

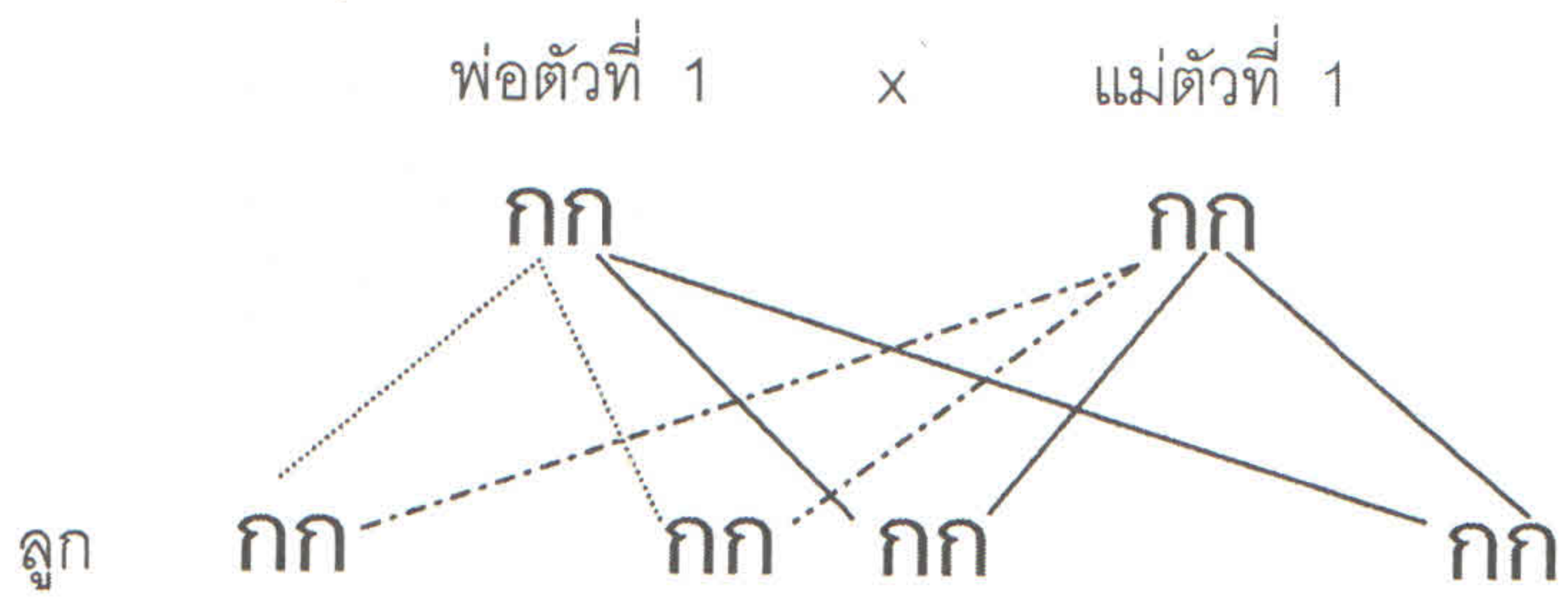
กิโกลรัมต่อตัวต่อวัน (Chantalakhana, 1999) และผสมติดง่าย

การจัดการคัดเลือกพันธุกรรมเพื่อให้ได้พันธุกรรมโคนมตามที่ต้องการ เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการฝูงโคนมอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตภาพการให้ผลผลิตน้ำนมและลดต้นทุนการผลิตน้ำนมในระยะยาว (Funk, 1993) การจัดการคัดเลือกพันธุกรรมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการคัดเลือกพันธุกรรมโคนมไทยอย่างมีประสิทธิภาพ ขึ้นอยู่กับการผนวกใช้ความรู้สาขาต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยเฉพาะทฤษฎีทางพันธุศาสตร์และข้อจำกัดทางชีววิทยาที่มีผลต่อการคัดเลือกพันธุกรรมโคนม

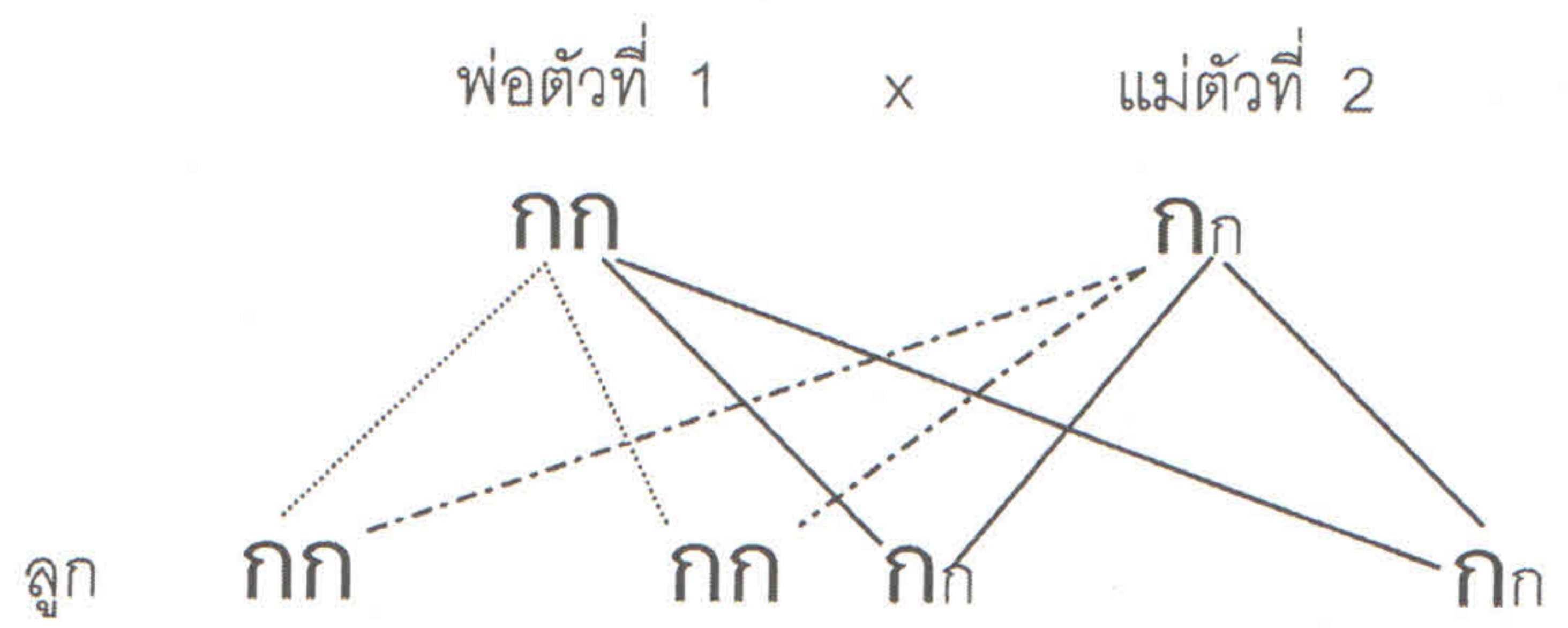
### ทฤษฎีทางพันธุศาสตร์

การถ่ายทอดลักษณะใดลักษณะหนึ่งจากพ่อ และแม่สู่ลูกเป็นกระบวนการถ่ายทอดลักษณะที่นักวิทยาศาสตร์เรียกว่า "ยีน" จากพ่อและแม่สู่ลูก ยีนในรุ่นลูกจะมี 1 ยีน ที่ได้รับการถ่ายทอดมาจากพ่อและอีก 1 ยีนได้รับการถ่ายทอดมาจากแม่ ยีนของสิ่งมีชีวิตจึงมีลักษณะเป็นคู่และมีจำนวนมาก สมมติยีนที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งมีชื่อว่า ก (กอใหญ่) หรือ ก (กอเล็ก) ยีนจากพ่อ 1 ยีนและจากแม่ 1 ยีนจะถ่ายทอดแบบสุ่มไปสู่ลูกขึ้นอยู่กับลักษณะคู่ของยีนของพ่อและแม่ ซึ่งมีโอกาสเป็นคู่ใดคู่หนึ่งคือ กก (กอใหญ่ กอใหญ่) หรือ กก (กอใหญ่ กอเล็ก) หรือ กก (กอเล็ก กอเล็ก)

สมมติพ่อตัวที่ 1 และแม่ตัวที่ 1 มีคู่ของยีนเป็น กก พ่อตัวที่ 2 และแม่ตัวที่ 2 มีคู่ของยีนเป็น กก และพ่อตัวที่ 3 และแม่ตัวที่ 3 มีคู่ของยีนเป็น กก คู่ของยีนในรุ่นลูกจะเป็น กก หรือ กก หรือ กก ขึ้นอยู่กับคู่ของยีนในรุ่นพ่อและแม่ ซึ่งพอสรุปได้ในภาพที่ 5-1 ถึง 5-9

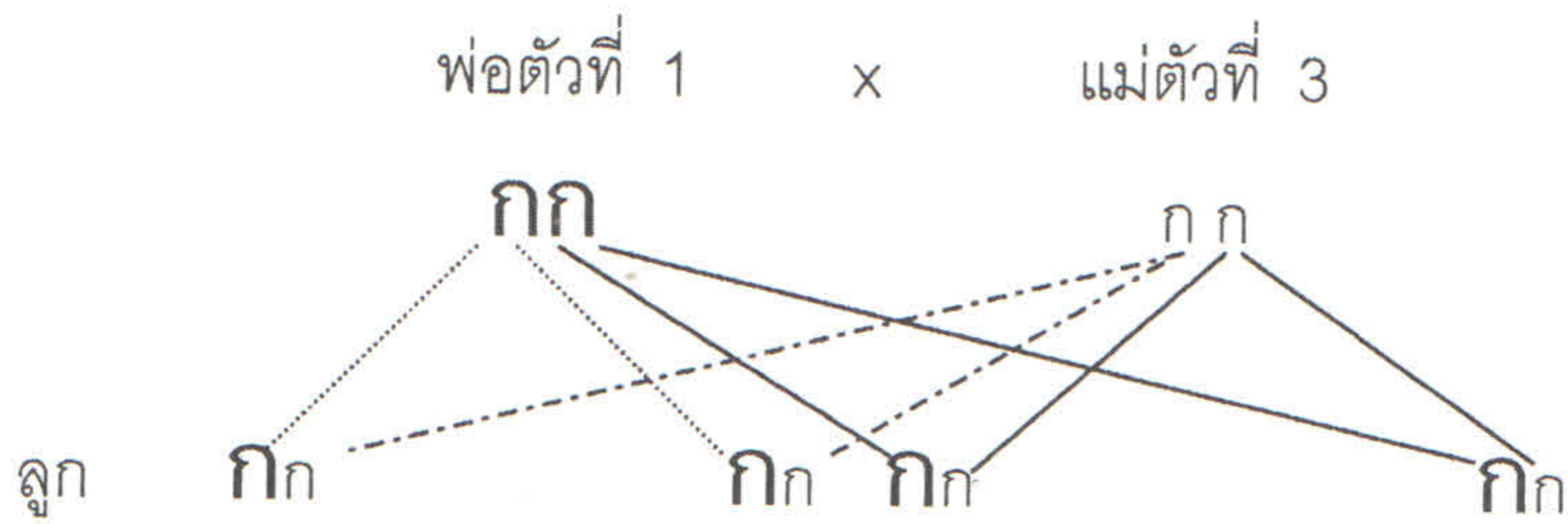


ภาพที่ 5-1 การถ่ายทอดยีนแบบสุ่มจากพ่อตัวที่ 1 และแม่ตัวที่ 1 สู่รุ่นลูก คู่ของยีนในรุ่นลูกที่เกิดจากพ่อตัวที่ 1 และแม่ตัวที่ 1 มีโอกาสเป็น กก เพียงอย่างเดียว

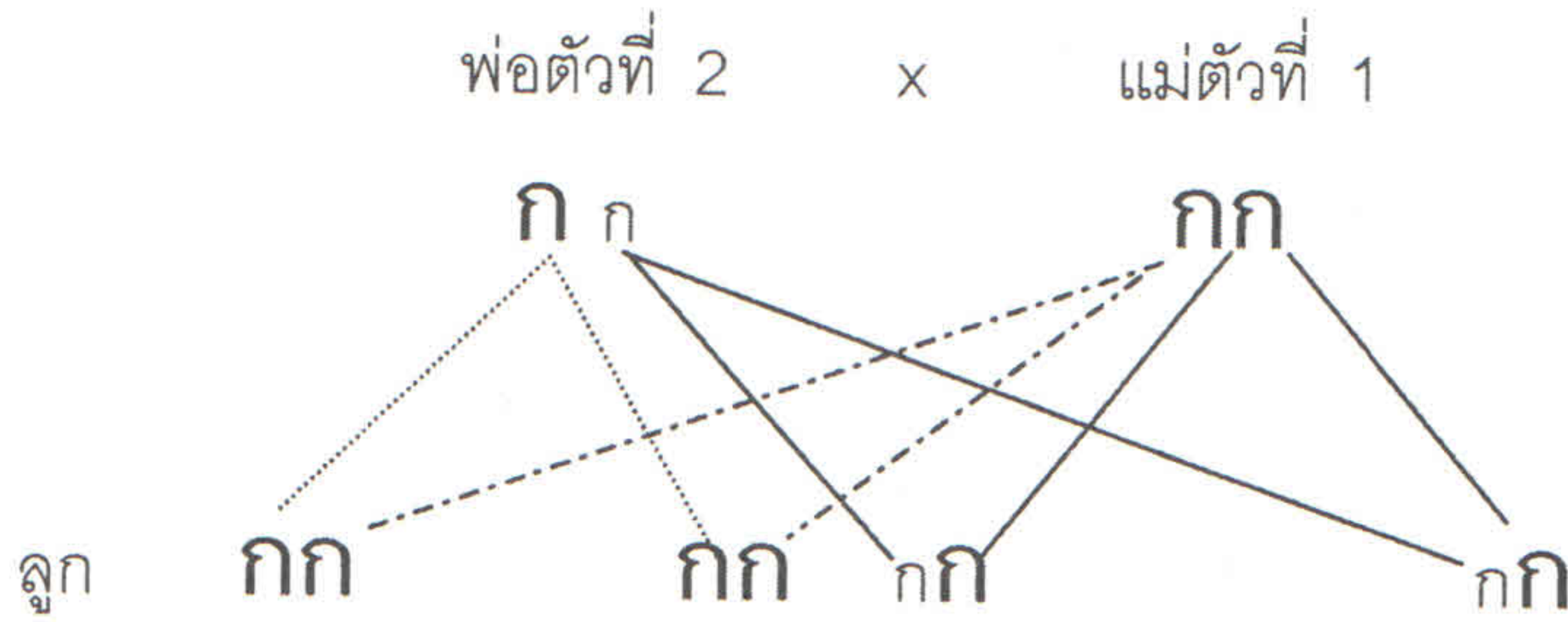


ภาพที่ 5-2 การถ่ายทอดยีนแบบสุ่มจากพ่อตัวที่ 1 และแม่ตัวที่ 2 สู่รุ่นลูก คู่ของยีนในรุ่นลูกที่เกิดจากพ่อตัวที่ 1 และแม่ตัวที่ 2 มีโอกาสเป็น กก ร้อยละ 50 หรือ กก ร้อยละ 50

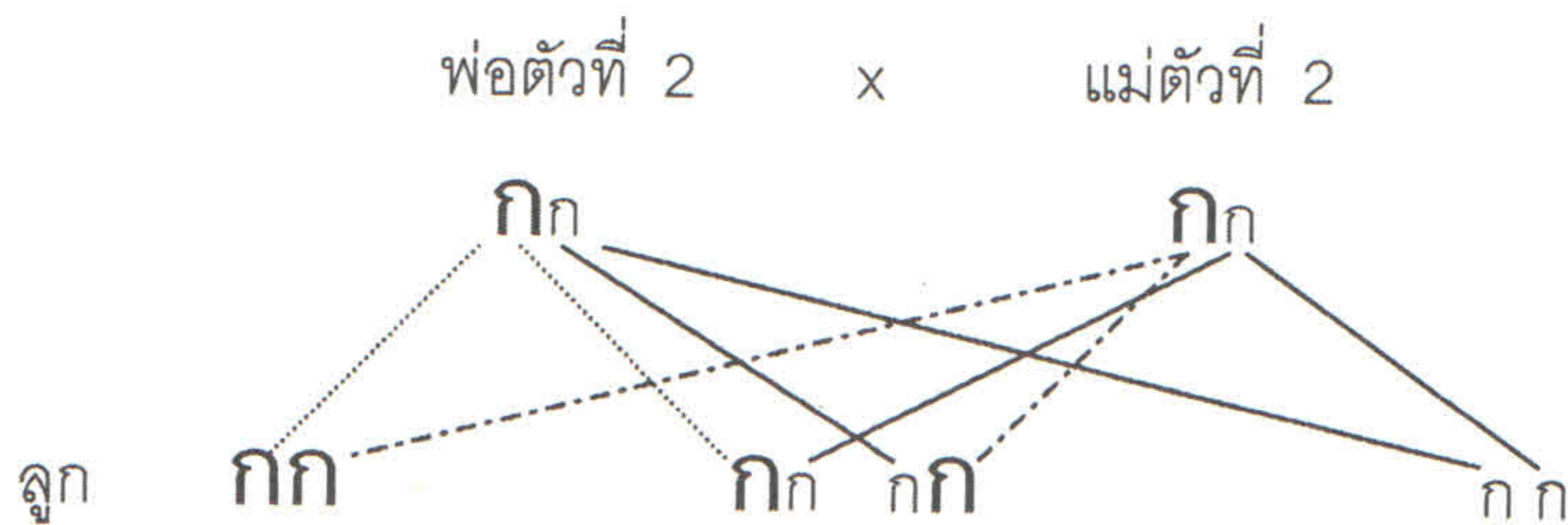




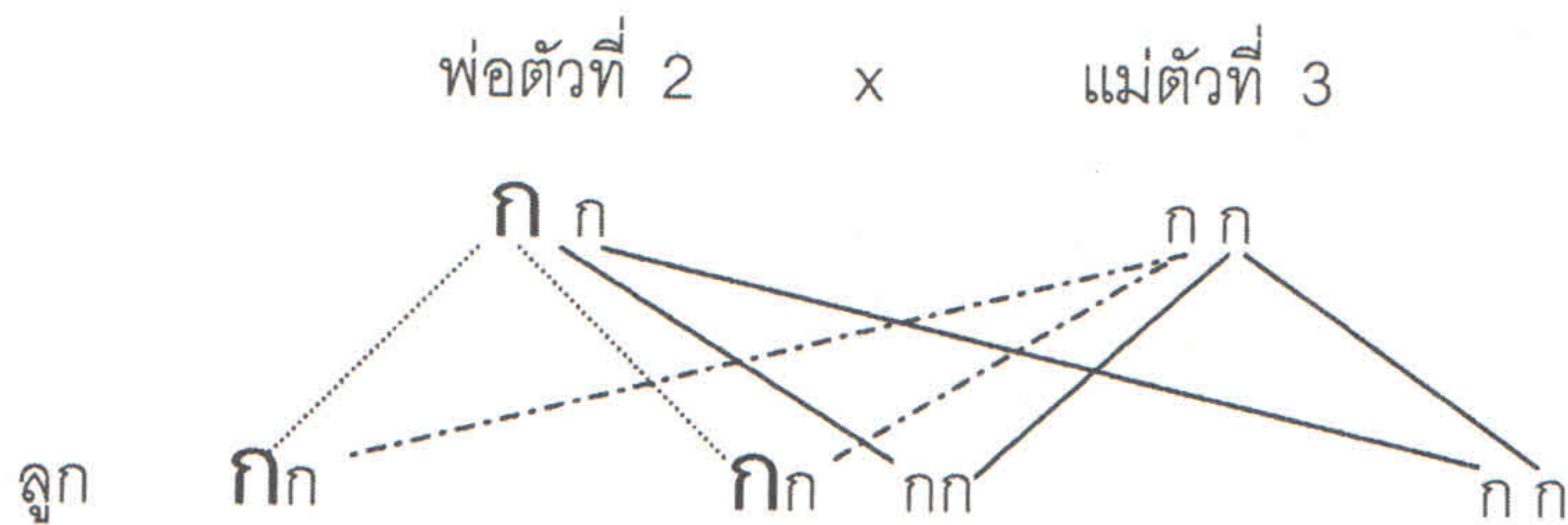
ภาพที่ 5-3 การถ่ายทอดยีนแบบสุ่มจากพ่อตัวที่ 1 และ แม่ตัวที่ 3 สู่รุ่นลูก  
 คู่ของยีนในรุ่นลูกที่เกิดจากพ่อตัวที่ 1 และแม่ตัวที่ 3 มีโอกาสเป็น กก เพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 5-4 การถ่ายทอดยีนแบบสุ่มจากพ่อตัวที่ 2 และแม่ตัวที่ 1 สู่รุ่นลูก  
 คู่ของยีนในรุ่นลูกที่เกิดจากพ่อตัวที่ 2 และแม่ตัวที่ 1 มีโอกาสเป็น กก ร้อยละ 50 หรือ กก ร้อยละ 50

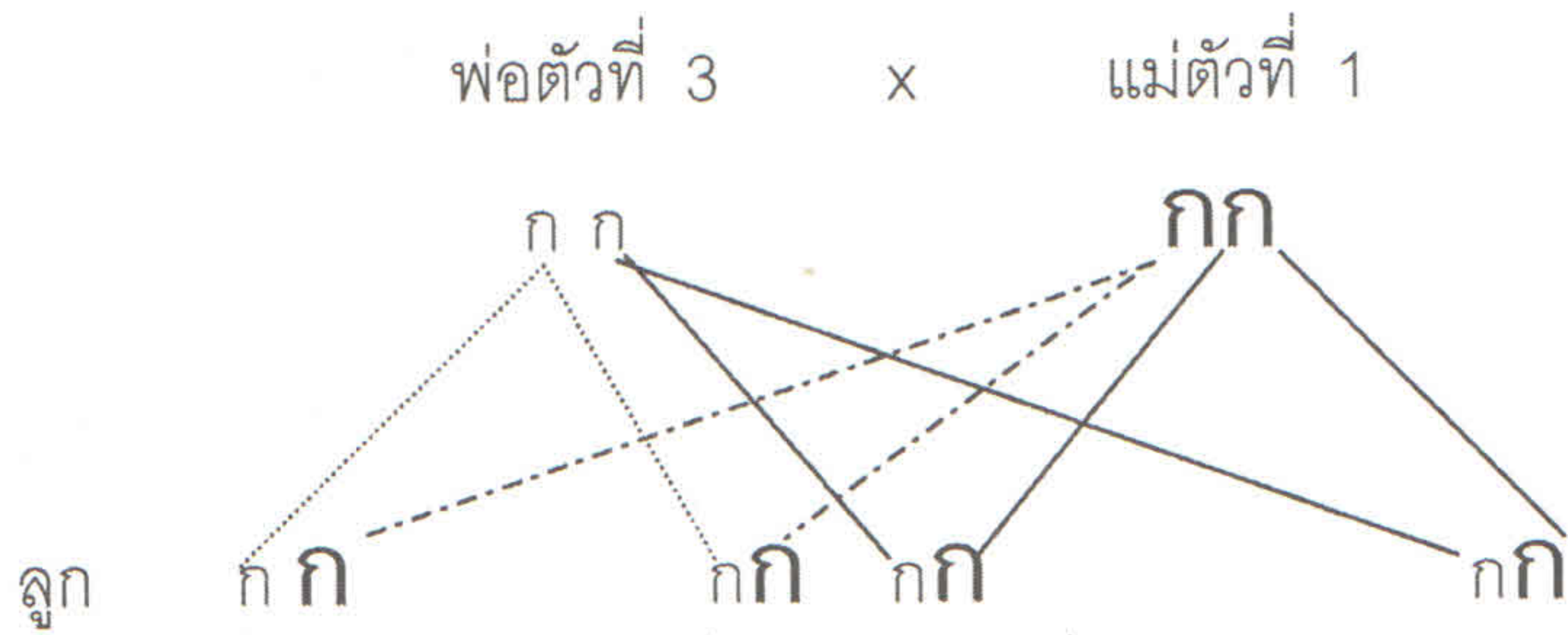


ภาพที่ 5-5 การถ่ายทอดยีนแบบสุ่มจากพ่อตัวที่ 2 และแม่ตัวที่ 2 สู่รุ่นลูก  
 คู่ของยีนในรุ่นลูกที่เกิดจากพ่อตัวที่ 2 และแม่ตัวที่ 2 มีโอกาสเป็น กก ร้อยละ 25 หรือ กก ร้อยละ 50 หรือเป็น กก ร้อยละ 25

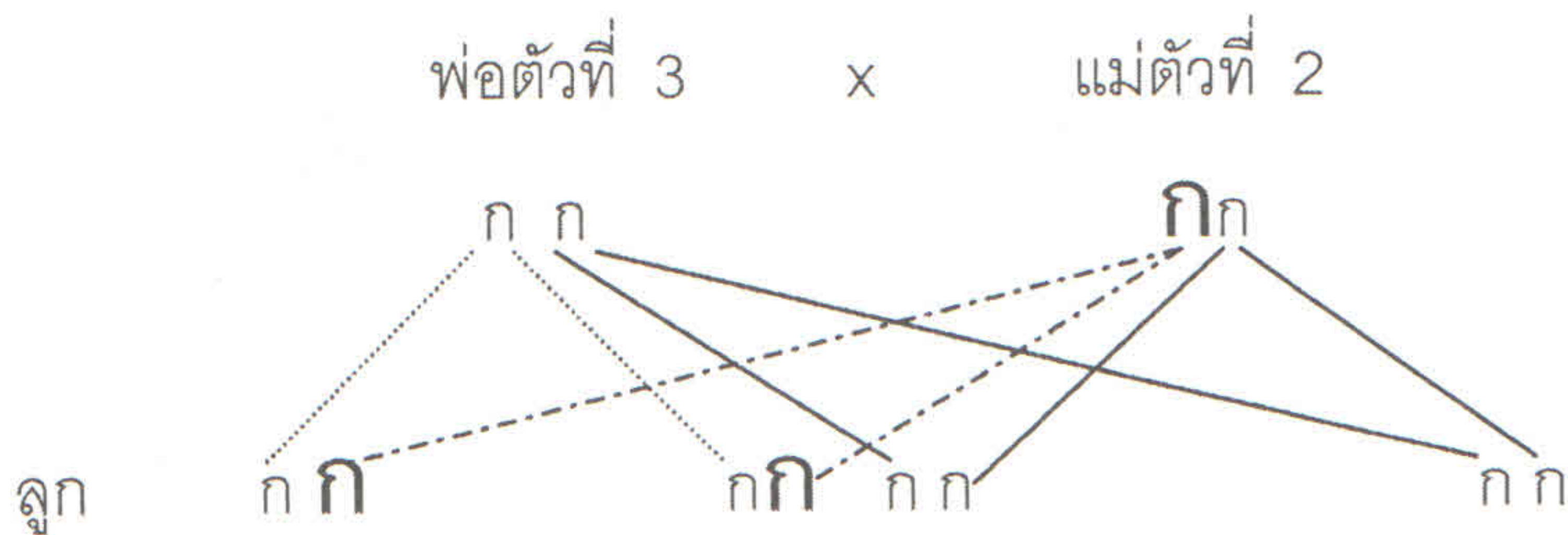


ภาพที่ 5-6 การถ่ายทอดยีนแบบสุ่มจากพ่อตัวที่ 2 และ แม่ตัวที่ 3 สู่รุ่นลูก  
 คู่ของยีนในรุ่นลูกที่เกิดจากพ่อตัวที่ 2 และแม่ตัวที่ 3 มีโอกาสเป็น กก ร้อยละ 50 หรือเป็น กก ร้อยละ 50

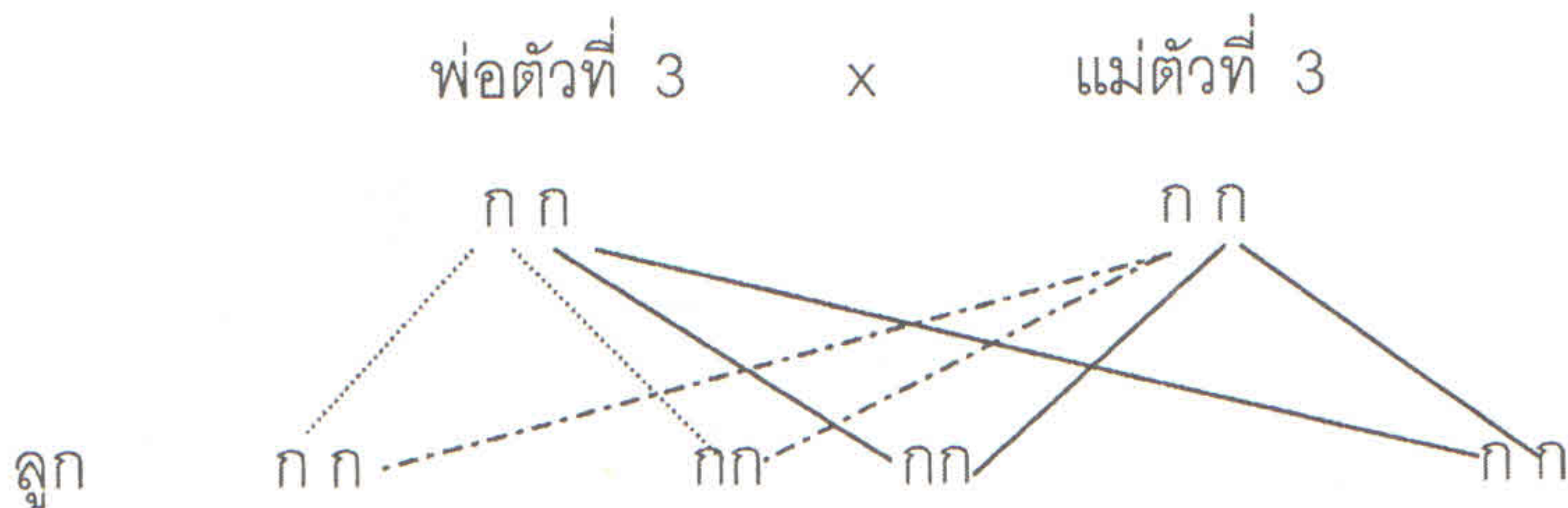




ภาพที่ 5-7 การถ่ายทอดยีนแบบสุ่มจากพ่อตัวที่ 3 และแม่ตัวที่ 1 สู่รุ่นลูก  
 คู่ของยีนในรุ่นลูกที่เกิดจากพ่อตัวที่ 3 และแม่ตัวที่ 1 มีโอกาสเป็น กก เพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 5-8 การถ่ายทอดยีนแบบสุ่มจากพ่อตัวที่ 3 และแม่ตัวที่ 2 สู่รุ่นลูก  
 คู่ของยีนในรุ่นลูกที่เกิดจากพ่อตัวที่ 3 และแม่ตัวที่ 2 มีโอกาสเป็น กก ร้อยละ 50 หรือ  
 กก ร้อยละ 50



ภาพที่ 5.9 การถ่ายทอดยีนแบบสุ่มจากพ่อตัวที่ 3 และแม่ตัวที่ 3 สู่รุ่นลูก  
 คู่ของยีนในรุ่นลูกที่เกิดจากพ่อตัวที่ 3 และแม่ตัวที่ 3 มีโอกาสเป็น กก เพียงอย่างเดียว

คู่ของยีน กก หรือ กก หรือ กก ควบคุมลักษณะที่นักวิทยาศาสตร์เรียกว่า “ลักษณะแสดงออก” (Phenotype) ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประเภทของยีนที่นักวิทยาศาสตร์เรียกว่า “ยีนเพิ่มสะสม” (Additive gene) “ยีนเด่น” (Dominant gene) และ “ยีนปฏิสัมพันธ์” (Epistatic gene)

สมมติว่ายีนที่ชื่อ ก (กอใหญ่) ข (ขอใหญ่) และ ค (คอใหญ่) เป็นยีนที่อยู่ในตำแหน่งที่แตกต่างกันและควบคุมลักษณะแสดงออกที่ต้องการเช่น ลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม และยีน ก (กอเล็ก) ข (ขอเล็ก) และ ค (คอเล็ก) เป็นยีนที่ควบคุมลักษณะแสดงออกที่ต้องการน้อยกว่าหรือไม่ต้องการ

หากยีน ก และ ก เป็นหนึ่งในคู่ของยีนที่ควบคุมลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมปรากฏว่าแม่โครีดนมที่มีคู่ของยีนเป็น กก ให้ผลผลิตน้ำนมมากกว่าแม่โครีดนมที่มีคู่ของยีนเป็น กก ในขณะเดียวกันแม่โครีดนมที่มีคู่ของยีนเป็น กก ให้ผลผลิตน้ำนมมากกว่าแม่โครีดนมที่มีคู่ของยีนเป็น กก จะเห็นว่าทุก



สิ่งที่มีจำนวนยีน  $k$  ปรางูอยู่ในคู่ของยีนเพิ่มขึ้น หรือเรียกว่า “มีความถี่ของยีน  $k$  เพิ่มขึ้น” จะมีผลให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น ซึ่งเรียกยีนประเภทนี้ว่า “ยีนเพิ่มสะสม” โดยยีน  $k$  เป็นอิสระในการควบคุมลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมจากคู่ของยีนในตำแหน่งอื่น ๆ เนื่องจากลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมเป็นหนึ่งในลักษณะแสดงออกที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ พ่อและแม่โคนมที่มีผลิตภาพการให้ผลผลิตน้ำนมสูง ย่อมมีความถี่หรือจำนวนยีนที่เป็นยีนตัวใหญ่ เช่น  $k$   $x$   $c$  ฯลฯ ในปริมาณมากด้วย การถ่ายทอดยีนที่มีคู่เป็นยีนตัวใหญ่ เช่น  $kk$   $xx$   $cc$  ฯลฯ และที่มีคู่เป็นยีนตัวใหญ่และยีนตัวเล็ก เช่น  $kk$   $xx$   $cc$  ฯลฯ ไปสู่รุ่นถัดไป ย่อมมีโอกาสปรากฏคู่ของยีนที่เป็น  $kk$   $xx$   $cc$  ฯลฯ และ  $kk$   $xx$   $cc$  ฯลฯ ในรุ่นถัดไปเสมอ ดังนั้นยีนเพิ่มสะสม จึงเป็นประเภทของยีนที่นิยมนำมาใช้ในการคัดเลือกลักษณะแสดงออกที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่

หากแม่โครีดนมที่มีคู่ของยีนเป็น  $kk$  สามารถให้ผลผลิตน้ำนมมากกว่าแม่โครีดนมที่มีคู่ของยีนเป็น  $kk$  ในขณะเดียวกันแม่โครีดนมที่มีคู่ของยีนเป็น  $kk$  สามารถให้ผลผลิตน้ำนมมากกว่าแม่โครีดนมที่มีคู่ของยีนเป็น  $kk$  จะเห็นทุกครั้งที่มีคู่ของยีนเป็น  $kk$  หรือยีนตัวใหญ่และยีนตัวเล็ก จะมีผลให้ลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมมากที่สุดหรือเด่นที่สุด ซึ่งเรียกยีนประเภทนี้ว่า “ยีนเด่น” โดยคู่ของยีน  $kk$  เป็นอิสระในการควบคุมลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมจากคู่ของยีนในตำแหน่งอื่น ๆ เนื่องจากการเข้าคู่ของยีนในประเภทยีนเด่นจะถูกเปลี่ยนแปลงจากรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่งเสมอเพราะอิทธิพลการถ่ายทอดยีนแบบสุ่มจากรุ่นพ่อและแม่สู่รุ่นลูก ดังนั้นยีนเด่นจึงเป็นยีนที่นิยมนำมาใช้ในการคัดเลือกลักษณะแสดงออกที่ถูกควบคุมด้วยยีนคู่เดียว

หากการควบคุมการให้ผลผลิตน้ำนมของแม่โครีดนมที่มีคู่ของยีนเป็น  $kk$  หรือ  $kk$  ต้องขึ้นอยู่กับกับการเข้าคู่ของยีน (Allelic combination) ที่อยู่ในตำแหน่งอื่น (Loci) เช่น  $xx$  หรือ  $cc$  ฯลฯ จะเห็นว่าลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมในที่นี้ขึ้นอยู่กับกับการเข้าคู่ของยีนที่ตำแหน่งอื่นด้วย จึงเรียกยีนประเภทนี้ว่า “ยีนปฏิสัมพันธ์” คู่ของยีนที่มีปฏิสัมพันธ์กันจะถูกเปลี่ยนแปลงจากรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่งเนื่องจากอิทธิพลการถ่ายทอดยีนแบบสุ่ม ดังนั้นยีนปฏิสัมพันธ์จึงไม่มีความแน่นอนในการถ่ายทอด

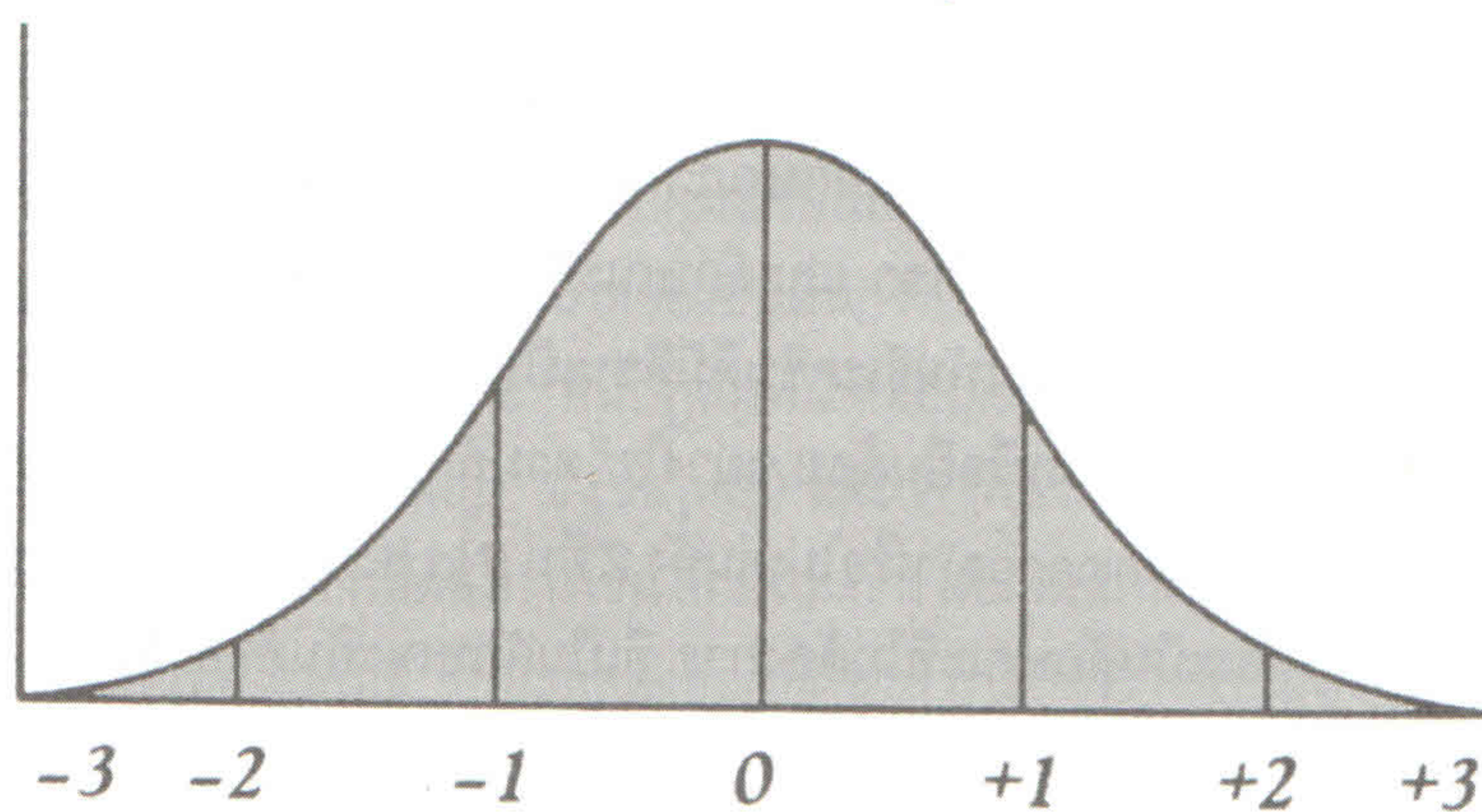
ลักษณะแสดงออกลักษณะใดลักษณะหนึ่งอาจถูกควบคุมด้วยยีนเพียงคู่เดียว (Single genes) หรือยีนหลายคู่ (Polygenes)

ลักษณะแสดงออกที่ถูกควบคุมด้วยยีนคู่เดียว มีทั้งลักษณะที่ต้องการและไม่ต้องการ ลักษณะแสดงออกที่ถูกควบคุมด้วยยีนคู่เดียวและเป็นลักษณะที่ต้องการ ซึ่งเป็นลักษณะที่ง่ายต่อการคัดเลือกพันธุกรรม ตัวอย่างเช่น ลักษณะมีหรือไม่มีเขา และลักษณะสีของขนเป็นต้น เช่น โคนมพันธุ์ชาฮิวาลมีสีของขนเป็นสีน้ำตาลอ่อน ในขณะที่โคนมพันธุ์เรคซินดิมมีสีขนเป็นสีน้ำตาลแดง ลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนคู่เดียวส่วนใหญ่เป็นประเภทยีนเด่นหรือยีนด้อย อย่างไรก็ตามลักษณะแสดงออกที่ถูกควบคุมด้วยยีนคู่เดียว อาจเป็นยีนเด่นร่วม (Co-dominance) หรือไม่เด่นทั้ง 2 ยีน (No dominance) หากลักษณะแสดงออกที่ถูกควบคุมด้วยยีนคู่เดียวและเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ ที่เป็นลักษณะยีนด้อย ซึ่งทำให้ง่ายต่อการคัดเลือกพันธุกรรมที่ไม่ต้องการ ได้แก่โรคทางพันธุกรรมต่าง ๆ เช่น โรคที่นักวิทยาศาสตร์เรียกว่า คอมเพลกซ์เวอร์ทีบรอล มาลฟอร์เมชัน (Complex Vertebral Malformation) หรือที่เรียกย่อว่า ซีวีเอ็ม (CVM) ซึ่งก่อให้เกิดการตายของลูกโคในขณะอุมท้องระยะใดระยะหนึ่ง (Holstein Association, 2004) หากตายในระยะ



ตัวอ่อนที่ยังไม่เจริญเติบโตจนถึงขั้นที่มีอวัยวะครบบริบูรณ์หรือที่เรียกว่า “เอ็มบริโอ” ตัวอ่อนก็จะถูกดูดกลับ (Reabsorption) หากตายในระยะตัวอ่อนที่มีอวัยวะครบบริบูรณ์ (Fetuse) ในระยะใดระยะหนึ่งของระยะ คุ้มท้อง 260 วัน ก็จะเกิดการแท้งของตัวอ่อน หากลูกในท้องตายในระยะ 1 ถึง 2 สัปดาห์ก่อนครบกำหนดคลอด (Stillborn calf) จะมีลักษณะขาตีบไม่สมประกอบ ลำคอสั้นกว่าปกติและกระเบน (Spine) ของกระดูกสันหลังมีลักษณะโค้งผิดปกติ (Curvature)

ลักษณะแสดงออกที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่หรือที่เรียกว่าลักษณะเชิงปริมาณ (Quantitative traits) จะเป็นลักษณะที่สภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการควบคุมลักษณะแสดงออกด้วย ซึ่งมีผลต่อการกระจายข้อมูลของลักษณะแสดงออกลักษณะใดลักษณะหนึ่งเป็นรูปประฆังคว่ำ ดังแสดงในภาพที่ 5-10 ประมาณร้อยละ 68 ของข้อมูล กระจายอยู่ระหว่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  $-1.0$  และ  $+1.0$  ประมาณร้อยละ 95 ของข้อมูล กระจายอยู่ระหว่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  $-2.0$  และ  $+2.0$  และประมาณร้อยละ 99 ของข้อมูล กระจายอยู่ระหว่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  $-3.0$  และ  $+3.0$  (Holstein Association, 2004) สมมุติลักษณะแสดงออกเป็นผลผลิตน้ำนมของแม่โครีดนมที่คลอดลูกตัวแรกจำนวน 1,000 ตัว และการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบประฆังคว่ำ ดังภาพที่ 5-10 สมมติแม่โครีดนมให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ย 3,300 กิโลกรัม และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 600 กิโลกรัม หมายความว่า แม่โครีดนมที่คลอดลูกตัวแรกให้ผลผลิตน้ำนมระหว่าง 2,700 และ 3,900 กิโลกรัมจำนวน 680 ตัว ให้ผลผลิตน้ำนมระหว่าง 2,100 และ 4,500 กิโลกรัมจำนวน 950 ตัว และให้ผลผลิตน้ำนมระหว่าง 1,500 และ 5,100 กิโลกรัมจำนวน 990 ตัว จะเห็นได้ว่าความแตกต่างของการให้ผลผลิตน้ำนมของแม่โครีดนมที่คลอดลูกตัวแรกจำนวน 1,000 ตัวนี้ เป็นผลมาจากความแตกต่างด้านพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม หากแม่โครีดนมมีศักยภาพทางพันธุกรรมหรือมีความถี่ของยีนที่ควบคุมการให้ผลผลิตน้ำนมสูงมาก แต่ไม่ได้อยู่ในสภาพแวดล้อมเช่น โรงเรือน อาหารและอื่น ๆ ที่เหมาะสม แม่โครีดนมก็ไม่สามารถให้ผลผลิตน้ำนมได้ตามศักยภาพทางพันธุกรรม ดังนั้นความแตกต่างของลักษณะแสดงออกลักษณะใดลักษณะหนึ่งที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ จึงขึ้นอยู่กับความแตกต่างของศักยภาพทางพันธุกรรมหรือความถี่ของยีนที่ควบคุมลักษณะแสดงออกและความแตกต่างของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะแสดงออก



ภาพที่ 5-10 การกระจายข้อมูลของลักษณะแสดงออกเป็นรูปประฆังคว่ำ