ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง

ความหนาแน่นคลอเรลล่า (*Chlorella* sp.) และไรแดง (*Moina* sp.) ต่อการเพิ่มผลผลิตไรแดง

Densities of *Chlorella* sp. and *Moina* sp. on Increasing *Moina* sp. yield.

โดย

นายหิรัณย์ อธิเกียรติ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา_____

(อาจารย์สมชาย หวังวิบูลย์กิจ)

ภาควิชารับรองแล้ว

_____

(อาจารย์สมชาย หวังวิบูลย์กิจ)

รักษาการหัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ 1 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2543

ปพ
ม56ก
3543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17041

T099442

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ความหนาแน่นคลอเรลล่า (*Chlorella* sp.) และไรแดง (*Moina* sp.) ต่อการเพิ่มผลผลิตไรแดง

Densities of *Chlorella* sp. and *Moina* sp. on Increasing *Moina* sp. yield.

โดย

นายหิรัณย์ อธิเกียรติ์

เสนอ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2542

ปพ.
ห569ค
2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 99442
วัน.เดือน.ปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ความหนาแน่นคลอเรลล่า (*Chlorella* sp.) และไรแดง (*Moina* sp.) ต่อการเพิ่มผลผลิตไรแดง

Densities of *Chlorella* sp. and *Moina* sp. on Increasing *Moina* sp. yield.

จากการทดลองเพาะเลี้ยงไรแดงในถังพลาสติกที่บรรจุปริมาตรน้ำ10ลิตร ภายใต้ความสัมพันธ์ของระดับความหนาแน่นเซลล์คลอเรลล่าที่ 1 x 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตรกับปริมาณไรแดงเริ่มต้นที่ 1, 3 และ 5 กรัม ให้ผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้น 2.27±0.14, 1.35±0.30 และ0.59±0.33 กรัมตามลำดับ ระดับความหนาแน่นเซลล์คลอเรลล่าที่ 5 x 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตรกับปริมาณไรแดงเริ่มต้นที่ 1, 3 และ 5 กรัม ให้ผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้น 2.56±0.25, 1.95±0.26 และ1.00±0.08 กรัมตามลำดับ ระดับความหนาแน่นเซลล์คลอเรลล่าที่ 10 x 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตรกับปริมาณไรแดงเริ่มต้นที่ 1, 3 และ 5 กรัม จะให้ผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้น 3.15±0.15, 2.33±0.31 และ 1.06±0.19 กรัมตามลำดับ ระดับความหนาแน่นเซลล์คลอเรลล่าที่ 50 x 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตรกับปริมาณไรแดงเริ่มต้นที่ 1, 3 และ 5 กรัม ให้ผลผลิตไรแดงเพิ่มขึ้น 4.43±0.09, 4.74±0.27 และ4.69±0.39 กรัมตามลำดับ ผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความหนาแน่นคลอเรลล่าพบว่าผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นจะแปรผันตามระดับความหนาแน่นเซลล์คลอเรลล่าที่มากขึ้น ส่วนผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณไรแดงเริ่มต้นพบว่ามีความแตกต่างกันโดยชุดการทดลองที่ใส่ไรแดง 1 กรัมจะให้ผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองที่ใส่ไรแดง 3 และ 5 กรัม เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไรแดงที่ใส่เริ่มต้นกับความหนาแน่นคลอเรลล่าที่ใช้เลี้ยง พบว่าผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากค่าเฉลี่ยผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นพบว่าการเลี้ยงไรแดงในถังพลาสติกที่บรรจุปริมาตรน้ำ 10ลิตร ภายใต้ความสัมพันธ์ของระดับคลอเรลล่าที่มีความหนาแน่น 50 x 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตรและใส่ไรแดงเริ่มต้น 3 กรัมจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นสูงสุด สำหรับค่าคุณภาพน้ำมีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงไรแดง โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.87±0.052 อุณหภูมิและความเข้มแสงเวลา 11.00 น. มีค่า 26.91±0.96 – 31.80±1.23 องศาเซลเซียสและ 10775±2013.648 ลักซ์ ตามลำดับ เวลา 15.00 น. มีค่า 31.08±1.07 – 32.97±1.20 และ 8661±1888.709 ลักซ์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์สมชาย หวังวิบูลย์กิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำปัญหาพิเศษ ที่ได้แนะนำแนวทางในการดำเนินการทดลอง ให้ความรู้ คำปรึกษาปัญหา พร้อมทั้งตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำการทดลอง ขอขอบพระคุณอาจารย์สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ ที่ให้คำแนะนำในระหว่างการทดลองให้ความรู้และแนวความคิดต่างๆที่เป็นประโยชน์ และขอขอบคุณ คุณบุปผา จงพัฒน์ และ คุณนิพนธ์ จิตตำนาน ที่แนะนำช่วยเหลือให้ความสะดวกตลอดระยะเวลาในการทดลอง ทำให้ประสบผลสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ น.ส.จริยา ฐิติเวศน์ ที่ช่วยทำการทดลอง และขอบคุณเพื่อนๆและผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้มาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่คอยให้ความสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการศึกษาครั้งนี้ประสบความสำเร็จอย่างภาคภูมิใจ

นายหิรัณย์ อธิเกียรติ์

เมษายน 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์	24
วิธีการ	25
ผลการทดลองและวิจารณ์	29
สรุป	35
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่		
1	ผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้น	30
2	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย	33
3	ค่าช่วงอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ในแต่ละช่วงของวัน	33
4	ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยในแต่ละวัน	34
ตารางผนวกที่		
1	แสดงผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้น (กรัม) ที่เพาะเลี้ยงในชุดการทดลอง	41
2	แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในชุดการทดลอง	42
3	แสดงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ของน้ำในชุดการทดลองครั้งที่ 1	43
4	แสดงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ของน้ำในชุดการทดลองครั้งที่ 2	43
5	แสดงค่าความเข้มแสง (ลักซ์) ในชุดการทดลอง ครั้งที่ 1	44
6	แสดงค่าความเข้มแสง (ลักซ์) ในชุดการทดลอง ครั้งที่ 2	44
7	แสดงจำนวนเซลล์คลอเรลล่า ($x10^4$เซลล์/มิลลิลิตร) ในชุดการทดลอง	45
8	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้น	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่		
1	ภาพวาดไรแดง, *Moina macrocopa*	12
2	เปรียบเทียบลักษณะของไรแดง, *Moina macrocopa*	13
3	ขาส่วนอก (Thoracic legs) ของไรแดง, *Moina macrocopa*	15
4	ลักษณะของไรแดงเพศผู้	18
5	ผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้น	31
6	จำนวนเซลล์ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวันของความหนาแน่นเซลล์คลอเรลล่าในระดับต่างๆ (เซลล์/มิลลิลิตร)	32
ภาพผนวกที่		
1	แสดงหัวเชื้อไรแดงที่ใช้ในการทดลอง	48
2	แสดงหัวเชื้อคลอเรลล่าที่เพาะในขวดน้ำเกลือขนาด 1 ลิตร	48
3	แสดงเชื้อคลอเรลล่าที่เพาะในถังขนาด 100 ลิตร	49
4	แสดงชุดการทดลองเลี้ยงไรแดง	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาแน่นคลอเรลล่า (*Chlorella* sp.) และไรแดง (*Moina* sp.) ต่อการเพิ่มผลผลิตไรแดง

Densities of *Chlorella* sp. and *Moina* sp. on Increasing *Moina* sp. yield.

คำนำ

ในปัจจุบันการเพาะพันธุ์ปลาได้เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมากตามความต้องการของตลาดที่เพิ่มขึ้น เพื่อให้ปริมาณผลผลิตทางการประมงมีเพียงพอกับความต้องการของประชาชน ดังนั้นในการเพาะขยายพันธุ์ปลาแต่ละครั้งจึงมีการพัฒนาเทคนิคและวิธีการให้มีประสิทธิภาพ ขั้นตอนในการอนุบาลสัตว์น้ำจึงเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ ที่จะทำให้ลูกพันธุ์ที่ออกมามีคุณภาพดี สุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงและมีอัตรารอดสูง อาหารของสัตว์น้ำวัยอ่อนจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการอนุบาลสัตว์น้ำ อาหารที่ดีมีคุณภาพและโภชนาการสูงก็จะทำให้ลูกพันธุ์สัตว์น้ำสามารถเจริญเติบโตได้ดี มีสุขภาพแข็งแรง และมีอัตรารอดสูง ไรแดงจึงเป็นอาหารมีชีวิตที่ใช้อนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนได้ดี เนื่องจากไรแดงมีขนาดเล็กทำให้ง่ายในการกินของลูกสัตว์น้ำ ไรแดงที่ใส่ลงไปในบ่ออนุบาลยังสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้นานพอที่ลูกสัตว์น้ำจะกินหมด ทำให้ไม่เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียอันจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพลูกสัตว์น้ำ ทำให้การอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนมีอัตรารอดที่สูง จากการศึกษาของสำรวย และประเสริฐ (2533) ในการอนุบาลลูกปลาดุกอุยด้วยไรแดงปริมาณ 200%ของน้ำหนักจะมีอัตรารอดเฉลี่ยสูงสุด 85.33% และเมื่อใช้ไรแดงปริมาณ 300%ของน้ำหนักจะได้อัตราการเจริญเติบโตสูงสุด คือ มีลูกปลามีน้ำหนักเฉลี่ย 0.08 $\pm$ 0.02 กรัม ความยาวเฉลี่ย 21.63 $\pm$ 1.52 มิลลิเมตร ไรแดงมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงเพียงพอต่อความต้องการของลูกสัตว์น้ำ โดยมีองค์ประกอบของโปรตีน 74.1% คาร์โบไฮเดรท 12.3% ไขมัน 10.2% และเถ้า 3.5% ของน้ำหนักแห้ง (สันทนา และคณะ, 2524) ดังนั้นไรแดงจึงมีบทบาทอย่างมากในการอนุบาลลูกสัตว์น้ำ

ในปัจจุบันความต้องการไรแดงมีมากขึ้น ทำให้ไรแดงในธรรมชาติมีไม่เพียงพอกับความต้องการที่จะนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำ จึงต้องมีการเพาะขยายพันธุ์ไรแดงเพื่อให้ปริมาณไรแดงมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการ โดยที่ปัจจัยสำคัญในการเพาะขยายพันธุ์ไรแดงให้เพิ่มจำนวนมากขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของสารอินทรีย์ จุลินทรีย์ และสาหร่ายสีเขียวทั้งหลายที่เป็นอาหารของไรแดง การเพาะเลี้ยงไรแดงมีหลายวิธี แต่วิธีที่ใช้ได้ผลดีคือ วิธีที่ใช้คลอเรลล่าเป็นอาหารของไรแดง ซึ่งเสนอโดยภาณุและคณะ (2532)

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของระดับความหนาแน่นคลอเรลล่ากับปริมาณไรแดงที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลผลิตไรแดงสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วัตถุประสงค์</u>

เพื่อศึกษาความหนาแน่นของคลอเรลล่า (*Chlorella* sp.) และ จำนวนไรแดง (*Moina macrocopa*) เริ่มเลี้ยง ที่ให้ผลผลิตไรแดงสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

คุณภาพน้ำกับแพลงค์ตอนพืช

แพลงค์ตอนพืช (phytoplankton) เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มี คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ทำให้สามารถใช้แสงในการสังเคราะห์อาหารขึ้นมาเองได้ ซึ่งแพลงค์ตอนพืชถือเป็นอาหารพื้นฐานที่สำคัญสำหรับห่วงโซ่อาหาร แพลงค์ตอนพืชเป็นอาหารของอาหารสัตว์น้ำวัยอ่อน เช่น คลอเรลล่า (*Chlorella* sp.) เป็นอาหารของไรแดง (*Moina macrocopa*) ที่ใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อนซึ่งมีขนาดเล็กเพื่อที่ให้สัตว์น้ำเหล่านั้นเจริญเติบโตต่อไป โดยที่การเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น อุณหภูมิ แสงสว่าง ธาตุอาหาร และปัจจัยอื่นๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน ทำให้แพลงค์ตอนพืชเจริญเติบโตแตกต่างกันตามความผันแปรของปัจจัยสภาพแวดล้อม แพลงค์ตอนพืชในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิดแตกต่างกันไปทั้งความหนาแน่นและความหลากหลายของชนิด แตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมต่างๆ

มีการสำรวจชนิดของแพลงค์ตอนพืช ในบริเวณอ่าวพังงาและบริเวณฝั่งทะเลตะวันออกของเกาะภูเก็ต โดย เพ็ญศรี (2528) ได้พบแพลงค์ตอนพืช 138 ชนิด ประกอบด้วย ไดอะตอม (diatom) จำนวน 123 ชนิด ไดโนแฟกเจลเลต (dinoflagellate) จำนวน 15 ชนิด ซึ่งบริเวณอ่าวพังงาเป็นแหล่งที่มีปริมาณอาหารที่อุดมสมบูรณ์ ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้ล้วนถูกพัดพามาจากแผ่นดิน เมื่อธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์จึงพบปริมาณและความหลากหลายของชนิดแพลงค์ตอนพืชมาก แต่จากการศึกษาแพลงค์ตอนพืช ในบริเวณอ่าวไทยตอนใน โดย มัณฑนา (2528) ซึ่งสามารถจำแนกชนิดได้เป็นพวก ไดอะตอม 42 สกุล พวก ไดโนแฟกเจลเลต จำนวน 5 สกุล และสาหร่ายสีเขียว 1 สกุล ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการสำรวจบริเวณอ่าวพังงาจะพบความหลากหลายของชนิดน้อยกว่าอันมีผลมาจากความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารบริเวณอ่าวพังงามีมากกว่า แต่สำหรับการศึกษาของ โสภณา (2528) ได้ทำการศึกษา *Thalassiosira mala* ซึ่งเป็น ไดอะตอมขนาดเล็ก ลักษณะการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (bloom) ของไดอะตอมชนิดนี้จะมีลักษณะที่เพิ่มจำนวนในปริมาณสูง ทำให้มีความหลากหลายของแพลงค์ตอนพืชลดลง ส่งผลให้น้ำบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนเกิดการเปลี่ยนสีจากการที่มีไดอะตอมชนิดนี้ปริมาณมาก จากการสำรวจความหลากหลายของชนิดและปริมาณของแพลงค์ตอนพืชจากแหล่งต่างๆ จะพบว่ามีความสัมพันธ์กับปัจจัยสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์กันของคุณภาพน้ำบางประการกับ phytoplankton

1. คลอโรพลาส (Chloroplast)

เซลล์ของแพลงค์ตอนพืชใช้คลอโรพลาส ในการจับพลังงานแสงเพื่อใช้ในขบวนการสร้างอาหารเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นแป้ง ตำแหน่ง รูปร่าง และการเรียงตัวของคลอโรพลาสมีความสำคัญอย่างมาก และปริมาณของเซลล์ยังมีผลต่อประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงด้วย อัตราส่วนของพื้นที่ผิวกับปริมาตรของเซลล์ยิ่งมีค่ามากเท่าไร ผลผลิตเบื้องต้นก็ยิ่งมีค่าสูงขึ้น อันเนื่องมาจากพื้นที่ผิวเป็นพาหะที่สำคัญ โดยจะเป็นส่วนที่นำแร่ธาตุอาหารและก๊าซที่ละลายในน้ำเข้าสู่เซลล์ และเป็นแหล่งนำของเสียออกสู่ภายนอก พื้นผิวน้ำยังช่วยให้เซลล์มีอัตราเมตาบอริซึมเกิดขึ้นได้มาก การแบ่งตัวของเซลล์จึงเกิดขึ้นได้รวดเร็ว

คลอโรพลาสมีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ รงควัตถุ (pigment) ซึ่งรงควัตถุมีหลายชนิด ชนิดที่มีความสำคัญและพบในแพลงค์ตอนพืชทุกชนิด คือ คลอโรฟิลล์ เอ (cholrophyll-a) และยังมีอีก 2 ชนิดที่มีความสำคัญรองลงมา คือ คลอโรฟิลล์ บี (cholrophyll-b) ซึ่งมีสีเขียวพบในแพลงค์ตอนพืชสีเขียว และ คลอโรฟิลล์ ซี (cholrophyll-c) มีสีน้ำตาล พบในแพลงค์ตอนพืชสีน้ำตาล ซึ่งแพลงค์ตอนพืชจะมีสีตามรงควัตถุนั้นๆ โดยที่ คลอโรฟิลล์ เอ มีบทบาทมากที่สุดในขบวนการสังเคราะห์แสง การที่ คลอโรฟิลล์ เอ นั้นจะมีปริมาณการแพร่กระจายมากน้อยแตกต่างกันไปนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ภายในน้ำ แต่ปัจจัยในด้านปริมาณแสงและธาตุอาหารนับเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณคลอโรพลาส

จากการศึกษาของ Gilbes และคณะ (1996) พบว่า คลอโรฟิลล์ เอ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการฟุ้งกระจายของธาตุอาหาร และจะมีการปรับเปลี่ยนสภาพตามความเข้มของแสงด้วย

ในด้านความสัมพันธ์ของธาตุอาหารนั้นได้มีการศึกษาโดย Latasa และ Berdalet (1994) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสกับการสร้างรงควัตถุพบว่า ในการสังเคราะห์รงควัตถุส่วนใหญ่ ในขั้นตอนการคัดลอก DNA-RNA จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของฟอสฟอรัส ส่วนในขั้นตอนการแปลรหัสสารโปรตีนของ RNA จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจน สรุปได้ คือ ในการสังเคราะห์รงควัตถุนั้น การขาดไนโตรเจนมีอิทธิพลมากกว่าฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. <u>อุณหภูมิ</u> (Temperature)

อุณหภูมิมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยตรง คือ อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ ซึ่งความสามารถในการดำรงชีวิตอยู่ของแพลงค์ตอนพืชกับอุณหภูมิจะมีความแตกต่างกันไปตามชนิด ผลโดยอ้อม คือ เมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลให้สิ่งแวดล้อมในน้ำเปลี่ยนแปลงไป เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความชุกชุมของชนิด หรือความหนาแน่นของปริมาณแพลงค์ตอนพืชในน้ำ

จากการศึกษาของ Yamaguchi และคณะ (1997) ได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของ แฟกเจลเลต (flagellates) ที่ทำให้เกิด red tide พบว่าการเจริญเติบโตของ *Heterocapsa circularisquama* จะหยุดการเจริญเติบโตหรือมีการเจริญเติบโตในระดับที่ต่ำ ที่อุณหภูมิ 10 ^{o}C และจะมีการเจริญเติบโตสูงที่อุณหภูมิ 30 ^{o}C แต่สำหรับ *Chattonella verruculosa* จะหยุดการเจริญเติบโตหรือมีการเจริญเติบโตในระดับต่ำที่อุณหภูมิ 25 ^{o}C หรือมากกว่า และจะมีการเจริญเติบโตสูงที่อุณหภูมิ 15 ^{o}C

จากการศึกษาของ มาวิทย์และธิดา (2534 ก, ข, ค) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับการเพิ่มจำนวนเซลล์ของแพลงค์ตอนพืชเป็น 2 เท่า พบว่าในการเลี้ยงคลอเรลล่า ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 21, 28 และ 35 ^{o}C เซลล์ของคลอเรลล่าจะเพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่า ในเวลา 1.3, 1.3 และ 5.0 วัน ตามลำดับ สำหรับการเลี้ยงสเกลลีโตนีม่า (*Skeletonema costatum*) ที่ระดับอุณหภูมิ 21, 28 และ 35 ^{o}C จะพบจำนวนเซลล์เพิ่มเป็น 2 เท่า ในเวลา 0.8, 0.6 และ 1.6 วันตามลำดับ และในการเลี้ยง เตตร้าเซลมีส (*Tetraselmis* sp.) ที่ระดับอุณหภูมิ 21, 28 และ 35 ^{o}C จะพบจำนวนเซลล์เพิ่มเป็น 2 เท่าในเวลา 1.3, 1.3 วันที่ระดับอุณหภูมิ 21 และ 28 ตามลำดับ ส่วนที่ระดับอุณหภูมิ 35 ^{o}C พบว่าเซลล์ของเตตร้าเซลมีสไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ แต่กลับลดจำนวนลงและตายในที่สุด

จากผลการทดลองทำให้สรุปได้ว่าอุณหภูมิมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต อัตราการขยายพันธุ์ของแพลงค์ตอนพืชซึ่งความสามารถในการดำรงชีวิตอยู่ของแพลงค์ตอนพืช ที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ จะแตกต่างกันตามชนิดของแพลงค์ตอนพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. <u>แสง</u> (light)

แสงเป็นปัจจัยสำคัญต่อแพลงค์ตอนพืช ซึ่งแพลงค์ตอนพืชใช้แสงในขบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหาร ปริมาณแสงจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนพืช

มาวิทย์และธิดา (2534 ก, ข, ค) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณความเข้มแสงกับช่วงเวลาในการเพิ่มจำนวนเซลล์เป็น 2 เท่า ที่ความเข้มแสงต่างกัน พบว่าในการเลี้ยงคลอเรลล่าที่ความเข้มแสง 3 ระดับ คือ 1000, 3000 และ 5000 ลักซ์ พบว่าเซลล์ของคลอเรลล่าจะเพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่า ในเวลา 2.0, 1.2 และ 1.2 วัน ตามลำดับ สำหรับการเลี้ยงสเกลลีโตนีม่าที่ระดับความเข้มแสง 3 ระดับ 1000, 3000 และ 5000 ลักซ์ จะพบจำนวนเซลล์เพิ่มเป็น 2 เท่า ในเวลา 3.4, 1.3 และ 0.9 วันตามลำดับ และในการเลี้ยงเตตร้าเซลมีสที่ระดับความเข้มแสง 1000, 3000 และ 5000 ลักซ์ จะพบจำนวนเซลล์เพิ่มเป็น 2 เท่าในเวลา 2.9, 1.3 และ 1.2 วันตามลำดับ

จากการศึกษาของ Parkhill และ Cembella (1999) พบว่าเซลล์ของไดโนแฟกเจลเลตจะมีการเจริญเติบโตสูงสุดที่ระดับความเข้มแสง 230 μmol m^{-2} s^{-1} ซึ่งที่ระดับความเข้มแสงมากกว่านี้จะพบว่าการเจริญเติบโตมีอัตราที่ลดลงและที่ระดับความเข้มแสงที่น้อยกว่าการเจริญเติบโตมีอัตราลดลงตามระดับความเข้มแสงที่ลด

ดังนั้นแสงจึงมีความสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนพืช ยิ่งแสงมีปริมาณความเข้มแสงมากเท่าไรการเจริญเติบโตก็มากตาม จนถึงระดับที่เซลล์รับไม่ได้อัตราการเจริญเติบโตจะลดลง

4. <u>ความเป็นกรดเป็นด่าง</u> (pH)

ผุสดี (2540) รายงานว่า pH มีความสำคัญอย่างมากต่อการแปรผันของชนิดและปริมาณของแพลงค์ตอนพืช ในแหล่งน้ำที่เป็นกรดจะพบแพลงค์ตอนพืชในกลุ่ม desmids เป็นกลุ่มหลัก แต่จะพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเพียงไม่กี่ชนิด ในแหล่งน้ำถ้า pH ต่ำกว่า 4.5 จะไม่พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเลย แต่ desmids บางชนิดสามารถอาศัยอยู่ได้ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะมีการเจริญเติบโตได้ดีที่ pH 9-10 ส่วนสาหร่ายสีเขียวจะมีการแพร่กระจายบ้างในแหล่งน้ำที่เป็นกรด จะเห็นได้ว่าแพลงค์ตอนในกลุ่ม desmids โดยเฉพาะในสกุล *Closterium* จะมีความสามารถปรับตัวให้เข้ากับ pH ที่ระดับต่างๆ ได้ในช่วงกว้าง และดีกว่าสกุลอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. <u>ความเค็ม</u> (salinity)

ระดับของความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนพืช ทั้งชนิดของแพลงค์ตอนพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ความเค็มแตกต่างกัน และความเค็มยังมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนพืชชนิดต่างๆ

การศึกษาของ Parkhill และ Cembella (1999) พบว่าพวกไดโนแฟกเจลเลตจะมีอัตราการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ความเค็ม 25 ppt ส่วนความเค็มที่ระดับอื่นมีการเจริญเติบโตที่น้อยกว่า

Yamaguchi และคณะ (1997) ได้ทำการศึกษาพวกแฟกเจลเลตที่ทำให้เกิด red tide พบว่า *Heterocapsa circularisquama* จะมีการเจริญเติบโตที่สูงสุดที่ความเค็ม 30 ppt ส่วนพวก *Chattonella verruculosa* พบว่าจะมีการเจริญเติบโตสูงที่ความเค็ม 25 ppt และจะไม่มีการเจริญเติบโตที่ความเค็ม 10 ppt

มาวิทย์และธิดา (2534 ก, ข, ค) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ในการเลี้ยงแพลงค์ตอนพืชที่ระดับความเค็มต่างๆ เพื่อดูเวลาที่แพลงค์ตอนพืชเพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่าในการเลี้ยงคลอเรลล่าที่ระดับความเค็ม 15, 25 และ 35 ppt พบว่าเซลล์ของคลอเรลล่าจะเพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่า ในเวลา 1.9, 1.4 และ 2.3 วัน ตามลำดับ สำหรับการเลี้ยงสเกลลีโตนีม่าที่ระดับความเค็ม 15, 25 และ 35 ppt จะพบจำนวนเซลล์เพิ่มเป็น 2 เท่า ในเวลา 1.6, 1.0 และ 1.1 วันตามลำดับ และในการเลี้ยงเดรตต้าเซลมีสที่ระดับความเค็ม 15, 25 และ 35 ppt จะพบจำนวนเซลล์เพิ่มเป็น 2 เท่าในเวลา 3.9, 2.9, และ 2.8 วันตามลำดับ

ระดับความเค็มที่เหมาะสมกับชนิดของแพลงค์ตอนพืช จะส่งผลให้แพลงค์ตอนพืชมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูง แต่ถ้าความเค็มไม่เหมาะสมจะทำให้แพลงค์ตอนพืชมีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำ หรือชนิดที่ไม่สามารถปรับตัวได้ก็จะหยุดการเจริญเติบโตและอาจตายในที่สุด

6. <u>ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ</u> (dissolved oxygen)

สิ่งมีชีวิตจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในขบวนการต่างๆ เพื่อการเจริญเติบโต ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ความเร็วของกระแสน้ำ อุณหภูมิน้ำ อัตราการหายใจ และความกดดันของอากาศ ออกซิเจนในน้ำได้จากอากาศโดยตรงและจากขบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ ออกซิเจนมีความสัมพันธ์กับแพลงค์ตอนพืชในด้านขบวนการเมตาบอลิซึมเวลาที่ไม่มีแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผุสดี (2540) กล่าวว่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมีผลต่อการดำรงชีวิตของแพลงค์ตอนพืชแตกต่างกัน เพราะแพลงค์ตอนพืชแต่ละชนิดมีความต้องการปริมาณออกซิเจนในการดำรงชีวิตแตกต่างกัน เช่น แพลงค์ตอนพืชใน Phylum Euglenophyta และ Phylum Pyrrophycea มีความสัมพันธ์กันในทางตรงกันข้ามกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ กล่าวคือเมื่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง ปริมาณแพลงค์ตอนจะเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เพราะแพลงค์ตอนพืชทั้งสอง phylum นี้อยู่ได้ทั้งในสภาพน้ำดีและน้ำเสีย และจะพบปริมาณมากในน้ำที่มีกลิ่นเหม็น เนื่องจากแพลงค์ตอนพืชพวกนี้มีความต้องการธาตุอาหารในปริมาณที่สูง ซึ่งแหล่งน้ำดังกล่าวมีปริมาณสารอินทรีย์ที่ใช้ในการเจริญเติบโตสูง

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนกับแพลงค์ตอนพืชมีค่อนข้างน้อย อันเนื่องมาจากออกซิเจนเป็นผลผลิตที่ได้จากขบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงค์ตอนพืชเอง

7. <u>คาร์บอนไดออกไซด์</u> (Carbondioxide)

คาร์บอนไดออกไซด์มีความสำคัญกับแพลงค์ตอนพืชมาก เพราะคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกดึงเข้าไปใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงค์ตอนพืช เพื่อเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นอาหารในรูปของแป้ง คาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำได้มาจากบรรยากาศและการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ยังได้จากการหายใจของ phytoplankton ในเวลาที่ไม่มีแสงใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสงอีกด้วย

Chen และ Wangersky (1996 a) รายงานการเกิด dissolved organic carbon (DOC) เกิดจากขบวนการเมตาบอริซึมในการเจริญเติบโตในช่วงเวลาที่ทำการเพาะเลี้ยง ซึ่งจะมีการปล่อย DOC ออกมาสูงสุดเมื่อเซลล์หยุดการเจริญเติบโตหรือเซลล์แก่ ความแตกต่างของ DOC ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะแตกต่างกันตามชนิดและแตกต่างกันตามช่วงของการเจริญเติบโต

Chen และ Wangersky (1996 b) ยังได้ทำการศึกษาถึงอัตราการย่อยสลายคาร์บอนของ จุลินทรีย์ในการเพาะเลี้ยงแพลงค์ตอนพืช พบว่าอัตราการลดลงของ DOC จะสูงในเวลา 0.37 วัน ซึ่งอัตราเสื่อมนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของแพลงค์ตอนพืช DOC จะถูกปล่อยออกมาเมื่อเซลล์แก่ขึ้น ซึ่งจะได้รับการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ธาตุอาหาร (Nutrient)

ธาตุอาหารมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนพืช ซึ่งธาตุอาหารมีด้วยกันหลายชนิด แบ่งเป็นธาตุอาหารหลัก ที่สำคัญ คือ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ส่วนธาตุอาหารรองได้แก่ แคลเซียม แมกนิเซียม โปแตสเซียม โซเดียม ซัลเฟอร์

Frey และ Small (1980) กล่าวว่าธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองเป็นปัจจัยพื้นฐานซึ่งมีผลกับการเจริญเติบโตและสัดส่วนชนิดของแพลงค์ตอนพืช อัตราการเจริญเติบโต ช่วงเวลาการเจริญเติบโต และผลผลิตของ phytoplankton ส่วนธาตุอาหารหลักมีอิทธิพลต่อผลผลิตสุดท้ายเพียงอย่างเดียว

ธาตุอาหารหลัก (nitrogen and phosphorus)

ขนาดของเซลล์จะลดลงเมื่อมีการขาดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส การขาดไนโตรเจนมีผลต่อรงควัตถุมากกว่าการขาดฟอสฟอรัส ในการสังเคราะห์ รงควัตถุในขั้นการคัดลอก DNA-RNA จะอยู่ภายใต้ข้อจำกัดของฟอสฟอรัส ส่วนในขั้นการแปลรหัสสายโปรตีน RNA จะอยู่ภายใต้ข้อจำกัดของไนโตรเจน (Latasa และ Berdalet, 1994)

พวกไดโนแฟกเจลเลตจะมีอัตราการเจริญเติบโตได้สูงที่ความเข้มข้นไนเตรตที่ 528 μmol/l Parkhill และCembella (1999) ไนโตรเจนในธรรมชาติมีอยู่มากส่วนฟอสฟอรัสในธรรมชาติมีอยู่น้อย แต่ในปัจจุบันกิจกรรมของมนุษย์ทำให้ฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ เข้ามาปะปนในแหล่งน้ำธรรมชาติได้หลายทาง เช่น มาจากผงซักฟอก และการชะล้างของปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำ

ไมตรี และคณะ (2528) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของผงซักฟอกกับสาหร่ายสีเขียวพบว่าปริมาณผงซักฟอกในระดับความเข้มข้นที่ต่ำ 1-5 mg/l จะสามารถเร่งการเจริญเติบโตของพืชน้ำได้ดี มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และบีสูง แต่ผงซักฟอกในระดับความเข้มข้นที่สูง 40-45 mg./l จะทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และบีลดต่ำลง ทำให้สาหร่ายหยุดการเจริญเติบโตและเซลล์ผิดปกติ

ธาตุอาหารรอง

เป็นธาตุอาหารที่แพลงค์ตอนพืชต้องการปริมาณน้อย แตกต่างกันตามชนิด เช่น ซิลิเกต มีความจำเป็นกับไดอะตอมในการสร้างเปลือกของเซลล์มาก ปริมาณธาตุอาหารรองในแหล่งน้ำจะมีอิทธิพลต่อชนิดและความหลากหลายของแพลงค์ตอนพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิตามินก็มีความสำคัญแม้ว่าสิ่งมีชีวิตจะต้องการในปริมาณน้อย แต่วิตามินก็เป็นสิ่งที่จำเป็นกับร่างกายเพราะเป็นตัวทำให้ปฏิกิริยาเคมีและสรีระของร่างกายเป็นไปอย่างปกติ

ถนอม (2526) ได้ศึกษาคุณประโยชน์ของวิตามิน B_{12} ที่มีผลต่อ คีโตเซอรอส (*Chaetoceros sp.*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เติมวิตามิน B_{12} จะมีรูปร่างเซลล์ที่สมบูรณ์ และมีระยะเวลาการเจริญเติบโตเร็วกว่าที่ไม่มีการเติมวิตามิน B_{12}

ชีววิทยาของไรแดง

ไรแดงเป็นสัตว์น้ำจำพวกครัสเตเซียน (Crustacean) ที่มีขนาดเล็กสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า Pennak (1978) อ้างโดย ดำรงค์ (2539) ได้จัดอนุกรมวิธานของไรแดงดังนี้

Phylum Arthropoda
Class Crustacea
Subclass Branchiopoda (phyllopoda)
Order Cladocera (Water flea)
Suborder Calypotomera
Family Daphnidae
Genus Moina
Species Macrocopa

ลักษณะทั่วไป ไรแดงมีขนาด 0.4-1.8 มิลลิเมตร ตัวมีสีแดงเรื่อๆ ถ้าอยู่รวมกันเป็นจำนวนมาก จะเห็นเป็นกลุ่มสีแดงชัดเจน โดยเฉพาะในน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่น้อยมาก จะมองเห็นไรแดงมีสีเข้มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากไรแดงจะผลิต haemoglobin เพิ่มปริมาณมากขึ้นเพื่อรับออกซิเจน ไรแดงจะมีส่วนหัวกว้าง มีตารวมขนาดใหญ่ มีแอ่งที่ซอกคอ (cervical sinus) หนวดคู่แรกมีขนาดใหญ่ สั้น ไม่แบ่งเป็นปล้องตรงปลายหนวดคู่แรกมีขนเล็กๆ 5-6 เส้น ตรงกึ่งกลางหนวดมีขนรับความรู้สึก (sense hair) 1 เส้น หนวดคู่ที่ 2 มีขนาดใหญ่ตรงปลายแบ่งเป็น 2 แขนง แต่ละแขนงจะมีจำนวนปล้องไม่เท่ากันโดยแขนงแรกมี 3 ปล้องและแขนงที่ 2 แบ่งเป็น 4 ปล้อง ส่วนฝาด้านท้องมีหนามเล็กๆที่ post-abdomen มีหนามแหลม 9 อัน เรียงกันเป็นแถว หนามอันแรกอยู่ใกล้ฐานของ post-abdominal spine มีขนาดใหญ่ ปลายแยกเป็น 2 แฉก เรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

bident (สันทนา, 2529) ไรแดงมีทั้งเพศผู้และเพศเมีย ซึ่งลักษณะต่างๆ ลัดดาและคณะ (2524) ได้ให้รายละเอียดไว้ดังนี้

ลักษณะโดยละเอียดของไรแดงเพศเมีย

ลำตัวไรแดงปกคลุมด้วยเปลือกไข่ เปลือกนี้มีลักษณะเป็นแผ่นชิ้นเดียว แต่งอพับตรงด้านหลังของไรแดง และเปิดออกตรงด้านท้อง โดยมากที่หัวและเปลือกหุ้มลำตัวมีขนบางๆ ปกคลุม ขนบนหัวด้านหลังยาวกว่าขนที่บริเวณอื่น ยกเว้นในตัวเมียที่กำลังสร้างฝักไข่ จะไม่มีขนบนเปลือกหุ้มลำตัว โดยเฉพาะส่วนหลังเลย

หัวมีลักษณะกลม ไม่มีแอ่งเหนือตา ยกเว้นในไรแดงที่มีขนาดใหญ่เท่านั้น มีตาประกอบ (compound eye) ซึ่งเป็นอวัยวะรับแสง 1 อัน ประกอบด้วยจุดสีดำขนาดใหญ่ ล้อมรอบด้วยเลนซ์ใสๆ หลายอัน ตาประกอบสามารถกลอกไปมาโดยอาศัยกล้ามเนื้อตาทั้ง 6 มัด ขนาดตาประกอบปานกลาง ตำแหน่งของตาประกอบอยู่บริเวณกึ่งกลางของหัว ที่ส่วนหัวมีระยาง 2 คู่ คือ

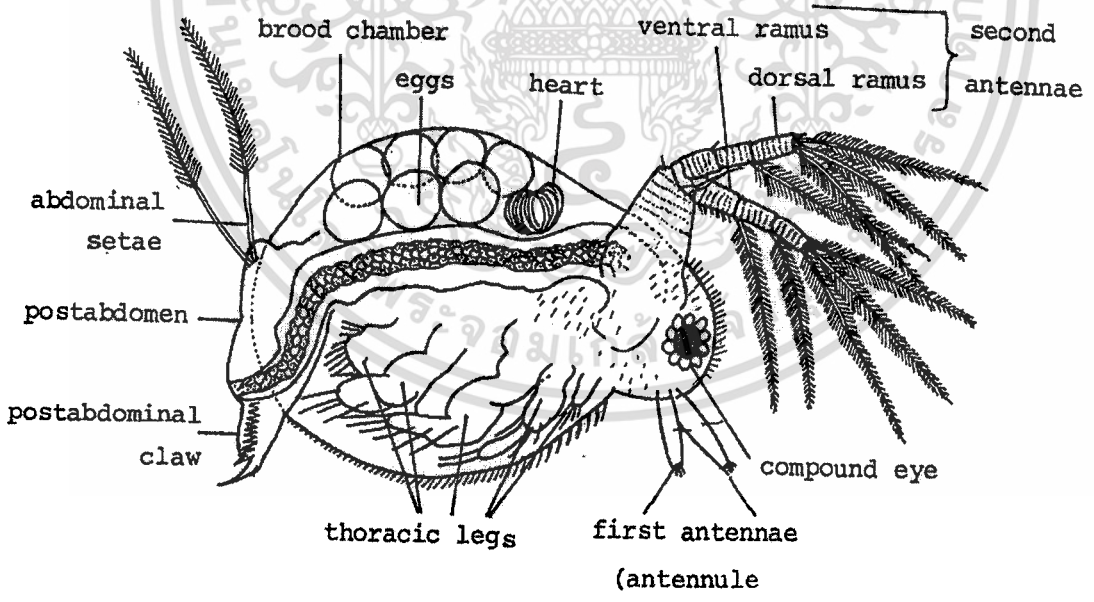
หนวดคู่ที่ 1 มี 2 เส้น (ภาพที่ 1, 2) เป็นแบบ uniramous รูปร่างคล้ายบุหรี่หรือซิการ์ รอบหนวดมีขนสั้นซึ่งมีหน้าที่รับความรู้สึก (sensory hairs) อยู่เรียงกันเป็นวงตลอดความยาวของหนวด (ภาพที่ 1) ที่ด้านข้างซึ่งตรงจุดกึ่งกลางของหนวดมีขนแข็งรับความรู้สึกขนาดค่อนข้างยาว 1 เส้น นอกจากนี้ที่ปลายสุดของหนวดคู่ที่ 1 ยังมีกลุ่มขนแข็งขนาดสั้นๆ เรียกว่า olfactory setae

หนวดคู่ที่ 2 มี 2 เส้นขนาดใหญ่กว่าหนวดคู่ที่ 1 เป็นแบบ biramous บนหนวดคู่นี้มีขนสั้นเรียงกันเป็นวงตลอดความยาวของหนวด เป็นอวัยวะสำคัญในการว่ายน้ำเนื่องจากมีกล้ามเนื้อขนาดใหญ่ หนวดแต่ละเส้นประกอบด้วยส่วนฐาน (basipod) โคนของส่วนฐานมีขนรับความรู้สึก 2 เส้น สันนิษฐานว่ามีหน้าที่ตรวจสอบความแรงของกระแสน้ำที่พัดผ่านตัว นอกจากนี้ที่ปลายของส่วนฐานยังมีขนรับความรู้สึกอีก 1 เส้น ส่วนฐานแบ่งออกเป็น 2 แขนง (rami) แขนงบนเรียกว่า exopod แขนงล่างเรียกว่า endopod exopod ยังแบ่งออกได้อีก 4 ปล้อง ปล้องที่ 1 มีขนาดสั้นที่สุด ปล้องนี้ไม่มีเส้นขนนกขนาดยาว (plumose setae) ที่ช่วยในการว่ายน้ำ หรือเรียกว่า swimming setae ปล้องที่ 2-4 มีความยาวเกือบเท่ากัน ปล้องที่ 2 ไม่มีเส้นขนนกแต่มีหนามแข็ง (spine) เพียง 1 อัน ปล้องที่ 3 มีเส้นขนนก 1 เส้น ส่วนปลายสุดของปล้องที่ 4 มีเส้นขนนก 3 เส้น และหนามแข็ง 1 อัน endopod แบ่งออกได้ 3 ปล้อง แต่ละปล้องยาวเกือบเท่ากัน ปล้องที 1, 2 มีเส้นขนนกปล้องละ 1 เส้น ส่วนปลายสุดของปล้องที่ 3 มีเส้นขนนก 3 เส้น และหนามแข็งอีก 1 อัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปากที่อยู่ส่วนหัว ส่วนของปากประกอบด้วย labrum มีขนาดใหญ่ลักษณะเป็นแผ่น 1 อัน mandibles 1 คู่ maxillues, maxillae และริมฝีปาก mandibles ซึ่งมีอยู่ 1 คู่ จะเชื่อมติดกันเป็นแผ่นเดียว ส่วนนี้เป็นส่วนที่แข็งแรงเพราะขอบเป็นซี่แข็งและคมช่วยบดเคี้ยวอาหาร maxillule มี 1 คู่ มีขนาดเล็ก อยู่ที่ด้านข้างของลำตัวคืออยู่ระหว่าง mandibles และริมฝีปาก maxillule มีรูปร่างค่อนข้างแหลมตรงปลายมีขนโค้งๆ หลายเส้น หน้าที่ของ maxillule คือช่วยดันอาหารให้เข้าไปใน mandibles ส่วนประกอบของปากชิ้นสุดท้ายคือ maxillae ซึ่งมีขนาดเล็กและไม่มีหน้าที่ในการกินอาหาร แต่ช่วยเปิดของต่อมขับถ่ายของเสีย (excretory orgen)

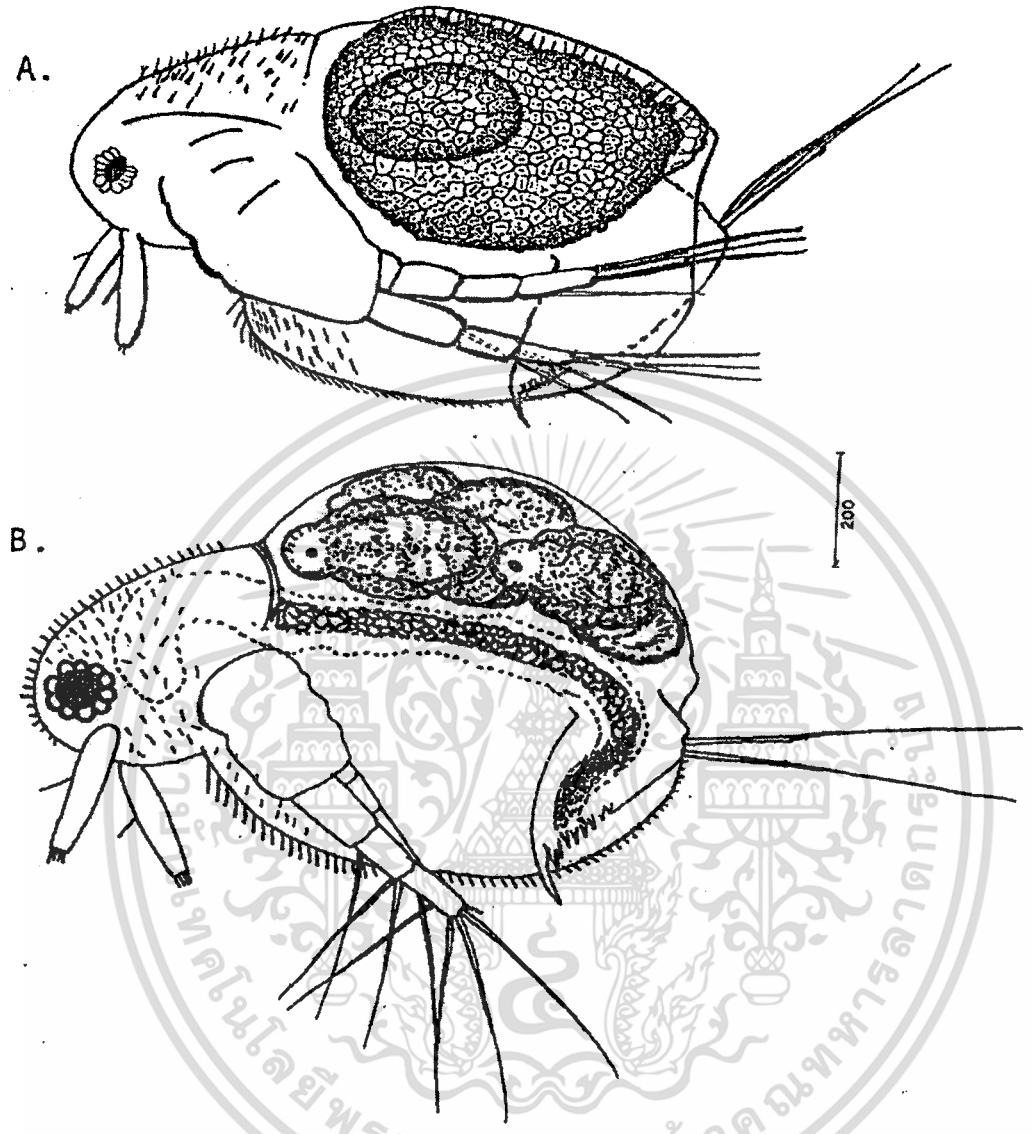
รูปร่างของเปลือกหุ้มลำตัวเป็นรูปไข่ มีลายรูปหกเหลี่ยมหรือร่างแห ซึ่งมีขนบางๆ อยู่เรียงกันบนเส้นขนานของลายตัวดังกล่าว ตรงมุมบนของเปลือกมีขอ 2 อัน ที่ขอบด้านท้องของเปลือกมีขนแข็งๆ จำนวน 55-65 อัน ขนตรงส่วนหน้ามีความยาวมากกว่าขนที่ส่วนท้าย (ภาพที่ 1, 2) ผิวด้านในของเปลือกหุ้มลำตัวบางกว่าผิวนอกมาก ผิวของเปลือกหุ้มลำตัวโดยเฉพาะด้านในมีหน้าที่ช่วยในการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำ การหมุนเวียนของโลหิตเกิดที่ช่องว่างระหว่างผิวด้านในและผิวด้านนอกของเปลือกหุ้มลำตัว



ภาพที่ 1 ภาพวาดไรแดง, *Moina macrocopa*

ที่มา: ลัดดา และคณะ (2524)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>ภาพที่ 2</u> เปรียบเทียบลักษณะของไรแดง, *Moina macrocopa*

A. ไรแดงซึ่งสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual female)

B. ไรแดงซึ่งสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Parthenogenetic female)

ที่มา: ลัดดา และคณะ (2524)

ลำตัวของไรแดงไม่ติดกับเปลือกหุ้มลำตัว ลำตัวแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนอก (thorax) ซึ่งมีขาที่ส่วนอก จำนวน 5 คู่ และส่วนท้อง (abdomen) ทางเดินอาหารซึ่งเริ่มต้นจากส่วนหัว มีลักษณะเป็นท่อค่อนข้างตรงพาดไปตามความยาวของลำตัว ที่ด้านข้างของกึ่งกลางทางเดินอาหารเป็นที่ตั้งของอวัยวะสืบพันธุ์ที่มีโครงสร้างอย่างง่ายๆ ท่อทางเดินอาหารของไรแดงเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ยากเนื่องจากลำตัวค่อนข้างทึบเพราะไรแดงชอบอาศัยในแหล่งน้ำค่อนข้างขุ่น ทางเดินอาหารเริ่มจากปากที่ต่อกับคอหอย (esophagus) ซึ่งเป็นช่องแคบๆ แล้วถึงกระเพาะอาหารซึ่งกว้างกว่าส่วนคอหอย ต่อจากกระเพาะอาหารเป็นลำไส้และกระเพาะอาหาร ส่วนสุดท้ายของทางเดินอาหารคือ rectum และของเสียที่ถูกปล่อยออกภายนอกที่รูก้น (anus) ซึ่งอยู่ด้านท้องของโพ๊สท์แอบโดเมน ทางเดินอาหารมักมีอาหารบรรจุอยู่เต็ม เนื่องจากไรแดงเป็นสัตว์ที่กินอาหารอยู่ตลอดเวลา ไรแดงกินอาหารโดยวิธีกรองจากน้ำ (filter feeding)

ลักษณะขาที่ส่วนอกทั้ง 5 คู่ มีดังนี้ (ภาพที่ 3 A – E)

ขาคู่ที่ 1 (ภาพที่ 3 A) มีขนาดเล็ก ไม่มี exopod ขาคู่ที่ 1 มีจำนวนของเส้นขน (hairs and setae) น้อยที่สุด ส่วนโคนไม่มี gnatobase แต่มีส่วน epipodite ขนแข็งเส้นบนสุดซึ่งอยู่บนปล้อง penultimate มีซี่ฟันเรียงเป็นแถวที่ด้านนอกของขน ขาคู่ที่ 1 และขนแข็งเส้นนี้เป็นลักษณะเด่นของไรแดง ซึ่งสามารถมองเห็นได้ชัดเจนแม้ว่าจะถูกปกคลุมด้วยเปลือกหุ้มตัวก็ตาม ขาคู่ที่ 1 มีหน้าที่ทำความสะอาดผิดด้านในของเปลือกหุ้มลำตัว

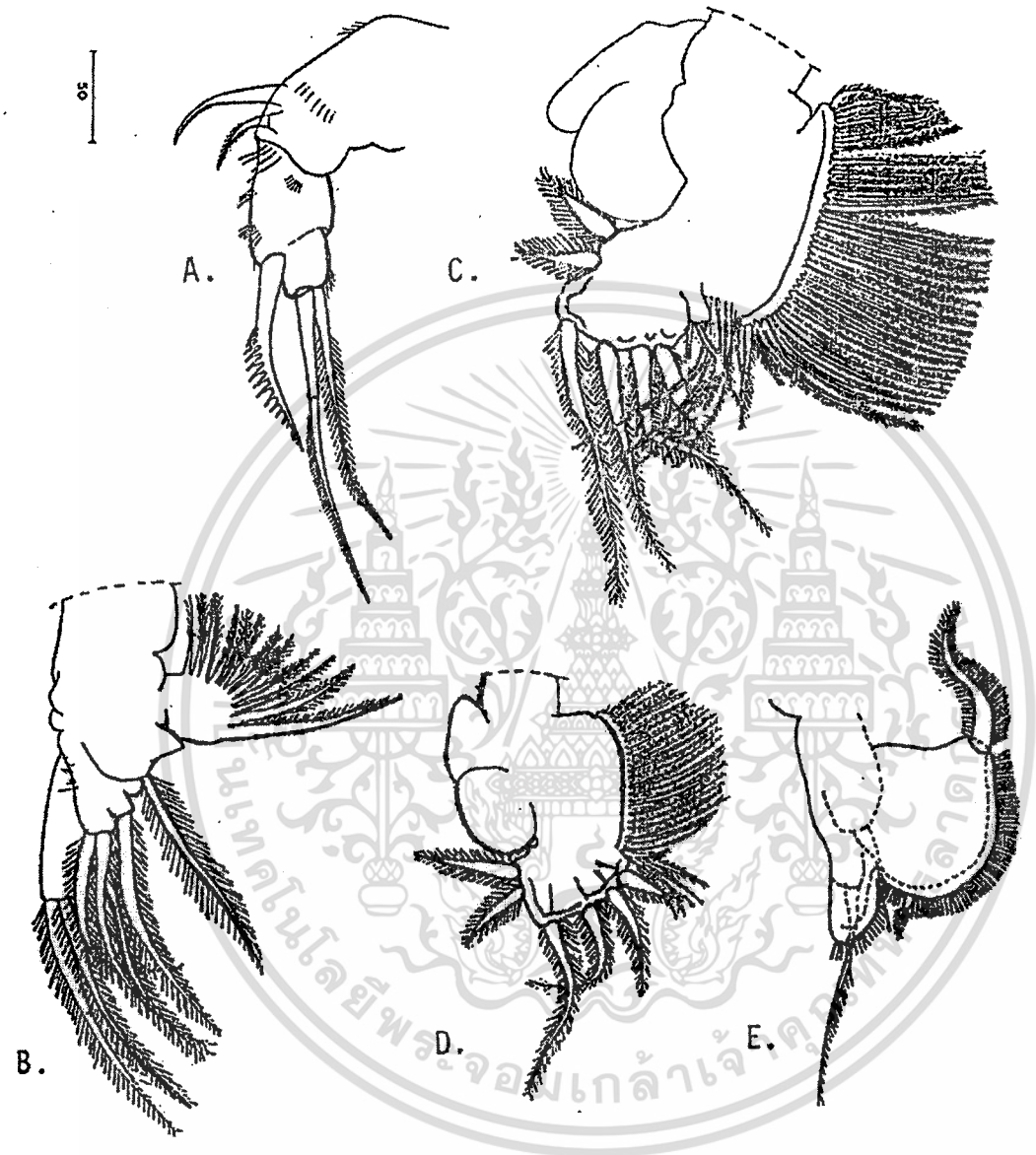
ขาคู่ที่ 2 (ภาพที่ 3 B) มีขนาดใหญ่กว่าขาคู่ที่ 1 บนส่วนของ gnatobase ของ basipod มีลักษณะเป็นพู บนพูนี้มีเส้นขนนกเรียงกันเป็นแถว ขาคู่ที่ 2 มีหน้าที่ทำความสะอาดผิวด้านในของเปลือกหุ้มลำตัวเช่นเดียวกับขาคู่ที่ 1

ขาคู่ที่ 3 (ภาพที่ 3 C) และขาคู่ที่ 4 (ภาพที่ 3 D) มีลักษณะคล้ายกัน แต่ขาคู่ที่ 3 มีขนาดใหญ่กว่า ขาทั้งสองคู่นี้มีเส้นขนนกบนส่วนของ endopod ลักษณะคล้ายซี่หวี จึงมีหน้าที่สำคัญในการกรองอาหาร ขาคู่ที่ 3 และ 4 ไม่มีส่วน gnatobase ที่โคนขา

ขาคู่ที่ 5 (ภาพที่ 3 E) มีขนาดเล็กที่สุด endopod แบ่งเป็นปล้อง 1-2 ปล้อง exopod มีขนาดใหญ่มีหน้าที่ช่วยในการกระทุ่มน้ำ

โพ๊สท์แอบโดเมน อยู่ส่วนท้ายของลำตัว มีขนาดค่อนข้างใหญ่ แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนบนกว้าง ลักษณะเป็นรูปกรวย ตรงมุมบนของส่วนนี้มีขนขนาดยาวมาก 2 เส้น เรียกว่า abdominal setae และบริเวณนี้ยังมีขนสั้นๆ เรียงกันแถวจำนวนหลายแถวอีกด้วย ส่วนล่างของโพ๊สท์แอบโดเมน ปลายสุดของโพ๊สท์แอบโดเมนมีอุ้งเล็บหรือ claw โค้งๆ 2 อัน ด้านเว้าของอุ้งเล็บดังกล่าวมีซี่ฟันขนาดเล็กเรียงกัน 1 แถว ถัดจากอุ้งเล็บมีซี่ฟันรูปสองแฉก 1 ซี่ และยังมีฟันรูปสามเหลี่ยมซึ่งมีขอบเป็นจักคล้ายขนนกจำนวน 9-11 ซี่ ฟันทั้งหมดอยู่ที่ขอบของโพ๊สท์แอบโดเมน ระหว่างอุ้งเล็บและ bident อาจมีหนามสั้นๆ 2-3 อันก็ได้ โพ๊สท์แอบโดเมนมีหน้าที่ช่วยในการว่ายน้ำหรือกำจัดเศษอาหารออกจากลำตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>ภาพที่ 3</u> ขาอก (Thoracic legs) ของไรแดง, *Moina macrocopa*

A. Leg 1; B. Leg 2; C. Leg 3; D. Leg 4; E. Leg 5

B. ไรแดงซึ่งสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Parthenogenetic female)

ที่มา: ลัดดา และคณะ (2524)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไป ประชากรไรแดงประกอบด้วยตัวเมียที่สืบพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ (partheno-genetic female) (ภาพที่ 2 B) บางช่วงเวลาในรอบปีที่ประชากรของไรแดงจะมีตัวเมียที่สืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ (ephippial female หรือ sexual female) และตัวผู้ ลักษณะของตัวเมียที่สืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ (ภาพที่ 2 A) คล้ายกับเพศเมียชนิดแรก เพียงแต่ขนาดของตัวเมียที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมีขนาดลำตัวเล็กกว่า คือ ยาวประมาร 0.7-1.1 มิลลิเมตร

ฝักไข่ หรือ ephippium ประกอบด้วยไข่จำนวน 2 ฟอง แต่ละฟองมีรูปร่างคล้ายอานม้า ซึ่งระยะแรกไข่ทั้ง 2 ฟอง จะเรียงกันในแนวราบทำให้ดูเหมือนกับว่ามีเพียงฟองเดียวเท่านั้น แต่เมื่อไข่แก่มันจะเรียงกันในแนวตั้งแทน สีของ ephippium เป็นสีน้ำตาล และมีลายเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือรูปหกเหลี่ยม

ลักษณะไรแดงเพศผู้ (ภาพที่ 4 A – D)

เปลือกหุ้มลำตัวรูปไข่และปกคลุมด้วยขนบางๆ ขนบนหลังมีขนาดยาวกว่าขนที่ท้องแต่จำนวนขนบนส่วนหัวจะน้อยกว่าส่วนอื่นของเปลือกหุ้มลำตัว

หัวมีขนาดใหญ่ ไม่มีแอ่งเหนือตา ตาประกอบขนาดใหญ่ กินเนื้อที่เกือบทั้งหมดของส่วนหัว จุดตั้งต้นของหนวดคู่ที่ 1 อยู่ใต้ด้านหน้าของหัวหรืออยู่ใต้ตาประกอบ หนวดคู่ที่ 1 มีขนาดยาวมาก ตรงกึ่งกลางของหนวดจะโค้งเข้าหาลำตัว และปลายสุดมีขอสั้นๆ 4-6 ขอ (ภาพที่ 4 B) อยู่เรียงกันเป็นวงล้อมรอบปุ่มรับความรู้สึก (sensory papillae) ขอเหล่านี้มีหน้าที่ช่วยในการผสมพันธุ์ของไรแดง ส่วนหัวของตั๋วเมียแยกออกจากเปลือกหุ้มลำตัว โดยมีร่อง (groove) ตื้นๆ ซึ่งร่องนี้เห็นชัดในตัวผู้มากกว่าตัวเมีย

บนเปลือกหุ้มลำตัวของตัวผู้มีลายเป็นร่างแหเช่นเดียวกับตัวเมีย บนเส้นขนานของร่างแหจะมีขนปกคลุมอยู่ทั่วไป ที่ขอบด้านหน้าของเปลือกหุ้มลำตัวมีขนแข็งๆ 35-40 เส้น ขนที่ส่วนหน้ามีขนาดยาวกว่าขนที่ส่วนท้ายและที่มุมบนของเปลือกหุ้มลำตัวมีขอสั้นๆ มุมละ 1 อัน มีหน้าที่ยึด abdominal setae ที่ส่วนบนของโพ๊สท์แอบโดเมน

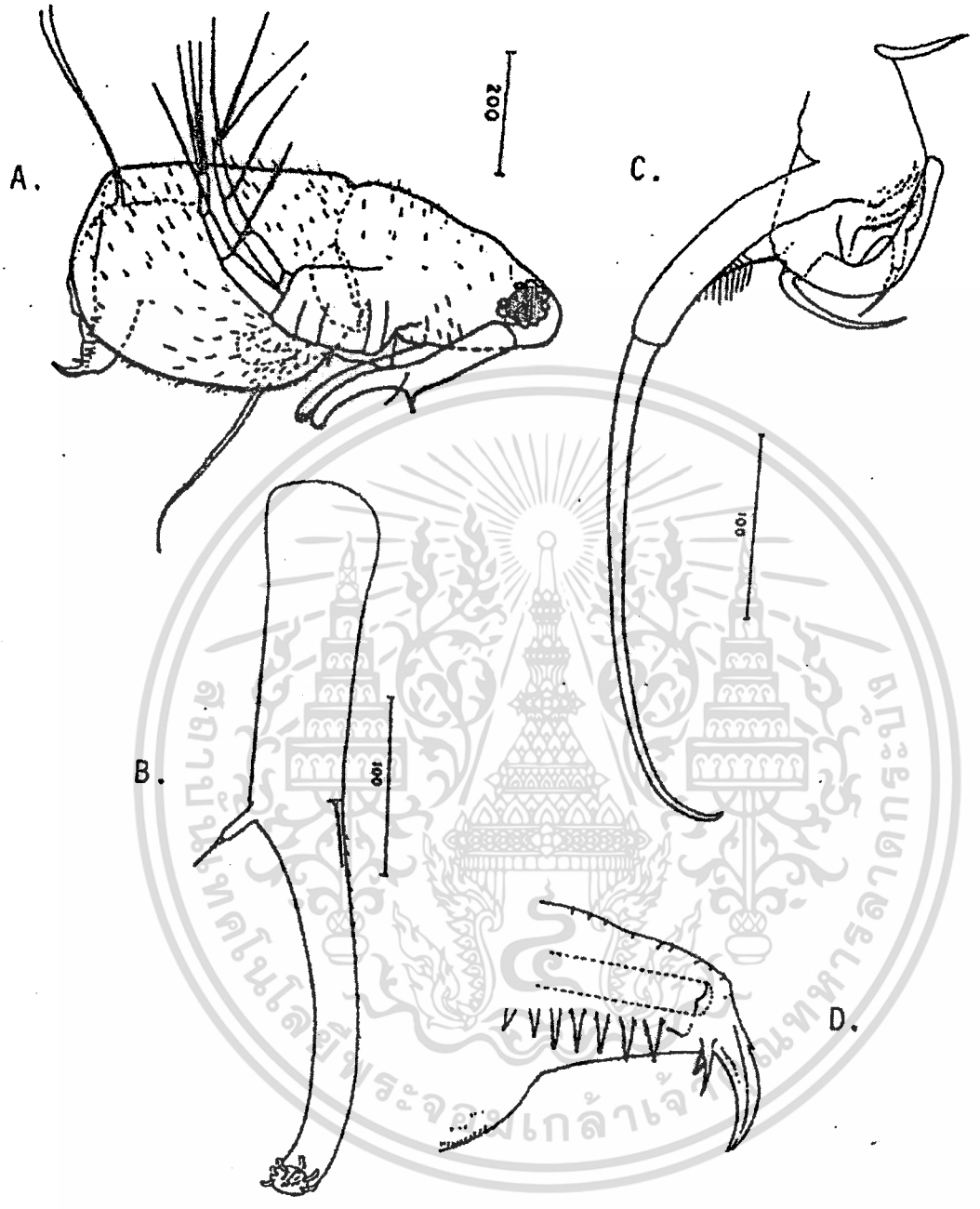
ขาคู่ที่ 1 ของไรแดงตัวผู้มีขอขนาดใหญ่และโค้ง 1 อัน (ภาพที่ 4 C) มีหน้าที่สำคัญในการจับตัวเมียเวลาผสมพันธุ์ ขอนี้ตั้งอยู่บนส่วนของ penultimate ซึ่งมีขนบางๆ จำนวนมาก ปล้องสุดท้ายของขาคู่ที่ 1 มีขนขนาดยาวไม่เท่ากันจำนวน 3 เส้น เส้นที่อยู่กลางมีลักษณะคล้ายขอ ส่วนขนอีกสองเส้นมีลักษณะคล้ายขนนก ปลายสุดของ exopod ของเขาคู่นี้มีขนอีก 1 เส้น ขนาดยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาก คือ ยาวจนจรดขอบด้านท้องของเปลือกหุ้มลำตัว หรืออาจยาวมากกว่าก็ได้ นอกจากนี้ ขอนี้โค้งยังขนานไปกับขอบด้านท้องอีกด้วย

โพ๊สท์แอบโดเมนของตัวผู้ (ภาพที่ 4 D) มีรูปร่างลักษณะคล้ายตัวเมีย เช่น มีขนที่ด้านบนและมีซี่ฟันลักษณะคล้ายขนนกที่ขอบล่างของโพ๊สท์แอบโดเมน จำนวน 7-10 ซี่ เป็นต้น ส่วนที่แตกต่างจากเพศเมียคือ ส่วนล่างที่เป็นรูปสามเหลี่ยมนั้น มีฐานของรูปสามเหลี่ยมยาวกว่า และที่ตั้งของอุ้งเล็บอยู่กึ่งกลางส่วนล่างของโพ๊สท์แอบโดเมน ช่องเปิดเซลล์สืบพันธุ์มี 2 ช่อง อยู่ที่ด้านท้องของอุ้งเล็บ หรือที่บริเวณโคนของอุ้งเล็บพอดี testes ตั้งอยู่ 2 ข้างของลำไส้ มีขนาดเล็ก ภายในมีเซลล์สืบพันธุ์ ลักษณะใสๆ รูปร่างของเซลล์สืบพันธุ์เป็นแบบแท่ง (rod shape) ตัวผู้มีลำตัวยาวประมาณ 0.45-0.70 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
99442



ภาพที่ 4 ลักษณะของไรแดงเพศผู้

A. ตัวเต็มวัย (Adult); B. หนวดคู่ที่ 1 (Antennule); C. Leg 1;

D. Postabdomen

ที่มา: ลัดดา และคณะ (2524)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไรแดงมีการสืบพันธุ์อยู่ 2 แบบ คือ

แบบอาศัยเพศ (Parthenogenesis) ซึ่งเกิดเกือบตลอดปี ตัวเมียที่มีการสืบพันธ์แบบนี้จะผลิตไข่ชนิดพิเศษที่เรียกว่า parthenogenesis egg ไข่ชนิดนี้สามารถเจริญเป็นตัวอ่อนโดยไม่ต้องอาศัยเชื้อตัวผู้เพื่อการผสมพันธุ์ จำนวนไข่มีไม่แน่นอน คือมีจำนวน 5-30 ฟอง โดยเฉลี่ยมีจำนวน 15 ฟอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมและความสมบูรณ์ของตัวแม่ ไข่ชนิดนี้เมื่อถูกผลิตขึ้นมาจะเคลื่อนเข้าสู่ช่องฟักไข่ซึ่งเป็นช่องว่างตรงส่วนหลังระหว่างเปลือกหุ้มลำตัว ช่องฟักไข่นี้สามารถปิดและเปิดได้ โดยอาศัยเส้นขน 2 เส้นบนส่วนท้ายของลำตัว ไข่จะเจริญอยู่ในช่องฟักไข่นับตั้งแต่ฟักเป็นตัวอ่อนที่มีรูปร่างคล้ายตัวเต็มวัย จนกระทั่งถูกปล่อยออกมาจากตัวแม่ดังนั้นไรแดงในระยะวัยอ่อนได้อาหารจากแม่โดยผ่านทางรก(Placents) ซึ่งตั้งอยู่บริเวณด้านหลังของช่องฟักไข่ ตัวแม่ไรแดงจะปล่อยลูกอ่อนออกสู่ภายนอกตัว โดยการขยับส่วนหลังของลำตัวมาทางข้างล่าง โดยทั่วไปไข่ไรแดงชุดใหม่จะเคลื่อนเข้าสู่ช่องฟักไข่ทันทีที่ตัวอ่อนชุดแรกถูกปล่อยออกจากตัวแม่ ขบวนการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศจะดำเนินเช่นนี้เรื่อยไปจนตัวแม่ไรแดงตาย ส่วนการสืบพันธุ์แบบมีเพศ (sexual female) จะเกิดขึ้นในสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น น้ำเสีย ขาดแคลนอาหาร สภาวะอากาศไม่เหมาะสม ปัจจัยดังกล่าวจะมีอิทธิพลทำให้ไรแดงเปลี่ยนวิธีการสืบพันธุ์ ในช่วงเวลานี้จะมีไรแดงตัวผู้และไรแดงตัวเมียที่สืบพันธุ์แบบมีเพศขึ้นในประชากรไรแดง ไรแดงที่มีการสืบพันธุ์แบบมีเพศโดยเฉพาะเพศเมียเมื่อเจริญวัยเต็มที่จะผลิตไข่ชนิดที่เรียกว่า sexual egg ขึ้นจำนวน 2 ฟอง (รังไข่ละ 1 ฟอง) มีลักษณะทึบแสง ซึ่งจะต้องผสมกับเชื้อตัวผู้จึงจะเจริญเป็นตัวอ่อนได้ ในเวลาเดียวกันที่ sexual egg ถูกผลิตขึ้นมานั้นจะมีการสร้างเปลือกหุ้มไข่โดยผนังไข่มีลักษณะคล้ายอานม้า ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วจะเคลื่อนเข้าสู่ช่องฟักไข่และเปลือกหุ้มไข่ที่สร้างขึ้นล่วงหน้าแล้วจะปิดรวงไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว เมื่อไรแดงตัวแม่ลอกคราบครั้งต่อไป ephippium egg (ไข่ที่มีเปลือกหุ้ม) จะถูกปล่อยออกจากตัวแม่และจมลงสู่พื้น เปลือกหุ้มไข่ของไรแดงนี้ถูกสร้างขึ้นมาอย่างพิเศษ คือมีเปลือกหนาและมีลวดลายเป็นรูปหกเหลี่ยมจึงมีความสามารถทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตได้อย่างดี ต่อเมื่อสภาวะแวดล้อมกลับสู่สภาวะปกติไข่ดังกล่าวจะเจริญเป็น parthenogenesis egg อีกครั้งหนึ่ง ส่วน sexual egg ที่ไม่ได้รับการผสมจะสลายตัวไปโดยไม่ต้องเคลื่อนเข้าสู่ช่องฟักไข่ และเปลือกหุ้มไข่ที่ถูกสร้างขึ้นก็จะสลายตัวไป ภาณุและคณะ (2532)

สำรวย (2531 ง) กล่าวว่า ในภาวะที่ขาดแคลนแม่พันธุ์ไรแดง มีวิธีการแก้ปัญหาระยะยาวที่ได้ผลดีคือ การผลิตไข่ไรแดง (ephippium egg) ให้ได้ปริมาณมากเพื่อที่ใช้เป็นแม่พันธุ์ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตไรแดงต่อไป เพราะไข่ไรแดงชนิดนี้สามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมได้ดี จึงอยู่ได้นานและสะดวกต่อการนำไปฟักเป็นแม่พันธุ์ในที่ต่างๆ ต่อไป ซึ่งไรแดงแต่ละตัวจะมีชีวิตอยู่ประมาณ 4-6 วัน และในช่วงชีวิตหนึ่งสามารถลอกคราบได้ 1-4 ครั้ง โดยเฉลี่ยประมาณ 2 ครั้ง ในสภาวะปกติไรแดงจะมีปริมาณประชากรเพศเมีย 94-95% และมีประชากรเพศผู้ 5-6% โดยในสภาวะปกติไรแดงจะสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ คือ ตัวเมียจะไข่แล้วฟักเป็นตัวโดยไม่ต้องผสมกับตัวผู้ แต่เมื่อสภาวะผิดปกติ ไรแดงจะสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยตัวเมียจะมีไข่ซึ่งต้องผสมกับตัวผู้ หลังจากนั้นก็จะตายทิ้งไข่ที่ผสมแล้วนี้ไว้ ไข่ชนิดนี้ทนต่อสภาวะแวดล้อมได้นาน และเมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสมไข่ก็จะฟักเป็นตัวเมียแพร่ขยายพันธุ์ต่อไป และได้ทำการศึกษาการฟักไข่ไรแดงซึ่งเก็บไว้นาน 1 เดือน ผลการทดลองฟักต้องใช้เวลา 3 วัน ephippium egg จึงเริ่มฟักออกเป็นตัว ทำการฟักไข่ไรแดงซึ่งเก็บไว้นาน 6 เดือน ผลการทดลองฟักต้องใช้เวลา 9 วัน ephippium egg จึงเริ่มฟักออกเป็นตัว

วงจรชีวิตของไรแดง แบ่งออกได้เป็น 4 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 ไข่ (egg)

ระยะที่ 2 วัยอ่อน (juvenile instar) มี 2 ระยะ คือ first juvenile และ second juvenile

ระยะที่ 3 วัยรุ่น (adolescent instar) มี 1 ระยะ

ระยะที่ 4 ตัวเต็มวัย (adult)

จากการศึกษาของสันทนาและคณะ (2524) ได้ทดลองเลี้ยงไรแดงด้วยน้ำต้มฟางผสมน้ำบ่อในหลอดแก้วทดลองปรากฏว่า ไรแดงที่มีอายุประมาณ 48 ชั่วโมงสามารถผลิตลูกได้ 8-14 ตัว และหลังจากนั้นต่อมาอีกประมาณ 24-36 ชั่วโมงก็จะผลิตลูกรุ่นที่ 2 ออกมาอีกในจำนวนใกล้เคียงกับครั้งแรกแล้วตัวแม่ก็จะตาย เฉลี่ยไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำต้มฟางนั้นแต่ละตัวจะให้ลูกทั้งหมดประมาณ 20 ตัว ส่วนไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำจากแหล่งที่มันอาศัยอยู่นั้นจะให้ลูกเฉลี่ยประมาณ 14 ตัว การเจริญเติบโตของไรแดงจากตัวอ่อนที่หลุดออกมาจากตัวแม่จนเป็นตัวเต็มวัยและสามารถให้ลูกอ่อนได้ใช้เวลาประมาณ 48-60 ชั่วโมง และจะมีการลอกคราบ 1 ครั้งในระหว่างนี้ ซึ่งเมื่อรวมระยะวงจรชีวิตของไรแดงที่ทดลองเลี้ยงทั้งหมดตั้งแต่เกิดจนตายใช้ระยะเวลาประมาณ 96 -144 ชั่วโมง หรือ 4-6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17041

การเลี้ยงไรแดง

โดยทั่วไปนั้นในการเลี้ยงไรแดง การทำน้ำเขียวเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญในการเพาะเลี้ยงไรแดงให้ประสบความสำเร็จ ขึ้นอยู่กับน้ำเขียวซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ของสารอินทรีย์ จุลินทรีย์ และสาหร่ายสีเขียวทั้งหลายที่เป็นอาหารของไรแดง แต่อาหารของไรแดงที่ใช้ได้ผลดีคือ วิธีที่ใช้คลอเรลล่าเป็นอาหารของไรแดง ซึ่งเสนอโดยภาณุและคณะ (2532)

จากการศึกษาของ ธิดาและคณะ(2536) พบว่าไรแดงกินคลอเรลล่าประมาณ 0.5-1.5x10^6 เซลล์/ตัว/วัน และจากการศึกษาของ ดำรงค์ (2539) ในการเพาะเลี้ยงไรแดงโดยใช้คลอเรลล่าที่ระดับความหนาแน่นสูงสุด (5x10^6) ให้ผลผลิตไรแดงสูงที่สุด

<u>วิธีการเพาะเลี้ยงไรแดง</u> แบ่งได้เป็น 2 วิธีการ (ภาณุและคณะ, 2530) คือ

การเพาะแบบไม่ต่อเนื่อง คือการเพาะไรแดงแบบการเก็บเกี่ยวเพียงครั้งเดียว การเพาะแบบนี้จำเป็นที่จะต้องมีบ่ออย่างน้อย 6 บ่อ เพื่อใช้ในการหมุนเวียนให้ได้ผลผลิตทุกวัน การเพาะแบบไม่ต่อเนื่องจะให้ปริมาณไรแดงที่แน่นอน และจำนวนมากไม่ต้องคำนึงในด้านศัตรูมากนัก เพราะว่าเป็นการเพาะในช่วงระยะสั้น

การเพาะแบบต่อเนื่อง คือการเพาะไรแดงแบบเก็บเกี่ยวผลผลิตไรแดงหลายวัน ภายในบ่อเดียวกัน การเพาะแบบนี้จะต้องมีบ่ออย่างน้อย 4 บ่อ การเพาะแบบต่อเนื่องจะต้องคำนึงถึงศัตรูของไรแดงและสภาวะแวดล้อมในบ่อเพาะไรแดง เนื่องจากการเติมพวกอินทรีย์สารต่างๆ หรือการเติมน้ำเขียวลงในบ่อควรมีการถ่ายน้ำ และเพิ่มน้ำสะอาดลงในบ่อ เพื่อเป็นการลดความเป็นพิษของแอมโมเนีย และสารพิษอื่นๆ ที่เกิดขึ้นในบ่อ

อาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงไรแดงนั้น มีอยู่ด้วยกันหลายสูตร แตกต่างกันไป สำรวย (2531 ข) กล่าวว่า การผลิตไรแดงให้ได้ปริมาณมาก มีเคล็ดลับเพียงแค่การให้อาหารที่เหมาะสมในปริมาณเพียงพอ และการควบคุมสภาวะแวดล้อมในบ่อผลิตให้เหมาะสม

การศึกษาของ ลัดดาและคณะ (2524) พบว่าสูตรอาหารที่ให้ผลผลิตไรแดงสูงที่สุดในระยะสั้นมาก คือ 3-5 วัน ได้แก่ เลือดวัวผสมดินสวน อัตราความเข้มข้น 1:20 ด้วยน้ำหนักเริ่มต้นของไรแดง 50 กรัม ถ้ากรองอาหารก่อนใช้ ได้ผลผลิตทั้งหมด 1,470 กรัม ถ้าไม่ได้กรองอาหารก่อนใช้ ได้ผลผลิตทั้งหมด 1,112 กรัม ถ้าเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่อง ระยะเวลา 30 วัน อาหารที่ให้ผลผลิตดีที่สุดคือ มูลไก่ผสมดินสวน อัตราความเข้มข้น 1:10 กรองอาหารก่อนใช้ได้ผลผลิตทั้งหมด 4,227 กรัม (เฉลี่ย 140.9 กรัม/วัน) โดยเติมอาหารปริมาตร 2 ลิตรทุก 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

สำรวย (2531 ค) ศึกษาการเพิ่มผลิตไรแดงในบ่อซีเมนต์ขนาด 50 ตารางเมตร โดยใช้อาหารผสม ซึ่งประกอบด้วย รำละเอียด ปลาป่น กากถั่วลิสงหรือกากถั่วเหลือง ร่วมกับปุ๋ยผสมสูตรเสมอ(15-15-15) และปุ๋ยไนโตรเจน (45-0-0) ในปริมาณรวม 4,200 กรัม และ 4,170 กรัม สามารถให้ผลผลิตเฉลี่ย 2.5 กิโลกรัมต่อบ่อต่อวัน ถึง 4.1 กิโลกรัมต่อบ่อต่อวัน เป็นระยะเวลานานติดต่อกัน 22 และ16 วันตามลำดับ โดยใช้วิธีการเก็บเกี่ยวผลผลิตประมาณ 50% ของผลผลิตทั้งหมดในแต่ละวัน และการเติมอาหาร 50% ในวันที่ 7 หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรกและทุกๆ 4 วัน หลังจากนั้นจึงถ่ายน้ำทุก 7 วัน และควบคุมสภาวะสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสม ผลผลิตสูงสุด คือ 4.0 กิโลกรัมต่อบ่อต่อวัน ผลผลิตต่ำสุดคือ 1.1 กิโลกรัมต่อบ่อต่อวัน โดยเฉลี่ย 2.5 กิโลกรัมต่อบ่อต่อวัน

โดยทั่วไปวิธีการเพาะเลี้ยงคลอเรลล่าเพื่อเป็นอาหารแก่ไรแดงจะใช้ปุ๋ยอนินทรีย์และกากเหลือจากโรงงานเป็นหลัก โดยเฉพาะ อามิ-อามิ ซึ่งเป็นกากเหลือจากโรงงานผลิตผงชูรสอายิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) ซึ่งพบว่ากากผงชูรสกระตุ้นให้คลอเรลล่าแพร่ขยายพันธุ์เป็นจำนวนมากทำให้ผลผลิตไรแดงเพิ่มมากขึ้น แต่มีเกษตรกรไม่น้อยอยู่ห่างไกลจากแหล่งที่จะหาซื้อปุ๋ยกากผงชูรสได้ ทวีและเรวดี (2538) จึงได้ทำการศึกษาพบว่าการใช้รำละเอียดหมักสามารถใช้ทดแทนกากผงชูรสได้ดีในกรณีที่ขาดแคลนกากผงชูรส โดยการใช้รำละเอียดหมัก 5 ลิตร/ปริมาตรน้ำ 1.2 ลบ.ม. ให้ผลผลิตไรแดงเฉลี่ยมากที่สุด

หยกแก้วและคณะ (2526) นำคลอเรลล่าที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำนมถั่วเหลืองมาเลี้ยงไรแดงพบว่า สูตรที่นำคลอเรลล่าสดจากการเลี้ยงสาหร่ายชนิดนี้ในน้ำทิ้งโรงงานผลิตน้ำนมถั่วเหลืองเป็นเวลา 3 วันให้ผลผลิตดีกว่า สูตรที่นำคลอเรลล่าสดจากการเลี้ยงในน้ำทิ้งโรงงานผลิตน้ำนมถั่วเหลืองเป็นเวลา 1, 2, 4 และ 5 วัน เนื่องมาจากเป็นช่วงที่แบคทีเรียเริ่มเจริญเติบโต และใช้สารอินทรีย์ในน้ำแช่ถั่วเหลืองได้เป็นสารอาหารและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาซึ่งสาหร่ายสามารถนำไปใช้ได้ ทำให้มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกิดขึ้นรวมทั้งโปรโตซัวบางชนิดด้วย ดังนั้นในช่วง 2 วันแรก สารอินทรีย์ยังย่อยสลายไม่หมด สภาพน้ำยังไม่ดีพอที่ไรแดงจะเจริญเติบโตได้ดี จนกระทั่งวันที่ 3 เป็นช่วงที่แบคทีเรียเจริญสูงสุด สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายเกือบหมด สาหร่ายเจริญขึ้นได้เป็นอย่างดี สภาพเหมาะต่อการเจริญเติบโตของไรแดง ส่วนหลังจากนั้น วันที่ 4 และ 5 สารอาหารในน้ำรวมทั้งแบคทีเรียจะลดน้อยลง นอกจากสาหร่ายเท่านั้นที่ยังคงเจริญอยู่ได้ ทำให้อาหารของไรแดงลดลงด้วย การเจริญเติบโตของไรแดงในช่วงนี้จึงไม่ค่อยดีนัก

ทวีและคณะ, 2533 ได้ทำการศึกษาผลของวิตามินในการเพิ่มผลผลิตไรแดง พบว่าความเข้มข้นของวิตามิน AD_3 สามารถให้จำนวนไรแดงมากที่สุดคือ 0.48 หน่วยสากล/มิลลิลิตร ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นของวิตามิน B_1, B_6 และ E ที่ให้ไรแดงมากที่สุด คือ 4, 4 และ 6 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และเมื่อนำวิตามินและความเข้มข้นเหล่านี้มาผสมร่วมกันหลายๆ ชนิด พบว่าการใช้วิตามินร่วมกันทั้ง 4 ชนิด สามารถให้จำนวนไรแดงสูงมากที่สุด

เทคนิคที่ควรทราบในการเลี้ยงไรแดง (สำรวย, 2531 ข)

1. กรองน้ำด้วยถุงกรองทุกครั้งผลผลิตไรแดงจะสูงขึ้น
2. น้ำประปา น้ำบาดาล น้ำฝน จะให้ผลผลิตต่ำกว่า น้ำจากแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง
3. สังเกตสีของน้ำในบ่อผลิต ถ้ามีสีเขียวใสถึงสีชาใส ผลผลิตไรแดงจะสูงและได้ไรแดงสีแดงจัด
4. การเร่งผลผลิตไรแดงด้วยเลือดสัตว์สดๆ จะให้ผลผลิตเร็ว แต่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวสั้นลง และทำให้น้ำในบ่อผลิตมีกลิ่นเหม็นมาก
5. การเร่งผลผลิตไรแดงด้วยน้ำนมถั่งเหลืองจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น จึงต้องเพิ่มปริมาณอาหารผสมให้เพียงพอกับปริมาณไรแดงที่เกิดขึ้น หลักการสำคัญที่ควรทราบ คือ ให้น้อยๆ แต่บ่อยครั้งจะให้ผลดีกว่าให้มากๆ นานๆ ครั้ง
6. เพิ่มค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในบ่อผลิตไรแดงให้ได้ 8 โดยใช้น้ำปูนใส
7. การนำไรแดงไปใช้ควรใช้ด่างทับทิมละลายน้ำให้เป็นสีชมพูอ่อน ล้างให้สะอาดเสียก่อน
8. บ่อผลิตที่ได้รับแสงแดดเต็มที่จะให้ผลผลิตไรแดงสูงและไรแดงจะมีสีแดงจัด

การเก็บรักษาไรแดง (สำรวย, 2530 ก)

1. ใช้วิธีการเก็บโดยการแช่แข็ง วิธีนี้สามารถเก็บไว้ได้นานและยังสดอยู่เสมอ ส่วนมากเป็นไรแดงที่ตาย (โดยปกติสัตว์น้ำวัยอ่อนมักชอบกินไรแดงที่ยังมีชีวิตอยู่) สำหรับการแช่แข็งเพื่อส่งออกจะเป็นการแช่แข็งที่ทำให้ไรแดงฟื้นได้ 40% แต่ไม่สามารถนำไปใช้เป็นแม่พันธุ์ไรแดงได้

2. ใช้วิธีการเก็บในที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 10 ^{o}c โดยเติมน้ำลงไป 50% จะอยู่ได้นาน 4 วัน ในภาชนะเปิดประมาณวันที่ 3 จะสังเกตเห็นไข่สีขาวขุ่นหรือสีชมพู ซึ่งเป็นไข่ไรแดงชนิดที่จะต้องผสมพันธุ์กับเพศผู้ ซึ่งจะสร้างขึ้นเมื่อสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมอุณหภูมิต่ำกว่า 13^{o}c ความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 6 หรือสูงกว่า 11 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์

1. ขวดน้ำเกลือขนาด 1 ลิตร
2. ถังขนาด 500 ลิตร
3. ถังขนาด 100 ลิตร
4. ถังพลาสติก 15 ลิตร จำนวน 32 ใบ
5. ปั้มลมพร้อมสายยางและหัวทราย
6. กระชอนช้อนไรแดง
7. ถุงกรอง
8. ไรแดง
9. หัวเชื้อคลอเรลล่า
10. อาหารเลี้ยงคลอเรลล่าต่อน้ำ 10 ลิตร

อามิ-อามิ	7.5	กรัม
ปุ๋ยสูตร 46-0-0	0.75	กรัม
ปุ๋ยสูตร 16-16-16	0.75	กรัม
ปุ๋ยสูตร 16-20-0	0.75	กรัม
ปูนขาว	2.5	กรัม

11. หลอดทดลองขนาด 10 ml. จำนวน 32 หลอด
12. อุปกรณ์นับแพลงค์ตอน ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ สไลด์นับจำนวนเซลล์
13. เครื่องชั่งน้ำหนัก
14. เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) HANA รุ่น HI 8424
15. เครื่องวัดความเข้มแสง
16. เทอร์โมมิเตอร์ แม็ค-มิน จำนวน 6 อัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

1. <u>แผนการทดลอง</u>

วางแผนการทดลองแบบ 4x3 Factorial in CRD โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 12 ทรีตเมนต์ ในแต่ละทรีตเมนต์มี 4 ซ้ำ ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 เซลล์คลอเรลล่า 1×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ใส่ไรแดงที่ 1 กรัม
ทรีตเมนต์ที่ 2 เซลล์คลอเรลล่า 1×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ใส่ไรแดงที่ 3 กรัม
ทรีตเมนต์ที่ 3 เซลล์คลอเรลล่า 1×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ใส่ไรแดงที่ 5 กรัม
ทรีตเมนต์ที่ 4 เซลล์คลอเรลล่า 5×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ใส่ไรแดงที่ 1 กรัม
ทรีตเมนต์ที่ 5 เซลล์คลอเรลล่า 5×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ใส่ไรแดงที่ 3 กรัม
ทรีตเมนต์ที่ 6 เซลล์คลอเรลล่า 5×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ใส่ไรแดงที่ 5 กรัม
ทรีตเมนต์ที่ 7 เซลล์คลอเรลล่า 10×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ใส่ไรแดงที่ 1 กรัม
ทรีตเมนต์ที่ 8 เซลล์คลอเรลล่า 10×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ใส่ไรแดงที่ 3 กรัม
ทรีตเมนต์ที่ 9 เซลล์คลอเรลล่า 10×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ใส่ไรแดงที่ 5 กรัม
ทรีตเมนต์ที่ 10 เซลล์คลอเรลล่า 50×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ใส่ไรแดงที่ 1 กรัม
ทรีตเมนต์ที่ 11 เซลล์คลอเรลล่า 50×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ใส่ไรแดงที่ 3 กรัม
ทรีตเมนต์ที่ 12 เซลล์คลอเรลล่า 50×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ใส่ไรแดงที่ 5 กรัม

2. <u>วิธีการทดลอง</u>

ขั้นตอนเตรียมการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนเตรียมหัวเชื้อคลอเรลล่า
   1.1 เตรียมขวดน้ำเกลือขนาด 1 ลิตร ทำความสะอาดและตากทิ้งไว้ให้แห้ง
   1.2 ใส่ปุ๋ยเลี้ยงคลอเรลล่าในขวด ขวดละ 900 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรปุ๋ยที่ใช้เลี้ยง chlorella โดยในน้ำ stock 1000 มิลลิลิตร มีสารเคมีดังนี้

KNO_3	12.5	กรัม
KH_2PO_4	12.5	กรัม
$MgSO_4.7H2_O$	10	กรัม
$CaCl_2$	0.84	กรัม
H_3BO_3	1.14	กรัม
$FeSO_4.7H_2O$	0.5	กรัม
$ZnSO_4.7H_2O$	0.88	กรัม
$MnCl_2.4H_2O$	0.14	กรัม
MoO_3	0.07	กรัม
$CuSO_4.5H_2O$	0.16	กรัม
$Co(NO_3)_2.6H_2O$	0.05	กรัม
EDTA	5	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

โดยที่น้ำ stock 10 มิลลิลิตร นำไปปรับด้วยน้ำที่ปลอดเชื้อได้ 1000 มิลลิลิตร ใช้เลี้ยง chlorella

1.3 เติมหัวเชื้อคลอเรลล่าเข้มข้น 50 มิลลิลิตรลงในขวด ใส่ปั๊มลมและนำไปตั้งไว้ที่มีแสงสว่าง (ภาพผนวกที่ 1)

1.4 ทิ้งไว้ 3 – 4 วันจนน้ำในขวดมีสีเขียวเข้ม นำหัวเชื้อคลอเรลล่าไปขยายต่อในถังขนาด 10 ลิตร โดยในน้ำปริมาตร 10 ลิตร มีอาหารคลอเรลล่า ดังนี้

อามิ-อามิ	7.5	กรัม
ปุ๋ย 46-0-0	0.75	กรัม
ปุ๋ย 16-16-16	0.75	กรัม
ปุ๋ย 16-20-0	0.75	กรัม
ปูนขาว	2.5	กรัม

1.5 ทิ้งไว้ 2-3 วันจนน้ำในถังมีสีเขียวเข้ม (ภาพผนวกที่ 2) นำหัวเชื้อไปขยายต่อในถังขนาด 100 ลิตรโดยใช้อาหารเลี้ยงสูตรเดียวกับที่เลี้ยงในถัง 10 ลิตร ทิ้งไว้ 2-3 วัน จนน้ำในถังมีสีเขียวเข้ม (ภาพผนวกที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การหาระดับความหนาแน่นของคลอเรลล่า และปริมาณไรแดงเริ่มต้นที่เหมาะสม

2.1 เตรียมถังพลาสติกขนาด 15 ลิตร จำนวน 32 ใบ ทำความสะอาดตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง

2.2 เตรียมน้ำปุ๋ยที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการต้ม และตั้งทิ้งไว้จนเย็นในถัง 500 ลิตร โดยใช้สูตรอาหารต่อปริมาตรน้ำ 400 ลิตรดังนี้

อามิ-อามิ	300	กรัม
ปุ๋ย 46-0-0	30	กรัม
ปุ๋ย 16-16-16	30	กรัม
ปุ๋ย 16-20-0	30	กรัม
ปูนขาว	100	กรัม

2.3 นำหัวเชื้อคลอเรลล่ามาเจือจางด้วยปุ๋ยที่เตรียมให้ได้ระดับความหนาแน่นดังนี้

ระดับที่ 1 ความหนาแน่นเซลล์คลอเรลล่าที่ 1×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ระดับที่ 2 ความหนาแน่นเซลล์คลอเรลล่าที่ 5×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ระดับที่ 3 ความหนาแน่นเซลล์คลอเรลล่าที่ 10×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ระดับที่ 4 ความหนาแน่นเซลล์คลอเรลล่าที่ 50×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

โดยแต่ละระดับใส่ 8 ถัง ถังละ 10 ลิตร

2.4 ชั่งไรแดงน้ำหนักเปียกที่ 1, 3 และ 5 กรัมใส่ลงในถังที่มีคลอเรลล่าระดับต่างๆ อย่างละ 2 ถัง

2.5 ใส่หัวทราย ปรับปริมาณอากาศที่ออกมาให้เหมาะสม

2.6 ตรวจนับคลอเรลล่าในแต่ละวันเพื่อตรวจสอบปริมาณคลอเรลล่าที่ไรแดงใช้เป็นอาหาร

2.7 ตรวจวิเคราะห์น้ำในแต่ละวัน

2.8 เมื่อจำนวนคลอเรลล่าเริ่มลดลงต่ำกว่า 1×10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ทำการเก็บผลผลิตไรแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การบันทึกข้อมูล

3.1 บันทึกน้ำหนักไรแดงที่เพิ่มขึ้นในแต่ละหน่วยการทดลอง

3.2 บันทึกจำนวนคลอเรลล่าที่เหลือจากการใช้เป็นอาหารของไรแดงในแต่ละวัน

3.3 บันทึกคุณสมบัติของน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลอง มาหาค่าความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นคลอเรลล่าและปริมาณไรแดงเริ่มต้นด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม Excell 97

5. สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6. ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองเริ่มต้นวันที่ 1 มีนาคม 2543 สิ้นสุดการทดลองวันที่ 15 เมษายน 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองเพาะเลี้ยงไรแดงภายใต้ระดับความหนาแน่นเซลล์คลอเรลล่าที่ 1, 5, 10 และ 50 x 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตรกับปริมาณไรแดงเริ่มต้นที่ 1, 3 และ 5 กรัม ผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1 และภาพที่ 5) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความหนาแน่นคลอเรลล่าพบว่าผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นจะแปรผันตามระดับความหนาแน่นเซลล์คลอเรลล่าที่มากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับ ดำรงค์ (2539) สำหรับจำนวนเซลล์คลอเรลล่าในชุดทดลองมีการลดจำนวน (ภาพที่2 และตารางผนวกที่7) ส่วนผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณไรแดงเริ่มต้นพบว่ามีความแตกต่างกัน โดยชุดการทดลองที่ใส่ไรแดง 1 กรัมจะให้ผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองที่ใส่ไรแดง 3 และ 5 กรัม อันเป็นผลเนื่องมาจากความสัมพันธ์ของปริมาณไรแดงกับจำนวนคลอเรลล่าที่มีอยู่ในชุดทดลอง เมื่อปริมาณไรแดงที่ใส่เริ่มต้นน้อย ทำให้จำนวนเซลล์คลอเรลล่ามีเหลือพอให้ไรแดงใช้ในการเพิ่มจำนวนได้มากส่งผลให้ปริมาณไรแดงเพิ่มขึ้น ส่วนชุดทดลองที่มีปริมาณไรแดงที่ใส่เริ่มต้นมาก ทำให้จำนวนเซลล์คลอเรลล่าที่มีไม่เพียงพอสำหรับใช้ในการเพิ่มจำนวนเซลล์ ส่งผลให้ปริมาณไรแดงเพิ่มขึ้นได้น้อย สำหรับชุดทดลองที่มีระดับคลอเรลล่าที่ 50 x 10^5 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณไรแดงเริ่มต้นแล้ว พบว่าปริมาณผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 1) อันเนื่องมาจากปริมาณคลอเรลล่าอยู่ในระดับที่สูงจึงมีจำนวนเซลล์มากพอสำหรับเป็นอาหารแก่ไรแดง ทำให้ไรแดงสามารถเติบโตเพิ่มจำนวนได้เต็มที่ ผลผลิตที่เพิ่มจึงไม่แตกต่างกัน แต่จะต่างกันเพียงเวลาที่ได้ผลผลิตไรแดงสูงสุด คือ ปริมาณไรแดงเริ่มต้นมากก็จะใช้เซลล์คลอเรลล่ามากทำให้จำนวนเซลล์คลอเรลล่าหมดลงอย่างรวดเร็วกว่าที่ปริมาณไรแดงเริ่มต้นน้อย ซึ่งปริมาณไรแดงที่น้อยทำให้ใช้คลอเรลล่าได้น้อย ทำให้ต้องใช้เวลามากกว่าเซลล์คลอเรลล่าจะหมด

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไรแดงที่ใส่เริ่มต้นกับความหนาแน่นคลอเรลล่าที่ใช้เลี้ยง พบว่าผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p <0.05$) (ตารางผนวกที่ 8) จากค่าเฉลี่ยผลผลิตไรแดงที่เพิ่มทำให้พบว่าการเลี้ยงไรแดงในคลอเรลล่าที่มีความหนาแน่นสูงจะให้ผลผลิตเพิ่มสูงสุด ส่วนปริมาณไรแดงที่ใส่เริ่มต้นนั้นให้ผลผลิตที่เพิ่มไม่แตกต่างกัน ดังนั้นปริมาณไรแดงเริ่มต้นจะใส่ปริมาณเท่าไรก็ขึ้นกับระยะเวลาความต้องการผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับค่าคุณภาพน้ำความเป็นกรดเป็นด่างมีค่า 8.87±0.052 อุณหภูมิและความเข้มแสง เวลา 11.00 น. มีค่า 26.91±0.96 – 31.80±1.23 องศาเซลเซียสและ 10775±2013.648 ลักซ์ ตามลำดับ เวลา 15.00 น. มีค่า 31.08±1.07 – 32.97±1.20 และ 8661±1888.709 ลักซ์ ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 2, 3 และ 4

ตารางที่ 1 ผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้น

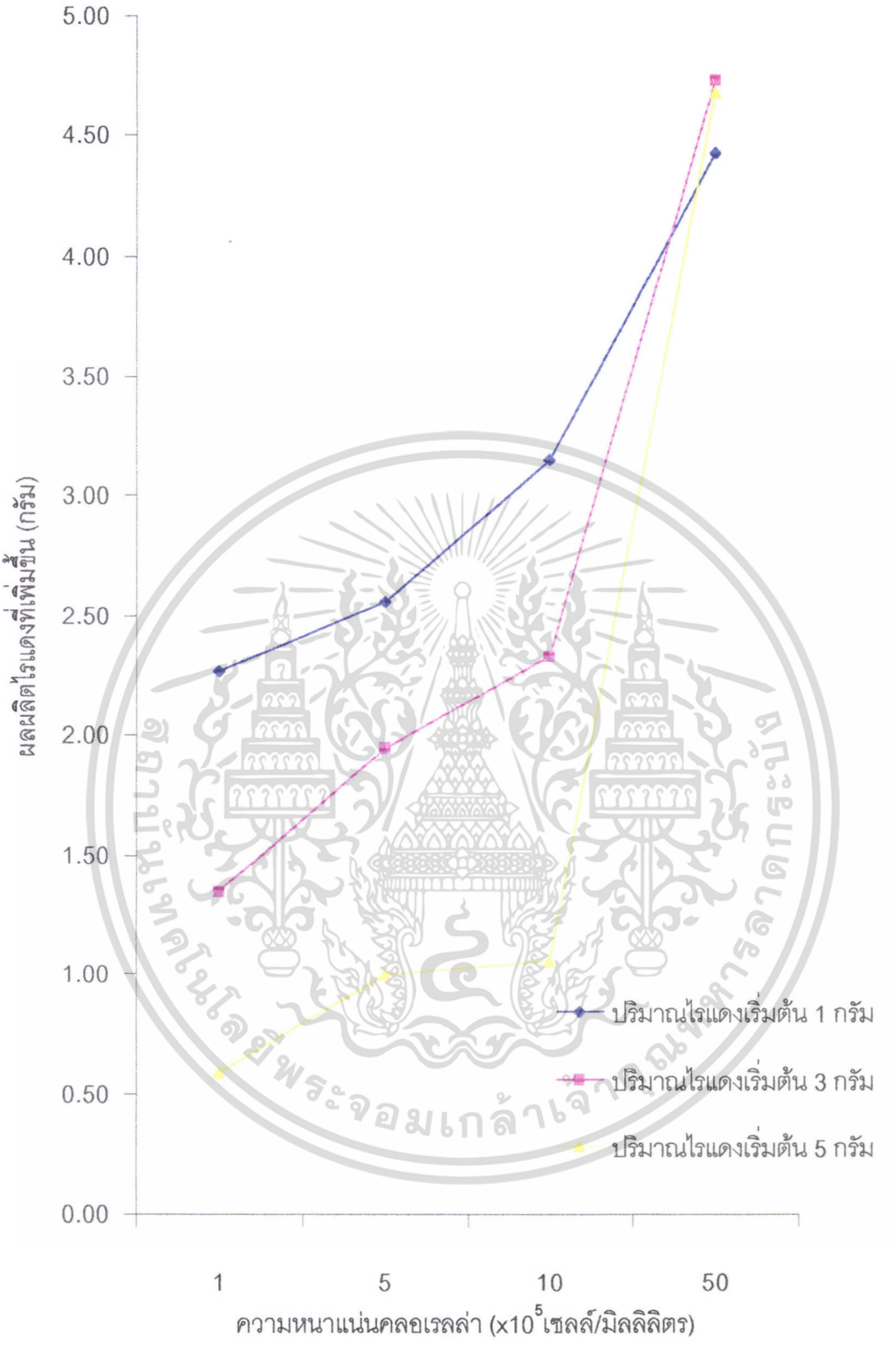
ความหนาแน่นคลอเรลล่า	ปริมาณไรแดงเมื่อเริ่มต้น (กรัม)		
($x10^5$ เซลล์/มิลลิลิตร)	1	3	5
1	2.27 ± 0.14^{a}	1.35 ± 0.30^{b}	0.59 ± 0.33^{c}
5	2.56 ± 0.25^{ad}	1.95 ± 0.26^{ae}	1.00 ± 0.08^{bc}
10	3.15 ± 0.15^{f}	2.33 ± 0.31^{a}	1.06 ± 0.19^{b}
50	4.43 ± 0.09^{g}	4.74 ± 0.27^{g}	4.69 ± 0.39^{g}

หมายเหตุ

สัญลักษณ์ไม่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

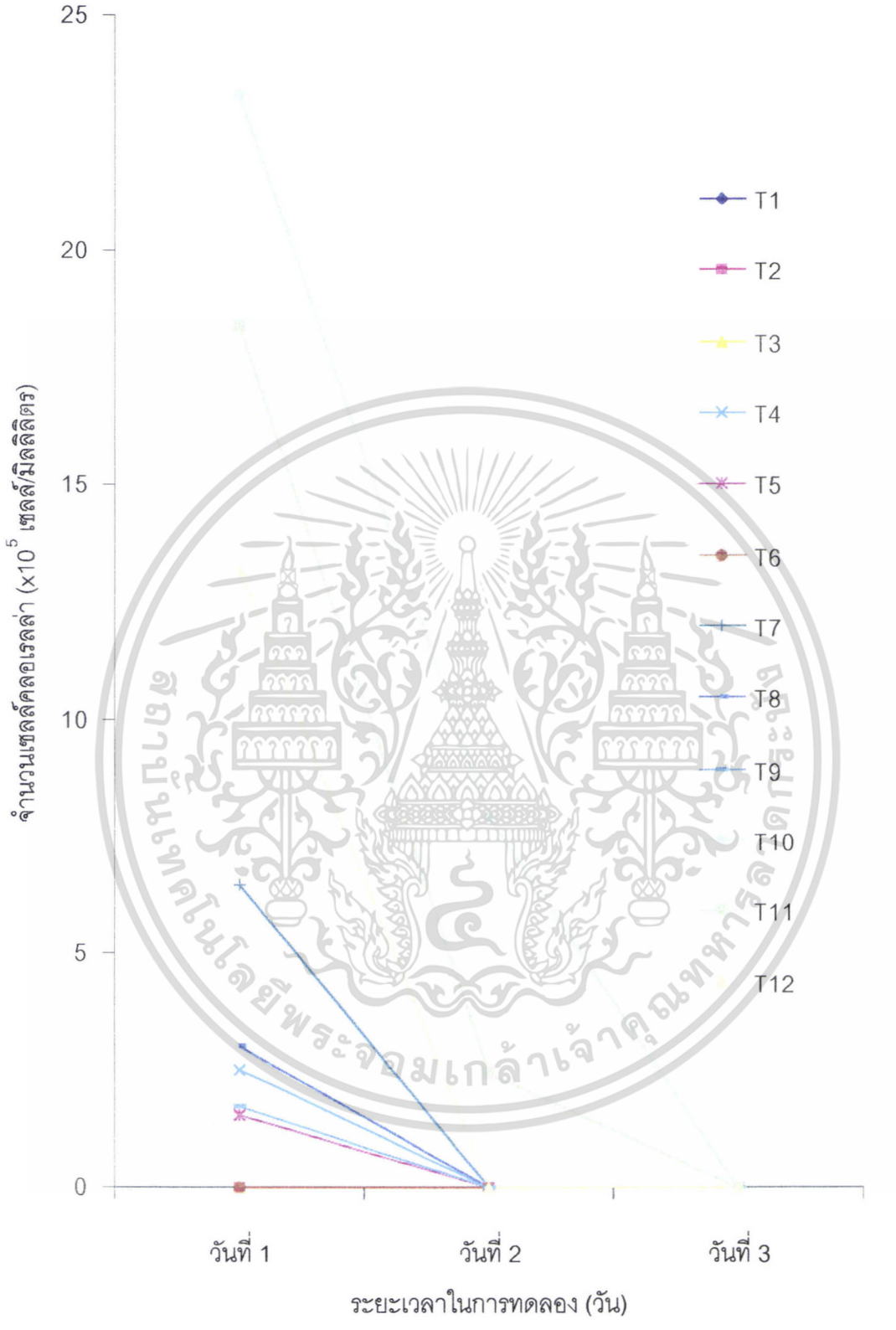
สัญลักษณ์เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>ภาพที่ 5</u> ผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 จำนวนเซลล์ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวันของความหนาแน่นเซลล์คลอเรลล่าในระดับต่างๆ (เซลล์/มิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย

ระดับความหนาแน่นคลอเรลล่า	ปริมาณไรแดงเริ่มต้น (กรัม)			
($x10^5$ เซลล์/มิลลิลิตร)	1.0	3.0	5.0	0.0
1	8.94±0.090	8.91±0.089	8.92±0.127	8.88±0.106
5	8.87±0.073	8.91±0.088	8.95±0.120	8.80±0.084
10	8.78±0.063	8.775±0.058	8.80±0.063	8.85±0.077
50	8.86±0.080	8.86±0.051	8.91±0.093	8.88±0.092

ตารางที่ 3 ค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ในแต่ละช่วงของวัน

	เวลา 11.00 น.		
	วันที่1	วันที่2	วันที่3
จุดที่ 1	26.5±0.7 - 32.0±1.4	27.5±0.7 - 33.5±0.7	26.5±0.7 - 31.0±1.4
จุดที่ 2	25.5±0.7 - 32.5±3.5	26.5±0.7 - 33.0±1.4	26.5±0.7 - 30.5±0.7
จุดที่ 3	27.0±0.0 - 31.5±2.1	28.0±0.0 - 31.5±0.7	26.0±0.0 - 32.0±1.4
จุดที่ 4	27.0±1.4 - 31.0±0.0	27.5±0.7 - 33.0±1.4	27.0±1.4 - 31.5±0.7
จุดที่ 5	26.0±1.4 - 32.0±0.0	28.0±1.4 - 31.5±0.7	28.0±1.4 - 31.5±0.7
จุดที่ 6	26.5±0.7 - 31.0±0.0	27.0±0.0 - 31.5±0.7	27.5±0.7 - 32.0±1.4
	เวลา 15.00 น.		
	วันที่1	วันที่2	วันที่3
จุดที่ 1	31.5±2.1 - 34.0±1.4	32.0±2.8 - 34.0±1.4	31.0±1.4 - 33.0±1.4
จุดที่ 2	31.5±0.7 - 34.5±0.7	32.0±1.4 - 33.5±2.1	31.0±1.4 - 33.0±2.8
จุดที่ 3	31.0±0.0 - 31.5±0.7	31.0±0.0 - 33.0±1.4	31.0±0.0 - 33.0±0.0
จุดที่ 4	30.5±0.7 - 32.5±0.7	31.5±0.7 - 33.0±1.4	31.0±1.4 - 33.0±0.0
จุดที่ 5	30.0±1.4 - 32.0±0.0	31.5±0.7 - 33.0±0.0	31.0±0.0 - 33.0±1.4
จุดที่ 6	29.5±0.7 - 32.0±0.0	31.0±0.7 - 33.0±1.4	31.5±0.7 - 32.5±2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยในแต่ละวัน

วันที่	เวลา 11.00 น.		
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3
1	11900±2828.42	10850±1626.34	10300±989.94
2	12550±636.39	11850±777.81	10825±989.94
3	10800±2969.84	9300±2828.42	8600±3394.11

วันที่	เวลา 15.00 น.		
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3
1	8300±424.26	6350±212.13	5650±353.55
2	11600±565.68	10450±919.23	9400±141.42
3	9150±1202.08	8750±1202.08	8300±1272.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากการทดลองเพาะเลี้ยงไรแดงภายใต้ระดับความหนาแน่นเซลล์คลอเรลล่าที่ 1, 5, 10 และ 50 x 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตรกับปริมาณไรแดงเมื่อเริ่มต้นที่ 1, 3 และ 5 กรัมพบว่า

1. ความหนาแน่นของคลอเรลล่าที่ระดับ 1, 5, 10 และ 50 x 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีผลทำให้ผลผลิตไรแดงเพิ่มขึ้นตามลำดับ

2. ปริมาณไรแดงที่ใส่เมื่อเริ่มต้นการทดลองพบว่า ในระดับความหนาแน่นคลอเรลล่าที่ 1, 5 และ 10 x 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นระดับความหนาแน่นคลอเรลล่าที่ 50x10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบว่าผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำดัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 1)

3. เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นแล้ว พบว่าการเลี้ยงไรแดงในระดับความหนาแน่นคลอเรลล่าที่ 50 x 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตรและใส่ไรแดงเริ่มต้นที่ 3 กรัม ในถังพลาสติกที่บรรจุปริมาตรน้ำ 10 ลิตร จะให้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ 4.74±0.27 กรัม

4. ค่าคุณภาพน้ำในการเลี้ยงไรแดงนั้นมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.87±0.052 อุณหภูมิและความเข้มแสงเวลา 11.00 น. มีค่า 26.91±0.96 – 31.80±1.23 องศาเซลเซียสและ 10775±2013.648 ลักซ์ ตามลำดับ เวลา 15.00 น. มีค่า 31.08±1.07 – 32.97±1.20 และ 8661±1888.709 ลักซ์ ตามลำดับ มีความเหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงไรแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ดำรงค์ เปี่ยมอะโข. 2539. การศึกษาระดับความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงไรแดง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 36 น.

ถนอม พิมลจินดา. 2526. การศึกษาคุณประโยชน์ของวิตามิน บี12 ที่มีผลต่อการเพาะ *Chaetoceros sp.* เอกสารวิชาการ. สถานีประมงน้ำกร่อย กรมประมง, ภูเก็ต. 9 น.

ทวี วิพุทธานุมาศ, ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล และ ทัศนีย์ วัชรกรโยธิน. 2533. การศึกษาผลของวิตามินในการเพิ่มผลผลิตไรแดง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 14/2533. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดปทุมธานี, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 17 น.

ทวี วิพุทธานุมาศ และ เรวดี ศรีประเสริฐ. 2538. การเพาะไรแดงโดยใช้รำละเอียดหมัก. เอกสารวิชาการฉบับที่ 19/2538. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 39 น.

ธิดา เพชรมณี, มาวิทย์ อัศวอารีย์ และ สุจินต์ บุญช่วย. 2536. ความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยงไรแดงด้วย Cholrella ในภาคใต้. เอกสารวิชาการฉบับที่ 16/2536. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 11 น.

ผุสดี เทียนถาวร. 2540. ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงค์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำบางประการในแม่น้ำแม่กลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เพ็ญศรี สุขศรีงาม. 2528. การสำรวจชนิดของ phytoplankton ในบริเวณอ่าวพังงาและบริเวณฝั่งทะเลตะวันออกของเกาะภูเก็ต. สัมนาวิชาการประจำปี 2528. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. น.201-218

ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, วีระ วัชรกรโยธิน และ ทัศนีย์ สุขสวัสดิ์. 2530. การเพาะไรแดง. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 4/2530. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดปทุมธานี, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 9 น.

ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, ทวี วิพุทธานุมาศ, วีระ วัชรกรโยธิน และ ทัศนีย์ สุขสวัสดิ์. 2532. การเพาะเลี้ยงไรแดง. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 9/2532. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดปทุมธานี, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 14 น.

มัณฑนา จันทร์สว่าง. 2528. การศึกษา phytoplankton ในบริเวณอ่าวไทยตอนใน. สัมนาวิชาการประจำปี 2528. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. น.317-450

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาวิทย์ อัศวอารีย์ และธิดา เพชรมณี. 2534 ก. ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของคลอเรลลาในห้องปฏิบัติการ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 5/2534. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 13 น.

มาวิทย์ อัศวอารีย์ และธิดา เพชรมณี. 2534 ข. ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของ *Skeletonema costatum* ในห้องปฏิบัติการ. สัมนาวิชาการประจำปี 2534. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. น.188-192

มาวิทย์ อัศวอารีย์ และธิดา เพชรมณี. 2534 ค. ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของ *Tetraselmis sp.* ในห้องปฏิบัติการ. สัมนาวิชาการประจำปี 2534. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. น.521-525

ไมตรี ดวงสวัสดิ์, สานิตย์ นาคสุวรรณ และ อัจฉรีย์วรรณ ศรีประเสริฐ. 2528. การศึกษาผลกระทบของ ผงซักฟอกกับสาหร่ายสีเขียว. สัมนาวิชาการประจำปี 2528. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. น.610

ลัดดา วงศ์รัตน์, ประวิทย์ สุรนีรนาถ และ ประจิตร วงศ์รัตน์. 2524. การเพาะไรแดงเพื่อการค้า. รายงานการวิจัย. ภาควิชาชีวะวิทยาประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 67 น.

สันทนา ดวงสวัสดิ์, ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ สมเพชร ไชยทอง. 2524. การศึกษาชีวประวัติและการเพาะเลี้ยงไรแดงเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อน. เอกสารงานนิเวศน์วิทยา ฉบับที่ 1/2524. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ, สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กรุงเทพมหานคร. 14 น.

สันทนา ดวงสวัสดิ์. 2529. ชีวประวัติและการเพาะเลี้ยงไรแดง. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 3. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กรุงเทพมหานคร. 7 น.

สำรวย เสร็จกิจ. 2529. ชีวประวัติและการเพาะเลี้ยงไรแดง. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 3. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, เกษตรกลาง, บางเขน, กรุงเทพมหานคร. 7 น.

สำรวย เสร็จกิจ. 2531 ก. การเพิ่มผลผลิตไรแดงในบ่อซีเมนต์. คู่มือเกษตรกรฉบับที่ 6. กลุ่มวิจัยอาหารสัตว์น้ำ, สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. 14 น.

สำรวย เสร็จกิจ. 2531 ข. การเพิ่มผลผลิตไรแดงในบ่อซีเมนต์. นสพ. กสิกร ปีที่ 61 ฉบับที่ 1 มกราคม-กุมภาพันธุ์ 2531. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, เกษตรกลาง, บางเขน, กรุงเทพมหานคร. น. 27-31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำรวย เสร็จกิจ. 2531 ค. การเพิ่มผลผลิตไรแดงในบ่อซีเมนต์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 72. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, เกษตรกลาง, บางเขน, กรุงเทพมหานคร. 21 น.

สำรวย เสร็จกิจ. 2531 ง. การทดลองผลิตไข่ไรแดง. วารสารกรมประมงฉบับที่ 5 กันยายน-ตุลาคม 2531. น. 481-484

สำรวย เสร็จกิจ และ ประเสริฐ สีตะสิทธิ์. 2533. การศึกษาความหนาแน่นของไรแดงที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลาดุกอุย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 109. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรุงเทพมหานคร. 19 น.

โสภนา บุญญาภิวัฒน์. 2528. การศึกษา *Thalassiosira mala* บริเวณอ่าวไทย. สัมมนาวิชาการประจำปี 2528. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. น. 523-610

หยกแก้ว ยามาลี, สมบูรณ์ ผู้พัฒน์, กัญญา สุจริตวงศานนท์, วิเชียร ยงมานิตชัย และไปรมา ภัทรกุลพงษ์. 2526. การนำ *Chlorella* sp. ที่ได้จากการเลี้ยงในน้ำทิ้งโรงงานผลิตน้ำนมถั่งเหลืองมาเลี้ยงไรแดง. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2526. ฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 24 น.

Chen W. and Wangersky P.J. 1996 a. Production of dissolved organic carbon in phytoplankton cultures as measured by high-temperature catalytic oxidation and ultraviolet photo-oxidation methods. *Journal of Plankton Research.* 18(7):1201-1211

Chen W. and Wangersky P.J. 1996 b. Rates of microbial degradation of dissolved organic carbon from phytoplankton cultures. *Journal of Plankton Research.* 18 (9):1521-1533

Frey B.E. and Small L.F. 1980. Effects of micro-nutrients and major nutrients on natural phytoplankton populations. *Journal of Plankton Research.* 2(1):1-21

Gilbes F., Lopez J.M. and Yoshioka P.M. 1996. Spatial and Temporal Variations of Phytoplankton Chlorophyll a and Suspended Particulate matter in Mayaguez Bay, Puerto Rico. *Journal of Plankton Research.* 18(1):29-43

Latasa M. and Berdalet E. 1994. Effect of mitrogen or phosphorus starvation on pigment composition of cultured *Heterocapsa sp. Journal of Plankton Research.* 16(1):83-94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pennak, R.W. 1978. Fresh Water Inverterrate of the United State. John Willey and Sow, Inc., New York. 769 p. อ้างโดย ดำรงค์ เปี่ยมอะโข. 2539. การศึกษาระดับความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงไรแดง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 36 น.

Parkhill J.P. and Cembella A.D. 1999. Effects of salinity, light and inorganic nitrogen on growth and toxigenicity of the marine dinoflagellate *Alexandrium tamarense* from northeastern Canada. *Journal of Plankton Research. 21(5):939-955*

Yamaguchi M.,Itakura S., Nagasaki K., Matsuyama Y., Uchida T. and Imai I. 1997. Effects of temperature and salinity on the growth of the red tide flagellates *Heterocapsa circularisquama* (Dinophyceae) and *Chattonella verruculosa* (Raphidophyceae). *Journal of Plankton Research.* 19(8):1167-1174

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตารางผนวกที่ 1</u> แสดงผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้น (กรัม) ที่เพาะเลี้ยงในชุดการทดลอง

ชุดการทดลองที่	ปริมาณไรแดงที่เพิ่มขึ้น (กรัม)			
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ซ้ำที่4
T1	2.21	2.43	2.34	2.11
T2	1.66	1.53	1.00	1.21
T3	0.87	0.61	0.77	0.12
T4	2.78	2.66	2.61	2.20
T5	1.92	1.78	2.32	1.78
T6	0.97	0.92	0.99	1.10
T7	3.20	3.13	2.96	3.32
T8	2.55	2.54	2.32	1.89
T9	1.01	1.21	0.82	1.21
T10	4.46	4.31	4.43	4.53
T11	4.74	4.83	5.02	4.37
T12	4.69	4.30	4.54	5.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในชุดการทดลอง

ระดับความหนาแน่นคลอเรลลา (x10^5 เซลล์/มิลลิลิตร)	ปริมาณไรแดงเริ่มต้น (กรัม)								
	1			2			3		
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3
10	9.00	-	-	8.89	-	-	8.97	-	-
	9.04	-	-	9.04	-	-	9.05	-	-
	8.85	-	-	8.83	-	-	8.89	-	-
	8.87	-	-	8.89	-	-	8.75	-	-
50	8.83	8.84	-	8.97	8.84	-	9.03	-	-
	8.73	8.96	-	9.07	8.95	-	9.08	-	-
	8.90	8.83	-	8.84	8.80	-	8.85	-	-
	8.93	8.91	-	8.86	8.91	-	8.85	-	-
100	8.77	8.73	-	8.87	8.77	-	8.82	8.80	-
	8.87	8.66	-	8.76	8.67	-	8.76	8.77	-
	8.78	8.82	-	8.82	8.76	-	8.78	8.71	-
	8.78	8.82	-	8.76	8.81	-	8.81	8.93	-
500	8.86	8.87	8.81	8.85	8.86	8.79	8.93	8.90	-
	9.04	8.92	8.87	8.82	8.91	8.97	8.81	9.11	-
	8.79	8.89	8.83	8.82	8.88	8.87	8.83	8.86	-
	8.77	8.75	-	8.85	8.79	8.89	8.89	8.87	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 แสดงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ของน้ำในชุดการทดลองครั้งที่ 1

	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3	
จุดที่	เวลา 11.00 น.	เวลา 15.00 น.	เวลา 11.00 น.	เวลา 15.00 น.	เวลา 11.00 น.	เวลา 15.00 น.
1	27 - 33	33 - 35	28 - 33.5	34 - 35	27 - 32	32 - 34
2	26 - 35	32 - 35	27 - 34	33 - 35	26 - 31	32 - 35
3	27 - 30	31 - 31	28 - 31	31 - 32	26 - 33	31 - 33
4	28 - 31	31 - 32	28 - 32	31 - 32	28 - 31	30 - 33
5	27 - 32	29 - 32	29 - 32	32 - 33	29 - 32	31 - 34
6	27 - 31	29 - 32	27 - 32	32 - 34	27 - 33	32 - 34

ตารางผนวกที่ 4 แสดงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ของน้ำในชุดการทดลองครั้งที่ 2

	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3	
จุดที่	เวลา 11.00 น.	เวลา 15.00 น.	เวลา 11.00 น.	เวลา 15.00 น.	เวลา 11.00 น.	เวลา 15.00 น.
1	26 - 31	30 - 33	27 - 33	30 - 33	26 - 30	30 - 32
2	25 - 30	31 - 34	26 - 32	31 - 32	27 - 30	30 - 31
3	27 - 33	31 - 32	28 - 32	31 - 34	26 - 31	31 - 33
4	26 - 31	30 - 33	27 - 34	32 - 34	26 - 32	32 - 33
5	25 - 32	31 - 32	27 - 31	31 - 33	27 - 31	31 - 32
6	26 - 31	30 - 32	27 - 31	30 - 32	28 - 31	31 - 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 แสดงค่าความเข้มแสง (ลักซ์) ในชุดการทดลอง ครั้งที่ 1

	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3	
จุดที่	เวลา 11.00 น.	เวลา 15.00 น.	เวลา 11.00 น.	เวลา 15.00 น.	เวลา 11.00 น.	เวลา 15.00 น.
1	13900	8000	13000	12000	12900	10000
2	12000	6200	12400	11100	11300	9600
3	11000	5900	11950	9500	11000	9200

ตารางผนวกที่ 6 แสดงค่าความเข้มแสง (ลักซ์) ในชุดการทดลอง ครั้งที่ 2

	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3	
จุดที่	เวลา 11.00 น.	เวลา 15.00 น.	เวลา 11.00 น.	เวลา 15.00 น.	เวลา 11.00 น.	เวลา 15.00 น.
1	9900	8600	12100	11200	8700	8300
2	9700	6500	11300	9800	7300	7900
3	9600	5400	9700	9300	6200	7400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 แสดงจำนวนเซลล์คลอเรลล่า ($x10^5$ เซลล์/มิลลิลิตร) ในชุดการทดลอง

จำนวนซ้ำ	ระยะเวลาเพาะเลี้ยงไรแดง (วัน)	ระดับความหนาแน่นคลอเรลลา ($x10^5$ เซลล์/มิลลิลิตร)	ปริมาณไรแดงเริ่มต้น (กรัม)		
			1	3	5
1	1	1	-	-	-
		5	2.8	1.7	-
		10	7.1	3.5	2.2
		50	25.9	19.0	12.5
	2	1	-	-	-
		5	-	-	-
		10	-	-	-
		50	9.5	2.6	-
	3	1	-	-	-
		5	-	-	-
		10	-	-	-
		50	-	-	-
2	1	1	-	-	-
		5	2.3	1.5	-
		10	6.1	2.9	1.7
		50	25.0	17.4	13.5
	2	1	-	-	-
		5	-	-	-
		10	-	-	-
		50	8.7	2.7	-
	3	1	-	-	-
		5	-	-	-
		10	-	-	-
		50	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนซ้ำ	ระยะเวลาเพาะเลี้ยงไรแดง (วัน)	ระดับความหนาแน่นคลอเรลลา (x10^5 เซลล์/มิลลิลิตร)	ปริมาณไรแดงเริ่มต้น (กรัม)		
			1	3	5
3	1	1	-	-	-
		5	2.9	1.8	-
		10	6.9	3.3	1.3
		50	21.8	21.4	16.8
	2	1	-	-	-
		5	-	-	-
		10	-	-	-
		50	5.9	2.0	-
	3	1	-	-	-
		5	-	-	-
		10	-	-	-
		50	-	-	-
4	1	1	-	-	-
		5	2.0	1.2	-
		10	5.8	2.4	1.7
		50	20.5	15.8	10.1
	2	1	-	-	-
		5	-	-	-
		10	-	-	-
		50	7.6	2.4	-
	3	1	-	-	-
		5	-	-	-
		10	-	-	-
		50	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

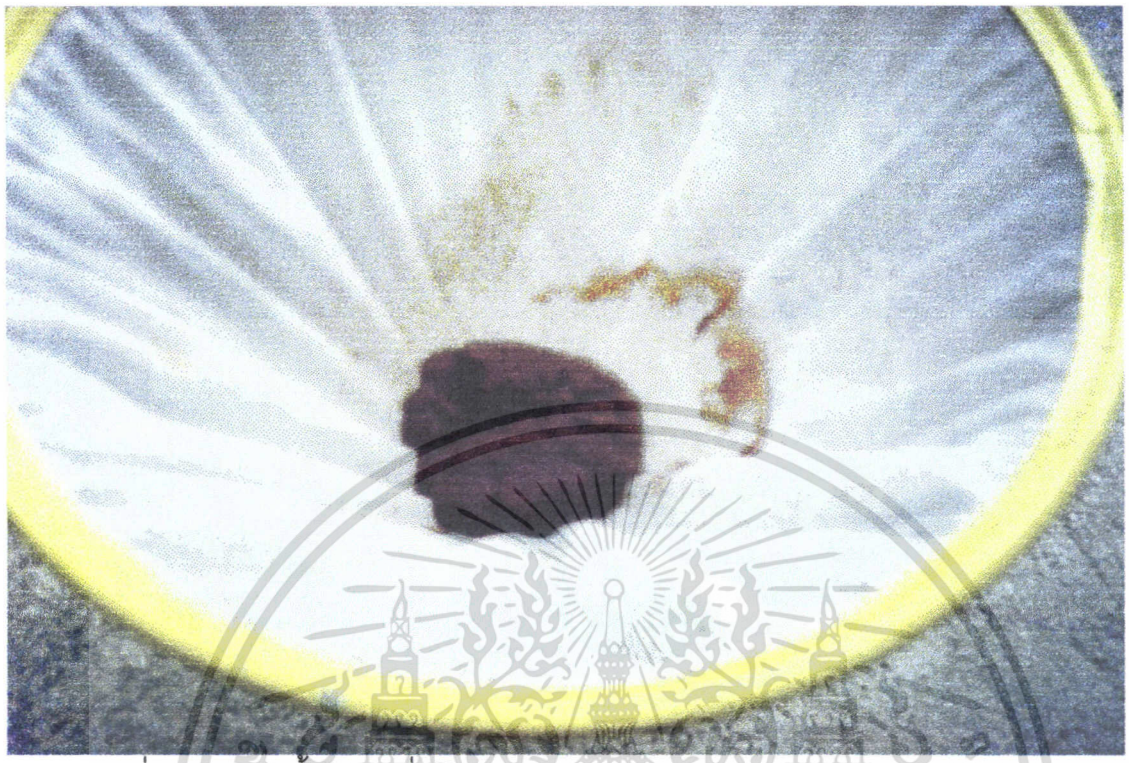
ตารางผนวกที่ 8 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้น

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Sample	74.880508	3	24.96016944	**401.208269**	1.04025E-27	**2.86626545**
Columns	13.060017	2	6.530008333	**104.962963**	9.52725E-16	**3.25944427**
Interaction	6.6754167	6	1.112569444	**17.8833746**	1.753E-09	**2.36374831**
Within	2.23965	36	0.0622125			
Total	96.855592	47				

ค่า Fคำนวน >Fตาราง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.05$)

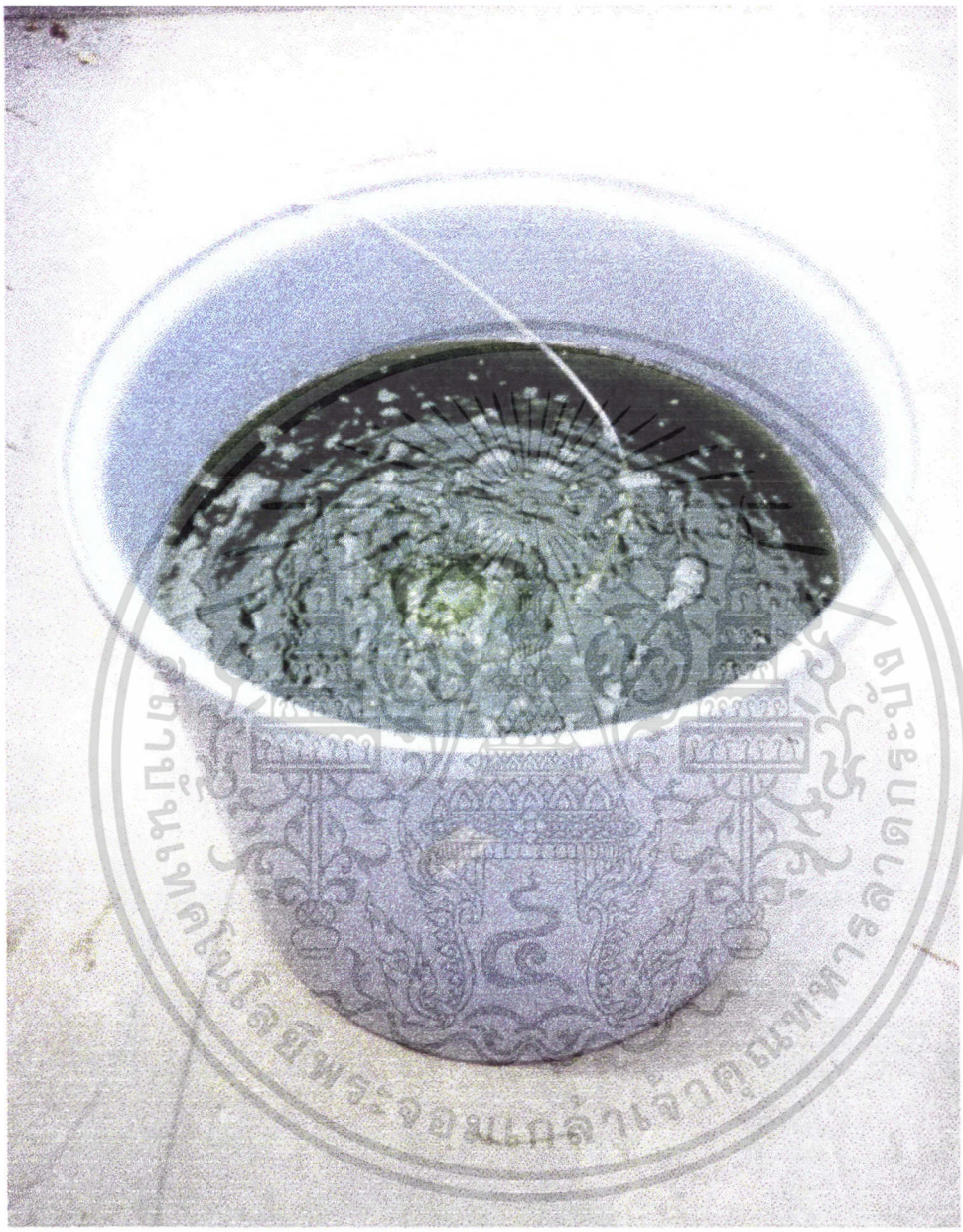
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 1 แสดงหัวเชื้อไรแดงที่ใช้ในการทดลอง

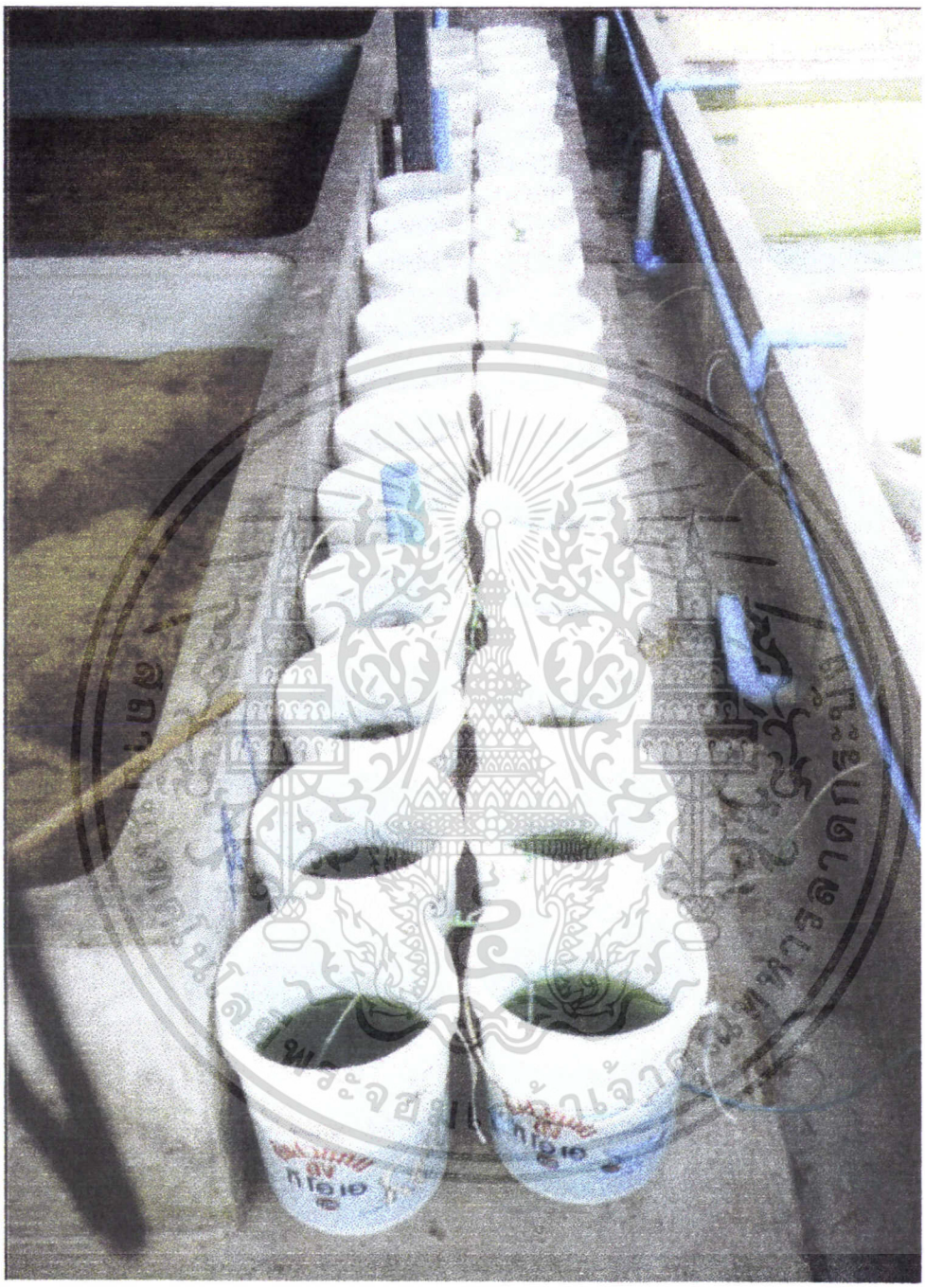
ภาพผนวกที่ 2 แสดงหัวเชื้อคลอเรลล่าที่เพาะในขวดน้ำเกลือขนาด 1 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>ภาพผนวกที่ 3</u> แสดงเชื้อคลอเรลล่าที่เพาะในถังขนาด 100 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>ภาพผนวกที่ 4</u> แสดงชุดการทดลองเลี้ยงไรแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้