

แคร์ิโอไทป์และอิดิโอแกรมมาตรฐานของคางคกบ้าน (*Duttaphrynus melanostictus*) จากอำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์

ศรัณย์ จำรัสธนสาร¹
ภาณุชนารถ โทนกระโทก²

บทคัดย่อ

ศึกษาแคร์ิโอไทป์และอิดิโอแกรมมาตรฐานของคางคกบ้าน (*Duttaphrynus melanostictus*) จากอำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ โดยใช้ตัวอย่างคางคกบ้านตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียจำนวน อย่างละ 5 ตัว เตรียมโครโมโซมจากไขกระดูกด้วยวิธีทางตรงด้วยการฉีดสารโคคลิซีน 0.1 % ย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดาโดยใช้สีจิมซ่า 20% ผลการศึกษาพบว่าคางคกบ้านมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ (2n) เท่ากับ 22 แห่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 44 ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 6 แห่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 6 แห่ง เมทาเซนทริกขนาดเล็ก 6 แห่ง และซับเมทาเซนทริกขนาดเล็ก 4 แห่ง ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของโครโมโซมเพศทั้งในเพศผู้และเพศเมีย คางคกบ้านมีสูตรแคร์ิโอไทป์ดังนี้

$$2n (22) = L^m_6 + L^{sm}_6 + S^m_6 + S^{sm}_4$$

คำสำคัญ : คางคกบ้าน แคร์ิโอไทป์ โครโมโซม อิดิโอแกรม

ABSTRACT

Standardize karyotype and idiogram of the *Duttaphrynus melanostictus* in Nang Rong, Buriram province were studied. Five of each adult males and females were used as model organisms. Chromosome preparation of bone marrow cells were done by direct method. The 0.05% Cochicine solution was injected into its abdominal cavity. Then the chromosomes were conventionally stained with 20% of Giemsa solution. The results revealed that the *Duttaphrynus melanostictus* have diploid chromosome (2n) of 22 and the fundamental number (NF) of 44. The karyotype comprises 6 large metacentric, 6 large submetacentric, 6 small metacentric and 4 small submetacentric chromosomes. However, no cytogenetically distinguishable sex chromosome was observed. The karyotype formula of *Duttaphrynus melanostictus* could be deduced as follow:

¹อาจารย์ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

²นักศึกษา สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

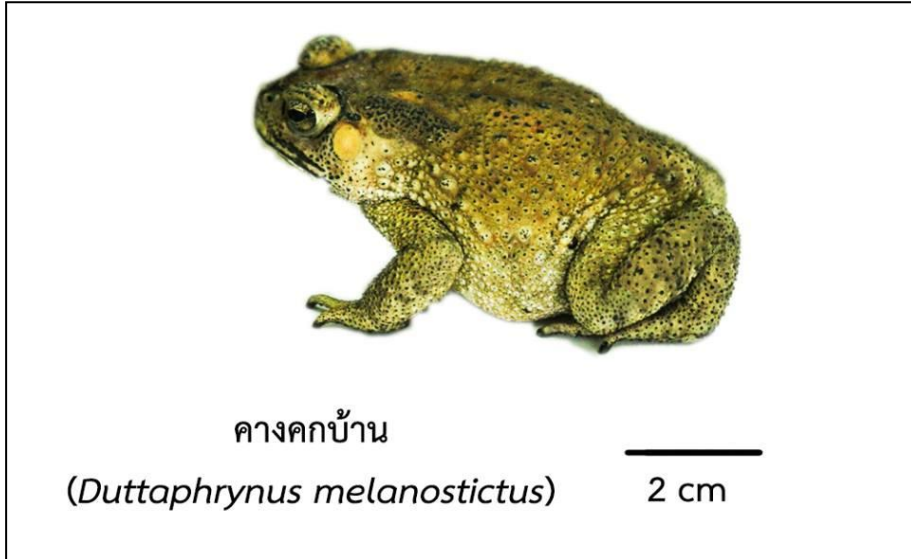
$$2n(22) = L^m_6 + L^{sm}_6 + S^m_6 + S^{sm}_4$$

Keywords : *Duttaphrynus Melanostictus*, Chromosome, Karyotype, Idiogram

บทนำ

ปัจจุบันการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างไม่มีขอบเขตจำกัด ขาดการอนุรักษ์ การรักษา และการควบคุมอย่างเหมาะสม ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสัตว์มีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็ว ประกอบกับประเทศไทยมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นมาก จำเป็นต้องอาศัยพื้นดินและแหล่งน้ำในการทำเกษตรกรรม พื้นที่ป่าถูกบุกรุกมากขึ้นและมีการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดมลพิษขึ้นในสิ่งแวดล้อม ส่งผลกระทบต่อประชากรพืชและสัตว์โดยเฉพาะกลุ่มสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก (Amphibians) ได้แก่ กบ เขียด อึ่งอ่าง คางคก และปาด ซึ่งในช่วงวัยอ่อนต้องอาศัยแหล่งน้ำ เป็นที่อยู่อาศัย สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกมีประโยชน์ต่อมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม กบ เขียด และอึ่งอ่าง เป็นแหล่งอาหารโปรตีน โดยเฉพาะกับประชากรที่อาศัยในชนบท คางคกและปาด แม้จะไม่ได้ใช้เป็นอาหารแต่ก็ยังมีส่วนช่วยในการกำจัดแมลงศัตรูพืชไม่ให้แพร่ระบาดมากเกินไป ตัวอ่อนหรือลูกอ๊อดที่อาศัยอยู่ในน้ำเป็นตัวช่วยควบคุมปริมาณของสัตว์น้ำขนาดเล็กให้อยู่ในภาวะสมดุล สำหรับลูกอ๊อดจัดเป็นอาหารของสัตว์น้ำชนิดอื่น นอกจากนี้สภาพความสมบูรณ์ของตัวเต็มวัยยังเป็นดัชนีบ่งบอกถึงสภาวะมลพิษในอากาศและสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกเป็นประโยชน์ต่อการเกษตรกรรมแผนใหม่ที่ลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช โดยปล่อยให้สัตว์ในธรรมชาติควบคุมแทน คางคกบ้านหนึ่งตัวสามารถกำจัดปลวกได้นับพันตัวในระยะเวลาสั้น เดียว กบชนิดอื่นก็สามารถกำจัดแมลงทั้งที่อยู่ในน้ำและบนบกได้เป็นจำนวนมาก (ธัญญา จันอาจ, 2546)

คางคกบ้าน (*Duttaphrynus melanostictus*) (ภาพประกอบ 1) จัดอยู่ในกลุ่มสัตว์มีกระดูกสันหลัง (Chordata) ชั้นสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก (Amphibia) อันดับกบ เขียด คางคก (Anura) วงศ์คางคก (Bufonidae) ซึ่งสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกกลุ่มนี้มีโอกาสเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ เนื่องจากการทำลายป่าและต้นน้ำลำธารซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ การขาดความรู้พื้นฐานในการจัดการอย่างเหมาะสมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการอนุรักษ์ (จารุจินต์ นฤตะภัก, 2531) สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกหลายชนิดมีการแพร่กระจายทั่วทุกภาคของประเทศไทย มีประโยชน์หลายด้าน เช่น ประโยชน์ทางตรงเป็นอาหาร ส่วนเนื้อเป็นที่นิยมบริโภคกันมากในปัจจุบันเนื่องจากมีโปรตีนที่มีคุณค่าทางอาหารสูง และทางการค้าสามารถเพิ่มรายได้ให้แก่ครอบครัวและประเทศ สามารถนำส่วนหนึ่งไปทำกระเปาะรองเท้า เครื่องดนตรี และของชำร่วย สำหรับส่วนหัว อวัยวะระบบทางเดินอาหารและกระดูกที่ตัดชำแล้วสามารถใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ได้ ส่วนประโยชน์ทางอ้อม คือ กบช่วยควบคุมจำนวนแมลงในระบบนิเวศวิทยาได้ (ภาณุวัฒน์ นาคสิงห์, 2546)



ภาพประกอบ 1 ลักษณะทั่วไปของคางคกบ้าน (*Duttaphrynus melanostictus*)

รายงานการศึกษาโครโมโซมของคางคกบ้านมีปรากฏอยู่จำนวน 6 รายงาน คือ Schmid (1978) ถาวร สุภาพรม และประภาพร กัลยาประสิทธิ์ (2535) นงลักษณ์ นาคเกษม (2544) ถาวร สุภาพรม (2546), Siripiyasing *et al.* (2008) และ สุมาลี ทิมพันธุ์ (2555) ซึ่งทั้ง 6 รายงานดังกล่าวมีการรายงานจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน แคริโอไอโทปี การจำแนกชนิด และการจัดขนาดของโครโมโซม ซึ่งรายงานของ Schmid (1978) ถาวร สุภาพรม และประภาพร กัลยาประสิทธิ์ (2533) นงลักษณ์ นาคเกษม (2544) และถาวร สุภาพรม (2546) ยังไม่มีผลการจำแนกขนาดของโครโมโซม การเขียนสูตรแคริโอไอโทปี และจัดทำอิดิโอแกรมมาตรฐาน

ดังนั้นรายงานนี้จึงเป็นการศึกษาจำนวนโครโมโซม การจัดแคริโอไอโทปี สูตรแคริโอไอโทปี มาตรฐาน การจำแนกชนิด การจัดขนาดของโครโมโซม และอิดิโอแกรมมาตรฐานของคางคกบ้าน ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานด้านพันธุศาสตร์ ด้านอนุกรมวิธาน รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่น เช่น การปรับปรุงพันธุ์ การผสมข้ามพันธุ์ และการอนุรักษ์พันธุ์เพื่อให้ได้ลักษณะพันธุ์ที่ดีตามต้องการ

วิธีดำเนินงานวิจัย

เก็บตัวอย่างคางคกบ้านในพื้นที่อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ ในช่วงเดือน สิงหาคม ถึง กันยายน พ.ศ. 2559 สังเกตและบันทึกลักษณะของคางคกแล้วนำตัวอย่างมาระบุชนิด ใช้ตัวอย่างคางคกเพศผู้ 5 ตัว และเพศเมีย 5 ตัว นำตัวอย่างคางคกมาชั่งน้ำหนักแล้วทำการฉีดยาละลายโคลชิซิน (Colchicine) ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณที่ฉีด คือ 1 มิลลิลิตรต่อ 100 กรัม น้ำหนักตัว ผ่าตัดเอาไขกระดูกเพื่อนำมาเตรียมโครโมโซมโดยใช้เทคนิคฟิกเซชัน-แอร์-ดรายอิง โดยการผ่าตัดเอากระดูกแขนและขา แขนกระดูกที่ได้ลงในโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) จากนั้นใช้

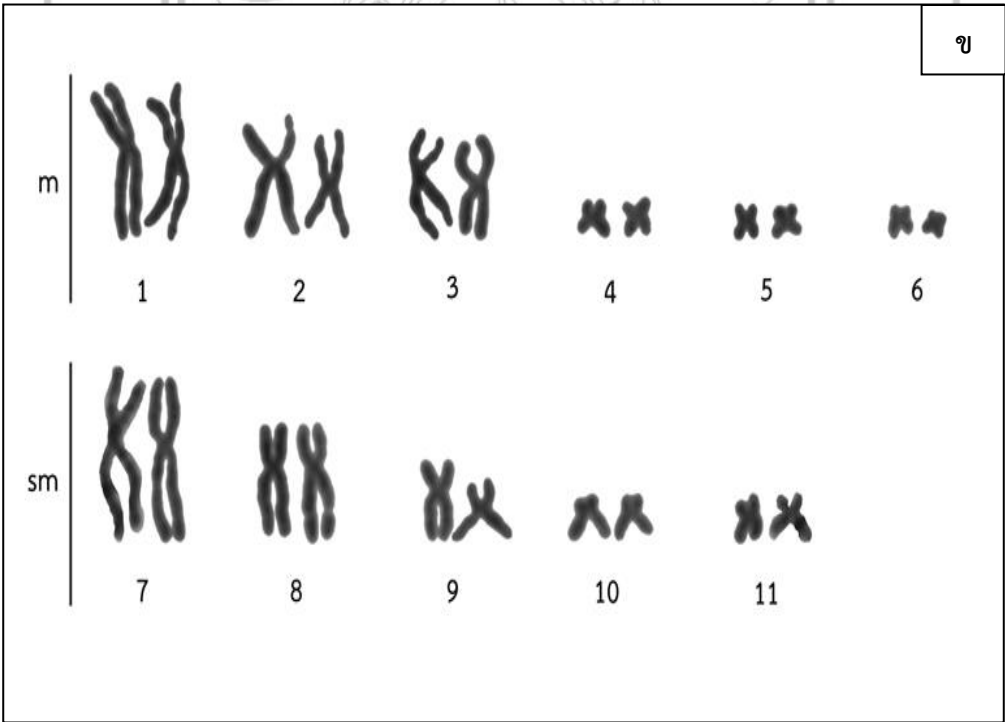
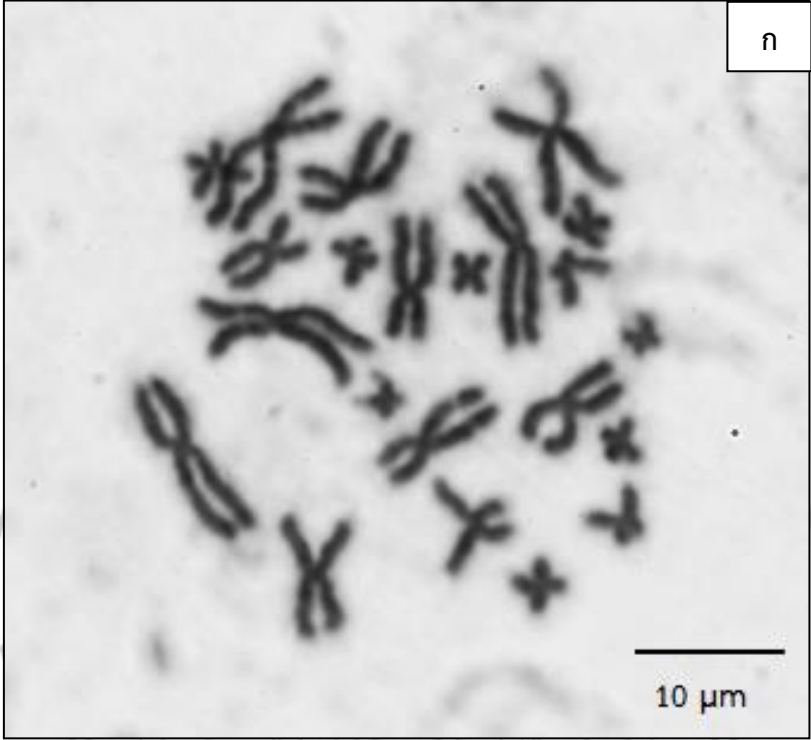
เข็มฉีดยาดูดโพแทสเซียมคลอไรด์แล้วฉีดเข้าไปในโพรงกระดูกเพื่อให้ไขกระดูกออกมา จากนั้นบ่มไขกระดูก หลังจากนั้นจึงเก็บเกี่ยวเซลล์โดยการนำสารละลายตัวอย่างบรรจุลงในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 15 มิลลิลิตร นำมาปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 10 นาที ดูเอาส่วนใสทิ้งจากนั้นจึงตรึงเซลล์ (Fixation) โดยการเติมน้ำยาตรึงเซลล์ชนิด Canoy's fixative จนได้ตะกอนขาวที่ก้นหลอด แล้วดูดสารละลายส่วนบนทิ้งไปเกือบหมดเหลือไว้เหนือเซลล์ประมาณ 0.5-1 มิลลิลิตร เติม Fixative อีกประมาณ 1 - 2 มิลลิลิตร (ขึ้นกับปริมาณตะกอนเซลล์) ผสมให้เข้ากันใช้หลอดดูดสารดูดและหยดสารละลายตะกอนเซลล์บนสไลด์ที่แห้งและสะอาด ทั้งสไลด์ให้แห้งแล้วนำมาตรวจโครโมโซมด้วยกล้องจุลทรรศน์ เลือกลูกไลด์ที่โครโมโซมกระจายดี ไว้ย้อมสี

ทำการย้อมสีโครโมโซมด้วยจิมซ่า 20% นาน 30 นาที แล้วนำผลที่ได้มาจัดแคโรไทป์ และอิดิโอแกรมมาตรฐานจากเซลล์ระยะเมทาเฟสจำนวน 20 เซลล์ พร้อมทั้งวัดค่าต่าง ๆ ของโครโมโซม ได้แก่ ความยาว แขนข้างสั้น (Length of Short Arm Chromosomes, Ls) ความยาวของแขนข้างยาว (Length of Long Arm Chromosomes, Ll) ความยาวโครโมโซมทั้งหมด (Total Length) ค่า Relative Length (RL) ค่า Centromeric Index (CI) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) ขนาด (Size) ชนิด (Type) ของโครโมโซม และสูตรแคโรไทป์ตามวิธีการศึกษาโครโมโซมของ กันยารัตน์ ไชยสุต (2532) และอลงกต แทนอมทอง (2554)

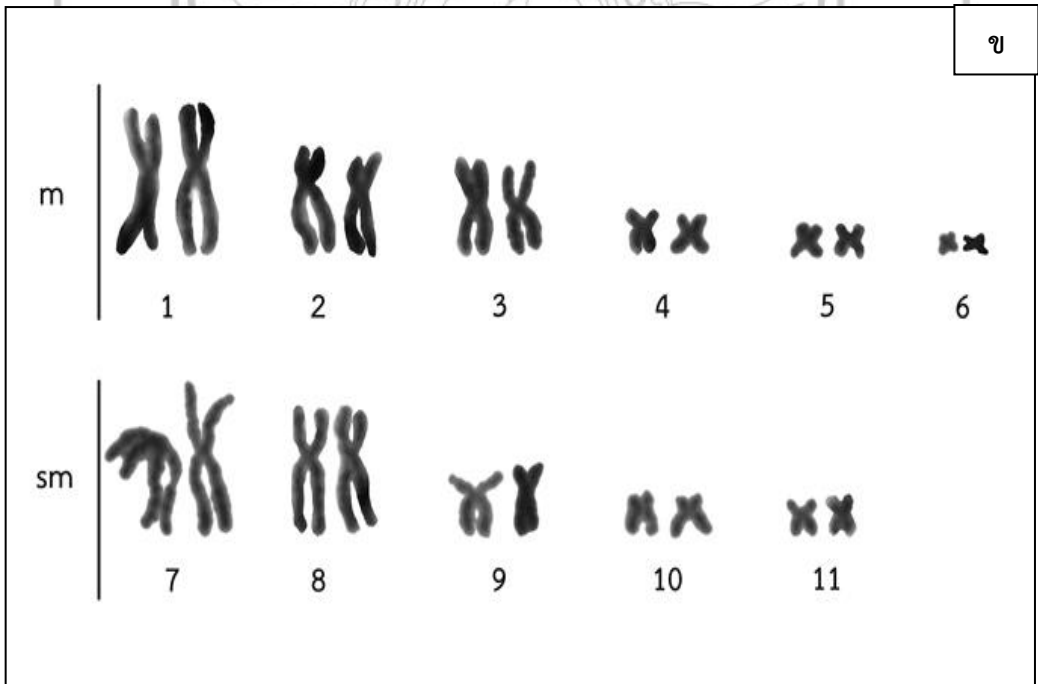
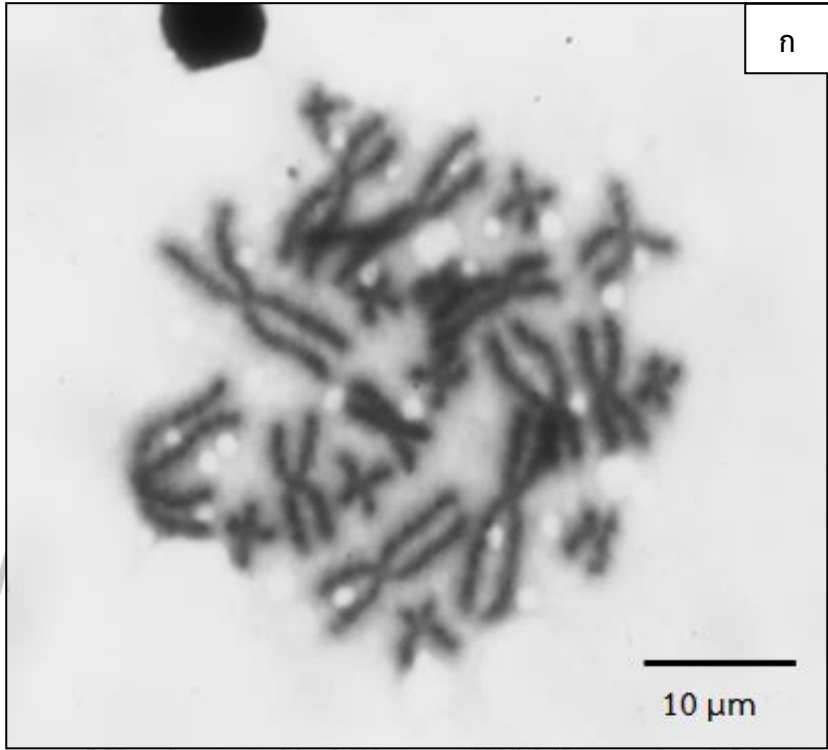
ผลการวิจัย

จากการศึกษาพันธุศาสตร์เซลล์ของคางคกบ้าน (*Duttaphrynus melanostictus*) ในพื้นที่อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ ด้วยวิธีทางตรงและย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดา (Conventional Staining) พบว่ามีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 22 แห่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 44 ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 6 แห่ง ซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 6 แห่ง เมทาเซนทริกขนาดเล็ก 6 แห่ง และซับเมทาเซนทริกขนาดเล็ก 4 แห่ง ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของโครโมโซมเพศทั้งในเพศผู้และเพศเมีย

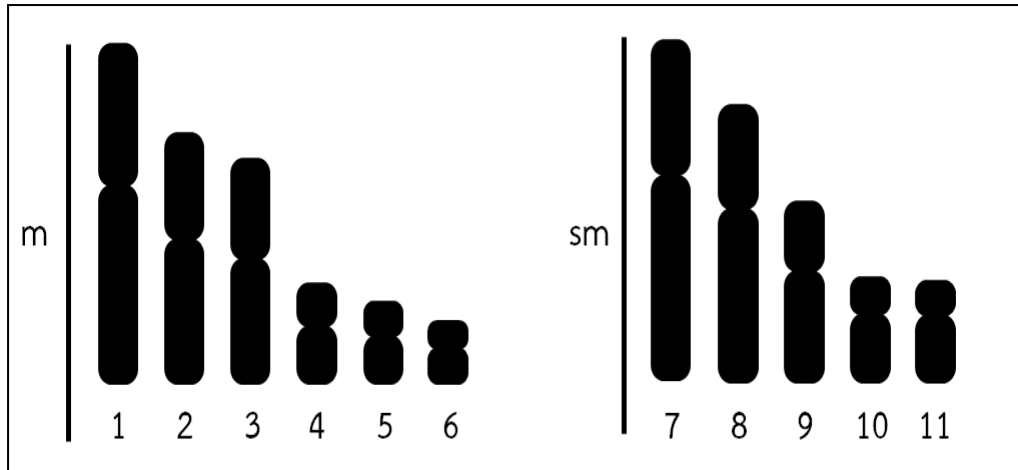
$$\text{คางคกบ้านมีสูตรแคโรไทป์ คือ } 2n = L_6^m + L_6^{sm} + S_6^m + S_4^{sm}$$



ภาพประกอบ 2 โครโมโซมระยะเมทาเฟส (ก) และแคริโอไทป์ (ข) ของคางคกบ้านเทศผู้ ($2n=22$) ด้วยการย้อมสีแบบธรรมดา



ภาพประกอบ 3 โครโมโซมระยะเมทาเฟส (ก) และแคริโอไทป์ (ข) ของคางคกบ้านเทศเมีย ($2n=22$) ด้วยการย้อมสีแบบธรรมดา



ภาพประกอบ 4 อิติโอแกรมมาตรฐานของคางคกบ้าน ($2n=22$) ด้วยการย้อมสีแบบธรรมดา

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความยาวของแขนโครโมโซมข้างสั้น (Short arm; Ls) ความยาวของแขนโครโมโซมข้างยาว (Long arm; Ll) ความยาวทั้งหมดของโครโมโซมแต่ละคู่ (Total length; LT) ค่า Relative length (RL) ค่า Centromeric index (CI) ขนาดและชนิดของโครโมโซมแต่ละแท่ง จากเซลล์ระยะเมทาเฟสจำนวน 20 เซลล์ ($2n=22$)

คู่ที่	Ls	Ll	LT	RL±SD	CI±SD	ขนาด	ชนิดโครโมโซม
1	8.02	11.10	19.11	0.162±0.021	0.580±0.015	ใหญ่	เมทาเซนทริก
2	5.96	8.14	14.10	0.120±0.015	0.577±0.017	ใหญ่	เมทาเซนทริก
3	5.63	7.05	12.68	0.107±0.011	0.556±0.023	ใหญ่	เมทาเซนทริก
4	2.41	3.24	5.65	0.048±0.008	0.573±0.027	เล็ก	เมทาเซนทริก
5	1.99	2.67	4.66	0.039±0.006	0.572±0.024	เล็ก	เมทาเซนทริก
6	1.45	2.04	3.49	0.029±0.003	0.585±0.019	เล็ก	เมทาเซนทริก
7	8.13	12.34	20.47	0.174±0.021	0.602±0.002	ใหญ่	ซับเมทาเซนทริก
8	5.78	9.78	15.56	0.132±0.024	0.628±0.018	ใหญ่	ซับเมทาเซนทริก
9	3.86	6.24	10.09	0.085±0.012	0.617±0.015	ใหญ่	ซับเมทาเซนทริก
10	2.15	3.82	5.97	0.050±0.005	0.640±0.027	เล็ก	ซับเมทาเซนทริก
11	1.99	3.77	5.76	0.049±0.005	0.654±0.032	เล็ก	ซับเมทาเซนทริก

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาโครโมโซมของคางคกบ้านครั้งนี้พบว่าโครโมโซมดิพลอยด์จำนวนเท่ากับ 22 แห่ง และโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 44 ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริก 18 แห่ง และซับเมทาเซนทริก 4 แห่ง และไม่พบความแตกต่างของโครโมโซมเพศ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Schmid (1978) ถาวร สุภาพรม และประภาพร กัลยาประสิทธิ์ (2535) นงลักษณ์ นาคเกษม (2544) และถาวร สุภาพรม (2546) ที่รายงานว่าคางคกบ้านมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 22 แห่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 44 และไม่มีความแตกต่างของโครโมโซมเพศกับโครโมโซมร่างกาย ในขณะที่รายงานของ Siripiyasing *et al.* (2008) และสุมาลี พิมพันธ์ (2555) ได้รายงานว่าพบโครโมโซมดิพลอยด์จำนวน 22 แห่ง และโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 44 เช่นกัน แต่มีการรายงานขนาดของโครโมโซมซึ่งประกอบด้วยโครโมโซมชนิดเมทาเซนทริก 16 แห่ง ซับเมทาเซนทริก 4 แห่ง และพบโครโมโซมเพศเป็นระบบ XY ซึ่งพบโครโมโซม X และ Y จำนวนอย่างละ 1 แห่ง

ตารางที่ 2 รายงานการศึกษาโครโมโซมของคางคกบ้าน (*Duttaphrynus melanostictus*)

ชนิด	2n	NF	ชนิดของโครโมโซม		โครโมโซมเพศ	อ้างอิง
			โครโมโซม			
			m	sm		
คางคกบ้าน (<i>D. melanostictus</i>)	22	44	18	4	-	Schmid (1982)
	22	44	18	4	-	ถาวร สุภาพรม และ ประภาพร กัลยา ประสิทธิ์ (2535)
	22	44	18	4	-	นงลักษณ์ นาคเกษม (2544)
	22	44	18	4	-	ถาวร สุภาพรม (2546)
	22	44	16	4	XY	Siripiyasing <i>et al.</i> (2008)
	22	44	16	4	XY	สุมาลี พิมพันธ์ (2555)
	22	44	12	10	-	รายงานครั้งนี้

หมายเหตุ: 2n = จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์
 NF = จำนวนโครโมโซมพื้นฐาน
 m = โครโมโซมชนิดเมทาเซนทริก
 sm = โครโมโซมชนิดซับเมทาเซนทริก
 XY = โครโมโซมเพศผู้

จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าลักษณะแคริโอไทป์ค่อนข้างมีความผันแปร โดยการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมอาจเกิดจากหลายสาเหตุและอาจมีหลายขั้นตอน เป็นไปได้ทั้งกระบวนการต่อสลับ (Inversion) การแยก (Fission) การรวม (Fusion) และการแลกเปลี่ยนส่วนโครโมโซมต่างคู่ (Reciprocal Translocation) ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมหรือวิวัฒนาการของโครโมโซมของคางคกบ้านเป็นเพียงสมมติฐานเท่านั้น ซึ่งอาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เช่น การย้อมแถบสีแบบจี (G-banding) หรือแถบสีแบบอาร์ (R-banding) เพื่อเปรียบเทียบแถบสีบนโครโมโซม การย้อมแถบสีแบบนอร์ (NOR-banding) เพื่อดูตำแหน่งยีนที่สร้าง rRNA หรือเทคนิคฟลูออเรสเซนส์อินซิทูไฮบริไดเซชัน (Fluorescence *in situ* hybridization) เพื่อเปรียบเทียบลำดับดีเอ็นเอที่เหมือนกันบนโครโมโซม ซึ่งเทคนิคเหล่านี้สามารถทำให้ข้อมูลวิวัฒนาการของโครโมโซมในปลาวางศ์นี้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น (อมรา คัมภีรานนท์ 2546; อลงกลด แทนอมทอง 2554; Amini and Sokoot, 2013; Grazyna *et al.*, 2008).

เอกสารอ้างอิง

- กันยารัตน์ ไชยสุต. (2532). **เซลล์พันธุศาสตร์และเซลล์อนุกรมวิธานของพืชสกุล *Zephyranthes***. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จารุจินต์ นภิตะภัก. (2531). **สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, รัษฎา จันอาจ. (2546). **คู่มือสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในเมืองไทย**. กรุงเทพฯ: ด้านสุภากรพิมพ์.
- นงลักษณ์ นาคเกษม. (2544). **การศึกษาการเจริญเติบโตและแคริโอไทป์ของกบหนอง อึ่งอ่าง และคางคกไทย**.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (เอกสารอัดสำเนา).
- ถาวร สุภาพรม. (2546). **เซลล์พันธุศาสตร์ของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. (เอกสารอัดสำเนา).
- ถาวร สุภาพรม และประภาพร กัลยาประสิทธิ์. (2535). **การศึกษาโครโมโซมของอึ่งบ้านและคางคกบ้าน. บทคัดย่อการสัมมนาวิชาการพันธุศาสตร์ ครั้งที่ 7**. [ม.ป.ท.: ม.ป.พ.].
- ภาณุวัฒน์ นาคสิงห์. (2546). **คู่มือการเพาะเลี้ยงกบเชิงพานิชย์**. กรุงเทพฯ: เพชรกระรัต สตูดิโอ.
- สุมาลี พิมพ์พันธุ์. (2555). **พันธุศาสตร์เซลล์ของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกบางชนิดในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น**.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อมรา คัมภีรานนท์. (2546). **พันธุศาสตร์ของเซลล์**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อลงกลด แทนอมทอง. (2554). **พันธุศาสตร์เซลล์**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- Amini, F. & 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. & Mamcarz, A. (2008). Note on the karyotype and NOR location of Siamese fighting fish *Betta splendens* (Perciformes, Osphronemidae), *Caryologia*, 61, 349-353.
- Schmid, M. (1978). Chromosome banding in amphibian I. Constitutive heterochromatin and nucleus organizer regions in *Bufo* and *Hyla*. *Chromosoma*, 66, 361-368.
- Siripiyasing, P., Chulalaksananukul, W., Pariyanonth, P., Kaewsri, S., Sittigul, S., Seatung, N. and Tanomtong, A. (2008). The identification of the sex chromosome and karyotype of four toad species (Genus *Bufo*) in Thailand by T-lymphocyte cell culture. *Cytologia*, 73 (3), 229-241.

