



รายงานฉบับสมบูรณ์
โครงการวิจัยเรื่อง
ระบบการผลิตและการประเมินคุณค่าทางพันธุกรรมของ
โคหมไทยภายใต้แผนการผสมพันธุ์
แบบการยกระดับสายเลือด

คณะผู้วิจัย
วิสุทธิ์ หิมารัตน์
วนิดา กำเนิดเพชร
ศักดิ์ชัย โตภาณุรักษ์
มานิต ทรามาศ
ไพฑูร ทองอ่อน
วิษณุ รวมเจริญ

ผู้สนับสนุนโครงการวิจัย : สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.)



รายงานฉบับสมบูรณ์
โครงการวิจัยเรื่อง
ระบบการผลิตและการประเมินคุณค่าทางพันธุกรรมของ
โคนมไทยภายใต้แผนการผสมพันธุ์
แบบการยกระดับสายเลือด

คณะผู้วิจัย
วิสุทธิ์ หิมารัตน์
วนิดา กำเนิดเพ็ชร
ศักดิ์ชัย โตภาณุรักษ์
มานิต ทรามาศ
ไพฑูร ทองอ่อน
วิษณุ รวมเจริญ

ผู้สนับสนุนโครงการวิจัย : สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.)

การประเมินคุณค่าทางพันธุกรรมในรูปของคุณค่าการผสมพันธุ์ของโคนมที่เลี้ยงในประเทศ ทั้งโคนมที่นำเข้าจากต่างประเทศและโคนมพันธุ์ผสมที่เกิดขึ้นจากการผสมพันธุ์แบบยกระดับสายเลือด เพื่อใช้คุณค่าการผสมพันธุ์ที่ประเมินได้เหล่านั้นเป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจในการคัดเลือกโคนมไว้ในฝูงโคนมปรับปรุงพันธุ์ต่อไป นอกจากนั้นแล้วคุณค่าการผสมพันธุ์ที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาที่ผ่านมาหรือความก้าวหน้าทางพันธุกรรมก็จะเป็นค่าที่ชี้ให้เห็นว่าแผนการปรับปรุงพันธุ์หรือแผนการผสมพันธุ์โคนมของลักษณะใดลักษณะหนึ่งมีความถูกต้องและมีความเหมาะสมประการใด การประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ที่ได้นำเอาความสัมพันธ์ทางเครือญาติของโคนมทุกตัวที่จะนำมาประเมิน มาใช้ในการคำนวณด้วยนั้น มีความยุ่งยากและใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการคำนวณและดำเนินการในต่างประเทศ โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ระบบใหญ่ที่มีขีดความสามารถสูง ในการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์โคนมจำนวนมากๆ ได้ แต่ในปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์แบบบุคคลมีขีดความสามารถในการประมวลผลได้รวดเร็วขึ้น หน่วยความจำที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลและการประมวลผลมีขนาดความจุมากขึ้น รวมทั้งระบบซอฟต์แวร์ที่เป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการประเมินค่าได้มีผู้วิจัยต่างๆ ในมหาวิทยาลัยและหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศได้ทำการพัฒนาและเผยแพร่ในรูปแบบของงานวิจัยอย่างมาก สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพโครงสร้างข้อมูลที่มีอยู่ได้ ดังนั้นการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์โคนมโดยวิธีดังกล่าวสามารถดำเนินการได้ในฟาร์มโคนมขนาดใหญ่หรือการประเมินคุณค่าผสมพันธุ์ของโคนมในระดับประเทศเป็นสิ่งที่สามารถกระทำได้ โดยนักปรับปรุงพันธุ์โคนมไทย เพื่อการคัดเลือกโคพ่อพันธุ์และโคแม่พันธุ์ของชาติ เพื่อปรับปรุงพันธุ์โคนมของประเทศให้บรรลุตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ต่อไป

คณะนักวิจัย

เมษายน 2544

	หน้า
คำนำ	iii
บทคัดย่อ	xii
Abstract	xiii
บทที่1. บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย	1
วัตถุประสงค์	3
ผลที่คาดว่าจะได้รับการดำเนินการ	3
บทที่2. ผลงานวิจัยและงานเขียนที่เกี่ยวข้อง	5
1. การผสมข้ามพันธุ์และการผสมแบบยกระดับสายเลือด	5
2. การประเมินค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม	8
บทที่3. การวิเคราะห์คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะต่างๆ	16
อุปกรณ์และวิธีการ	17
การวิเคราะห์คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะผลผลิตน้ำนมและความยาว	
ระยะรีดนม	19
ขั้นตอนในการดำเนินการ	19
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	19
ผลการวิจัย	22
1. การวิเคราะห์องค์ประกอบของความแปรปรวนและค่า	
พารามิเตอร์ทางพันธุศาสตร์	22
2. การประมาณค่าอัตราพันธุกรรม	22
3. การประมาณค่าอัตราซ้ำ	23
4. การประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์	23
5. การประมาณค่าความเชื่อถือของคุณค่าการผสมพันธุ์	27
6. การวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางพันธุกรรมของปริมาณ	
ผลผลิตน้ำนม	27
การวิเคราะห์คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะรูปร่างโคนม	29
ขั้นตอนการดำเนินการ	29
การวิเคราะห์ทางสถิติ	30
ผลการวิจัย	31
1. การวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวน ความแปรปรวน	
ร่วมและค่าพารามิเตอร์ทางพันธุศาสตร์	31

2.การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมและค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและค่าสหสัมพันธ์ปรากฏของลักษณะรูปร่างโคนม	32
3.การประมาณค่าอัตราซ้ำลักษณะรูปร่างโคนม	33
4.การประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ลักษณะรูปร่างโคนม	33
บทวิจารณ์	34
การประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์โคนม	34
บทที่4. การวิเคราะห์ระดับเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียนที่เหมาะสม	38
ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย	38
ขั้นตอนในการดำเนินการ	38
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	39
ผลการวิจัย	41
1.ค่าเฉลี่ยลีส์ทส์แควร์ของลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่างๆ	41
2.การวิเคราะห์ความก้าวหน้าของลักษณะปรากฏการให้ผลผลิตน้ำนม	42
บทวิจารณ์	42
การวิเคราะห์ระดับเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียนที่เหมาะสม	42
บทที่5.สรุปและข้อเสนอแนะ	46
ข้อเสนอแนะ	47
Glossary	49
เอกสารอ้างอิง	51

	หน้า
ตารางที่ 3-1 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและพิสัยของคุณค่าการผสมพันธุ์ ของลักษณะผลผลิตน้ำมันของโคพ่อพันธุ์ โคแม่พันธุ์และโคสาว	24
ตารางที่ 3-2 แสดงคุณค่าการผสมพันธุ์ของแม่โคนมที่เรียงค่าตามอันดับ (แสดงอันดับ 1-15)	24
ตารางที่ 3-3 แสดงคุณค่าการผสมพันธุ์ของโคพ่อพันธุ์ที่เรียงค่าตามอันดับ (แสดงอันดับ 1-15)	25
ตารางที่ 3-4 แสดงดัชนีพันธุ์ประวัติของโคสาวที่เรียงค่าตามอันดับ(แสดงอันดับ1-15)	25
ตารางที่ 3-5 แสดงค่าเฉลี่ยของคุณค่าการผสมพันธุ์ของแม่โคระหว่างปี 2530-2542	26
ตารางที่ 3-6 แสดงค่าเฉลี่ยของคุณค่าการผสมพันธุ์ของโคพ่อพันธุ์ที่ใช้ผสมพันธุ์ ระหว่างปี 2528-2540	26
ตารางที่ 3-7 แสดงจำนวนบันทึกข้อมูล ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและพิสัยของ ชุดข้อมูลลักษณะรูปร่างโคนม	31
ตารางที่ 3-8 แสดงค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเนื่องจากอิทธิพลของ ยีนแบบบวกสะสมของลักษณะรูปร่างโคนม	31
ตารางที่ 3-9 แสดงค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมเนื่องจากอิทธิพลของ ยีนแบบไม่บวกสะสมและอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมแบบถาวรของลักษณะ รูปร่างโคนม	32
ตารางที่ 3-10 แสดงความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม แบบชั่วคราวของลักษณะรูปร่างโคนม	32
ตารางที่ 3-11 แสดงค่าอัตราพันธุกรรมและค่าสหสัมพันธ์ปรากฏและสหสัมพันธ์ทาง พันธุกรรมของลักษณะรูปร่างโคนม	33
ตารางที่ 3-12 แสดงค่าอัตราซ้ำของลักษณะรูปร่างโคนม	33
ตารางที่ 3-13 แสดงคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะรูปร่างของโคพ่อพันธุ์	34
ตารางที่ 3-14 แสดงคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะรูปร่างโคเพศเมีย	34
ตารางที่ 3-15 แสดงค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะรูปร่างโคนมบางลักษณะที่ ประมาณได้เปรียบเทียบกับค่าของต่างประเทศ	35
ตารางที่ 3-16 แสดงค่าเฉลี่ยของคุณค่าการผสมพันธุ์ของลูกที่มีผลจากการตอบสนอง ต่อการคัดเลือก	37
ตารางที่ 4-1 แสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตน้ำมันในช่วงปี 2530-2541	41
ตารางที่ 4-2 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิตน้ำมันในแต่ละระดับสายเลือด ไฮลสไนด์ฟรีเชียน	41

ตารางที่ 4-3 แสดงค่าเฉลี่ยของความยาวระยะให้นมในแต่ละระดับสายเลือด โอสสไดน์ฟรีเซียน	42
ตารางที่ 4-4 แสดงค่าเฉลี่ยของอายุเมื่อให้ลูกตัวแรกในแต่ละระดับสายเลือด โอสสไดน์ฟรีเซียน	42
ตารางที่ 4-5 แสดงสัดส่วนของเฮดเทอโรซิสที่คงเหลือในโคนมระดับสายเลือดต่างๆ	44
ตารางที่ 4-6 แสดงค่าเฉลี่ยลีสท์สแควร์ของปริมาณผลผลิตน้ำนมของโคนมพันธุ์แท้ โอสสไดน์ฟรีเซียน	45
ตารางที่ 6-1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่อิทธิพลต่อลักษณะผลผลิตน้ำนม	56
ตารางที่ 6-2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่อิทธิพลต่อลักษณะความยาวระยะรีดนม	56
ตารางที่ 6-3 การวิเคราะห์ปัจจัยที่อิทธิพลต่อลักษณะอายุเมื่อให้ลูกตัวแรก	56

	หน้า
แผนภาพที่ 1 แนวโน้มทางพันธุกรรมของแม่โคนมในช่วงปี 2530-2541	28
แผนภาพที่ 2 แนวโน้มทางพันธุกรรมของโคนมที่เกิดจากการผสมพันธุ์แบบยก ระดับสายเลือดช่วงปี 2536-2541	28
แผนภาพที่ 3 แนวโน้มทางพันธุกรรมของโคพ่อพันธุ์ที่ใช้ผสมพันธุ์ระหว่างปี 2528 ถึง 2539	28
แผนภาพที่ 4 แนวโน้มของสภาพแวดล้อมในช่วงปี 2532-2541	29
แผนภาพที่ 5 แผนการปรับปรุงพันธุ์โคนมพันธุ์และการคัดเลือก	47

คณะนักวิจัย

1. ชื่อ : นายวิสุทธิ์ หิมารัตน์
ตำแหน่ง : นักวิชาการสัตวบาล 6
ที่ทำงาน : ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่
เลขที่ 1 ม. 13 ถ. อำนาจโยธา 1 ต. ยุหว่า
อ. สันป่าตอง จ. เชียงใหม่ 50120
โทรศัพท์ : 053-311836 แฟกซ์ 053-311973
2. ชื่อ : น.ส. วณิดา กำเนิดเพ็ชร์
ตำแหน่ง : นักวิชาการสัตวบาล 6
ที่ทำงาน : กลุ่มงานโคนม กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์
เขตพญาไท กรุงเทพฯ
โทรศัพท์ : 02-6534922
3. ชื่อ : นายศักดิ์ชัย โตภาณุรักษ์
ตำแหน่ง : อาจารย์
ที่ทำงาน : ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพฯ
โทรศัพท์ : 02-2189681
4. ชื่อ : นายมานิต ทรามาศ
ตำแหน่ง : ผู้จัดการทั่วไป
ที่ทำงาน : บริษัท โซคชัยแดรี่ฟาร์ม จำกัด
ฟาร์ม : ก.ม.ที่ 159-160 ถนนมิตรภาพ ต. หนองแดง
อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา 30130
โทรศัพท์ : 044-311790 , 044-313027 , 044-361173
5. ชื่อ : นายไพฑูร ทองอ่อน
ตำแหน่ง : ผู้จัดการฟาร์ม
ที่ทำงาน : บริษัท โซคชัยแดรี่ฟาร์ม จำกัด
ฟาร์ม : ก.ม.ที่ 159-160 ถนนมิตรภาพ ต. หนองแดง
อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา 30130
โทรศัพท์ : 044-311790 , 044-313027 , 0-44 361173

ชื่อ : นายวิชณุ รวมเจริญ
ตำแหน่ง : โปรแกรมเมอร์
ที่ทำงาน : บริษัท โซคชัยเดรี่ฟาร์ม จำกัด
ฟาร์ม : ก.ม.ที่ 159-160 ถนนมิตรภาพ ต. หหนองแดง
อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา 30130
โทรศัพท์ : 044-311790 , 044-313027 , 044-361173

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัทฟาร์มโคนมไทย-จีน ที่ให้อนุญาตให้ใช้ข้อมูลโคนมของฟาร์มที่จัดบันทึกตั้งแต่ 2530 ถึง 2542 และเจ้าหน้าที่ของฟาร์มที่ให้ความสะดวกและช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

คุณโชค บูลกุล

ประธานบริษัทไทย-จีนแดรี่ฟาร์ม จำกัด

บันทึกผลผลิตน้ำนมและความยาวระยะรีดนมของโคนมพันธุ์แท้ โคนมพันธุ์ผสมระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียนที่นำเข้าจากต่างประเทศ โคนมพันธุ์แท้และโคนมพันธุ์ผสมที่เกิดจากการผสมพันธุ์แบบยกระดับสายเลือด ของฟาร์มระดับอุตสาหกรรมโคนมขนาดใหญ่ของประเทศจำนวน 17,808 บันทึกที่จดบันทึกระหว่างปี 2530 ถึง 2542 ปริมาณผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยเท่ากับ $3,644.20 \pm 1,549.18$ กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยความยาวระยะรีดนมเท่ากับ 299.08 ± 106.10 วัน วิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะผลผลิตน้ำนมและความยาวระยะรีดนมด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood, REML แบบ Animal model ประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำนมและความยาวระยะรีดนมเท่ากับ 0.25 และ 0.02 ตามลำดับ ค่าอัตราซ้ำเท่ากับ 0.40 และ 0.20 ตามลำดับ ประมาณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะผลผลิตน้ำนมด้วยวิธี Best Linear Unbiased Prediction, BLUP แบบ Animal model ได้ค่าเฉลี่ยคุณค่าของโคพ่อพันธุ์จำนวน 107 ตัว โคนมพันธุ์จำนวน 8,709 ตัวและโคสาวจำนวน 1,431ตัวเท่ากับ 87.2 -8.6 และ -2.3 ตามลำดับความก้าวหน้าทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำนมของโคนมทั้งหมดและโคนมพันธุ์ผสมที่ได้รับการยกยระดับสายเลือดเท่ากับ 31.7 กิโลกรัม ($R^2 = 0.98$) และ 40.3 กิโลกรัม ($R^2 = 0.99$) ตามลำดับ

ข้อมูลสรุปรางวัลลักษณะโคนมของโคนมพันธุ์แท้และโคนมพันธุ์ผสมที่เกิดจากการผสมแบบยกระดับสายเลือด 4 ลักษณะได้แก่รูปร่างที่เป็นโคนม (DF) ความลึกของลำตัว(BD) ความแข็งแรงของรูปร่าง (SN)และความสูง (ST) จำนวน 2,242 บันทึกของโคนมจำนวน 1,048 ตัววิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนด้วย Multi-traits REML แบบ Animal model ได้ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะ DF, BD, SN และ ST เท่ากับ 0.26 0.41 0.20 และ 0.45 ตามลำดับและค่าอัตราซ้ำเท่ากับ 0.29 0.45 0.25 และ 0.50 ตามลำดับ ประมาณค่าผสมพันธุ์ของลักษณะโคนมทั้ง 4 ลักษณะด้วยวิธี BLUP แบบ Animal model ได้ค่าเฉลี่ยคุณค่าผสมพันธุ์ของลักษณะ DF, BD, SN และ ST ของโคพ่อพันธุ์จำนวน 57 ตัวเท่ากับ 0.11 0.15 -0.02 และ 0.08 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยคุณค่าผสมพันธุ์ของลักษณะ DF, BD, SN และ ST ของโคแม่พันธุ์จำนวน 4,015 ตัวเท่ากับ 0.10 0.16 -0.04 และ -0.03 ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยลีส์ทส์แควร์ของบันทึกผลผลิตน้ำนมในแต่ละระดับสายเลือดของโฮลสไตน์ฟรีเซียนจาก 50% 62.5% 75% 87.5% และ 93.75% เท่ากับ 3,492.21 4,464.12 3,729.49 3,654.96 และ 3521.10 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยลีส์ทส์แควร์ของความยาวระยะรีดนมเท่ากับ 239.53, 287.22, 273.57, 288.69 และ 301.61 ตามลำดับ จะเห็นว่าผลผลิตน้ำนมของโคนมระดับสายเลือด 62.5% จะสูงสุดและลดลงเมื่อระดับเลือดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของความยาวระยะรีดนมที่เพิ่มขึ้นเมื่อระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียนเพิ่มขึ้นและค่าเฉลี่ยของอายุเมื่อให้ลูกตัวแรกลดลงเมื่อระดับสายเลือดเพิ่มขึ้น แผนการผสมพันธุ์และการคัดเลือกโคนมยกยระดับสายเลือดที่ให้ผลผลิตต่ำและไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมออกจากฝูง ตลอดจนการวิเคราะห์ที่พบว่ามีควมก้าวหน้าทางพันธุกรรมของโคนมที่เกิดจากการผสมพันธุ์แบบยกระดับสายเลือด จะเห็นได้ว่าแผนการการผสมพันธุ์แบบยกระดับสายเลือดเป็นแผนการผสมพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพของฟาร์มในการปรับปรุงพันธุ์โคนม การคัดเลือกโคนมและการวางแผนการจับคู่ผสมพันธุ์ โดยการใช้คุณค่าการผสมพันธุ์เป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจ จะทำให้การปรับปรุงพันธุ์โคนมของฟาร์มบรรลุถึงเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

คำสำคัญ : โฮลสไตน์ฟรีเซียน / ยกระดับสายเลือด / อัตราพันธุกรรม / อัตราซ้ำ / คุณค่าการผสมพันธุ์

Abstract

Genetic evaluation for milk yield and days in milk was conducted in a large dairy herd in Thailand. The herd consisted of up grading and purebred Holstein. Data of 17,808 milk records were collected during 1987 to 1998. Milk yield (MY) was $3,644.20 \pm 1,549.18$ kg with the average days in milk (DIM) 299.08 ± 106.10 . Variance components were estimated by Animal model – Restricted Maximum Likelihood (AM – REML). Heritability of MY and DIM were 0.25 and 0.02 respectively. Repeatability of MY and DIM were 0.40 and 0.20 respectively. Predicted breeding value (BV) was the result from BLUP animal model. Average BV from 107 sires, 8,709 dam and 1,431 heifers were 87.2, -8.6 and -2.3 respectively. Genetic progress of the herd was 31.7 kg ($R^2 = 0.98$) and of the up grading Holstein was 40.3 kg ($R^2 = 0.99$).

The type traits were scored as dairy form (DF), body depth (BD), strength (SN) and stature (ST). The total of 2,242 records from 1,048 animal was used to estimated the variance components by animal model multi – trait REML. BLUP animal model was used in predicted of breeding values. Heritability of DF, BD, SN and ST were 0.26 0.41 0.20 and 0.45 respectively. Average BV for DF, BD, SN, and ST of 57 sires were 0.11 0.15 -0.02 and 0.08 respectively. Average BV for DF, BD, SN and ST of 4,015 dams were 0.10 0.16 -0.04 and -0.03 respectively.

The percentage of Holstein blood in the up grading herd were 50%, 62.5%, 75%, 87.5% and 93.75%. Least squared means (LSM) for milk yield in those groups were 3,492.21, 4,464.12, 3,729.49, 3,654.96 and 3,521.10 respectively. LSM for DIM in those groups were 239.53, 287.22, 273.57, 288.69 and 301.61 respectively. When taking into account of the increase DIM, the decrease age at first calving, culling off the low productivity cows from herd, the genetic progress of milk yield was found in up grading dairy herd. Therefore, the up grading program together with the BV from genetic evaluation as BV can provide the effective and valuable tools in genetic improvement for Thai dairy cattle.

Key words: Holstein-Friesian / Up-grading / Heritability / Repeatability / Breeding value

ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยมีการขยายตัวขึ้นมาก ความสามารถในการผลิตน้ำนมดิบ มีการขยายตัวขึ้นในอัตรา 15 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ในขณะที่ความต้องการบริโภคนมพร้อมดื่มขยายตัวในอัตรา 20 เปอร์เซ็นต์ต่อปี จากการที่การขยายตัวของความต้องการบริโภคสูงกว่าความสามารถในการผลิต ทำให้ต้องมีการนำเข้านมผงจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ทำให้เสียดุลทางการค้า รัฐบาลได้มีนโยบายขยายกิจการการเลี้ยงโคนมให้มากขึ้น โดยมีการพัฒนาการเลี้ยงโคนมในประเทศทั้งในทางแนวนอนและแนวตั้ง การพัฒนาในทางแนวนอนหมายถึงการเพิ่มจำนวนโคนมในประเทศให้มากขึ้น จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่ามีการนำเข้าโคนมจากต่างประเทศเป็นการแก้ปัญหาอย่างเร่งด่วน ในส่วนของการพัฒนาในแนวตั้งคือเพิ่มคุณภาพของโคนมให้มีผลผลิตสูงขึ้นและควรเป็นส่วนที่ให้ความสำคัญและเป็นการแก้ปัญหาในระยะยาว การพัฒนาในแนวตั้งสามารถทำได้โดยการปรับปรุงพันธุ์ เพิ่มประสิทธิภาพการให้อาหาร เพิ่มคุณภาพอาหาร การปรับปรุงพันธุ์จะประสบผลสำเร็จต่อเมื่อมีการคัดเลือกพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพ ในการวางแผนการคัดเลือกและการผสมพันธุ์โคนมควรจะมีวัตถุประสงค์ที่แน่นอน เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดวิธีการคัดเลือกและจะสามารถบรรลุถึงวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้อย่างรวดเร็วและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและแรงงานในการดำเนินการน้อยที่สุด

การปรับปรุงพันธุ์โคนมในประเทศไทย ดำเนินการอย่างต่อเนื่องเป็นเวลามากกว่า 20 ปี โดยกรมปศุสัตว์และหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมและการเลี้ยงโคนม อาทิเช่นองค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทยและภาคอุตสาหกรรมฟาร์มโคนมเอกชน การปรับปรุงพันธุ์โคนมที่ได้ดำเนินการได้แก่ การผสมข้ามพันธุ์ (crossbreeding) ระหว่างพันธุ์โคนมจากเขตหนาว (temperate) ต่างๆ เช่นพันธุ์โฮลสไตน์ฟรียเซียน (Holstein-Friesian) เจอร์ซี (Jersey) หรือ บราวน์สวิส (Brown-Swiss) เป็นต้น กับโคพันธุ์พื้นเมืองหรือโคพันธุ์ผสมระหว่างโคพื้นเมืองกับโคอินเดียอื่นๆ เช่นบราห์มัน (Brahman) เรดซินดิ (Red Sindhi) หรือซาฮิวาล (Sahiwal) เป็นต้น โดยมุ่งหวังลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมจากโคนมเขตหนาวและลักษณะที่ดีในเรื่องของการทนทานต่อสภาพสิ่งแวดล้อมโรคและแมลงของโคพื้นเมืองหรือโคอินเดียและการผสมกลับ (backcross) หรือการผสมพันธุ์แบบยกระดืบสายเลือด (up grading) ด้วยโคนมจากเขตหนาวเพื่อวัตถุประสงค์ที่จะปรับปรุงพันธุ์โคนมให้มีผลผลิตน้ำนมสูงขึ้น มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมมากขึ้น นำไปสู่ขบวนการสร้างพันธุ์โคนมของประเทศขึ้น การที่จะปรับปรุงพันธุ์โคนมให้มีผลผลิตน้ำนมมากขึ้นนั้นมีสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงก็คือการคัดเลือกสัตว์ที่มีความสามารถทางพันธุกรรมสูงที่สุดเพื่อใช้เป็นพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ในการผลิตลูกในชั่วต่อไป แต่จากการที่

ลักษณะต่างๆ ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของปศุสัตว์นั้น เป็นลักษณะที่เรียกว่าลักษณะ ปริมาณ (quantitative trait) ซึ่งลักษณะนี้จะถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ ลักษณะประเภทนี้สภาพ สิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกซึ่งลักษณะของตัวสัตว์ หรือสามารถกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า ลักษณะที่ปรากฏให้เห็น (phenotype) ของตัวสัตว์จะเป็นผลรวมของความสามารถทางพันธุ กรรม (genotype) กับสภาพสิ่งแวดล้อม (environment) ทั้งนี้ลักษณะที่ปรากฏให้เห็นสามารถชั่ง ตวง หรือวัดเป็นค่าสังเกตได้ ส่วนความสามารถทางพันธุกรรมโดยเฉพาะชนิดของอำนาจของ ยีนแบบบวกสะสม (additive gene effect) หรือที่เรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่าคุณค่าการผสมพันธุ์ (breeding value) นั้น เป็นสิ่งที่ไม่สามารถชั่ง ตวง หรือวัดได้ แต่เป็นสิ่งที่ต้องการปรับปรุงเพื่อก ยกระดับการผลิต ทั้งนี้ความสามารถทางพันธุกรรมนี้ เป็นปัจจัยที่สามารถถ่ายทอดจากชั่วหนึ่ง ไปยังอีกชั่วหนึ่งได้ ส่วนสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถถ่ายทอดได้และอาจจะบดบัง ความสามารถที่แท้จริงทางพันธุกรรมของตัวสัตว์ด้วย (สมชัย, 2530)

คุณค่าการผสมพันธุ์ของสัตว์แต่ละตัว (individual) หมายถึง ค่าของยีนของสัตว์แต่ละตัว ที่สามารถส่งผ่านไปยังลูกหลานในชั่วถัดไป เราสามารถที่จะกำหนดค่าเฉลี่ยผลของยีน (average effect) เป็นยีนใดยีนหนึ่งในประชากรหรือเป็นค่าของความแตกต่างระหว่างยีนใดยีน หนึ่งกับอีกยีนหนึ่งในคู่ของยีนเดียวกัน (allelic pair) ค่าเฉลี่ยผลของยีนคือค่าเฉลี่ยของความ เบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยของประชากรของสัตว์แต่ละตัวที่ได้รับยีนนั้นจากพ่อแม่และยีนที่ได้รับจาก บรรพบุรุษอื่นจะได้รับโดยการสุ่มจากประชากรและการวัดค่าความสามารถของสัตว์แต่ละตัวนั้น คือ การวัดค่าเฉลี่ยผลของยีนนั่นเอง (Falconer, 1985)

โดยทั่วไปแล้วการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ เมื่อพิจารณาแล้วก็คือการที่พ่อและแม่ ต่างก็ถ่ายทอดยีนไปสู่รุ่นลูกได้อย่างละครึ่ง ดังนั้นคุณค่าการผสมพันธุ์จึงเป็นคุณค่าของสัตว์หรือ พืชที่มีอยู่ในแผนการผสมพันธุ์ใดๆนั้นเองและมีค่าเป็นสองเท่าของค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ของลูกจากฝูง (expected progeny difference) หรือที่เรียกว่า transmitting ability ส่วนทาง ด้านคณิตศาสตร์นั้น คุณค่าการผสมพันธุ์จะเป็นฟังก์ชันของ genotypic values (ศรเทพ, 2531)

การคำนวณหาความสามารถทางพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์จะเน้นพันธุ กรรมของอำนาจยีนแบบรวมสะสมหรือคุณค่าการผสมพันธุ์ ซึ่งเรียกว่าการประมาณคุณค่าการ ผสมพันธุ์ (prediction of breeding value) ค่าที่ประมาณได้จะเป็นตัวเลขที่ใช้เป็นเกณฑ์เปรียบ เทียบในการตัดสินใจคัดเลือกสัตว์เอาไว้เป็นพ่อพันธุ์หรือแม่พันธุ์ต่อไป การดำเนินงานด้านการ ปรับปรุงพันธุ์โคนมไทยฟรีเซียนของภาครัฐ ได้ดำเนินการในศูนย์และสถานีบำรุงพันธุ์สัตว์ของ กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์จำนวน 10 แห่งทั่วประเทศ โดยได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อระบบการจัดเก็บข้อมูลและการจัดการฟาร์มโคนมขึ้น เพื่อใช้บันทึกข้อมูลในศูนย์ฯ และ สถานียฯ ต่างๆ ดังกล่าวและมีขีดความสามารถในการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างหน่วยงานต่างๆได้ เพื่อจุดประสงค์ในการสร้างฐานข้อมูลโคนมของประเทศขึ้น จากการดำเนินงานในภาครัฐที่ได้ กล่าวมานั้น สามารถที่จะเร่งรัดให้บรรลุเป้าหมายให้รวดเร็วขึ้น ในการที่พัฒนาปรับปรุงพันธุ์

โคนมไทยฟรีเซียน หากได้เข้าไปดำเนินการในฟาร์มขนาดใหญ่ ที่มีการจัดการฟาร์มดีและสม่ำเสมอ มีจำนวนแม่พันธุ์โคนมจำนวนมาก และใช้แผนการปรับปรุงพันธุ์ ที่คล้ายคลึงกันโดยการผสมพันธุ์แบบยกระดืบสายเลือด ซึ่งสามารถนำเป็นต้นแบบในการขยายผลการดำเนินการในลักษณะเดียวกันนี้สู่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในระดับกลุ่มเกษตรกรหรือสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนมต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาระบบในการปรับปรุงพันธุ์โคนมไทย และการประเมินค่าทางพันธุกรรมในโคนมกลุ่มใหญ่ ที่เลี้ยงในสภาพแวดล้อมและการจัดการเดียวกัน โดยใช้ข้อมูลที่มีการจดบันทึกในฟาร์ม และให้ได้วิธีการปรับปรุงพันธุ์โคนมอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะในการดำเนินการได้แก่

- 1 เพื่อให้ได้พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์โคนม ที่มีคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะทางเศรษฐกิจสูง และเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ในจำนวนที่เพียงพอในการคัดเลือกโคนมไว้ขยายพันธุ์ต่อไป
- 2 เพื่อให้ได้ระบบการเก็บและการวิเคราะห์ข้อมูลโคนม เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์โคนมในระดับกว้างต่อไป
- 3 เพื่อให้ได้ผลการประเมินอิทธิพลของพันธุกรรม ที่มีผลต่อลักษณะทางเศรษฐกิจต่างๆ ของโคนม ในระดับประชากร

ผลที่คาดว่าจะได้รับการดำเนินงาน

- 1 ได้ผลงานวิจัยที่แสดงถึงรูปแบบของกระบวนการปรับปรุงพันธุ์โคนมไทย ที่ใช้วิธีการผสมพันธุ์แบบยกระดืบสายเลือดและการประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์โคนม ในลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่างๆ ซึ่งอยู่ในลักษณะเรียงลำดับ (ranking) คุณค่าการผสมพันธุ์จากลำดับสูงไปต่ำ ทำให้การคัดเลือกสัตว์ไว้ขยายพันธุ์กระทำได้สะดวกและมีความแม่นยำสูง สามารถประมวลไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์โคนมของประเทศให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
- 2 ได้ระบบการจัดเก็บข้อมูลโคนมและโปรแกรมการจัดการฟาร์มโคนม ที่สามารถเชื่อมต่อระหว่างหน่วยงานของภาครัฐและฟาร์มเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรได้
- 3 ได้กระบวนการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ของโคพ่อพันธุ์และโคแม่พันธุ์และดัชนีพันธุ์ประวัติ (pedigree index) ของโคนมทุกตัวในฟาร์ม และสามารถนำไปใช้ได้กับโคนมทั่วประเทศได้
- 4 จากการที่ใช้ระบบการจัดเก็บข้อมูลโคนมและโปรแกรมการจัดการฟาร์ม ที่สามารถเชื่อมต่อกันได้ ดังกล่าวในข้อ 2 จะทำให้ได้ผลงานวิจัยที่สามารถบ่งบอกปัจจัยที่มีผลต่อการให้

ผลผลิตน้ำนม ในสถานะการณ์ ระยะเวลา อายุ และช่วงต่างๆ ของโคนม พร้อมค่าพารามิเตอร์ที่สามารถชี้สถานภาพทางพันธุกรรมของฝูงโคนมไทยในปัจจุบัน

5 ได้นักวิจัยรุ่นใหม่ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท ด้านการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อเป็นนักวิจัยด้านปรับปรุงพันธุ์ ที่มีคุณภาพต่อไป

6 ได้กลุ่มพ่อพันธุ์ แม่พันธุ์ชั้นเยี่ยมของโคนมพันธุ์ไทยฟรียเซียน (Thai Friesian, TF) เพื่อขยายพันธุ์ต่อไป ในระดับประเทศ

7 ผู้ที่จะได้รับประโยชน์จากผลงานวิจัย

- นักวิชาการด้านปรับปรุงพันธุ์สัตว์
- ฟาร์มโคนมขนาดใหญ่
- หน่วยราชการต่างๆ ของกรมปศุสัตว์
- กลุ่มเกษตรกรและสหกรณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม
- เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมทั่วไป

1. การผสมข้ามพันธุ์และการผสมแบบยกระดับสายเลือด

การผสมข้ามพันธุ์ถือว่าเป็นทางเลือกหนึ่งแทนการคัดเลือกพันธุ์ (selection) แต่อย่างไรก็ตามการผสมพันธุ์ข้ามพันธุ์ก็มีความจำเป็นจะต้องมีระบบของการคัดเลือกบนลักษณะที่ต้องการและลักษณะอื่นๆ เกิดจากผลของยีนแบบบวกสะสม (Smith, 1984)

ทฤษฎีของการคัดเลือกจะอยู่บนพื้นฐานของผลรวมของลักษณะที่ต้องการ ซึ่งเป็นผลของยีนแบบบวกสะสมที่สามารถถ่ายทอดจากชั่วหนึ่งไปยังอีกชั่วหนึ่งได้ แต่ในส่วนทฤษฎีของการผสมข้ามนั้น จะอยู่บนพื้นฐานของการจัดการลักษณะที่ต้องการซึ่งเป็นผลของยีนแบบข่ม (dominant) ในแต่ละชั่ว ผลของยีนแบบข่มไม่สามารถถ่ายทอดและสะสมจากโคนมชั่วหนึ่งไปยังอีกชั่วหนึ่งได้ แต่อย่างไรก็ตามสามารถแสดงผลได้ในการแผนการคัดเลือกที่เหมาะสม (Rich and Bell, 1980; Orozco, 1976) และในส่วนของผลของยีนแบบอีพิสแตซิส (epistasis) ทั้งในแผนการคัดเลือกและแผนการผสมพันธุ์แบบข้ามพันธุ์ไม่สามารถที่จะประเมินได้ ทั้งนี้เนื่องจากผลของยีนแบบดังกล่าว สามารถที่สร้างรูปแบบของจำนวนของยีนและจำนวนตำแหน่งที่เกี่ยวข้องได้อย่างมากมายมหาศาล

การสร้างพันธุ์โคนม (synthetic breeds) สามารถสร้างได้จากการวางแผนผสมพันธุ์แบบ *inter se* ในฝูงโคนมพันธุ์ผสม วิธีที่ง่ายที่สุดในการสร้างพันธุ์ได้แก่ การสร้างพันธุ์โคนมจากโคสองสายพันธุ์ โดยทำการผสมข้ามเพื่อให้ได้ ลูกผสมชั่วที่ 1 และผสมระหว่างลูกผสมชั่วที่ 1 เพื่อให้ลูกผสมชั่วที่ 2 และทำเช่นนี้เรื่อยไปในชั่วถัดไป โคนมพันธุ์ใหม่ที่ได้นั้นโดยเฉลี่ยแล้วจะมียีน ที่ส่งผ่านจากสายพันธุ์พ่อแม่อย่างละ 50 % หรือครึ่งหนึ่งของผลของยีนแบบบวกสะสม และยังคงสภาพเฮเทอโรไซโกซิติ (heterozygosity) ไว้ 50% ของลูกผสมชั่วที่ 1 หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่ายังคงสภาพเฮเทอโรซีส (heterosis) ไว้ 50% เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามการสร้างพันธุ์โคนมขึ้น สามารถสร้างขึ้นจากโคนมพันธุ์ผสมกลุ่มอื่นๆอีกเช่น กลุ่มที่เกิดจากโคพันธุ์ผสมที่ผสมกลับ (backcross) ด้วยพันธุ์โคนมหลัก ในกรณีเช่นนี้โคนมพันธุ์ที่สร้างขึ้นจะมีผลของยีนแบบบวกสะสมเท่ากับ 75% และเฮเทอโรซีสเท่ากับ 37.5% โดยทั่วไปแล้วสามารถคำนวณเฮเทอโรไซโกซิติที่สูงสุดและเฮเทอโรซีสที่ยังคงเหลืออยู่ในโคนมพันธุ์ที่สร้างขึ้นได้จากสูตร (Dickerson, 1973)

$$1 - \sum p_i^2$$

เมื่อ

p_i = สัดส่วนของยีนที่ส่งผ่านมายังโคนมพันธุ์ที่สร้างขึ้น โดยโคนมพันธุ์หลักที่ i^{th}

Amble และ Jain, 1966 ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากฟาร์มโคนมของราชการทหารในประเทศอินเดีย จำนวน 9 ฟาร์มในช่วงระยะเวลา 22 ปีระหว่างปี 1934 ถึง 1955 โคนมในฟาร์มดังกล่าวจะเป็นโคนมที่เกิดจากโคพ่อพันธุ์อินเดียหรือโคพ่อพันธุ์ยุโรป ลักษณะต่างๆที่ทำการศึกษาคืออายุเมื่อให้ลูกตัวแรก ผลผลิตน้ำนมของระยะการให้น้ำนมครั้งแรก ระยะห่างของการให้ลูกและความคงทน(viability) ผลการศึกษาสรุปว่าเมื่อพิจารณาทางด้านผลผลิตน้ำนมแล้วพบว่าโคนมที่มีระดับสายเลือดโคยุโรป 50% และ 62.5% จะให้ผลผลิตสูงกว่าโคนมระดับสายเลือดอื่น

Katpatal, 1970 ได้ศึกษาผลผลิตน้ำนมของโคนมพันธุ์ผสมระหว่างชาฮิวาลและโฮลสไตน์ฟรีเชียนที่มีระดับสายเลือดของโฮลสไตน์ฟรีเชียนระหว่าง 31.25% ถึง 93.75% การวิเคราะห์ค่าลีสท์สแควร์ (least square) พบว่าโคนมพันธุ์ที่มีระดับสายเลือด 50% จะมีการเจริญเติบโตที่สูงกว่าเช่นเดียวกับกับผลผลิตน้ำนมและการใช้สมการควอดราติกรีเกรชัน (quadratic regression) เพื่อหาค่าเฉลี่ยลีสท์สแควร์ (least square mean) พบว่าระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียนที่เหมาะสมคือ 62.5 % และได้ทำการศึกษาผลของเฮดเทอโรซิส โดยใช้วิธีการ multiple regression แยกอิทธิพลของเฮดเทอโรซิสออกจากผลของยีนแบบบวกสะสม พบว่าอิทธิพลของเฮดเทอโรซิส ต่อลักษณะผลผลิตน้ำนมในโคนมพันธุ์ผสมชั่วที่ 1 มีค่าเท่ากับ 35-45 เปอร์เซนต์

Dhillon และ Jain, 1977 ได้ทำการศึกษาผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยต่อตัวต่อระยะห่างของการให้ลูกของโคนมพันธุ์ชาฮิวาลและโคนมพันธุ์ผสมระหว่างโฮลสไตน์ฟรีเชียนและชาฮิวาล พบว่าผลผลิตน้ำนมของ ชาฮิวาล, 25%HF, 50%HF, 62.5%HF และ 75%HF เท่ากับ 4.52, 5.11, 6.40, 6.58 และ 5.98 กิโลกรัม/ตัว/วัน โดยที่ผลผลิตน้ำนมของ 50%HF, 62.5%HF และ 75%HF ไม่มีความแตกต่างกัน

Katpatal, 1977 ได้รายงานว่โคนมพันธุ์ผสมระหว่างโคนมพันธุ์ฟรีเชียนและโคนมพันธุ์อินเดียเช่น ชาฮิวาล เรดซินดีและฮาเรียนา ที่ทำการศึกษในฟาร์มโคนมของราชการทหารประเทศอินเดียจะให้ผลผลิตน้ำนมสูงสุด เมื่อมีระดับสายเลือดโคนมฟรีเชียนในช่วง 50% ถึง 75%และเส้นโค้งแสดงการเจริญเติบโตของโคที่อายุ 1 และ 2 ปี ก่อนช่วงจะเหมือนกับเส้นโค้งแสดงผลผลิตน้ำนม เป็นการแสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดว่าโคนมที่มีระดับสายเลือดฟรีเชียนเกินกว่า 75% จะขาดการปรับตัวให้เข้ากับสภาพสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามน้ำหนักตัวของโคนมที่มีอายุน้อย จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อระดับสายเลือดของฟรีเชียนเพิ่มมากขึ้น

Bhat และคณะ 1978 ได้ศึกษาข้อมูลจากฟาร์มโคนมของทางราชการทหารในประเทศอินเดีย จำนวน 8 ฟาร์ม และฟาร์มจำนวน 5 ฟาร์มเป็นฟาร์มที่ใช้ในการศึกษาของ Amble และ Jain เมื่อปี 1966 เป็นเวลา 30 ปี ระหว่างปี 1939 ถึง 1968 แต่จะใช้เฉพาะโคนมพันธุ์ผสมที่เกิดจากโคพ่อพันธุ์เท่านั้น โคนมพันธุ์ผสมระหว่างโฮลสไตน์ฟรีเชียนและชาฮิวาล ระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียนอยู่ระหว่าง 6.25 ถึง 98.44 % ลักษณะที่ศึกษาได้แก่ อายุเมื่อให้ลูกตัวแรก ผลผลิตน้ำนมครั้งแรก ความยาวของระยะให้นม ระยะห่างของการให้ลูก ระยะท้องว่างและระยะแห้งนม ประมาณค่าคงที่ของลีสท์สแควร์ (least square constants) จากโมเดลที่รวมอิทธิพล

ของ ฟาร์ม ฤดูที่ปลอด และระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียน และพบว่า อายุเมื่อให้ลูกตัวแรก ลดลงเมื่อระดับสายเลือดของโฮลสไตน์สูงขึ้นจนถึงระดับ 50% ผลผลิตน้ำนมต่อระยะการให้นม และความยาวของระยะให้นม เพิ่มมากขึ้น จนถึง 59.375% อย่างไรก็ตามอายุที่ให้ลูกตัวแรก น้อยที่สุดและให้ผลผลิตน้ำนมสูงสุดจะเป็นโคนมพันธุ์ผสมระดับสายเลือด 98.44% จำนวน 20 ตัว

Taneja และ Bhat, 1978 ได้ศึกษาการแยกอิทธิพลของยีนแบบบวกสะสมและอิทธิพล ของเฮเทอโรซิส โดยวิธีการรีเกรซชันค่าเฉลี่ยลีสต์สแควร์ของลักษณะต่างๆ ของระดับสาย เลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียนระดับต่างๆกัน ที่ได้รับการถ่ายทอดจากพ่อหรือแม่และสัดส่วนของเฮเทอโรไซโกซิติ ลักษณะของน้ำนมจากตัวแรกเกิดถึงระยะให้ลูกตัวแรกได้รวมไว้ในการศึกษา ครั้งนี้ด้วย และพบว่าอิทธิพลของระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียน ที่ได้รับการถ่ายทอดจากพ่อ หรือแม่มีนัยสำคัญต่อน้ำนมตัวทุกระยะและผลผลิตน้ำนมของการให้นมครั้งแรก พันธุ์ของโค พ่อพันธุ์มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่ออายุเมื่อให้ลูกตัวแรก ความยาวของระยะการให้นมครั้งแรก แต่สัดส่วนของระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซียนของพ่อหรือแม่ ไม่มีอิทธิพลต่อของระยะ ท้องว่าง ระยะห่างของการให้ลูก ระยะแห้งนม เฮเทอโรซิสมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญน้ำนม ตัวตั้งแต่แรกเกิดจนถึงอายุ 6 เดือน อายุเมื่อให้ลูกตัวแรก ระยะห่างของการให้ลูกตัวแรกและ ระยะแห้งนม และพบว่าอิทธิพลของเฮเทอโรซิสไม่ส่งทางบวกต่อผลผลิตน้ำนมครั้งแรก ซึ่งผล ของเฮเทอโรซิสมีเพียง 5% เท่านั้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการวิเคราะห์รีเกรซชันของลักษณะพันธุ์ของพ่อและพันธุ์ของแม่ ซึ่งจะเป็นตัวชี้วัดว่าแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันในเรื่องของ maternal effect หรือไม่ และพบว่ามีเพียงหนึ่งลักษณะจากทั้งหมด 12 ลักษณะที่ทำการศึกษา ที่มีความแตกต่างกัน

Reo และ Nagarcenkar 1979 ได้ศึกษาลักษณะผลผลิตน้ำนมครั้งแรกทั้งระยะการให้นมและที่ 300 วัน ความยาวของระยะรีดนมและระยะห่างของการให้ลูกของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน เจอร์ซี บราวน์สวิสและโคนมพันธุ์ผสมที่เกิดขึ้นจากการผสมข้ามโคนมพันธุ์ต่างๆดังกล่าวกับโคพันธุ์อื่นๆเช่น ซาฮิวาล เรดซินดี และอื่นๆ เป็นต้น พบว่าในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียนและโคนมพันธุ์ผสม ผลผลิตน้ำนมของโคนมพันธุ์ผสมที่ระดับสายเลือด 50 % จะให้ผลผลิตสูงกว่าโคนมพันธุ์ผสมระดับสายเลือดต่างๆ แต่ผลผลิตน้ำนมที่สูงที่สุดจะเป็นกลุ่มโฮลสไตน์ฟรีเซียนพันธุ์แท้ และระดับสายเลือดโฮลสไตน์ที่สูงขึ้นจะมีอิทธิพลต่อความยาวของระยะรีดนมให้สูงขึ้นด้วยแต่จะมีผลตรงกันข้ามกับระยะห่างของการให้ลูก

Madsen และ Vinther 1975 ได้รายงานผลการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างโคนมพันธุ์เรดเดนและโคแม่พันธุ์พื้นฐานที่ฟาร์มโคนมไทย-เดนมาร์ก โคแม่พันธุ์พื้นฐานได้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ โคพันธุ์พื้นเมือง โคพันธุ์พื้นเมืองที่ได้รับการปรับปรุงซึ่งได้แก่โคชีบูเป็นหลัก โคนมพันธุ์อินเดียได้แก่ ซาฮิวาลและเรดซินดี แผนการผสมพันธุ์จะเป็นการผสมพันธุ์แบบยกระดับสายเลือดด้วยโคพ่อพันธุ์เรดเดน ลักษณะต่างๆ ที่ทำการศึกษาได้แก่อัตราการตาย อายุเมื่อให้ลูกตัว

แรก ปริมาณน้ำนมและไขมันนมของระยะการให้นมครั้งที่ 1 และ 2 พบว่าอัตราการตายในโคนมพันธุ์ผสมระดับสายเลือด 50% เรดเดน มีอัตราการตายต่ำสุดและมีอัตราการตายสูงสุดในเรดเดนพันธุ์แท้และโคนมพันธุ์ผสมที่มีระดับสายเลือดเรดเดนสูง อย่างไรก็ตามพบว่าอัตราการตายของลูกโคในโคนมพันธุ์อื่นเดียมีอัตราการตายสูง โคนมระดับสายเลือด 50%เรดเดนมีอายุเมื่อให้ลูกตัวแรกและระยะห่างของการให้ลูกต่ำสุด ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้นตามระดับสายเลือดเรดเดนที่เพิ่มขึ้นในขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันกลับให้ผลลดลงเล็กน้อย โคนมพันธุ์ผสมชั่วแรกที่เกิดจากโคนมเรดเดนและโคนมพันธุ์อื่นเดีย ให้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ 20 ถึง 30% โคนมเรดเดนพันธุ์แท้ที่นำเข้าในขณะที่เป็นโคสาว ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยแล้วสูงกว่าพันธุ์แท้ที่เกิดในประเทศถึง 50% แต่น้อยกว่าในระยะการให้นมครั้งที่ 2

2. การประเมินค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม (genetic parameter)

Chauhan และ Hayes 1991 ได้ใช้วิธี multivariate REML ในวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมครั้งแรกและส่วนประกอบของน้ำนม ในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ ค่าอัตราพันธุกรรม ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏของลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม ไขมันนม โปรตีนในน้ำนม และเปอร์เซ็นต์ของไขมันนมและโปรตีน ถูกวิเคราะห์โดย sire model ที่ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างโคพ่อพันธุ์ในการวิเคราะห์ด้วยค่าอัตราพันธุกรรม ของลักษณะผลผลิตน้ำนม ไขมันนม โปรตีนและเปอร์เซ็นต์ของไขมันนมและโปรตีน เท่ากับ 0.29, 0.31, 0.25, 0.65 และ 0.61 ตามลำดับ ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างปริมาณน้ำนมและปริมาณไขมันนม, ปริมาณโปรตีนและเปอร์เซ็นต์ไขมันนม, เปอร์เซ็นต์โปรตีนและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันและเปอร์เซ็นต์ไขมันเท่ากับ 0.45 0.79 0.49 -0.54 และ 0.56 ตามลำดับ ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างปริมาณและค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของไขมันนมและโปรตีนนม มีค่าเท่ากับ 0.62

Stanton และคณะ 1991 ได้ศึกษาปฏิกิริยาร่วมของพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมต่อลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมครั้งแรกของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ในประเทศสหรัฐอเมริกา โคลัมเบีย เม็กซิโกและเปอร์โตริโก องค์ประกอบของความแปรปรวนและค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม วิเคราะห์โดยวิธี REML ค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 0.20 ถึง 0.29 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำนมระหว่างสหรัฐอเมริกาและลาตินอเมริกาในฟาร์มระดับต่างๆ กันเท่ากับ 0.91, 0.82, 0.89, 0.78 และ 0.90 ตามลำดับ

Harris และคณะ 1992 ได้ศึกษาค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏของลักษณะการให้ผลผลิตและรูปร่าง ในโคนมพันธุ์เกิร์นนีย์ ค่าอัตราพันธุกรรม ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏของผลผลิตน้ำนม ไขมันนมและโปรตีนน้ำนม และลักษณะรูปร่างโคนมที่ให้คะแนนแบบเส้นตรง (linear type) ถูกประมาณโดย sire model ที่รวมความสัมพันธ์ระหว่างโคพ่อพันธุ์ด้วย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ multiple-traits REML ค่าอัตราพันธุกรรม

ของลักษณะต่างๆ อยู่ในช่วง 0.31 ถึง 0.37 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำนม อยู่ในช่วง 0.80 ถึง 0.92 และค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ อยู่ในช่วง 0.86 ถึง 0.94 ลักษณะรูปร่างที่ให้คะแนนแบบเส้นตรง จะมีค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 0.53 ถึง 0.09 สำหรับ ความสูงของร่างกาย (stature) และมุมของข้อเท้าโค (foot angle)

Welter และ Freeman 1992 ได้ใช้วิธี REML โดยอัลกอริทึมแบบ expectation maximization, EM ในการหาค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมครั้งแรกของโคพันธุ์โฮลสไตน์ ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำนม ไขมันนม โปรตีน และแลคโตส เท่ากับ 0.30 0.29 0.27 และ 0.26 ตามลำดับ และค่าอัตราพันธุกรรมของเปอร์เซ็นต์ไขมันนม โปรตีน แลคโตส และคะแนนของโซมาติกเซลล์ (somatic cell score) เท่ากับ 0.45 0.47 0.53 และ 0.16 ตามลำดับ

Fuerst และ Solkner 1994 ได้ใช้วิธี REML ในการประมาณค่าความแปรปรวนอันเนื่องมาจากยีนแบบบวกสะสมและยีนที่ไม่ใช่แบบบวกสะสมของลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม ในโคพันธุ์แทชีเมเนทอลและโคพันธุ์ผสมซิมเมเนทอล เยอรมันบราวน์ผสมกับบราวน์สวิส ที่ใช้พันธุ์ประวัติของพ่อและตา รวมทั้งผลของยีนแบบบวกสะสม ผลของยีนแบบข่มและปฏิกริยาร่วมระหว่างผลของยีนแบบบวกสะสมและผลของยีนแบบบวกสะสม ค่าอัตราพันธุกรรมที่ได้จากการประมาณ โดยไม่รวมผลของยีนแบบบวกสะสมนั้น จะให้ค่าที่สูงเกินความเป็นจริง โดยเฉพาะมีปฏิกริยาร่วมของยีนแบบบวกสะสมและยีนแบบบวกสะสมอยู่ในการวิเคราะห์ ความแปรปรวนเนื่องผลของยีนแบบข่ม มีความสำคัญต่อลักษณะที่ทำการศึกษา โดยเฉพาะลักษณะของความ สามารถในการให้ผลผลิตตลอดช่วงอายุ (lifetime performance) และความแปรปรวนของปฏิกริยาร่วมของยีนแบบบวกสะสมและยีนแบบบวกสะสมจะมีค่าสูงในลักษณะของผลผลิตน้ำนม และปริมาณน้ำนมที่ได้ปรับด้วยพลังงาน (energy-corrected milk)

Suzuki และ Van Vleck 1994 ได้ใช้วิธี REML โดยอัลกอริทึมแบบ derivative-free, DF และ repeatability model ในการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของลักษณะปริมาณน้ำนม, ไขมันนม, และของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันนม (solid not fat, SNF) ของโคนมพันธุ์แจแปนีสโฮลสไตน์ โดยใช้บันทึกน้ำนมจำนวน 3 แรกของระยะการให้นม โดยโมเดลกำหนด ปัจจัยปี-ฤดูกาลตลอดเดือนที่คลอดลูก ปัจจัยอายุเมื่อคลอดลูกแบบ linear และ quadratic เป็นตัวแปรร่วม อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม (additive genetic) อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมแบบถาวร (permanent environmental effect) และอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมแบบชั่วคราว (temporary environmental effect) เป็นปัจจัยชนิดสุ่ม ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนม ไขมันนม โปรตีนและของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันนม มีค่าเท่ากับ 0.30 0.30 0.26 และ 0.27 ตามลำดับ

Campos และคณะ 1994 ได้ศึกษาลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมครั้งแรกของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์จำนวน 8 ฝูงและเจอร์ซีย์จำนวน 6 ฝูง ในรัฐฟลอริดาซึ่งมีภูมิอากาศแบบกึ่งร้อน (subtropical) โดยใช้วิธี derivative-free REML แบบ animal model และนำค่าความแปรปรวนที่

ได้ไปประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ของแม่โคนมแต่ละตัว ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ ดังนี้คือ ผลผลิตน้ำนมอยู่ในช่วง 0.27 ถึง 0.43 และ 0.38 ถึง 0.51 สำหรับเปอร์เซ็นต์ของส่วนประกอบต่างๆ ในน้ำนม และ 0.025 ถึง 0.056 สำหรับด้านการสืบพันธุ์ มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากเขตหนาวทั่วไป ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธีการเดียวกัน และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณต่างๆ มีค่าสูงและจะต่ำสำหรับค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปริมาณต่างๆ และลักษณะด้านการสืบพันธุ์

Jairath และคณะ 1994 ได้ศึกษาการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏของลักษณะสมรรถนะของการผลิตตลอดช่วงอายุในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ โดยวิธี REML ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการให้ผลผลิตตลอดช่วงอายุอยู่ในช่วง 0.11 ถึง 0.13 และ 0.07 ถึง 0.09 สำหรับการวัดความยั่งยืนในการให้ผลผลิต (longevity) และ 0.28 ถึง 0.32 สำหรับ ผลผลิตน้ำนมต่อวันของอายุที่ให้ผลผลิตทั้งหมด (productive life)

Lin และ Lee 1986 รายงานการวิเคราะห์ลักษณะแบบลักษณะเดี่ยวและหลายลักษณะ พร้อมกันตั้งแต่สองลักษณะ จนถึง 5 ลักษณะ โดยวิธี REML พบว่าการวิเคราะห์ 5 ลักษณะ พร้อมกันจะประหยัดเวลาคอมพิวเตอร์ (computer times) ได้ถึง 300% และจะพบคำตอบ (convergence) ได้เร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ การวิเคราะห์ทีละลักษณะจำนวน 5 ลักษณะเมื่อใช้วิธี canonical transformation

Mao 1989 ได้ใช้วิธี REML โดยอัลกอริทึมแบบ expectation maximization พร้อมด้วย canonical transformation ในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุศาสตร์ของ net energy efficiencies สำหรับการผลิตน้ำนม สำหรับการดำรงชีวิต (maintenance) และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักร่างกายในโคนมโฮลสไตน์ฟรีเชียน

Wiggans และ Goddard 1997 ได้ใช้วิธี canonical transformation ในการวิเคราะห์ multitraits ของผลผลิตผลิตน้ำนมในวันตรวจสอบน้ำนม (test day) ซึ่งได้แก่ปริมาณน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมันนมและโปรตีน ลักษณะรูปร่างโคนมต่างๆ อีกจำนวน 60 ลักษณะ

Gengler และคณะ 1997 ได้ประมาณค่า transmitting ability และค่า reliability ของลักษณะรูปร่างจำนวน 15 ลักษณะของโคนมพันธุ์เจอร์ซีโดยวิธี multitraits animal model และได้ใช้วิธี canonical transformation ในกรณีที่ข้อมูลค่าสูญหาย (missing value) ด้วย

Gengler และคณะ 1999 ได้ใช้วิธีการ canonical transformation พร้อมด้วย approximate diagonalization ในการประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะต่างๆ โคนม (type traits) โดย animal model ได้แก่ลักษณะ final score ซึ่งใช้แบบหุ่นจำลองแบบ single trait และลักษณะที่เป็น linear type traits อีกจำนวน 15 (multivariate model) ลักษณะในโคนมพันธุ์เจอร์ซี เกิร์นซี แอร์ชายน์ บราวน์สวิส และมิลค์กิงส์ฟอร์ดฮอร์น

Hayes และคณะ 1987 ได้ใช้ linear type score ของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์จำนวน 60,121 ตัวของรัฐมิชิแกนและวิสคอนซิน ซึ่งเป็นข้อมูลที่สมาคมโฮลสไตน์แห่งสหรัฐอเมริกาได้ทำ

การให้คะแนนไว้ การให้คะแนนโคนมดังกล่าวได้พิจารณาถึงปัจจัยร่วมต่างๆ ที่มีผลต่อการให้คะแนนเช่น ลำดับการคลอด อายุและช่วงของระยะการให้น้ำนม (stage of lactation) นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลของฝูงโคที่แตกต่างกัน ผู้ที่ให้คะแนน และอิทธิพลของฤดูกาล อย่างไรก็ตาม ปฏิกริยาร่วม (interaction) ระหว่างลำดับการคลอดและช่วงของระยะให้น้ำนม ลำดับการคลอดและอายุ มีอยู่น้อยมาก

Vanraden และคณะ 1990 รายงานค่าอัตราพันธุกรรม ค่าสหสัมพันธ์ปรากฏและค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะรูปร่างโคนมพันธุ์โฮลสไตน์จำนวน 14 ลักษณะ โดยใช้ข้อมูลของสมาคมโฮลสไตน์แห่งสหรัฐอเมริกา เป็นจำนวนโคนม 779,391 ตัว ซึ่งเป็นลูกสาวของโคพ่อพันธุ์จำนวน 871 ตัว อายุเมื่อให้คะแนน (appraisal ages) ประมาณ 30 เดือน ค่าอัตราพันธุกรรมที่สูงที่สุดได้แก่ ความสูงโคนมเท่ากับ 0.37 และค่าอัตราพันธุกรรมต่ำสุดได้แก่มุมข้อเท้า (foot angle) เท่ากับ 0.10 และค่าอัตราพันธุกรรมของ final score มีค่าเท่ากับ 0.27

Gengler และคณะ 1997 ได้ประมาณค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของลักษณะ final score และลักษณะรูปร่างอีก 15 ลักษณะของโคนมพันธุ์เจอร์ซีโดยวิธีการ multitrait REML แบบ repeatability model โดยมีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 34,999 บันทึก จำนวนโคนม 22,354 ตัว ค่าอัตราพันธุกรรมและค่าอัตราซ้ำของลักษณะต่างๆ ความสูงเท่ากับ 0.40 และ 0.57 ลักษณะความแข็งแรงเท่ากับ 0.26 และ 0.39 รูปร่างเป็นโคนม 0.28 และ 0.43 ความลึกของร่างกาย 0.27 และ 0.41 ตามลำดับ ค่าอัตราพันธุกรรมและค่าอัตราซ้ำที่ประมาณได้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ประมาณได้โดยกระทรวงเกษตรสหรัฐที่ประมาณไว้ก่อนหน้านี้ ค่าอัตราพันธุกรรมจะสูงกว่าและค่าอัตราซ้ำจะต่ำกว่า

รัชนี (2536) ได้อธิบายวิธีการของ ML ไว้ดังนี้ การประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในสมการถดถอย (regression) จะใช้วิธีของ ordinary least square, OLS ซึ่งมีข้อสมมุติต่างๆ เช่นความคลาดเคลื่อนของ X หรือ σ จะต้องมีการแจกแจงปกติ (normal distribution) ดังนั้นถ้ามีข้อมูลจำนวนน้อย ข้อสมมุตินี้ก็อาจจะไม่เกิดขึ้น ดังนั้นการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เมื่อข้อสมมุติของความคลาดเคลื่อนต้องมีการแจกแจงปกติไม่เกิดขึ้น ก็จำเป็นต้องใช้วิธีการอื่น ซึ่งวิธีที่ใช้อาจจะใช้วิธี maximum likelihood; ML ซึ่งวิธี ML นี้ ถ้าข้อสมมุติความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติเกิดขึ้นวิธี ML ก็จะเป็นเช่นเดียวกับวิธี OLS เช่น

สมมุติว่าเซตของ Y_i เป็น $Y_1, Y_2 \dots Y_n$ และมี probability density function (p.d.f) เป็น

$$P(Y_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\}^2$$

ดังนั้น

$$P(Y_1, Y_2 \dots Y_n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \{Y_1 - (\beta_0 + \beta_1 X_1)\}^2} \dots \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \{Y_n - (\beta_0 + \beta_1 X_n)\}^2}$$

$$= \pi \cdot \frac{1}{2\pi\sigma^2} \cdot e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\}^2}$$

$$= \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{n/2}} \cdot e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\}^2}$$

และ likelihood function จะเป็น

$$L(\beta_0, \beta_1, \sigma^2) = \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{n/2}} \cdot e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\}^2}$$

การประมาณค่า β_0 และ β_1 โดยวิธี ML จะเลือกค่า β_0 และ β_1 ที่จะ

$$\text{minimize } \sum \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\}^2$$

ซึ่งก็เช่นเดียวกับวิธีของ OLS ดังมีรูปเป็นทฤษฎีได้ดังนี้

ทฤษฎีในรูปแบบการถดถอยปกติ (normal regression model) วิธี ML เพื่อประมาณค่าของ β_0 และ β_1 จะเท่ากับวิธีของ OLS ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่ม (random variable) ทฤษฎีดังกล่าว ยังคงใช้ได้หรือไม่ คำตอบก็คือจะสามารถใช้ได้อยู่ดัง likelihood function ต่อไปนี้

วิธีการคำนวณ β_0 และ β_1
เมื่อพิจารณา

$$L(\beta_0, \beta_1, \sigma^2) = \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{n/2}} \cdot e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \sum \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\}^2}$$

ใส่ ln สมการข้างบนจะได้

$$Q = -\frac{n}{2} \ln 2\pi - \frac{n}{2} \ln \sigma^2 - \frac{1}{2\sigma^2} \cdot \sum \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\}^2$$

$$\frac{\partial Q}{\partial \beta_0} = \frac{x_2}{2\sigma^2} \cdot \sum \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\} = 0$$

$$\sum \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\} = 0$$

$$\sum Y_i = n\beta_0 + \beta_1 X_i \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial \beta_0} = \frac{2}{2\sigma^2} \cdot \sum \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\} X_i = 0$$

$$\sum X_i Y_i = \beta_0 X_i + \beta_1 X_i^2 \dots \dots \dots (2)$$

ซึ่ง (1) และ (2) เป็นสมการปกติใน OLS

$$L = P(x_1, x_2 \dots x_n) P(Y_1 / X_1) P(Y_2 / X_2) \dots P(Y_n / X_n)$$

และตามข้อสมมุติการแจกแจงปกติ

$$L(\beta_0, \beta_1, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \{Y_1 - (\beta_0 + \beta_1 X_1)\}^2} \dots \dots \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \{Y_n - (\beta_0 + \beta_1 X_n)\}^2}$$

$$P(x_1, x_2 \dots x_n) = \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{n/2}} \cdot e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \sum \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\}^2}$$

โดยมีข้อสมมุติว่า $P(x_1, x_2 \dots x_n)$ ไม่ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ β_0, β_1 และ σ^2 ซึ่งการ minimize ก็จะได้ในทำนองเดียวกันกับที่ศึกษามาแล้ว

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าวิธี ML และ OLS จะใช้ได้เช่นเดียวกันไม่ว่า x เป็นตัวแปรสุ่มอิสระ หรือ x เป็นตัวแปรคงที่

The Maximum Likelihood Estimation of σ^2

เมื่อพิจารณา

$$L(\beta_0, \beta_1, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\}^2}$$

เนื่องจากต้องการประมาณ σ^2 ดังนั้นให้ V แทน σ^2 การ minimized และใส่ $\ln L$ ซึ่งเป็นเช่นเดียวกัน นั่นคือ

$$Q = \ln L = -\frac{n}{2} \ln \pi - \frac{n}{2} \ln V - \frac{1}{2V} \sum \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\}^2$$

$$\frac{\partial Q}{\partial V} = -\frac{n}{2} \cdot \frac{1}{V} + \frac{1}{2V^2} \cdot \sum \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\}^2 = 0$$

$$Vn = \sum \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\}^2$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot \sum \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\}^2 = 0 \dots \dots \dots (3)$$

ดังนั้นถ้าเป็นตัวอย่างค่าประมาณของ (3) จะคำนวณโดยวิธีปรับ d.f = n-2 นั่นคือ

$$s^2 = \frac{1}{n-2} \cdot \sum \{Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)\}^2$$

จากวิธี ML จะเห็นได้ว่าในการประมาณค่า β_0, β และ σ^2 เป็นเช่นเดียวกับวิธีของ OLS

การกระจายแบบปกติของตัวแปรใดๆ สามารถแสดงได้จากสมการนี้คือ

$$y = N(\mu, \sigma^2)$$

และ probability density function, p.d.f คือ

$$f(y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

และฟังก์ชันสำหรับ multidimensional normal distribution คือ

$$y = N(Xb, V)$$

$$f(y) = \frac{1}{2\pi^{\frac{1}{2}N} |V|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(y-Xb)V^{-1}(y-Xb)}$$

เมื่อ N = จำนวนข้อมูล

$|V|$ = ค่า determinant ของ V

$f(y)$ = density function ของ y

อย่างไรก็ตาม density function ของ y สามารถพิจารณาให้เป็น likelihood ฟังก์ชันของ y ได้ ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ค่าเฉลี่ย ที่อยู่ใน Xb และค่าความแปรปรวน ใน V ดังนั้นเมื่อมีค่าสังเกต y ฟังก์ชัน likelihood ของ y หรือ $f(y)$ และจะต้องทำให้มีค่าสูงสุด (maximum) ในกรณีที่ต้องการจะหาค่าพารามิเตอร์ และแทนที่จะทำให้ $f(y)$ มีค่าสูงสุด เราสามารถที่ทำให้ค่า $\log$ ของ $f(y)$ หรือ $L(b,V|X,y)$ ซึ่งเป็น log likelihood function มีค่าสูงสุดแทนได้

$$L(b,V | X, y) = -\frac{1}{2} N \log(2\pi) - \frac{1}{2} \log(V) - \frac{1}{2} (y - Xb)' V^{-1} (Y - Xb)$$

ฟังก์ชันดังกล่าวจะให้ likelihood ของพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า คือ b และ V ของค่าสังเกต y และเมตริกซ์ที่กำหนดขึ้น (X) เมตริกซ์ V จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบความแปรปรวนที่ต้องการทราบค่า ดังนั้นการใช้ maximum likelihood ในการประมาณค่าพารามิเตอร์สามารถหาได้จากการทำ likelihood function ให้มีค่าสูงสุด (Sivarajasingam, 1998)

การที่จะปรับปรุงพันธุ์โคนมให้มีผลผลิตน้ำนมมากนั้น มีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือการคัดเลือกสัตว์ที่มีความสามารถทางพันธุกรรมสูงที่สุดเพื่อใช้เป็นพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ในการผลิตลูกในชั่วต่อไป แต่จากการที่ลักษณะต่างๆ ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของปศุสัตว์นั้น เป็นลักษณะที่เรียกว่า ลักษณะปริมาณ (quantitative trait) ซึ่งลักษณะนี้จะถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ ลักษณะประเภทนี้ สภาพสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกซึ่งลักษณะของตัวสัตว์ หรือสามารถกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า ลักษณะที่ปรากฏให้เห็น (phenotype) ในตัวสัตว์จะเป็นผลรวมของความสามารถทางพันธุกรรม (genotype) ของตัวสัตว์กับสภาพสิ่งแวดล้อม (environment) ทั้งนี้ลักษณะที่ปรากฏให้เห็นสามารถที่จะชั่ง ตวง หรือวัดเป็นค่าสังเกตได้ ส่วนความสามารถทางพันธุกรรมโดยเฉพาะชนิดของอำนาจของยีนสะสม (additive gene effect) หรือที่เรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่า คุณค่าการผสมพันธุ์ เป็นสิ่งซึ่งไม่สามารถชั่ง ตวง หรือวัดได้ แต่เป็นสิ่งที่ต้องการปรับปรุงเพื่อยกระดับการผลิต ทั้งนี้เพราะปัจจัยของความสามารถทางพันธุกรรมนี้ เป็นปัจจัยที่สามารถถ่ายทอดจากชั่วหนึ่งไปยังอีกชั่วหนึ่งได้ ส่วนสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถถ่ายทอดได้และเป็นปัจจัยที่อาจจะบดบังความสามารถที่แท้จริงทางพันธุกรรมของตัวสัตว์ด้วย (สมชัย, 2530)

คุณค่าการผสมพันธุ์ของสัตว์แต่ละตัว (individual) หมายถึง ค่าของยีนของสัตว์แต่ละตัวที่ส่งผ่านไปยังชั่วถัดไป และการวัดค่าของสัตว์แต่ละตัวนั้นคือ การวัดค่าเฉลี่ยผลของยีน (average gene effect) แต่เนื่องจากลูกที่เกิดขึ้นได้รับยีนจากพ่อแม่เพียงครึ่งหนึ่งและอีกครึ่งหนึ่งได้รับจากประชากร (population) ดังนั้นค่าเฉลี่ยของลูกที่แตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของประชากร เป็นปริมาณเท่าใด คุณค่าผสมพันธุ์ของพ่อแม่จะเป็นสองเท่าของปริมาณดังกล่าว (Falconer, 1985)

โดยทั่วไปแล้วการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ เมื่อพิจารณาแล้วก็คือ การที่พ่อและแม่ต่างก็ถ่ายทอดยีนสู่รุ่นลูกได้อย่างละครึ่ง ดังนั้นคุณค่าการผสมพันธุ์ จึงเป็นคุณค่าของสัตว์หรือพืชที่มีอยู่ในแผนการผสมพันธุ์ใด ๆ นั้นเอง และมีค่าเป็นสองเท่าของค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของลูกจากฝูง (expected progeny difference) หรือที่เรียกว่า transmitting ability ส่วนทางด้านคณิตศาสตร์นั้น คุณค่าการผสมพันธุ์ จะเป็นฟังก์ชันของ genotypic values (ศรเทพ , 2531)

การคำนวณหาความสามารถทางพันธุกรรมซึ่งในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์จะเน้นพันธุกรรมในอำนาจของยีนแบบรวมสะสมหรือคุณค่าพันธุกรรม ซึ่งจะเรียกการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ (prediction of breeding value) ค่าที่ประเมินได้จะเป็นตัวเลขที่ใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบในการตัดสินใจคัดเลือกสัตว์เอาไว้เป็นพ่อพันธุ์หรือแม่พันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ข้อมูลผลผลิตน้ำนมของโคนมพันธุ์แท้โฮลสไตน์ฟรีเซียนและโคนมพันธุ์ผสมที่นำเข้าจากต่างประเทศและโคนมพันธุ์แท้และโคนมพันธุ์ผสมตามระดับสายเลือดโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ต่างๆที่เกิดและเลี้ยงดูที่ฟาร์มโชคชัย ตั้งแต่ปี 2530 ถึง 2542 จำนวนทั้งสิ้น 17,808 บันทึก เป็นข้อมูลผลผลิตน้ำนมต่างๆ ตั้งแต่ระยะการให้น้ำนมครั้งแรกถึงระยะการให้ผลผลิตน้ำนมครั้งที่ 12 และข้อมูลด้านรูปร่างลักษณะโคนม (type traits) ของโคนมพันธุ์แท้และโคนมพันธุ์ผสมตามระดับสายเลือดต่างๆ ทั้งสิ้น จำนวน 1,048 ตัว รวม 2,242 บันทึก

2. ข้อมูลด้านพันธุ์ประวัติ (pedigree) ซึ่งได้แก่หมายเลขโคพ่อพันธุ์ โคนแม่พันธุ์และวันเกิด ของโคนมทุกตัวที่จะประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ จำนวนโคนมในข้อมูลพันธุ์ประวัติทั้งสิ้นเท่ากับ 10,755 ตัว โดยแบ่งเป็นโคนมที่เป็นโคนมพื้นฐาน (base animal) จำนวน 1,024 ตัว โคนมที่ไม่เป็นโคนมพื้นฐาน (non base animal) เท่ากับ 9,731 ตัว

3. โปรแกรมสำเร็จรูป Multitraits REML estimation of variance components program by canonical transformation, with support for multiple random traits หรือ MTCAFS/MTC (Misztal, 1994) ใช้สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบของความแปรปรวน (variance components) และโปรแกรม MTJAAM38 (Multiple-trait animal model iteration program) สำหรับการประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะผลผลิตน้ำนมและรูปร่างลักษณะโคนม (Gengler, 1998)

โดยทั่วไปแล้วในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องให้ค่าสังเกตมีการกระจายแบบ multivariate normal distribution หากในกรณีที่ไม่มีกระจายแบบดังกล่าวแล้วมีผู้ที่วิจัยศึกษาจำนวนมากได้ชี้ว่าวิธี Maximum Likelihood, ML หรือ Restricted Maximum Likelihood, REML เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการหาค่าพารามิเตอร์ โดยจะทำการ maximizes likelihood ของชุดข้อมูล และ likelihood ของชุดข้อมูลเหล่านี้ สามารถเขียนเป็นฟังก์ชันได้และโดยวิธีการของแคลคูลัสจะทำให้สามารถหาค่าสูงสุดของฟังก์ชันได้ โดยการใช้ first derivative และเซทให้มีค่าเท่ากับศูนย์ การแก้สมการดังกล่าวก็สามารถหาค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ แต่หากไม่พบค่าสูงสุดของฟังก์ชันก็สามารถที่จะใช้ second derivative ได้ แต่เนื่องจาก first และ second derivative ของ likelihood ฟังก์ชันมีความยุ่งยากมาก ดังนั้นมีการพัฒนาอัลกอริทึมต่างๆ ขึ้นเพื่อที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว (Meyer, 1990)

การเลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MTCAFS/MTC ในการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนนั้น เนื่องจากโปรแกรมห้างกล่าว เป็นโปรแกรมที่อยู่บนระบบปฏิบัติการแบบ DOS (Disk Operating System) ซึ่งเป็นที่แพร่หลายสำหรับผู้ใช้อุปกรณ์ส่วนบุคคล (personal computer, PC) โดยทั่วไปอยู่แล้ว เมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรม MATVEC (Wang, 1990) ที่อยู่บนระบบปฏิบัติการแบบ Linux หรือ Unix ซึ่งค่อนข้างจะยุ่งยากสำหรับผู้ใช้อุปกรณ์ที่ไม่ทราบถึงวิธีการใช้งานของระบบปฏิบัติการแบบ Unix มาก่อน และวัตถุประสงค์อีกประการหนึ่ง