การเพาะเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้า (*Cabomba caroliniana* A.Gray) ในห้องปฏิบัติการ

Culture of Green Cabomba (*Cabomba caroliniana* A.Gray) in Laboratory

กมลพร ศรีนวล

Kamonporn Srinuan

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวาริชศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Science in Aquatic Science

Prince of Songkla University

2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้า (*Cabomba caroliniana* A.Gray) ในห้องปฏิบัติการ

ผู้เขียน นางสาวกมลพร ศรีนวล

สาขาวิชา วาริชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ระพีพร เรืองช่วย)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จารุณี เชี่ยววารีสัจจะ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จารุณี เชี่ยววารีสัจจะ)

.....กรรมการ

(ดร. สมรักษ์ รอดเจริญ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์

.....

(ศาสตราจารย์ ดร. อมรรัตน์ พงศ์ดารา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้า (*Cabomba caroliniana* A. Gray) ในห้องปฏิบัติการ

ผู้เขียน นางสาวกมลพร ศรีนวล

สาขาวิชา วาริชศาสตร์

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

เพื่อศึกษาสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้า (*Cabomba caroliniana*) ในห้องปฏิบัติการ จึงดำเนินการทดลอง 3 การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยการทดลองแรก ประกอบด้วย 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ โดยเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้า 1 กรัมในตู้กระจกที่มีน้ำ 50 ลิตร ให้อากาศตลอดเวลา และเปิดไฟฟ้าให้แสงสว่างจากหลอดไฟฟลูออเรซเซนท์ความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ วันละ 12 ชั่วโมง และมีปุ๋ย 4 ชนิดคือ ปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) ยูเรีย แอมโมเนียมคลอไรด์ และโปแตสเซียมไนเตรท เป็นแหล่งของธาตุอาหารไนโตรเจน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า สาหร่ายคาบอมบ้าเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในน้ำที่ใช้แอมโมเนียมคลอไรด์เป็นแหล่งของธาตุอาหารไนโตรเจน แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ($p > 0.05$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้า โดยเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้า 50 กรัม ในน้ำ 50 ลิตร ที่ใช้แอมโมเนียมคลอไรด์เป็นแหล่งของธาตุอาหารไนโตรเจน โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็นแหล่งของธาตุอาหารฟอสฟอรัส และมีการกำหนดอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6:1, 8:1, 10:1, 12:1 และ 14:1 ทดลองเลี้ยงในตู้กระจกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า สาหร่ายคาบอมบ้าเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อเลี้ยงในน้ำที่เติมปุ๋ยที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1

การทดลองที่ 3 ศึกษาระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้า โดยทดลองปลูกสาหร่ายคาบอมบ้าในน้ำ 50 ลิตร ที่มีความหนาแน่น 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ใช้แอมโมเนียมคลอไรด์เป็นแหล่งของธาตุอาหารไนโตรเจน โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็นแหล่งของธาตุอาหารฟอสฟอรัส และมีการกำหนดอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12:1 ทดลองปลูกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าสาหร่ายคาบอมบ้าเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ระดับความหนาแน่น 1.5 กรัม/ลิตร

Thesis Title	Culture of Green Cabomba (*Cabomba caroliniana* A. Gray) in Laboratory
Author	Miss Kamonporn Srinuan
Major Program	Aquatic Science
Academic Year	2010

Abstract

A completely randomized design (CRD) experiment comprising of 4 treatments with 3 replications was under taken in order to search for the appropriate nitrogen source for growing green Cabomba (*Cabomba caroliniana*) in laboratory. One g green Cabomba and 50 l 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 ammonium chloride showed the best growth performance but it was not significantly different from the control unit ($p>0.05$).

In the second experiment, to determine the best nitrogen : phosphorus (N:P) ratio for growing green Cabomba, 50 g green Cabomba and 50 l water with designated ratios of 6:1, 8:1, 10:1, 12:1 and 14:1 (using NH_4Cl as a nitrogen source and KH_2PO_4 as a phosphorus source) were put into glass aquaria for 4 weeks. It was found that a N:P ratio of 12:1 gave the best growth performance of green Cabomba.

In the last experiment, to determine the most appropriate density of green Cabomba for growing, green Cabomba with designated densities of 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 g/l were grown in glass aquaria containing 50 l water for 4 weeks. NH_4Cl was used as a nitrogen source and KH_2PO_4 as a phosphorus source for giving a N:P ratio of 12 : 1. It was found that green Cabomba at a density of 1.5 g/l showed the best growth performance.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุณี เชี่ยววารีสัจจะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำและแก้ไขความบกพร่องในระหว่างทำการวิจัย ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพีพร เรืองช่วย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และดร.สมรักษ์ รอดเจริญ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องเพิ่มเติมทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนทุนเพื่อทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ คุณชุติณทรา นิลพันธุ์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือในเรื่องการเตรียมอุปกรณ์การทดลอง คุณวรรณี กลับนวน และคุณศุลีมาศ สุทธิเนียมที่ให้คำปรึกษา และเอกสารที่ใช้เป็นแนวทางในการทดลอง และขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ภาควิชาวาริชศาสตร์ ทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและที่มิได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณคณาจารย์ ภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทุกท่านที่ให้ความกรุณาอบรมสั่งสอนให้ความรู้แก่ข้าพเจ้า ตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าได้ศึกษา ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทั้งระดับปริญญาตรีและปริญญาโท ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและเจ้าหน้าที่สำนักงาน ภาควิชาวาริชศาสตร์ทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกในระหว่างการทดลอง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ชาย ที่ให้ความอุปการะและเป็นกำลังใจที่สำคัญในการศึกษาให้ข้าพเจ้ามีความพยายามจนประสบความสำเร็จในการศึกษาระดับปริญญาโทในครั้งนี้

กมลพร ศรีนวล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(7)
สารบัญตารางภาคผนวก	(11)
สารบัญภาพ	(14)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	8
วัสดุ และอุปกรณ์	8
วิธีการทดลอง	9
3. ผลการทดลอง	15
4. วิจารณ์ผลการทดลอง	47
5. สรุปผลการทดลอง	51
เอกสารอ้างอิง	53
ภาคผนวก	57
ก. ตารางผลการทดลอง	58
ข. วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	86
ประวัติผู้เขียน	93

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1. วิธีการวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่างๆ ของน้ำ 14
2. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้าที่เลี้ยงใน ห้องปฏิบัติการด้วยปุ๋ย 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย $\pm$SD, n=3) 16
3. อัตราการดูดซับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิดในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 18
4. อัตราการดูดซับไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิดในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 19
5. อัตราการดูดซับไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิดในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 21
6. อัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิดในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 22
7. อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิดในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 23
8. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้า ที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิดในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 24
9. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้าซึ่งเลี้ยงที่ ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วน ของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 26

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

10. อัตราการดูดซับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 28
11. อัตราการดูดซับไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 29
12. อัตราการดูดซับไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 31
13. อัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 33
14. อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และKH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 34
15. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน: ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 36

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

16. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้าซึ่งเลี้ยงที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 :1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 38

17. อัตราการดูดซับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 39

18. อัตราการดูดซับไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 41

19. อัตราการดูดซับไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 42

20. อัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 44

21. อุณหภูมิในน้ำ (องศาเซลเซียส) ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 45

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

22. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้า ที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 46

23. อัตราการดูดซับธาตุอาหาร และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของ สาหร่ายคาบอมบ้าที่เลี้ยงในแหล่งไนโตรเจนต่างกันเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 47

24. อัตราการดูดซับธาตุอาหาร และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของ สาหร่ายคาบอมบ้าที่เลี้ยงในน้ำที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ที่ต่างกันเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 48

25. อัตราการดูดซับธาตุอาหาร และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของ สาหร่ายคาบอมบ้าในระดับความหนาแน่นต่างๆเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 50

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

1. น้ำหนักของสาหร่ายคาบอมบ้าที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการด้วยปุ๋ย 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 59
2. ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 60
3. ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 61
4. ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 62
5. ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 63
6. อุณหภูมิน้ำ ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิดในช่วงระยะเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 64
7. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิดในช่วงระยะเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 66
8. น้ำหนักของสาหร่ายคาบอมบ้าซึ่งเลี้ยงที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 68
9. ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 69

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

10. ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 70
11. ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 71
12. ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 72
13. อุณหภูมิน้ำ ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 4) 73
14. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 75
15. น้ำหนักของสาหร่ายคาบอมบ้าซึ่งเลี้ยงที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 77
16. ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 78

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

17. ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 79

18. ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 80

19. ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 81

20. อุณหภูมิในน้ำ ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 82

21. ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 84

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1. ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายคาบอมบ้า (*Cabomba caroliniana* A. Gray) 3
   ก. สาหร่ายสด ข. ภาพวาดแสดงองค์ประกอบของสาหร่าย
2. สภาพการทดลองเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าในตู้กระจก 10
3. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้าที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ ด้วยปุ๋ยเคมี 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย $\pm$SD, n=3) 16
4. อัตราการดูดซับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 17
5. อัตราการดูดซับไนไตรท์-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 19
6. อัตราการดูดซับไนเตรท-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 20
7. อัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 22
8. อุณหภูมิน้ำ ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิดในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 23
9. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 24
10. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร เลี้ยงด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 26

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

11. อัตราการดูดซับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 27

12. อัตราการดูดซับไนไตรท์-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 29

13. อัตราการดูดซับไนเตรท-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 30

14. อัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 32

15. อุณหภูมิน้ำ ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 34

16. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน: ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 35

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

17. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร เลี้ยงด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 37

18. อัตราการดูดซับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 39

19. อัตราการดูดซับไนไตรท์-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 40

20. อัตราการดูดซับไนเตรท-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 42

21. อัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 43

22. อุณหภูมิน้ำ ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 45

23. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3) 46

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

พรรณไม้น้ำ นับเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีอนาคตสดใส เพราะเป็นที่ต้องการทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ โดยผู้ซื้อนิยมนำพรรณไม้น้ำมาประดับตกแต่งตู้ปลา และจัดสวนพรรณไม้น้ำโดยมีการผลิตและจำหน่ายพรรณไม้น้ำเพื่อการค้ามากกว่า 250 ชนิด (ปรัชญา, มปป.) พรรณไม้น้ำที่นิยมส่วนใหญ่มักมีถิ่นกำเนิดในประเทศเขตร้อน เช่น ประเทศในเขตทวีปอัฟริกา ทวีปอเมริกาใต้ และภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อน ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดพรรณไม้น้ำสวยงามที่นิยมกันหลายชนิด อีกทั้งภูมิอากาศของประเทศไทยมีความเหมาะสมสำหรับการแพร่ขยายพันธุ์ของพรรณไม้น้ำหลายชนิด ไม่เพียงแต่พรรณไม้น้ำของไทยเท่านั้นที่สามารถแพร่พันธุ์ได้ พรรณไม้น้ำต่างประเทศอีกหลายชนิดที่นำเข้ามาก็สามารถเจริญเติบโตแพร่ขยายพันธุ์ได้ดีในประเทศไทย (กาญจนรี, 2546) พรรณไม้น้ำประดับหลายชนิดที่เป็นไม้พื้นเมืองของไทยกำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนปัจจุบันมีการจัดตั้งเป็นตลาดพรรณไม้น้ำ ขยายพันธุ์เพาะเลี้ยงส่งเสริมกันเป็นอุตสาหกรรม บางส่วนก็มีการส่งออกต่างประเทศและเป็นที่ยอมรับกันมากขึ้น ในด้านเศรษฐกิจพรรณไม้น้ำเป็นสินค้าส่งออกอย่างหนึ่งของไทยที่มีการเจริญเติบโตมาก เนื่องจากตลาดต่างประเทศต้องการมากและได้ราคาดี ในประเทศไทยมีพรรณไม้น้ำท้องถิ่นจำนวนมากและมีการนำเข้าพรรณไม้น้ำต่างประเทศมาเพาะขยายพันธุ์ ส่งกลับไปขายต่างประเทศอีกมากมายหลายชนิด (มยุรี, 2551) กรมวิชาการเกษตรพบว่าในปี 2546 มีการส่งออกพรรณไม้น้ำจำนวน 9,462 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 16.22 ล้านบาท ในปี 2547 มีการส่งออกพรรณไม้น้ำจำนวน 164,187 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 17.27 ล้านบาท ซึ่งตลาดนำเข้าที่สำคัญได้แก่ ญี่ปุ่น (คิดเป็นสัดส่วนมากถึง 60% ของการส่งออกทั้งหมด) สหรัฐอเมริกา เนเธอร์แลนด์ เยอรมัน และโปแลนด์ ส่วนชนิดของพรรณไม้น้ำที่มีการส่งออกมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ Cabomba, Egeria, Anubias, Aponogeton และ Nymphaea (อรุณี และคณะ, 2551) ซึ่งการเพาะเลี้ยงพรรณไม้น้ำเป็นอาชีพที่ดีโดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้า ซึ่งเป็นพรรณไม้น้ำที่นิยมใช้ประดับตกแต่งตู้ปลา (สุกัญญา, 2548; มยุรี, 2551) และเป็นพรรณไม้น้ำที่ไทยส่งออกต่างประเทศมากที่สุด แต่เนื่องจากยังไม่พบข้อมูลวิธีการเพาะปลูกพรรณไม้

น้ำที่เฉพาะเจาะจงกับสาหร่ายคาบอมบ้า ดังนั้นจึงทำการศึกษาทดลองเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน อัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต สำหรับใช้เป็นแนวทางในการขยายพันธุ์สาหร่ายคาบอมบ้าเพื่อเก็บเกี่ยวนำไปขายสร้างรายได้ต่อไป

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 อนุกรมวิธานของสาหร่ายคาบอมบ้า (*Cabomba caroliniana* A. Gray)

มีการจำแนกตามอนุกรมวิธานดังนี้ (Cui and Heidorn, 2007)

Division Magnoliophyta

Class Dicotyledonae

Order Nymphaeales

Family Cabombaceae

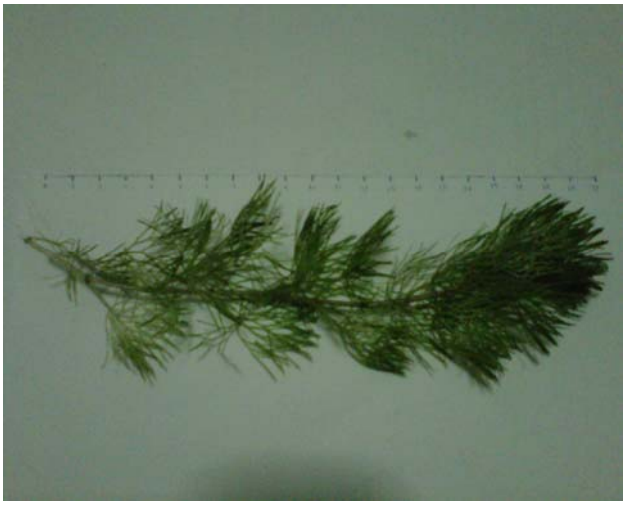
Genus *Cabomba*

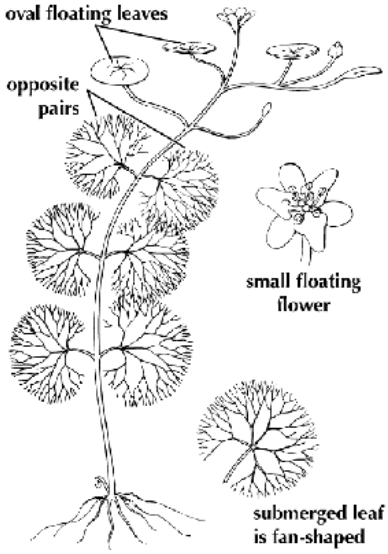
Species *C. caroliniana* A. Gray

1.2.2 ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายคาบอมบ้า

สาหร่ายคาบอมบ้า หรือสาหร่ายบัว (Green cabomba, Fanwort) เป็นพรรณไม้น้ำจืดมีถิ่นกำเนิดบริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปอเมริกา ตั้งแต่อเมริกากลางจนถึงประเทศอาร์เจนตินา ได้มีการนำเข้ามาเพาะขยายพันธุ์จนกระทั่งแพร่หลายในประเทศไทย เพราะสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพพื้นที่และภูมิอากาศของไทยได้ดี (อรุณี และคณะ, 2547) เป็นพืชที่เจริญเติบโตใต้ท้องน้ำ หรือ ไม้โผล่เหนือน้ำ (Submerged anchored or emerged plant) เป็นไม้น้ำที่มีรากและลำต้นอยู่ใต้น้ำ มีใบบางส่วนและดอกเจริญเหนือน้ำ (อุไร, 2548; บุญยา, 2549; เศรษฐมันตร์, 2551; Yu *et al.*, 2004) เป็นพืชมีดอก ใบเลี้ยงคู่ มีอายุหลายฤดู ต้นมีลักษณะเป็นก้านเรียวยาวกลมทอดไปตามระดับความลึกของน้ำ อาจยาวได้ถึง 2 เมตร ส่วนรากจะอยู่ในดินใต้พื้นท้องน้ำ ใบที่อยู่ใต้น้ำจะแตกออกแบบตรงกันข้ามเป็นคู่ๆ หรือเรียงเป็นวงรอบข้อ มีก้านใบสั้นเพียง 0.3 เซนติเมตร แผ่นใบแตกเป็นฝอยดูคล้ายพัดมีสีเขียวสด ส่วนใบที่อยู่เหนือน้ำจะมีรูปร่างแตกต่างออกไป คือมีขนาดเล็ก แผ่นใบเป็น

รูปทรงรี แบนเรียงตัวสลับกัน มีดอกบานเหนือน้ำสีขาวหรือสีครีม (พัฒน์, 2550; ปรัชญา, มปป.) กลีบดอกรูปไข่จำนวน 6 กลีบ มีการเจริญเติบโตได้รวดเร็วมาก จึงนิยมนำไปประดับเป็นฉากบริเวณส่วนหลังของตู้ เมื่อเจริญเต็มที่จะเกิดรากฝอยแตกออกตามข้อ (ภาพที่ 1) การขยายพันธุ์ทำได้โดยตัดลำต้นไปปักชำในพื้นดินโคลนใต้น้ำ (ช่อทิพย์, 2531; กรมประมง, 2545)





ภาพที่ 1 : ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายคาบอมบ้า (*Cabomba caroliniana* A. Gray)
ก. สาหร่ายสด ข. ภาพวาดแสดงองค์ประกอบของสาหร่าย

ที่มา : Abella (2004)

1.2.3 ปัจจัยสภาพแวดล้อมบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสกุล *Cabomba*

การเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้าขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ มีดังต่อไปนี้

1. แสง (Light) มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะของพรรณไม้น้ำมาก เป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงเพื่อเปลี่ยนแร่ธาตุต่างๆให้เป็นอาหารใช้ในการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ พรรณไม้น้ำมักชอบแสงแดดครึ่งวันถึงเต็มวัน (อุไร, 2548) พรรณไม้น้ำแต่ละชนิดต้องการแสงแดดไม่เท่ากัน บางชนิดต้องการแสงแดดมาก เช่น จอก แหน สาหร่ายคาบอมบ้า ตระกูลสาหร่ายต่างๆ บางชนิดต้องการแสงแดดปานกลาง เช่น ไม้ตระกูลอเมซอน ชบาน้ำ หญ้าซาจิ และบางชนิดต้องการแสงแดดน้อยหรือร่ำไร เช่น ตระกูลมอส ตระกูลอนูเบียส ตระกูลคริป เป็นต้น (เศรษฐมันตร์, 2551)

การเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนท์เพื่อให้แสงกับพรรณไม้น้ำนั้นต้องเลือกให้เหมาะสมกับตู้และปริมาณน้ำ โดยใช้สูตรคำนวณคร่าวๆ คือ ใช้หลอดฟลูออเรสเซนท์ขนาด 20 วัตต์/ปริมาณน้ำในตู้ 40 ลิตร เป็นการให้แสงระดับปานกลาง ซึ่งสาหร่ายคาบอมบ้าเป็นพรรณไม้น้ำชนิดที่ต้องการแสงความเข้มสูงก็ต้องเพิ่มจำนวนหลอดหรือเปลี่ยนเป็นขนาดที่ให้แสงมากกว่า (พัฒน์, 2550)

จากการศึกษาผลของแสงที่มีต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้า ของมณีรัตน์ และคณะ (2548) โดยทดลองเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ใช้ระดับความเข้มแสงที่ 1,000, 2,000 และ 3,000 ลักซ์ พบว่าสาหร่ายคาบอมบ้าเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อเลี้ยงในระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 9.22 ± 0.718 กรัม

2. อุณหภูมิ (Temperature) พรรณไม้น้ำบางชนิดชอบอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ บางชนิดชอบอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะมีผลต่อการเจริญเติบโต และการแพร่ขยายตัวของพรรณไม้น้ำที่แตกต่างกัน สำหรับสาหร่ายคาบอมบ้าเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีอุณหภูมิ 23-26 องศาเซลเซียส (กรมประมง, 2545; เศรษฐมันตร์, 2551)

3. ปริมาณก๊าซ (Gas content) ก๊าซที่สำคัญ คือ ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจนนั้นพรรณไม้น้ำใช้ในการหายใจทั้งเวลาสังเคราะห์แสง เวลาไม่มีแสงสว่างและการสังเคราะห์แสงหยุดลง พรรณไม้น้ำที่อยู่ในน้ำจะดูดซึมเอาก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ส่วนพรรณไม้น้ำที่เจริญอยู่เหนือผิวน้ำก็จะดูดซึมจากบรรยากาศโดยตรงผ่านทางใบ ก๊าซออกซิเจนในน้ำส่วนใหญ่ได้มาจากการสังเคราะห์แสงของพรรณไม้น้ำในเวลากลางวัน สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สาหร่ายใช้ในการสังเคราะห์แสง พรรณไม้น้ำทั่วไปจะเจริญได้ดีในน้ำที่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ค่อนข้างสูง ประมาณ 5-15 มิลลิกรัม/ลิตร และมีปริมาณออกซิเจนประมาณ 5-9 มิลลิกรัม/ลิตร (กาญจนรี, 2546; Sampath, 1994)

4. ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิตและเจริญเติบโตของรูปร่างและสีสันของพรรณไม้น้ำ สำหรับสาหร่ายคาบอมบ้าเจริญได้ดีในน้ำที่มี pH 6.5-7.2 (กรมประมง, 2545; เศรษฐมันตร์, 2551)

5. ความกระด้างของน้ำ (Hardness) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า pH ในน้ำ สำหรับสาหร่ายคาบอมบ้าชอบน้ำที่มีความกระด้างต่ำถึงปานกลาง คืออยู่ในช่วง 90-180 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมประมง, 2545)

6. อาหารธาตุในน้ำหรือปุ๋ย อาหารหลักที่จำเป็น คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม เช่นเดียวกับพืชบก ซึ่งธาตุอาหารไนโตรเจนมีความสำคัญต่อกระบวนการสร้างสารพันธุกรรมของพรรณไม้น้ำ ธาตุไนโตรเจนปกติจะมีอยู่ในอากาศในรูปของก๊าซไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก แต่ไนโตรเจนในอากาศในรูปของก๊าซนั้น พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์อะไรไม่ได้ ธาตุไนโตรเจนที่พืชทั่วๆ ไปดึงดูดขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้นั้น จะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบ เช่น แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรทไอออน (NO_3^-) ซึ่งไนเตรทไอออนเป็นรูปแบบทั่วไปของไนโตรเจน (Jampeetong and Brix, 2008) พรรณไม้น้ำเมื่อขาดไนโตรเจนจะโตช้า ใบเหลือง โดยเฉพาะใบล่างๆ จะแห้งร่วงหล่นเร็ว การออกดอกจะช้าและไม่ค่อยสมบูรณ์นัก ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีความสำคัญมากในระบบนิเวศ ทั้งนี้เพราะฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการแปรรูปพลังงาน เช่น เป็นส่วนประกอบของ deoxyribonucleic acid (DNA) และ ribonucleic acid (RNA) ตามปกติแล้วจะมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่เป็นจำนวนจำกัดในแหล่งน้ำ (Ellwood *et al.*, 2008) ฟอสฟอรัสที่พบในแหล่งน้ำมีอยู่หลายรูปด้วยกัน รูปของฟอสฟอรัสที่พบมากและเกี่ยวข้องกับระบบนิเวศของแหล่งน้ำ ได้แก่ phosphate (PO_4^{3-}) soluble organic phosphorus และ particulate organic phosphorus ธาตุฟอสฟอรัสที่จะเป็นประโยชน์ต่อพรรณไม้น้ำได้จะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบที่เรียกว่า ฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-}) พรรณไม้น้ำที่ขาดธาตุฟอสฟอรัส ใบล่างจะเริ่มมีสีม่วงตามแผ่นใบ ต่อมาใบเป็นสีน้ำตาล และร่วงหล่น ไม่ผลิดอก (อรทัย, 2546)

สำหรับพรรณไม้น้ำโดยทั่วไปใช้ปุ๋ย NPK สูตร 25-5-5 หรือ 30-20-10 ในอัตรา 5-15 มิลลิกรัม/ลิตร สัปดาห์ละ 1 ครั้ง (กรมประมง, 2545; ปรัชญา, มปป.)

แม่ปุ๋ยที่สามารถนำมาใช้ได้จะต้องเป็นปุ๋ยที่สามารถละลายน้ำได้หมดไม่มีเศษตะกอนเหลือค้างในถังผสม ปุ๋ยแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการละลายน้ำต่างกัน ความสามารถในการละลายตัวของปุ๋ยยังขึ้นอยู่กับ (1) อุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความสามารถในการละลายตัวของปุ๋ยจะเพิ่มขึ้น (2) ปริมาณและชนิดของเกลือที่มีอยู่เดิมในน้ำโดยทั่วไปถ้าน้ำมีเกลือละลายตัวอยู่สูงก็ทำให้การละลายตัวของปุ๋ยยากขึ้น (3) ชนิดและปริมาณของปุ๋ยที่ละลายร่วมด้วย แม่ปุ๋ยที่มีการละลายตัวในน้ำได้ดีและเป็นแม่ปุ๋ยที่นิยมใช้ ได้แก่ แอมโมเนียมไนเตรท (NH_4NO_3), โปแตสเซียมคลอไรด์ (KCl),

โปแตสเซียมไนเตรท (KNO_3), ยูเรีย ($CO(NH_2)_2$), แอมโมเนียมโมโนฟอสเฟต ($NH_4H_2PO_4$) โปแตสเซียมโมโนฟอสเฟต (KH_2PO_4) และแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) เป็นต้น (อิทธิสุนทร, 2544)

จากการศึกษาแหล่งน้ำที่มีสาหร่ายคาบอมบ้าของ Yu และคณะ (2004) ในประเทศจีนเป็นเวลา 1 ปี พบว่าแหล่งน้ำมีไนโตรเจนรวม 0.14-3.27 มิลลิกรัม/ลิตร ฟอสฟอรัสรวม 0.044-0.838 มิลลิกรัม/ลิตร

1.2.4 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้า

เนื่องจากสาหร่ายคาบอมบ้าเป็นพืชที่เจริญเติบโตในท้องน้ำ (บุญยา, 2549) สามารถขยายพันธุ์โดยการตัดลำต้นระหว่างข้อให้มีข้อไม่น้อยกว่า 2-3 ข้อ ปักลงบนดิน หรือพื้นกรวดขนาดเล็ก ทำได้โดยการตัดลำต้นมาปักชำในบ่อดิน หรือในบ่อซีเมนต์ที่มีวัสดุปลูกเป็นกรวดโดยเติมน้ำสูงประมาณ 30 เซนติเมตร การปลูกหรือการปักชำ ควรทำในช่วงเย็นประมาณ 17.00 -18.30 น. เพื่อป้องกันไม่ให้สูญเสียน้ำมากจนเกินไป และช่วยทำให้ต้นใหม่ที่จะเกิดขึ้นนั้นฟื้นตัวได้เร็ว ในระยะแรก ๆ ของการปลูก ควรมีตาข่ายบังแสงแดด 40-60 % ใส่ปุ๋ย NPK สูตร 25-5-5 หรือ 30-20-10 ในอัตรา 5-15 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อพรรณไม้น้ำเจริญเติบโตแล้วจึงตัดลำต้นระหว่างข้อไปจำหน่าย (กาญจนรี, 2546; สุกัญญา, 2548; ปรัชญา, มปป.)

1.2.5 การดูดซับธาตุอาหารของสาหร่าย

สาหร่ายดูดซับธาตุอาหารต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำโดยผ่านทางรากเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโต (Gu, 2006) สาหร่ายดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียได้ดีกว่าไนเตรท ซึ่งสาหร่ายสามารถนำแอมโมเนียเข้าสู่เซลล์ได้โดยตรงแบบ passive diffusion เพื่อนำไปสังเคราะห์กรดอะมิโน และโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต (Cohen and Fong, 2004) ในขณะที่ไนเตรทถูกนำเข้าโดยกระบวนการ active transport ที่ต้องอาศัย ATP จากการสังเคราะห์แสง เพื่อเปลี่ยนรูปไนเตรทให้อยู่ในรูปแอมโมเนียก่อน (Corzo and Niell, 1994) โดยกิจกรรมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทส (nitrate reductase) ที่จะถูกกระตุ้นให้ทำงานได้ดีเมื่อความเข้มแสงสูงๆ (Huovinen *et al*., 2007) สาหร่ายโดยทั่วไปจะดูดซับไนไตรท์ในระดับต่ำมากเนื่องจากไนไตรท์ไม่ใช่สารอาหารที่สาหร่ายนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรงเหมือนไนเตรทและแอมโมเนีย โดยสาหร่ายจะปล่อยไนไตรท์ที่สะสมในเซลล์ที่มากเกินไปออกมาให้อยู่ในระดับคงที่เพื่อหลีกเลี่ยงความเป็นพิษ (Fuggi, 1993; Corzo and Niell, 1994)

วรรณี (2553) ศึกษาอัตราการดูดซับไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของสาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายพุงชะโด และสาหร่ายข้าวเหนียว ที่ความหนาแน่น 2.5 กรัม/ลิตร เลี้ยงในน้ำจากการเลี้ยงปลาทองที่อัตราความหนาแน่น 1 ตัว/น้ำ 3 ลิตร เป็นระยะเวลา 264 ชั่วโมง พบว่าสาหร่ายข้าวเหนียวดูดซับแอมโมเนีย และออร์โธฟอสเฟตได้มากที่สุด (0.412 และ 0.231 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ) ส่วนสาหร่ายหางกระรอกสามารถดูดซับไนไตรท์ได้มากที่สุด (0.713 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) และสาหร่ายพุงชะโดสามารถดูดซับไนเตรทได้มากที่สุด (1.221 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน)

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาแหล่งของไนโตรเจนที่ทำให้สาหร่ายคาบอมบ้าเจริญเติบโตดีที่สุด

1.3.2 ศึกษาอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้า

1.3.3 ศึกษาระดับความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

2.1.1 สำหรับการเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้า

- ตู้กระจกทดลองขนาด 40×60×40 เซนติเมตร
- หลอดไฟฟลูออเรสเซนท์
- ชุดอัดอากาศ (Air pump) หัวทราย
- ปุ๋ยเคมีสำหรับเลี้ยงสาหร่าย ได้แก่ $CO(NH_2)_2$, NH_4Cl , KNO_3 และ KH_2PO_4
- ปุ๋ย NPK สูตร 25-5-5

2.1.2 สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง ของ Satorius รุ่น Basic
- pH meter รุ่น Denver Instrument Basic
- สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ของ Shimadzu รุ่น UV 1201V.
- เครื่องตรวจวัดความเข้มแสง
- สารเคมีสำหรับวิเคราะห์น้ำ
- กระดาษกรอง Whatman GF/C
- หม้อนึ่งความดัน
- ตู้อบ และโถดูดความชื้น
- เครื่องแก้วต่างๆ ได้แก่ หลอดทดลอง, ขวด BOD, ปิเปต, บิวเรต, บีกเกอร์, กระบอกตวง, ขวดปรับปริมาตร, แท่งแก้ว และขวดรูปชมพู่

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 การเตรียมตู้ทดลองและน้ำในการทดลอง

1) การเตรียมตู้ทดลอง

ตู้ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดเป็นตู้กระจกสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด 40×60×40 เซนติเมตร ภายในตู้ทดลองมีเครื่องกรองน้ำแบบติดข้างตู้

2) การเตรียมน้ำในตู้ทดลอง

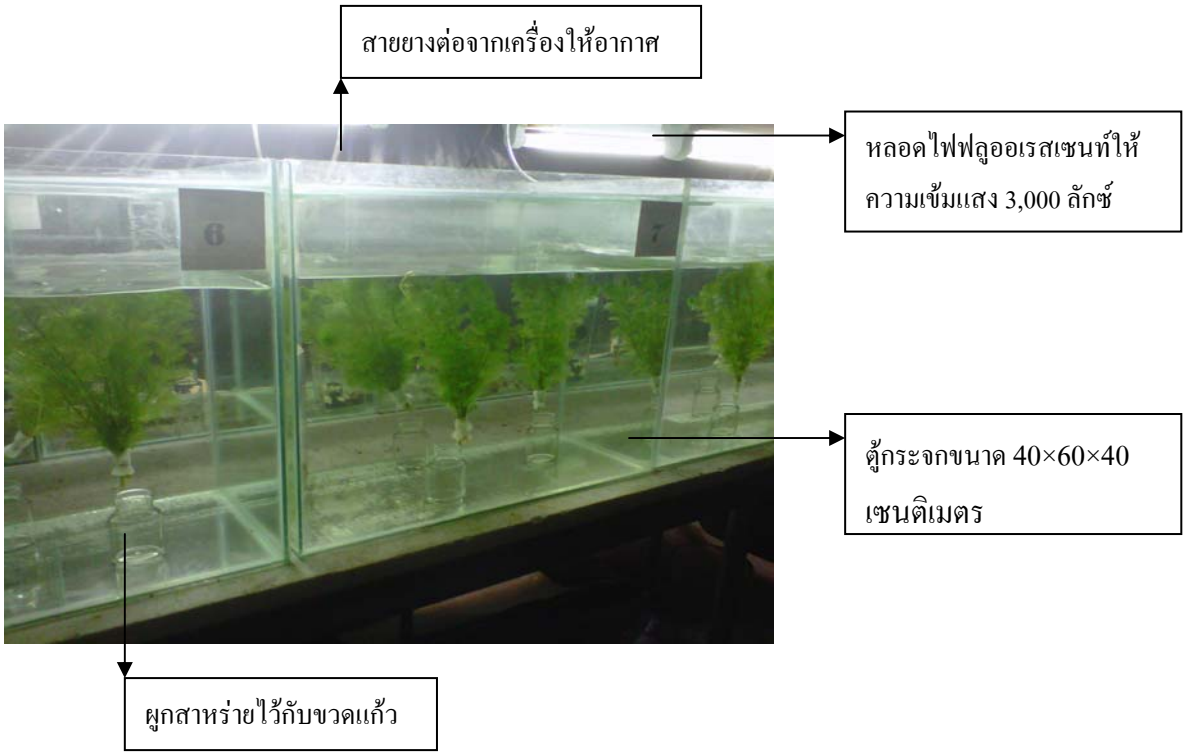
ใช้น้ำประปาจากโรงเรือนเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาวาริชศาสตร์มาพักไว้ในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 1 ตัน ให้อากาศตลอดเวลาและทิ้งไว้ประมาณ 3-4 วัน เพื่อให้คลอรีนสลายไป (สมเกียรติ, มปป.) แล้วนำไปใส่ในตู้ทดลองตู้ละ 50 ลิตร

3) การเตรียมสาหร่ายคาบอมบ้าเพื่อใช้ในการวิจัย

นำสาหร่ายคาบอมบ้าที่ซื้อมาล้างผ่านน้ำที่ไหลโดยล้างอย่างระมัดระวังไม่ให้สาหร่ายคาบอมบ้าบอบช้ำ เพื่อกำจัดตะกอนดินไม่ให้มีดินที่ไม้น้ำยึดเกาะในแหล่งเดิม และพวกตัวอ่อนแมลงที่เกาะติดมาด้วย เนื่องจากดินอาจดูดซับสารอาหารที่ต้องการศึกษาได้ซึ่งอาจจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน แล้วนำสาหร่ายคาบอมบ้ามาเลี้ยงปรับสภาพก่อนการทดลอง 1 สัปดาห์ (Olette *et al.*, 2007) เลือกสาหร่ายที่มีลักษณะสีเขียวอ่อน ความยาวประมาณ 20 เซนติเมตร มีจำนวนปล้อง 8-10 ปล้อง และแบ่งสาหร่ายคาบอมบ้าออก ผูกด้วยเชือกอย่างหลวมๆ ให้ติดกับขวดแก้วเพื่อให้จมใต้น้ำ แล้วนำสาหร่ายคาบอมบ้าไปวางกระจายไว้ในตู้ที่เตรียมไว้

4) การเตรียมสภาพการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design ; CRD) ทำการทดลองโดยใช้ผ้าตาข่ายกั้นพื้นที่ให้เป็นห้องไม่ให้แสงจากภายนอกส่องเข้ามาถึง ให้แสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนท์ที่ระดับความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ วันละ 12 ชั่วโมง ตรวจวัดความเข้มแสงวันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็น ปรับน้ำให้มีค่า pH เริ่มต้นที่ 7.0 ถ้าน้ำมีค่า pH ต่ำแก้โดยการใส่ปูนขาวหรือสารละลายพวกโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ถ้าน้ำมีค่า pH สูงแก้โดยการใส่กรดไฮโดรคลอริก หรือแอมโมเนียมซัลเฟต (มณีรัตน์ และคณะ, 2548; พัฒน์, 2550; Jampeetong and Brix, 2008) และให้อากาศตลอดการทดลอง (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 : สภาพการทดลองเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าในตู้กระจก

2.2.2 การดำเนินการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาแหล่งของไนโตรเจนที่ทำให้สาหร่ายคาบอมบ้าเจริญเติบโตดีที่สุด

ทำการทดลองในตู้กระจกซึ่งมีขนาด 40×60×40 เซนติเมตร ใส่น้ำประปา 50 ลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 3-4 วัน เพื่อให้คลอรีนสลายไป จากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่นำมาใช้ในการทดลองเพื่อให้ทราบว่าคลอรีนได้สลายหมดไปแล้ว ใช้ปุ๋ย KH_2PO_4 แทนแหล่งของฟอสฟอรัส (Jampeetong and Brix, 2008) ความเข้มข้นเท่ากับ 0.49 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ทำให้ได้ฟอสฟอรัส 0.11 มิลลิกรัม/ลิตร และชุดที่ 1 ใช้ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$ เข้มข้น 2.68 มิลลิกรัม/ลิตร ชุดที่ 2 ใช้ปุ๋ย NH_4Cl เข้มข้น 4.78 มิลลิกรัม/ลิตร และชุดที่ 3 ใช้ปุ๋ย KNO_3 เข้มข้น 9.02 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นแหล่งของไนโตรเจนโดยมีไนโตรเจน 1.25 มิลลิกรัม/ลิตร ในทุกชนิดปุ๋ย ใส่ในน้ำที่เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้า การใช้ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$, NH_4Cl และปุ๋ย KNO_3 ในการทดลองเนื่องจากปุ๋ยทั้งสามชนิดให้ไนโตรเจนในรูปแบบที่สาหร่ายคาบอมบ้าสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ และปุ๋ยทั้งสามชนิดมีทั่วไปในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ในชุดควบคุมใส่ธาตุอาหาร NPK จากปุ๋ยเคมี สูตร 25-5-5 ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากเป็นปุ๋ย NPK สูตรที่ใช้กันมาก โดยมีไนโตรเจนในปุ๋ย 1.25 มิลลิกรัม/ลิตร และมีฟอสฟอรัสในปุ๋ย 0.11 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมประมง, 2545; กาญจนรี, 2546; ปรัชญา, มปป.; สุกัญญา, 2548; Yu *et al.*, 2004) ชุดละ 3 ซ้ำ ใส่สาหร่ายคาบอมบ้าเริ่มต้นหนัก 1 กรัม/ลิตร ชั่งน้ำหนักสดของสาหร่ายทุก 1 สัปดาห์ โดยใช้ผ้าขาวบางซับให้แห้ง และชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง เพื่อหาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate : SGR) ของสาหร่ายคาบอมบ้า ตามสูตรคำนวณของ Lobbon และ Harrison (1994) อ้างโดย ระพีพร (2551) ดังนี้

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

เมื่อ

SGR = อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่าย (เปอร์เซ็นต์/วัน)

W_o = น้ำหนักเปียกของสาหร่ายคาบอมบ้าเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (กรัม)

W_t = น้ำหนักเปียกของสาหร่ายคาบอมบ้าเมื่อผ่านไป t วัน (กรัม)

t = ระยะเวลาในการทดลอง (วัน)

วัดอุณหภูมิ และ DO ทุก 24 ชั่วโมง วิเคราะห์หาแอมโมเนียรวม ไนเตรท ไนไตรท์ และออร์โธฟอสเฟต เมื่อเริ่มต้นการทดลอง และทุก 1 สัปดาห์ จนครบ 4 สัปดาห์ และเปลี่ยนน้ำหมดตู้ทุก 1 สัปดาห์ (กรมประมง, 2545; กาญจนรี, 2546; สุกัญญา, 2548; ปรัชญา, มปป.; Cedergreen and

Madsen, 2003) และปรับความเข้มข้นของธาตุอาหารให้มีความเข้มข้นเท่ากับเริ่มการทดลองใส่ในแต่ละตู้ คำนวณอัตราการดูดซับธาตุอาหารของสาหร่ายคาบอมบ้าตามสูตรคำนวณของศิริวรรณ (2538) ดังนี้

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

เมื่อ

E	=	อัตราการดูดซับธาตุอาหาร (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน)
C_o	=	ความเข้มข้นของธาตุอาหารเมื่อเริ่มต้น (มิลลิกรัม/ลิตร)
C_t	=	ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เวลา t (มิลลิกรัม/ลิตร)
vol	=	ปริมาตรน้ำ (ลิตร)
w	=	น้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านไป t วัน ของสาหร่ายคาบอมบ้า (กรัม)
t	=	ระยะเวลาในการทดลอง (วัน)

ระหว่างการเลี้ยงเก็บสาหร่ายคาบอมบ้าต้นที่ตายแน่นอนคือใบและลำต้นมีสีน้ำตาล และใบที่ร่วงหล่นออกจากตู้ทดลอง เพื่อป้องกันการย่อยสลายปล่อยสารอาหารคืนสู่ระบบ

การทดลองที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้า

ทำการทดลองในตู้กระจกขนาด 40×60×40 เซนติเมตร โดยใส่น้ำประปา 50 ลิตร แล้วทิ้งไว้ประมาณ 3-4 วัน เพื่อให้คลอรีนสลายไป จากนั้นตรวจสอบคุณภาพน้ำที่นำมาใช้ในการทดลองเพื่อให้ทราบว่าคลอรีนได้สลายหมดไปแล้ว เลือกปุ๋ยที่เป็นแหล่งไนโตรเจนจากการทดลองที่ 1 ที่ทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและการดูดซับธาตุอาหารของสาหร่ายคาบอมบ้าดีที่สุด ปรับอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ให้เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 (กรมประมง, 2545; กาญจนรี, 2546; สุกัญญา, 2548; Ellwood *et al.*, 2008) ทดลองอัตราส่วนละ 3 ซ้ำ โดยใช้ความเข้มข้นของ KH_2PO_4 เป็นแหล่งของฟอสฟอรัสให้คงที่ที่ความเข้มข้น 0.49 มิลลิกรัม/ลิตร ใช้สาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ทำการเปลี่ยนน้ำหมดตู้ทุก 1 สัปดาห์ และปรับความเข้มข้นของปุ๋ยใส่ในน้ำให้เหมือนเริ่มต้นการทดลอง (กรมประมง, 2545; กาญจนรี, 2546; สุกัญญา, 2548; ปรัชญา, มปป.; Cedergreen and Madsen, 2003) วัดอุณหภูมิ และ DO ทุก 24 ชั่วโมง วิเคราะห์หาแอมโมเนียรวม ไนเตรท ไนไตรท์ และออร์โธฟอสเฟต เมื่อเริ่มต้นการทดลอง

และทุก 1 สัปดาห์ ชั่งน้ำหนักสดของสาหร่ายคาบอมบ้าทุก 1 สัปดาห์ เพื่อหาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้า เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ระหว่างการเลี้ยงเก็บสาหร่ายคาบอมบ้าต้นที่ตายแน่นอน และใบที่ร่วงหล่นออกจากตู้ทดลอง เพื่อป้องกันการย่อยสลายปล่อยสารอาหารคืนสู่ระบบ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

การทดลองที่ 3 ศึกษาระดับความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

ทดลองเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 4 ระดับ ได้แก่ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ความหนาแน่นละ 3 ซ้ำ ทำการทดลองในตู้กระจกซึ่งมีขนาด 40×60×40 เซนติเมตร ใส่น้ำประปา 50 ลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 3-4 วัน เพื่อให้คลอรีนสลายไป ใส่ปุ๋ยที่เป็นแหล่งของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสให้มีค่าความเข้มข้น และอัตราส่วนไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับชุดที่ทำให้สาหร่ายคาบอมบ้ามีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดซึ่งได้จากการทดลองที่ 2 เปลี่ยนน้ำหมดตู้ทุก 1 สัปดาห์ ชั่งน้ำหนักสดของสาหร่ายคาบอมบ้าทุก 1 สัปดาห์ เพื่อหาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้า เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 วัดอุณหภูมิ และ DO ทุก 24 ชั่วโมง วิเคราะห์หาแอมโมเนียรวม ไนเตรท ไนไตรท์ และออร์โธฟอสเฟต เมื่อเริ่มต้นการทดลองและทุก 1 สัปดาห์ ระหว่างการเลี้ยงเก็บสาหร่ายคาบอมบ้าต้นที่ตายแน่นอน และใบที่ร่วงหล่นออกจากตู้ทดลอง เพื่อป้องกันการย่อยสลายปล่อยสารอาหารคืนสู่ระบบ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

2.2.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ อุณหภูมิ, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ, แอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟต ตามวิธีการดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วิธีการวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่างๆ ของน้ำ

ตัวแปรคุณภาพน้ำ	วิธีการวิเคราะห์
Temperature	Thermometer
Dissolved Oxygen (DO)	Azide Modification (APHA, AWWA and WEF, 1995)
Total Ammonia-Nitrogen (TAN)	Indophenol Method (Boyd and Tucker, 1992)
Nitrite-Nitrogen (NO_2-N)	Diazotization (Boyd and Tucker, 1992)
Nitrate-Nitrogen (NO_3-N)	Cadmium Reduction Method (Boyd and Tucker, 1992)
Orthophosphate (PO_4-P)	Ascorbic Acid Method (Boyd and Tucker, 1992)

2.2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของตัวแปรโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบแจกแจงทางเดียว (One-way Analysis of Variance; ANOVA) ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (Duncan, 1955) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการวิเคราะห์สถิติทั้งหมดใช้เครื่องคอมพิวเตอร์โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows version 13.0 และ Microsoft Excel

บทที่ 3

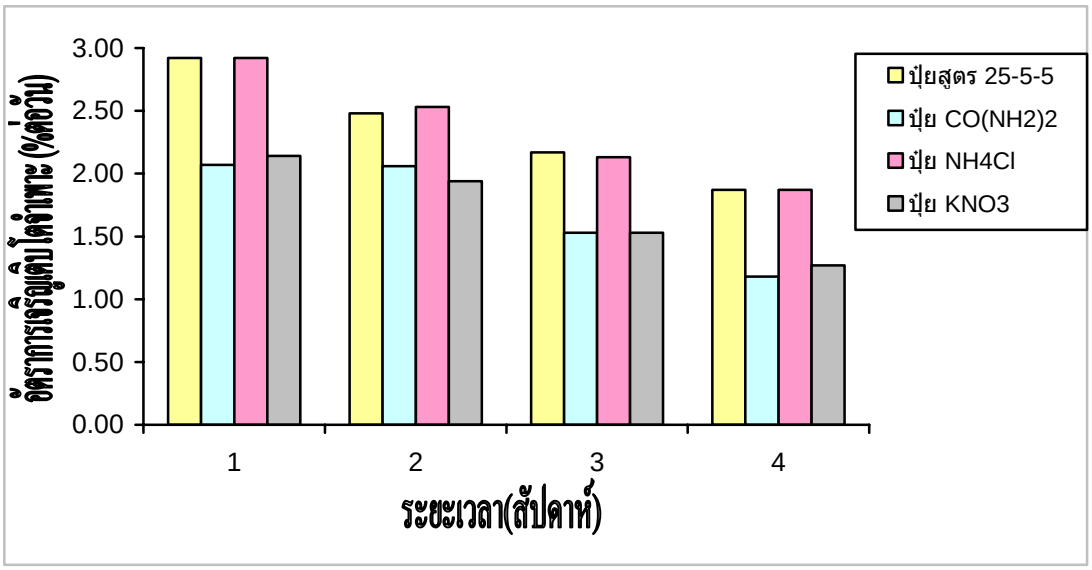
ผลการทดลอง

3.1 แหล่งของไนโตรเจนที่ทำให้สาหร่ายคาบอมบ้าเจริญเติบโตดีที่สุด

ทดลองโดยเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าอัตราความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ในน้ำปริมาตร 50 ลิตร ใส่ปุ๋ย KH_2PO_4 แทนแหล่งของฟอสฟอรัส ใช้ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$ ปุ๋ย NH_4Cl ปุ๋ย KNO_3 เป็นแหล่งของไนโตรเจน และในชุดควบคุมใส่ปุ๋ย NPK สูตร 25-5-5 เก็บตัวอย่างน้ำเมื่อเริ่มต้นการทดลอง เปลี่ยนน้ำหมดทุกสัปดาห์ เก็บตัวอย่างน้ำทั้งตอนก่อนและหลังเปลี่ยนน้ำใหม่

3.1.1 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้า

น้ำหนักของสาหร่ายคาบอมบ้ามีการเพิ่มขึ้นจากวันแรกทุกสัปดาห์ (ตารางภาคผนวกที่ 1) โดยสาหร่ายคาบอมบ้ามีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงสุดในปุ๋ย NH_4Cl และปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) เท่ากับ 2.36 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปุ๋ย KNO_3 และปุ๋ย $CO(NH_2)_2$ ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย 1.72 ± 0.02 และ 1.71 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ (ภาพที่ 3 และตารางที่ 2)



ภาพที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้าที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการด้วยปุ๋ยเคมี 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n=3)

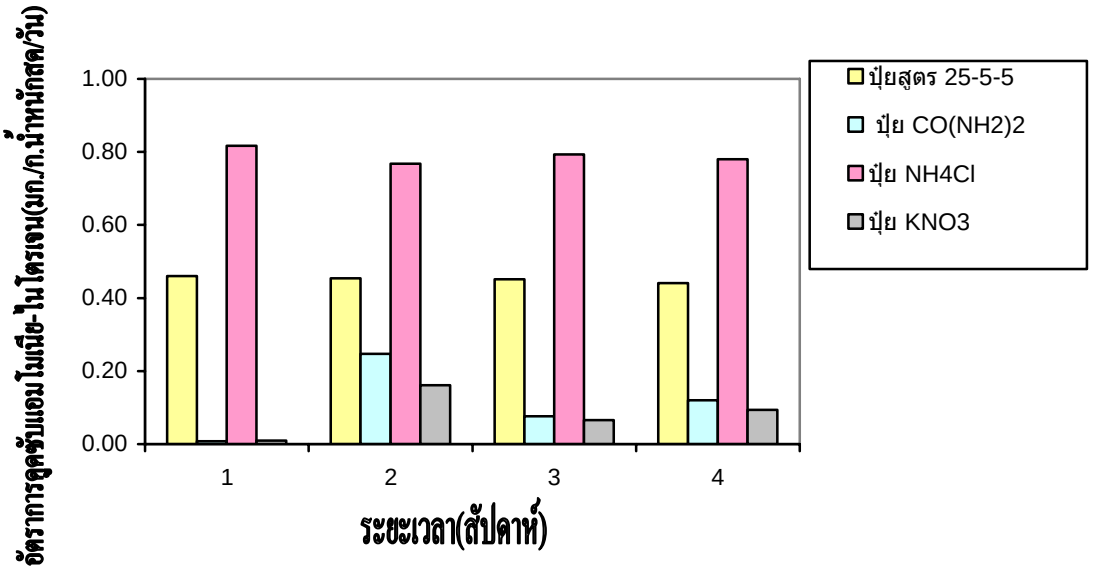
ตารางที่ 2 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้าที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการด้วยปุ๋ย 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย $\pm$SD, n=3)

ชนิดปุ๋ยที่เป็นแหล่งไนโตรเจน	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้า (%ต่อวัน)				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เฉลี่ย
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	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 $CO(NH_2)_2$	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 ($p<0.05$)

3.1.2 คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง

1) ปริมาณแอมโมเนียรวมในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของสัปดาห์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 2) โดยสาหร่ายคาบอมบ้าสามารถดูดซับแอมโมเนียจากปุ๋ย NH_4Cl ได้มากที่สุด 0.789 ± 0.008 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน รองลงมาเป็นปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$ และปุ๋ย KNO_3 ซึ่งมีอัตราการดูดซับแอมโมเนีย 0.452 ± 0.008, 0.113 ± 0.010 และ 0.083 ± 0.007 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาพที่ 4 และตารางที่ 3)



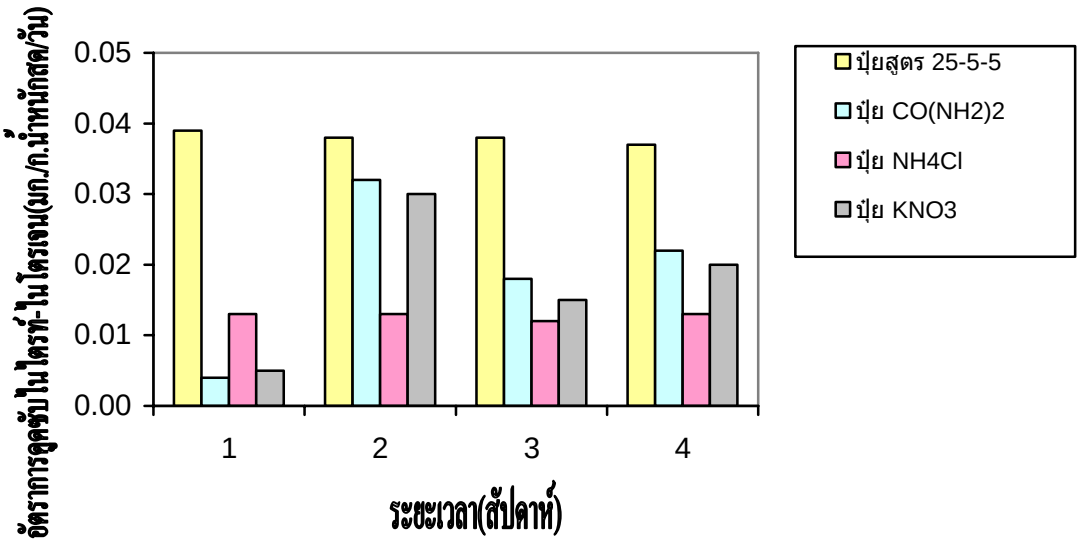
ภาพที่ 4 อัตราการดูดซับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 3 อัตราการดูดซับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ชุดทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	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 $CO(NH_2)_2$	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) ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของสัปดาห์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 3) โดยสาหร่ายคาบอมบ้าสามารถดูดซับไนไตรท์จากปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) ได้มากที่สุด 0.038 ± 0.006 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน รองลงมาเป็นปุ๋ย $CO(NH_2)_2$ ปุ๋ย KNO_3 และปุ๋ย NH_4Cl ซึ่งมีอัตราการดูดซับไนไตรท์ 0.019 ± 0.009, 0.018 ± 0.014 และ 0.013 ± 0.009 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาพที่ 5 และตารางที่ 4)



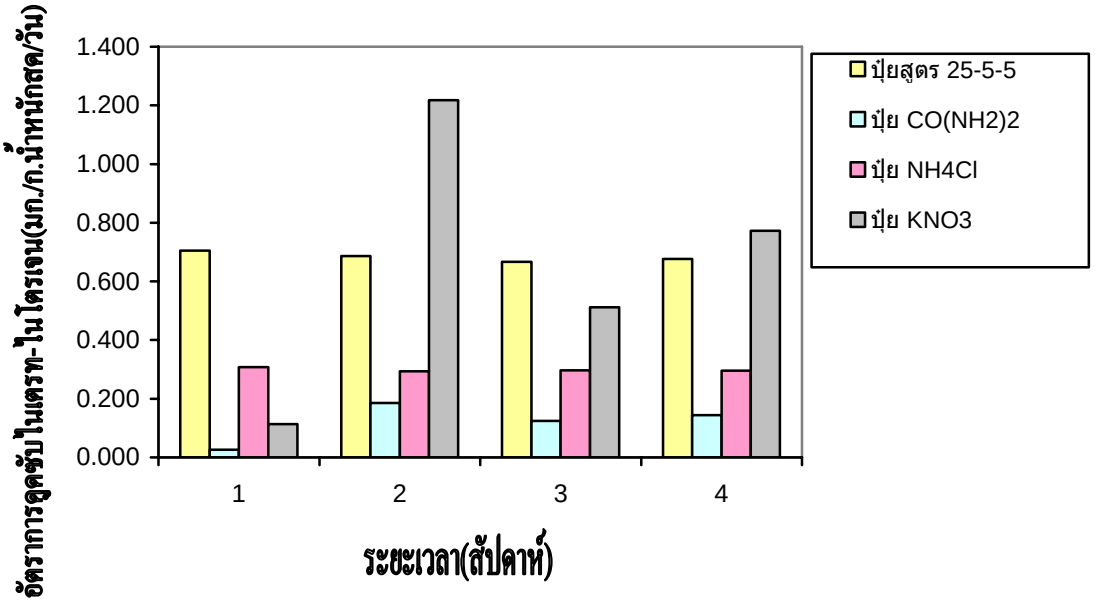
ภาพที่ 5 อัตราการดูดซับไนไตรท์-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 4 อัตราการดูดซับไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ชุดทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	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 $CO(NH_2)_2$	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 ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3) ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของสัปดาห์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 4) โดยสาหร่ายคาบอมบ้าสามารถดูดซับไนเตรทจากปุ๋ยสูตร 25-5-5(ชุดควบคุม) ได้มากที่สุด 0.683 ± 0.012 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับปุ๋ย KNO_3 แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปุ๋ย NH_4Cl และปุ๋ย $CO(NH_2)_2$ ซึ่งมีอัตราการดูดซับไนเตรท 0.654 ± 0.015, 0.298 ± 0.010 และ 0.119 ± 0.013 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 6 และตารางที่ 5)



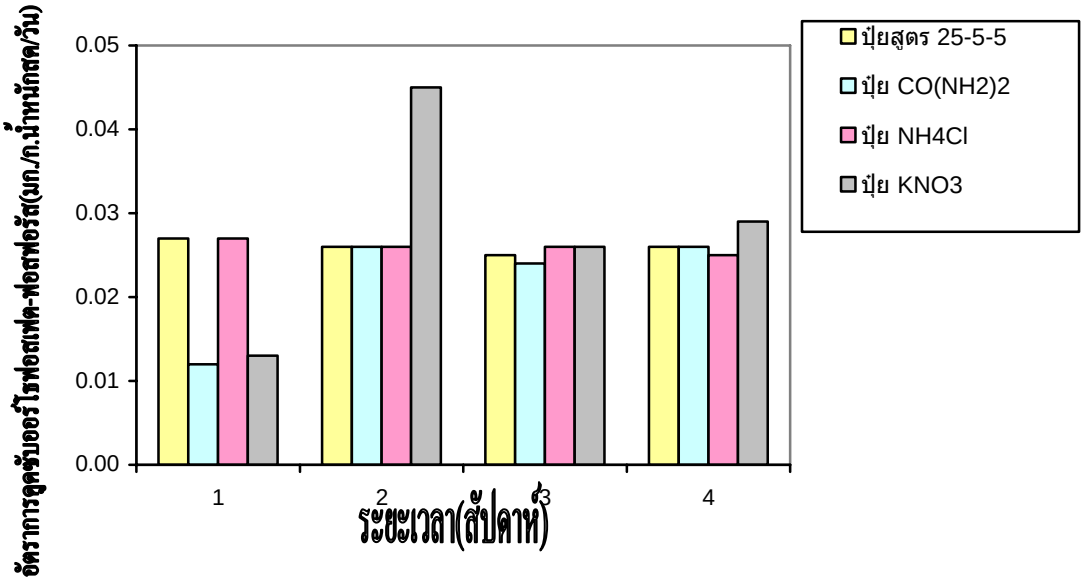
ภาพที่ 6 อัตราการดูดซับไนเตรท-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 5 อัตราการดูดซับไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ชุดทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	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 $CO(NH_2)_2$	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 ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4) ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของสัปดาห์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 5) โดยสาหร่ายคาบอมบ้าสามารถดูดซับฟอสฟอรัสจากปุ๋ย KNO_3 ได้มากที่สุด 0.028 ± 0.013 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน รองลงมาเป็นปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) ปุ๋ยNH_4Cl และปุ๋ย$CO(NH_2)_2$ ซึ่งมีอัตราการดูดซับฟอสฟอรัส 0.026 ± 0.009, 0.026 ± 0.008 และ 0.022 ± 0.014 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 7 และตารางที่ 6)



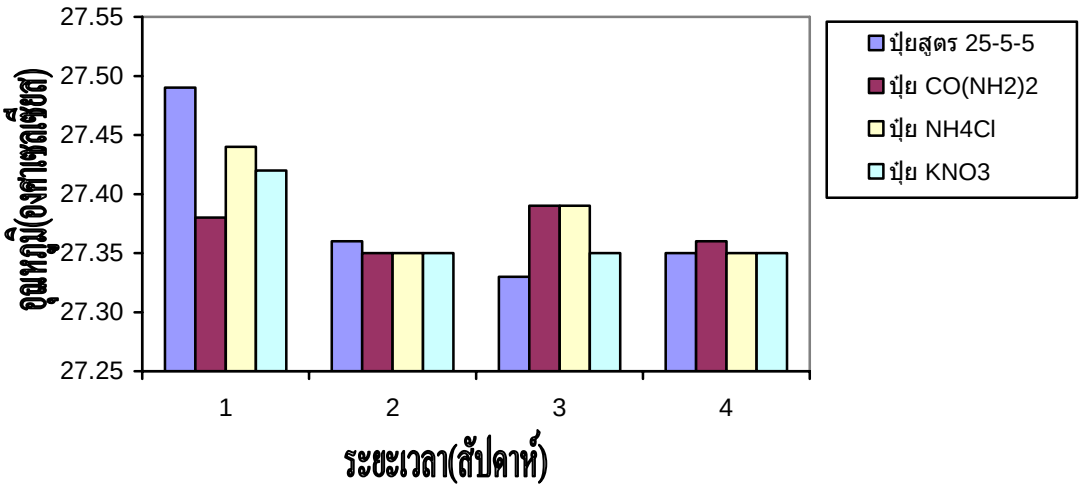
ภาพที่ 7 อัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้า ที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 6 อัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ชุดทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	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 $CO(NH_2)_2$	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 ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5) อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์มีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางภาคผนวกที่ 6) อยู่ในช่วง 27.33 – 27.49 องศาเซลเซียส และในแต่ละชุดการทดลองอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงมาก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังภาพที่ 8 และตารางที่ 7



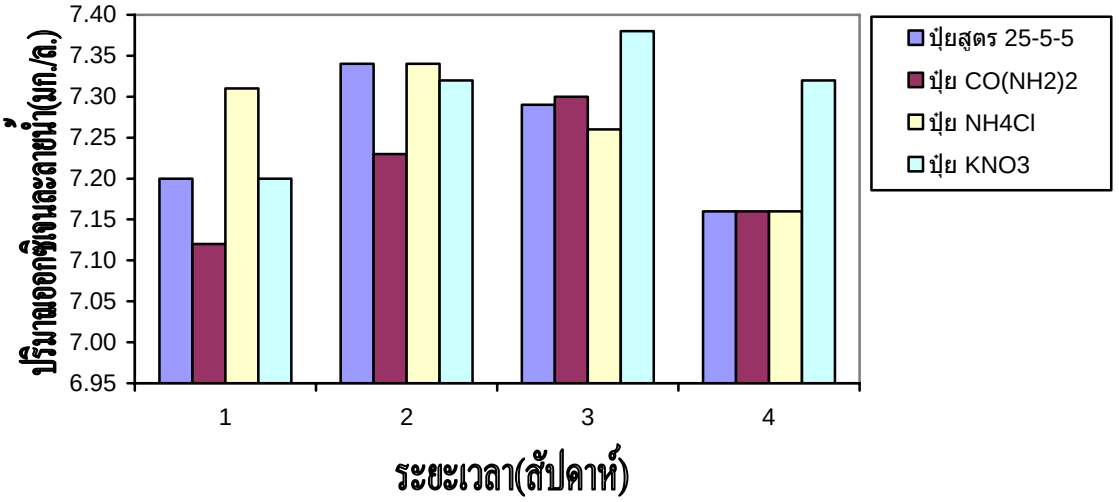
ภาพที่ 8 อุณหภูมิน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 7 อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ชุดทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	27.49 ± 0.34^{a}	27.36 ± 0.04^{a}	27.33 ± 0.05^{a}	27.35 ± 0.04^{a}	27.38 ± 0.12^{a}
ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$	27.38 ± 0.22^{a}	27.35 ± 0.06^{a}	27.39 ± 0.09^{a}	27.36 ± 0.03^{a}	27.37 ± 0.10^{a}
ปุ๋ย NH_4Cl	27.44 ± 0.28^{a}	27.35 ± 0.05^{a}	27.39 ± 0.04^{a}	27.35 ± 0.02^{a}	27.38 ± 0.10^{a}
ปุ๋ย KNO_3	27.42 ± 0.20^{a}	27.35 ± 0.04^{a}	27.35 ± 0.05^{a}	27.35 ± 0.02^{a}	27.37 ± 0.08^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์มีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางภาคผนวกที่ 7) อยู่ในช่วง 7.12 – 7.38 มิลลิกรัม/ลิตร และในแต่ละชุดการทดลองออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่เปลี่ยนแปลงมาก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังภาพที่ 9 และตารางที่ 8



ภาพที่ 9 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 8 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ชุดทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	7.20 ± 0.04^{a}	7.34 ± 0.03^{a}	7.29 ± 0.08^{a}	7.16 ± 0.06^{a}	7.24 ± 0.05^{a}
ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$	7.12 ± 0.05^{a}	7.23 ± 0.03^{a}	7.30 ± 0.02^{a}	7.16 ± 0.07^{a}	7.20 ± 0.05^{a}
ปุ๋ย NH_4Cl	7.31 ± 0.06^{a}	7.34 ± 0.02^{a}	7.26 ± 0.06^{a}	7.16 ± 0.01^{a}	7.27 ± 0.04^{a}
ปุ๋ย KNO_3	7.19 ± 0.06^{a}	7.32 ± 0.02^{a}	7.38 ± 0.01^{a}	7.32 ± 0.05^{a}	7.30 ± 0.04^{a}

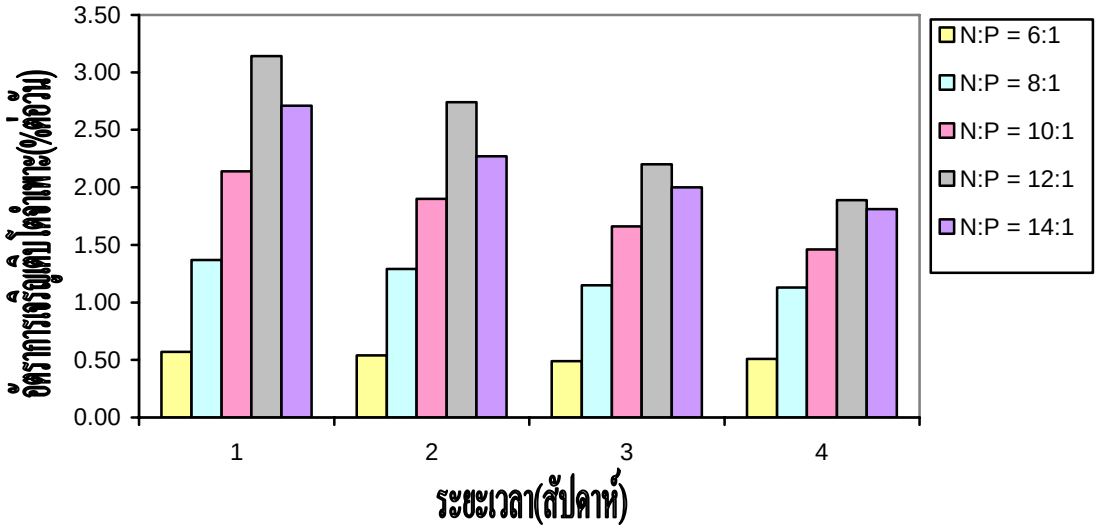
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3.2 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้า

ทดลองโดยเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าอัตราความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ในน้ำปริมาตร 50 ลิตร ใส่ปุ๋ย KH_2PO_4 0.49 มิลลิกรัม/ลิตร แทนแหล่งของฟอสฟอรัส ปุ๋ย NH_4Cl เป็นแหล่งของไนโตรเจน เนื่องจากในการทดลองที่ 1 สาหร่ายคาบอมบ้ามีอัตราการเจริญเติบโตได้สูงสุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) และปรับความเข้มข้นของปุ๋ยในอัตราส่วนไนโตรเจน : ฟอสฟอรัสเท่ากับ 6 : 1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 เปลี่ยนน้ำหมดทุกสัปดาห์ เก็บตัวอย่างน้ำทั้งตอนก่อนและหลังเปลี่ยนน้ำใหม่

3.2.1 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้า

น้ำหนักของสาหร่ายคาบอมบ้ามีการเพิ่มขึ้นจากวันแรกทุกสัปดาห์ (ตารางภาคผนวกที่ 8) โดยสาหร่ายคาบอมบ้ามีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงสุดในน้ำที่มี อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 โดยมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 2.49 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับอัตราส่วน 14 : 1 ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย 2.20 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน รองลงมาเป็นอัตราส่วน 10 : 1, 8 : 1 และ 6 : 1 ตามลำดับ ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย 1.79 ± 0.03, 1.23 ± 0.03 และ 0.52 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาพที่ 10 และตารางที่ 9)



ภาพที่ 10 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร เลี้ยงด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

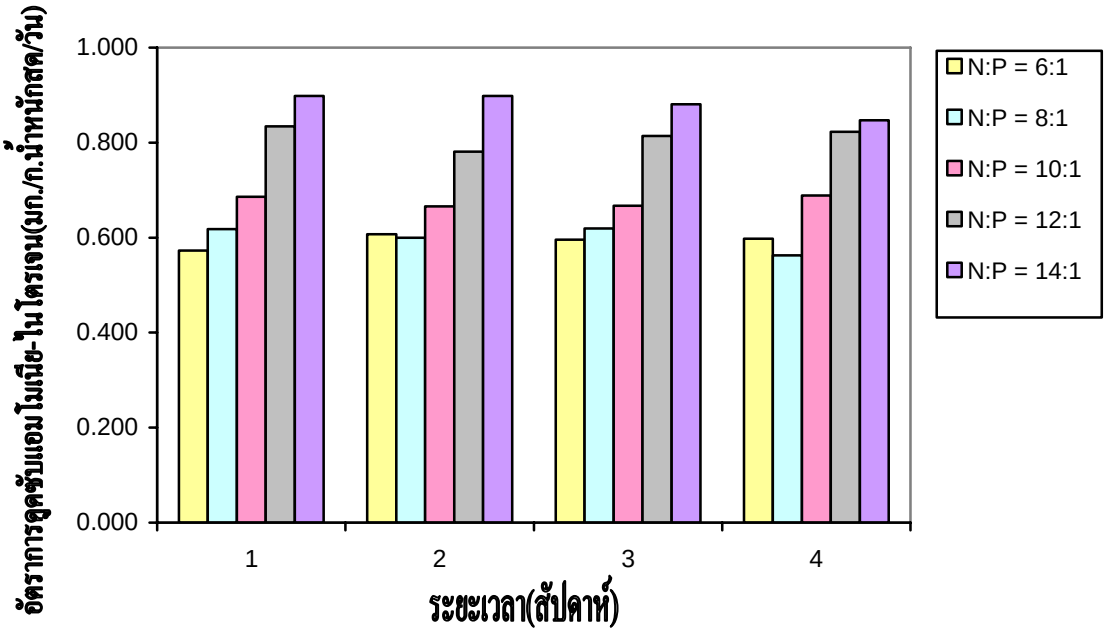
ตารางที่ 9 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้าซึ่งเลี้ยงที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

อัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้า (%ต่อวัน)				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เฉลี่ย
6 : 1	0.57 ± 0.03^{a}	0.54 ± 0.02^{a}	0.49 ± 0.04^{a}	0.51 ± 0.05^{a}	0.52 ± 0.04^{a}
8 : 1	1.37 ± 0.01^{b}	1.29 ± 0.03^{b}	1.15 ± 0.05^{b}	1.13 ± 0.02^{b}	1.23 ± 0.03^{b}
10 : 1	2.14 ± 0.02^{c}	1.90 ± 0.03^{c}	1.66 ± 0.02^{c}	1.46 ± 0.03^{c}	1.79 ± 0.03^{c}
12 : 1	3.14 ± 0.03^{d}	2.74 ± 0.03^{d}	2.20 ± 0.02^{d}	1.89 ± 0.02^{d}	2.49 ± 0.03^{d}
14 : 1	2.71 ± 0.05^{d}	2.27 ± 0.05^{d}	2.00 ± 0.04^{d}	1.81 ± 0.04^{d}	2.20 ± 0.05^{d}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3.2.2 คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง

1) ปริมาณแอมโมเนียรวมในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของสัปดาห์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 9) โดยสาหร่ายคาบอมบ้าสามารถดูดซับแอมโมเนียในน้ำที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 14 : 1 และ 12 : 1 ได้มากที่สุด 0.881 ± 0.010 และ 0.813 ± 0.010 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) รองลงมาเป็นอัตราส่วน 10 : 1, 8 : 1 และ 6 : 1 ซึ่งมีอัตราการดูดซับแอมโมเนีย 0.677 ± 0.010, 0.600 ± 0.011 และ 0.593 ± 0.015 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาพที่ 11 และตารางที่ 10)



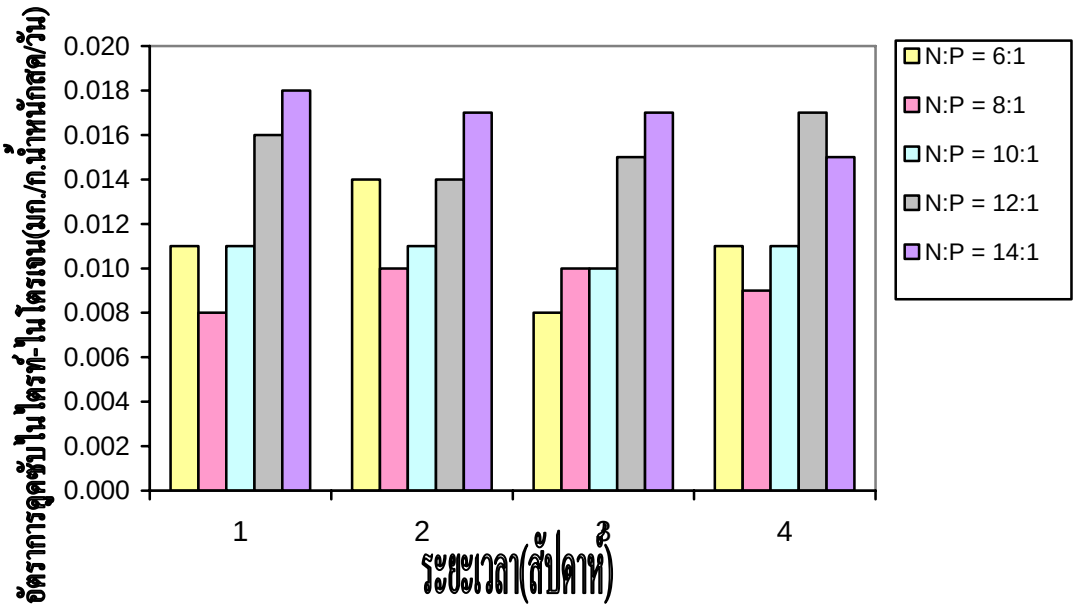
ภาพที่ 11 อัตราการดูดซับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 10 อัตราการดูดซับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

อัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
6 : 1	0.573 ± 0.006^a	0.607 ± 0.012^a	0.596 ± 0.021^a	0.598 ± 0.022^a	0.593 ± 0.015^a
8 : 1	0.618 ± 0.009^a	0.600 ± 0.006^a	0.619 ± 0.013^a	0.563 ± 0.016^a	0.600 ± 0.011^a
10 : 1	0.686 ± 0.005^a	0.666 ± 0.017^a	0.667 ± 0.012^a	0.689 ± 0.005^a	0.677 ± 0.010^a
12 : 1	0.834 ± 0.009^b	0.781 ± 0.012^b	0.814 ± 0.008^b	0.823 ± 0.010^b	0.813 ± 0.010^b
14 : 1	0.898 ± 0.006^b	0.898 ± 0.003^b	0.881 ± 0.020^b	0.847 ± 0.009^b	0.881 ± 0.010^b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2) ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของสัปดาห์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 10) โดยสาหร่ายคาบอมบ้าสามารถดูดซับไนไตรท์ในน้ำที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 14 : 1 ได้มากที่สุด 0.017 ± 0.013 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน รองลงมาเป็นอัตราส่วน 12 : 1, 10 : 1, 6 : 1 และ 8 : 1 ซึ่งมีอัตราการดูดซับไนไตรท์ 0.016 ± 0.014, 0.011 ± 0.012, 0.010 ± 0.013 และ 0.009 ± 0.015 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 12 และตารางที่ 11)



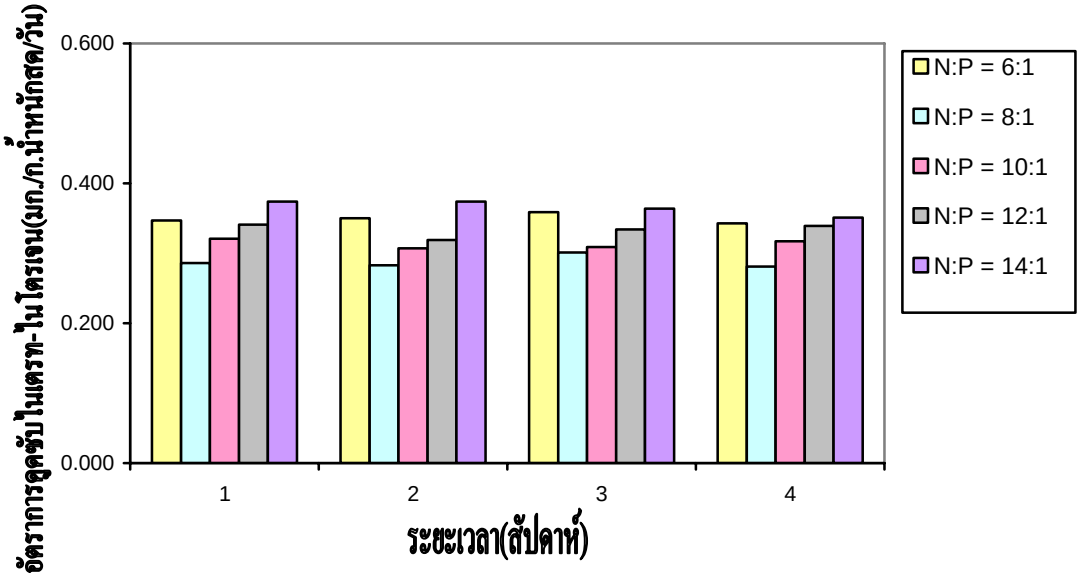
ภาพที่ 12 อัตราการดูดซับไนไตรท์-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 11 อัตราการดูดซับไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

อัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
6 : 1	0.011 ± 0.011^a	0.014 ± 0.022^a	0.004 ± 0.009^a	0.011 ± 0.010^a	0.010 ± 0.013^a
8 : 1	0.008 ± 0.016^a	0.010 ± 0.014^a	0.010 ± 0.005^a	0.009 ± 0.026^a	0.009 ± 0.015^a
10 : 1	0.011 ± 0.012^a	0.011 ± 0.009^a	0.010 ± 0.011^a	0.011 ± 0.017^a	0.011 ± 0.012^a
12 : 1	0.016 ± 0.025^a	0.014 ± 0.007^a	0.015 ± 0.009^a	0.017 ± 0.016^a	0.016 ± 0.014^a
14 : 1	0.018 ± 0.009^a	0.017 ± 0.014^a	0.017 ± 0.017^a	0.015 ± 0.012^a	0.017 ± 0.013^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3) ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของสัปดาห์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 11) โดยสาหร่ายคาบอมบ้าสามารถดูดซับไนเตรทในน้ำที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 14 : 1 ได้มากที่สุด 0.365 ± 0.011 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ รองลงมาเป็นอัตราส่วน 6 : 1, 12 : 1, 10 : 1 และ 8 : 1 ซึ่งมีอัตราการดูดซับไนเตรท 0.350 ± 0.012, 0.333 ± 0.012, 0.313 ± 0.012 และ 0.288 ± 0.013 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 13 และตารางที่ 12)



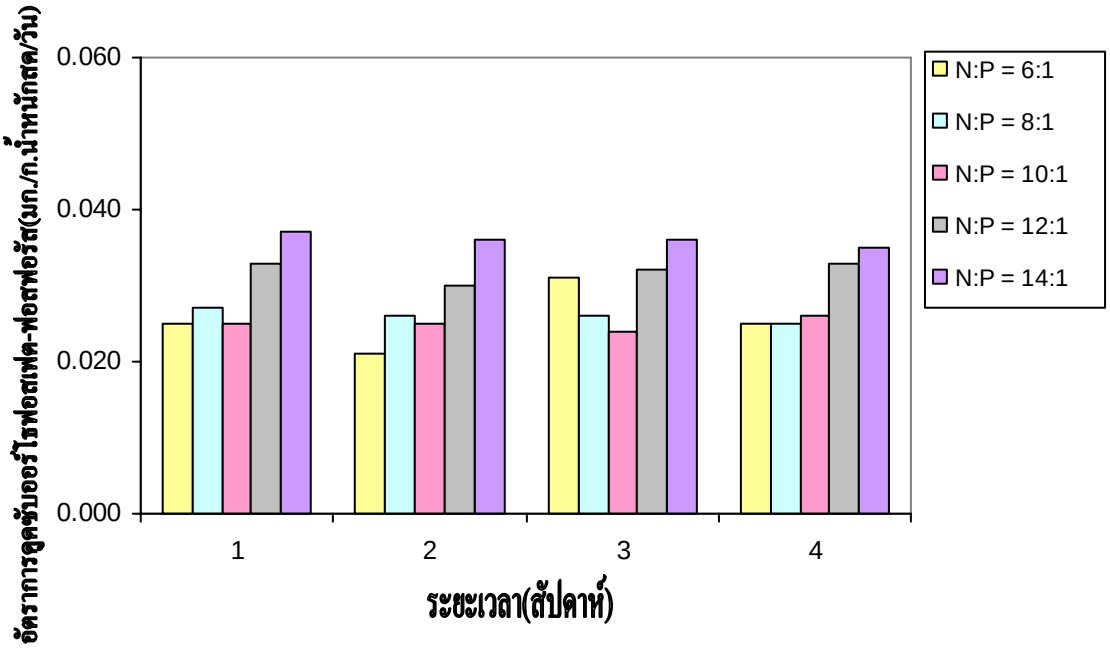
ภาพที่ 13 อัตราการดูดซับไนเตรท-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 12 อัตราการดูดซับไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

อัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
6 : 1	0.347 ± 0.009^a	0.350 ± 0.010^a	0.359 ± 0.017^a	0.343 ± 0.012^a	0.350 ± 0.012^a
8 : 1	0.286 ± 0.005^a	0.283 ± 0.016^a	0.301 ± 0.009^a	0.281 ± 0.021^a	0.288 ± 0.013^a
10 : 1	0.321 ± 0.009^a	0.307 ± 0.011^a	0.309 ± 0.015^a	0.317 ± 0.014^a	0.313 ± 0.012^a
12 : 1	0.341 ± 0.009^a	0.319 ± 0.012^a	0.334 ± 0.018^a	0.339 ± 0.010^a	0.333 ± 0.012^a
14 : 1	0.374 ± 0.011^a	0.374 ± 0.013^a	0.364 ± 0.009^a	0.351 ± 0.011^a	0.365 ± 0.011^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4) ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของสัปดาห์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 12) โดยสาหร่ายคาบอมบ้าสามารถดูดซับฟอสฟอรัสในน้ำที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 14 : 1 และ ได้มากที่สุด 0.036 ± 0.013 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ รองลงมาเป็นอัตราส่วน 12 : 1, 8 : 1, 10 : 1 และ 6 : 1 ซึ่งมีอัตราการดูดซับฟอสฟอรัส 0.032 ± 0.015, 0.026 ± 0.010, 0.025 ± 0.010 และ 0.025 ± 0.009 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 14 และตารางที่ 13)



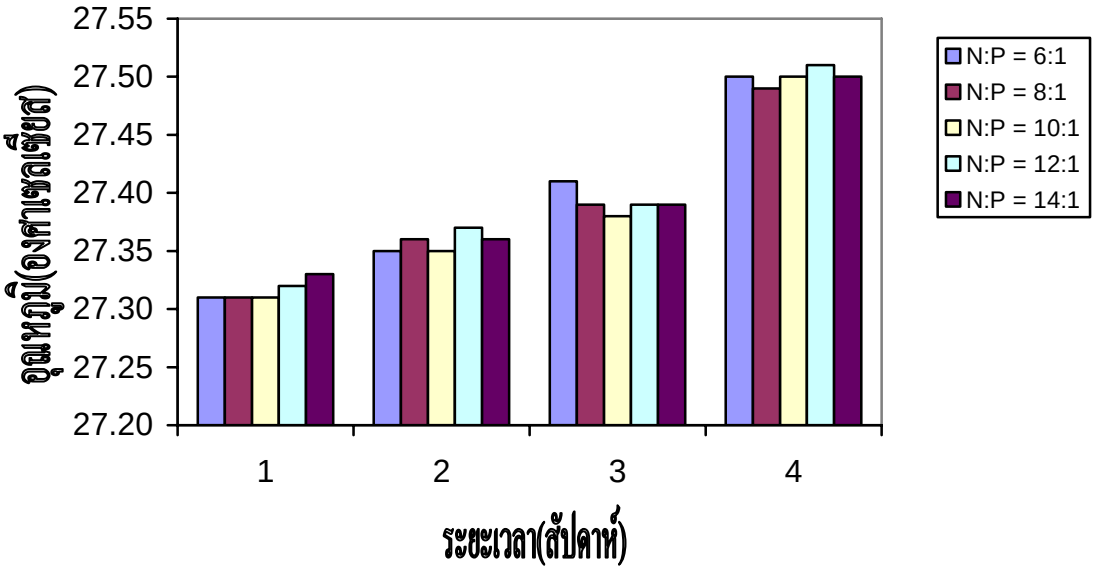
ภาพที่ 14 อัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 13 อัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

อัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
6 : 1	0.025 ± 0.012^a	0.021 ± 0.010^a	0.031 ± 0.009^a	0.025 ± 0.005^a	0.025 ± 0.009^a
8 : 1	0.027 ± 0.009^a	0.026 ± 0.013^a	0.026 ± 0.005^a	0.025 ± 0.013^a	0.026 ± 0.010^a
10 : 1	0.025 ± 0.008^a	0.025 ± 0.010^a	0.024 ± 0.011^a	0.026 ± 0.010^a	0.025 ± 0.010^a
12 : 1	0.033 ± 0.021^a	0.030 ± 0.010^a	0.032 ± 0.017^a	0.033 ± 0.013^a	0.032 ± 0.015^a
14 : 1	0.037 ± 0.027^a	0.036 ± 0.007^a	0.036 ± 0.009^a	0.035 ± 0.009^a	0.036 ± 0.013^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5) อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์มีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางภาคผนวกที่ 13) อยู่ในช่วง 27.31 – 27.51 องศาเซลเซียส และในแต่ละชุดการทดลองอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงมาก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังภาพที่ 15 และ ตารางที่ 14



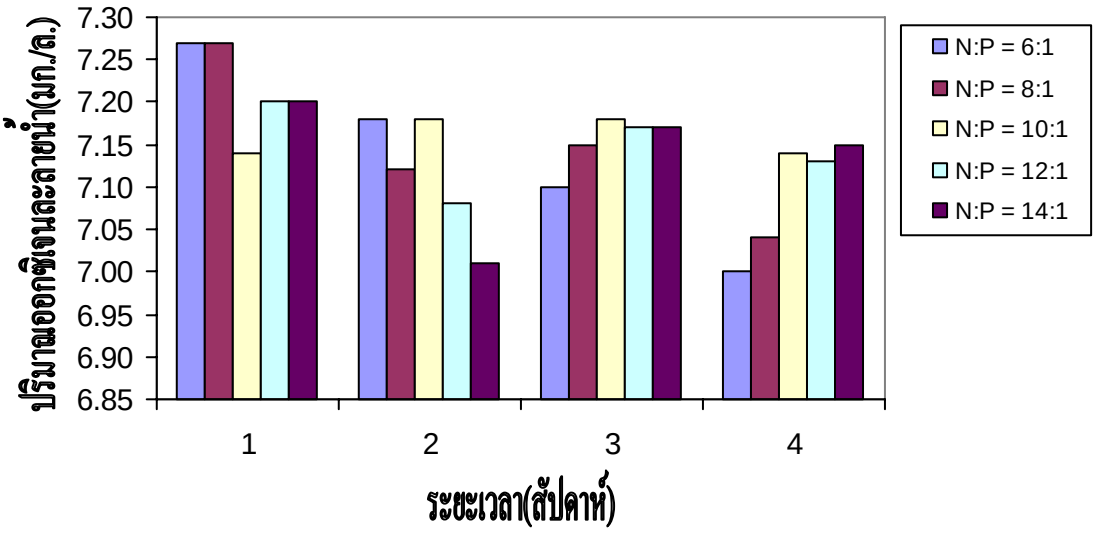
ภาพที่ 15 อุณหภูมิน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 14 อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และKH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

อัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
6 : 1	27.31 ± 0.15[a]	27.35 ± 0.07[a]	27.41 ± 0.06[a]	27.50 ± 0.07[a]	27.39 ± 0.09[a]
8 : 1	27.31 ± 0.11[a]	27.36 ± 0.08[a]	27.39 ± 0.05[a]	27.49 ± 0.04[a]	27.39 ± 0.07[a]
10 : 1	27.31 ± 0.13[a]	27.35 ± 0.04[a]	27.38 ± 0.06[a]	27.50± 0.04[a]	27.39 ± 0.07[a]
12 : 1	27.32 ± 0.14[a]	27.37 ± 0.06[a]	27.39± 0.04[a]	27.51 ± 0.07[a]	27.40 ± 0.08[a]
14 : 1	27.33 ± 0.12[a]	27.36 ± 0.06[a]	27.39 ± 0.06[a]	27.50 ± 0.02[a]	27.40 ± 0.07[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์มีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางภาคผนวกที่ 14) อยู่ในช่วง 7.01 – 7.27 มิลลิกรัม/ลิตร และในแต่ละชุดการทดลองออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่เปลี่ยนแปลงมาก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังภาพที่ 16 และตารางภาคผนวกที่ 15



ภาพที่ 16 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน: ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 15 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน: ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

อัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
6 : 1	7.27 ± 0.16^a	7.18 ± 0.07^a	7.10 ± 0.07^a	7.00 ± 0.11^a	7.14 ± 0.10^a
8 : 1	7.27 ± 0.10^a	7.12 ± 0.17^a	7.15 ± 0.05^a	7.04 ± 0.07^a	7.14 ± 0.10^a
10 : 1	7.14 ± 0.13^a	7.18 ± 0.10^a	7.18 ± 0.06^a	7.14 ± 0.05^a	7.16 ± 0.08^a
12 : 1	7.20 ± 0.11^a	7.08 ± 0.07^a	7.17 ± 0.02^a	7.13 ± 0.05^a	7.15 ± 0.06^a
14 : 1	7.20 ± 0.07^a	7.01 ± 0.11^a	7.17 ± 0.04^a	7.15 ± 0.04^a	7.13 ± 0.06^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

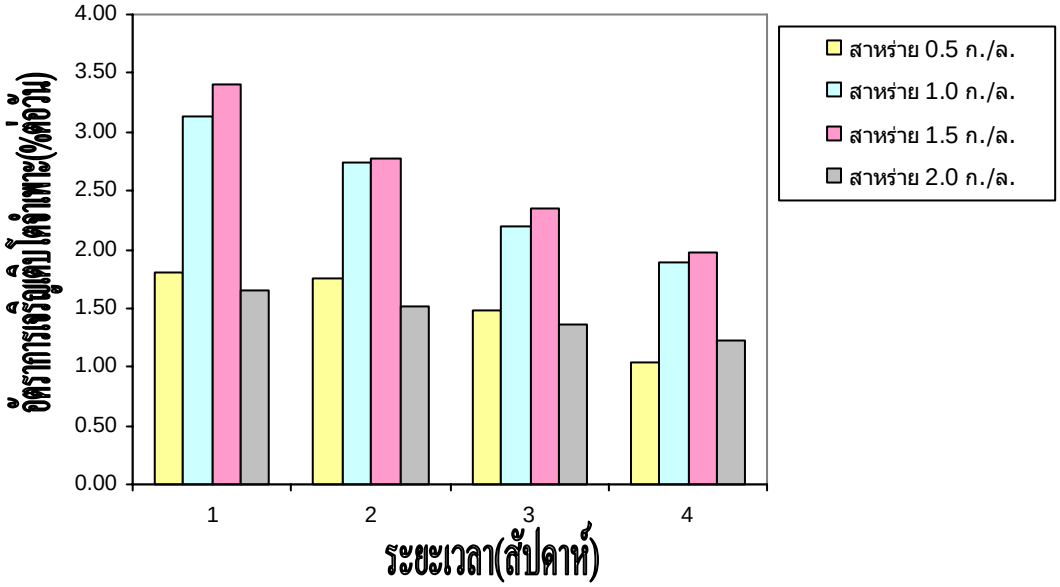
3.3 ระดับความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

ทดลองโดยเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าในน้ำปริมาตร 50 ลิตร ใส่ปุ๋ย KH_2PO_4 เป็นแหล่งของฟอสฟอรัส และปุ๋ย NH_4Cl เป็นแหล่งของไนโตรเจน ในอัตราส่วนเท่ากับ 12 : 1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ทำให้สาหร่ายมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุดจากการทดลองที่ 2 และปรับความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้าให้เท่ากับ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร เปลี่ยนน้ำหมดทุกสัปดาห์ เก็บตัวอย่างน้ำทั้งตอนก่อนและหลังเปลี่ยนน้ำใหม่

3.3.1 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้า

น้ำหนักของสาหร่ายคาบอมบ้ามีการเพิ่มขึ้นจากวันแรกทุกสัปดาห์ (ตารางภาคผนวกที่ 15) โดยสาหร่ายคาบอมบ้ามีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงสุดในความหนาแน่น 1.5 กรัม/ลิตร โดยมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 2.63 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1.0 กรัม/ลิตร โดยมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย 2.49 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน และมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย 1.52 ± 0.03 และ 1.44 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ (ภาพที่ 17 และตารางที่ 16)



ภาพที่ 17 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร เลี้ยงด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

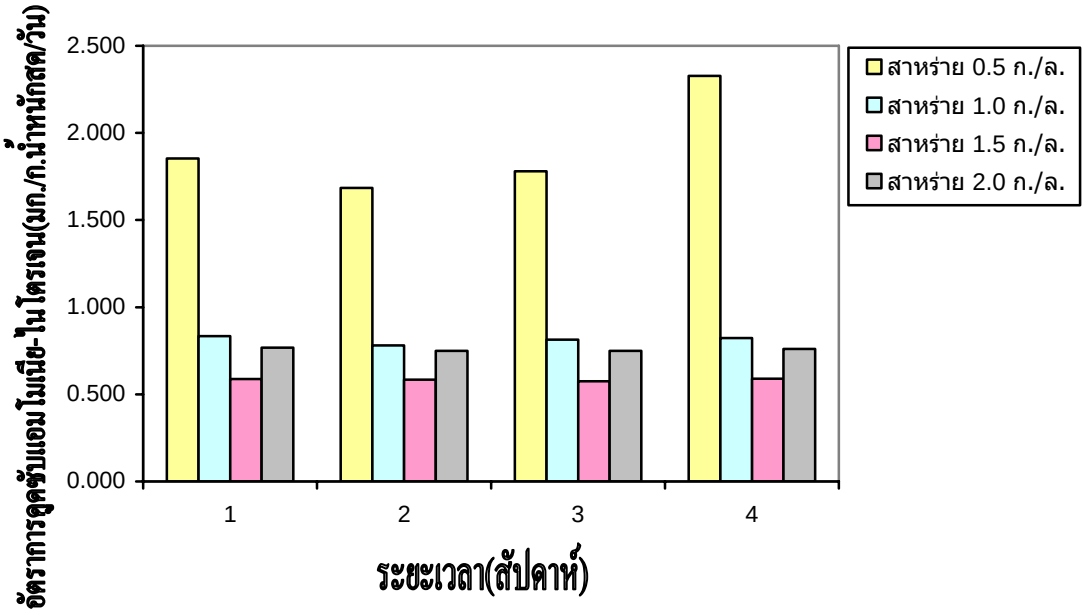
ตารางที่ 16 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้าซึ่งเลี้ยงที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 :1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (ก./ล.)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้า (%ต่อวัน)				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เฉลี่ย
0.5	1.80 ± 0.02^{a}	1.75 ± 0.03^{a}	1.48 ± 0.04^{a}	1.03 ± 0.03^{a}	1.52 ± 0.03^{a}
1.0	3.14 ± 0.03^{b}	2.74 ± 0.03^{b}	2.20 ± 0.02^{b}	1.89 ± 0.02^{b}	2.49 ± 0.03^{b}
1.5	3.41 ± 0.02^{b}	2.77 ± 0.04^{b}	2.35 ± 0.02^{b}	1.97 ± 0.03^{b}	2.63 ± 0.03^{b}
2.0	1.65 ± 0.03^{a}	1.51 ± 0.03^{a}	1.36 ± 0.04^{a}	1.23 ± 0.02^{a}	1.44 ± 0.03^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3.3.2 คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง

1) ปริมาณแอมโมเนียรวมในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของสัปดาห์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 16) โดยสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5 กรัม/ลิตร มีอัตราการดูดซับแอมโมเนีย ได้มากที่สุด 1.911 ± 0.010 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1.0, 2.0 และ 1.5 กรัม/ลิตร ซึ่งมีอัตราการดูดซับแอมโมเนีย 0.813 ± 0.010, 0.757 ± 0.009 และ 0.584 ± 0.008 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 18 และตารางที่ 17)



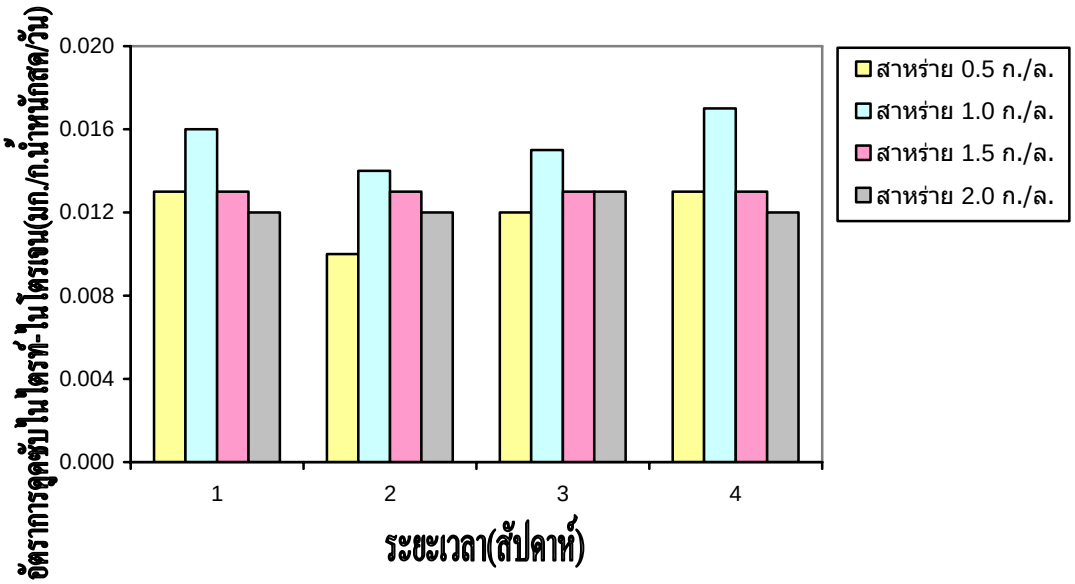
ภาพที่ 18 อัตราการดูดซับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 17 อัตราการดูดซับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (ก./ล.)	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
0.5	1.853 ± 0.012^{b}	1.684 ± 0.006^{b}	1.780 ± 0.016^{b}	2.327 ± 0.007^{b}	1.911 ± 0.010^{b}
1.0	0.834 ± 0.009^{a}	0.781 ± 0.012^{a}	0.814 ± 0.008^{a}	0.823 ± 0.010^{a}	0.813 ± 0.010^{a}
1.5	0.588 ± 0.004^{a}	0.585 ± 0.011^{a}	0.575 ± 0.007^{a}	0.590 ± 0.009^{a}	0.584 ± 0.008^{a}
2.0	0.768 ± 0.007^{a}	0.749 ± 0.008^{a}	0.750 ± 0.015^{a}	0.761 ± 0.005^{a}	0.757 ± 0.009^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2) ปริมาณไนไตรท์ในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของสัปดาห์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 17) โดยสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1.0 กรัม/ลิตร มีอัตราการดูดซับไนไตรท์ ได้มากที่สุด 0.016 ± 0.014 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน รองลงมาที่ความหนาแน่น 1.5, 0.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ซึ่งมีอัตราการดูดซับไนไตรท์ 0.013 ± 0.011, 0.012 ± 0.010 และ 0.012 ± 0.015 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 19 และตารางที่ 18)



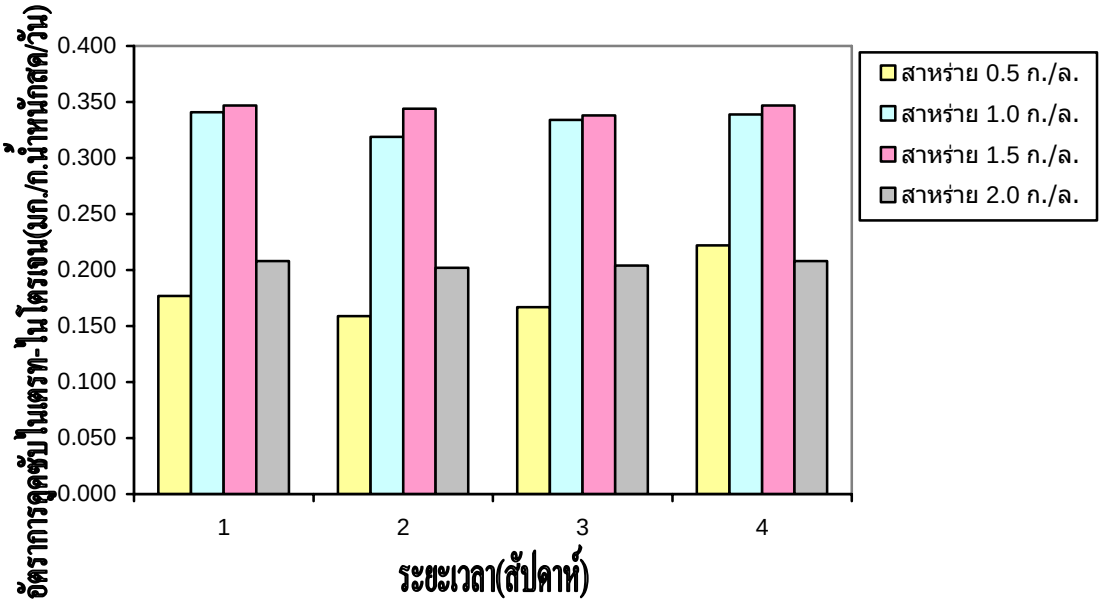
ภาพที่ 19 อัตราการดูดซับไนไตรท์-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 18 อัตราการดูดซับไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (ก./ล.)	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
0.5	0.013 ± 0.010^a	0.010 ± 0.009^a	0.012 ± 0.012^a	0.013 ± 0.009^a	0.012 ± 0.010^a
1.0	0.016 ± 0.025^a	0.014 ± 0.007^a	0.015 ± 0.009^a	0.017 ± 0.016^a	0.016 ± 0.014^a
1.5	0.013 ± 0.009^a	0.013 ± 0.010^a	0.013 ± 0.016^a	0.013 ± 0.008^a	0.013 ± 0.011^a
2.0	0.012 ± 0.017^a	0.012 ± 0.005^a	0.013 ± 0.020^a	0.012 ± 0.018^a	0.012 ± 0.015^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3) ปริมาณไนเตรทในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของสัปดาห์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 18) โดยสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1.5 กรัม/ลิตร มีอัตราการดูดซับไนเตรท ได้มากที่สุด 0.344 ± 0.012 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1.0 กรัม/ลิตร โดยมีอัตราการดูดซับไนเตรท 0.333 ± 0.012 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 2.0 และ 0.5 กรัม/ลิตร ซึ่งมีอัตราการดูดซับไนเตรท 0.205 ± 0.010 และ 0.181 ± 0.011 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 20 และตารางที่ 19)



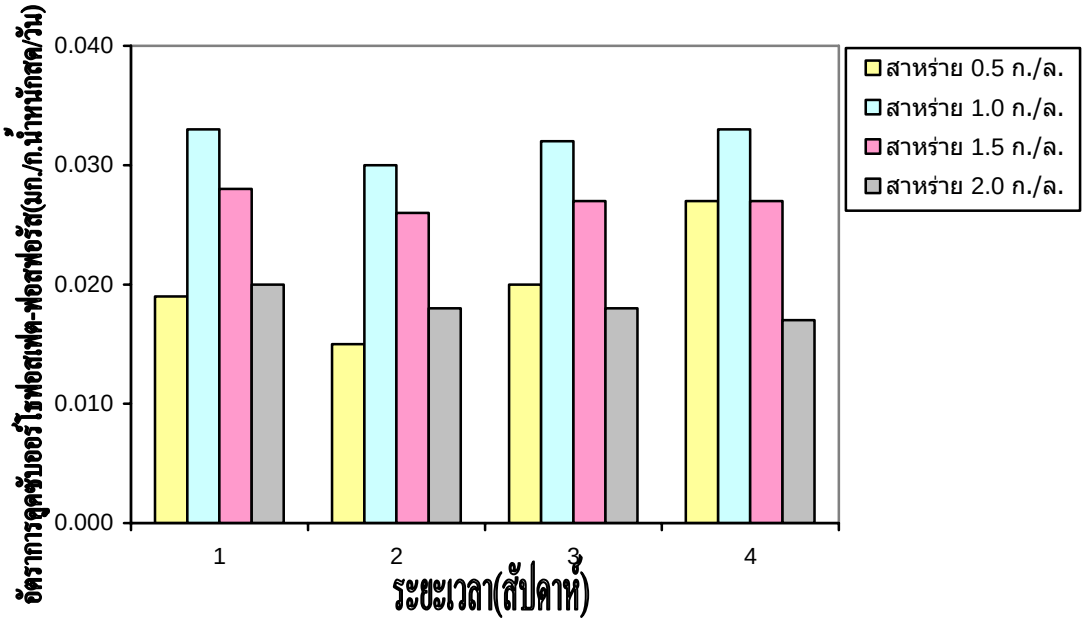
ภาพที่ 20 อัตราการดูดซับไนเตรท-ไนโตรเจน ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 19 อัตราการดูดซับไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (ก./ล.)	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
0.5	0.177 ± 0.010^{a}	0.159 ± 0.009^{a}	0.167 ± 0.020^{a}	0.222 ± 0.006^{a}	0.181 ± 0.011^{a}
1.0	0.341 ± 0.009^{b}	0.319 ± 0.012^{b}	0.334 ± 0.018^{b}	0.339 ± 0.010^{b}	0.333 ± 0.012^{b}
1.5	0.347 ± 0.016^{b}	0.344 ± 0.010^{b}	0.338 ± 0.009^{b}	0.347 ± 0.012^{b}	0.344 ± 0.012^{b}
2.0	0.208 ± 0.009^{a}	0.202 ± 0.010^{a}	0.204 ± 0.011^{a}	0.208 ± 0.011^{a}	0.205 ± 0.010^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4) ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในแต่ละชุดการทดลองลดลงจากวันแรกของสัปดาห์ที่เปลี่ยนถ่ายน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 19) โดยสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1.0 กรัม/ลิตร มีอัตราการดูดซับฟอสฟอรัส ได้มากที่สุด 0.032 ± 0.015 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน รองลงมาที่ความหนาแน่น 1.5, 0.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ซึ่งมีอัตราการดูดซับฟอสฟอรัส 0.027 ± 0.014, 0.020 ± 0.009 และ 0.018 ± 0.013 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพที่ 21 และตารางที่ 20)



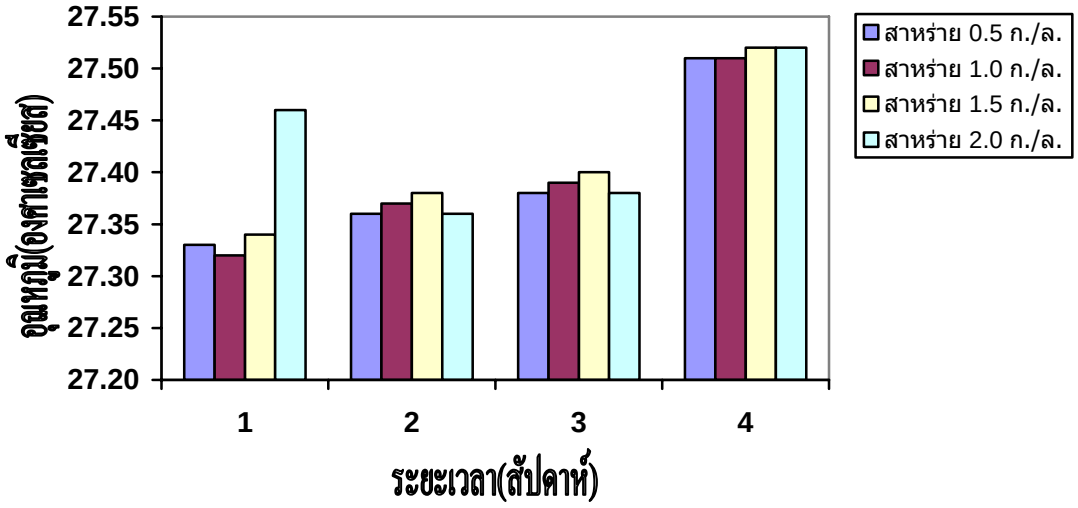
ภาพที่ 21 อัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 20 อัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (ก./ล.)	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
0.5	0.019 ± 0.013^a	0.015 ± 0.005^a	0.020 ± 0.007^a	0.027 ± 0.012^a	0.020 ± 0.009^a
1.0	0.033 ± 0.021^a	0.030 ± 0.010^a	0.032 ± 0.017^a	0.033 ± 0.013^a	0.032 ± 0.015^a
1.5	0.028 ± 0.015^a	0.026 ± 0.012^a	0.027 ± 0.014^a	0.027 ± 0.013^a	0.027 ± 0.014^a
2.0	0.020 ± 0.009^a	0.018 ± 0.010^a	0.018 ± 0.016^a	0.017 ± 0.015^a	0.018 ± 0.013^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5) อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์มีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางภาคผนวกที่ 20) อยู่ในช่วง 27.32 – 27.52 องศาเซลเซียส และในแต่ละชุดการทดลองอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงมาก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังภาพที่ 22 และตารางที่ 21



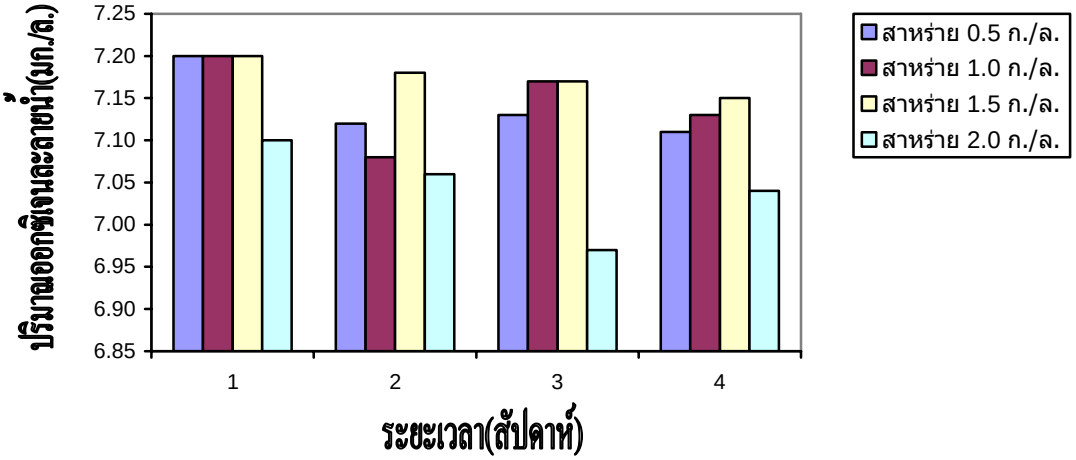
ภาพที่ 22 อุณหภูมิน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 21 อุณหภูมิในน้ำ (องศาเซลเซียส) ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (ก./ล.)	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
0.5	27.33 ± 0.13^{b}	27.36 ± 0.06^{b}	27.38 ± 0.04^{b}	27.51 ± 0.05^{b}	27.39 ± 0.07^{b}
1.0	27.32 ± 0.14^{a}	27.37 ± 0.06^{a}	27.39 ± 0.04^{a}	27.51 ± 0.07^{a}	27.40 ± 0.08^{a}
1.5	27.34 ± 0.13^{a}	27.38 ± 0.06^{a}	27.40 ± 0.05^{a}	27.52 ± 0.06^{a}	27.41 ± 0.07^{a}
2.0	27.46 ± 0.41^{a}	27.36 ± 0.05^{a}	27.38 ± 0.04^{a}	27.52 ± 0.06^{a}	27.43 ± 0.14^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์มีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางภาคผนวกที่ 21) อยู่ในช่วง 6.97 – 7.20 มิลลิกรัม/ลิตร และในแต่ละชุดการทดลองออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่เปลี่ยนแปลงมาก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังภาพที่ 23 และตารางที่ 22



ภาพที่ 23 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย, n = 3)

ตารางที่ 22 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (ก./ล.)	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
0.5	7.20 ± 0.09^{b}	7.12 ± 0.08^{b}	7.13 ± 0.02^{b}	7.11 ± 0.04^{b}	7.14 ± 0.06^{b}
1.0	7.20 ± 0.11^{a}	7.08 ± 0.07^{a}	7.17 ± 0.02^{a}	7.13 ± 0.05^{a}	7.15 ± 0.06^{a}
1.5	7.19 ± 0.07^{a}	7.18 ± 0.06^{a}	7.17 ± 0.05^{a}	7.15 ± 0.05^{a}	7.17 ± 0.06^{a}
2.0	7.10 ± 0.14^{a}	7.06 ± 0.06^{a}	6.97 ± 0.14^{a}	7.04 ± 0.02^{a}	7.04 ± 0.09^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

บทที่ 4

วิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 แหล่งของไนโตรเจนที่ทำให้สาหร่ายคาบอมบ้าเจริญเติบโตดีที่สุด

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้า ความหนาแน่น 1.0 กรัม/ลิตร ในแหล่งของไนโตรเจนที่ต่างกัน คือ ปุ๋ย NPK สูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$ ปุ๋ย NH_4Cl และปุ๋ย KNO_3 เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ในปุ๋ย NH_4Cl มีอัตราการดูดซับแอมโมเนียได้สูงสุด ในปุ๋ย NPK สูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) มีอัตราการดูดซับไนไตรท์และไนเตรทได้สูงสุด และในปุ๋ย KNO_3 มีอัตราการดูดซับออร์โธฟอสเฟตได้สูงสุดดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 อัตราการดูดซับธาตุอาหาร และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของสาหร่ายคาบอมบ้าที่เลี้ยงในแหล่งไนโตรเจนต่างกันเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ชนิดปุ๋ย	อัตราการดูดซับธาตุอาหาร (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน)				SGR
	แอมโมเนีย	ไนไตรท์	ไนเตรท	ออร์โธฟอสเฟต	(%ต่อวัน)
NPK สูตร 25-5-5	0.452 ± 0.008^{b}	0.038 ± 0.006^{b}	0.683 ± 0.012^{b}	0.026 ± 0.009^{a}	2.36 ± 0.03^{b}
$CO(NH_2)_2$	0.113 ± 0.010^{a}	0.019 ± 0.009^{a}	0.119 ± 0.013^{a}	0.022 ± 0.014^{a}	1.71 ± 0.03^{a}
NH_4Cl	0.789 ± 0.008^{c}	0.013 ± 0.009^{a}	0.298 ± 0.010^{a}	0.026 ± 0.008^{a}	2.36 ± 0.03^{b}
KNO_3	0.083 ± 0.007^{a}	0.018 ± 0.014^{a}	0.654 ± 0.015^{b}	0.028 ± 0.013^{a}	1.72 ± 0.02^{a}

การเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้าในแต่ละแหล่งของไนโตรเจนพบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้าในชุดที่ใช้ปุ๋ย NH_4Cl มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดดังตารางที่ 23 ซึ่งสาหร่ายที่เลี้ยงในปุ๋ยชนิดนี้มีอัตราการดูดซับแอมโมเนียได้มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Jampeetong และ Brix (2008) ได้ทำการทดลองเลี้ยง *Salvinia natans* ซึ่งเป็นพรรณไม้น้ำชนิดหนึ่ง เพื่อดูการเจริญเติบโต และลักษณะรูปร่างของพรรณไม้น้ำว่าไนโตรเจนในรูปแบบใดระหว่าง ไนเตรท แอมโมเนียม และแอมโมเนียมไนเตรท ที่ *S. natans* สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และมีลักษณะรูปร่างที่ดีที่สุด โดยเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศา

เซลเซียส และให้ KH_2PO_4 เป็นแหล่งของฟอสฟอรัส พบว่า *S. natans* เจริญเติบโตได้ดีที่สุดในการทดลองที่ให้ไนโตรเจนในรูปแบบ แอมโมเนียม แอมโมเนียมไนเตรท และ ไนเตรท ตามลำดับ พืชน้ำสามารถดูดซับแอมโมเนียได้ดีกว่าไนโตรเจนในรูปของ ไนไตรท์ ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟต โดยแอมโมเนียเป็นแหล่งปฐมภูมิของสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนของพืชน้ำเป็นส่วนใหญ่และสามารถนำแอมโมเนียเข้าสู่เซลล์ได้โดยตรง โดยพืชน้ำจะเลือกใช้สารประกอบไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียก่อนที่จะเลือกใช้ไนเตรท ส่วนการดูดซับไนเตรทเข้าสู่เซลล์ต้องอาศัยปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน ในการเปลี่ยนรูปไนเตรทเป็นไนไตรท์ และเปลี่ยนไนไตรท์เป็นแอมโมเนียเพื่อนำไปสังเคราะห์กรดอะมิโนและโปรตีนในการสร้างเซลล์ต่อไป สำหรับธาตุอาหารฟอสฟอรัสจัดเป็นธาตุอาหารที่พืชน้ำต้องการในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอาหารไนโตรเจน (มุกดา, 2532)

4.2 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้า

จากการศึกษาอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ที่ต่างกันพบว่าสาหร่ายคาบอมบ้ามีอัตราการดูดซับธาตุอาหารได้ดีที่สุดในอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 14 : 1 รองลงมาคือ 12 : 1, 10 : 1, 8 : 1 และ 6 : 1 ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 อัตราการดูดซับธาตุอาหาร และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้าที่เลี้ยงในน้ำที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ที่ต่างกันเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

อัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	อัตราการดูดซับธาตุอาหาร (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน)				SGR (%ต่อวัน)
	แอมโมเนีย	ไนไตรท์	ไนเตรท	ออร์โธฟอสเฟต	
6 : 1	0.593 ± 0.015^{a}	0.010 ± 0.013^{a}	0.350 ± 0.012^{a}	0.025 ± 0.009^{a}	0.52 ± 0.04^{a}
8 : 1	0.600 ± 0.011^{a}	0.009 ± 0.015^{a}	0.288 ± 0.013^{a}	0.026 ± 0.010^{a}	1.23 ± 0.03^{b}
10 : 1	0.677 ± 0.010^{a}	0.011 ± 0.012^{a}	0.313 ± 0.012^{a}	0.025 ± 0.010^{a}	1.79 ± 0.03^{c}
12 : 1	0.813 ± 0.010^{b}	0.016 ± 0.014^{a}	0.333 ± 0.012^{a}	0.032 ± 0.015^{a}	2.49 ± 0.03^{d}
14 : 1	0.881 ± 0.010^{b}	0.017 ± 0.013^{a}	0.365 ± 0.011^{a}	0.036 ± 0.013^{a}	2.20 ± 0.05^{d}

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายในแต่ละอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส พบว่า สาหร่ายคาบอมบ้าในชุดที่อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วน 14 : 1, 10 : 1, 8 : 1 และ 6 : 1 ดังตารางที่ 24 ในชุดที่อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 14 : 1 มีการตายของสาหร่ายเกิดขึ้นอาจเนื่องจากใช้ NH_4Cl ในปริมาณที่มากที่สุด และเป็นอัตราส่วนที่สาหร่ายดูดซับแอมโมเนียมากที่สุด ด้วยซึ่ง Waite และ Mitchell (1972) อ้างโดย Lobban และคณะ (1985) รายงานว่าแอมโมเนียที่สะสมในสาหร่ายสูงจะก่ออันตรายต่อสาหร่ายได้

4.3 ระดับความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

นอกจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมของสาหร่ายคาบอมบ้านั้นก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่ออัตราการดูดซับธาตุอาหาร และอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้า จึงทำการทดลองโดยนำสาหร่ายคาบอมบ้ามาเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 4 ระดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ชุดที่มีสาหร่ายคาบอมบ้าหนาแน่น 0.5 กรัม/ลิตร มีอัตราการดูดซับแอมโมเนียสูงสุด ชุดที่มีสาหร่ายคาบอมบ้าหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร มีอัตราการดูดซับไนไตรท์และออร์โธฟอสเฟตสูงสุด และชุดที่มีสาหร่ายคาบอมบ้าหนาแน่น 1.5 กรัม/ลิตร มีอัตราการดูดซับไนเตรทสูงสุด ดังตารางที่ 25 จากการทดลองพบว่าระดับความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้าที่ 2.0 กรัม/ลิตร ซึ่งเป็นระดับความหนาแน่นที่มีจำนวนรากพืชมากที่สุดในการทดลองมีอัตราการดูดซับธาตุอาหารต่ำกว่าชุดอื่นๆ เนื่องจากในระดับความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้าที่ 2.0 กรัม/ลิตร มีการตายของสาหร่ายเกิดขึ้นทำให้ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้าลดลง และไม่สอดคล้องกับการทดลองของวรรณี (2553) ที่ได้ทำการทดลองศึกษาอัตราการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของสาหร่ายข้าวเหนียวที่ความหนาแน่น 1.5, 2.5 และ 3.5 กรัม/ลิตร โดยเลี้ยงสาหร่ายข้าวเหนียวในน้ำจากการเลี้ยงปลาทองที่อัตราความหนาแน่น 1 ตัว/น้ำ 3 ลิตร พบว่าสาหร่ายข้าวเหนียวที่ความหนาแน่น 3.5 กรัม/ลิตร ซึ่งเป็นความหนาแน่นที่มีจำนวนรากพืชมากที่สุดสามารถดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้มากที่สุด โดยสามารถดูดซับแอมโมเนียรวมได้ 0.274 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน, ไนไตรท์ 0.549 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน, ไนเตรท 1.539 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน และออร์โธฟอสเฟต 0.194 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน ไพรพรรณ และคณะ (2534) รายงานว่าจำนวนรากของพืชน้ำนั้นมีผลอย่างยิ่งต่อความสามารถของพืชน้ำในการดูดซับธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโลหะหนัก

ตารางที่ 25 อัตราการดูดซับธาตุอาหาร และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายคาบอมบ้าในระดับความหนาแน่นต่างๆเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า(ก./ล.)	อัตราการดูดซับธาตุอาหาร (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด/วัน)				SGR (%ต่อวัน)
	แอมโมเนีย	ไนไตรท์	ไนเตรท	ออร์โธฟอสเฟต	
0.5	1.911 ± 0.010^{b}	0.012 ± 0.010^{a}	0.181 ± 0.011^{a}	0.020 ± 0.009^{a}	1.52 ± 0.03^{a}
1.0	0.813 ± 0.010^{a}	0.016 ± 0.014^{a}	0.333 ± 0.012^{b}	0.032 ± 0.015^{a}	2.49 ± 0.03^{b}
1.5	0.584 ± 0.008^{a}	0.013 ± 0.011^{a}	0.344 ± 0.012^{b}	0.027 ± 0.014^{a}	2.63 ± 0.03^{b}
2.0	0.757 ± 0.009^{a}	0.012 ± 0.015^{a}	0.205 ± 0.010^{a}	0.018 ± 0.013^{a}	1.44 ± 0.03^{a}

การเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้าในแต่ละระดับความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า พบว่า สาหร่ายคาบอมบ้าในชุดที่มีความหนาแน่น 1.5 กรัม/ลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด รองลงมาคือ 1.0 กรัม/ลิตร 0.5 กรัม/ลิตร และ 2.0 กรัม/ลิตร ดังตารางที่ 25 ดังนั้นระดับความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า เท่ากับ 1.5 ก./ล. จึงเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้ามากที่สุด เนื่องจากสาหร่ายคาบอมบ้ามีอัตราการดูดซับธาตุอาหาร และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 แหล่งของไนโตรเจนที่ทำให้สาหร่ายคาบอมบ้าเจริญเติบโตดีที่สุด

แหล่งของธาตุอาหารไนโตรเจนที่ทำให้สาหร่ายคาบอมบ้าเจริญเติบโตได้ดีที่สุดคือชุดที่ใช้ปุ๋ยสูตร 25-5-5 (ชุดควบคุม) และ ปุ๋ย NH_4Cl เป็นแหล่งไนโตรเจนโดยสาหร่ายคาบอมบ้ามีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงสุด 2.36 ± 0.03 % ต่อวัน รองลงมาคือชุดที่ใช้ ปุ๋ย KNO_3 และ $CO(NH_2)_2$ เป็นแหล่งไนโตรเจนโดยสาหร่ายคาบอมบ้ามีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย 1.72 ± 0.02 % ต่อวัน และ 1.71 ± 0.03 % ต่อวัน ตามลำดับ

5.2 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้า

อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ที่ทำให้สาหร่ายคาบอมบ้าเจริญเติบโตได้ดีที่สุดคือชุดที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 โดยสาหร่ายคาบอมบ้ามีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงสุด 2.49 ± 0.03 %ต่อวัน รองลงมาคือชุดที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 14 : 1, 10 : 1, 8 : 1 และ 6 : 1 โดยสาหร่ายคาบอมบ้ามีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย 2.20 ± 0.05 % ต่อวัน, 1.79 ± 0.03 % ต่อวัน, 1.23 ± 0.03 % ต่อวัน และ 0.52 ± 0.04 % ต่อวัน ตามลำดับ

5.3 ระดับความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

ระดับความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า ที่ทำให้สาหร่ายคาบอมบ้าเจริญเติบโตได้ดีที่สุดคือชุดที่มีระดับความหนาแน่น เท่ากับ 1.5 กรัม/ลิตร โดยสาหร่ายคาบอมบ้ามีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงสุด 2.63 ± 0.03 % ต่อวัน รองลงมาคือชุดที่มีระดับความหนาแน่นเท่ากับ 1.0, 0.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร โดยสาหร่ายคาบอมบ้ามีอัตราการเจริญเติบจำเพาะเฉลี่ย 2.49 ± 0.03 % ต่อวัน, 1.52 ± 0.03 % ต่อวัน และ 1.44 ± 0.03 % ต่อวันตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายคาบอมบ้าสามารถทำได้หลายวิธี เช่น

1. การหาน้ำหนักแห้งที่เพิ่มขึ้นโดยนำมาอบแห้งจนน้ำหนักคงที่แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
2. การหาน้ำหนักสดโดยนำมาซับน้ำแล้วชั่ง
3. วัดความสูงของลำต้น

ในการทดลองนี้ได้ใช้วิธีการหาน้ำหนักสดของสาหร่ายคาบอมบ้าวิธีเดียว ซึ่งอาจจะทำให้ได้ข้อมูลไม่สมบูรณ์ ดังนั้นควรมีการวัดผลอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายหลายๆวิธีเพื่อให้ได้ผลที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2545. พรรณไม้น้ำสวยงาม-สาหร่าย. เข้าถึงได้จาก http://www.dei.ac.th/index/content/farm_008.html. เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 กรกฎาคม 2551.

กาญจนรี พงษ์ฉวี. 2546. การปลูกพรรณไม้น้ำในแปลงเพาะพันธุ์. เข้าถึงได้จาก http://www.nicaonline.com. เข้าถึงเมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 2551.

ช่อทิพย์ อาธารมาศ. 2531. พรรณไม้น้ำของไทย. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

บุญยา คงคาลิหมีน. 2549. พรรณไม้น้ำ.... พันธุ์ไม้ประดับสายน้ำ. เข้าถึงได้จาก http://www.nicaonline.com/articles5/site/view_article.asp?idarticle=106. เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2551.

ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์. มปป. การปลูกและดูแลรักษาพรรณไม้น้ำ พรรณไม้เพื่อการส่งออก อนาคตตลาดสดใส. สำนักพิมพ์เพชรกะรัต. กรุงเทพฯ.

พัฒน์ พิชาน. 2550. สวนไม้น้ำ ศิลปะการจัดสวนในตู้ปลาด้วยพรรณไม้น้ำ. สำนักพิมพ์ไทยควอลิตี้บุ๊คส์. กรุงเทพฯ.

ไพรพรรณ เทียนทอง, โสภา อารีรัตน์ และสุชาติ อิงธรรมจิตร์. 2534. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำ แพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรียในบ่อเลี้ยงปลาดุก. รายงานสัมมนาวิชาการประจำปี 2534. กรมประมง หน้า. 243-254.

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ, วิไลวรรณ เหมศิริ, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และวรางคณา กาซัม. 2548. ผลของความเข้มแสงและคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำในตู้. รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาประมง สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ 1-4 กุมภาพันธ์ 2548. หน้า 294-301.

มยุรี พัฒโนทัย. 2551. พรรณไม้น้ำพืชเศรษฐกิจอนาคตไกลของไทย. เข้าถึงได้จาก http://www.nicaonline.com/articles5/site/view_article.asp?idarticle=110. เข้าถึงเมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 2551.

มุกดา สุขสมาน. 2532. การทดลองเบื้องต้นของการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานทอผ้าย่านรังสิตโดยใช้ผักตบชวา ธูปฤาษี และสาหร่าย. รายงานการรวบรวมรายงานทางวิชาการเรื่องการบำบัดและการกำจัดน้ำเสีย. เล่ม 2 ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อม 6 ขอนแก่น. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ.

ระพีพร เรืองช่วย. 2551. โครงการการเลี้ยงสาหร่ายผมนาง (Gracilaria spp.) เพื่อเป็นอาชีพทางเลือกใหม่สำหรับชาวประมงพื้นบ้านในอ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่. กรุงเทพฯ.

วรรณี กลับนวน. 2553. พืชน้ำชนิดที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาทอง (*Carassius auratus*) ในระบบปิด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศิริวรรณ คิดประเสริฐ. 2538. การใช้สาหร่ายทะเลลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา.

เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล. 2551. ร้อยพรรณพฤกษา พรรณไม้น้ำ. สำนักพิมพ์เศรษฐศิลป์. กรุงเทพฯ.

สมเกียรติ นาคโคตร. มปป. การเลี้ยง การเตรียมน้ำ. เข้าถึงได้จาก http://www.samud.com/aquarium/Pompadour/pompadour_takecare2.asp. เข้าถึงเมื่อวันที่ 13 พฤศจิกายน 2551.

สุกัญญา พริกจำรูญ. 2548. พรรณไม้น้ำพืชเศรษฐกิจอนาคตไกลของไทย. คู่มือการเพาะเลี้ยงและส่งออกพรรณไม้น้ำปลาสวยงาม. สำนักพิมพ์นีออนบุ๊ค มีเดีย. นนทบุรี.

อรทัย ศุกรียพงศ์. 2546. การแปลผลข้อมูลคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตร. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

อรุณี รอดลอย, สุจินต์ หนูขวัญ และวิไลวรรณ เหมศิริ. 2551. การศึกษาชนิดและการกระจายพันธุ์ของพรรณไม้น้ำในภาคกลางตอนบน. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาสถานแสดงพันธุ์น้ำจืด สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด กรมประมง.

อรุณี รอดลอย, คีรี กออนันตกุล, วันเพ็ญ มีนกาญจน์, วิชัย ก้องรัตนโกศล และวิไลวรรณ เหมศิริ. 2547. พรรณไม้น้ำไทยที่นิยมนำมาประดับตู้ปลา. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาสถานแสดงพันธุ์น้ำจืด สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด กรมประมง.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544. การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ. เอกสารประกอบการบรรยายการสัมมนากลยุทธ์การจัดการธาตุอาหารพืชสู่รายได้ที่ยั่งยืน. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อุไร จิรมงคลการ. 2548. คู่มือคนรักต้นไม้ พรรณไม้น้ำ. สำนักพิมพ์บ้านและสวน. กรุงเทพฯ.

Abella, S. 2004. Fanwort (*Cabomba caroliniana*). Available from http://www.dnr.metrokc.gov/wlr/waterres/smlakes/cabomba.htm. Accessed on 5 September 2008.

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. American Public Health Association. Washington, D.C.

Boyd, C.E. and Tucker, C.S. 1992. Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University. Alabama.

Cedergreen, N. and Madsen, T.V. 2003. Nitrate reductase activity in roots and shoots of aquatic macrophytes. Aquatic Botany 76: 203-212.

Cohen, R.A. and Fong, P. 2004. Nitrogen uptake and assimilation in *Enteromorpha intestinalis* (L)Link (Chlorophyta): using 15 N to determine preference during simultaneous pulses of nitrate and ammonia. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 309: 67-77.

Corzo, A. and Niell, F.X. 1994. Nitrate reductase activity and in vivo nitrate reduction rate in *Ulva rigida* illuminated by blue light. Marine Biology 120: 17-23.

Cui, H. and Heidorn, P.B. 2007. The reusability of induced knowledge for the automatic semantic markup of taxonomic descriptions. Journal of the American Society for Information Science and Technology 58: 133-149.

Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F test. Biometrics 11: 1-42.

Ellwood, N.T.W., Haile, S.M. and Whitton, B.A. 2008. Aquatic plant nutrients, moss phosphatase activities and tissue composition in four upland streams in northern England. Journal of Hydrology 350: 246-260.

Fuggi, A. 1993. Uptake and assimilation of nitrite in the acidophilic red alga *Cyanidium caldarium* Geitler. New Phytologist 125: 351- 360.

Gu, B. 2006. Environmental conditions and phosphorus removal in Florida lakes and wetlands inhabited by *Hydrilla verticillata* (Royle): Implications for invasive species management. Biological Invasions 8: 1569-1578.

Huovinen, P., Gomez, I. and Orostegui, M. 2007. Patterns and UV sensitivity of carbon anhydrase and nitrate reductase activities in south Pacific macroalgae. Marine Biology 151: 1813-1821.

Jampeetong, A. and Brix, H. 2008. 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.

Lobban, C. S., Harrison, P. J. and Duncan, M. J. 1985. The Physiological Ecology of Seaweeds. Cambridge University Press. Cambridge.

Olette, R., Couderchet, M., Biagianti, S. and Eullaffroy, P. 2007. Toxicity and removal of pesticides by selected aquatic plants. Chemosphere 70: 1414-1421.

Sampath, N.M. 1994. DIY-CO_2 and " Tetra Bells" . Available from http://www.thekrib.com/plants/ CO_2/ CO_2-level.html. Accessed on 20 July 2008.

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 Phytoecologica Sinica 28: 231-239.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดลอง

ตารางภาคผนวกที่ 1 น้ำหนักของสาหร่ายคาบอมบ้าที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการด้วยปุ๋ย 4 ชนิด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ชนิดปุ๋ยที่เป็นแหล่งไนโตรเจน	น้ำหนักของสาหร่ายคาบอมบ้า (กรัม)				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	50.00 ± 0.21^{a}	61.33 ± 0.53^{b}	72.98 ± 0.48^{b}	84.96 ± 0.56^{b}	96.81 ± 0.64^{b}
ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$	50.00 ± 0.19^{a}	57.79 ± 0.34^{a}	66.76 ± 0.25^{a}	74.33 ± 0.42^{a}	80.75 ± 0.52^{a}
ปุ๋ย NH_4Cl	50.00 ± 0.15^{a}	61.35 ± 0.41^{b}	73.25 ± 0.50^{b}	85.03 ± 0.44^{b}	96.94 ± 0.49^{b}
ปุ๋ย KNO_3	50.00 ± 0.17^{a}	58.10 ± 0.31^{a}	66.54 ± 0.42^{a}	74.08 ± 0.39^{a}	80.94 ± 0.38^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 2 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ชุดทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)							
	1		2		3		4	
	วันที่1	วันที่7	วันที่8	วันที่14	วันที่15	วันที่21	วันที่22	วันที่28
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	1.373 ± 0.001^{c}	0.643 ± 0.002^{b}	1.454 ± 0.002^{c}	0.713 ± 0.001^{c}	1.388 ± 0.007^{c}	0.632 ± 0.001^{b}	1.374 ± 0.002^{c}	0.642 ± 0.001^{b}
ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$	0.763 ± 0.002^{b}	0.754 ± 0.003^{b}	0.782 ± 0.004^{b}	0.472 ± 0.003^{b}	0.734 ± 0.005^{b}	0.653 ± 0.004^{b}	0.762 ± 0.003^{b}	0.654 ± 0.003^{b}
ปุ๋ย NH_4Cl	1.822 ± 0.001^{d}	0.523 ± 0.001^{b}	1.831 ± 0.004^{d}	0.552 ± 0.002^{bc}	1.821 ± 0.003^{d}	0.514 ± 0.002^{b}	1.822 ± 0.003^{d}	0.521 ± 0.002^{b}
ปุ๋ย KNO_3	0.273 ± 0.002^{a}	0.262 ± 0.004^{a}	0.264 ± 0.003^{a}	0.074 ± 0.001^{a}	0.263 ± 0.002^{a}	0.193 ± 0.003^{a}	0.263 ± 0.002^{a}	0.173 ± 0.002^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 3 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ชุดทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)							
	1		2		3		4	
	วันที่1	วันที่7	วันที่8	วันที่14	วันที่15	วันที่21	วันที่22	วันที่28
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	0.084 ± 0.002^{b}	0.022 ± 0.002^{a}	0.087 ± 0.004^{b}	0.025 ± 0.002^{b}	0.086 ± 0.003^{b}	0.023 ± 0.001^{a}	0.084 ± 0.002^{b}	0.022 ± 0.003^{a}
ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$	0.073 ± 0.003^{b}	0.069 ± 0.002^{b}	0.074 ± 0.002^{b}	0.034 ± 0.003^{c}	0.073 ± 0.004^{b}	0.054 ± 0.003^{b}	0.073 ± 0.003^{b}	0.053 ± 0.002^{b}
ปุ๋ย NH_4Cl	0.043 ± 0.001^{a}	0.022 ± 0.003^{a}	0.044 ± 0.003^{a}	0.023 ± 0.002^{b}	0.043 ± 0.005^{a}	0.023 ± 0.002^{a}	0.044 ± 0.003^{a}	0.023 ± 0.004^{a}
ปุ๋ย KNO_3	0.044 ± 0.002^{a}	0.038 ± 0.003^{a}	0.043 ± 0.003^{a}	0.007 ± 0.005^{a}	0.045 ± 0.002^{a}	0.029 ± 0.004^{a}	0.044 ± 0.002^{a}	0.025 ± 0.002^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 4 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ชุดทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)							
	1		2		3		4	
	วันที่1	วันที่7	วันที่8	วันที่14	วันที่15	วันที่21	วันที่22	วันที่28
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	1.682 ± 0.004^{c}	0.563 ± 0.002^{a}	1.685 ± 0.003^{c}	0.566 ± 0.003^{ab}	1.684 ± 0.003^{c}	0.566 ± 0.002^{a}	1.684 ± 0.002^{c}	0.563 ± 0.002^{a}
ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$	0.801 ± 0.003^{a}	0.773 ± 0.002^{b}	0.809 ± 0.004^{a}	0.577 ± 0.001^{ab}	0.803 ± 0.002^{a}	0.672 ± 0.003^{a}	0.801 ± 0.002^{a}	0.672 ± 0.002^{a}
ปุ๋ย NH_4Cl	1.095 ± 0.001^{b}	0.605 ± 0.003^{ab}	1.094 ± 0.001^{b}	0.606 ± 0.002^{b}	1.094 ± 0.003^{b}	0.605 ± 0.002^{a}	1.097 ± 0.003^{b}	0.604 ± 0.002^{a}
ปุ๋ย KNO_3	1.852 ± 0.003^{d}	1.723 ± 0.003^{c}	1.854 ± 0.003^{d}	0.415 ± 0.002^{a}	1.854 ± 0.004^{d}	1.314 ± 0.002^{b}	1.855 ± 0.002^{d}	1.113 ± 0.003^{b}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 5 ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ชุดทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)							
	1		2		3		4	
	วันที่1	วันที่7	วันที่8	วันที่14	วันที่15	วันที่21	วันที่22	วันที่28
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	0.156 ± 0.002^{a}	0.113 ± 0.002^{a}	0.159 ± 0.002^{a}	0.117 ± 0.001^{a}	0.155 ± 0.002^{a}	0.113 ± 0.002^{a}	0.156 ± 0.004^{a}	0.113 ± 0.003^{a}
ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$	0.154 ± 0.003^{a}	0.141 ± 0.004^{a}	0.156 ± 0.003^{a}	0.123 ± 0.002^{a}	0.154 ± 0.002^{a}	0.129 ± 0.003^{a}	0.153 ± 0.002^{a}	0.130 ± 0.001^{a}
ปุ๋ย NH_4Cl	0.157 ± 0.002^{a}	0.114 ± 0.003^{a}	0.159 ± 0.005^{a}	0.116 ± 0.002^{a}	0.158 ± 0.001^{a}	0.115 ± 0.003^{a}	0.156 ± 0.003^{a}	0.114 ± 0.002^{a}
ปุ๋ย KNO_3	0.155 ± 0.003^{a}	0.140 ± 0.002^{a}	0.154 ± 0.003^{a}	0.101 ± 0.003^{a}	0.157 ± 0.004^{a}	0.130 ± 0.002^{a}	0.158 ± 0.003^{a}	0.130 ± 0.003^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 6 อุณหภูมิน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ชุดทดลอง	อุณหภูมิ (°C)														
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	วันที่ 10	วันที่ 11	วันที่ 12	วันที่ 13	วันที่ 14
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	27.07	27.25	27.40	27.38	27.25	27.67	28.05	27.85	27.40	27.40	27.35	27.28	27.34	27.34	27.40
	±0.04	±0.06	±0.13	±0.10	±0.10	±0.02	±0.14	±0.06	±0.05	±0.12	±0.10	±0.05	±0.13	±0.07	±0.04
ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$	27.15	27.20	27.34	27.28	27.23	27.40	27.78	27.63	27.42	27.42	27.38	27.28	27.30	27.30	27.38
	±0.06	±0.10	±0.04	±0.07	±0.13	±0.03	±0.06	±0.05	±0.15	±0.12	±0.09	±0.05	±0.02	±0.10	±0.09
ปุ๋ย NH_4Cl	27.10	27.18	27.35	27.35	27.30	27.54	27.93	27.75	27.39	27.39	27.33	27.30	27.30	27.34	27.42
	±0.11	±0.08	±0.02	±0.15	±0.09	±0.14	±0.21	±0.15	±0.20	±0.14	±0.12	±0.05	±0.05	±0.12	±0.08
ปุ๋ย KNO_3	27.16	27.23	27.37	27.35	27.40	27.45	27.78	27.59	27.40	27.41	27.36	27.30	27.32	27.32	27.35
	±0.12	±0.09	±0.03	±0.02	±0.16	±0.21	±0.26	±0.05	±0.12	±0.08	±0.13	±0.04	±0.04	±0.12	±0.03

ตารางภาคผนวกที่ 6 (ต่อ)

ชุดทดลอง	อุณหภูมิ (°C)													
	วันที่ 15	วันที่ 16	วันที่ 17	วันที่ 18	วันที่ 19	วันที่ 20	วันที่ 21	วันที่ 22	วันที่ 23	วันที่ 24	วันที่ 25	วันที่ 26	วันที่ 27	วันที่ 28
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	27.38	27.35	27.28	27.34	27.34	27.40	27.25	27.40	27.38	27.35	27.28	27.34	27.34	27.34
	±0.08	±0.11	±0.02	±0.10	±0.03	±0.14	±0.20	±0.05	±0.05	±0.10	±0.04	±0.02	±0.23	±0.07
ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$	27.38	27.29	27.42	27.37	27.37	27.58	27.32	27.39	27.39	27.41	27.32	27.33	27.35	27.35
	±0.12	±0.05	±0.10	±0.22	±0.17	±0.12	±0.09	±0.13	±0.14	±0.04	±0.26	±0.18	±0.06	±0.13
ปุ๋ย NH_4Cl	27.40	27.38	27.38	27.35	27.36	27.48	27.36	27.36	27.35	27.36	27.36	27.35	27.32	27.33
	±0.19	±0.04	±0.13	±0.03	±0.13	±0.08	±0.06	±0.11	±0.14	±0.05	±0.05	±0.05	±0.17	±0.11
ปุ๋ย KNO_3	27.39	27.39	27.28	27.33	27.35	27.43	27.30	27.37	27.37	27.36	27.32	27.33	27.33	27.34
	±0.07	±0.06	±0.10	±0.07	±0.13	±0.11	±0.07	±0.11	±0.21	±0.11	±0.12	±0.06	±0.12	±0.10

ตารางภาคผนวกที่ 7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย 4 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ชุดทดลอง	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)														
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	วันที่ 10	วันที่ 11	วันที่ 12	วันที่ 13	วันที่ 14
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	7.17	7.16	7.16	7.16	7.20	7.24	7.24	7.25	7.29	7.31	7.33	7.35	7.34	7.35	7.38
	±0.17	±0.14	±0.10	±0.09	±0.13	±0.09	±0.09	±0.07	±0.04	±0.04	±0.04	±0.02	±0.04	±0.06	±0.05
ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$	7.04	7.07	7.07	7.10	7.14	7.15	7.17	7.19	7.18	7.21	7.22	7.24	7.24	7.26	7.28
	±0.16	±0.15	±0.15	±0.15	±0.17	±0.12	±0.13	±0.16	±0.14	±0.15	±0.16	±0.13	±0.09	±0.06	±0.05
ปุ๋ย NH_4Cl	7.21	7.25	7.28	7.30	7.36	7.37	7.37	7.35	7.38	7.36	7.34	7.34	7.33	7.34	7.32
	±0.23	±0.22	±0.16	±0.15	±0.13	±0.12	±0.08	±0.09	±0.07	±0.07	±0.05	±0.02	±0.04	±0.08	±0.09
ปุ๋ย KNO_3	7.10	7.12	7.16	7.19	7.21	7.25	7.24	7.27	7.28	7.30	7.32	7.32	7.34	7.34	7.35
	±0.14	±0.11	±0.10	±0.11	±0.10	±0.10	±0.10	±0.09	±0.06	±0.06	±0.05	±0.07	±0.03	±0.07	±0.07

ตารางภาคผนวกที่ 7 (ต่อ)

ชุดทดลอง	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)													
	วันที่ 15	วันที่ 16	วันที่ 17	วันที่ 18	วันที่ 19	วันที่ 20	วันที่ 21	วันที่ 22	วันที่ 23	วันที่ 24	วันที่ 25	วันที่ 26	วันที่ 27	วันที่ 28
ปุ๋ยสูตร 25-5-5	7.40	7.37	7.32	7.27	7.21	7.21	7.22	7.21	7.21	7.20	7.17	7.12	7.10	7.08
	±0.05	±0.08	±0.11	±0.18	±0.25	±0.22	±0.12	±0.12	±0.12	±0.11	±0.16	±0.12	±0.09	±0.08
ปุ๋ย $CO(NH_2)_2$	7.31	7.31	7.31	7.32	7.32	7.29	7.25	7.24	7.22	7.19	7.16	7.14	7.11	7.04
	±0.04	±0.04	±0.04	±0.09	±0.16	±0.17	±0.13	±0.11	±0.11	±0.10	±0.09	±0.07	±0.07	±0.02
ปุ๋ย NH_4Cl	7.35	7.31	7.28	7.28	7.20	7.19	7.19	7.16	7.16	7.16	7.17	7.18	7.17	7.14
	±0.08	±0.12	±0.14	±0.12	±0.19	±0.16	±0.12	±0.12	±0.08	±0.04	±0.06	±0.06	±0.07	±0.09
ปุ๋ย KNO_3	7.38	7.40	7.37	7.36	7.36	7.38	7.38	7.40	7.37	7.34	7.33	7.31	7.28	7.24
	±0.05	±0.05	±0.04	±0.04	±0.06	±0.07	±0.06	±0.06	±0.05	±0.06	±0.06	±0.04	±0.04	±0.04

ตารางภาคผนวกที่ 8 น้ำหนักของสาหร่ายคาบอมบ้าซึ่งเลี้ยงที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

อัตราส่วนของ	น้ำหนักของสาหร่ายคาบอมบ้า (กรัม)				
ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
6 : 1	50.00 ± 0.14[a]	52.02 ± 0.43[a]	54.02 ± 0.44[a]	55.89 ± 0.26[a]	57.91 ± 0.27[a]
8 : 1	50.00 ± 0.21[a]	55.05 ± 0.36[b]	60.25 ± 0.47[b]	65.28 ± 0.33[b]	70.65 ± 0.37[b]
10 : 1	50.00 ± 0.23[a]	58.08 ± 0.53[b]	66.35 ± 0.38[b]	74.55 ± 0.35[b]	82.57 ± 0.43[b]
12 : 1	50.00 ± 0.19[a]	62.30 ± 0.28[c]	75.46 ± 0.57[c]	88.05 ± 0.28[c]	100.49 ± 0.21[c]
14 : 1	50.00 ± 0.17[a]	60.44 ± 0.39[b]	70.86 ± 0.47[b]	81.51 ± 0.36[b]	92.53 ± 0.37[b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 9 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

อัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)							
	1		2		3		4	
	วันที่1	วันที่7	วันที่8	วันที่14	วันที่15	วันที่21	วันที่22	วันที่28
6 : 1	0.997 ± 0.008[a]	0.835 ± 0.009[b]	0.999 ± 0.010[a]	0.829 ± 0.004[b]	1.004 ± 0.012[a]	0.848 ± 0.021[b]	0.999 ± 0.005[a]	0.830 ± 0.011[b]
8 : 1	1.330 ± 0.005[b]	0.893 ± 0.012[b]	1.333 ± 0.008[b]	0.896 ± 0.010[b]	1.326 ± 0.005[b]	0.890 ± 0.009[b]	1.321 ± 0.007[b]	0.898 ± 0.017[b]
10 : 1	1.662 ± 0.022[c]	0.886 ± 0.008[b]	1.660 ± 0.006[c]	0.889 ± 0.007[b]	1.656 ± 0.008[c]	0.890 ± 0.005[b]	1.657 ± 0.016[c]	0.883 ± 0.010[b]
12 : 1	1.988 ± 0.016[d]	0.551 ± 0.009[a]	1.983 ± 0.007[d]	0.545 ± 0.012[a]	1.991 ± 0.021[d]	0.556 ± 0.005[a]	1.994 ± 0.010[d]	0.560 ± 0.009[a]
14 : 1	2.307 ± 0.013[e]	0.994 ± 0.004[b]	2.300 ± 0.009[e]	0.990 ± 0.010[b]	2.310 ± 0.014[e]	0.997 ± 0.013[b]	2.309 ± 0.007[e]	1.002 ± 0.008[b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 10 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)							
	1		2		3		4	
	วันที่1	วันที่7	วันที่8	วันที่14	วันที่15	วันที่21	วันที่22	วันที่28
6 : 1	0.024 ± 0.007[a]	0.021 ± 0.012[a]	0.026 ± 0.008[a]	0.022 ± 0.022[a]	0.021 ± 0.009[a]	0.020 ± 0.004[a]	0.023 ± 0.004[a]	0.020 ± 0.012[a]
8 : 1	0.031 ± 0.005[a]	0.025 ± 0.009[a]	0.033 ± 0.012[a]	0.026 ± 0.006[a]	0.033 ± 0.022[a]	0.026± 0.007[a]	0.031 ± 0.007[a]	0.024 ± 0.006[a]
10 : 1	0.039 ± 0.012[a]	0.027 ± 0.006[a]	0.038 ± 0.004[a]	0.025 ± 0.007[a]	0.039 ± 0.003[a]	0.027 ± 0.008[a]	0.040 ± 0.013[a]	0.028 ± 0.011[a]
12 : 1	0.047 ± 0.003[a]	0.019 ± 0.018[a]	0.046 ± 0.009[a]	0.020 ± 0.012[a]	0.048 ± 0.007[a]	0.021 ± 0.003[a]	0.048 ± 0.006[a]	0.019 ± 0.012[a]
14 : 1	0.055 ± 0.021[a]	0.029 ± 0.005[a]	0.054 ± 0.010[a]	0.029 ± 0.009[a]	0.054 ± 0.003[a]	0.028 ± 0.015[a]	0.053 ± 0.007[a]	0.030 ± 0.009[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 11 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

อัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)							
	1		2		3		4	
	วันที่1	วันที่7	วันที่8	วันที่14	วันที่15	วันที่21	วันที่22	วันที่28
6 : 1	0.597 ± 0.012^{a}	0.499 ± 0.023^{a}	0.599 ± 0.009^{a}	0.501 ± 0.018^{a}	0.597 ± 0.010^{a}	0.503 ± 0.011^{a}	0.599 ± 0.017^{a}	0.502 ± 0.022^{a}
8 : 1	0.796 ± 0.007^{b}	0.594 ± 0.005^{ab}	0.795 ± 0.011^{b}	0.589 ± 0.012^{a}	0.796 ± 0.008^{b}	0.584 ± 0.021^{a}	0.796 ± 0.013^{b}	0.585 ± 0.009^{a}
10 : 1	0.995 ± 0.008^{c}	0.632 ± 0.010^{b}	0.995 ± 0.015^{c}	0.640 ± 0.009^{b}	0.997 ± 0.012^{c}	0.642 ± 0.009^{b}	0.996 ± 0.006^{c}	0.640 ± 0.014^{b}
12 : 1	1.195 ± 0.005^{d}	0.607 ± 0.016^{b}	1.194 ± 0.016^{d}	0.607 ± 0.024^{b}	1.194 ± 0.008^{d}	0.606 ± 0.012^{b}	1.197 ± 0.010^{d}	0.607 ± 0.012^{b}
14 : 1	1.394 ± 0.004^{e}	0.848 ± 0.014^{c}	1.395 ± 0.009^{e}	0.850 ± 0.011^{c}	1.395 ± 0.010^{e}	0.853 ± 0.012^{c}	1.394 ± 0.009^{e}	0.853 ± 0.010^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 12 ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)							
	1		2		3		4	
	วันที่1	วันที่7	วันที่8	วันที่14	วันที่15	วันที่21	วันที่22	วันที่28
6 : 1	0.086 ± 0.009^{a}	0.079 ± 0.014^{a}	0.084 ± 0.005^{a}	0.078 ± 0.009^{a}	0.086 ± 0.010^{a}	0.078 ± 0.005^{a}	0.086 ± 0.016^{a}	0.079 ± 0.010^{a}
8 : 1	0.114 ± 0.012^{b}	0.095 ± 0.011^{a}	0.113 ± 0.010^{b}	0.094 ± 0.012^{a}	0.115 ± 0.005^{b}	0.097 ± 0.009^{a}	0.114 ± 0.010^{b}	0.095 ± 0.015^{a}
10 : 1	0.143 ± 0.009^{c}	0.115 ± 0.021^{b}	0.145 ± 0.010^{c}	0.116 ± 0.014^{b}	0.143 ± 0.009^{c}	0.115 ± 0.014^{b}	0.143 ± 0.011^{c}	0.114 ± 0.016^{b}
12 : 1	0.171 ± 0.010^{d}	0.115 ± 0.009^{b}	0.170 ± 0.005^{d}	0.114 ± 0.011^{b}	0.171 ± 0.015^{d}	0.114 ± 0.018^{b}	0.172 ± 0.008^{d}	0.115 ± 0.009^{b}
14 : 1	0.199 ± 0.018^{e}	0.145 ± 0.010^{c}	0.199 ± 0.008^{e}	0.146 ± 0.022^{c}	0.200 ± 0.010^{e}	0.146 ± 0.010^{c}	0.199 ± 0.014^{e}	0.145 ± 0.011^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 13 อุณหภูมิน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

อัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	อุณหภูมิ (°C)														
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	วันที่ 10	วันที่ 11	วันที่ 12	วันที่ 13	วันที่ 14
6 :1	27.10	27.15	27.23	27.36	27.26	27.54	27.38	27.43	27.39	27.40	27.34	27.28	27.28	27.32	27.47
	±0.11	±0.06	±0.06	±0.17	±0.04	±0.03	±0.12	±0.05	±0.23	±0.25	±0.13	±0.03	±0.05	±0.12	±0.06
8 : 1	27.15	27.21	27.24	27.35	27.26	27.48	27.36	27.40	27.40	27.44	27.38	27.27	27.26	27.32	27.45
	±0.08	±0.07	±0.12	±0.04	±0.02	±0.16	±0.07	±0.05	±0.11	±0.17	±0.03	±0.02	±0.07	±0.14	±0.06
10 : 1	27.12	27.20	27.25	27.38	27.25	27.50	27.40	27.40	27.36	27.38	27.38	27.28	27.30	27.34	27.39
	±0.06	±0.05	±0.04	±0.09	±0.09	±0.23	±0.12	±0.05	±0.06	±0.11	±0.09	±0.02	±0.11	±0.09	±0.04
12 : 1	27.12	27.17	27.25	27.36	27.25	27.54	27.40	27.45	27.43	27.43	27.38	27.30	27.28	27.34	27.40
	±0.04	±0.04	±0.03	±0.07	±0.07	±0.12	±0.06	±0.11	±0.09	±0.03	±0.03	±0.10	±0.10	±0.05	±0.03
14 : 1	27.14	27.20	27.26	27.38	27.30	27.49	27.42	27.42	27.40	27.43	27.35	27.28	27.32	27.32	27.43
	±0.08	±0.05	±0.06	±0.09	±0.09	±0.12	±0.06	±0.05	±0.20	±0.11	±0.09	±0.04	±0.06	±0.05	±0.06

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	อุณหภูมิ (°C)													
	วันที่ 15	วันที่ 16	วันที่ 17	วันที่ 18	วันที่ 19	วันที่ 20	วันที่ 21	วันที่ 22	วันที่ 23	วันที่ 24	วันที่ 25	วันที่ 26	วันที่ 27	วันที่ 28
6 :1	27.38	27.35	27.35	27.43	27.42	27.40	27.51	27.53	27.64	27.48	27.50	27.46	27.46	27.43
	±0.07	±0.13	±0.04	±0.10	±0.05	±0.02	±0.07	±0.06	±0.12	±0.09	±0.05	±0.17	±0.04	±0.06
8 : 1	27.40	27.36	27.34	27.34	27.38	27.42	27.49	27.50	27.57	27.50	27.50	27.45	27.45	27.45
	±0.05	±0.04	±0.15	±0.07	±0.04	±0.15	±0.09	±0.12	±0.04	±0.16	±0.14	±0.06	±0.22	±0.07
10 : 1	27.39	27.37	27.29	27.32	27.40	27.42	27.48	27.48	27.58	27.53	27.53	27.48	27.46	27.46
	±0.07	±0.07	±0.10	±0.04	±0.11	±0.11	±0.06	±0.05	±0.21	±0.15	±0.18	±0.09	±0.09	±0.05
12 : 1	27.38	27.35	27.36	27.40	27.38	27.40	27.46	27.46	27.63	27.56	27.54	27.48	27.48	27.45
	±0.05	±0.12	±0.05	±0.06	±0.10	±0.13	±0.09	±0.09	±0.06	±0.03	±0.24	±0.05	±0.06	±0.04
14 : 1	27.40	27.38	27.30	27.34	27.42	27.42	27.50	27.49	27.53	27.53	27.50	27.50	27.49	27.48
	±0.03	±0.10	±0.04	±0.04	±0.05	±0.11	±0.09	±0.12	±0.04	±0.09	±0.09	±0.15	±0.09	±0.07

ตารางภาคผนวกที่ 14 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 1 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 6 :1, 8 : 1, 10 : 1, 12 : 1 และ 14 : 1 ในช่วงระยะเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

อัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)														
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	วันที่ 10	วันที่ 11	วันที่ 12	วันที่ 13	วันที่ 14
6 : 1	7.01	7.15	7.27	7.20	7.54	7.32	7.43	7.24	7.16	7.20	7.20	7.26	7.05	7.19	7.22
	±0.18	±0.15	±0.12	±0.05	±0.10	±0.09	±0.06	±0.06	±0.23	±0.18	±0.12	±0.07	±0.03	±0.04	±0.11
8 : 1	7.12	7.17	7.21	7.27	7.43	7.33	7.29	7.31	7.45	7.20	6.95	6.98	7.04	7.11	7.11
	±0.08	±0.05	±0.02	±0.09	±0.09	±0.11	±0.13	±0.04	±0.04	±0.17	±0.12	±0.12	±0.06	±0.05	±0.18
10 : 1	6.89	7.00	7.15	7.12	7.24	7.25	7.25	7.19	7.29	7.32	7.21	7.11	7.08	7.12	7.12
	±0.04	±0.06	±0.12	±0.06	±0.21	±0.05	±0.06	±0.03	±0.08	±0.05	±0.13	±0.13	±0.09	±0.06	±0.07
12 : 1	7.06	7.14	7.20	7.15	7.45	7.23	7.22	7.17	7.09	6.95	7.02	7.15	7.15	7.12	7.08
	±0.11	±0.08	±0.12	±0.05	±0.12	±0.04	±0.04	±0.05	±0.12	±0.11	±0.07	±0.10	±0.02	±0.04	±0.08
14 : 1	7.11	7.14	7.23	7.15	7.21	7.33	7.19	7.20	7.06	6.83	6.88	7.04	7.07	7.12	7.09
	±0.05	±0.05	±0.10	±0.08	±0.05	±0.04	±0.05	±0.02	±0.22	±0.14	±0.08	±0.09	±0.10	±0.05	±0.15

ตารางภาคผนวกที่ 14 (ต่อ)

อัตราส่วนของ ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)													
	วันที่ 15	วันที่ 16	วันที่ 17	วันที่ 18	วันที่ 19	วันที่ 20	วันที่ 21	วันที่ 22	วันที่ 23	วันที่ 24	วันที่ 25	วันที่ 26	วันที่ 27	วันที่ 28
6 :1	7.18	7.19	7.09	7.12	7.10	7.00	7.02	7.05	6.93	6.84	6.91	7.01	7.12	7.12
	±0.04	±0.12	±0.10	±0.09	±0.09	±0.10	±0.06	±0.04	±0.02	±0.02	±0.09	±0.12	±0.16	±0.12
8 : 1	7.10	7.20	7.22	7.19	7.15	7.10	7.12	7.12	7.07	7.05	6.98	6.94	7.00	7.11
	±0.16	±0.08	±0.08	±0.10	±0.16	±0.09	±0.03	±0.05	±0.05	±0.03	±0.12	±0.05	±0.15	±0.09
10 : 1	7.10	7.09	7.21	7.26	7.19	7.19	7.22	7.20	7.18	7.18	7.15	7.12	7.09	7.07
	±0.06	±0.14	±0.09	±0.09	±0.08	±0.13	±0.14	±0.11	±0.09	±0.13	±0.15	±0.12	±0.05	±0.02
12 : 1	7.15	7.20	7.19	7.19	7.16	7.16	7.16	7.17	7.18	7.17	7.14	7.10	7.06	7.10
	±0.15	±0.09	±0.12	±0.19	±0.09	±0.12	±0.06	±0.05	±0.09	±0.05	±0.05	±0.16	±0.06	±0.10
14 : 1	7.11	7.15	7.12	7.19	7.19	7.20	7.20	7.21	7.19	7.15	7.15	7.12	7.12	7.11
	±0.21	±0.09	±0.08	±0.02	±0.18	±0.05	±0.04	±0.10	±0.06	±0.12	±0.06	±0.04	±0.09	±0.10

ตารางภาคผนวกที่ 15 น้ำหนักของสาหร่ายคาบอมบ้าซึ่งเลี้ยงที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (กรัม/ลิตร)	น้ำหนักของสาหร่ายคาบอมบ้า (กรัม)				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0.5	25.00 ± 0.32^a	28.35 ± 0.34^a	32.04 ± 0.53^a	35.54 ± 0.33^a	38.21 ± 0.42^a
1.0	50.00 ± 0.25^b	62.30 ± 0.28^b	75.46 ± 0.57^b	88.05 ± 0.28^b	100.49 ± 0.21^b
1.5	75.00 ± 0.22^b	95.25 ± 0.36^b	115.65 ± 0.32^b	136.32 ± 0.47^b	156.53 ± 0.35^b
2.0	100.00 ± 0.31^c	112.21 ± 0.42^c	124.76 ± 0.36^c	137.24 ± 0.45^c	149.54 ± 0.43^c

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 16 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (ก./ล.)	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)							
	1		2		3		4	
	วันที่1	วันที่7	วันที่8	วันที่14	วันที่15	วันที่21	วันที่22	วันที่28
0.5	1.986 ± 0.012^{a}	1.117 ± 0.010^{c}	1.987 ± 0.018^{a}	1.117 ± 0.009^{c}	1.992 ± 0.014^{a}	1.120 ± 0.010^{c}	1.989 ± 0.012^{a}	1.119 ± 0.009^{c}
1.0	1.988 ± 0.016^{a}	0.551 ± 0.009^{b}	1.983 ± 0.007^{a}	0.545 ± 0.012^{b}	1.991 ± 0.021^{a}	0.556 ± 0.005^{b}	1.994 ± 0.010^{a}	0.560 ± 0.009^{b}
1.5	1.984 ± 0.021^{a}	0.318 ± 0.015^{a}	1.990 ± 0.018^{a}	0.320 ± 0.012^{a}	1.988 ± 0.010^{a}	0.317 ± 0.009^{a}	1.988 ± 0.011^{a}	0.319 ± 0.013^{a}
2.0	1.988 ± 0.010^{a}	0.676 ± 0.014^{b}	1.985 ± 0.020^{a}	0.675 ± 0.015^{b}	1.989 ± 0.019^{a}	0.678 ± 0.011^{b}	1.991 ± 0.010^{a}	0.680 ± 0.019^{b}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 17 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (ก./ล.)	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)							
	1		2		3		4	
	วันที่1	วันที่7	วันที่8	วันที่14	วันที่15	วันที่21	วันที่22	วันที่28
0.5	0.046 ± 0.007^{a}	0.040 ± 0.021^{d}	0.046 ± 0.010^{a}	0.041 ± 0.005^{d}	0.047 ± 0.013^{a}	0.041 ± 0.011^{c}	0.046 ± 0.009^{a}	0.041 ± 0.016^{d}
1.0	0.047 ± 0.003^{a}	0.019 ± 0.018^{b}	0.046 ± 0.009^{a}	0.020 ± 0.012^{b}	0.048 ± 0.007^{a}	0.021 ± 0.003^{b}	0.048 ± 0.006^{a}	0.019 ± 0.012^{b}
1.5	0.047 ± 0.009^{a}	0.011 ± 0.014^{a}	0.047 ± 0.009^{a}	0.010 ± 0.011^{a}	0.048 ± 0.009^{a}	0.011 ± 0.003^{a}	0.046 ± 0.004^{a}	0.010 ± 0.010^{a}
2.0	0.045 ± 0.012^{a}	0.025 ± 0.009^{c}	0.047 ± 0.011^{a}	0.026 ± 0.022^{c}	0.047 ± 0.006^{a}	0.025 ± 0.005^{b}	0.048 ± 0.007^{a}	0.027 ± 0.011^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 18 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (ก./ล.)	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)							
	1		2		3		4	
	วันที่1	วันที่7	วันที่8	วันที่14	วันที่15	วันที่21	วันที่22	วันที่28
0.5	1.196 ± 0.006^{a}	1.113 ± 0.009^{d}	1.199 ± 0.012^{a}	1.117 ± 0.010^{d}	1.195 ± 0.008^{a}	1.113 ± 0.015^{d}	1.196 ± 0.009^{a}	1.113 ± 0.010^{d}
1.0	1.195 ± 0.005^{a}	0.607 ± 0.016^{b}	1.194 ± 0.016^{a}	0.607 ± 0.024^{b}	1.194 ± 0.008^{a}	0.606 ± 0.012^{b}	1.197 ± 0.010^{a}	0.607 ± 0.012^{b}
1.5	1.197 ± 0.007^{a}	0.214 ± 0.013^{a}	1.199 ± 0.009^{a}	0.216 ± 0.009^{a}	1.198 ± 0.004^{a}	0.215 ± 0.013^{a}	1.196 ± 0.011^{a}	0.214 ± 0.013^{a}
2.0	1.195 ± 0.012^{a}	0.840 ± 0.019^{c}	1.194 ± 0.010^{a}	0.841 ± 0.013^{c}	1.197 ± 0.021^{a}	0.840 ± 0.012^{c}	1.198 ± 0.005^{a}	0.840 ± 0.009^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 19 ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ตรวจวัดได้ในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (ก./ล.)	ระยะเวลาการทดลอง (สัปดาห์)							
	1		2		3		4	
	วันที่1	วันที่7	วันที่8	วันที่14	วันที่15	วันที่21	วันที่22	วันที่28
0.5	0.172 ± 0.012^{a}	0.163 ± 0.008^{d}	0.169 ± 0.011^{a}	0.161 ± 0.011^{d}	0.175 ± 0.022^{a}	0.165 ± 0.014^{d}	0.173 ± 0.010^{a}	0.163 ± 0.013^{d}
1.0	0.171 ± 0.010^{a}	0.115 ± 0.009^{b}	0.170 ± 0.005^{a}	0.114 ± 0.011^{b}	0.171 ± 0.015^{a}	0.114 ± 0.018^{b}	0.172 ± 0.008^{a}	0.115 ± 0.009^{b}
1.5	0.172 ± 0.009^{a}	0.094 ± 0.009^{a}	0.171 ± 0.005^{a}	0.096 ± 0.012^{a}	0.174 ± 0.021^{a}	0.095 ± 0.009^{a}	0.170 ± 0.018^{a}	0.094 ± 0.009^{a}
2.0	0.175 ± 0.014^{a}	0.140 ± 0.004^{c}	0.172 ± 0.009^{a}	0.141 ± 0.013^{c}	0.171 ± 0.014^{a}	0.139 ± 0.012^{c}	0.170 ± 0.009^{a}	0.140 ± 0.013^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในระยะเวลาเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 20 อุณหภูมิในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (ก./ล.)	อุณหภูมิ (°C)														
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	วันที่ 10	วันที่ 11	วันที่ 12	วันที่ 13	วันที่ 14
0.5	27.10	27.20	27.38	27.38	27.28	27.50	27.39	27.43	27.43	27.40	27.38	27.29	27.29	27.32	27.38
	±0.03	±0.05	±0.05	±0.12	±0.03	±0.21	±0.02	±0.05	±0.06	±0.04	±0.03	±0.04	±0.04	±0.06	±0.05
1.0	27.12	27.17	27.25	27.36	27.25	27.54	27.40	27.45	27.43	27.43	27.38	27.30	27.28	27.34	27.40
	±0.04	±0.04	±0.03	±0.07	±0.07	±0.12	±0.06	±0.11	±0.09	±0.03	±0.03	±0.10	±0.10	±0.05	±0.03
1.5	27.15	27.23	27.30	27.38	27.26	27.53	27.41	27.46	27.46	27.45	27.40	27.32	27.32	27.34	27.36
	±0.03	±0.05	±0.09	±0.07	±0.07	±0.05	±0.10	±0.06	±0.06	±0.05	±0.05	±0.04	±0.03	±0.10	±0.03
2.0	27.12	27.20	27.25	27.38	27.28	27.54	28.41	27.46	27.43	27.40	27.38	27.28	27.34	27.34	27.38
	±0.06	±0.04	±0.05	±0.07	±0.03	±0.10	±0.06	±0.06	±0.04	±0.09	±0.04	±0.03	±0.03	±0.07	±0.06

ตารางภาคผนวกที่ 20 (ต่อ)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (ก./ล.)	อุณหภูมิ (°C)													
	วันที่ 15	วันที่ 16	วันที่ 17	วันที่ 18	วันที่ 19	วันที่ 20	วันที่ 21	วันที่ 22	วันที่ 23	วันที่ 24	วันที่ 25	วันที่ 26	วันที่ 27	วันที่ 28
0.5	27.40	27.33	27.33	27.39	27.38	27.38	27.45	27.44	27.60	27.53	27.53	27.50	27.50	27.47
	±0.08	±0.10	±0.06	±0.07	±0.07	±0.04	±0.03	±0.06	±0.23	±0.16	±0.13	±0.10	±0.11	±0.05
1.0	27.38	27.35	27.36	27.40	27.38	27.40	27.46	27.46	27.63	27.56	27.54	27.48	27.48	27.45
	±0.05	±0.12	±0.05	±0.06	±0.10	±0.13	±0.09	±0.09	±0.06	±0.03	±0.24	±0.05	±0.06	±0.04
1.5	27.41	27.35	27.35	27.40	27.40	27.38	27.49	27.46	27.62	27.55	27.55	27.48	27.50	27.45
	±0.06	±0.03	±0.10	±0.07	±0.07	±0.04	±0.03	±0.03	±0.10	±0.08	±0.07	±0.02	±0.06	±0.06
2.0	27.38	27.35	27.33	27.38	27.38	27.40	27.46	27.44	27.59	27.59	27.54	27.50	27.49	27.46
	±0.05	±0.03	±0.06	±0.06	±0.07	±0.06	±0.06	±0.11	±0.06	±0.09	±0.03	±0.04	±0.07	±0.05

ตารางภาคผนวกที่ 21 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้าที่ความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม/ลิตร ด้วยปุ๋ย NH_4Cl และ KH_2PO_4 อัตราส่วนของไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 12 : 1 ในช่วงระยะเวลา 28 วัน (ค่าเฉลี่ย ± SD, n = 3)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (ก./ล.)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)														
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	วันที่ 10	วันที่ 11	วันที่ 12	วันที่ 13	วันที่ 14
0.5	7.05	7.10	7.19	7.19	7.32	7.30	7.25	7.20	7.12	7.00	7.03	7.12	7.20	7.23	7.14
	±0.05	±0.09	±0.10	±0.02	±0.06	±0.13	±0.21	±0.19	±0.09	±0.03	±0.15	±0.16	±0.05	±0.24	±0.06
1.0	7.06	7.14	7.20	7.15	7.45	7.23	7.22	7.17	7.09	6.95	7.02	7.15	7.15	7.12	7.08
	±0.11	±0.08	±0.12	±0.05	±0.12	±0.04	±0.04	±0.05	±0.12	±0.11	±0.07	±0.10	±0.02	±0.04	±0.08
1.5	7.10	7.13	7.23	7.20	7.14	7.27	7.29	7.13	7.06	7.24	7.24	7.20	7.19	7.15	7.15
	±0.05	±0.06	±0.06	±0.12	±0.04	±0.04	±0.03	±0.19	±0.14	±0.11	±0.05	±0.25	±0.05	±0.08	±0.07
2.0	7.11	7.09	7.15	7.25	7.28	7.13	6.98	6.84	6.95	7.04	7.04	7.07	7.12	7.10	7.07
	±0.09	±0.13	±0.12	±0.12	±0.05	±0.04	±0.03	±0.06	±0.06	±0.10	±0.02	±0.06	±0.12	±0.05	±0.05

ตารางภาคผนวกที่ 21 (ต่อ)

ความหนาแน่นของสาหร่ายคาบอมบ้า (ก./ล.)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)													
	วันที่ 15	วันที่ 16	วันที่ 17	วันที่ 18	วันที่ 19	วันที่ 20	วันที่ 21	วันที่ 22	วันที่ 23	วันที่ 24	วันที่ 25	วันที่ 26	วันที่ 27	วันที่ 28
0.5	7.12	7.15	7.10	7.10	7.15	7.15	7.12	7.13	7.14	7.12	7.05	7.14	7.08	7.08
	±0.09	±0.10	±0.10	±0.05	±0.07	±0.07	±0.06	±0.10	±0.14	±0.08	±0.04	±0.02	±0.10	±0.06
1.0	7.15	7.20	7.19	7.19	7.16	7.16	7.16	7.17	7.18	7.17	7.14	7.10	7.06	7.10
	±0.15	±0.09	±0.12	±0.19	±0.09	±0.12	±0.06	±0.05	±0.09	±0.05	±0.05	±0.16	±0.06	±0.10
1.5	7.15	7.19	7.13	7.13	7.13	7.23	7.24	7.20	7.20	7.19	7.15	7.11	7.10	7.10
	±0.04	±0.09	±0.04	±0.04	±0.12	±0.13	±0.06	±0.07	±0.06	±0.04	±0.03	±0.12	±0.13	±0.09
2.0	7.10	7.12	7.04	6.97	6.78	6.78	6.99	7.04	7.04	7.04	7.06	7.04	7.07	7.02
	±0.06	±0.05	±0.05	±0.10	±0.10	±0.11	±0.09	±0.06	±0.03	±0.09	±0.05	±0.05	±0.08	±0.06

ภาคผนวก ข
วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ภาคผนวก ข.

วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ตามวิธีการของ Boyd and Tucker (1992)

1. การวิเคราะห์ Dissolved Oxygen (DO)

สารเคมี

1. สารละลาย Manganous sulfate: ละลาย $MnSO_4.4H_2O$ 480 กรัม ($MnSO_4.2H_2O$ 400 กรัม หรือ $MnSO_4.H_2O$ 364 กรัม) ด้วยน้ำกลั่น กรองผ่านกระดาษกรอง แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 1 ลิตร

2. สารละลาย alkali-iodide-azide (AIA): ละลาย NaOH 500 กรัม และ NaI 135 กรัม หรือใช้ KOH 700 กรัม และ KI 150 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร แล้วละลาย NaN_3 10 กรัม ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย NaN_3 ผสมกับสารละลาย NaOH-NaI ที่เตรียมไว้ก่อนหน้านี้

3. กรดกำมะถัน (H_2SO_4) เข้มข้น

4. น้ำแป้ง: ละลาย Soluble starch 2 กรัม และ salicylic acid 0.2 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ต้มจนสารละลายใส

5. สารละลายมาตรฐาน Sodium thiosulphate: ละลาย $Na_2S_2O_3.5H_2O$ 6.205 กรัม และ NaOH 0.4 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร หาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน $Na_2S_2O_3$ โดยไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน potassium dichromate

6. สารละลายมาตรฐาน potassium dichromate 0.025 N: ละลาย $K_2Cr_2O_7$ 0.6129 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 500 มิลลิลิตร

7. สารละลาย potassium iodide: ละลาย KI 2 กรัม ในน้ำกลั่น 100 ลิตร

นำตัวอย่างน้ำบรรจุลงในขวด BOD พยายามอย่าให้มีฟองอากาศ เติมสารละลาย $MnSO_4$ 1 มิลลิลิตร ตามด้วยสารละลาย AIA 1 มิลลิลิตร แล้วปิดฝาขวดผสมสารละลายให้เข้ากันโดยพลิกขวดกลับหัวไปมา 20 ครั้ง จากนั้นปล่อยให้ตะกอนนอนก้น

วิธีการวิเคราะห์

1. เติมกรดกำมะถันเข้มข้น 1 มิลลิลิตร ปิดฝาขวดและพลิกขวดกลับหัวเพื่อให้ละลายตะกอนจนหมด ตวงน้ำตัวอย่าง 200 มิลลิลิตร ไปไตเตรทกับสารละลาย $Na_2S_2O_3$ จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อน จึงเติมน้ำแป้งลงไป 8 หยด แล้วไตเตรทต่อจนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี แสดงว่าถึงจุดยุติ ในกรณีที่ใช้ปริมาตรน้ำตัวอย่าง 200 มิลลิลิตร ไตเตรทกับสารละลาย $Na_2S_2O_3$ 0.0250 N 1 มิลลิลิตร เท่ากับ DO เข้มข้น 1 มิลลิกรัม/ลิตร

2. หาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน $Na_2S_2O_3$ โดยเติมสารละลายมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$ 0.025 N 10 มิลลิลิตร ใส่ในฟลาสก์ซึ่งบรรจุสารละลาย KI 100 มิลลิลิตร เติม H_2SO_4 เข้มข้น 2-3 หยด แล้วเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน $Na_2S_2O_3$ เช่นเดียวกับการไตเตรทหาความเข้มข้นของ DO ในน้ำตัวอย่าง คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน $Na_2S_2O_3$ โดยใช้สูตรคำนวณ

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

โดย N_1 = ความเข้มข้นของ $K_2Cr_2O_7$ ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน

N_2 = ความเข้มข้นของ $Na_2S_2O_3$ ที่ต้องการหาความเข้มข้นที่แน่นอน

V_1 = ปริมาตรของ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้

V_2 = ปริมาตรทั้งหมดของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไตเตรทจนถึงจุดยุติ

$$\text{DO (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{(\text{มิลลิลิตร } Na_2S_2O_3)(N)(8)(1{,}000)}{\text{มิลลิลิตรน้ำตัวอย่าง}}$$

เมื่อ N = Normality ของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไตเตรท

2. การวิเคราะห์ Total Ammonia Nitrogen (TAN)

สารเคมี

1. น้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนีย (ammonia-free distilled water): เตรียมโดยปล่อยน้ำกลั่นผ่านคอลัมน์ ซึ่งบรรจุ cation exchange resin ซึ่งเป็นกรดแก่

2. สารละลายออกซิไดซิ่ง (oxidizing solution): ผสมน้ำยาซักผ้าขาว (มีคลอรีน 5%) 20 มิลลิลิตร กับน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร แล้วปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 6.5-7 โดยใช้สารละลายกรด HCl (กรด 1 ส่วนต่อน้ำกลั่น 3 ส่วน) ควรเตรียม oxidizing solution ใหม่ทุก 4-5 วัน

3. สารละลายฟีนอล: ละลาย NaOH 2.5 กรัม และฟีนอล 10.0 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ควรเตรียมสารละลายนี้ใหม่ทุก 4-5 วัน

4. สารละลายเกลือ Rochelle: ละลายเกลือโรเชล ($KNaC_4H_4O_6.4H_2O$) 50 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วต้มให้เดือดเพื่อไล่แอมโมเนียที่อาจปนเปื้อนในเกลือ จนปริมาตรสารละลายเหลือประมาณ 70 มิลลิลิตร จึงทำให้เย็น จากนั้นเติม $MnSO_4.2H_2O$ 50 มิลลิกรัม แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

5. สารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย-ไนโตรเจน: ขั้นแรกเตรียมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย-ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Ammonia-Nitrogen หรือ TAN) เข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร โดยละลาย NH_4Cl 1.9079 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 500 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจาง 50 มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐาน TAN 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 500 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้สารละลายมาตรฐาน TAN 10 มิลลิกรัม/ลิตร นำสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียที่เตรียมได้ครั้งหลังนี้ไปเตรียมสารละลายมาตรฐานให้มีความเข้มข้นอย่างน้อย 6 ระดับ อยู่ในช่วง 0.00-0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ตามสูตรคำนวณดังนี้

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

โดย N_1 = ความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้นที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน

N_2 = ความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการเตรียม

V_1 = ปริมาตรของสารละลายตั้งต้นที่จะนำไปเจือจาง

V_2 = ปริมาตรทั้งหมดของสารละลายสุดท้ายที่ต้องการเตรียม

วิธีการวิเคราะห์

1. ใช้ไปเปตดูดตัวอย่างน้ำที่ผ่านการกรอง หรือสารละลายมาตรฐาน TAN หรือน้ำกลั่น (blank) 10 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาดจุ 50 มิลลิลิตร แล้วคนด้วย magnetic stirrer

2. ขณะที่คนน้ำตัวอย่าง เติมสารละลายเกลือโรเชลลงไป 1 หยด oxidizing solution 0.5 มิลลิลิตร และสารละลายฟีนอล 0.6 มิลลิลิตร

3. ปล่อยน้ำตัวอย่างให้อยู่นิ่งเป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้เกิดสีได้เต็มที่

4. นำน้ำตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานไปวัดความเข้มแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร โดยใช้ blank ตั้งค่าการดูดกลืนแสงเป็น 0

5. เขียนกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากน้ำตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐาน ก็จะทราบความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างนั้น

3. การวิเคราะห์ไนเตรท (Nitrate) และไนไตรท์ (Nitrite)

สารเคมี

1. copper-cadmium granules: ล้างเม็ดแคดเมียม (ที่ร่อนแล้วค้างบนตะแกรงขนาด 40-60 mesh) น้ำหนัก 25 กรัม ด้วยสารละลายกรด HCl 6 N แล้วล้างด้วยน้ำเปล่า จากนั้นเติมสารละลาย $CuSO_4$ 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แกว่งเม็ดแคดเมียมจนสีฟ้าของสารละลาย $CuSO_4$ จางลง รินสารละลายทิ้งแล้วเติมสารละลาย $CuSO_4$ แกว่งเม็ดแคดเมียมอีกครั้ง ทำซ้ำจนกว่าจะเกิดตะกอนสีน้ำตาล จากนั้นจึงค่อยๆ ใช้น้ำเปล่าล้างเอาตะกอนออกไป นำแคดเมียมนี้ไปเติมใน reduction column

2. สารก่อสี (color reagent): เติม 85 เปอร์เซ็นต์ phosphoric acid ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร แล้วเติม sulfanilamide 10 กรัม เมื่อ sulfanilamide ละลายหมดแล้วจึงเติม N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride 1 กรัม ละลายให้เข้ากันดี แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 1 ลิตร เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดทึบแสง จะสามารถเก็บไว้ใช้ได้ถึง 1 เดือน

3. สารละลาย NH_4Cl-EDTA: ละลาย NH_4Cl 13 กรัม และ disodium EDTA 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร ปรับ pH ของสารละลายนี้ด้วย NH_4OH เข้มข้น จนได้ pH 8.5 แล้วจึงปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร

4. สารละลายเจือจาง NH_4Cl-EDTA: เจือจางสารละลาย NH_4Cl-EDTA (สารที่ 3) 300 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 500 มิลลิลิตร

5. สารละลายกรด HCl 6 N: โดยเจือจางกรด HCl เข้มข้นกับน้ำกลั่นในปริมาตรที่เท่ากัน

6. สารละลาย $CuSO_4$ 2 เปอร์เซ็นต์: ละลาย $CuSO_4.5H_2O$ 20 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร

7. สารละลายมาตรฐานไนเตรท: ละลาย KNO_3 0.7218 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรสุดท้ายให้ครบ 1 ลิตรจะได้สารละลายมาตรฐานเข้มข้น 100 มิลลิกรัม NO_3-N/ลิตร ซึ่งสามารถเก็บไว้ใช้ได้นานถึง 6 เดือน เมื่อเติม $CHCl_3$ 2 มิลลิลิตร/ลิตร นำสารละลายมาตรฐานไนเตรทนี้ 100 มิลลิลิตร ไปเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร จะได้สารละลายมาตรฐานไนเตรทเข้มข้น 10 มิลลิกรัม NO_3-N/ลิตร นำสารละลายมาตรฐานไนเตรทที่เตรียมครั้งหลังนี้ไปเตรียมสารละลายมาตรฐานไนเตรทให้มีความเข้มข้นอย่างน้อย 6 ระดับ อยู่ในช่วง 0.00-1.00 มิลลิกรัม NO_3-N/ลิตร

8. สารละลายมาตรฐานไนไตรท์: ละลาย 1.232 กรัม $NaNO_2$ ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตรจะได้สารละลายมาตรฐานไนไตรท์เข้มข้น 250 มิลลิกรัม NO_2-N/ลิตร ซึ่งสามารถเก็บไว้ใช้ต่อไปได้โดยเติม $CHCl_3$ 1 มิลลิลิตร/ลิตร นำสารละลายมาตรฐานนี้ไปเจือจางด้วย

น้ำกลั่นจนได้สารละลายมาตรฐานเข้มข้น 50 มิลลิกรัม NO_2-N/ลิตร นำสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ที่เตรียมได้ครั้งหลังนี้ไปเตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ให้มีความเข้มข้นอย่างน้อย 6 ระดับ อยู่ในช่วง 0.00-0.50 มิลลิกรัม NO_2-N/ลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. กรองน้ำตัวอย่างผ่านชุดกรองสุญญากาศ

2. ปรับ pH ของน้ำที่กรองแล้วให้อยู่ในช่วง pH 7-9 ด้วยกรด HCl หรือด่าง NaOH ที่เจือจาง

3. ผสมน้ำตัวอย่าง 25.0 มิลลิลิตรกับสารละลาย NH_4Cl-EDTA 75 มิลลิลิตร แล้วเทให้ไหลผ่านคอลัมน์แคดเมียมในอัตรา 7-10 มิลลิลิตร/นาที ทิ้งน้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ 25 มิลลิลิตรแรก เก็บตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ส่วนที่เหลือไปวัดความเข้มข้นของไนไตรท์ ภายใน 15 นาทีหลังจากผ่านคอลัมน์

4. นำน้ำตัวอย่างที่ต้องการวัดความเข้มข้นของไนไตรท์ (ทั้งน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองและน้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์แล้ว) ปริมาตร 50.0 มิลลิลิตร ผสมกับสารก่อสี 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

5. ภายหลังเติมสารก่อสีอย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง นำสารละลายไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร

6. เขียนเส้นกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากน้ำตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐาน ก็จะทราบความเข้มข้นของไนไตรท์ในน้ำตัวอย่างนั้น

7. หาความเข้มข้นของไนเตรทในน้ำตัวอย่างได้ โดยนำความเข้มข้นของไนไตรท์ในน้ำตัวอย่างที่ผ่นการกรอง หักออกจากความเข้มข้นของไนไตรท์ในน้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์

4. การวิเคราะห์ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate)

สารเคมี

1. สารละลายกรดกำมะถัน 5 N: เจือจางกรดกำมะถันเข้มข้น 70 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 500 มิลลิลิตร

2. สารละลาย potassium antimonyl tartrate: ละลาย $K(SbO)C_4H_4O_6.1/2H_2O$ 1.3715 กรัม ในน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรสุดท้ายให้ครบ 500 มิลลิลิตร

3. สารละลาย ammonium molybdate: ละลาย $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ 20 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บสารละลายนี้ในขวดพลาสติกไว้ที่ 4 °C

4. สารละลาย ascorbic acid 0.01 M: ละลาย ascorbic acid 1.76 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้สามารถเก็บไว้ใช้ได้นาน 1 สัปดาห์ เมื่อเก็บไว้ที่ 4 °C

5. สารก่อสี: ผสมสารละลาย 4 ชนิดแรกเข้าด้วยกันตามลำดับและสัดส่วนดังนี้

สารละลายกรดกำมะถัน	50	มิลลิลิตร
สารละลาย potassium antimonyl tartrate	5	มิลลิลิตร
สารละลาย ammonium molybdate	15	มิลลิลิตร
สารละลาย ascorbic acid	30	มิลลิลิตร

เมื่อผสมกันแล้ว สารก่อสีนี้จะเก็บไว้ใช้ได้ไม่เกิน 4 ชั่วโมง

วิธีการวิเคราะห์

1. ล้างเครื่องแก้วด้วยกรดเกลือ 50% จากนั้นจึงล้างด้วยน้ำประปา แล้วล้างน้ำสุดท้ายด้วยน้ำกลั่น

2. ตวงน้ำตัวอย่างรวมทั้งสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใน Erlenmeyer flask แล้วเติมสารก่อสี 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ปล่อยไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 30 นาที นำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร

3. เขียนเส้นกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตกับค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากน้ำตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐาน ก็จะทราบความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟตในน้ำตัวอย่างนั้น

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวกมลพร ศรีนวล

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4910620002

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วาริชศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่	2549

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

กมลพร ศรีนวล, สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ และจารุณี เชี่ยววารีสัจจะ. 2554. ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสาหร่ายคาบอมบ้า (*Cabomba caroliniana*) ในห้องปฏิบัติการ. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 21 ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติ ม.สงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา วันที่ 26 พฤษภาคม 2554.