# บทที่ 2

## การตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

### 2.1 เกณฑ์การเลือก และประเมินปลาน้ำจืดที่ใช้เป็นสัตว์ทดลอง

การที่จะเลือกปลาน้ำจืดชนิดใดมาใช้เป็นสัตว์ทดลองในห้องปฏิบัติการวาริชพิษวิทยานั้น จำเป็นต้องพิจารณาคุณสมบัติด้านชีววิทยาของปลาน้ำจืด ซึ่งได้มีผู้เสนอข้อแนะนำเกี่ยวกับคุณสมบัติด้านชีววิทยาของปลาน้ำจืดที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นสัตว์ทดลอง(Lennon,1967 ; Foster et al,1969; FAO,1975; Ira & Lloyd,1976; ASTM,1977;และ APHA et al,1980)พอสรุปได้ ดังนี้

#### 2.1.1 แหล่งพบ

ชนิดของปลาที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นสัตว์ทดสอบความเป็นพิษของสารเคมีในห้องปฏิบัติการ ควรเป็นชนิดที่มีการกระจายพันธุ์ในแหล่งน้ำที่ต้องการทดสอบความเป็นพิษ ถ้าเป็นปลาที่สามารถอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำหลายแห่ง ก็จะดียิ่งขึ้น หรือควรเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และนิเวศน์วิทยาท้องถิ่น เพื่อจะได้นำผลการทดลองไปประยุกต์แก้ไขปัญหาได้โดยตรง รวมทั้งใช้ปลาธรรมชาติช่วยชี้ หรือเตือนภัยให้ระวังอันตรายที่จะมีต่อทรัพยากรสัตว์น้ำได้อย่างตลอดเวลา

#### 2.1.2 ขนาด

ปลาที่เหมาะสมยังต้องมีขนาดพอเหมาะต่อการทดลองตามวัตถุประสงค์ ควรมีขนาดเมื่อโตเต็มที่ไม่ใหญ่มาก เพื่อให้ได้จำนวนสัตว์ทดลองต่อหนึ่งภาชนะเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ผลทางสถิติ และมีขนาดใหญ่เพียงพอสำหรับการวัดชีวสาร ที่ต้องการในจุดวัดความเป็นพิษ หลังจากทดลองไปช่วงระยะเวลาหนึ่ง ปลาทดลองที่ใช้ทดสอบความเป็นพิษระยะยาวมักต้องมีขนาดเล็ก โดยทั่วไปนิยมใช้ตัวอย่างที่มีความยาวประมาณ 2 เซนติเมตรหรือไม่เกิน 5-8 เซนติเมตร และน้ำหนักตั้งแต่ 0.5-5.0 กรัม

2.1.3 วงจรชีวิต

ปลาที่สมควรใช้เพื่อเป็นสัตว์ทดลองมาตรฐานควรเติบโตเร็ว ต้องมีวงจรชีวิตไม่ยาวเกินไป คือไม่ควรเกิน 1 ปี วงจรชีวิตที่สั้นทำให้การทดสอบความเป็นพิษระยะยาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบความเป็นพิษต่อระบบต่างๆในร่างกาย เช่น ระบบสืบพันธุ์ทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยสามารถเห็นผลกระทบจากสารเคมีในปลาทดลองหลายรุ่น(generations)

2.1.4 สามารถหาได้ในขนาดและปริมาณที่ต้องการตลอดปี ในคุณภาพที่เหมาะสม

ปลาที่เหมาะสมควรมีแหล่งผลิตที่มีการควบคุมคุณภาพ แต่จะเป็นการดีถ้าสามารถเพาะขยายพันธุ์ขึ้นเองในห้องปฏิบัติการ หรือมีแหล่งเพาะพันธุ์ที่เชื่อถือได้ เช่น หน่วยงานของรัฐ เพราะจะทำให้ได้ปลาทดลองที่ทราบประวัติแน่นอน เช่น การได้รับสารเคมี เป็นต้น นอกจากนี้ปลาทดลองที่มาจากพ่อแม่กลุ่มเดียวกัน จะมีความผันแปรทางพันธุกรรมระหว่างกันน้อย อันจะทำให้ความแตกต่างในภูมิต้านทานต่อสภาวะแวดล้อมของปลาทดลองมีน้อยด้วย ฉะนั้นหากมีการคำนึงถึงคุณภาพของปลาเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้เป็นสัตว์ทดลองอย่างแท้จริง จะต้องมีการคัดเลือกพันธุ์แล้วเลี้ยงดูเป็นพิเศษ

2.1.5 ไม่ยุ่งยากต่อการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

ปลาที่เลือกใช้ทดลองควรมีคุณลักษณะที่สามารถนำมาเลี้ยงดูในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

ก. มีอุปนิสัยอยู่รวมกลุ่มได้ดี ไม่ดุร้าย ก้าวร้าว กัดกินกันเอง

ข. มีความอดทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม เช่น การถูกดูแลและเลี้ยงดูในตู้กระจก และสภาพห้องปฏิบัติการ

ค. มีข้อมูลพื้นฐานที่ได้เคยศึกษาไว้ทางด้านชีววิทยาของปลานั้นอย่างเพียงพอ เช่น สภาพพื้นที่อยู่ อุณหภูมิ ชนิดอาหารที่ต้องการ ฯลฯ เพื่อให้มีพฤติกรรมและการเจริญเติบโตเป็นปกติ ใกล้เคียงกับสภาพธรรมชาติ

2.1.6 มีความไวในการตอบสนองต่อสารเคมีที่ต้องการทดสอบสูง

ถ้าปลาทดลองที่ใช้ทดสอบสารเคมีมีความไวสูงในการตอบสนอง คาดว่าปลาชนิดอื่นก็น่าจะได้รับความคุ้มครองต่ออันตรายจากสารเคมีนั้น ในระดับที่พิจารณาแล้วว่าปลอดภัยต่อปลาที่ใช้ทดลอง

2.1.7 มีการตอบสนองที่แน่นอนต่อสารเคมีแต่ละชนิด

ปลาทดลอง ควรจะมีระดับการผันแปรของการตอบสนองต่อสารเคมีชนิดหนึ่งๆน้อย เมื่อทดสอบโดยใช้วิธีการมาตรฐานเดียวกัน แต่ต่างครั้งกัน

2.2 ชีวประวัติบางประการของปลาน้ำจืดที่ใช้เป็นสัตว์ทดลอง

2.2.1 ปลาซิวหนวดยาว (Esomus metallicus Ahl)

ปลาชนิดนี้มีชื่อสามัญ (Common name) เรียกกันทั่วไปว่า Minnow หรือ Flying barb ซึ่งมีลักษณะทางอนุกรมวิธานดังนี้

ศักดิ์ (Phylum) Chordata

ชั้น (Class) Pisces

อนุชั้น (Subclass) Teleostomi

ตระกูล (Order) Eventognathi

วงศ์ (Family) Cyprinidae

อนุวงศ์ (Subfamily) Rasborinae

สกุล (Genus) Esomus

พันธุ์ (Species) metallicus (Ahl)

ในประเทศไทยจะพบปลาในสกุลเดียวกันกับปลาซิวหนวดยาว 4 ชนิด และในอนุวงศ์เดียวกันจะพบถึง 23 ชนิด (Suvatti, 1950) ปลาชนิดนี้มีแหล่งกำเนิดอยู่ในอินเดีย ศรีลังกา แหลมมาลายู และไทย (เจริญ, 2505 และ Ramshort, 1978) ในประเทศไทยจะพบการแพร่กระจายพันธุ์ของปลาชนิดนี้ เกือบทุกภาคของประเทศโดยเฉพาะ ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออก (ตารางที่ 2.1) โดยจะพบว่ายน้ำอยู่รวมกันเป็นฝูงตามพรรณไม้น้ำ ตามแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึงและบ่อ (สมโภชน์, 2523)

ตารางที่ 2.1 แหล่งแพร่กระจายพันธุ์ของปลาชิวหนวดยาว ปลาตะเพียนขาวและปลาหางนกยูง ที่มีรายงานว่าสำรวจพบในแหล่งน้ำของประเทศไทย

| แหล่งน้ำที่พบ | ปลาชิวหนวดยาว | ปลาตะเพียนขาว | ปลาหางนกยูง |
|---|---|---|---|
| กว๊านพะเยา เชียงราย | + | + | - |
| แม่น้ำปิง เชียงใหม่ | - | + | - |
| แม่น้ำโขง และสาขา | + | + | - |
| เขื่อนกิ่วลม ลำปาง | - | + | - |
| อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล ตาก | - | + | - |
| หนองหาร สกลนคร | + | + | - |
| อ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูน สกลนคร | + | + | - |
| อ่างเก็บน้ำพุง สกลนคร | + | - | - |
| แม่น้ำมูล อุบลราชธานี | + | + | - |
| เขื่อนสิรินธร อุบลราชธานี | + | - | - |
| อ่างเก็บน้ำร่องน้ำชี อุบลราชธานี | + | + | - |
| อ่างเก็บน้ำหนองเต่า อุบลราชธานี | + | + | - |
| เขื่อนอุบลรัตน์ ขอนแก่น | + | + | - |
| อ่างเก็บน้ำชลประทานห้วยทราย ขอนแก่น | + | - | - |
| อ่างเก็บน้ำชลประทานห้วยเตย ขอนแก่น | + | - | - |
| อ่างเก็บน้ำชลประทานท่าพระ ขอนแก่น | + | - | - |
| อ่างเก็บน้ำชลประทานเคล่าคลาดกกม่วง ขอนแก่น | + | - | - |
| อ่างเก็บน้ำชลประทานหนองเทวราช ขอนแก่น | + | - | - |
| เขื่อนลำปาว กาฬสินธุ์ | + | + | - |
| อ่างเก็บน้ำชลประทานห้วยโพธิ์ กาฬสินธุ์ | + | - | - |
| เขื่อนสิริกิติ์ อุตรดิตถ์ | - | + | - |
| อ่างเก็บน้ำวุฒาภรณ์ ชัยภูมิ | + | + | - |
| อ่างเก็บน้ำห้วยหลวง อุดรธานี | + | - | - |
| หนองสร้างคำ อุดรธานี | + | - | - |
| อ่างเก็บน้ำลำพระเพลิง นครราชสีมา | - | + | - |
| อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำตะคอง นครราชสีมา | - | + | - |
| บึงบอระเพ็ด นครสวรรค์ | + | + | - |
| แม่น้ำเจ้าพระยา | + | + | - |
| คลองเพียว สระบุรี | - | + | - |
| แม่น้ำแม่กลอง แควใหญ่ แควน้อย | + | + | - |
| เขื่อนศิรินธรดงกรณ์ กาญจนบุรี | - | + | - |
| แม่น้ำตราด ตราด | + | - | - |

ตารางที่ 2.1(ต่อ)

| แหล่งน้ำที่พบ * | ปลาชิวหนวดยาว | ปลาตะเพียนขาว | ปลาหางนกยูง |
|---|---|---|---|
| แม่น้ำบางประกง ชลบุรี | + | + | - |
| แม่น้ำท่าจีน | + | + | - |
| แม่น้ำเพชรบุรี | + | + | - |
| แม่น้ำตรัง | + | - | - |

หมายเหตุ * เป็นแหล่งน้ำที่มีการสำรวจแล้ว

\+ พบแพร่กระจายในแหล่งน้ำนั้น

\- ไม่พบแพร่กระจายในแหล่งน้ำนั้น

ที่มา : งานประชากรปลา ฝ่ายพัฒนาแหล่งน้ำ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กองประมงน้ำจืด กรมประมง,2523

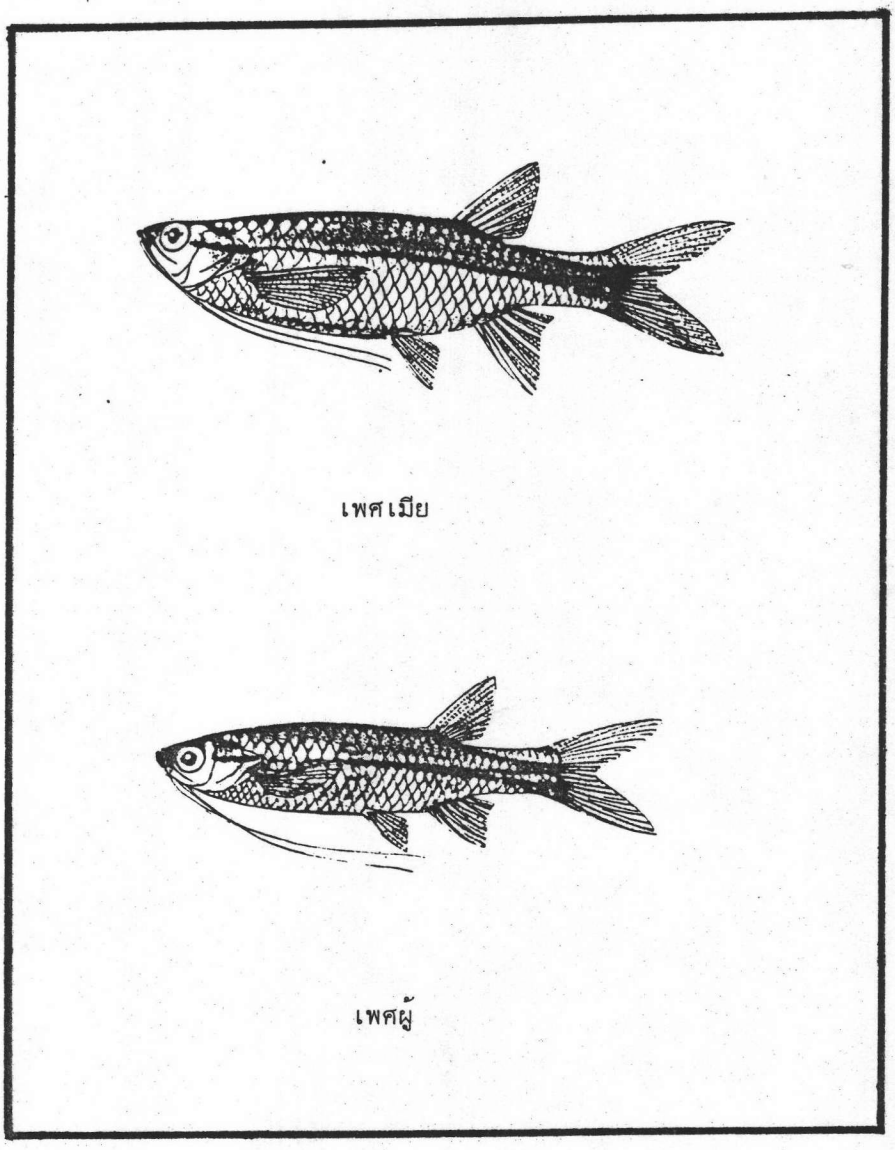
ปลาชิวหนวดยาวมีลำตัวยาวแบน เกล็ดกลมใหญ่สีเงินเป็นประกายแวววาว ครีบอกมีขนาดใหญ่ใช้สำหรับทรงตัวและกระโดดขึ้นเหนือผิวน้ำ ครีบหางเว้าลึก มีหนวด 2 คู่ หนวดคู่ล่างจะยาวมากกว่าหนวดคู่บนมาก ริมฝีปากล่างอยู่ต่ำกว่าริมฝีปากบน ไม่มีปุ่มที่ปลายปาก (Symphyseal knob) ไม่มีฟันในปากแต่มีฟันในคอหอย (Pharygeal teeth) 1 ชุด เส้นข้างตัวไม่สมบูรณ์ มีเฉพาะตอนฐานครีบท้องถึงต้นฐานครีบก้น มีลายดำพาดกลางตัว ตั้งแต่หลังตาจนถึงโคนหางเห็นได้ชัดเจน (Smith, 1945)

ปลาชิวหนวดยาวเพศเมีย จะมีส่วนหัวใหญ่และสั้น ลำตัวกว้าง รูปร่างยาวใหญ่ ส่วนหนวดสั้นยาวแค่ฐานครีบท้อง ครีบก้นสั้น สันท้องหักมาก อวัยวะที่รูก้นเป็นแผ่นกว้างค่อนข้างกลมและมีขนาดใหญ่ เมื่อใช้มือรีดที่ท้องจะมีไข่สีเหลืองทะลักออกมา ส่วนในปลาเพศผู้จะมีส่วนหัวยาวเรียว รูปร่างเพียวแบบบาง ลำตัวแคบ ส่วนหนวดยาวไปจนถึงฐานของครีบก้น ครีบก้นยาว สันท้องหักน้อย อวัยวะที่รูก้นเป็นแผ่นเนื้อเล็กๆยาวเรียว และเมื่อใช้มือรีดที่ท้องจะมีน้ำเชื้อสีน้ำนมไหลซึมออกมา (ภาพที่ 2.1)

อาหารปลาชนิดนี้ได้แก่ พืชและสัตว์ขนาดเล็ก เช่น สาหร่าย แมลง ตัวอ่อนแมลงน้ำ ลูกกุ้งขนาดเล็ก เป็นต้น จากการวิเคราะห์อัตราส่วนของอาหารที่มีอยู่ในกระเพาะและลำไส้ พบว่าปลาชิวหนวดยาวกินพืชร้อยละ 70 และกินสัตว์ร้อยละ 30 (เจริญ, 2505)

การเพาะปลาชนิดนี้ใช้วิธีเลียนแบบธรรมชาติ โดยเพาะในตู้กระจกที่มีระดับน้ำลึกไม่เกิน 5 นิ้ว ดัดแปลงให้คล้ายธรรมชาติ โดยใส่พรรณไม้น้ำและก้อนกรวดโตๆวางไว้ที่พื้นตู้กระจก เพื่อให้ปลาซ่อนไข่และไข่ติด เนื่องจากไข่ของปลาชิวหนวดยาวเป็นชนิดกึ่งติด (Semi-adhesive eggs) ถ้าไข่ไม่ติดแน่นกับพรรณไม้น้ำก็จะร่วงลงสู่พื้นตู้กระจก ลักษณะของไข่เป็นเม็ดกลมสีเหลืองอ่อน ระยะฟักตัวประมาณ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิน้ำ $30^{o}C$

ไข่ของปลาชิวหนวดยาวมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 มิลลิเมตร หลังจากที่ปลาวางไข่แล้วจะพองน้ำมีขนาดโตขึ้นเป็น 1.3 มิลลิเมตร เปลือกไข่หนาใสคล้ายวุ้นและเหนียว ทำให้ไข่ติดกับวัสดุในน้ำได้ดี ไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว จะเจริญเติบโตและพัฒนาการเข้าสู่ระยะ Cleavage, Morula และ Blastrula ในเวลา 1,2 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับ และเข้าสู่ระยะ Gastrula ในเวลา 4-6 ชั่วโมง ระยะ Somite ในเวลา 7-10 ชั่วโมง ลูกปลาจะฟักออกเป็นตัวภายใน 12 ชั่วโมง ซึ่งจะมีความยาวเฉลี่ย 1.8 มิลลิเมตร (ภาพที่ 2.2) ถุงไข่แดง (Yolk sac) จะยุบหมดและลูกปลาเริ่มกินอาหาร เมื่ออายุได้ 18 ชั่วโมง หลังจากฟักออกจากไข่

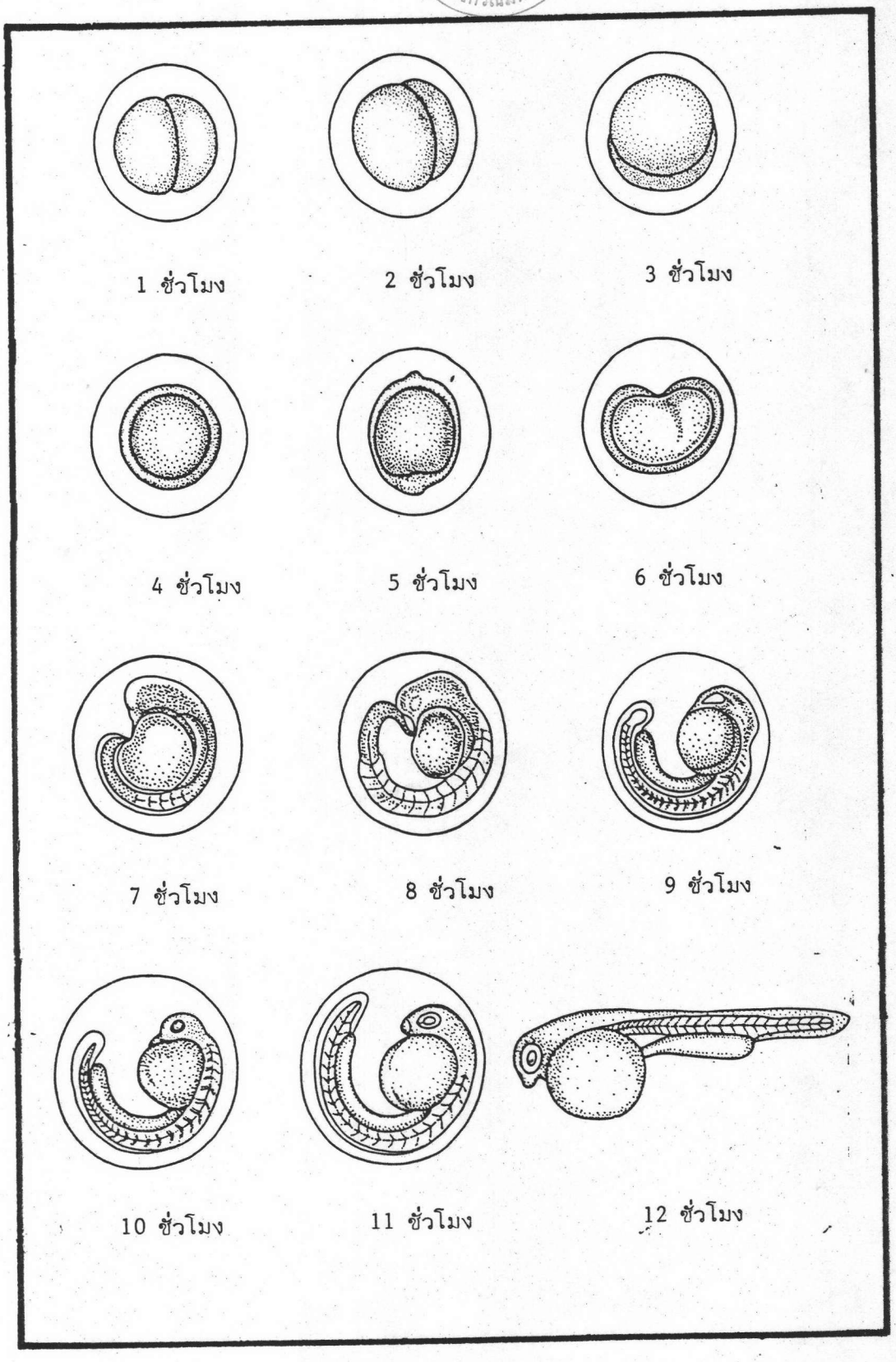



ภาพที่ 2.1 เปรียบเทียบลักษณะภายนอกของปลาชิวหนวดยาว เพศเมีย และเพศผู้

ที่มา : เจริญ(2505)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย






ภาพที่ 2.2 การพัฒนาการและการเจริญเติบโตของไข่ปลาชิวหนวดยาวภายหลังที่ไข่ได้รับการผสมแล้ว (ขยาย 36x6)

ที่มา : เจริญ (2505)

ลูกปลาชิวหนวดยาวอายุ 1,2,3 และ 4 เดือน จะมีขนาดโตขึ้นความยาวเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.7 เซนติเมตร 0.5 กรัม, 4.1 เซนติเมตร 1.2 กรัม, 5.2 เซนติเมตร 1.9 กรัมและ 6.5 เซนติเมตร 2.5 กรัม ตามลำดับ ปลาชิวหนวดยาวจะโตเต็มวัยเมื่ออายุ 4.5 เดือน ซึ่งมีความยาวเฉลี่ย 7.2 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 2.9 กรัม ขนาดดังกล่าวใช้เพาะพันธุ์ได้ (เจริญ,2505)

2.2.2 ปลาตะเพียนขาว (Puntius gonionotus Bleeker)

ปลาตะเพียนขาวมีชื่อสามัญเรียกกันทั่วไปว่า Barb, Thai silver barb มีชื่อท้องถิ่นเรียกกันหลายชื่อ ในภาคกลางเรียกว่า ปลาตะเพียนขาว ตะเพียน และตะเพียนทราย ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่า ปลาปาก ปลาปึก ส่วนในภาคใต้เรียกปลาในกลุ่มปลาตะเพียนที่มีขนาดใหญ่ว่า ปลาลำบำ (พินิจ และโยธิน,2527)

ลักษณะทางอนุกรรมวิธานของปลาตะเพียนขาว ได้จัดไว้ดังนี้

ศักดิ์ (Phylum) Chordata

ชั้น (Class) Osteichthyes

อนุชั้น (Subclass) Actinopterygii

ตระกูล (Order) Cypriniformes

อนุตระกูล (Suborder) Cyprinodei

วงศ์ (Family) Cyprinidae

สกุล (Genus) Puntius

พันธุ์ (Species) gonionotus (Bleeker)

ปลาชนิดนี้มีแหล่งกำเนิดในแถบอินโดจีน ชวา สุมาตราและไทย เป็นปลาน้ำจืดที่ชอบอาศัยอยู่ตามแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ที่มีกระแสน้ำไหลอ่อนๆ หรือน้ำนิ่ง น้ำค่อนข้างใส จึงพบปลาชนิดนี้แพร่กระจายพันธุ์อยู่ตามแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วทุกภาคของประเทศไทย (สมโภชน์,2523) เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำแม่กลองและสาขา แม่น้ำโขงและสาขา เป็นต้น (ตารางที่ 2.1) นับว่าเป็นปลาน้ำจืดพื้นบ้านของไทยซึ่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจและนิเวศน์วิทยาท้องถิ่น ที่มีการแพร่กระจายพันธุ์อย่างกว้างขวางมากชนิดหนึ่ง

ปลาตะเพียนขาวเป็นปลาเกล็ดใหญ่ ลำตัวสีเงิน ส่วนหลังสีคล้ำเล็กน้อย ส่วนท้องมีสีขาวเงินหรือสีครีม ครีบท้องและครีบก้นมีสีเหลืองปนส้มเล็กน้อย ครีบหูมีสีจางหรือสีเหลืองอ่อนจางๆ ครีบหลังและครีบหางมีสีเทาปนเหลือง ลำตัวแบนข้าง ส่วนหลังโค้งยกสูงขึ้น จงอยปากกลม ปากเล็กอยู่ปลายสุด มีหนวด 2 คู่ ขนาดใหญ่สุดที่พบในประเทศมีความยาวมากกว่า 325 มิลลิเมตร แต่อาจพบยาวสูงสุดถึง 500 มิลลิเมตร (พินิจ และโยธิน,2527)

ปลาตะเพียนขาวเพศผู้จะมีขนาดเล็กกว่าเพศเมียที่มีอายุเท่ากัน ลำตัวยาวเรียว ในฤดูผสมพันธุ์ ปลาเพศผู้จะมีตุ่มสิวที่แก้มและตามก้านครีบหู จับดูรู้สึกสากมือ ส่วนท้องจะแบนพื้นท้องแข็งกว่าในปลาเพศเมีย สำหรับปลาเพศเมียจะมีขนาดใหญ่กว่า ลำตัวสั้นป้อม ไม่มีตุ่มสิวที่แก้มและก้านครีบหู จับดูรู้สึกลื่นมือ ส่วนท้องอูมเป่งออกมาทั้งสองข้าง พื้นท้องนิ่ม และรูเปิดช่องเพศกว้างกว่าปกติ

อาหารของปลาชนิดนี้เปลี่ยนแปลงไปตามวัย ในลูกปลาขนาดเล็กจะกินพวกแพลงตอนพืชและสัตว์ขนาดเล็ก เมื่อโตขึ้นจะเปลี่ยนนิสัยมากินพวกพืชน้ำต่างๆ เช่น สาหร่ายหาง-กระรอก หญ้าที่ขึ้นริมตลิ่ง เป็นต้น แม้จะมีรายงานว่ากินพวกสัตว์ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ เช่น หอย กุ้ง และลูกปลาบ้างแต่ก็มีส่วนน้อย ดังนั้นจึงจัดว่าปลาตะเพียนขาวเป็นปลากินพืชเป็นส่วนใหญ่(Vegetable feeder)

ในการเพาะปลาตะเพียนขาวนั้นมีอยู่ด้วยกัน 4 วิธีใหญ่ คือ การเพาะโดยธรรมชาติ (ใช้บ่อรวม) การเพาะโดยเลียนแบบธรรมชาติ(ควบคุมระบบน้ำ) การเพาะโดยวิธีการช่วยธรรมชาติ(ใช้ฮอร์โมน) และการเพาะโดยวิธีการผสมเทียม ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและนิยมกันมากในปัจจุบัน(วิทย์,2521 กและ 2521 ข) แม่ปลาที่ดีที่ใช้ในการเพาะพันธุ์ควรมีน้ำหนักตั้งแต่ 200 กรัมขึ้นไปอายุประมาณ 6-8 เดือน ลูกปลาที่ได้จึงจะมีอัตราการอดตายสูง (จารินทร์, 2521)

ไข่ของปลาตะเพียนขาวจะมีลักษณะกลม เล็ก และมีสีเขียวครามอ่อนๆหรือสีเหลืองแกมเขียวอ่อนๆ ขนาดของไข่ก่อนพองน้ำมีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.5-0.8 มิลลิเมตร เมื่อพองน้ำเต็มที่แล้วไข่จะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5-3.5 มิลลิเมตร ไข่เป็นประเภทไข่ไม่ติด (Unadhesive eggs) เมื่อพองน้ำแล้วเป็นไข่ประเภทครึ่งลอยครึ่งจม(Semibuoyant egg) ซึ่งไข่เมื่อพองน้ำแล้ว จะมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำเล็กน้อย(พินิจ และโยธิน,2527)

ไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว จะฟักออกเป็นตัวภายใน 8-12 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิน้ำ ไข่จะมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการเข้าสู่ระยะ Cleavage ภายใน 12-36 นาที, ระยะ Morula 1 ชั่วโมง 36 นาที, ระยะ Blastrula 2 ชั่วโมง 16 นาที, ระยะGastrula 3-6 ชั่วโมง, ระยะ Somite 6-9 ชั่วโมง และ ลูกปลาจะฟักออกมาเป็นตัวภายใน 12.5 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิน้ำ 25°C ถุงไข่แดง(Yolk sac)จะยุบหายไปหมดภายในเวลา 18.5ชั่วโมง แต่วิทย์(2521 ข)กล่าวว่าเมื่อลูกปลาอายุครบ 2 วัน ถุงไข่แดงจะยุบหมดและเริ่มกินอาหาร

ลูกปลาตะเพียนขาวที่ฟักออกมาใหม่ๆ จะมีความยาวสุดประมาณ 3.0 มิลลิเมตร เมื่ออายุ 2 สัปดาห์จะมีความยาว 1.20 เซนติเมตร และอายุ 2 เดือน จะมีความยาวประมาณ 1.50 เซนติเมตร ปลาตะเพียนขาวสามารถแยกเพศได้ตั้งแต่อายุประมาณ 2 เดือน ปลาเพศผู้มีความยาว 8 เซนติเมตร และน้ำหนัก 7 กรัม ส่วนปลาเพศเมียยาวประมาณ 11.5 เซนติเมตร น้ำหนัก 20 กรัม(จารินทร์, 2521)

2.2.3 ปลาหางนกยูง(Poecilia reticulata Peter)

ปลาชนิดนี้มีชื่อสามัญเรียกกันทั่วไปว่า Guppy และ Million Fish ได้ถูกจัดลักษณะทางอนุกรมวิธานไว้ดังนี้

ศักดิ์(Phylum) Chordata

ชั้น(Class) Pisces

ตระกูล(Order) Atheriniformes

อนุตระกูล(Suborder) Cyprinodontoidei

วงศ์(Family) Poeciliidae

สกุล(Genus) Poecilia

พันธุ์(Specics) reticulata (Peter)

ปลาชนิดนี้มีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะคาร์ริบเบียนของเซนต์ลูเซีย (Saint Lucia), บาร์บาดอส (Barbados), ไทรนิแดด (Trinidad) ถึงภาคเหนือของอเมริกาใต้ เช่น เวเนซูเอล่า (Venezuala), เกยานา (Guyana) และบราซิลตอนเหนือ (North Brazil) รวมทั้งตอนเหนือของอเมซอน (North Amazon) สำหรับในประเทศไทยได้นำเข้ามาเพื่อเลี้ยงเป็นปลาตู้สวยงามและกำจัดตัวอ่อนของยุง ยังไม่มีรายงานการแพร่กระจายพันธุ์ตามแหล่งน้ำของไทยที่แน่นอน แต่อาจพบได้ตามคูคลอง แหล่งน้ำครำบางแห่ง รวมทั้งแหล่งขายปลาตู้สวยงามทั่วไป (ทวีศักดิ์, 2527; พาลาภ และวินิจ, 2528)

ปลาหางนกยูงมีลำตัวค่อนข้างยาว ครีบหลังและครีบหางมีลักษณะเป็นแผ่นใหญ่ซึ่งมีรูปร่างและสีสรรแตกต่างกันไปตามลักษณะการคัดพันธุ์ ไม่มีเส้นข้างตัว ส่วนหัวแบนลง ปากมีขนาดเล็กและอยู่ตรงกลาง (ทวีศักดิ์, 2527)

ปลาเพศผู้จะมีขนาดเล็ก ความยาวสุดไม่เกิน 3 เซนติเมตร รูปร่างแบบบาง ครีบหลังและครีบหางแผ่กว้างและยาว มีสีสรรสวยงามกว่าปลาเพศเมีย มีอวัยวะภายนอกบอกเพศเรียกว่า โกโนโปเดียม (gonopodium) ซึ่งเปลี่ยนแปลงมาจากครีบก้น ใช้สำหรับถ่ายน้ำเชื้อให้ปลาเพศเมียเวลาผสมพันธุ์ ส่วนปลาเพศเมียจะมีขนาดใหญ่กว่า ความยาวสุดไม่เกิน 6 เซนติเมตร ลำตัวมีสีอ่อนหรือจางกว่าปลาเพศผู้ ส่วนท้องกลม และมีจุดสีใหญ่ๆ 2 จุด บริเวณส่วนท้อง (Maurice, 1975; Gohm, 1978 และ Ramshort, 1978)

ปลาชนิดนี้สามารถกินอาหารได้หลายประเภททั้งพืชและสัตว์ขนาดเล็ก ทั้งที่มีชีวิตและตายแล้ว เช่น สาหร่าย ตะไคร่น้ำ ตัวอ่อนของแมลงน้ำ ไรน้ำ ลูกกุ้งและลูกปลาขนาดเล็ก เป็นต้น และยังสามารถกินอาหารสำเร็จรูปได้ทุกประเภทอีกด้วย

ปลาหางนกยูงจะเจริญเติบโตเร็วมากและสมบูรณ์เพศเมื่ออายุได้ 3 เดือน แต่พ่อแม่พันธุ์ที่จะนำมาใช้เพาะขยายพันธุ์ควรมีอายุอย่างน้อย 5-6 เดือน เป็นปลาที่มีการผสมพันธุ์ภายในและออกลูกเป็นตัว (Ovo-viviparous fish) แม่ปลาจะออกลูกครั้งละ 30-60 ตัว ทุกระยะเวลา 30-40 วัน เป็นเวลาหลายเดือน ลูกปลาหางนกยูงที่ออกจากท้องแม่ปลาใหม่ๆ จะมีความยาวสุดเพียง 0.8 เซนติเมตร กินตะไคร่น้ำ แพลงตอนพืช และไรน้ำขนาดเล็กเป็นอาหาร

ในต่างประเทศ นิยมใช้ปลาหางนกยูงเป็นสัตว์ทดลองในห้องปฏิบัติการด้านชีววิทยาอย่างกว้างขวางทั้งในด้านสรีรวิทยา พฤติกรรมการผสมพันธุ์ พันธุกรรม และการทดสอบความเป็นพิษของสารเคมี นอกจากนี้ National Academy of Science (1974) ของสหรัฐอเมริกา ได้แนะนำให้ใช้ปลาชนิดนี้เป็นสัตว์ทดลองมาตรฐาน ในการใช้ทดสอบความเป็นพิษของสารเคมีในห้องปฏิบัติการวาริชพิษวิทยา

## 2.3 ความเหมาะสมของปลาน้ำจืดทั้งสามชนิดในการใช้เป็นสัตว์ทดลองทางวาริชพิษวิทยา

พาลาภ และวินิจ (2528) ได้รายงานถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปลาชิวหนวดยาว ปลาตะเพียนขาว และปลาหางนกยูง ในการนำมาใช้เป็นสัตว์ทดลองทางวาริชพิษวิทยา ซึ่งสามารถนำมาสรุปเปรียบเทียบตามเกณฑ์ประเมิน ตามตารางที่ 2.2 คือ

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบข้อมูลของปลาชิวหนวดยาว ปลาตะเพียนขาว และปลาหางนกยูง ในการนำมาใช้เป็นสัตว์ทดลองทางวาริชพิษวิทยา

| เกณฑ์ | ปลาชิวหนวดยาว | ปลาตะเพียนขาว | ปลาหางนกยูง |
|---|---|---|---|
| 1. แหล่งพบ | แหล่งน้ำจืดแทบทุกภาคของประเทศ | แหล่งน้ำทั่วทุกภาคของประเทศอย่างกว้างขวาง | ทั่วไปตามคูคลอง แหล่งน้ำครำ และแหล่งขยายปลาตู้ |
| 2. ขนาด | โตเต็มที่ไม่เกิน 7.2 เซนติเมตร น้ำหนักไม่เกิน 3 กรัม | โตเต็มที่อาจมากกว่า 30 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 700-800 กรัม | ปลาเพศผู้โตเต็มที่ไม่เกินกว่า 3 เซนติเมตร ปลาเพศเมียโตเต็มที่ 6 เซนติเมตร |
| 3. ช่วงวงจรชีวิต | สมบูรณ์เพศพร้อมวางไข่ครั้งแรกเมื่ออายุ 4-5 เดือน | นำมาเพาะพันธุ์ได้ตั้งแต่อายุ 6-8 เดือน | สมบูรณ์เพศเมื่ออายุได้ 3 เดือน |
| 4. สามารถหาตัวอย่างมาทดลองตลอดปี | ต้องจับจากแหล่งน้ำธรรมชาติ สามารถเพาะได้ในที่กักขัง | มีแหล่งเพาะพันธุ์ที่แน่นอน สม่ำเสมอตลอดทั้งปี(กรม-ประมง) | ตามแหล่งขายปลาตู้สวยงามทั่วไป |
| 5. การเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ | ไม่ยุ่งยาก รวมกลุ่มได้ดี อดทน กินอาหารสำเร็จรูปได้ดี มีข้อมูลพื้นฐานด้านชีววิทยามากพอสมควร | อดทน เลี้ยงดูง่าย กินอาหารสำเร็จรูปได้ดี มีข้อมูลพื้นฐานด้านชีววิทยามาก | อดทน เลี้ยงดูง่าย กินอาหารสำเร็จรูปได้ดี มีข้อมูลพื้นฐานด้านชีววิทยามากพอสมควร |

009206
17358310

ตารางที่ 2.2(ต่อ)

| เกณฑ์ | ปลาชิวหนวดยาว | ปลาตะเพียนขาว | ปลาทางนกยูง |
|---|---|---|---|
| 6. ความไวในการตอบสนองต่อสารเคมี | ไม่มีข้อมูล | มีความไวต่อสารเคมีหลายชนิด เช่น โลหะหนัก, ยาฆ่าแมลง, ยาปราบวัชชพืช เป็นต้น | มีความไวต่อสารเคมีพวกโลหะหนักและยาฆ่าแมลงบางชนิด |

ที่มา : พาลาภ และวินิจ (2528)

2.4 ความไวของการตอบสนองต่อสารเคมีของปลาและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

Metelev et al. (1983) ได้ให้ความหมายของความไว (sensitivity) ของปลาทดลองไว้ว่า ความไวเป็นช่วงระยะเวลาที่ปลาเริ่มแสดงอาการตอบสนองต่อความเข้มข้นของสารเคมีในระดับที่เริ่มเป็นพิษมากที่สุดต่อระบบการทำงานอวัยวะต่างๆ ในตัวปลา

ปลาแต่ละชนิดจะมีความไว และการตอบสนองต่อสารเคมีไม่เท่ากัน แม้จะเป็นปลาชนิดเดียวกันก็ตาม ซึ่งปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและมีอิทธิพลต่อความไวของปลานี้ ได้แก่

2.4.1 แหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ

ปลาที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำไหลช้าๆ หรือเกือบนิ่ง และเป็นปลาที่มีระดับของเมตาบอลิสมต่ำ (Low metabolism) เช่น ปลาชับ (Chub) และปลาคาร์พ (Carp) จะมีความต้านทานต่อองค์ประกอบของสภาวะแวดล้อม และความเป็นพิษของสารเคมีได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่มีระดับของเมตาบอลิสมสูง (High metabolism) และอาศัยอยู่ในน้ำไหลแรง เช่น ปลาเทร้าท์ (Trout) และปลาเพิช (Perch) เป็นต้น

2.4.2 ชนิดของปลา

มีรายงานของนักวิจัยหลายท่านซึ่งได้ทำการศึกษาและแบ่งปลาที่อาศัยอยู่ในแม่น้ำออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ความไวและการตอบสนองต่อสารเคมีของปลานั้น ซึ่ง Metelev et al. (1983) ได้รวบรวมไว้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 มีความไวสูงมาก (Very highly sensitive) คือ ปลาบราวน์-เทร้าท์ (Brown trout , เรนโบว์เทร้าท์ (Rainbow trout)

กลุ่มที่ 2 มีความไวสูง (Highly sensitive) คือ ปลาเพิช (Perch), ปลารัฟ (Ruff)

กลุ่มที่ 3 มีความไว (Sensitive) ได้แก่ ปลาบลีค (Bleak), ปลาโรช (Roach), ปลาไพค (Pike)

กลุ่มที่ 4 มีความไวน้อย (Midly sensitive) ได้แก่ ปลาคาร์พ (Carp), ปลาเท็นช์ (Tench) และปลาครูเคียนคาร์พ (Crucian carp)

สำหรับความไวของปลาน้ำจืดต่อสารเคมีในประเทศไทยมีรายงานไว้ไม่มากนัก เช่น ปลาตะเพียนขาวไวต่อสารเคมีกลุ่มโลหะหนักสูง (ประมาณและประไพสิริ,2520) และยา

ฆ่าแมลงบางกลุ่ม (วรวิทย์ และคณะ,2527) ปลากาดำไวมากต่อสารเคมีกลุ่มโลหะหนักและยาฆ่าแมลงบางชนิด (Mutamara et al.,1978) เป็นต้น

2.4.3 ขนาดและอายุของปลา

โดยปกติปลาที่มีขนาดเล็กและอายุน้อยจะมีความไวต่อสารเคมีสูงกว่าปลาที่มีขนาดใหญ่และอายุมากกว่าในปลาชนิดเดียวกัน แต่ในบางกรณีพบว่าไข่ปลาและตัวอ่อนที่ฟักออกมาใหม่ๆมีความต้านทานต่อสารเคมีดีกว่าในปลาที่มีขนาดใหญ่ (Metelev et al.,1983. Vachavasanthrub,1981; Messuwanna,1980; Sukuyanondh,1980)

ขนาดของปลาเองก็มีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ผิวตัวหรือปริมาตรตัวปลา แม้ว่าสัดส่วนของน้ำหนักปลาต่อปริมาตรน้ำจะเท่ากันก็ตาม ผลการทดลองก็อาจขึ้นกับขนาดของปลาแต่ละตัว พื้นที่ผิวตัวของปลา จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญมากปัจจัยหนึ่งระหว่างที่ปลาสัมผัส(expose)กับสารเคมีขณะการทดลอง(NAS,1974) Brown(1980) ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ดังกล่าวในรูปของการถดถอยแบบยกกำลัง(Power regression) คือ

$$A = KW^X$$

A คือ พื้นที่ผิวของสัตว์ทดลอง หน่วยเป็น ตารางเซนติเมตร

W คือ น้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง หน่วยเป็น กรัม

K,X คือ ค่าคงที่ของแต่ละชนิด(species) ของสัตว์ทดลอง

อย่างไรก็ตามนักวิจัยหลายท่านพบว่าช่วงอายุและขนาดของปลาที่มีความไวต่อสารเคมีสูงสุดนั้น มักจะอยู่ในช่วงที่เป็นลูกปลาวัยอ่อนและ/หรือลูกปลาขนาดเล็ก (larvae- และ fry stages) เช่น Metelev et al.(1983); Vachavasanthrub(1981); Messuwanna(1980); Sukuyanondh(1980) และ ไมตรี(2525) เป็นต้น

2.4.4 เพศของปลา

แม้ว่ายังไม่มีการศึกษาให้เห็นอย่างชัดเจนว่าปลาเพศผู้หรือเพศเมียในปลาชนิดเดียวกันนั้น เพศใดมีความไวต่อสารเคมีมากกว่ากัน แต่ก็มีรายงานว่าปลาจะมีความไวต่อสารเคมีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังการวางไข่ใหม่ๆ ส่วนในช่วงระหว่างการวางไข่นั้นปลาจะมีความต้านทานต่อสารเคมีสูงสุด (Metelev et al,1983)

2.4.5 สุขภาพและประวัติการได้รับสารเคมีของปลา

โดยทั่วไปจะพบว่าความต้านทานต่อสารเคมีในตัวปลาขึ้นอยู่กับสภาพทาง

สรีรวิทยาของตัวปลาเอง ปลาที่อดอาหาร ชุบผอม และมีโรคพยาธิรบกวน จะมีความต้านทานต่อสารเคมีลดลง นอกจากนี้ปลาที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากสารเคมีในน้ำทิ้งหรือน้ำเสีย โดยเฉพาะผงซักฟอกมาก่อนจะมีความต้านทานต่อสารเคมีลดลงด้วยเช่นกัน (Metelev et al, 1983)

2.5 <u>คุณสมบัติบางประการของสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง</u>

สารเคมีที่มนุษย์ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันมีอยู่มากมายหลายชนิดหลายประเภท สารเคมีซึ่งให้คุณประโยชน์แก่มนุษย์นี้ ล้วนก่อให้เกิดผลกระทบที่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในน้ำ รวมทั้งตัวมนุษย์เองได้ เช่น การเกิดโรคมินามาตะในประเทศญี่ปุ่น เนื่องมาจากสารปรอทอินทรีย์ เป็นต้น

สารพาราควอต คาร์บาริล และเพนตาคลอโรฟีนอล เป็นสารเคมีหรือวัตถุมีพิษที่สั่งเข้ามาใช้ในประเทศไทยกันมาก (กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร,2526) อาจก่อให้เกิดปัญหาและผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำได้ นอกจากนี้สารเคมีทั้งสามชนิด ยังมีกลไกการออกฤทธิ์แตกต่างกัน ในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกสารเคมีทั้งสามชนิดนี้มาใช้ทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันต่อปลาชิวหนวดยาว ปลาตะเพียนขาว และปลาหางนกยูง เพื่อที่จะได้นำข้อมูลการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันของสารเคมีทั้งสามชนิดต่อปลาทดลองดังกล่าว มาใช้ประกอบการประเมินความเหมาะสมในการเลือกใช้ปลาชิวหนวดยาวเป็นสัตว์ทดลองในห้องปฏิบัติการวาริชพิษวิทยาต่อไป

2.5.1 พาราควอต (Paraquat)

เป็นสารเคมีหรือวัตถุมีพิษที่ใช้ในการกำจัดวัชพืช (herbicides) ซึ่งมีปริมาณการนำเข้าในประเทศไทยมากในแต่ละปี (ตารางที่ 2.3) โดยบริษัท ไอซีไอ เอเชียติ๊ก (เกษตร) จำกัด สั่งเข้ามาใช้เป็นครั้งแรก และในปัจจุบันมีการตั้งโรงงานผลิตสารพาราควอตขึ้นใช้เองภายในประเทศไทย

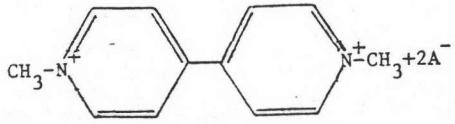
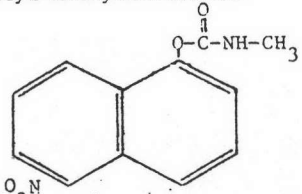
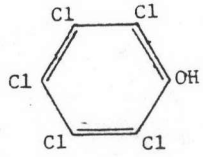
พาราควอตเป็นสารกำจัดวัชพืชที่มีประสิทธิภาพสูง ทำให้เกษตรกรนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ความเข้มข้นที่ใช้กำจัดวัชพืชพวกลอยน้ำ จมน้ำและโผล่พ้นน้ำ อยู่ในช่วง 0.1-1.5 มก./ล. ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ใช้กันมากในแหล่งน้ำ หรือแหล่งน้ำไหลช้าๆ

ตารางที่ 2.3 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าของสารพาราควอต, คาร์บาริล และเพนตาคลอโรฟีนอล ระหว่างปีพ.ศ. 2524-2526

| ชื่อสามัญ (Common name) | ชื่อการค้า (Trade name) | สูตร (Formulation) | ผู้นำเข้าฯ 2526 (Importer 1983) | ปี 2524(1981) | | ปี 2525(1983) | | ปี 2526(1983) | | ถิ่นกำเนิด (Origin) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | จำนวน/กก. | มูลค่า/บาท | จำนวน/กก. | มูลค่า/บาท | จำนวน/กก. | มูลค่า/บาท | |
| Paraquat | Paraquat | 47-49.8% conc. | บ.ไอซีไอ เอเชียติก | 4,055,531 | 167,55,240 | 2,123,573 | 146,123,865 | 1237,678 | 78,654,127 | - อเมริกา |
| Carbaryl | Sevin | 99% | บ.ยูเนียน คาร์ไบด์ | 155,500 | 14,393,458 | 195,139 | 16,671737 | 213,150 | 192,52,933 | อิสราเอล |
| | Carbaryl | 85% | บ.ยิบ อินชอย | | | | | | | |
| Pentachlorophenol | Witophen | 95% | บ.เชลล์ | - | - | - | - | 10,000 | 371,276 | อเมริกา |
| Sodium penta chlorphenate | - | 85% bead | บ.ไบเออร์ | - | - | - | - | 6,000 | 371,494 | ฝรั่งเศส |
| | - | 90% | บ.ตั้งตี่ ฮั่วเฮง | - | - | - | - | 500 | 22,400 | จีน |
| | - | 85% | บ.ไอซีเอส | - | - | - | - | 1,800 | 120,999 | ฝรั่งเศส |
| | - | 85% | บ.เข้าซิตี้ ซัพพลาย | - | - | - | - | 3,000 | 124,065 | ไต้หวัน |
| | Dowicide A | - | บ.ดาว เคมี | - | - | - | - | 1,814 | 124,065 | - |
| | Witophen N | 95% | บ.อัลลาย เคมี | - | - | - | - | 100 | 50,117 | เยอรมันตะวันตก |

ที่มา : กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร (2526)

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติบางประการทางเคมีและฟิสิกค์ของสารพาราควอต คาร์บาริล และเพนตาคลอโรฟีนอล

| | พาราควอต | คาร์บาริล | เพนตาคลอโรฟีนอล |
|---|---|---|---|
| 1. Common name | Paraquat | Carbaryl | PCP,Penta,Penchlorol |
| 2. Trade name | Gramoxone,Preeglone,Weedol, Aerial Gramoxone | Hexavin,Karbaspray,Ravyon,Sevin Sevimol,Sevidol,Tricarnam | Dowicide 7,Dowicide G,Santophen 20, Santobrite,Wilophen |
| 3. Chemical name | 1-1-dimethyl-4-4-bipyridylium ion | 1-Naphtyl-methylcarbamate | Pentachlorophenol |
| 4. Structural formula |  |  |  |
| 5. Empirical formula | $C_{12}H_{14}N_2$ (paraquat ion) | $C_{12}H_{11}O_2N$ | $C_6HCl_5O$ |
| 6. Molecular weight | 187.2 (paraquat ion) | 201.2 | 266.5 |
| 7. Melting point | Paraquat dichloride;decomposes >230°C | 145°C | 191°C |
| 8. Solubility | Paraquat dichloride;very soluble in water | In water at 30°C is 40 ppm | In water at 30°C is 20 pmm |
| 9. Formulation | Aqueous solution,water soluble granules. | Dusts and dispersible powder | Solid mixing with suitable emulsifiers |

ที่มา : Ashwoth et al., 1970; Martin, 1971; Monsanto, 1965; EPA, 1976; และ Zweig, 1967

ในเขตอบอุ่น (ปภาศิริ, 2527 อ้างตาม Calderbank, 1972) ถ้ามีการใช้พาราควอตกำจัดวัชพืชน้ำ ในขนาดที่สูงมากเกินกว่าที่กำหนด อาจเป็นทางหนึ่งที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ แม้จะมีรายงานว่า พาราควอตไม่มีฤทธิ์ตกค้างแต่อย่างใด เนื่องจากถูกดูดซึมโดยวัชพืชน้ำ และตกตะกอนในดินเกือบทั้งหมดภายใน 48 ชั่วโมงก็ตาม

พาราควอตเป็นสารจำพวก Bipyridyl compound มีคุณสมบัติไม่ระเหยง่าย ไม่ติดไฟ ละลายน้ำได้ดี โดยเฉพาะในน้ำที่เป็นด่าง มีความคงตัวในน้ำที่เป็นกรดหรือเป็นกลาง ถูกทำลายในน้ำที่เป็นด่างมากๆและแสงสว่าง ในทางอุตสาหกรรม พาราควอตจะถูกผลิตขึ้นในรูปของเกลือคลอไรด์ เรียกว่า พาราควอตไดคลอไรด์หรือเกลือของพาราควอตไดคลอไรด์เป็นของเหลวสีน้ำทะเลเข้ม โดยทั่วไปจะมีปริมาณพาราควอตอิออนอยู่ 200 กรัม/ลิตร เนื่องจากพาราควอตมีประจุบวก เมื่อตกลงสู่พื้นดินจะถูกยึดทันทีด้วยอนุภาคของดินที่มีประจุลบ และเสื่อมฤทธิ์ทันที ในที่สุดจะสลายตัวโดยแสงและจุลินทรีย์ในดิน เมื่อพาราควอตลงสู่แหล่งน้ำ พืชน้ำต่างๆจะดูดซึมพาราควอตเข้าไปเป็นจำนวนมาก รวมทั้งอนุภาคดินที่แขวนลอยในน้ำและตะกอนดินในแหล่งน้ำ ทำให้มีปริมาณพาราควอตหลงเหลืออยู่ในน้ำเพียงจำนวนน้อย (ปภาศิริ, 2527)

ส่วนกลไกการออกฤทธิ์นั้น พาราควอตถูกรีดิวซ์กลายเป็นพาราควอตในรูปรีดิวซ์โดยมีโคเอนซัยม์ NADPH เป็นตัวถ่ายทอดอิเลคทรอนในเซลล์ ซึ่งจะถูกออกซิไดส์ต่อไปโดยออกซิเจนกลับเป็นพาราควอตซุปเปอร์ออกไซด์ราดิเคิล (paraquat superoxid radical, $O_2^-$) ซึ่งจะเข้าร่วมกับไฮโดรเจนไอออน ($H^+$) จากน้ำ โดยอาศัยเอนซัยม์ซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมูเทส (Superoxide dismutase) เกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, $H_2O_2$) กับออกซิเจน ทั้งซุปเปอร์ออกไซด์ไอออนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นี้จะเข้าทำลายเซลล์ของร่างกายได้ (Gage, 1968 และ Autor, 1974)

พาราควอตที่ความเข้มข้น 10 มก./ล. จะทำให้ผิวหนังของปลาเกิดการอักเสบ (inflammation) มีเมือกมาก และบริเวณผิวหนังจะบวมขึ้น เนื่องจากมีเลือดมาคั่งในบริเวณนั้นมาก เหงือกจะถูกทำลายและมีเมือกปกคลุมมาก ส่วนของตับและไตจะตกเลือด เสียการทรงตัวและว่ายน้ำผิดปกติ (ปภาศิริ, 2527)

สำหรับคุณสมบัติบางประการของสารพาราควอตและความเป็นพิษเฉียบพลันต่อปลาน้ำจืดของไทย ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.5 ความเป็นพิษเฉียบพลันของสารพาราควอต คาร์บาริล และเพนตาคลอโรฟีนอล ต่อปลาน้ำจืดในประเทศไทย

| สารเคมี | ปลาน้ำจืด | รูปแบบการทดลอง | ความเข้มข้น (มก./ล.) | เอกสารอ้างอิง |
|---|---|---|---|---|
| พาราควอต (Paraquat) | ปลานิล | Static, $LC_{50}$-48 ชม. | 15.500 | มัณฑนาและคณะ (2521) |
| | ปลาทุกด้าน | Static, $LC_{50}$-48 ชม. | 0.008 | จารุวรรณ (2526) |
| | ปลาหางนกยูง | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | > 2.650 | เปี่ยมศักดิ์และคณะ (2527) |
| | ปลานิล | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | >17.600 | เปี่ยมศักดิ์และคณะ (2527) |
| | ปลาช่อน | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 10.000 | เปี่ยมศักดิ์และคณะ (2527) |
| | ปลาช่อน | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 10.900 | ปภาศิริ (2527) |
| | ปลาหางนกยูง | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 4.500 | วรวิทย์และคณะ (2527) |
| | ปลาไน | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 14.200 | วรวิทย์และคณะ (2527) |
| | ปลานิล | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 9.200 | วรวิทย์และคณะ (2527) |
| | ปลาตะเพียนขาว | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 1.200 | วรวิทย์และคณะ (2527) |
| | ปลายี่สกเทศ | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 3.980 | วรวิทย์และคณะ (2527) |
| คาร์บาริล (Carbaryl) | ปลาไน | Static, $LC_{50}$-48 ชม. | 7.000 | มนู (2509) |
| | ปลาไน | Static, $LC_{50}$-48 ชม. | 7.500 | มนู (2509) |
| | ปลาไน | Static, $LC_{50}$-12 ชม. | 1.650 | สุธรรมและณิศ (2510) |
| | ปลาหมอเทศ | Static, $LC_{50}$-12 ชม. | 2.500 | สุธรรมและณิศ (2510) |
| | ปลาทุกด้าน | Static, $LC_{50}$-12 ชม. | 0.900 | สุธรรมและณิศ (2510) |
| | ปลาหางนกยูง | Static, $LC_{50}$-12 ชม. | 1.620 | สุธรรมและณิศ (2510) |
| | ปลานิล | Static, $LC_{50}$-48 ชม. | 6.200 | มัณฑนาและคณะ (2521) |
| | ปลาตะเพียนขาว | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 6.290 | Khatikarn (1982) |
| เพนตาคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol) | ปลาแป้น | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 0.203 | Mutamara et al. (1978) |
| | ปลาไน | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 0.243 | Mutamara et al. (1978) |
| | ปลาก้างพระร่วง | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 0.170 | Mutamara et al. (1978) |
| | ปลากาแดง | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 0.154 | Mutamara et al. (1978) |
| | ปลากาดำ | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 0.065 | Mutamara et al. (1978) |
| | ปลาสวาย | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 0.125 | Mutamara et al. (1978) |
| | ปลาตะเพียนขาว | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 0.180 | Mutamara et al. (1978) |
| | ปลาชิวข้างขวาน | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 0.180 | Mutamara et al. (1978) |
| | ปลาชิวหางกรรไกร | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 0.180 | Mutamara et al. (1978) |
| | ปลานิล | Static, $LC_{50}$-96 ชม. | 0.264 | Mutamara et al. (1978) |

ที่มา : พาลาภ และวินิจ (2526)

2.5.2 คาร์บาริล(Carbaryl)

เป็นสารเคมีหรือวัตถุมีพิษที่ใช้ในการกำจัดแมลงที่นิยมใช้กันมากในการกำจัดแมลงและศัตรูพืชในพวกผักและผลไม้ เป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่จัดอยู่ในกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate insecticides) ที่มีการสั่งเข้ามาใช้ในประเทศไทยปีหนึ่งๆ เป็นปริมาณมาก (ตารางที่ 2.3) โดยนำเข้ามาในรูปของสูตรผสม(formulation)

แม้ว่าสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตนี้ถูกจัดว่าเป็นสารที่สลายตัวเป็นสารปราศจากพิษได้เร็วเมื่อเทียบกับสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน โดยไม่ตกค้างในสิ่งแวดล้อมยาวนานก็ตาม แต่ก็มีรายงานว่ามีความเป็นพิษเฉียบพลันสูงต่อผึ้งและปลา(อรุณี, 2525) เนื่องจากมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอ็นซัยม์อะซิติลคอลีนเอสเทอเรส(Acetylcholinesterase enzymes)ของระบบประสาท ทำให้เกิดการสะสมของอะซิติลคอลีนที่ซินแนปส์ของเส้นประสาท ดังนั้นปลายประสาทจะถูกกระตุ้นเพิ่มมากขึ้นอยู่ตลอดเวลา และในกรณีรุนแรงจะทำให้ถึงตายได้

คุณสมบัติบางประการของคาร์บาริลและความเป็นพิษเฉียบพลันต่อปลานำ้จืดของไทยได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.5 ตามลำดับ

2.5.3 เพนตาคลอโรฟีนอล(Pentachlorophenol)

เป็นสารออกฤทธิ์หรือวัตถุมีพิษที่เพิ่งนำเข้ามาใช้ในประเทศไทย เมื่อปีพ.ศ. 2526 โดยบริษัท เชลล์ แห่งประเทศไทย จำกัด เพื่อนำมาใช้ผสมลงในเคมีภัณฑ์รักษาเนื้อไม้ กำจัดปลวก และฆ่าเชื้อรา(Mutamara et al,1978) นอกจากนั้นยังมีผู้นำเข้ามาในรูปของเกลือเพนตาคลอโรฟีนอล คือ โซเดียม เพนตาคลอโรฟีนอล(Sodium pentachlorophenate) ปริมาณการนำเข้าแสดงไว้ในตารางที่ 2.3

เนื่องจากเพนตาคลอโรฟีนอล มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน มีค่า pKa 4.7-5.0 (Dave,1984 อ้างตาม Buikema et al.,1979) ดังนั้นความเป็นพิษของมันต่อสัตว์นำ้จะเพิ่มมากขึ้น หาก pH ของนำ้ลดตำ่ลง เนื่องจากมีสัดส่วนของฟีนอลอิสระ(free phenol)ในนำ้มากขึ้น เพนตาคลอโรฟีนอลมีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อสัตว์นำ้สูง และมีพิษของความเป็นกรดด่าง(pH-toxicity) ต่อปลาที่แน่นอน ในต่างประเทศจึงนิยมใช้สารเคมีชนิดนี้เป็นสารทดสอบอ้างอิง(Reference toxicants)กันมาก เพื่อใช้เปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการวาริชพิษวิทยา(Davis,1975)

แม้ว่า เพนตาคลอโรฟีนอลจะมีความ เป็นพิษเฉียบพลันต่อปลาสูง แต่กลไกการออกฤทธิ์ในปลายังไม่ทราบแน่ชัด . Dave (1984) เสนอว่ากลไกการออกฤทธิ์ของ เพนตาคลอโรฟีนอล คือ ไปขัดขวางปฏิกิริยาออกซิ เดตีฟฟอสโฟรี่ เลชั่น (Oxidative phosphorylation ; - Respiration chain phosphorylation) ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ เกิดขึ้นใน ลูกโซ่หายใจ (Respiration chain) จากขบวนการคาตะบอลิสม (Catabolism) สาร อาหารต่างๆที่ปลากิน เข้าไปลดน้อยลง และยัง เสนอว่า เพนตาคลอโรฟีนอลยังมีกลไกการออก ฤทธิ์อย่างอื่นที่ยังไม่ทราบแน่ชัด ซึ่งสามารถทำให้ปลาตายได้อย่างรวด เร็วมาก นอก เหนือไป จากการยับยั้งปฏิกริยาออกซิ เดตีฟฟอสโฟรี่ เลชั่น ดังกล่าว

คุณสมบัติบางประการของ เพนตาคลอโรฟีนอล และความ เป็นพิษ เฉียบพลันต่อปลานำ้จืดของ ไทย ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.5 ตามลำดับ