หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ไรแดง (Moina macrocopa) เป็นสัตว์น้ำจืดขนาดเล็กชนิดหนึ่ง สามารถแพร่พันธุ์ได้รวดเร็วและวงจรชีวิตสั้น มีบทบาทสำคัญในโซ่อาหาร (Food chain) เป็นทรัพยากรอันอุดมสมบูรณ์ของสัตว์น้ำที่ใหญ่กว่า (ธรรมนูญ และ ฉวีวรรณ, 2523) นักเพาะเลี้ยงปลาสวยงามนิยมใช้เป็นอาหารปลา เพราะเป็นอาหารที่มีชีวิต ปลาชอบกิน มีคุณค่าทางอาหารสูงและไม่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสีย นอกจากนี้ยังเป็นอาหารของปลาทั่วไปได้ทุกขนาด ยกเว้นลูกปลาที่เพิ่งฟักออกจากไข่ (Bellosillo, 1957) และยังเหมาะต่อลูกปลาที่ถุงอาหารเพิ่งจะยุบ ช่วยให้อัตราการรอดของลูกปลาวัยนี้สูงขึ้น (ผะอบ, 2511) คุณค่าทางอาหารของไรที่มีต่อปลานั้นมีมาก เพราะมันกินพวกอัลจี อินทรีย์วัตถุ แบคทีเรีย และโปรโตซัวในน้ำเป็นอาหาร จึงเป็นสัตว์ที่เปลี่ยนพวกอัลจี อินทรีย์วัตถุ และพวกจุลินทรีย์เหล่านี้ ให้เป็นอาหารที่กินได้ของสัตว์กินเนื้อ นับได้ว่ามันมีคุณค่าทางเศรษฐกิจต่อการประมง น้ำจืดเป็นอย่างมาก (ประถม, 2511) นอกจากนั้นเรายังสามารถใช้ไรน้ำกำจัดอัลจีในระบบกำจัดน้ำเสีย (nutrient recycling systems) ช่วยให้คุณภาพน้ำดีขึ้น ซึ่งการแยกอัลจีออกจากน้ำเสียก็เป็นปัญหาที่สำคัญ (Kawasaki et al, 1982)

ในธรรมชาติมักพบไรแดงในที่ลุ่ม น้ำขัง ตามซุมขนต่าง ๆ ที่มีบ้านอยู่อย่างหนาแน่น ไม่มีทางระบายน้ำทิ้ง ลักษณะของน้ำเป็นสีคล้ำมีกลิ่นเหม็นเพราะเกิดจากการเน่าสลายของสารอินทรีย์ นอกจากนี้ยังพบมากตามบริเวณที่ลุ่มใกล้กับโรงฆ่าสัตว์ อันเป็นที่รับเลือดและสิ่งต่าง ๆ จากสัตว์ที่ถูกฆ่า (ผะอบ, 2511) ในแหล่งน้ำธรรมชาติอาจพบไรแดงอยู่ได้ตลอดปีตราบเท่าที่มีอาหารส่งให้อยู่เสมอ อาหารที่สำคัญของมันคือโปรโตซัวและแบคทีเรียซึ่งจะพบมากในน้ำที่มีการย่อยสลายของสารอินทรีย์ (Bellosillo, 1957) แต่การรวบรวมไรแดงจากแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งมักพบในที่ลุ่ม น้ำขัง พบว่าจะได้ปริมาณไม่แน่นอนขึ้นกับสภาพแวดล้อม จึงไม่อาจสนองความต้องการได้อย่างสม่ำเสมอ (วิรัตดา และ วิมล, 2525) และปริมาณไรแดงในธรรมชาติยังขึ้นกับฤดูกาลอีกด้วย (นันทพันธ์, 2507) จึงมีผู้พยายาม

เพาะเลี้ยงกันมาก ส่วนใหญ่เป็นการทดลองหาสูตรอาหารที่เหมาะสม นอกจากนี้มีการพยายามเพาะเลี้ยงให้ได้ปริมาณมากและต่อเนื่อง แต่ก็ยังไม่ประสบผลสำเร็จนัก และมีการศึกษาชีววิทยาและปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการที่มีผลต่อไรแดง ซึ่ง Bellosillo (1957) ได้ศึกษาไว้ค่อนข้างละเอียด แต่ก็เป็นการศึกษาในสูตรอาหารที่ทำขึ้นเช่นกัน หลักการของสูตรอาหารต่าง ๆ เช่น น้ำต้มฟาง น้ำต้มมูล น้ำหมักปุ๋ย หรือเลือดสัตว์ ก็เพื่อทำให้เกิดพวกแบคทีเรียและโปรโตซัว โดยสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะอาศัยอยู่ได้ในธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น ไขมัน โปรตีน แป้ง และเกลือแร่ต่าง ๆ (Bellosillo, 1957)

เมื่อพิจารณาถึงปัญหามลภาวะทางน้ำในไทย สาเหตุที่สำคัญคือการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของจำนวนประชากร ซึ่งในปัจจุบันปัญหาน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนทวีความสำคัญขึ้นเรื่อย ๆ เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก (เปี่ยมศักดิ์, 2524) มิอาจมองข้ามดังเช่นอดีตที่ผ่านมา สำหรับแหล่งชุมชนหนาแน่นปัญหาน้ำทิ้งจำเป็นต้องหาทางแก้ไข (เบญจา, 2525) จึงคาดว่าในอนาคตการจัดตั้งระบบกำจัดน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนจะทวีความสำคัญขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งในปัจจุบันการเคหะแห่งชาติได้เล็งเห็นถึงความสำคัญนี้ และได้จัดตั้งระบบกำจัดของการเคหะฯ เองแล้วหลายระบบ เบญจา (2525) กล่าวถึงลักษณะน้ำทิ้งชุมชนว่า ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่ละลายตัวได้ในธรรมชาติโดยพวกจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ ซึ่งจะเห็นได้ว่าน้ำทิ้งนี้น่าจะมีคุณสมบัติที่ใช้เพาะเลี้ยงไรแดงได้. ดังนั้นจึงน่าจะทดลองนำน้ำทิ้งชุมชนโดยเฉพาะที่ถูกรวบรวมไว้แล้วในระบบกำจัดของการเคหะแห่งชาติมาใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงไรแดง ซึ่งเท่ากับเป็นการศึกษาทางอ้อมถึงการเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ในแหล่งน้ำธรรมชาติของมัน และยังเป็นการประหยัดเวลาและทุนที่ต้องใช้ในการเตรียมสูตรอาหารต่าง ๆ ที่เคยใช้ในการเพาะเลี้ยงที่ผ่านมา เป็นการนำน้ำเสียมาใช้ประโยชน์อีกครั้งแทนที่จะปล่อยทิ้งไปหรืออาจดัดแปลงให้การเพาะเลี้ยงเข้ากับระบบกำจัด และอาจช่วยให้ระบบกำจัดมีประสิทธิภาพดีขึ้น

<u>วัตถุประสงค์</u>

1. นำน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนมาใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงไรแดง
2. ศึกษาชีววิทยาบางประการของไรแดงในน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชน

3. หา BOD ของน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนที่เริ่มมีผลต่อการเจริญเติบโตของไรแดง

4. หาเทคนิควิธีการเพื่อสามารถเพาะเลี้ยงไรแดงให้ได้จำนวนมากและต่อเนื่องในน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชน ซึ่งจะเน้นที่เทคนิคของการเติมอาหาร การถ่ายเทน้ำเสียที่ใช้เลี้ยงและการตักผลผลิตไรแดงออกเป็นระยะ โดยใช้เทคนิคอย่างง่าย ๆ และเป็นธรรมชาติมากที่สุด

5. ให้การทดลองนี้เป็นการช่วยบำบัดน้ำโสโครกด้วยวิธีทางชีวภาพ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการนำน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนมาใช้ประโยชน์อีกครั้งอย่างง่าย ๆ ไม่ต้องลงทุนมาก แทนที่จะปล่อยให้น้ำทิ้งลงสู่แห่งน้ำธรรมชาติอย่างไร้ประโยชน์ ซึ่งจะเพิ่มปัญหามลภาวะของแหล่งน้ำได้

2. เป็นการช่วยบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ

3. เป็นข้อมูลที่สำคัญในการนำน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนมาใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยง เนื่องจากในอนาคตคาดว่าการจัดตั้งระบบกำจัดน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนจะมีบทบาทสำคัญขึ้นเรื่อย ๆ

4. ทำให้ทราบถึงชีววิทยาบางประการของไรแดงในน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชน

5. เป็นการช่วยเพิ่มผลผลิตอาหารในระดับต้น ๆ ของห่วงโซ่อาหาร เพราะไรแดงเป็นอาหารที่สำคัญของลูกปลาวัยอ่อน และสัตว์น้ำอื่น ๆ อีกหลายชนิด

6. อาจนำความรู้จากการเพาะเลี้ยงมาประยุกต์ เพื่อรวมระบบเพาะเลี้ยงให้เข้ากับระบบกำจัด เพื่อให้ได้ทั้งผลผลิตสัตว์น้ำและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบกำจัดโดยไม่ต้องลงทุนมาก

การสำรวจเอกสาร

ก. ชีววิทยาบางประการของไรแดง

ไรแดงเป็นสัตว์น้ำจืด (Water Flea) ขนาดเล็กชนิดหนึ่งอยู่ในพวกเดียวกับกุ้งและปู กล่าวคือจัดอยู่ใน Class Crustacea, Order Cladocera, Family Daphnidae และ Genus Moina (Edmondson, 1959) สำหรับชนิดของไรแดงในไทยได้มีการศึกษาจาก

แหล่งน้ำธรรมชาติส่วนใหญ่พบว่าเป็นชนิด Moina macrocopa (นันทพันธ์, 2507, วราภร, 2514 และ ธรรมญญ และ ฉวีวรรณ, 2523) มีวิทยาโดยทั่ว ๆ ไปของไรแดงมีดังนี้

1. รูปร่างลักษณะ

Bellosillo (1957) ศึกษาลักษณะ Moina macrocopa. Strauss ในมนิลา (รูปที่ 1) ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1.1 ตัวเมียที่แพร่พันธุ์ด้วยไข่ที่ไม่ต้องผสมกับตัวผู้ (Parthenogenetic Female รูปที่ 1.6 และ 1.7)

ตัวเต็มวัย (adult) มีขนาดยาว 0.9-1.8 มิลลิเมตร สีเหลืองถึงแดง ลำตัวใหญ่หนาและปกคลุมด้วยเปลือก (carapace) ไม่มิด เปลือกเป็นรูปกลมรีขอบล่างมีขน (setae) ส่วนหัวขยายใหญ่หนาด้านหน้ากลมมนและไม่มีรอยคอดเหนือตา (Supra-ocular depression) หนวดคู่แรก (antennule) ขนาดเล็กและมีขน มีปล้องเดียว มีขนรับความรู้สึกที่ปลาย และตรงกลางหนวดมี setae 1 เส้น หนวดคู่ที่สอง (antennae) มีขนาดใหญ่ตรงปลายแบ่งเป็น 2 กิ่ง (biramus) กิ่งบนมี 4 ปล้อง กิ่งล่างมี 3 ปล้อง ที่ข้อต่อระหว่างปล้องมี setae ส่วนท้อง (abdomen) มีรูปร่างคล้ายเกือกม้า ตอนท้าย (Postabdomen) มีรูปร่างคล้ายกรวยและตอนปลายแยกเป็น 2 แฉก (bident) ตัวแก่ของเพศเมียนี้มีขนาดใหญ่มาก เนื่องจากมีตัวอ่อนอยู่ใน brood sac ซึ่งเป็นช่องว่างรูปรีอยู่ด้านหลังของตัว และขยายออกได้ตามแนวยาว

1.2 ตัวเมียที่แพร่พันธุ์ด้วยการผสมพันธุ์กับตัวผู้ (Sexual Female รูปที่ 1.5)

ตัวเต็มวัยคล้าย Parthenogenetic Female แต่รูปร่างได้สัดส่วนกว่า ฝาทางด้านหลังจะเปลี่ยนแปลงหนาขึ้นและกลายเป็นฝาสองฝาที่ประกบกัน คล้ายอานม้ามีช่องว่างภายในเพื่อเป็นที่อยู่ของไข่สองใบ เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นเกราะบรรจุไข่สองใบ (ephippium) อยู่ที่ช่องว่างที่หลังของมัน

1.3 ตัวผู้ (Male รูปที่ 1.9)

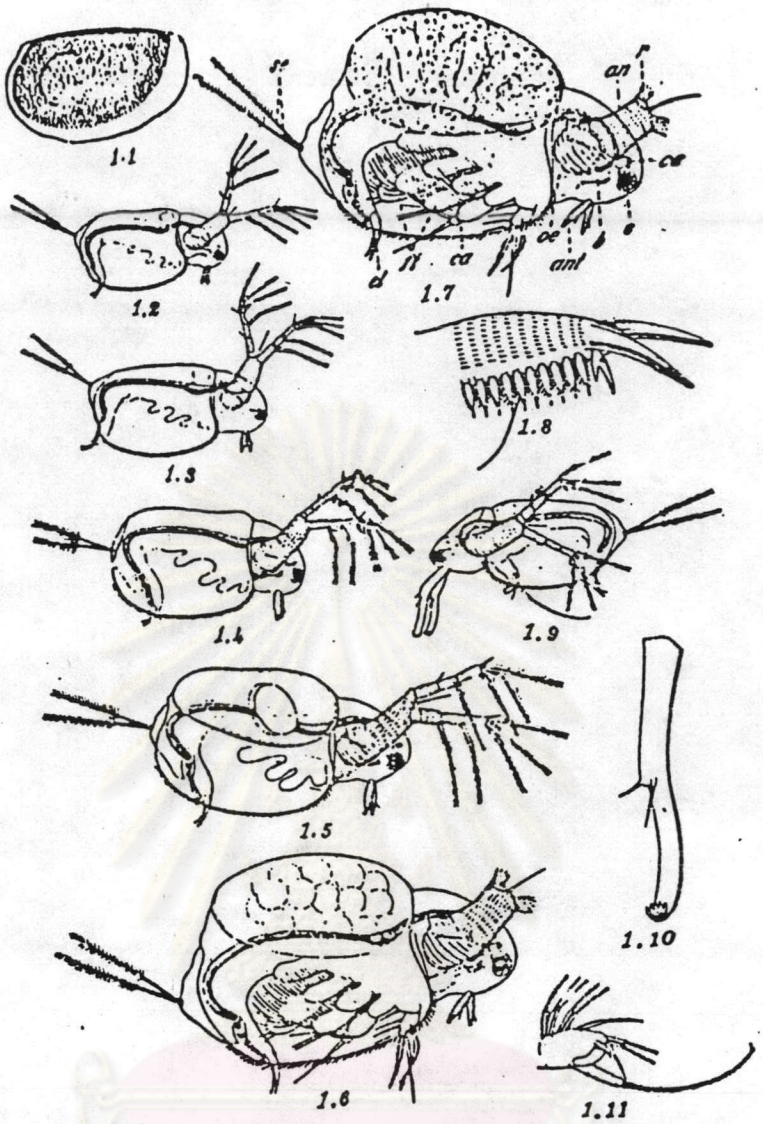
ตัวเต็มวัยมีลักษณะยาว ขนาดเล็กกว่าตัวเมีย คือยาวประมาณ 0.5 - 0.7 มิลลิเมตร ส่วนหัวใหญ่ยาวโค้งน้อยกว่าแต่ยื่นไปข้างหน้ามากกว่าตัวเมีย มีตารวมขนาดใหญ่เหมือนตัวเมีย หนวดคู่แรกโค้งงอมีขนรับความรู้สึกที่กลางหนวดส่องเส้น ตอนปลายหนวดคล้ายตะขอ ขาคู่แรกมีขนยาว เปลือกหุ้มตัวค่อนข้างยาวรี และหุ้มตัวได้ไม่มิด

การศึกษาลักษณะไรแดงในไทย พบว่ามีลักษณะทั่ว ๆ ไปเหมือนของ Bellosillo (ธรรมนูญ และจวีวรรณ, 2523 และฉันทนา และไมตรี, 2524) ผะอบ (2511) กล่าวถึงความแตกต่างระหว่าง Moina กับ Daphnia ว่า Moina ไม่มีจงอยปาก (rostrum) แต่มีร่องที่คอ (notch) ซึ่งแบ่งส่วนหัวและลำตัวออกได้ชัด แต่ Daphnia มีจงอยปากและไม่มีร่องที่คอ ส่วนลักษณะความแตกต่างระหว่างเพศของไรแดงพบว่า ตัวผู้มีขนาดเล็กกว่าแต่ขาคู่หน้าใหญ่กว่าตัวเมีย และตัวเมียที่มีไข่จะเห็นไข่ใน brood case ที่ด้านหลังสุดของลำตัว นอกจากนี้ ฉันทนา และ ไมตรี (2524) กล่าวถึงลักษณะไรแดงว่า มีขนาดตัว 0.4-1.8 มิลลิเมตร ตัวมีสีแดงเรื่อ ๆ ถ้าอยู่รวมกันมาก ๆ จะเห็นเป็นสีแดงชัดเจน ตัวเมียมีขนาดเฉลี่ย 1.25 มิลลิเมตร ตัวผู้มีขนาดเฉลี่ย 0.66 มิลลิเมตร ตัวอ่อนที่ออกมาจาก brood case ใหม่ ๆ มีขนาดประมาณ 0.50 มิลลิเมตร

2. <u>การสืบพันธุ์</u>

2.1 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

การสืบพันธุ์แบบนี้ตัวเมียจะผสมกับตัวผู้และวางไข่ 2 ใบอยู่ในฝักไข่ (ephippium) ไข่นี้จะฟักออกได้แต่ตัวเมียและต้องใช้เวลาฟักนาน (Bellosillo, 1957) การสืบพันธุ์นี้มักเกิดในสภาวะไม่เหมาะสม เช่น มีตัวเมียมากทำให้เกิดการล่าสมของเสียที่ปล่อยออกมามากเกินไป การขาดแคลนอาหาร หรืออุณหภูมิที่ต่ำขนาด 14-17 องศาเซลเซียส (Pennak, 1958) ซึ่งฮิทริพลภายนอกเป็นตัวกำหนดให้เกิดการสืบพันธุ์แบบนี้ (Bellosillo, 1957 อ้างตาม Grosvenor and Smith, 1933) และยังสามารถกลับไปสืบพันธุ์แบบ Parthenogenesis ได้อีก (วราภร, 2514 อ้างตาม Makrushin, 1968)



รูปที่ 1 Moina macrocopa. Strauss (Bellosillo, 1957)

รูปที่ 1.1 Ephippial case in lateral position, showing reticulation and two eggs ; about x 12

1.2 First nymphal stage ; about x 12

1.3 Second nymphal stage ; about x 12

1.4 Third nymphal stage ; about x 12

1.5 Adult sexual mother moina, showing an ephippial case and eggs in the egg pouch ; about x 12

1.6 Parthenogenetic mother moina bearing parthenogenetic eggs in the egg pouch ; about x 12

1.7 Parthenogenetic mother moina with young about to be extruded and showing se, setae ; cl, claw ; ft, feet ; ca, carapace ; oe, oesophagus ; ant, antennule ; b, brain ; e, eyes ; ce, asecum ; an antenna ; and r, ramus.

1.8 Postabdomen showing ten ciliated spines besides bident and a pair of claws with longitudinal laterally arranged rows of hairs ; about x 47.

1.9 Male moina ; about x 12

1.10 Antennule showing the number of hooks, and two sensory setae in the middle ; about x 47

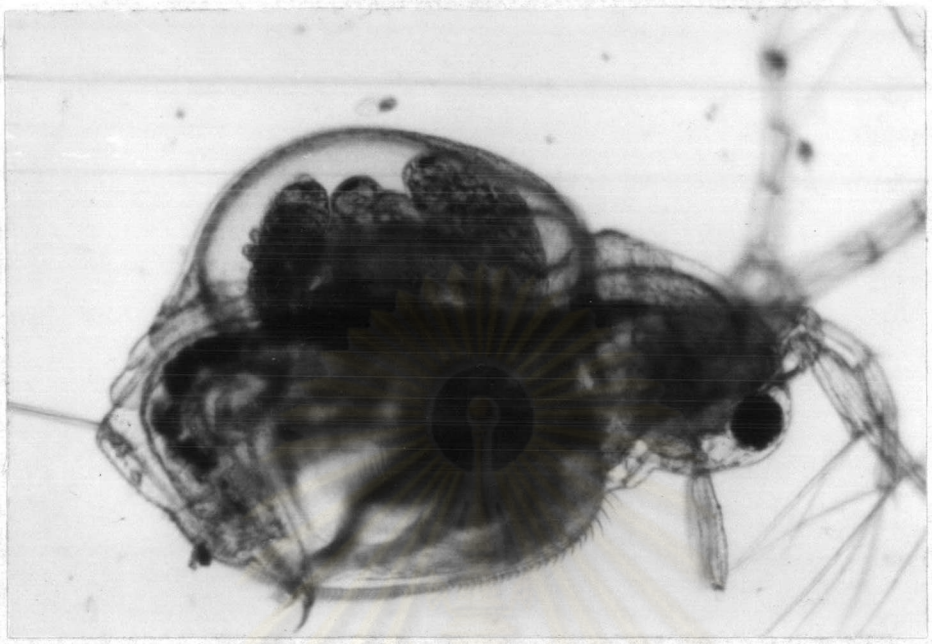
1.11 First foot of a male ; about x 23

2.2 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

เป็นการสืบพันธุ์แบบ Parthenogenesis ซึ่งตัวเมียจะสร้างไข่และฟักเป็นตัวได้โดยไม่ต้องผสมพันธุ์ ไข่จะฝังตัวอยู่ในช่องท้องระหว่างผนังภายในของด้านหลังลำตัว แล้วเจริญเป็นตัวอ่อนเกือบเหมือนพ่อแม่จึงออกมาว่ายเป็นอิสระ (ผะอบ, 2511) ซึ่งไข่ชนิดนี้จะให้ลูกทั้งตัวผู้และตัวเมีย (Bellosillo, 1957) ดังภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ขณะที่ตัวแม่กำลังให้ลูก (รูปที่ 2 และ 3) ของผู้ทำวิจัยการสืบพันธุ์แบบนี้ทำให้รวดเร็วในการแพร่พันธุ์ และมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น ได้ลูกเป็นจำนวนมาก ส่วนใหญ่ของลูกเป็นตัวเมีย ซึ่งจะเกิดเมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสม และลูกที่ได้จะมีคุณสมบัติทางพันธุกรรมเหมือนแม่ทุกประการ ในช่วงอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่จะมีการสืบพันธุ์แบบนี้ทั้งนั้น (นันทพันธ์, 2507)

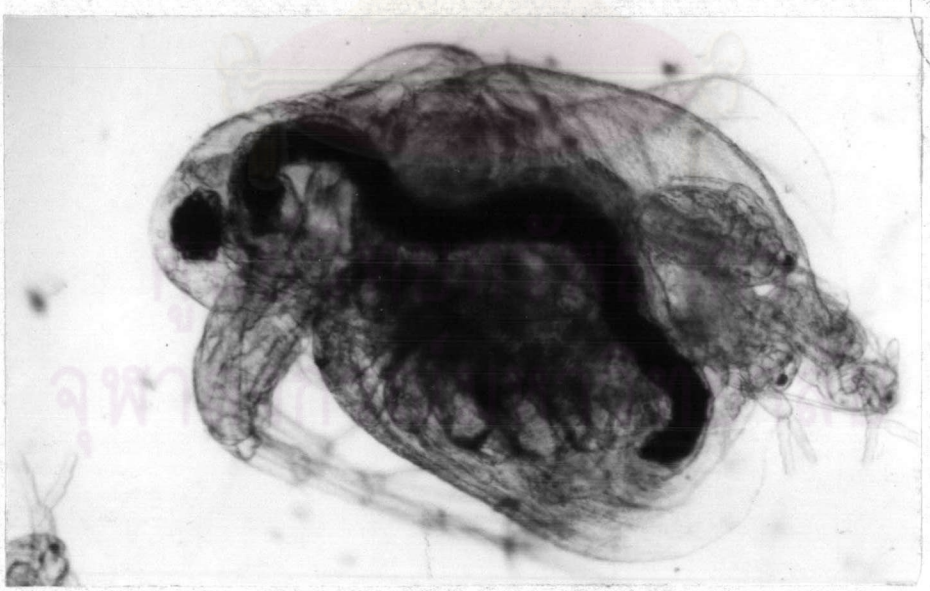
3. <u>สัดส่วนเพศ</u>

สัดส่วนเพศของลูกที่ได้ถูกควบคุมโดยปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น อาหาร ความหนาแน่น และอุณหภูมิ (Bellosillo, 1957) จากการเลี้ยงไรแดงแบบแยกเดี่ยวในอาหารที่เจือจางมาก พบว่าเกิดตัวผู้น้อยมาก แต่เมื่อเลี้ยงตัวแม่อย่างหนาแน่นในอาหารความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าถ้าอาหารเข้มข้นน้อยจะได้ลูกตัวผู้มาก (Bellosillo, 1957 อ้างตาม Stuart and Cooper, 1932) ในการทดลองเกี่ยวกับอุณหภูมิและความหนาแน่น พบว่าที่อุณหภูมิต่ำ (14°ซ) และความหนาแน่นมาก สัดส่วนของลูกตัวผู้จะมากกว่าที่อุณหภูมิพอเหมาะ (25-30°ซ) 22% ที่ความหนาแน่นเดียวกัน ส่วนการเลี้ยงแบบแยกเดี่ยวที่อุณหภูมิทั้งสองพบว่า ได้ลูกตัวเมียเกือบ 100% และได้ตัวผู้ 19% ตามลำดับ (Bellosillo, 1957 อ้างตาม Grosvenor and Smith, 1933) ซึ่ง Banta ได้ลองเกตสภาพแวดล้อมสามชนิดคือ อุณหภูมิ อาหาร และจำนวนประชากร พบว่าจำนวนประชากรมีผลต่อการเกิดตัวผู้มากที่สุด (นันทพันธ์, 2507 อ้างตาม Banta, 1939) ผลที่ได้นี้ก็สอดคล้องกับการทดลองของ Bellosillo (1957) และเขาสรุปว่า สัดส่วนเพศของลูกที่ได้ค่อนข้างแปรปรวนมาก เพราะถูกควบคุมโดยปัจจัยภายนอกดังกล่าว แต่โดยมากลูกที่ได้จะเป็นตัวเมียมากกว่าตัวผู้



รูปที่ 2 ไรแดงเพศเมียที่ให้กำเนิดลูกแบบไม่อาศัยเพศด้วยวิธี Parthenogenesis
(X 80 เท่า)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3 ไรแดงเพศเมียที่กำลังปล่อยลูกที่ได้จากการลืบพันธุ์แบบ Parthenogenesis
(X 80 เท่า)

4. วงจรชีวิต

ไรแดงมีวงจรชีวิตสั้นและเจริญเติบโตได้รวดเร็ว เมื่อ Parthenogenetic eggs ถูกวางในช่องวางไข่ ไข่จะตั้งต้นแบ่งตัวทันทีจนเป็นตัว ต่อมาจะลอกคราบและวางไข่ใหม่อีกในครึ่งชั่วโมงต่อมาหรือนานกว่านั้น วงจรชีวิตคือปล่อยลูก ลอกคราบ และวางไข่ (นันทพันธ์, 2507 อ้างตาม Banta, 1939) ผะอบ (2511) กล่าวว่าไรแดงมีวงจรชีวิต 4 ขั้นคือ ไข่ วัยอ่อน วัยรุ่น และตัวเต็มวัย โดยมีการลอกคราบแบบพวกกุ้ง ปู

5. การเจริญเติบโต ช่วงชีวิต และความดกไข่

สิ่งเหล่านี้จะมีความแตกต่างกันบ้างตามสภาพแวดล้อม ที่สำคัญได้แก่ อาหาร ความหนาแน่น และอุณหภูมิ (รายละเอียดจะกล่าวในข้อ ข หน้า 10.)

6. ที่อยู่อาศัยและฤดูกาลที่พบ

ไรแดงชอบอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ค่อนข้างสกปรก ซึ่งมักพบในบ่อน้ำนิ่งหรือแหล่งน้ำขังใกล้เคียงที่อยู่อาศัย ที่มีเศษอาหาร ทรากพืชและสัตว์ และขยะมูลฝอยต่าง ๆ เป็นอาหาร นอกจากนี้ฝนที่ตกเป็นระยะในฤดูฝนมีอิทธิพลต่อความชุกชุมของไรแดงด้วย เพราะฝนจะนำอาหารจากที่ต่าง ๆ มา หลังจากนั้นสองสามวันเมื่อน้ำในบ่อเริ่มแห้งและไรแดงหนาแน่น อาหารเริ่มหมดไปทำให้ไรแดงตายลง คงเหลือแต่ sexual eggs ไว้แพร่พันธุ์ต่อไปเมื่อสภาวะเหมาะสม ดังนั้นตราบใดที่ยังมีน้ำและอาหารสิ่งให้อยู่เสมอ ก็สามารถพบไรแดงได้ตลอดปี (Bellosillo, 1957) ส่วนฤดูที่พบมักพบในฤดูร้อนและฝน (นันทพันธ์, 2507 และ ผะอบ, 2511) ไรแดงจะมีมากในฤดูร้อนโดยเฉพาะในเดือนเมษายน และจะมีมากอีกครั้งในเดือนตุลาคมแล้วลดลงในฤดูหนาว ส่วนใหญ่ชอบอยู่ในน้ำที่มี pH 7.0-8.5 (นันทพันธ์, 2507 อ้างตาม Smith et al, 1958)

7. อาหารและวิธีการกินอาหาร

อาหารของไรแดงเป็นพวกชีวอินทรีย์ขนาดเล็ก ประกอบด้วยโปรตัวซัว แบคทีเรีย และอัลจีเป็นส่วนใหญ่ (Bellosillo, 1957) อาหารที่จำเป็นของพวกไรน้ำคือ พวก

สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ยกเว้น filamentous algae สำหรับไรแดงพบว่าแบคทีเรียที่พบในลำไส้ (colon group) ซึ่งมักพบในอาหารที่เตรียมจากมูล จะเป็นอาหารที่เหมาะสม (Stuart et al, 1931) ซึ่ง Banta กล่าวว่าสามารถทำแบคทีเรียที่มันชอบเป็นอาหารมาตรฐานได้โดยเลี้ยงใน agar plates (Bellosillo, 1957 อ้างตาม Banta, 1921) นอกจากนั้นยังพบว่ามันสามารถกินถั่วปนโดยตรงได้ สำหรับยีสต์มีบางส่วนที่ไม่ถูกย่อย ซึ่งยีสต์น่าจะเป็นอาหารของมันได้เพียงส่วนน้อย (วราภร, 2514) และยังสามารถกินพวกสารอินทรีย์อื่น ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรท โปรตีน และไขมัน อาหารก้อนเล็ก ๆ จะผ่านเข้าปากโดยการกรอง (filter feeder) ซึ่งจะใช้ระยางค์ของมันพัดโบกให้เกิดกระแสน้ำส่งอาหารผ่านเข้าบริเวณปาก (Bellosillo, 1957) และพบว่าไรน้ำบางชนิดมีเอ็นไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรท โปรตีน และไขมันอยู่ สำหรับกากอาหารจะถูกปล่อยออกทางทวารหนัก (Pennak, 1958) สันทนา (2524) ศึกษาอุปนิสัยการกินของไรแดงโดยการตรวจกระเพาะ พบว่ามันกินแบคทีเรีย ซึ่งมีทั้งแบบแท่งและแบบกลม นอกจากนี้พบพวก Euglena และ Chlorella ซึ่งขึ้นกับแหล่งที่มันอาศัยอยู่ เช่นถ้ามีแบคทีเรียมากก็พบแต่แบคทีเรียในกระเพาะ ถ้ามี Euglena มากก็พบแต่ Euglena เต็มกระเพาะ

8. <u>ศัตรูของไรแดง</u>

Bellosillo (1957) อธิบายถึงศัตรูของไรแดงดังนี้ Cyclops และปลาจะกินไรแดง Hydra เป็น parasite <u>Vorticella</u> sp. และ Rotifer โดยเฉพาะ <u>Brachionus rubens</u> บางทีจะใช้ไรแดงเป็นที่ยึดเกาะ และปกคลุมตัวมันเกือบมิด ทำให้มันหาอาหารและเคลื่อนไหวไม่ได้ ส่วนพวกมวลของแบคทีเรียและรา ถ้าเข้าไปอยู่ในตัวไรแดงมากเกินไปจะทำให้มันตายได้ สำหรับลูกน้ำพบว่าไม่ได้ทำอันตรายไรแดงโดยตรง

ข. <u>การศึกษาทดลองเกี่ยวกับการเจริญเติบโต ช่วงชีวิต และการให้ลูกของไรแดง</u>

Bellosillo (1957) อ้างถึงการทดลองของ Terao and Tanaka (1930) ซึ่งเลี้ยงไรแดงในอุณหภูมิต่าง ๆ กันพบว่า อายุเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 35, 27, 20, 15, 9 และ 4 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 4.8, 6.5, 9.3, 14.4, 10.2 และ 4.2 วัน ตามลำดับ

Bellosillo (1957) ทดลองเลี้ยงไรแดงแบบแยกเดี่ยวในอาหารล่องชนิด (อุณหภูมิห้อง 27-31°ซ) คือ Soil-mungo และ Soil-manure medium พบว่าชนิดแรกไรแดงมีอายุเฉลี่ย 8.7 วัน และชนิดที่ล่องมีอายุเฉลี่ย 12.8 วัน ซึ่งให้ผลดีกว่าการทดลองของ Terao and Tanaka เมื่อเปรียบเทียบในช่วงอุณหภูมิเดียวกัน ความแตกต่างนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยด้านอาหาร สำหรับจำนวนลูกที่ได้จากการ parthenogenesis พบว่าอาหารชนิดแรกไรแดงให้ลูกเฉลี่ยครั้งละ 14.9 ตัว ชนิดที่ล่องให้ลูกเฉลี่ยครั้งละ 15.44 ตัว โดยในการให้ลูกครั้งที่ 2 ถึง 5 จะได้จำนวนลูกค่อนข้างสูงกว่าครั้งอื่น ๆ และจำนวนครั้งการให้ลูกในอาหารชนิดที่ล่องเฉลี่ย 11.69 ครั้ง

นันทพันธ์ (2507) หาจำนวนวันที่ไรแดงใช้ในการเกิด parthenogonesis ใน 3 รุ่นติดต่อกัน โดยเลี้ยงแบบแยกเดี่ยวในน้ำต้มฟาง 100 มิลลิลิตร พบว่ารุ่นที่ 1 ถึง 3 ใช้เวลาเจริญเติบโตจนสร้าง parthenogenesis เท่ากับ 4.2, 5.1 และ 6.1 วัน ตามลำดับ ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่ารุ่นหลังใช้เวลาจนถึงตัวโตเต็มวัยช้าขึ้น และยังศึกษาถึงผลของอุณหภูมิต่อการให้ลูกด้วยโดยได้ผลดังนี้ ที่อุณหภูมิ 17, 20, 25 และอุณหภูมิห้อง 30 องศาเซลเซียส ไรแดงใช้เวลาเจริญเติบโตจนสร้าง Parthenogenesis เท่ากับ 13.2, 8.45, 5.35 และ 5.4 วัน และได้ลูก 1.6, 2.6, 4.5 และ 4.3 ตัว ตามลำดับ ส่วนที่ 13 องศาเซลเซียส พบว่าไม่มีการเจริญเติบโตหรือสร้าง parthenogenesis

วราภร (2514) เลี้ยงไรแดงแบบแยกเดี่ยวในน้ำต้มมูลวัวพบว่า มันใช้เวลาในการเจริญเติบโตตั้งแต่เกิดจนเกิด parthenogenesis ครั้งแรก 3.2 วัน ต่อไปจะให้ลูกเฉลี่ยทุก 1.2 วัน จำนวนลูกที่ได้ครั้งแรกต่ำสุด 2 ตัว สูงสุด 12 ตัว เฉลี่ย 7 ตัว จำนวนลูกครั้งต่อไปจะเพิ่มขึ้นจนถึงการให้ลูกครั้งที่ 4 คือประมาณ 10 ตัว แล้วเริ่มลดจำนวนลง

ธรรมนูญ และ ฉวีวรรณ (2523) และ ฉวีวรรณ (2521) เลี้ยงไรแดงแบบแยกเดี่ยวในน้ำต้มฟาง 6 รุ่นต่อเนื่องกัน ผลที่ได้คือ จำนวนลูกที่ได้จากการ parthenogenesis ต่ำสุด 4 ตัว จำนวนลูกในครั้งต่อ ๆ ไปจะเพิ่มขึ้นและอาจมีจำนวนสูงสุดถึง 12.7 ตัว โดยเฉลี่ยครั้งละ 7.7 ตัว จำนวนครั้งการให้ลูกสูงที่สุดพบ 5 ครั้ง ส่วนเวลาที่ใช้ตั้งแต่เกิดจนถึงการเกิด

Parthenogenesis ครั้งแรกประมาณ 3 วัน ให้ลูกเฉลี่ย 5.3 ตัว จากนั้นจะเกิด Parthenogenesis ครั้งต่อ ๆ ไปเฉลี่ย 1.2 วัน ให้ลูกเฉลี่ยครั้งละ 7ตัว นอกจากนั้นยังพบว่าการเลี้ยงที่ทำต่อกันหลายรุ่น ในรุ่นแรก ๆ จะมีช่วงชีวิตสั้นประมาณ 3-4 วัน ส่วนรุ่นหลัง ๆ มีช่วงชีวิตยาวขึ้นถึง 7 วัน ซึ่งอาจเนื่องจากมีการปรับตัวให้คุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมใหม่

ฉันทนา และ ไมตรี (2524) เลี้ยงไรแดงในน้ำต้มฟางพบว่า ไรแดงที่มีอายุ 48 ชั่วโมง สามารถให้ลูกจากการ Parthenogenesis 8-14 ตัว และต่อมาอีก 24-36 ชั่วโมง จะให้ลูกรุ่นที่สองในจำนวนใกล้เคียงกันแล้วตัวแม่จะตาย เฉลี่ยแต่ละตัวจะให้ลูกประมาณ 20 ตัว และยังทดลองเลี้ยงด้วยน้ำจากที่มันอยู่ตามธรรมชาติ พบว่าจะให้ลูกเฉลี่ย 14 ตัว (ตลอดชีวิต) การเจริญตั้งแต่เกิดจนให้ลูกครั้งแรกกินเวลา 48-60 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อเฉลี่ยอายุไรแดงที่ใช้ทดลองทั้งหมดประมาณ 4-6 วัน

ค. <u>การศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มจำนวนของไรแดง</u>

วราภร (2514) ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงไรแดงในน้ำต้มฟาง สรุปได้ดังนี้

1. <u>แสง</u> พบว่าแสงที่มากเกินไป (250 candles/sq. ft) จะทำให้การเจริญของไรแดงลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการสังเกตของ ผะอบ (2511) และ วราภร (2514) ว่า ถ้าเพาะเลี้ยงในบ่อกลางแจ้งจะทำให้ไรแดงตายได้ และขณะที่มีแดดจัดมันจะหนีไปอยู่ก้นบ่อหรือตามร่มเงา ดังนั้นการเพาะเลี้ยงในไทยจึงควรเลี้ยงในที่ร่ม ผิดกับเขตอบอุ่นหรือหนาวซึ่งต้องเลี้ยงในที่มีแสงจึงจะได้ผลดี

2. <u>ประชากร</u> ทดลองเลี้ยงด้วยจำนวนตัวเริ่มต้น 1, 2 และ 3 ตัว ต่ออาหาร 100 มิลลิลิตร แล้วหาอัตราการเพิ่มจำนวนต่อไรแดงเริ่มต้น 1 ตัว เมื่อเลี้ยงไปได้ 7 วัน พบว่าอัตราการเพิ่มจำนวนลดลงเมื่อจำนวนประชากรไรแดงเริ่มต้นสูงขึ้น

3. ปริมาณอาหาร พบว่าปริมาณอาหาร (น้ำต้มฟาง) เริ่มต้นที่จะทำให้ไรแดง 1 ตัว มีอัตราการขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนสูงสุดนั้นมีค่าประมาณ 100 มิลลิลิตร และเมื่ออาหารเพียงพอแล้ว แม้จะเพิ่มอาหารให้มากขึ้นก็ไม่ทำให้อัตราการเพิ่มจำนวนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

4. พื้นที่ผิว ทดลองโดยเลี้ยงไรแดง 1 ตัว ต่ออาหาร 100 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ลอยแผ่นเทียนไขขนาดต่าง ๆ เพื่อทำให้เกิดพื้นที่ผิวแตกต่างกัน พบว่าการเลี้ยงไรแดงในบีกเกอร์ที่มีพื้นที่ผิวต่าง ๆ กัน ไม่ทำให้การเพิ่มจำนวนของไรแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นการทดลองที่ใช้แผ่นเทียนไขปิดผิวน้ำหมด (พื้นที่ผิวเป็นศูนย์) ซึ่งพบว่าที่พื้นที่ผิวเป็นศูนย์นี้ทำให้อัตราการเพิ่มจำนวนของไรแดงต่ำกว่าการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ

5. ปริมาณออกซิเจน ทดลองโดยใช้เครื่องพ่นอากาศในหน่วยเพาะเลี้ยงที่ต้องการเติมอากาศตลอดเวลา พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเพิ่มหรือไม่เพิ่มออกซิเจน และการเพิ่มอากาศด้วยวิธีนี้ยังมีผลต่อการเจริญของมัน เพราะทำให้เกิดสภาพน้ำไหลวนเวียนมากเกินไป แต่มันชอบอยู่ในน้ำนิ่ง

ส่วนปัจจัยที่สำคัญอื่น ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ อาหาร และความหนาแน่น ซึ่งพบว่าเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันมาก การทดลองถึงผลของปัจจัยเหล่านี้ต่อไรแดงดังกล่าวแล้วในตอนต้น เช่น อุณหภูมิที่ต่ำขนาด 14-17 องศาเซลเซียส ทำให้เกิด sexual eggs (Pennak, 1958) สัดส่วนเพศของลูกที่ได้ถูกควบคุมโดยปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม (Bellosillo, 1957) นอกจากนั้นอุณหภูมิและอาหาร มีผลต่อการเจริญเติบโต ช่วงชีวิต และการให้ลูกของไรแดง ดังกล่าวในข้อ ข. ซึ่งสรุปจาก นันทพันธ์ (2507) ได้ว่า อุณหภูมิต่ำลงการเกิด Parthenogenesis ต่อครอกจะต่ำลง และเป็นที่น่าสังเกตว่าในฤดูต่างกัน จำนวนวันถึงโตเต็มวัยอาจต่างไปได้ถึง 1 วัน สำหรับจำนวนลูกต่อครอกก็เปลี่ยนแปลงได้ตามฤดูกาล แต่ในไทยอิทธิพลของอุณหภูมิคงไม่รุนแรงนัก สรุปได้ว่าอุณหภูมิที่พอเหมาะคือ 25-30 องศาเซลเซียส

Bellosillo (1957) ศึกษาถึงผลของ pH พบว่าไรแดงทนได้ในช่วง 5.2-9.2 และมันสามารถเจริญเติบโตและให้ลูกได้ค่อนข้างปกติ แม้ pH จะเปลี่ยนแปลงมาก นอกจากนี้เขายังศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ และได้อธิบายดังนี้

1. ออกซิเจน การดำรงชีวิตของไรแดงต้องการออกซิเจนมากเช่นกัน แม้ว่าในธรรมชาติจะพบมันอยู่ในที่มีออกซิเจนต่ำมาก ผู้ที่มีอาชีพเก็บไรน้ำจะพบว่าเมื่อมันอยู่อย่างหนาแน่นในภาชนะที่เก็บ มันจะมีชีวิตอยู่ได้ไม่เกิน 5 ชั่วโมง จึงมีการเติมน้ำแข็งลงไป เพราะที่อุณหภูมิต่ำออกซิเจนละลายได้มากกว่า และก็ลดกิจกรรมของมันด้วย ทำให้มีชีวิตอยู่ได้นานขึ้น

2. แสงและอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิที่พอเหมาะในห้องปฏิบัติการคือ 26-31 องศาเซลเซียส และแสงอ่อน ๆ ที่กระจายอย่างสม่ำเสมอจะมีผลดีต่อการเพาะเลี้ยง ซึ่งแสงที่เข้มเกินไปจะมีผลให้การเจริญเติบโตของไรแดง แบคทีเรีย และโปรโตซัว ช้าลงด้วย

3. การเลือกไรแดงที่จะใช้ในการเพาะเลี้ยง ควรเลือกตัวที่แข็งแรง โดยเลือกจากไรแดงที่อยู่เป็นกลุ่มใหญ่และสีแดง

4. อาหาร จัดว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก เขาได้ศึกษาชนิดของแบคทีเรียที่พบใน soil-manure medium ซึ่งใช้เลี้ยงไรแดงได้ผลดี พบว่าประกอบด้วย Flavobacterium aurescens, F. diffusum, Micrococcus flavus และ Bacterium lactis aerogenes Escherich แต่ไม่ได้หาว่าชนิดใดที่ไรแดงชอบที่สุด นอกจากนี้ยังลองใช้อัลจีจากจากบ่อปลามาเลี้ยงไรแดง พบว่าได้ผลไม่ดีเหมือน soil-manure และไรแดงยังสูญเสียสีตามธรรมชาติไป ซึ่งเขาได้ทดลองเลี้ยงไรแดงในอาหารหลายชนิด และหาองค์ประกอบต่าง ๆ ในอาหารเหล่านั้น สรุปได้ว่าพวกธาตุอาหารอินทรีย์ เช่น โปรตีน ไขมัน และแป้ง ไม่ใช่ตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดสีหรือสร้างความแข็งแรงให้ไรแดง แต่ตัวการที่สำคัญคือพวกเกลือแร่ โดยเฉพาะธาตุเหล็กซึ่งเป็นส่วนสำคัญของฮีโมโกลบินในเลือด พวกเกลือแร่เหล่านี้จะช่วยให้มันมีกิจกรรมสูงและให้ลูกได้มาก

ง. การทดลองเพาะเลี้ยงไรแดงให้ได้จำนวนมากและต่อเนื่อง

จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่า การเพาะเลี้ยงให้ได้จำนวนมากนั้นทำได้ แต่การเลี้ยงให้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ๆ หลายเดือนยังไม่ประสบผลสำเร็จนัก การทดลองที่น่าสนใจ เช่น

Bellosillo (1957) ทดลองเลี้ยงในตู้ปลาใส่น้ำ 50 ลิตร อาหารประกอบด้วยดินล่วน 1 กิโลกรัม และมูลม้า 100 กรัม ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วค่อย ๆ เอาสิ่งสกปรกที่ลอยอยู่ออกจึงใส่ไรแดง 300 ตัว หลังจากนั้น 5 วัน พบว่าเกิดไรแดงหนาแน่นจึงช้อนบางส่วนออกทุก ๆ เช้า เพื่อไปเลี้ยงปลา 60 ตัว และเพื่อให้ได้ไรแดงพอเลี้ยงปลาจึงมีการเลี้ยงแบบหมุนเวียน ให้ได้ไรแดงสลับกันไปจากแต่ละหน่วยเพาะเลี้ยง โดยทุก ๆ 6-7 วัน จะมีการถ่ายเทอาหารเลี้ยงออกหมด ซึ่งขึ้นกับความหนาแน่นของไรแดงในหน่วยเพาะเลี้ยงนั้น ๆ

ถ้าจะเลี้ยงไรแดงอย่างต่อเนื่องในสูตรอาหารนี้ จะสามารถเลี้ยงได้นานกว่าหนึ่งเดือน โดยต้องคอยควบคุมไม่ให้ไรแดงหนาแน่นเกินไป และคอยเติมน้ำจืดลงไปแทนส่วนที่ระเหยแล้วค่อย ๆ กวนน้ำอาทิตย์ละครั้ง และเมื่ออาหารเริ่มเก่าลงมีแนวโน้มที่จะเกิด มวลแบคทีเรีย รา หรือไฮดรา เกาะข้างตู้ ซึ่งพวกนี้จะทำให้ไรแดงตายได้ จึงต้องใช้ผ้าค่อย ๆ เช็ดออกทุก 2-3 วัน

ผะอบ (2511) ทดลองเลี้ยงไรแดงให้ได้ปริมาณมากเพื่อนำไปเลี้ยงลูกปลาวัยอ่อน โดยเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 4-5 ตารางเมตร ลึก 0.8 เมตร ด้วยอาหารหลายสูตรและไรแดงเริ่มต้น 1,000 ตัว มีการรวบรวมไรแดงในตอนเช้าทุกวัน จนเห็นว่ามีน้อยจึงหยุดและช้อนต่อไปในวันรุ่งขึ้น ผลการทดลองพบว่าไรแดงจะเพิ่มขึ้นใน 5 วันแรก หลังจากนั้นจะลดจำนวนลงพร้อมกับลูกน้ำและหนอนที่เพิ่มขึ้น โดยอาหารที่ให้ผลดีที่สุดคือ เลือดสัตว์ผสมกับดินล่วน ซึ่งผลผลิตใน 5 วัน ได้ 10,741.56 มก./ลิตร/วัน เขาสรุปเทคนิคการเพาะเลี้ยงว่า การเติมอาหารควรเติม 3 วันครั้ง และควรตักไรแดงออกจากบ่อทุกวัน เพราะเมื่อมันมีปริมาณมากมันจะตายทำให้น้ำเน่าเสีย

ธรรมนูญ และ ฉวีวรรณ (2523) ทดลองเลี้ยงในน้ำตมฟาง เริ่มด้วยไรแดง 1,500 ตัวต่อน้ำตมฟาง 4 ลิตร พบว่ามันสามารถเพิ่มจำนวนได้เพียงครั้งเดียว มีจำนวนสูงสุดเฉลี่ย 7,740 ตัว ในวันที่ 4 (เพิ่มจากเดิม 5.2 เท่า)

009041

ฉันทนา และ ไมตรี (2524) ทดลองเลี้ยงในตู้ปลาขนาดจุ 25 ลิตร ด้วยน้ำตัมฟางผสมน้ำบ่อลีเยียว แยกการเลี้ยง 4 วิธีคือ

1. ปล่อยให้ไรแดงเพิ่มจำนวนตามปกติ
2. มีการเติมอากาศค่อย ๆ เพื่อลดแอมโมเนียที่เกิดขึ้น
3. มีการถ่ายน้ำออกประมาณ 1 ใน 4 แล้วเติมอาหารลงไปเท่าเดิม หลังจากที่ไรแดงเพิ่มปริมาณมาก

และ 4. เหมือนวิธีที่ 3 แต่มีการเอาไรแดงออกครึ่งหนึ่งด้วย

จากทั้ง 4 วิธีพบว่าทำให้ไรแดงเกิดหนาแน่นได้เพียงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น หลังจากนั้นค่อย ๆ ลดจำนวนและหายไปหมด

วิรัตดา และ วิมล (2525) เลี้ยงไรแดงในบ่อซีเมนต์ขนาดพื้นที่ 50 ตารางเมตร ใส่น้ำสูง 20 เซนติเมตร และอาหารเม็ดสูตร ลปช.2 (ซึ่งมีส่วนผสมของปลาป่น 16%, กากถั่วลิสงป่น 24%, กากถั่วเหลืองป่น 14%, รำ 30%, ปลายข้าว 15%, และวิตามิน 1%) บ่อละ 7 กิโลกรัม และแยกการเลี้ยงเป็นสองชุดเมื่อเลี้ยงไปได้ 5 วัน คือเติมอาหารและไม่เติมอาหาร และมีการเก็บรวบรวมไรแดงในแต่ละวัน (เริ่มวันที่ 3) ทั้งมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้วย สรุปได้ว่าไรแดงจะเพิ่มปริมาณสูงสุดในวันที่ 6-8 และระยะเวลาที่ไรแดงสามารถขยายพันธุ์ในปริมาณที่มากพอในแบบไม่เพิ่มอาหารเท่ากับ 13 วัน และแบบเพิ่มอาหารจะเลี้ยงได้นานกว่า 21 วัน คุณภาพน้ำนั้นพบว่า บ่อที่เพิ่มอาหาร (มีไรแดงมาก) จะมีแพลงค์ตอนมากกว่า, PO_4-P ต่ำกว่า และ NH_3-N สูงกว่าบ่อที่ไม่เพิ่มอาหาร (ไรแดงน้อย) ส่วนชนิดของสิ่งมีชีวิตที่พบในบ่อมี Protozoa, Rotifers, Diatoms, Green algae, Blue-green algae และ Copepod

Ventura and Enderez (1980) ทดลองเลี้ยงไรแดงในบ่อขนาด 24 ตารางเมตร ใส่น้ำสูง 40-50 เซนติเมตร อาหารที่ใช้คือขี้ไก่บรรจุในถุงแล้วจุ่มในบ่อเลี้ยง (sack-method of fertilization) โดยมีปริมาณอาหารประมาณ 20 กรัม/ตารางเมตร แล้วตรวจชนิดพืชและความหนาแน่นของไรแดงอาทิตย์ละ 2 ครั้ง นาน 5 เดือน โดยมีการเติม

อาหารให้เป็นระยะเมื่อน้ำในบ่อเริ่มใส ผลที่ได้พบว่าไรแดงจะเพิ่มปริมาณมากในช่วงที่เกิด algal bloom ซึ่งพบพวก Anabaena sp., Scenedesmus sp., Chlorella sp. และ Staurastum sp. และลดจำนวนลงเมื่อมีพวก Microcystis sp. และ Chlamydomonas sp. เป็นส่วนใหญ่ ส่วนในช่วงที่ไม่เกิด algal bloom ไรแดงจะลดลงจาก 25,000 เป็น 3,000 ตัว/0.5 ตารางเมตร และในช่วงนี้น้ำจะมีสีเขียวอ่อนและใสจนเห็นก้นอ่าง

จ. การศึกษาความทนทานของไรแดงต่อมลสาร

ฉวีวรรณ (2521) อ้างถึงการทดลองของ ดวงตา และคณะ (2519) ว่าปรอทมีอันตรายต่อไรแดงมากที่สุด รองลงมาคือ แคดเมียม สังกะสี และผงซักฟอก ธรรมนูญ และ ฉวีวรรณ (2523) ศึกษาความทนทานของไรแดงต่อผงซักฟอกและยาฆ่าแมลง พบว่า 24 ชั่วโมง LC_{50} สำหรับผงซักฟอกมีค่า 0.85 มิลลิกรัม/ลิตร และยาฆ่าแมลงอยู่ในช่วง 0.0065-0.0080 มิลลิกรัม/ลิตร

ฉ. การศึกษาสภาพแวดล้อมที่มีไรแดงอยู่ในธรรมชาติ

สันทนา และ ไมตรี (2524) ศึกษาคุณภาพน้ำในบริเวณที่มีไรแดงหนาแน่น พบว่าส่วนมากมีสีเหลืองปนน้ำตาล ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำน้อยมาก 0.5-4.4 มิลลิกรัม/ลิตร pH 7.2-7.8 ฟอสเฟต 3-8 มิลลิกรัม/ลิตร และแอมโมเนีย 1-29 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับคุณภาพน้ำในบริเวณใกล้เคียงแต่ไม่มีไรแดงปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ส่วนสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ที่พบในแหล่งน้ำที่มีไรแดง มีพวกแพลงค์ตอนพืชเซลล์เดียว และแพลงค์ตอนสัตว์ พวก Rotifer กับ Protozoa นอกนั้นเป็นแบคทีเรียซึ่งมีจำนวนมาก

ช. การนำของเสียมาใช้ประโยชน์ และการกำจัดของเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ

การกำจัดของเสียด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยถึงจะมีประสิทธิภาพสูง แต่ก็เสียค่าใช้จ่ายหรือพลังงานมาก Edwards (1979) กล่าวว่า ของเสียที่เป็นสารอินทรีย์สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ประโยชน์โดยอาศัยพลังงานจากแสงอาทิตย์ ซึ่งจะเปลี่ยนธาตุอาหารในของเสีย

ไปเป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตอื่นได้ พบว่าชาวจีนเป็นพวกที่นำของเสียนี้มาใช้อย่างกว้างขวาง เขายังได้อ้างถึงคำกล่าวของ Taiganides (1979) ว่า "ไม่มีอะไรที่จะเป็นของเสีย ของเสียคือทรัพยากรที่อยู่ผิดที่เท่านั้น" และ Laws (1981) กล่าวว่า "ของเสียมักจะเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตที่สร้างมันขึ้นมาเท่านั้น" จะเห็นได้ว่าของเสียเป็นประโยชน์ได้เมื่อใช้ให้ถูกวิธี ซึ่งการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ก็มีผู้สนใจศึกษากันมาก โดยเฉพาะของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ เช่น กากจากอุตสาหกรรมการเกษตรและมูลสัตว์ หรือการนำน้ำเสียมาเป็นอาหารเพิ่มผลผลิตพืชและสัตว์น้ำ โดยเฉพาะในวงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องการสัตว์ขนาดเล็กที่มีชีวิตและคุณค่าทางอาหารสูง เพื่อนำไปเลี้ยงกุ้งหรือปลาวัยอ่อนเป็นอย่างมาก (Groeneweg and Schluter, 1981) ซึ่งจะได้ทั้งผลผลิตและอาจช่วยกำจัดของเสียด้วยวิธีทางชีวภาพด้วย ตัวอย่างที่น่าสนใจ เช่น

McShan et al. (1974) ทดลองเลี้ยงอัลจี และ artemia ให้เป็นวิธีกำจัดน้ำเสียทางชีวภาพเพื่อควบคุมการเกิด Eutrophication, Mann and Ryther (1977) เลี้ยงหอยสองฝาในระบบ recycling-aquaculture system โดยใช้น้ำเสียที่ผ่านการกำจัดขั้นที่สองซึ่งมีพวกอัลจีมาก Sorgeloss et al. (1980) ใช้รำข้าวมาเลี้ยง artemia อย่างได้ผล เป็นการเปลี่ยนรูปอาหารที่ราคาถูกและโปรตีนต่ำไปเป็นอาหารที่มีชีวิตโปรตีนสูง Groeneweg and Schluter (1981) ใช้ระบบ high-rate algal pond กำจัดของเสียจากฟาร์มหมู แล้วนำน้ำจากบ่อกำจัดซึ่งอุดมด้วยอัลจีและแบคทีเรียไปเลี้ยง rotifers ซึ่งได้ทั้งผลผลิตและช่วยให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้น เขาสรุปว่า algal-bacterial system เป็นระบบผลิตอัลจีจากน้ำเสียที่มีราคาถูก และการใช้ rotifers กำจัดอัลจีเป็นวิธีประหยัดและง่ายกว่าวิธีเดิมซึ่งต้องมีขั้นตอนหลายขั้นในการแยกอัลจีออก Kawasaki et al. (1982) ใช้น้ำเสียชุมชนที่ผ่านการกำจัดขั้นที่สองซึ่งมีธาตุอาหารมากมาเลี้ยงอัลจีต่อด้วยการเลี้ยงไรน้ำและปลา ซึ่งพบว่าได้ทั้งผลผลิตและเป็นการกำจัดขั้นที่สามด้วย Malecha et al.(1981) ทดลองใช้ปุ๋ยจากมูลหมูมาเป็นอาหารในบ่อซึ่งมีทั้งกุ้งก้ามกรามและพวกปลานิล พบว่าได้ผลดี Edwards and Sinchumpasak (1981) นำน้ำเสียที่ยังไม่ได้กำจัดและน้ำเสียที่กำจัดด้วยระบบ high rate stabilization pond มาเลี้ยงปลานิล และต่อด้วยการปลูกข้าวโพด

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่งเขาได้อ้างถึง Edwards (1980) ว่า การใช้ปลาที่กินพวกอัลจีเป็นอาหาร เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะใช้ประโยชน์จากการเจริญของอัลจีในน้ำเสีย เท่ากับเป็นการเปลี่ยนรูปจากอัลจีไปเป็นเนื้อปลาโดยตรง สำหรับในประเทศไทยนั้นก็มีการศึกษาเกี่ยวกับการนำน้ำทิ้งไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างกว้างขวางเช่นกัน ซึ่ง เบญจา (2525) ได้กล่าวถึงผลงานทางด้านนี้ เช่น การนำน้ำเสียจากโรงกลั่นแอลกอฮอล์มาใช้ประโยชน์ ของ พูนศุข และ มาลี (2524) การผลิตอาหารสัตว์จากน้ำโสโครก ของ วิทยา และ มั่นสิน (2517) การเลี้ยงสาหร่ายในน้ำทิ้งจากโรงงานวุ้นเส้น ของกรมวิทยาศาสตรบริการ (2517) และการนำน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาลไปใช้ในการเกษตรกรรม ของ ธีรศักดิ์ (2521)

การนำของเสียมาใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงไรแดงนั้น จากการทดลองที่ได้กล่าวในตอนต้นซึ่งไม่ว่าอาหารที่ใช้จะเป็นสูตรใด ก็จัดว่าเป็นการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ทั้งสิ้น แต่ยังต้องมีต้นทุนในเรื่องน้ำ อาหาร และพลังงาน ที่จะใช้เตรียมสูตรอาหาร ดังนั้นถ้าสามารถจะหาแหล่งอาหารสำเร็จรูปมาใช้เลี้ยงได้เลย ก็จะเป็นการประหยัดทั้งเวลาและทุน น้ำเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรมบางประเภทก็น่าจะเป็นอาหารที่เหมาะสมได้ และเมื่อเร็ว ๆ นี้ได้มีการทดลองที่น่าสนใจของ หยกแก้ว และคณะ (2527) โดยนำน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำนมถั่วเหลืองมาเพาะเลี้ยง Chlorella sp. (K_3) แล้วนำไปเลี้ยงไรแดงอีกต่อหนึ่ง เริ่มต้นด้วยไรแดง 180 ตัว/1.8 ลิตร ในสูตรอาหารต่าง ๆ โดยให้อาหารเพียงครั้งเดียว พบว่าสูตรที่ให้ผลดีคือ Chlorella sp. (K_3) ชนิดสดที่ได้จากการเลี้ยงในน้ำทิ้งโรงงานผลิตนมถั่วเหลืองเป็นเวลา 3 วัน การเจริญเติบโตของไรแดงพบว่าเป็นไปตามสัดส่วนของอาหาร โดยอาหารแต่ละ 0.1 กรัม/ลิตร (น้ำหนักแห้ง) สามารถเลี้ยงไรแดงให้เพิ่มจำนวนได้ประมาณ 300 ตัว/100 มิลลิลิตรในเวลา 5-6 วัน

การศึกษาเกี่ยวกับไรน้ำในต่างประเทศนั้น ส่วนใหญ่ศึกษาเกี่ยวกับ Daphnia (Bond, 1934., Ryther, 1954., Burns, 1966., Buikema, 1973 and De Pawn et al., 1981) ที่น่าสนใจคือการทดลองของ De Pawn et al. (1981) โดยเลี้ยง Daphnia ให้ได้ปริมาณมากและต่อเนื่องนานหลายเดือน ใช้รำข้าวเป็นอาหารโดยผสมกับน้ำ

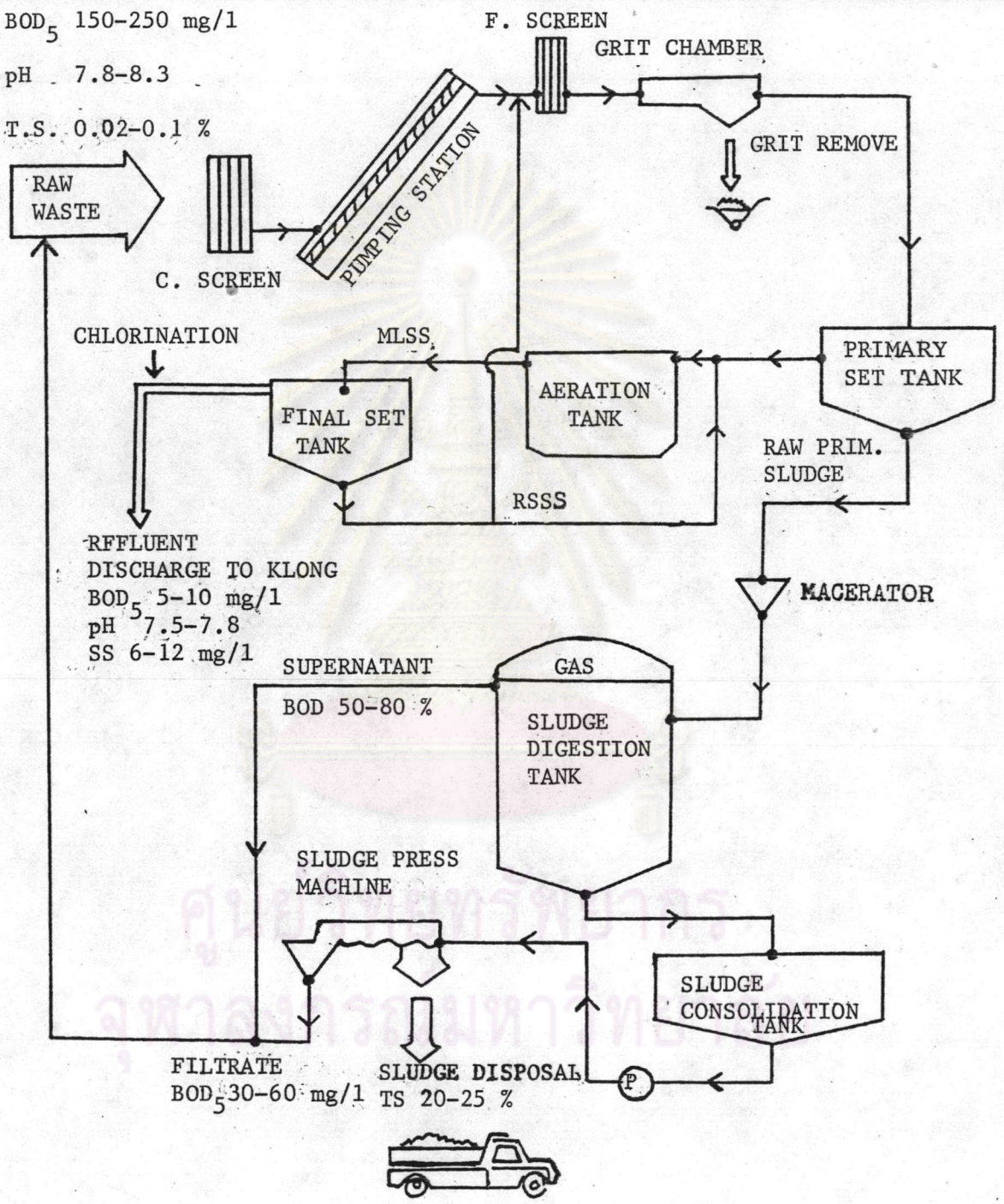
(50 กรัม/ลิตร) กรองผ่านผ้าขนาด 60 ไมครอน เพื่อให้ขนาดพอเหมาะต่อการกินของ Daphnia การเลี้ยงแบ่งเป็น 2 วิธี วิธีแรก (ในถัง 160 ลิตร) จะมีการเอาผลผลิตออกแบบไม่คัดขนาด (เมื่อความหนาแน่นเกิน 1,500 ตัว/ลิตร) เอาออก 3 ใน 4 โดยเทน้ำ 120 ลิตรผ่านผ้ากรอง (400 ไมครอน) แล้วปรับปริมาตรให้เท่าเดิมด้วยน้ำประปา และให้อาหารอาทิตย์ละ 3 ครั้ง วิธีที่สอง (ในถัง 250 ลิตร) จะเอาผลผลิตออกแบบคัดขนาดเฉพาะที่โตกว่า 1.4 มิลลิเมตร โดยใช้ผ้ากรองขนาด 1 มิลลิเมตร และเปลี่ยนน้ำเลี้ยง 40 ลิตรทุกครั้งที่เอาผลผลิตออก ให้อาหารอาทิตย์ละ 4 ครั้ง นอกจากนี้ต้องคอยดูดตะกอนออก และทำความสะอาดข้างถังด้วย ผลที่ได้นั้นวิธีแรกเลี้ยงได้นานกว่า 5 เดือน และเอาผลผลิตออกได้ทุก ๆ 3-4 อาทิตย์ (เอาผลผลิตออกหลังจากตัวแม่ส่วนใหญ่ให้ลูกแล้ว) ผลผลิตที่ได้ 300-600 กรัม (น้ำหนักเปียก)/ลบ.เมตร/สัปดาห์ วิธีที่สองเลี้ยงได้นานกว่า 3 เดือน เอาผลผลิตออกได้ทุก ๆ 2-3 อาทิตย์ ได้ผลผลิต 500-900 กรัม/ลบ.เมตร/สัปดาห์ จากการทดลองได้ข้อสรุปที่น่าสนใจคือ การให้อาหารมากเกินไปอาจทำให้เกิดการตายสูง เพราะเกิดแบคทีเรียมากเกินไปทำให้สภาวะไม่เหมาะสม การเติมอาหารให้น้อย ๆ แต่บ่อย ๆ จะให้ผลดี ซึ่งพบว่าไม่ควรเร็วกว่า 2-3 วันต่อครั้ง การเอาผลผลิตออกจะช่วยลดความหนาแน่นซึ่งช่วยกระตุ้นการขยายพันธุ์ พบว่าความหนาแน่นมากจะทำให้ใช้เวลาในการขยายพันธุ์นานขึ้นและจำนวนลูกที่ได้ต่ำลง และหลังจากที่ความหนาแน่นเริ่มต่ำลงและมีการถ่ายเทน้ำ จะมีการขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาความหนาแน่นที่พอเหมาะที่จะทำให้การเพาะเลี้ยงคงอยู่ได้นาน

ฆ. <u>การวิเคราะห์คุณภาพน้ำและโรงกำจัดน้ำโสโครกห้วยขวาง</u>

คุณภาพน้ำที่เลือกวิเคราะห์ในการทดลองนี้ได้แก่ Total Bacteria, <u>E. coli</u>, Dissolved Oxygen (DO), BOD, NO_3-N, Total PO_4-P และ pH ซึ่งจัดว่าเป็นคุณภาพที่สำคัญของน้ำทั้งสิ้น (พิมล และ ชัยวัฒน์, 2525) เช่น DO เป็นดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญที่สุด เพราะจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และป้องกันไม่ให้น้ำเน่าเหม็น สารประกอบไนเตรตและฟอสเฟตจะทำให้เกิด Eutrophication ทำให้น้ำมีสีเขียวขุ่นและมีกลิ่นเหม็น

(เสริมพล และ ไชยยุทธ, 2524) BOD เป็นค่าที่บอกถึงกำลังความสกปรกของแหล่งน้ำซึ่งสำคัญในการควบคุมแหล่งน้ำ (กรรณิการ์, 2522) และที่เกี่ยวกับสาธารณสุขโดยตรงคือ ค่าแบคทีเรีย ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกำจัดน้ำเสีย ในน้ำเสียนั้นแบคทีเรียที่พบส่วนหนึ่งมาจากระบบทางเดินอาหารของคนและสัตว์ และที่สำคัญตัวหนึ่งคือ E. coli ซึ่งพบในทางเดินอาหารของสัตว์เลือดอุ่นลงสู่แหล่งน้ำทางอุจจาระ แม้ตัวมันจะไม่ก่อให้เกิดโรคแต่เป็นตัวบ่งชี้ว่าน้ำนั้นเพิ่งสัมผัสกับพวกอุจจาระ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าจะมีพวกแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคอยู่ในน้ำนั้นด้วย (Laws, 1981., Hawkes, 1963. and Buchanan, R.E. and Gibbons, N.E. 1974)

พิมล และ ชัยวัฒน์ (2525) ได้แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับโรงกำจัดน้ำโสโครกห้วยขวาง (รูปที่ 4) ซึ่งสรุปได้คือ โรงงานนี้รับกำจัดน้ำโสโครกจากอาคาร (Domestic waste) คือพวกอุจจาระ ปัสสาวะ น้ำล้างถ้วยชามและซักผ้า ตลอดจนน้ำใช้ต่าง ๆ เฉพาะในชุมชนของการเคหะแห่งชาติเท่านั้น ซึ่งมีผู้อาศัยประมาณ 3,360 ครอบครัว (ประชากรประมาณ 30,000 คน) น้ำที่เข้าสู่ระบบประมาณ 800,000 แกลลอน/วัน คุณภาพโดยเฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าระบบคือ BOD_5 150-250 มิลลิกรัม/ลิตร, pH 7.6-8.3, สารที่ไม่ละลายน้ำ 200-1,000 กรัม/ลบ.เมตร, แอมโมเนียไนโตรเจน 16.47-24.92 มิลลิกรัม/ลิตร และอินทรีย์ไนโตรเจน 2.38-3.31 มิลลิกรัม/ลิตร (สองค่าสุดท้ายอ้างจาก เสริมพล และไชยยุทธ, 2524) ระบบกำจัดใช้จุลินทรีย์แบบใช้อากาศและไม่ใช้อากาศช่วยทำลายสารอินทรีย์ รวมเรียกว่าระบบเลี้ยงตะกอนและถังหมัก (Activated Sludge Process with Anaerobic digestion) น้ำที่ผ่านการกำจัดและออกจากระบบจะมีค่า BOD_5 5-10 มิลลิกรัม/ลิตร, pH 7.5-7.8 และตะกอนแขวนลอย 8-15 มิลลิกรัม/ลิตร



รูปที่ 4 แผนภาพแสดงโรงกำจัดน้ำโสโครกห้วยขวางของการเคหะแห่งชาติ

(พิมล และ ชัยวัฒน์, 2525)