บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 พันธุ์โคนมในประเทศไทย

2.1.1 โคนมที่มีแหล่งกำเนิดในประเทศเขตหนาว

โคนมที่ใช้กันทั่วไปเป็นโคยุโรป ซึ่งอยู่ในเขตที่อากาศหนาวเย็น มีถิ่นกำเนิดในทวีปยุโรปตอนกลาง มีลักษณะกว้างๆ คือ ไม่มีตระโหนกและเหนียงคอ แนวหลังตรง หนังตึง หูสั้นปลายหูมน โคนมชนิดที่กล่าวมานี้ได้แพร่กระจายไปในประเทศต่างๆ ที่อยู่ทั้งในเขตหนาวและเขตร้อนของโลก โคนมยุโรปเมื่อเลี้ยงดูในสภาพที่เหมาะสมจะสามารถให้น้ำนมได้มาก โคบางพันธุ์ให้น้ำนมได้เฉลี่ยวันละกว่า 25 กิโลกรัม แต่ข้อเสียของโคเหล่านี้คือ เมื่อนำมาเลี้ยงในเขตอากาศร้อนจะไม่มีความทนทานความร้อน จะให้นมลดลง สุขภาพก็เลวลงเจ็บป่วยได้ง่าย การสืบพันธุ์จะเสื่อมแม้จะได้รับการเลี้ยงดูอย่างดีก็ช่วยได้ไม่สมบูรณ์เต็มที่ สามารถถ่ายทอดลักษณะสู่โครุ่นลูกได้ค่อนข้างแน่นอน โคยุโรปที่ได้นำเข้ามาเลี้ยงในประเทศไทย ได้แก่ (ชวนิศนดากร, 2534)

2.1.1.1 โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ (Holstein-Friesian)

โคพันธุ์โฮลสไตน์ หรือพันธุ์ฟรีเชียน หรือพันธุ์ขาวดำ เป็นโคที่มีแหล่งกำเนิดที่เดียวกัน คือ ประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นโคขนาดใหญ่ ให้นมมาก และมีชื่อเสียงได้รับความนิยมมากที่สุดทั้งในประเทศเขตหนาวและประเทศเขตร้อน โคพันธุ์โฮลสไตน์ตัวผู้น้ำหนักถึง 800-900 กิโลกรัม ตัวเมียหนัก 500-600 กิโลกรัมหรือกว่านั้น ตัวเมียมีเต้านมขนาดใหญ่และได้สัดส่วนตามลักษณะเต้านมที่ดี มีนิสัยค่อนข้างเงียบและเชื่อง ให้นมเฉลี่ยได้ 5,000 กิโลกรัมต่อระยะให้นม หรือประมาณวันละ 18 กิโลกรัมแม่โคที่ดีอาจให้นมได้วันละ 40 กิโลกรัมตลอดปี นอกจากให้นมได้มากแล้ว โคนี้ยังเติบโตเร็วและให้เนื้อได้มาก ฉะนั้นจึงใช้ลูกวัวตัวผู้ที่ไม่มีค่าทางการให้นมเป็นโคเนื้อได้ดีไม่แพ้โคเนื้อแท้ จุดอ่อนของโคนี้คือไม่ทนต่อความร้อน ถ้าอุณหภูมิของอากาศเกิน 26 องศาเซลเซียสจะเริ่มมีผลกระทบกระเทือนต่อการกินอาหารและการให้นมของโค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากประสบการณ์ในประเทศไทยได้พบว่าโคพันธุ์โฮลสไตน์เลือดผสมสามารถให้น้ำนมได้ดี และมีผู้นิยมมากกว่าพันธุ์อื่นๆ และทางฝ่ายวิชาการได้มีความเห็นให้สนับสนุนการใช้โคพันธุ์นี้เป็นพันธุ์หลักในการส่งเสริมการผลิตนม

2.1.1.2 โคพันธุ์เรดเดน

เป็นโคที่มีแหล่งกำเนิดจากประเทศเดนมาร์ค นำเข้ามาในประเทศไทยในปี 2505 โดยความช่วยเหลือของรัฐบาลเดนมาร์ค โดยนำมาผสมกับโคพื้นเมือง และเลี้ยงกันมากในเขตจังหวัดสระบุรี โคพันธุ์นี้มีลักษณะเด่นคือมีสีแดงทั้งตัว โดยเฉพาะตัวผู้จะมีสีเข้มมากกว่าตัวเมีย หัวค่อนข้างยาว จมูกสีดำ เป็นโคขนาดใหญ่แต่โตค่อนข้างช้า ตัวผู้หนักเฉลี่ย 950 กิโลกรัม ตัวเมียประมาณ 600 กิโลกรัม เลี้ยงได้ทั้งเป็นโคเนื้อโคนม ให้นมเฉลี่ยต่อช่วงให้นมประมาณ 4,500 กิโลกรัม ความนิยมในประเทศไทยไม่กว้างขวางเท่าพันธุ์ขาวดำ หรือโฮลสไตน์

2.1.1.3 พันธุ์เจอร์ซี่

มีแหล่งกำเนิดที่เกาะเจอร์ซี่ในช่องแคบอังกฤษ มีรูปร่างสวยงาม ลำตัวสีเหลืองปนน้ำตาล จมูกและพู่หางเป็นดำขนาดใหญ่ไม่มากนัก ตัวผู้หนัก 550-600 กิโลกรัม ตัวเมียหนัก 350-400 กิโลกรัม ให้นมเฉลี่ย 3,500-4,000 กิโลกรัม นมจากโคพันธุ์เจอร์ซี่เป็นนมที่มีไขมันสูงสุดในบรรดาโคนม

2.1.1.4 พันธุ์บราวน์สวิส

มีแหล่งกำเนิดจากสวิสเซอร์แลนด์ มีสีเหลือง ปนสีขาว หรือ สีน้ำตาลอ่อน มีลักษณะเด่นคือขนรอบปากเป็นสีขาว เป็นโคที่ถูกเลี้ยงไว้ใช้งานมาก่อน ต่อมาจึงมีการปรับปรุงพันธุ์ให้เป็นโคนมมากขึ้นนิยมเลี้ยงในอเมริกา มีขนาดใหญ่ กระดูกโครงร่างเก้งก้าง ตัวผู้หนักประมาณ 800 กิโลกรัม ตัวเมียหนัก 600 กิโลกรัม มีความสามารถให้นมได้ประมาณ 4,500 กิโลกรัมต่อระยะให้นม ค่อนข้างทนสภาพอากาศร้อนได้ดี

2.1.1.5 พันธุ์ออสเตรเลียอิลลาวาชอตฮอร์น

มีแหล่งกำเนิดในทางตอนใต้ของรัฐนิวเซาท์เวลล์ ประเทศออสเตรเลีย โคพันธุ์นี้มีสีแดงคล้ายพันธุ์เรดเดนแต่ปรากฏว่าไม่เป็นที่นิยมในประเทศอื่น เป็นโคที่ทนทานต่อสภาพอากาศร้อน เลี้ยงได้อย่างไม่ต้องเอาใจใส่มาก เพราะได้รับการปรับปรุงพันธุ์มาเพื่อเลี้ยงในทุ่งหญ้า มีขนาดใหญ่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวผู้หนัก 800 กิโลกรัม ตัวเมียหนัก 600 กิโลกรัม ความสามารถในการให้นมเฉลี่ย 4,000 กิโลกรัมต่อระยะการให้นม

2.1.2 โคนมที่มีแหล่งกำเนิดในประเทศเขตร้อน

มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนในประเทศอินเดีย ปากีสถาน และในทวีปแอฟริกา สามารถให้น้ำนมได้มากพอสมควร โดยให้นมเฉลี่ยประมาณวันละ 5-10 กิโลกรัม มีลักษณะโดยทั่วไป คือ จะมีตระโหนกอย่างชัดเจน หนังหลวมย่น คอหย่อนยาน หลังแอ่นโค้ง บั้นท้ายลาด ทนทานสภาพอากาศร้อนและโรคแมลงได้ดี แต่ให้นมน้อยกว่าโคยุโรป

2.1.2.1 พันธุ์เรดเซนดิ

โคพันธุ์เรดเซนดิ เป็นโคที่มีชื่อของประเทศอินเดีย และปากีสถาน เป็นโคขนาดเล็ก ลักษณะโดยทั่วไปมีรูปร่างหนาแน่น ลำตัวค่อนข้างลึก บั้นท้ายลาดกลม มีสีแดงอ่อนถึงแดงเข้ม อาจมีจุดหรือรอยด่างที่เหนียงคอและหน้าผาก หูยาวปานกลาง หูหักพับลง พื้นหน้าท้องและเหนียงคอหย่อนยานมาก ตัวผู้หนักประมาณ 450 กิโลกรัม ตัวเมียหนัก 350 กิโลกรัม แม่โคให้นมเฉลี่ยประมาณ 1,500-2,000 กิโลกรัมต่อระยะให้นม เริ่มให้นมช้าประมาณอายุ 3 ปีขึ้นไป ทนทานต่ออากาศร้อนได้ดี และหากินอาหารในขณะแดดจัดได้ ข้อเสียที่พบเสมอๆ คือมีเต้านมรูปกรวย และหัวนมรวมเป็นกระจุกทำให้รีดนมได้ยาก และขนาดหัวนมใหญ่เกินไป

2.1.2.2 พันธุ์ซาฮิวาล

มีถิ่นกำเนิดในรัฐปัญจาบของอินเดีย ลักษณะคล้ายกับโคเรดเซนดิ แต่ลำตัวมีสีอ่อนกว่า ลำตัวค่อนข้างยาว หางยาวเป็นพู่ระดับ มีขนาดใหญ่กว่าโคพันธุ์เรดเซนดิ คือตัวผู้หนักประมาณ 750 กิโลกรัม ตัวเมียหนัก 400-500 กิโลกรัม มีความสามารถในการให้นมสูงกว่าโคพันธุ์เรดเซนดิ คือจะให้นมเฉลี่ย 2,500-3,000 กิโลกรัมต่อระยะการให้นม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะในโคนม

2.2.1 พันธุกรรมและสภาพแวดล้อม

สัตว์แต่ละตัวจะมีลักษณะรูปร่าง สี ขนาด และคุณสมบัติอื่นๆ เช่น การเจริญเติบโต การให้นม ความทนทานต่อโรคและอากาศแตกต่างกันหรือเหมือนกัน ขึ้นอยู่กับอิทธิพลขององค์ประกอบ 2 ประการคือ พันธุกรรม และสภาพแวดล้อม

พันธุกรรม คือ สิ่งที่สัตว์ได้รับถ่ายทอดมาจากพ่อแม่ เรียกกันง่ายๆ ในวิชาพันธุศาสตร์ว่า “ยีน” (genes) ซึ่งเป็นตัวกำหนดลักษณะที่สัตว์แสดงออกมา เช่น ยีนสีดำ-ขาว ของโคพันธุ์โฮลสไตน์ก็เป็นลักษณะที่ได้รับถ่ายทอดมาจากพ่อและแม่ที่มีสีดำ-ขาว หรือโคที่ให้นมมากก็จะต้องมีแม่ที่ให้นมมาก แม่โคพื้นเมืองไทยปกติให้นมน้อย ลูกที่เกิดมาก็จะให้นมน้อยด้วย ดังนั้น เป็นที่ทราบกันทั่วๆ ไปว่า ลักษณะต่างๆ ที่ลูกแสดงออกมานั้นจะต้องได้รับมาจากพ่อและแม่ทั้งนั้น

ลักษณะพันธุกรรมที่สัตว์แต่ละตัวมีอยู่ในตัว บางทีก็ไม่แสดงออกมาให้ปรากฏ หรือบางทีแสดงออกมาแต่ไม่เต็มที่ เช่น โคที่มีพันธุกรรมในการให้นมมากถึง 5,000 กิโลกรัม เมื่อเลี้ยงแล้วกลับให้นมได้เพียง 3,000 กิโลกรัมเท่านั้น ทั้งนี้เป็นเพราะอากาศร้อนทำให้โคกินอาหารได้ไม่เต็มที่หรือเจ็บป่วย สิ่งที่มีอิทธิพลทำให้โคให้นมน้อยกว่าที่ควรนี้คือสภาพแวดล้อม (environment) รวมถึง อาหาร อากาศ โรค และการเลี้ยงดูที่โคได้รับ

ในการเลี้ยงโคเพื่อผลิตนมจะต้องทำให้โคให้นมมากที่สุด โดยพยายามทำให้โคมีพันธุกรรมที่ดี และจัดสภาพแวดล้อมให้อยู่ในลักษณะดีที่สุด องค์ประกอบทั้งสองประการนี้เราสามารถปรับปรุงได้ การปรับปรุงพันธุกรรมทำได้โดยการคัดเลือกและการผสมพันธุ์โคนม ส่วนการปรับปรุงสภาพแวดล้อมสามารถทำได้โดยการจัดการเลี้ยงดูให้ดี ให้อาหารที่ถูกต้อง และมากพอต่อความต้องการของสัตว์ ฯลฯ การปรับปรุงสภาพแวดล้อมอาจจะทำให้ดีขึ้นในทันทีหรือใช้เวลาไม่นาน โดยเฉพาะโดยการใช้วิทยาการสมัยใหม่ช่วย เช่น การให้อาหารที่มีคุณภาพดี ป้องกันโรคโดยการฉีดวัคซีน แต่การปรับปรุงพันธุกรรมนั้นต้องใช้เวลาเป็นสิบๆ ปี เพราะโคเป็นสัตว์ใหญ่ให้ลูกน้อยตัว และชั่วอายุนานกว่าสัตว์อื่นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.2 ลักษณะพันธุกรรมของโคนม

การศึกษาทางพันธุศาสตร์ทำให้เราทราบว่า ลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏในโคนมเป็นสิ่งที่ได้รับถ่ายทอดมาจากพ่อและแม่ และสิ่งเหล่านี้สามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้ สิ่งที่ถ่ายทอดส่งต่อจาก

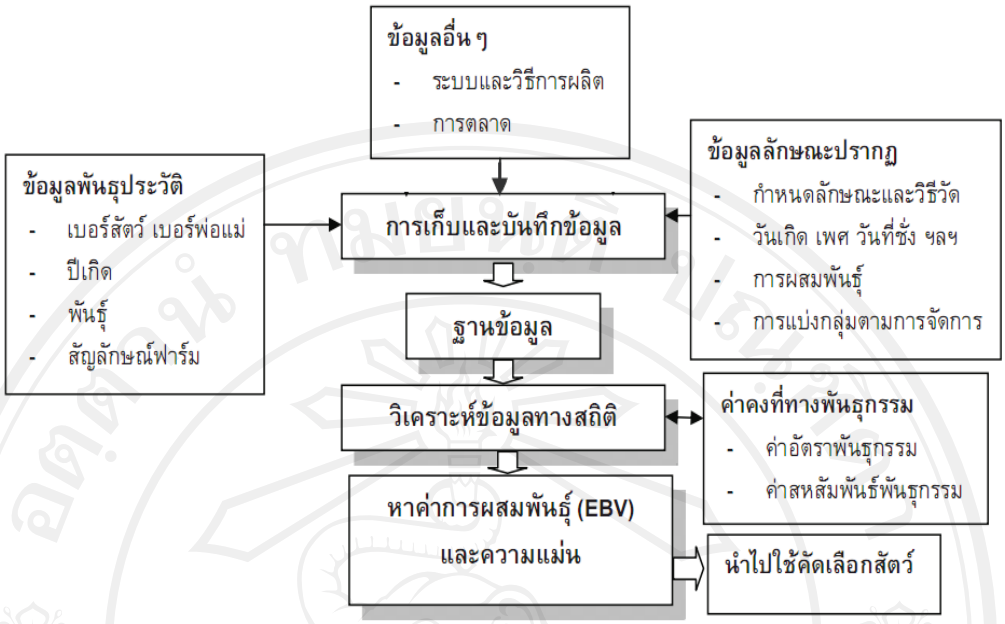
ชั่วหนึ่งไปยังชั่วต่อๆ ไป ถูกควบคุมหรือกำกับโดยหน่วยคุมลักษณะที่เรียกว่า “ยีน” (genes) ซึ่งมีอยู่จำนวนมหาศาลในเซลล์ทุกเซลล์ ยีนที่ว่านี้ได้จัดเรียงตัวเป็นแถวเป็นกลุ่มจับกันเป็นเส้นยาวหลายเส้น สั้นบ้างยาวบ้าง เราเรียกว่าเส้นโครโมโซม (chromosomes) เส้นโครโมโซมในเซลล์จับกันอยู่เป็นคู่ๆ และตามปกติโครโมโซมเส้นหนึ่งของคู่จะได้รับมาจากพ่อ และอีกเส้นหนึ่งมาจากแม่ ในโคมีโครโมโซมอยู่ด้วยกัน 30 คู่ ในระยะการสืบพันธุ์ของสัตว์ในตัวอสุจิและไข่แต่ละตัว จะมีโครโมโซมเพียงเส้นเดียวของแต่ละคู่ คืออสุจิหรือไข่จะมีโครโมโซมเพียงตัวละ 30 เส้น การลดจำนวนโครโมโซมเกิดขึ้นในขณะที่สร้างตัวอสุจิหรือไข่ เมื่อไข่และอสุจิเกิดการผสมเข้าด้วยกันในการผสมสัตว์โครโมโซมของทั้งสองฝ่ายจะเข้ามารวมกันเป็นคู่ตามเดิม และจะเจริญเป็นส่วนของตัวลูกสัตว์ต่อไป

สัตว์แต่ละตัวมีลักษณะหรือยีนต่างๆ อยู่เป็นจำนวนมากจนนับไม่ถ้วน ลักษณะบางอย่างเป็นลักษณะทางรูปร่างธรรมดาของสัตว์ เช่นอวัยวะต่างๆ สีที่ผิวหนัง แขน เขา เป็นต้น ลักษณะบางอย่างเป็นลักษณะแสดงคุณสมบัติ เช่น ขนาดของสัตว์ การเติบโต และการให้นม การศึกษาทางพันธุศาสตร์ทำให้เราทราบว่าลักษณะต่างๆ เหล่านี้มีการถ่ายทอดสืบต่อให้แก่ลูกหลานอย่างไร ลักษณะใดเป็นลักษณะข่ม หรือลักษณะใดเป็นลักษณะแฝง (ตามกฎของเมนเดล) (ชวนิศนดากร, 2534)

2.3 กระบวนการในการเก็บข้อมูลเพื่อการปรับปรุงพันธุ์สัตว์

ในการคัดเลือกสัตว์ให้ได้ผลอย่างแม่นยำต้องมีการเก็บและบันทึกข้อมูลของสัตว์ แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าคงที่ทางพันธุกรรม (genetic parameter) ของประชากรได้แก่ ค่าอัตราพันธุกรรม (heritability: h^2) และ คุณค่าการผสมพันธุ์ (estimated breeding value: EBV) ค่าเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการทราบค่าการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของสัตว์ ซึ่งจะทำให้สามารถคัดเลือกสัตว์ที่สามารถถ่ายทอดปรากฏที่ต้องการไปสู่ลูกได้อย่างถูกต้อง กระบวนการโดยสรุปดังแสดงในภาพที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

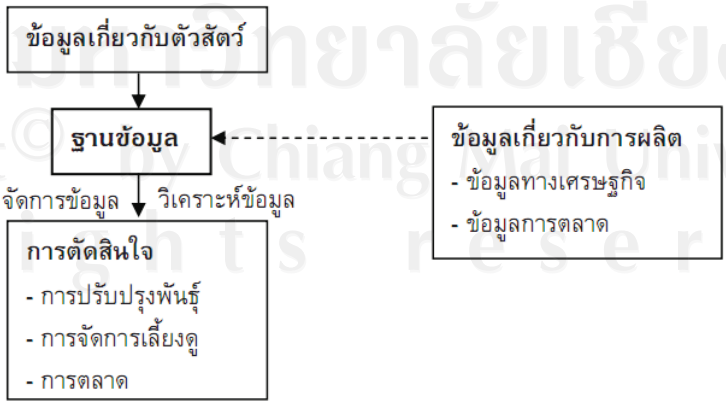


ภาพที่ 1 กระบวนการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปใช้คัดเลือกสัตว์

ที่มา: ดัดแปลงจาก Galal (2000 p.126) และ Hammond (1992 p.30) (อ้างโดย ยอดชาย, 2552)

2.3.1 การเก็บข้อมูลสมรรถนะของตัวสัตว์ (performance recording)

มีความสำคัญมากเพราะเป็นพื้นฐานในการนำข้อมูลออกมาวิเคราะห์ เพื่อวางแผนการปรับปรุงพันธุ์ทำให้เกิดความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ นอกจากจะมีประโยชน์ในการใช้ปรับปรุงพันธุ์สัตว์แล้ว ยังมีประโยชน์ในการจัดการเลี้ยงดูและการตลาดอีกด้วย กระบวนการในการเก็บข้อมูลทั้ง ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการเก็บข้อมูลและการใช้ประโยชน์ของข้อมูล

ที่มา: Hammond (1992 p.38) (อ้างโดย ยอดชาย, 2552)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 องค์ประกอบของความแปรปรวนทางด้านพันธุศาสตร์

การศึกษาทางด้านพันธุศาสตร์ จะทำการศึกษาจากลักษณะที่สัตว์แสดงออกมาให้เห็นที่เรียกว่า ลักษณะปรากฏ (phenotype; *P*) โดยปกติแล้วลักษณะดังกล่าวในตัวสัตว์แต่ละตัวจะแสดงออกแตกต่างกันไป ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของพันธุกรรม (genetic; *G*) ที่สัตว์ได้รับการถ่ายทอดมาจากพ่อและแม่ นอกจากนี้ยังมีผลจากสภาพแวดล้อม (environment; *E*) ที่สัตว์ได้รับในช่วงนั้นๆความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นเขียนในรูปสมการได้คือ (สมชัย, 2549)

$$P = G + E$$

เมื่อ P = ลักษณะปรากฏ
G = พันธุกรรม
E = สภาพแวดล้อม

การศึกษาลักษณะที่สัตว์แสดงออก จะวัดจากลักษณะความแปรปรวน (variance: σ^2) โดยความแปรปรวนทั้งหมดก็คือความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ (phenotypic variance: σ_P^2) ซึ่งเป็นผลมาจากความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic variance: σ_G^2) ร่วมกับความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อม (environment variance: σ_E^2) ในแหล่งของความแปรปรวนจากพันธุกรรมยังสามารถแยกออกเป็นความแปรปรวนของอิทธิพลเนื่องจากยีนแบบบวกสะสม (additive gene: σ_A^2) ความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลของการข่มของยีน (dominance gene: σ_D^2) ความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลร่วมของยีนต่างตำแหน่ง (epitasis: σ_I^2) ส่วนความแปรปรวนอื่นที่ไม่ใช่พันธุกรรม (สภาพแวดล้อม) ยังสามารถแบ่งออกได้เป็นความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อมถาวร (permanent environment: $\sigma_{E_p}^2$) และความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อมชั่วคราว (temporary environment: $\sigma_{E_t}^2$) เขียนในรูปสมการได้คือ

$$\sigma_P^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_I^2 + \sigma_{E_p}^2 + \sigma_{E_t}^2$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 ค่าอัตราพันธุกรรม (heritability: h^2)

หลักการของการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ก็เพื่อคัดสัตว์ที่ต้องการนำไปใช้ผสมขยายพันธุ์ต่อ แต่สามารถเห็นเพียงลักษณะภายนอก หรือลักษณะปรากฏซึ่งเป็นอิทธิพลมาจากทั้งพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม แต่สิ่งที่ถ่ายทอดไปสู่ลูกได้คือยีน หรือพันธุกรรมเท่านั้น ดังนั้นจึงพยายามจะประมาณเฉพาะค่าพันธุกรรมให้แม่นยำ (accurate) ที่สุด โดยตัดอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมออกไป

เนื่องจากไม่สามารถทราบแบบชนิดพันธุกรรม (genotype) จริงของสัตว์ได้ สารสนเทศเดียวที่จะใช้ประมาณค่าพันธุกรรมได้คือลักษณะปรากฏ (phenotype) ซึ่งในการคำนวณจะใช้ค่าเบี่ยงเบนหรือค่าแตกต่างระหว่างสัตว์ตัวต่างๆ ซึ่งก็คือค่าเบี่ยงเบน P แล้วหาค่าพันธุกรรม ค่าอัตราพันธุกรรมคือสัดส่วนของความแปรปรวนของยีนแบบบวกสะสมจากความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ

ค่าอัตราพันธุกรรมเป็นค่าคงที่ของประชากร (population parameter) สามารถแปรผันไปได้ใน 2 กรณีเท่านั้นคือ เป็นค่าของคนละลักษณะ หรือ เป็นค่าของลักษณะเดียวกันแต่เป็นของต่างประชากรกัน ค่านี้มี ความหมายเป็น 2 นัย คือ (ยอดชาย, 2552)

1) ค่าอัตราพันธุกรรมในเชิงกว้าง (heritability in the broad sense) คือสัดส่วนของ $\frac{\sigma_G^2}{\sigma_P^2}$
2) ค่าอัตราพันธุกรรมในเชิงแคบ (heritability in the narrow sense) คือสัดส่วนของ $\frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2}$ คิดเฉพาะสัดส่วนของยีนแบบบวกสะสม

ค่าอัตราพันธุกรรม เป็นสัดส่วนของความแปรปรวนอันเนื่องมาจากพันธุกรรมต่อความแปรปรวนทั้งหมดของลักษณะหนึ่งๆ ค่าอัตราพันธุกรรมที่ต้องการใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เป็นอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ (heritability in narrow sense) ซึ่งเป็นสัดส่วนของความแปรปรวนที่เป็นผลเนื่องมาจากยีนแบบบวกสะสมต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ เขียนในรูปสมการได้ดังนี้คือ (สมชัย, 2549)

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2}$$

เมื่อ h^2 = ค่าอัตราพันธุกรรม

σ_P^2 = ความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ

σ_a^2 = ความแปรปรวนของอิทธิพลเนื่องจากยีนแบบบวกสะสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประโยชน์ของค่าอัตราพันธุกรรม ได้แก่

1) เพื่อทราบว่าลักษณะนั้นถ่ายทอดไปยังลูกมากน้อยเพียงใด

2) เพื่อใช้หาค่าการผสมพันธุ์ประมาณ (EBV)

3) ใช้ทำนาย (predict) ผลจากการคัดเลือก

4) ใช้หาความแม่นยำ (accuracy) ในการคัดเลือก

โดยทางทฤษฎีแล้วอัตราพันธุกรรมของลักษณะหนึ่งๆ จะมีค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 จากความสำคัญของค่าอัตราพันธุกรรมที่มีต่อการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ จึงได้มีการศึกษาเพื่อประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจทั้งหลายในสัตว์เลี้ยงโดยทั่วไป และได้มีการรายงานค่าไว้อย่างกว้างขวาง (สมชัย, 2549)

2.5.1 การใช้ค่าอัตราพันธุกรรมเป็นแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์

ค่าอัตราพันธุกรรมโดยทั่วไป หมายถึง อัตราส่วนของความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่มีต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ อาจนำมาพิจารณาในอีกนัยหนึ่งได้เป็น ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันของความสามารถทางพันธุกรรม (ยีโนไทป์) ต่อลักษณะปรากฏ นั่นคือ

$$b_{G/P} = \frac{COV(GP)}{V(P)}$$

$$= \frac{V(G)}{V(P)}$$

$$= h^2$$

เมื่อกำหนดให้ COV(GE) = 0

ดังนั้น h^2หรือ $b_{G/P}$นี้จึงมีลักษณะเป็นตัวสถิติ (statistic) ตัวหนึ่ง ซึ่งเป็นค่าเฉพาะของฝูงสัตว์ใดฝูงสัตว์หนึ่งสำหรับลักษณะปริมาณหนึ่งๆ เพราะฉะนั้นจึงเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความสำคัญ หรืออิทธิพลของพันธุกรรมต่อการแสดงออกของลักษณะในสัตว์ฝูงนั้น เปรียบเทียบกับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าสัตว์ฝูงนั้นควรจะมีการปรับปรุงลักษณะใดด้านพันธุกรรม หรือด้านสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปในฝูงสัตว์ที่มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูง (h^2 สูง) การคัดเลือกภายในฝูงจะเป็นวิธีที่ใช้ เพื่อปรับปรุงการผลิตของสัตว์ หากค่าอัตราพันธุกรรมมีค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปานกลางหรือต่ำ แต่เป็นลักษณะที่พบว่ามีอิทธิพลของเฮตเทอโรซีส การปรับปรุงการผลิตควรพิจารณาการใช้ประโยชน์จากการผสมข้ามแบบใดแบบหนึ่ง ส่วนลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำและไม่มีอิทธิพลของเฮตเทอโรซีส ควรเน้นการปรับปรุงการผลิตไปในด้านของการปรับปรุงสภาพแวดล้อมต่างๆ อาทิ การให้อาหาร การจัดการ หรือระบบการสุขาภิบาล เป็นต้น (สมชัย, 2549)

2.5.2 อัตราพันธุกรรมของลักษณะสมรรถภาพการผลิต

ในการศึกษาของ Dong and Van Vleck (1989) รายงานการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมในโคโฮลสไตน์ฟรีเชียน ด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.32 จากการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี derivative-free REML ภายใต้ animal model ในโคพันธุ์โฮลสไตน์ และพันธุ์เจอร์ซี พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมมีค่าเท่ากับ 0.27 และ 0.43 ตามลำดับ (Campos *et al*., 1994) ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมตลอดระยะการรีดนมที่คำนวณจากค่าองค์ประกอบของความแปรปรวนที่ได้จากการวิเคราะห์โดย Animal model มีค่าเท่ากับ 0.31 0.424 และ 0.30 (จินตนา และวิสุทธิ์, 2541 จิตติกาญจน์, 2554 และAbdallah and McDaniel, 2000) เทียมพบ (2541) รายงานการวิเคราะห์ค่าอัตราพันธุกรรมของ ลักษณะปริมาณน้ำนมทั้งหมด ด้วยวิธี General Expectation Maximization Restricted Maximum Likelihood (EM-REML) พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมของโคนมพันธุ์แท้และโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน ในลักษณะปริมาณน้ำนม 305 วัน และปริมาณน้ำนมรวมมีค่าเท่ากับ 0.528 และ 0.519 ตามลำดับ Dematawewa and Berger (1998) รายงานว่าค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนม 305 วัน ในโคพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน ที่มีลำดับการให้นมตั้งแต่ลำดับที่ 3 เป็นต้นไปมีค่าเท่ากับ 0.44 ในรายงานของประพฤทธิ์ และวัชระ (2546) พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมรวม และปริมาณน้ำนม 305 วันของโคนม AFS APPENDIX 3 มีค่าเท่ากับ 0.31 และ 0.10

Kadarmideen *et al.* (2003) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน มีค่าเท่ากับ 0.28±0.021 วิชัยและคณะ (2548) ศึกษาประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมและผลตอบสนองทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำนม ของโคนม TMZ ด้วยโมเดลตัวสัตว์แบบวิเคราะห์ลักษณะเดียว (univariate animal model) ประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำนมของโคนม TMZ มีค่าเท่ากับ 0.27 จากรายงานของ Seykora and McDaniel (2010) ที่ได้ศึกษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในโคพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน ในสถาบันในรัฐคาโรริ นา จำนวน 5,802 ตัว พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.27 และ Lee *et al.* (no date) รายงานค่าประมาณอัตรา พันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน ของโคนม โฮลสไตน์ในประเทศเกาหลี ด้วย โมเดลตัวสัตว์ โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) มีค่าเท่ากับ 0.25

โดยทางทฤษฎีแล้วอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมจะอยู่ในช่วง 0.25-0.40 และ เป็นลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างสูง (จินตนา และวิสุทธิ์, 2541; สมชัย, 2549) อีกทั้ง Legates and Warwicks (1990) และ Bourdon (1997) รายงานว่า ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะ ปริมาณน้ำนมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2-0.3

ตารางที่ 1 ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมรวม จากการศึกษาต่างๆ

ลักษณะ	วิธีการ	ค่าอัตราพันธุกรรม	อ้างอิง
ปริมาณน้ำนมรวม	REAL	0.320	Dong and Van Vleck (1989)
ปริมาณน้ำนมรวม	REML	0.270	Campos *et al*. (1994)
ปริมาณน้ำนมรวม	EM-REML	0.519	เทียมพบ (2541)
ปริมาณน้ำนม 305 วัน	EM-REML	0.528	เทียมพบ (2541)
ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน	REML (multiple trait animal model)	0.200	Dematawewa and Berger (1998)
ปริมาณน้ำนมรวม	REML (Animal model)	0.310	จินตนา และวิสุทธิ์ (2541)
ปริมาณน้ำนมรวม	REML	0.300	Abdallah and McDaniel (2000)
ปริมาณน้ำนมรวม	Sire model	0.310	ประพฤทธิ์ และวัชระ (2546)
ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน	Sire model	0.100	ประพฤทธิ์ และวัชระ (2546)
ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน	-	0.280	Kadarmideen *et al.* (2003)
ปริมาณน้ำนมรวม	REML (univariate animal model)	0.270	วิชัยและคณะ (2548)
ปริมาณน้ำนมรวม	-	0.270	Seykora and McDaniel (2010)
ปริมาณน้ำนมรวม	REML	0.424	จิตติกาญจน์ (2554)
ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน	REML	0.250	Lee *et al.* (no date)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5.3 อัตราพันธุกรรมของลักษณะสมรรถภาพการสืบพันธุ์

ลักษณะการสืบพันธุ์เป็นอีกลักษณะหนึ่งที่สำคัญทางเศรษฐกิจไม่น้อยไปกว่าลักษณะการให้ผลผลิต เนื่องจากเป็นลักษณะที่มีความสัมพันธ์กัน โดยเฉพาะกับลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการสืบพันธุ์มีค่าอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากความแปรปรวนของยีนแบบบวกสะสมมีค่าน้อยมากในสัดส่วนของความแปรปรวนจากอิทธิพลของลักษณะปรากฏ ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะช่วงห่างการให้ลูกมีค่าอยู่ในช่วง 0.00-0.20 และจำนวนวันท้องว่างมีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.10 (Mao, 1984)

การศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะช่วงห่างการให้ลูก ในโคโฮลสไตน์ฟรีเชียน ด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.15 และ 0.033 (Dong and Van Vleck, 1989 และ Wall *et al.*, 2003) Veerkamp *et al.* (2001) รายงานการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะจำนวนวันท้องว่าง และช่วงห่างการให้ลูก ด้วยวิธี REML พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.03 และ 0.06 ตามลำดับ Chongkasikit (2002) รายงานการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี REML ภายใต้ animal model ของลักษณะจำนวนวันท้องว่าง และช่วงห่างการให้ลูกของโคนมลูกผสม ในภาคเหนือของประเทศไทย พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมมีค่าเท่ากับ 0.03 และ 0.02 ตามลำดับ วิชัย (2547) รายงานการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี REML ของลักษณะอายุเมื่อคลอดลูกตัวแรก จำนวนครั้งการผสมติด จำนวนวันท้องว่าง และช่วงห่างการให้ลูก พบว่ามีค่าอัตราพันธุกรรม เท่ากับ 0.073 0.019 0.040 และ0.038 ตามลำดับ

วินัย และภิรมย์ (2550) รายงานการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี REML ของลักษณะช่วงห่างการให้ลูก ในโคนมไทยฟรีเชียนของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ยะลา พบว่ามีค่าอัตราพันธุกรรมและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.11±0.01 ตามลำดับ Dal Zotto *et al.* (2007) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะ ช่วงห่างการให้ลูก ในโค บราวน์สวิสมีค่าเท่ากับ 0.05 และรายงานค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะปริมาณน้ำนม กับลักษณะช่วงห่างการให้ลูกเป็นบวก ต่อตระกูล (2551) รายงานการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะช่วงห่างการให้ลูก และจำนวนวันท้องว่าง ด้วยวิธี REML โดยใช้โมเดลตัวสัตว์ พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมมีค่าเท่ากับ 0.04 และ 0.06 ตามลำดับจิตติกาญจน์ (2554) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน ในลักษณะช่วงห่างการให้ลูก และลักษณะจำนวนวันท้องว่าง มีค่าเท่ากับ 0.216 และ 0.185 ตามลำดับ และ Lee *et al.* (no date) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะจำนวนวันท้องว่าง ของโคนมโฮลสไตน์ในประเทศเกาหลี ด้วยโมเดลตัวสัตว์ โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) มีค่าเท่ากับ 0.024

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2 ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะช่วงห่างการให้ลูก จากการศึกษาต่างๆ

ลักษณะ	วิธีการ	ค่าอัตราพันธุกรรม	อ้างอิง
ช่วงห่างการให้ลูก	REML	0.150	Dong and Van Vleck (1989)
ช่วงห่างการให้ลูก	REML	0.060	Veerkamp *et al.* (2001)
ช่วงห่างการให้ลูก	REML(Animal model)	0.020	Chongkasikit (2002)
ช่วงห่างการให้ลูก	-	0.330	Wall *et al.* (2003)
ช่วงห่างการให้ลูก	REML	0.038	วิชัย (2547)
ช่วงห่างการให้ลูก	REML	0.110	วินัย และภิรมย์ (2550)
ช่วงห่างการให้ลูก (บราวน์สวิส)	-	0.050	Dal Zotto *et al.* (2007)
ช่วงห่างการให้ลูก	REML	0.040	ต่อตระกูล (2551)
ช่วงห่างการให้ลูก	REML	0.216	จิตติกาญจน์ (2554)

ตารางที่ 3 ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะจำนวนวันท้องว่าง จากการศึกษาต่างๆ

ลักษณะ	วิธีการ	ค่าอัตราพันธุกรรม	อ้างอิง
จำนวนวันท้องว่าง	REML	0.030	Veerkamp *et al.* (2001)
จำนวนวันท้องว่าง	REML(Animal model)	0.030	Chongkasikit (2002)
จำนวนวันท้องว่าง	REML	0.040	วิชัย (2547)
จำนวนวันท้องว่าง	REML	0.060	ต่อตระกูล (2551)
จำนวนวันท้องว่าง	REML	0.185	จิตติกาญจน์ (2554)
จำนวนวันท้องว่าง	REML(Animal model)	0.024	Lee *et al.* (no date)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6 สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ (Genetic correlation; r_g and Phenotypic correlation; r_p)

ในการวางแผนคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์สัตว์นั้น เราจะต้องเลือกปรับปรุงลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เพื่อความก้าวหน้าในการคัดเลือก หากทำการคัดเลือกทีละลักษณะก็จะเพิ่มความก้าวหน้าในการคัดเลือกลักษณะนั้นๆ ได้เร็ว และถ้าหากคัดเลือกทีละหลายๆ ลักษณะไปพร้อมๆ กันความก้าวหน้าในการคัดเลือกจะเป็นไปอย่างช้าๆ การคัดเลือกหลายๆ ลักษณะพร้อมๆ กัน เราจะต้องทราบว่าลักษณะใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของลักษณะทางเศรษฐกิจในโคนั้นบางลักษณะอาจจะมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกหรืออาจจะมีความสัมพันธ์ในเชิงลบ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง –1 ถึง +1 (สมชัย, 2549) การวัดความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสองลักษณะสามารถวัดออกมาได้ด้วยค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genetic correlation) และสหสัมพันธ์ลักษณะปรากฏ (phenotypic correlation) ซึ่งการวัดค่าสหสัมพันธ์ทั้งสองแบบนั้นจำเป็นต้องวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน และความแปรปรวนร่วม (analysis of variance and covariance) ของสองลักษณะพร้อมกัน ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม สหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ และสหสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อมคำนวณได้จากสูตรดังนี้

2.6.1 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

$$r_{g_{xy}} = \frac{COV_g(x,y)}{\sqrt{V_g(x).V_g(y)}}$$

เมื่อ $r_{g_{xy}}$ = สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะ x และ y

$COV_g(x,y)$ = ความแปรปรวนร่วมทางพันธุกรรมของลักษณะ x และ y

x, y = ลักษณะที่ทำการศึกษาในโคแต่ละสายพันธุ์

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างอายุเมื่อคลอดลูกตัวแรก กับจำนวนครั้งการผสมติดและจำนวนวันท้องว่าง มีความสัมพันธ์กันเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.08-0.14 (Moore *et al*., 1990, Grosshans *et al*., 1997 อ้างโดย ชนิดา, 2553) Dong and Van Vleck (1989) รายงานและค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างปริมาณน้ำนมรวมและช่วงห่างการให้ลูกมีค่าเท่ากับ 0.09 Compos *et al*. (1994) รายงานค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะช่วงห่างการให้ลูกกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จำนวนวันท้องว่างโดยศึกษาในโคพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน และโคพันธุ์เจอร์ซี พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.519 และ 0.676 ตามลำดับ

Kadarmideen *et al*. (2003) รายงานค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วันและลักษณะช่วงห่างการให้ลูก มีค่าเท่ากับ 0.04±0.094 วิชัย และคณะ (2548) รายงานค่า สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ระหว่าง ช่วงห่างการให้ลูกกับจำนวนวันท้องว่าง มีค่าเท่ากับ 0.994 และระหว่างลักษณะปริมาณน้ำนม กับจำนวนวันท้องว่างและช่วงห่างการให้ลูก มีค่าเท่ากับ 0.216 และ 0.268 ตามลำดับ ต่อตระกูล (2551) รายงานค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ของลักษณะปริมาณน้ำนมรวม กับ ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน ช่วงห่างการให้ลูก และจำนวนวันท้องว่าง มีค่าเท่ากับ 0.964 0.484 และ 0.547 ตามลำดับ ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน กับ ช่วงห่างการให้ลูก และจำนวนวันท้องว่าง มีค่าเท่ากับ 0.459 และ 0.513 ตามลำดับ ช่วงห่างการให้ลูกกับจำนวนวันท้องว่าง มีค่าเท่ากับ 0.980 และ Seykora and McDaniel (2010) ศึกษาค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะปริมาณน้ำนมกับจำนวนวันท้องว่าง ในโคพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน ในสถาบันในรัฐคาโรรินา ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์หลายวิธี พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.35 ถึง 0.60

2.6.2 ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ

$$r_{p_{xy}} = \frac{COV_p(x,y)}{\sqrt{V_p(x).V_p(y)}}$$

เมื่อ $r_{p_{xy}}$ = ค่าสหสัมพันธ์ลักษณะปรากฏของลักษณะ x และ y

$COV_p(x,y)$ = ความแปรปรวนร่วมลักษณะปรากฏของลักษณะ x และ y

x, y = ลักษณะที่ทำการศึกษาในโคแต่ละสายพันธุ์

Grosshans *et al*. (1997) รายงานค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างจำนวนวันท้องว่าง กับช่วงห่างการให้ลูก มีค่าเท่ากับ 0.90 ในการศึกษาของ Dematawewa and Berger (1998) พบว่าค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของลักษณะปริมาณน้ำนม กับลักษณะจำนวนวันท้องว่าง มีค่าเท่ากับ 0.63 Kadarmideen *et al.* (2003) รายงานค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วันและลักษณะช่วงห่างการให้ลูก มีค่าเท่ากับ 0.23±0.005 ต่อตระกูล (2551) รายงานค่าสหสัมพันธ์ลักษณะปรากฏของลักษณะปริมาณน้ำนมรวม กับ ปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน ช่วงห่างการให้ลูก และจำนวนวันท้องว่าง มีค่า

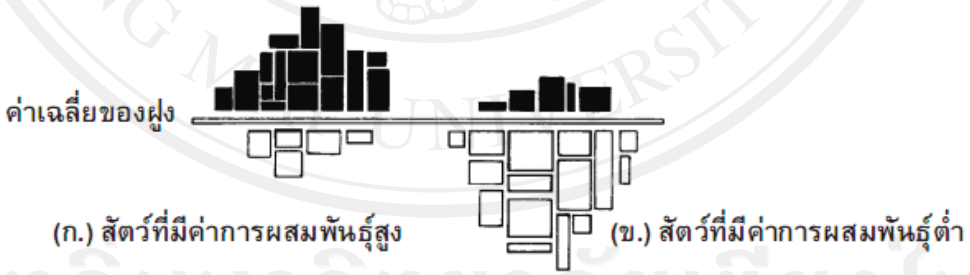
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่ากับ 0.825 0.175 และ 0.171 ตามลำดับ ลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน กับช่วงห่างการให้ลูกและจำนวนวันท้องว่าง มีค่าเท่ากับ 0.004 และ 0.003 ช่วงห่างการให้ลูกกับจำนวนวันท้องว่าง มีค่าเท่ากับ 0.976 และ ในการศึกษาของชนิดา (2553) พบว่าค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ ของจำนวนวันท้องว่างและช่วงห่างการให้ลูก มีค่าเท่ากับ 0.995

2.7 คุณค่าการผสมพันธุ์ (estimated breeding value: EBV)

ค่าคุณค่าการผสมพันธุ์ (estimated breeding value: EBV) เป็นค่าทำนายว่าสัตว์แต่ละตัวมีอิทธิพลของยีนบวกสะสมอยู่ปริมาณเท่าใด ตัวแบบที่ใช้กันมากเป็นตัวแบบตัวสัตว์แบบผสม (animal mixed model) ที่ประกอบไปด้วยทั้งอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่ม ใช้ข้อมูลจากสัตว์ทุกตัวมาคำนวณและมีการปรับอิทธิพลเนื่องจากอิทธิพลคงที่ต่างๆ แล้ว

สามารถอธิบายให้เข้าใจง่ายขึ้น ตามภาพ ให้อิฐแต่ละก้อนเปรียบเหมือนยีน ยีนบางตัวมีผลในทางลบ บางตัวมีผลในทางบวก ขนาดของอิฐแต่ละก้อนเปรียบเหมือนผลของยีนที่มีแตกต่างกัน ตามภาพที่ 3 มียีนเป็นคู่ (allele) 10 คู่ หรือยีน 20 ตัว ยีนแต่ละตัวเป็นผลบวกสะสมที่แสดงออกเป็นค่าการผสมพันธุ์หนึ่ง เส้นกลางเป็นค่าเฉลี่ยของฝูง ยีนสีดำด้านบนเป็นยีนที่แสดงผลที่สูงกว่าเฉลี่ย สีขาวด้านล่างต่ำกว่าเฉลี่ย ภาพ ก. ผลรวมของยีนสูงกว่าเฉลี่ย ภาพ ข.ต่ำกว่าเฉลี่ย

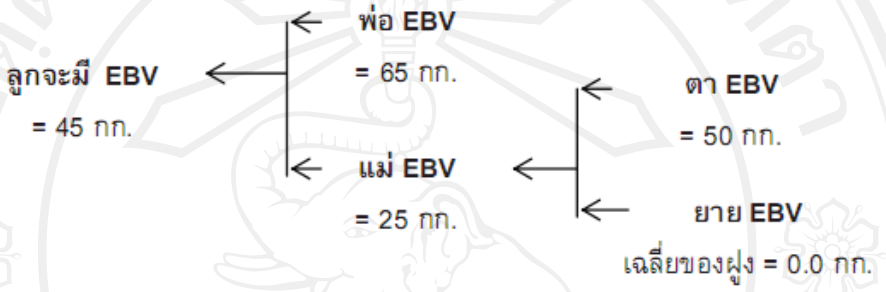


ภาพที่ 3 ความหมายของคุณค่าการผสมพันธุ์
ที่มา: Mankin (ไม่ระบุปี) (อ้างโดย ยอดชาย, 2552)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้ประโยชน์จากคุณค่าการผสมพันธุ์ ได้แก่

1) เรียงลำดับที่ของสัตว์เพื่อใช้ในการคัดเลือก
2) ประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์เฉลี่ยของลูกที่จะได้จากการผสมพันธุ์ก่อนที่จะทำการผสมพันธุ์จริงระหว่างพ่อกับแม่ โดยลูกจะได้รับค่าการผสมพันธุ์จากพ่อและแม่อย่างละครึ่ง



ภาพที่ 4 แผนภาพแสดงการได้รับค่าการผสมพันธุ์จากพ่อและแม่อย่างละครึ่ง
ที่มา: ยอดชาย (2552)

มีการศึกษาประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ของโคนมในหลายๆ พื้นที่ในประเทศไทย เช่น การศึกษาประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ในโคนมพันธุ์ เอ เอฟ เอส ของ ทวี และสมเพชร (2544) พบว่า คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะผลผลิตน้ำนมของโคพ่อพันธุ์ มีค่าสูงสุดถึงต่ำสุดเท่ากับ +502.11 ถึง -320.87 กิโลกรัม และโคเพศเมีย มีคุณค่าการผสมพันธุ์สูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ +834.47 ถึง -1,139.4 กิโลกรัม วิสุทธิ์ และคณะ (2543) รายงานว่าโคนมพันธุ์แท้โฮลสไตน์ที่คัดเลือกไว้เพื่อทำพันธุ์ ภายใต้โครงการปรับปรุงพันธุ์โคนมไทยฟรีเชียน มีคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์ สูงสุดถึงต่ำสุด เท่ากับ +1,044.21 ถึง -629.37 กิโลกรัม และโคเพศเมีย มีคุณค่าการผสมพันธุ์สูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ +2,048.4 ถึง -995.1 กิโลกรัม ต่อตระกูล (2551) รายงานคุณค่าการผสมพันธุ์ของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียนในอำเภอไชยปราการ พบว่า คุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมรวม มีค่าอยู่ระหว่าง - 845.01 ถึง +720.06 กิโลกรัม ลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง -828.98 และ +718.36 กิโลกรัม วิชัยและคณะ (2548) ได้ศึกษาข้อมูลผลผลิตน้ำนมของโคนมตามโครงการสร้างพันธุ์โคนม TMZ ที่เลี้ยงในศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ลำพญากลางและฟาร์มเกษตรกรเครือข่ายโครงการสร้างพันธุ์โคนม TMZ จำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 1,222 ข้อมูล พบว่าค่า EBV ของพ่อโคนม TMZ ที่ประเมินจำนวน 17 ตัว

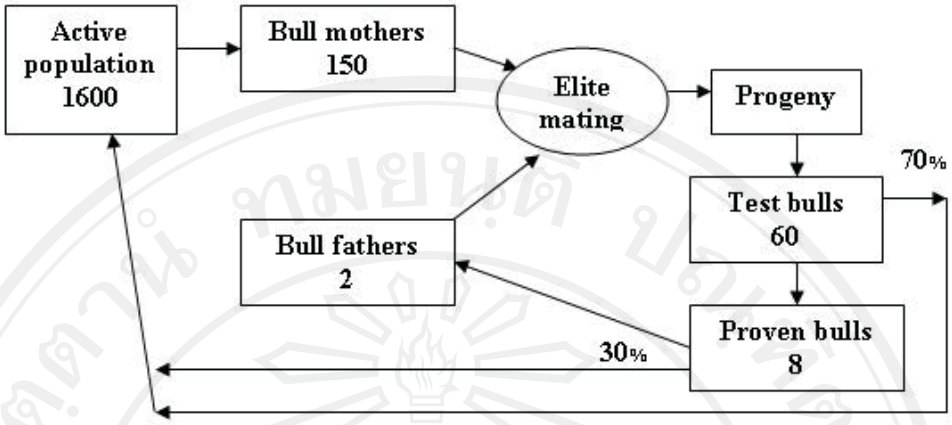
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีค่าอยู่ในช่วง -132.22 ถึง +146.62 กิโลกรัม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -5.70 กิโลกรัม มีพ่อโคจำนวน 6 พ่อ ที่มีค่า EBV เป็นบวก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.22 กิโลกรัม

2.8 แผนการผสมพันธุ์ (Breeding plans)

ในแผนการผสมพันธุ์ (Breeding plans) การคัดเลือกพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ที่ดี ที่มีลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจต่างๆ เป็นไปตามเป้าหมายของการปรับปรุงพันธุ์ที่ได้วางไว้ และทำให้มีโอกาสขยายพันธุ์ต่อไปในฝูง จะเป็นแนวทางหนึ่งที่มีส่วนช่วยทำให้ลักษณะนั้นๆ ของสัตว์ในฝูงเป็นไปในทิศทางที่กำหนด เรียกว่า เกิดความก้าวหน้าทางพันธุกรรม และแผนการผสมพันธุ์ที่จะช่วยทำให้ความก้าวหน้าทางพันธุกรรมเป็นไปได้อย่างรวดเร็วนั้น ต้องมีสัดส่วนที่เหมาะสมของส่วนประกอบต่างๆ ในแผนการผสมพันธุ์ เช่น ขนาดของประชากร ความสามารถในการทดสอบ อัตราพันธุกรรม ความเข้มข้นในการคัดเลือก อัตราเลือดชิด ขนาดที่เหมาะสมของกลุ่มลูกสาวที่ใช้ทดสอบในการทดสอบพ่อพันธุ์ และสัดส่วนที่เหมาะสมของ young bulls และ proven bulls ในแผนการผสมพันธุ์ (Skjervold and Langholz, 1964 อ้างโดย Chongkasikit, 2002) Radovan *et al.* (no date) ได้ทำแผนการผสมพันธุ์ ศึกษาในโคพันธุ์พินกัวเออร์ (Pinzgauer) ในประเทศสโลวาเกีย (ภาพที่ 5) ในหนึ่งรอบการปรับปรุงพันธุ์ มีการคัดเลือกแม่พันธุ์ชั้นดี (elite cows) จำนวน 150 ตัว (i = 1.311) จากประชากรโคจำนวน 1,600 ตัว ซึ่งจะถูกผสมด้วยพ่อพันธุ์ชั้นดี (elite bulls) จำนวน 2 ตัว (i=1.839) ซึ่งเมื่อได้ลูกออกมา ก็จะมีการคัดเลือกจากประชากรพ่อพันธุ์ทดสอบ (testing bulls) จำนวน 60 ตัว จากประชากรที่มีการกระจายตัวแบบปกติ และมีการผสมพันธุ์กันตามธรรมชาติ ทำให้ค่าความเข้มข้นในการคัดเลือกมีค่าต่ำ (i=0.35) ซึ่งน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์ทดสอบ (testing bulls) จะถูกนำไปผสมกับประชากรพื้นฐาน และพ่อพันธุ์ทดสอบก็จะถูกทำการทดสอบลูก (progeny test) เพื่อให้ได้พ่อพันธุ์ที่ผ่านการทดสอบจำนวน 8 ตัว น้ำเชื้อของพ่อพันธุ์ที่ผ่านการทดสอบก็จะถูกนำไปผสมกับประชากรพื้นฐาน หลังจากการที่ได้พ่อพันธุ์ที่ผ่านการทดสอบ 8 ตัวแล้ว พ่อพันธุ์ทั้ง 8 ตัวก็จะถูกคัดเลือกต่อเพื่อที่จะได้ พ่อของพ่อพันธุ์ (bull fathers) จำนวน 2 ตัว เพื่อนำไปใช้ผสมกับ แม่ของพ่อพันธุ์ (bull dams) ต่อไป ส่วนความเข้มข้นในการคัดเลือกแม่ของแม่พันธุ์ (cow dams) มีค่าเท่ากับ i = 0.07

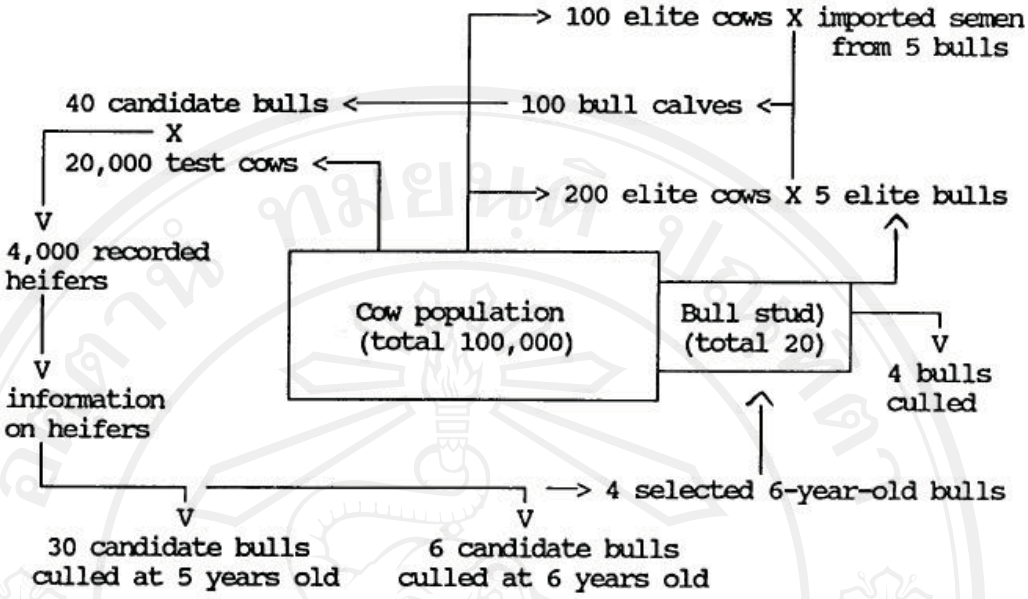
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5 แผนการผสมพันธุ์ของโคพันธุ์พินกัวเออร์ ในประเทศ สโลวาเกีย (Radovan *et al*., no date)

Weller (1988) ได้ทำการศึกษาปรับปรุงพันธุ์ ในประชากรโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน ในประเทศอิสราเอล (ภาพที่ 6) ในแผนการผสมพันธุ์ได้มีการคัดเลือกแม่โคชั้นดี (Elite cows) จำนวน 300 ตัว จากประชากรพื้นฐาน 100,000 ตัว โดย 200 ตัวจะถูกนำไปผสมกับพ่อพันธุ์ชั้นดีภายในประเทศ (Local Elite sires) จำนวน 5 ตัว และที่เหลืออีก 100 ตัว มีการนำน้ำเชื้อพ่อพันธุ์จากต่างประเทศจำนวน 5 ตัวเข้ามาผสม จากการผสมจะได้ลูกโคเพศผู้จำนวน 100 ตัว และลูกโคเพศผู้จำนวนนี้จะถูกคัดเลือกโดยวิธีทดสอบลูก (progeny test) ให้เป็นโคทดสอบ (young bull) 40 ตัว ต่อมาโคทดสอบที่ถูกคัดเลือก 40 ตัวจะนำมาผสมกับโคสาว 20,000 ตัว เพื่อผลิตข้อมูลประมาณ 100 ข้อมูลต่อพ่อพันธุ์ 1 ตัว และแม่พันธุ์ที่เหลือทั้งหมดจะถูกผสมด้วยพ่อพันธุ์ที่ผ่านการทดสอบแล้ว (proven sires) เมื่อโคทดสอบมีอายุประมาณ 5 ปี ซึ่งส่วนใหญ่ลูกสาวจะสิ้นสุดในระยะของการให้นมแรกแล้ว ก็จะมีการคัดโคทดสอบอีกให้เหลือ 10 ตัว และในที่สุดก็มีการคัดจนได้โคเพศผู้ที่ผ่านการทดสอบแล้ว (proven bulls) จำนวน 4 ตัวต่อปี แต่ในจำนวนนี้จะถูกคัดให้เป็นพ่อของพ่อพันธุ์ (bull sires) เพียงแค่สองตัวเท่านั้น จากแผนการผสมพันธุ์นี้พบว่าแนวโน้มทางพันธุกรรมของลักษณะทั้งหมดมีทิศทางที่ดีขึ้น ยกเว้นในลักษณะเปอร์เซ็นต์ไขมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 6 แผนการผสมพันธุ์ในประเทศ อิสราเอล (Weller, 1988)

2.9 สัดส่วนต่างๆ ในแผนการปรับปรุงพันธุ์

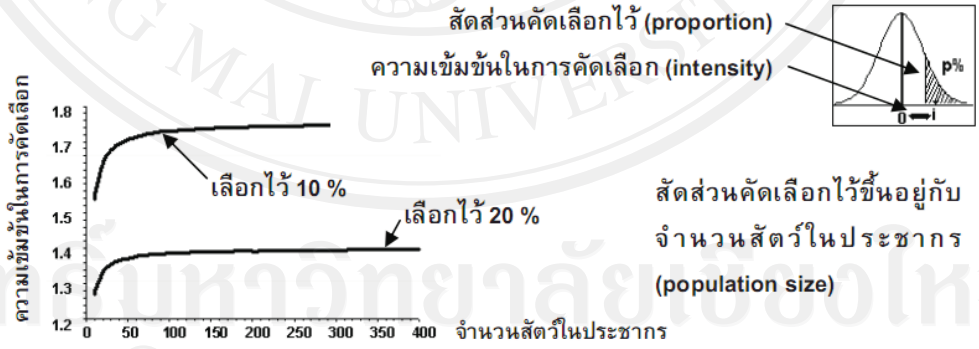
แผนการปรับปรุงพันธุ์ที่เหมาะสมของโคนม ปกติแล้วจะทำเพื่อเพิ่มความก้าวหน้าทางพันธุกรรม (genetic progress) แต่สิ่งที่จะเพิ่มขึ้นด้วยก็คือ อัตราเลือดชิดและความแปรปรวนของผลตอบสนอง (Variance of the response) ซึ่งจะเพิ่มตามจำนวนที่ลดลงของพ่อพันธุ์ที่ถูกคัดเลือก แต่เนื่องจากเหตุผลนี้เราสามารถประยุกต์ได้ โดยการกำหนดจำนวนพ่อพันธุ์ที่ถูกคัดเลือกต่อปี อย่างไรก็ตาม อัตราเลือดชิด และความแปรปรวนของผลตอบสนองในแต่ละปี เป็นผลมาจากระยะการใช้งาน (Generation Interval) ความแม่นยำในการคัดเลือก (Accuracy of selection) การคัดเลือกร่วม (coselection of sibs) และจำนวนแม่ที่ถูกคัดเลือก (Meuwissen and Woolliams, 1994 อ้างโดย ต่อตระกูล, 2551) สัดส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบในแผนการปรับปรุงพันธุ์ มีส่วนทำให้เกิดความก้าวหน้าทางด้านพันธุกรรมของโคนม เช่น ขนาดที่เหมาะสมของจำนวนลูกสาวในการใช้ประเมินพ่อพันธุ์ สัดส่วนของพ่อพันธุ์ที่ผสมเพื่อทดสอบความสามารถทางพันธุกรรม (young bulls) กับพ่อพันธุ์ที่พิสูจน์แล้ว (proven bulls) เป็นต้น Dekkers *et al*. (1996) รายงานว่าขนาดของลูกสาวที่ใช้ทดสอบ (progeny test) ที่เหมาะสม ที่จะทำให้เกิดความก้าวหน้าทางพันธุกรรม (genetic progress) อยู่ที่ 57-61 ตัวต่อพ่อพันธุ์ ต่อมา Powell *et al*. (2002) รายงานว่าขนาดของกลุ่มลูกสาวที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ใช้ทดสอบ (progeny test group) ที่อยู่ระหว่าง 104-127 ตัว จะทำให้ค่าความเชื่อมั่นสูงถึง 90% และในการศึกษาของ Willam *et al.* (2002) รายงานว่าในแผนการผสมพันธุ์ของโคพันธุ์ Austrain Simmental และ Brown Swiss สัดส่วนของพ่อพันธุ์ทดสอบ (test bulls) ที่ใช้คือ 0.4 และ 0.7 ตามลำดับ Radovan *et al.* (no date) รายงานการศึกษาแผนการปรับปรุงพันธุ์โคพันธุ์พินกัวเออร์ (Pinzgauer) ในประเทศสโลวาเกีย พบว่ามีการใช้ test bulls 70% และ young bulls 30% เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

2.10 ความเข้มข้นของการคัดเลือก (selection intensity: i)

หรืออัตราการคัดเลือก เช่นถ้าสัดส่วนการคัดเลือกไว้ (proportion selected: p) มีจำนวนมาก (ในทางกลับกันก็คือสัดส่วนที่ถูกคัดออกมีจำนวนน้อย) เมื่อเทียบกับจำนวนทั้งหมดในประชากร หมายความว่าในการคัดเลือกนั้นมีความเข้มข้นต่ำ แต่ถ้าสัดส่วนคัดเลือกไว้น้อย แสดงว่ามีความเข้มข้นสูง เช่น จำนวนประชากรมี 100 คัดเลือกไว้ 100 หมายถึง ไม่มีการคัดเลือก หรือ คัดไว้ 100% หรือ 1จำนวนประชากรมี 100 คัดเลือกไว้ 10 หมายถึง มีการสัดส่วนในการคัดเลือกไว้ 10% หรือ 0.1 และจำนวนประชากรมี 100 คัดเลือกไว้ 1 หมายถึง มีการสัดส่วนในการคัดเลือกไว้ 1% หรือ 0.01 ความหมายของสัดส่วนคัดเลือกไว้ และความเข้มข้นในการคัดเลือกดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ความหมายของสัดส่วนคัดเลือกไว้ ความเข้มข้นในการคัดเลือก และจำนวนประชากร
ดัดแปลงจาก: Dekker (no date.) (อ้างโดย ยอดชาย, 2552)

ความก้าวหน้าทางพันธุกรรม (genetic progress) ขึ้นอยู่กับปัจจัย 4 ประการคือ ช่วง คือช่วงรุ่น (generation interval) ความเข้มข้นในการคัดเลือก (selection intensity: i) ความแปรผัน (variation) ของลักษณะที่ทำการคัดเลือก และความแม่นยำในการคัดเลือก (accuracy of selection)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(ยอดชาย, 2552) โดยสรุปความเข้มข้นของการคัดเลือก เป็นค่าซึ่งวัดในปริมาณของความแตกต่างจากการคัดเลือกและเป็นค่าซึ่งผูกพันโดยตรงกับสัดส่วนของสัตว์ที่ถูกคัดไว้ทำพันธุ์ ขณะที่ปริมาณของสัตว์ที่ต้องคัดจากประชากรเพื่อใช้ผสมพันธุ์ต่อไปมีค่าขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อัตราการขยายพันธุ์ซึ่งมีค่าแตกต่างกันไปในสัตว์ชนิดต่างๆ ระบบการจัดการซึ่งช่วยลดอัตราการตายและเทคโนโลยีอื่นๆ เช่น การประยุกต์ใช้การผสมเทียมและน้ำเชื้อแช่แข็ง ซึ่งเพิ่มความเข้มข้นของการคัดเลือกในเพศผู้ การทำให้ไข่สุกจำนวนมาก (superovulation) และการย้ายไข่ (ova transfer) ซึ่งทำให้ความเข้มข้นของการคัดเลือกในเพศเมียเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ปริมาณสัตว์ที่ควรเก็บไว้ทำพันธุ์ ยังขึ้นอยู่กับสภาพการเลี้ยงด้วย ว่ากำลังขยายจำนวน คงจำนวน หรือลดจำนวนสัตว์ในฝูงแม้ในภาวะที่ต้องการคงจำนวนสัตว์ในฝูง ปริมาณสัตว์ที่จะต้องเก็บไว้ทำพันธุ์ยังมีความแตกต่างกันไป ในฝูงสัตว์ต่างๆ ที่มีระบบการจัดการต่างกัน ตารางที่ 4 ได้แสดงค่าปริมาณสัตว์เพศผู้ และเพศเมียที่ควรเก็บไว้ทำพันธุ์เพื่อการคงจำนวนสัตว์ในฝูง (ตามคำแนะนำของ Warwick and Legates, 1979 อ้างโดยสมชัย, 2549)

ตารางที่ 4 ปริมาณสัตว์ที่ควรเก็บไว้ทำพันธุ์เพื่อการคงจำนวนสัตว์ในฝูง

ชนิดสัตว์	เปอร์เซ็นต์ที่ควรเก็บไว้ทำพันธุ์	
	เพศผู้	เพศเมีย
โคเนื้อ	4-5	40-50
โคนม	4-5	50-60
ม้า	3-5	30-50
แกะ	2-4	40-50
สุกร	1-2	10-15

ที่มา: สมชัย (2549)

2.11 จำนวนปีที่ใช้งาน (generation interval: L)

ช่วงของชั่วชีวิต (generation interval) โดยทั่วไปช่วงของการใช้งานของฝูงสัตว์ผสมพันธุ์มักจะหมายถึงค่าเฉลี่ยของอายุของพ่อแม่เมื่อคลอดลูก ดังนั้นจึงมีค่าแตกต่างกันไปในสัตว์ชนิดต่าง ตัวอย่างของช่วงของชั่วชีวิตของสัตว์บางชนิดได้นำมาเขียนแสดงไว้ในตารางที่ 5 การจัดการในลักษณะพิเศษบางอย่างเช่น การผสมสัตว์เร็วขึ้นสามารถที่จะย่นช่วงของชั่วชีวิตลงได้ (สมชัย, 2549)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 ช่วงของชั่วชีวิตโดยประมาณของสัตว์บางชนิด

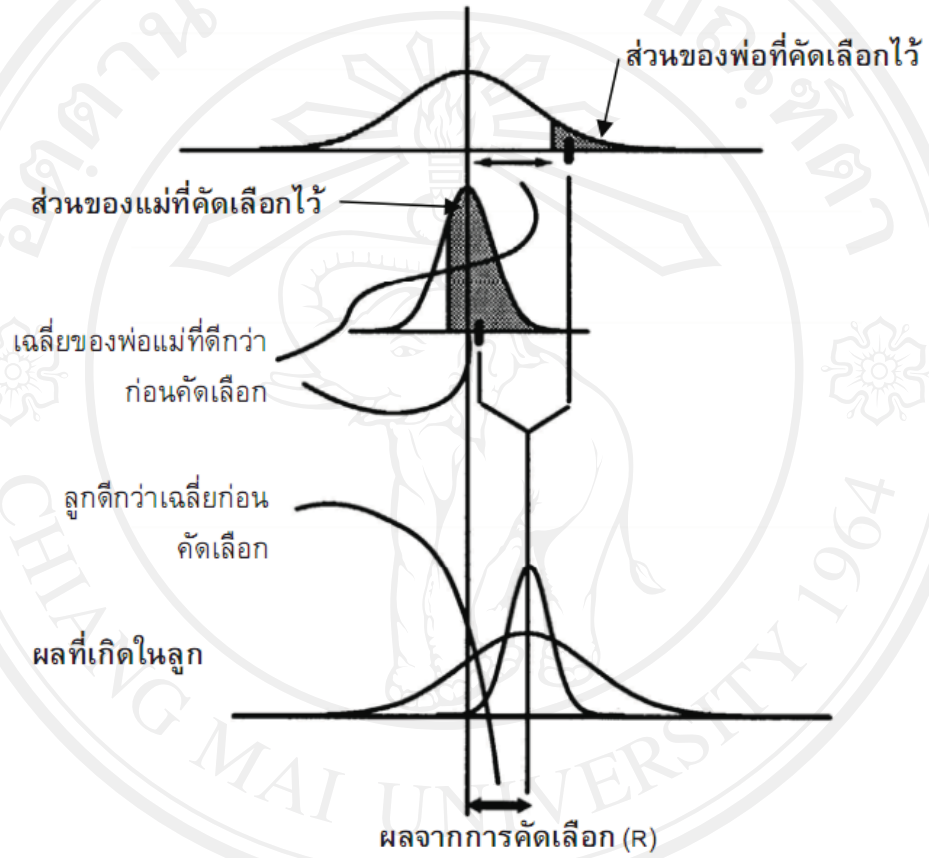
ชนิดสัตว์	ช่วงของชีวิต (ปี)	
	เพศผู้	เพศเมีย
โคเนื้อ	3.0	4.5
โคนม	3.0	4.5
แกะ	2.0	4.0
สุกร	1.5	1.5

แต่ค่าจำนวนปีที่ใช้งาน (generation interval: L) ของสัตว์ที่จะนำไปใช้ในการคำนวณผลตอบสนองต่อแผนปรับปรุงพันธุ์จะหมายถึงระยะเวลาที่สัตว์ใช้งานจริงในฝูง คือระยะตั้งแต่สัตว์สามารถให้ผลผลิตครั้งแรก หรือมีการใช้งานครั้งแรก จนถึงการใช้งานครั้งสุดท้าย Berry (2007) รายงานช่วงของการใช้งาน ในแผนการผสมพันธุ์โคนมของประเทศไอร์แลนด์ เมื่อแบ่งการคัดเลือกออกเป็นสี่ส่วน คือพ่อของพ่อพันธุ์ แม่ของพ่อพันธุ์ พ่อของแม่พันธุ์ และแม่ของแม่พันธุ์ มีค่าเท่ากับ 8.15 3.94 7.63 และ 4.03 ตามลำดับ Chongkasikit (2002) รายงานว่า จำนวนปีที่ใช้งานในประชากรโคนมลูกผสมทางภาคเหนือของประเทศไทย ของพ่อของพ่อพันธุ์ แม่ของพ่อพันธุ์ พ่อของแม่พันธุ์ แม่ของแม่พันธุ์ และพ่อพันธุ์ทดสอบ เท่ากับ 6 3.35 6 5.5 และ 2.5 ปี ตามลำดับ ต่อตระกูล (2551) รายงานว่าจำนวนปีที่ใช้งานของประชากรโคนมในจังหวัดเชียงใหม่ ของพ่อของพ่อพันธุ์ แม่ของพ่อพันธุ์ พ่อของแม่พันธุ์ แม่ของแม่พันธุ์ และพ่อพันธุ์ทดสอบ เท่ากับ 0 1.37 2.3 8 และ 1 ปี ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.12 ผลตอบสนองต่อการคัดเลือก (Response to selection)

การคัดเลือกหมายถึง การคัดเลือกพ่อและแม่พันธุ์ให้ทำการผสมพันธุ์ ผลตอบสนองจากการคัดเลือก (response to selection สัญลักษณ์ R) จะไปปรากฏในลูก ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ผลจากการคัดเลือกพ่อแม่ที่ปรากฏในลูก
ที่มา: Hammond et al. (1992) (อ้างโดย ยอดชาย, 2552)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลตอบสนองการคัดเลือก (selection response : ΔG หรือ R) คือ ค่าที่แสดงให้เห็นว่าภายหลังจากการปรับปรุงพันธุ์ มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยในฝูงสัตว์ของลักษณะนั้นเปลี่ยนแปลงเท่าใดในชั่วถัดไป หรือคำนวณเป็นผลตอบสนองต่อการคัดเลือกต่อปี (ΔG ต่อปี หรือ R ต่อปี) ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ คือ ความแตกต่างจากการคัดเลือก อัตราพันธุกรรมของลักษณะความเข้มข้นของการคัดเลือก ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะปรากฏ และชั่วอายุ (เทอดไชย, มปป.) ผลตอบสนองของของแผนการปรับปรุงพันธุ์ จะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของชนิดสัตว์ในประชากร (ณัฐพล, 2548) สมการ

แสดงผลตอบสนองของการคัดเลือกเขียนแสดงในรูปของสัญลักษณ์ที่กำหนดให้ใหม่ได้เป็น (สมชัย, 2549)

$$R = h^2 S$$

จะเห็นได้ว่าสมการดังกล่าวข้างต้นสามารถประยุกต์ใช้คำนวณค่าของอัตราพันธุกรรมของลักษณะได้ โดยที่ h^2 = R/S และอัตราพันธุกรรมที่คำนวณในลักษณะเช่นนี้มีชื่อเรียกเฉพาะทางด้านการปรับปรุงพันธุสัตว์ว่า "อัตราพันธุกรรมประจักษ์" (realized heritability)

ในทางสถิติถือว่าเป็นการแปลงค่าตัวแปรซึ่งมีการกระจายปกติให้เป็นตัวแปรซึ่งมีการกระจายปกติแบบมาตรฐาน หรือที่เรียกทับศัพท์ว่า “standard normal distribution” ในทางปฏิบัติการปรับให้อยู่ในมาตรฐานเดียว สามารถกระทำได้โดยการหาร S และ R ด้วย P ดังนั้นสมการของผลตอบสนองของการคัดเลือกจะเปลี่ยนเป็น

$$\frac{R}{\sigma_P} = \frac{S}{\sigma_P} . h^2$$

ค่า $\frac{S}{\sigma_P}$ ซึ่งเท่ากับ $\frac{\bar{P}_s - \bar{P}_0}{\sigma_P}$ มีชื่อเรียกเฉพาะว่า "ความเข้มข้นของการคัดเลือก” (selection intensity) นิยมเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ i ดังนั้นสมการค่าคาดคะเนของการเปลี่ยนแปลงความสามารถทางพันธุกรรมสามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$R = i . \sigma_P . h^2$$

นอกเหนือไปจากสมการดังแสดงข้างต้น สมการของ R สามารถดัดแปลงเขียนในแบบต่างๆ ได้หลายแบบ สมการเหล่านั้นได้แก่

$$R = i . \sigma_P . \sigma_G^2 / \sigma_P$$

$$= i . \sigma_G^2 / \sigma_P$$

$$= i . \sigma_G . h$$

$$= i . COV(GP) / \sigma_P$$

$$= i . \sigma_G . r_{GP}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการกล่าวถึงปัจจัยต่างๆ ซึ่งมีผลต่อผลตอบสนองของการคัดเลือก ในที่นี้จะได้ยึดสมการหลังสุดเป็นหลัก นั่นคือผลตอบสนองของการคัดเลือกมีค่าขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้นของการคัดเลือก (i) ความเบี่ยงเบนมาตรฐานทางพันธุกรรมของลักษณะ (σ_G) และสหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางพันธุกรรมกับแหล่งของข้อมูลที่ใช้ในการประเมินหา (ในกรณีนี้คือลักษณะปรากฏ) ซึ่งเรียกกันในทางวิชาการปรับปรุงพันธุ์ว่า “ความแม่นยำของการคัดเลือก” (accuracy of selection)

ผลตอบสนองของการคัดเลือกดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เป็นผลตอบสนองต่อหนึ่งชั่วของการคัดเลือกหรือหนึ่งชั่วอายุสัตว์ แต่ช่วงของชั่วอายุของสัตว์ต่างกันจะใช้เวลาต่างๆ กัน ดังนั้นเพื่อเป็นการแสดงให้เห็นประสิทธิภาพของการคัดเลือก ผลตอบสนองของการคัดเลือกจึงควรจะแสดงต่อหน่วยของเวลา (ต่อปี) ซึ่งการคำนวณสามารถทำได้ดังนี้

$$R/\text{ปี} = i.\sigma_G.r_{GP}/L$$

เมื่อ L = ช่วงของชั่วอายุคิดเป็นปี ซึ่งสามารถคำนวณได้ง่ายๆ จากค่าเฉลี่ยของอายุของพ่อและแม่ซึ่งให้ลูกสำหรับใช้ทำพันธุ์ในชั่วต่อไป

สำหรับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีค่าต่ำนั้น อาจสืบเนื่องมาจากความสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรม และสิ่งแวดล้อม จากความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง พันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม โคนมที่มีสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียนมากกว่า 75% HF แต่น้อยกว่า 100% HF นั้นให้ผลผลิตน้ำนมรวมและไขมันในช่วง 305 วัน สูงกว่าโคนมพันธุ์แท้โฮลสไตน์ฟรีเชียน (ศกร และคณะ, 2551b)

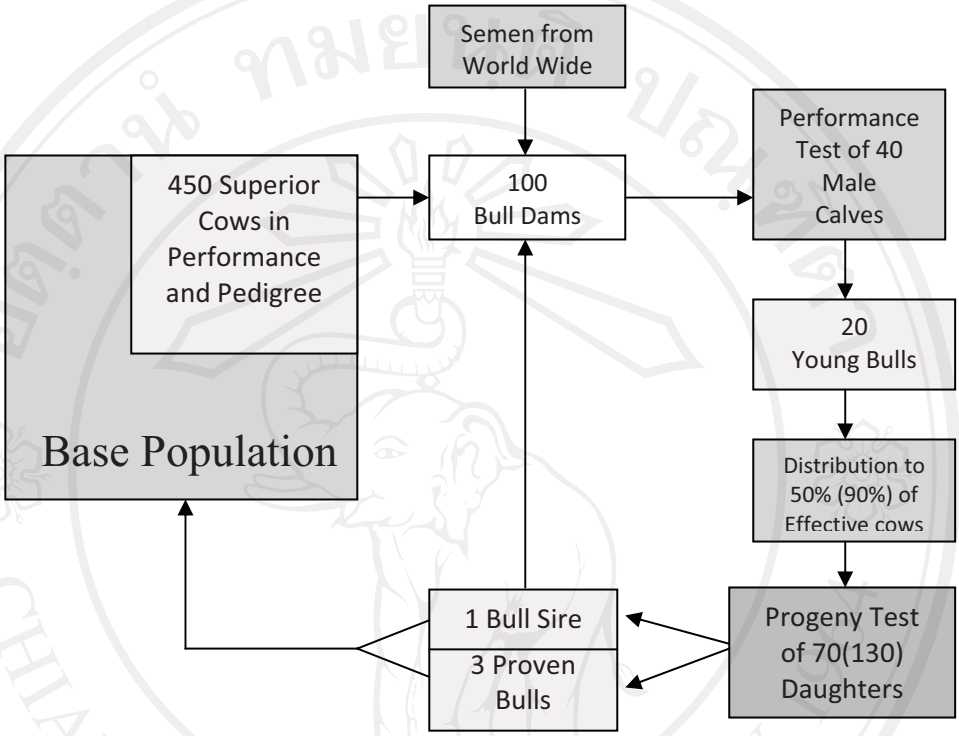
Chongkasikit (2002) รายงานการศึกษาผลตอบสนองการคัดเลือก ของประชากรโคนมภาคเหนือของไทย เมื่อพิจารณาลักษณะที่สนใจในการคัดเลือกเพียงลักษณะเดียว คือลักษณะปริมาณน้ำนม 305 วัน โดยใช้สมการ

$$\Delta G = \frac{I_{BS}+k*I_{CS}+(1-k)*I_{TB}+I_{CD}+I_{BD}}{L_{BS}+k*L_{CS}+(1-K)*L_{TB}+L_{CD}+L_{BD}}$$

เมื่อกำหนดให้สัดส่วนการคัดเลือก BS (พ่อของพ่อพันธุ์) BD (แม่ของพ่อพันธุ์) CS (พ่อของแม่พันธุ์) CD (แม่ของแม่พันธุ์) และ TB (พ่อพันธุ์ทดสอบ) มีค่า 5% 5% 20% 80% และ 50% ตามลำดับ ค่า i ที่ได้มีค่าเท่ากับ 2.063 2.063 1.4 0.79 และ 0.8 จำนวนปีที่ใช้งาน เท่ากับ 6 3.35 6 5.5 2.5 ตามลำดับ ค่าอัตราพันธุกรรมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะปริมาณน้ำนม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปรับที่ 305 วัน มีค่าเท่ากับ 0.35 และ 1,257.59 กิโลกรัม ตามลำดับ พบว่า ผลตอบสนองจากการคัดเลือก มีค่าเท่ากับ 86.99 กิโลกรัม/ปี (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 แผนการปรับปรุงพันธุ์โคนม ภายใต้สภาพแวดล้อมประเทศไทย (Chongkasikit, 2002)

จากรายงานของวิชัย และคณะ (2548) ผลตอบสนองทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำนม ในโคนมพันธุ์ TMZ (Thai Milking Zebu) ใช้ข้อมูลผลผลิตน้ำนมของโคนม TMZ ตามโครงการสร้างพันธุ์โคนม TMZ จากฐานข้อมูล Dairy Herd Improvement (DHI) ของกองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ จำนวน 1,222 ข้อมูล และสัตว์ในพันธุ์ประวัติจำนวน 632 ตัว ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 ถึง 2547 พบว่ามีผลตอบสนองทางพันธุกรรมในช่วงปีพ.ศ. 2531 ถึง 2545 เพิ่มขึ้น 147.74 กิโลกรัม โดยภายหลังปี 2542 มีแนวโน้มดีขึ้นอย่างชัดเจน กลุ่มพ่อพันธุ์โคนม TMZ ที่มีค่า EBV สูงกว่าค่าเฉลี่ยฝูงมีค่าอยู่ในช่วง 23.5 - 146.62 กิโลกรัม และกลุ่มแม่พันธุ์โคนม TMZ จำนวน 260 ตัว ที่มีค่า EBV สูงกว่าค่าเฉลี่ยฝูง มีค่าในอยู่ช่วง 1.05– 479.68 กิโลกรัม และศกร และคณะ (2551) ได้ศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม และความสัมฤทธิ์ผลในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์โคนม เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตน้ำนมรวม และไขมันรวมในช่วง 305 วัน ในประชากรโคนมในเขตภาคกลางของประเทศไทย ระหว่าง พ.ศ. 2534-2548 จากข้อมูลผลผลิตน้ำนม (กิโลกรัม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

และไขมันนม (%) รายเดือนจำนวน 15,260 ข้อมูล พบว่า ในช่วงปี 2534-2548 โครีดนม (โคสาวท้องแรก) มีความสามารถในการให้ผลผลิตน้ำนมที่ปรากฏ (Phenotypic Value; PV) เพิ่มขึ้นในอัตรา 18.67 ±14.64 กิโลกรัมต่อปี และมีคุณค่าการผสมพันธุ์เพิ่มขึ้นในอัตรา 6.5±2.1 กิโลกรัมต่อปี เสนาะห์ และคณะ (2538) รายงานการศึกษาการให้นมครั้งแรก 975 ข้อมูล (ปี 2515 – 2534) ในลักษณะปริมาณน้ำนมปรับ 305 วัน พบว่าฝูงโคนมมีความก้าวหน้าทางพันธุกรรมเพิ่มขึ้น เฉลี่ยปีละ 45.05 กิโลกรัมต่อปี และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏการให้น้ำนม เฉลี่ยปีละ 37.22 กิโลกรัมต่อปี วิสุทธิ์ และคณะ (2543) ได้ศึกษาจากประชากรโคนมของ บริษัทฟาร์มโชคชัย จำกัด จำนวน 17,876 ข้อมูล (โคนม 4,491 ตัว) ระหว่างปี 2530–2542 พบว่าฝูงโคนมมีความก้าวหน้าทางพันธุกรรมเพิ่มขึ้น ของแม่พันธุ์ทั้งหมดและโคนมยกระดับสายเลือด เฉลี่ยปีละ 31.7 และ 40.3 กิโลกรัมต่อปี ในช่วงปี 2536 – 2541 ศักดิ์ชัย และคณะ (2543) ได้ศึกษาผลผลิตน้ำนมจำนวน 16,502 ข้อมูล จากฝูงโคนมของเกษตรกรรายย่อยสมาชิกสหกรณ์โคนมวังน้ำเย็น (พ.ศ.2531-2543) พบว่าแนวโน้มทางพันธุกรรมผลผลิตน้ำนมทั้งหมด และการให้นมที่ 100 วัน มีค่า -17.05 กิโลกรัมต่อปี และ 1.93 กิโลกรัมต่อปี ตามลำดับ วิชัยและคณะ (2548) ได้ศึกษาข้อมูลผลผลิตน้ำนมของโคนมตามโครงการสร้างพันธุ์โคนม TMZ ที่เลี้ยงในศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ลำพญากลาง และฟาร์มเกษตรกรเครือข่ายโครงการสร้างพันธุ์โคนม TMZ จำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 1,222 ข้อมูล พบว่าผลตอบสนองทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำนมโคนม TMZ ในช่วงปี 2531 ถึง 2545 ผลตอบสนองทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำนมต่อระยะการให้นม ของโคนม TMZ มีค่าเฉลี่ยรายปีอยู่ในช่วง –71.71 ถึง 76.04 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ย EBV เพิ่มขึ้น 147.74 กิโลกรัม

2.13 การประยุกต์แผนการผสมพันธุ์

จากรายงานของ Skjervold and Langholz (1994) อ้างโดย Chongkasikit (2002) ในการหาความเหมาะสมของส่วนประกอบต่างๆ ในแผนการผสมพันธุ์ ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดความก้าวหน้าทางพันธุกรรม ซึ่งได้วิเคราะห์หาจำนวนของปัจจัยที่ส่งผลกับค่าทางพันธุกรรมที่เพิ่มขึ้นของแผนการผสมพันธุ์ เช่น ขนาดของประชากร อัตราพันธุกรรม ความเข้มข้นในการคัดเลือก อัตราเลือดชิด เป็นต้น และได้มีการพิจารณาถึงความเหมาะสมของขนาดกลุ่มลูกสาวทดสอบ (progeny group) สำหรับการทดสอบพ่อพันธุ์ และความเหมาะสมของสัดส่วนการใช้พ่อพันธุ์ที่ผ่านการทดสอบแล้วกับพ่อพันธุ์ทดสอบ ซึ่งการใช้การผสมเทียมส่งผลทำให้ A.I. breeding plans มีประสิทธิภาพอย่างมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีรายงานอย่างแพร่หลายว่าการใช้พ่อพันธุ์ทดสอบในหลายๆ งานวิจัย ส่งผลทำให้เกิดความก้าวหน้าทางพันธุกรรมที่มากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มประชากรขนาดเล็ก และมักจะมีการประยุกต์ใช้พ่อพันธุ์ทดสอบเข้าผสมมากกว่าการใช้พ่อพันธุ์ที่ผ่านการทดสอบแล้ว จากแผนการผสมพันธุ์นี้จะทำให้ความเชื่อมั่นในการคัดเลือกพ่อพันธุ์ทดสอบที่กำลังจะเป็นพ่อพันธุ์ที่ผ่านการทดสอบในรุ่นต่อไปมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากจะได้จำนวนกลุ่มลูกสาวทดสอบที่มากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved