



พันธุศาสตร์ระดับเซลล์ของปลาซิวควายในแม่น้ำมูล จังหวัดสุรินทร์

Cytogenetic Characterization of Myers' silver rasbora (*Rasbora myersi*),
in Mun River, Surin Provinceกษมา ด่านวันดี¹, สำเนาว์ เสาวกุล¹, ศรัณย์ จำรัสธนสาร² และ กฤติมา กษมาวุฒิ^{1*}¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ สุรินทร์ 32000²คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ บุรีรัมย์ 31000Kasama Danwandee¹, Samnao Saowakoon¹, Sarun Jumrusthanasan² and
Krittima Kasamawut^{1*}¹Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus, Surin,
32000²Faculty of Science, Buriram Rajabhat University, Buriram, 31000

*Corresponding author: krittima.sa@rmuti.ac.th

Received: 7 February 2025/ Revised: 16 May 2025/ Accepted: 19 May 2025

บทคัดย่อ

การศึกษาแคโรไทป์และอิดิโอแกรมมาตรฐานของปลาซิวควาย (*Rasbora myersi*) โดยทำการรวบรวมปลาซิวควายจากแม่น้ำมูล อำเภотаตุม จังหวัดสุรินทร์ คัดแยกเพศปลาและคัดเลือกปลาเพศผู้และเพศเมียอย่างละ 10 ตัว มาทำการศึกษา โดยเตรียมโครโมโซมด้วยวิธีทางตรง (Direct Method) ย้อมสีโครโมโซมด้วยเทคนิคการย้อมสีแบบธรรมดา (Conventional Staining Technique) และเทคนิคการย้อมแถบสีแบบนอร์ (Ag-NOR Banding Technique) พบว่าปลาซิวควายมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 50 แห่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 90 แคโรไทป์ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่จำนวน 4 แห่ง เมทาเซนทริกขนาดกลางจำนวน 4 แห่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่จำนวน 6 แห่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดกลางจำนวน 6 แห่ง อะโครเซนทริกขนาดใหญ่จำนวน 8 แห่ง อะโครเซนทริกขนาดกลางจำนวน 10 แห่ง อะโครเซนทริกขนาดเล็กจำนวน 2 แห่ง เทโลเซนทริกขนาดใหญ่จำนวน 2 แห่ง เทโลเซนทริกขนาดกลางจำนวน 4 แห่ง และเทโลเซนทริกขนาดเล็กจำนวน 4 แห่ง โดยไม่พบความแตกต่างของโครโมโซมเพศระหว่างปลาเพศผู้กับปลาเพศเมีย อีกทั้งบริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 5 ยังพบตำแหน่งของนอร์ (NORs) ปลาซิวควายมีสูตรแคโรไทป์ คือ $2n(50) = L^m_4 + L^{sm}_6 + L^a_8 + L^t_2 + M^m_4 + M^{sm}_6 + M^a_{10} + M^t_4 + S^3_2 + S^t_4$

คำสำคัญ: ปลาซิวควาย โครโมโซม แคโรไทป์ อิดิโอแกรม นอร์

Abstract

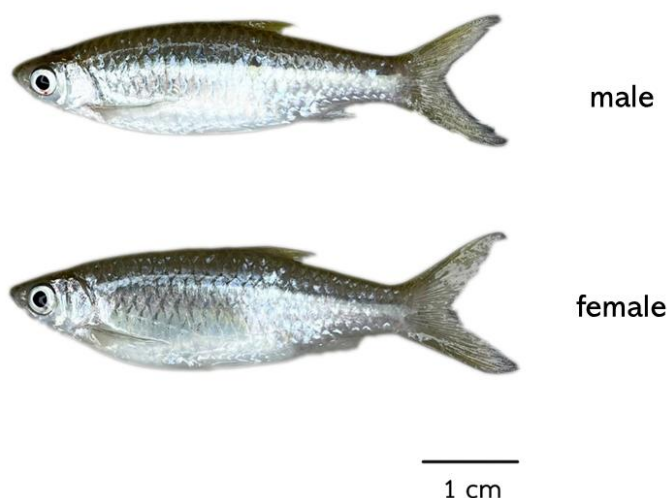
The karyotype and standardized idiogram of Myers' silver rasbora (*Rasbora myersi*), collected from the Mun River, Ta Tum District, Surin Province, were examined. The fish were sexed, and 10 males and 10

females were selected for the study. Chromosomes were prepared using the direct method, and chromosome staining was performed using the conventional staining technique and the Ag-NOR banding technique. The results showed that the diploid number of Myers' Silver Rasbora was $2n = 50$ and the fundamental number (NF) was 90 in both males and females. The types of metaphase chromosomes were as follows: 4 large metacentric, 4 medium metacentric, 6 large submetacentric, 6 medium submetacentric, 8 large acrocentric, 10 medium acrocentric, 2 small acrocentric, 2 large telocentric, 4 medium telocentric and 4 small telocentric. However, no of strange sized chromosomes related to sex were observed. The region adjacent to the telomere of the short arm of chromosome pair 5 showed clearly observable nucleolar organizer regions (NORs). The karyotype formula of Myers' Silver Rasbora is as follows: $2n (50) = L^m_4 + L^{sm}_6 + L^a_8 + L^t_2 + M^m_4 + M^{sm}_6 + M^a_{10} + M^t_4 + S^a_2 + S^t_4$

Keywords: Myers' silver rasbora, Chromosomes, Karyotype, Idiogram, NORs

บทนำ

ปลาซิวควาย (*Rasbora myersi*) เป็นปลาที่มีเกล็ดและครีบสีเงิน ซึ่งแตกต่างจากปลาสกุล *Rasbora* ชนิดอื่นที่มักมีสีสันสดใส [1] (ภาพที่ 1) โดยสามารถเจริญเติบโตเต็มที่จนมีความยาวประมาณ 7.3 เซนติเมตร และอาศัยอยู่บริเวณพื้นน้ำและกลางน้ำในลำธารน้ำจืดเขตร้อนและป่าพรุ [1, 2] ปลาชนิดนี้มีการกระจายพันธุ์เป็นบริเวณกว้างในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยพบมากในประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย [1] ในด้านอนุกรมวิธาน ปลาสกุล *Rasbora* ถือเป็นกลุ่มที่มีลักษณะไม่เฉพาะเจาะจง เนื่องจากลักษณะวินิจฉัยเฉพาะชนิดยังไม่เพียงพอ และยังพบข้อจำกัดในการจำแนกทางสัณฐาน [3] ปัจจุบันปลาในวงศ์ Cyprinidae วงศ์ย่อย Danioninae สกุล *Rasbora* มีจำนวนชนิดทั้งหมด 77 ชนิด ซึ่งทำให้ปลาสกุลนี้มีความหลากหลายของชนิดสูงที่สุด [4, 5] บางชนิดมีลักษณะภายนอกที่คล้ายคลึงกันมาก การใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียวอาจมีข้อจำกัดในการจัดจำแนกชนิด การประยุกต์ใช้วิธีการทางเซลล์อนุกรมวิธาน (Cytotaxonomy) โดยอาศัยความรู้ด้านพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ ซึ่งเป็นโครงสร้างสำคัญในการถ่ายทอดพันธุกรรม จึงช่วยเพิ่มความแม่นยำในการจัดจำแนกชนิดของสิ่งมีชีวิต [6] ความรู้พื้นฐานและข้อมูลทางเซลล์พันธุศาสตร์ของปลาชนิดนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาหลายด้าน โดยเฉพาะในด้านเซลล์อนุกรมวิธาน



ภาพที่ 1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของปลาซิวควาย (แถบมาตราส่วน 1 เซนติเมตร)



วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ดำเนินการภายใต้การรับรองการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ รหัสโครงการ 03-67-015 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน กระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม โดยการดำเนินการแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การรวบรวมตัวอย่างปลาชิวควาย การเตรียมโครโมโซมและย้อมสีโครโมโซม การตรวจสอบโครโมโซม การจัดทำแคโรไทป์และอิดิโอแกรมมาตรฐาน

การเก็บตัวอย่าง

รวบรวมปลาชิวควายจากแม่น้ำมูล อำเภอน้ำขุ่น จังหวัดสุรินทร์ และนำมาเลี้ยงในโรงเรือนเพื่อลดความเครียดและปรับสภาพปลา จากนั้นสุ่มเลือกตัวอย่างปลาเพศผู้และเพศเมียอย่างละ 10 ตัว มาทำการศึกษา

การเตรียมโครโมโซม

ทำการศึกษาโดยเริ่มจากการวัดความยาวและชั่งน้ำหนักปลาชิวควายแล้วบันทึกข้อมูล จากนั้นฉีดสารโคชิซิน (Colchicine) ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 เข้าบริเวณช่องท้อง อัตราส่วน 1 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักตัวปลาทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำการการุณยฆาตด้วยความเย็น จากนั้นผ่าตัดบริเวณช่องท้องเพื่อตัดเอาตัวอย่างไต มาแช่ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ความเข้มข้น 0.075 โมลาร์ บดตัวอย่างไตให้ละเอียด แล้วถ่ายลงในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 15 มิลลิกรัม จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ 1,250 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8 นาที รักษาสภาพเซลล์ด้วยน้ำยาคงสภาพ (Canoy's Fixative) ปั่นเหวี่ยงซ้ำที่ความเร็ว 1,250 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8 นาที ทำซ้ำ 3-4 รอบ จนได้ตะกอนขาวที่ก้นหลอด

เตรียมสไลด์โครโมโซมโดยนำตะกอนเซลล์ที่เตรียมไว้ มาหยดลงบนแผ่นสไลด์ที่สะอาดจำนวน 2-3 หยด โดยหยดห่างจากสไลด์ประมาณ 30 เซนติเมตร จากนั้นปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปย้อมสีในขั้นตอนต่อไป

การย้อมสีโครโมโซม

การย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดา ดัดแปลงจาก [7] โดยใช้สีจีมาซ่า (Giemsa's Staining) ความเข้มข้นร้อยละ 20 ที่เตรียมจาก Stock Giemsa's Solution ใน Sorensen's Buffer ย้อมสีโครโมโซมเป็นเวลา 45 นาที จากนั้นล้างออกด้วยน้ำสะอาด ทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปตรวจสอบโครโมโซมภายใต้กล้องจุลทรรศน์

การย้อมแบบสีย้อมแบบนอร์ ดัดแปลงจาก [8] โดยอบสไลด์ที่ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นหยดซิลเวอร์ไนเตรท (AgNO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 50 จำนวน 4 หยด และเจลาติน (Gelatin) ความเข้มข้นร้อยละ 4 จำนวน 2 หยด ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นำเข้าตู้อบที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นล้างออกด้วยน้ำสะอาด ผึ่งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปตรวจสอบโครโมโซมภายใต้กล้องจุลทรรศน์

การตรวจสอบโครโมโซม

นำสไลด์ที่ย้อมสีแบบธรรมดาและย้อมแบบสีย้อมแบบนอร์มาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Nikon eclipse e 100) เพื่อตรวจหาเซลล์ในระยะเมทาเฟสที่มีโครโมโซมไม่ซ้อนทับกันและกระจายตัวดี จากนั้นถ่ายภาพโครโมโซมด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่ติดตั้งระบบถ่ายภาพแบบดิจิทัลด้วยกำลังขยาย 1,000 เท่า

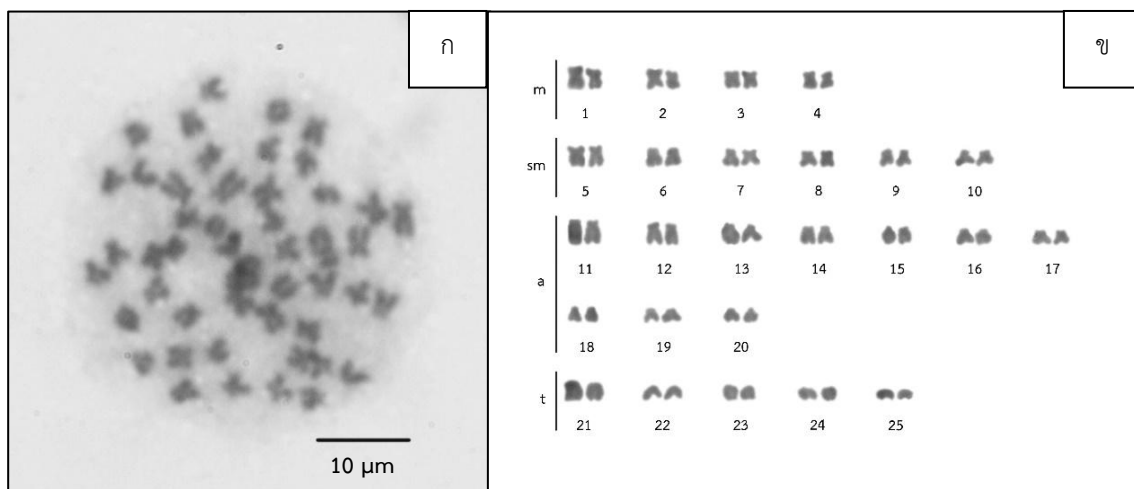
การจัดทำแคโรไทป์และอิดิโอแกรมมาตรฐาน

ศึกษารายละเอียดโครโมโซม โดยตรวจสอบจำนวน ชนิด และขนาด โดยใช้โครโมโซมในระยะเมทาเฟสจำนวน 20 เซลล์ เป็นตัวแทน จากนั้นจับคู่โครโมโซมที่เหมือนกัน (Homologous Chromosome) หาค่าความยาวของแขนโครโมโซมข้างสั้น (Length of Short Arm; Ls) ความยาวของแขนโครโมโซมข้างยาว (Length of Long Arm; Ll) ความยาวของโครโมโซมแต่ละแท่ง (Total Length; LT) ค่า Relative Length (RL) และ Centromeric Index (CI) เพื่อระบุชนิดของโครโมโซม จำแนกขนาดของโครโมโซมออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดใหญ่ (Large = L) ขนาดกลาง (Medium = M) และขนาดเล็ก (Small = S) จากนั้นจัดเรียงโครโมโซมตามความยาวของแต่ละคู่จากมากไปน้อย และระบุหมายเลขของโครโมโซมแต่ละคู่ไว้ด้านล่าง วางแท่งโครโมโซมให้แขนข้างสั้นอยู่ด้านบน แขนข้างยาวอยู่ด้านล่าง และวางแท่งโครโมโซมให้ตำแหน่งของปลายแขนข้างยาวอยู่ในระนาบเดียวกัน [9]

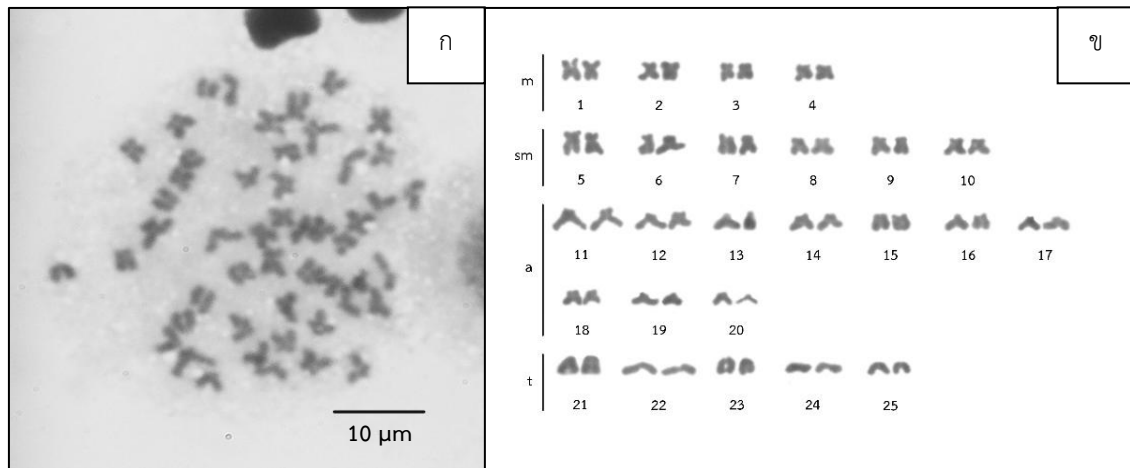
จัดทำอิดิโอแกรมโดยนำค่าเฉลี่ยความยาวของโครโมโซมและตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ โดยใช้เซลล์ระยะเมทาเฟส จากการย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดาและการย้อมแถบสีแบบนอร์จำนวน 20 เซลล์ นำมาจัดโดยการแยกชนิดและวัดความยาวของแขนข้างสั้นและแขนข้างยาวของโครโมโซมทุกคู่ จากนั้นนำค่าเฉลี่ยความยาวของโครโมโซมแต่ละคู่มาจัดทำกราฟ โดยกำหนดแกนตั้ง (Y) และแกนนอน (X) เป็นลำดับของโครโมโซมคู่ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดไปหาคู่ที่เล็กที่สุด

ผลการวิจัย

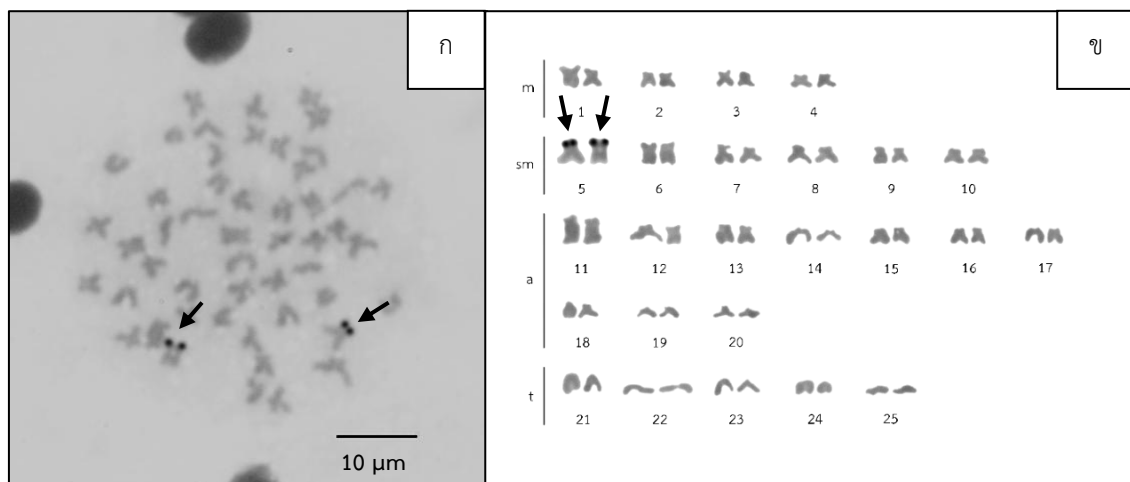
ผลจากการตรวจสอบโครโมโซมของปลาชิวควย (*Rasbora myersi*) จากแม่น้ำมูล อำเภอน้ำขุ่น จังหวัดสุรินทร์ โดยเตรียมโครโมโซมด้วยวิธีทางตรง ย้อมสีโครโมโซมด้วยเทคนิคการย้อมสีแบบธรรมดา (ภาพที่ 2 และ 3) และเทคนิคการย้อมแถบสีแบบนอร์ (ภาพที่ 4 และ 5) พบว่าปลาชิวควยมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 50 แท่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 90 แคริโอไทป์ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่จำนวน 4 แท่ง เมทาเซนทริกขนาดกลางจำนวน 4 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่จำนวน 6 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดกลางจำนวน 6 แท่ง อะโครเซนทริกขนาดใหญ่จำนวน 8 แท่ง อะโครเซนทริกขนาดกลางจำนวน 10 แท่ง อะโครเซนทริกขนาดเล็กจำนวน 2 แท่ง เทโลเซนทริกขนาดใหญ่จำนวน 2 แท่ง เทโลเซนทริกขนาดกลางจำนวน 4 แท่ง และเทโลเซนทริกขนาดเล็กจำนวน 4 แท่ง โดยไม่พบความแตกต่างของโครโมโซมเพศระหว่างปลาเพศผู้กับปลาเพศเมีย อีกทั้งบริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 5 ยังพบตำแหน่งของนอร์ (NORs) (ภาพที่ 6) ปลาชิวควยมีสูตรแคริโอไทป์ คือ $2n (50) = L^m_4 + L^{sm}_6 + L^a_8 + L^t_2 + M^m_4 + M^{sm}_6 + M^a_{10} + M^t_4 + S^a_2 + S^t_4$ (ตารางที่ 1)



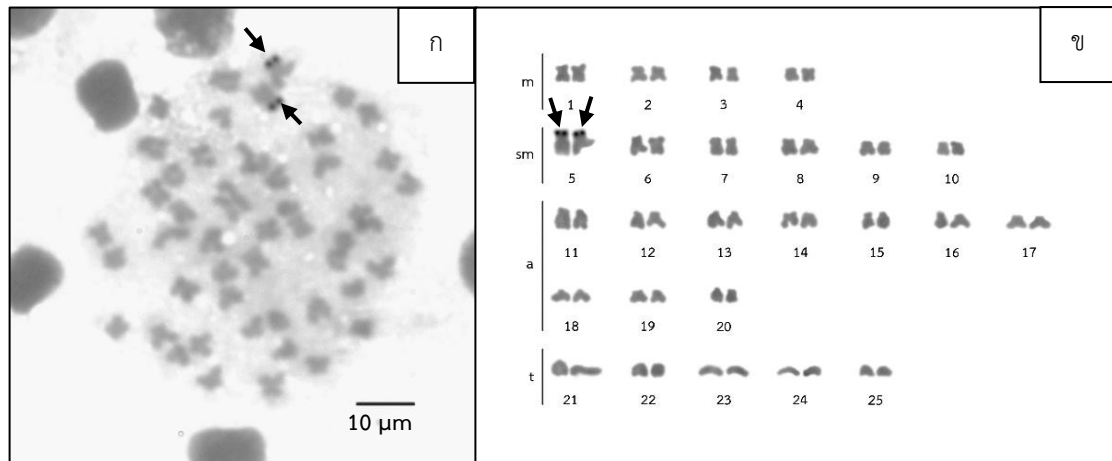
ภาพที่ 2 โครโมโซมระยะเมทาเฟส (ก) แถบมาตราส่วน 10 ไมโครเมตร และแคริโอไทป์ (ข) ของปลาชิวควยเพศผู้ (*Rasbora myersi*, $2n = 50$) ด้วยวิธีการย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดา (m = โครโมโซมชนิดเมทาเซนทริก, sm = โครโมโซมชนิดซับเมทาเซนทริก, a = โครโมโซมชนิดอะโครเซนทริก และ t = โครโมโซมชนิดเทโลเซนทริก)



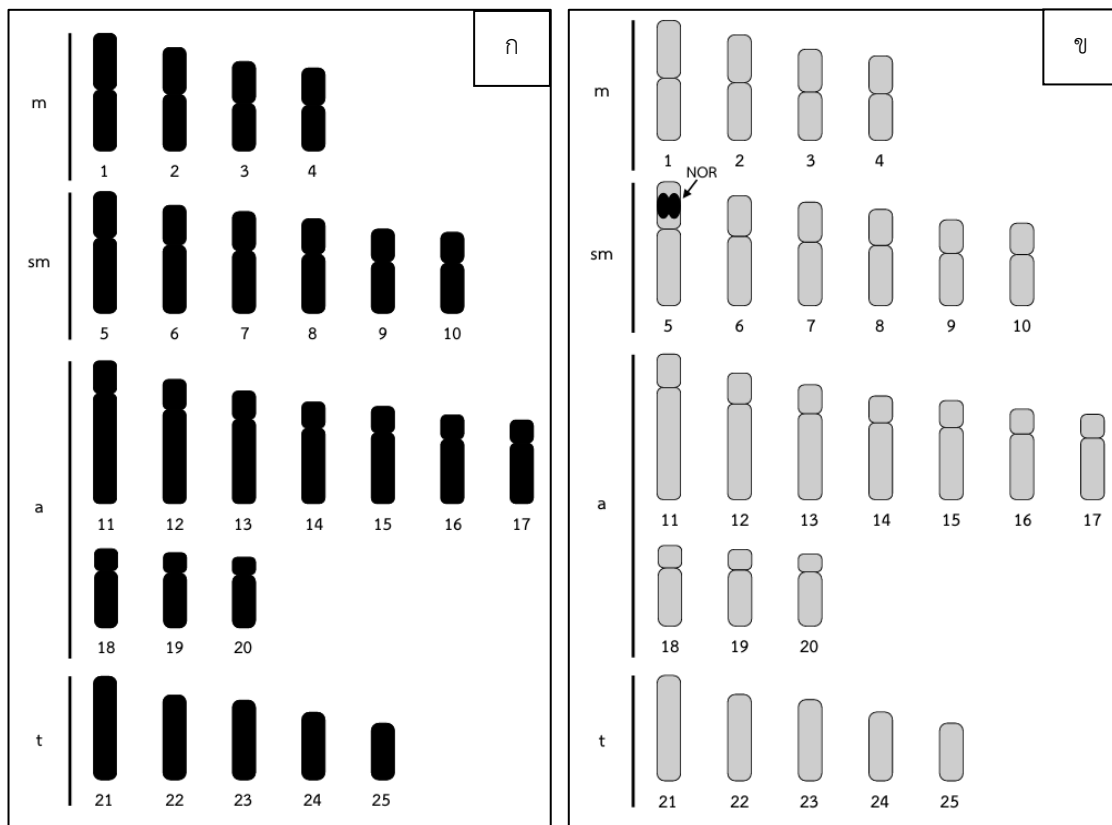
ภาพที่ 3 โครโมโซมระยะเมทาเฟส (ก) แถบมาตราส่วน 10 ไมโครเมตร และแคโรไทป์ (ข) ของปลาชิวควายเทศเมีย (*Rasbora myersi*, $2n = 50$) ด้วยวิธีการย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดา (m = โครโมโซมชนิดเมทาเซนตริก, sm = โครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริก, a = โครโมโซมชนิดอะโครเซนตริก และ t = โครโมโซมชนิดเทโลเซนตริก)



ภาพที่ 4 โครโมโซมระยะเมทาเฟส (ก) แถบมาตราส่วน 10 ไมโครเมตร และแคโรไทป์ (ข) ของปลาชิวควายเทศผู้ (*Rasbora myersi*, $2n = 50$) ด้วยวิธีการย้อมแถบสีแบบบอร์ ลูกศรแสดงตำแหน่งของนอร์บริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 5 (m = โครโมโซมชนิดเมทาเซนตริก, sm = โครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริก, a = โครโมโซมชนิดอะโครเซนตริก และ t = โครโมโซมชนิดเทโลเซนตริก)



ภาพที่ 5 โครโมโซมระยะเมทาเฟส (ก) แถบมาตราส่วน 10 ไมโครเมตร และแคโรไทป์ (ข) ของปลาชิวควายเทศเมย (Rasbora myersi, $2n = 50$) ด้วยวิธีการย้อมแถบสีแบบบอร์ ลูกศรแสดงตำแหน่งของ NOR บริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 5 (m = โครโมโซมชนิดเมทาเซนทริก, sm = โครโมโซมชนิดซับเมทาเซนทริก, a = โครโมโซมชนิดอะโครเซนทริก และ t = โครโมโซมชนิดเทโลเซนทริก)



ภาพที่ 6 อิดิโอแกรมมาตรฐานของปลาชิวควาย (Rasbora myersi, $2n=50$) ด้วยวิธีการย้อมสีแบบธรรมดา (ก) และวิธีการย้อมแถบสีแบบบอร์ (ข) ลูกศรแสดงตำแหน่งของ NOR บริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 5 (m = โครโมโซมชนิดเมทาเซนทริก, sm = โครโมโซมชนิดซับเมทาเซนทริก, a = โครโมโซมชนิดอะโครเซนทริก, t = โครโมโซมชนิดเทโลเซนทริก)



ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยความยาวของแขนโครโมโซมข้างสั้น (Length of Short Arm; Ls), ความยาวของแขนโครโมโซมข้างยาว (Length of Long Arm; Ll), ความยาวทั้งหมดของโครโมโซมแต่ละคู่ (Total Length; LT), ค่า Relative Length (RL), ค่า Centromeric Index (CI) ขนาด และชนิดของโครโมโซมแต่ละแท่งจากเซลล์ระยะเมทาเฟส จำนวน 20 เซลล์ ของปลาซิวควาย (*Rasbora myseri*, $2n=50$)

คู่ที่	Ls	Ll	LT	RL±SD	CI±SD	ขนาด	ชนิด
1	42.36	45.98	88.34	0.0501±0.0024	0.5205±0.0235	ใหญ่	เมทาเซนตริก
2	35.34	42.39	77.73	0.0441±0.0038	0.5453±0.0076	ใหญ่	เมทาเซนตริก
3	31.46	35.58	67.03	0.0380±0.0016	0.5307±0.0173	กลาง	เมทาเซนตริก
4	28.18	34.14	62.32	0.0353±0.0011	0.5479±0.0035	กลาง	เมทาเซนตริก
5*	34.77	56.38	91.15	0.0517±0.0048	0.6185±0.0099	ใหญ่	ซับเมทาเซนตริก
6	30.17	50.98	81.15	0.0460±0.0030	0.6282±0.0148	ใหญ่	ซับเมทาเซนตริก
7	29.54	46.83	76.37	0.0433±0.0032	0.6132±0.0070	ใหญ่	ซับเมทาเซนตริก
8	26.80	44.19	71.00	0.0403±0.0027	0.6224±0.0142	กลาง	ซับเมทาเซนตริก
9	24.44	38.75	63.19	0.0358±0.0022	0.6132±0.0122	กลาง	ซับเมทาเซนตริก
10	22.97	37.83	60.80	0.0345±0.0015	0.6222±0.0116	กลาง	ซับเมทาเซนตริก
11	24.88	82.30	107.18	0.0608±0.0025	0.7679±0.0334	ใหญ่	อะโครเซนตริก
12	22.66	70.30	92.96	0.0527±0.0011	0.7563±0.0321	ใหญ่	อะโครเซนตริก
13	21.15	63.05	84.20	0.0477±0.0020	0.7488±0.0420	ใหญ่	อะโครเซนตริก
14	19.67	56.44	76.11	0.0432±0.0014	0.7416±0.0348	ใหญ่	อะโครเซนตริก
15	19.33	53.21	72.55	0.0411±0.0010	0.7335±0.0341	กลาง	อะโครเซนตริก
16	18.25	48.42	66.67	0.0378±0.0015	0.7263±0.0323	กลาง	อะโครเซนตริก
17	17.01	45.52	62.53	0.0355±0.0017	0.7279±0.0236	กลาง	อะโครเซนตริก
18	16.16	42.99	59.14	0.0335±0.0011	0.7268±0.0221	กลาง	อะโครเซนตริก
19	14.75	41.54	56.29	0.0319±0.0019	0.7380±0.0336	กลาง	อะโครเซนตริก
20	13.13	39.76	52.89	0.0300±0.0027	0.7517±0.0342	เล็ก	อะโครเซนตริก
21	0.00	77.60	77.60	0.0440±0.0022	1.0000±0.0000	ใหญ่	เทโลเซนตริก
22	0.00	63.57	63.57	0.0360±0.0038	1.0000±0.0000	กลาง	เทโลเซนตริก
23	0.00	59.83	59.83	0.0339±0.0035	1.0000±0.0000	กลาง	เทโลเซนตริก
24	0.00	50.67	50.67	0.0287±0.0014	1.0000±0.0000	เล็ก	เทโลเซนตริก
25	0.00	42.55	42.55	0.0241±0.0025	1.0000±0.0000	เล็ก	เทโลเซนตริก

หมายเหตุ: * โครโมโซมที่พบตำแหน่งนอร์ (NORs)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ปลาซิวควายมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 50 แท่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 90 แคริโอไทป์ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง ขนาดกลาง 4 แท่ง โครโมโซมชนิดซับเมทาเซนตริกขนาดใหญ่ 6 แท่ง ขนาดกลาง 6 แท่ง โครโมโซมชนิดอะโครเซนตริกขนาดใหญ่ 8 แท่ง ขนาดกลาง 10 แท่ง ขนาดเล็ก 2 แท่ง และโครโมโซมชนิดเทโลเซนตริกขนาดใหญ่ 2 แท่ง ขนาดกลาง 4 แท่ง ขนาดเล็ก 4 แท่ง สามารถเขียนสูตรแคริโอไทป์ดังนี้ $2n (50)$



$= L^m_4 + L^{sm}_6 + L^a_8 + L^t_2 + M^m_4 + M^{sm}_6 + M^a_{10} + M^t_4 + S^a_2 + S^t_4$ อีกทั้งไม่พบความแตกต่างของโครโมโซมเพศระหว่างปลาเพศผู้กับปลาเพศเมีย จึงทำให้ไม่สามารถระบุโครโมโซมเพศของปลาได้ นอกจากนี้โครโมโซมคู่ที่ 5 (โครโมโซมชนิดซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่) เป็นโครโมโซมเครื่องหมาย เนื่องจากพบตำแหน่งของนอร์ (NORs) บริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซม ซึ่งการศึกษานี้สอดคล้องกับธวัช ดอนสกุล และวิเชียร มากต่น [10] ที่มีการศึกษาในปลาชนิดเดียวกัน (*R. myersi*) พบจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ เท่ากับ 50 มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน เท่ากับ 100 อย่างไรก็ตามพบว่ามีจำนวนโครโมโซมไม่มีความแปรผันเมื่อเปรียบเทียบกับปลาสกุลเดียวกัน (*Rasbora* sp.) ที่เคยมีการศึกษามาก่อนหน้านี้ เช่น ปลาฉิวผอม (*Rasbora agilis*) ปลาฉิวหลังจุด (*R. dorsiocellata*) ปลาฉิวหลังแดง (*R. rubrodorsalis*) [11] ปลาฉิวทอง (*R. einthovenii*) [12] ปลาฉิวหางดอก (*R. caudimaculata*) ปลาฉิวควายแถบดำ (*R. paviei*) และปลาฉิวควาย (*R. retrodorsalis*) [10] ปลาฉิวควาย (*R. aurotaenia*) [13] (ตารางที่ 2) แต่จะพบรูปแบบแคโรไทป์มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ชนิดของโครโมโซมที่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากความหลากหลายทางพันธุกรรมของปลาชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน ที่มีถิ่นที่อยู่อาศัยต่างกัน อาจส่งผลให้ปลาในกลุ่มประชากรนั้น ๆ มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ โครโมโซมพื้นฐาน และชนิดของโครโมโซมที่แตกต่างกันออกไป [14] และการใช้เกณฑ์ในการจำแนกชนิดของโครโมโซมที่ต่างกัน นอกจากนี้ความแตกต่างของโครโมโซมอาจเกิดขึ้นได้จากการต่อสลับแบบใช้เซนโทรเมียร์ร่วมกัน (Pericentric Inversion) จึงทำให้รูปแบบโครโมโซมเปลี่ยนแปลงแม้จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์จะเท่าเดิม หรือสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัยสามารถก่อให้เกิดความแปรผันของจำนวนโครโมโซมทำให้รูปแบบโครโมโซมเปลี่ยนแปลงได้ [15] อย่างไรก็ตามการมีจำนวนแขนโครโมโซมมากบ่งบอกได้ว่าปลาชนิดนั้นอาจจะมีวิวัฒนาการที่สูงกว่าปลาที่มีจำนวนแขนโครโมโซมที่น้อยกว่า [16]

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการศึกษาแคโรไทป์ของปลาในสกุล *Rasbora* ในประเทศไทย

ชนิด	2n	NF	สูตรแคโรไทป์	NOR	พื้นที่	อ้างอิง
<i>Rasbora agilis</i>	50	100	24m+26sm	-	- พรุโตะแดง จ.นราธิวาส	[11]
<i>R. aurotaenia</i>	50	100	14m+26sm+2st+8a	-	-	[13]
	50	98	8m+16sm+24a+2t	2	- แม่น้ำเจ้าพระยา - แม่น้ำสงคราม	[17]
<i>R. borapetensis</i>	50	88	24m+14sm+12t	-	-	[18]
	50	98	8m+18sm+20a+4t	-	- แม่น้ำสาละวิน - แม่น้ำสงคราม - แม่น้ำแม่กลอง	[19]
<i>R. daniconius</i>	50	90	32m+8sm+2st+8t	-	-	[18]
<i>R. dorsiocellata</i>	50	92	18m+24sm+8t	-	- แม่น้ำโกลก จ.นราธิวาส	[11]
<i>R. einthovenii</i>	50	100	16m+18sm+16a	2	- ป่าพรุสิรินธร จ.นราธิวาส	[12]
<i>R. paviana</i>	50	98	8m+16sm+24a+2t	2	- แม่น้ำแม่กรอง	[17]
					- ป่าพรุสิรินธร	
					- แม่น้ำป่าสัก	
					- แม่น้ำชี	
<i>R. paviei</i>	50	100	10m+24sm+16st	-	-	[10]
<i>R. retrodorsalis</i>	50	100	26m+10sm+2st+12a	-	-	[10]
<i>R. rubrodorsalis</i>	50	82	16m+16sm+18t	-	- จ.สกลนคร	[11]



ชนิด	2n	NF	สูตรแคโรไทป์	NOR	พื้นที่	อ้างอิง
<i>R. sumatrana</i>	50	92	26m+16sm+2st+6a	-	- จ.พัทลุง	[20]
<i>R. trillineta</i>	50	92	26m+16sm+2st+6t	-	-	[18]
	50	100	12m+24sm+14a	-	- แม่น้ำสาละวิน - แม่น้ำสงคราม - แม่น้ำแม่กลอง - ป่าพรุสิรินธร จ.นราธิวาส	[19]
<i>R. myersi</i>	50	100	20m+14sm+6st+10a	-	-	[10]
	50	90	8m+12sm+20a+10t ($L_4^m + L_6^{sm} + L_8^a + L_2^t$ $+ M_4^m + M_6^{sm} + M_{10}^a +$ $M_4^t + S_2^a + S_4^t$)	2	แม่น้ำมูล จ. สุรินทร์	การศึกษา ในครั้งนี้

หมายเหตุ : 2n = โครโมโซมดิพลอยด์, NF = โครโมโซมพื้นฐาน, m = โครโมโซมเมทาเซนทริก, sm = โครโมโซมซับเมทาเซนทริก, a = โครโมโซมอะโครเซนทริก, st = โครโมโซมซับเทโลเซนทริก และ t = โครโมโซมเทโลเซนทริก, NOR = โครโมโซมเครื่องหมายที่มีตำแหน่งนอร์

ข้อมูลตำแหน่งนอร์ (NORs) จากการศึกษาพันธุศาสตร์เซลล์ของปลาชิวควาย เป็นองค์ความรู้ใหม่ที่สำคัญต่อการศึกษาด้านอนุกรมวิธานและวิวัฒนาการของปลา ข้อมูลนี้สามารถใช้เปรียบเทียบกับแคโรไทป์ของปลาสกุล *Rasbora* ชนิดอื่น และประชากรปลาชิวควายในแหล่งอาศัยต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์ความแปรผันของโครโมโซม รวมถึงใช้กำหนดหน่วยจัดการประชากร วางแผนการเพาะพันธุ์เพื่อรักษาความหลากหลายทางพันธุกรรม และตรวจสอบความผิดปกติของโครโมโซมที่อาจเกิดจากพันธุกรรมหรือผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

1. Brittan MR. A revision of the Indo-Malayan freshwater fish genus *Rasbora*. Monogr Inst Sci Technol 1954;3:1–224.
2. Sule HA, Ismail A, Amal MNA, Zulkifli SZ, Roseli MFAM, Shohaimi S. Water quality influences on fish occurrence in peat swamp forest and its converted areas in North Selangor, Malaysia. Sains Malaysiana 2018;47(11):2589–600.
3. Muchlisin ZA, Fadlia N, Siti-Azizah M.N. Genetic variation and taxonomy of *Rasbora roulei* (Cyprinidae) from Lake Laut Tawar, Indonesia. J Ichthyol 2012;52(4):284–90.
4. Eschmeyer WN. Catalog of fishes. electronic version [Internet]. 2013 [cited 2025 Feb 4]. Available from: <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>
5. Froese R, Pauly D. FishBase: world wide. web electronic publication [Internet]. 2013 [cited 2025 Feb 4]. Available from: <http://www.fishbase.org>
6. Esmaeili HR, Ebrahimi M, Saifali M. Karyological analysis of five tooth-carps (Actinopterygii: Cyprinodontidae) from Iran. J Aquac 2008;39(2): 95–100.



7. Rooney DE. Human cytogenetics: constitutional analysis: a practical approach. Oxford: Oxford University Press; 2001.
8. Howell WM, Black DA. Controlled silver-staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: a one-step method. *Experientia* 1980;36(8):1014–5.
9. Turpin R, Lejeune J. Les chromosomes humains. Paris: Gauthier-Villars; 1965.
10. ธวัช ดอนสกุล, วิเชียร มากตุ่น. คาร์ิโอไทป์ของปลาชีวหางดอก ชิวควายแถบดำ และชิวควายที่พบในประเทศไทย. ใน: การประชุมสัมมนาวิชาการเพื่อเสนอผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปี 2545. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ; 2545. หน้า 1–7.
11. ธวัช ดอนสกุล, อัจฉริยา รังษิรุจิ, วิเชียร มากตุ่น. คาร์ิโอไทป์ของปลาชิวผอม ชิวหลังจุด ชิวหลังแดง ชิวเพชรน้อย และปลาชิวหนูที่พบในประเทศไทย. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 วันที่ 17-20 มีนาคม 2552. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2552. หน้า 320–7.
12. นูรอิน ยีแสม, สิทธิศักดิ์ จันทรัตน์, พัน ยี่ลั่น. พันธุศาสตร์เซลล์ของปลาชิวทอง (*Rasbora einthovenii*) บริเวณป่าพรุสิรินธร จังหวัดนราธิวาส. ว. วิจัยเทคโนโลยีการประมง 2562;13(2):58–68.
13. เกียรติกร สัตตะพันธุ์, ทักษิณา เหมยคำ. คาร์ิโอไทป์ของปลา 10 ชนิดในวงศ์ Cyprinidae. ว. วิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 2547;22(ฉบับพิเศษ):92–101.
14. Denton TE. Taxonomic implication of the karyotype of *Opsopoeodus emileae*. *Copeia* 1973;1:161–3.
15. อลงกลด แทนอมทอง. พันธุศาสตร์เซลล์ (Cytogenetics). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย; 2554.
16. Nirchio M, Turner BJ, Perez JE, Gaviria JI, Cequea H. Karyotypes of three species of toadfish (Batrachoididae: Teleostei) from Venezuela. *Sci Mar* 2002;66(1):1–4.
17. Aiumsumang S, Phimphan C, Suwannapoom P, Chai-yanan W, Supiwong W, Tanomtong A. A comparative chromosome study on five minnow fishes (Cyprinidae, Cypriniformes) in Thailand. *Caryologia* 2021;74(1):89–96.
18. ธวัช ดอนสกุล, อนันต์ พุทธิยาสถาพร. คาร์ิโอไทป์ของปลาวงศ์ไซไพรินิดี 5 ชนิดที่พบในประเทศไทย. ใน: การประชุมวิชาการพันธุศาสตร์แห่งชาติครั้งที่ 14 วันที่ 11-13 มีนาคม 2548. โรงแรมมิราเคิลแกรนด์คอนเวนชั่น. กรุงเทพฯ.; 2548. หน้า 217–22.
19. Aiumsumang S, Phimphan S, Tanomtong A, Supiwong W. Chromosome study of *Rasbora trilineata* and *Rasbora borapetensis* (Cyprinidae, Cypriniformes): revealed by conventional staining technique. *Sci Technol Eng J* 2022;8(2):29–39.
20. ธวัช ดอนสกุล, วิเชียร มากตุ่น. คาร์ิโอไทป์ของปลาพรหม ปลากระมัง ปลาแปบ และปลาชิวควายที่พบในประเทศไทย. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 สาขาประมง วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร ศึกษาศาสตร์ มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ การจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม วันที่ 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2538. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2538. หน้า 128–38.