



ค้นหาจากชื่อบทความ, บทคัดย่อ, คำสำคัญ

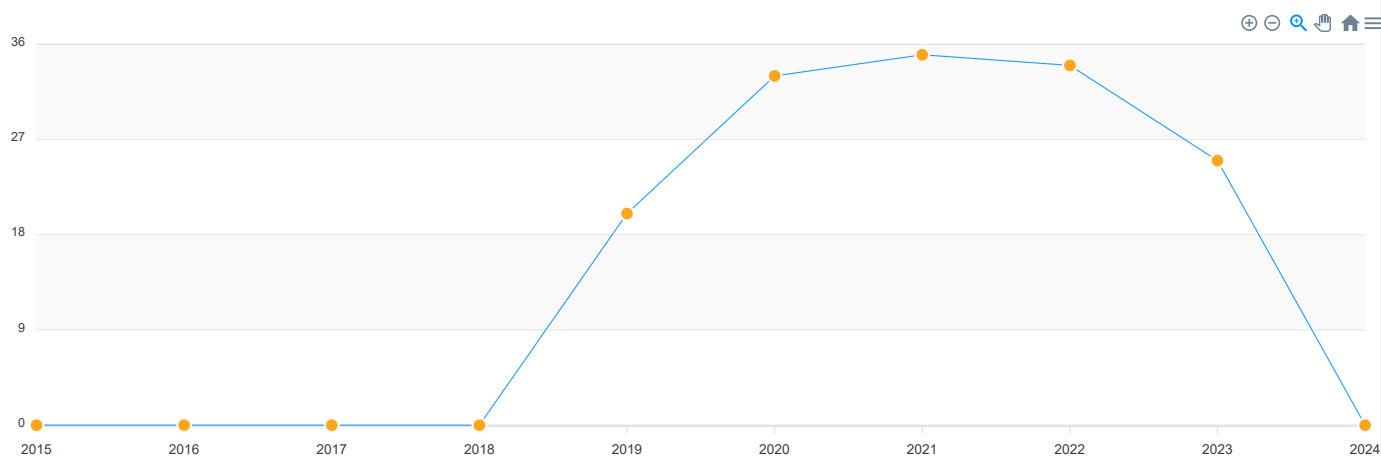


EN



Name (English):	Vocational Education Innovation and Research Journal
Name (Local):	วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา
Status:	Active
Editor-in-Chief:	ดร.วรวิทย์ ศรีตระกูล
Abbreviation (English):	VE-IRJ
Abbreviation (Local):	-
pISSN:	3027-6861
eISSN:	3027-687X
Issues/Year:	2
Address:	306 หมู่ 5 ต.โพธิ์ชัย อ.เมืองหนองคาย จ.หนองคาย 43000
Website:	https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj
Email:	ivene1journal@gmail.com
Publisher (English):	Institute of Vocational Education : Northeastern Region 1
Publisher (Local):	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1
TCI Tier:	2
Top Levels:	Social Sciences
Subject Area:	Business, Management and Accounting Social Sciences Engineering
Sub-Subject Area:	-
Note:	Formerly known as pISSN: 2586-9302, eISSN: 2697-4983
TCI Tier History:	Tier 2: From 01 Jan 2020 to 31 Dec 2024

จำนวน publication ใน 10 ปีที่ผ่านมา



TCI Thailand

ประวัติความเป็นมา

ภารกิจศูนย์ TCI

ติดต่อศูนย์ TCI

Related Sites

ระบบ Fast-Track Indexing

ระบบ ThaiJO

Legal

นโยบายการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล



Thai Journal Citation Index Centre

© 2023 Thai-Journal Citation Index Centre. All rights reserved. (Login)





วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา Vocational Education Innovation and Research Journal เป็นวารสารวิชาการของสถาบันการ

อาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 มีวัตถุประสงค์ เพื่อ

1. ส่งเสริมและเผยแพร่ความรู้ ความคิด ในสาขาวิชาเทคโนโลยีบัณฑิตและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง
2. เผยแพร่ผลการศึกษา ค้นคว้า วิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษาของสถาบันที่เกี่ยวข้อง
3. เป็นสื่อกลางในการอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นของสมาชิกและผู้สนใจ

มีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ (มกราคม - มิถุนายน และ กรกฎาคม - ธันวาคม)

Focus & Scope

วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา มีนโยบายเพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและนวัตกรรม ที่นำไปสู่การพัฒนาการอาชีวศึกษา หรือการนำองค์ความรู้ด้านการอาชีวศึกษาที่ผ่านกระบวนการวิจัย และนวัตกรรมเพื่อนำไปสู่การพัฒนาสถานประกอบการชุมชน เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม ประกอบไปด้วยขอบเขตเนื้อหา ด้านเทคโนโลยี อุตสาหกรรม เทคโนโลยีสารสนเทศ บริหารธุรกิจ และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการอาชีวศึกษา

นโยบายพิจารณาการกลั่นกรองบทความ (Peer Review Process)

วารสารนวัตกรรมการวิจัยและนวัตกรรมอาชีวศึกษา (Ve-irj) ขอขอบคุณท่านเป็นอย่างยิ่งที่ได้กรุณาส่งผลงานวิชาการเพื่อเสนอต่อกองบรรณาธิการวารสารได้พิจารณา เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ทั้งในฉบับตีพิมพ์ และฉบับออนไลน์บนเว็บไซต์ www.tci-thaijo.org นั้น ทางกองบรรณาธิการขอแจ้งนโยบายการกลั่นกรองบทความ (peer review process) มาให้ท่านทราบอีกครั้งหนึ่ง ดังนี้

1. บทความวิจัยจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร เอกสารการประชุม หรือสิ่งพิมพ์ใดมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่น
2. บทความที่รับพิจารณาตีพิมพ์ต้องผ่านการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง (Peer Review) อย่างน้อย สองคน หากมีผลแตกต่างกัน ทางกองบรรณาธิการจะส่งให้ผู้ทรงเป็นคนที่สาม ซึ่งกระบวนการกลั่นกรองนี้ทั้งผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เขียนจะไม่ทราบข้อมูลซึ่งกันและกัน (Double-blind peer review) และผ่านการพิจารณาจากกองบรรณาธิการ โดยจะแจ้งผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิให้ผู้เขียนรับทราบ นับตั้งแต่วันที่ได้รับการพิจารณา โดยผลการพิจารณาของกองบรรณาธิการถือเป็นขั้นสุดท้าย
3. ผู้เขียนต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กองบรรณาธิการวารสารกำหนด และยินยอมให้บรรณาธิการแก้ไขบทความเพื่อความสมบูรณ์ได้ในขั้นตอนสุดท้ายก่อนเผยแพร่ จึงจะได้รับหนังสือตอบรับการตีพิมพ์

คำแนะนำผู้เขียน

ทั้งนี้ผู้เขียนจะต้องไม่รายงานข้อมูลที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ไม่จะเป็นการสร้างข้อมูลเท็จ หรือการปลอมแปลง บิดเบือน รวมไปถึงการตกแต่ง หรือ เลือกแสดงข้อมูลเฉพาะที่สอดคล้องกับข้อสรุป รวมทั้งทัศนคติและความเห็นที่ปรากฏในบทความในวารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนบทความนั้น และไม่ถือเป็นทัศนะและความรับผิดชอบของกองบรรณาธิการวารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา รวมทั้งผู้เขียนจะต้องคำนึงถึงจริยธรรมการวิจัย ไม่ละเมิดหรือคัดลอกผลงานของผู้อื่นมาเป็นของตนเอง ซึ่งทางวารสารได้กำหนดความซ้ำของผลงาน ด้วยโปรแกรม CopyCat เว็บไซต์ Thaijo ในระดับ ไม่เกิน 20% โดยมีผลตั้งแต่ เดือนกันยายน 2562 เป็นต้นไป

ประกาศ ผู้ใช้งานวารสารแก้ไขข้อมูลส่วนตัวในส่วน ชื่อ (ไม่ต้องมีคำนำหน้า) นามสกุล และชื่อเต็มพร้อมตำแหน่ง (ถ้ามี) ทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทย(ถ้ามี) ให้ถูกต้อง <https://drive.google.com/.../1mses7-Rf-ivlCXqyESpLgcxd-9.../view> (https://drive.google.com/file/d/1mses7-Rf-ivlCXqyESpLgcxd-9OqE34i/view?fbclid=IwAR1eicmdnjzPHis4e_ZWkguFUddB3l0oiK6kcceYwyzbRsnYQcNWM6fBVNk)

เพื่อแก้ไขปัญหาดังนี้

1. เพื่อไม่ให้ reference ชื่อผิด เนื่องจากชื่อ เอาไว้อ้างอิงผู้ใช้ใส่ตำแหน่งเข้าไปทำให้ระบบเข้าไ้ผิดเป็นสองคนคะแนนก็แบ่งไป
2. เพื่อไม่ให้ google จำผิดๆ ผู้ใช้บางท่านชื่อผิด เมื่อ google ค้นหาแล้ว จำได้แล้ว ถ้าต้องการเปลี่ยนเป็นชื่อที่ถูกต้อง นานมากกว่า google จะเปลี่ยนให้
3. จากข้อ 1 เพื่อให้จำนวนคะแนนสำหรับ reference ได้ถูกต้อง และข้อมูลส่วนบุคคลที่ถูกต้องด้วย

ดาวน์โหลด Template

- Template DOC (https://docs.google.com/document/d/1QqK01_KOERJF9I3u1G8tk4xu6zeUTuIn/edit?usp=sharing&oid=116203298136657652107&rtpof=true&sd=true)

- Template PDF (https://drive.google.com/file/d/13bZPaWZj_26UTq5kMFVp3DxS2iRh_sr1/view?usp=sharing)

Publication Frequency

ปีละ 2 ฉบับ (มกราคม-มิถุนายน และ กรกฎาคม-ธันวาคม) E-mail : ivene1journal@gmail.com

ISSN : 3027-6861 (Print)

ISSN : 3027-687X (Online)

ฉบับปัจจุบัน

ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 (2567): มกราคม - มิถุนายน



(<https://www.nstda.or.th/home/nstda-privacy-policy/>)
 Privacy policy (<https://www.nstda.or.th/en/nstda-privacy-policy.html>)

(<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/issue/view/17983>)

เผยแพร่แล้ว: 2024-04-29

ฉบับเต็ม

FullText (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/issue/view/17983/5659>)

บทความพิเศษ

การพัฒนาระบบดูแลผู้เรียนอาชีวศึกษา เพื่อขับเคลื่อนนโยบาย “เรียนดี มีความสุข” ของ กระทรวงศึกษาธิการ
 การพัฒนาระบบดูแลผู้เรียนอาชีวศึกษา เพื่อขับเคลื่อนนโยบาย “เรียนดี มีความสุข” ของ กระทรวงศึกษาธิการ

(<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/272856>)

พีระพล พูลทวี
 1-6

PDF (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/272856/182310>)

บทความวิจัย

การพัฒนาชุดควบคุมอุณหภูมิน้ำพรมภาคย่อยแบบอัตโนมัติ (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/270502>)
 ดวงกรทรัพย์ จงใจภักดิ์, สุนทร ดวงแก้ว, สุระเดช พิมพ์ประชาไชย
 7-13

PDF (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/270502/182351>)

การพัฒนาเครื่องฟัดข้าวเปลือกขนาดเล็กสำหรับชุมชน (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/266268>)
 ณัฐริตา สวัสดิ์, พงศ์ธร พรหมบุตร
 14-21

PDF (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/266268/182352>)

การศึกษาพันธุศาสตร์เซลล์ของปลากระสูบจุด (*Hampala dispar*) และปลากระสูบยี่ (*Hampala macrolepidota*) ในประเทศไทย (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/272179>)

พิชญา บัวศรียอด, สติติย์ อรุณแสง, กฤษณ์ ปิ่นทอง, สุมาลี พิมพ์พันธุ์, สิริศักดิ์ จันทร์รัตน์, วีระยุทธ สุทธิวงศ์, อลงกลด แทนอมทอง
 22-31

PDF (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/272179/182353>)

ระบบตอบข้อความอัตโนมัติเพื่อประชาสัมพันธ์วิทยาลัทธิเทคนิคหนองคาย (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/251301>)

จิระพจน์ ประพิน, กัญย์ พิมพ์ศักดิ์, นิตยา จรรยาประภานนท์
 32-40

PDF (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/251301/182354>)

บรรยากาศองค์การกับคุณภาพชีวิตการทำงานของครูอาชีวศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ในจังหวัดสิงห์บุรี (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/251301>)

[irj/article/view/265693](https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/265693))

ชนาวุฒิ บุญจันทร์, สมบัติ เดชนำรุง, สมใจ เดชนำรุง
41-51

PDF (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/265693/182358>)

การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา เรื่อง พื้นฐานการใช้งานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/267818>)
ธนพล แก้วคำแจ้ง, ชลดา ปานสง, อัครวุฒิ ประมุขปัญญา, ปกรณ์เกียรติ์ เศวตเมธิกุล, สิริลักษณ์ หาญวัฒนาบุญกุล, อนา อนา, อานนท์ นิยมผล
52-61

PDF (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/267818/182388>)

ความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์และความฉลาดทางจิตวิญญาณที่ส่งผลต่อพฤติกรรมเชิงนวัตกรรมของบุคลากรสายสนับสนุนวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

กรุงเทว (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/264804>)

ศักดิ์ชัย จันทะแสง
62-73

PDF (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/264804/182389>)

การผลิตวีล็อก (Vlog) ร่วมกับเทคนิคอินโฟกราฟิก (Infographic) แบบเคลื่อนไหว เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว กรณีศึกษา เกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรี (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/265744>)

สุชาวดี ผ่านภา
74-81

PDF (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/265744/182390>)

การออกแบบและสื่อสารแบรนด์ผลิตภัณฑ์หลอดราไฟ (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/269090>)

สิริกกร ช่วยชู, เบญจวรรณ อารักษ์การุณ
98-108

PDF (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/269090/182493>)

ปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/264829>)

วันชนก บุญแสง
107-115

PDF (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/264829/182494>)

ภาวะผู้นำเชิงกลยุทธ์ของผู้บริหารสถานศึกษาที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการบริหารงานวิชาการของสถานศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ในจังหวัดสมุทรปราการ

(<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/264596>)

พิมพ์พิชญา ใจเดียว, ภัณฑกร เอี่ยมพญา, นิวัตต์ น้อยมณี
122-131

PDF (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/264596/182497>)

ความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำนายโรคเอดส์ในอีกสิบปีข้างหน้า (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/270759>)

อรรรรณ ชุตินหาดี, ชนกันต์ ชันบุญใส, เลอชาติ บุญเอก, บัณฑิต สุขสวัสดิ์
132-143

PDF (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/270759/182498>)

บทความวิชาการ

เขียนบทความวิจัยอย่างไรเพื่อให้ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารชั้นนำ (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/267182>)

ศิริ ทิวาสนา, ประทีต หงษ์แสนารธรรม, ปิยศักดิ์ ทิวาสนา
82-91

PDF (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/267182/182391>)

การใช้ PowerChatGPT สำหรับการจัดการเรียนการสอนยุคดิจิทัล (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/268199>)

ศุข โทศิลา, จรินทร์นิน กองธรรมา
92-97

PDF (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/268199/182392>)

การบริหารจัดการอาชีวศึกษาระบบทวิภาคี ของสถานศึกษาสังกัด สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 (<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/265773>)

ปารวี แก้วมณีชัย, เอกธรา โยธิตพิมานเวช
116-121

Journal Information



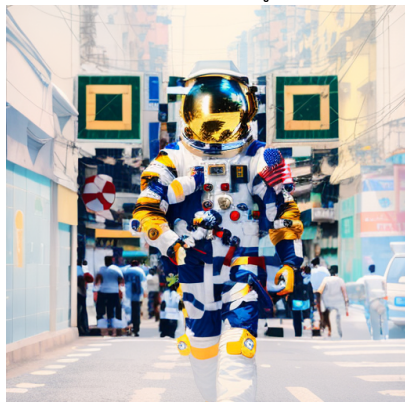
Approved by TCI during 2020 - 2024

https://www.kmutt.ac.th/jif/public_html/announcement_58.php

Indexed in TCI (https://www.kmutt.ac.th/jif/public_html/list%20journal.php)



บรรณาธิการ: ดร. วรวิทย์ ศรีตระกูล



ISSN : 3027-6861 (Print)

ISSN : 3027-687X (Online)

Home ThaiJo

-ขั้นตอนสำหรับผู้ประเมินบทความ (Reviewer) (https://docs.google.com/document/d/1lq97FmQkaGOzJzXTsxJifq00vBXdlYxRK2zTn828KKM/edit?fbclid=IwAR2zSx3UTA1D78eq7C8gZClrgF9vAophPiO2-vUHRocQpl98eKTTim0OfHo#heading=h.v5wft2izota0)
 -ขั้นตอนสำหรับผู้บรรณาธิการ (Editor) (https://docs.google.com/document/d/1lq97FmQkaGOzJzXTsxJifq00vBXdlYxRK2zTn828KKM/edit?fbclid=IwAR2zSx3UTA1D78eq7C8gZClrgF9vAophPiO2-vUHRocQpl98eKTTim0OfHo#heading=h.u599e690zylo)
 -ขั้นตอนสำหรับผู้แต่ง (Author) (https://docs.google.com/document/d/1lq97FmQkaGOzJzXTsxJifq00vBXdlYxRK2zTn828KKM/edit?fbclid=IwAR2zSx3UTA1D78eq7C8gZClrgF9vAophPiO2-vUHRocQpl98eKTTim0OfHo#heading=h.c9ccb3iy87)

(https://www.tci-thaijo.org/)



(https://www.freecounterstat.com)

สงวนสิทธิ์ โดย สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1
 สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 เลขที่ 306 อาคารสำนักงานสถาบัน ถ.มิตรภาพ
 ต.โพธิ์ชัย อ. เมือง จ. นครราชสีมา 43000
 โทร 0-4241-1445, 0-4241-1447 ผู้ดูแลระบบ ขวรงค์ศักดิ์ วัฒนสุบรรณ 098-2629714
 ISSN : 3027-6861 (Print)
 ISSN : 3027-687X (Online)

(https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/about/aboutThisPublishingSystem)

การศึกษาพันธุศาสตร์เซลล์ของปลากระสับจุด (Hampala dispar)
และปลากระสับขีด (Hampala macrolepidota) ในประเทศไทย
Cytogenetic study of Spotted hampara barb (Hampala dispar)
and Tranverse-bar barb (Hampala macrolepidota) in Thailand

พิชญญา บัวศรียอด¹, สถิตย์ อรุณแสง^{2*}, กฤษณ์ ปิ่นทอง³, สุมาลี พิมพันธ์⁴, สิทธิศักดิ์ จันทรรัตน์⁵,
วีระยุทธ สุปิวงศ์⁶ และ อลงกลด แทนอมทอง⁷

Phichaya Buasriyot^{1*}, Satit Arunsang², Krit Pinthong³, Sumalee Phimphan³, Sitthisak Jantarat⁴,
Weerayuth Supiwong⁵, and Alongklod Tanomtong¹

¹สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

²สาขาวิชาสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
พระนครศรีอยุธยา 13000

³สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เพชรบูรณ์ 67000

⁴ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี 94000

⁵ คณะสหวิทยาการ วิทยาเขตหนองคาย มหาวิทยาลัยขอนแก่น หนองคาย 43000

¹ Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

² Program in Animal Science, Faculty of Agricultural Technology and Agro-industry,
Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Ayutthaya, 13000

³ Biology program, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 67000

⁴ Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani, 94000

⁵ Faculty of Interdisciplinary Studies, Nong Khai Campus, Khon Kaen University, Nong Khai, 43000

Received : 2024-03-14 Revised : 2024-04-02 Accepted : 2024-04-03

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ของปลาวงศ์ตะเพียน ในสกุล Hampala จำนวน 2 ชนิด คือ ปลากระสับจุด และปลากระสับขีด โดยเตรียมโครโมโซมจากเซลล์ไตของตัวอย่างปลาชนิดละ 10 ตัว ทำการย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดาและแถบสีแบบบอร์ ผลการศึกษาพบว่าปลาทั้งสองชนิดมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ (2n) เท่ากับ 50 มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 108 และ 92 และจัดแคริโอไทป์ได้ดังนี้ $8m+22sm+16a+4t$ และ $10m+12sm+20a+8t$ ตามลำดับ ปลาทั้งสองชนิดนี้ไม่พบความแตกต่างของแคริโอไทป์ระหว่างเพศผู้และเพศเมีย การย้อมแถบสีแบบบอร์

พบบริเวณปลายแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 9 และโครโมโซมคู่ที่ 21 ในปลากระสับจุด และโครโมโซมคู่ที่ 8 และโครโมโซมคู่ที่ 12 ในปลากระสับขีด ข้อมูลทางพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ที่ได้นี้แสดงถึงความแปรผันทางโครโมโซมของปลาที่ศึกษาภายในสกุลเดียวกันซึ่งมีความใกล้ชิดกัน และสามารถใช้เป็นความรู้พื้นฐานทางชีววิทยาที่สามารถนำไปบูรณาการร่วมกับองค์ความรู้อื่น ๆ ในด้านอนุกรมวิธาน พันธุศาสตร์และวิวัฒนาการต่อไปได้

คำสำคัญ : แคริโอไทป์, โครโมโซม, ปลากระสับจุด, ปลากระสับขีด

Abstract

The purpose of this research was to study the cytogenetics of two Hampala species, *Hampala dispar*

* สถิตย์ อรุณแสง

E-mail address: sathit.a@rmutsb.ac.th

and *Hampala macrolepidota*, by preparing chromosomes from the kidney cells of 10 fish specimens. Stained by using conventional and Ag-NOR banding techniques. The results showed that both species had a diploid chromosome number of 50, the fundamental numbers (NF) were 108 and 92, and the karyotypes were arranged as follows: $8m+22sm+16a+4t$ and $10m+12sm+20a+8t$, respectively. There were no differences in karyotypes between males and females in these two fish species. Ag-NOR staining was found in the regions adjacent to the telomere of the short arm of chromosome pair 9 and pair 21 in *H. dispar*, and chromosome pair 8 and pair 12 in *H. macrolepidota*. This cytogenetic data shows the chromosomal variables of the fish studied within the same genus, which are closely related, and it can be used as basic biological knowledge that can be integrated with other knowledge in the fields of Taxonomy, Genetics and Evolution.

Keywords : karyotype, chromosome, *Hampala dispar*, *Hampala macrolepidota*

1. บทนำ

วงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) เป็นปลาน้ำจืดที่พบมากที่สุดในประเทศไทย พบอย่างน้อย 261 ชนิด [1] ปลาน้ำจืดมีความสำคัญทั้งในด้านอาหารและด้านเศรษฐกิจ เป็นปลาสวยงาม ที่มีความสำคัญในแง่นิเวศวิทยาและการอนุรักษ์ เนื่องจากเป็นตัวบ่งชี้ความสมดุลทางธรรมชาติได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของปลาจึงมีความจำเป็นต้องทราบข้อมูลพื้นฐานทางด้านพันธุศาสตร์ของปลาประกอบกัน เนื่องจากปลาน้ำจืดหลายชนิดมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งเป็นอุปสรรคในการจัดจำแนก โดยในปัจจุบันได้มีการนำเอาวิธีการทางเซลล์อนุกรมวิธาน (Cytotaxonomy) [2, 3] โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ (Cytogenetics) มาประยุกต์ใช้ในการจัดจำแนกชนิดของปลา ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับโครโมโซมจากความรู้พื้นฐานที่ระบุว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีจำนวนและชนิด

ของโครโมโซมที่แตกต่างกัน การศึกษาโครโมโซมของปลาในวงศ์ตะเพียนพบจำนวนอย่างน้อย 17 ชนิด [4] เช่น การศึกษาของพันธุศาสตร์เซลล์ของปลาในวงศ์ย่อย Cyprininae ได้แก่ ปลากระโท (Catlocarpio siamensis) ปลายี่สกไทย (*Probarbus jullieni*) ผลการศึกษาพบว่าจำนวนโครโมโซม $2n=96$ เท่ากัน แต่มีชนิดของโครโมโซมที่ต่างกัน คือ $18m+54sm+a+18t$ และ $22m+14sm+60t$ ตามลำดับ [5] ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนปลาทั้งหมดที่มีในวงศ์ย่อย Cyprininae พบว่ายังมีการศึกษาที่ค่อนข้างน้อย นอกจากนี้ปลาหลายชนิดมีความแตกต่างผันแปรทางด้านพันธุกรรมค่อนข้างมาก การศึกษาพันธุศาสตร์เซลล์ของปลาโดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์ลักษณะโครโมโซม ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโครโมโซม เพื่อให้เข้าใจกระบวนการเกิดสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ (speciation) การปรับปรุงสายพันธุ์ [6] ตลอดจนสามารถนำมาประกอบการศึกษาด้านวิวัฒนาการและความสัมพันธ์ของปลาได้ โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ของปลาในวงศ์ตะเพียน (Cyprinidae) ในสกุล *Hampala* จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ปลากระสับจุด (*H. dispar*) และปลากระสับขีด (*H. macrolepidota*) เพื่อให้ทราบถึงจำนวนโครโมโซมและแคโรไทป์ รวมถึงโครโมโซมเครื่องหมาย (marker chromosome) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มียืนสำหรับสังเคราะห์ไรโบโซมอลอาร์เอ็นเอ (rRNA) ชนิด 18S และ 28S เพื่อติดตามและสังเกตพฤติกรรมการถ่ายทอดลักษณะบางอย่างของปลาทั้งสองชนิดนี้ ทั้งนี้เพื่อให้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านเซลล์อนุกรมวิธาน (cytotaxonomy) รวมถึงสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการอนุรักษ์ปรับปรุงพันธุ์สัตว์น้ำ และศึกษาความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของปลาในสกุลนี้ที่พบในประเทศไทยต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างปลากระสับจุด (*H. dispar*) และปลากระสับขีด (*H. macrolepidota*) ตัวอย่างชนิดละ 10 ตัว จากแม่น้ำสงคราม จังหวัดบึงกาฬ ประเทศไทย นำตัวอย่างปลาที่เก็บได้มาเลี้ยงในตู้ปลาของห้องปฏิบัติการ โดยให้ออกซิเจนตลอดเวลาเพื่อให้ปลาสามารถปรับสภาพได้

2.2 การเตรียมโครโมโซม

การเตรียมโครโมโซมเตรียมโดยวิธีทางตรง โดยใช้ไตเป็นอวัยวะที่ใช้ในการศึกษา เนื่องจากเป็นอวัยวะที่มีการแบ่งตัวตลอดเวลา โดยเตรียมจากภายในตัวปลาในสภาพ *In vivo* [7] ฉีดโคลชิซิน 0.05% ขนาด 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 100 กรัม เข้าไปในช่องท้องของปลา 1 ชั่วโมง สลับปลาโดยใช้น้ำแข็งนำเฉพาะส่วนของไตมาสับให้ละเอียด เติมน้ำตาลละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.075 โมลาร์ 6-8 มิลลิลิตร บ่มในอุณหภูมิห้อง 30 นาที นำตะกอนเซลล์ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 1,200-1,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นดูดส่วนใสด้านบนทิ้ง และเติมน้ำยาตรึงสภาพที่มีส่วนผสมของเมทานอล 3 ส่วน ต่อกดอะซิติก 1 ส่วน (methanol: acetic acid; 1:3 เติมนจนครบ 6-8 มิลลิลิตร นำสารละลายไปปั่นที่ความเร็ว 1,200-1,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใสด้านบนทิ้ง เติมน้ำยาตรึงสภาพ 6-8 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงอีกครั้ง ทำซ้ำเพื่อล้างตะกอนให้สะอาด 3-4 ครั้ง เก็บตะกอนเซลล์ในสารละลายตรึงสภาพไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส

2.3 การย้อมสีโครโมโซม

2.3.1 การย้อมสีจีมีซาส์ (Giemsa's solution)

ย้อมสไลด์ด้วยสีจีมีซาส์ความเข้มข้นร้อยละ 10 ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 6.8 เป็นเวลา 30-40 นาที จากนั้นล้างสไลด์ด้วยน้ำให้สะอาด ผึ่งให้แห้งแล้วนำไปตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่กำลังขยาย 100 เท่า

2.3.2 การย้อมแถบสีแบบนอร์ (Ag-NOR banding)

หยดซิลเวอร์ไนเตรท 50% (50% AgNO_3) ลงบนสไลด์ 4 หยด และหยดเจลาติน 4% ลงบนสไลด์ 2 หยด ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ แล้วนำเข้าตู้อบที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที หรือจนกว่าสไลด์จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้ม ล้างซิลเวอร์ไนเตรทส่วนเกินออกด้วยน้ำกลั่น ผึ่งสไลด์ให้แห้ง นำไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง [8]

2.4 การวิเคราะห์โครโมโซม

การตรวจสอบโครโมโซมโดยเลือกเซลล์ที่มีโครโมโซมระยะเมทาเฟสกระจายตัวดีไม่ซ้อนทับกันจำนวน 100 เซลล์ เพื่อตรวจนับจำนวนโครโมโซม ความถี่ของจำนวนโครโมโซมที่พบมากที่สุด จะเป็นค่าของจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ (diploid number; $2n$) จำแนกชนิดของโครโมโซมตามหลักของ Turpin and Lejeune [9] โดยจับคู่โครโมโซมคู่เหมือนและทำการวัดความยาวของแขนโครโมโซมข้างยาว (long arm; LI) ความยาวของ

แขนโครโมโซมข้างสั้น (short arm; Ls) และคำนวณหาความยาวของโครโมโซมแต่ละแท่ง (total length; LT, $LT = LI + Ls$) คำนวณค่า relative length (RL) และ centromeric index (CI) เพื่อระบุชนิดของโครโมโซม ซึ่งสามารถแบ่งได้ 4 ชนิด คือ เมทาเซนทริก (metacentric; m) ซับเมทาเซนทริก (submetacentric; sm) อะโครเซนทริก (acrocentric; a) และ เทโลเซนทริก (telocentric; t) จากนั้นทำการจัดเรียงแคริโอไทป์ตามชนิดของโครโมโซม

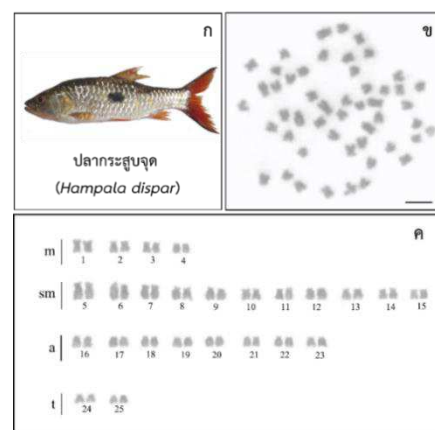
3. ผลการวิจัย

3.1 จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน และแคริโอไทป์

ปลากระสับจุด (*H. dispar*) มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 50 จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน เท่ากับ 108 ไม่พบความแตกต่างของแคริโอไทป์เพศผู้และเพศเมีย ดังแสดงในรูปที่ 1 แคริโอไทป์ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 2 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 6 แท่ง อะโครเซนทริกขนาดใหญ่ 2 แท่ง เมทาเซนทริกขนาดกลาง 6 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดกลาง 16 แท่ง อะโครเซนทริกขนาดกลาง 14 แท่ง เทโลเซนทริกขนาดกลาง 4 แท่ง ความยาวเฉลี่ยของโครโมโซม ดังแสดงในตารางที่ 1 สามารถเขียนสูตรแคริโอไทป์ได้ดังนี้

$$2n=50; L^m_2 + L^{sm}_6 + L^a_2 + M^m_6 + M^{sm}_{16} + M^a_{14} + M^t_4$$

หรือ $2n=50; 8m+22sm+16a+4t$

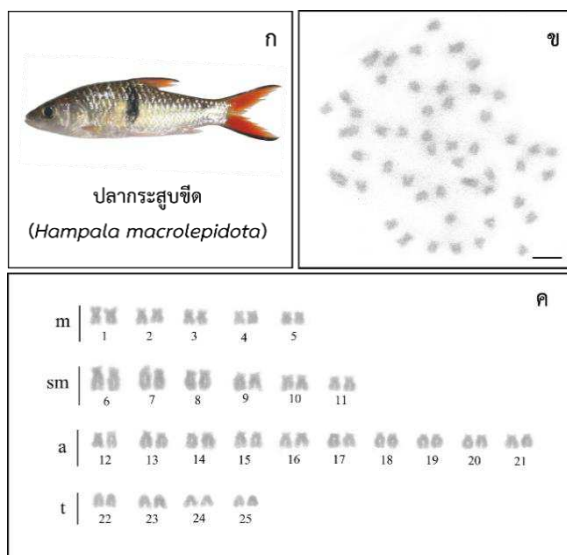


รูปที่ 1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (ก), เซลล์ในระยะเมทาเฟส (ข) และแคริโอไทป์ของปลากระสับจุด (ค) (แถบมาตราส่วน 5 ไมโครเมตร)

ปลากระสับชืด (*H. macrolepidota*) มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ (2n) เท่ากับ 50 จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน เท่ากับ 92 ไม่พบความแตกต่างของแคโรไทป์เพศผู้และเพศเมียดังแสดงในรูปที่ 2 แคโรไทป์ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 2 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 4 แท่ง อะโครเซนทริก 4 แท่ง เมทาเซนทริกขนาดกลาง 8 แท่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดกลาง 8 แท่ง อะโครเซนทริกขนาดกลาง 16 แท่ง และ เทโลเซนทริกขนาดกลาง 8 แท่ง ความยาวเฉลี่ยของโครโมโซมแสดงดังตารางที่ 2 สามารถเขียนสูตรแคโรไทป์ได้ดังนี้

$$2n=50; L^m_2 + L^{sm}_4 + L^a_4 + M^m_8 + M^{sm}_8 + M^a_{16} + M^t_8$$

หรือ $2n=50; 10m+12sm+20a+8t$



รูปที่ 2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (ก), เซลล์ในระยะเมทาเฟส (ข) และแคโรไทป์ของปลากระสับชืด (ค) (แถบมาตราส่วน 5 ไมโครเมตร)

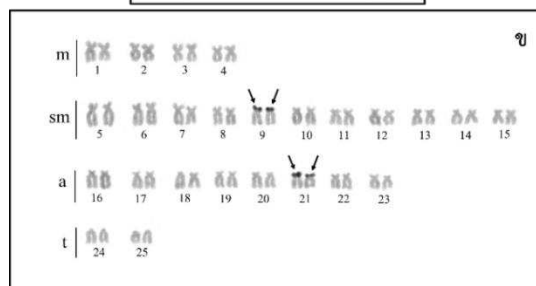
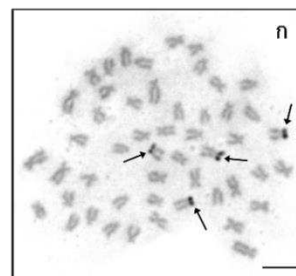
3.2 โครโมโซมเครื่องหมาย (marker chromosome)

จากการย้อมแถบสีแบนนอร์ (Ag-NOR) พบตำแหน่งนอร์ดังต่อไปนี้

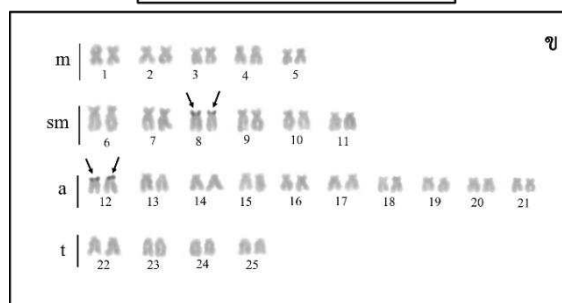
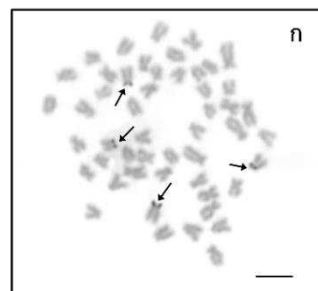
ปลากระสับจืด (*H. dispar*) พบตำแหน่งนอร์บริเวณปลายแขนข้างสั้นของโครโมโซมจำนวน 2 คู่ คือ โครโมโซมคู่ที่ 9 (submetacentric) และโครโมโซมคู่ที่ 21 (acrocentric) ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 5 (ก)

ปลากระสับชืด (*H. macrolepidota*) พบตำแหน่งนอร์บริเวณปลายแขนข้างสั้นของโครโมโซมจำนวน 2 คู่ คือ

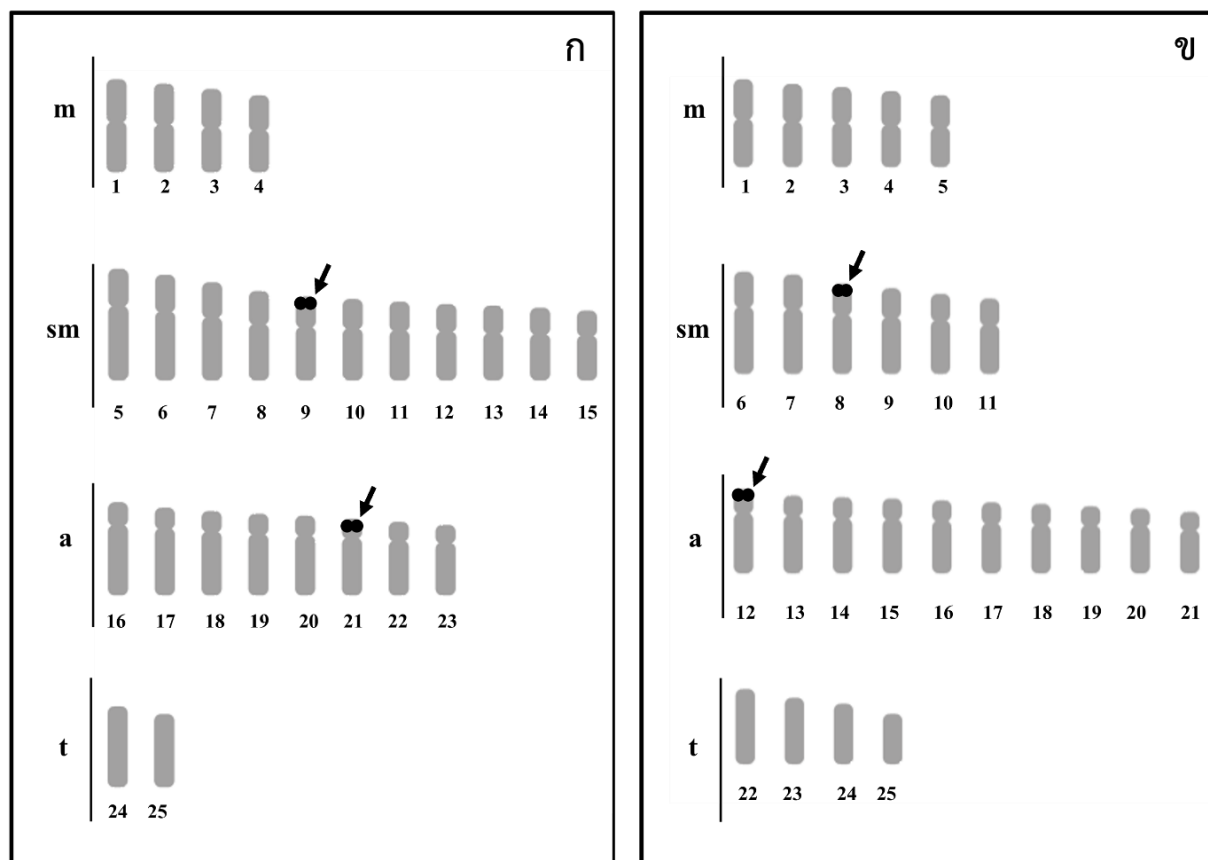
โครโมโซมคู่ที่ 8 (submetacentric) และโครโมโซมคู่ที่ 12 (acrocentric) ดังแสดงในรูปที่ 4 และรูปที่ 5 (ข)



รูปที่ 3 เซลล์ในระยะเมทาเฟส (ก) และแคโรไทป์ของปลากระสับจืด (ข) ลูกศรระบุตำแหน่งนอร์ (แถบมาตราส่วน 5 ไมโครเมตร)



รูปที่ 4 เซลล์ในระยะเมทาเฟส (ก) และแคโรไทป์ของปลากระสับชืด (ข) ลูกศรระบุตำแหน่งนอร์ (แถบมาตราส่วน 5 ไมโครเมตร)



รูปที่ 5 อิติโอแกรมของปลากระสับจุด (*H. dispar*) (ก) และปลากระสับขีด (*H. macrolepidota*) (ข) โดยเทคนิคการย้อมแถบสีแบนเนอร์ (ลูกศรระบุโครโมโซมคู่ที่ย้อมติดแถบสีแบนเนอร์)

4.อภิปรายผลการวิจัย

4.1 จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน และแคโรไทป์

จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) ของปลากระสับจุดและปลากระสับขีดเท่ากับ 50 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ [10-12] จากจำนวนโครโมโซมของปลาวงศ์ปลาตะเพียนเป็นปลาที่ยังคงมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับบรรพบุรุษคือ 50 จัดเป็นปลาที่มีวิวัฒนาการอย่างช้า ๆ ลักษณะนี้ถือเป็นลักษณะโบราณ (Primitive Stage) [13] แต่อย่างไรก็ตามปลาแต่ละชนิดมีรูปแบบของแคโรไทป์แตกต่างกัน ในรายงานของเกรียงไกร สีตะพันธุ์ พบว่า แคโรไทป์ของปลากระสับจุดจัดเรียงดังนี้ คือ $3m+3sm+11st+8a$ และมีจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 84 [14] ซึ่งเท่ากับรายงานของวิระยุทธและคณะ [15] ที่ศึกษาแคโรไทป์ของปลากระสับจุดในจังหวัดหนองคาย พบว่ามีจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน เท่ากับ 84 เช่นกัน ส่วนแคโรไทป์จัดเรียงได้ดังนี้ $2m+13sm+7a+3t$ และใน

รายงานของ ธวัช และอนันต์ [12] แคโรไทป์ของปลากระสับจุดคือ $5m+5sm+3st+12a$ โครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 70 นอกจากนี้การศึกษาแคโรไทป์ปลากระสับขีดในครั้งนี้สามารถเขียนการจัดเรียงได้ดังนี้ $10m+12sm+20a+8t$ ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของ Soulivongsa และคณะที่ศึกษาปลากระสับขีดจากแม่น้ำ Nam Kok ประเทศลาว โดยพบว่าการจัดเรียงแคโรไทป์เป็น $3m+9sm+6a+7t$ และการศึกษาของธวัช และอนันต์จัดเรียงแคโรไทป์ของปลากระสับขีดที่เก็บตัวอย่างจากแม่น้ำมูล จังหวัดนครราชสีมา สามารถเขียนได้ดังนี้ $13m+7sm+2a+3t$ โครโมโซมพื้นฐาน เท่ากับ 90 [12] นอกจากนี้การศึกษาของ Stivari and Martins-Santos [16] พบว่าปลา *Rhamdia quelen* จาก 2 แหล่งน้ำ ในประเทศบราซิลพบว่ามีจำนวนโครโมโซม $2n=58$ เท่ากัน แต่มีรูปแบบแคโรไทป์ต่างกัน คือ $26m+20sm+6a+6t$ และ $26m+22sm+6a+4t$ ตามลำดับ จากการศึกษาจะพบว่า ตัวอย่างปลาที่นำมาทำการศึกษาเป็นปลาจากต่างกลุ่มประชากรโดยมาจากแหล่งน้ำ

ที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดความแตกต่างของรูปแบบแคริโอไทป์และจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน เนื่องจากการเกิดวิวัฒนาการของโครโมโซม และความแตกต่างของถิ่นที่อยู่อาศัย โดยปลาในวงศ์ปลาตะเพียนจะมีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกันไปตามชนิดของปลา

4.2 โครโมโซมเครื่องหมาย (Marker chromosome)

การวิจัยในครั้งนี้เป็นรายงานครั้งแรกของการศึกษาดำแหน่งโครโมโซมเครื่องหมายในปลากระสูบจุดและปลากระสูบขีดโดยการย้อมแถบสีแบบนอร์ (Ag-NOR) เพื่อตรวจสอบตำแหน่งยีนที่สังเคราะห์ไรโบโซม (ribosomal RNA) ชนิด 18S และ 28S เรียกบริเวณนี้ว่า นิวคลีโอลาออกาโนเซอร์ หรือ นอร์ (Nucleolar organizer region; NORs) ปฏิกริยาการย้อมด้วยซิลเวอร์จะจำเพาะกับตำแหน่งนี้เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีการแสดงออกของยีนเป็นอย่างมาก และบริเวณนี้จะมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนฮิสโตนมากกว่าบริเวณอื่นของโครโมโซม ทั้งนี้สารละลายซิลเวอร์ในเตรทจะติดสีเข้มเมื่อยีนบริเวณดังกล่าวทำงาน (active) [17] และตำแหน่งนอร์ส่วนใหญ่จะพบบริเวณรอยคอดที่สองของโครโมโซม [18] ทำให้โครโมโซมมีลักษณะเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวแตกต่างไปจากแท่งอื่น ๆ และมีความจำเพาะในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด [19] ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าทั้งปลากระสูบจุดและปลากระสูบขีดมีโครโมโซมเครื่องหมายจำนวน 2 คู่ เท่ากัน โดยติดตำแหน่งนอร์บริเวณของแขนข้างสั้นของโครโมโซม โดยในปลากระสูบจุดมีโครโมโซมคู่ที่ 9 (ซับเมทาเซนทริก) และ 21 (อะโครเซนทริก) เป็นโครโมโซมเครื่องหมาย และปลากระสูบขีดโครโมโซมเครื่องหมาย คือ โครโมโซมคู่ที่ 8 (ซับเมทาเซนทริก) และ 12 (อะโครเซนทริก) ดังแสดงในรูปที่ 3-5 การย้อมแถบสีแบบนอร์นี้มีการศึกษาในปลามากกว่า 200 ชนิด เพื่อใช้การแก้ปัญหาในการจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน สำหรับปลาที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาลักษณะคล้ายคลึงกัน เช่น การศึกษาของ Gold [20] ที่ศึกษาในปลาวงศ์ปลาตะเพียน โดยส่วนใหญ่จะมีตำแหน่งนอร์ขนาดเล็กที่โครโมโซมเพียง 1 คู่ เท่านั้น อย่างไรก็ตามปลาที่มีตำแหน่งนอร์มากกว่า 2 ตำแหน่งนั้นอาจเกิดจากการเกิดทรานสโลเคชันบางส่วนของโครโมโซมที่มีนอร์ไปยังโครโมโซมแท่งอื่น ๆ ดังนั้นจึงสามารถใช้ข้อมูลของจำนวนและตำแหน่งของนอร์บนโครโมโซมเพื่อบ่งบอกวิวัฒนาการของโครโมโซมได้ นอกจากนี้โดยปกติตำแหน่งของนอร์มักอยู่

ตอนปลายของโครโมโซม ในกรณีที่ตำแหน่งของนอร์อยู่ระหว่างเซนโทรเมียร์และทีโลเมียร์ อาจมีสาเหตุมาจากการรวมกันแบบเรียงลำดับไปในทิศทางเดียวกัน (tandem) ระหว่างโครโมโซมที่มีนอร์และโครโมโซมแท่งอื่นๆ หรือเกิดจากการรวมกันแบบพาราเซนทริกอินเวอร์ชัน (paracentric inversion) หรือเกิดจากเพอริเซนทริกอินเวอร์ชัน (pericentric inversion) ระหว่างโครโมโซมเทโลเซนทริก 2 แท่ง โดยแท่งหนึ่งมีนอร์ที่ตำแหน่งทีโลเมียร์ [19] ดังกรณีของ *Chana punctata* ซึ่งเป็นปลาในวงศ์เดียวกับปลาชะโด [17]

5.สรุปผลการวิจัย

ปลากระสูบจุดและปลากระสูบขีด มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากัน คือ 50 ปลากระสูบจุดมีจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 108 มีโครโมโซมเครื่องหมายบนโครโมโซม 2 คู่ คือ โครโมโซมคู่ที่ 9 (ซับเมทาเซนทริก) และคู่ที่ 21 (อะโครเซนทริก) การจัดเรียงแคริโอไทป์ของปลากระสูบจุดสามารถเขียนได้ดังนี้

$$2n=50; \quad L^m_2 + L^{sm}_6 + L^a_2 + M^m_6 + M^{sm}_{16} + M^a_{14} + M^t_4 \\ \text{หรือ} \quad 8m + 22sm + 16a + 4t$$

สำหรับปลากระสูบขีดมีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 92 มีโครโมโซมเครื่องหมายจำนวน 2 คู่ คือ โครโมโซมคู่ที่ 8 (ซับเมทาเซนทริก) และคู่ที่ 12 (อะโครเซนทริก) การจัดเรียงแคริโอไทป์ของปลากระสูบขีดสามารถเขียนได้ดังนี้

$$2n=50; \quad L^m_2 + L^{sm}_4 + L^a_4 + M^m_8 + M^{sm}_8 + M^a_{16} + M^t_8 \\ \text{หรือ} \quad 10m + 12sm + 20a + 8t$$

ตารางที่ 1 ความยาวเฉลี่ยของโครโมโซมแขนสั้น (Ls) โครโมโซมแขนยาว (LI) โครโมโซมแขนรวม (LT) ความยาวสัมพันธ์ (RL) และ
ดัชนีเซนโทรเมอริก (CI) จาก 20 เซลล์เมทาเฟสของปลากระสุนจุด (H. dispar), 2n=50

โครโมโซม คู่ที่	Ls	LI	LT	RL ± SD	CI ± SD	ขนาด	ชนิด
1	0.993	1.163	2.156	0.045±0.003	0.537±0.018	ใหญ่	เมทาเซนทริก
2	0.944	1.109	2.053	0.043±0.002	0.538±0.011	กลาง	เมทาเซนทริก
3	0.896	1.031	1.927	0.040±0.002	0.533±0.011	กลาง	เมทาเซนทริก
4	0.813	0.965	1.778	0.037±0.002	0.541±0.014	กลาง	เมทาเซนทริก
5	0.866	1.730	2.596	0.054±0.002	0.664±0.020	ใหญ่	ซับเมทาเซนทริก
6	0.854	1.599	2.453	0.051±0.002	0.648±0.020	ใหญ่	ซับเมทาเซนทริก
7	0.816	1.461	2.276	0.047±0.003	0.639±0.020	ใหญ่	ซับเมทาเซนทริก
8	0.767	1.304	2.071	0.043±0.002	0.628±0.023	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
9*	0.709	1.235	1.944	0.040±0.002	0.633±0.021	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
10	0.684	1.198	1.881	0.039±0.001	0.634±0.023	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
11	0.669	1.152	1.821	0.038±0.001	0.630±0.023	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
12	0.635	1.130	1.765	0.037±0.001	0.638±0.025	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
13	0.641	1.086	1.727	0.036±0.001	0.628±0.024	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
14	0.610	1.067	1.676	0.035±0.001	0.635±0.025	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
15	0.578	1.033	1.611	0.034±0.002	0.640±0.024	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
16	0.526	1.629	2.155	0.045±0.003	0.752±0.024	ใหญ่	อะโครเซนทริก
17	0.479	1.550	2.030	0.042±0.002	0.760±0.024	กลาง	อะโครเซนทริก
18	0.474	1.475	1.948	0.040±0.001	0.754±0.024	กลาง	อะโครเซนทริก
19	0.472	1.413	1.885	0.039±0.001	0.747±0.017	กลาง	อะโครเซนทริก
20	0.460	1.382	1.842	0.038±0.002	0.748±0.022	กลาง	อะโครเซนทริก
21*	0.443	1.327	1.770	0.037±0.002	0.746±0.020	กลาง	อะโครเซนทริก
22	0.436	1.259	1.695	0.035±0.001	0.741±0.021	กลาง	อะโครเซนทริก
23	0.408	1.214	1.622	0.034±0.002	0.747±0.030	กลาง	อะโครเซนทริก
24	0.000	1.869	1.869	0.038±0.002	1.000±0.000	กลาง	เทโลเซนทริก
25	0.000	1.687	1.687	0.035±0.003	1.000±0.000	กลาง	เทโลเซนทริก

หมายเหตุ : * หมายถึง โครโมโซมที่ย้อมติดแถบสีแบบบอร์

ตารางที่ 2 ความยาวเฉลี่ยของโครโมโซมแขนสั้น (Ls) โครโมโซมแขนยาว (Ll) โครโมโซมแขนรวม (LT) ความยาวสัมพัทธ์ (RL) และดัชนีเซนโทรเมอร์ริก (CI) จาก 20 เซลล์เมทาเฟสของปลากระสับซิด (H. macrolepidota), 2n=50

โครโมโซม คู่ที่	Ls	Ll	LT	RL ± SD	CI ± SD	ขนาด	ชนิด
1	0.870	1.698	2.568	0.053±0.001	0.661±0.025	ใหญ่	เมทาเซนทริก
2	0.900	1.263	2.163	0.045±0.001	0.583±0.012	กลาง	เมทาเซนทริก
3	0.921	1.129	2.050	0.043±0.001	0.551±0.023	กลาง	เมทาเซนทริก
4	0.856	1.009	1.865	0.039±0.001	0.541±0.016	กลาง	เมทาเซนทริก
5	0.802	0.999	1.801	0.037±0.001	0.554±0.011	กลาง	เมทาเซนทริก
6	0.840	1.587	2.427	0.051±0.002	0.653±0.012	ใหญ่	ซับเมทาเซนทริก
7	0.806	1.461	2.267	0.047±0.002	0.644±0.024	ใหญ่	ซับเมทาเซนทริก
8*	0.744	1.300	2.044	0.042±0.001	0.631±0.007	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
9	0.699	1.222	1.921	0.042±0.001	0.636±0.033	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
10	0.679	1.123	1.802	0.037±0.001	0.623±0.021	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
11	0.666	1.102	1.768	0.037±0.001	0.623±0.031	กลาง	ซับเมทาเซนทริก
12*	0.622	1.133	1.755	0.036±0.001	0.645±0.016	ใหญ่	อะโครเซนทริก
13	0.641	1.099	1.740	0.036±0.003	0.631±0.018	ใหญ่	อะโครเซนทริก
14	0.600	1.052	1.652	0.034±0.001	0.636±0.005	กลาง	อะโครเซนทริก
15	0.546	1.014	1.560	0.032±0.002	0.65±0.034	กลาง	อะโครเซนทริก
16	0.513	1.598	2.111	0.044±0.001	0.756±0.005	กลาง	อะโครเซนทริก
17	0.469	1.456	1.925	0.041±0.001	0.756±0.011	กลาง	อะโครเซนทริก
18	0.456	1.501	1.957	0.041±0.001	0.766±0.008	กลาง	อะโครเซนทริก
19	0.446	1.399	1.845	0.038±0.001	0.758±0.021	กลาง	อะโครเซนทริก
20	0.455	1.321	1.776	0.037±0.001	0.743±0.019	กลาง	อะโครเซนทริก
21	0.450	1.331	1.781	0.037±0.002	0.747±0.021	กลาง	อะโครเซนทริก
22	0.429	1.259	1.688	0.035±0.001	0.745±0.035	กลาง	เทโลเซนทริก
23	0.394	1.208	1.602	0.033±0.004	0.754±0.003	กลาง	เทโลเซนทริก
24	0.000	1.860	1.860	0.039±0.001	1.000±0.023	กลาง	เทโลเซนทริก
25	0.000	1.677	1.677	0.035±0.001	1.000±0.015	กลาง	เทโลเซนทริก

หมายเหตุ : * หมายถึง โครโมโซมที่ย้อมติดแถบสีแบบบอร์

6.เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Vidthayanon, *Checklist of freshwater fishes in Thailand*, 2. Bangkok, Thailand : Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2017.
- [2] W. Kasiroek, N. Luangoon and A. Tanomtong, "Cytogenetics of Madarinfish (*Synchiropus spp.*)", 1. Chonburi, Thailand : Institute of Marine Science, Burapha University, Chonburi, Thailand, 2014.
- [3] R. Arai, "A Chromosome Study on Two Cyprinid Fishes *Acrossocheilus labiatus* and *Pseudorasbora pumila pumila* with Note on Eurasian Cyprinid and Their Karyotypes", *Bull. Natn. Sci. Mus. Ser. A.*, 8, 3, 131-182, 1982.
- [4] N. Pongthana, "Aquaculture genetic research in Thailand", *Fish Genetic research in member countries and institutions of the Internation Network on Genetics in Aquaculture*, 64, 179, 2001.
- [5] W. Magtoon and T. Donskul, "Karyotype of giant snakehead fish and Thai Yisok fish", 1. Bangkok : Srinakharinwirot University, 1989.
- [6] H.T. Gary, and E.D. Jane. "Chromosome preparation and analysis" *American Fisheries Society*, Bethesda, Maryland, USA, 171-190, 1990.
- [7] A. Tanomtong, and et al, "A new natural autotetraploid and chromosomal characteristics of dwarf snakehead fish, *Channa gachua* (Perciformes, Channidae) in Thailand", *Cytologia*, 79, 1, 15-27, 2014.
- [8] W.M. Howell and D.A. Black, "Controlled silver-staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: a 1-step method", *Experientia*, 36, 1980.
- [9] R. Turpin and J. Lejeune. "Les chromosomes humains" Gauthierpillars, Paris Water resources regional office 7, 1965.
- [10] T. Donskul and W. Maktoon, "Karyotypes of Seven Cyprinid Fishes: *Systomus binotatus*, *Puntius brevis*, *Poropuntius laoensis*, *Labiobarbus siamensis*, *Catlocarpio siamensis*, *Tor tambroides* and *Probarbus jullieni* from Thailand", *SWU Sci. J.*, 24, 2, 79-92, 2551.
- [11] W. Khruanet, W. Supiwong and N. Nithikulworawong, "Karyotype of Eye-Spotted Barb (*Hampala dispar* Smith, 1934) from Kom Ko Pond, Nong Khai Province", *KKU Science Journal*, 45, 3, 566-573, 2022.
- [12] T. Donskul and A. Puphitthayasathaporn, "Karyotype of fifteen species of cyprinis fiehes (family Cyprinidae) in Thailand", 14th *National Genetics Conference*, Miracle Grand Convention Hotel, Bangkok, 11-13 March 2005, 217-222.
- [13] M. Sophawanat, A. Tanomtong and W. Supiwong, "Standardized Karyotype and Idiogram of Sicklefins Barb (*Puntioplites falcifer*) in Thailand" *Koch Cha Sam Journal of Science*, 39, 2, July-December 2017.
- [14] K. Seetapan, "Karyotypes of sex fish species of the family Cyprinidae", *The 45th Kasetsart University Academic Conference*. Bangkok, Thailand, 30 January - 2 February 2007, 749-758.
- [15] W. Supiwong, N. Nithikulworawong and W. Khruanet, "Karyotype of Eye-Spotted Barb (*Hampala dispar* Smith, 1934) from Kom Ko Pond, Nong Khai Province" *KKU Sci. J.*, 45, 3, 566-573, 2560.

- [16] M.K. Stivari and I. C. Martins-Santos, “Karyotype diversity in two populations of *Rhamdia quelen* (Pisces, Heptapteridae). *Cytologia*, 69, 1, 25-34, 2004.
- [17] O. P. Sharma, N. K. Tripathi, and K. K. Sharma, “A review of chromosome banding in fishes. In: Sobti, R. C. (ed.). *Some Aspects of Chromosome Structure and Functions*”, New Narosa Publishing House, Delhi, 2002
- [18] P. Kaewmad and A. Tanomtong, *Genetics Marker for Analysis and Species Identified of Family Pangasiidae in Thailand*, 1. Maha Sarakam, Thailand : *รายงานการวิจัย*, Maha Sarakham Rajabhat University, 2017.
- [19] W. Supiwong and P. Jearanaipreame, “Cytogenetics of Giant Snakehead Fish (*Channa micropeltes*) from the Northeast of Thailand” *The 12th National Graduate Research Conference*, Khon Kaen University, 12-13 February 2009. 1584-1590.
- [20] J. R. Gold, C.T. Amemiya, and J. R. Ellison, “Chromosomal heterochromatin differentiation in North American cyprinid fishes”, *Cytologia*, 51, 557-566, 1986.