

6

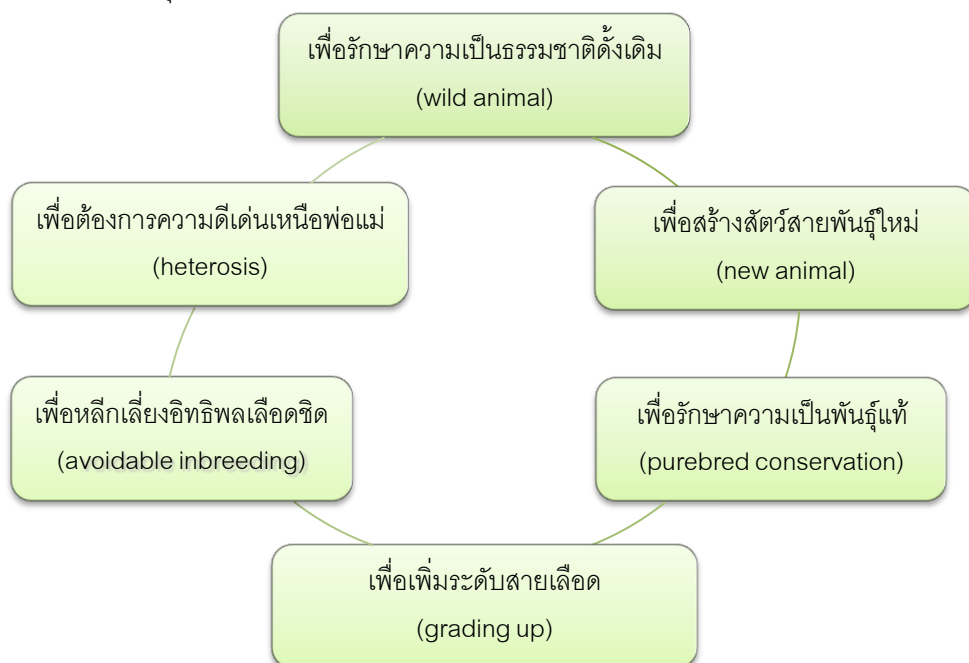
หลักการวางแผนระบบการผสมพันธุ์โคนม

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

- สามารถอธิบายหลักการและวัตถุประสงค์ของแผนการผสมพันธุ์แบบต่างๆได้
- สามารถคำนวณความสัมพันธ์ทางสายเลือด อัตราเลือดชิด และอิทธิพลของ heterosis ได้
- สามารถวางแผนการผสมพันธุ์โคนมในสถานการณ์ที่กำหนดให้ต่างๆได้

แนวทางการวางแผนระบบการผสมพันธุ์สัตว์

ระบบการผสมพันธุ์ หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการจับคู่สัตว์ระหว่างสัตว์ตัวผู้และสัตว์ตัวเมียโดยมีหลักเกณฑ์หรือเป้าหมายในการตัดสินใจที่ชัดเจน โดยอาจเป็นการจับคู่ผสมพันธุ์ระหว่างสัตว์ที่เป็นสายพันธุ์เดียวกัน รูปร่าง ลักษณะภายนอกคล้ายคลึงกัน (positive assortive mating) หรือเป็นสัตว์ต่างสายพันธุ์ หรือมีรูปร่าง ลักษณะภายนอกแตกต่างกัน (negative assortive mating) ก็ได้ โดยทั่วไปเป้าหมายของการวางแผนระบบการผสมพันธุ์แสดงดังภาพที่ 6.1



ภาพที่ 6.1 แสดงเป้าหมายของการวางแผนระบบการผสมพันธุ์



ระบบการผสมพันธุ์ในปัจจุบันมีด้วยกันหลายระบบ อย่างไรก็ตามเราสามารถจำแนกได้เป็น 2 ระบบใหญ่ๆ ได้แก่ ระบบการผสมพันธุ์แบบสุ่ม (random mating) และระบบการผสมพันธุ์แบบไม่สุ่ม (non random mating)

1. ระบบการผสมพันธุ์แบบสุ่ม หมายถึง ระบบการผสมพันธุ์ที่สัตว์ทุกตัวมีโอกาสเท่าเทียมกันที่จะได้รับการผสมพันธุ์กับสัตว์ตัวใดตัวหนึ่งในเพศตรงข้าม ส่วนใหญ่แล้วเป้าหมายของระบบดังกล่าวสร้างขึ้นเพื่อรักษาความเป็นธรรมชาติดั้งเดิม เช่น การปล่อยฝูงสัตว์เลี้ยงให้อยู่รวมกันอย่างอิสระในฟาร์ม หรือไร่ นา ดังนั้นโอกาสที่สัตว์เพศผู้จะเลือกจับคู่ผสมพันธุ์กับสัตว์เพศเมียจะเป็นไปอย่างอิสระ
2. ระบบการผสมพันธุ์แบบไม่สุ่ม หมายถึง ระบบการผสมพันธุ์ที่สัตว์แต่ละตัวมีโอกาสไม่เท่าเทียมกันที่จะได้รับการผสมพันธุ์กับสัตว์ตัวใดตัวหนึ่งในเพศตรงข้าม ซึ่งอาจเกิดได้ทั้งจากความตั้งใจของผู้เลี้ยงเพื่อสนองวัตถุประสงค์หรือความต้องการในด้านการเพิ่มผลผลิตให้ดีขึ้น รวมทั้งเพื่อประโยชน์ในด้านการปรับปรุงพันธุ์ นอกจากนี้ระบบการผสมพันธุ์แบบไม่สุ่มอาจเกิดได้จากธรรมชาติ เช่น การเกิดโรคระบาดจึงทำให้สัดส่วนของสัตว์เพศผู้ต่อสัตว์เพศเมียเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้โอกาสที่สัตว์เพศผู้หนึ่งตัวจะได้รับการผสมพันธุ์กับสัตว์เพศเมียหลายตัวเกิดขึ้นได้มากยิ่งขึ้น หรืออาจเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม ระบบการผสมพันธุ์แบบไม่สุ่มนี้เองที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบการผลิตสัตว์ทุกชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการปรับปรุงพันธุ์ ดังนั้นเนื้อหาส่วนนี้จะขอนำเสนอเฉพาะระบบการผสมพันธุ์สัตว์แบบไม่สุ่มซึ่งมีด้วยกันหลายแผนดังภาพที่

6.2



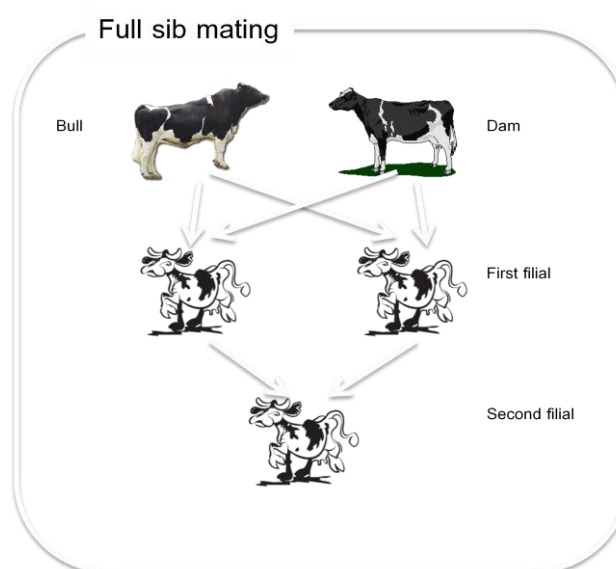
ภาพที่ 6.2 โครงสร้างของแผนการผสมพันธุ์สัตว์



แผนการผสมพันธุ์สัตว์แบบไม่สุ่ม

เราสามารถแบ่งแผนการผสมพันธุ์สัตว์แบบไม่สุ่มได้เป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ แผนการผสมพันธุ์สัตว์ที่มีความสัมพันธ์ทางสายเลือดหรือเป็นเครือญาติกัน (inbreeding system) และแผนการผสมพันธุ์สัตว์ที่ไม่มีความสัมพันธ์ทางสายเลือดหรือที่ไม่เป็นเครือญาติกัน (outbreeding system) ซึ่งในการนำเสนอแผนการผสมพันธุ์ในเนื้อหาส่วนนี้จะเน้นเฉพาะที่พบในโคนมเท่านั้น

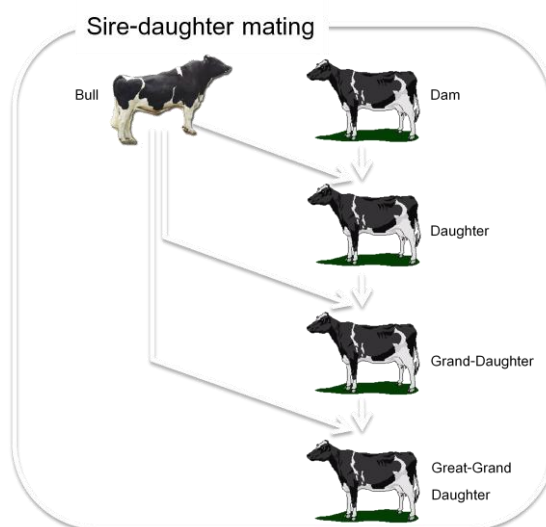
- แผนการผสมพันธุ์สัตว์ที่มีความสัมพันธ์ทางสายเลือด มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาลักษณะที่ดีเด่นภายในพันธุ์ให้คงอยู่ โดยลูกที่เกิดมาจะมีความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ (homozygous) อย่างไรก็ตามข้อเสียของการใช้แผนการผสมพันธุ์ดังกล่าวคือ อาจเป็นการเปิดโอกาสให้ยีนที่ไม่ดี ยีนแฝง (carrier gene) รวมทั้งยีนมรณะ (lethal gene) ที่เกี่ยวข้องกับการแสดงออกในลักษณะที่ไม่ดี เช่น ความสมบูรณ์พันธุ์ต่ำลง ลูกที่เกิดมามักอ่อนแอ และตาย (embryonic dead, fetus dead, stillborn) มีโอกาสแสดงออกเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้แผนการผสมพันธุ์ของโคนมที่มีความสัมพันธ์ทางสายเลือดยังประกอบด้วยแผนการผสมพันธุ์แบบต่างๆ ดังนี้
 - แผนการผสมพันธุ์ด้วยตนเองหรือมีสองเพศในตัวเดียว (selfing or self-fertilization) จะพบเฉพาะในสัตว์ชั้นต่ำเท่านั้น ได้แก่ อะมีบา พารามีเซียม และไส้เดือนดิน เป็นต้น
 - แผนการผสมพันธุ์โดยโคนมมีความสัมพันธ์กันในแบบพี่น้อง ซึ่งเป็นได้ทั้งพี่น้องร่วมพ่อหรือแม่เดียวกัน (half sib mating) และพี่น้องร่วมพ่อและแม่เดียวกัน (full sib mating) ดังภาพที่ 6.3



ภาพที่ 6.3 แสดงแผนการผสมพันธุ์แบบพี่น้องร่วมพ่อและแม่เดียวกัน
ที่มา: สมชัย (2530)



- แผนการผสมพันธุ์สัตว์โดยมีการผสมพันธุ์ระหว่างพ่อร่วมกับลูกสาว หลานสาว หรือเหลน ไปเรื่อยๆ (sire-daughter mating) ดังภาพที่ 6.4 โดยส่วนใหญ่พ่อพันธุ์ที่นำมาผสมมักจะอยู่ในรูปของน้ำเชื้อแช่แข็งมากกว่าการใช้พ่อพันธุ์ผสมจริง เนื่องจากสามารถเก็บน้ำเชื้อไว้ได้ยาวนานและไม่ต้องเสียเวลาในการเลี้ยงดูพ่อพันธุ์ แผนการผสมพันธุ์ดังกล่าวจะมีลักษณะคล้ายกับแผนการผสมพันธุ์เพื่อยกระดับสายเลือดให้สูงขึ้น (grading up) แต่จะต่างกันที่แผนการผสมพันธุ์นี้ต้องใช้พ่อพันธุ์โคนมตัวเดิมผสมกับลูก หลาน และเหลน ไปเรื่อยๆ ในขณะที่แผนการผสมพันธุ์เพื่อยกระดับสายเลือดสามารถเปลี่ยนพ่อพันธุ์ผสมได้ในแต่ละชั่วรุ่น



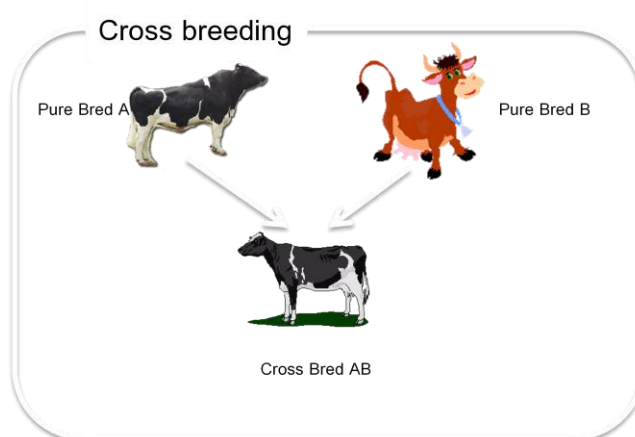
ภาพที่ 6.4 แสดงแผนการผสมพันธุ์ระหว่างพ่อกับลูกสาว หลาน และเหลน
ที่มา: สมชัย (2530)



- แผนการผสมพันธุ์ของสัตว์ที่ไม่มีความสัมพันธ์ทางสายเลือด มีวัตถุประสงค์เพื่อให้พันธุ์กรรมในโคนมรุ่นลูกมีความดีเด่นเหนือกว่าพันธุ์กรรมในสัตว์รุ่นพ่อแม่ (heterosis or hybrid vigor) อีกทั้งยังป้องกันไม่ให้เกิดการผสมพันธุ์สัตว์ในแบบเลือดชิดอันเป็นสาเหตุของการเกิดความเสื่อมเลือดชิด (inbreeding depression) ซึ่งแผนการผสมพันธุ์ดังกล่าวยังประกอบด้วยแผนการผสมพันธุ์แบบต่างๆดังนี้
 - แผนการผสมข้ามพันธุ์ (crossbreeding) เป็นระบบการผสมพันธุ์โดยต้องมีสัตว์ต่างพันธุ์กันอย่างน้อย 2 พันธุ์เข้ามาเกี่ยวข้อง ดังภาพที่ 6.5 ซึ่งการเลือกพันธุ์และการเลือกเพศของสัตว์ในแต่ละคู่ผสมนั้นมีความสำคัญมาก โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

ระบบการผสม
พันธุ์แบบข้ามสาย
พันธุ์

- ต้องการเน้นลักษณะใดลักษณะหนึ่งเป็นพิเศษ
- ต้องการอิทธิพลของ heterosis สูงในสัตว์รุ่นลูก
- ต้องการรวมลักษณะดีเด่นของสัตว์แต่ละพันธุ์เข้าด้วยกัน
- ต้องการอิทธิพลเนื่องจากแม่เพิ่มขึ้น (maternal effect)
- เพื่อต้องการเพิ่มจำนวนสัตว์สำหรับใช้เป็นฝูงทดแทน
- เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคัดเลือก



ภาพที่ 6.5 แสดงแผนการผสมข้ามพันธุ์

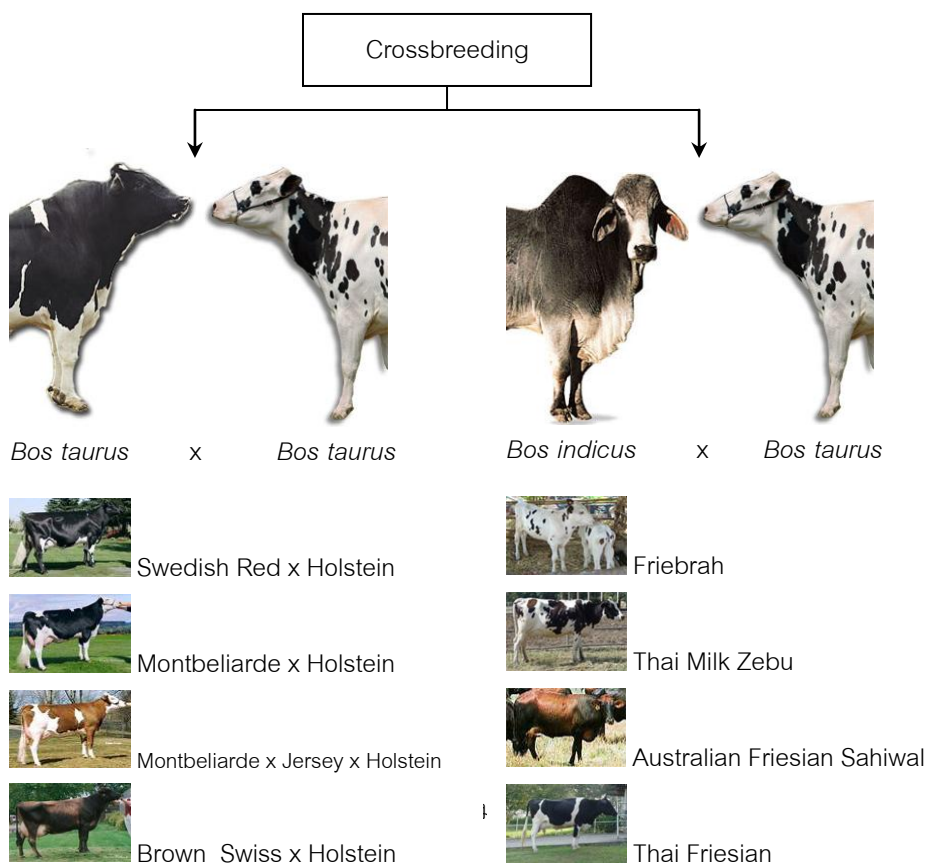
ที่มา: สมชัย (2530)

Example dairy breeds: Holstein-Native Cross, Holstein-Brahman Cross, Sahiwal-Friesian Cross, Taurus-Indicus Cross



แผนการผสมพันธุ์สัตว์แบบข้ามพันธุ์โคนมในประเทศไทยพบว่ามีความหลายหลายแผน ซึ่งแต่ละแผนมีความแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์การใช้งานเช่น แผนการผสมข้ามภายในพันธุ์ (outcrossing) เป็นแผนการผสมพันธุ์โคนมโดยโคนมคู่ผสมเป็นพันธุ์เดียวกันแต่ไม่ได้เป็นเครือญาติกันหรือสืบประวัติบรรพบุรุษไม่ได้มากกว่า 4ชั่วรุ่น โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อรักษาความเป็นพันธุ์แท้ (pure breed) อย่างไรก็ตามจากรายงานวิจัยที่มีในประเทศไทยแสดงให้เห็นว่าโคนมไฮลสไตน์ฟรีเซียนพันธุ์แท้ให้ผลผลิตน้ำนมต่ำกว่าโคนมลูกผสมไฮลสไตน์ฟรีเซียนอย่างเห็นได้ชัด อีกทั้งยังพบปัญหาด้านสุขภาพและการผสมพันธุ์ซึ่งชี้ว่าการปรับตัวของโคนมพันธุ์แท้ยังไม่ดีเท่าที่ควร (กัลยา และคณะ, 2537; ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่, 2547; อามีน และศกร, 2550) ดังนั้นแผนการผสมข้ามภายในพันธุ์จึงได้รับความนิยมลดลงเหลือเพียงใช้สำหรับสร้างโคฟอพันธุ์ชั้นเลิศ (elite bull) เพื่อรีดน้ำเชื้อเก็บไว้ในรูปน้ำเชื้อแช่แข็งสำหรับผสมเทียมกับโคลูกผสมไฮลสไตน์ฟรีเซียนแม่พันธุ์เท่านั้น จากปัญหาที่เกิดขึ้นกับการเลี้ยงโคนมพันธุ์แท้ที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปยุโรปจึงมีแนวทางแก้ไขโดยนำมาผสมพันธุ์กับโคที่มีถิ่นกำเนิดในพื้นที่ที่มีสภาพอากาศร้อนขึ้น เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ เช่น มีระบบสืบพันธุ์ที่ดี ทนร้อน ทนโรคและแมลงในเขตร้อนได้ดี (พิชิต และคณะ, 2548; อุทัย และคณะ, 2549; สุวิษ และพิชิต, 2551; Beatty et al., 2006) ดังนั้นจึงนำเอาจุดเด่นดังกล่าวของโคในเขตร้อน (*Bos indicus*) มาใช้ผสมข้ามพันธุ์กับโคนมในเขตหนาว (*Bos taurus*) เกิดเป็นแผนการผสมข้ามพันธุ์ซึ่งคู่ผสมพันธุ์เป็นสัตว์ต่างสายพันธุ์กันซึ่งเรียกว่า “crossbreeding” โดยแผนดังกล่าวช่วยให้โคนมลูกผสมในรุ่นต่อมามีโอกาสมีลักษณะที่ดีเด่นเหนือกว่ารุ่นพ่อแม่ (heterosis or hybrid vigor) และมีผลทำให้ค่า heterozygosity ของยีนเพิ่มสูงขึ้นด้วย (Leymaster, 2002) ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับสร้างโคนมลูกผสมเชิงการค้า (commercial breed) ที่มีศักยภาพทั้งด้านการให้ผลผลิตน้ำนมสูงและทนทานต่อโรคและแมลง รวมทั้งมีความสมบูรณ์พันธุ์ที่ดี ในขณะที่การผสมข้ามพันธุ์โคนมตระกูล *Bos taurus* กับ *Bos taurus* จะนิยมใช้กับประเทศในแถบยุโรปที่มีสภาพอากาศหนาวเย็นส่วนใหญ่มักมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูงและองค์ประกอบน้ำนมสูง เนื่องจากไม่ต้องกังวลเรื่องสภาพอากาศรวมทั้งปัญหาจากโรคและแมลง ยกตัวอย่างเช่น การผสมข้ามพันธุ์ระหว่าง โคพันธุ์ไฮลสไตน์ฟรีเซียนกับ โคพันธุ์เจอร์ซี ส่วนการผสมข้ามพันธุ์โคนมตระกูล *Bos taurus* กับ *Bos indicus* จะนิยมใช้กับประเทศในแถบเอเชียที่มีสภาพอากาศแบบร้อนชื้น เช่นประเทศไทย เวียดนาม และฟิลิปปินส์ เป็นต้น (ภาพที่ 6.6)





ภาพที่ 6.6 แสดงตัวอย่างแผนการผสมข้ามพันธุ์โคนมที่มีในปัจจุบัน

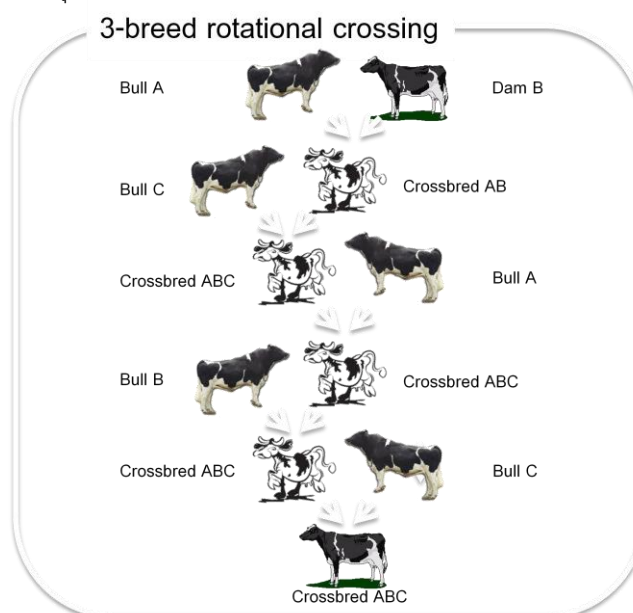
ที่มา: <http://www.dld.go.th/>

นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถแบ่งแผนการผสมข้ามพันธุ์ออกได้เป็น 3 ระบบย่อยได้แก่

1. แผนการผสมข้ามกลับคืน (back cross) โดยเป็นระบบผสมพันธุ์ซึ่งใช้ลูกผสมเพศเมียในชั่วรุ่นแรก (1st filial generation; F1) ผสมกับพ่อของตัวเองอีกครั้งหนึ่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขยายเป็นการค้า
2. แผนการผสมข้าม 2 และ 3 พันธุ์ (2- and 3-breed crossing) เหมาะสำหรับการผลิตสัตว์ลูกผสม (crossbred animal) โดยจะรวมเอาลักษณะที่ดีของสัตว์ทุกพันธุ์เข้ามาไว้ในสัตว์ลูกผสม นอกจากนี้ในระบบการผสมข้าม 3 พันธุ์ส่วนใหญ่แล้วสัตว์ลูกผสมที่ต้องการเน้นให้มีพันธุกรรมดีในด้านใดด้านหนึ่งเป็นพิเศษ เช่น หากต้องผลิตลูกผสมที่มีคุณลักษณะการให้ลูกตก ซึ่งถือเป็นคุณลักษณะของการเป็นแม่ที่ดี เราจะเรียกว่า terminal line system ในขณะที่หากต้องผลิตลูกผสมที่มีคุณลักษณะการเจริญเติบโตเร็ว เนื้อแดงเยอะซึ่งถือเป็นคุณลักษณะของการเป็นพ่อที่ดี เราจะเรียกว่า terminal sire system



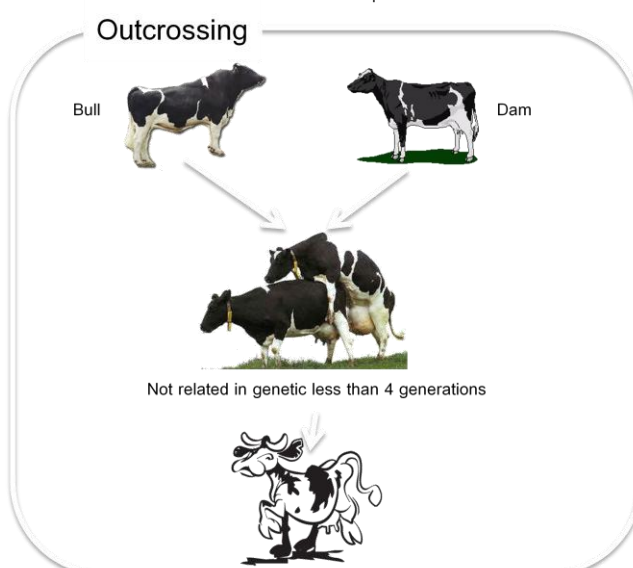
3. แผนการผสมพันธุ์แบบข้ามสลับระหว่างสัตว์ 2 และ 3 พันธุ์ (2- and 3-rotational crossing) โดยจะทำการสลับการใช้พ่อพันธุ์จนกระทั่งครบทุกพันธุ์ ดังภาพที่ 6.7 โคเนมที่สร้างขึ้นจากแผนการผสมพันธุ์ดังกล่าวได้แก่ โคนมลูกผสมฟรีบรา (Friebrah; FB) ซึ่งเป็นโคนมลูกผสมระหว่างแม่โคเนื้อลูกผสมบราห์มันที่มีระดับสายเลือด 75% กับโคนมพ่อพันธุ์ไฮลสไตน์ฟรีเชียนพันธุ์แท้ 100%



ภาพที่ 6.7 แสดงแผนการผสมพันธุ์แบบข้ามสลับระหว่างสัตว์ 3 พันธุ์

ที่มา: สมชัย (2530)

- แผนการผสมข้ามภายในพันธุ์ (out crossing) เป็นแผนการผสมพันธุ์โดยสัตว์คู่ผสมพันธุ์เป็นสัตว์พันธุ์เดียวกันแต่ไม่มีความสัมพันธ์ทางเครือญาติกันพิจารณาอย่างน้อยไม่เป็นเครือญาติกัน 4 ชั่วรุ่น ดังภาพที่ 6.8

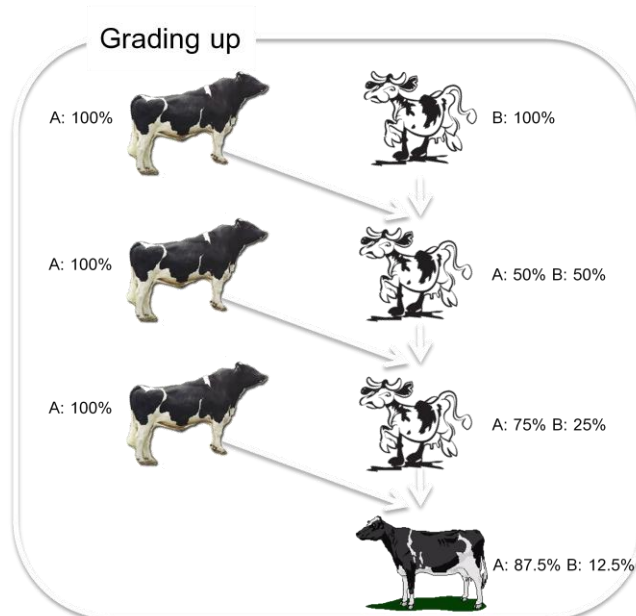


ภาพที่ 6.8 แสดงแผนการผสมข้ามภายในพันธุ์

ที่มา: สมชัย (2530)



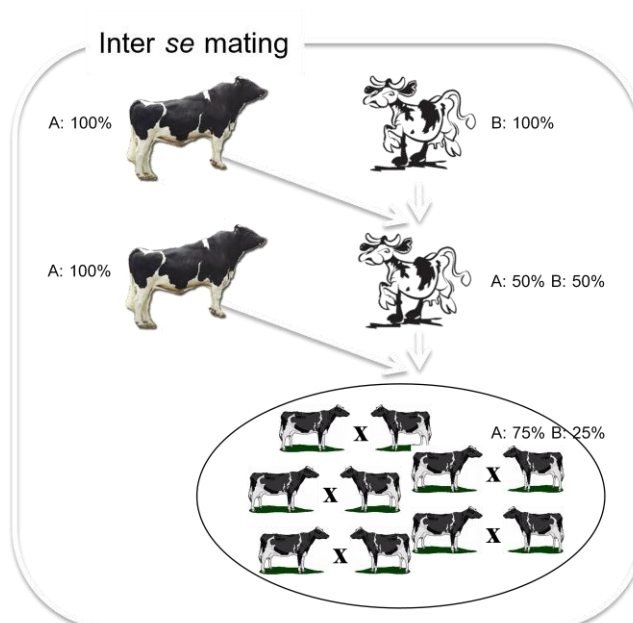
- แผนการผสมพันธุ์เพื่อยกระดับสายเลือด (grading up) ซึ่งเป็นการผสมพันธุ์สัตว์เพศเมียพันธุ์โคพันธุ์หนึ่งและลูกผสมที่เกิดขึ้น ด้วยพ่อพันธุ์ที่มาจากพันธุ์ที่ได้รับการคัดเลือกไว้แล้ว โดยลูกผสมที่ได้จะมีระบบเลือดเพิ่มขึ้น จนกลายเป็นพันธุ์แท้ได้ ดังภาพที่ 6.9 โคนมซึ่งได้จากแผนการผสมพันธุ์ดังกล่าวได้แก่ โคนมลูกผสมทีเอฟ (Thai Friesian; TF) ซึ่งมีระดับสายเลือดของโคโฮลสไตน์ฟรีเชียนมากกว่า 87.5% ขึ้นไป



ภาพที่ 6.9 แสดงแผนการผสมพันธุ์เพื่อยกระดับสายเลือด
ที่มา: สมชัย (2530)

- แผนการผสมพันธุ์ภายในรุ่นเดียวกัน (Inter se mating) มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาระดับสายเลือดให้คงที่ (fixed breed fraction) ซึ่งหากทำการผสมภายในรุ่นเดียวกัน จนกระทั่ง 4 – 5ชั่วรุ่น โดยแต่ละรุ่นจะทำการคัดเลือกเฉพาะที่สามารถถ่ายทอดไปยังชั่วรุ่นต่อไปได้ซึ่งเราสามารถสร้างสัตว์พันธุ์ใหม่โดยเรียกสัตว์ที่สร้างจากระบบการผสมพันธุ์นี้ว่า “composite animal” หรือ “synthetic animal” ดังภาพที่ 6.10 โคนมซึ่งได้จากแผนการผสมพันธุ์ดังกล่าวได้แก่ โคนมลูกผสมทีเอ็ม แซด (Thai Milking Zebu; TMZ) ซึ่งมีระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียนคงที่ 75 % และโคนมลูกผสมเอ เอฟ เอส (Australian Friesian Sahiwal; AFS) ซึ่งมีระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียนคงที่ 50 %





ภาพที่ 6.10 แสดงแผนการผสมพันธุ์ภายในรุ่นเดียวกัน

ที่มา: สมชัย (2530)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genetic relationship analysis; R)

การวิเคราะห์อัตราเลือดชิด (inbreeding analysis; F)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมหรือความสัมพันธ์ทางสายเลือด มีส่วนสำคัญต่อการวางแผนจับคู่ผสมพันธุ์โคนมอย่างยั่งยืนเนื่องจากจะช่วยให้ได้ลูกโคตรงตามความต้องการของเจ้าของฟาร์มแล้วยังช่วยในด้านการเพิ่มความก้าวหน้าของการคัดเลือก รวมทั้งประโยชน์ด้านการประมาณค่าการผสมพันธุ์อีกด้วย (estimated breeding value; EBV) (Henderson, 1976) ในขณะที่อัตราเลือดชิดคือ ค่าความน่าจะเป็นที่ยีนที่ได้รับมาจากพ่อจะเหมือนหรือคล้ายคลึงกับยีนที่ได้รับมาจากแม่ ซึ่งในวิชาการปรับปรุงพันธุ์สัตว์เบื้องต้นนี้ นักศึกษาควรทราบถึง 2 วิธีหลัก ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์เส้นทาง (path analysis) และวิธีการวิเคราะห์ตารางความสัมพันธ์ (tabular method) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

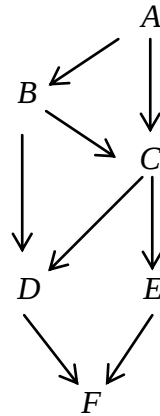
- วิธีการวิเคราะห์เส้นทาง (path analysis) เป็นวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวสัตว์ โดยใช้หลักการวิเคราะห์เส้นทางทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการถ่ายทอดพันธุกรรมจากบรรพบุรุษร่วมสู่สัตว์สองตัวที่ต้องการหาความสัมพันธ์ โดยมีขั้นตอนดังนี้
1. แปลงพันธุ์ประวัติเป็นแผนภาพลูกศร (arrow diagram) โดยมีหลักว่าสัตว์แต่ละตัวจะมีลูกศรพุ่งเข้าได้เพียง 2 เส้นที่มาจากสัตว์ที่เป็นพ่อและแม่เท่านั้น แต่จะมีลูกศรออกจากตัวได้หลายเส้นเนื่องจากสามารถมีลูกได้หลายตัว

ตัวอย่างที่ 1: จากพันธุ์ประวัติที่กำหนดให้ จงสร้าง arrow diagram

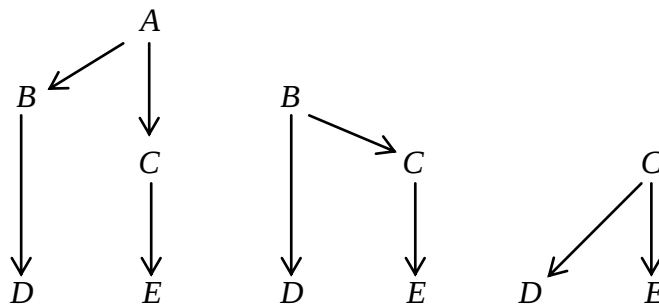
ID	SIRE	DAM
A	—	—
B	A	—
C	A	B
D	C	B
E	C	—
F	D	E



แปลงพันธุประวัติเป็นแผนภาพลูกศร (arrow diagram)



2. กำหนดคู่สัตว์ที่ต้องการหาความสัมพันธ์ (สมมติให้เป็น D และ E) จากนั้นสร้างเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่สัตว์ D จะไปถึง E โดยมีข้อกำหนดว่า ในแต่ละเส้นทางจะปรากฏสัตว์ได้เพียงครั้งเดียว และเป็นเส้นทางที่ย้อนผ่านกลับไปยังพ่อและแม่ของ D และ E เท่านั้น

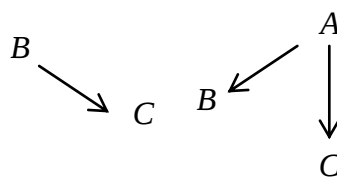


3. คำนวณอัตราเลือดชิดของบรรพบุรุษร่วม (common ancestor) (ถ้ามี) เมื่อบรรพบุรุษร่วมหมายถึงสัตว์ต้นทางที่ถ่ายทอดพันธุกรรมไปยังทั้ง D และ E ซึ่งในตัวอย่างนี้ได้แก่ A , B และ C โดยพบว่าสัตว์ C เท่านั้นที่มีเลือดชิด เนื่องจากเกิดการผสมระหว่างพ่อ A และแม่ B ซึ่งเป็นพ่อลูกกันซึ่งมีความสัมพันธ์เท่ากับ $1/2$ ดังนั้นอัตราเลือดชิดของ C มีค่า

$$F_C = \frac{1}{2} \text{Cov}(A, B) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right) = \frac{1}{4}$$

*การตรวจสอบว่าสัตว์มีเลือดชิดหรือไม่ทางหนึ่งคือ สังเกตว่าพ่อแม่ของสัตว์นั้นๆ มีความสัมพันธ์หรือมีลูกศรเชื่อมถึงกันหรือไม่

สัตว์ E ไม่มีเลือดชิดเนื่องจากไม่มีหมายเลขแม่ จึงไม่สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างพ่อและแม่ได้ ส่วนสัตว์ D พบว่าเกิดจากพ่อ C และแม่ B ซึ่งมีความสัมพันธ์กันได้ผ่าน 2 เส้นทาง ได้แก่



จะเห็นว่าค่าความสัมพันธ์ใน path ที่ 1 มีค่า $1/2$ และ $1/4$ ตามลำดับ ดังนั้น $Cov(B,C)$ มีค่าเท่ากับ $1/2 + 1/4 = 3/4$ ดังนั้นอัตราเลือกติดขัดของ D มีค่า

$$F_D = \frac{1}{2} Cov(B,C) = \frac{1}{2} \left(\frac{3}{4} \right) = \frac{3}{8}$$

4. นับจำนวนลูกศรในแต่ละเส้นทาง แต่ละลูกศรมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ $\frac{1}{2}$ จากนั้นแทนค่าในสูตร

	เส้นทาง ^{1/}	$n^{2/}$	ค่าเลือกติดขัดบรรพบุรุษร่วม (F_i)	$\left(\frac{1}{2}\right)^n (1+F_i)$
1	D-B-A-C-E	4	$F_A = 0$	$\left(\frac{1}{2}\right)^4 (1+0) = \left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16}$
2	D-B-C-E	3	$F_B = 0$	$\left(\frac{1}{2}\right)^3 (1+0) = \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$
3	D-C-E	2	$F_C = \frac{1}{4}$	$\left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(1 + \frac{1}{4}\right) = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(\frac{5}{4}\right) = \frac{5}{16}$
$Cov(D,E) = \sum \left(\frac{1}{2}\right)^n (1+F_i)$				$= \frac{1}{16} + \frac{1}{8} + \frac{5}{16} = \frac{8}{16} = \frac{1}{2}$

^{1/} สัตว์ที่ขีดเส้นใต้เป็นบรรพบุรุษร่วมในเส้นทาง

^{2/} จำนวนลูกศรในแต่ละเส้นทาง

∴ ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ D และ E และอัตราเลือกติดขัดของ F มีค่าดังนี้

$$R_{DE} = \frac{Cov(D,E)}{\sqrt{V(D)}\sqrt{V(E)}} = \frac{Cov(D,E)}{\sqrt{(1+F_D)(1+F_E)}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sqrt{(1+\frac{3}{8})(1+0)}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sqrt{\frac{11}{8}}} = \sqrt{\frac{2}{11}}$$

$$F_F = \frac{1}{2} Cov(D,E) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right) = \frac{1}{4}$$



- วิธีการวิเคราะห์ตารางความสัมพันธ์ (tabular method) เป็นการสร้างตาราง variance-covariance ระหว่างสัตว์ สามารถใช้ในกรณีที่มีจำนวนสัตว์มากๆ ได้โดยทราบแค่พันธุ์ประวัติ ไม่จำเป็นต้องสร้างแผนภาพลูกศร โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างตารางความสัมพันธ์ของสัตว์ทุกตัว (โดยเรียงลำดับการเกิดก่อน - หลัง) พร้อมลงหมายเลขพ่อแม่ของสัตว์แต่ละตัวไว้ที่หัวตาราง
2. คำนวณความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวสัตว์ โดยค่าความแปรปรวนของตัวสัตว์เองในแนวทแยง มีค่า

$$a_i = 1 + F_i$$

$$\text{เมื่อ } F_i = \frac{1}{2} \text{Cov}(S, D) = \frac{1}{2} a_{S,D}$$

ส่วนความแปรปรวนร่วมระหว่างสัตว์ X และ Y คำนวณจากสูตร

$$a_{X,Y} = \frac{1}{2} (a_{X,S(Y)} + a_{X,D(Y)})$$

เมื่อ S(Y) หมายถึงพ่อของ Y และ D(Y) หมายถึงแม่ของ Y

$$\text{โดย } a_{X,X} = 1, a_{X,0} = 0, a_{0,0} = 0$$

3. ค่าอัตราเลือดชิด ได้จากนำค่าตัวเลขที่อยู่ในแนวเส้นทแยงมุม มาลบด้วย 1 ค่าที่ได้จะอัตราเลือดชิดของสัตว์ตัวนั้น

ตัวอย่างที่ 2: จากพันธุ์ประวัติในตัวอย่างที่แล้ว คำนวณความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ D และ E และคำนวณอัตราเลือดชิดของ F ด้วยวิธี tabular method

- 1) สร้างตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

	-, -	A, -	A, B	C, B	C, -	D, E
	A	B	C	D	E	F
A	$1 + F_A$	$a_{A,B}$	$a_{A,C}$	$a_{A,D}$	$a_{A,E}$	$a_{A,F}$
B		$1 + F_B$	$a_{B,C}$	$a_{B,D}$	$a_{B,E}$	$a_{B,F}$
C			$1 + F_C$	$a_{C,D}$	$a_{C,E}$	$a_{C,F}$
D				$1 + F_D$	$a_{D,E}$	$a_{D,F}$
E					$1 + F_E$	$a_{E,F}$
F						$1 + F_F$



2) คำนวณความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวสัตว์

$$\begin{aligned}
 a_{A,B} &= \frac{1}{2}(a_{A,S(B)} + a_{A,D(B)}) \\
 &= \frac{1}{2}(a_{A,A} + a_{A,0}) = \frac{1}{2}(1+0) = \frac{1}{2} \\
 a_{A,C} &= \frac{1}{2}(a_{A,S(C)} + a_{A,D(C)}) \\
 &= \frac{1}{2}(a_{A,A} + a_{A,B}) = \frac{1}{2}(1 + \frac{1}{2}) = \frac{3}{4} \\
 a_{B,C} &= \frac{1}{2}(a_{B,S(C)} + a_{B,D(C)}) \\
 &= \frac{1}{2}(a_{B,A} + a_{B,B}) = \frac{1}{2}(\frac{1}{2} + 1) = \frac{3}{4} \\
 F_C &= \frac{1}{2}Cov(S, D) \\
 &= \frac{1}{2}a_{A,B} = \frac{1}{2}(\frac{1}{2}) = \frac{1}{4}
 \end{aligned}$$

3) เมื่อคำนวณความสัมพันธ์ครบทั้งหมด จะได้ว่า

	-, -	A, -	A, B	C, B	C, -	D, E
	A	B	C	D	E	F
A	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$
B		1	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{8}$
C			$1 + \frac{1}{4}$	1	$\frac{5}{8}$	$\frac{13}{16}$
D				$1 + \frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{15}{16}$
E					1	$\frac{3}{4}$
F						$1 + \frac{1}{4}$

∴ ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ D และ E และอัตราเลือดชิดของ F มีค่าดังนี้

$$R_{DE} = \frac{Cov(D, E)}{\sqrt{V(D)}\sqrt{V(E)}} = \frac{Cov(D, E)}{\sqrt{(1+F_D)(1+F_E)}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sqrt{(1+\frac{3}{8})(1+0)}} = \frac{\frac{1}{2}}{\sqrt{\frac{11}{8}}} = \sqrt{\frac{2}{11}}$$

$$F_F = \frac{1}{2}Cov(D, E) = \frac{1}{2}(\frac{1}{2}) = \frac{1}{4}$$



การวิเคราะห์ heterosis

เฮเทอโรซิส (heterosis) เป็นอิทธิพลหนึ่งที่ส่งผลต่อการแสดงออกของสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบการผสมข้ามพันธุ์ (cross breeding system) ที่ต้องการทราบว่าลูกผสมที่ได้มีความดีเด่นกว่าพันธุ์ที่เป็นพ่อแม่ดั้งเดิมอย่างไร การประเมินค่า heterosis อาจทำได้หลายระดับ ตั้งแต่ระดับพันธุ์ (breed heterosis) และระดับตัวสัตว์ (individual heterosis) ซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียด ต่อไป

ความหมายของ heterosis

Heterosis หรือ Hybrid Vigor หมายถึงการสัตว์มีความสามารถในการแสดงออกที่ดีเด่นกว่าพ่อแม่ อันเนื่องมาจากอิทธิพลของการ combination กันของยีน จากที่ทราบว่า

$$P = G + E$$

เมื่อ P = ลักษณะปรากฏ, G = อิทธิพลเนื่องจากพันธุกรรม และ E = อิทธิพลเนื่องจากสภาพแวดล้อม เราสามารถแบ่งส่วนอิทธิพลเนื่องจากพันธุกรรมได้เป็น

$$G = BV + GCV$$

เมื่อ BV = breeding value หรือส่วนของอิทธิพลเนื่องจากยีนแบบบวกสะสม (additive gene effects) ซึ่งโดยทั่วไปสัตว์จะได้รับการถ่ายทอดจากพ่อแม่มาอย่างละครึ่ง และ GCV = gene combination value หรือส่วนของอิทธิพลร่วมกันระหว่างยีนซึ่งเป็นได้ทั้งยีนตำแหน่งเดียวกัน (dominance) หรือยีนต่างตำแหน่ง (epistasis) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิด heterosis

Gene combination value (GCV), Heterosis value (HV) และ %Heterosis (%H)

โดยทั่วไปแล้วลักษณะใดหากสามารถประเมินได้ว่ามีอิทธิพลของ GCV อยู่สูง แสดงให้เห็นว่าลักษณะนั้นมีอิทธิพลของ non-additive gene effect อยู่สูง ทำให้การประมาณพันธุกรรมของลูกที่เกิดขึ้นจากค่าเฉลี่ย breeding value จากพ่อและแม่มีโอกาสเบี่ยงเบนได้สูง ซึ่งมักเป็นอิทธิพลหลักของการเกิด heterosis การประเมิน GCV ของสัตว์แต่ละตัวประเมินได้จากการย้ายข้างตัวแปรใน (1)

$$GCV = G - BV$$

การคิด GCV จะทำได้เมื่อเราทราบ genotype ที่แน่นอนของสัตว์ ซึ่งต้องทราบจำนวนยีนและค่าอิทธิพลที่ควบคุมการแสดงของลักษณะนั้นๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะทำได้ยาก อย่างไรก็ตามเพื่อให้เข้าใจมากขึ้น จะขอยกตัวอย่างดังนี้



ตัวอย่างที่ 3: สมมติให้จำนวนวันของช่วงห่างของการให้ลูกในโคนมถูกควบคุมด้วยยีน 6 คู่ โดยกำหนดให้ยีนแต่ละคู่มีค่าอิทธิพลเท่ากัน (ไม่เป็นจริงในทุกกรณี ในตัวอย่างนี้เพียงเพื่อให้สะดวกในการคำนวณ) หากกำหนดให้แต่ละ genotype และ alleles มีอิทธิพลต่อโคนมดังนี้

Genotype effects

Genotype	Effect	ความหมาย
XX	+80	ยีนตำแหน่งใดเป็น homozygous dominant จะให้จำนวนวันช่วงห่างการให้ลูกเพิ่มขึ้น 80 วัน
Xx	-40	ยีนตำแหน่งใดเป็น heterozygous จะให้จำนวนวันช่วงห่างการให้ลูกลดลง 40 วัน
xx	+40	ยีนตำแหน่งใดเป็น homozygous recessive จะให้จำนวนวันช่วงห่างการให้ลูกเพิ่มขึ้น 40 วัน

Additive gene effects

Allele	Effect	ความหมาย
X	+40	ทุกๆ dominant allele จะให้จำนวนวันช่วงห่างการให้ลูกเพิ่มขึ้น 40 วัน
x	-20	ทุกๆ recessive allele จะให้จำนวนวันช่วงห่างการให้ลูกลดลง 20 วัน

หากกำหนดให้พ่อแม่ลูก มี genotype ดังแสดงในตาราง ค่า GCV ในสัตว์แต่ละตัวคำนวณได้ดังนี้

	Genotype	Genotype effect (G)	Additive gene effect (BV)	GCV=G-BV
พ่อ	AABbccDDEeff	$2(80) + 2(50) + 2(-40)=180$	$6(40)+6(-20)=120$	60
แม่	AabbCCddEEff	$2(80)+1(50)+3(-40)=90$	$5(40)+7(-20)=60$	30
ลูก 1	AABbCcDdEEff	$2(80)+3(50)+1(-40)=270$	$7(40)+5(-20)=180$	90
ลูก 2	AabbCcDdEeff	$1(80)+3(50)+2(-40)=150$	$5(40)+7(-20)=60$	90

การประเมิน heterosis value (HV) คำนวณได้จากความแตกต่างระหว่างค่า average phenotype ของลูกกับค่าเฉลี่ยพ่อแม่

$$HV = \bar{P}_O - \bar{P}_{S+D} = \bar{P}_O - \frac{1}{2}(P_S + P_D)$$

เมื่อ HV เป็น heterosis value หรือ hybrid vigor value, P_S = phenotype ของพ่อ, P_D = phenotype ของแม่, และ $\bar{P}_O$ = phenotype เฉลี่ยของลูก



ดังนั้นหากกำหนดให้อิทธิพลของสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 100 กรัม เท่ากันทุกตัว เนื่องจากเลี้ยงอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน จาก $P = G + E$ ดังนั้น phenotype ของพ่อ แม่ และเฉลี่ยลูกจะมีค่า

	Genotype	Phenotype =G+E
พ่อ	180	280
แม่	90	190
เฉลี่ยลูก	210	310

$$\therefore HV = 310 - \frac{280 + 190}{2} = 75 \text{ กรัม}$$

ค่า HV ดังกล่าว หากเทียบเป็นสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยพ่อแม่จะเรียกว่า %heterosis ซึ่งจะได้ว่า

$$\%H = \frac{HV}{\bar{P}_{S+D}} \times 100$$

เมื่อ %H เป็น %heterosis, HV เป็น heterosis value และ $\bar{P}_{S+D}$ เป็น phenotype เฉลี่ยของพ่อและแม่ จากตัวอย่างค่า %H มีค่าเท่ากับ

$$\%H = \frac{75}{235} \times 100 = 31.91\%$$

การประเมิน Breed heterosis

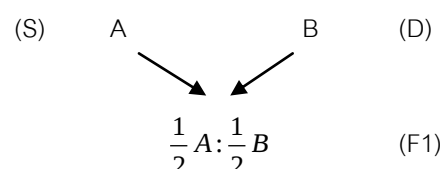
การประเมิน breed heterosis ใช้ในกรณีที่มีการผสมข้ามพันธุ์ (ตั้งแต่ 2 พันธุ์ขึ้นไป) เนื่องจากต้องการประเมินความแตกต่างของยีนโดยรวมของทั้งสองพันธุ์ นิยมประเมินในรูปของระดับ retain heterosis (RH) จากระดับเลือดของสัตว์เมื่อมีการผสมพันธุ์กัน โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\%RH = [1 - (A_S \cdot A_D + B_S \cdot B_D + C_S \cdot C_D + \dots)] \times 100$$

เมื่อ A_S เป็นระดับเลือดพันธุ์ A ในพ่อ และ A_D เป็นระดับเลือด A ในแม่
 B_S เป็นระดับเลือดพันธุ์ B ในพ่อ และ B_D เป็นระดับเลือด B ในแม่
 C_S เป็นระดับเลือดพันธุ์ C ในพ่อ และ C_D เป็นระดับเลือด C ในแม่

ตัวอย่างที่ 4: หากผสมพันธุ์แท้ A เข้ากับพันธุ์แท้ B ได้ลูกผสม F1 เป็น $\frac{1}{2}A : \frac{1}{2}B$ จะได้ว่า

%H ในรุ่น F1 มีค่าเท่ากับ



$$\begin{aligned} \%RH(F_1) &= [1 - (A_S \cdot A_D + B_S \cdot B_D)] \times 100 \\ &= [1 - \{(1)(0) + (0)(1)\}] \times 100 \\ &= 100\% \end{aligned}$$



แต่เมื่อผสม F1 เข้าด้วยกัน ซึ่ง F2 จะได้ว่า

$$\begin{array}{ccc}
 \text{(S)} & \frac{1}{2}A : \frac{1}{2}B & \frac{1}{2}A : \frac{1}{2}B \quad \text{(D)} \\
 & \swarrow \quad \searrow & \\
 & \frac{1}{2}A : \frac{1}{2}B & \quad \text{(F2)}
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 \%RH(F_2) &= [1 - (A_S \cdot A_D + B_S \cdot B_D)] \times 100 \\
 &= [1 - (\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2})] \times 100 \\
 &= \frac{1}{2} \times 100 \\
 &= 50\%
 \end{aligned}$$



คำถามท้ายบท

1. จากตารางพันธุ์ประวัติที่กำหนดให้จงสร้าง arrow diagram คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ 6 และ 7 และคำนวณค่าอัตราเลือดชิดของสัตว์หมายเลข 8 ด้วย path analysis และ tabular method

พันธุ์ประวัติ

ID	SIRE	DAM
1	—	—
2	1	—
3	1	—
4	2	3
5	2	3
6	5	4
7	5	—
8	6	7

2. การใช้พ่อพันธุ์โคนมลูกผสมมีข้อจำกัดอย่างไร
3. จงอธิบายความหมายของแผนการทดลองแบบ rotational crossing
4. จงอธิบายว่าเมื่อใดจึงจะทำการผสมพันธุ์โดยใช้พันธุ์สัตว์เป็น terminal ในแผนการผสมข้ามพันธุ์
5. เพราะเหตุใดในต่างประเทศจึงไม่นิยมใช้แผนการผสมพันธุ์แบบ crossbreeding ในฝูงโคนม
6. จงเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดระหว่างแผนการผสมพันธุ์แบบ inbreeding และ crossbreeding
7. แผนการผสมพันธุ์แบบ outbreeding ใดที่จะส่งผลให้ค่าความดีเด่นเหนือกว่าพ่อแม่ (heterosis) สูงสุด
8. ประเมินค่า breed heterosis จากการผสมพันธุ์ลูกผสม $\frac{1}{2}A\frac{1}{4}B\frac{1}{4}C$ เข้ากับลูกผสม $\frac{3}{8}B\frac{5}{8}C$



บรรณานุกรม

- กัลยา เก่งวิทย์กรรม, พรรณพิไล เสกสิทธิ์, จุริรัตน์ แสนโกชน และไพโรจน์ รงโอภาส. 2537. ผลผลิต น้ำนม ของโคสายพันธุ์โฮลสโตนฟรียีน ระดับสายเลือดต่างๆ ที่จังหวัดเพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์. ประมวลเรื่องการประชุมวิชาการสัตวแพทย์สมาคม ครั้งที่ 21. โรงแรมดิเอ็มเมอรัลด์ กรุงเทพฯ.
- พิชิต ชูเสน, สมมาตร สุวรรณมาโจ และสุวิธ บุญโปร่ง. 2548. ความสมบูรณ์พันธุ์บางประการของโคพันธุ์ ราชันที่เลี้ยงในศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ทับกวาง. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2548 กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์.
- ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่. 2547. ผลการปฏิบัติงานประจำปี 2547 งานวิจัยและปรับปรุงพันธุ์โคนม. กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์.
- สมชัย จันทรสวาง. 2530. การปรับปรุงพันธุ์สัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- สุวิธ บุญโปร่ง และพิชิต ชูเสน. 2551. การให้ผลผลิตของแม่โคไทยโบราณที่เกิดจากพ่อแม่พันธุ์ที่นำเข้า จากต่างประเทศภายใต้สภาพอากาศร้อนชื้น. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2551 กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์.
- อามิโนะ แสงจันทร์ และศกร คุณวุฒิฤทธิ์. 2550. รูปแบบการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมในเขตภาคกลาง ของประเทศไทย. ค่าการผสมพันธุ์โคนม 2550 องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย หน้า 44-50.
- อุทัย ไครตดก, สุภร กตเวทิน, สุจินต์ สิมารักษ์, มนต์ชัย ดวงจินดา และยุพิน ผาสุข. 2549. การศึกษา เปรียบเทียบกลไกทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการทนร้อนระหว่างโคเขตร้อนและโคเขตหนาว. วารสารแก่นเกษตร. 34:347-354.
- Beatty, D. T., A. Barnes, E. Taylor, D. Pethick, M. McCarthy, and S. K. Maloney. 2006. Physiological responses of Bos taurus and Bos indicus cattle to prolonged, continuous heat and humidity. J. Anim Sci. 84:972-985.
- Henderson, C. R. 1976. A simple method for computing the inverse of a numerator relationship matrix used for prediction of breeding values. Biometrics. 32:69-79.
- Leymaster, K. A. 2002. Fundamental aspects of crossbreeding of sheep: Use of breed diversity to improve efficiency of meat production. Sheep and Goat Research Journal. 17:50-59.
- <http://www.dld.go.th/>

