



พันธุศาสตร์ระดับเซลล์ของปลาแรด (*Osphronemus goramy*)  
จากการย้อมสีแบบจิมซ่า  
Cytogenetics of Giant Gourami (*Osphronemus goramy*)  
using Giemsa's Staining

อนันต์ เคนท้าว<sup>1</sup> และ ประวีร์ณ สุพรรณอ่วม<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อ.เมือง จ.พิจิตร 65000

<sup>2</sup>สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อ.เมือง จ.อุบลราชธานี 34000

\*Corresponding Author, E-mail: supanuum@hotmail.com

Received: 15 November 2018 | Revised: 24 January 2019 | Accepted: 25 February 2019

#### บทคัดย่อ

การศึกษาพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ของปลาแรด *Osphronemus goramy* ที่เก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติในเขตจังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้ตัวอย่างทั้งหมด 10 ตัว แบ่งเป็นเพศผู้ 10 ตัว และเพศเมีย 10 ตัว เตรียมโครโมโซมโดยตรงจากเนื้อเยื่อไตและเหงือก ย้อมสีโครโมโซมระยะเมทาเฟสโดยใช้สีจิมซ่า 20% ศึกษาแคริโอไทป์และไอดีโอแกรมมาตรฐาน ผลการศึกษาว่าปลาแรดมีโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 48 แห่ง ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเทโลเซนทริกขนาดใหญ่ 32 แห่ง เทโลเซนทริกขนาดกลาง 14 แห่ง และเทโลเซนทริกขนาดเล็ก 2 แห่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 48 ทั้งเพศผู้และเพศเมีย ไม่พบความแตกต่างของโครโมโซมเพศสามารถเขียนสูตรแคริโอไทป์ได้ดังนี้

$$2n = 48 = L_{32}^t + M_{14}^t + S_2^t$$

#### ABSTRACT

Cytogenetics of giant gourami (*Osphronemus goramy*) collected from natural habitat in Ubon Ratchathani province was studied. Twenty individuals comprising of 10 male and 10 female fish were used as analyzed specimens. Chromosomes were prepared from kidney and gill tissues by direct method. Twenty percent Giemsa's staining was applied to stain the mitotic chromosomes. The standardized karyotype and idiogram were the evaluated. The results showed that diploid chromosome of *O. goramy* was  $2n=48$ . The autosomes consist of 32 large telocentric, 14 medium telocentric, 2 small telocentric chromosomes. Fundamental number (NF) was 48 both of male and female. There was no significant difference in sex chromosome. The karyotype formula is as follows:

$$2n = 48 = L_{32}^t + M_{14}^t + S_2^t$$

คำสำคัญ: แคริโอไทป์ ไอดีโอแกรม โครโมโซม ปลาแรด

Keywords: Karyotype, Idiogram, Chromosome, Giant gourami

## บทนำ

ปลาแรด *Osphronemus goramy* จัดอยู่ในวงศ์ (family) Osphronemidae ปลาแรดเป็นปลาน้ำจืดขนาดใหญ่ ชนิดหนึ่ง มีถิ่นกำเนิดแถบหมู่เกาะสุมาตรา ชวา และบอร์เนียว ประเทศอินโดนีเซีย ในประเทศไทยพบกระจายอยู่ทั่วไปตามแหล่งน้ำต่างๆ เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำโขง แม่น้ำป่าสัก แม่น้ำตาปี และแม่น้ำสะแกกรัง เป็นต้น ซึ่งปลาในวงศ์นี้แบ่งเป็น 3 วงศ์ย่อย (subfamily) คือ วงศ์ย่อย Osphroneminae ที่มีสกุลเดียว คือ *Osphronemus* ซึ่งประกอบด้วยปลาแรด (*O. goramy*) ปลาแรดแม่น้ำโขง (*O. exodon*) พบเฉพาะในแม่น้ำโขง ปลาแรดแดง (*O. laticlavus*) และปลาแรดหกขีด (*O. septemfasciatus*) ซึ่งพบเฉพาะที่บอร์เนียว ชวา และสุมาตราของประเทศอินโดนีเซีย วงศ์ย่อย Macropodusinae พบ 2 สกุล คือ *Betta* (สกุลปลากัด) และ *Trichopsis* (สกุลปลากุกริม) และวงศ์ย่อย Luciocephalinae พบสกุลเดียว คือ *Trichogaster* (สกุลปลากะต๋) (ชวลิต, 2548; ธงชัย, 2558; Roberts, 1994)

รายงานการศึกษาโครโมโซมของปลาแรดมีเพียง 2 รายงาน คือ ธวัชและคณะ (2549) และ Yongle et al. (2002) มีการรายงานข้อมูลแคโรไทป์ จำนวนโครโมโซม ดิพลอยด์ จำนวนแขนของโครโมโซม และชนิดของโครโมโซม เป็นต้น รายงานทางด้านพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ของปลาแรดที่มีมาก่อนหน้านี้นี้ยังไม่มีการศึกษาโครโมโซม การจัดขนาดของโครโมโซม ไอดิโอแกรม และสูตรแคโรไทป์ การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแคโรไทป์ และไอดิโอแกรมมาตรฐานของปลาแรด รวมถึงรายงานจำนวนโครโมโซม จำนวนแขนของโครโมโซมหรือจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (fundamental number, NF) ขนาดและชนิดของโครโมโซม และสูตรแคโรไทป์ รวมทั้งเปรียบเทียบกับรายงานเซลล์พันธุศาสตร์ของปลาแรดและปลาชนิดอื่นที่ใกล้เคียงกัน ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอนุกรมวิธาน การระบุชนิด การจัดจำแนก ลักษณะทางพันธุกรรม และการศึกษาวิวัฒนาการ

## วิธีดำเนินการวิจัย

เก็บตัวอย่างปลาแรดจากแหล่งน้ำธรรมชาติ จังหวัดอุบลราชธานี สังเกตลักษณะต่างๆ ของปลา แล้วนำตัวอย่างมาระบุ

ชนิดโดยใช้รูปวิธานดังต่อไปนี้ Rainboth (1996) และ Kottelat (2001) การศึกษาโครโมโซมระยะเมทาเฟส และแคโรไทป์ มาตรฐานของปลาแรด ใช้ตัวอย่างปลาเพศผู้ 10 ตัว และเพศเมีย 10 ตัว นำตัวอย่างปลามาชั่งน้ำหนัก แล้วทำการฉีดสารละลายโคลชิซิน (colchicine) ความเข้มข้น 0.05% ปริมาณที่ฉีดคือ 1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักตัว ผ่าตัดเอาเหงือกและไต เตรียมโครโมโซมโดยใช้เทคนิคฟิกเซชัน-แอร์-ตรายอิง ตามวิธีของอลงกลด (2554) ย้อมสีโครโมโซมด้วยจิมซา 20% นาน 30 นาที จัดทำแคโรไทป์และไอดิโอแกรมมาตรฐาน จากเซลล์ระยะเมทาเฟสจำนวน 20 เซลล์ พร้อมทั้งวัดค่าต่างๆ ของโครโมโซม ได้แก่ ความยาวแขนข้างสั้น แขนข้างยาว ความยาวโครโมโซมทั้งหมด ค่า Relative length ค่า Centromeric index ขนาดและชนิดของโครโมโซม และสูตรแคโรไทป์ ตามวิธีของกันยารัตน์ (2532) และอลงกลด (2554)

## ผลการวิจัย

ปลาแรดเป็นปลาที่มีรูปร่างป้อมสั้น ลำตัวแบนข้าง ตาเล็ก หน้าผากโค้ง หัวมีขนาดเล็ก ปากเล็กเฉียงขึ้นสามารถยึดหูดได้ มีเกล็ดขนาดใหญ่ ครีบท้องมีขนาดเล็ก ก้านครีบท้องเปลี่ยนรูปเป็นรยางค์ยาว มีลำตัวสีน้ำตาลอ่อนอมแดงหรือเขียวมะกอก มีแถบสีดำเข้มพาดขวางตามลำตัวจำนวน 8-10 แถบ ครีบหางกลมเล็กปลายมน ที่โคนครีบหางมีจุดสีดำข้างละ 1 จุด (รูปที่ 1)

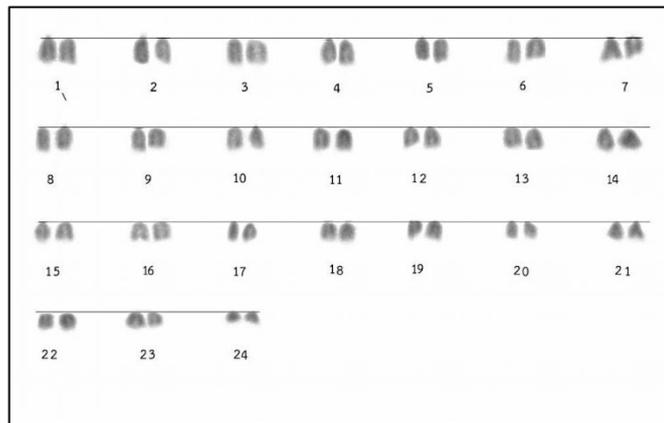
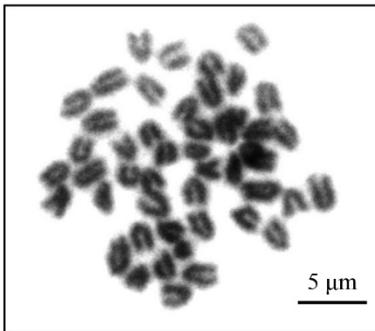
การนับจำนวนโครโมโซมเซลล์ระยะเมทาเฟสจำนวน 70 เซลล์ พบว่าเซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ( $2n$ ) เท่ากับ 48 แห่ง มีความถี่มากที่สุดคือ 51 เซลล์ เซลล์อื่นๆ พบ  $2n=36, 42, 46, 50$  และ  $52$  โดยมีความถี่เท่ากับ 2, 4, 7, 6 และ 5 เซลล์ ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าปลาแรดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี  $2n=48$  (รูปที่ 2)

ปลาแรดจากจังหวัดอุบลราชธานีมีโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 48 แห่ง ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเทโลเซนทริกขนาดใหญ่ 32 แห่ง เทโลเซนทริกขนาดกลาง 14 แห่ง และเทโลเซนทริกขนาดเล็ก 2 แห่ง (ตารางที่ 1) มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 48 ทั้งเพศผู้และเพศเมีย ไม่พบความแตกต่างของโครโมโซมเพศ ไอดิโอแกรมของปลาแรดดังรูปที่ 3

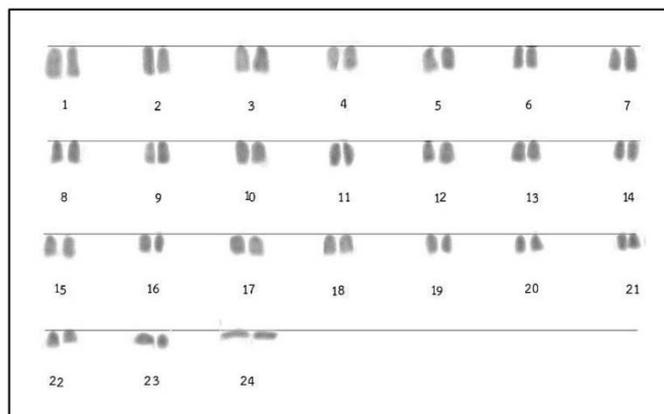
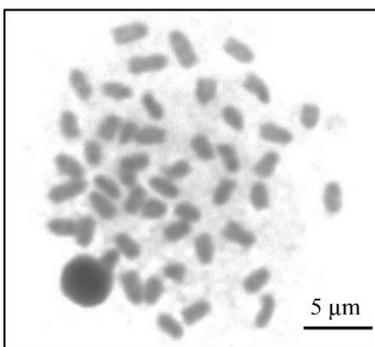


รูปที่ 1 ลักษณะภายนอกด้านข้างของปลาแรด (*Osphronemus goramy*) สเกลบาร์ 1 ซม.

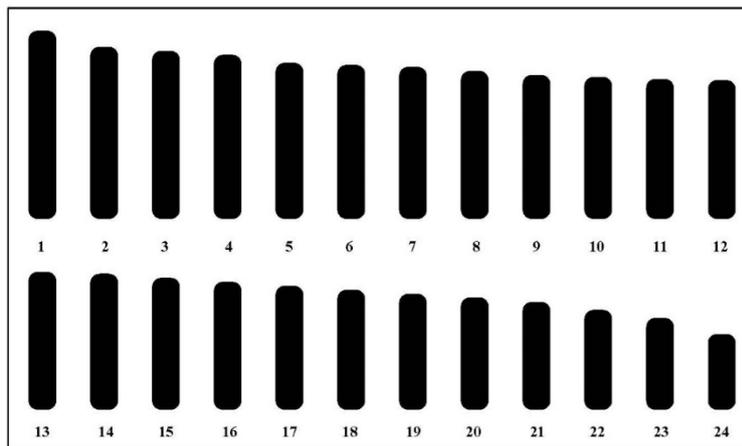
ก



ข



รูปที่ 2 เมทาเฟสและแคโริโอไทป์ของปลาแรด (*O. goramy*,  $2n=48$ ) เพศผู้ (ก) และเพศเมีย (ข) จากการย้อมสีโครโมโซมแบบจิมซ่า (สเกลบาร์ 5 ไมครอน)



รูปที่ 3 ไอดิโอแกรมของปลาแรด (*O. goramy*,  $2n=48$ ) ด้วยวิธีการย้อมสีแบบจิมซา

### วิจารณ์ผลการวิจัย

ปลาแรดจากจังหวัดอุบลราชธานีมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ( $2n$ ) เท่ากับ 48 แท่ง (24 คู่) โครโมโซมประกอบด้วยชนิดเทโลเซนทริก (telocentric) ที่มีแขนเพียงข้างเดียว (mono-arm) จำนวน 48 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 48 สอดคล้องกับรายงานของธวัชและคณะ (2549) ที่รายงานว่าปลาแรดจากจังหวัดนครสวรรค์มี  $2n=48$  แคริโอไทป์ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดอะโครเซนทริก (acrocentric) หรือเทโลเซนทริกที่มีแขนเพียงข้างเดียวจำนวน 48 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 48 ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Yongle et al. (2002) ที่ศึกษาปลาแรดจากมณฑลเจ้อเจียง ประเทศจีน พบว่า  $2n=48$  แคริโอไทป์ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนทริก (submetacentric) ที่มี 2 แขน 2 แท่ง และเทโลเซนทริก 46 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 50 ความแตกต่างของแคริโอไทป์ปลาแรดนี้สันนิษฐานได้ว่าอาจเกิดจากการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์ (geographic isolation) โดยปลาแรดที่พบในประเทศไทยมีความใกล้ชิดกันทางภูมิศาสตร์มากกว่าประเทศจีน จึงมีแคริโอไทป์ที่ใกล้เคียงกันมากกว่า ปลาแรดจากประเทศจีนมีโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนทริก 1 คู่ แทนโครโมโซมชนิดเทโลเซนทริก 1 คู่ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมอาจเกิดจากกระบวนการต่อสลับแบบมีเซนโทรเมียร์ร่วมด้วย (pericentric

inversion) จากโครโมโซมชนิดเทโลเซนทริกกลายเป็นชนิดซับเมทาเซนทริก และทำให้จำนวนแขนของโครโมโซมเพิ่มขึ้นไปอีก 2 แขน และทำให้จำนวนโครโมโซมพื้นฐานเปลี่ยนแปลงจาก 48 เป็น 50 (อลงกลด, 2554; Supiwong et al., 2013; Yongle et al., 2002)

ปลาแรดมีโครโมโซมร่างกายแบ่งออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก โดยโครโมโซมขนาดใหญ่มีความยาวระหว่าง 2.06-3.06 ไมครอน โครโมโซมขนาดกลางมีความยาวระหว่าง 1.48-1.98 ไมครอน และโครโมโซมขนาดเล็กมีความยาวน้อยกว่า 1.22 ไมครอน โครโมโซมของปลาแรดประกอบด้วยโครโมโซมเทโลเซนทริกขนาดใหญ่ 32 แท่ง เทโลเซนทริกขนาดกลาง 14 แท่ง เทโลเซนทริกขนาดเล็ก 2 แท่ง (ตารางที่ 1) การศึกษาครั้งนี้เป็นการวัดขนาดของโครโมโซมครั้งแรกของปลาแรด ซึ่งรายงานของ ธวัชและคณะ (2549) และ Yongle et al. (2002) ไม่มีการวัดขนาดของโครโมโซม

การศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของโครโมโซมระหว่างปลาแรดเพศผู้ และเพศเมียจึงทำให้ไม่สามารถระบุโครโมโซมเพศของปลาแรดได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาของธวัชและคณะ (2549) และ Yongle et al. (2002) ที่ไม่พบโครโมโซมเพศของปลาแรดเช่นกัน โดยการกำหนดเพศอาจถูกกำหนดโดยยีนซึ่งอยู่บนโครโมโซมแท่งใดแท่งหนึ่ง ซึ่งไม่สามารถตรวจพบได้ในระดับเซลล์พันธุศาสตร์ (อุทัยรัตน์, 2543)

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ยความยาวของแขนโครโมโซมข้างสั้น (short arm; Ls), ความยาวของแขนโครโมโซมข้างยาว (long arm; LL), ความยาวทั้งหมดของโครโมโซมแต่ละคู่ (total length; LT), ค่า relative length (RL), ค่า centromeric index (CI), ขนาดและชนิดของโครโมโซมแต่ละแท่งจากเซลล์ระยะเมทาเฟสทั้งหมด 40 เซลล์ ของปลาแรด (*O. goramy*,  $2n=48$ )

คู่ที่	Ls	LL	LT	CI±SD	RL±SD	ขนาด	ชนิด
1	0.00	3.06	3.06	1.000 ± 0.000	0.058±0.003	ใหญ่	เทโลเซนตริก
2	0.00	2.82	2.82	1.000 ± 0.000	0.054±0.003	ใหญ่	เทโลเซนตริก
3	0.00	2.70	2.70	1.000 ± 0.000	0.051±0.002	ใหญ่	เทโลเซนตริก
4	0.00	2.62	2.62	1.000± 0.000	0.049±0.001	ใหญ่	เทโลเซนตริก
5	0.00	2.54	2.54	1.000 ± 0.000	0.048±0.001	ใหญ่	เทโลเซนตริก
6	0.00	2.50	2.50	1.000 ± 0.000	0.047±0.001	ใหญ่	เทโลเซนตริก
7	0.00	2.44	2.44	1.000 ± 0.000	0.046±0.001	ใหญ่	เทโลเซนตริก
8	0.00	2.38	2.38	1.000 ± 0.000	0.045±0.001	ใหญ่	เทโลเซนตริก
9	0.00	2.34	2.34	1.000 ± 0.000	0.044±0.001	ใหญ่	เทโลเซนตริก
10	0.00	2.30	2.30	1.000 ± 0.000	0.043±0.001	ใหญ่	เทโลเซนตริก
11	0.00	2.26	2.28	1.000± 0.000	0.043±0.001	ใหญ่	เทโลเซนตริก
12	0.00	2.28	2.26	1.000 ± 0.000	0.043±0.001	ใหญ่	เทโลเซนตริก
13	0.00	2.20	2.20	1.000 ± 0.000	0.041±0.001	ใหญ่	เทโลเซนตริก
14	0.00	2.16	2.16	1.000 ± 0.000	0.041±0.001	ใหญ่	เทโลเซนตริก
15	0.00	2.10	2.10	1.000 ± 0.000	0.039±0.001	ใหญ่	เทโลเซนตริก
16	0.00	2.06	2.06	1.000 ± 0.000	0.039±0.001	ใหญ่	เทโลเซนตริก
17	0.00	1.98	1.98	1.000 ± 0.000	0.037±0.001	กลาง	เทโลเซนตริก
18	0.00	1.94	1.94	1.000 ± 0.000	0.036±0.001	กลาง	เทโลเซนตริก
19	0.00	1.88	1.88	1.000 ± 0.000	0.035±0.001	กลาง	เทโลเซนตริก
20	0.00	1.80	1.80	1.000 ± 0.000	0.034±0.001	กลาง	เทโลเซนตริก
21	0.00	1.72	1.72	1.000 ± 0.000	0.032±0.002	กลาง	เทโลเซนตริก
22	0.00	1.62	1.62	1.000 ± 0.000	0.031±0.002	กลาง	เทโลเซนตริก
23	0.00	1.48	1.48	1.000 ± 0.000	0.028±0.002	กลาง	เทโลเซนตริก
24	0.00	1.22	1.22	1.000 ± 0.000	0.023±0.002	เล็ก	เทโลเซนตริก

การศึกษาพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ของปลาสกุล *Osphronemus* ชนิดอื่นเพิ่มเติม มีเพียงรายเดียว คือ ธวัชและคณะ (2549) ศึกษาแคริโอไทป์ของปลาแรดแม่น้ำโขง (*O. exodon*) และปลาแรดแดง (*O. laticlavus*) พบว่าปลาแรดแม่น้ำโขงมี  $2n=48$  แคริโอไทป์ประกอบด้วยโครโมโซมร่างกายชนิดเทโลเซนตริกทั้ง 48 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 48 ไม่พบโครโมโซมเพศ และปลาแรดแดงมี  $2n=48$  แคริโอไทป์ประกอบด้วยโครโมโซมร่างกายชนิดซับเมทาเซนตริก 2 แท่ง เทโลเซนตริกทั้ง 46 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 50 ไม่พบโครโมโซมเพศ (ตารางที่ 2)

รายงานการศึกษาแคริโอไทป์ของปลาอื่นๆ ในวงศ์ Osphronemidae ที่พบในประเทศไทย ได้แก่ รายงานแคริโอ

ไทป์ของปลาสกุล *Trichogaster* ของธวัชและคณะ (2530) วชิราภรณ์ (2543) เกரியงไกรและมลฤดี (2549) วิเชียรและคณะ (2550) และ Supiwong et al. (2013) ที่พบว่าปลากระตี่นาง (*T. microlepis*) ปลากระตี่หม้อ (*T. trichopterus*) ปลากระตี่มุก (*T. leeri*) และปลาสลิด (*T. pectoralis*) มี  $2n=46$  เท่ากันทั้งสี่ชนิด รายงานแคริโอไทป์ของปลาสกุล *Betta* ได้แก่ ปลากัดเขี้ยวหรือปลากัดอีสาน (*B. smaragdina*) ปลากัดยักษ์ (*B. sp. giant strain*) ปลากัดหม้อ (*B. splendens* short-finned) ปลากัดจีน (*B. splendens* long-finned) และปลากัดภาคใต้ (*B. imbellis*) มี  $2n=42$  ปลากัดหัวโม่ง (*B. prima*) มี  $2n=34$  แท่ง และปลากัดกระป๋อง (*B. simplex*) มี  $2n=44$  ปลาสกุล *Trichopsis* ได้แก่ ปลากัดริมสี (*T. pumila*) และกริมอีสาน

(*T. schalleri*) ปลากริมควาย (*T. vittatus*) มี  $2n=46$  เท่ากันทุกชนิด (ธวัชและคณะ, 2552; รตพลและอภิรัตน์, 2555; วิไลลักษณ์และณัฐฐา, 2556; วิเชียรและคณะ, 2550; ศรีนัยและประวีร์ณ, 2560; Amini and Sokoot, 2013; Grazyna et al., 2008; Ratanatham and Patinawin, 1979)

แคโรโอไทป์ของปลาแรดสกุล *Osphronemus* ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดแชนเดียว (เทโลเซนทริก หรืออะโครเซนทริก) เป็นจำนวนมาก และมีจำนวนโครโมโซมมากที่สุดในช่วงศ์ *Osphronemidae* คือ  $2n=48$  ซึ่งจัดว่ามีแคโรโอไทป์เป็นแบบโบราณ และมีความใกล้เคียงกับแคโรโอไทป์ของบรรพบุรุษ (ancestral karyotype) มากที่สุด คือ  $2n=48$  และเป็นชนิดเทโลเซนทริกทั้งหมด ได้แก่ ปลาแรด และปลาแรดแม่น้ำโขง ส่วนปลาแรดแดงที่มีโครโมโซมชนิดซับเมทาเซนทริก 1 คู่ อาจเกิดจากกระบวนการต่อสลับแบบมีเซนโทรเมียร์ร่วมด้วย จากโครโมโซมชนิดเทโลเซนทริก 1 คู่ กลายเป็นซับเมทาเซนทริก 1 คู่ ปลาในสกุล *Trichogaster* มีโครโมโซม  $2n=46$  โดยเป็นชนิดเทโลเซนทริกทั้งหมด แต่มีการลดลงของโครโมโซม 1 คู่ คาดว่าอาจเกิดจากกระบวนการเชื่อมกันแบบแทนเต็ม (tandem fusion) จากชนิดเทโลเซนทริก 2 คู่ เหลือเพียงแค่คู่เดียว (เกรียงไกรและมฤดี, 2549; วิเชียรและคณะ, 2550; Supiwong et al., 2013)

ปลาในสกุล *Trichopsis* มี  $2n=46$  มีแคโรโอไทป์ 2 แบบ คือ ชนิดเทโลเซนทริกทั้งหมด ได้แก่ ปลากริมฮิสาน และปลากริมควาย และแคโรโอไทป์แบบมีโครโมโซมชนิดเมทาเซน-ทริก 1 คู่ และที่เหลือเป็นชนิดเทโลเซนทริกทั้งหมด ได้แก่ ปลากริมสี กลุ่มที่มีแคโรโอไทป์เป็นแบบเทโลเซนทริกทั้งหมดคาดว่าอาจเกิดจากการเชื่อมกันแบบแทนเต็มเช่นเดียวกับปลาสกุล *Trichogaster* ส่วนแคโรโอไทป์ที่มีโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกด้วย อาจเกิดจากโครโมโซมชนิดเทโลเซนทริก 2 คู่ ที่มีขนาดใกล้เคียงกันของบรรพบุรุษเชื่อมกันที่ตำแหน่งเซนโทรเมียร์ (centric fusion) กลายเป็นโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริก 1 คู่ (ธวัชและคณะ, 2552; วิเชียรและคณะ, 2550)

ปลากัดสกุล *Betta* มีแคโรโอไทป์ที่หลากหลาย มี  $2n=34, 42$  และ  $44$  รวมทั้งมีโครโมโซมทั้งชนิดเมทาเซนทริก ซับเมทาเซนทริก ซับเทโลเซนทริก อะโครเซนทริก และเทโลเซนทริก ซึ่งแคโรโอไทป์ค่อนข้างมีความผันแปรมาก โดยการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมอาจเกิดจากหลายสาเหตุ และอาจมีหลายขั้นตอน เป็นไปได้ทั้งกระบวนการต่อสลับ (inversion) การแยก (fission) การรวม (fusion) และการแลกเปลี่ยนส่วนโครโมโซมต่างคู่ (reciprocal translocation) ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมหรือวิวัฒนาการของโครโมโซมของปลาวงศ์นี้เป็นเพียงสมมติฐานเท่านั้น ซึ่งอาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เช่น การย้อมแถบสีแบบจี (G-banding) หรือแถบสีแบบอาร์ (R-banding) เพื่อเปรียบเทียบแถบสีบนโครโมโซม การย้อมแถบสีแบบนอร์ (NOR-banding) เพื่อดูตำแหน่งยีนที่สร้าง rRNA หรือเทคนิคฟลูออเรสเซนส์อินซิทูไฮบริไดเซชัน (fluorescence *in situ* hybridization) เพื่อเปรียบเทียบลำดับดีเอ็นเอที่เหมือนกันบนโครโมโซม ซึ่งเทคนิคเหล่านี้สามารถทำให้ข้อมูลวิวัฒนาการของโครโมโซมในปลาวงศ์นี้ให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น (อลงกลด, 2554; ศรีนัยและประวีร์ณ, 2560; Amini and Sokoot, 2013; Grazyna et al., 2008)

ข้อมูลทางพันธุศาสตร์ระดับเซลล์นำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชหรือพันธุ์สัตว์ เช่น การเพิ่มจำนวนชุดของโครโมโซม (polyploid) ในปลาดุกบ้าน (*Clarias batrachus*) การจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตตามอนุกรมวิธาน ช่วยในการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตที่มีสัณฐานวิทยาค้ำยกันมาก จนไม่สามารถจำแนกความแตกต่างได้ เช่น วงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) ช่วยตรวจสอบความผิดปกติของโครโมโซมที่อาจเกิดจากความบกพร่องทางพันธุกรรม หรือเกิดจากความเป็นพิษของสิ่งแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตนั้นอาศัยอยู่ และยังช่วยการศึกษาวิวัฒนาการของโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตที่มีความใกล้เคียงกัน (อมรา, 2546; ออลงกลด, 2556; อุทัยรัตน์, 2538)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบแคโรไทป์ของปลาในวงศ์ Osphronemidae ที่พบในประเทศไทย

species	2n	NF	Chromosome types				Reference
			m	sm	st	a/t	
<i>Osphronemus goramy</i>	48	48	-	-	-	48	ธวัชและคณะ (2549)
	48	48	-	-	-	48	การศึกษาครั้งนี้
<i>O. exodon</i>	48	48	-	-	-	48	ธวัชและคณะ (2549)
<i>O. laticlavus</i>	48	50	-	2	-	46	ธวัชและคณะ (2549)
<i>Trichogaster trichopterus</i>	46	46	-	-	-	46	เกรียงไกรและมลฤดี (2549)
	46	46	-	-	-	46	วิเชียรและคณะ (2550)
	46	46	-	-	-	46	Supiwong et al. (2013)
<i>T. pectoralis</i>	46	46	-	-	-	46	เกรียงไกรและมลฤดี (2549)
<i>T. leeri</i>	46	46	-	-	-	46	เกรียงไกรและมลฤดี (2549)
<i>T. microlepis</i>	46	46	-	-	-	46	เกรียงไกรและมลฤดี (2549)
<i>Trichopsis vittatus</i>	46	46	-	-	-	44	วิเชียรและคณะ (2550)
<i>Tr. pumila</i>	46	48	2	-	-	46	ธวัชและคณะ (2552)
<i>Tr. schalleri</i>	46	46	-	-	-	46	ธวัชและคณะ (2552)
<i>B. splendens</i>	42	54	-	12	14	16	Grazyna et al. (2008)
	42	68	2	6	18	16	Amini and Sokoot (2013)
<i>Betta splendens</i> (short-finned)	42	56	-	14	-	28	Rattanatham and Patinawin (1979)
	42	54	4	8	-	30	วิเชียรและคณะ (2550)
<i>B. splendens</i> (long-finned)	42	56	-	14	-	28	Rattanatham and Patinawin (1979)
	42	54	4	8	-	30	วิเชียรและคณะ (2550)
	42	58	0	2	14	26	ศรัณย์และประวีร์ณ์ (2560)
<i>B. sp.</i> (Giant strain)	42	56	4	10	-	28	ธวัชและคณะ (2552)
<i>B. smaragdina</i>	42	48	2	4	-	36	ธวัชและคณะ (2552)
	42	50	-	-	8	34	วิไลลักษณ์และณัฐธา (2556)
<i>B. prima</i>	34	42	4	4	4	22	วิเชียรและคณะ (2550)
<i>B. simplex</i>	44	52	4	4	-	36	ธวัชและคณะ (2552)
<i>B. imbellis</i>	42	64	14	8	4	16	รตพลและอภิรักษ์ (2555)

หมายเหตุ: 2n=จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์; NF=จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน; m=เมทาเซนทริก; sm=ซับเมทาเซนทริก; st=ซับเทโลเซนทริก; a/t=อะโครเซนทริกหรือเทโลเซนทริกที่มีแขนเดียว

### สรุปผลการวิจัย

แคโรไทป์มาตรฐานของปลาแรด พบว่ามีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 48 แห่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 48 แห่ง มีโครโมโซมเป็นชนิดเทโลเซนทริกทั้งหมดประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเทโลเซนทริกขนาดใหญ่ 32 แห่ง เทโลเซนทริกขนาดกลาง 14 แห่ง และเทโลเซนทริกขนาดเล็ก 2 แห่ง ซึ่งไม่มีความแตกต่างของโครโมโซมเพศ สามารถเขียนสูตรแคโรไทป์ได้ ดังนี้

$$2n = 48 = L_{32}^t + M_{14}^t + S_2^t$$

### เอกสารอ้างอิง

- กันยารัตน์ ไชยสุด. (2532). เซลล์พันธุศาสตร์และเซลล์อนุกรมวิธานของพืชสกุล *Zephyranthes*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 119-142.
- เกรียงไกร สีตะพันธุ์ และมลฤดี คำมอ้าย. (2549). แคโรไทป์ปลาสกุล *Trichogaster* ในประเทศไทย. ใน: การประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2549. กรมประมง, กรุงเทพฯ. 133-134.
- ขวลิต วิทยานนท์. (2548). คู่มือปลาน้ำจืด. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สารคดี. หน้า 107-203.
- ธงชัย จำปาศรี. (2558). อนุกรมวิธานของปลา. ขอนแก่น: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 297-302

- รัชช ดอนสกุล วิเชียร มากต่น และอิโรชิ อุวะ. (2530). การศึกษาโครโมโซมของปลากระดี่นางและปลาสิดไทย. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 25. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 113-119.
- รัชช ดอนสกุล วิเชียร มากต่น และอัจฉริยา รังษิรุจิ. (2549). คาร์ิโอไทป์ของปลาแรด ปลาแรดแม่น้ำโขง และปลาแรดแดง. ใน: เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 461-468.
- รัชช ดอนสกุล วิเชียร มากต่น และอัจฉริยา รังษิรุจิ. (2552). คาร์ิโอไทป์ของปลากัดเขียว ปลากัดกระบี่ ปลากัดยักษ์ ปลากัดสี และปลากัดสีอีสาน. ใน: การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 35. มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี. 1-4.
- ภาสกร แสนจันแดง. (2557). สารานุกรมปลาน้ำจืดของไทย. ขอนแก่น: คลังน่านาวิทยา. หน้า 373-400.
- รตพล วัฒนศิริเสรีกุล และอภิรักษ์ สุวรรณรักษ์. (2555). คาร์ิโอไทป์ของปลากัดภาคใต้ *Betta imbellis* (Perciformes, Osphronemidae) ที่พบในประเทศไทย. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 6: 35-45.
- วชิราภรณ์ ปัดวี. (2543). คาร์ิโอไทป์ปลาสกุลไตรโคแกสเตอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 150 หน้า.
- วิเชียร มากต่น อัจฉริยา รังษิรุจิ และรัชช ดอนสกุล. (2550). คาร์ิโอไทป์ของปลากัดหม้อ ปลากัดจีน ปลากัดหัวโหม่ง ปลากัดควาย และปลากระดี่หม้อที่พบในประเทศไทย. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 33. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, นครศรีธรรมราช. 1-3.
- วิลัยลักษณ์ เครือเนตร และณัฐภา นิธิกุลวรงค์. (2556). พันธุศาสตร์เซลล์ของปลากัดอีสาน (*Betta smaragdina* Ladiges, 1972). วารสารวิทยาศาสตร์ มช. 41: 936-944.
- ศรันย์ จำรัสสนสาร และประวีร์ม สุพรรณอ่วม. (2561). แคริโอไทป์และอิติโอแกรมมาตรฐานของปลากัดจีน (*Betta splendens* 'Veil Tail') ด้วยการย้อมสีแบบจิมซ่า. วารสารวิทยาศาสตร์คชศาสตร์ 39: 85-95.
- อมรา คัมภีรานนท์. (2546). พันธุศาสตร์ของเซลล์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 173-232.
- อลงกลด แทนอมทอง. (2554). พันธุศาสตร์เซลล์. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 31-361.
- อุทัยรัตน์ ณ นคร. (2543). พันธุศาสตร์สัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 21-137.
- Amini, F. and Sokoot, A. S. (2013). Karyotyping and chromosomal Ag-NOR banding of Siamese fighting fish (*Betta splendens*). Journal of Veterinary Research 68: 249-255.
- Grazyna, F., Fopp-Bayat, D., Jankun, M., Krejszeff, S. and Mamcarz, A. (2008). Note on the karyotype and NOR location of Siamese fighting fish *Betta splendens* (Perciformes, Osphronemidae). Caryologia 61: 349-353.
- Kottelat, M. (2001). Fishes of Laos. WHT Publications, Sri Lanka. pp. 158-161.
- Morioka, S., Vongvichith, B., Phommachan, P. and Chantasone, P. (2013). Growth and morphological development of laboratory-reared larval and juvenile giant gourami *Osphronemus goramy* (Perciformes: Osphronemidae). Ichthyological Research 60: 209-217.
- Roberts, T. R. (1994). *Osphronemus exoden*, a new species of giant gourami with extraordinary dentition from the Mekong. Natural History Bulletin of the Siam Society 42: 67-77.
- Rainboth, W. J. (1996). Fishes of the Cambodian Mekong. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. pp. 214-218.
- Ratanatham, S. and Patinawin, S. (1979). Cytogenetic studies of Siamese fighting fish (*Betta splendens* Regan). Journal of the Science Society of Thailand 5: 17-26.
- Supiwong, W., Tanomtong, A., Kenthao, A., Seetapan, K., Keawsri, S. and Sanoamuang, L. (2013). Standardized karyotype of the three-spot gourami, *Trichogaster trichopterus* (Perciformes, Belontiidae) from Thailand by conventional and Ag-NOR staining technique. Nucleus 53: 103-107.
- Yongle C., Xiping, Z., Yihui, L., Zhiwen, L., Shiming, H. and Jianqiang, X. (2002). The morphological character and karyotype of *Osphronemus goramy*. Shuichan Xuebao 26: 375-378. [in Chinese]

