



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง ปัจจัยของแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมลนัฐ ฉัตรตระกูล มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงผกา แก้วกรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

สุรางค์รัตน์ พันแสง มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

สุรีย์พร ธรรมิกพงษ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

2554



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง ปัจจัยของแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมลันัฐ ฉัตรตระกูล มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงผกา แก้วกรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

สุรางค์รัตน์ พันแสง มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

สุรีย์พร ธรรมิกพงษ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2554

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากความร่วมมือจากบุคลากรจากหลายภาคส่วน คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ อาจารย์คณะเทคโนโลยีการเกษตรทุกท่าน น้องนก น้องไก่ น้องแดง น้องใหม่ พี่ศัน ที่คอยช่วยเหลือให้กำลังใจและประสานงานการวิจัยจนลุล่วงสำเร็จไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณอาจารย์เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาหลักสูตรชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีส่วนช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัย

ท้ายสุดนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ทำหน้าที่ในการประสานงานจนทำให้การดำเนินโครงการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์จากคณะกรรมการประเมินผลเป็นสิ่งที่คณะผู้วิจัยระลึกถึงความกรุณา ซึ่งมีส่วนสำคัญที่ทำให้โครงการวิจัยนี้มีความสมบูรณ์ ถูกต้อง และเป็นประโยชน์ต่อชุมชนในท้องถิ่นของจังหวัดเพชรบูรณ์ ท้ายสุดนี้ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ปัจจัยของแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไชน้ำ

(ภาษาอังกฤษ) The effect of light intensity on the growth of *Wolffia*

ชื่อผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมลนัฐ ฉัตรตระกูล¹ นางสุรีย์พร ธรรมิกพงษ์²

นางสาวสุรางค์รัตน์ พันแสง³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงผกา แก้วกรม³

¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

³ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททั่วไป ประจำปี 2554

จำนวนเงิน 15,000 บาท ระยะเวลาทำการวิจัย 8 เดือน

ตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2554 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2554

บทคัดย่อ

ภาษาไทย: งานวิจัยนี้ได้ทำการเพาะเลี้ยงไชน้ำ (*Wolffia arrhiza*) ภายใต้ความเข้มแสงที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้อาหารเพาะเลี้ยง คือ สารละลายฮอกแลนด์ เมื่อทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์พบว่าค่าปัจจัยทางกายภาพ คือ ค่าความเป็นกรดต่าง และอุณหภูมิของน้ำในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันตลอดช่วงการทดลอง ในขณะที่ปริมาณความขุ่นของน้ำในชุดทดลองที่ T4 และ T2 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในด้านการเพาะเลี้ยงพบว่าชุดทดลอง T1 ไชน้ำมีอัตราการเติบโตและมวลชีวภาพสูงที่สุด จากผลการวิจัยนี้จึงสรุปได้ว่าแสงมีผลต่ออัตราการเติบโตของไชน้ำ ดังนั้นการเพาะเลี้ยงไชน้ำควรทำการเพาะเลี้ยงในที่ที่มีแสงแดดจัด

ภาษาอังกฤษ: This research cultured watermeal (*Wolffia arrhiza*) within a four levels of light intensity including with 0, 60, 80 and 100 percentages. The media for watermeal culture was a Hoagland's solution. After cultural watermeal for four weeks, results revealed that the physical factors i.e. pH and water temperature, for all treatments were not different. Although, T4 and T2 showed a little increasing value of turbidity in the end of experiment. The cultural data indicated that T4 had the highest of productivity and biomass. This research concluded that light intensity have a strong affected on the

growth efficiency of watermeal. So the cultural watermeal should be done on bare ground with a strong light intensity (100% of light intensity).

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	iii
บทคัดย่อไทย	iv
บทคัดย่ออังกฤษ	iv
สารบัญ	v
สารบัญตาราง	vii
สารบัญภาพ	viii
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
ขอบเขตของโครงการวิจัย	1
ระยะเวลาทำการวิจัย	1
ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	
ลักษณะทั่วไปของไข่น้ำ	3
การขยายพันธุ์	6
ประโยชน์และคุณค่าทางอาหารของไข่น้ำ	6
ข้อมูลทางด้านชีววิทยา	7
การเพาะเลี้ยงและปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ	9
แสงกับการเจริญเติบโตของพืช	10
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	16
ตัวอย่างพืชน้ำที่ใช้ในงานวิจัย	16
อาหารเพาะเลี้ยงไข่น้ำ	18
สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	19
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	19
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	
ข้อมูลทางกายภาพของคุณภาพน้ำ	23
ข้อมูลทางด้านการเพาะเลี้ยง	24
การเติบโตสัมพัทธ์	24
ผลผลิตมวลชีวภาพ	24
อภิปรายผล	25
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
สรุป	29
ข้อเสนอแนะ	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	35
ประวัตินักวิจัย	44

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
2.1	ร้อยละของโปรตีนในอาหารคิดเป็นน้ำหนักแห้งของไข่น้ำ	6
2.2	องค์ประกอบสารอินทรีย์ของไข่น้ำในน้ำเสีย	8
2.3	องค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำ	9
2.4	ชนิดของรังสี ความยาวช่วงคลื่น ความถี่และพลังงานแสง	11
3.1	ส่วนประกอบของสารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland's nutrient solution	18
4.1	ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์สุดท้าย	24
4.2	ค่าความขุ่นของน้ำตัวอย่างตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์สุดท้าย	24
4.3	อุณหภูมิของน้ำตัวอย่างตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์สุดท้าย	24
4.4	อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของไข่น้ำในแต่ละชุดทดลอง	25
4.5	มวลชีวภาพของไข่น้ำที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง	25

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้าที่
2.1	ไข่น้ำที่เจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ	4
2.2	ลักษณะโครงสร้างภายนอกของไข่น้ำที่อยู่ในระยะการสืบพันธุ์	4
2.3	ลักษณะการเจริญอยู่ร่วมกันของไข่น้ำในสภาพธรรมชาติกับพืชน้ำจืดพวกแหน	5
3.1	แผนที่แสดงพื้นที่เก็บตัวอย่างไข่น้ำเพื่อใช้ในการวิจัยบ้านหนองสว่าง ตำบลหนองสว่าง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์	17
3.2	หนองน้ำที่เป็นแหล่งเก็บตัวอย่างไข่น้ำในพื้นที่บ้านหนองสว่าง ตำบลหนองสว่าง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์	18
3.3	ตัวอย่างไข่น้ำที่เตรียมไว้สำหรับการทดลอง	20
3.4	ตัวอย่างไข่น้ำที่นำมาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในแต่ละชุดทดลอง	20
3.5	สภาพพื้นที่และสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในแต่ละชุดทดลอง	21
3.6	การวัดปริมาณความเข้มแสงที่ใช้ในแต่ละชุดการทดลอง	21

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ไข่น้ำ (*Wolffia* sp.) เป็นพืชดอกที่มีขนาดเล็กที่สุดในโลก ไข่น้ำถูกจัดไว้ในพืชสกุลแหวน (Duckweed genus) ไข่น้ำเป็นพืชที่ประชาชนในท้องถิ่นของประเทศไทยนำมาใช้บริโภคเป็นอาหารอีกทั้งยังเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในไข่น้ำอบแห้งของสุขุม และสุทิน (2551) พบว่ามีค่าร้อยละ 35 นอกจากนี้ยังพบปริมาณเบต้า-แคโรทีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่าง ๆ สูงเช่นเดียวกัน ไข่น้ำเป็นพืชชนิดเดียวในวงศ์ Lemnaceae ที่ใช้เป็นอาหารมนุษย์ ไข่น้ำเป็นพืชที่ประชาชนนิยมรับประทานกันมาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือของประเทศไทย โดยพืชดังกล่าวไม่มีพิษไม่มีโทษแต่อย่างใด มีชื่อที่ใช้เรียกกันตามท้องถิ่นต่างๆ ของประเทศไทยว่า ผำ ไข่ผำ และไข่แหวน

นอกจากนี้ไข่น้ำยังมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยมีโปรตีนเฉลี่ย 23.06% และเส้นใย 12.23% ประกอบด้วยสารอาหารและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบถ้วน (อาภารัตน์ และคณะ, 2541) แต่เนื่องจากผลผลิตไข่น้ำในปัจจุบัน ส่วนใหญ่ได้จากการเก็บเกี่ยวจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งนับวันมีแต่สกปรกเพิ่มขึ้น ทำให้ไข่น้ำไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีหรือหากเจริญเติบโตได้ก็ไม่สามารถนำมาบริโภคได้ ไข่น้ำมีการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วและมีคุณค่าทางอาหารสูง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการศึกษาสภาพแวดล้อม ลักษณะทางชีววิทยาของไข่น้ำ การเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณสารอาหารและเพิ่มมูลค่าของไข่น้ำ อีกทั้งในจังหวัดเพชรบูรณ์ยังมีการปล่อยน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น โรงงานซิงตอง โรงงานน้ำตาล หรือโรงงานโอศกริม ซึ่งน้ำทิ้งเหล่านี้คาดว่าจะทำให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของไข่น้ำตามธรรมชาติ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาแนวทางเพิ่มผลผลิตของไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงภายใต้ความเข้มแสงที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตไข่น้ำในเชิงเศรษฐกิจต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาความเข้มข้นของแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาการเจริญเติบโตโดยดูจากปริมาณผลผลิตของไข่น้ำ จากปัจจัยความเข้มข้นของแสงที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์

1.4 ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาการทำวิจัย 8 เดือน ตั้งแต่เดือน 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 ถึง 31 ตุลาคม พ.ศ. 2554 โดยสถานที่วิจัย คือ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

1.5 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นองค์ความรู้ใหม่ในท้องถิ่น และเป็นองค์ความรู้ที่จะได้รับการต่อยอดให้มีการพัฒนาเป็นการเพาะเลี้ยงเชิงเศรษฐกิจ ที่สามารถนำไปสร้างเป็นรายได้เสริมให้แก่ประชาชนในท้องถิ่นได้ต่อไป

บทที่ 2

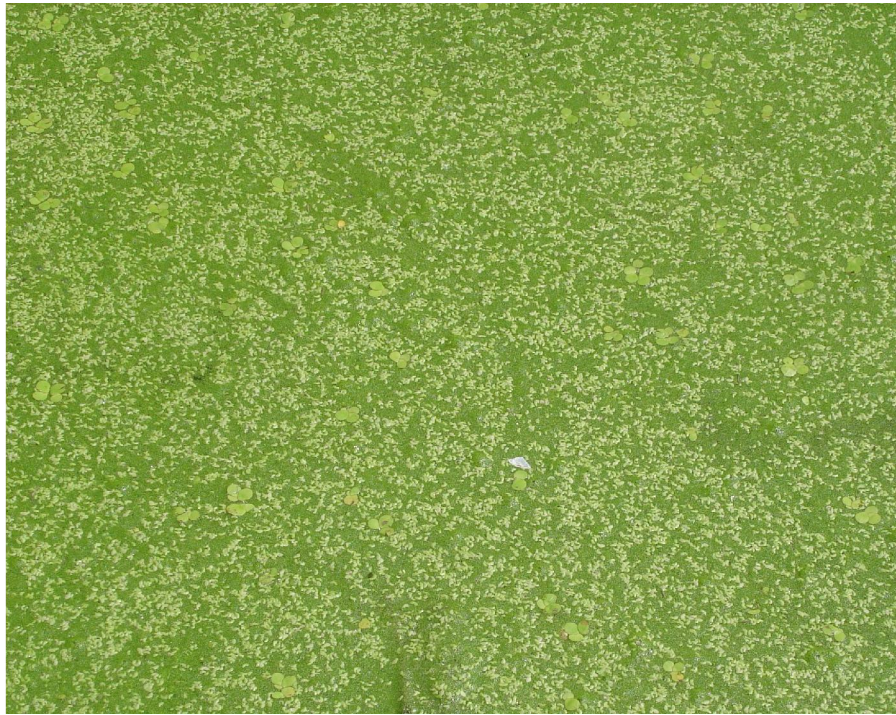
การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องปัจจัยของแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ ได้มีการศึกษาเอกและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยพบว่ามีเนื้อหาสาระที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานวิจัย ดังต่อไปนี้

- 2.1 ลักษณะทั่วไปของไข่น้ำ
- 2.2 การขยายพันธุ์
- 2.3 ประโยชน์และคุณค่าทางอาหารของไข่น้ำ
- 2.4 ข้อมูลทางด้านชีววิทยา
- 2.7 การเพาะเลี้ยงและปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ
- 2.8 แสงกับการเจริญเติบโตของพืช
- 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของไข่น้ำ

ไข่น้ำจัดเป็นพืชสกุลแหน (Duckweed genus) ที่เป็นพืชดอกที่มีขนาดเล็กที่สุดในโลก (Landolt, 1986) ไข่น้ำ (Khai nam หรือ Water egg) (รู้จักกันในชื่อ ไข่น้ำ, ไข่ขำ ไข่แหน และผำ) เป็นชื่อพื้นเมืองของพืชชนิดหนึ่งที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ อาจลอยอยู่เป็นกลุ่มล้วน หรือลอยปนกับพืชชนิดอื่น ๆ เช่น แหน หรือ แหนแดงก็ได้ ไข่แหนเป็นพืชมีดอกที่มีขนาดเล็กที่สุด คนไทยภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่า ผำ



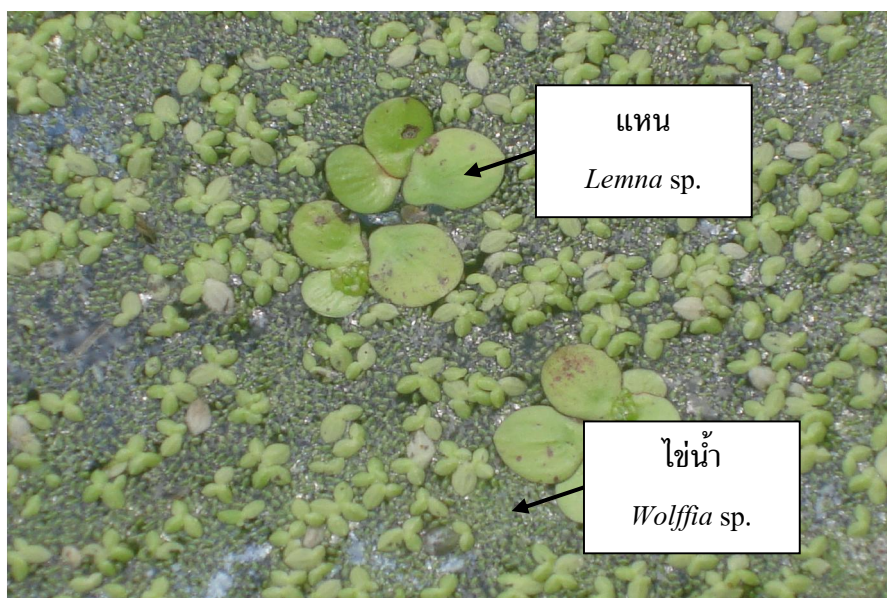
ภาพที่ 2.1 ไข่น้ำที่เจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ



ภาพที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างภายนอกของไข่น้ำที่อยู่ในระยะการสืบพันธุ์

ไข่น้ำเป็นพืชขนาดเล็กที่ส่วนใหญ่จะพบในแหล่งน้ำในเขตร้อน (Tropical zone) และกึ่งเขตร้อน (Subtropical zone) จะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในสภาพแวดล้อมที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง (Fujita และคณะ, 1999) การกระจายพันธุ์โดยทั่วไปพบในบริเวณแหล่งน้ำที่เป็นหนองหรือบึงในแคลิฟอร์เนีย (California) พบในบริเวณที่เป็นหุบเขาที่มีระดับความสูงของพื้นที่ต่ำในบริเวณตอนกลางและตอนใต้ของมลรัฐ บางครั้งอาจจะพบในบริเวณที่หนองน้ำริมฝั่งแม่น้ำด้านฝั่งตะวันตกของเทือกเขาในเนวาดา (Nevada) ซึ่งน่าจะเป็นการนำเข้ามาสู่พื้นที่ปลูกข้าวในแคลิฟอร์เนียบริเวณตอนกลางของหุบเขา ในมลรัฐฟลอริดา การกระจายพันธุ์จะพบบริเวณที่เป็นเขตโซนร้อนขึ้นรวมไปถึงบริเวณตอนใต้ของมลรัฐด้วย ส่วนการกระจายพันธุ์นอกเหนือจากประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าไข่น้ำพบได้ในประเทศอินเดีย แอฟริกา เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ เกาหลีฮาวาย ประเทศต่าง ๆ ในทวีปยุโรป ในเกาะมาดากัสการ์ นอกจากนี้ยังพบในประเทศบราซิล ประเทศอินโดนีเซีย และประเทศออสเตรเลียด้วย

ไข่น้ำนอกจากที่จะนำมาใช้เพื่อการบริโภคสำหรับมนุษย์และสัตว์ (Appenroth and Augsten, 1996) ไข่น้ำเป็นพืชน้ำที่มีการนำเอามาบริโภคทั้งในประเทศพม่า ลาว และเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นระยะเวลานานแล้ว อีกทั้งยังมีรายงานว่าไข่น้ำพบได้ในประเทศอินเดีย แต่ไม่พบการนำเอามาปรุงเป็นอาหาร (Bhanthumnavin and McGarry, 1971) ไข่น้ำจะพบกระจายพันธุ์อยู่ในแหล่งน้ำนิ่ง เช่น ลำธารที่น้ำค่อนข้างนิ่ง บ่อ หรือบึง ที่ได้รับแสงอาทิตย์ค่อนข้างเต็มที่ อีกทั้งจะพบดำรงชีพ อยู่ร่วมกับพืชขนาดเล็กจำพวกแหน (*Lemna* spp.) (ภาพที่ 2.3) ไข่น้ำยังมีประโยชน์ในแง่ของการใช้เป็นตัวบำบัดสภาพน้ำเสีย (Bergmann และคณะ, 2000) รวมทั้งมีการเพาะเลี้ยงไข่น้ำเพื่อ การใช้เป็น Bioreactors (Eichhorn and Augsten, 1969, Thompson, 1989) อาทิเช่นการผลิต Recombinant proteins



ภาพที่ 2.3 ลักษณะการเจริญอยู่ร่วมกันของไข่น้ำในสภาพธรรมชาติกับพืชน้ำจืดพวกแหน

2.2 การขยายพันธุ์

เนื่องจากไข่น้ำเป็นพืชดอกที่มีขนาดเล็กที่สุดในโลก การสืบพันธุ์ของไข่น้ำจึงมีลักษณะคล้ายพืชทั่วไป โดยสามารถแบ่งรูปแบบการสืบพันธุ์ของไข่น้ำออกเป็น 2 แบบ ได้แก่

1. การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) เนื่องจากไข่น้ำเป็นพืชมีดอกขนาดเล็กที่สุด ดอกของไข่น้ำจะเจริญเติบโตออกทางช่องข้างบนของต้น ดอกไม่มีกลีบดอก และไม่มีกลีบเลี้ยง ดอกตัวผู้จะมีเกสรตัวผู้ 1 อัน ประกอบด้วยอับละอองเรณู 2 อับ ดอกตัวเมียมีรังไข่ที่มี 1 ช่องและมีไข่ออก 1 ใบ ก้านเกสรตัวเมียสั้น ยอดเกสรตัวเมียมีลักษณะแบน เมล็ดมีขนาดเล็ก กลมเกลี้ยง ยังไม่ปรากฏว่ามีไข่น้ำมีดอกในประเทศไทย มีแต่รายงานการพบเห็นในประเทศอื่น ไข่น้ำจะมีดอกและเมล็ดในราว ๆ เดือนมิถุนายนถึงตุลาคม

2. การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) โดยการแตกหน่อ ซึ่งมีผู้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตแล้วพบว่า โดยเฉลี่ยแล้วไข่น้ำแต่ละต้นจะแตกหน่อให้ต้นใหม่ทุก ๆ 5 วัน

2.3 ประโยชน์และคุณค่าทางอาหารของไข่น้ำ

ไข่น้ำเป็นพืชน้ำชนิดหนึ่งที่สามารถนำมารับประทานได้ มีรสดี และมีปริมาณโปรตีนมากถึง 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง โดยมีปริมาณของโปรตีนคล้ายคลึงกับถั่วเหลือง เพียงแต่ไม่มีโปรตีนชนิดเมไธโอนีน ดังนั้นไข่น้ำจึงเป็นแหล่งอาหารสำหรับประชาชนได้เป็นอย่างดี (Rusoff และคณะ, 1980) ในทางการประมงไข่น้ำจัดเป็นอาหารตามธรรมชาติประเภทพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของไข่น้ำ พบว่าไข่น้ำแห้งมีความชื้น 20.22 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน 17.88 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.20 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 23.50 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 38.20 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียม 0.09 เปอร์เซ็นต์ (อำพล และอารีย์, 2532) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีนในไข่น้ำกับแหล่งอาหารอื่น จะเห็นว่าไข่น้ำมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าพวกไข่และเนื้อ แต่ปริมาณโปรตีนในไข่น้ำนั้นจะไม่สม่ำเสมอโดยมีความแปรผันไปตามปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ

ตารางที่ 2.1 ร้อยละของโปรตีนในอาหารคิดเป็นน้ำหนักแห้งของไข่น้ำ

ประเภท	ปริมาณโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)
--------	----------------------------

สาหร่ายเกลียวทอง	62-68
สาหร่ายคลอเรลลา	40-50
ถั่วเหลือง	35-40
เนื้อวัว	18-20
ไข่	18
ปลา	16-18
ข้าว	7
ไข่น้ำ	6.5-45

ที่มา: (เสกสรร, 2537, Landolt, 1987)

จากการศึกษาไข่น้ำเป็นต้นไม้ขนาดเล็กที่มีการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว สามารถนำมาปลูกเลี้ยงไว้ในพื้นที่ที่มีขนาดเล็กได้ จึงเหมาะแก่การนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ในการศึกษาด้านต่างๆ เช่น การศึกษาอิทธิพลของสารที่ควบคุมการขยายพันธุ์ของพืช ด้านโภชนาการ ไข่น้ำเป็นอาหารของสัตว์น้ำและสัตว์ปีกหลายชนิด นอกจากนี้ประชาชนในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยยังได้นำไข่น้ำมาประกอบเป็นอาหาร ไข่น้ำเป็นพืชที่มีสารพิษในการต้านฤทธิ์สารอาหาร ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำไข่น้ำมาทำให้สุกก่อนรับประทาน นอกจากนี้ในด้านโภชนาการไข่น้ำยังมีแคลเซียมและเบต้าแคโรทีนสูงมากอีกด้วย

ไข่น้ำสามารถสะสมแคลเซียมไว้ได้มากถึง 80.65 มิลลิกรัมต่อกรัม (เบญจกรณ์, 2542) จึงมีประโยชน์ในการใช้ฟื้นฟูสภาพแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนด้วยแคลเซียม ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าไข่น้ำเป็นพืชที่มีประโยชน์ในหลายๆ ด้าน ดังสรุปได้ต่อไปนี้

1. ใช้เป็นอาหารสำหรับมนุษย์ เนื่องจากไข่น้ำให้โปรตีนสูงถึง 6.8-45.0 เปอร์เซ็นต์ จึงจัดเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มนุษย์สนใจที่จะนำไข่น้ำมาเป็นอาหาร โดยเฉพาะเลี้ยงในประเทศสหรัฐอเมริกามีการศึกษาค้นคว้า และสกัดเอาสารอาหารที่เป็นประโยชน์มาเป็นอาหารแห้งสำหรับมนุษย์อวกาศ นอกจากนี้ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยนิยมนำไข่น้ำมาปรุงเป็นอาหารโดยนำไปใส่ในแกงเผ็ด

2. ใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์ ในทางการประมงมีการนำไข่น้ำมาใช้เลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น ปลาหมอช้างลาย ปลาดุก ปลานิล หรือใช้เป็นอาหารสัตว์บก เช่น สุกร เป็ด ไก่ นอกจากนี้ยังมีการนำเอาไข่น้ำมาผลิตเป็นปุ๋ยพืชสด (Green manure) ไข่น้ำรวมทั้งพืชในวงศ์ Lemnaceae ที่เพาะเลี้ยงในพื้นที่ประมาณ 1 เฮกเตอร์ (100 x 100 ตารางเมตร) จะมีปริมาณของไข่น้ำมากเพียงพอสำหรับเป็นแหล่งโปรตีนของเป็ดมากกว่า 480 ตัวในช่วงฤดูร้อน (Rejmankova, 1981) นอกจากนี้ยังมี

รายงานว่ ำน้ำและพืชในวงศ์นี้ยังมีประโยชน์ต่อสัตว์น้ำทางอ้อม โดยการดูดซับสารประกอบประเภทแอมโมเนียซึ่งเป็นอันตรายสำหรับสัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาได้อีกด้วย

2.4 ข้อมูลทางชีววิทยา

ในทางชีววิทยาการจัดลำดับหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิตเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่ง ในการจัดจำแนกชนิดพันธุ์ของใข่น้ำนั้นถูกจัดไว้ในอาณาจักรพืช ซึ่งได้มีจัดแบ่งไว้ตามหมวดหมู่ของกลุ่มพืชดอกและมีการจัดลำดับทางอนุกรมวิธานไว้ดังแสดงต่อไปนี้

อาณาจักร Plantae

ดิวิชัน Anthophyta

ชั้น Monocotyledonae

อันดับ Arales

วงศ์ Lemnaceae

สกุล *Wolffia*

ชนิดพันธุ์ *Wolffia arrhiza*

สำหรับข้อมูลทางด้านชีววิทยาที่สำคัญมีรายงานของ Hartog & Plas (1970) อธิบายถึงลักษณะของใข่น้ำ (*Wolffia arrhiza*) ไว้ดังนี้

ส่วนของราก (Roots): ไม่มีส่วนของราก

ขนาด (Size): ใข่น้ำมีความยาวประมาณ 0.4-0.9 มิลลิเมตร หรือมีความยาวน้อยกว่า 1/25 นิ้ว ดังนั้นความยาวเฉลี่ยของใข่น้ำเท่ากับ 0.6 มิลลิเมตร หรือประมาณ 1/42 นิ้ว ส่วนความกว้างของใข่น้ำมีขนาดประมาณ 0.3 มิลลิเมตร หรือ 1/85 นิ้ว น้ำหนักของใข่น้ำประมาณ 150 ไมโครกรัม

รูปร่าง (Shape): ใข่น้ำไม่มีรูปร่างรี ๆ ค่อนข้างกลม แต่ละต้นมีสีเขียว ไม่มีใบ ต้น ประกอบด้วยเซลล์ชนิดพาราเควมาเป็นส่วนใหญ่ มีช่องอากาศแทรกอยู่ระหว่างเซลล์ ทำให้เห็นเป็นฟองน้ำและช่วยให้มีการลอยตัวอยู่ในน้ำได้ ไม่มีเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ลำเลียงและอาหาร มีช่องให้อากาศเข้าออกได้อยู่ทางบนของต้น

องค์ประกอบของเซลล์ (Composition): ใข่น้ำจะมีองค์ประกอบภายในเซลล์ส่วนใหญ่เป็นน้ำ โดยมีจำนวนมากถึงร้อยละ 95 ในขณะที่ส่วนประกอบในเนื้อเยื่อจะมีสารประกอบอินทรีย์และเคมีดังแสดงในตารางที่ 2.2 และ 2.3

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบสารอินทรีย์ของใข่น้ำในน้ำเสีย

ชนิดของสารประกอบอินทรีย์	ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้ง (เปอร์เซ็นต์)
--------------------------	--

โปรตีนหยาบ (Crude protein)	38.70
ไขมัน (Fat)	4.90
เส้นใย (Fiber)	9.40
เถ้า (Ash)	15.00
คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)	35.00
ไนโตรเจน (Kjeldahl nitrogen, as N)	5.91
ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	1.37

ที่มา (Reed & Bastain, 1980)

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของไข่น้ำ

องค์ประกอบทางเคมี	เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง
ความชื้น	94.73
พลังงานที่ถูกปล่อยทั้งหมด	4,749.34
โปรตีนรวม	20.37
ไขมันรวม	4.63
เยื่อใยรวม	11.69
เถ้าทั้งหมด	17.64
ไนโตรเจน (Free extract)	45.68
แคลเซียม	0.16

ฟอสฟอรัส	0.41
อัตราส่วนของแคลเซียม : ฟอสฟอรัส	0.41
อัตราส่วนของพลังงาน : โปรตีน (กิโลแคลอรี/กรัม)	23.33
HROM (Hydrolysis resistant organic matter)	15.79

2.5 การเพาะเลี้ยงและปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

พบว่าไข่น้ำสามารถเจริญเติบโตได้ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีความอุดมสมบูรณ์ และต้องการสารอาหารประเภทอนินทรีย์สาร เช่น ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และโพแทสเซียม รวมทั้งยังต้องการพลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต สารอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ ได้แก่

2.5.1 ไนโตรเจน (Nitrogen, N)

ไนโตรเจนจัดเป็นธาตุอาหารหลักมีความสำคัญอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ มีความสำคัญและมีบทบาทที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักแห้งของไข่น้ำ น้ำหนักหลักของไนโตรเจนก็คือ เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ ไข่น้ำเป็นพืชที่มีความต้องการไนโตรเจนประมาณ 1.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง

2.5.2 ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P)

ฟอสฟอรัสมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ มีบทบาทในเซลล์ คือ ช่วยในการเคลื่อนย้ายพลังงานและการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์มีส่วนทำให้ค่า pH ภายในเซลล์ค่อนข้างคงที่ การที่ขาดฟอสฟอรัสจะมีผลทำให้ปริมาณโปรตีน ดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ และคลอโรฟิลล์มีปริมาณลดลง ไข่น้ำเป็นพืชที่มีความต้องการปริมาณฟอสฟอรัส 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง

2.5.3 โพแทสเซียม (Potassium, K)

โพแทสเซียมจะมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ นั่นก็คือจะช่วยในการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของไข่น้ำ โดยโพแทสเซียมมีความต้องการปริมาณโพแทสเซียมประมาณ 0.9 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง

การเพาะเลี้ยงไข่น้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตจำวนนั้นมีการเพาะเลี้ยงน้อยมาก จากการศึกษาพบว่ามีวิธีการการเพาะเลี้ยงไข่น้ำที่สำคัญ 2 วิธี ดังนี้

1. การเพาะเลี้ยงโดยวัสดุเหลือใช้ โดยใช้ปุ๋ยคอกกับรำข้าวละเอียด ทำการทดลองเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 3 x 5 เมตร ลึก 80 เซนติเมตร เติมน้ำลงในบ่อหนา 10 เซนติเมตร แล้วโรยทับด้วยปุ๋ยคอกในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โรยทับด้วยรำละเอียดพอประมาณ รดน้ำให้ชุ่ม ทิ้งตากแดดให้แห้งประมาณ 10-15 วัน จากนั้นเติมน้ำให้ท่วมประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้นใส่ไข่น้ำลงไปประมาณ 1 กิโลกรัม ทิ้งไว้ 15 วัน เติมน้ำอีก 50-60 เซนติเมตร โดยมีระดับน้ำทั้งหมดประมาณ 60-70 เซนติเมตร รักษาระดับน้ำไว้ ผลผลิตของไข่น้ำจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดทั้งปี

2. การเพาะเลี้ยงไข่น้ำด้วยสารเคมี อาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงไข่น้ำคือปุ๋ยเคมี ใช้บ่อซีเมนต์ ขนาด 10 ตารางเมตร เติมนินโคลนก้นบ่อ เติมน้ำ 30 เซนติเมตร เติมปุ๋ยวิทยาศาสตร์ 10 กรัมต่อ ตารางเมตร (ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยฟอสเฟต) ใส่ไข่น้ำ 15-20 กรัมต่อตารางเมตร เมื่อปริมาณของไข่น้ำเพิ่มขึ้น จึงทำการเก็บเกี่ยวในระยะ 2 สัปดาห์โดยสามารถให้ผลผลิตประมาณ 800-1,000 กรัมต่อตารางเมตร

2.6 แสงกับการเจริญเติบโตของพืช

แสงเป็นพลังงานหลักที่สำคัญอย่างหนึ่งในระบบนิเวศ โดยมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช (Photosynthesis) ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่พืชนำพลังงานแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ในการสร้างอาหารจากโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ไปเป็นสารประกอบประเภทคาร์โบไฮเดรต ได้แก่สารจำพวกแป้งและน้ำตาล โดยจะมีการปลดปล่อยออกซิเจนออกมา ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่สามารถนำเอาสารประกอบเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ได้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม เพื่อสร้างเป็นสารประกอบอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ สารอาหารที่พืชสร้างขึ้นนอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อพืชผู้ผลิตเองแล้ว ยังเป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างสารอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง ตลอดทั้งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ และการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย สิ่งที่มีส่วนสำคัญในการสังเคราะห์แสงของพืช ประกอบด้วย

1. รงควัตถุสังเคราะห์แสง (Photosynthesis pigment) เป็นส่วนที่สำคัญในการสังเคราะห์แสงของพืช โดยในพืชสีเขียวทั่วไปจะมีรงควัตถุจำพวกคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ทำหน้าที่สำคัญในการดูดพลังงานแสงและกระตุ้นปฏิกิริยาแสงในกระบวนการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้ยังมีรงควัตถุชนิดอื่นๆ เช่น แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) ไฟโคบิลิน (Phycobillin) ไฟโคอีริทริน (Phycoerythrin) รงควัตถุเหล่านี้จัดเป็นรงควัตถุประกอบ (Accessory pigments) ทำหน้าที่รับแสงและส่งพลังงานกระตุ้นให้แก่โมเลกุลของคลอโรฟิลล์ที่อยู่ถัดไป

ดังที่กล่าวมาแล้วคลอโรฟิลล์จัดได้ว่าเป็นรงควัตถุที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเขียวที่พบมากในพืช โดยคลอโรฟิลล์ที่พบในพืชสีเขียวนี้มีหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์ ซี และคลอโรฟิลล์ ดี ซึ่งคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดนั้นก็จะมีโครงสร้างและคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป จึงมีผลต่อความสามารถในการดูดแสง ช่วงคลื่นต่างๆ ของคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดต่างกันด้วย โครงสร้างทั่วไปของคลอโรฟิลล์นั้นประกอบด้วยส่วนหัวเป็นส่วนที่ชอบน้ำ

(Hydrophillic) ทำหน้าที่ดูดพลังงานแสง และมีส่วนหางที่เป็นไฮโดรคาร์บอนช่วยยึดตรึงกับระบบแสง เป็นเพราะว่าคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดมีโครงสร้างที่ต่างกันเล็กน้อย ทำให้ความสามารถในการดูดแสงต่างกันไปบ้าง โดยคลอโรฟิลล์ เอ นั้นสามารถดูดซับพลังงานแสงได้ดีที่สุดที่ความยาวช่วงคลื่น 680 และ 760 นาโนเมตร สำหรับคลอโรฟิลล์ บี สามารถดูดซับพลังงานแสงได้ดีในหลายความยาวคลื่น คือ 480, 640 และ 650 นาโนเมตร ส่วนคลอโรฟิลล์ ซี นั้นดูดซับพลังงานแสงได้ดีที่สุดที่ช่วงความยาวคลื่น 645 นาโนเมตร ลักษณะสำคัญของคลอโรฟิลล์ก็คือไม่สามารถละลายได้ในน้ำ แต่จะละลายได้ดีใน

ตัวทำละลายประเภทแอลกอฮอล์ อีเธอร์ อะซิโตน ในพีชชั้นสูงทั่วไปนั้นจะพบคลอโรฟิลล์เอ และบีมากที่สุด ส่วนในพีชชั้นต่ำนั้นจะมีการพบคลอโรฟิลล์ชนิดอื่น รวมทั้งรงควัตถุประกอบ

รูปแบบการทำงานของคลอโรฟิลล์ประกอบนั้น จะดูดกลืนแสงและผ่านพลังงานแสงไปยังคลอโรฟิลล์เอ ทำให้คลอโรพลาสต์เก็บเกี่ยวพลังงานแสงซึ่งคลอโรฟิลล์เอ ไม่สามารถดูดซับไว้ได้ ทั้งนี้เนื่องจากคลอโรฟิลล์เอ ไม่สามารถดูดซับพลังงานแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพทุกช่วงความยาวคลื่น

2. พลังงานแสง แหล่งของพลังงานแสงที่สำคัญที่สุด คือ ดวงอาทิตย์ ซึ่งแสงมีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave) มีช่วงความยาวคลื่นต่างๆ กัน โดยแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังพื้นโลกนั้นมีความยาวคลื่นระหว่าง 200-5,000 นานอมิเตอร์ แบ่งพลังงานแสงอาทิตย์ตามช่วงความยาวคลื่นได้ 3 ประเภท คือ

2.1 แสงช่วงคลื่นสั้น (Short wave) มีความยาวช่วงคลื่นต่ำกว่า 380 นานอมิเตอร์ แสงช่วงคลื่นสั้นนี้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ชั้นโอโซนในบรรยากาศ สามารถดูดกลืนและลดอันตรายอันเกิดจากแสงช่วงคลื่นสั้นเหล่านี้ได้ ตัวอย่างของแสงช่วงคลื่นสั้น ได้แก่ แสงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) เอ็กซ์เรย์ (X-ray) รังสีแกมมา (Gamma ray)

2.2 แสงช่วงคลื่นยาว (Long wave) เป็นแสงที่มีช่วงความยาวคลื่นมากกว่า 760 นานอมิเตอร์ โดยถ้าโลกมีการสะสมแสงช่วงคลื่นยาวไว้มาก จะทำให้เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนที่สูงเกินไปได้ สำหรับแสงช่วงคลื่นยาวสามารถถูกดูด โดยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำในบรรยากาศ แสงที่จัดเป็นแสงช่วงคลื่นยาว ได้แก่ แสงฟราเรด (Far-red) และแสงอินฟราเรด (Infra-red)

2.3 แสงช่วงคลื่นที่ตาสามารถมองเห็นได้ (Visible light) เป็นแสงที่มีช่วงคลื่นระหว่าง 380-760 นานอมิเตอร์ แสงช่วงคลื่นนี้จะจะเป็นช่วงแสงที่มีประโยชน์ต่อพืช โดยพืชจะสามารถนำเอาพลังงานแสงนี้ไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ แสงช่วงคลื่นนี้ประกอบไปด้วยแสงสีต่างๆ คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง ส้ม และแดง

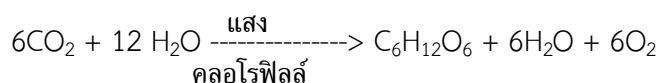
ตารางที่ 2.4 ชนิดของรังสี ความยาวช่วงคลื่น ความถี่และพลังงานแสง

ชนิดของรังสี	ความยาวช่วงคลื่น	ความถี่ (S^{-1})	พลังงานแสง (eV)
คลื่นวิทยุ	$10^3 - 10^{-3}$	3×10^8	1.24×10^{-6}
อินฟราเรด	800 nm	3.8×10^{14}	1.55
แสงสีแดงที่มองเห็นได้	680 nm	4.4×10^{14}	1.82
แสงสีเขียวที่มองเห็นได้	500 nm	6.0×10^{14}	2.50
สีม่วงน้ำเงินที่มองเห็นได้	400 nm	7.5×10^{14}	3.12
แสงใกล้อัลตราไวโอเลต	200 nm	1.5×10^{14}	6.25

อัลตราไวโอเลต	10 nm	3.0×10^{14}	123.0
เอ็กซ์เรย์	0.01 nm	3×10^{14}	1.24×10^5

ที่มา: Noble (1999) อ้างถึงในสมบุรณ์ (2548)

กระบวนการสังเคราะห์แสง เป็นกระบวนการที่พืชสีเขียวทำการใช้พลังงานแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี โดยมีน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัตถุดิบ ปฏิกิริยาของการสังเคราะห์แสงสรุปได้ดังสมการต่อไปนี้



ผลของการสังเคราะห์แสงนั้นจะได้ผลผลิตที่เป็นแก๊สชนิดหนึ่งนั่นคือ ออกซิเจน ซึ่งเป็นแก๊สที่เป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ โดยแก๊สออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์แสงนี้จะมาจากโมเลกุลของน้ำ ปฏิกิริยาแตกตัวของน้ำไปเป็นออกซิเจนและไฮโดรเจนไอออนโดยพลังงานแสงนี้เรียกว่า โฟโตลิซิส (Photolysis) นอกจากผลผลิตที่เป็นแก๊สออกซิเจนแล้วยังได้สารประกอบจำพวกคาร์โบไฮเดรตเป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน 6 อะตอม คือ กลูโคส และน้ำ โดยในการสร้างน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุลนั้นจะต้องใช้พลังงานแสงปริมาณมากเพื่อแยกน้ำ 12 โมเลกุล ไปเป็นออกซิเจน 12 อะตอม ไฮโดรเจนไอออน 24 อะตอม และอิเล็กตรอน 24 อนุภาค โดยออกซิเจนจะทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอนส่งไปยังอะตอมของคาร์บอนในคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการข้างล่างนี้



ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงมีความซับซ้อนค่อนข้างมาก แต่อย่างไรก็ตามสามารถที่จะแบ่งขั้นตอนการสังเคราะห์แสงได้ 2 ขั้นตอน คือ

1. ปฏิกิริยาแสง (Light reaction/Photochemical reaction)
2. ปฏิกิริยามืด (Dark reaction/Enzymatic reaction)

ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. ปัจจัยที่เกี่ยวกับพืช ได้แก่ ชนิดของพืช สภาพทางสรีรวิทยาของพืช สภาพทางพันธุกรรม

หรือช่วงวงจรชีวิตของพืช

2. ปัจจัยที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ได้แก่

2.1 แสง สามารถจำแนกคุณลักษณะของแสงที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช ได้ 3 ลักษณะ คือ

- ความเข้มแสง (Light intensity) มีปัจจัยโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสงของพืช เช่นในช่วงที่ฟ้าหลัว หรือในฤดูฝนที่มีกลุ่มเมฆหรือไอน้ำในอากาศมาบดบังแสงจากดวงอาทิตย์ พืชอาจแสดงอาการเครียด ชะงักการเจริญเติบโต ผลอ่อนหรือร่วง พืชแต่ละชนิดต้องการความเข้มแสงที่ต่างกัน เช่นกระบองเพชรต้องการความเข้มแสงสูง กล้วยไม้ในสกุลหวาย แวนด้า และ แคทลียา ต้องการความเข้มแสงกว่าพืชในสกุลรองเท้านารีเป็นต้น

- ความยาวของช่วงแสง (Light duration) ความยาวของแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเช่นกัน เช่นเบญจมาศจะพัฒนาตาดอกเมื่อได้รับช่วงแสงไม่เกิน 13 ชั่วโมงครึ่งต่อวัน หรือถ้าปลูกข้าวพันธุ์ไวแสงในฤดูร้อน ข้าวจะไม่ออกดอกและติดรวง พืชมีค่าความยาวแสงวิกฤต (Critical day length) ตัวอย่างที่ยกไปแล้วเช่นเบญจมาศมีค่าความยาวแสงวิกฤติที่ 13.5 ชั่วโมง หากเบญจมาศได้รับแสงน้อยกว่านี้จะออกดอก เราจึงจัดเบญจมาศเป็นพืชวันสั้น นี่เองคือ สาเหตุที่ทำให้เราจึงเห็นเรือนเพาะชำเบญจมาศมีทั้งโคมไฟและม่านพรางแสงอยู่ในโรงเรือน หลอดไฟมีไว้ใช้เพิ่มช่วงแสงในกรณีที่ในช่วงการปลูกนั้นอยู่ในช่วงพัฒนาด้าน หากสภาพแสงไม่เหมาะสม เช่น ฤดูหนาวมืดเร็ว จำเป็นต้องเปิดไฟเพื่อควบคุมไม่ให้เบญจมาศออกดอก ในทางกลับกัน ม่านพรางแสงจะใช้เพื่อลดช่วงแสงและช่วยกระตุ้นให้เบญจมาศหยุดการเติบโตและออกดอก

- คุณภาพแสง (Light quality) แสงที่มาจากแหล่งกำเนิดต่างกันย่อมทำให้มีคุณภาพต่างกัน โดยมากแล้วพืชมักต้องการแสงสีน้ำเงินและแดงเป็นหลัก แต่สัดส่วนของแสงสีน้ำเงินต่อแดงที่เหมาะสมก็ขึ้นอยู่กับชนิดพืชเป็นหลัก ตัวอย่างง่ายๆ เช่น การปลูกพืชโดยใช้ตาข่ายพรางแสงสีดำและสีฟ้าก็จะมีอัตราการเจริญเติบโตต่างกัน เพราะแสงที่ผ่านตาข่ายพรางแสงสีดำจะให้คลื่นแสงสีน้ำเงินและแดงมากกว่าแสงที่ถูกกรองผ่านตาข่ายสีฟ้า

2.2 อุณหภูมิ สำหรับปฏิกริยามือในกระบวนการสังเคราะห์แสง อัตราของการสังเคราะห์แสงขึ้นกับการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างมาก โดยทั่วไปพืชแต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิในการสังเคราะห์แสงที่ต่างกันตั้งแต่ 5-40 องศาเซลเซียส พืชในเขตร้อนมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วงที่ค่อนข้างสูง ส่วนพืชในเขตอบอุ่นนั้นจะมีการสังเคราะห์แสงได้ดีในอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ ถ้าอุณหภูมิที่มีสูงหรือต่ำเกินไป มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในปฏิกริยา ซึ่งถ้าอุณหภูมิสูงมากเกินไปจะมีผลต่อการเร่งอัตราการหายใจ ทำอัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลงและปฏิกริยาจะหยุดได้

2.3 ปริมาณแก๊สในบรรยากาศ ในสภาพที่มีแสงและอุณหภูมิที่พอเหมาะอัตราการสังเคราะห์แสงจะขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นได้จนถึงจุดอิ่มตัว พืชก็จะไม่เพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสงอีก ในขณะที่ออกซิเจนนั้นมีความจำเป็นต่อการหายใจของพืช โดยจะมีผลต่อ

กระบวนการหายใจแสง (Photorespiration) สำหรับพืชที่มีการหายใจแสงนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณของออกซิเจนจะมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงได้

2.4 ธาตุอาหาร การขาดธาตุอาหารของพืชนั้นจะมีผลต่อการสังเคราะห์แสงทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงก็คือ แมกนีเซียม และไนโตรเจน เพราะเป็นธาตุที่สำคัญในการเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ นอกจากนี้เอนไซม์ของธาตุหลักยังมีความจำเป็นต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ และยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของไซโทโครม ในขณะที่แมงกานีสและคลอรีนนั้นจำเป็นต่อการแตกตัวของน้ำในกระบวนการสังเคราะห์แสงอีกด้วย

2.5 ปริมาณน้ำที่พืชได้รับ น้ำเป็นแหล่งอิเล็กตรอนที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เมื่อพืชขาดน้ำจะทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงได้ นอกจากนี้น้ำยังมีผลต่อการปิดเปิดของปากใบพืชอีกด้วย ซึ่งก็จะมีผลต่อการแพร่กระจายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในใบพืช ในสภาพที่พืชขาดน้ำนั้นปากใบก็จะปิดเพื่อลดการคายน้ำ และป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับเอนไซม์ ทำให้การแลกเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนที่ปากใบจะเป็นไปได้ยาก มีผลทำให้ขาดแคลนคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง

การเจริญเติบโตของพืช มีค่าที่มีความเกี่ยวข้อง คือ การเติบโต (Growth) เป็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านปริมาณซึ่งไม่กลับคืน (Irreversible) ซึ่งก็หมายถึงการเพิ่มขนาด มวลสาร หรือปริมาตรของพืช โดยเกิดจากผลรวมของการแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์

ขณะที่การเจริญ (Development) เป็นการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ทั้งลักษณะภายนอกและภายใน ซึ่งเกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ (Cell differentiation) มีการจัดแบบแผนของรูปร่างที่สลับซับซ้อนให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงหน้าที่ (Speciation) ของเซลล์ไปเป็นเนื้อเยื่อและอวัยวะ (Plant morphogenesis)

ลักษณะการเจริญเติบโตของพืช เริ่มได้จากการที่ไข่ได้รับการปฏิสนธิ หรือไซโกตซึ่งเป็นเซลล์เดี่ยวๆ มีการแบ่งตัว เพิ่มจำนวนเซลล์ ขยายขนาด เปลี่ยนแปลงโครงสร้างรูปร่าง และหน้าที่ต่างๆ ที่เหมาะสมจนเจริญเป็นพืชที่สมบูรณ์ การเจริญเติบโตของพืชนั้นมีปัจจัยที่คอยควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืช ได้แก่

- ปัจจัยทางพันธุกรรม
- ปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมภายนอก
- ปัจจัยภายในพืช ได้แก่ สารเคมีหรือฮอร์โมนที่พืชผลิตขึ้น

ปัจจัยเหล่านี้มีผลและมีอิทธิพลร่วมกันในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช โดยพันธุกรรมซึ่งจะถูกควบคุมโดยหน่วยพันธุกรรมที่เรียกว่า ยีน (Gene) ยีนจะเป็นการควบคุมการทำงานในระดับเซลล์ให้เป็นไปตามแบบแผน โดยการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรม ควบคุมปฏิกิริยาชีวเคมีภายในเซลล์ โดยควบคุมการสังเคราะห์เอนไซม์และกำหนดโครงสร้างของโปรตีนภายในเซลล์ โดยพันธุกรรมจะเป็นปัจจัยที่กำหนดขอบเขตของการเจริญเติบโต ส่วนสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกพืชนั้นจะเป็นตัวกำหนดระดับ

ความเจริญ ส่งผลทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและพัฒนาไปเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ได้ ปัจจัยแวดล้อมภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ แสง อุณหภูมิ น้ำ ธาตุอาหาร และแรงโน้มถ่วงโลก

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไข่น้ำเป็นพืชลอยน้ำดังนั้นจึงมีการเจริญเติบโตเฉพาะบริเวณผิวน้ำ การเพาะเลี้ยงไข่น้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงจึงจำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการเพาะเลี้ยงมาก มีการศึกษาการเจริญเติบโตและปริมาณโปรตีนของไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (L.) Wimm.) ที่ทำการเพาะเลี้ยงด้วยสูตรอาหารและระดับความเข้มของแสงที่ต่างกันในสภาพกลางแจ้ง ผลการศึกษาพบว่า ไข่น้ำที่ทำการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3 คือ น้ำสกัดจากมูลวัวความเข้มข้น 45 กรัมต่อลิตร และได้รับปริมาณความเข้มของแสง 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีอัตราการเจริญเติบโตมากที่สุด โดยมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 404.023 กรัมต่อหน่วยทดลอง และมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 8.772 กรัมต่อหน่วยทดลอง โดยมีความแตกต่างจากหน่วยทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (สมศักดิ์, 2542)

มีรายงานวิจัยอื่นที่ระบุว่า ไข่น้ำเป็นพืชที่เป็นเครื่องมือทางเทคโนโลยีชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย (Biotechnological treatment of sewage) ที่เกิดจากทั้งกิจกรรมของมนุษย์และจากการทำเกษตรกรรมได้ (Lemon และคณะ, 2001) ผลการวิจัยการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ รวมถึงการศึกษาคุณภาพของน้ำจากการทำประมงนั้นได้มีการเสนอว่าปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากฟาร์มกุ้งนั้นจะมีปริมาณที่ลดลง เพราะฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) ถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของไข่น้ำ (Chowwanklang, 1991, Pansawad, 2002) เช่นเดียวกันปริมาณของไนเตรตที่ปรากฏในน้ำเสียก็จะถูกกำจัดออกไปโดยการดูดซึมไนโตรเจนในรูปของสารประกอบไนเตรดไปใช้ในการเจริญเติบโตของไข่น้ำ (Pansawad, 2002, Tuntulweat, 2004) ซึ่งไข่น้ำจะสามารถดูดซึมสารพวกไนโตรเจนได้ดีในรูปของปริมาณแอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen, TAN) และสารประกอบไนเตรด (NO_3^-)

Suppadit และคณะ (2008) รายงานผลการวิจัยว่าไข่น้ำมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) โดยทำการทดลองเลี้ยงไข่น้ำจำนวน 12 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เป็นเวลา 30 วัน ซึ่งพบว่าเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ไข่น้ำในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ซึ่งจากการตรวจวัดคุณภาพน้ำจากการวิเคราะห์ค่า BOD สารแขวนลอย (Suspended solids) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus) ปริมาณไนเตรด (Nitrate) ปริมาณแอมโมเนียรวม (Total ammonia) และปริมาณไนโตรเจนรวม (Total Kjeldahl nitrogen) มีปริมาณลดลงอยู่ในระดับที่เป็นปกติ เหตุผลที่ทำให้ไข่น้ำสามารถลดค่า BOD ได้นั้นอาจจะเป็นผลมาจากการที่ไข่น้ำดูดซับอินทรีย์สารจากน้ำเสียที่ปลดปล่อยออกมาจากฟาร์มกุ้ง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของไข่น้ำดังนั้นจึงมีผลทำให้ความต้องการในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียน้อยลงนั่นเอง (Chaiyakum & Predalumburt, 1994)

มีรายงานการวิจัยที่ศึกษาการเพาะเลี้ยงไข่น้ำในน้ำเสียจากฟาร์มกุ้ง พบว่ามวลชีวภาพของไข่น้ำที่ใช้เริ่มต้น 0.2 กิโลกรัมต่อน้ำ 50 ลิตร ใช้เวลาในการบำบัดน้ำเสียและเพาะเลี้ยง 30 วัน จะทำให้ผลผลิต

ของไข่น้ำเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 0.156 กิโลกรัมต่อน้ำ 50 ลิตร ในขณะที่เดียวกันหากใช้มวลชีวภาพของไข่น้ำเริ่มต้น 0.8 กิโลกรัมต่อน้ำ 50 ลิตร เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 30 วันเช่นกันจะมีผลทำให้ปริมาณมวลชีวภาพของไข่น้ำเพิ่มขึ้นต่ำที่สุด โดยมีมวลชีวภาพลดลงประมาณ 0.086 กิโลกรัมต่อน้ำ 50 ลิตร (Suppadit และคณะ, 2008)

บทที่ 3

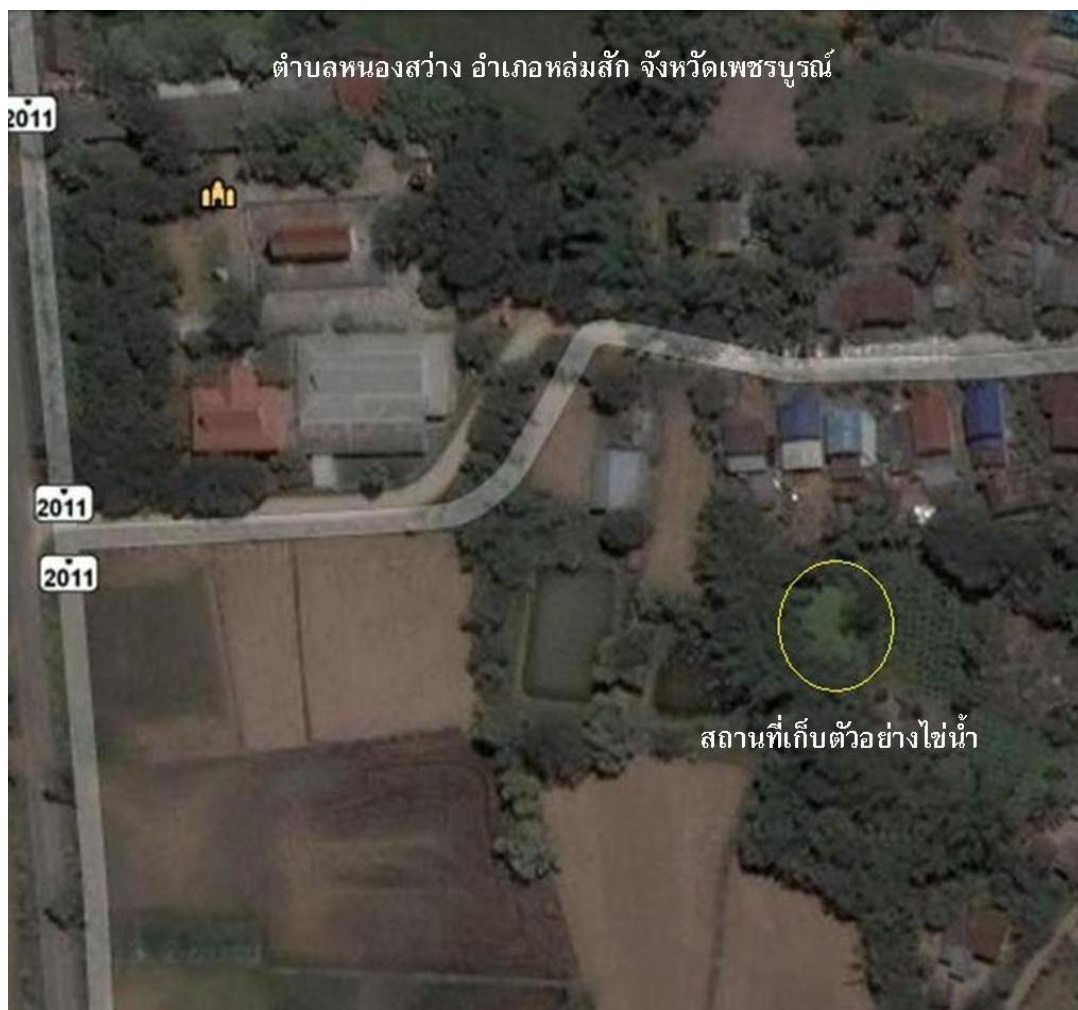
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องวัดค่าปฏิกิริยา (pH meter)
2. เครื่องมือวัดความขุ่น (Turbidimeter)
3. เครื่องมือวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO meter)
4. ตู้อบ (Hot air oven)
5. เครื่องแก้ว
6. เตาทำความร้อนและแท่งแม่เหล็กสำหรับกวน (Hot plate and Magnetic stirrer)
7. กล้องจุลทรรศน์สองตา (Binocular microscope)

3.2 ตัวอย่างพืชน้ำที่ใช้ในงานวิจัย

ตัวอย่างของไข่น้ำที่ใช้ในการวิจัย คือ ชนิดพันธุ์ *Wolffia arrhiza* ซึ่งถูกนำมาจากหนองน้ำในเขตพื้นที่บ้านหนองสว่าง ตำบลหนองสว่าง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ พิกัดทางภูมิศาสตร์ 16°24'51.7"N 101° 04' 01.1" E หรือ 47Q7207281815897 โดยระดับความสูงของพื้นที่ 190 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล (ภาพที่ 3.1) ตัวอย่างไข่น้ำที่นำมาไว้ในห้องปฏิบัติการจะทำการล้างน้ำให้สะอาด คัดแยกแค้น สาหร่าย และตัวอ่อนของแมลงออก แล้วทำการเพาะเลี้ยงไว้เพื่อเตรียมไว้ใช้ในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 3.1 แผนที่แสดงพื้นที่เก็บตัวอย่างไข่น้ำเพื่อใช้ในการวิจัยบ้านหนองสว่าง
ตำบลหนองสว่าง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์



ภาพที่ 3.2 หนองน้ำที่เป็นแหล่งเก็บตัวอย่างไข่น้ำในพื้นที่บ้านหนองสว่าง ตำบลหนองสว่าง อำเภอลำสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

3.3 อาหารเพาะเลี้ยงไข่น้ำ

สารละลายที่ใช้สำหรับเพาะเลี้ยงไข่น้ำในการวิจัยนี้คือ สารละลายฮอกแลนด์ (Hoagland's nutrient solution) โดยทำการเติมสารละลายฮอกแลนด์ในน้ำ 2 มิลลิลิตรทุกสัปดาห์ตลอดการทดลอง โดยสารละลายนี้เตรียมได้จากสารเคมีดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของสารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland's nutrient solution

Stock solution	Concentration (g/liter)	Component	Hoagland's solution (ml/liter)
1	136	KH ₄ PO ₄	1
2	101	KNO ₃	5
3	164	Ca(NO ₃) ₂	5
4	120	MgSO ₄	2
5 (micronutrient)		Micronutrient stock solution	1

6 (iron)		Chelated iron stock solution	1
----------	--	------------------------------	---

3.4 สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

คณะเทคโนโลยีการเกษตร และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการศึกษาทางชีววิทยา

นำไข่น้ำตามแหล่งน้ำตามธรรมชาติจากตำบลหนองสว่าง ซึ่งได้นำมาทำการเตรียมไว้สำหรับการเพาะเลี้ยงในงานวิจัยมาทำการศึกษาด้านชีววิทยา โดยดูลักษณะทางกายภาพ (Morphology) และลักษณะเนื้อเยื่อ (Tissue) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สองตา แล้วทำการบันทึกภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อตรวจสอบชนิดพันธุ์ของไข่น้ำก่อนเริ่มดำเนินการวิจัย

2. ขั้นตอนการเพาะขยายพันธุ์

นำเอาไข่น้ำที่ได้เตรียมไว้สำหรับการทดลอง ผึ่งให้แห้งแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก 15 กรัมต่อชุดทดลอง (ภาพที่ 3.3) จากนั้นนำมาใส่ลงในภาชนะที่มีน้ำกลั่นที่ผสมอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงไข่น้ำ คือ สารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland's nutrient solution แล้วนำไปจัดวางในพื้นที่ทดลองที่มีระดับความเข้มแสงแตกต่างกัน 4 ระดับ โดยชุดทดลองที่ใช้ในการวิจัย ประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้

2.1 ชุดทดลองที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 4 ชุดทดลอง แต่ละชุดทดลองจะมีทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยรายละเอียดของแต่ละชุดทดลองมีดังต่อไปนี้

ชุดทดลองที่ 1 (T1): ความเข้มแสง 0 เปอร์เซ็นต์

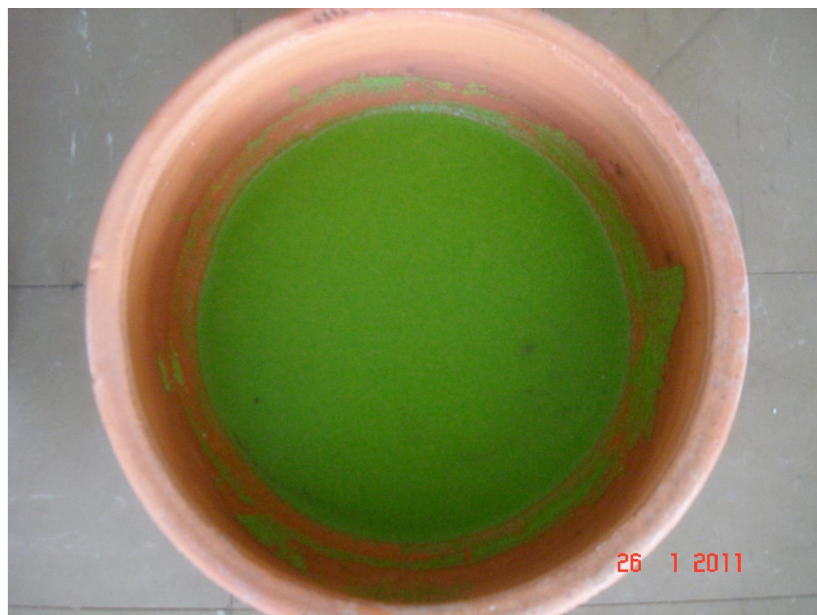
ชุดทดลองที่ 2 (T2): ความเข้มแสง 60 เปอร์เซ็นต์

ชุดทดลองที่ 3 (T3): ความเข้มแสง 80 เปอร์เซ็นต์

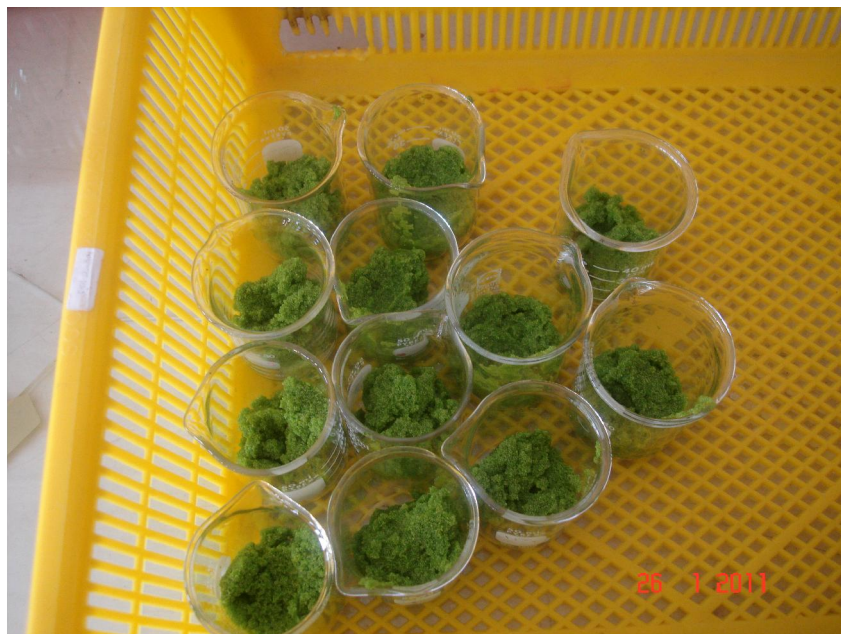
ชุดทดลองที่ 4 (T4): ความเข้มแสง 100 เปอร์เซ็นต์

ก่อนทำการทดลอง จะทำการนำเอาน้ำตัวอย่างในแต่ละชุดทดลองไปวัดปริมาณค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ (pH) โดย pH meter Metter Toledo รุ่น AG 8603, ค่าความขุ่นของน้ำด้วย Turbidity meter Model 2100 N และอุณหภูมิของน้ำ ซึ่งวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์

2.2 นำเอาไข่น้ำที่ได้เตรียมไว้ชั่งน้ำหนัก 15 กรัม จากนั้นนำไปใส่อ่างดินเผาที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ลึก 17 เซนติเมตร โดยเลือกทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) จัดวางในบริเวณห้องปฏิบัติการ ทุกสัปดาห์จะมีการตรวจปริมาณน้ำและจะทำการเติมน้ำตัวอย่าง และอาหารเพาะเลี้ยงไข่น้ำลงไป 1 ครั้งหลังทำการทดลองไปแล้ว 1 สัปดาห์เพื่อทดแทนปริมาณน้ำที่ระเหยไปจำนวนเท่าๆ กันทุกชุดทดลอง



ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างไขน้ำที่เตรียมไว้สำหรับการทดลอง



ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างไขน้ำที่นำมาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในแต่ละชุดทดลอง



ภาพที่ 3.5 สภาพพื้นที่และสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในแต่ละชุดทดลอง



ภาพที่ 3.6 การวัดปริมาณความเข้มแสงที่ใช้ในแต่ละชุดการทดลอง

2.3 เมื่อครบกำหนดจะทำการหาปริมาณผลผลิตของไข่น้ำ โดยวิธีการเก็บเกี่ยวทั้งหมด แล้วนำไปหาค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

1. การเติบโตสัมพัทธ์ (Relative growth)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเปียกที่วัดครั้งสุดท้าย (Final fresh weight, FFW, g)}}{\text{น้ำหนักเปียกที่วัดครั้งแรก (Initial fresh weight, IFW, g)}}$$

2. ผลผลิตมวลชีวภาพ (Biomass productivity)

จะทำการนำเอาตัวอย่างไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงได้ ไปทำการอบที่อุณหภูมิ 60°C แล้วนำไปชั่งโดยเครื่องชั่งจนกระทั่งน้ำหนักของตัวอย่างไข่น้ำคงที่ น้ำหนักที่ได้ คือ น้ำหนักแห้งของไข่น้ำ จากนั้นจะนำไปทำการเปรียบเทียบกับน้ำหนักไข่น้ำแห้งของไข่น้ำที่เริ่มต้น ก็จะได้ปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพ

3.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ข้อมูลเชิงปริมาณจะถูกนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ One-way Analysis of Variance (One-way ANOVA) และใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูล

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการวิจัย

4.1.1 ข้อมูลทางกายภาพของคุณภาพน้ำ

ผลการศึกษาพบว่าความเป็นกรดต่างของน้ำในสัปดาห์แรกที่เป็นสัปดาห์เริ่มต้น ค่าความเป็นกรดต่างมีความใกล้เคียงกันโดยมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงสภาพเป็นกลาง (pH มีค่าอยู่ระหว่าง 6.91-7.34) ซึ่งผลการวิจัยปรากฏว่าตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยงไข่น้ำเป็นเวลา 4 สัปดาห์ (T1-T5) ระดับความเป็นกรดต่างของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงไม่มีความเปลี่ยนแปลง โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีสภาพเป็นกลาง (ตารางที่ 4.1) ซึ่งสัปดาห์สุดท้ายภายหลังเสร็จสิ้นการทดลองสภาพความเป็นกรดต่างของน้ำในทุกชุดทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 7.29-7.50 เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ พบว่าค่าเฉลี่ยของความแตกต่างในชุดการทดลองที่ T1 และ T4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p = 0.01$, $F = 7.725$ และ $p = 0.048$, $F = 4.130$ ตามลำดับ)

แต่เมื่อพิจารณาค่าความขุ่นของน้ำพบว่า ในช่วงเริ่มการทดลองค่าความขุ่นของน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความขุ่นต่ำที่สุดในชุดทดลองที่ T1 โดยมีค่าความขุ่นของน้ำเท่ากับ 0.68 ± 0.11 ntu และค่าความขุ่นของน้ำมีค่าสูงที่สุดในชุดทดลองที่ T4 โดยมีค่าเท่ากับ 1.32 ± 0.09 ntu (ตารางที่ 4.2) ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณความขุ่นของน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\text{sig.} = 0.00$, $F = 23.75$) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงต่อไปจนครบ 4 สัปดาห์พบว่า ในชุดทดลองที่ T4 มีแนวโน้มที่มีปริมาณความขุ่นของน้ำเพิ่มสูงที่สุดโดยมีปริมาณความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้นจาก 1.32 ± 0.09 ntu เป็น 17.17 ± 2.20 ntu และชุดทดลองที่ T2 มีค่าความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้นจาก 0.74 ± 0.14 ntu เป็น 7.75 ± 5.69 ntu ในขณะที่ชุดทดลองที่ T1 และ T3 มีค่าปริมาณความขุ่นของน้ำไม่ค่อยแตกต่างกันมากนักระหว่างสัปดาห์แรก (T1) ถึงสัปดาห์สุดท้าย (T5) เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณความขุ่นของน้ำในสัปดาห์สุดท้าย พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณความขุ่นของน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\text{sig.} = 0.001$, $F = 16.54$)

ผลการตรวจวิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพแสดงให้เห็นได้ว่า ไข่น้ำที่เลี้ยงภายใต้ระดับความเข้มแสงที่ 100 เปอร์เซนต์ สามารถเลี้ยงไข่น้ำได้ดีกว่าที่ไม่มีแสง และแสงน้อย โดยทำให้ค่าความเป็นกรดต่าง ของชุดการทดลองมีค่าเป็นกลางมากขึ้น ค่าความขุ่นของน้ำลดลง นอกจากนี้จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าไข่น้ำเป็นพืชที่ค่อนข้างเจริญเติบโตโดยการเพาะเลี้ยงได้ในน้ำที่สะอาด และสามารถเลี้ยงได้ในน้ำกรองหรือน้ำที่ปราศจากคลอรีนได้ ผลการวิจัยด้านการเพาะเลี้ยงชี้ให้เห็นว่าชุดทดลองที่ T1 มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์และผลผลิตสูง

ผลการตรวจวัดสภาพทางกายภาพในด้านอุณหภูมิของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงไข่น้ำ ตั้งแต่เริ่มการทดลอง (T1) จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (T5) พบว่าในสัปดาห์แรกนั้นอุณหภูมิของน้ำที่เริ่มต้นการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในทุจุดการทดลองอยู่ระหว่าง 21.33-23.67 องศาเซลเซียส แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าค่าอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงไข่น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นบ้างเล็กน้อยโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 27.00-27.83 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.3) ซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นนั้นเกี่ยวข้องกับสภาพอุณหภูมิของอากาศที่เริ่มเข้าสู่ต้นฤดูร้อน ทำให้อุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นบ้างเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงไข่น้ำได้ทำการทดลองในช่วงปลายฤดูหนาวทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำไม่ค่อยสูงมากนัก อาจจะมีผลกระทบต่อารเพาะเลี้ยงไข่น้ำบ้างเนื่องจากไข่น้ำส่วนใหญ่จะมีการรูปแบบชีวิตที่มีการพักตัวในช่วงฤดูหนาว

ตารางที่ 4.1 ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์สุดท้าย

ชุดทดลองที่	ค่าความเป็นกรดต่าง				
	W0	W1	W2	W3	W4
T1	7.23±0.17	7.01±0.12	7.06±0.14	7.13±0.10	7.29±0.06
T2	7.25±0.09	7.26±0.22	7.20±0.16	7.28±0.18	7.33±0.14
T3	7.34±0.07	7.11±0.07	7.19±0.06	7.27±0.05	7.39±0.09
T4	6.92±0.11	7.30±0.12	7.43±0.14	7.97±0.62	7.50±0.46

ตารางที่ 4.2 ค่าความขุ่นของน้ำตัวอย่างตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์สุดท้าย

ชุดทดลองที่	ค่าความขุ่นของน้ำ (ntu)				
	W0	W1	W2	W3	W4
T1	0.68±0.11	0.94±0.21	3.67±0.15	1.63±0.73	1.73±0.79
T2	0.74±0.14	1.82±0.36	4.64±1.54	6.80±4.25	7.75±5.69
T3	0.82±0.07	1.92±0.47	3.02±0.32	2.21±1.30	1.67±0.90
T4	1.32±0.09	2.35±0.67	10.13±9.02	15.03±1.62	17.17±2.21

ตารางที่ 4.3 อุณหภูมิของน้ำตัวอย่างตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์สุดท้าย

ชุดทดลองที่	อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)				
	W0	W1	W2	W3	W4
T1	21.67±0.58	22.67±0.58	24.00±0.00	25.00±0.00	27.33±0.29
T2	22.33±0.58	24.00±1.00	24.00±0.00	25.00±0.00	27.00±0.00
T3	21.67±0.58	23.33±0.58	24.00±0.00	25.00±0.00	27.00±0.00

T4	23.67±0.58	24.83±0.58	24.33±0.58	25.00±0.00	27.83±0.29
----	------------	------------	------------	------------	------------

4.1.2 ข้อมูลทางการเพาะเลี้ยง

1. การเติบโตสัมพัทธ์ (Relative growth)

ผลการศึกษาอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของไข่น้ำในแต่ละชุดทดลองพบว่า เมื่อทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ไข่น้ำในชุดทดลองที่ T4 มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์สูงสุด โดยมีค่าอัตราการเติบโตสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 1.36 ± 0.207 ลำดับรองลงมาคือ ชุดทดลองที่ T2 และ T1 โดยมีค่าอัตราการเติบโตสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 0.63 ± 0.701 และ 0.41 ± 0.473 ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติแล้วพบว่า ค่าอัตราการเติบโตสัมพัทธ์เฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p = 0.001$, $F = 19.214$) โดยค่าอัตราการเติบโตสัมพัทธ์เฉลี่ยของชุดทดลองที่ T4 (แสง 100 เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ที่สูงกว่าชุดทดลองที่ T1, T2 และ T3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.4) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าชุดทดลองที่ T4 ซึ่งมีระดับความเข้มแสง 100 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงไข่น้ำ

ตารางที่ 4.4 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของไข่น้ำในแต่ละชุดทดลอง

ชุดทดลองที่	มวลชีวภาพของไข่น้ำ เมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)	อัตราการเติบโตสัมพัทธ์
T1	15.00	0.41 ± 0.473^a
T2	15.00	0.63 ± 0.701^a
T3	15.00	0.38 ± 0.281^a
T4	15.00	1.36 ± 0.207^b

2. ผลผลิตมวลชีวภาพ (Biomass productivity)

เมื่อทำการทดลองเพาะเลี้ยงไข่น้ำที่มีตัวควบคุมด้วยแสงในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยเริ่มจากการใช้ไข่น้ำจำนวน 15 กรัม เมื่อเวลาผ่านไป 5 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าชุดทดลองที่ T4 มีผลผลิตมวลชีวภาพของไข่น้ำสูงที่สุด คือ มีมวลชีวภาพไข่น้ำเฉลี่ย 0.36 ± 0.064 กรัม ส่วนในทุกชุดทดลองที่เหลือนั้นไม่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพ โดยพบว่ามวลชีวภาพเฉลี่ยของไข่น้ำมีค่าต่ำกว่ามวลชีวภาพก่อนการทดลอง เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลผลิตมวลชีวภาพของไข่น้ำด้วยวิธีการทางสถิติพบว่า ค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพไข่น้ำในชุดทดลอง T4 มีค่าสูงกว่าชุดทดลองที่ T1, T2 และ T3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p = 0.000$, $F = 100.315$) (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 มวลชีวภาพของไข่น้ำที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง

ชุดทดลองที่	ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง, กรัม)
T1	-0.38 ± 0.017^a
T2	-0.19 ± 0.035^b
T3	-0.390 ± 0.096^a
T4	0.36 ± 0.064^c

4.2 อภิปรายผล

ในด้านผลการวิจัยทางกายภาพแสดงให้เห็นว่า ค่าความเป็นกรดต่างตลอดระยะเวลาการทดลอง ไม่มีการเปลี่ยนแปลง สภาพความเป็นกรดต่างอยู่ในสภาวะค่อนข้างเป็นกลาง ซึ่งเป็นค่าความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ส่วนสภาพความชุ่มชื้นของน้ำจะเห็นได้ว่าในชุดการทดลองที่ T4 นั้นปริมาณความชุ่มชื้นของน้ำมีปริมาณมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากสภาพที่ไม่มีแสงทำให้ไขน้ำมีอัตราการสังเคราะห์แสงที่ต่ำมาก มีผลทำให้ไขน้ำบางส่วนตาย เซลล์ของไขน้ำที่ตายมีการย่อยสลายตามกระบวนการทางธรรมชาติ ทำให้ปริมาณอินทรีย์สารในน้ำมีเพิ่มสูงขึ้นจึงส่งผลต่อค่าปริมาณความชุ่มชื้นของน้ำ ในขณะที่อุณหภูมิน้ำค่อนข้างคงที่ ซึ่งก็เป็นช่วงอุณหภูมิทั่วไปที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช อย่างไรก็ตามสภาพวงจรชีวิตของไขน้ำที่ดำรงชีพในธรรมชาตินั้นในช่วงฤดูหนาวไขน้ำจะมีการเปลี่ยนรูปแบบการดำรงชีวิตไปสู่ระยะการพักตัว ดังนั้นผลการเจริญเติบโตของไขน้ำในช่วงการทดลองนี้อาจจะมีอัตราการเติบโตไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับการเติบโตของไขน้ำในช่วงฤดูร้อน มีรายงานการวิจัยที่อธิบายถึงกลการสังเคราะห์แสง คือ ระดับความเข้มแสงมีผลต่อการดูดซับไนเตรท (Nitrate) ในพืชโดยมีการทดสอบการดูดซับไนเตรทเข้าสู่เซลล์ของไขน้ำ (*Wolffia arrhiza*) ถ้าไขน้ำได้รับช่วงแสงที่มีความยาวช่วงคลื่นมากกว่า 700 นาโนเมตร และมีตัวยับยั้ง (Inhibitor) แล้วจะมีผลทำให้อัตราการดูดซับไนเตรทเข้าสู่เซลล์จะมีปริมาณที่ลดลง ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดอิเล็กตรอนไม่เป็นวงจร (Non-cyclic electron transport) ถูกกีดขวาง ทำให้เซลล์มีพลังงาน ATP ในส่วนของคลอโรพลาสต์น้อยลง ส่งผลกระทบต่อการขนส่งสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของพืช (Swader และคณะ, 1975) ดังนั้นเมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมดังกล่าว การดูดซับไนเตรทเข้าสู่เซลล์พืชจึงเกิดขึ้นได้น้อย ทำให้กระบวนการทางชีวเคมีในเซลล์ของไขน้ำเกิดขึ้นได้ไม่ดี และมีผลทำให้พืชมีอัตราการเติบโตที่ต่ำลง

เนื่องจากไขน้ำเป็นพืชดอกที่มีขนาดเล็กมากที่สุด โครงสร้างทางกายวิภาคค่อนข้างจะไม่ซับซ้อน รวมทั้งการพัฒนาของเมล็ดที่แท้จริง (True seed) นั้นไม่ชัดเจนมากนัก ส่วนใหญ่เซลล์ชั้นนอกจะมองเห็นเพียงส่วนของปากใบ (Stomata) ที่ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส นอกจากนี้ยังมีเฉพาะส่วนของเนื้อเยื่อพาเรงคิมา (Parenchyma) รวมไปถึงส่วนของช่องว่างระหว่างเซลล์ (Intercellular gaps) ซึ่งเนื้อเยื่อและเซลล์เหล่านี้จะต้องมองผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเท่านั้น จึงจะสามารถมองเห็นได้ ดังนั้นการสืบพันธุ์ของพืชชนิดนี้ส่วนใหญ่จะเป็นไปในรูปแบบของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Maheshwari and Chauhan, 1963) แล้วยังมีการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่าอัตราการสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต

ของไข่น้ำจะเพิ่มขึ้นได้สองเท่าตัวภายในระยะเวลาประมาณ 17 วัน (Bernard และคณะ, 1990) จากรายงานของ White และ Wise (1998) สำหรับไข่น้ำจะมีรูปแบบวงจรชีวิตที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่เป็นระยะลอยตัว (Floating formation) เป็นระยะที่ไข่น้ำมีการเจริญเติบโต ซึ่งในระยะนี้ ไข่น้ำจะลอยอยู่ที่ผิวน้ำ เกี่ยวเนื่องมาจากกลไกทางสรีรวิทยาภายในเซลล์ของไข่น้ำเอง นั่นคือหากไข่น้ำ อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตแล้ว ไข่น้ำจะมีการปรับตัวทางด้านสรีรวิทยาและ นิเวศวิทยา ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ต่อลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อเยื่อ (Histochemistry) นั่นก็คือส่วนของช่องว่างที่ปากใบซึ่งจะมีสารประเภทขี้ผึ้งสะสมอยู่ (Wax coated substomatal cavities) ซึ่งในระยะนี้ไข่น้ำจะมีการสะสมสารประกอบจำพวกแป้งไว้เป็นจำนวนมาก และจะมีผลต่อการกระจายพันธุ์ของไข่น้ำในธรรมชาติ แต่ถ้าหากไข่น้ำอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมแล้วจะมี รูปแบบที่เป็นระยะจมน้ำ (Sunk formation) ซึ่งเป็นระยะพักตัวของไข่น้ำที่เรียกว่า Turion โดยไข่น้ำจะมีสภาพที่จมลงสู่ พื้นท้องน้ำ ไข่น้ำสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบชีวิตสลับไปมาได้ตามสภาวะสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่ โดยจะไข่น้ำจะมีการปรับตัวที่เกี่ยวข้องกับกลไกภายในเซลล์ของไข่น้ำเอง (Witty, 2009) ดังนั้น หากไข่น้ำอยู่ในระยะที่เป็นระยะลอยตัวในสภาวะธรรมชาติแล้ว อีกทั้งยังมีธาตุอาหารที่เหมาะสม อาจจะทำให้เกิดปัญหาทางนิเวศวิทยาในลักษณะของ Eutrophication ได้ แต่สำหรับในการเพาะเลี้ยง เพื่อขยายพันธุ์ไข่น้ำ ควรจะต้องมีการจัดสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อไข่น้ำ เพื่อหลีกเลี่ยงสภาวะ การพักตัวของไข่น้ำ ดังนั้นจากผลการวิจัยนี้อาจจะกล่าวได้ว่า ควรจัดให้มีปริมาณแสงส่องถึงพื้นที่ เพาะเลี้ยงไข่น้ำให้เต็มที่เพื่อลดปัญหาการพักตัวของไข่น้ำ อีกทั้งยังเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสงของไข่น้ำ ทำให้ไข่น้ำสามารถขยายพันธุ์และเพิ่มจำนวนได้มากที่สุด นอกจากนี้ในรายงานของ Witty (2009) ยังระบุไว้ว่าสภาพแวดล้อมนั้นมีผลต่อการลอยตัวของไข่น้ำ ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตของ ไข่น้ำ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อ การลอยตัวของไข่น้ำคือ ความเข้มแสง (Light intensity) และปริมาณ ออกซิเจนที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis)

ไข่น้ำจัดได้ว่าเป็นพืชที่มีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม อาทิเช่น การได้รับ ปริมาณแสงที่ไม่เพียงพอ การดำรงชีพในสภาพที่มีเกลือแอมโมเนียมสูง มีโลหะหนัก หรือสารประกอบ ประเภทไซยาไนด์ที่มีความเป็นพิษ (Mcclure and Alston, 1966.) โดยในสภาพธรรมชาติแล้วจะพบว่า ไข่น้ำจะเป็นพืชที่มีการกระจายพันธุ์ในบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำตื้นที่เป็นน้ำนิ่ง (Mical and Krotke, 1999, Mical และคณะ, 1999) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเพาะขยายพันธุ์ไข่น้ำสามารถที่จะเพาะเลี้ยงได้ในภาชนะ หรือแหล่งน้ำนิ่งตามธรรมชาติ หรืออาจจะใช้น้ำเสียมาใช้ในการเพาะเลี้ยงไข่น้ำเพื่อเป็นการบำบัดสภาพ น้ำเสีย ในขณะที่เดียวกันก็ใช้ประโยชน์ในการขยายพันธุ์ไข่น้ำได้อีกด้วย โดยผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าไข่น้ำ เป็นพืชที่ต้องการแสงมาก ดังนั้นพื้นที่ที่จะใช้เพาะเลี้ยงไข่น้ำควรเป็นบริเวณกลางแจ้งที่มีแสงแดดส่องถึง อีกทั้งยังมีรายงานการวิเคราะห์ปริมาณของรงควัตถุที่พบในเซลล์ของไข่น้ำ พบว่ามีรงควัตถุที่ใช้ใน การสังเคราะห์แสง คือ คลอโรฟิลล์ เอ และบี (Czerpak และคณะ, 2002) รวมไปถึง β -carotene และ xanthophylls ซึ่งรงควัตถุเหล่านี้จะสามารถดูดซับพลังงานแสงได้ในหลายช่วงความยาวคลื่น เช่น

ความยาวช่วงคลื่น 480, 640, 650, 680 และ 760 นาโนเมตร ดังนั้นหากมีการเพาะเลี้ยงไขน้ำไว้ในบริเวณที่มีแสงมาก ก็จะทำให้รงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงเหล่านี้สามารถดูดซับพลังงานแสงมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้มากยิ่งขึ้น ส่งผลให้อัตราการเติบโตของไขน้ำเกิดขึ้นได้ดีเช่นกัน

มีรายงานการวิจัยที่น่าสนใจเกี่ยวกับการสังเคราะห์แสงของไขน้ำ นั่นก็คือ นอกเหนือจากระดับความเข้มแสงที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของไขน้ำแล้ว ประเภทของน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงก็จะมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของไขน้ำอีกด้วย เนื่องจากได้มีการทดลองเพาะเลี้ยงไขน้ำในน้ำประปา (Tap water) ที่มีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำค่อนข้างต่ำ แต่มีระดับของแร่ธาตุ (Mineral component) สูง แล้วพบว่าปริมาณของคลอโรฟิลล์ โดยเฉพาะคลอโรฟิลล์เอ เบต้าแคโรทีน (β -carotene) และแซนโทฟิลล์ (Xanthophyll) ที่สะสมภายในเซลล์ของไขน้ำมีระดับที่สูงกว่าไขน้ำที่ทำการเพาะเลี้ยงในน้ำเสีย (Raw wastewater) และสารแขวนลอยที่ได้จากน้ำที่ผ่านการบำบัด (Suspension of activated sludge) สาเหตุเป็นเพราะว่าไขน้ำที่เพาะเลี้ยงไว้ในน้ำประปานั้น จะมีการรูปแบบการสร้างอาหารด้วยวิธีการสังเคราะห์แสงเป็นหลัก ทำให้เซลล์ของไขน้ำมีการสังเคราะห์รงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงเพิ่มมากขึ้น แต่หากสภาพแวดล้อมเป็นลักษณะที่มีสารอาหารประเภทอินทรีย์สารมาก จะมีผลยับยั้งรูปแบบการสังเคราะห์แสง แต่ไขน้ำจะมีรูปแบบชีวิตที่มีลักษณะเด่นในสภาพของ Heterotrophism แทน (Czerpak และคณะ, 2002) ทำให้มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของไขน้ำได้เช่นกัน ซึ่งเหตุผลนี้สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Mical and Krotke (1999) และ Mical และคณะ (1999) ที่กล่าวว่า การเพาะเลี้ยงไขน้ำในน้ำเสียจะมีผลส่งเสริมให้เกิดการหายใจมืด (Dark respiration) มากกว่าการเพาะเลี้ยงไขน้ำในน้ำประปา

อย่างไรก็ดีไขน้ำจัดเป็นพืชมีดอกชนิดหนึ่ง ดังนั้นหากต้องการควบคุมปริมาณของไขน้ำที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ อาจกระทำโดยการใช้สารชำระล้าง (Detergent) ทวิน 20 (Tween 20) ซึ่งจากรายงานของ Witty (2010) ระบุว่า การใช้สารชำระล้างทวิน 20 ที่ระดับความเข้มข้น 0.1% จะทำให้ไขน้ำที่ดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติตายภายในเวลาเพียง 5 วัน

มีงานวิจัยอีกหลายงานที่แสดงให้เห็นถึงการนำเอาไขน้ำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสีย นอกเหนือจากการนำเอาไขน้ำมาเพาะเลี้ยงเพื่อการบริโภค อาทิเช่นการวิจัยการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ รวมถึงการศึกษาคุณภาพของน้ำจากการทำประมงนั้นได้มีการเสนอว่าปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากฟาร์มกุ้งนั้นจะมีปริมาณที่ลดลง เนื่องมาจากฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) ถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของไขน้ำ (Chowwanklang, 1991, Pansawad, 2002) เช่นเดียวกันปริมาณของไนเตรดที่ปรากฏในน้ำเสียก็จะถูกกำจัดออกไปโดยการดูดซึมไนโตรเจนในรูปของสารประกอบไนเตรดไปใช้ในการเจริญเติบโตของไขน้ำ (Pansawad, 2002, Tuntulweat, 2004) ซึ่งไขน้ำจะสามารถดูดซึมสารพวกไนโตรเจนได้ดีในรูปของปริมาณแอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen, TAN) และสารประกอบไนเตรด (NO_3^-)

Suppadit และคณะ (2008) รายงานผลการวิจัยว่าไข่น้ำมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) โดยทำการทดลองเลี้ยงไข่น้ำจำนวน 12 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตรเป็นเวลา 30 วัน ซึ่งพบว่าเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ไข่น้ำในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ซึ่งจากการตรวจวัดคุณภาพน้ำจากการวิเคราะห์ค่า BOD สารแขวนลอย (Suspended solids) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus) ปริมาณไนเตรด (Nitrate) ปริมาณแอมโมเนียรวม (Total ammonia) และปริมาณไนโตรเจนรวม (Total Kjeldahl nitrogen) มีปริมาณลดลงอยู่ในระดับที่เป็นปกติ เหตุผลที่ทำให้ไข่น้ำสามารถลดค่า BOD ได้นั้นอาจจะเป็นผลมาจากการที่ไข่น้ำดูดซับอินทรีย์สารจากน้ำเสียที่ปลดปล่อยออกมาจากฟาร์มกุ้งเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ดังนั้นจึงมีผลทำให้ความต้องการในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียน้อยลงนั่นเอง (Chaiyakum & Predalumburt, 1994)

ยังมีงานวิจัยที่ยืนยันได้ว่าไข่น้ำมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย จากศักยภาพในการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณมาก นอกจากนี้ยังสามารถผลิตโปรตีนได้มากถึง 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง เมื่ออยู่ในสถานะภาพการพักตัว ที่เรียกว่า turion นอกจากนี้แล้วไข่น้ำยังเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ทำการเพาะเลี้ยงได้ในน้ำที่มีความลึกเพียง 1 เซนติเมตร ผลการวิจัยรายงานว่า เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพของไข่น้ำที่ทำการเพาะเลี้ยงในสถานะที่มีน้ำไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous flow condition) พบว่ามีปริมาณของไนโตรเจน 6-7 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง และปริมาณฟอสฟอรัส 1-2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งผลการดูดซับไนโตรเจนจากน้ำเสียนั้นมีอัตราประมาณ 126 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อตารางเมตรต่อวัน และอัตราการดูดซับฟอสฟอรัสประมาณ 38 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อตารางเมตรต่อวัน (Fugita และคณะ, 1999) นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยอื่นที่ระบุว่าไข่น้ำเป็นพืชที่เป็นเครื่องมือทางเทคโนโลยีชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย (Biotechnological treatment of sewage) ที่เกิดจากทั้งกิจกรรมของมนุษย์และจาก การทำเกษตรกรรมได้ (Frick และคณะ, 2000, Lemon และคณะ, 2001)

ไข่น้ำเป็นพืชลอยน้ำดังนั้นจึงมีการเจริญเติบโตเฉพาะบริเวณผิวน้ำ การเพาะเลี้ยงไข่น้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงจึงจำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการเพาะเลี้ยงมาก มีการศึกษาการเจริญเติบโตและปริมาณโปรตีนของไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (L.) Wimm.) ที่ทำการเพาะเลี้ยงด้วยสูตรอาหารและระดับความเข้มของแสงที่ต่างกันในสภาพกลางแจ้ง ผลการศึกษาพบว่า ไข่น้ำที่ทำการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3 คือ น้ำสกัดจากมูลวัวความเข้มข้น 45 กรัมต่อลิตร และได้รับปริมาณความเข้มของแสง 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีอัตราการเจริญเติบโตมากที่สุด โดยมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 404.023 กรัมต่อหน่วยทดลอง และมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 8.772 กรัมต่อหน่วยทดลอง โดยมีความแตกต่างจากหน่วยทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (สมศักดิ์, 2542)

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพาะขยายพันธุ์ โดยใช้ปัจจัยความเข้มแสงที่มีระดับความเข้มของแสงแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ ระดับความเข้มแสง 0, 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ จากผลการศึกษาวิจัยพบว่าระดับของความเป็นกรดต่าง ระดับความขุ่นของน้ำ และอุณหภูมิน้ำในทุกชุดตลอดช่วงการทดลองมีค่าค่อนข้างคงที่และไม่มีความแตกต่างกัน แต่ผลการศึกษาในด้านมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในแต่ละชุดทดลอง ผลการวิจัยสรุปได้ว่าไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในระดับความเข้มแสง 100 เปอร์เซ็นต์ มีผลผลิตสูงที่สุดจึงเหมาะที่จะใช้ระดับความเข้มแสงนี้ในการเพาะเลี้ยงไข่น้ำ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการเพาะขยายพันธุ์ไข่น้ำด้วยเทคนิคอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตไข่น้ำเพื่อการค้า
2. ควรมีการศึกษารูปแบบการผลิตโปรตีนจากไข่น้ำ เนื่องจากไข่น้ำเป็นพืชที่มีโปรตีนสะสมอยู่ในปริมาณมาก

เอกสารอ้างอิง

- เบญจภรณ์ บุญยพุกณะ. 2542. การทดสอบความเป็นพิษและการดูดซับโลหะโครเมียมและแคดเมียมโดย
ไข่น้ำ. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- เปรมจิตต์ แทนสถิตย์ และกนกพร บุญส่ง. (2545). การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมโลก. ในฝ่ายวิชาการ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (บก). ธรรมชาติวิทยา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- ลีลนา สาริยา. 2537. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนในต้นไข่น้ำ. ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัย
สยาม.
- ศิริภาวี ศรีเจริญ. 2544. การเพาะเลี้ยงไข่น้ำสำหรับลดต้นทุนค่าอาหารปลา. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัย
ขอนแก่น 6(2): 6-10.
- เสกสรร ธารัตน์. 2537. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง *Spirulina platensis* ในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิต
ขนมจีนผสมกับอาหารสูตร Zarrouk ดัดแปลง. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม:
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สมศักดิ์ สันวิลาศ. 2542. การเจริญเติบโตและปริมาณโปรตีนของไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (L.) Wimm.)
ที่เพาะเลี้ยงด้วยสูตรอาหารและระดับความเข้มของแสงต่างกันในสภาพกลางแจ้ง. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สมบูรณ์ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาพืช. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. จามจุรี
โปรดักท์. กรุงเทพฯ.
- สุขุม ไร่ใจ และสุทิน สมบูรณ์. 2551. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ (*Wolffia*
arrhiza (L.) Wimm.). วารสารการประมง 60 (5): 405-413.
- อาภารัตน์ มหาชนธ์ สมพงษ์ สุกแสงเปล่ง รัตนา จันทร์สง มนฤดี ไชยสุรยกานตร์ เยาวมาลย์ วีรกุล
และวัลลภา อรุณไพโรจน์. 2541. ไข่น้ำอาหารคุณค่าสูงที่กำลังถูกกลืน. วารสารวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี 13(3).11-16
- อำพล พงศ์สุวรรณ และอารีย์ สิทธิมงคล. 2532. คู่มือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.
กรุงเทพฯ.: โรงพิมพ์สยามรัฐ.
- Appenroth, K.J. and Augsten, H. 1996. Wasserlinser und ihre Nutzung. *Biologie in unserer*
Zeit 26: 187-194.
- Arndt, U., Nobel, W. & Schweizer, B. 1987. *Bioindikatoren*. Stuttgart, pp. 1-338.
- Bergmann, B.A., Cheng, J., Classen, J. and Stomp, A.M. 2000. In vitro selection of
duckweed geographical isolates for potential use in swine lagoon effluent
renovation. *Bioresource technol* 73: 13-20.

- Bernard, F.A., Bernard, J.M. and Denny, P. 1990. Flower structure, anatomy and life history of *Wolffia australiana* (Benth.) den Hartog and van der Plas. *Bull. Torrey Botanical Club*, 117: 18-26.
- Bhanthumnavin, K. & McGarry, M.G. 1971. *Wolffia arrhiza* as a possible source of intensive protein. *Nature* 232: 495.
- Bunsirichai, P. 2004. *A feasibility study of effluent treatment from black tiger shrimp pond by using water mimosa*. M. Sc. Thesis, National Institute of Development Administration, Bangkok, Thailand.
- Campbell, N.A. & Reece, J.B. (2005). *Biology*. 7th ed. New York: Pearson Benjamin Cummings.
- Chaiyakum, K. & Predalumburt, Y. 1994. *Preventive methods for decreasing the impacts to environment from the development from the development of black tiger shrimp domestication in development form*. Thailand National Institute of Coastal Aquaculture, Department of Fisheries, Bangkok, Thailand.
- Chowwanklang, P. 1991. *Water quality of fisheries*. Physical Center Press, Bangkok, Thailand.
- Czerpak, R., Dobrzyn, P., Krotke, A. and Kicinska, E. 2002. The effect of auxins and salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents in *Wolffia arrhiza* (L.) Wimm. (Lemnaceae) growing on media of various Trophicities. *Polish journal of Environmental Studies* 11(3): 231-235.
- Dushenkov, V., Nanda Kumer, P.B.A., MoHo, H. & Raskin, I. 1995. Rhyzo-filtration the use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. *Environ. Sci. Technol.* 29: 1239-1245.
- Eichhorn, M. and Augsten, H. 1969. Kontinuierliche Kultivierung von *Wolffia arrhiza* (L.) Wimm. im Chemostaten. *Flora* 160: 576-580.
- Ellenberg, H. 1979. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica* 9: 2 Aut 1-102.
- Frick, H. 1994. Heterotrophy in the Lemnaceae. *J. Plant Physiol.* 144: 189-193.
- Fugita, M., Mori, K. and Kodera, T. 1999. Nutrient removal and starch production through cultivation of *Wolffia arrhiza*. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 87(2): 194-198.
- Garg, P. & Chandra, P. 1990. Toxicity and accumulation of chromium in *Ceratophyllum*

- demersum* L. Bull. *Environ. Contam. Toxicol.* 44: 473-478.
- Gupta, M. & Chandra, P. 1998. Bioaccumulation and toxicity of mercury in rooted-submerged macrophyte *Vallisneria spiralis*. *Elsevier Environ. Pollution* 103: 327-332.
- Hartog, C.D. & Plas, F.V. 1970. A synopsis of the Lemnaceae. *Blumea* 18: 367.
- Jain, S.K., Vasudevan, P. & Jha, N.K. 1989. Removal of some heavy metals from polluted water by aquatic plants: Studies on duckweed and water velvet. *Biol. Wastes* 28: 115-126.
- Jhingran, V.G. 1982. *Fish and fisheries of India*. Hindustan Publishing Company, New Delhi, pp. 626-628.
- Landolt, E. 1986. *Biosynthetic investigations in the Family of Duckweeds (Lemnaceae)* (vol. 2) Veröffentlichungen des Geobotanischen institut der ETH. Stiftung Riiwet Zurich 71: Helf. Switzerland.
- Lemon, G.D., Posluszny, U. & Husband, B.C. 2001. Potential and realized rates of vegetative reproduction in *Spirodela polyrhiza*, *Lemna minor* and *Wolffia borealis*. *Aquatic Bot.* 70: 79-87.
- Les, D.H., Crawford, D.J., Landolt, E., Gabel, J.D. and Kimball, R.T. 2002. Phenology and systematic of lemnaceae, the duckweed family. *Systematic Botany*, 27: 221-240.
- Lu, X., Maleeya, K., Prayad, P. & Kunaporn, H. 2004. Removal of cadmium and zinc by water hyacinth *Eichhornia crassipes*. *Science Asia* 30: 93-103.
- Mahakhan, A. 2004. Watermeal: high quality food. *J. Sci. Technol.* 13: 95-101.
- Maheshwari, S.C. and Chauhan, O.S. 1963. *In vitro* control of flowering in *Wolffia microscopic*. *Nature*, 198: 99-100.
- Martins, J.E.R. & Boarentura, A.R.R. 2002. Uptake and release of zinc by aquatic bryophytes (*Fontinalis antipyretica* L. ex.Hedw.) *Pergamon Water Research* 36: 5005-5012.
- Mcclure, J.W. and Alston, R.E. 1966. A chemotaxonomic study of *Lemnaceae*. *Amer. J. Bot.* 53: 849.
- Mical, A.H. and Krotke, A. 1999. *Wolffia arrhiza* (L.)-small but strong. *Acta Hydrobiol.* 41: 165.
- Mical, A.H., Krotke, A. and Sulewska, A. 1999. Physiological and metabolic features of *Wolffia arrhiza* and her practical advantage. *Fol. Univ. Agric.Stetin.* 77: 263.

- Mical, A.H., Krotke, A. & Wysocka-Czubaszek, A. 2000. The occurrence of steroid, protein and amino acid hormones and cyanocobalamin in *Wolffia borealis* (L.) Wimm. (Lemnaceae) and the potential of its adaptability to various conditions. *Acta Hydrobiol.* 42: 257-262.
- Miller, G.T. (2006). *Environmental science: Walking with the earth*. 11th ed. Belmont, California: Thomson higher education.
- Miller, G.T. (2007). *Living in the Environmental*. 15th ed. New York: Thomson Brooks/Cole.
- Naskar, K., Banerjee, A.C., Chakraborty, N.M. and Ghosh, A. 1986. Yield of *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimmer from cement cisterns with different sewage concentrations and its efficacy as a carp feed. *Aquaculture*. 51(3-4): 211-216.
- Naskar, K.R. & Chakraborty, N.M. 1985. Studies of the family Lemnaceae from the Lower Ganga Delta. *Bull. Bot. Bengal* 38: 9-17.
- Naskar, K.R. & Ghosh, A. 1985. Role of *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimmer as fish food and its influence on algal food chain. *National Seminar on Biology of Algae*, Poona University 8-10 February 1985. Puna, India, p. 14 (abstr.)
- Nobel, P.S. 1999. *Plant physiology* 2nd ed. Academic Press. N.Y.
- Pan, S. & Chen, S.S.C. 1979. The morphology of *Wolffia arrhiza*: a scanning electron microscopy study. *Bot. Bull. Academia Sinica* 20: 89-95.
- Pansawad, T. 2002. *Biological nitrogen and phosphorus removals*. 2nd ed. The Environmental Engineering Association of Thailand. Bangkok, Thailand.
- Panyakapo, M. 2002. *Biological wastewater treatment*. Silpakorn University Press, Nakhonpathom, Thailand.
- Porath, D., Efrat, Y. & Arzee, T. 1980. Morphological patterns and heterogeneity in populations of duckweeds. *Aquatic Botany* 9: 159-168.
- Rai, U.N. & Chandra, P. 1992. Accumulation of copper, lead, manganese and iron by field populations of *Hydrodictyon reticulatum* (Linn.). *Lagerheim. Sci. Total Environ.* 116(3): 203-211.
- Rai, U.N., Sarinta, S., Tripathi, R.D. & Chandra, P. 1995. Wastewater treatability potential of some aquatic macrophytes: Removal of heavy metals. *Elsevier Ecological Engineering* 5: 5-12.
- Rejmankova, E. 1981. On the production ecology of duckweeds. *Intern. Workshop on aquatic macrophytes*. Illmitez, Austrai.

- Reed, S.C. & Bastian, R.K. 1980. *Aquaculture systems for wastewater treatments: An Engineering Assessment*. Environmental Protection Agency 430/9-80-007, (eds.). National technical Information Service.
- Rusoff, L.L., Blakency, E.W. & Culley, D.D. 1980. Duckweeds (Lemnaceae) A potential source of protein and amino acids. *J. Agricult. Food Chem.* 28: 848-850.
- Santamaria, L. 2002. Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal, clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment. *Acta Oecol.*, 23: 137-154.
- Singa, S. & Chandra, P. 1990. Revival if Cu and Cd from water by *Bacopa monnieri* L. *Water Air Soil Pollut.* 51: 271-276.
- Suppadit, T., Phoochinda, W., Phutthilerphong, S. & Nieobubpa, C. 2008. Treatment of effluent from shrimp farms using watermeal (*Wolffia arrhiza*). *ScienceAsia* 34: 163-168.
- Swader, J.A. and Stocking, C.R. 1971. Nitrate and nitrite reduction by *Wolffia arrhiza*. *Plant Physiol.*, 47: 189-191.
- Swader, J.A., Stocking, C.R. and Lin, C.H. 1975. Light-stimulated absorption of nitrate by *Wolffia arrhiza*. *Physiologia Plantarum* 34(4): 335-341.
- Thompson, B.G. 1989. The maximization of the productivity of aquatic plants for the use in controlled ecological life support systems (CELSS). *Acta Astron* 19: 269-273.
- Tripathi, R.D. and Chandra, P. 1991. Chromium uptake by *Spirodela polyrrhiza* (L.) Scheiden in relation to metal chelators and pH. *Bull. Env. Contam. Toxicol.* 447: 764-769.
- Tuntulweat, M. 2004. *Chemistry of water and wastewater*. Chulalongkorn University Press, Bangkok, Thailand.
- White, S.L. and Wise, R.R. 1998. Anatomy and ultrastructure of *Wolffia columbiana* and *Wolffia borealis*, two nonvascular aquatic angiosperms. *Int. J. Plant Sci.*, 159: 297-304.
- Witty, M. 2009. *Wolffia columbiana* can switch between two anatomically and physiologically separate states: Buoyant for invasion and starch rich for

colonization. *Int. J. Botany* 5: 307-313.

ภาคผนวก

ผนวก ก การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1. การวิเคราะห์ one-way ANOVA ของปริมาณความชุ่มชื้นของน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงไข่น้ำตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1-5 (T1-T5)

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TUR_T1	Between Groups	.767	3	.256	23.749	.000
	Within Groups	.086	8	.011		
	Total	.853	11			
TUR_T2	Between Groups	3.150	3	1.050	5.019	.030
	Within Groups	1.674	8	.209		
	Total	4.824	11			
TUR_T3	Between Groups	94.685	3	31.562	1.505	.286
	Within Groups	167.764	8	20.971		
	Total	262.449	11			
TUR_T4	Between Groups	344.977	3	114.992	20.122	.000
	Within Groups	45.718	8	5.715		
	Total	390.694	11			
TUR_T5	Between Groups	480.348	3	160.116	16.542	.001
	Within Groups	77.435	8	9.679		
	Total	557.783	11			

TUR_T1

Duncan

TREATM	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.00	3	.6847	
2.00	3	.7373	
3.00	3	.8177	
4.00	3		1.3200
Sig.		.170	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

TUR_T2

Duncan

TREATM	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.00	3	.9407	
2.00	3		1.8233
3.00	3		1.9233
4.00	3		2.3500
Sig.		1.000	.213

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

TUR_T3

Duncan

TREATM	N	Subset for alpha = .05
		1
3.00	3	3.0200
1.00	3	3.6700
2.00	3	4.6467
4.00	3	10.1267
Sig.		.112

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

TUR_T4

Duncan

TREATM	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
1.00	3	1.6267		
3.00	3	2.2147		
2.00	3		6.7967	
4.00	3			15.0333

Sig.		.771	1.000	1.000
------	--	------	-------	-------

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

TUR_T5

Duncan

TREATM	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
3.00	3	1.6700	
1.00	3	1.7267	
2.00	3	7.7500	
4.00	3		17.1667
Sig.		.051	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

2. การวิเคราะห์ one-way ANOVA ของความเป็นกรดต่างของน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงไข่น้ำตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1-5 (T1-T5)

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PH_T1	Between Groups	.302	3	.101	7.725	.010
	Within Groups	.104	8	.013		
	Total	.407	11			
PH_T2	Between Groups	.163	3	.054	2.753	.112
	Within Groups	.158	8	.020		
	Total	.321	11			
PH_T3	Between Groups	.216	3	.072	4.130	.048
	Within Groups	.140	8	.017		
	Total	.356	11			
PH_T4	Between Groups	1.283	3	.428	3.983	.052
	Within Groups	.859	8	.107		
	Total	2.142	11			

PH_T5	Between Groups	.076	3	.025	.422	.743
	Within Groups	.481	8	.060		
	Total	.557	11			

PH_T1

Duncan

TREATM	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
4.00	3	6.9167	
1.00	3		7.2300
2.00	3		7.2467
3.00	3		7.3367
Sig.		1.000	.304

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

PH_T2

Duncan

TREATM	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.00	3	7.0067	
3.00	3	7.1100	7.1100
2.00	3	7.2600	7.2600
4.00	3		7.2967
Sig.		.067	.157

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

PH_T3

Duncan

TREATM	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.00	3	7.0600	
3.00	3	7.1933	7.1933
2.00	3	7.2033	7.2033
4.00	3		7.4333
Sig.		.238	.065

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

PH_T4

Duncan

TREATM	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.00	3	7.1300	
3.00	3	7.2700	
2.00	3	7.2833	
4.00	3		7.9700
Sig.		.597	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

PH_T5

Duncan

TREATM	N	Subset for alpha = .05
		1
1.00	3	7.2867
2.00	3	7.3333
3.00	3	7.3900
4.00	3	7.5000
Sig.		.345

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

3. การวิเคราะห์ one-way ANOVA ของอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงไขน้ำตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1-5 (T1-T5)

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TEM_T1	Between Groups	8.000	3	2.667	8.000	.009
	Within Groups	2.667	8	.333		
	Total	10.667	11			
TEM_T2	Between Groups	83.667	3	27.889	55.778	.000
	Within Groups	4.000	8	.500		
	Total	87.667	11			
TEM_T3	Between Groups	.250	3	.083	1.000	.441
	Within Groups	.667	8	.083		
	Total	.917	11			
TEM_T4	Between Groups	.000	3	.000	.	.
	Within Groups	.000	8	.000		
	Total	.000	11			
TEM_T5	Between Groups	1.396	3	.465	11.167	.003
	Within Groups	.333	8	.042		

Total	1.729	11			
-------	-------	----	--	--	--

TEM_T1

Duncan

TREATM	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.00	3	21.6667	
3.00	3	21.6667	
2.00	3	22.3333	
4.00	3		23.6667
Sig.		.212	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

TEM_T2

Duncan

TREATM	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.00	3	22.6667	
3.00	3	23.3333	
2.00	3	24.0000	
4.00	3		29.3333
Sig.		.058	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

TEM_T3

Duncan

		Subset for alpha = .05
TREATM	N	1
1.00	3	24.0000
2.00	3	24.0000
3.00	3	24.0000
4.00	3	24.3333
Sig.		.220

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

TEM_T5

Duncan

		Subset for alpha = .05	
TREATM	N	1	2
2.00	3	27.0000	27.8333
3.00	3	27.0000	
1.00	3	27.3333	
4.00	3		
Sig.		.091	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

4. การวิเคราะห์ one-way ANOVA ของอัตราการเติบโตสัมพัทธ์และมวลชีวภาพของไข่น้ำที่เพิ่มขึ้นในการเพาะเลี้ยงไข่น้ำตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1-5 (T1-T5)

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
RG	Between Groups	1.857	3	.619	19.214	.001
	Within Groups	.258	8	.032		
	Total	2.115	11			
BIOMA	Between Groups	1.126	3	.375	100.315	.000
	Within Groups	.030	8	.004		
	Total	1.156	11			

RG

Duncan

TREAT	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
80%	3	.3847	
0%	3	.4100	
60%	3	.6270	
100%	3		1.3560
Sig.		.151	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

BIOMA

Duncan

TREAT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
80%	3	-.3900		
0%	3	-.3800		
60%	3		-.1867	
100%	3			.3633
Sig.		.846	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

- ชื่อ-สกุล (ไทย) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมลณัฐ ฉัตรตระกูล
ชื่อ-สกุล (อังกฤษ) Assistant Prof. Dr. Amonnat Chattrakul
- เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 6697 00053 59 7
- ตำแหน่งวิชาการที่เป็นปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8
- หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

โทรศัพท์ 66(0)-5671-7151, 66(0)-5671-7100 โทรสาร 66(0)-5671-7151

มือถือ 66(08)-4611-2694 e-mail address: chattrakul41@yahoo.com

5. ประวัติการศึกษา วท.บ. (เกษตรศาสตร์) วท.ม. (เกษตรศาสตร์) วท.ด. (เกษตรศาสตร์)
6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ สาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา (พืชสวน และการส่งเสริมการเกษตร)
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย :-

1. อมลัญ ฉัตรตระกูล จินตนา สนามชัยสกุล ชูใจ กิณญ์ สุภาพร บางใบ และปัทมาภรณ์ อำไพกุล. 2553. โครงการวิจัยเชิงบูรณาการเพื่อพัฒนาไปสู่ชุมชนแห่งความพอเพียง ของหมู่บ้านป่าบาง ตำบลตะแบะ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ แหล่งทุนมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2553

2. อมลัญ ฉัตรตระกูล รัฐพล ชูยอด รังสฤษฎ์ เกะแก้ง พิสมัย ผลประเสริฐ และกนกภรณ์ แสงประทีป. การพัฒนาการผลิตและการตลาดเพื่อเข้าสู่ระบบการจัดการคุณภาพ GAP ของเกษตรกรผู้ปลูกพริก แหล่งทุนเครือข่ายการวิจัยภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2551

3. อมลัญ ฉัตรตระกูล และกชพร ฉัตรตระกูล. การพัฒนาวิธีการผลิตพริกที่เหมาะสมในการป้องกันกำจัดหนอนดักแด้กินรากและโรคแอนแทรคโนสของเกษตรกรในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ แหล่งทุน เครือข่ายการวิจัยภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2554

4. Manochai, P., Chattrakul, A. Sruamsiri, P., Naphrom, D., Hegele, M. and F. Bangerth. 2001. Factors influencing flower induction in longan by KClO₃. Extended Abstracts of the 9th International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production. Zeditors: Kang, S. M., Bangerth, F. and S. K. Kim. International Society for Horticultural Science (ISHS) and Korean Society for Horticultural Science (KSHS).

5. Hegele, M., Naphrom, D., Manochai, P., Chattrakul, A., Sruamsiri, P. and F. Bangerth. 2004. Effect of leaf age on the response of flower induction and related hormonal changes in longan trees after KClO₃ treatment. Acta Horticulturae 653:417-424.

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวสุรีย์พร ธรรมิกพงษ์

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mrs Sureeporn Thummikkaphong
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-2499-00294-54-1
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 6
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail คณะเทคโนโลยีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์จ. ฉะเชิงเทรา e-mail: sureejoy@yahoo.com
5. ประวัติการศึกษา วท.บ. (ประมง) วท.ม. (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม)
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) นิเวศวิทยาสิ่งแวดล้อม
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ สถานภาพ ในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละ ข้อเสนอการวิจัย
1. สุวลักษณ์ สารมณีสพันธุ์ สุรีย์พร ธรรมิกพงษ์และกมลภรณ์ คนองเดช. 2549. การศึกษา ผลกระทบของกิจกรรมบริเวณชายฝั่งทะเลต่อระบบนิเวศหญ้าทะเลในอ่าวไทย : Impact of coastal activities on seagrass ecosystem in the gulf of Thailand. ทุนอุดหนุนการวิจัยของ มหาวิทยาลัยมหิดล ประจำปี 2544.
 2. ผู้ร่วมวิจัยในโครงการวิจัยเรื่อง ผลกระทบจากภาวะโลกร้อนต่อพืชเศรษฐกิจในจังหวัด เพชรบูรณ์ (The impact of climate change on economic plants in Phetchabun Province) (2552, ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ งบประมาณแผ่นดิน ผ่านสำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ)
 3. ผู้ร่วมวิจัยในโครงการวิจัยเรื่อง การประเมินคุณสมบัติดินและการจัดการในนาข้าวภายหลังการ เกิดปรากฏการณ์อุทกภัย) (2552, ทุนสนับสนุนงานวิจัยจาก สกอ. ผ่าน เครือข่ายการวิจัยภาคเหนือ ตอนล่าง)
 4. ผู้ร่วมวิจัยในโครงการวิจัยเรื่อง การประเมินการสะสมคาร์บอน และการปลดปล่อย คาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณลำห้วยน้ำก้อ) (2551, ทุนสนับสนุน งานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, วช)

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวสุรางค์รัตน์ พันแสง
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Ms Surangrat Punsang
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-6704-00213-29-9
3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์
056-717100 ต่อ 2715 โทรสาร 056-717123 e-mail: surangrat_aejung@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา วท.บ.(ชีววิทยา) วท.ม. (วิทยาศาสตร์การเกษตร)
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ ชีววิทยา
เกษตรศาสตร์
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ สถานภาพใน
การทำงานวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือ ผู้ร่วมวิจัยในแต่ละ
ข้อเสนอการวิจัย
 1. การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของต้นค้อและพืชกลุ่มใกล้เคียง
อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ (2548, วิทยุสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการ
อุดมศึกษา, สกอ)
 2. ความหลากหลายทางชีวภาพและนิเวศวิทยาของวงศ์ปาล์ม ในจังหวัดเพชรบูรณ์ (2549, วิทยุ
สนับสนุนงานวิจัยจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพใน
ประเทศไทย, BRT)
 3. การศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบมีส่วนร่วมโดยประชาชนในพื้นที่ต้นน้ำของกลุ่มน้ำป่าสัก (The
study on community – based participation in landuse in head watershed, Pasak
basin)(2550, วิทยุสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, วช)

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวพวงผกา แก้วกรม
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Ms Puangpaka Kaewkrom, Ph.D.
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-6701-01603-53-2
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์
056-717100 ต่อ 2715 โทรสาร - e-mail: k_puangpaka@yahoo.com
5. ประวัติการศึกษา วท.บ.(เกษตรศาสตร์) วท.ม. (สัตววิทยา) วท.ด. (วิทยาศาสตร์ชีวภาพ)
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ ชีววิทยา
นิเวศวิทยา เกษตรศาสตร์
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ สถานภาพใน
การทำงานวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือ ผู้ร่วมวิจัยในแต่ละ
ข้อเสนอการวิจัย
 1. การศึกษาผลการย่อยสลายเศษซากพืชในระบบนิเวศป่าผสมผลัดใบและระบบนิเวศป่าเต็งรังใน
เขตรักษาพันธุ์ป่าห้วยขาแข้ง (2538-2539, ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และ
ศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (BRT))
 2. นิเวศวิทยาการฟื้นฟูป่าระบบนิเวศป่าผสมผลัดใบในเขตภาคเหนือของประเทศไทย (2541-2546,
ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก)
 3. การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของต้นค้อและพืชกลุ่มใกล้เคียง
อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ (2548, ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการ
อุดมศึกษา, สกอ)

เรื่อง การนำเสนองานวิจัยไปเผยแพร่/อบรม

เรียน คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

เนื่องจากข้าพเจ้า ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมลณัฐ ฉัตรตระกูล สังกัดคณะเทคโนโลยีการเกษตร ได้ทำวิจัยเรื่อง ปัจจัยของแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ งบประมาณ 15,000 บาท ได้นำงานวิจัยไปใช้เผยแพร่ที่ ตำบลบ้านหวาย อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เผยแพร่ให้กับเจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านหวาย ตั้งหลักฐาน/ภาพกิจกรรมที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(.....)

ผู้วิจัย

องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านหวาย
ตำบลบ้านหวาย อำเภอหล่มสัก
จังหวัดเพชรบูรณ์

วันที่.....

เรื่อง การนำเสนองานวิจัยไปเผยแพร่/อบรม

ตามที่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมลนัฐ ฉัตรตระกูล สังกัดคณะเทคโนโลยีการเกษตร ได้ทำวิจัยเรื่อง ปัจจัยของแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ งบประมาณ 15,000 บาท ได้รับเอกสารงานวิจัยและการอบรมการเพาะเลี้ยงไข่น้ำ ซึ่งทางองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านหวาย ได้นำไปใช้ประโยชน์ในการเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงไข่น้ำเพื่อเสริมสร้างรายได้ให้แก่ประชาชน ในพื้นที่ตำบลบ้านหวาย อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

(.....)

นายกองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านหวาย

