช้น้ำทิ้งจากการปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์นำมาเพาะคลอเรลลาเพื่อใช้ในการเลี้ยงไรแดงและไรน้ำนางฟ้าได้

คำสำคัญ : น้ำทิ้งจากการปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์, เพาะเลี้ยงคลอเรลลา, ไรแดง, ไรน้ำนางฟ้าไทย

Abstract

The aim of this research was to study the production of Water flea (*Moina macrocopa*) and Thai fairy shrimp (*Branchinella thailandensis*) by using *Chlorella* sp. cultivated from hydroponics wastewater. The experimental design was Completely Randomized Design (CRD) with 5 replications. The experimental design used in this study was 5 treatments. These five treatments were chemical fertilizer (control; C100:H0), 75% chemical fertilizer+25% hydroponics wastewater (C75:H25), 50% chemical fertilizer+50% Hydroponics wastewater (C50:H50) , 25% chemical fertilizer+75% hydroponics waste water (C25:H75) and 100% hydroponics waste water (C0:H100)

วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563

for a period of 7 days. The result showed that *Chlorella* sp. peaked within 5 days, the highest cell number was found in the control (C100:H0) as $22.65 \pm 0.04 \times 10^6$ cells/ml, the numbers were significantly higher than C75:H25, C50:H50, C25:H75 and C0:H100 *Chlorella* sp. to be average of $21.99 \pm 0.04 \times 10^6$, $19.87 \pm 0.04 \times 10^6$, $16.35 \pm 0.05 \times 10^6$ and $15.21 \pm 0.03 \times 10^6$ cells/ml, respectively. Then cultured Water flea and Thai fairy shrimp with *Chlorella* sp., biomass did not significantly different ($p > 0.05$). This experiment, it can be concluded that the utilization of wastewater hydroponic in *Chlorella* sp. for Water flea and Thai fairy shrimp culture was possible.

Keywords: Waste water Hydroponic, *Chlorella* sp., Water flea, Thai fairy shrimp

บทนำ

คลอเรลลาเป็นแพลงก์ตอนพืชที่นิยมนำมาเพาะขยายเพื่อใช้เป็นอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์จำพวกไรแดง และไรน้ำนางฟ้า สามารถนำไปใช้ในการอนุบาลและเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจและสัตว์น้ำสวยงามได้ (Saengngam, 2010; Saengphan and Sanoamuang, 2009) ปัจจุบันนี้การเพาะขยายคลอเรลลานิยมใช้ปุ๋ยเคมีได้แก่ ยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยนา (16-20-0) ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้ กากผงชูรส (อามิ-อามิ) กากน้ำตาล น้ำกากส่าเหล้าสาเบียร์ รำละเอียด ยีสต์ขนมปัง กากถั่วเหลือง มูลสัตว์ต่าง ๆ และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพื่อเพาะขยายคลอเรลลา (Rottmann *et al.*, 2003; Ratanapradit *et al.*, 1993; Saengngam, 2010, Tavarutmaneekul *et al.*, 1993; Lasuwong and Nualsri., 2005; Patakkhinang *et al.*, 2006) ซึ่งปัจจัยที่ทำให้คลอเรลลาเจริญเติบโตนั้น ได้แก่ แสง อุณหภูมิ สภาพแวดล้อม สารอาหาร เป็นต้น (Chittra and Benjamas, 2010; Wongrat, 1997) ธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับการเจริญเติบโต ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก โบรอน เป็นต้น มีรายงานของ Solomonson and Vennesland (1972) พบว่า คลอเรลลาสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีปริมาณไนเตรตต่อฟอสฟอรัส 7:1 หากมีมากเกินไปจะทำให้การทำงานของเอนไซม์ nitrate reductase ถูกยับยั้ง ทำให้คลอเรลลาไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร เนื่องจากเอนไซม์ดังกล่าวควบคุมการสร้างเซลล์ของคลอเรลลา ในการปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน (Hydroponic) มีการใช้ปุ๋ยดังกล่าวเพื่อให้พืชเจริญเติบโต (Libia and Fernando, 2012) และยังมีรายงานว่าสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการปลูกมาแล้วยังคงเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 50 ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 70-120 และ 30-90 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ (Tongaram, 2007) เช่นเดียวกับรายงานของ Bertoldi *et al* (2006) พบไนโตรเจนรวมประมาณ 253.37 มิลลิกรัมต่อลิตรและฟอสฟอรัส 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของคลอเรลลา ประกอบกับผู้วิจัยได้ทิ้งน้ำดังกล่าวไว้กลางแจ้งแล้วใส่หัวเชื้อคลอเรลลาลงไปพบว่าน้ำเขียวมีสีเข้มขึ้น และเมื่อใช้ปุ๋ยเคมีในการเพาะขยายคลอเรลลาล้างไร่นางฟ้าไทยไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากประสบปัญหาพิษจากแอมโมเนียที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมี หากใช้ปุ๋ยที่เหลือจากน้ำทิ้งจากการปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์ก็จะลดปัญหาดังกล่าว ดังนั้นจึงสนใจใช้ปุ๋ยที่เหลือจากน้ำทิ้งจากการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิคส์มาใช้ประโยชน์ในการ

เพาะขยายคลอเรลลาเพื่อใช้เลี้ยงไรแดงและไร่น้ำนางฟ้าซึ่งเป็นอาหารมีชีวิตที่สำคัญต่อการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนรวมถึงใช้เลี้ยงปลาสวยงามหลายชนิดได้อีกด้วย

วิธีการศึกษา

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) 5 ซ้ำ ประกอบด้วย 5 ชุดการทดลอง ดังต่อไปนี้

- ชุดการทดลองที่ 1 ปุ๋ยเคมี (ชุดควบคุม)
- ชุดการทดลองที่ 2 ปุ๋ยเคมี 75%+น้ำทิ้งไฮโดรโปนิคส์ 25%
- ชุดการทดลองที่ 3 ปุ๋ยเคมี 50%+น้ำทิ้งไฮโดรโปนิคส์ 50%
- ชุดการทดลองที่ 4 ปุ๋ยเคมี 25%+น้ำทิ้งไฮโดรโปนิคส์ 75%
- ชุดการทดลองที่ 5 น้ำทิ้งไฮโดรโปนิคส์ 100%

การเตรียมการทดลอง

1. เตรียมน้ำทิ้งจากการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ จากโรงเรือนปลูกผักไฮโดรโปนิคส์สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ซึ่งปลูกผักสลัดกรีนโอ๊ค เร็ดโอ๊ค และกรีนคอส โดยใช้ระบบ NFT (Nutrient Film Technique) มีการใส่ปุ๋ยสูตร A B ทุกสัปดาห์ ปลูกพืชเป็นระยะเวลาประมาณ 2 เดือน วิเคราะห์ธาตุอาหารที่เหลือน้ำปุ๋ยดังกล่าว ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ตามวิธีการของ APHA (1992) จำนวน 5 รอบการผลิต จากนั้นรวมน้ำปุ๋ยดังกล่าวใส่รวมกันในถังขนาด 500 ลิตร

2. เตรียมหัวเชื้อคลอเรลลาและไรแดงจากศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดอุทัยธานี ใช้คลอเรลลานำมาขยายเลี้ยงด้วยสูตรปุ๋ยของ Tavarutmaneekul *et al.* (1993) ส่วนไรแดงนำมาลี้ยงหน้า 1 วันทำการทดลอง

3. ชั่งปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) 12 กรัม ปุ๋ยนา (16-20-0) 12 กรัม ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) 0.1 กรัม ปูนขาว 1 กรัม ใส่ น้ำ 10 ลิตร ใช้ไม้กวนให้ปุ๋ยละลาย กรองสารละลายปุ๋ยด้วยถุงกรองขนาด 60 ไมครอน

4. ไซไร่น้ำนางฟ้าไทยฟักตามวิธีการของ Khrueahong *et al.* (2016) เลี้ยงด้วยคลอเรลลาความหนาแน่นเซลล์หลังจากให้ 1×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดยให้อาหารเป็นระยะเวลา 5 วัน ได้ขนาดตัวประมาณ 1.25 ± 0.05 เซนติเมตร

วิธีการทดลอง

1. สุ่มเติมน้ำปุ๋ยที่เหลือจากการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์และปุ๋ยวิทยาศาสตร์ตามแผนการทดลอง (Table 1) ลงขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตรจำนวนทั้งหมด 25 ขวด

2. เติมหิวเชื้อคลอเรลลาลงไปในขวดรูปชมพู่ปริมาตร 125 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่นให้ครบ 250 มิลลิลิตรครบทุกขวด ใส่สายลมที่ผ่านปิเปตลงในขวดใบละ 1 อัน เปิดลมตลอดเวลา

3. ขยายคลอเรลลาในห้องปฏิบัติการโดยวางขวดรูปชมพู่ 3 แถวบนชั้นเลี้ยงแพลงก์ตอนที่มัลทรีไฟฟลูออเรสเซนซ์ 36 วัตต์ 4 หลอด เปิดไฟ 24 ชั่วโมง

4. ทำการสูมตัวอย่างน้ำเพื่อเช็คปริมาณคลอเรลลาในขวดรูปชมพู่ทุกใบตามวิธีการของ Wongrat (1997) เช็คการเจริญเติบโตของคลอเรลลาทุกวันเวลา 12.00 น. ตรวจสอบคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นระยะเวลา 7 วัน

5. เพาะเลี้ยงคลอเรลลาตามแผนการทดลองเป็นระยะเวลา 4 วันและปล่อยไรแดงปริมาณ 0.2 กรัมต่อคลอเรลลา 1 ลิตรเป็นระยะเวลา 4 วันและเก็บผลผลิตครั้งเดียวโดยชั่งน้ำหนักเปียก และตรวจสอบคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ความเป็นด่าง (alkalinity) ความกระด้าง (hardness) แอมโมเนียไนโตรเจนรวม (total ammonia nitrogen) และไนไตรท์ (nitrite; APHA, 1992)

6. เพาะเลี้ยงคลอเรลลาตามแผนการทดลองเป็นระยะเวลา 7 วัน เพื่อลดปริมาณสารแอมโมเนียที่เกิดจากปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของ Saengphan (2006) จากนั้นนับโรน้านางฟ้าไทยอายุ 5 วัน จำนวน 30 ตัวลงในโหลแก้วมีน้ำปริมาณ 1 ลิตร ให้คลอเรลลา 1-5 วันแรกมีอัตรา 2 มิลลิลิตร โรน้านางฟ้าไทยอายุ 5-10 วัน มีอัตรา 5 มิลลิลิตร วันละ 3 มื้อ เวลา 8.00, 12.00 และ 16.00 น. มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ทุกวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองเก็บผลผลิตโดยชั่งน้ำหนักเปียก ตรวจสอบคุณภาพน้ำเช่นเดียวกับการเลี้ยงไรแดง

7. นำข้อมูล ได้แก่ การเจริญเติบโตของคลอเรลลาในแต่ละวัน ผลผลิตไรแดง ผลผลิตโรน้านางฟ้าและคุณภาพของการเลี้ยงไรแดงและโรน้านางฟ้าไทย วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

Table 1 Fertilizer formulation for cultivation of *Chlorella* in laboratory

| Formula | Chemical fertilizer (ml) | Hydroponics waste water (ml) | Concentrated <i>Chlorella</i> (ml) | Total (ml) | C:H |
|---------|--------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------|---------|
| 1 | 125 | 0 | 125 | 250 | C100:H0 |
| 2 | 112.5 | 37.5 | 125 | 250 | C75:H25 |
| 3 | 75 | 75 | 125 | 250 | C50:H50 |
| 4 | 37.5 | 112.5 | 125 | 250 | C25:H75 |
| 5 | 0 | 125 | 125 | 250 | C0:H100 |

ผลการศึกษา

ปริมาณธาตุอาหารที่เหลือจากน้ำทิ้งจากการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ ธาตุไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 218.13 ± 5.25 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 201.76 ± 10.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนการเปรียบเทียบสูตรอาหารที่ใช้ในวันเดียวกันพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว (ชุดควบคุม) มีการเพิ่มจำนวนของคลอเรลลามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญกับชุดการทดลองอื่น ๆ ตั้งแต่วันที่ 1 ของการเพาะเลี้ยง และเพิ่มจำนวนมากที่สุดในวันที่ 5 ของการเลี้ยงเท่ากับ $22.65 \pm 0.04 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร มากกว่าสูตรที่ 2 ที่ใช้น้ำปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับน้ำทิ้งปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ 25 เปอร์เซ็นต์ จำนวนเซลล์ของคลอเรลลาเท่ากับ $21.99 \pm 0.04 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และมากกว่าปุ๋ยสูตรที่ 3, 4 และ 5 จำนวนเซลล์ของคลอเรลลาเท่ากับ $19.87 \pm 0.04 \times 10^6$

16.35±0.05 ×10⁶ และ 15.21±0.03 ×10⁶ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (Table 2; Figure 1)

Table 2 The amount of *Chlorella* sp. cultured by wastewater hydroponic with chemical fertilizer

| days | <i>Chlorella</i> sp. (10 ⁶ cells/ml) | | | | |
|------|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | C100:H0(control) | C75:H25 | C50:H50 | C25:H75 | C0:H100 |
| 0 | 4.46±0.05 ^a | 4.48±0.04 ^a | 4.47±0.05 ^a | 4.46±0.06 ^a | 4.48±0.05 ^a |
| 1 | 5.84±0.05 ^a | 5.57±0.08 ^b | 4.98±0.05 ^c | 4.95±0.04 ^c | 4.75±0.04 ^d |
| 2 | 8.20±0.03 ^a | 7.85±0.03 ^b | 7.67±0.02 ^c | 6.48±0.04 ^d | 6.22±0.05 ^e |
| 3 | 10.72±0.05 ^a | 10.63±0.04 ^b | 10.25±0.06 ^d | 10.54±0.04 ^c | 9.73±0.04 ^e |
| 4 | 18.99±0.07 ^a | 18.15±0.04 ^b | 16.31±0.04 ^c | 13.78±0.07 ^d | 13.77±0.04 ^d |
| 5 | 22.65±0.04 ^a | 21.99±0.04 ^b | 19.87±0.04 ^c | 16.35±0.05 ^d | 15.21±0.03 ^e |
| 6 | 14.95±0.05 ^a | 14.67±0.03 ^b | 14.15±0.02 ^c | 13.74±0.03 ^d | 13.26±0.02 ^e |
| 7 | 13.88±0.07 ^a | 12.98±0.05 ^c | 13.20±0.05 ^b | 12.31±0.04 ^d | 13.25±0.05 ^b |

Note: Different letters in the same row show significantly different (P<0.05)

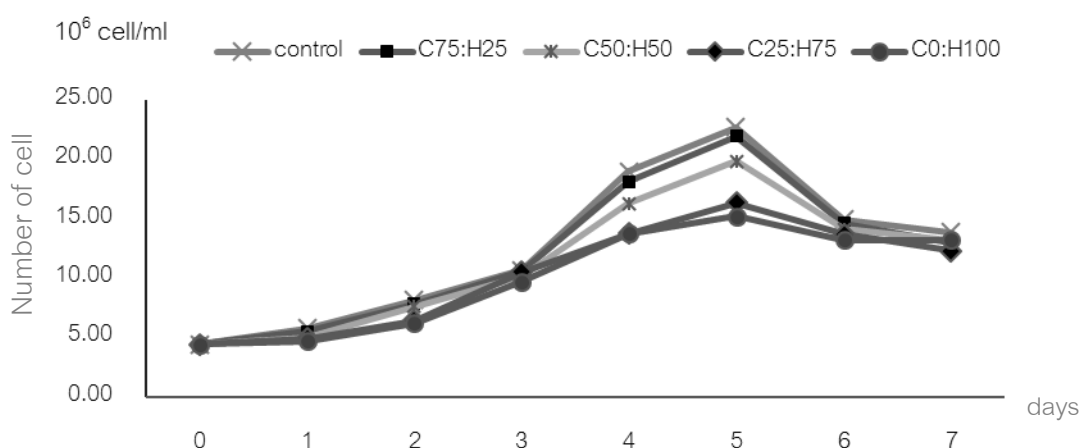


Figure 1 Growth curve of *Chlorella* sp. in different fertilizer formula

ผลผลิตของไรแดงพบว่า ชุดควบคุมที่ใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวให้ผลผลิตมากที่สุด เท่ากับ 0.52±0.07 กรัมต่อลิตร รองลงมาคือ สูตรที่ 2 ที่ใช้น้ำปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับน้ำทิ้งปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตไรแดงเท่ากับ 0.47±0.05 กรัมต่อลิตร ส่วนปุ๋ยสูตรที่ 3 และ 4 ให้ผลผลิตเท่ากับคือ 0.45 กรัมต่อลิตร และสูตรที่ 5 ที่ใช้ปุ๋ยจากน้ำทิ้งปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์อย่างเดียวให้ผลผลิตน้อยที่สุดเท่ากับ 0.44±0.05 กรัมต่อลิตร แต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของปุ๋ยแต่ละสูตร ($p > 0.05$; Table 3 and Figure 2)

ผลผลิตไร่น้ำนางฟ้าพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของปุ๋ยแต่ละสูตร ($p > 0.05$) ชุดควบคุมที่ใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวให้ผลผลิตมากที่สุด เท่ากับ 1.03±0.11 กรัมต่อลิตร รองลงมาคือ สูตรที่ 5 ที่ใช้ปุ๋ยจากน้ำทิ้ง

ปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์อย่างเดียว ให้ผลผลิตไร่น้ำนางฟ้าเท่ากับ 0.94 ± 0.13 กรัมต่อลิตร ใช้ปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับน้ำที่ปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ 50 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตไร่น้ำนางฟ้า 0.87 ± 0.08 กรัมต่อลิตร ใช้ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับน้ำที่ปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ 25 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตน้อยที่สุดไร่น้ำนางฟ้าเท่ากับ 0.86 ± 0.05 กรัมต่อลิตร (Table 3 and Figure 2)

คุณภาพน้ำของการเลี้ยงไรแดงมีค่า pH 7.79-8.23 อุณหภูมิ 30.0-32.7 องศาเซลเซียส ออกซิเจนที่ละลายน้ำ 4.1-5.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง 125-152 มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้าง 220-285 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียไนโตรเจนรวม 1.08-2.57 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 1.25-2.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนไร่น้ำนางฟ้ามีค่า pH 7.83-7.92 อุณหภูมิ 28.5-30.4 องศาเซลเซียส ออกซิเจนที่ละลายน้ำ 4.5-5.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง 75-102 มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้าง 80-94 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียไนโตรเจนรวม 0.93-1.14 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.045-0.052 มิลลิกรัมต่อลิตร

Table 3 Biomass of Water flea and Thai fairy shrimp cultured by *Chlorella* sp. in different fertilizer formulas

| treatment | Biomass (g/L) dry basis | |
|-----------------|-------------------------|-------------------|
| | Water flea | Thai fairy shrimp |
| 100:0 (control) | 0.52 ± 0.07^a | 1.03 ± 0.11^a |
| 75:25 | 0.47 ± 0.05^a | 0.94 ± 0.13^a |
| 50:50 | 0.45 ± 0.06^a | 0.87 ± 0.08^a |
| 25:75 | 0.45 ± 0.07^a | 0.86 ± 0.05^a |
| 0:100 | 0.44 ± 0.05^a | 0.97 ± 0.12^a |

Note: Different letters in the same column show significantly different ($p < 0.05$)

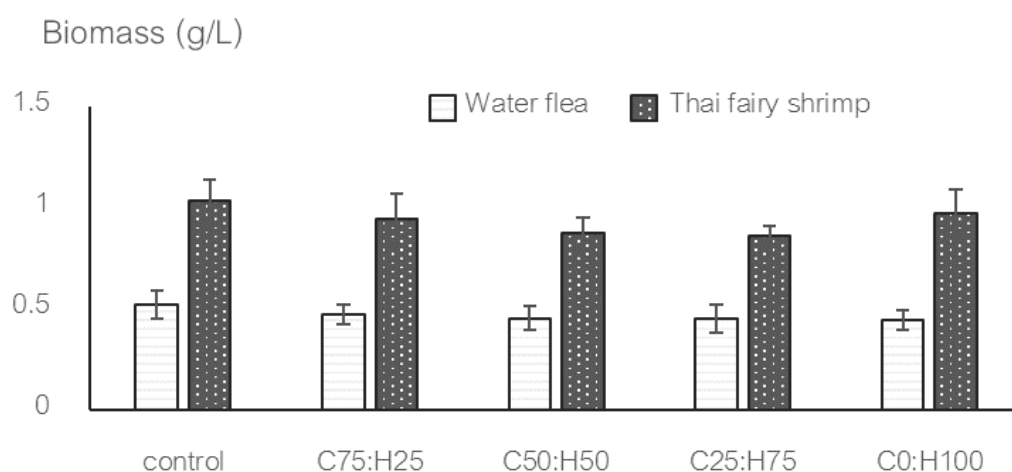


Figure 2 Biomass of Water flea and Thai fairy shrimp cultured by *Chlorella* sp. in different fertilizer formulas

สรุปและวิจารณ์

ปริมาณธาตุอาหารที่เหลือจากน้ำทิ้งจากการปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์ ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 218.13 ± 5.25 และ 201.76 ± 10.12 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ มากกว่าในรายงานของ Tongaram (2007) พบธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสประมาณ 70-120 และ 30-90 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ แต่น้อยกว่าปริมาณปุ๋ยใช้เพาะคลอเรลลาของ Tavarutmaneekul *et al.* (1993) ใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) 1,200 มิลลิกรัมต่อลิตร และปุ๋ยซุเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณปุ๋ยดังกล่าวส่งผลให้ปุ๋ยชุดควบคุมมีจำนวนเซลล์ของคลอเรลลาเจริญเติบโตดีกว่าน้ำทิ้งปุ๋ยไฮโดรโปนิคส์ 100 เปอร์เซ็นต์ (Table 2; Figure 1) ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่าระยะการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนในระยะ lag phase อยู่ในวันที่ 1-2 และเข้าสู่ระยะ log phase ในวันที่ 3 และระยะ retardation phase ในวันที่ 4 และเข้าสู่ระยะ stationary phase ในวันที่ 5 และเข้าสู่ระยะ death phase ในวันที่ 6 ทั้งนี้เนื่องมาจากธาตุอาหารลดลงและเซลล์ของคลอเรลลาจะลดจำนวนลงเช่นเดียวกัน (Wongrat, 1997) การเข้าสู่ระยะ retardation phase เวลาช้ากว่ารายงานของ Saengngam (2010) และ Ratanapradit *et al.* (1993) ที่เข้าสู่ระยะเวลาดังกล่าววันที่ 3 ผลผลิตของไรแดง ชุดควบคุมที่ใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวให้ผลผลิตมากที่สุด เท่ากับ 0.52 ± 0.07 กรัมต่อลิตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่ชุดการทดลอง ($p > 0.05$; Table 3) ซึ่งผลผลิตดังกล่าวน้อยกว่ารายงานของ Lasuwong and Nualsri (2005) ที่ให้ผลผลิตไรแดง $0.74-0.91$ กรัมต่อลิตร Patakkhinang *et al.* (2006) ผลผลิตไรแดง $0.73-0.84$ กรัมต่อลิตร แต่เป็นการเลี้ยงไรแดงในบ่อซีเมนต์กลางแจ้ง ผลผลิตไรแดงไม่มีความแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากการเก็บผลผลิตไรแดงครั้งเดียวและจำนวนเซลล์ของคลอเรลลาเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของไรแดง ส่วนคุณภาพน้ำได้แก่ pH อุณหภูมิ ionic strength ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นด่าง ความกระด้าง ของการเลี้ยงไรแดงเป็นค่าที่เหมาะสมและใกล้เคียงในแต่ละชุดการทดลอง ถึงแม้ว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวของชุดควบคุมจะมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนรวมและไนไตรท์สูงกว่าชุดอื่น ๆ ก็ไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตไรแดง แม้จะทำให้ผลผลิตมีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนเซลล์ของคลอเรลลานั้นลดลง เช่นเดียวกับผลผลิตไร่น้ำนางฟ้าไทยที่ให้อาหารโดยใช้คลอเรลลาจากปุ๋ยเคมีอย่างเดียวเท่ากับ 1.03 ± 0.11 กรัมต่อลิตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่ชุดการทดลอง ($p > 0.05$; Table 3) ผลผลิตดังกล่าวน้อยกว่ารายงานของ Saengphan and Sanoamuang (2009) ที่เลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทยความหนาแน่น 30 ตัวต่อลิตรเท่ากัน ให้อาหารโดยใช้คลอเรลลา ให้ผลผลิตสูงถึง 2.10 ± 0.19 กรัมต่อลิตร ส่วนผลผลิตไร่น้ำนางฟ้าไทยไม่มีความแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากการให้อาหารที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้าไทย มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน ทำให้คุณภาพน้ำอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่แอมโมเนียไนโตรเจนรวมไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่าง 6.5-9.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Saengphan, 2006) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ปุ๋ยที่เหลือจากน้ำทิ้งจากการปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์มาใช้ประโยชน์ในการเพาะขยายคลอเรลลาเพื่อใช้เลี้ยงไรแดงและไร่น้ำนางฟ้าและเป็นการลดใช้ปุ๋ยเคมีในการเพาะขยายคลอเรลลา แต่การใช้น้ำทิ้งจากการปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์นั้นในแต่ละรอบการผลิตจะมีธาตุอาหารที่ต่างกัน จำเป็นต้องมีการตรวจเช็คปริมาณแร่ธาตุที่เหลืออยู่ก่อนนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายศรัณย์ เสวตมาลาพันธ์ และ นายบุญยกร พ่วงดี ในการเก็บข้อมูลเบื้องต้นทำให้ทราบแนวโน้มความเป็นไปได้ในการทำวิจัยต่อ ขอขอบคุณ สาขาเกษตรศาสตร์ (เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- APHA AWWA and WPCF. 1992. Standard methods for the examination of water and waste water. 18th ed. Washington D.C. American Public Health Association.
- Bertoldi, F.C., Sant' Anna, E., Costa Braga, M.V. da and Oliveira, J.L.B. 2006. Lipids, fatty acid composition and carotenoids of *Chlorella vulgaris* cultivated in hydroponic wastewater. *Grasas y Aceites* 57 (3): 270-274.
- Chittra Y. and Benjamas C. 2010. Effect of nitrogen, salt, and iron content in the growth medium and light intensity on lipid production by microalgae isolated from freshwater sources in Thailand. *J. Bioresource Technology* 102: 3034-3040
- Chiu, S. Y., Kao, C. Y., Chen, C. H., Kuan, T. C., Ong, S. C. and Lin, C. S. 2008. Reduction of CO₂ by a high-density culture of *Chlorella* sp. in a *semicontinuous photobioreactor*. *Journal Bioresource Technology* 99 (9): 3389-3396.
- Lasuwong S. and Nualsri B. 2005. Use of molasses for Water flea (*Moina macrocopa*) culture. Technical paper no. 22/2005, Nakhon Ratchasima Inland Fisheries Research and Development Center, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives.
- Libia I. Trejo-Téllez and Fernando C. Gómez-Merino. 2012. Nutrient Solutions for Hydroponic Systems. [Online]. Available from http://cdn.intechopen.com/pdfs/33765/...solutions_for_hydroponic_systems.pdf [2019, April 4]
- Patakkhinang S. Lasuwong, S. and Nuansri, B. 2006. Culture of water flea (*Moina macrocopa*) by using cassava meal. Technical paper no. 45/2006, Nakhon Ratchasima Inland Fisheries Research and Development Center, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 117 p. [in Thai]
- Ratanapradit, K. Prasertsan, P. Tunskul, P and Angsupanit S. 1993. Cultivation of *Chlorella* sp. in effluent from seafood processing plant. Master of science thesis, Graduate school, Prince of Songkla University. [in Thai]

- Rottmann, R.W. Graves, S. J. Watson, C. and Yanong, R. P.E. 2003. Culture Techniques of *Moina*. Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 1-9 pp.
- Saengngam, S. 2010. Utilization of distillery slop in *Chorella* and *Moina* culture. Master of science thesis in fisheries, Graduate school, Khon Kaen University. [in Thai]
- Saengphan, N. 2006. Culture of the Thai fairy shrimp. Suphanburi College of Agriculture and Technology, Danchang, Suphanburi Province, Thailand. 52 pp. [in Thai].
- Saengphan, N., and Sanoamuang, L. 2009. Effect of food concentrations on growth and survival of the fairy shrimp *Branchinella thailandensis* Sanoamuang, Saengphan and Murugan. Burapha Science Journal Special Volume: 19-28.
- Solomonson, L.P. and Vennesland, B. 1972. Nitrate reductase and chlorate toxicity in *Chlorella vulgaris*. Plant Physiology 50(4): 421-424.
- Tavarutmaneekul, P., Saskul S. and Watcharakonyothin, T. 1993. Water flea (*Moina macrocopa*) culture. Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 28 p. [in Thai]
- Tongaram, D. 2007. Hydroponics: principles of production management and commercial production technology in Thailand. 3^{ed} Edition. Dee kan pim Printing, Bangkok. 816 p. [in Thai]
- Wongrat, L. 1997. Manual of plankton culture. 1st Edition. Kasetsart University Printing, Bangkok. 117 p. [in Thai]