

พันธุศาสตร์เซลล์ของปลาชิวทอง *Rasbora einthovenii* บริเวณป่าพรุสิรินธร  
จังหวัดนราธิวาส

Cytogenetic Characterization of *Rasbora einthovenii* in Sirindhorn Peat Swamp  
Forest, Narathiwat Province

นุรเอิน ยีแสม<sup>1</sup> สิทธิศักดิ์ จันทรรัตน์<sup>1\*</sup> พัน ยี่สิน<sup>2</sup>

Nur-eeen Yeesaem<sup>1</sup>, Sitthisak Jantarat<sup>1\*</sup> Pun Yeesin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี จังหวัดปัตตานี 94000

<sup>2</sup>ภาควิชาเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี 94000

<sup>1</sup>Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Campus,  
Muang, Pattani, 94000

<sup>2</sup>Department of Technology and Industry, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University,  
Pattani Campus, Muang, Pattani, 94000

\*Corresponding author: sitthisak.j@psu.ac.th

### บทคัดย่อ

การศึกษาพันธุศาสตร์เซลล์ของปลาชิวทอง จากบริเวณป่าพรุสิรินธร จังหวัดนราธิวาส โดยการเตรียมโครโมโซมจากไต ย้อมแถบสีโครโมโซมแบบธรรมดาโดยใช้สีจีมีซ้า และแบนเนอร์ ผลการศึกษาพบว่า ปลาชิวทองมีโครโมโซมดิพลอยด์ ( $2n$ ) เท่ากับ 50 แห่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 100 ทั้งเพศผู้และเพศเมีย แคริโอไทม์ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 8 แห่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 10 แห่ง อะโครเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แห่ง เมทาเซนทริกขนาดกลาง 8 แห่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดกลาง 8 แห่ง และอะโครเซนทริกขนาดกลาง 12 แห่ง จากการย้อมแถบสีโครโมโซมแบบแบนเนอร์ พบตำแหน่งของนอร์ (NOR) จำนวน 1 คู่ บนแขนข้างสั้นของโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่คู่ที่ 4 ข้อมูลทางด้านพันธุศาสตร์เซลล์นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านเซลล์อนุกรมวิธาน และความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของปลาต่อไปได้ สูตรแคริโอไทม์ของปลาชิวทอง คือ  $2n (50) = L^m_8 + L^{sm}_{10} + L^a_4 + M^m_8 + M^{sm}_8 + M^a_{12}$

คำสำคัญ: โครโมโซม แคริโอไทม์ ปลาชิวทอง

### Abstract

Cytogenetic analysis of *Rasbora einthovenii* in Sirindhorn Peat Swamp Forest, Narathiwat Province was studied. Chromosomes were prepared from kidney cells. The staining techniques were Giemsa's staining and NOR banding. The results in this study showed that diploid chromosome number of *R. einthovenii* was  $2n=50$ , fundamental numbers (NF) was 100 in both male and female. The karyotype is comprised of 8 large metacentrics, 10 large submetacentrics, 4 large acrocentrics, 8 medium metacentrics, 8 medium submetacentrics and 12 medium acrocentrics chromosomes. NOR banding techniques demonstrated that there was 1 pair of NOR exists on the

short arm of the large metacentric chromosome pairs 4. These cytogenetic data could be used for further studies of cytotaxonomy and evolutionary relationship of fishes. The karyotype formula of *R. einthovenii* was as follows:  $2n (50) = L^m_8 + L^{sm}_{10} + L^a_4 + M^m_8 + M^{sm}_8 + M^a_{12}$

**Keywords:** Chromosome, Karyotype, *Rasbora einthovenii*

## คำนำ

ปลาซิวทอง (*Rasbora einthovenii* ; *R. einthovenii*) จัดอยู่ในวงศ์ปลาตะเพียน (Cryprinidae) ซึ่งเป็นวงศ์ที่ใหญ่ที่สุดในปลาน้ำจืด และอยู่ในสกุล *Rasbora* เป็นปลาน้ำจืดที่พบชุกชุมและรู้จักกันทั่วไป มีความสำคัญในแง่เป็นอาหารของคนในชนบท และมีคุณค่าสำคัญในแง่ห่วงโซ่อาหารตามธรรมชาติ (Ukkatawewat, 2004) ปลาซิวทองเป็นปลาที่มีขนาดเล็ก ลักษณะลำตัวเรียวยาวทรงกระบอกและแบนข้างเล็กน้อย ลำตัวสีส้มอมทอง มีแถบสีดำพาดยาวจากปากไปถึงขอบครีบทหาง (Figure 1) (Vidthayanon, 2004) จัดเป็นปลาซิวที่มีความสวยงามมากชนิดหนึ่งของไทย มีถิ่นอาศัยอยู่ที่ป่าพรุสิรินธร

ป่าพรุสิรินธรหรือป่าพรุโต๊ะแดง เป็นป่าพรุที่อุดมสมบูรณ์มากที่สุดในประเทศไทย เป็นแหล่งพันธุกรรมของปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ (Vidthayanon, 1997) ปลาหลายชนิดเป็นปลาเฉพาะถิ่นที่พบได้เฉพาะที่ป่าพรุสิรินธรเท่านั้น รวมถึงปลาซิวทอง การเกิดไฟไหม้ป่าและกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในป่าพรุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ สูญหายไปอย่างรวดเร็วและเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (Posa et al., 2011; Dudgeon, 2005) สำหรับการศึกษาพันธุศาสตร์เซลล์ของปลาซิวสกุล *Rasbora* ในต่างประเทศมีการศึกษาในปลาซิวหางกรไร ( *Rasbora trilineata* ) ปลาซิวข้างขวานใหญ่ (*R. heteromorpha*) (Post, 1965) ปลาซิวควายพม่า (*R. daniconius*) (Khuda-Bukhsh, 1979) และปลาซิว (*R. buechanani*) (Manna and Khuda-Bukhsh, 1977) ซึ่งมีจำนวนโครโมโซม  $2n=48, 50$  และ  $50$  ตามลำดับ ส่วนในประเทศไทยมีรายงานในปลาซิวควายสุมาตรา (*R. sumatrana*) (Donsakul and Magtoon, 1995) ปลาซิวหางดอก (*R. caudimaculata*) ปลาซิว (*R. myersi*) ปลาซิวควาย (*R. retrodorsalis*) ปลาซิวควายแถบดำ (*R. paviei*) (Donsakul and Magtoon, 2002) ปลาซิวควาย (Seetapan and Moeikum, 2004) ปลาซิวควายพม่า ปลาซิวหางแดง (*R. borapetensis*) ปลาซิวหางกรไร ปลาซิวทอง (*R. einthovenii*) ปลาซิวข้างขวานใหญ่ (Donsakul et al., 2005) ปลาซิวอม (*R. agilis*) ปลาซิวหลังจุด (*R. dorsicellata*) และปลาซิวหลังแดง (*R. rubrodorsalis*) (Donsakul et al., 2009) ซึ่งพบว่ามีความจำนวนโครโมโซม  $2n=50$  เท่ากันทุกชนิด แต่พบว่าแคโรไทป์แตกต่างกัน

เนื่องจากปลาซิวมีทั้งหมดหลายชนิด บางชนิดมีลักษณะภายนอกที่มีความคล้ายคลึงกันมาก การใช้ลักษณะทางสัณฐานเพียงอย่างเดียวอาจทำให้มีอุปสรรคในการจัดจำแนก ปัจจุบันได้มีการนำวิธีการทางเซลล์อนุกรมวิธาน (Cytotaxonomy) โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของเซลล์มาประยุกต์ใช้ในการจัดจำแนกชนิดปลา (Esmaeili et al., 2008) การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาลักษณะของโครโมโซม และตรวจสอบเครื่องหมายโครโมโซม (Chromosome marker) ด้วยวิธีการย้อมแถบสีโครโมโซมแบบธรรมดา และแบนนอร์เพื่ออุดำแหน่ง

ยีนที่สร้างไรโบโซมอลอาร์เอ็นเอ (rRNA) ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาด้านอนุกรมวิธานและการประยุกต์ใช้ต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการ

นำตัวอย่างปลาชีวของ บริเวณป่าพรุสิรินธร จังหวัดนราธิวาส จำนวน 10 ตัว (เพศผู้ 5 ตัว เพศเมีย 5 ตัว) มาเตรียมโครโมโซมโดยการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือการเตรียมโครโมโซม การย้อมสีโครโมโซม การตรวจสอบโครโมโซม และการจัดทำแคโรไทป์และอิดิโอแกรม โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

#### 1. การเตรียมโครโมโซม

ชั่งน้ำหนักปลา จากนั้นจึงฉีดโคลชิซิน (Colchicine) ความเข้มข้น 0.05% เข้าบริเวณช่องท้องของปลา (ปริมาณของโคลชิซิน 1 มิลลิลิตร/100 กรัม น้ำหนักตัวปลา) วิธีดำเนินการวิจัยดัดแปลงจากวิธีของ Campiranon (2003) และ Chen and Ebeling (1968) แล้วทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง นำปลามาทำให้สลบด้วยน้ำแข็งและผ่าตัดเอาไตมาแช่ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.075 โมลาร์ (M) ทำการสับให้ละเอียดแล้วย้ายลงในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 15 มิลลิลิตร บ่มทิ้งไว้ 30 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 1,250 รอบต่อนาที (rpm) เป็นเวลา 8 นาที ดูดส่วนใสทิ้งไป แล้วเติมน้ำยาคงสภาพ (Canoy's fixative) ที่ละน้อยจนครบ 7 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบเท่าเดิม อีก 3-4 ครั้ง จนได้ตะกอนขาวที่ก้นหลอด หยดเซลล์ลงบนสไลด์ที่แห้งและสะอาดจากนั้นฝังสไลด์ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง



Figure 1 General characteristics of *Brilliant rasbora* (*R. einthovenii*), scale bar indicates 1 cm.

#### 2. การย้อมสีโครโมโซม

1) การย้อมแถบสีโครโมโซมแบบธรรมดา โดยนำสไลด์มาแช่ในสีจิมซ่าความเข้มข้น 20% ที่เตรียมจาก stock Giemsa's solution ใน Sorensen's buffer เป็นเวลา 30 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำประปา ฝังสไลด์ให้แห้งแล้วนำไปตรวจสอบโครโมโซมภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

2) การย้อมแถบสีโครโมโซมแบบบอร์ ดัดแปลงจากวิธีการของ Howell and Black (1980) โดยนำสไลด์มาหยดเจลาตินเข้มข้นร้อยละ 2 ลงบนสไลด์ 2 หยด แล้วหยดซิลเวอร์ไนเตรทเข้มข้นร้อยละ 50 (50% AgNO<sub>3</sub>) ลงบนสไลด์ 2 หยด ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10

นาที่ หรือจนกว่าสไลด์จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้ม ด้านซิลเวอร์ในเตรทส่วนเกินออกด้วยน้ำประปา ผึ่งสไลด์ให้เกือบแห้ง นำไปตรวจสอบโครโมโซมภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

### 3. การตรวจสอบโครโมโซม

นำสไลด์ที่ย้อมแถบสีโครโมโซมแบบธรรมดาและแบบนอร์ มาตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ตรวจสอบเซลล์ในระยะเมทาเฟส ที่มีความชัดเจน การกระจายของเซลล์ที่ดีไม่ซ้อนทับกัน และนับจำนวนโครโมโซมให้ครบ ทั้งในเพศผู้และเพศเมีย ถ่ายภาพเซลล์ที่เลือกไว้โดยใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 100X โดยที่ภาพมีกำลังขยาย 1,000 เท่า

### 4. การจัดทำแคโรไทป์ และอิดิโอแกรม

เลือกโครโมโซมจากระยะเมทาเฟส 10 เซลล์ วัดความยาวโครโมโซมแขนรวม (LT, LT = Ls+LI) คำนวณค่าความยาวสัมพันธ์ของโครโมโซม (RL) คำนวณค่า centromeric index (CI) จำแนกขนาดของโครโมโซมโดยให้สัญลักษณ์ L, M และ S แสดงถึงโครโมโซมขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ตามลำดับ คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของ RL และ CI โดยในการจัดทำแคโรไทป์ อิดิโอแกรมและการเขียนสูตรแคโรไทป์ดัดแปลงจากวิธีการของ Turpin and Lejeune (1965)

### ผลการวิจัย

ปลาชิวทองมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ( $2n$ ) เท่ากับ 50 แห่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 100 ทั้งเพศผู้และเพศเมีย แคโรไทป์ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ 8 แห่ง เมทาเซนตริกขนาดกลาง 8 แห่ง ซับเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ 10 แห่ง ซับเมทาเซนตริกขนาดกลาง 8 แห่ง อะโครเซนตริกขนาดใหญ่ 4 แห่ง และอะโครเซนตริกขนาดกลาง 12 แห่ง (Figure 2, Table 1) จากการย้อมแถบสีโครโมโซมแบบนอร์พบว่าปลาชิวทองมีตำแหน่งของนอร์ (NOR) จำนวน 1 คู่ อยู่บนแขนข้างสั้นของโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่คู่ที่ 4 (Figure 3) และแสดงอิดิโอแกรมของปลาชิวทองจากการย้อมแถบสีโครโมโซมแบบธรรมดา และแบบนอร์ (Figure 4) ปลาชิวทองมีสูตรแคโรไทป์ดังนี้

$$2n (50) = L^m_8 + L^{sm}_{10} + L^a_4 + M^m_8 + M^{sm}_8 + M^a_{12}$$

**Table 1** Mean length of short arm chromosome (Ls), length of long arm chromosome (LI), length of total arm chromosome (LT), relative length (RL), centromeric index (CI), standard deviation (SD) of RL, CI Size and chromosomes type from means of 10 metaphase chromosomes of *R. einthovenii* ;  $2n$  (diploid) = 50

Chromosome pair	Ls	LI	Lt	CI±SD	RL±SD	Chromosome size	Chromosome Type
1	1.22	1.46	2.68	0.547±0.056	0.025±0.003	Large	Metacentric
2	1.13	1.33	2.46	0.538±0.061	0.023±0.003	Large	Metacentric
3	1.08	1.28	2.36	0.542±0.056	0.022±0.003	Large	Metacentric
*4	1.04	1.25	2.29	0.546±0.040	0.021±0.002	Large	Metacentric
5	0.98	1.21	2.19	0.553±0.047	0.020±0.003	Medium	Metacentric
6	0.94	1.17	2.11	0.556±0.039	0.019±0.002	Medium	Metacentric
7	0.86	1.07	1.93	0.549±0.048	0.018±0.003	Medium	Metacentric
8	0.76	0.93	1.70	0.548±0.046	0.015±0.003	Medium	Metacentric
9	0.99	1.83	2.83	0.648±0.034	0.026±0.003	Large	Submetacentric
10	0.92	1.74	2.66	0.652±0.048	0.024±0.003	Large	Submetacentric
11	0.91	1.62	2.53	0.639±0.036	0.023±0.002	Large	Submetacentric
12	0.88	1.53	2.40	0.634±0.034	0.022±0.002	Large	Submetacentric
13	0.83	1.48	2.31	0.638±0.046	0.021±0.002	Large	Submetacentric
14	0.81	1.41	2.22	0.638±0.039	0.020±0.002	Medium	Submetacentric
15	0.80	1.34	2.14	0.627±0.038	0.020±0.002	Medium	Submetacentric
16	0.74	1.31	2.05	0.638±0.042	0.019±0.002	Medium	Submetacentric
17	0.70	1.20	1.90	0.632±0.041	0.017±0.003	Medium	Submetacentric
18	0.64	1.83	2.47	0.737±0.036	0.022±0.002	Large	Acrocentric
19	0.58	1.65	2.24	0.740±0.051	0.020±0.001	Large	Acrocentric
20	0.56	1.57	2.13	0.739±0.044	0.019±0.002	Medium	Acrocentric
21	0.52	1.50	2.02	0.743±0.053	0.018±0.002	Medium	Acrocentric
22	0.52	1.41	1.94	0.728±0.052	0.018±0.003	Medium	Acrocentric
23	0.51	1.35	1.86	0.725±0.038	0.017±0.002	Medium	Acrocentric
24	0.46	1.31	1.77	0.737±0.045	0.016±0.002	Medium	Acrocentric
25	0.45	1.19	1.64	0.729±0.055	0.015±0.001	Medium	Acrocentric

\* NORs bearing chromosomes.

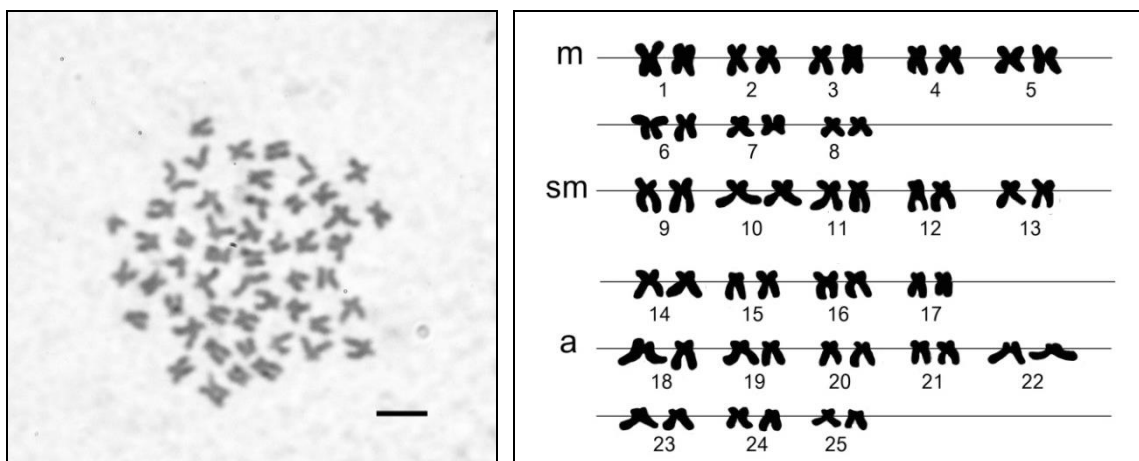


Figure 2 Metaphase chromosome plates (left) and karyotype (right) of *R. einthovenii*  $2n=50$  by conventional staining technique (Scale bars = 5  $\mu$ m).

### สรุปผลและวิจารณ์ผล

จากผลการศึกษาค้นคว้าพบว่าปลาชิวทอง (*R. einthovenii*) มีจำนวนโครโมโซม  $2n=50$  สอดคล้องกับรายงานการศึกษาที่ผ่านมาในปลาชิวสกุล *Rasbora* (Table 2) ยกเว้นจากรายงานการศึกษาของ Post (1965) ในปลาชิวหางกรรไกร (*R. trilineata*) และปลาชิวข้างขวานใหญ่ (*R. heteromorpha*) ที่รายงานว่ามีความจำนวนโครโมโซม  $2n=48$  จำนวนโครโมโซมพื้นฐานของปลาชิวทองเท่ากับ 100 สอดคล้องกับปลาชิวผอม (*R. agillius*) (Donsakul *et al.*, 2009) แต่แตกต่างจากปลาชิวทองตามรายงานของ Donsakul *et al.* (2005) ที่รายงานจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 86 อีกทั้งจากการศึกษานี้พบว่าปลาชิวทองมีแคโรไทป์ประกอบด้วย  $16m+18sm+16a$  เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานการศึกษาที่ผ่านมาในปลาชิวทอง (Donsakul *et al.*, 2005) และปลาชิวอื่น ๆ ในสกุล *Rasbora* พบว่ารูปแบบแคโรไทป์มีความแตกต่างกัน (Table 2) ความแตกต่างนี้อาจเกิดจากปลาที่นำมาศึกษาต่างกลุ่มประชากรกัน รวมถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกชนิดโครโมโซมแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามมีการศึกษาในปลาสกุลอื่น ๆ ในวงศ์ Cyprinidae เช่น การศึกษาแคโรไทป์ของปลาชิวไบไฟ (*Danio aequipinnatus*) จากแม่น้ำ Assam, Lockchau และ Gadana ในประเทศอินเดีย พบว่ามีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน ( $2n=50$ ) แต่มีแคโรไทป์ต่างกันคือ  $14m+32sm+4a$  (Khuda-Bukhsh *et al.*, 1986),  $8m+42sm$ ,  $6m+34sm+6st+4t$  (Sukham *et al.*, 2013) และ  $14m+11sm+15st+10t$  (Shanthipreya *et al.*, 2015) ส่วนในประเทศไทยมีการศึกษาแคโรไทป์ในปลาชิวไบไฟเช่นกัน พบว่าแคโรไทป์ประกอบด้วย  $8m+28sm+10st+4t$  (Magtoon and Arai, 1994) และ  $8m+42sm$  (Seetapan and Moeikum, 2004) นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างของรูปแบบแคโรไทป์ แต่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากันในปลาชนิดเดียวกันที่มีรายงานในประเทศไทยอีก เช่น ปลาตะเพียนทราย (*Puntius brevis*) ซึ่งมีแคโรไทป์คือ  $2m+2sm+44st+2t$  (Piyapong, 1999),  $2m+2sm+44st+2t$  (Donsakul and Magtoon, 2008) และ  $4m+4sm+4st+38t$  (Nitikulwopawong and Khruenat, 2014) จากการเปรียบเทียบจำนวนโครโมโซมที่มีการศึกษามาแล้วในสกุลเดียวกันพบว่าปลาบางชนิดมีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน แต่มีรูปแบบโครโมโซมที่ต่างกัน ซึ่งอาจเกิดจากการวิวัฒนาการของปลา เช่น เกิดการต่อสลับแบบใช้เซนโทรเมียร์ร่วมกัน (Pericentric inversion) เป็นต้น ทำ

ให้รูปแบบโครโมโซมแตกต่างกัน และเกิดจากสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย ซึ่งอาจเกิดความแปรผันของจำนวนโครโมโซมได้ (Tanomtong, 2010)

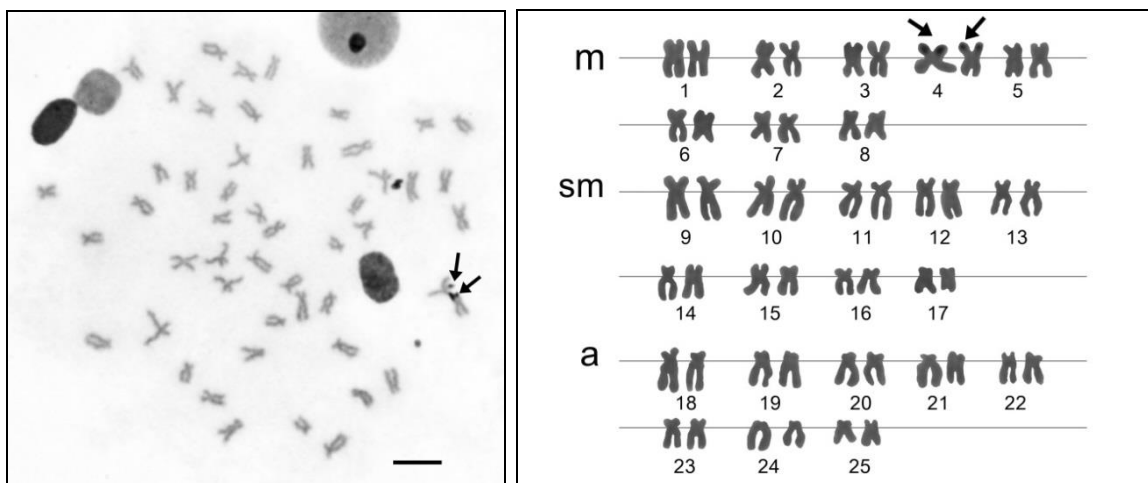


Figure 3 Metaphase chromosome plates (left) and karyotype (right) of *R. einthovenii*  $2n=50$  by NOR banding technique (Scale bars = 5  $\mu\text{m}$ ). The showed clearly observable nucleolar organizer regions/NORs (arrows).

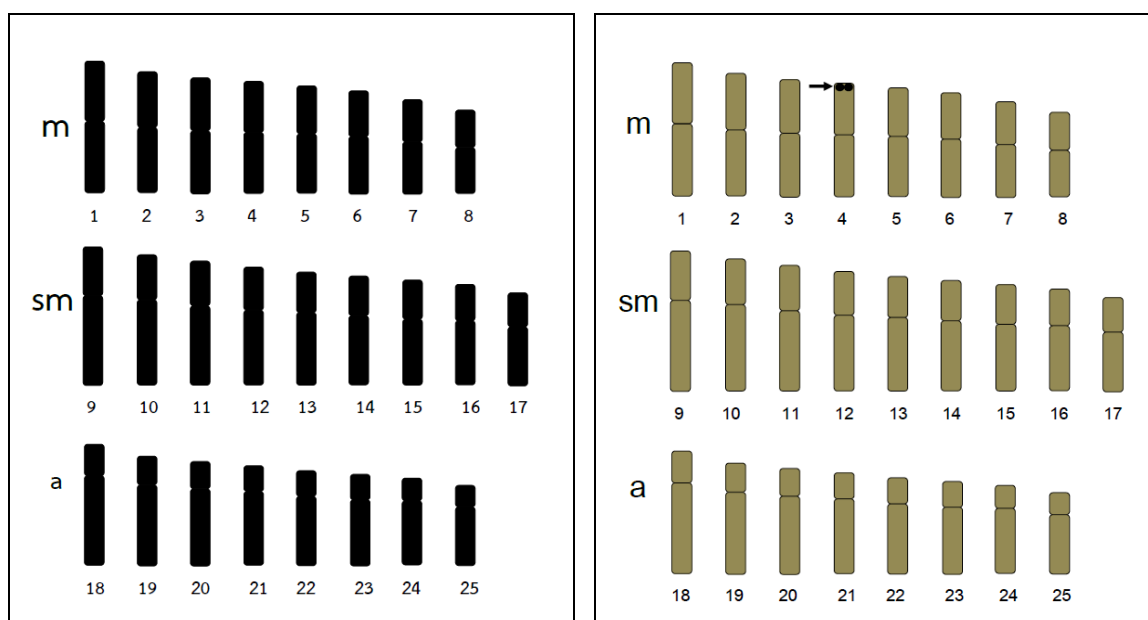


Figure 4 Idiograms showing length and shape of chromosome of *R. einthovenii* demonstrated the haploid set ( $n=25$ ) by conventional staining (left) and Ag-NORs staining techniques (right). Arrow indicates NORs location.

เมื่อย้อมแถบสีโครโมโซมแบบนอร์โมในปลาซิวทองเพื่อหาตำแหน่งของ nucleolar organizer regions (NORs) ซึ่งเป็นยีนที่ทำหน้าที่สร้างไรโบโซมอลอาร์เอ็นเอ พบตำแหน่งนอร์ 1 คู่ อยู่บนแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 4 ชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้เป็นรายงานการศึกษาแรกที่พบตำแหน่งนอร์

ข้อมูลทางด้านพันธุศาสตร์เซลล์ที่ได้นี้ถือเป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่สำคัญ สำหรับการประยุกต์ใช้ในการศึกษาทางด้านอนุกรมวิธานประกอบการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิต และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ทางสายวิวัฒนาการกับปลาชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลพื้นฐานทางด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ เพื่อช่วยอนุรักษ์และขยายพันธุ์ รวมถึงการปรับปรุงพันธุ์เพื่อการค้าต่อไป

Table 2 Cytogenetic publications of the genus *Rasbora*

Species	2n	NF	Karyotype formula	References
<i>Rasbora trilineata</i>	48	-	-	Post (1965)
<i>R. trilineata</i>	50	92	26m+16sm+2st+6t	Donsakul <i>et al.</i> (2005)
<i>R. heteromorpha</i>	48	-	-	Post (1965)
<i>R. heteromorpha</i>	50	74	14m+10sm+2st+22t	Donsakul <i>et al.</i> (2005)
<i>R. sumatrana</i>	50	92	26m+16sm+2st+6a	Donsakul and Magtoon (1995)
<i>R. buechanani</i>	50	-	30+m+18sm+2st	Manna and Khuda-Bukhsh (1977)
<i>R. daniconius</i>	50	-	18m+6sm+6st+20t	Khuda-Bukhsh <i>et al.</i> (1979)
<i>R. daniconius</i>	50	90	16m+4sm+1st+4t	Donsakul <i>et al.</i> (2005)
<i>R. caudimaculata</i>	50	-	20m+26sm+5st+2a	Donsakul and Magtoon (2002)
<i>R. myersi</i>	50	-	20m+14sm+6st+10a	Donsakul and Magtoon (2002)
<i>R. paviei</i>	50	-	10m+24sm+16st	Donsakul and Magtoon (2002)
<i>R. retrodorsalis</i>	50	-	26m+10sm+2st+12a	Donsakul and Magtoon (2002)
<i>R. aurotaenia</i>	50	-	14m+26sm+2st+8a	Seetapan and Moeikum (2004)
<i>R. borapetensis</i>	50	88	24m+14sm+12t	Donsakul <i>et al.</i> (2005)
<i>R. agilis</i>	50	100	24m+26sm	Donsakul <i>et al.</i> (2009)
<i>R. dorsicellata</i>	50	92	18m+24sm+8t	Donsakul <i>et al.</i> (2009)
<i>R. rubrodorsalis</i>	50	82	16m+16sm+18t	Donsakul <i>et al.</i> (2009)
<i>R. einthovenii</i>	50	86	6m+30sm+8st+6t	Donsakul <i>et al.</i> (2005)
<i>R. einthovenii</i>	50	100	16m+18sm+16a	This study



### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนค่าธรรมเนียมการศึกษาในระดับปริญญาโท กองทุนวิจัยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี และทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททั่วไป (SAT6203002S) กองทุนวิจัยวิทยาเขตปัตตานี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ที่สนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- Campiranon, A. 2003. Cytogenetics. Kasetsart University Press. Bangkok. 277 pp. [in Thai]
- Chaiyasut, K. 1989. Cytogenetics and cytotaxonomy of the genus *Zephyranthes*. Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University. Bangkok. 260 pp. [in Thai]
- Chen, T.R. and Ebeling, A.W. 1968. Karyological evidence of female heterogamety in the mosquito fish, *Gambusia affinis*. American Society of Ichthyologists and Herpetologists. 1(1): 70-75.
- Donsakul, T. and Magtoon, W. 1995. Karyotypes of four Cyprinid fishes, *Osteochilus melanopleura*, *Puntioplites proctozysron*, *Paralaubuca riveroi* and *Rasbora sumatrana* from Thailand. In: 33<sup>rd</sup> Conference of Kasetsart University. Fisheries. 128-138. [in Thai]
- Donsakul, T. and Magtoon, W. 2002. Karyotype of *Rasbora Caudimaculata*, *R. myersi*, *R. retrodorsalis*, *R. paviei* from Thailand. Academic conference seminar for research papers of Srinakharinwirot University. Bangkok. 1-7. [in Thai]
- Donsakul, T. and Magtoon, W. 2008 Karyotypes of Seven Cyprinid Fishes: *Systemus binotatus*, *Puntius brevis*, *Poropuntius laoensis*, *Labiobarbus siamensis*, *Catlocarpio siamensis*, *Tor tambroides* and *Probarbus jullieni* from Thailand. Srinakharinwirot Science Journal. 24(2): 80-89. [in Thai]
- Donsakul, T. Magtoon, W. and Rangsiruji, W. 2005. Karyotype of five species of fish (Pla siew) in subfamily Rasboranae. 31<sup>st</sup> Congress on Science and Technology of Thailand at Suranaree University of Technology. Nakhon Ratchasima Province Thailand.
- Donsakul, T., Rangsiruji, A. and Magtoon, W. 2009. Karyotypes of five cyprinid fishes (Cyprinidae, Danioninae-Danionini): *Rasbora agilis*, *R. dorsiocellata*, *R. rubrodorsalis*, *Boraras maculata* and *B. urophthalmoides* from Thailand. In Proceedings of the 47<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference, Kasetsart. Bangkok, Thailand. 320-327.
- Dudgeon, D. 2005. River Rehabilitation for Conservation of Fish Biodiversity in Monsoonal Asia. Ecology and Society. 10(2): 15.
- Esmaeili, H. R. , Ebrahimi, M. and Saifali, M. 2008. Karyological analysis of five tooth-carps (Actinopterygii: Cyprinodontidae) from Iran. Micron. 39: 95-100.

- Howell, W.M. and Black, D.A. 1980. Controlled silver-staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: a 1-step method. *Experientia*. 36(8): 1014-1015.
- Khuda-Bukhsh, A.R. 1979. Karyology of two species of hillstream fishes, *Barilius bendelisis* and *Rasbora daniconius* (Fam. Cyprinidae). *Current Sci*. 48(17): 793-794.
- Khuda-Bukhsh, A.R., Chanda, T. and Barat, A. 1986. Karyomorphology and evolution in some Indian hillstream fishes with particular reference to polyploidy in some species. In: *Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes* (Eds., T. Uyeno, A. Ryoichi, T. Taniuchi and K. Matsuura), Ichthyological Society of Japan. Tokyo. 886–898.
- Magtoon, W. and Arai, R. 1994. Karyotypes of five *Rasbora* species and one *Danio* species (Cyprinidae) from Thailand. In: *Proceedings of the Fourth Indo-Pacific Fish Conference* (Eds., T. Uyeno, R. Arai, T. Taniuchi and K. Matsuura). Bangkok, Thailand. 484–496 pp.
- Manna, G.K. and Khuda-Bukhsh, A.R. 1977. Karyomorphology of cyprinid fishes and cytological evaluation of the family. *Nucleus*. 20: 119-127.
- Nitikulwopawong, N. and Khruanet, V. 2014. Karyotypic of Golden Little Barb, *Puntius brevis* Bleeker, 1850 (Pisces: Cyprinidae) from Khon Kaen Province. *Khon Kean University Journal of Science*. 42(1): 106-118. [in Thai]
- Piyapong. J. 1999. Karyotypes and distribution of nucleolus organizer regions in four cyprinid species from Thailand. Thesis (MSc) Chulalongkorn University Bangkok. 85. [in Thai]
- Posa, M.R.C., Wijedasa, L.S. and Corlett, R.T. 2011. Biodiversity and conservation of tropical peat swamp forests. *BioScience*. 61(1): 49-57.
- Post, A. 1965. Vergleichende Untersuchungen der chromosomenzahlen bei Süßwasser-Teleostern. In: *Gyldenholm, A.O. and Scheel, J.J. Chromosome number of fishes I*. *Journal of Fish Biology*. 3: 47-93.
- Seetapan, K. and Moeikum, T. 2004. Karyotypes of ten Cyprinid fishes (Family Cyprinidae). *Journal of Agricultural Research and Extension*. 22(Special Issue): 92-101. [in Thai]
- Shanthipreya, N., Arunachalam, M., Sukumaran, P., Sivakumar, P. and Esakkiammal, B. 2016. Karyotypic analysis of *Devario aequipinnatus* (McClelland, 1839) from Gadana River south India with NOR banding and C-banding. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*. 18(1): 185-188.
- Sukham, S., Chingakham, B., Thoidingjam, L. and Waikhom, G. 2013. Cytogenetic characterization of *Devario aequipinnatus* (McClelland, 1839) and *Devario yuensis* (Arunkumar and Tombi, 1998) (Cypriniformes: Cyprinidae) from Manipur, northeast India. *Turkish Journal of Zoology*. 37(6): 706-712.

- Tanomtong, A. 2011. Cytogenetics. Khon Kaen University Press. Khon Kaen. 387 pp. [in Thai]
- Turpin, R. and Lejeune, J. 1965. Les Chromosomes humains. Cornell University: Gauthier-Villars.
- Uk-katawewat, S. 2004. Knowledge of Thai Freshwater Fishes. Kurusapa Printing Ladphrao. Bangkok. 64 pp. [in Thai]
- Vidthayanon, C. 1997. To Daeng Peat Swamp Forest. New Thammada Press. Bangkok. 80 pp. [in Thai]
- Vidthayanon, C. 2004. Freshwater Fishes Handbook. Sarakadee. Bangkok. 232 pp. [in Thai]