การนำน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนมาใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงไรแดง

นางสาวมารศรี นวนรเศรษฐ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2528

ISBN 974-563-993-1

009041

i 17027482

UTILIZATION OF DOMESTIC WASTEWATERS FOR FRESH WATER FLEA (*Moina macrocopa*) CULTURE

Miss Marasri Navanarasest

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Interdepartment of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

1985

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การนำน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนมาใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงไรแดง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย นางสาวมารศรี นวนรเศรษฐ์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต

รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ไพรัช สายเยื้อ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.หมั่น โพธิวิจิตร)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ลงรักษ์ ผลประเสริฐ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การนำน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนมาใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงไรแดง
ชื่อนิสิต	นางสาวมารศรี นวนรเศรษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต
	รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2527

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

น้ำเสียจากแหล่งชุมชน(Domestic watewater) ที่ใช้ทดลอง เป็นน้ำเสียที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัด ซึ่งเก็บได้จากโรงกำจัดน้ำโสโครกห้วยขวางของการเคหะแห่งชาติ เมื่อนำมาใช้ทดลองเลี้ยงไรแดงแบบแยกเดี่ยว 5 รุ่น ต่อเนื่องกัน พบว่าไรแดงสามารถเจริญเติบโตในน้ำเสียนี้ได้ดี มีอายุเฉลี่ย 8.13 วัน สืบพันธุ์แบบ Parthenogenesis เฉลี่ย 7.6 ครั้ง โดยที่รุ่นหลัง ๆ มีแนวโน้มอายุสั้นลงแต่เจริญเติบโตจนถึงตัวเต็มวัยเร็วกว่ารุ่นแรก เวลาที่ใช้ในการให้ลูกและจำนวนลูกที่ได้นั้นมีแนวโน้มคล้ายกันทั้ง 5 รุ่น กล่าวคือ การให้ลูกครั้งแรกใช้เวลาเฉลี่ย 41.2 ชั่วโมง ได้ลูกเฉลี่ย 8.1 ตัว และการให้ลูกครั้งต่อ ๆ ไปใช้เวลาเฉลี่ย 20.8 ชั่วโมง ได้ลูกเฉลี่ย 14.9 ตัว

การทดลองเลี้ยงไรแดงในน้ำเสียที่มี BOD ต่าง ๆ กัน พบว่าที่ BOD_5 165.0-440.6 mg/l เป็นช่วงที่ใช้เลี้ยงไรแดงได้ดี โดยที่ BOD_5 320.5 mg/l ให้ผลต่อการเพิ่มจำนวนของไรแดงดีที่สุด สำหรับน้ำเสียที่มี BOD_5 603.0 mg/l มีผลให้อัตราการเพิ่มจำนวนของไรแดงต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด ส่วนที่ 822.8 และ 932.7 mg/l มีผลต่อไรแดงอย่างมากทำให้ไรแดงตายหมดในเวลาเพียงไม่กี่วัน

การทดลองเลี้ยงไรแดงอย่างต่อเนื่องในห้องปฏิบัติการ ได้ใช้เทคนิคอย่างง่าย ๆ เพื่อให้อุปกรณ์และวิธีการทดลองที่ใช้เป็นแบบธรรมดา ๆ และมีแนวโน้มเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้มากที่สุด ซึ่งได้ผลว่าการเลี้ยงไรแดงในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร ควรเริ่ม

ด้วยไรแดง 50 ตัว ในน้ำเสีย 1.8 ลิตร โดยมีการถ่ายเทน้ำเสียแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-continuous) ให้ครั้งละครึ่งหนึ่งของ 1.8 ลิตร ทุก 4 วัน และในช่วงสิบวันแรกจะตักผลผลิตไรแดงออกครั้งละครึ่งหนึ่ง หลังจากนั้นตักผลผลิตออกครั้งละหนึ่งในสาม เมื่อมีความหนาแน่น 200 และ 100 ตัว/100 มิลลิลิตรขึ้นไปตามลำดับ

จากนั้นนำวิธีที่ให้ผลดีนี้มาทดลองเลี้ยงไรแดงให้ได้จำนวนมากและต่อเนื่องที่บริเวณโรงกำจัดน้ำโสโครกห้วยขวาง โดยเลี้ยงในอ่างพลาสติกขนาดจุ 45 ลิตร และจัดให้มีที่กำบังจากฝนหรือแดดที่จัดเกินไป พร้อมกับใช้ไนลอนตาถี่คลุมอ่างกันแมลงรบกวนด้วย จากการทดลองพบว่าควรเริ่มเลี้ยงไรแดง 400 ตัว ในน้ำเสีย 30 ลิตร และใช้วิธีเลี้ยงตามหลักการดังกล่าวในตอนต้นจากสภาพแวดล้อมที่ได้รับพบว่าเกิดน้ำเขียวจากอัลจีเพิ่มจำนวนเมื่อเลี้ยงไรแดงนานประมาณหนึ่งเดือนแล้วค่อย ๆ ใสขึ้นในช่วงหลังเพราะอัลจีตายและตกตะกอน ซึ่งการเลี้ยงด้วยวิธีนี้พบว่าสามารถเลี้ยงไรแดงได้นานตลอดการทดลองสองเดือน และได้ผลผลิตไรแดงเกือบทุกวันโดยในช่วง 10 วันแรกได้ผลผลิตที่สมบูรณ์และสูงมากหลังจากนั้นผลผลิตต่ำลงแต่ค่อนข้างสม่ำเสมอไปตลอดการทดลอง โดยมีผลผลิตเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงน้ำเขียว เฉลี่ยผลผลิตที่ได้เท่ากับ 10.5×10^3 ตัว/วัน และการเลี้ยงนี้ช่วยให้คุณภาพน้ำดีขึ้น ลด Total Bacteria, E. coli และ BOD ได้ 91.2 %, 98.2 % และ83.7 % ตามลำดับ โดยมีการดำรงชีวิตของไรแดงและโปรโตซัว การตายตามธรรมชาติ และระบบ Algal-Bacterial Symbiosis เป็นปัจจัยที่สำคัญร่วมกัน ส่วน pH และ DO พบว่ามีค่าสูงขึ้น แต่การดำรงชีวิตของไรแดงมีส่วนทำให้อัตราการเพิ่มของค่าทั้งสองนี้ลดลง สำหรับ NO_3-N และ Total PO_4-P มีการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน และไม่ขึ้นกับการดำรงชีวิตของไรแดงโดยตรง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title	Utilization of Domestic Wastewaters for Fresh Water Flea (Moina macrocopa) Culture
Name	Miss Marasri Navanarasest
Thesis Advisor	Associate Professor Piamsak Menasveta Ph.D.
	Associate Professor Thamnoon Rochanaburanon Ph.D.
Interdepartment	Environmental Science
Academic Year	1984

ABSTRACT

Domestic wastewater used in this experiment is the raw sewage obtained from a treatment plant at Huay Kwang National Housing Development. Individual rearing of Moina macrocopa in this wastewater for five successive generations is found to be successful. Moina has the average life span of 8.13 days and reproduces parthenogenetically at the average of 7.6 times. The latter generations have the tendency to be short lived with rapid growth development, reaching maturity faster than the first generation. Duration of broodings and the number of youngs of the five generations have the same trend. The first brood occurs at the average of 41.2 hours and the number of young averages at 8.1 individuals. The subsequent broods occur at the average of 20.8 hours, with the average number of 14.9 young individuals per brooding.

Experiment of Moina culture in wastewater at various BOD values showed that the suitable range of BOD_5 for Moina culture was between 165.0 and 440.6 mg/l and the optimal BOD_5 was 320.5 mg/l. Wastewater with BOD_5 at 603.0 mg/l significantly decreased the Moina population. BOD_5 at 822.8 and 932.7 mg/l had detrimental effect on Moina in a few days.

The continuous culture of Moina on laboratory scale with the intention of simple technology approach, using apparatus and procedures as simple and reliable as possible was started the culture with 50 moina individuals in 2 liters beaker containing 1.8 liters of wastwater. At every fourth day, there was a semi-continuous transfer of wastewater at a half of 1.8 liters. During the first ten days a half of the Moina population was removed, with subsequent removal of $\frac{1}{3}$ when densities were reached at 200 and 100 individuals/100 ml consecutively.

To apply this method for continuous mass culture of Moina, the experiment was carried out at the vicinity of Huay Kwang Treatment Plant. Plastic containers of 45 liters size were used. The containers were housed under a roof-shade and were covered with small mesh size nylon net to protect disturbance from various insects. Using the previous results of the experiment as a guideline, Moina cultures were started with 400 individuals placed in 30 liters of wastewater. The remaining procedures were carried out in the same fashion as mentioned earlier. During the culture operation, algae growth was fand to be increased after one month. However, water became clear when algae died and precipitated. Moina culture with this procedure was able to maintained for the whole two months period. Moina production was obtained almost everyday, in particular, was found to be highest and healthiest during the first ten days. Subsequent production was found to be low but steady throughout the experimentation period and was slightly increased during the algae bloom. The average of Moina production was 10.5×10^3 individuals/day.

Moina culture by this method was found to improve water quality in the followings. Total Bacteria, E. coli and BOD were reduced to 91.2 %, 98.2% and 83.7 % accordingly as a result of Moina and Protozoa activities, natural mortality of these micro-organisms and the system of algal-bacterial symbiosis being the major contributing factors. In addition, pH and DO values were elevated but Moina activities reduced the increasing rate of both parameters. The amount of NO_3-N and total PO_4-P fluctuated sporadically and was not directly related to Moina activities.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต และ รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับอุปกรณ์และสถานที่เพาะเลี้ยงในการทดลอง ให้คำปรึกษาและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นฉวี เวชชานุเคราะห์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับอุปกรณ์และสถานที่ในการปฏิบัติการวิเคราะห์ทางเคมีและชีวภาพและให้คำปรึกษาแนะนำระหว่างการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณนิมิต บำรุงจิตต์ และ คุณพิพัฒน์ ศรีเบญจลักษณ์ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำและให้ความช่วยเหลือในระหว่างการทดลองในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณ คุณอัจฉรา มโนเวชพันธ์ และ คุณนงนารถ เนียมศิริ ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างมากในระหว่างการทดลอง และ ขอบคุณ คุณสมนึก สถิตย์สุนทร ที่อำนวยความสะดวกในระหว่างการทดลองเพาะเลี้ยง ในโรงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อน ของภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณ คุณสุนทร สร้อยโมรา และเจ้าหน้าที่ของโรงกำจัดน้ำโสโครกห้วยขวางของการเคหะแห่งชาติ ที่อำนวยความสะดวกในระหว่างการทดลองเพาะเลี้ยง ณ บริเวณโรงกำจัด

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฌ

รายการตารางประกอบ ..... ฎ

รายการรูปประกอบ..... ฒ

บทที่

1 บทนำ 1

2 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ..... 23

3 ผลการทดลอง..... 39

4 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 70

5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 109

เอกสารอ้างอิง 116

ภาคผนวก 124

ประวัติผู้เขียน 149

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1	คุณภาพน้ำทางกายภาพของน้ำเลียก่อนเลี้ยง (วันที่ 0) น้ำเลียหลังเลี้ยงและหน่วยควบคุม (วันที่ 3-11) เมื่อเลี้ยงไรแดง 50 ตัวต่อน้ำเลีย 1.8 ลิตร	54
2	คุณภาพน้ำเลียทางกายภาพของน้ำเลียก่อนเลี้ยง หลังเลี้ยง และหน่วยควบคุมเมื่อเลี้ยงไรแดงโดยมีการถ่ายเทน้ำเลียให้ครั้งละของ 1.8 ลิตร ทุก 4 วัน	59
3	คุณภาพน้ำเลียทางกายภาพของน้ำเลียก่อนเลี้ยง หลังเลี้ยง และหน่วยควบคุม เมื่อเลี้ยงโดยมีการตักไรแดงออกเป็นระยะ และถ่ายเทน้ำเลียให้ครั้งละ $\frac{1}{2}$ ของ 1.8 ลิตร ทุก 4 วัน.....	63
4	คุณภาพน้ำเลียทางกายภาพของน้ำเลียก่อนเลี้ยง หลังเลี้ยง และหน่วยควบคุม เมื่อเลี้ยงไรแดงให้ได้จำนวนมากและต่อเนื่องในน้ำเลียชุมชน	69
5	การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนในน้ำเลียก่อนเลี้ยง หลังเลี้ยง และหน่วยควบคุม ในการทดลองเลี้ยงไรแดง (เริ่มต้น 50 ตัว/1.8 ลิตร).....	96
6	คุณภาพน้ำเลียก่อนเลี้ยงและอุณหภูมิตลอดช่วงการทดลอง ของผลการทดลองข้อ ก และ ข้อ ค.1.1 ถึง ค.1.4.....	126
7	เวลาที่ให้ลูกและจำนวนลูกของไรแดงที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบ Parthenogenesis 5 รุ่นต่อเนื่องกัน และจำนวนตัวที่อยู่รอดจนถึงการให้ลูกแต่ละครั้งของ F_0 ถึง F_4	127
8	จำนวนครั้งการให้ลูกตั้งแต่เกิดจนถึงตาย และช่วงชีวิตหรืออายุของไรแดงที่ใช้ทดลองทั้ง 15 ตัว ในแต่ละรุ่น (F_0-F_4)	128

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
9	จำนวนไรแดงในแต่ละวันเมื่อเลี้ยงในน้ำเสียเริ่มต้นที่มี BOD ต่าง ๆ กัน (165.0-932.7 mg/l) โดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำเสียตลอดการทดลอง.....	129
10	คุณภาพน้ำเสียก่อนเลี้ยง หลังเลี้ยง และหน่วยควบคุม เมื่อเลี้ยงไรแดงในน้ำเสียเริ่มต้นที่มี BOD ต่าง ๆ กัน (165.0-0.932.7 mg/l) โดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำเสียให้ตลอดการทดลอง.....	130
11	จำนวนไรแดง (ตัว/200 มล.) ในแต่ละวันเมื่อเลี้ยงในน้ำเสียที่มี BOD ต่าง ๆ กัน (165.0-932.7 mg/l) โดยมีการเปลี่ยนน้ำเสียที่มี BOD เท่าเดิมให้ทุกวันเว้นวัน (หรือทุกวัน).....	131
12	จำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) ในแต่ละวัน เมื่อเริ่มต้นเลี้ยงไรแดงด้วยจำนวนตัวต่าง ๆ กัน	132
13	จำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) และผลผลิต (ตัว) ที่ได้ในแต่ละวันเมื่อมีการตักไรแดงออกในปริมาณต่าง ๆ กัน	133
14	จำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) ในแต่ละวัน เมื่อเลี้ยงไรแดงโดยมีการถ่ายเทน้ำเสียในปริมาตรต่าง ๆ กัน ทุก 4 วัน	134
15	จำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) และผลผลิต (ตัว) ที่ได้ในแต่ละวันเมื่อเลี้ยงโดยมีการตักไรแดงออกเป็นระยะ และถ่ายเทน้ำเสียให้ครั้งละ ½ ของ 1.8 ลิตร ทุก 4 วัน.....	135
16	จำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) ในแต่ละวันเมื่อเลี้ยงไรแดง 50 ตัวต่อน้ำเสีย 1.8 ลิตร.....	136
17	คุณภาพทางเคมีและชีวภาพของน้ำเสียก่อนเลี้ยง (วันที่ 0) หลังเลี้ยงและหน่วยควบคุม (วันที่ 3, 6, 9 และ 11) เมื่อเลี้ยงไรแดง 50 ตัวต่อน้ำเสีย 1.8 ลิตร.....	137

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	จำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) และผลผลิต (ตัว) ที่ได้ เมื่อมีการตักไรแดงออกครั้งละ $\frac{1}{3}$ ของปริมาณทั้งหมด (วิธีที่ 1) และจำนวนไรแดงเมื่อไม่มีการตักไรแดงออกเลย (วิธีที่ 2).....	138
19	คุณภาพทางเคมีและชีวภาพของน้ำเสียก่อนเลี้ยง (วันที่ 0) หลังเลี้ยงและหน่วยควบคุม (วันที่ 3, 6, 7, 8 และ 10) เมื่อเลี้ยงไรแดงโดยมีการตักไรแดงครั้งละ $\frac{1}{3}$ ของปริมาณทั้งหมด (วิธีที่ 1) และไม่มีการตักไรแดงออกเลย (วิธีที่ 2).....	139
20	จำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) ในแต่ละวัน เมื่อเลี้ยงไรแดงโดยมีการถ่ายเทน้ำเสียให้ครั้งละ $\frac{1}{2}$ ของ 1.8 ลิตร ทุก 4 วัน	140
21	คุณภาพทางเคมีและชีวภาพของน้ำเสียก่อนเลี้ยง หลังเลี้ยง และหน่วยควบคุม จากการถ่ายเทน้ำเสียแต่ละครั้ง เมื่อเลี้ยงไรแดงโดยมีการถ่ายเทน้ำเสียให้ครั้งละ $\frac{1}{2}$ ของ 1.8 ลิตร ทุก 4 วัน.....	141
22	จำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) และผลผลิต (ตัว) ที่ได้ในแต่ละวัน เมื่อเลี้ยงไรแดงออกเป็นระยะและถ่ายเทน้ำเสียให้ครั้งละ $\frac{1}{2}$ ของ 1.8 ลิตร ทุก 4 วัน	142
23	คุณภาพทางเคมีและชีวภาพของน้ำเสียก่อนเลี้ยง หลังเลี้ยง และหน่วยควบคุม จากการถ่ายเทน้ำเสียแต่ละครั้ง เมื่อเลี้ยงโดยมีการตักไรแดงออกเป็นระยะ และถ่ายเทน้ำเสียให้ครั้งละ $\frac{1}{2}$ ของ 1.8 ลิตร ทุก 4 วัน	143
24	จำนวนไรแดง (ตัว/30 ลิตร) ในแต่ละวัน เมื่อเลี้ยงไรแดงในน้ำเสีย โดยเริ่มด้วยจำนวน 400 และ 800 ตัว/30 ลิตร.....	144

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
25	จำนวนไรแดง (ตัว/30 ลิตร) และผลผลิต (ตัว) ที่ได้ในแต่ละวัน เมื่อเลี้ยงไรแดงให้ได้จำนวนมากและต่อเนื่องในน้ำเสียชุมชน.....	145
26	คุณภาพทางเคมีและชีวภาพของน้ำเสียก่อนเลี้ยง หลังเลี้ยง และหน่วยควบคุม จากการถ่ายเทน้ำเสียแต่ละครั้ง เมื่อเลี้ยงไรแดงให้ได้จำนวนมากและต่อเนื่องในน้ำเสียชุมชน.....	146

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1	Moina macrocopa Strauss.....	6
2	ไรแดงเพศเมียที่ให้กำเนิดลูกแบบไม่อาศัยเพศด้วยวิธี Parthenogenesis (x 80 เท่า)	8
3	ไรแดงเพศเมียที่กำลังปล่อยลูกที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบ Parthenogenesis (x 80 เท่า).....	8
4	แผนภาพแสดงโรงกำจัดน้ำโสโครกห้วยขวางของการเคหะแห่งชาติ.....	22
5	การสุ่มนับไรแดงในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร.....	25
6	การสุ่มนับไรแดงในอ่างพลาสติกที่ใส่น้ำเสีย 30 ลิตร (ขั้นที่ 1)	26
7	การสุ่มนับไรแดงในอ่างพลาสติกที่ใส่น้ำเสีย 30 ลิตร (ขั้นที่ 2).....	26
8	การตักผลผลิตไรแดงออกเมื่อเลี้ยงในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร.....	27
9	การตักผลผลิตไรแดงออกเมื่อเลี้ยงในอ่างพลาสติกที่ใส่น้ำเสีย 30 ลิตร...	27
10	การทดลองเพื่อหาช่วงชีวิต เวลาที่ให้ลูกและจำนวนลูกของไรแดงที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบ Parthenogenesis	29
11	การทดลองเพื่อหา BOD ของน้ำเสียชุมชน ที่เริ่มมีผลต่อการเจริญเติบโตของไรแดง	31
12	การทดลองเลี้ยงไรแดงด้วยน้ำเสียชุมชนในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร โดยมีการตักผลผลิตไรแดงออกเป็นระยะ และถ่ายเทน้ำเสียครั้งละ ½ ของ 1.8 ลิตร ทุก 4 วัน	34
13	การทดลองเลี้ยงไรแดงด้วยน้ำเสียชุมชนในอ่างพลาสติก ที่ใส่น้ำเสีย 30 ลิตร เพื่อให้ได้จำนวนมากและต่อเนื่อง	36

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
14	กราฟแสดงเวลา (ชม.) ที่ใช้ในการให้ลูกแต่ละครั้งของไรแดงรุ่น F_o ถึง F_4	41
15	กราฟแสดงจำนวนลูก (ตัว) ที่ได้จากการให้ลูกแต่ละครั้งของไรแดงรุ่น F_o ถึง F_4	41
16	กราฟแสดงจำนวนตัวของไรแดงที่อยู่รอดจนถึงการให้ลูกแต่ละครั้ง.....	41
17	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยช่วงชีวิตหรืออายุ (วัน) และค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งการให้ลูกของไรแดงรุ่น F_o-F_4	42
18	กราฟแสดงจำนวนไรแดง (ตัว/200 มล.) ในแต่ละวัน เมื่อเลี้ยงในน้ำเสียที่มี BOD_5 เริ่มต้นต่าง ๆ กันคือ 165.0, 320.5, 440.6, 603.0, 822.8 และ 932.7 mg/l โดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำเสียให้ตลอดการทดลอง....	43
19	กราฟแสดงคุณภาพน้ำเสียก่อนเลี้ยง หลังเลี้ยง และหน่วยควบคุม เมื่อเลี้ยงไรแดงในน้ำเสียเริ่มต้นที่มี BOD_5 ต่าง ๆ กันคือ 165.0, 320.5, 440.6, 603.0, 822.8 และ 932.7 mg/l โดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำเสียให้ตลอดการทดลอง	44
20	กราฟแสดงจำนวนไรแดง (ตัว/200 มล.) ในแต่ละวัน เมื่อเลี้ยงในน้ำเสียที่มี BOD_5 ต่าง ๆ กัน คือ 165.0, 320.5, 440.6 และ 603.0 mg/l โดยมีการเปลี่ยนน้ำเสียที่มี BOD เท่าเดิมให้ทุกวันเว้นวัน (หรือทุกวัน)....	46
21	กราฟแสดงจำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) ในแต่ละวันเมื่อเริ่มต้นเลี้ยงด้วยจำนวนตัวต่าง ๆ กันคือ 10, 25, 50, 100 และ 150 ตัว/1.8 ลิตร	48
22	จำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) และผลผลิต (ตัว) ที่ได้ในแต่ละวัน และผลผลิตรวม เมื่อมีการตักไรแดงออกในปริมาณที่ต่างกัน 4 วิธีคือ $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ และ $\frac{1}{5}$ ของปริมาณไรแดงทั้งหมด	49

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
23	กราฟแสดงจำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) ในแต่ละวัน เมื่อเลี้ยงโดยมีการถ่ายเทน้ำเสียด้วยปริมาตรที่ต่างกัน 4 วิธีคือ ½, ⅓, ¼ และ ⅕ ของน้ำเสีย 1.8 ลิตร ทุก 4 วัน.....	50
24	กราฟแสดงจำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) และผลผลิต (ตัว) ที่ได้ในแต่ละตัว เมื่อเลี้ยงโดยมีการตักไรแดงออกเป็นระยะ และถ่ายเทน้ำเสียครั้งละ ½ ของ 1.8 ลิตร ทุก 4 วัน.....	51
25	กราฟแสดงจำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) ในแต่ละวัน เมื่อเลี้ยงไรแดง 50 ตัว ต่อน้ำเสีย 1.8 ลิตร.....	53
26	กราฟแสดงคุณภาพทางเคมีและชีวภาพของน้ำเสียก่อนเลี้ยง (วันที่ 0) หลังเลี้ยง และหน่วยควบคุม (วันที่ 3, 6, 9 และ 11) เมื่อเลี้ยงไรแดง 50 ตัวต่อน้ำเสีย 1.8 ลิตร.....	53
27	กราฟแสดงจำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) และผลผลิต (ตัว) ที่ได้เมื่อมีการตักไรแดงออกครั้งละ ⅓ ของปริมาณทั้งหมด (วิธีที่ 1) และจำนวนไรแดงเมื่อไม่มีการตักผลผลิตออกเลย (วิธีที่ 2).....	56
28	กราฟแสดงคุณภาพทางเคมีและชีวภาพของน้ำเสียก่อนเลี้ยง (วันที่ 0) หลังเลี้ยงและหน่วยควบคุม (วันที่ 3, 6, 7, 8 และ 10) เมื่อเลี้ยงโดยมีการตักไรแดงออกครั้งละ ⅓ ของปริมาณทั้งหมด (วิธีที่ 1) และไม่มีการตักไรแดงออกเลย (วิธีที่ 2).....	56
29	กราฟแสดงจำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) ในแต่ละวัน เมื่อเลี้ยงไรแดงโดยมีการถ่ายเทน้ำเสียให้ครั้งละ ½ ของ 1.8 ลิตร ทุก 4 วัน	57
30	กราฟแสดงคุณภาพทางเคมีและชีวภาพของน้ำเสียก่อนเลี้ยง หลังเลี้ยง และหน่วยควบคุม จากการถ่ายเทน้ำเสียแต่ละครั้ง เมื่อเลี้ยงไรแดงโดยมีการถ่ายเทน้ำเสียให้ครั้งละ ½ ของ 1.8 ลิตร ทุก 4 วัน.....	60

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
31	กราฟแสดงจำนวนไรแดง (ตัว/1.8 ลิตร) และผลผลิต (ตัว) ที่ได้ในแต่ละวัน เมื่อเลี้ยงโดยมีการตักไรแดงออกเป็นระยะ และถ่ายเทน้ำเสียให้ครั้งละ ½ ของ 1.8 ลิตร ทุก 4 วัน.....	61
32	กราฟแสดงคุณภาพทางเคมีและชีวภาพของน้ำเสียก่อนเลี้ยง หลังเลี้ยง และหน่วยควบคุม จากการถ่ายเทน้ำเสียแต่ละครั้ง เมื่อเลี้ยงโดยมีการตักไรแดงออกเป็นระยะ และถ่ายเทน้ำเสียให้ครั้งละ ½ ของ 1.8 ลิตร ทุก 4 วัน	64
33	กราฟแสดงจำนวนไรแดง (ตัว/30 ลิตร) ในแต่ละวัน เมื่อเลี้ยงไรแดงในน้ำเสียโดยเริ่มด้วยจำนวน 400 และ 800 ตัว/30 ลิตร.....	65
34	กราฟแสดงจำนวนไรแดง (ตัว/30 ลิตร) และผลผลิต (ตัว) ที่ได้ในแต่ละวัน เมื่อเลี้ยงไรแดงให้ได้จำนวนมากและต่อเนื่องในน้ำเสียชุมชน....	67
35	กราฟแสดงคุณภาพทางเคมีและชีวภาพของน้ำเสียก่อนเลี้ยง หลังเลี้ยง และหน่วยควบคุม จากการถ่ายเทน้ำเสียแต่ละครั้ง เมื่อเลี้ยงไรแดงให้ได้จำนวนมากและต่อเนื่องในน้ำเสียชุมชน	68
36	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ในการให้ลูกครั้งแรกของไรแดงรุ่น F_0 ถึง F_4	71
37	ไรแดงที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์ เมื่อเลี้ยงไรแดงในหน่วยเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลานาน (x 80 เท่า).....	78
38	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างไรแดง โปรโตซัว และแบคทีเรียในหน่วยเพาะเลี้ยง และระหว่างโปรโตซัวกับแบคทีเรียในหน่วยควบคุม	90