

# ผลของความเข้มแสงและคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำในตู้

## Effects of Light Intensity and Carbon Dioxide on the Growth of Aquatic Plants in Aquarium

มนิรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ<sup>1</sup> วิไลวรรณ เหมศิริ นงนุช เลหาะวิสุทธิ<sup>2</sup> และ วรางคณา กาศัม<sup>1</sup>

Maneerat Wangwibulkit<sup>1</sup>, Wilaiwan Hemsiri<sup>1</sup>, Nongnuch Laohavisuti<sup>2</sup> and Warangkana Kasam<sup>1</sup>

### บทคัดย่อ

การศึกษาผลของแสง และคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ 3 ชนิด ได้แก่ มอสน้ำ (*Vesicularia dubyana*) สาหร่ายคาบอมบา (*Cabomba caroliniana*) และโลบีเลีย (*Lobelia cardinalis*) โดยใช้ระดับความเข้มแสงที่ 1,000, 2,000 และ 3,000 ลักซ์ ในแต่ละความเข้มแสงประกอบด้วย ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 5 ระดับ คือ 0, 20, 30, 40 และ 50 มก./ล. ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (replications) ในตู้กระจกขนาด 24.5x25.5x29.5 ลบ.ซม. ผลจากการทดลองปลูกพรรณไม้น้ำทั้ง 3 ชนิด เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าต้นโลบีเลียเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ระดับความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 50 มก./ล. ซึ่งทำให้ต้นโลบีเลียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย  $9.22 \pm 0.774$  กรัม และต้นสาหร่ายคาบอมบาเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อเลี้ยงในระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 40 มก./ล. โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย  $9.22 \pm 0.718$  กรัม ส่วนมอสน้ำ พบว่าชุดการทดลองที่ใช้ระดับความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 30 มก./ล. ทำให้มอสน้ำเจริญเติบโตได้ดีที่สุดโดยไม่มีตะไคร่น้ำเกาะและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย  $1.08 \pm 0.242$  กรัม

### ABSTRACT

Effects of light and carbon dioxide on the growth of 3 aquatic plants; Java moss (*Vesicularia dubyana*), Cabomba (*Cabomba caroliniana*), and Lobelia (*Lobelia cardinalis*) had been conducted. Light intensity at 1,000, 2,000 and 3,000 Lux and carbon dioxide concentrations at 0, 20, 30, 40 and 50 mg/l were used in this experiment. There were 3 replications for each treatment. The experiment was carried on for 4 weeks in 24.5x25.5x29.5 cm<sup>3</sup> aquaria. Results of the study showed that Lobelia had the best growth rate, which weight increased  $9.22 \pm 0.774$  grams at the combination of 2,000 Lux light intensity and 50 mg/l carbon dioxide. The weight of Cabomba had increased  $9.22 \pm 0.718$  grams at light intensity 3,000 Lux and 40 mg/l carbon dioxide. And the best growth of *Vesicularia dubyana* had increased  $1.08 \pm 0.242$  grams at light intensity 2,000 Lux and 30 mg/l carbon dioxide without algae.

Key words : Light, carbon dioxide, aquatic plants

email address : maneeraw@fisheries.go.th

<sup>1</sup>สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด กรมประมง จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

Inland Fisheries Research and Development Institute Department of Fisheries, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

<sup>2</sup>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

King Monkut's Institute of Technology Ladkrabang Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

## คำนำ

พรรณไม้น้ำดำรงชีวิตโดยการสร้างอาหารจากการสังเคราะห์แสงเช่นเดียวกับพืชบก โดยเป็นสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ผลิตอาหารขั้นต้น (Primary production) พรรณไม้น้ำสังเคราะห์แสงในตอนกลางวันหรือขณะที่มีแสงโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำ แหล่งของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ นอกจากจะได้จากการแพร่ผ่านจากอากาศลงไปในน้ำแล้ว ยังได้มาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ ของแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในน้ำ และจากการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำอีกด้วย (James, 1986) อย่างไรก็ตามปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ แสง สุชาดา (2530) กล่าวว่า แสงจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะของพรรณไม้น้ำ และพรรณไม้น้ำที่อาศัยอยู่ในระดับความลึกต่างๆ กัน ก็จะได้รับปริมาณแสงแตกต่างกันด้วย ถ้าปริมาณแสงน้อยเกินไปพรรณไม้น้ำจะไม่เจริญเติบโตและตายได้ แต่ถ้าปริมาณแสงมากเกินไปจะทำให้เกิดปัญหาตะไคร่น้ำเกาะตามส่วนต่างๆ ของพรรณไม้น้ำ (มณีรัตน์, 2547) พรรณไม้น้ำที่เลี้ยงไว้ในตู้แต่ละชนิดมีความต้องการปริมาณความเข้มของแสงที่แตกต่างกัน นอกจากปริมาณความเข้มแสงที่ได้จากแหล่งธรรมชาติแล้ว ยังมีแหล่งที่มาของแสงจากหลอดไฟ ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณความเข้มของแสงและระยะเวลาในการให้แสงแก่พรรณไม้น้ำได้ หากปลูกพรรณไม้น้ำชนิดต่างๆ ในตู้ไว้ด้วยกันก็难免จะมีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของแสงและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับพรรณไม้น้ำแต่ละชนิดเพื่อให้พรรณไม้น้ำเจริญเติบโตได้ดีและสวยงามใกล้เคียงกันมากที่สุดภายในตู้

ในการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดต่างๆ 3 ชนิด ได้แก่ มอสน้ำ ซึ่งใช้เป็นตัวแทนพรรณไม้น้ำกลุ่มมอส (moss) สาหร่ายคาบอมบา ใช้เป็นตัวแทนของพรรณไม้น้ำกลุ่มใต้น้ำ (submerged plant) และโลปีเลีย ใช้เป็นตัวแทนของพรรณไม้น้ำกลุ่มพืชชายน้ำ (marginal plant) ในระดับของแสงและคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่างๆ กันในตู้กระจก

## อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ 3x5 factorial experiment โดยมี 2 ปัจจัย ปัจจัยที่หนึ่งคือ แสงที่ระดับ 1,000, 2,000, และ 3,000 ลักซ์ ปัจจัยที่สอง คือ ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 0, 20, 30, 40, และ 50 มก./ล. โดยการทดลองแบ่งเป็น 3 การทดลองย่อย คือ การทดลองศึกษาผลของแสง และคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของมอสน้ำ เพื่อเป็นตัวแทนพรรณไม้น้ำกลุ่มมอส สาหร่ายคาบอมบา เป็นตัวแทนของพรรณไม้น้ำกลุ่มใต้น้ำ และโลปีเลีย เป็นตัวแทนของพรรณไม้น้ำกลุ่มพืชชายน้ำ ดังนี้

1. จัดตั้งระบบแสงสว่าง โดยใช้ระดับความเข้มแสงที่ 1,000, 2,000 และ 3,000 ลักซ์ ในแต่ละระดับความเข้มแสงประกอบด้วยความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 5 ระดับ คือ 0, 20, 30, 40, และ 50 มก./ล. ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยบรรจุรวดลงตู้กระจกขนาด 24.5x25.5x29.5 ซม จำนวน 45 ตู้ ความหนา 5 ซม.เท่ากันทุกตู้ และมีกล่องพลาสติกขนาด 10x10x15 ซม. สำหรับเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ติดคว่ำอยู่ภายในตู้กระจก เติมน้ำในตู้ทดลองให้ได้ปริมาตร 15 ลิตรเท่ากันทุกตู้

2. นำมอสน้ำที่ปลูกไว้ในบ่อเดียวกันมาซึ่งน้ำหนักเริ่มต้น (น้ำหนักเปียก) ผูกติดกับขอนไม้ที่ทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำลงปลูกในตู้ทดลองแต่ละตู้ ทำการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเติมทุกวัน ด้วยการแทนที่น้ำในกล่องพลาสติกที่คว่ำภายในตู้ ที่ความเข้มข้น 0, 20, 30, 40, และ 50 มก./ล.

3. วิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกสัปดาห์ ได้แก่ อุณหภูมิ (temperature), ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO), ค่าความนำไฟฟ้า (conductivity), ความเป็นด่าง (alkalinity), ความกระด้าง (hardness), คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (free  $\text{CO}_2$ ), แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), ไนไตรท์-ไนโตรเจน ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), ไนเตรท-ไนโตรเจน ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), และฟอสเฟต ( $\text{PO}_4$ ) ทำการทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์ แล้วจึงชั่งน้ำหนักรวมเป็นน้ำหนักสด (น้ำหนักเปียก) ของมอสน้ำในแต่ละตู้ เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของมอสน้ำที่ปลูกในระดับของแสงและคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่าง ๆ กัน

4. ทดลองศึกษาผลของแสงและคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบา และไลปีเดีย โดยมีขั้นตอนการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองในกลุ่มมอส แต่ใช้วิธีการปลูกลงบนทราย โดยไม่ต้องผูกติดกับขอนไม้ นำข้อมูลน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และคุณภาพน้ำจากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลอง ตามวิธี LSD's multiple range analysis

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### การทดลองที่ 1 ผลของแสงและคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของมอสน้ำ

จากการทดลองพบว่าที่ระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ และระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 50 มก./ล. ทำให้มอสน้ำมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Table 1) แต่พบว่า มีตะไคร่น้ำเกาะอยู่ตามส่วนต่างๆ ของมอสน้ำ (Fig 1A) ซึ่งจากรายงานของสุชาติ (2530) กล่าวว่าแสงจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะของพรรณไม้น้ำมาก แต่ถ้าปริมาณแสงมากเกินไป จะทำให้เกิดปัญหาตะไคร่น้ำเกาะตามส่วนต่างๆ ของพรรณไม้น้ำ โดยเฉพาะพรรณไม้น้ำในตระกูลมอสหรือริเชีย (*Riccia fluitans*) เมื่อเจริญเติบโตบนวัสดุขอนไม้หรือก้อนหินจนหนาแน่นแล้วมักเกิดตะไคร่น้ำเกาะเสมอ (มณีรัตน์, 2547) ดังนั้นที่ระดับความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ และระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 30 มก./ล. เป็นช่วงความเข้มแสงและความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นมอสน้ำ คือ มีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น  $1.08 \pm 0.24$  กรัม และไม่มีตะไคร่น้ำเกิดขึ้น (Fig 1B) ส่วนที่ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ แม้ว่าไม่มีตะไคร่น้ำเกิดขึ้นแต่การเจริญเติบโตของมอสน้ำมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุดในชุดการทดลองที่ใช้แสง 1,000 ลักซ์ เพียง  $0.61 \pm 0.22$  กรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับชุดการทดลองอื่น ( $P < 0.05$ ) สำหรับคุณสมบัติของน้ำในการทดลองเลี้ยงมอสน้ำพบว่า อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อุณหภูมิในชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 30 มก./ล. อยู่ในช่วง 26.3-29.8 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมอสน้ำอยู่ในช่วง 22-27 องศาเซลเซียส (Rataj and Horeman, 1977) ส่วนคุณสมบัติน้ำที่มีความแตกต่างกันทางสถิติคือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นด่าง ความกระด้าง ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ฟอสเฟต และค่าความนำไฟฟ้า ในชุดการทดลองที่ความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ และที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 30 มก./ล. มีความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.2-6.7 ซึ่งไม่แตกต่างกันมากกับช่วงความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมสำหรับมอสน้ำคือ 6.5-7.0 (Rataj and Horeman, 1977) ความเป็นด่างของน้ำมีค่อนข้างสูงอยู่ในช่วง 104-158 มก./ล. ซึ่งเป็นผลดีต่อพรรณไม้น้ำเนื่องจากรายงานของไมตรี และจรรวณ (2528) กล่าวว่า คุณสมบัติที่สำคัญของความเป็นด่างของน้ำ คือ ใช้เป็นเครื่องแสดงความสามารถของน้ำที่

จะป้องกันมิให้ความเป็นกรดของน้ำเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเกินไป จะทำให้มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำได้ ความกระด้างอยู่ในช่วง 122-146 มก./ล. ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ในช่วง 24-35 มก./ล. ซึ่งปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมในตู้เลี้ยงพรรณไม้น้ำ และไม่เป็นอันตรายต่อปลาจะอยู่ในช่วง 35-45 มก./ล. (Sompath, 1994) จากการรายงานการทดลองของ Andersen and Pedersen (2002) ได้ทดลองปลูกริกเซียที่ให้อุณหภูมิไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) และมีการให้คาร์บอนไดออกไซด์ 3 ระดับ คือ 16, 150 และ 950  $\mu\text{M}$  ที่ความเข้มแสง 3 ระดับ คือ 23, 89 และ 250  $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  พบว่าการสังเคราะห์แสงจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อความเข้มของแสงเพิ่มขึ้น แต่การสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จะมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ คือ หากค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าสูงขึ้นเมื่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำลดลงอันเนื่องมาจากพืชใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งเมื่อพรรณไม้น้ำมีการดึงก๊าซไปใช้นั้นทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำมีค่าลดลงจึงทำให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงขึ้น (Andersen and Pedersen, 2002; Olson, 2004) ในการให้คาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลาจะมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะเปลี่ยนแปลงจาก 6.8 ในตอนเช้ามีด เป็น 7.1 ในตอนกลางวันที่มีการสังเคราะห์แสง โดยคาร์บอนไดออกไซด์ในตอนเช้ามีด 22 มก./ล. อาจลดลงถึง 11 มก./ล. ในตอนกลางวัน (Sampath, 1994) ส่วนค่าความนำไฟฟ้าค่อนข้างสูงโดยอยู่ในช่วง 0.34-0.43 mS/cm ซึ่งเป็นผลดีเนื่องจากค่าการนำไฟฟ้าในน้ำคืออิออน ดังนั้นค่าความนำไฟฟ้าของน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของอิออนของแร่ธาตุหรือสารที่ละลายอยู่ในน้ำได้นอกจากนี้อุณหภูมิก็มีผลต่อค่าความนำไฟฟ้าด้วย โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการแตกตัวเป็นอิออนต่าง ๆ จะเพิ่มขึ้นด้วย (มณีรัตน์ และคณะ, 2540)



A



B

Fig.1 Java moss (A) Java moss overgrown with algae and (B) the best growth of Java moss

**Table 1** Weight gain of Java moss at three levels of light and five levels of CO<sub>2</sub> after 4 weeks

CO2 (mg/l.)	light (Lux)			
	1,000	2,000	3,000	MEAN±SD
0	0.20±0.035	0.22±0.018	0.24±0.024	0.22±0.026 <sup>a</sup>
20	0.54±0.038	0.95±0.270	0.79±0.282	0.76±0.197 <sup>bc</sup>
30	0.51±0.052	1.08±0.242	1.01±0.374	0.87±0.223 <sup>bc</sup>
40	0.43±0.069	0.47±0.242	0.63±0.046	0.51±0.119 <sup>ab</sup>
50	0.61±0.225	0.99±0.343	1.52±0.484	1.04±0.351 <sup>c</sup>
MEAN±SD	0.46±0.084 <sup>a</sup>	0.74±0.223 <sup>ab</sup>	0.84±0.243 <sup>b</sup>	

Note: \* Mean values with different superscript letters are significantly different (P<0.05)

## การทดลองที่ 2 ผลของแสง และคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบา

จากการทดลองพบว่าที่ระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 40 มก./ล. ทำให้ต้นสาหร่ายคาบอมบาเจริญเติบโตดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (Table 2) ซึ่งสาหร่ายคาบอมบาเป็นพืชใต้น้ำที่ต้องการปริมาณแสงมาก (Rataj and Horeman, 1977) โดยปริมาณความเข้มแสงที่มากกว่า 1,500 ลักซ์ ทำให้คาบอมบาเจริญเติบโตได้ดี (Anon<sup>a</sup>, 2004) สาหร่ายคาบอมบาสามารถดูดซึมธาตุอาหารได้ดี โดยสาหร่ายสามารถช่วยควบคุมพืkszาหร่ายขนาดเล็ก (algae) ช่วยให้น้ำภายในตู้สะอาด (Anon<sup>b</sup>, 2004) ดังนั้นจึงไม่พบการเกิดตะไคร่น้ำในชุดการทดลองนี้ คุณสมบัติของน้ำในการทดลองเลี้ยงต้นสาหร่ายคาบอมบา พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง โดยในชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 40 มก./ล. มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.3-7.8 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Rataj และ Horeman (1977) กล่าวว่าช่วงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำที่ปลูกสาหร่ายคาบอมบาอยู่ในช่วง 6.5-7.2 ส่วนคุณสมบัติของน้ำที่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง คืออุณหภูมิ ความเป็นด่าง ความกระด้าง ปริมาณออกซิเจน ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และค่าความนำไฟฟ้า ในชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ และที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 40 มก./ล. มีอุณหภูมิในช่วง 28.4-29.0 องศาเซลเซียส สาหร่ายคาบอมบาสามารถเจริญเติบโตได้ดี ถึงแม้ว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปลูกสาหร่ายคาบอมบา คือ 18-22 องศาเซลเซียส (Rataj and Horeman, 1977) และจากรายงานของ Anon<sup>c</sup> (2004) พบว่าสาหร่ายคาบอมบาสามารถเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิน้ำค่อนข้างเย็น และความลึกของน้ำประมาณ 75 ซม. ค่าความกระด้างอยู่ในช่วง 120-152 มก./ล. ซึ่งเป็นช่วงที่พรรณไม้น้ำที่สามารถเจริญเติบโตได้ดี ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 8.87-11.97 มก./ล. แสดงว่ามีแสงสว่างมากเพียงพอ มีการเติมคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้มากแล้วการสังเคราะห์แสงจึงทำให้มีก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำในปริมาณสูงเพียงพอต่อการหายใจตอนกลางวันของพรรณไม้น้ำ (วันเพ็ญ และคณะ, 2535) ปริมาณการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ค่อนข้างมาก พบว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 39-54 มก./ล. เนื่องจากการทดลองจะมีการเติมคาร์บอนไดออกไซด์

ทุกวัน ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตของพรรณไม้ไม่ได้ น้ำ คือ ต้นคาบอมบา จะสูงขึ้นตามความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อการสังเคราะห์แสงจึงควรเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปในตัวที่เลี้ยงพรรณไม้ น้ำ เพื่อให้พรรณไม้ดำรงชีวิตได้ดีในตัวโดยไม่เป็นอันตรายต่อปลาขนาดเล็กที่เลี้ยงไว้ จากการรายงานของ Sampath (1994) พบว่าในตัวเลี้ยงปลาสวยงามที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 100 มก./ล. ปลาเนออน เทวดา และปอมปาดัวร์ ไม่มีอาการป่วยหรือผิดปกติเกิดขึ้น ปลาเซลฟินดำ (Black Mollies) สามารถอยู่ในตัวที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 500 มก./ล. ได้อย่างสบาย และปลาหางนกยูงแม่พันธุ์ ยังสามารถอยู่ได้อย่างมีความสุขในตัวที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 800 มก./ล. อย่างไรก็ตามควรจะค่อยๆ เพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ในตัว สำหรับคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมในตัวที่เลี้ยงพรรณไม้ และไม่เป็นอันตรายต่อปลาจะอยู่ในช่วง 35-45 มก./ล.

**Table 2** Weight gain of Cabomba at three levels of light and five levels of CO<sub>2</sub> after 4 weeks

CO2 (mg/l.)	light (Lux)			
	1,000	2,000	3,000	MEAN±SD
0	1.26±0.516	1.85±0.035	2.78±0.333	1.96±0.295 <sup>a</sup>
20	6.16±0.670	5.62±0.683	5.31±1.083	5.70±0.812 <sup>b</sup>
30	5.78±0.491	5.42±0.376	8.45±0.638	6.55±0.502 <sup>b</sup>
40	6.97±0.661	8.57±0.496	9.22±0.718	8.25±0.625 <sup>c</sup>
50	5.60±0.740	7.32±0.727	5.80±0.495	6.24±0.654 <sup>b</sup>
MEAN±SD	5.15±0.616 <sup>a</sup>	5.76±0.463 <sup>ab</sup>	6.31±0.653 <sup>b</sup>	

Note: \* Mean values with different superscript letters are significantly different (P<0.05)

### การทดลองที่ 3 ผลของแสง และคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของโลบีเลีย

จากการทดลองพบว่าที่ระดับความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 50 มก/ล. ทำให้ต้นโลบีเลียเจริญเติบโตได้ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (Table 3) ส่วนในชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ นั้นแม้ว่าจะมีปริมาณแสงมากแต่การเจริญเติบโตของต้นโลบีเลียไม่น่า เนื่องจากปริมาณแสงมากทำให้เกิดตะไคร่น้ำภายในตู้การทดลอง โดยน้ำหนัที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยในชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) กับชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ สำหรับคุณสมบัติของน้ำในการทดลองเลี้ยงต้นโลบีเลีย พบว่าแอมโมเนีย ไนโตรท์ และไนเตรท ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนคุณสมบัติของน้ำที่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง คือ อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นด่าง ความกระด้าง ปริมาณออกซิเจน ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ฟอสเฟต และค่าความนำไฟฟ้า ซึ่งพบว่าในชุดการทดลองที่ระดับความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 50 มก/ล มีอุณหภูมิในช่วง 27.8-28.6 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูกต้นโลบีเลีย คือ 18-28 องศาเซลเซียส (Muhlberg, 1982) และจากรายงานของวันเพ็ญ และกาญจน์ (2543) กล่าวว่าโลบีเลียสามารถเจริญเติบโตในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงถึง 30 องศาเซลเซียส ค่าความกระด้างของน้ำ

อยู่ในช่วง 128-160 มก/ล. ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Muhlberg (1982) ที่กล่าวว่าช่วงความกระด้างที่เหมาะสมคือ 30-200 มก/ล. ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 52-65 มก/ล. ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอแต่ไม่มีปัญหาสำหรับโลบีเลียเนื่องจากโลบีเลียเป็นพรรณไม้น้ำที่สามารถใช้คาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นดินได้ เนื่องจากมีเซลล์เนื้อเยื่อที่มีช่องว่างระหว่างเซลล์มากมีการพัฒนาให้สามารถดูดซึมก๊าซได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถแพร่เข้าไปทางราก ผ่านขึ้นมายังลำต้นและไปที่ใบเพื่อทำการสังเคราะห์แสง ส่วนก๊าซออกซิเจนที่ได้จากปฏิกิริยาดังกล่าวก็จะแพร่จากใบสู่รากแล้วซึมออกไปยังชั้นดินต่อไป (Pedersen, 1996) และนอกจากนี้ต้นโลบีเลียเป็นพรรณไม้น้ำชายน้ำ ดังนั้นอัตราการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์แสงจะสูงกว่าพรรณไม้น้ำกลุ่มอื่น ๆ ประมาณ 2-3 เท่า (Jensen and Christensen, 1999)

**Table 3** Weight gain of *Lobelia* at three levels of light and five levels of CO<sub>2</sub> after 4 weeks

CO <sub>2</sub> (mg/l.)	light (Lux)			
	1,000	2,000	3,000	MEAN±SD
0	1.76±0.156	1.89±0.072	1.82±0.184	1.82±0.137 <sup>a</sup>
20	4.06±0.515	5.08±0.163	4.91±0.407	4.68±0.362 <sup>b</sup>
30	5.09±0.247	6.88±0.481	6.25±0.896	6.07±0.541 <sup>c</sup>
40	5.90±0.407	7.04±0.499	4.61±0.297	5.85±0.401 <sup>c</sup>
50	6.92±0.942	9.22±0.774	7.00±0.420	7.71±0.712 <sup>d</sup>
MEAN±SD	4.75±0.453 <sup>a</sup>	6.02±0.398 <sup>b</sup>	4.92±0.441 <sup>a</sup>	

Note: \* Mean values with different superscript letters are significantly different (P<0.05)

### สรุป

ระดับแสงและคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เหมาะสมสำหรับพรรณไม้น้ำชนิดต่างๆ ที่ปลูกเลี้ยงไว้ในตู้ ได้แก่ กลุ่มมอส (moss) มอสน้ำ (*Vesicularia dubuyana*) คือที่ระดับความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ และที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 30 มก/ล. พรรณไม้น้ำกลุ่มพืชใต้น้ำ (submerged plant) สาหร่ายคาบอมบา (*Cabomba caroliniana*) คือที่ระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ และที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 40 มก/ล. และพรรณไม้น้ำกลุ่มพืชชายน้ำ (marginal plant) ต้นโลบีเลีย (*Lobelia cardinalis*) คือที่ระดับความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ และที่ระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 50 มก/ล.

### เอกสารอ้างอิง

- มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ,วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และศิริ วัดสว่าง. 2540. ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวกระจาย *Hygrophila difformis*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 187. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรมประมง. 24 หน้า.
- มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ. 2547. เทคนิคการจัดตู้ปลาและตู้พรรณไม้น้ำ. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 116 หน้า.

- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจรรวณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางประมง, ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ, สถาบันประมงน้ำจืด, กรมประมง. 115 หน้า.
- วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และกาญจน์รี พงษ์ฉวี. 2543. พรรณไม้น้ำสวยงาม. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ, กรมประมง. 122 หน้า.
- วันเพ็ญ มีนกาญจน์, นงนุช เลหาะวิสุทธิ และสุภาพ พรหมยศ. 2535. พรรณไม้น้ำประดับตู้ปลา. สถาบันการวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง. 44 หน้า.
- สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2530. พรรณไม้น้ำ. ภาควิชาพฤกษศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 233 หน้า.
- Andersen, T. and O. Pedersen. 2002. Interactions between light and CO<sub>2</sub> enhance the growth of *Riccia fluitans*. *Hydrobiologia* . 477:163-170.
- Anon<sup>a</sup>. 2004. Aquarium plant. [Online]. Available:<http://home2.pacific.net.sg/~transins/Aquarium.html>.
- Anon<sup>b</sup>. 2004. *Cabomba caroliniana*-CABOMBA. [Online]. Available:<http://www.mobot.org/Welcome.html>.
- Anon<sup>c</sup>. 2004. Cabomba (fanwort). [Online]. Available:<http://www.aquaticcritter.com>.
- James, B. 1986. A Fishkeeper 's guide to aquarium plants. Salamader Books. New York .117 pp.
- Jensen, K.S. and H.F. Christensen. 1999. Plant growth and photosynthesis in the transition zone between land and stream. *Aquatic Botany*. 69:23-25.
- Muhlberg, H. 1982. The complete guide to water plant. E. P. Publishing, Ltd. 392 pp.
- Olson, E. 2004. Plant questions and answer. [Online]. Available:<http://faq.thekrib.com/plant-qa.html>.
- Pedersen, O. 1996. Water and gas transport in aquatic plant. [Online]. Available:<http://www.Troica.com/aqhl.html>.
- Rataj, K. and T. J. Horeman. 1977. Aquarium Plant : Their Identification, Cultivation and Ecology. T. F. H. Publ. Inc., West Sylvania. 448 pp.
- Sampath, N. M. 1994. DIY-CO<sub>2</sub> and " Tetra Bells" [Online]. Available:<http://www.thekrib.com/plants/CO2/CO2-level.html>.