

แคร์โอโทป์และอิดิโอแกรมมาตรฐานของปลาสะกาง

(*Puntioplites falcifer*) ในประเทศไทย

Standardized Karyotype and Idiogram of Sicklefins Barb

(*Puntioplites falcifer*) in Thailand

มณฑิรา โสภาวะนัส¹, อลงกลด แทนอมทอง¹, และ วีระยุทธ สุภิวงค์^{2*}

Sophawanus, M.¹, Tanomthong, A.¹, & Supiwong, W.^{2*}

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นรายงานครั้งแรกของการศึกษาแคร์โอโทป์และอิดิโอแกรมมาตรฐานของปลาสะกาง (*Puntioplites falcifer*) ที่พบในประเทศไทยซึ่งเป็นปลาวงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae Family) และเป็นปลาท้องถิ่นที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย โดยศึกษาโครโมโซมที่เตรียมจากเนื้อเยื่อไตในระยะเมทาเฟสจากตัวอย่างปลา 8 ตัว (เพศผู้ 4 ตัว และเพศเมีย 4 ตัว) ย้อมสีโครโมโซมด้วยวิธีการย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดา (Conventional Staining) ผลการศึกษาพบว่า ปลาสะกางมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 50 แท่ง มีจำนวนโครโมโซมมาตรฐาน (NF) เท่ากับ 92 ทั้งเพศผู้และเพศเมีย แคร์โอโทป์ประกอบด้วยโครโมโซมแบบเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 8 แท่ง อะโครเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง เทโลเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง เมทาเซนทริกขนาดกลาง 12 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดกลาง 2 แท่ง อะโครเซนทริกขนาดกลาง 12 แท่ง และเทโลเซนทริกขนาดกลาง 4 แท่ง สูตรแคร์โอโทป์มีดังนี้ $2n(50) = L^m_4 + L^{sm}_8 + L^a_4 + L^t_4 + M^m_{12} + M^{sm}_2 + M^a_{12} + M^t_4$

คำสำคัญ : แคร์โอโทป์, โครโมโซม, ปลาสะกาง

¹ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

² คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย 43000

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

Abstract

The present work is the first report on study of the standardized karyotype and ideogram of Sicklefin Barb (*Puntioplites falcifer*) in Thailand. This fish belongs to the Cyprinid family and it is local economic freshwater fish of Thailand. The metaphase chromosomes were directly prepared from the kidney tissues of eight specimens (four males and four females). The chromosomes were stained by conventional staining method. The results showed that the Sicklefin Barb had diploid chromosome number as 50 chromosomes and fundamental number (NF) as 92 in both sexes. The karyotype composed of 4 large metacentric, 8 large submetacentric, 4 large acrocentric, 4 large telocentric, 12 medium metacentric, 2 medium submetacentric, 12 medium acrocentric and 4 medium telocentric chromosomes. The karyotype formula for *P. Falcifer* is as follows: $2n(50) = L^m_4 + L^{sm}_8 + L^a_4 + L^t_4 + M^m_{12} + M^{sm}_2 + M^a_{12} + M^t_4$

Keywords: Karyotype, Chromosome, *Puntioplites falcifer*

1. บทนำ

ปลาวงศ์ปลาตะเพียน (Family Cyprinidae) เป็นปลาที่มีชนิด และจำนวนมากที่สุดในโลก (Nelson, 2006) โดยวงศ์ย่อยไซพรีนิเน (Cyprininae) จัดเป็นวงศ์ปลาน้ำจืดที่มีชนิดมากที่สุด (สุภาพร สุกสีเหลือง, 2549) ประกอบด้วย 5 สกุล ได้แก่ *Puntioplites*, *Procypris*, *Cyprinus*, *Carassioidea* และ *Carassius* ปลาสะแกง (*P. falcifer*) เป็นปลาท้องถิ่นที่พบในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จัดเป็นปลาที่อยู่ในวงศ์ย่อยไซพรีนิเน (Nelson, 2006) เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย

โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลักษณะทั่วไปของปลาสะแกง (ภาพที่ 1) คือ ลำตัวแบนข้าง หัวขนาดเล็ก มีหนวด จงอยปากกลมมนที่ตาขนาดใหญ่อยู่ตอนบนของหัว ด้านบนของหัวมีสีเทาจาง ด้านข้างของหัวและลำตัวมีสีเงิน ครีบท้องและครีบกันมีสีน้ำตาลอ่อน ครีบหลังและครีบหางมีสีน้ำตาลปนเทา ก้านครีบกันแข็งอันสุดท้ายแข็งรูปร่างคล้ายจักร เส้นข้างลำตัวสมบูรณ์ (ขวลิต วิทยานนท์, 2548) ปลาสะแกงมีข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับชีววิทยาและพันธุกรรมค่อนข้างน้อย จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาอย่างเร่งด่วน



ภาพที่ 1 ลักษณะของปลาสะแกง (*P. falcifer*)

พันธุศาสตร์เซลล์ (Cytogenetics) เป็นการศึกษาโครโมโซมที่เป็นหน่วยโครงสร้างที่สำคัญในการถ่ายทอดพันธุกรรมของเซลล์ เป็นที่อยู่ของหน่วยพันธุกรรมหรือยีน (Gene) ที่ประกอบด้วยดีเอ็นเอ (Deoxyribonucleic Acid : DNA) ทำหน้าที่ในการควบคุมกำหนดลักษณะพันธุกรรม และถ่ายทอดข้อมูลนั้นไปสู่รุ่นถัดไป การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซมย่อมมีผลโดยตรงต่อการถ่ายทอดทางพันธุกรรมทำให้เกิดการแสดงออกในสิ่งมีชีวิตในรูปแบบที่แตกต่างกัน มีผลต่อการเจริญพัฒนา และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต (อมรา คัมภีรานนท์, 2546)

การศึกษาพันธุศาสตร์เซลล์ของปลาสะแกงยังไม่มีรายงาน มีเพียงรายงานในปลากระมัง (*P. proctozyson*) ซึ่งเป็นปลาที่อยู่ในสกุลเดียวกันเท่านั้น โดย Magtoon & Arai (1993) พบว่ามีโครโมโซมดิพลอยด์ (Diploid, $2n$) เท่ากับ 50 แห่ง ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริก 16 แห่ง ชนิดซับเมทาเซนทริก 10 แห่งชนิดอะโครเซนทริก 24 แห่ง และมีโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 76 และรายงานของ Supiwong, Tanomtong, & Supanuam (2012) พบว่า มีโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 50 แห่ง ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริก 6 แห่ง ชนิดซับเมทาเซนทริก 14 แห่งชนิดอะโคร

เซนทริก 12 แห่ง และเทโลเซนทริก 18 แห่ง และมีโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 82

ดังนั้น การศึกษาแคโรไทป์และอิดิโอแกรมมาตรฐานของปลาสะแกครั้งนี้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในพันธุศาสตร์ชั้นสูงและความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการในวงศ์ย่อยไซพรีนินและสามารถนำไปเป็นข้อมูลประกอบเพื่อการจำแนกทางอนุกรมวิธานต่อไป

2. วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาโครโมโซมของปลาสะแกในประเทศไทย โดยใช้เทคนิคการย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดา

2) เพื่อศึกษา จัดแคโรไทป์ และสร้างอิดิโอแกรมมาตรฐานของปลาสะแก

3. วิธีการศึกษา

3.1 การเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างปลาสะแกจากจังหวัดหนองคาย ประเทศไทย นำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการก่อนทดลอง 7 วัน

3.2 การเตรียมโครโมโซมจากไต ดัดแปลงจาก Gold, Shipley, & Powers (1990)

1) นำปลาสะแกจำนวน 8 ตัว ฉีดสารละลายไพลโตอีแมกกลูตินิน (PHA) เข้าช่องท้องของปลาแล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2) ฉีดโคลชิซิน (Colchicine) ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 เข้าช่องท้องของปลาแล้วทิ้งไว้วันน 2-4 ชั่วโมง ผ่าตัดนำไตมาสับให้ละเอียดในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 0.075 โมลาร์ (M) กรองเศษเซลล์แล้วเทตะกอนเซลล์ลงในหลอดปั่นเหวี่ยง (Centrifuge Tube) ขนาด 15 มิลลิลิตร และปั่นประมาณ 25-35 นาที

3) ทำการตรึงเซลล์ (Fixation) โดยเติมน้ำยาตรึงสภาพ (Methanol : Acetic = 3 : 1) ที่เตรียมใหม่ และเย็นจัด แล้วนำตะกอนเซลล์ไปปั่นที่ 1,200-1,500 รอบต่อนาที 10 นาที ทิ้งส่วนใสข้างบน แล้วเติมน้ำยาตรึงสภาพลงไป 7-8 มิลลิลิตร ปั่นอีก 2-3 ครั้ง เพื่อล้างตะกอนเซลล์จนได้ตะกอนขาวกั้นหลอด

4) ดูดและหยดสารละลายตะกอนเซลล์ลงบนสไลด์ที่แห้งและสะอาด โดยหยดเหนือสไลด์ประมาณ 10 เซนติเมตร เมื่อสไลด์แห้งที่อุณหภูมิห้องแล้ว นำมาตรวจโครโมโซมด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Light Microscope) เลือกสไลด์ที่เซลล์กระจายตัวดีไม่ซ้อนทับไว้ย้อมสีเพื่อศึกษาต่อไป

3.3 การย้อมสีโครโมโซม

ย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดาด้วยสีจิมซ่า ความเข้มข้นร้อยละ 20 ที่เตรียมจาก Stock Giemsa's Solution ใน Sorensen Buffer pH=6.8 นำสไลด์ที่เตรียมไว้มาย้อมเป็นเวลา 15 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำประปา ทั้งสไลด์ให้แห้ง

3.4 การตรวจสอบโครโมโซมเพื่อจัดแคริโอไทป์ และสร้างอิดิโอแกรมมาตรฐาน

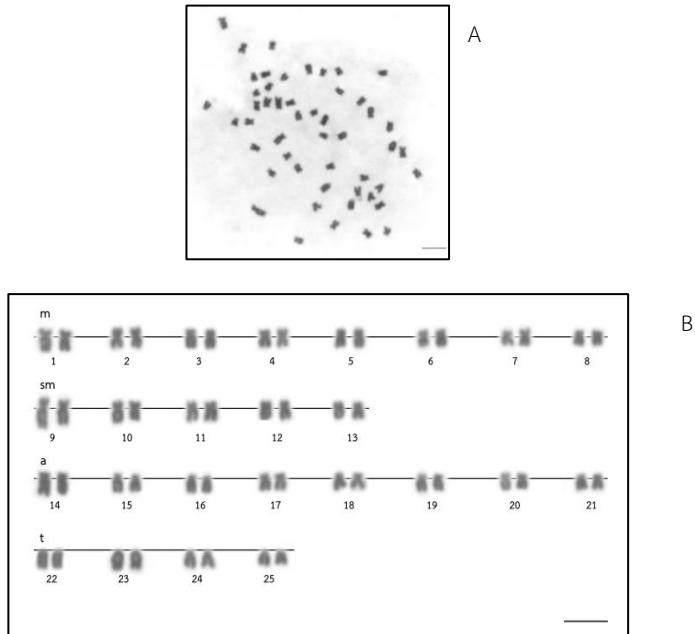
นำสไลด์ที่ย้อมด้วยสีจิมซ่ามาตรวจดูภายใต้ กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และถ่ายรูปด้วย กล้องดิจิทัลที่กำลังขยาย 1,000 เท่า นำภาพที่ได้ มาจับคู่โครโมโซมที่เหมือนกัน และศึกษา โครโมโซมโดยการหาค่าความยาวของแขน โครโมโซมข้างยาว (Long Arm; LA) ความยาวของแขนโครโมโซมข้างสั้น (Short Arm; Ls) และ คำนวณหาความยาวของโครโมโซมแต่ละแท่ง (Total Length; LT, $LT = L + L_s$) จากนั้น การ คำนวณหาค่าความยาวสัมพัทธ์ของโครโมโซม (Relative Length, RL) และ Centromeric Index (CI) เพื่อหาชนิดของโครโมโซม นำค่าที่หา ได้ทั้งหมดไปใช้ประกอบในการจัดทำแคริโอไทป์ และสร้างอิดิโอแกรมต่อไป ตามวิธีของ อลงกลด แทนออมทอง (2554)

4. ผลการศึกษา

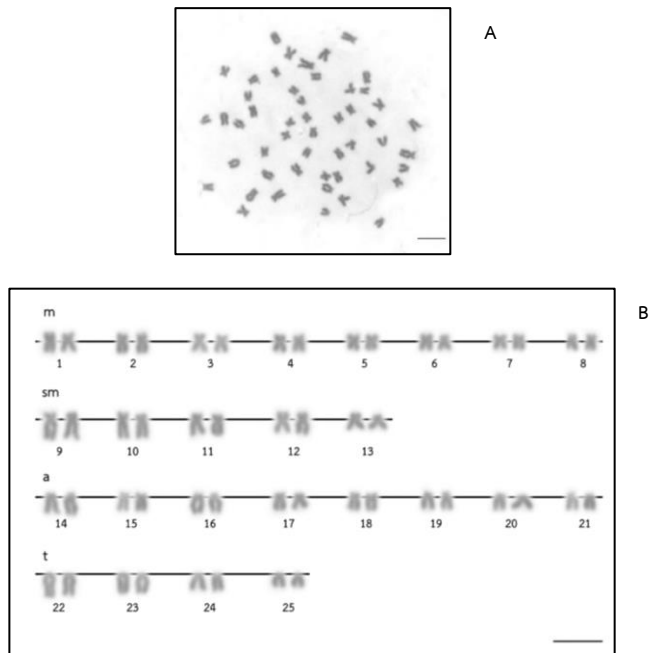
การศึกษาแคริโอไทป์ของปลาสะแกงจาก จังหวัดหนองคายโดยสีย้อมสีโครโมโซมแบบ ธรรมดา พบว่า มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ $2n = 50$ จำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่า 92 ทั้งเพศผู้ และเพศเมีย (ภาพที่ 2-3) ไม่สามารถระบุ โครโมโซมเพศได้ ปลาสะแกงมีแคริโอไทป์ ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 8 แท่ง อะโครเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง เทโลเซนทริก ขนาดใหญ่ 4 แท่ง เมทาเซนทริกขนาดกลาง 12 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดกลาง 2 แท่ง อะโคร เซนทริกขนาดกลาง 12 แท่ง และเทโลเซนทริก ขนาดกลาง 4 แท่ง (ภาพที่ 2-3)

อิดิโอแกรมมาตรฐานแสดงรูปร่างและขนาด ของโครโมโซมปลาสะแกงแสดงดังภาพที่ 4 ข้อมูลความยาวเฉลี่ยของโครโมโซม ความยาว โครโมโซมแขนข้างสั้น ความยาวโครโมโซมแขน ข้างยาว ความยาวโครโมโซมแต่ละแท่งความยาว สัมพัทธ์ของโครโมโซม และ Centromeric Index (CI) แสดงดังตารางที่ 1 สามารถสร้างสูตร แคริโอไทป์ของปลาสะแกงได้ดังนี้

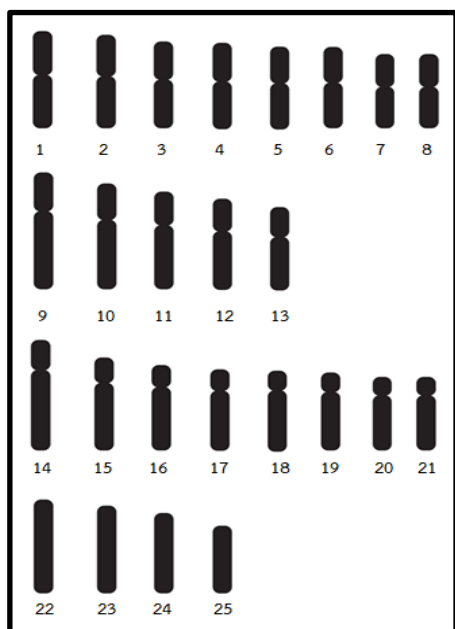
$$2n (50) = L_4^m + L_8^{sm} + L_4^a + L_4^t + M_{12}^m + M_2^{sm} + M_{12}^a + M_4^t$$



ภาพที่ 2 โครโมโซมระยะเมทาเฟส (A) และแคริโอไทป์ (B) ของปลาสะกาว (*P. falcifer*) เพศผู้ จากการย้อมสีแบบธรรมดา มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 50 แห่ง (สเกลบาร์ 2.5 ไมโครเมตร)



ภาพที่ 3 โครโมโซมระยะเมทาเฟส (A) และแคริโอไทป์ (B) ของปลาสะกาว (*P. falcifer*) เพศเมีย จากการย้อมสีแบบธรรมดา มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 50 แห่ง (สเกลบาร์ 2.5 ไมโครเมตร)



ภาพที่ 4 อิติโอแกรมมาตรฐานของปลาสะแกง (*Puntioplites falcifer*) ที่พบในประเทศไทย โดยการย้อมสีแบบธรรมดาจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 50

ตารางที่ 1

ความยาวเฉลี่ยของโครโมโซม ความยาวโครโมโซมแขนข้างสั้น (Ls), ความยาวโครโมโซมแขนข้างยาว (LI), ความยาวโครโมโซมแต่ละแท่ง (LT), ค่าความยาวสัมพันธ์ของโครโมโซม (Relative Length, RL), Centrometric Index (CI) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของ RL และ CI จากระยะเมทาเฟส 10 เซลล์ของปลาสะแกง (*P. falcifer*) จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 50 แท่ง

Chromosome Pair	Ls	LI	LT	RL±SD	CI±S	Size	Type
1	0.94173	1.14400	2.08573	0.045±0.004	0.548±0.020	Large	metacentric
2	0.89217	1.11408	2.00625	0.043±0.002	0.555±0.020	Large	metacentric
3	0.81987	1.04250	1.86237	0.040±0.001	0.558±0.029	Medium	metacentric
4	0.83505	1.02351	1.85857	0.040±0.002	0.551±0.020	Medium	metacentric
5	0.78733	0.98874	1.77606	0.038±0.002	0.556±0.018	Medium	metacentric
6	0.76743	0.97680	1.74423	0.037±0.001	0.560±0.014	Medium	metacentric
7	0.71689	0.93025	1.64714	0.035±0.003	0.564±0.028	Medium	metacentric
8	0.70283	0.88746	1.59029	0.034±0.002	0.558±0.020	Medium	metacentric
9	0.83769	1.68388	2.52157	0.054±0.004	0.665±0.028	Large	submetacentric
10	0.78493	1.49717	2.28211	0.049±0.003	0.655±0.026	Large	submetacentric
11	0.72520	1.37967	2.10487	0.045±0.003	0.654±0.029	Large	submetacentric

Chromosome Pair	Ls	LI	LT	RL±SD	Cl±S	Size	Type
12	0.70463	1.26537	1.96999	0.042±0.003	0.643±0.028	Large	submetacentric
13	0.64521	1.15112	1.79634	0.038±0.003	0.639±0.033	Medium	submetacentric
14	0.64499	1.72939	2.37438	0.051±0.005	0.728±0.025	Large	acrocentric
15	0.54423	1.45184	1.99607	0.042±0.004	0.730±0.029	Large	acrocentric
16	0.47213	1.36065	1.83278	0.039±0.002	0.741±0.039	Medium	acrocentric
17	0.45819	1.29194	1.75013	0.037±0.002	0.756±0.044	Medium	acrocentric
18	0.42200	1.31355	1.73555	0.037±0.002	0.738±0.041	Medium	acrocentric
19	0.41480	1.25630	1.67109	0.036±0.002	0.753±0.036	Medium	acrocentric
20	0.41754	1.19740	1.61495	0.034±0.002	0.741±0.031	Medium	acrocentric
21	0.39458	1.18164	1.57622	0.034±0.003	0.751±0.041	Medium	acrocentric
22	0.00000	2.01371	2.01371	0.043±0.003	1.000±0.000	Large	telocentric
23	0.00000	1.88247	1.88247	0.040±0.002	1.000±0.000	Large	telocentric
24	0.00000	1.72464	1.72464	0.037±0.003	1.000±0.000	Medium	telocentric
25	0.00000	1.45226	1.45226	0.031±0.002	1.000±0.000	Medium	telocentric

5. การอภิปรายและสรุปผล

จากการศึกษาแคโรไทป์และอิดิโอแกรมมาตรฐานของปลาสะแกงที่พบในประเทศไทย ในการศึกษาครั้งนี้เป็นรายงานแรก พบว่า มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 50 แท่ง ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับปลากระมังซึ่งเป็นปลาที่อยู่ในสกุลเดียวกับปลาสะแกง (Magtoon & Arai 1993; Supiwong, Tanomtong, & Supanuam, 2012) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับปลาหลาย ๆ ชนิดในวงศ์ย่อยไซพรีนิเน (เกรียงไกร สีตะพันธ์, 2552) แต่แตกต่างจากปลาในสกุลปลาพลวง เช่น *Torsoro* และ *T.*

douronensis มีจำนวนโครโมโซม $2n = 100$ (เกรียงไกร สีตะพันธ์, 2552) จากจำนวนโครโมโซมของปลาวงศ์ปลาตะเพียนเป็นปลาที่ยังคงมีจำนวนมิโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับของบรรพบุรุษ คือ เท่ากับ 50 จัดเป็นปลาที่มีวิวัฒนาการอย่างช้า ๆ ลักษณะนี้ถือเป็นลักษณะโบราณ (Primitive Stage)

จำนวนโครโมโซมพื้นฐานของปลาสะแกงที่เท่ากับ 92 ทั้งเพศผู้และเพศเมียมีความแตกต่างจากปลากระมังตามรายงานของ Magtoon & Arai (1993) ที่รายงานว่าปลากระมังมีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 76 และยังต่างจากรายงานของ Supiwong et al.

(2012) ที่รายงานจำนวนโครโมโซมพื้นฐานของปลากระมังเท่ากับ 82 และ เกรียงไกร สีตะพันธุ์ (2552) รายงานจำนวนโครโมโซมพื้นฐานของปลาในวงศ์ปลาตะเพียนอยู่ในช่วง 54-190 โครโมโซมเพศของปลาสะแกงไม่สามารถระบุได้ สอดคล้องกับรายงานของ Magtoon & Arai (1989, 1993) และ จันทิมา ปิยะพงษ์ (2542) ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าโครโมโซมเพศของปลายังอยู่ในขั้นต้นของกระบวนการเปลี่ยนแปลงพัฒนา ารกำหนดเพศอาจถูกกำหนดโดยยีนที่อยู่บนโครโมโซมแท่งใดแท่งหนึ่งซึ่งไม่สามารถตรวจพบได้ในระดับพันธุศาสตร์เซลล์ (อุทัยรัตน์ ณ นคร, 2543)

แคโรไทป์ของปลาสะแกงประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 8 แท่ง อะโครเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง เทโลเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง เมทาเซนทริกขนาดกลาง 12 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดกลาง 2 แท่ง อะโครเซนทริกขนาดกลาง 12 แท่ง และเทโลเซนทริกขนาดกลาง 4 แท่ง สามารถเขียนสูตรแคโรไทป์ได้ดังนี้

$$2n (50) = L^m_4 + L^{sm}_8 + L^a_4 + L^t_4 + M^m_{12} + M^{sm}_2 + M^a_{12} + M^t_4$$

จากศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลแคโรไทป์ของปลาสะแกงและกระมัง ถึงแม้ว่าทั้งสองชนิดจะอยู่ในสกุลเดียวกันแต่พบว่ามีความแตกต่างกัน ดังนั้น ข้อมูลพันธุศาสตร์เซลล์นี้จะเป็นประโยชน์ต่อการประยุกต์ใช้ด้านอนุกรมวิธาน โดยอาจศึกษาเพิ่มเติมโดยการย้อมสีแบบบอร์

โครโมโซมเครื่องหมายหรือย้อมสีบนโครโมโซมด้วยเทคนิคพิซเพื่อศึกษาตำแหน่งของโครโมโซมเครื่องหมายหรือตรวจสอบความผิดปกติของโครโมโซมต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณการสนับสนุนทุนจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) โครงการส่งเสริมการผลิตครูผู้ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ขออาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษา ตลอดจนความช่วยเหลือตลอดการวิจัยจากเพื่อน พี่ น้องนักศึกษาพันธุศาสตร์เซลล์ทุกท่าน และภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงไกร สีตะพันธุ์ (2552). ความหลากหลายของโครโมโซมของปลาน้ำจืดในประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข.*, 37, 1-12.
- จันทิมา ปิยะพงษ์ (2542). *แคโรไทป์และการกระจายของบริเวณนิวคลีโอไล์สอออกาในเซอ์ของปลาตะเพียน 4 ชนิด ในประเทศไทย* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชวลิต วิทยานนท์. (2548). *ปลาน้ำจืดไทย* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์.

- สุภาพร สุกสีเหลือง. (2549). *มีนวิทยา*.
กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ
- อมรา คัมภีรานนท์. (2546). *พันธุศาสตร์ของ
เซลล์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อลงกลด แทนอมทอง. (2554). *พันธุศาสตร์
เซลล์*. ขอนแก่น: โรงพิมพ์ ม.ขอนแก่น.
- อุทัยรัตน์ ณ นคร. (2543). *พันธุศาสตร์สัตว์น้ำ
(พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: พิมพ์ลักษณ์.
- Gold, J. R., Li, Y. C., Shipley, N. S., &
Powers, P. K. (1990). Improved
methods for working with fish
chromosomes with a review of
metaphase chromosome banding.
Journal of Fish Biology, 37, 563-575.
- Magtoon, W., & Arai, R. (1989).
Karyotypes of five *Puntius* species
and one *Cyclocheilichthys* species
(Pisces, Cyprinidae) from Thailand.
Bull. Natn 15, 167-175.
- Magtoon, W., & Arai, R. (1993).
Karyotypes and distribution of
nucleolus organizer regions in
cyprinid fishes from Thailand.
Japan. J. Ichthyol, 40, 77-85.
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the World*
(4thEd.), London: John Wiley & Sons.
- Supiwong, W., Tanomtong, A., &
Supanuam, P. (2012). A discovery of
nucleolar organizer regions (NORs)
polymorphism and karyological
analysis of Smith's barb,
Puntioplites proctozysron
(Cyprinidformes, Cyprinidae) in
Thailand. *Cytologia*, 77(1), 35-42.