

3-1-2004

KARYOTYPE OF CROSSBRED PROGENY BORN TO THE INTERSPECIES HYBRIDIZATION OF WILD AND ZEBU CATTLE WITH REFERENCE TO THEIR FERTILITY AND GROWTH PERFORMANCE

Nussara Vadhanakul

Wanchai Tunwattana

Panpilai Sekkasiddhi

Montakarn Tansatit

Vivat Chavananikul

Follow this and additional works at: <https://digital.car.chula.ac.th/tjvm>



Part of the [Veterinary Medicine Commons](#)

Recommended Citation

Vadhanakul, Nussara; Tunwattana, Wanchai; Sekkasiddhi, Panpilai; Tansatit, Montakarn; and Chavananikul, Vivat (2004) "KARYOTYPE OF CROSSBRED PROGENY BORN TO THE INTERSPECIES HYBRIDIZATION OF WILD AND ZEBU CATTLE WITH REFERENCE TO THEIR FERTILITY AND GROWTH PERFORMANCE," *The Thai Journal of Veterinary Medicine*: Vol. 34: Iss. 1, Article 12.

Available at: <https://digital.car.chula.ac.th/tjvm/vol34/iss1/12>

This Article is brought to you for free and open access by the Chulalongkorn Journal Online (CUJO) at Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in The Thai Journal of Veterinary Medicine by an authorized editor of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

รูปแบบโครโมโซมของโคลูกผสมที่เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์ ระหว่างโคป่าและโคชีบูกับความสมบูรณ์พันธุ์และการเจริญเติบโต

นุสสรา วัฒนกุล^{1*} วันชัย ตันวัฒนะ² พรรณพิไล เสกสิทธิ์¹
มนตกานต์ ตันสถิตย์³ วิวัฒน์ ชวนะนิกุล⁴

Abstract

Nussara Vadhanakul^{1*} Wanchai Tunwattana² Panpilai Sekkasiddhi¹ Montakarn Tansatit³ Vivat Chavananikul⁴

KARYOTYPE OF CROSSBRED PROGENY BORN TO THE INTERSPECIES HYBRIDIZATION OF WILD AND ZEBU CATTLE WITH REFERENCE TO THEIR FERTILITY AND GROWTH PERFORMANCE

Karyotypes of the crossbred progeny of wild and zebu cattle, born from the insemination of zebu dams with deep frozen semen from gaur (*Bos gaurus*) and banteng (*Bos javanicus*) sires were studied. The crossbred progeny (F1) born from the gaur sire and zebu dams revealed a diploid chromosome number of $2n=58$. Fifty-four acrocentric and 2 submetacentric autosomes were found, sex chromosomes being submetacentric and metacentric in the male and submetacentric in the female. Two types of chromosomes with a complement of $2n=59$ and $2n=58$, were found in the crossbred progeny (F1) of the banteng sire and zebu dams. Robertsonian translocation of 1, 29 was found in crossbred progeny with $2n=59$ whereas 1/29 and 2/27 Robertsonian translocation was found in those with $2n=58$. Sex chromosomes in both groups were the same as those of the crossbred progeny (F1) of the gaur sire and zebu dams. Female crossbred progeny (F1) born to both gaur and banteng sires can conceive after natural breeding, males however could not produce sperm. The growth performance of these crossbred progeny was satisfactory in terms of weight and growth rate at all ages. Male hybrids, although sterile, are of economic benefit for meat production and female hybrids can be used for breeding and can produce crossbred progeny with maximal heterosis of interspecies hybridization for production and reproductive fitness.

Keywords : karyotype, wild and zebu cattle hybrids, fertility, growth performance

¹Bureau of Biotechnology for Animal Production, Department of Livestock Development, Patumthani.

²Khao Kheow Open Zoo, Chonburi.

³Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, Bangkok 10330.

⁴Faculty of Veterinary Sciences, Chulalongkorn University, Bangkok 10330.

*Corresponding author

¹สำนักเทคโนโลยีชีวภาพการผลิตปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ จ.ปทุมธานี

²สวนสัตว์เปิดเขาเขียว จ.ชลบุรี

³คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

⁴คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

*ผู้รับผิดชอบบทความ

บทคัดย่อ

นุสสุรา วัฒนกุล^{1*} วันชัย ต้นวัฒนนะ² พรรณพิไล เสกสิทธิ์¹ มนตกานต์ ต้นสถิตย์³ วิวัฒน์ ชวนะนิกุล⁴

รูปแบบโครโมโซมของโคลูกผสมที่เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่างโคป่าและโคชีบูกับความสมบูรณ์พันธุ์และการเจริญเติบโต

ศึกษาคาร์ิโอไทป์ของโคลูกผสมที่เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่างโคป่าและโคชีบู โดยใช้ น้ำเชื้อแช่แข็งของพ่อกระทิง และพ่อโคแดงของสวนสัตว์เปิดเขาเขียว ผสมเทียมให้กับแม่โคชีบูในท้องที่ พบว่า โคลูกผสม (F1) ทุกตัว ที่เกิดจากพ่อกระทิงและแม่ชีบู มีจำนวนโครโมโซมเป็น $2n=58$ โดยมีโครโมโซมร่างกายเป็นแบบ อะโครเซนตริก จำนวน 54 ตัว และเป็นแบบ ซับเมตาเซนตริก จำนวน 2 ตัว ในขณะที่โครโมโซมเพศจะเป็นแบบ ซับเมตาเซนตริก ตัวใหญ่ 1 ตัว และ เมตาเซนตริก ตัวเล็ก 1 ตัว สำหรับเพศผู้ และเป็นแบบ ซับเมตาเซนตริก ตัวใหญ่ 2 ตัวในเพศเมีย ในขณะที่คาร์ิโอไทป์ของโคลูกผสม (F1) ที่เกิดจากน้ำเชื้อแช่แข็งของพ่อโคแดง และแม่ชีบู จะมีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกันเป็น 2 แบบ คือ $2n=59$ และ $2n=58$ โดยพบ 1/29 Robertsonian translocation ในโคที่มี $2n=59$ และพบ 1/29 และ 2/27 Robertsonian translocation ในโคที่มี $2n=58$ โดยทั้ง 2 กลุ่มมีโครโมโซมเพศเป็นแบบเดียวกับ โคลูกผสม (F1) ที่เกิดจากพ่อกระทิง เมื่อพิจารณาถึงความสมบูรณ์พันธุ์ พบว่าโคลูกผสมเพศเมีย (F1) ทั้งที่เกิดจากพ่อกระทิง และพ่อโคแดงสามารถให้ลูกได้จากการผสมธรรมชาติ ในขณะที่โคลูกผสมเพศผู้ (F1) ทั้งหมด ไม่สามารถผลิตน้ำเชื้อได้จากลักษณะการเจริญเติบโตของโคลูกผสม (F1) ทั้งที่เกิดจากพ่อกระทิง และพ่อโคแดง พบว่ามีน้ำหนักในระยะเวลาต่างๆ และอัตราการเจริญเติบโตที่น่าพอใจ ดังนั้นโคลูกผสมเพศผู้ (F1) แม้จะเป็นหมัน แต่จะมีประโยชน์ทางเศรษฐกิจคือสามารถนำไปขุนเพื่อผลิตเนื้อสำหรับการบริโภคได้ ในขณะที่โคลูกผสมเพศเมียสามารถนำไปใช้ในการผสมพันธุ์ และปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้ เพื่อให้ได้โคลูกผสมที่มีผลผลิต และสมรรถภาพการสืบพันธุ์ที่ดีที่สุดในสภาวะการเลี้ยงดูในประเทศไทย

คำสำคัญ : คาร์ิโอไทป์ ลูกผสมโคป่าและโคชีบู ความสมบูรณ์พันธุ์ การเจริญเติบโต

บทนำ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาต่อเนื่องจาก โครงการอนุรักษ์พันธุ์โคป่า ซึ่งถือกำเนิดขึ้นในปี พ.ศ. 2533 โดยความร่วมมือของกรมปศุสัตว์ องค์การสวนสัตว์คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสถาบันสมิธโซเนียน ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยในโครงการดังกล่าว ในระยะแรกได้ทำการผลิตน้ำเชื้อแช่แข็งของพ่อกระทิง (*Bos gaurus*) และพ่อโคแดง (*Bos javanicus*) ของสวนสัตว์เปิดเขาเขียว เพื่อการอนุรักษ์พันธุ์ (conservation program) และได้นำน้ำเชื้อส่วนหนึ่งมาใช้ในการผสมข้ามพันธุ์ โดยการผสมเทียมให้กับแม่โคชีบูที่เลี้ยงในพื้นที่ คิววัดตูลประสงค์ เพื่อสร้างโคเนื้อสายพันธุ์ใหม่ระหว่างโคป่า (wild cattle) และโคชีบู ที่มีรูปร่างลักษณะ และโครงร่างที่ใหญ่ขึ้น และมีความทนทานต่อสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยคุณสมบัติทางพันธุกรรมที่ดีของโคป่า คือ

มีขนาดใหญ่ และมีความทนทานในภาวะต่างๆ และสภาพอาหารที่ไม่สมบูรณ์ มาช่วยในการปรับปรุงพันธุ์ (ฮันต์ และคณะ, 1999) แต่เนื่องจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างสปีชีส์ที่ต่างกัน (interspecies hybridization) ไม่ว่าจะมีความถี่ของโครโมโซมเท่ากันหรือต่างกัน ก็อาจมีความผิดปกติบางประการเกิดขึ้นได้ เช่น อาจเกิดการจับคู่กันของโครโมโซมที่ผิดปกติไป หรืออาจเกิดการเชื่อมกัน (fusion) แบบต่างๆ ของโครโมโซมที่มาจากคนละคู่กัน ที่พบมากได้แก่ การเกิด Robertsonian translocation, tandem fusion ฯลฯ ซึ่งจะ ทำให้จำนวนโครโมโซมทั้งหมด (diploid number) และรูปร่างของโครโมโซมเปลี่ยนแปลงไปจากจำนวนปกติ และอาจส่งผลทำให้เกิดความผิดปกติของระบบต่างๆ ตามมา โดยเฉพาะระบบสืบพันธุ์ และยังถ่ายทอดโครโมโซมที่ผิดปกติเหล่านี้ไปยังลูกหลานด้วย จากการศึกษาของ Gustavsson (1980)

รายงานไว้ว่า การเกิด 1/29 Robertsonian translocation ในโค จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพความสมบูรณ์พันธุ์ลดลง นอกจากนี้ Forsdyke (2000) และ Zhang (2000) ยังได้รายงานการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างโคแดง กับโคชินู และใน yak กับโคชินู หรือกับโค Bos taurus ซึ่งพบว่า โคลูกผสม (F1) เพศเมีย เท่านั้นที่มีสมรรถภาพการสืบพันธุ์ที่ปกติ แต่ในโคลูกผสม (F1) เพศผู้จะเป็นหมัน แม้จะมีลักษณะภายนอกปกติก็ตาม

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา kariotype (karyotype) ของโคลูกผสมที่เกิดจากโครงการในระยะแรก ซึ่งเป็นการผสมข้ามพันธุ์ระหว่าง พ่อโคป่า (พ่อกระทิง พ่อโคแดง) กับแม่โคชินู ว่ามีลักษณะของโครโมโซมเป็นเช่นไร มีความผิดปกติอย่างไรหรือไม่ และมีผลต่อความสมบูรณ์พันธุ์อย่างไร ตลอดจนศึกษาถึงลักษณะการเจริญเติบโตในแต่ละระยะ เพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการใช้พันธุ์กรรมของโคป่ามาปรับปรุงพันธุ์โคชินูที่เลี้ยงในท้องที่ที่สามารถได้โคลูกผสมที่มีโครงร่างใหญ่ขึ้น และมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้หรือไม่ เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้บริโภค และใช้แรงงานต่อไป

วัสดุและวิธีการ

เก็บตัวอย่างเลือดของโคลูกผสมจำนวน 20 ตัว ที่เกิดจากการผสมเทียมด้วยน้ำเชื้อแช่แข็งของพ่อกระทิง และพ่อโคแดง ของสวนสัตว์เปิดเขาเขียวกับแม่โคชินู (พันธุ์บราห์มัน พันธุ์เรด ชินดี และพันธุ์พื้นเมือง) ในท้องที่ โดยเป็นโคลูกผสมที่เกิดจากน้ำเชื้อพ่อกระทิงจำนวน 12 ตัว และเกิดจากน้ำเชื้อพ่อโคแดงจำนวน 8 ตัว และเก็บตัวอย่างเลือดของแม่โคชินูที่นำมาใช้ผสมเทียมด้วยจำนวน 10 ตัว ในขณะที่ตัวอย่างเลือดของพ่อกระทิงที่ใช้ทำน้ำเชื้อแช่แข็งได้ถูกเจาะเก็บไว้แล้วโดยการวางยาสลบ และได้ทำการศึกษาคารีโอไทป์แล้วโดยนุสตรา และคณะ (อยู่ระหว่างการพิจารณาเพื่อการตีพิมพ์) แต่พ่อโคแดงที่ใช้ทำน้ำเชื้อแช่แข็งไม่สามารถเก็บตัวอย่างเลือดได้ เนื่องจากระหว่างนั้นยังไม่มีโปรแกรมที่จะวางยาสลบเพื่อปฏิบัติงานของสวนสัตว์ และการวางยาสลบจะทำเมื่อจำเป็นเท่านั้น เนื่องจากอาจมีความเสี่ยงจากการแพ้ยาได้

ตัวอย่างเลือดถูกเก็บในหลอดที่มี heparin เป็นสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด แล้วทำการเพาะเลี้ยงเซลล์เม็ดเลือดขาว ชนิด lymphocyte ในอาหารเลี้ยงเซลล์ชนิด minimum essential media ซึ่งมี 10% calf serum และ phytohaemagglutinin บ่มในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 72 ชม. โดยเมื่อถึงชั่วโมงที่ 70 จะเติมสารละลาย colcemid ลง

ไปเพื่อหยุดการแบ่งตัวของเซลล์ให้อยู่ในระยะเมตาเฟส และบ่มในตู้เพาะเลี้ยงต่อไปจนครบกำหนดเวลา หลังจากนั้นนำแต่ละตัวอย่างออกมาจากตู้เพาะเลี้ยง และทำให้เซลล์บวมด้วยสารละลาย hypotonic solution (0.075 M KCl) ปั่นเอาส่วนใสทิ้ง แล้วตรึงเซลล์ด้วยสารละลาย (methanol : glacial acetic acid = 3:1) สลับกับการปั่นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง เพื่อแยกเอาส่วนใสออก และทำซ้ำ 3-5 ครั้ง แล้วเก็บตะกอนที่ได้ครั้งสุดท้ายในสารละลาย fixative และเก็บค้างคืนไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C. วันรุ่งขึ้นจึงนำเซลล์ไปหยดให้กระจายบนสไลด์ย้อมด้วยสีจิมซ่า แล้วนำมาตรวจดูคาริโอไทป์ของแต่ละตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยตรวจจากกลุ่มเมตาเฟสที่สมบูรณ์อย่างน้อย 30 กลุ่ม ถ่ายรูปเก็บไว้ แล้วเรียงลำดับโครโมโซมคู่ต่างๆด้วยมือโดยจัดตามขนาดของโครโมโซมจากยาวไปหาสั้น และเปรียบเทียบอีกครั้งโดยใช้การเรียงลำดับของโครโมโซมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ และซอฟต์แวร์ที่ใช้เรียงลำดับโครโมโซมของโค (Ikaros, Metasystem company)

ติดตามประวัติเกี่ยวกับความสมบูรณ์พันธุ์ของโคลูกผสมเหล่านี้ และลักษณะการเจริญเติบโต โดยชั่งน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม และน้ำหนักเมื่ออายุ 18 เดือน ของโคลูกผสมจำนวน 15 ตัว ที่เลี้ยงอยู่ที่เดียวกัน และคำนวณอัตราการเจริญเติบโตในแต่ละระยะเพื่อให้ทราบถึงความสมบูรณ์พันธุ์และการเจริญเติบโต

ผล

คาริโอไทป์ของแม่โคชินู (พันธุ์บราห์มัน เรดชินดี และพันธุ์พื้นเมือง) ที่นำมาใช้ผสมเทียม มีจำนวนโครโมโซมเป็น $2n=60$ โดยมี โครโมโซมร่างกาย (autosome) เป็นแบบอะโครเซนตริก (acrocentric) ทั้งหมด และโครโมโซมเพศ (sex chromosome) เป็นแบบ ซับเมตาเซนตริก ตัวใหญ่ (X) 2 ตัว (รูปที่ 1) (ตารางที่ 1)

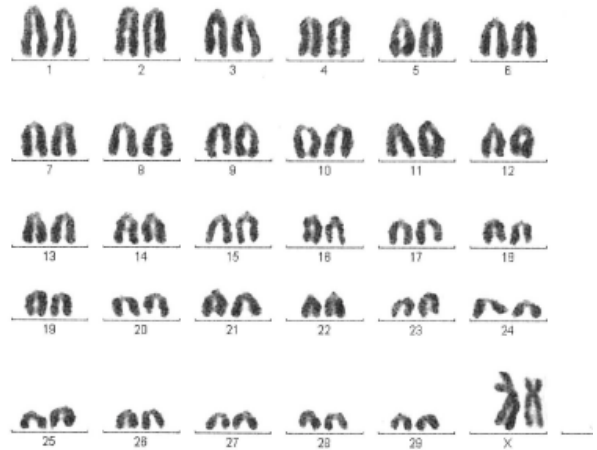
สำหรับคาริโอไทป์ของโคลูกผสม (F1) ทุกตัวที่เกิดจากน้ำเชื้อแช่แข็งของพ่อกระทิง และ แม่โคชินู ไม่ว่าจะ เป็นแม่พันธุ์ใดก็ตามระหว่าง บราห์มัน เรดชินดี และพันธุ์พื้นเมือง จะมีจำนวนโครโมโซมเป็น $2n=58$ โดยมี โครโมโซมร่างกาย เป็นแบบ อะโครเซนตริก จำนวน 54 ตัว และเป็นแบบ ซับเมตาเซนตริก จำนวน 2 ตัว ส่วน โครโมโซมเพศ จะมีลักษณะเช่นเดียวกับใน Bos taurus และกระทิง (Bos gaurus) คือเป็นแบบ ซับเมตาเซนตริก ตัวใหญ่ (X) 1 ตัว และเมตาเซนตริก ตัวเล็ก (Y) 1 ตัว ในเพศผู้ และเป็นแบบ

ตารางที่ 1 คาริโอไทป์ของ แม่โคชีบู และโคลูกผสมที่เกิดจากน้ำเชื้อของพ่อกระทิง และพ่อโคแดงกับแม่โคชีบู

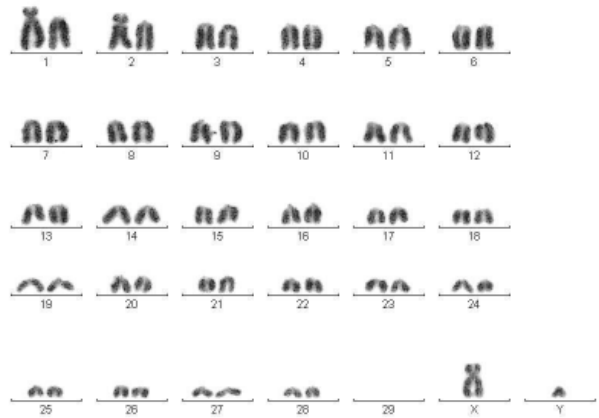
	จำนวนโครโมโซม (2n)	จำนวนและรูปแบบของโครโมโซมร่างกาย		รูปแบบของโครโมโซมเพศ	
		ซั่มเมตาเซนตริก	อะโครเซนตริก	เพศผู้	เพศเมีย
- แม่โคชีบู	60	-	58	-	- ซั่มเมตาเซนตริก ตัวใหญ่ 2 ตัว
- โคลูกผสมที่เกิด จากน้ำเชื้อพ่อ กระทิงและแม่ชีบู (12 ตัว)	58	2	54	- ซั่มเมตาเซนตริก ตัวใหญ่ 1 ตัว - เมตาเซนตริก ตัวเล็ก 1 ตัว	- ซั่มเมตาเซนตริก ตัวใหญ่ 2 ตัว
- โคลูกผสมที่เกิดจาก น้ำเชื้อพ่อโคแดง และแม่ชีบู					
- กลุ่มที่ 1 (6 ตัว)	59	1	56	- ซั่มเมตาเซนตริก ตัวใหญ่ 1 ตัว - เมตาเซนตริก ตัวเล็ก 1 ตัว	- ซั่มเมตาเซนตริก ตัวใหญ่ 2 ตัว
- กลุ่มที่ 2	58	2	54	- ซั่มเมตาเซนตริก ตัวใหญ่ 1 ตัว - เมตาเซนตริก ตัวเล็ก 1 ตัว	- ซั่มเมตาเซนตริก ตัวใหญ่ 2 ตัว

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของโคลูกผสมที่เกิดจากน้ำเชื้อของพ่อกระทิง และพ่อโคแดง กับแม่ชีบู

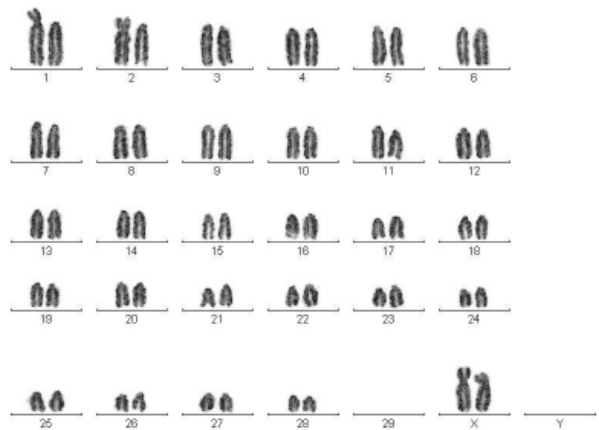
ชนิดน้ำเชื้อ	จำนวน (ตัว)	นน.แรกเกิด (กก.) ($\bar{X} \pm SD$)	นน.หย่านม (กก.) ($\bar{X} \pm SD$)	นน.เมื่ออายุ 18 เดือน (กก.) ($\bar{X} \pm SD$)	อัตราการเจริญ เติบโตตั้งแต่วัน แรกเกิดถึงหย่านม ($\bar{X} \pm SD$)	อัตราการเจริญ เติบโตตั้งวันตั้งแต่ หลังหย่านมถึง อายุ 18 เดือน (กรัม/วัน) ($\bar{X} \pm SD$)
น้ำเชื้อพ่อกระทิง						
- ลูกผสมตัวผู้	6	28.67±4.52	172.50±11.88	320.50±24.95	719.17±42.12	435±52.68
- ลูกผสมตัวเมีย	3	25.33±6.11	178.77±16.39	329.33±37.21	767.00±85.54	442.33±85.92
น้ำเชื้อพ่อโคแดง						
- ลูกผสมตัวผู้	3	20.33±0.58	144.33±29.77	283.33±17.04	620.00±147.56	408.33±55.72
- ลูกผสมตัวเมีย	3	22.33±4.16	148.87±12.99	284.00±17.78	632.67±65.16	397.00±14.53



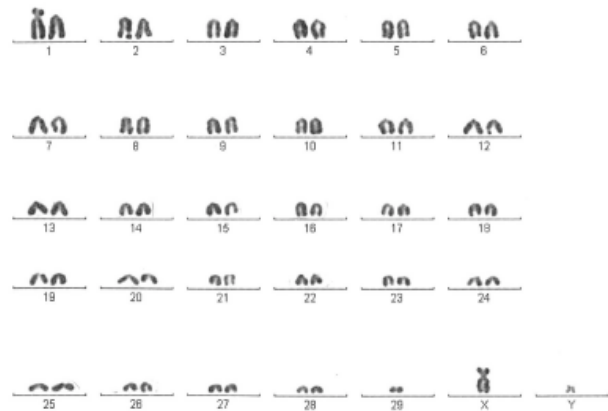
รูปที่ 1 คาริโอไทป์ของแม่โคจีนู



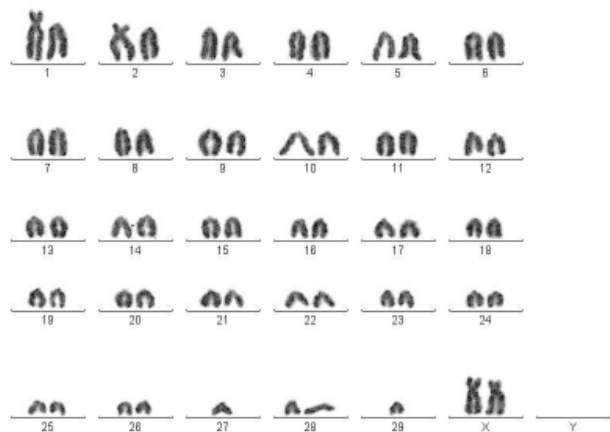
รูปที่ 2 คาริโอไทป์ของโคลูกผสมเพศผู้ที่เกิดจากพ่อกระทิง และแม่จีนู



รูปที่ 3 คาริโอไทป์ของโคลูกผสมเพศเมียที่เกิดจากพ่อกระทิง และแม่จีนู



รูปที่ 4 คาร์ิโอไทป์ของโคลูกผสมที่เกิดจากพ่อโคแดง และแม่ชีบู : กลุ่มที่มีจำนวนโครโมโซมเป็น $2n=59$



รูปที่ 5 คาร์ิโอไทป์ของโคลูกผสมที่เกิดจากพ่อโคแดง และแม่ชีบู : กลุ่มที่มีจำนวนโครโมโซมเป็น $2n=58$

ซั้มเมตาเซนตริก ตัวใหญ่ (X) 2 ตัว ในเพศเมีย (รูปที่ 2, รูปที่ 3) (ตารางที่ 1)

ในขณะที่ในโคลูกผสม (F1) ที่เกิดจากน้ำเชื้อของ พ่อโคแดง และแม่โคชีบู แม้ว่าพ่อจะเป็นน้ำเชื้อของพ่อโคแดงตัวเดียวกัน แต่พบว่าโคลูกผสมจะมีจำนวนโครโมโซมที่ต่างกันเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 (จำนวน 6 ตัว เป็นเพศผู้ 4 ตัว และเพศเมีย 2 ตัว) จะมีจำนวนโครโมโซมเป็น $2n=59$ โดยมีโครโมโซมร่างกาย เป็นแบบ อะโครเซนตริก จำนวน 56 ตัว และเป็นแบบซั้มเมตาเซนตริก จำนวน 1 ตัว ส่วนโครโมโซมเพศ จะมีลักษณะเช่นเดียวกับใน *Bos taurus* และ

Bos gaurus คือเป็นแบบ ซั้มเมตาเซนตริก ตัวใหญ่ (X) 1 ตัว และ เมตาเซนตริก ตัวเล็ก (Y) 1 ตัว ในเพศผู้ และเป็น แบบซั้มเมตาเซนตริก ตัวใหญ่ (X) 2 ตัว ในเพศเมีย ในขณะที่โคลูกผสมในกลุ่มที่ 2 (จำนวน 2 ตัว ซึ่งเป็นเพศเมียทั้งหมด) มีจำนวนโครโมโซมเป็น $2n=58$ โดยมีโครโมโซมร่างกาย เป็นแบบ อะโครเซนตริก จำนวน 54 ตัว และเป็นแบบซั้มเมตาเซนตริก จำนวน 2 ตัว โดยที่ โครโมโซมเพศ จะเป็นเหมือนในกลุ่มที่ 1 และเช่นเดียวกับใน *Bos taurus* และ *Bos gaurus* ซึ่งเมื่อศึกษาโดยละเอียดต่อไปจากคาร์ิโอไทป์ ของโคลูกผสมเหล่านี้ โดยนำโครโมโซมแต่ละคู่มาจัดเรียงกัน

ตามขนาด ทั้งการจัดด้วยมือ และการใช้ซอฟต์แวร์ พบว่า ในโคลูกผสมที่มีจำนวนโครโมโซมเป็น $2n=59$ นั้น โครโมโซมร่างกาย ที่เป็นซับเมตาเซนตริก จะเกิดจากการ เชื่อมกัน (centric fusion) ของอะโครโซม ตัวที่ 1 และ 29 (1/29 Robertsonian translocation) ทำให้จำนวนโครโมโซม ทั้งหมด (diploid number) ลดลง 1 ตัว ในขณะที่ในโคลูกผสม ที่มีจำนวนโครโมโซมเป็น $2n=58$ จะเกิดจากการเชื่อมกัน ของอะโครโซม ตัวที่ 1 กับ 29 (1/29 Robertsonian translocation) และอะโครโซม ตัวที่ 2 กับ 27 (2/27 Robertsonian translocation) ทำให้จำนวนโครโมโซมทั้งหมด ลดลง 2 ตัว (รูปที่ 4 และ 5 ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตาม การ พิสูจน์ให้แน่ชัดว่าเป็นการเชื่อมกันของโครโมโซมคู่ใดจะทำได้ โดยเทคนิคการทำ banding ของโครโมโซม แต่ในรายงานนี้ ไม่ได้ทำการศึกษาไว้ แต่ใช้เพียงการเรียงลำดับและการจับคู่ ตามขนาดของโครโมโซมเท่านั้น

เมื่อศึกษาถึงความสมบูรณ์พันธุ์ (fertility) ของโคลูก ผสม (F1) ที่เกิดจากทั้งพ่อกระทิง และ พ่อโคแดง พบว่า ใน โคลูกผสม เพศเมียทั้งหมด ไม่ได้มีการผสมเทียมต่อ เนื่องจาก สวานสัตว์เปิดเขาเขียว มีวัตถุประสงค์จะเลี้ยงไว้เพื่อเป็นตัวรับ ในการย้ายฝากตัวอ่อนในโครงการระยะต่อไป แต่พบว่ามี การผสมธรรมชาติจากพ่อโคแดงที่อยู่ในคอกข้างเคียง และสามารถตกไข่ได้แล้ว 3 ตัว โดยเกิดจากแม่โคลูกผสมที่เกิด จากน้ำเชื้อพ่อโคแดง และแม่ชีบู ซึ่งมีจำนวนโครโมโซมเป็น $2n=59$ จำนวน 2 ตัว และเป็นแม่โคลูกผสมที่เกิดจากพ่อโค กระทิง และแม่ชีบู ซึ่งมีจำนวนโครโมโซมเป็น $2n=58$ จำนวน 1 ตัว ซึ่งแสดงว่า โคลูกผสมเพศเมียที่เกิดจากการผสม ข้ามพันธุ์ระหว่างโคป่า และโคชีบู ไม่มีผลกระทบต่อความ สมบูรณ์พันธุ์ แม้จะมีการเกิด Robertsonian translocation ก็ตาม ในขณะที่ในโคลูกผสมเพศผู้ทั้งหมด ได้มีการทดลองรีดเก็บ น้ำเชื้อโดยการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าผ่านทางทวารหนัก (electroejaculator) ตั้งแต่อายุ 2-4 ปี (วิบูลย์และวันชัย, ติดต่อบุคคล) และพบว่าไม่สามารถรีดเก็บน้ำเชื้อเพื่อนำไป ทำน้ำเชื้อแช่แข็งได้ เนื่องจาก ejaculate ที่ได้แต่ละครั้งมี ลักษณะใส และมีแต่ seminal fluid

เมื่อศึกษาถึงลักษณะของการเจริญเติบโตของโคลูก ผสม (F1) ที่เกิดจากน้ำเชื้อของพ่อกระทิง และพ่อโคแดง กับแม่โคชีบู พบว่ามีน้ำหนักในแต่ละระยะ และอัตราการเจริญ เติบโตที่ค่อนข้างดี แม้จะเลี้ยงในสภาวะแวดล้อมที่ไม่สมบูรณ์ (ตารางที่ 2)

วิจารณ์

การโอท็อปของโคลูกผสมทุกตัวในการศึกษานี้ที่เกิด จากน้ำเชื้อแช่แข็งของพ่อกระทิง และแม่ชีบู พบว่าจำนวน โครโมโซมเป็น $2n=58$ เนื่องจากพ่อกระทิงของเขาสยามมีจำนวน โครโมโซมเป็น $2n=56$ (นุสรา และคณะ, อยู่ระหว่างการ พิจารณาเพื่อการตีพิมพ์) และแม่ชีบูมีจำนวนโครโมโซมเป็น $2n=60$ ดังนั้นลูกจึงได้โครโมโซมมาจากพ่อและแม่อย่างละ ครั้ง โดยลูกผสมเหล่านี้จะมีโครโมโซมร่างกาย เป็นแบบ ซับเมตาเซนตริก 2 ตัว ที่มีขนาดไม่เท่ากัน ซึ่งได้รับถ่ายทอด มาจากพ่อกระทิง และจะไม่มีคู่ที่เหมือนกันด้วย (homologous partner) เนื่องจากในแม่ชีบูมีโครโมโซมร่างกาย เป็นแบบ อะโครเซนตริก เท่านั้น ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Bongso และคณะ (1988) ซึ่งศึกษาในลูกผสมระหว่างพ่อกระทิงของ มาเลเซีย (*Bos gaurus hubbacki*) กับแม่โค *Bos indicus* ซึ่งพบ การโอท็อปเป็นแบบเดียวกัน

แม้จะไม่สามารถเก็บตัวอย่างเลือดจากพ่อโคแดง เพื่อ ตรวจรูปแบบของโครโมโซมได้ แต่ Gallagher et al. (1999); Potter and Upton (1979); Potter et al. (1979) รายงานไว้ว่า ในโคแดง จะมีจำนวนโครโมโซมทั้งหมดเท่ากับ *Bos taurus* และ *Bos indicus* คือ $2n=60$ โดยมีจำนวนโครโมโซม ร่างกายเป็น 58 และเป็นแบบอะโครเซนตริกทั้งหมด ขณะที่ โครโมโซมเพศ เป็นแบบเดียวกับ *Bos taurus* และ *Bos gaurus* คือเป็นแบบซับเมตาเซนตริกตัวใหญ่ 1 ตัว และเมตาเซนตริก ตัวเล็ก 1 ตัว ในเพศผู้ และเป็นแบบซับเมตาเซนตริกตัวใหญ่ 2 ตัว ในเพศเมีย ซึ่งพ่อโคแดงของ สวานสัตว์เปิดเขาเขียว ที่นำมาใช้ผลิตน้ำเชื้อแช่แข็งก็น่าจะมีจำนวนโครโมโซม เป็น $2n=60$ เช่นเดียวกัน ดังนั้นโคลูกผสม (F1) ที่เกิดจากน้ำ เชื้อพ่อโคแดง และแม่ชีบูในการศึกษานี้ จึงควรมีจำนวน โครโมโซมเป็น $2n=60$ เช่นเดียวกับในพ่อและแม่ แต่จาก การศึกษานี้พบว่า จำนวนโครโมโซมของ โคลูกผสมเหล่านี้มี 2 แบบคือ $2n=59$ และ $2n=58$ และเมื่อนำโครโมโซมมา จัดเรียงลำดับตามขนาดจากใหญ่ไปหาเล็ก พบการเกิด 1/29 Robertsonian translocation ในกลุ่มที่มี $2n=59$ ในขณะที่ใน กลุ่มที่มี $2n=58$ จะพบการเกิด 1/29 และ 2/27 Robertsonian translocation ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Khumnirdetch et al. (1998) ซึ่งศึกษาการโอท็อปของโคลูกผสม ระหว่างโค ป่า (*Bos javanicus* และ *Bos banteng*) กับโคชีบูที่มี เปอร์เซ็นต์สายเลือดต่างๆ กัน และเลี้ยงอยู่ที่สถานีบำรุงพันธุ์ สัตว์ของกรมปศุสัตว์ โดยพบว่าโคลูกผสมเหล่านี้มีจำนวน โครโมโซมเป็น 3 แบบ คือ $2n=60$, $2n=58$ และ $2n=59$

และยังรายงานไว้ว่า โคลูกผสมที่มีจำนวนโครโมโซมทั้งหมดน้อยกว่า 60 จะเนื่องจากการเกิด Robertsonian translocation ของโครโมโซมคู่ที่ 1/29 และ 2/27 โดยตรวจจากการเรียงลำดับของโครโมโซมตามขนาดเช่นเดียวกัน แต่ในการตรวจวินิจฉัยที่แน่นอนว่าเป็นการเชื่อมกันของโครโมโซมร่างกายตัวใด สามารถทำได้โดยวิธี chromosome banding ซึ่งโครโมโซมแต่ละตัวจะถูกย้อมด้วยเอนไซม์เป็นช่วงๆ และเมื่อย้อมสีจะเห็นเป็นแถบ (band) ซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัวในแต่ละคู่ของโครโมโซม ซึ่งจะทำให้สามารถตรวจวินิจฉัยได้แน่นอนยิ่งขึ้น โดยภาวะการเกิด Robertsonian translocation ที่พบมากที่สุดเป็นแบบ 1/29 Robertsonian translocation (Gustavsson, 1966; Amrud, 1969) ซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพความสมบูรณ์พันธุ์ลดลง (Gustavsson, 1980) เนื่องจากการตายของตัวอ่อน ซึ่งเป็นผลมาจากเซลล์สืบพันธุ์ที่ไม่สมดุล (unbalanced gametes) ซึ่งเป็นความผิดปกติที่พบมาก (Popescu and Pech, 1991; Plachot and Popescu, 1991) Iannuzzi et al. (2001) ก็ได้รายงานการเกิด Robertsonian translocation ระหว่างโครโมโซมร่างกาย ตัวที่ 9 และ โครโมโซม Y (#9/Y) ในพ่อโคซึ่งมีลักษณะภายนอกปกติ แต่พบว่าพ่อโคเป็นหมัน เนื่องจากไม่สามารถผลิตสเปิร์มได้ (azoospermia) นอกจากนี้ Popescu (1977a,b) ยังได้พบการเกิด fusion ของโครโมโซมตัวที่ 3 และ 9 (3/9) ในโคด้วย

จากกรณีโอบีไทป์ของโคลูกผสมระหว่างโคป่า และโคซิมูที่เกิดจากน้ำเชื้อพ่อกระทิง และพ่อโคแดง ในการศึกษาเมื่อนำไปพิจารณาต่อถึงความสัมพันธ์กับความสมบูรณ์พันธุ์พบว่าในโคลูกผสมเพศเมีย ทั้งที่เกิดจากพ่อกระทิง และพ่อโคแดง สามารถให้ลูกได้จากการผสมธรรมชาติ แม้จะมีรูปแบบและจำนวนของโครโมโซมที่ต่างกัน หรือมีการเกิด Robertsonian translocation ก็ตาม ในขณะที่ในโคลูกผสมเพศผู้ทั้งหมดทั้งที่เกิดจากพ่อกระทิง และพ่อโคแดง ซึ่งวิบูลย์และวันชัย (ติดต่อบุคคล) ได้ทดลองรีดเก็บน้ำเชื้อ โดยการใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นผ่านทางทวารหนัก (electroejaculator) ตั้งแต่อายุ 2-4 ปี และพบว่ามิได้ seminal fluid โดยไม่มีตัวสเปิร์ม ดังนั้นโคลูกผสมเพศผู้จึงอาจเป็นหมัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bongso และคณะ (1988) ซึ่งศึกษาในโคลูกผสมระหว่างพ่อกระทิงของมาเลเซียกับโคซิมู ซึ่งมีรูปแบบและจำนวนโครโมโซมที่ต่างกัน และพบว่าจะมีประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ที่ต่ำลง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากรูปแบบของการแยกตัว (segregation pattern) และการแบ่งตัวในระยะ meiosis

ของโครโมโซมร่างกายชนิด ซับเมตาเซนตริก ซึ่งมีขนาดไม่เท่ากัน 2 ตัว ที่ได้มาจากพ่อกระทิง และเมื่อส่งผ่านมายังลูกผสม ก็จะไม่มีการจับคู่ของโครโมโซมที่เหมือนกัน โดยพบว่าโคลูกผสมเพศเมียจะมีประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ที่ปกติ แต่โคเพศผู้จะเป็นหมัน แม้ในโคลูกผสมระหว่างโคแดง และโคซิมูที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน ก็พบว่าเป็นเช่นเดียวกัน (Nijman et al., 2003) Zhang (2000) ซึ่งศึกษาการผสมข้ามพันธุ์ระหว่าง yak กับโคซิมู ก็พบว่าโคลูกผสมเพศผู้จะเป็นหมัน ในขณะที่โคเพศเมียจะปกติเช่นเดียวกัน ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Winter et al. (1988) ซึ่งศึกษาการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างโคป่าของภูฐาน (Mithun, *Bos frontalis*) กับโคซิมู (Siri, *Bos indicus*) และรายงานไว้ว่า ปัญหาของประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ที่ลดลงจะเป็นผลเนื่องมาจากโครโมโซมร่างกายไม่ใช่โครโมโซมเพศ และยังได้ทำการศึกษาทางจุลพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่ออัมตะของโคลูกผสม (F1) และพบว่าขบวนการสร้างสเปิร์มจะหยุดที่ระยะ pachytene และจะไม่พบ spermatid ใน seminiferous tubule และใน epididymis เลย จะพบแต่เพียง spermatogenic cell ที่ไม่เจริญ และ sertoli chamber ที่ว่างเท่านั้น แต่จะไม่มีผลกระทบต่อ sertoli cell นอกจากนี้อาจพบการฝ่อของลูกอัมตะ (testicular hypoplasia) ได้ด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Forsdyke (2000) และ Zhang (2000) ที่พบว่าความสมบูรณ์พันธุ์ในลูกผสมที่เกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างสปีชีส์ที่ต่างกัน จะเกิดใน homogametic sex ซึ่งก็คือเพศเมียเท่านั้น โดยเพศผู้จะเป็นหมัน โดย Pathak และ Keiffer (1979) และ Steklenev และ Elistratova (1992) รายงานไว้ว่าขบวนการสร้างสเปิร์มในลูกผสมเพศผู้จะหยุดที่ระยะ pachytene เช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงไม่อาจใช้ลูกผสมเพศผู้ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้ แต่จะใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภค หรือเพื่อการใช้งานเท่านั้น ในขณะที่ในโคลูกผสมเพศเมียสามารถใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้ โดยการ backcross หลายๆ ครั้งกับพ่อโคป่า หรือพ่อโคเลี้ยงพันธุ์แท้ จนกว่าจะได้ลูกผสมที่มีกรณีโอบีไทป์ที่ปกติ และสมดุล ซึ่งสามารถมีชีวิตอยู่ได้โดยมีอัตราการเจริญเติบโต และสมรรถภาพการสืบพันธุ์ ที่ใช้ได้ (Nijman et al., 2003 ; Riggs et al., 1997) โดย Winter et al. (1988) พบว่าลูกรุ่นต่อไปที่เกิดจากการ backcross จะมีการสร้างสเปิร์มที่ดีขึ้น และประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ก็จะค่อยๆ กลับมาดีขึ้นในรุ่นต่อไป ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเจือจาง และมีการแยกกันเพิ่มขึ้น (progressive segregation) ของยีนที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบสืบพันธุ์ ในลูกแต่ละ

รุ่นที่ถัดไป

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการเจริญเติบโตของโคลูกผสมที่เกิดจากน้ำเชื้อพ่อกระทิง และพ่อโคแดง กับแม่ชีบูแล้ว พบว่าน้ำหนักในระยะต่างๆ และอัตราการเจริญเติบโตจะค่อนข้างสูง แม้จะเลี้ยงในสภาวะแวดล้อมที่ไม่สมบูรณ์นัก และพบว่าจะสูงกว่ามากเมื่อเทียบกับโคขาวลำพูน ซึ่งเป็นโคพื้นเมืองของไทยที่มีขนาดใหญ่ และมีอัตราการเจริญเติบโตสูง และมีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ซึ่งพบว่ามีน้ำหนักแรกเกิดของเพศผู้ และเพศเมียเป็น 18.70 และ 17.57 กก. เท่านั้น ในขณะที่น้ำหนักเมื่อหย่านมก็เป็นเพียง 124.26 และ 115.32 กก. และมีอัตราการเจริญเติบโตเป็น 505.83 และ 465.69 กรัม/วัน ในเพศผู้ และเพศเมีย ตามลำดับ (ภูริ และ ปรัชญา, 2002) ในขณะที่เมื่อเทียบกับการเจริญเติบโตของโคเนื้อพันธุ์แท้ เช่น บราห์มัน หรือลูกผสมของบราห์มัน ซึ่งเป็นโคเนื้อพันธุ์หลักของประเทศไทย (สมมาตร และคณะ, 1998) พบว่า น้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม และอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับโคลูกผสมที่เกิดจากพ่อกระทิง และแม่ชีบู ในขณะที่ในโคลูกผสมพันธุ์กบินทร์บุรี ซึ่งเป็นโคลูกผสมพันธุ์ใหม่ของกรมปศุสัตว์ ที่สร้างขึ้นจากพ่อพันธุ์ซิมเมนทอล และแม่บราห์มัน ด้วยจุดประสงค์เพื่อให้ได้โคพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตดีทั้งเนื้อ และนม ซึ่งพบว่ามีน้ำหนักแรกเกิดสูงกว่าทั้งในโคลูกผสมที่เกิดจากพ่อกระทิง และพ่อโคแดง ในขณะที่น้ำหนักเมื่อหย่านมจะสูงกว่าโคลูกผสมที่เกิดจากพ่อโคแดงเล็กน้อย แต่ต่ำกว่าโคลูกผสมที่เกิดจากพ่อกระทิง ส่วนน้ำหนักที่อายุ 18 เดือน จะต่ำกว่าทั้งในโคลูกผสมที่เกิดจากพ่อกระทิง และพ่อโคแดง (รัตติกดิ์ และ ชีระชัย, 2002) แสดงว่าโคลูกผสมระหว่างพ่อกระทิง และพ่อโคแดงกับแม่ชีบูสามารถปรับตัวให้เหมาะกับสภาพแวดล้อมในประเทศไทย และการเลี้ยงดูให้อาหารที่ไม่สมบูรณ์นักได้ดีกว่า ทำให้มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า แม้น้ำหนักในช่วงแรกจะต่ำกว่าก็ตาม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการเจริญเติบโตของโคลูกผสมระหว่างพ่อกระทิงของมาเลเซียกับโคชีบู ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตที่น่าพอใจเช่นเดียวกัน (Bongso et al., 1988) ดังนั้นการผสมข้ามพันธุ์โดยใช้น้ำเชื้อของพ่อกระทิง และพ่อโคแดง ด้วยวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงพันธุ์โคเนื้อ เพื่อให้มีโครงร่างใหญ่ขึ้น อัตราการเจริญเติบโตสูง และมีความทนทานต่อโรค และสภาวะแวดล้อมได้มากขึ้น จึงอาจเป็นทางเลือกอย่างหนึ่งในการสร้างโคเนื้อสายพันธุ์ใหม่ เพื่อให้ได้ลูกผสมที่มีคุณสมบัติเด่นของพ่อและแม่มารวมกัน (heterosis) โดยโคลูกผสมที่ได้ มีน้ำหนักในระยะต่างๆ และอัตราการเจริญเติบโต

เป็นที่น่าพอใจ และยังมีคุณสมบัติเด่นของความทนทาน ต่อโรค และสิ่งแวดล้อมที่ได้จากพันธุกรรมของพ่อโคป่าด้วย

เนื่องจากโคลูกผสมเพศผู้ (F1) อาจเป็นหมัน เนื่องจากไม่สามารถผลิตสเปิร์มได้ จึงสามารถใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภค และการใช้แรงงานเท่านั้น ดังนั้นถ้าลูก F1 มีขนาดโครงร่างที่ใหญ่ก็จะเป็นประโยชน์ทางเศรษฐกิจอย่างมาก และในแง่ของการใช้แรงงาน F1 จะมีสายเลือดของโคป่าลดลง จึงมีความเชื่องมากขึ้น และควบคุมได้ง่ายขึ้นเนื่องจากพันธุกรรมที่ได้รับจากโคเลี้ยง ทั้งยังมีรูปร่างใหญ่เหมาะกับการใช้แรงงานด้วย

สำหรับในโคลูกผสมเพศเมีย ก็สามารถใช้ประโยชน์ในการผสมพันธุ์ และปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้ โดยวิธี backcross กับพันธุ์หลัก เพื่อสร้างลูกในรุ่นต่อไป และเพื่อให้ได้คุณสมบัติของ heterosis ที่สูงสุด

สรุป

การผสมข้ามพันธุ์ระหว่างโคป่า (พ่อกระทิง และพ่อโคแดง) กับโคชีบู ให้ลูกผสมที่มีจำนวนโครโมโซม (2n) เท่ากับที่ได้รับถ่ายทอดจากพ่อและแม่ตามปกติสำหรับลูกผสมที่เกิดจากพ่อกระทิง โดยมีจำนวนโครโมโซมเป็น 2n=58 แต่ในลูกผสมที่เกิดจากพ่อโคแดง แม่พ่อและแม่จะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน แต่ลูกผสมที่เกิดขึ้นมีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกันเป็น 2 แบบ คือ 2n=59 และ 2n=58 เนื่องจากมีการเกิด Robertsonian translocation ของโครโมโซม 1 คู่ และ 2 คู่ ทำให้อาจมีจำนวนโครโมโซม (2n) ลดลง 1 ตัว และ 2 ตัว ตามลำดับ โดยโคลูกผสมเพศเมียทั้งหมด ทั้งที่เกิดจาก พ่อกระทิง และพ่อโคแดง สามารถให้ลูกได้จากการผสมธรรมชาติ ในขณะที่ลูกผสมเพศผู้ อาจเป็นหมัน อย่างไรก็ตาม โคทั้งหมดมีลักษณะการเจริญเติบโตที่น่าพอใจ แม้จะเลี้ยงในสภาวะที่ไม่สมบูรณ์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ น.สพ. วิบูรณ์ ตูลารักษา ที่ช่วยในการเก็บตัวอย่างเลือด และ คุณสุรพงษ์ จันตา และ คุณอัจฉราวรรณ น้อยกล้า ที่ช่วยปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการตลอดระยะเวลาของการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- ภูรี วีระสมิทธี และ ปรัชญา สัจวรกาญจน์. 2002 (2545). การเจริญเติบโตในระยะก่อนหย่านมของลูกโคขาว ลำพูน. ผลงานวิจัยการปศุสัตว์ สาขาการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ และการจัดการฟาร์ม ประจำปี พ.ศ. 2545 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 11-18.
- ยันต์ สุขวงศ์ สุเมธ กมลนรนาถ ชัยณรงค์ โลหิต มาลี อภิเมธารัง วิบูลย์ เขียววิศวรร และ Barbara Wolfe. 1999 (2542). เสนอเป็นโปสเตอร์ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สาขาสัตวแพทยศาสตร์) ครั้งที่ 37 3-5 กุมภาพันธ์ 2542.
- รัตติกดิ์ แซ่ฉั่ว และ ชีรัชย์ ช่อไม้. 2002 (2545). สมการทำนายน้ำหนักตัวโคกบินทร์บุรี ช่วงอายุที่ 1 ระยะแรกเกิดถึง 1 ปี. ผลงานวิจัยการปศุสัตว์ สาขาการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ และการจัดการฟาร์ม ประจำปี พ.ศ. 2545 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 1-10.
- สมมาตร สุวรรณมาโจ จรรยา ลีรัตนชัย และสุวิษ บุญโปร่ง 1998 (2541). การปรับปรุงพันธุ์โคบราห์มันในหน่วยงานของกรมปศุสัตว์. รายงานผลงานวิจัย งานค้นคว้า และวิจัยการผลิตปศุสัตว์ประจำปี 2541 สาขาปรับปรุงพันธุ์สัตว์ และการจัดการฟาร์มกรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Amrud J. 1969. Centric fusion of chromosomes in Norwegian red cattle (NRF). *Hereditas*. 62: 293-302.
- Bongso, T.A., Hilmi M., Sopian, M. and Zulkili, S. 1988. Chromosomes of Gaur cross domestic cattle hybrids. *Res. Vet. Sci.* 44: 251-254.
- Forsdyke, D.R. 2000. Haldane's rule: hybrid sterility affects the heterogametic sex first because sexual differentiation is on the path to species differentiation. *J. Theor. Biol.* 204: 443-452.
- Gallagher, D.S., Davis, S.K., DeDonato, M., Burzlaff, J.D., Womack, J.E., Taylor J.F. and Kumamoto, A.T. 1999. A molecular cytogenetic analysis of the tribe Bovini (Artiodactyla: Bovidae: Bovinae) with an emphasis on autosome morphology and Nor distribution. *Chromosome Res.* 7:481-492.
- Gustavsson, I. 1966. Chromosome abnormality in cattle. *Nature*. 211: 865-866.
- Gustavsson, I. 1980. Chromosome aberrations and their influence on the reproductive performance of domestic animals. A review. *Z. Tierz. Zuchtbiol.* 97: 176-195.
- Iannuzzi, L., Molteni, L., Di Meo, G.P., De Giovanni, A., Perucatti, A., Succi, G., Incarnato, D., Eggen, A. and Cribiu, E.P. 2001. A case of azoospermia in a bull carrying a y-autosome reciprocal translocation. *Cytogenet. Cell Genet.* 95: 225-227.
- Khumnirdpetch, V., Chavananikul, V., Intaramongkol, J. and Wattanadorn, S. 1998. Karyotype of crossbred between *Bos javanicus* and *Bos banteng* sires and domestic dams. Proceedings of the sixth world congress on genetics applied to livestock production. Arndale, New South Wales, Australia. January, 11-16. Vol. 25: 311-314.
- Nijman, I.J., Otsen, M., Verkaar, E.L.C., Ruijter, C., Hanekamp, E., Ochieng, J.W., Shamshad, S., Rege, J.E.O., Hanotte, O., Barwegen, M.W., Sulawati, T. and Lenstra, J.A. 2003. Hybridization of banteng (*Bos javanicus*) and Zebu (*Bos indicus*) revealed by mitochondrial DNA, AFLP and microsatellites. *Heredity*. 90: 10-16.
- Plachot, M. and Popescu, C.P. 1991. Les anomalies chromosomiques et geniques. Leurs consequences sur le developpement et la reproduction. In: Thibault, E.C. and Levasseur, M.C. (eds) *Reproduction chez les Mammiferes*. Ellipses, Paris, pp. 687-712.
- Popescu, C.P. 1977a. Les anomalies chromosomiques des bovines (*Bos Taurus* L.). Etat actuel des Connaissances. *Ann. Genet. Sel. Anim.* 9: 463-470.
- Popescu, C.P. 1977b. A new type of Robertsonian translocation in cattle. *J. Hered.* 68: 139-142.
- Popescu, C.P. and Pech, A. 1991. Une bibliographie sur la translocation 1/29 de bovins dans le monde (1964-1990). *Annales de Zootechnie*. 40: 271-305.
- Potter, W.L. and Upton, P.C. 1979. Y chromosome morphology of cattle. *Australian Vet. J.* 55: 539-541.
- Potter, W.L., Upton, P.C., Cooper, J. and Blackshaw, A.W. 1979. C- and G- band patterns and chromosomal morphology of some breed of Australian cattle. *Australian Vet. J.* 55: 560-567.
- Riggs, P.K., Owens, K.E., Rexroad, C.E., Amara, I.M.E.J. and Womack, J.E. 1997. Development and Initial characterization of a *Bos taurus* X *B. gaurus* interspecific hybrid backcross panel. *J. Hered.* 8: 373-379.
- Steklenev, E.P. and Elistratova, T.M. 1992. The characteristics of reproductive capacity of hybrids of banteng (*Bos (Bibos) javanicus* d'Alton) with the domestic cow (*Bos (Bibos) primigenius taurus*). *Tsitol. Genet.* 26: 45-57. (in Russian).
- Winter, H., Kalat, M., Mayr, B., Dworak, E. and Schleger, W. 1988. Mithun cross siri hybrids: cyto and immunogenetic examinations and characterization of abnormal spermatogenesis. *Res. Vet. Sci.* 45: 86-100.
- Zhang, R.C. 2000. Interspecies hybridization between yak, *Bos taurus* and *Bos indicus* reproduction of the hybrids. In: Recent advance in yak production, X. X Zhao and R.C. Zhang (eds.) *International Veterinary Information Service*, Ithaca NY. 1-4.