บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมีทั้งส่วนที่เกี่ยวข้องกับตัวสัตว์ อันได้แก่ พันธุกรรม และส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับตัวสัตว์ ได้แก่ ด้านการจัดการฟาร์ม ด้านอาหาร การให้อาหาร สุขภาพสัตว์และการป้องกันโรค รวมถึงการจัดการด้านอื่นๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ดังนั้นรูปแบบการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจึงมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งด้านการจัดการสุขภาพฝูงโคนม (herd health management) การจัดการฟาร์ม (farm management) และการปรับปรุงพันธุ์ (breeding management) จากการที่ประสิทธิภาพการผลิตของโคนมสามารถเพิ่มขึ้นได้จากการปรับปรุงการจัดการฟาร์มขั้นพื้นฐานทั้งด้านการเลี้ยงดูที่ถูกวิธี การเพิ่มประสิทธิภาพการให้อาหาร การเพิ่มคุณภาพอาหารให้ได้มาตรฐานขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของฟาร์ม ทุกฟาร์ม จำเป็นต้องใช้ข้อมูลของฟาร์มเพื่อการประเมินผลที่รวดเร็วและถูกต้องแม่นยำ ซึ่งต้องมีระบบฐานข้อมูลที่มีประสิทธิภาพในการให้คำตอบด้านการจัดการโคนม รวมทั้งสามารถนำไปใช้ในการประเมินค่าที่สำคัญๆ ทางการปรับปรุงพันธุ์ได้ด้วย งานปรับปรุงพันธุ์จึงเป็นส่วนหนึ่งของการเพิ่มประสิทธิภาพของการเลี้ยงโคนม แต่การที่งานด้านการปรับปรุงพันธุ์จะประสบผลสำเร็จก็ต่อเมื่อมีการกำหนดเป้าหมายการปรับปรุงพันธุ์ (breeding objective) ที่ชัดเจน และกำหนดแผนการปรับปรุงพันธุ์ (breeding plan) ที่ถูกต้องและเหมาะสมกับเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยแผนการปรับปรุงพันธุ์นั้นประกอบไปด้วยระบบการคัดเลือกพันธุ์ (selection system) ที่มีประสิทธิภาพ และระบบการผสมพันธุ์ (mating system) ที่ถูกต้อง จึงจะทำให้ความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์สามารถทำได้อย่างรวดเร็วและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการดำเนินการน้อยที่สุด ที่สำคัญที่สุดคือการปรับปรุงพันธุ์เป็นความรู้ที่เป็นวิทยาศาสตร์จึงต้องมีการตรวจสอบความสำเร็จของแผนการปรับปรุงพันธุ์ได้ โดยอาศัยข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ ค่าต่างๆ เช่น ค่าพารามิเตอร์ ผลตอบสนองการคัดเลือก เพราะนอกจากทำให้ทราบทิศทางของการปรับปรุงพันธุ์ว่าเป็นไปตามกำหนดไว้หรือไม่แล้ว ยังทำให้สามารถปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงแผนการปรับปรุงพันธุ์ให้เหมาะสมตามความต้องการของเกษตรกรและผู้บริโภคน้ำนมได้อีกด้วย (ศักดิ์ชัยและคณะ, 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จุดมุ่งหมายพื้นฐานของแผนการผสมพันธุ์ คือการปรับปรุงพันธุกรรมของลักษณะที่เป็นวัตถุประสงค์ในแผนการผสมพันธุ์ วิธีการส่วนใหญ่ที่ประสบความสำเร็จคือการคัดเลือกสัตว์ตัวที่ดีที่สุดเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์เพื่อผลิตสัตว์ในรุ่นต่อไป ค่าเฉลี่ยของลักษณะในรุ่นลูกที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยของประชากรในรุ่นพ่อแม่ หมายถึง เกิดความก้าวหน้าทางพันธุกรรม ซึ่งการคัดเลือกไม่ได้ทำให้เกิดยีนใหม่ๆ ขึ้นมาแต่เป็นการเพิ่มสัดส่วนของยีนที่ต้องการในประชากร ความก้าวหน้าทางพันธุกรรมจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อมีการคัดเลือกสัตว์ตัวที่ดีเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์อย่างสม่ำเสมอ ในแต่ละรุ่น การเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมาย ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น การคัดเลือกสัตว์ตัวที่ดีที่สุด โดยการดูจากความสามารถทางพันธุกรรม (อิทธิพลของยีนแบบรวมสะสม) ต้องอาศัยการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม อัตราพันธุกรรมของลักษณะที่ต้องการปรับปรุง สัดส่วนของสัตว์ที่คัดเลือกไว้ และความยาวนานของอายุการใช้งาน ความเหมาะสมของปัจจัยต่างๆจะส่งผลต่อความก้าวหน้าของพันธุกรรมสัตว์ในแผนการผสมพันธุ์

2.1 ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม

การศึกษาทางพันธุศาสตร์ ได้กล่าวถึงลักษณะทางปริมาณที่สัตว์ ได้แสดงออกมาให้เห็นและวัดได้เป็นลักษณะปรากฏ โดยปกติลักษณะปรากฏของสัตว์แต่ละตัวมีค่าแตกต่างกันไป ค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นมาจากอิทธิพล 2 ประการ คือ พันธุกรรม และสภาพแวดล้อม ที่สัตว์ได้รับ ความสัมพันธ์นี้แสดงออกมาในรูปสมการได้ดังนี้

$$P = G + E$$

เมื่อ P = ลักษณะปรากฏ
G = พันธุกรรม
E = สภาพแวดล้อม

หมายความถึง ลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น ลักษณะปริมาณน้ำนมของสัตว์ที่สามารถวัดได้มีผลมาจากพันธุกรรมที่ได้รับจากพ่อแม่และสภาพแวดล้อม เช่น อาหาร และการจัดการ เป็นต้น

ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม ได้รับความสนใจศึกษาเพราะเป็นความสามารถของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และยังบอกได้ว่าลักษณะที่ศึกษานั้นมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมเพียงพอที่จะทำการคัดเลือกอย่างมีประสิทธิภาพ ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมเป็นค่าที่ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของประชากร โดยนำค่าไปประเมินคุณค่าทางพันธุกรรมของสัตว์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าพารามิเตอร์ เช่น ค่าอัตราพันธุกรรม เป็นค่าบอกถึงความแปรปรวนในลักษณะหนึ่งๆที่เกิดมาจากพันธุกรรม ค่าสหสัมพันธ์บอกถึงความสัมพันธ์กันของลักษณะต่างๆทั้งด้านพันธุกรรมและลักษณะปรากฏ ในการประเมินหลายลักษณะพร้อมกัน ค่าความแปรปรวนร่วม จะอธิบายความแปรปรวนร่วมกันของลักษณะต่างๆว่าอยู่ในทิศทางใด ค่าอัตราซ้ำเป็นค่าที่บอกถึงความคล้ายคลึงกันของลักษณะที่สามารถวัดซ้ำในสัตว์ตัวเดียวกันและสัตว์คนละตัวในลักษณะเดียวกัน และยังมีค่าพารามิเตอร์อื่นอีก เช่น ค่าอัตราเลือดชิด ค่าเฮตเตอโรซีส (การผสมข้ามพันธุ์) และค่าปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น (Goddard and Wiggans, 1999) ค่าต่างๆสามารถนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินระบบการคัดเลือกและแผนการปรับปรุงพันธุ์ว่ามาในทิศทางใดและทราบถึงสถานการณ์ปัจจุบันของพันธุกรรมภายในประชากร เพื่อวางแผนปรับเปลี่ยนในอนาคต ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม ที่นิยมประเมิน ได้แก่

2.2 ค่าอัตราพันธุกรรม

อัตราพันธุกรรมเป็นดัชนีซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ จะมีบทบาทสำคัญในทุกกรณีที่เป็นการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะปริมาณ และการปรับปรุงลักษณะปริมาณ สำหรับการประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (สมชัย, 2530) สรุปถึงหน้าที่เฉพาะที่สำคัญๆจำแนกเป็นข้อๆดังนี้

1. ใช้เพื่อการกำหนดลักษณะและจำแนกลักษณะในแผนการปรับปรุงพันธุ์
2. ใช้เพื่อการกำหนดระบบการผสมพันธุ์ (mating system) สำหรับปรับปรุงลักษณะที่เน้นเพื่อการคัดเลือก
3. ใช้เพื่อกำหนดวิธีการคัดเลือก (selection system) การเลือกใช้ข้อมูลจากแหล่งต่างๆ สำหรับการปรับปรุงลักษณะที่เน้นเพื่อการคัดเลือก
4. ใช้ร่วมกับค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมอื่นๆในการคำนวณดัชนีการคัดเลือก (selection index) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ เพื่อคัดเลือกสัตว์ไว้ทำพันธุ์

Falconer (1989) อธิบายถึงส่วนประกอบความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ ($\sigma^2 p$) ว่าประกอบไปด้วยความแปรปรวนจากอิทธิพลของยีน ($\sigma^2 g$) และความแปรปรวนจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม ($\sigma^2 e$)

$$\sigma^2 p = \sigma^2 g + \sigma^2 e$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และเมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนของความแปรปรวนจากอิทธิพลของยีน สามารถแยกเป็นความแปรปรวนจากอิทธิพลของยีนแบบรวมสะสม ($\sigma^2 a$) ความแปรปรวนจากอิทธิพลจากการข่มของยีน ($\sigma^2 d$) และความแปรปรวนจากอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมของยีนที่อยู่ต่างตำแหน่งกัน ($\sigma^2 I$)

$$\sigma^2 g = \sigma^2 a + \sigma^2 d + \sigma^2 I$$

ขณะเดียวกันอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมก็สามารถที่จะแบ่งย่อยออกเป็นอิทธิพลเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวร (permanent environment effect; $\sigma^2 e_p$) และอิทธิพลเนื่องจากสภาพแวดล้อมชั่วคราว (temporary environment effect; $\sigma^2 e_t$) ฉะนั้นความแปรปรวนที่สัตว์แสดงออก เป็นผลมาจากความแปรปรวนของยีนและสภาพแวดล้อมทั้งหมด คือ

$$\sigma^2 p = \sigma^2 a + \sigma^2 d + \sigma^2 I + \sigma^2 e_p + \sigma^2 e_t$$

อัตราพันธุกรรมของลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เป็นค่าสัดส่วนของความแปรปรวน ซึ่งเป็นผลมาจากพันธุกรรมต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ ดังนั้นจึงเป็นค่าเฉพาะสำหรับประชากรหนึ่งๆ ทั้งนี้เพราะประชากรสัตว์ที่แตกต่างกันย่อมมีองค์ประกอบทางพันธุกรรม (เช่น ความถี่ของยีน) ต่างกัน ทั้งยังตกอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ต่างกัน สำหรับลักษณะปริมาณ ลักษณะต่างๆ จะมีค่าอัตราพันธุกรรมแตกต่างกัน ค่าอัตราพันธุกรรมที่ต้องการใช้ในแผนการปรับปรุงพันธุ์สัตว์เป็นค่าอัตราพันธุกรรมอย่างละเอียด (heritability in narrow sense) ซึ่งเป็นสัดส่วนความแปรปรวนอันเนื่องมาจากอิทธิพลของยีนแบบรวมสะสมต่อความแปรปรวนทั้งหมด มีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$h^2 = \frac{\sigma^2 a}{\sigma^2 a + \sigma^2 e}$$

การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวน มีความสำคัญมากต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมเพื่ออธิบายลักษณะของประชากร วิธีการประเมินความแปรปรวนที่ใช้กันแพร่หลายในอดีตได้แก่วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายแต่มีข้อด้อย คือ ต้องมีการวางแผนเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมดุล และไม่สามารถปรับปัจจัยคงที่อื่นๆได้ ต่อมา Henderson (1975) ได้พัฒนาเทคนิคในการวิเคราะห์ความแปรปรวนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เรียกว่า Method III ซึ่งสามารถใช้ข้อมูลที่ไม่สมดุลได้ และจัดให้อยู่ในรูปสมการแบบหุ่นผสม (mix model) โดยสามารถปรับปัจจัยคงที่ (fixed effect) และปัจจัยสุ่ม (random effect) ไปพร้อมกัน แต่มีข้อเสียอยู่ที่ยังไม่มีการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปรับความสัมพันธ์ทางสายเลือดของสัตว์ (relationship) เข้าไปในตัวแบบด้วย ต่อมา Hartley และ Rao (1967) ได้พัฒนาเทคนิค Maximum Likelihood (ML) แต่จุดบกพร่องของ ML เนื่องจากเทคนิค ML ไม่ได้ปรับด้วยปัจจัยคงที่ (fixed effect) ในโมเดลผสม Patterson and Thomson (1971) จึงได้พัฒนาวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) ซึ่งเป็นวิธีที่มีการปรับปัจจัยคงที่และปัจจัยสุ่มพร้อมกัน ทั้งยังมีการปรับความสัมพันธ์ทางสายเลือดของสัตว์ในตัวแบบ เทคนิค REML จะให้ค่าประมาณที่ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงสิ่งหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือข้อมูลต้องมีการแจกแจงแบบปกติ(normal distribution) โดยเทคนิคดังกล่าวได้นำมาใช้ร่วมกับโมเดลต่างๆได้แก่ โมเดลตัวสัตว์ โมเดลประเมินลักษณะที่มีการวัดซ้ำ โมเดลพ่อพันธุ์และพ่อของแม่พันธุ์ โมเดลที่วิเคราะห์ร่วมหลายลักษณะพร้อมกัน เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันเป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด (วุฒิไกร, 2550)

2.2.1 อัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนม

ในโคนม ลักษณะที่สำคัญๆทางเศรษฐกิจมักจะถูกควบคุมด้วยยีนปริมาณ (quantitative gene, มียีนจำนวนหลายคู่เป็นตัวควบคุมลักษณะ) ดังนั้นการแสดงออกของลักษณะ มักไม่แสดงให้เห็นชัดเจนว่าดีที่สุดหรือเลวที่สุด แต่มักแสดงออกในเกณฑ์เฉลี่ย (ประมวล, 2543) ลักษณะการให้นมเป็นลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ จึงเป็นลักษณะที่เป็นเป้าหมายในการปรับปรุงพันธุ์ของประเทศต่างๆ ปัจจุบันโคนมที่ถูกเลี้ยงเพื่อการใช้ประโยชน์ทางการผลิตน้ำนมในประเทศไทยส่วนใหญ่ (มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์) เป็นโคนมลูกผสมที่เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างโคพันธุ์ โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนกับโคเพศเมียที่เป็นโคพื้นฐานเดิมที่มีอยู่ในประเทศไทย โคพันธุ์แท้โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน และโคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนกับโคพันธุ์อื่นๆ เช่น เรดเดน เรดซินดี เจอร์ซี บราวน์สวิส บราห์มัน ซาฮิวาลและพื้นเมืองของไทยเป็นต้น (ศกรและคณะ, 2545) ค่าอัตราพันธุกรรมที่ประเมินได้จากประชากรที่มีลักษณะต่างกัน เช่น สายพันธุ์ ขนาดของประชากร และวิธีการประเมิน ตลอดจนช่วงเวลาของการประเมิน ค่าประเมินที่ได้จะแตกต่างกันไป โดยปกติค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการให้ผลิตมีค่าอยู่ในช่วงปานกลาง คือ 0.2-0.4 (Meyer, 1985) ค่าอัตราพันธุกรรมที่ประเมินได้จะเพิ่มขึ้นตามระดับของปริมาณผลผลิตที่ประชากรนั้นสามารถผลิตได้ เมื่อเทียบกันระหว่างฝูงที่มีผลผลิตต่ำและสูง ประชากรที่มีผลผลิตมากกว่าจะมีค่าอัตราพันธุกรรมที่ประเมินได้สูงกว่าประชากรที่มีผลผลิตต่ำ การศึกษาในสหรัฐอเมริกา พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมที่ประเมินได้จากประชากรที่ให้ผลผลิตน้ำนมต่ำ ปานกลาง และสูง มีค่าเท่ากับ 0.23, 0.29 และ 0.36 ตามลำดับ (Hill *et al.* ,1983; Van Vleck *et al.*, 1988)

Quartermain and Freeman (1959) วิเคราะห์หาค่าอัตราพันธุกรรม ของลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน จากลำดับการให้นมแรก ด้วยวิธี Within-sire regression of daughter on dam พบว่ามีค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน(ในวงเล็บ) เท่ากับ 0.35 (0.038)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Hansen *et al*. (1983) รายงานการวิเคราะห์ค่าอัตราพันธุกรรม จากวิธี Henderson Method III ,ML, REML ด้วย sire model ซึ่งมีปัจจัยคงที่ เป็นฝูงปีฤดูกาลที่แม่โคคลอด ประกอบอยู่ในทั้งสามวิธีการ จากลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน และปริมาณน้ำนมทั้งหมด ในลำดับการให้นมแรก พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.16 , 0.23, 0.44 และ 0.18, 0.23, 0.44 ตามลำดับ

Van Der Werf and Boer (1989) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี REML ด้วย Sire model ค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (ในวงเล็บ) ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.38 (0.02)

Van Tassell *et al.* (1999) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนม จากลำดับการให้นมแรก วิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี Method R พบว่ามีค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (ในวงเล็บ) เท่ากับ 0.31 (0.02)

Dekova and Wolf (2001) วิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี REML ภายใต้ Animal Model พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในลำดับการให้นมที่ 1-3 มีค่าเท่ากับ 0.30, 0.28, 0.30 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.29

Veerkamp *et al.* (2001) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนม วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี REML แบบ repeatability model มีค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (ในวงเล็บ) เท่ากับ 0.48 (0.02)

Boujenane (2002) รายงานการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวน ด้วยวิธี REML แบบ Animal Model พบว่าค่าอัตราพันธุกรรม มีค่าเท่ากับ 0.29 เมื่อวิเคราะห์ลักษณะปริมาณน้ำนมลักษณะเดียว และมีค่าเท่ากับ 0.33 เมื่อวิเคราะห์ร่วม 2 ลักษณะ ระหว่างลักษณะปริมาณน้ำนมและปริมาณไขมันนม

Degroot *e t al.* (2002) รายงานการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี REML จาก animal model ของลักษณะปริมาณน้ำนม มีค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน(ในวงเล็บ) เท่ากับ 0.13 (0.07)

Kaya *et al*. (2003) รายงานการค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วันในลำดับการให้นมแรก วิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี REML ด้วย Animal Model มีค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน(ในวงเล็บ) เท่ากับ 0.25 (0.10)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าอัตราพันธุกรรมที่ศึกษาในประเทศไทย มีรายงาน ดังนี้

Sanpote (1987) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมจากโคนมลูกผสมของโครงการสร้างพ่อพันธุ์โคนมของกรมปศุสัตว์ ด้วยวิธี least square พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.05

Konig *et al.* (2005) รายงานค่าอัตราพันธุกรรม ลักษณะปริมาณน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน ที่อยู่ในภาคเหนือของประเทศไทย จากการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี REML ด้วย Animal Model มีค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (ในวงเล็บ) เท่ากับ 0.35 (0.028)

เทียมพบ และคณะ (2542) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมที่วิเคราะห์ภายใต้สภาพแวดล้อมของประเทศไทย จากข้อมูลโคนมของกรมปศุสัตว์ ของลักษณะปริมาณน้ำนมทั้งหมด ลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน ด้วยวิธี REMLด้วย animal model มีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.51 และ 0.52 ตามลำดับ

เกชา (2542) รายงาน ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของโคนมในเขต อ.ส.ค. ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2534-2541 พบว่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วันและปริมาณน้ำนมตลอดระยะการให้นม ที่วิเคราะห์ความแปรปรวนวิธี REML ด้วย animal model ในกลุ่มพ่อพันธุ์แท้และลูกผสมพบว่า มีค่าเท่ากับ 0.55, 0.86 และ 0.59, 0.93 ตามลำดับ

จินตนา และวิสุทธิ์ (2542) วิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะปริมาณน้ำนมตลอดระยะการให้นม ด้วยวิธี REML ด้วย Animal Model จากโคนมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน ของศูนย์วิจัยบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ พบว่ามีค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน(ในวงเล็บ) เท่ากับ 0.31(0.17)

วินัย และภิรมย์ (2550) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของโคนมไทยฟรีเชี่ยนของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ยะลา จากลักษณะปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน วิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี REML พบว่า มีค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (ในวงเล็บ) เท่ากับ 0.29(0.02)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3. ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีต่างๆ

แหล่งที่มา	วิธีวิเคราะห์*	โมเดล**	h^2(S.E.)***
Quartermain and Freeman (1959)	Within-sire regression of daughter on dam	AM	0.35(0.038)
Hansen *et al*. (1983)	Method III	SM	0.18(0.02)
,,	ML		0.23
,,	REML		0.44
Van Der Werf and Boer (1989)	REML	SM	0.38(0.02)
Van Tassell *et al.*(1999)	Method R	RM	0.31(0.02)
Dekova and Wolf (2001)	REML	AM	0.30(0.017)
Veerkamp *et al.* (2001)	REML	AM	0.48 (0.02)
Boujenane (2002)	REML	AM	0.29
Degroot *et al.* (2002)	REML	AM	0.13 (0.07)
Kaya *et al*. (2003)	REML	SM	0.25(0.10)
ค่าอัตราพันธุกรรมที่ศึกษาในประเทศไทย			
Sanpote (1987)	least square	AM	0.05
Konig *et al.* (2005)	REML	AM	0.35(0.028)
เทียมพบ และคณะ (2542)	REML	AM	0.51(0.09)
เกชา (2542)	REML	AM	0.59
จินตนา และวิสุทธิ์ (2542)	REML	AM	0.31(0.17)
วินัย และภิรมย์ (2550)	REML	SM	0.29(0.02)

หมายเหตุ*,**,***

* REML = Restricted Maximum Likelihood

* ML = Maximum Likelihood

** AM = animal model

** SM = sire model

** RM = repeatability model

*** S.E. = Standard error (ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.2 อัตราพันธุกรรมลักษณะการสืบพันธุ์

ประสิทธิภาพด้านการสืบพันธุ์เป็นอีกลักษณะหนึ่งที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ และลักษณะด้านการสืบพันธุ์ยังมีความสัมพันธ์กับลักษณะการให้ผลผลิตโดยเฉพาะลักษณะการผลิตน้ำนม จากรายงานต่างๆพบว่า ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการสืบพันธุ์มีค่าใกล้ศูนย์ เนื่องจากความแปรปรวนจากอิทธิพลของยีนแบบบวกสะสมมีค่าน้อยมากในสัดส่วนของความแปรปรวนจากอิทธิพลของลักษณะปรากฏ ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะจำนวนครั้งต่อการผสมติด (number of service per conception :NSC) มีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.04 และ จำนวนวันท้องว่าง (day open: DO) มีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.04 (Schaeffer and Henderson, 1972; Hermas *et al*., 1987)

Hansen *et al*. (1983) รายงานค่าอัตราพันธุกรรม ลักษณะจำนวนวันท้องว่าง วิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี Henderson Method III และ REML ด้วย sire model มีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.03 และ 0.03 ตามลำดับ

Hoeschele (1991) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมลักษณะจำนวนวันท้องว่าง วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี REML แบบ animal model มีค่าเท่ากับ 0.02

Veerkamp *et al.* (2001) รายงานค่าอัตราพันธุกรรม ลักษณะจำนวนวันท้องว่าง และช่วงห่างการให้ลูก ด้วยวิธี REML มีค่าเท่ากับ 0.03 และ 0.06 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน อยู่ในช่วง 0.03 และ 0.08 ตามลำดับ

Chongkasikit (2002) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะจำนวนวันท้องว่างและช่วงห่างการให้ลูก ของโคนมลูกผสมในภาคเหนือของประเทศไทย วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี REML แบบ animal model มีค่าเท่ากับ 0.03 และ 0.02 ตามลำดับ

Konig *et al.* (2005) รายงานค่าอัตราพันธุกรรม ลักษณะจำนวนวันท้องว่าง จำนวนครั้งการผสมติด ช่วงห่างการให้ลูก ของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน ที่อยู่ในภาคเหนือของประเทศไทย จากการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี REML ด้วย Animal Model มีค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (ในวงเล็บ) เท่ากับ 0.03(0.004), 0.01(0.003), 0.02(0.009) ตามลำดับ

วิชัย (2547) วิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวน ด้วยวิธี REML ของลักษณะ อายุเมื่อคลอดลูกตัวแรก จำนวนครั้งการผสมติด จำนวนวันท้องว่าง ช่วงห่างการให้ลูก พบว่ามีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.073, 0.019, 0.040, 0.038 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วินัย และภิรมย์ (2550) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของโคนมไทยฟรีเชี่ยนของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ยะลา จากลักษณะช่วงห่างการให้ลูก วิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี REML พบว่า มีค่าอัตราพันธุกรรมและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (ในวงเล็บ) เท่ากับ 0.11(0.01)

2.3 สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏ

ลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในสัตว์เลี้ยง แต่ละชนิดโดยทั่วไปแล้ว มีหลายลักษณะด้วยกัน ในแผนการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงลักษณะใดลักษณะหนึ่ง จะให้ผลกระทบต่อลักษณะอื่นๆที่ไม่ได้อยู่ในแผนการปรับปรุงด้วย ตัวอย่างเช่น การคัดเลือกเน้นการปรับปรุงลักษณะปริมาณน้ำนมในโคนม ผลที่เกิดนอกเหนือไปจากทางตรงคือ การเพิ่มผลผลิตน้ำนมในฝูงแล้ว ยังเกิดผลทางอ้อมต่อลักษณะสำคัญอื่นๆอีก เช่น เปอร์เซ็นต์ไขมันนมต่ำลง และปริมาณไขมันนมทั้งหมดเพิ่มขึ้น เป็นต้น การเกิดผลทางอ้อมต่อลักษณะต่างๆที่ไม่ได้อยู่ในแผนการปรับปรุงพันธุ์ มีสาเหตุเนื่องมาจากความสัมพันธ์ร่วมในทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะที่ถูกเน้นเพื่อการคัดเลือกและลักษณะอื่นๆที่ไม่ได้ถูกเน้น (มนต์ชัย, 2549) สาเหตุมาจากยีนตำแหน่งหนึ่งมีผลในการควบคุมลักษณะมากกว่าหนึ่งลักษณะ (pleiotropy) และจากการที่ยีนหรือกลุ่มของยีนที่ควบคุมลักษณะทั้งสองมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมตัวเดียวกัน (linkage) ซึ่งจากสาเหตุหลังนี้ยีนจะถ่ายทอดไปด้วยกันจะแยกจากกันก็ต่อเมื่อเกิดการแลกเปลี่ยนส่วนของโครโมโซม (crossing over) เท่านั้น (สมชัย, 2549) การคัดเลือกโคนมส่วนใหญ่เน้นการคัดเลือกลักษณะการให้ผลผลิต โดยเฉพาะผลผลิตน้ำนม ซึ่งพบว่าลักษณะผลผลิตน้ำนมมีความสัมพันธ์กับลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะปริมาณน้ำนมกับลักษณะสมรรถภาพการสืบพันธุ์ มีค่าเป็นบวก (Oltenacu *et al.*,1991; Nebel and Mcgilliard ,1993) Hansen *et al.* (1983) รายงานว่าสหสัมพันธ์จะมีค่าเป็นบวกระหว่างลักษณะปริมาณน้ำนมและลักษณะสมรรถภาพการสืบพันธุ์ ของโคนมในระยะการให้นมแรก แต่ Funk (1993) รายงานว่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมและลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ ให้ผลเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน เมื่อลักษณะหนึ่งเพิ่มขึ้นอีกลักษณะหนึ่งจะลดลง เนื่องจากการอยู่บนโคโมโซมเดียวกันของยีนที่ควบคุมทั้งสองลักษณะ และ Washburn *et al.* (2000) รายงาน ค่าเฉลี่ยอัตราการผสมติด เท่ากับ 57 % ในโคที่ให้ผลผลิตต่ำกว่า 7,000 กก. และค่าเฉลี่ยอัตราการผสมติด เท่ากับ 17 % ในโคที่ให้ผลผลิตปริมาณ 9,500 กก. แสดงให้เห็นว่าผลผลิตที่เพิ่มขึ้นมีผลกระทบกับอัตราการผสมติด นอกจากนี้ Royel *et al.* (2000) พบว่าอัตราการผสมติดครั้งแรกลดลงจาก 56 % เป็น 40 % ในปี 1970 ถึง 1990 ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นจาก 7,913 กก. เป็น 10,895 กก.

การคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์ลักษณะต่างๆ หากจะให้ได้ผลดีมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบถึงค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่จะคัดเลือกว่ามีแนวโน้มแบบสนับสนุนกันหรือแบบตรงกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้ามกัน จึงจะวางแผนใช้วิธีคัดเลือกต่อไป ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวก (มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1) หมายถึง การปรับปรุงในลักษณะหนึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอีกลักษณะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์เชิงลบ (มีค่าระหว่าง -1 ถึง 0) หมายถึงการปรับปรุงในลักษณะหนึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอีกลักษณะเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม (จรัส, 2548) มีรายงานดังนี้

Hansen *et al.* (1983) รายงาน ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ระหว่างลักษณะปริมาณน้ำนมรวม และปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน กับจำนวนวันท้องว่าง มีค่าเท่ากัน คือเท่ากับ 0.25 และลักษณะปริมาณน้ำนมรวม และปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน กับจำนวนครั้งการผสมติด มีค่าเท่ากับ 0.16 และ 0.17 ตามลำดับ

Hermas *et al*. (1987) รายงาน ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏ (ในวงเล็บ) ระหว่างลักษณะ ปริมาณน้ำนมกับอายุเมื่อคลอดลูกตัวแรก(เดือน), ปริมาณน้ำนมกับจำนวนวันท้องว่าง และปริมาณน้ำนมกับจำนวนครั้งต่อการผสมติด มีค่าเท่ากับ -0.78(-0.01), 0.74(0.19) และ 0.31(0.23) ตามลำดับ

Dematawewa and Berger (1998) รายงาน ค่าสหสัมพันธ์ลักษณะปรากฏระหว่างปริมาณน้ำนมกับจำนวนวันท้องว่างและจำนวนครั้งต่อการผสมติด มีค่าเท่ากับ 0.63 และ 0.44 ตามลำดับ

Veerkamp *et al.* (2001) รายงานค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏ (ในวงเล็บ) ระว่างลักษณะปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน กับลักษณะจำนวนวันท้องว่างและช่วงห่างการให้ลูก มีค่าเท่ากับ 0.61(0.20) และ 0.19 (0.67) ตามลำดับ

Chongkasikit (2002) รายงานว่า ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏ (ในวงเล็บ) ของโคนมลูกผสมทางภาคเหนือของประเทศไทย ของลักษณะปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน กับจำนวนวันท้องว่างและช่วงห่างการให้ลูก เท่ากับ -0.029 (-0.042) และ 0.014 (0.069)

Konig *et al.* (2005) รายงานว่า ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏของโคนมลูกผสมทางภาคเหนือของประเทศไทย พบว่าสหสัมพันธ์ลักษณะการให้ผลผลิตและความสมบูรณ์พันธุ์มีค่าใกล้ศูนย์ สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏ (ในวงเล็บ) ของลักษณะปริมาณน้ำนมในลำดับการให้นมแรกกับช่วงห่างการให้ลูก มีค่า 0.014 (0.069)

วิชัย (2547) รายงาน ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ระหว่างอายุเมื่อคลอดลูกตัวแรก กับจำนวนครั้งผสมต่อการผสมติด, ช่วงห่างการให้ลูก และจำนวนวันท้องว่าง พบว่ามีค่าในเชิงบวก (0.362-0.644) โดยมีค่าในเชิงลบกับ ลักษณะปริมาณน้ำนม (-0.594) ดังนั้นการคัดเลือกให้ อายุเมื่อคลอดลูกต่ำลงจะส่งผลดีต่อทั้งลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์อื่นๆ และลักษณะปริมาณน้ำนม สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่าง จำนวนครั้งผสมต่อการผสมติด กับช่วงห่างการให้ลูก และจำนวนวันท้องว่าง ไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่มีความสัมพันธ์กับ ลักษณะปริมาณน้ำนม ในเชิงลบ (-0.355) ส่วนช่วงห่างการให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลูก กับ จำนวนวันท้องว่าง พบว่ามีความสัมพันธ์กันสูงมาก ในการคัดเลือกสามารถเลือกใช้เพียงลักษณะใดลักษณะหนึ่ง โดยค่าสหสัมพันธ์ของสองลักษณะนี้กับลักษณะปริมาณน้ำนม มีค่าในเชิงบวก (0.216-0.268) ดังนั้นในการคัดเลือกลักษณะเหล่านี้ควรพิจารณาถึงผลกระทบด้านลบที่อาจมีต่ออีกลักษณะด้วย

วินัย และภิรมย์ (2550) รายงานค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของโคนมไทยฟรีเชี่ยนของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ยะลา จากลักษณะปริมาณการให้น้ำนมกับช่วงห่างการให้ลูก พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวก คือ มีค่าเท่ากับ 0.72

2.4 การประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์

ในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์หรือสร้างพันธุ์สัตว์ เครื่องมือชี้วัดที่นำมาใช้ในการคัดเลือก ที่มีความถูกต้องและแม่นยำ เพื่อให้สัตว์ที่มีพันธุกรรมดีเด่นได้สามารถถ่ายทอดพันธุกรรมสู่ลูกหลาน นับว่ามีส่วนสำคัญอย่างสูงต่อความก้าวหน้าทางพันธุกรรมของประชากรสัตว์ที่จะทำการปรับปรุง เครื่องมือชี้วัดที่เป็นที่ยอมรับของนักปรับปรุงพันธุ์โดยทั่วไป คือ คุณค่าการผสมพันธุ์ (estimated breeding value, EBV) ซึ่งเป็นค่าอิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม ที่ประมาณออกมาในรูปตัวเลขรายตัวใช้เปรียบเทียบระหว่างตัวสัตว์เพื่อใช้ในการคัดเลือก จัดได้ว่าเป็นอิทธิพลของยีนที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่สู่รุ่นลูกหลานได้ โดยในปัจจุบันการประเมินพันธุกรรมของสัตว์ด้วยวิธี Best Linear Unbiased Prediction, BLUP (Henderson, 1984) ได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นการประเมินค่า EBV ที่ใช้ข้อมูลทั้งหมดที่หาได้ทั้งจากบันทึกตัวเอง บันทึกลูก บันทึกพันธุ์ประวัติและบันทึกพี่น้อง โดยปรับด้วยความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genetic relationship) ระหว่างตัวสัตว์ที่ประเมินทั้งหมด ทำให้มีความแม่นยำสูง นอกจากนี้ค่าประมาณที่ได้ยังเป็นตัวประมาณที่ดีที่สุด (best predictor) ของค่า EBV และไม่มีความเอนเอียง (unbiased) ในทางสถิติ (มนต์ชัย, 2549) นอกจากนี้วิธีการ BLUP ยังสามารถปรับค่าอิทธิพลเนื่องจากการมีจำนวนซ้ำไม่เท่ากัน มีความคลาดเลื่อนของการประมาณต่ำ (minimum prediction error) จึงทำให้การประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ที่ได้เป็นค่าใกล้เคียงกับค่าเนื่องจากพันธุกรรมที่แท้จริงของตัวสัตว์

โมเดลตัวสัตว์ (animal model) เป็นโมเดลที่นิยมใช้ในการประเมินพันธุกรรมของสัตว์ในปัจจุบัน ค่าการผสมพันธุ์ ทั่วไปนิยมใช้การประเมินด้วยวิธีการ BLUP จากโมเดลตัวสัตว์นี้ โดยอาศัยข้อมูลบันทึกตัวสัตว์จากทุกแหล่งร่วมกับความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของสัตว์ทั้งหมดในพันธุ์ประวัติ (animal genetic relationship) และการปรับด้วยอิทธิพลเนื่องจากปัจจัยอื่นๆในรูปโมเดลผสม ดังนั้นค่าการผสมพันธุ์ของสัตว์ ทั้งสัตว์ที่เป็นพ่อพันธุ์ แม่พันธุ์ และสัตว์อื่นๆจึงมีความแม่นยำเนื่องจากเป็นการประเมินจากข้อมูลทุกแหล่งที่เป็นไปได้ปรับด้วยความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของสัตว์ในพันธุ์ประวัติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์ค่าการผสมพันธุ์ด้วยโมเดลตัวสัตว์ แบบหุ่นเชิงเส้นผสม (Mix model) โดยทั่วไป มีรูปแบบดังนี้

$$\boldsymbol{Y} \quad = \quad \boldsymbol{Xb} \quad + \quad \boldsymbol{Zu} \quad + \quad \boldsymbol{e}$$

Y = เวคเตอร์ขนาด n x 1 ของค่าสังเกต

b = เวคเตอร์อิทธิพลคงที่ (Fix effect) ขนาด px1 ของพารามิเตอร์เนื่องจากปัจจัยคงที่

u = เวคเตอร์อิทธิพลสุ่ม (random effect) ขนาด q x 1 ของพารามิเตอร์เนื่องจากปัจจัยสุ่ม

e = เวคเตอร์อิทธิพลของความคลาดเคลื่อน (random residual effect) ขนาด n x 1

X, Z = incidence matrices เมตริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่ม ขนาด n x p และ n x q

สามารถเขียนอยู่ในรูป HMME (Henderson's mix model equation) ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'Y \\ Z'Y \end{bmatrix}$$

เมื่อ $\alpha = \sigma_e^2 / \sigma_a^2$, A^{-1} = เมตริกซ์ผกผันแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวสัตว์

ดังนั้นคุณค่าการผสมพันธุ์ (BV) ของสัตว์จึงได้จากการหาคำตอบของสมการ mixed model ข้างต้นซึ่งคำนวณได้จาก

$$\begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{X'X} & \boldsymbol{X'Z} \\ \boldsymbol{Z'X} & \boldsymbol{Z'Z} + \alpha \boldsymbol{A^{-1}} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \boldsymbol{X'y} \\ \boldsymbol{Z'y} \end{bmatrix}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.1 การประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์

โคนมที่มีสมรรถภาพการผลิตที่ดีส่วนหนึ่งเป็นผลจากพันธุกรรมที่ได้รับการถ่ายทอดมาจากพ่อพันธุ์ พ่อพันธุ์ที่ดีต้องผ่านการพิสูจน์ความสามารถโดยการทดสอบสมรรถภาพของลักษณะ นั้น เนื่องจากลักษณะผลผลิตน้ำนมเป็นลักษณะที่สามารถแสดงออกได้ในเพศเดียว การคัดเลือกพ่อพันธุ์ด้านสมรรถภาพการผลิตน้ำนม สามารถคัดเลือกได้จากบันทึกการให้ผลผลิตของสัตว์เพศเมียที่มีความสัมพันธ์ทางสายเลือด เช่น แม่ พี่สาว น้องสาว และลูกสาว (Lasley,1963; Mcgineley and Kigdon,1999) พ่อพันธุ์มีส่วนสำคัญในแผนการผสมพันธุ์ เพราะสามารถถ่ายทอดพันธุกรรมไปสู่รุ่นต่อไปได้ในสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากพ่อพันธุ์หนึ่งตัวสามารถที่จะผสมพันธุ์กับแม่พันธุ์ได้หลายตัว ในแผนการผสมพันธุ์โคนมที่ใช้การผสมเทียม และทำให้การพัฒนาพันธุกรรมด้านพ่อพันธุ์สามารถทำได้รวดเร็ว การคัดเลือกพ่อพันธุ์มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการพ่อพันธุ์ตัวที่มีคุณค่าทางพันธุกรรมสูงสุดให้สามารถถ่ายทอดพันธุกรรมไปสู่สัตว์รุ่นต่อไป แหล่งข้อมูลที่นิยมใช้คือ ข้อมูลของลูกสาว (ประมวล , 2543) แผนการผสมพันธุ์ในปัจจุบันอาศัยการทดสอบสกุล (progeny test) เพื่อประเมินค่าทางพันธุกรรมของพ่อพันธุ์ จำนวนข้อมูลที่จะทำให้มีความแม่นยำในการประเมินพ่อพันธุ์อยู่ที่ประมาณ 57 - 61 บันทึกของลักษณะต่อพ่อพันธุ์หนึ่งตัว (Dekker *et al*., 1996; Willam *et al.*, 2002) จำนวนข้อมูลระหว่าง 104 - 127 บันทึกของลักษณะต่อพ่อพันธุ์หนึ่งตัว ทำให้คุณค่าการผสมพันธุ์ ของพ่อพันธุ์ที่ประเมินได้ เกิดความเชื่อมั่นสูงถึง 90 % (Powell *et al.*, 2002) Tandon and Hahvey (1983) รายงานการศึกษาการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์ ด้วยเทคนิค BLUP ประเมินความแม่นยำจาก ค่า $\sqrt{PEV}$ (prediction error of variance) จากข้อมูลบันทึกการให้นมของลูกสาว ที่ 150, 200, 250 และ 305 วันให้นม พบว่า พ่อพันธุ์ที่ประเมินจากข้อมูลของลูกสาว 18 ตัว(1 ตัวต่อบันทึก)ที่วันให้นม 150 วัน มีความแม่นยำเท่ากับ พ่อพันธุ์ที่ประเมินจากข้อมูลลูกสาว 14 ตัวที่วันให้นม 305 วัน ความก้าวหน้าทางพันธุกรรมที่ประเมินจาก บันทึกปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน สูงกว่าจากการประเมิน บันทึกปริมาณน้ำนมที่ 150 วัน ประมาณ 11.8 % ที่จำนวนลูกสาว 20 ตัวเท่ากัน

ซึ่งกระบวนการดังกล่าวต้องอาศัยระยะเวลาค่อนข้างนาน ส่งผลให้มีช่วงของอายุการใช้งาน (generation interval) ยาวขึ้น แต่ก็สามารถทดแทนด้วยความแม่นยำในการคัดเลือกที่ค่อนข้างสูง และสามารถทำให้เกิดความก้าวหน้าทางด้านพันธุกรรม ประมาณ 2 %ต่อปี (Mason and Bovanehdran,1982) สรุปได้ว่าเครื่องมือที่สำคัญและมีประสิทธิภาพดีที่สุด ในการนำมาใช้ในการคัดเลือกและจัดลำดับพ่อพันธุ์แต่ละตัวตามความสามารถทางพันธุกรรมและเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายทั่วโลกในปัจจุบันนี้ คือ การประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ (Ptak and Schaeffer, 1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.2 การประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ในประเทศไทย

ศกร (2540) รายงานว่า การประเมินพ่อพันธุ์โคนมด้านสมรรถภาพการผลิตและด้านการสืบพันธุ์เพื่อใช้ในการผสมเทียมของประเทศไทย พบว่า โคนมเพศผู้โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 14 ตัว (ลูกผสมสายเลือด 87.5 % 7 ตัว และพันธุ์แท้ 7 ตัว) มีเพียง 3 ตัวเท่านั้น(พันธุ์แท้ทั้งหมด) ที่ผ่านการยอมรับเพื่อใช้ในการผสมเทียม

ศกร และคณะ (2540) เปรียบเทียบพ่อพันธุ์โคนมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนพันธุ์แท้จากแหล่งพันธุกรรมของประเทศไทย แคนาดา อังกฤษ นิวซีแลนด์ และสหรัฐอเมริกา ขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.) โดยเก็บข้อมูลผลผลิตน้ำนมและเปอร์เซ็นต์ไขมันนมของลูกสาวพ่อพันธุ์เหล่านั้น เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี least squares means พบว่า ลูกสาวของพ่อพันธุ์ประเทศไทย ให้ผลผลิตน้ำนม 100 วัน น้อยกว่าพ่อพันธุ์จากประเทศอื่น ปริมาณน้ำนมรวมและน้ำนมปรับที่ 305 วัน ของลูกสาวพ่อพันธุ์ประเทศไทย น้อยกว่าพ่อพันธุ์แคนาดา และสหรัฐอเมริกา แต่เปอร์เซ็นต์ไขมันนมของลูกสาวพ่อพันธุ์ประเทศไทย สูงกว่า พ่อพันธุ์จากประเทศอื่น

องค์การส่งเสริมกิจการโคนม (2542) ได้ทำการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ (Breeding Value) พ่อพันธุ์โคนม จากข้อมูลการให้ผลผลิตนมครั้งแรกของโคสาวลูกผสมที่มีสายเลือดโฮลสไตน์ ไม่ต่ำกว่า 62.5 % ซึ่งรวบรวมจากปี พ.ศ. 2534 จนถึง พ.ศ. 2541 จำนวนทั้งสิ้น 4,130 ตัว พบว่า คุณค่าการผสมพันธุ์ ของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมทั้งหมด (Total milk yield) ของพ่อพันธุ์พันธุ์แท้ ที่มีค่าความแม่นยำ (accuracy) มากกว่าหรือเท่ากับ 50 % มีจำนวนเท่ากับ 12 ตัว คุณค่าการผสมพันธุ์ที่ประเมินได้มีค่าตั้งแต่ + 40.16 ถึง + 1,563.27 กิโลกรัม ส่วนคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์ลูกผสม ที่มีค่าความเชื่อมั่น มากกว่าหรือเท่ากับ 50 % มีจำนวนเท่ากับ 19 ตัว คุณค่าการผสมพันธุ์ที่ประเมินได้ มีค่าตั้งแต่ -762.63 ถึง + 1,019.31 กิโลกรัม

สุพจน์ และคณะ (2541) รายงานคุณค่าการผสมพันธุ์โคนม โดยใช้ข้อมูลโคนมในโครงการวิจัยและปรับปรุงพันธุ์โคเนื้อและโคนมในเขตร้อนชื้น ประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ด้วยเทคนิค BLUP จัดลำดับพ่อพันธุ์ 283 ตัว ตามค่าการผสมพันธุ์ มีค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดเท่ากับ + 96.6 และ -146.9 กก. วิเคราะห์เปรียบเทียบคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์ที่มีแหล่งกำเนิดต่างกัน พบว่าโคพ่อพันธุ์จากต่างแหล่งไม่มีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 แผนการผสมพันธุ์

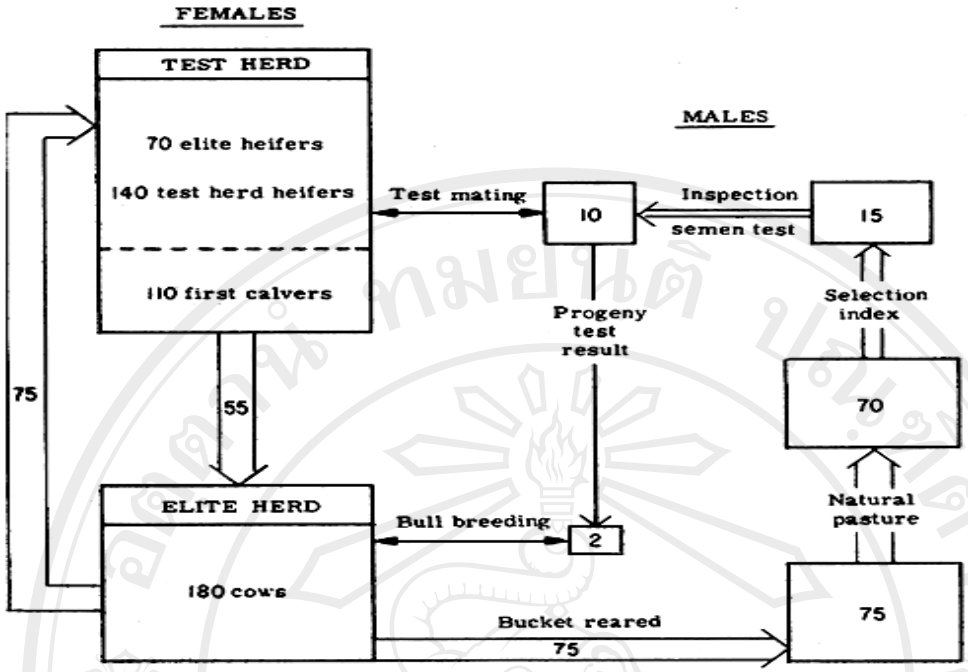
จุดประสงค์พื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์ ก็เพื่อจะผลิตแม่โคที่มีความสามารถทางพันธุกรรมดี ให้ผลผลิตสูง สามารถสร้างกำไรสูงสุด ในการที่จะบรรลุจุดประสงค์ดังกล่าวจำเป็นต้องมีแม่โคซึ่งมีสมรรถภาพการใช้อาหารดี แข็งแรงและสุขภาพสมบูรณ์เพื่อให้มีความยาวนานในการให้ผลผลิต (longevity) เป้าหมายที่ต้องการสามารถเป็นไปได้เมื่อ มีสัดส่วนเหมาะสมระหว่างแม่โคและโคพ่อพันธุ์ ในแผนการผสมพันธุ์ เพื่อรวบรวมลักษณะพันธุกรรมที่ดีต่างๆ ให้สามารถถ่ายทอดสู่รุ่นต่อไป การปรับปรุงพันธุ์โคนมเพื่อให้มีความก้าวหน้าทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะต่างๆที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ จะต้องมีแผนการผสมพันธุ์ (breeding plan) ที่เหมาะสมกับการจัดการสภาพแวดล้อม และมีวิธีการคัดเลือก (selection) ที่มีประสิทธิภาพ มีความถูกต้องแม่นยำสูงสุด เพื่อที่จะคัดเลือกโคนมที่มีความสามารถทางพันธุกรรมดีเด่นไว้ใช้ในการขยายพันธุ์ในฝูงต่อไป (สายัณห์, 2544) ส่วนประกอบสำคัญของแผนการผสมพันธุ์ คือ ค่าพารามิเตอร์และสัดส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบในแผนการปรับปรุงพันธุ์ ที่มีส่วนทำให้เกิดความก้าวหน้าทางด้านพันธุกรรมของโคนม เช่น อัตราพันธุกรรมความเข้มข้นของการคัดเลือก ขนาดที่เหมาะสมของจำนวนลูกสาวในการใช้ประเมินพ่อพันธุ์ และ สัดส่วนของโคพ่อพันธุ์ที่ผสมเพื่อทดสอบความสามารถทางพันธุกรรม (young bull) กับ พ่อพันธุ์ที่พิสูจน์แล้ว (proven bull) ขนาดของประชากร ความสามารถในการทดสอบและผลจากอัตราเลือดชิด สิ่งเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญในแผนการผสมพันธุ์ ที่ใช้การผสมเทียมเป็นหลัก (Skjervold and Langholz, 1964 cited by Chongkasikit, 2002) ในแผนการผสมพันธุ์ พ่อพันธุ์ที่ใช้มีทั้งพ่อพันธุ์ที่ผ่านการพิสูจน์แล้ว (proven bull) และพ่อพันธุ์ที่ใช้ผสมเพื่อทดสอบความสามารถทางพันธุกรรม (young bull) สัดส่วนโคที่ผสมด้วย young bull จำนวนของ young bull ต่อปี และจำนวนของลูกสาวต่อ young bull มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมในประชากร แต่ค่าเหล่านี้มีความแปรปรวนค่อนข้างสูง โดยสัดส่วนโคที่ผสมด้วย young bull มีค่าตั้งแต่ 15-100 % และ จำนวนของลูกสาวต่อ young bull 1 ตัว มีตั้งแต่ 20 - 400 ตัว ทั้งนี้จำนวนของแม่โคในประชากร จะเป็นตัวกำหนดจำนวนของ young bull ต่อปี (Goddard and Wiggans, 1999) Meinert *et al.* (1992) รายงานว่า การประมาณค่าทางพันธุกรรมลักษณะปริมาณน้ำนมในกลุ่มลูกสาวของ young bull กับ proven bull พบว่าลูกสาวของ young bull มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำนมสูงกว่าเล็กน้อย Abdallah and Mcdanel (2002) รายงานการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยลักษณะปริมาณน้ำนมของลูกสาวจาก proven bull และ young bull โดยที่ young bull แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีพ่อแม่ให้ผลผลิตสูงกว่าและต่ำกว่าเฉลี่ยของฝูง ในช่วงปี 1989 ถึง 1994 ลักษณะปริมาณน้ำนมของลูกสาว ระหว่าง proven bull และ young bull ที่มีพ่อแม่ให้ผลผลิตสูงกว่าเฉลี่ยฝูงไม่แตกต่างกัน แต่สูงกว่ากลุ่มที่มีพ่อแม่ให้ผลผลิตต่ำกว่าเฉลี่ยฝูง จากช่วงเวลาดังกล่าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะปริมาณน้ำนมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอด แสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าทางพันธุกรรม และแนะนำว่าสามารถใช้ young bull ที่มีพ่อแม่ให้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มพ่อแม่ทั้งหมด เนื่องจากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำนมของลูกสาวเท่ากับหรือสูงกว่า proven bull แต่มีราคาค่าน้ำเชื้อต่ำกว่า

Meyn and Wilkins (1974) รายงานแผนการผสมพันธุ์โคพันธุ์ ซาฮิวาล ของประเทศเคนยา (ภาพ 2.1) แผนการผสมพันธุ์นี้ นำเข้าพ่อพันธุ์ซาฮิวาลจากประเทศอินเดียและปากีสถาน เพื่อผสมพันธุ์กับโคพื้นเมืองภายในประเทศสำหรับสร้างพ่อพันธุ์ไว้ใช้งานและปรับปรุงประสิทธิภาพการให้ผลผลิตน้ำนม แผนการผสมพันธุ์นี้ ประกอบด้วยประชากรโคเริ่มต้นประมาณ 500 ตัว แยกออกเป็นฝูงพื้นฐาน 320 ตัว ประกอบด้วยโคสาว 140 ตัว โคสาวชั้นเยี่ยม 70 ตัว และโคที่ผ่านการให้ลูกตัวแรก 110 ตัวซึ่งจะใช้เป็นแม่พันธุ์ที่ผสมพันธุ์กับโคหนุ่มที่จะทำการทดสอบลูก (progeny test) และฝูงแม่โคชั้นเยี่ยม (Elite Herd) 180 ตัว ซึ่งเป็นแม่พันธุ์ที่ใช้สร้างพ่อพันธุ์ (Bull Dam) จะคัดเลือกจากแม่พันธุ์ที่ผ่านการให้นมใน 2 ระยะการให้นมแรก โดยแม่โคที่ผ่านการให้ลูกตัวแรกจากฝูงพื้นฐาน 55 ตัวจะถูกคัดเลือกเพื่อใช้ทดแทนในฝูงแม่โคชั้นเยี่ยม จากฝูงแม่พันธุ์ชั้นเยี่ยม ทำการผสมเทียมด้วยน้ำเชื้อจากพ่อพันธุ์ที่นำเข้าจากประเทศอินเดียและปากีสถาน จากแม่พันธุ์ 180 ตัว สามารถผลิตลูกได้ประมาณ 150 ตัว แบ่งเป็นเพศผู้และเพศเมีย อย่างละ 50 % ลูกเพศเมียจะส่งกลับไปเลี้ยงในฝูงพื้นฐานเพื่อผลิตเป็นโคสาวต่อไป ส่วนลูกเพศผู้ 75 ตัวที่ได้จะถูกทดสอบด้านประสิทธิภาพทางด้านการเจริญเติบโต จากการเลี้ยงในสภาพทุ่งหญ้าธรรมชาติ จนกระทั่งอายุ 2 ปีจากช่วงระยะเวลาดังกล่าวจะคัดเลือกพ่อโคหนุ่มเหลือ 70 ตัว และทำการคัดเลือกด้วย selection index โดยดูจากบันทึกการให้นมของแม่ร่วมกับอัตราการเจริญเติบโตของตัวโคเอง ให้เหลือ 15 ตัว โคที่ผ่านการคัดเลือกจะทำการรีดน้ำเชื้อเพื่อทำการทดสอบคุณภาพน้ำเชื้อเพื่อคัดเลือกร่วมกับลักษณะรูปร่าง คัดทิ้งโคที่ไม่ผ่านการทดสอบ 5 ตัว นำน้ำเชื้อโคพ่อพันธุ์ที่ผ่านการทดสอบ 10 ตัวไปผสมกับฝูงโคพื้นฐานเพื่อให้ได้ลูกเป็นเพศเมียประมาณ 14 ตัวต่อพ่อพันธุ์ 1 ตัว รอจนกระทั่งลูกสาวสามารถผสมพันธุ์และคลอดลูก ประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์จากปริมาณน้ำนมของลูกสาวในระยะการให้นมแรก พ่อพันธุ์ที่มีคุณค่าการผสมพันธุ์สูงสุด 2 ลำดับแรกจะถูกส่งเข้าศูนย์ผสมเทียมเพื่อรีดน้ำเชื้อไปผสมกับฝูงแม่โคชั้นดีเพื่อผลิตพ่อพันธุ์ไว้ใช้งานในรุ่นต่อไป พ่อพันธุ์ลำดับต่อมาจะใช้น้ำเชื้อผสมพันธุ์กับประชากรโคพื้นฐานเพื่อเพิ่มปริมาณโคนมและปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต จากแผนการผสมพันธุ์นี้ สามารถประเมินความก้าวหน้าทางพันธุกรรมได้ ประมาณ 3-4 % ต่อปี

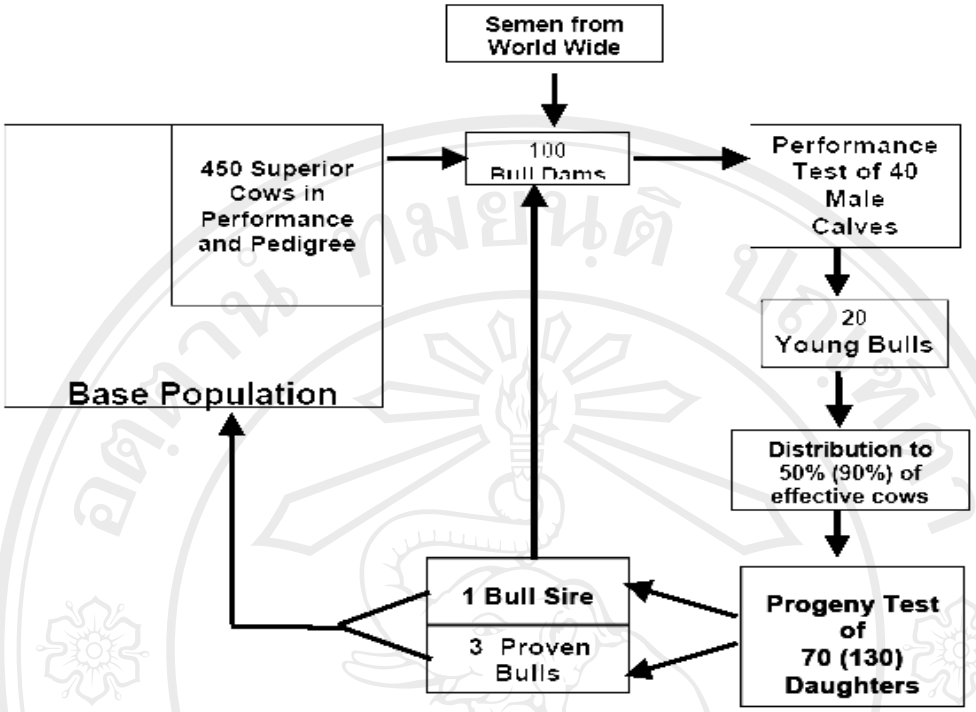
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 1. แผนการผสมพันธุ์โคพันธุ์ซาฮิวาลของประเทศเคนยา (Meyn and Wilkins, 1974)

Konig *et al.* (2005) รายงานว่า ตลอด 20 ปีที่ผ่านมา ปริมาณน้ำนมเป็นจุดหมายของการปรับปรุงพันธุ์ (breeding goal) โคนมในประเทศไทย Chongkasikit (2002) รายงานว่า การเพิ่มผลผลิตน้ำนมทางภาคเหนือของไทย จำเป็นต้องมีการพัฒนาแผนการปรับปรุงพันธุ์ที่เหมาะสมกับประชากร แผนการผสมพันธุ์ของโคนมทางภาคเหนือของไทย ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านพันธุกรรมจากประชากรพื้นฐาน คัดเลือกแม่โคที่มีประสิทธิภาพการให้นม ลักษณะความเป็นโคนมและพันธุ์ประวัติที่ดีเพื่อเป็นแม่พันธุ์ในการใช้สร้างพ่อพันธุ์(Bull Dam) โดยการนำเข้าน้ำเชื้อจากแหล่งต่างๆทั่วโลก (Bull Sire) ซึ่งสามารถปรับปรุงลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์และผลผลิตตลอดชั่วชีวิต ลูกเพศผู้ที่ได้จะถูกนำมาทดสอบประสิทธิภาพด้านต่างๆ เช่น การเจริญเติบโต จนกระทั่งอายุ 12-15 เดือน จากนั้นรีดน้ำเชื้อ 4,000 – 6,000 หลอดต่อตัวเก็บไว้ และกระจายน้ำเชื้อ (500- 1,000 หลอด) ไปยังฟาร์มที่เข้าร่วมแผนการผสมพันธุ์นี้ พ่อพันธุ์ที่ให้ลูกสาวที่มีผลผลิตน้ำนม ความสมบูรณ์พันธุ์ การพัฒนาของร่างกายสูงสุดจะนำไปใช้เป็นพ่อพันธุ์ (Bull Sire) เพื่อใช้สร้างพ่อพันธุ์ในรุ่นต่อไป ส่วนพ่อพันธุ์ที่ลำดับรองลงมาจะนำกลับไปผสมกับประชากรพื้นฐาน เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ (ภาพ 2.2) อย่างไรก็ตาม สิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึงคือความน่าเชื่อถือของบันทึกในด้านประสิทธิภาพการให้นม ความสมบูรณ์พันธุ์ และพันธุ์ประวัติของฝูงโคนม ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ใช้มีประสิทธิภาพในการประเมินแผนการผสมพันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2. แผนการปรับปรุงพันธุ์โคนม ภายใต้สภาพแวดล้อมประเทศไทย (Chongkasikit, 2002)

2.5.1 ความเข้มข้นของการคัดเลือก

การคัดเลือกเป็นปัจจัยอีกอย่างที่ทำให้การปรับปรุงพันธุ์บรรลุเป้าหมาย การคัดเลือกสัตว์ที่มีความสามารถทางพันธุกรรมที่ดีไว้ผสมพันธุ์ ทำให้ค่าเฉลี่ยการให้ผลผลิตของฝูงดีขึ้นและทำให้เกิดความก้าวหน้าทางด้านพันธุกรรม สัดส่วนการคัดเลือกที่แตกต่างกัน ทำให้ความแปรปรวนของประชากรแตกต่างกัน และการคัดเลือกอย่างต่อเนื่องทำให้ความแปรปรวนในประชากรลดลง (Falconer, 1986) ความเข้มข้นของการคัดเลือก หรือค่า intensity of selection (i) เป็นค่าซึ่งขึ้นตรงกับกับสัดส่วนของสัตว์ที่ถูกคัดเลือกไว้ทำพันธุ์ สามารถหาได้จาก

$$i = S/\sigma_p$$

เมื่อ S คือ ความแตกต่างจากการคัดเลือก หรือ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสัตว์ที่คัดไว้ทำพันธุ์กับค่าเฉลี่ยรวมของสัตว์ทั้งประชากร

และ σ_p คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลักษณะปรากฏของประชากรนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หรือ สัดส่วนของการคัดเลือก = $\frac{\text{จำนวนสัตว์ที่ถูกคัดเลือก}}{\text{จำนวนสัตว์ที่เลือกมาเพื่อประเมิน}}$

ที่มา Strandberg and Malmfors (2006)

Bolgiano *et al.* (1979) รายงานว่า เหตุผลที่การเปลี่ยนแปลงความสามารถทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำนมในอดีตเป็นไปค่อนข้างช้า เนื่องมาจาก ความเข้มข้นจากการคัดเลือกต่ำ ในสายของพ่อของพ่อพันธุ์ ช่วงของชั่วอายุใช้งานของพ่อและแม่ของพ่อพันธุ์ยาวนาน และพ่อพันธุ์ที่ใช้ผสมพันธุ์ในประชากรมีสัดส่วนสูงที่ไม่ได้คัดเลือกจากความสามารถทางพันธุกรรม การประยุกต์ใช้การผสมเทียม และน้ำเชื้อแช่แข็ง สามารถเพิ่มความเข้มข้นของการคัดเลือกในเพศผู้ ส่วนการทำให้เกิดการตกไข่ไข่จำนวนมาก (super ovulation) และการย้ายไข่ (ova transfer) จะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของการคัดเลือกในเพศเมีย

Cassell (2001) รายงานว่าการปรับปรุงลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจของโคนมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนในสหรัฐอเมริกาจากอดีตที่ผ่านมา อยู่บนพื้นฐานความเข้มข้นของการคัดเลือกพ่อพันธุ์ที่ต่อเนื่องทำให้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1957 ถึง 1997 มีค่าเฉลี่ยน้ำนมต่อตัวเพิ่มขึ้นเกือบสองเท่าจาก 5,870 กก. เป็น 11,274 กก. ตามลำดับ ผลจากพันธุกรรมที่เปลี่ยนแปลงทุกปีทำให้ผลผลิตน้ำนมต่อตัวเพิ่มขึ้นและ ส่งผลให้จำนวนโคนมของสหรัฐลดลงจาก 12.1 ล้านตัว ในปี ค.ศ. 1970 เหลือ 9.1 ล้านตัวในปี ค.ศ. 1999 เนื่องจากความสามารถทางพันธุกรรมโคแต่ละตัวสูงขึ้น และมีการคัดทิ้งโคที่มีพันธุกรรมไม่ดีอย่างต่อเนื่อง

Chongkasikit (2002) รายงานการศึกษา โครงสร้างของแผนการผสมพันธุ์โคนมทางภาคเหนือของประเทศไทย พบว่า แม่โคที่เกษตรกรคัดทิ้ง ไม่ได้ถูกคัดทิ้งเนื่องจากเหตุผลด้านการให้ผลผลิต ส่วนใหญ่เกิดจากปัญหาการผสมไม่ติด ซึ่งเกี่ยวข้องกับการขาดแคลนโภชนะ ปัญหาโรคติดต่อ และสัตว์ที่ถูกคัดทิ้งไม่ได้ถูกนำออกจากฝูง แต่เป็นการเปลี่ยนเจ้าของ ส่งผลให้ความเข้มข้นของการคัดเลือกในสายแม่ของแม่โคมีค่าต่ำ

Berry (2007) รายงานสัดส่วนการคัดเลือกสัตว์ในแผนการผสมพันธุ์โคนมของประเทศไอร์แลนด์ เมื่อแบ่งการคัดเลือกออกเป็นสี่ส่วน คือพ่อของพ่อพันธุ์, แม่ของพ่อพันธุ์, พ่อของแม่พันธุ์ และ แม่ของแม่พันธุ์มีค่าเท่ากับ 1% 20% 1% และ 90% ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นของการคัดเลือก มีค่าเท่ากับ 2.66 1.4 2.66 และ 0.20 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5.2 ช่วงของการใช้งาน

ปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงในการประเมินผลตอบสนองของแผนการผสมพันธุ์ คือ ช่วงชีวิตในการใช้งานของสัตว์ (Generation interval ; L) ช่วงการใช้งานของสัตว์ หมายถึงค่าเฉลี่ยของอายุพ่อแม่ที่สามารถให้รุ่นลูกมาทดแทนตนเองเพื่อการผสมพันธุ์ได้ โดยทั่วไปถ้าช่วงของการใช้งานของฝูงสัตว์ผสมพันธุ์ มีค่าต่ำ คือมีการทดแทนพ่อแม่พันธุ์ให้เร็วขึ้นและสม่ำเสมอ ก็จะเพิ่มความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ได้เร็วขึ้น แต่หากมีค่าสูง คือมีการใช้พ่อแม่พันธุ์อยู่ในฝูงผสมพันธุ์เป็นเวลานาน ความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ก็จะช้าลง

ตาราง 4. ช่วงของการใช้งานโดยประมาณของสัตว์บางชนิด

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

ที่มา สมชัย (2530)

Berry (2007) รายงานช่วงของการใช้งาน ในแผนการผสมพันธุ์โคนมของประเทศไอร์แลนด์ เมื่อแบ่งการคัดเลือกออกเป็นสี่ส่วน คือพ่อของพ่อพันธุ์, แม่ของพ่อพันธุ์, พ่อของแม่พันธุ์และ แม่ของแม่พันธุ์มีค่าเท่ากับ 8.15, 3.94, 7.63 และ 4.03 ตามลำดับ

Chongkasikit (2002) รายงานว่า ประชากรโคนมลูกผสมทางภาคเหนือของประเทศไทย มีช่วงของการใช้งาน ของพ่อของพ่อพันธุ์, แม่ของพ่อพันธุ์, พ่อของแม่พันธุ์, แม่ของแม่พันธุ์ และพ่อพันธุ์ทดสอบ เท่ากับ 6, 3.35, 6, 5.5, 2.5 ตามลำดับ

Van Tassell and Van Vleck (1991) รายงาน ช่วงของการใช้งานของโคนมในประเทศสหรัฐอเมริกา ช่วงปี 1955-1981 พบว่าช่วงของการใช้งานของพ่อของพ่อพันธุ์, แม่ของพ่อพันธุ์, พ่อของแม่พันธุ์และ แม่ของแม่พันธุ์ มีค่าเฉลี่ยรวมของช่วงของการใช้งานของสัตว์จากทั้งสี่ส่วนมีค่าเท่ากับ 10.2, 6.4, 9.3 และ 5.1 ตามลำดับ เมื่อคิดจาก 5 ปีสุดท้ายมีค่าเท่ากับ 11.0, 6.4, 8.9 และ 4.9 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6 การประเมินแผนการผสมพันธุ์

เนื่องจากลักษณะเศรษฐกิจของสัตว์ส่วนใหญ่เป็นลักษณะปริมาณซึ่งควบคุมด้วยยีนหลายคู่ การศึกษาความถี่ยีนจึงเป็นเรื่องยาก ดังนั้นการคัดเลือกลักษณะปริมาณจึงเน้นถึงผลต่อค่าเฉลี่ยของฝูงภายหลังการคัดเลือก รวมถึงการประเมินผลตอบสนองการคัดเลือกซึ่งจะต้องประเมินในรุ่นลูก เนื่องจากเป็นการประเมินถึงการตอบสนองทางพันธุกรรมในระดับที่มีการถ่ายทอดอย่างแท้จริง ผลตอบสนองการคัดเลือกเป็นรายปีจะช่วยตรวจสอบได้ว่าแผนการปรับปรุงพันธุ์ถูกต้องเหมาะสมและได้ผลหรือควรปรับปรุงเช่นไร Falconer (1986) รายงานว่าผลตอบสนองการคัดเลือก (response to selection : R หรือ ΔG) คือ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของลักษณะปรากฏของสัตว์ในรุ่นลูกที่เกิดจากพ่อแม่ที่คัดไว้ทำพันธุ์กับค่าเฉลี่ยรวมของลักษณะปรากฏจากรุ่นพ่อแม่ มีรูปสมการ ดังนี้

$$R = h^2 * i * \sigma_p$$

เมื่อ h^2 = อัตราพันธุกรรม

I = ความเข้มข้นของการคัดเลือก คือ สัดส่วนของประชากรที่ถูกคัดเลือกไว้จากประชากรทั้งหมดที่มีลักษณะการกระจายแบบปกติของลักษณะปรากฏ (สามารถเทียบจากตาราง Appendix Table A. ของ Folconer,1986)

σ_p = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะปรากฏ

จากสมการดังกล่าวสามารถดัดแปลงได้เป็น

$$R = i * h * \sigma_a$$

เนื่องจาก h = σ_a / σ_p

โดยที่ σ_a คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณค่าการผสมพันธุ์

หรือ

$$R = i * r_{GP} * \sigma_a$$

เมื่อ r_{GP} คือ สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางพันธุกรรมกับแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการประเมินหา (ลักษณะปรากฏ) หรือเรียกว่า ความแม่นยำของการคัดเลือก (accuracy of selection)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมคือเป้าหมายของนักปรับปรุงพันธุ์ ส่วนมากในการปรับปรุงพันธุ์โคนมจะเน้นที่การปรับปรุงลักษณะการผลิตน้ำนม Van Vleck (1977) รายงานว่าการปรับปรุงพันธุกรรมลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม สามารถทำได้จากการคัดเลือก โดยผ่านจากสี่ทางที่สำคัญคือ พ่อของพ่อพันธุ์ แม่ของพ่อพันธุ์ พ่อของแม่ และแม่ของแม่ ส่วนในประชากรที่มีการผสมพันธุ์โดยใช้การผสมเทียม การคัดเลือกจะมีการคัดเลือกจากสามส่วนที่เกี่ยวข้องกับโคเพศผู้ (พ่อของพ่อพันธุ์ แม่ของพ่อพันธุ์ และพ่อของแม่) การคัดเลือกจากทั้งสามส่วน มีส่วนเกี่ยวข้องทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏประมาณ 95 % โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคัดเลือกพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ที่จะใช้สร้างพ่อพันธุ์เพื่อผสมพันธุ์ภายในประชากร มีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง

Rendel and Robertson (1950) รายงานว่า แผนการผสมพันธุ์ในประชากรขนาดเล็กที่ไม่มีการทดสอบโคพ่อพันธุ์ การคัดเลือกจะต้องคัดเลือกจากประสิทธิภาพของแม่โคโดยตรง จะส่งผลให้เกิดความก้าวหน้าทางพันธุกรรมของค่าเฉลี่ยผลผลิต ประมาณ 1 % ต่อปี ขณะที่เมื่อมีการทดสอบโคพ่อพันธุ์ในแผนการผสมพันธุ์ขนาดเล็กที่ใช้การผสมจริง ความก้าวหน้าทางพันธุกรรมจะเพิ่มขึ้นเป็น 1.1 % ต่อปี แต่เมื่อแผนการผสมพันธุ์ที่ใช้การผสมเทียมในประชากรขนาดใหญ่ เมื่อมีการทดสอบโคพ่อพันธุ์และทดสอบประสิทธิภาพของแม่โคไปพร้อมกัน ความก้าวหน้าทางพันธุกรรม จะเพิ่มเป็น 1.7 % ต่อปี ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของการคัดเลือก และความแม่นยำของการคัดเลือกสัตว์ที่จะนำมาใช้เป็นพ่อและแม่ของพ่อพันธุ์ ด้วยอายุการใช้งานที่ไม่มากนัก การคำนวณผลตอบสนองของแผนการผสมพันธุ์ต่อปี สามารถคำนวณจากสมการที่ 1. ดังนี้

$$\Delta G = \frac{\Delta G_{SB} + \Delta G_{DB} + \Delta G_{SC} + \Delta G_{DC}}{LSB + LDB + LSC + LDC} \quad \text{..... [1]}$$

เมื่อ ΔG คือ ผลตอบสนองของการคัดเลือก

L คือ ช่วงอายุการใช้งาน

SB, DB, SC และ DC คือ พ่อของพ่อพันธุ์, แม่ของพ่อพันธุ์, พ่อของแม่โคและแม่ของแม่โคตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Van Tassell and Van Vleck (1991) ได้ทำการศึกษาผลตอบสนองจากการคัดเลือกของประชากรโคนมประเทศสหรัฐอเมริกาจากพ่อพันธุ์จำนวน 6,000 ตัว และ แม่โคนมจำนวน 1,074, 971 ตัว ซึ่งเกิดระหว่างปี ค.ศ. 1955-1981 โดยแยกการศึกษาออกเป็นสี่ส่วนด้วยกัน คือ สายพ่อของพ่อพันธุ์ (sires of bulls, SB), แม่ของพ่อพันธุ์ (dams of bulls, DB), พ่อของแม่โค (sires of cows, SC) และ แม่

ของแม่โค (dam of cows, DC) พบว่า ผลตอบสนองจากการคัดเลือกจากส่วนต่างๆมีค่าเท่ากับ 405, 395, 329 และ 42 กิโลกรัม ตามลำดับ แต่เมื่อคิดเฉพาะช่วง 5 ปีสุดท้ายมีค่าเท่ากับ 884, 598, 235 และ 28 กิโลกรัม ตามลำดับ จะพบว่าผลตอบสนองจากการคัดเลือกในส่วนของ พ่อของพ่อพันธุ์, แม่ของพ่อพันธุ์ และ พ่อของแม่โค มีค่าความแตกต่างจากการคัดเลือกที่สูงทั้งจากเฉลี่ยรวมและ 5 ปีหลังสุด เมื่อเทียบกับส่วนของแม่ของแม่โค เนื่องจากว่าส่วนของพ่อของพ่อพันธุ์ แม่ของพ่อพันธุ์และพ่อของแม่โค ได้รับการคัดเลือกจากเจ้าหน้าที่ของรัฐ ซึ่งควบคุมดูแลแผนการผสมพันธุ์ ส่วนแม่ของแม่โคเกษตรกรเป็นผู้ควบคุมการคัดเลือก ซึ่งยังเห็นความสำคัญของการคัดเลือกน้อย

Chongkasikit (2002) รายงานค่าคาดคะเนการศึกษาผลตอบสนองการคัดเลือกของประชากรโคนมภาคเหนือของไทย เมื่อพิจารณาลักษณะที่สนใจในการคัดเลือกเพียงลักษณะเดียว คือลักษณะปริมาณน้ำนม 305 วัน จากสมการที่ 2.

$$\Delta G = \frac{I_{BV} + I_{BM} + K_1 . I_{KV} + I_{KM} + (1-K_2) . I_{TB}}{L_{BV} + L_{BM} + K_1 . L_{KV} + L_{KM} + (1-K_2) . T_{TB}} \quad \text{..... [2]}$$

เมื่อกำหนดให้สัดส่วนการคัดเลือก BV (พ่อของพ่อพันธุ์), BM (แม่ของพ่อพันธุ์), KV (พ่อของแม่พันธุ์), KM (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 ช่วงของอายุการใช้งาน เท่ากับ 6, 3.35, 6, 5.5, 2.5 ตามลำดับ ค่าอัตราพันธุกรรมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะปริมาณน้ำนม 305 วัน มีค่าเท่ากับ 0.35 และ 1,257.59 กก. ตามลำดับ พบว่า ผลตอบสนองจากการคัดเลือก มีค่าเท่ากับ 86.99 กก./ปี

Konig *et al.* (2005) รายงานค่าคาดคะเนผลตอบสนองการคัดเลือกจากแผนการผสมพันธุ์โคนมทางภาคเหนือของประเทศไทย พบว่า เมื่อพิจารณาคัดเลือก 3 ลักษณะพร้อมกันคือ ลักษณะปริมาณน้ำนม ช่วงห่างการให้ลูก และน้ำหนักร่างกาย ค่าผลตอบสนองที่ได้ มีค่าเท่ากับ 449.8 กก./ปี, -0.22 วัน/ปีและ 3.82 กก./ปี

วิชัย และคณะ (2548) รายงานผลตอบสนองทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำนม 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 พ.ศ. 2547 ซึ่งมีผลตอบสนองทางพันธุกรรมในช่วงปี 2531 ถึง 2545 เพิ่มขึ้น 147.74 กิโลกรัม โดยภายหลังปี 2542 มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แนวโน้มดีขึ้นอย่างชัดเจน กลุ่มพ่อพันธุ์โคนม TMZ ที่มีค่า EBV สูงกว่าค่าเฉลี่ยฝูงมีค่าอยู่ในช่วง 23.5 - 146.62 กิโลกรัม และกลุ่มแม่พันธุ์โคนม TMZ จำนวน 260 ตัว ที่มีค่า EBV สูงกว่าค่าเฉลี่ยฝูง มีค่าในอยู่ช่วง 1.05– 479.68 กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved