

การใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ในโตรเจนชนิดต่างกันเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้า

(*Cabomba caroliniana* A. Gray) ในห้องปฏิบัติการ

Use of Various Inorganic Nitrogen Fertilizers for Culture
of Green Cabomba (*Cabomba caroliniana* A. Gray) in Laboratory

กมลพร ศรีนวล¹ จารุณี เชี่ยววารีสังจะ² และสมหมาย เชี่ยววารีสังจะ^{3*}

Kamonporn Srinuan¹, Jarunee Chiayvareesajja² and Sommai Chiayvareesajja^{3*}

บทคัดย่อ

เพื่อศึกษาชนิดของปุ๋ยอนินทรีย์ในโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้า (*Cabomba caroliniana* A. Gray) ในห้องปฏิบัติการ จึงดำเนินการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ประกอบด้วย 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ โดยเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้า 50 กรัมในตู้กระจกที่มีน้ำ 50 ลิตร ให้อากาศตลอดเวลา และให้แสงสว่างจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ วันละ 12 ชั่วโมง และใช้ปุ๋ย 4 ชนิดคือ ปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) ยูเรีย แอมโมเนียมคลอไรด์ และโพแทสเซียมไนเตรท เป็นแหล่งของธาตุอาหารในโตรเจน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าปุ๋ยในโตรเจนที่ทำให้สาหร่ายคาบอมบ้าเติบโตได้ดีที่สุดคือปุ๋ยสูตร 25-5-5 และแอมโมเนียมคลอไรด์ โดยสาหร่ายคาบอมบ้ามีอัตราการเติบโตจำเพาะสูงสุด 2.36 เปอร์เซ็นต์/วัน

คำสำคัญ : ยูเรีย แอมโมเนียมคลอไรด์ โพแทสเซียมไนเตรท คุณภาพน้ำ อัตราการเติบโตจำเพาะ อัตราการดูดซับธาตุอาหาร

Abstract

A completely randomized design experiment comprising of 4 treatments with 3 replications was undertaken in order to search for the appropriate inorganic nitrogen source for growing green Cabomba (*Cabomba caroliniana*) in laboratory. Fifty grams green Cabomba and 50 litres water with 4 sources of nitrogen fertilizer (fertilizer 25-5-5 as a control unit, urea, ammonium chloride and potassium nitrate) were put into glass aquaria for 4 weeks. Aeration was provided throughout the experiment and fluorescent lamps giving a light intensity of 3,000 Lux were turned on for 12 hours a day. It was found that the green Cabomba grown in water containing fertilizer 25-5-5 and ammonium chloride showed the highest specific growth rate (2.36 %/day).

Keywords : Urea, Ammonium chloride, Potassium nitrate, Water quality, Specific growth rate, Nutrient uptake rate

¹ นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

² ผศ.ดร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

³ รศ.ดร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

* Corresponding author : E-mail: sommai.c@psu.ac.th

บทนำ

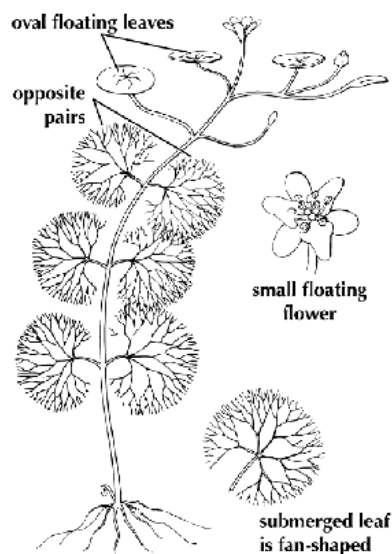
พรรณไม้น้ำเป็นสินค้าส่งออกอย่างหนึ่งของไทยที่มีการเติบโตมาก กรมวิชาการเกษตรรายงานว่าในปี 2546 มีการส่งออกพรรณไม้น้ำเฉพาะที่มีใบรับรองปลอดศัตรูพืช จำนวน 9,462 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 16.22 ล้านบาท และในปี 2547 มีการส่งออกจำนวน 164,187 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 17.27 ล้านบาท ซึ่งคาบอมบ้าเป็น 1 ใน 5 อันดับแรกของพรรณไม้น้ำที่มีการส่งออกมากที่สุด [1] และเป็นพรรณไม้น้ำที่นิยมใช้ประดับตกแต่งตู้ปลา [2, 3]

สาหร่ายคาบอมบ้า หรือสาหร่ายบัว (Green Cabomba, Fanwort) เป็นพรรณไม้น้ำจัดมีถิ่นกำเนิดบริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปอเมริกา ตั้งแต่อเมริกากลางจนถึงประเทศอาร์เจนตินา ได้มีการนำเข้ามาเพาะขยายพันธุ์จนกระทั่งแพร่หลายในประเทศไทย เพราะสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพพื้นที่และภูมิอากาศของไทยได้ดี [4] เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่เติบโตได้ทั้งน้ำหรือไม่มีผิวน้ำ (Submerged anchored or emerged plant) มีรากและลำต้นอยู่ใต้น้ำ มีดอกและใบบางส่วนเจริญเหนือน้ำ [5, 6, 7, 8] มีอายุหลายฤดู ต้นมีลักษณะเป็นก้านเรียวยาวกลมทอดไปตามระดับความลึกของน้ำ อาจยาวได้ถึง 2 เมตร ส่วนรากจะอยู่ในดินใต้พื้นท้องน้ำ ใบที่อยู่ใต้น้ำจะแตกออกเป็นตรงกันข้ามเป็นคู่ๆ หรือเรียงเป็นวงรอบข้อ มีก้านใบสั้นเพียง 0.3 เซนติเมตร แผ่นใบแตกเป็นฝอยคล้ายพัดมีสีเขียวสด ส่วนใบที่อยู่เหนือน้ำจะมีรูปร่างแตกต่างออกไป คือมีขนาดเล็ก แผ่นใบเป็นรูปทรงรี แบนเรียงตัวสลับกัน ดอกบานเหนือน้ำมีสีขาวหรือสีครีม [9, 10] กลีบดอกรูปไข่ จำนวน 6 กลีบ (ภาพที่ 1) เป็นไม้น้ำที่มีการเติบโตเร็วมาก จึงนิยมนำไปประดับเป็นฉากบริเวณส่วนหลังของตู้ปลา เมื่อเจริญเต็มที่จะเกิดรากฝอยแตกออกตามข้อ การขยายพันธุ์ทำได้โดยตัดลำต้นไปปักชำในพื้นดินโคลนใต้น้ำ [11, 12, 13]

จากการศึกษาผลของแสงที่มีต่อการเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้า โดยฉัตรรัตน์ และคณะ [14] ซึ่ง

ทดลองเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ใช้ระดับความเข้มแสงที่ 1,000, 2,000 และ 3,000 ลักซ์ พบว่าสาหร่ายคาบอมบ้าเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อเลี้ยงในระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 9.22 กรัม ส่วนสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่ทำให้สาหร่ายคาบอมบ้าเติบโตได้ดีคือ อุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 23-26 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดด่าง (pH) 6.5-7.2 [7, 12] และความกระด้างอยู่ในช่วง 90-180 มิลลิกรัม/ลิตร [12]

การปลูกสาหร่ายคาบอมบ้าในระยะแรกๆ ควรมีธาตุขี้บึงแสงแดด 40-60 % ใส่ปุ๋ย NPK สูตร 25-5-5 หรือ 30-20-10 ในอัตรา 5-15 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อสาหร่ายเติบโตแล้วจึงตัดลำต้นระหว่างข้อไปจำหน่าย [2, 10, 15] ปุ๋ยละลายน้ำสูตร 25-5-5 และ 30-20-10 เป็นปุ๋ยเคมีที่แนะนำให้ใช้ในการปลูกพรรณไม้น้ำทั่วไปในตู้ปลา [16] ยังไม่มีการศึกษาหาสูตรปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมต่อการปลูกสาหร่ายคาบอมบ้า จึงดำเนินการศึกษาครั้งนี้เพื่อหาชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้า สำหรับใช้เป็นแนวทางในการปลูกหรือขยายพันธุ์สาหร่ายคาบอมบ้าต่อไป



ภาพที่ 1 : ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายคาบอมบ้า

(*Cabomba caroliniana* A. Gray) [13]

อุปกรณ์ และวิธีการ

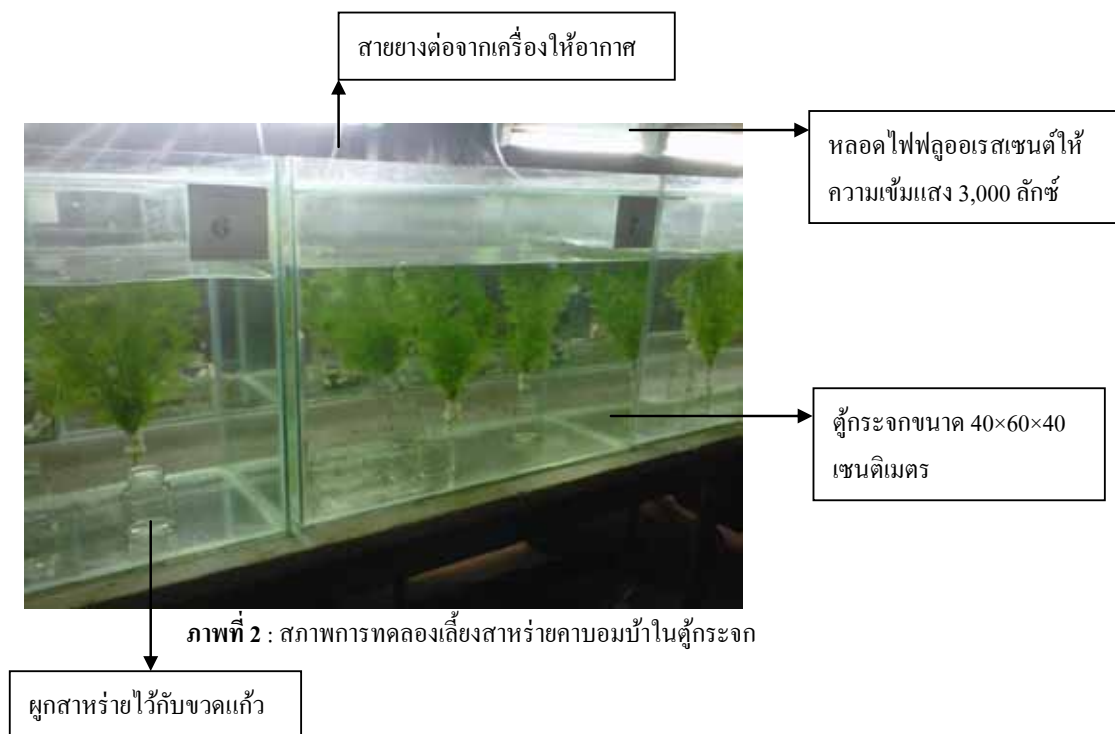
1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) โดยใช้ปุ๋ยสูตร 25-5-5 ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นชุดควบคุม เนื่องจากเป็นปุ๋ยที่นิยมใช้กันมาก [2, 8, 10, 12, 15] โดยมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปุ๋ยเท่ากับ 1.25 และ 0.11 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในโตรเจน 3 รูปแบบ ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) ปุ๋ยแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) และปุ๋ยโพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) และใช้ปุ๋ยโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต (KH_2PO_4) เป็นแหล่งของฟอสฟอรัส [17] โดยทุกชุดการทดลองใช้ปริมาณปุ๋ย

ให้ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเท่ากับชุดควบคุม และทำการทดลองชุดละ 3 ซ้ำ

2. สภาพการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้ผ้าตาข่ายกันพื้นที่ให้เป็นห้องไม่ให้แสงจากภายนอกส่องเข้ามาถึง ให้แสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ที่ระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ วันละ 12 ชั่วโมง ตรวจวัดความเข้มแสงวันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็น ปรับน้ำให้มีค่า pH เริ่มต้นที่ 7.0 ถ้าน้ำมีค่า pH ต่ำแก้ไขโดยการใส่ปูนขาวหรือสารละลายพวกโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ถ้าน้ำมีค่า pH สูงแก้ไขโดยการใส่กรดไฮโดรคลอริก หรือแอมโมเนียมซัลเฟต [9, 14, 18] และให้อากาศตลอดการทดลอง (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 : สภาพการทดลองเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้ำในตู้กระจก

3. การดำเนินการทดลอง

ทำการทดลองในตู้กระจกซึ่งมีขนาด 40×60×40 เซนติเมตร ใส่น้ำประปา 50 ลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 3-4 วัน เพื่อให้คลอรีนสลายไป จากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่นำมาใช้ในการทดลองเพื่อให้ทราบว่าคลอรีนได้สลายหมดไปแล้ว [18] ในชุดควบคุมใส่ธาตุอาหาร NPK จากปุ๋ยเคมีสูตร 25-5-5 ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนชุดการทดลองที่ 1 ใช้ปุ๋ย $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ เข้มข้น 2.68 มิลลิกรัม/ลิตร ชุดการทดลองที่ 2 ใช้ปุ๋ย NH_4Cl เข้มข้น 4.78 มิลลิกรัม/ลิตร และชุดการทดลองที่ 3 ใช้ปุ๋ย KNO_3 เข้มข้น 9.02 มิลลิกรัม/ลิตร และในทุกชุดการทดลอง ใช้ปุ๋ย KH_2PO_4 ความเข้มข้นเท่ากับ 0.49 มิลลิกรัม/ลิตร ใส่น้ำที่เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้ำ หลังจากใส่น้ำสาหร่ายคาบอมบ้ำเริ่มต้นหนัก 1 กรัม/ลิตร แล้วชั่งน้ำหนักสดของสาหร่ายทุก 1 สัปดาห์ โดยใช้ผ้าขาวบางซับน้ำให้แห้ง และชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง เพื่อหาอัตราการเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate : SGR) ของสาหร่ายคาบอมบ้ำ ตามสูตรคำนวณของ Lobbon และ Harrison (1994) อ้างโดย ระพีพร [19] ดังนี้

$$\text{SGR} = (\ln W_t - \ln W_o) / t \times 100$$

เมื่อ

$$\text{SGR} = \text{อัตราการเติบโตจำเพาะของสาหร่าย (เปอร์เซ็นต์/วัน)}$$

$$W_o = \text{น้ำหนักสดของสาหร่ายคาบอมบ้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (กรัม)}$$

$$W_t = \text{น้ำหนักสดของสาหร่ายคาบอมบ้ำเมื่อผ่านไป t วัน (กรัม)}$$

$$t = \text{ระยะเวลาในการทดลอง (วัน)}$$

วัดอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำทุก 24 ชั่วโมง วิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียรวมไนเตรท ไนไตรท์ และออร์โธฟอสเฟต เมื่อเริ่มต้นการทดลอง และทุก 1 สัปดาห์ จนครบ 4 สัปดาห์ และเปลี่ยนน้ำหมักตู้ทุก 1 สัปดาห์ [2, 10, 12, 15, 20] โดยปรับความเข้มข้นของธาตุอาหารให้มีความเข้มข้น

เท่ากับเริ่มการทดลองใส่ในแต่ละตู้ คำนวณอัตราการดูดซับธาตุอาหารของสาหร่ายคาบอมบ้ำตามสูตรคำนวณของศิริวรรณ [21] ดังนี้

$$E = [(C_o - C_t) / (w \times t)] \times \text{vol}$$

เมื่อ

$$E = \text{อัตราการดูดซับธาตุอาหาร (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน)}$$

$$C_o = \text{ความเข้มข้นของธาตุอาหารเมื่อเริ่มต้น (มิลลิกรัม/ลิตร)}$$

$$C_t = \text{ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เวลา t (มิลลิกรัม/ลิตร)}$$

$$\text{vol} = \text{ปริมาตรน้ำ (ลิตร)}$$

$$w = \text{น้ำหนักสดของสาหร่ายคาบอมบ้ำ (กรัม) ที่เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านไป t วัน}$$

$$t = \text{ระยะเวลาในการทดลอง (วัน)}$$

ระหว่างการเลี้ยงเก็บสาหร่ายคาบอมบ้ำต้นที่ตายแน่นอนคือใบและลำต้นมีสีน้ำตาล และใบที่ร่วงหล่นออกจากตู้ทดลอง เพื่อป้องกันการย่อยสลายปล่อยสารอาหารคืนสู่ระบบ

วัดอุณหภูมิน้ำโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำโดยวิธี Azide Modification [22] และวัดปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟต ตามวิธีของ Boyd และ Tucker [23]

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบแจกแจงทางเดียว (One-way Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

1. อัตราการเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้ำ

น้ำหนักของสาหร่ายคาบอมบ้ำมีการเพิ่มขึ้นจากวันแรกทุกสัปดาห์ โดยสาหร่ายคาบอมบ้ำมีอัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงสุดในปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) และปุ๋ย NH_4Cl เท่ากับ 2.36 เปอร์เซ็นต์/วัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปุ๋ย KNO_3 และปุ๋ย $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ซึ่งมีอัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ย 1.72 และ 1.71 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

2. คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง

ในแต่ละชุดการทดลองอุณหภูมิ น้ำไม่เปลี่ยนแปลงมากโดยมีค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 27.33 – 27.49 องศาเซลเซียส และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นเดียวกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 7.12 – 7.38

มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในรูปแบบต่างๆ เป็นดังนี้

1) ปริมาณแอมโมเนียรวมในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของสัปดาห์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ โดยสาหร่ายคาบอมบ้าสามารถดูดซับแอมโมเนียจากชุดปุ๋ย NH_4Cl ได้มากที่สุดเฉลี่ย 0.789 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักสด/วัน รองลงมาเป็นปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) ปุ๋ย $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ และปุ๋ย KNO_3 ซึ่งมีอัตราการดูดซับแอมโมเนียเฉลี่ย 0.452, 0.113 และ 0.083 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 อัตราการเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้า (เปอร์เซ็นต์/วัน) ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการด้วยปุ๋ย 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD, $n=3$)

ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เฉลี่ย
ปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม)	2.92 ± 0.02^b	2.48 ± 0.02^b	2.17 ± 0.03^b	1.87 ± 0.03^b	2.36 ± 0.03^b
ปุ๋ย $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	2.07 ± 0.01^a	2.06 ± 0.03^a	1.53 ± 0.05^a	1.18 ± 0.03^a	1.71 ± 0.03^a
ปุ๋ย NH_4Cl	2.92 ± 0.03^b	2.53 ± 0.03^b	2.13 ± 0.02^b	1.87 ± 0.02^b	2.36 ± 0.03^b
ปุ๋ย KNO_3	2.14 ± 0.01^a	1.94 ± 0.02^a	1.53 ± 0.03^a	1.27 ± 0.01^a	1.72 ± 0.02^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 2 อัตราการดูดซับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD, $n=3$)

ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เฉลี่ย
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	0.460 ± 0.012^b	0.454 ± 0.008^b	0.451 ± 0.005^b	0.441 ± 0.008^b	0.452 ± 0.008^b
ปุ๋ย $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	0.008 ± 0.018^a	0.247 ± 0.005^a	0.076 ± 0.012^a	0.120 ± 0.006^a	0.113 ± 0.010^a
ปุ๋ย NH_4Cl	0.817 ± 0.009^c	0.768 ± 0.008^c	0.793 ± 0.007^c	0.780 ± 0.006^c	0.789 ± 0.008^c
ปุ๋ย KNO_3	0.010 ± 0.008^a	0.161 ± 0.012^a	0.066 ± 0.004^a	0.094 ± 0.005^a	0.083 ± 0.007^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2) ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของสัปดาห์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ โดยสาหร่ายคาบอมบ้ำสามารถดูดซับไนโตรเจนจากชุดปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) ได้มากที่สุดเฉลี่ย 0.038 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน รองลงมาเป็นปุ๋ย $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ปุ๋ย KNO_3 และปุ๋ย NH_4Cl ซึ่งมีอัตราการดูดซับไนโตรเจนเฉลี่ย 0.019, 0.018 และ 0.013 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ และมีความแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 3)

3) ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของสัปดาห์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ โดยสาหร่ายคาบอมบ้ำสามารถดูดซับไนโตรเจนจากชุดปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) ได้มากที่สุดเฉลี่ย 0.683 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับปุ๋ย KNO_3 แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับปุ๋ย NH_4Cl และปุ๋ย $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ซึ่งมีอัตราการดูดซับไนโตรเจนเฉลี่ย 0.654, 0.298 และ 0.119 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 อัตราการดูดซับไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้ำที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD, $n = 3$)

ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เฉลี่ย
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	0.039 ± 0.006^c	0.038 ± 0.003^b	0.038 ± 0.005^b	0.037 ± 0.010^c	0.038 ± 0.006^b
ปุ๋ย $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	0.004 ± 0.004^a	0.032 ± 0.008^b	0.018 ± 0.012^a	0.022 ± 0.012^b	0.019 ± 0.009^a
ปุ๋ย NH_4Cl	0.013 ± 0.009^b	0.013 ± 0.005^a	0.012 ± 0.011^a	0.013 ± 0.009^a	0.013 ± 0.009^a
ปุ๋ย KNO_3	0.005 ± 0.015^a	0.030 ± 0.020^b	0.015 ± 0.009^a	0.020 ± 0.012^b	0.018 ± 0.014^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4 อัตราการดูดซับไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้ำที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD, $n = 3$)

ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เฉลี่ย
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	0.705 ± 0.021^c	0.686 ± 0.009^c	0.667 ± 0.006^b	0.676 ± 0.012^b	0.683 ± 0.012^b
ปุ๋ย $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	0.026 ± 0.010^a	0.185 ± 0.006^b	0.124 ± 0.012^c	0.144 ± 0.025^a	0.119 ± 0.013^a
ปุ๋ย NH_4Cl	0.308 ± 0.007^b	0.293 ± 0.008^a	0.297 ± 0.015^a	0.296 ± 0.009^a	0.298 ± 0.010^a
ปุ๋ย KNO_3	0.114 ± 0.008^a	1.218 ± 0.022^d	0.512 ± 0.009^b	0.773 ± 0.020^b	0.654 ± 0.015^b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4) ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของการปลูกที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ โดยสาหร่ายคาบอมบ้าสามารถดูดซับฟอสฟอรัสจากชุดปุ๋ย KNO_3 ได้มากที่สุดเฉลี่ย 0.028 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักสด/วัน รองลงมาเป็นปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) ปุ๋ย NH_4Cl และปุ๋ย $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ซึ่งมีอัตราการดูดซับฟอสฟอรัสเฉลี่ย 0.026, 0.026 และ 0.022 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 5)

จากการศึกษาการเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้า ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ในแหล่งของไนโตรเจนที่ต่างกัน คือ ปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) ปุ๋ย $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ปุ๋ย NH_4Cl และปุ๋ย KNO_3 เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยปุ๋ย NH_4Cl มีอัตราการดูดซับแอมโมเนียได้สูงสุด ในปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) มีอัตราการดูดซับไนโตรเจนและไนเตรตได้สูงสุดและในปุ๋ย KNO_3 มีอัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟตได้สูงสุด

สาหร่ายคาบอมบ้าที่เลี้ยงในปุ๋ย NH_4Cl มีอัตราการดูดซับแอมโมเนียได้มากที่สุด สอดคล้องกับการทดลองของ Jampeetong และ Brix [17] ซึ่งศึกษาการเติบโตและลักษณะรูปร่างของแหนใบมะขาม (*Salvinia natans*) โดยเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

และให้ KH_2PO_4 เป็นแหล่งของฟอสฟอรัส พบว่า แหนใบมะขามเติบโตได้ดีที่สุดในการทดลองที่ให้ไนโตรเจนในรูปแบบแอมโมเนียมแอมโมเนียมไนเตรท และไนเตรทตามลำดับพืชสามารถดูดซับแอมโมเนียได้ดีกว่าไนโตรเจนในรูปแบบของไนไตรท์ ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟต โดยแอมโมเนียเป็นแหล่งปฐมนุฏของสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนของพืชน้ำเป็นส่วนใหญ่ และสามารถนำแอมโมเนียเข้าสู่เซลล์ได้โดยตรง พืชน้ำจะเลือกใช้สารประกอบไนโตรเจนในรูปแบบของแอมโมเนียก่อนที่จะเลือกใช้ไนเตรท ส่วนการดูดซับไนเตรทเข้าสู่เซลล์ต้องอาศัยปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน ในการเปลี่ยนรูปไนเตรท เป็นไนไตรท์ และเปลี่ยนไนไตรท์เป็นแอมโมเนียเพื่อนำไปสังเคราะห์กรดอะมิโนและโปรตีนในการสร้างเซลล์ต่อไป สำหรับธาตุอาหารฟอสฟอรัสจัดเป็นธาตุอาหารที่พืชน้ำต้องการในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอาหารไนโตรเจน [24]

พรรณไม้น้ำแต่ละชนิดต้องการปุ๋ยสูตรต่างกัน ต้นหางนกยูงใบสั้น (*Hygrophila stricta*) ที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยสูตร 18-18-18 มีการเติบโตดีที่สุด [25] ขณะที่ต้นดาวกระจาย (*H. difformis*) [26] และสาหร่ายเทป (*Vallisneria spiralis*) [27] เติบโตดีที่สุดเมื่อเลี้ยงด้วย

ตารางที่ 5 อัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD, $n = 3$)

ชุดการทดลอง	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เฉลี่ย
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	0.027 ± 0.012^b	0.026 ± 0.008^a	0.025 ± 0.005^a	0.026 ± 0.010^a	0.026 ± 0.009^a
ปุ๋ย $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	0.012 ± 0.007^a	0.026 ± 0.023^a	0.024 ± 0.006^a	0.026 ± 0.020^a	0.022 ± 0.014^a
ปุ๋ย NH_4Cl	0.027 ± 0.004^b	0.026 ± 0.012^a	0.026 ± 0.009^a	0.025 ± 0.007^a	0.026 ± 0.008^a
ปุ๋ย KNO_3	0.013 ± 0.005^a	0.045 ± 0.009^b	0.026 ± 0.024^a	0.029 ± 0.014^a	0.028 ± 0.013^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ปุ๋ยสูตร 25-5-5 จากการศึกษาพบว่าสาหร่ายคาบอมบ้ำที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยสูตร 25-5-5 และ NH_4Cl มีอัตราการเติบโตจำเพาะเท่ากันและสูงกว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดอื่น ดังนั้นควรมีการศึกษาอัตราการใช้ปุ๋ย NH_4Cl และความคุ้มค่าก่อนตัดสินใจใช้ปุ๋ย NH_4Cl แทนปุ๋ยสูตร 25-5-5 เพื่อเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้ำต่อไป

สรุปผลการวิจัย

ปุ๋ยไนโตรเจนที่ทำให้สาหร่ายคาบอมบ้ำเติบโตได้ดีที่สุดคือปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) และปุ๋ย NH_4Cl โดยสาหร่ายคาบอมบ้ำมีอัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงสุด 2.36 เปอร์เซ็นต์/วัน รองลงมาคือชุดที่ใช้ปุ๋ย KNO_3 และ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ เป็นแหล่งไนโตรเจน โดยสาหร่ายคาบอมบ้ำมีอัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ย 1.72 และ 1.71 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยปุ๋ย NH_4Cl มีอัตราการดูดซับแอมโมเนียได้สูงสุด ในปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) มีอัตราการดูดซับไนไตรท์และไนเตรทได้สูงสุด และในปุ๋ย KNO_3 มีอัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟตได้สูงสุด

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนและอำนวยความสะดวกในทุกด้านตลอดระยะเวลาการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] อรุณี รอดลอย, สุจินต์ หนูขวัญ และวิไลวรรณ เหมศิริ. (2551). การศึกษานิตและการกระจายพันธุ์ของพรรณไม้น้ำในภาคกลางตอนบนของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำจืด สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด กรมประมง.

[2] สุกัญญา พริกจำรูญ. (2548). **คู่มือการเพาะเลี้ยงและส่งออกพรรณไม้น้ำ-ปลาสวยงาม**. นนทบุรี: สำนักพิมพ์น็อนบุ๊ก มีเดีย.

[3] มยุรี พัฒโนทัย. (2551). **พรรณไม้น้ำพืชเศรษฐกิจอนาคตไกลของไทย**. สืบค้นจาก http://www.nicaonline.com/articles5/site/view_article.asp?idarticle=110. เมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 2551.

[4] อรุณี รอดลอย, คีรี กอนันตกุล, วันเพ็ญ มินกาญจน์, วิชัย ก้องรัตนโกศล และวิไลวรรณ เหมศิริ. (2547). **พรรณไม้น้ำไทยที่นิยมนำมาประดับตู้ปลา**. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำจืด สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด กรมประมง.

[5] อุไร จิรมงคลการ. (2548). **คู่มือคนรักต้นไม้พรรณไม้น้ำ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บ้านและสวน.

[6] บุญยา คงกาลิหมิน. (2549). **พรรณไม้น้ำ...พันธุ์ไม้ประดับสายน้ำ**. สืบค้นจาก http://www.nicaonline.com/articles5/site/view_article.asp?idarticle=106. เมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2551.

[7] เศรษฐมนตร์ กาญจนกุล. (2551). **ร้อยพรรณพฤกษาพรรณไม้น้ำ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เศรษฐศิลป์.

[8] Yu, M.J., Ding, B.Y., Yu, J., Jin, X.F., Zhou, H. and Ye, W.H. (2004). Basic characteristics of submerged plant communities invaded by *Cabomba caroliniana* and its habitat in China. *Acta Phytocologica Sinica*, 28, 231-239.

[9] พัฒน์ พิχαν. (2550). **สวนไม้น้ำ ศิลปะการจัดสวนในตู้ปลาด้วยพรรณไม้น้ำ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ไทยควอลิตี้บุ๊กส์.

[10] ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์. (2549). **การปลูกและดูแลรักษาพรรณไม้น้ำ พรรณไม้น้ำเพื่อการส่งออกอนาคตตลาดสดใส**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เพชรกระรัต.

- [11] ช่อทิพย์ อาธารมาศ. (2531). **พรรณไม้น้ำของไทย**.
สงขลา: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์.
- [12] กรมประมง. (2545). **พรรณไม้น้ำสวยงาม-สาหร่าย**.
สืบค้นจาก http://www.dei.ac.th/index/content/farm_008.html. เมื่อวันที่ 15 กรกฎาคม 2551.
- [13] Abella, S. (2004). Fanwort (*Cabomba caroliniana*).
Available from <http://www.dnr.metrokc.gov/wlr/waterres/smlakes/cabomba.htm>. Accessed on 5 September 2008.
- [14] มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ, วิไลวรรณ เหมศิริ, นงนุช
เลาหะวิสุทธิ และวรางคณา กาชัม. (2548).
ผลของความเข้มแสงและการรับอนไดออกไซด์
ต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำในตู้.
รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาประมง สาขา
การจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ
1-4 กุมภาพันธ์ 2548. หน้า 294-301.
- [15] กาญจนรี พงษ์ฉวี. (มปป.). **การปลูกพรรณไม้น้ำใน**
แปลงเพาะพันธุ์. สืบค้นจาก <http://www.nicaonline.com>. เมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 2551.
- [16] นงนุช ตั้งกรีกโอพร. (2554). **มาปลูกพรรณไม้น้ำ**
สวยงามในตู้ปลากันเถอะ. บทความเผยแพร่
ทางวิทยุกระจายเสียง โดยสำนักบริการวิชาการ
มหาวิทยาลัยบูรพา. สืบค้นจาก http://www.uniserv.buu.ac.th/forum2/topic.asp?TOPIC_ID=4728. เมื่อวันที่ 18 มกราคม 2556.
- [17] Jampeetong, A. and Brix, H. (2009). Nitrogen
nutrition of *Salvinia natans*: Effects of inorganic
nitrogen form on growth, morphology, nitrate
reductase activity and uptake kinetics of
ammonium and nitrate. *Aquatic Botany*. 90,
67-73.
- [18] สมเกียรติ นาคโคตร. (มปป.). **การเลี้ยง**
การเตรียมน้ำ. สืบค้นจาก http://www.samud.com/aquarium/Pompadour/pompadour_take_care2.asp. เมื่อวันที่ 13 พฤศจิกายน 2551.
- [19] ระพีพร เรื่องช่วย. (2551). โครงการการเลี้ยง
สาหร่ายพมนาง (*Gracilaria* spp.) เพื่อเป็นอาชีพ
ทางเลือกใหม่สำหรับชาวประมงพื้นบ้านใน
อ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี. **วารสารวิจัยเพื่อ**
การพัฒนาเชิงพื้นที่. 1, 35-44.
- [20] Cedergreen, N. and Madsen, T.V. (2003).
Nitrate reductase activity in roots and shoots
of aquatic macrophytes. **Aquatic Botany**.
76, 203-212.
- [21] ศิริวรรณ คัดประเสริฐ. (2538). **การใช้สาหร่าย**
ทะเลช่วยลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจน
ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์.
- [22] APHA, AWWA and WEF (American Public
Health Association, American Water Works
Association and Water Environment
Federation). (1995). **Standard Methods for the**
Examination of Water and Wastewater. 19th
Edition. Washington, D.C.: American Public
Health Association.
- [23] Boyd, C. E. and Tucker, C. S. (1992). **Water**
Quality and Pond Soil Analyses for
Aquaculture. Alabama : Alabama Agricultural
Experiment Station. Auburn University.
- [24] มุกดา สุขสมาน. (2532). **การทดลองเบื้องต้นของ**
การกำจัดน้ำเสียจากโรงงานทอผ้าย่านรังสิตโดย
ใช้ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes* (Mart.)
Solms) ธูปฤาษี (*Typha augustifolia* L.) และ
สาหร่าย (*Najas graminea* Del.). กรุงเทพฯ: คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย
ธรรมศาสตร์.

- [25] อรุณี รอดลอย, วิไลวรรณ เหมศิริ, ศิวิมล ติณระรัต และมาลี เอี่ยมทรัพย์. (มปป.). ชนิดและระดับความเข้มข้นของปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำหางนกยูงใบสั้น *Hygrophila stricta* (Vahl.) Lindau. สืบค้นจาก http://www.fisheries.go.th/aquaorna/web2/index.php?option=com_content&view=article&id=25&Itemid=25. เมื่อวันที่ 19 มกราคม 2556.
- [26] มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ, วันเพ็ญ มินกาญจน์ และศิริ วัฒนา. 2540. ปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวกระจาย *Hygrophila difformis*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง.
- [27] มุฮัมหมัดสุกรี เปาะลิง และหวันอาซัน หวันสกุล. (มปป.). การเปรียบเทียบสูตรปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสาหร่ายเทป (*Vallisneria spiralis*). สืบค้นจาก <http://www.pfcollege.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539375976&Ntype=5>. เมื่อวันที่ 19 มกราคม 2556.