



แคโรไทป์ของปลากระสับจุด (*Hampala dispar* Smith, 1934)

จากหนองกอมเกาะ จังหวัดหนองคาย

Karyotype of Eye-Spotted Barb (*Hampala dispar* Smith, 1934)

from Kom Ko Pond, Nong Khai Province

วีระยุทธ สุภิวังค์¹ ณิชฎฐา นิธิกุลารวงศ์¹ และวิไลลักษณ์ เครือเนตร^{2*}

¹สาขาประมง คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์และวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาเขตหนองคาย มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.หนองคาย 43000

²สาขาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์และวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาเขตหนองคาย

มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.หนองคาย 43000

*Corresponding Author, E-mail: wilaichai@kku.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาแคโรไทป์ปลากระสับจุด (*Hampala dispar* Smith, 1934) จากหนองกอมเกาะ จังหวัดหนองคาย ประเทศไทย ใช้ตัวอย่างปลาเพศผู้ 5 ตัว และเพศเมีย 5 ตัว เตรียมโครโมโซมจากไตด้วยวิธีการตรงจากการฉีดสารโคลชิซิน ย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดาด้วยสีจิมซ่าความเข้มข้นร้อยละ 20 ผลการศึกษาพบว่าปลากระสับจุดมีโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 50 แห่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 84 ทั้งเพศผู้และเพศเมีย ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แห่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 6 แห่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดกลาง 20 แห่ง อะโครเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แห่ง อะโครเซนทริกขนาดกลาง 10 แห่ง และเทโลเซนทริกขนาดเล็ก 6 แห่ง ไม่สามารถแยกโครโมโซมเพศระหว่างปลาเพศผู้และเพศเมียได้ ปลากระสับจุดมีสูตรแคโรไทป์ ดังนี้

$$2n (50) = L_4^m + L_6^{sm} + M_{20}^{sm} + L_4^a + M_{10}^a + S_6^t$$

ABSTRACT

Karyotype of eye-spotted barb (*Hampala dispar* Smith, 1934) at Kom Ko Pond, Nong Khai province, Thailand was investigated in this study. Mitotic chromosome was prepared directly from kidney of 5 male and 5 female specimens after *in vivo* colchicine treatment. The metaphase spreads were performed on microscopic slides and air-dried. Conventional staining technique was applied to stain the chromosomes with 20% Giemsa's solution. The results showed that the number of diploid chromosome of eye-spotted barb was $2n = 50$, fundamental

number (NF) was 84 in both male and female. The types of chromosomes were 4 large metacentric, 6 large submetacentric, 20 medium submetacentric, 4 large acrocentric, 10 medium acrocentric and 6 small telocentric chromosomes. The karyotypes are not different of sex chromosomes between male and female. The karyotype formula for the eye-spotted barb is as follows: $2n (50) = L_4^m + L_6^{sm} + M_{20}^{sm} + L_4^a + M_{10}^a + S_6^t$

คำสำคัญ: แคริโอไทป์ โครโมโซม อิติโอแกรม ปลากระสูบจุด

Keywords: Karyotype, Chromosome, Idiogram, *Hampala dispar*

บทนำ

ปลากระสูบจุด (*Hampala dispar* Smith, 1934) จัดอยู่ในอันดับ Cypriniformes วงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) เป็นปลาประจำถิ่นที่พบแพร่กระจายในแถบทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณประเทศลาว กัมพูชา มาเลเซีย และไทย ซึ่งในประเทศไทยพบได้ทุกภาคของประเทศ แต่พบมากในบริเวณแม่น้ำ คลอง หนอง และบึง ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ขวลิต, 2548) ปลากระสูบจุดเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของคนในท้องถิ่น สามารถนำมาเป็นอาหารได้ทั้งบริโภคโดยปรุงสด และแปรรูป เช่น ทำปลาร้า ปลาสาม มีความสำคัญต่อระบบนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำ โดยเป็นทั้งผู้บริโภค และเป็นอาหารสำหรับสัตว์ชนิดอื่น นอกจากนี้ยังนิยมนำมาเลี้ยงเป็นปลาสวยงาม (เจริญ, 2542)

ในประเทศไทยยังมีการศึกษาเกี่ยวกับโครโมโซมและแคริโอไทป์ของปลาวงศ์ Cyprinidae ค่อนข้างน้อย เช่น มีการศึกษาในปลาร่องไม้ดับข้างลาย สร้อยนกเขา พรหม หัวหน้านอ สะอี มุด ไล่ตัน ตะกาด จาด น้ำฝาย ปลาอ้าว กระสูบขีด นามหลัง นางอ้าว และกระสูบจุด (ธวัชและคณะ, 2544; ธวัชและวิเชียร, 2546; ธวัชและคณะ, 2548; ธวัชและอนันต์, 2548; เกรียงไกร, 2550) ถึงแม้ว่าปลากระสูบจุดจะเคยมีรายงานจำนวนโครโมโซมมาก่อน แต่ยังคงขาด

ข้อมูลการศึกษาทางด้านพันธุศาสตร์เซลล์ การศึกษาในครั้งนี้นอกจากจะทำการศึกษาจำนวน และรูปร่างโครโมโซมแล้ว ยังได้ทำการวัดขนาดโครโมโซม จัดทำแคริโอไทป์ สูตรแคริโอไทป์ และอิติโอแกรมมาตรฐาน ซึ่งยังไม่พบในรายงานที่ผ่านมา ข้อมูลที่ได้นี้จะเป็ข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการศึกษาลำดับวิวัฒนาการของปลาน้ำจืด การอนุรักษ์แหล่งพันธุกรรม และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาขั้นสูง รวมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านอนุรักษพันธุต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างปลากระสูบจุดจากหนองกอมเกาะ บ้านหนองเด่น ตำบลหนองกอมเกาะ อำเภอเมืองจังหวัดหนองคาย จากนั้นนำตัวอย่างปลามาเลี้ยงในตู้เลี้ยง บริเวณเรือนสัตว์ทดลองสาขาประมง คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์และวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาเขตหนองคาย มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลี้ยงในน้ำที่ปราศจากคลอรีน ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง จนกว่าจะทำการศึกษา

2. การเตรียมโครโมโซม

นำปลามาฉีดโคลชิซิน (colchicine) ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 บริเวณช่องท้องของตัวปลา ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง 15 นาที แล้วสลบปลาโดยนำไปแช่ในน้ำแข็ง ผ่าเอาไตมาแช่และสับให้ละเอียดในสารละลาย

โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ความเข้มข้น 0.075 โมลาร์ 30 นาที แล้วย้ายมาเก็บไว้ในหลอดปั่นเหวี่ยง (centrifuge tube) นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 1,600 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นดูดสารละลายส่วนใสทิ้ง แล้วเติมน้ำยาตรึงเซลล์ (methanol:glacial acetic acid อัตราส่วน 3:1) ปริมาตร 6 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 1,600 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นดูดน้ำยาตรึงเซลล์ด้านบนทิ้ง แล้วเติมน้ำยาตรึงเซลล์ใหม่ ทำเช่นนี้จนได้สารละลายใส และมีตะกอนขาวอยู่ที่ก้นหลอด จากนั้นดูดสารละลายเซลล์ที่เตรียมได้ หยดบนกระจกสไลด์สะอาดที่เก็บในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 1-2 หยด ทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำไปย้อมด้วยสีจิมซ่าความเข้มข้นร้อยละ 20 ตรวจสอบสไลด์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่ติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายภาพที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

3. การจัดทำแคโรไทป์และอิดิโอแกรม

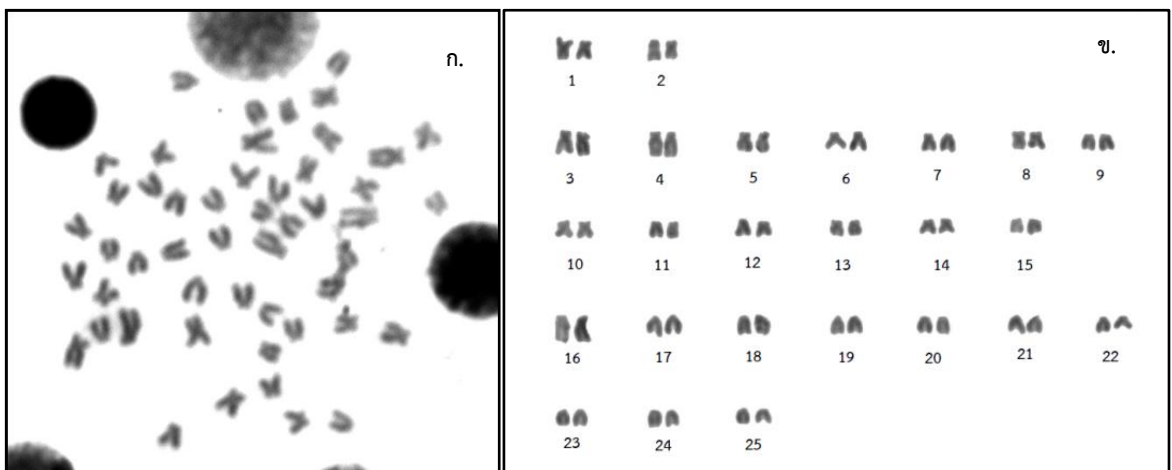
การจัดทำแคโรไทป์และอิดิโอแกรมดัดแปลงมาจากวิธีการของกันยาร์ดน์ (2532) โดยเลือกภาพถ่ายเซลล์ระยะเมทาเฟส 15 เซลล์ที่โครโมโซม

กระจายตัวดี ไม่หดสั้นเกินไป มีจำนวนโครโมโซมครบ และสังเกตรูปร่างได้ชัดเจนมาจัดทำแคโรไทป์และอิดิโอแกรม

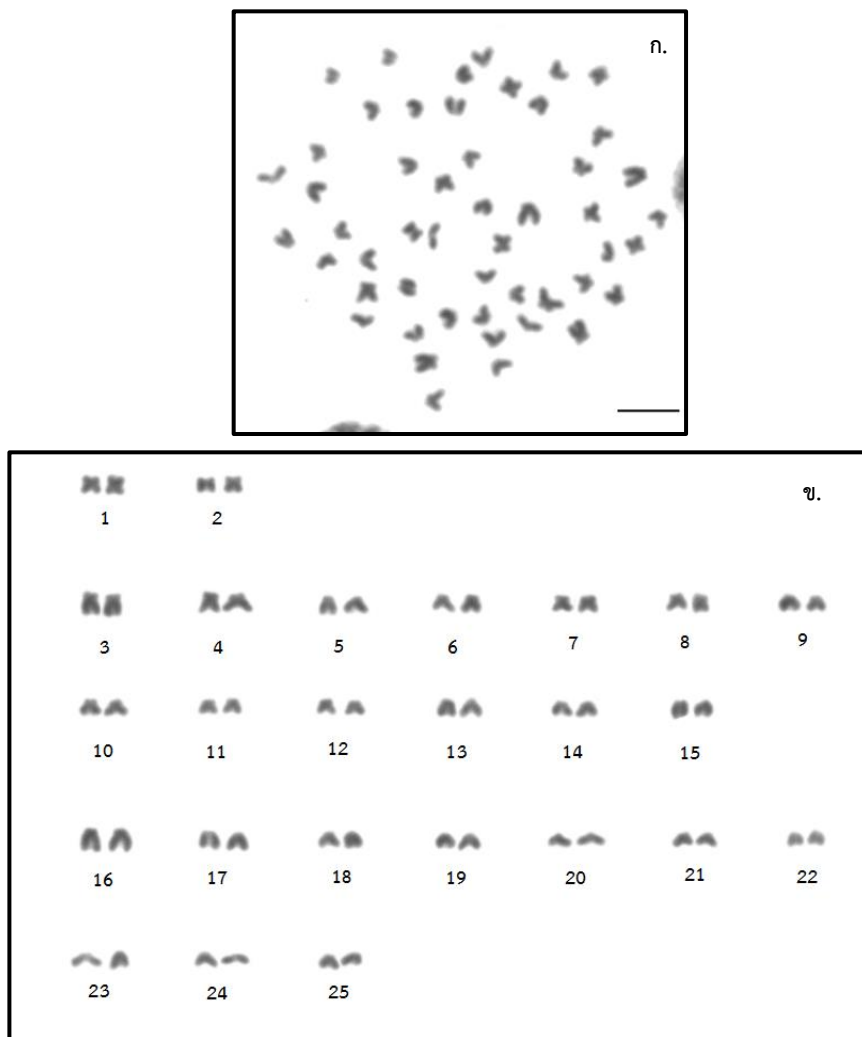
ผลการวิจัย

ปลากระสุนจุดมีโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่า กับ 50 แท่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 84 แท่งในปลาเพศผู้และเพศเมีย แคโรไทป์ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 6 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดกลาง 20 แท่ง อะโครเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง อะโครเซนทริกขนาดกลาง 10 แท่ง และเทโลเซนทริกขนาดเล็ก 6 แท่ง ไม่สามารถตรวจสอบโครโมโซมเพศได้ทั้งในปลาเพศผู้ และเพศเมีย (รูปที่ 1, 2, 3 และตารางที่ 1) และจัดเป็นแคโรไทป์ที่ไม่สมมาตร (asymmetrical karyotype) ประกอบด้วยโครโมโซม 4 ชนิด คือ เมทา-เซนทริก ซับเมทาเซนทริก อะโครเซนทริก และเทโลเซนทริก สูตรแคโรไทป์มาตรฐานของปลากระสุนจุด ดังนี้

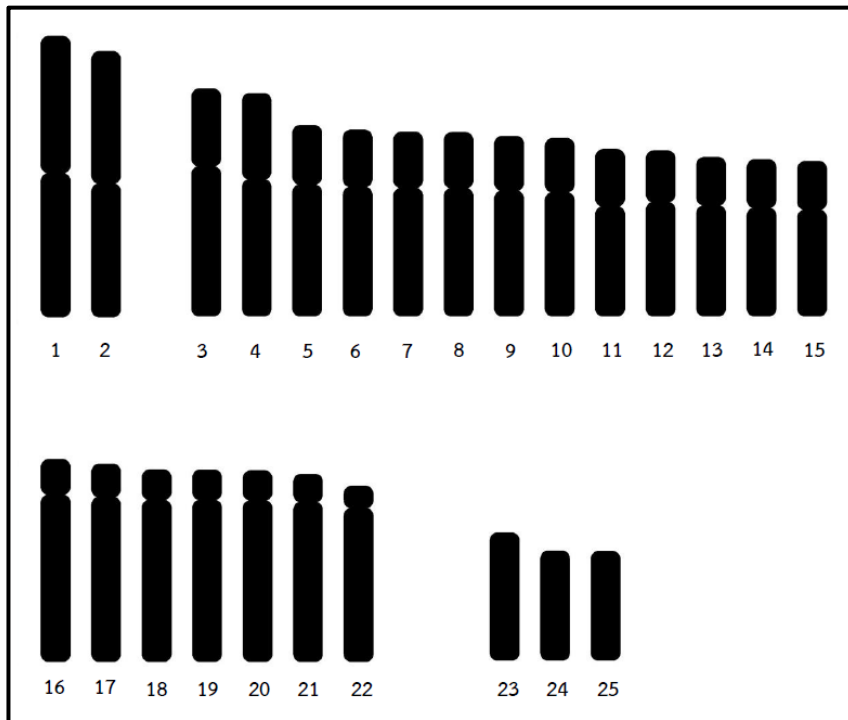
$$2n (50) = L_4^m + L_6^{sm} + M_{20}^{sm} + L_4^a + M_{10}^a + S_6^t$$



รูปที่ 1 เซลล์ระยะเมทาเฟส และแคโรไทป์ของปลากระสุนจุด (*Hampala dispar*, $2n = 50$) เพศผู้ (ก. และ ข. ตามลำดับ) ด้วยวิธีการย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดา สเกลบาร์ 5 ไมโครเมตร



รูปที่ 2 เซลล์ระยะเมทาเฟส และแคริโอไทป์ของปลากระสูบจุด (*Hampala dispar*, $2n = 50$) เพศเมีย (ก. และ ข. ตามลำดับ) ด้วยวิธีการย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดา สเกลบาร์ 5 ไมโครเมตร



รูปที่ 3 อิติโอแกรมมาตรฐานของปลากระสือบจุด (*Hampala dispar*, $2n = 50$) ด้วยวิธีการย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดา

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความยาวของแขนโครโมโซมข้างสั้น (length short; Ls) ความยาวของแขนโครโมโซมข้างยาว (length long; Ll) ความยาวทั้งหมดของโครโมโซมแต่ละคู่ (length total; LT) ค่า relative length (RL) ค่า centromeric index (CI) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ขนาดของโครโมโซม และ ชนิดของโครโมโซมของปลากระสือบจุด (*Hampala dispar*) จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 50 แห่ง จำนวน 15 เซลล์

คู่ที่	Ls	Ll	LT	RL ± SD	CI ± SD	ขนาดโครโมโซม	ชนิดโครโมโซม
1	0.595	0.623	1.217	0.060±0.004	0.512±0.010	ใหญ่	เมทาเซนทริก
2	0.574	0.579	1.153	0.056±0.003	0.503±0.011	ใหญ่	เมทาเซนทริก
3	0.370	0.652	1.021	0.050±0.002	0.638±0.023	ใหญ่	ซับเมทาเซนทริก
4	0.377	0.625	1.001	0.049±0.002	0.624±0.017	ใหญ่	ซับเมทาเซนทริก
5	0.280	0.581	0.861	0.042±0.003	0.675±0.020	ใหญ่	ซับเมทาเซนทริก
6	0.270	0.571	0.841	0.041±0.003	0.679±0.012	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
7	0.265	0.567	0.832	0.041±0.003	0.681±0.011	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
8	0.264	0.566	0.830	0.041±0.003	0.682±0.023	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
9	0.260	0.556	0.816	0.040±0.002	0.681±0.021	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
10	0.257	0.549	0.806	0.039±0.002	0.681±0.014	กลาง	ซับเมทาเซนทริก

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความยาวของแขนโครโมโซมข้างสั้น (length short; Ls) ความยาวของแขนโครโมโซมข้างยาว (length long; LL) ความยาวทั้งหมดของโครโมโซมแต่ละคู่ (length total; LT) ค่า relative length (RL) ค่า centromeric index (CI) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ขนาดของโครโมโซม และ ชนิดของโครโมโซมของปลากระสูบจุด (*Hampala dispar*) จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ (2n) เท่ากับ 50 แห่ง จำนวน 15 เซลล์ (ต่อ)

คู่ที่	Ls	LL	LT	RL ± SD	CI ± SD	ขนาดโครโมโซม	ชนิดโครโมโซม
11	0.270	0.490	0.760	0.037±0.002	0.645±0.014	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
12	0.246	0.508	0.755	0.037±0.002	0.673±0.016	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
13	0.233	0.495	0.728	0.036±0.002	0.680±0.018	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
14	0.233	0.485	0.717	0.035±0.001	0.675±0.027	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
15	0.235	0.476	0.711	0.035±0.001	0.670±0.014	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
16	0.170	0.720	0.889	0.044±0.003	0.809±0.024	ใหญ่	อะโครเซนทริก
17	0.160	0.710	0.870	0.043±0.003	0.816±0.015	ใหญ่	อะโครเซนทริก
18	0.148	0.698	0.846	0.041±0.002	0.825±0.032	กลาง	อะโครเซนทริก
19	0.148	0.698	0.846	0.041±0.004	0.825±0.021	กลาง	อะโครเซนทริก
20	0.146	0.696	0.842	0.041±0.004	0.826±0.018	กลาง	อะโครเซนทริก
21	0.139	0.689	0.828	0.041±0.003	0.832±0.024	กลาง	อะโครเซนทริก
22	0.114	0.664	0.778	0.038±0.002	0.853±0.021	กลาง	อะโครเซนทริก
23	0.000	0.556	0.556	0.027±0.001	1.000±0.000	เล็ก	เทโลเซนทริก
24	0.000	0.480	0.480	0.024±0.001	1.000±0.000	เล็ก	เทโลเซนทริก
25	0.000	0.478	0.478	0.023±0.002	1.000±0.000	เล็ก	เทโลเซนทริก

วิจารณ์ผลการวิจัย

เมื่อเปรียบเทียบแคโรไทป์ของปลากระสูบจุดในงานวิจัยนี้ กับรายงานการศึกษาแคโรไทป์ของปลาวงศ์ ปลาตะเพียนที่ผ่านมา พบจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 50 แห่ง เช่นเดียวกับเกรียงไกร (2550) ที่ศึกษาปลากระสูบจุด บริเวณอ่างเก็บน้ำแม่ต้ำ อ.เมือง จ. พะเยา ปลากระสูบชืด (*H. macrolepidota*) ปลาแก้ม ข้ำ (*Systemus orphoides*) (ธวัชและอนันต์, 2548) ปลาตะเพียนทราย (*Puntius brevis*) (ณัฐฐาและวิไลลักษณ์, 2557) ปลาตะเพียนน้ำตก (*S. binotatus*) และปลาสร้อยลูกกล้วย (*Labiobarbus siamensis*) (ธวัชและวิเชียร, 2551) แต่มีความแตกต่างจากรายงานการศึกษาในปลากระโห้

(*Catlocarpio siamensis*) ปลาอีสกทอง (*Probarbus jullieni*) (ธวัชและวิเชียร, 2551) ปลา *Rhodeus atremius* และปลา *Tanakia korensis* (Ueda et al., 2001) ปลากระสูบจุดมีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานหรือจำนวนแขนของโครโมโซมเท่ากับ 84 ทั้งในเพศผู้และเพศเมีย เช่นเดียวกับปลากระสูบจุด ที่อ่างเก็บน้ำแม่ต้ำ อ.เมือง จ. พะเยา (เกรียงไกร, 2550) แต่แตกต่างกับปลากระสูบชืด (ธวัชและอนันต์, 2548) ที่พบจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 72

แคโรไทป์ของปลากระสูบจุดประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แห่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 6 แห่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดกลาง 20 แห่ง อะโครเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แห่ง อะโคร

เซนทริกขนาดกลาง 10 แห่ง และเทโลเซนทริกขนาดเล็ก 6 แห่ง ซึ่งแตกต่างกับปลากระสูบจุด (เกรียงไกร, 2550) ปลากระสูบขีด (ธวัชและอนันต์, 2548) ปลาตะเพียนทราย (ณัฐฐาและวิไลลักษณ์, 2557) ปลาตะเพียนน้ำตก และปลาสร้อยลูกกล้วย (ธวัชและวิเชียร, 2551) (ตารางที่ 2)

จากการศึกษาในครั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาปลากระสูบจุดที่ได้จากแหล่งน้ำที่ต่างกัน จะพบความแตกต่างของลักษณะแคโรโอไทป์ ซึ่งความแตกต่างของจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน และลักษณะแคโรโอไทป์ ขึ้นอยู่กับการเกิดวิวัฒนาการของโครโมโซม และความแตกต่างของถิ่นที่อยู่อาศัย โดยปลาในวงศ์ปลาตะเพียนจะมีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกันไปตามชนิดของปลา โดย

มีจำนวนโครโมโซมอยู่ระหว่าง $2n$ เท่ากับ 44 ถึง 100 แห่ง โดยส่วนใหญ่จะมีโครโมโซม $2n$ เท่ากับ 50 แห่ง และถือเป็นปลาพวกที่โบราณ (primitive stage) มากที่สุด (Arai, 1982) ตัวอย่างเช่นวิวัฒนาการโครโมโซมในวงศ์ปลาช่อน (Channidae) ที่พบแพร่กระจายในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ไทย อินเดีย จีน ปากีสถาน และแอฟริกา จำนวนทั้งหมด 29 ชนิด มีรายงานการศึกษาพันธุศาสตร์เซลล์ไม่น้อยกว่า 12 ชนิด พบว่ามีความแตกต่างของแคโรโอไทป์อย่างมาก คือมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ตั้งแต่ 32 ถึง 112 แห่ง และพบว่าปลาช่อน (*Channa striata*) ที่พบในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และประเทศอินเดีย มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์แตกต่างกันเท่ากับ 44, 42 และ 40 แห่ง ตามลำดับ (อลงกลด, 2554)

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาพันธุศาสตร์เซลล์ของปลากระสูบจุด เปรียบเทียบกับรายงานการศึกษาแคโรโอไทป์ของปลาในวงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae)

รายงานวิจัย	ชนิดปลา	$2n$	NF	ชนิดโครโมโซม			
				m	sm	a	t
งานวิจัยครั้งนี้	ปลากระสูบจุด (<i>H. dispar</i>)	50	84	4	26	14	6
เกรียงไกร (2550)	ปลากระสูบจุด (<i>H. dispar</i>)	50	84	6	6	22	16
ธวัชและอนันต์ (2548)	ปลากระสูบขีด (<i>H. macrolepidota</i>)	50	72	10	12	8	20
ธวัชและวิเชียร (2551)	ปลาตะเพียนน้ำตก (<i>S. binotatus</i>)	50	88	24	14	-	12
	ปลาสร้อยลูกกล้วย (<i>L. siamensis</i>)	50	78	18	10	2	20
ณัฐฐาและวิไลลักษณ์ (2557)	ปลาตะเพียนทราย (<i>P. brevis</i>)	50	62	4	4	4	38

หมายเหตุ: $2n$ = จำนวนดิพลอยด์โครโมโซม, NF = จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน หรือจำนวนแกนโครโมโซม, m = โครโมโซมชนิดเมทาเซนทริก, sm = โครโมโซมชนิดซับเมทาเซนทริก, a = โครโมโซมชนิดอะโครโมเซนทริก และ t = โครโมโซมชนิดเทโลเซนทริก

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาแคโรโอไทป์ของปลากระสูบจุด พบว่าจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 50 แห่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 84 มีสูตรแคโรโอไทป์ได้แก่

$$2n (50) = L_4^m + L_6^{sm} + M_{20}^{sm} + L_4^a + M_{10}^a + S_6^t$$

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาประมง คณะวิทยาศาสตร์ ประยุกต์และวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาเขตหนองคาย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่เลี้ยงสัตว์ทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงไกร สีตะพันธุ์. (2550). คาร์ิโอไทป์ของปลา 6 ชนิดในวงศ์ Cyprinidae. ใน: การประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 749-758.
- กันยารัตน์ ไชยสุด. (2532). เซลล์พันธุศาสตร์และเซลล์อนุกรมวิธานของพืชสกุล *Zephyranthes*. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. หน้า 150-180.
- เจริญ อุดมการ และคณะ. (2542). ชีวิตวิทยาบางประการของปลากระสุนจุดในหนองหาร จังหวัดสกลนคร. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสกลนคร, กรมประมง. หน้า 66-70.
- ขวลิต วิทยานนท์. (2548). คู่มือปลาน้ำจืด. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สารคดี. หน้า 100-124.
- ณัฐธา นิธิกุลวรวงศ์ และวิไลลักษณ์ เครือเนตร. (2557). คาร์ิโอไทป์ของปลาตะเพียนทราย (*Puntius brevis* Bleeker, 1850) จากจังหวัดขอนแก่น. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 42(1): 106-118.
- ธวัช ดอนสกุล วิเชียร มากตุ่น และอนันต์ พุทธิยา สถาพร. (2544). คาร์ิโอไทป์ของปลาร่องไม้ดัด ช้างลาย สร้อยนกเขา และปลาพรหม ที่พบในประเทศไทย. ใน: สัมมนาวิชาการพันธุศาสตร์ ครั้งที่ 12: พันธุศาสตร์ยุคปฏิวัติยีน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 218-221.
- ธวัช ดอนสกุล และวิเชียร มากตุ่น. (2546). คาร์ิโอไทป์ของปลาบัว หัวหน้านานอ สะอี และปลามูตที่พบในประเทศไทย. ใน: สัมมนาวิชาการพันธุศาสตร์ ครั้งที่ 13: พันธุศาสตร์กับการพัฒนาที่ยั่งยืน. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. 352-355.
- ธวัช ดอนสกุล วิเชียร มากตุ่น และอัจฉริยา รั้งศิริ. (2548). คาร์ิโอไทป์ของปลาไส้ตัน ตะกาด และปลาน้ำฝายที่พบในประเทศไทย. ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 สาขาประมง. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 344-351.
- ธวัช ดอนสกุล และอนันต์ พุทธิยาสถาพร. (2548). คาร์ิโอไทป์ของปลาวงศ์ไซโพรนிட 5 ชนิด ที่พบในประเทศไทย. ใน: การประชุมวิชาการพันธุศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 14: พันธุศาสตร์จากพื้นฐานสู่ เทคโนโลยีระดับโมเลกุล. โรงแรมมิราเคิลแกรนด์คอนเวนชั่น, กรุงเทพฯ. 217-222.
- ธวัช ดอนสกุล และวิเชียร มากตุ่น. (2551). คาร์ิโอไทป์ ของปลาตะเพียนน้ำตก ตะเพียนทราย จาก สร้อยลูกกล้วย กระไห เวียน และปลายี่สกทอง ที่พบในประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว. 24(2): 78-92.
- อลงกลต แทนอมทอง. (2554). พันธุศาสตร์เซลล์. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 157-162.
- Arai, R. (1982). A chromosome study on two cyprinid fishes *Acrossocheilus labiatus* and *Pseudorasbora pumila* with note on Eurasian cyprinid and their karyotypes. Bulletin of the National Science Museum. Series A. 8(3): 131-182.
- Ueda, T., Naoi, A. and Arai, R. (2001). Flexibility on the karyotype evolution in bilterlings (Pisces, Cyprinidae). Genetica 111: 423-432.

