วิทยานิพนธ์

การเปรียบเทียบโมเดลเพื่อใช้ในการประมาณอิทธิพลทางพันธุกรรมของน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมในโคเนื้อลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองไทย บราห์มัน และชาร์โรเลส์

COMPARISON OF MODELS FOR ESTIMATING GENETIC EFFECTS FOR BIRTH AND WEANING WEIGHTS IN CROSSBRED CATTLE AMONG THAI NATIVE, BRAHMAN AND CHAROLAIS

นางสาวอารยา เจียรมาศ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

สัตวบาล
สาขา

สัตวบาล
ภาควิชา

เรื่อง การเปรียบเทียบโมเดลเพื่อใช้ในการประมาณอิทธิพลทางพันธุกรรมของน้ำหนักแรกเกิดและน้ำหนักหย่านมในโคเนื้อลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองไทย บราห์มัน และชาร์โรเลส์

Comparison of Models for Estimating Genetic Effects for Birth and Weaning Weights in Crossbred Cattle among Thai Native, Brahman and Charolais

นามผู้วิจัย นางสาวอารยา เจียรมาศ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรรณวดี โสพรรณรัตน์, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศกร คุณวุฒิฤทธิรณ, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....
(รองศาสตราจารย์อภิญญา หิรัญวงษ์, ศศ.ด.)

หัวหน้าภาควิชา .....
(รองศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 27 **เดือน** พฤษจิกายน **พ.ศ.** 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเปรียบเทียบโมเดลเพื่อใช้ในการประมาณอิทธิพลทางพันธุกรรมของน้ำหนักแรกเกิดและน้ำหนักหย่านมในโคเนื้อลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองไทย บราห์มัน และชาร์โรเลส์

Comparison of Models for Estimating Genetic Effects for Birth and Weaning Weights in Crossbred Cattle among Thai Native, Brahman and Charolais

โดย

นางสาวอารยา เจียรมาศ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2551

อารยา เจียรมาศ 2551: การเปรียบเทียบโมเดลเพื่อใช้ในการประมาณอิทธิพลทางพันธุกรรมของน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมในโคเนื้อลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองไทย บราห์มัน และชาร์โรเลส์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาสัตวบาล ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรรณวดี โสพรรณรัตน์, วท.ด. 62 หน้า

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบโมเดลที่เหมาะสมเพื่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (birth weight, BW) และน้ำหนักหย่านม (weaning weight, WW) ของโคเนื้อลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองไทย บราห์มัน และชาร์โรเลส์ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบของความแปรปรวนทีละลักษณะด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood ด้วยโมเดล 5 แบบ โมเดล 1 ประกอบด้วยอิทธิพลคงที่ ได้แก่ กลุ่มการจัดการ เพศ สัดส่วนพันธุ์ของตัวสัตว์ และแม่ และอิทธิพลสุ่ม ได้แก่ อิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง (direct additive genetic effect) และอิทธิพลของความคลาดเคลื่อนสุ่มจากปัจจัยอื่น (residual effect) โมเดล 2 เพิ่มอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ (maternal additive genetic effect) ในโมเดล 1 กำหนดให้ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรงและเนื่องจากแม่ (correlation between direct and maternal additive genetic effect, r_{am}) โมเดล 3 เหมือนโมเดล 2 แต่กำหนดให้มี r_{am} โมเดล 4 เพิ่มอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ (maternal permanent environmental effect) ในโมเดล 2 และโมเดล 5 เพิ่มอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ในโมเดล 3 ผลการศึกษาพบว่าโมเดล 2 และ โมเดล 4 เป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับลักษณะ BW และ WW ตามลำดับ โดยพิจารณาจาก likelihood ratio test ค่าประมาณของอัตราพันธุกรรมโดยตรง (the estimate of direct heritability, $\hat{h}^2$) และ เนื่องจากแม่ (the estimate of maternal heritability, $\hat{m}^2$) สำหรับลักษณะ BW ที่คำนวณได้จากโมเดล 2 มีค่าเท่ากับ 0.21 และ 0.18 ตามลำดับ $\hat{h}^2$ และ $\hat{m}^2$ และสัดส่วนของความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่สำหรับลักษณะ WW ที่คำนวณได้จากโมเดล 4 มีค่าเท่ากับ 0.23 0.08 และ 0.10 ตามลำดับ ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และสเปียร์แมน ระหว่างค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง เนื่องจากแม่ และเนื่องจากแม่โดยรวม ภายในลักษณะ และระหว่างลักษณะ BW และ WW มีค่าเท่ากับ 0.52-0.94 ($P<0.01$)

อารยา เจียรมาศ 22/พ.ค./51

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Arraya Jeanmas 2008: Comparison of Models for Estimating Genetic Effects for Birth and Weaning Weights in Crossbred Cattle among Thai Native, Brahman and Charolais. Master of Science (Agriculture), Major Field: Animal Science, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Panwadee Sopannarath, Ph.D. 62 pages.

This study was to compare models for estimating genetic parameters for birth (BW) and weaning weights (WW) of crossbred cattle among Thai Native, Brahman and Charolais. (Co) variance components were estimated using Restricted Maximum Likelihood procedure. Five different univariate models were employed. Model 1 included fixed effects of contemporary group, sex, breed fractions of animal and dam and random effects of direct additive genetic and residual. Model 1 was extended to include maternal genetic effects without (Model 2) or with (Model 3) correlation between direct and maternal genetic effects. Model 4 was model 2 plus maternal permanent environmental effects. Model 5 was model 3 plus maternal permanent environmental effects. From likelihood ratio test, the most appropriate models were Model 2 for BW and Model 4 for WW. The estimates of direct and maternal heritabilities for BW were 0.21 and 0.18, respectively. The estimates of direct, maternal heritabilities and ratio of variance due to maternal permanent environmental effects for WW were 0.23, 0.08 and 0.10, respectively. The estimates of Pearson and Spearman rank correlations between estimated direct breeding value, maternal breeding value and total maternal breeding value within and between BW and WW ranged from 0.52 to 0.94 ($P<0.01$).

Arraya Jeanmas
Student's signature

Panwadee Sopannarath
Thesis Advisor's signature

22 / May 08

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ. ดร. พรรณวดี โสพรรณรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผศ. ดร. ศกร คุณวุฒิฤทธิรณ และ รศ. ดร. อภิญญา หิรัญวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. สุภาพร อิสริโยดม ประธานการสอบ และ รศ. ดร. มนต์ชัย ดวงจินดา ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่ได้ให้ความกรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาสัตวบาลทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ต่อไป และขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์ และผลผลิตจากสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และฟาร์มของเกษตรกรอีก 8 ฟาร์ม ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสุวรรณ คุณแม่ฉลวย คุณธนา ครอบครัวเจียรมาศ และครอบครัวพิมพ์พงศ์ ที่คอยช่วยเหลือ ห่วงใย ให้กำลังใจ และกำลังทรัพย์ ขอบคุณพี่แป๊ะ หนิง ทราย และพี่น้องสโมสรนิสิตสัตวบาลที่ได้มีส่วนช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา ครู อาจารย์ ผู้มีพระคุณทุกท่าน รวมถึงเกษตรกรไทยทุกคน

อารยา เจียรมาศ

เมษายน 2551

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	19
ผลและวิจารณ์	29
สรุปและข้อเสนอแนะ	43
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	45
ภาคผนวก	53

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	น้ำหนักแรกเกิดและน้ำหนักหย่านมของโคเนื้อ	5
2	ค่าประมาณพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด	15
3	ค่าประมาณพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักหย่านม	17
4	โครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม	21
5	น้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจำแนกตามกลุ่มพันธุ์ และเพศของประชากรโคเนื้อลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองไทย บราห์มัน และชาร์โลเลส์	21
6	ค่าประมาณอิทธิพลของปัจจัยคงที่สำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม	29
7	ค่าประมาณของความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วมทางพันธุกรรม และค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด	34
8	ความแตกต่างของค่า -2logL ที่เปรียบเทียบกันระหว่างโมเดลสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด	35
9	ค่าประมาณของความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วมทางพันธุกรรม และค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักหย่านม	38
10	ความแตกต่างของค่า -2logL ที่เปรียบเทียบกันระหว่างโมเดลสำหรับลักษณะน้ำหนักหย่านม	39
11	ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของค่าความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมสำหรับลักษณะ น้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม	41
12	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และสเปียร์แมนของค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($D\hat{B}V$) เนื่องจากแม่ ($M\hat{B}V$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($TM\hat{B}V$) ภายในลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม และระหว่างสองลักษณะ	42

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($D\hat{B}V$) เนื่องจากแม่ ($M\hat{B}V$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($TM\hat{B}V$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $TM\hat{B}V$ ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิดจากมากไปน้อยในเพศผู้	54
2	ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($D\hat{B}V$) เนื่องจากแม่ ($M\hat{B}V$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($TM\hat{B}V$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $TM\hat{B}V$ ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิดจากน้อยไปมากในเพศผู้	55
3	ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($D\hat{B}V$) เนื่องจากแม่ ($M\hat{B}V$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($TM\hat{B}V$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $TM\hat{B}V$ ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิดจากมากไปน้อยในเพศเมีย	56
4	ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($D\hat{B}V$) เนื่องจากแม่ ($M\hat{B}V$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($TM\hat{B}V$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $TM\hat{B}V$ ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิดจากน้อยไปมากในเพศเมีย	57
5	ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($D\hat{B}V$) เนื่องจากแม่ ($M\hat{B}V$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($TM\hat{B}V$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $TM\hat{B}V$ ของลักษณะน้ำหนักหย่านมจากมากไปน้อยในเพศผู้	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
6	ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($D\hat{B}V$) เนื่องจากแม่ ($M\hat{B}V$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($TM\hat{B}V$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $TM\hat{B}V$ ของลักษณะน้ำหนักหย่านมจากน้อยไปมากในเพศผู้	59
7	ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($D\hat{B}V$) เนื่องจากแม่ ($M\hat{B}V$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($TM\hat{B}V$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $TM\hat{B}V$ ของลักษณะน้ำหนักหย่านมจากมากไปน้อยในเพศเมีย	60
8	ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($D\hat{B}V$) เนื่องจากแม่ ($M\hat{B}V$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($TM\hat{B}V$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $TM\hat{B}V$ ของลักษณะน้ำหนักหย่านม จากน้อยไปมากในเพศเมีย	61

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	อิทธิพลทางพันธุกรรม และสภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการแสดงออกของลักษณะปรากฏในลูก	12
2	อิทธิพลของกลุ่มการจัดการสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม	30

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

σ_p^2	=	ความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ
σ_a^2	=	ความแปรปรวนของอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง
σ_m^2	=	ความแปรปรวนของอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่
σ_{am}	=	ความแปรปรวนร่วมระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรงและเนื่องจากแม่
σ_c^2	=	ความแปรปรวนของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่
σ_e^2	=	ความแปรปรวนของอิทธิพลอื่น ๆ
-2logL	=	ค่า negative two log Likelihood function
h^2	=	อัตราพันธุกรรมโดยตรง
m^2	=	อัตราพันธุกรรมเนื่องจากแม่
r_{am}	=	สหสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรงและเนื่องจากแม่
c^2	=	ค่าสัดส่วนของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่
e^2	=	ค่าสัดส่วนของอิทธิพลอื่นๆ
DBV	=	ค่าความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง
MBV	=	ค่าความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่
TMBV	=	ค่าความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่โดยรวม

การเปรียบเทียบโมเดลเพื่อใช้ในการประมาณอิทธิพลทางพันธุกรรมของน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมในโคเนื้อลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองไทย บราห์มัน และชาร์โรเลส์

Comparison of Models for Estimating Genetic Effects for Birth and Weaning Weights in Crossbred Cattle among Thai Native, Brahman and Charolais

คำนำ

น้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมจัดเป็นลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจสำหรับการผลิตโคเนื้อ ในการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์โคเนื้อผู้ผลิตมักไม่มุ่งเน้นการคัดเลือกเพื่อเพิ่มน้ำหนักแรกเกิด แต่จะคัดเลือกเพื่อคงระดับของน้ำหนักแรกเกิดให้ไม่มากหรือน้อยเกินไป เนื่องจากลูกโคที่มีน้ำหนักแรกเกิดน้อยมักจะมีปัญหาด้านสุขภาพ และมีอัตราการมีชีวิตอยู่รอดต่ำ ลูกโคที่มีน้ำหนักแรกเกิดมากมักมีปัญหาการคลอดยากในแม่โค ส่วนน้ำหนักหย่านมเป็นลักษณะที่แสดงถึงการเจริญเติบโตในช่วงหลังคลอดจนถึงช่วงหย่านมของลูกโค และแสดงถึงความสามารถในการให้นมและการเลี้ยงดูลูกของแม่ ดังนั้นในแผนการปรับปรุงพันธุ์จะมุ่งเน้นการคัดเลือกเพื่อเพิ่มน้ำหนักหย่านมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบการผลิตที่เลี้ยงลูกโค และขายเมื่อหย่านม

การเลี้ยงโคเนื้อโดยส่วนใหญ่จะมีวัตถุประสงค์ในการเลี้ยงโคเนื้อเพื่อนำไปเป็นโคขุน หรือคัดเลือกส่วนหนึ่งเพื่อนำไปใช้เป็นพ่อ และแม่พันธุ์ทดแทนภายในฝูง ดังนั้นการคัดเลือกโคเพื่อใช้เป็นพ่อ และแม่พันธุ์ทดแทนภายในฝูงจึงมีความสำคัญ ในประเทศไทยในการปรับปรุงและพัฒนาพันธุกรรมในโคเนื้อเพื่อการค้าโดยส่วนใหญ่นั้นเป็นระบบของการผสมข้าม โดยใช้น้ำเชื้อจากพ่อพันธุ์ต่างประเทศ และเมื่อมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้มีแนวคิดในการพัฒนาพันธุ์ใหม่ (composite breeds) ซึ่งเกิดจากการผสมข้ามระหว่างโคพันธุ์พื้นเมืองไทย บราห์มัน และ ชาร์โรเลส์ ทำการผสมภายในกลุ่มพันธุ์เดียวกัน และทำการคัดเลือกพ่อพันธุ์ และแม่พันธุ์นั้น ในการคัดเลือกจะคัดเลือกจากความสามารถทางพันธุกรรม ฉะนั้นการประเมินพันธุกรรมของสัตว์นับเป็นขั้นตอนที่สำคัญ การประมาณอิทธิพลทางพันธุกรรมของสัตว์ที่ถูกต้องและแม่นยำ จะส่งผลให้การคัดเลือกสัตว์มีความแม่นยำสูงขึ้น การหาโมเดลที่เหมาะสมในประชากรที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไปจึงมีความจำเป็นที่ต้องทำการศึกษา ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักแรก

เกิด และน้ำหนักหย่านม และเปรียบเทียบโมเดลที่เหมาะสมในการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม และทำนายค่าความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมในโคเนื้อลูกผสมระหว่างพื้นเมืองไทย บราห์มัน และชาร์โรเลส์

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมในโคเนื้อลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองไทย บราห์มัน และชาร์โรเลส์

2. เปรียบเทียบโมเดลที่เหมาะสมในการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมในโคเนื้อลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองไทย บราห์มัน และชาร์โรเลส์

3. ประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม และทำนายค่าความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมในโคเนื้อลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองไทย บราห์มัน และชาร์โรเลส์ โดยใช้โมเดลที่เหมาะสมที่ได้จากวัตถุประสงค์ในข้อที่ 2

การตรวจเอกสาร

น้ำหนักแรกเกิดในโคเนื้อเป็นลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ในการจดบันทึกน้ำหนักแรกเกิดของลูกโคนั้น ควรจดบันทึกโดยการชั่งน้ำหนักลูกโคภายใน 24 ชั่วโมง ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของน้ำหนักแรกเกิดกับน้ำหนักหย่านมมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวก (0.44) (ธีระชัย, 2539) ดังนั้นหากคัดเลือกลูกโคที่มีน้ำหนักแรกเกิดสูงจะส่งผลให้ได้ลูกโคมีน้ำหนักหย่านมสูงด้วยเช่นกัน นอกจากนี้พันธุ์ อายุของแม่โค และเพศของลูกโค เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักแรกเกิดด้วย (วริยา, 2539; Ahunu *et al.*, 1997; Berweger *et al.*, 1999; Phocas and Laloe, 2004)

น้ำหนักหย่านมเป็นลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจอีกลักษณะหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบการผลิตที่ขายลูกโคเมื่อหย่านม (Allen *et al.*, 1992; Story *et al.*, 2000; Coleman *et al.*, 2001; Franke *et al.*, 2001) การหย่านมในโคเนื้อจะหย่านมเมื่อลูกโคมีอายุประมาณ 7-8 เดือน (Newham, 1994) และเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้จะมีการปรับน้ำหนักตามอายุมาตรฐานที่ลูกโคอายุ 205 หรือ 210 วัน โคเนื้อในแต่ละพันธุ์จะมีน้ำหนักหย่านมโดยเฉลี่ยแตกต่างกันไป น้ำหนักหย่านมเป็นลักษณะที่ได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย ได้แก่ น้ำหนักแรกเกิด ความสามารถในการเลี้ยงลูกของแม่โค (maternal ability) และการเจริญเติบโตในช่วงหลังคลอดถึงช่วงหย่านมของลูกโค (ปราโมช, 2529; ศุภมิตร, 2548)

1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักแรกเกิดและหย่านมในโคเนื้อ

1.1 อิทธิพลของพันธุ์และกลุ่มพันธุ์

อิทธิพลของพันธุ์หรือกลุ่มพันธุ์เป็นอิทธิพลที่มีผลต่อลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมของโคเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Ahunu *et al.*, 1997; Phocas and Laloe, 2004) โดยน้ำหนักแรกเกิดและหย่านมของโคเนื้อในแต่ละพันธุ์หรือกลุ่มพันธุ์สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนักแรกเกิดและน้ำหนักหย่านมของโคเนื้อ

สถานที่	พันธุ์	น้ำหนักแรกเกิด (กิโลกรัม)	น้ำหนักหย่านม (กิโลกรัม)	ที่มา
อำเภอกำแพงแสน	พื้นเมืองไทย (เพศผู้และเพศเมีย)	16.50 และ15.80	-	สรรเพชญ (2524)
จังหวัดนครปฐม	ลูกผสมชาร์โรเลส์ 50% และพื้นเมืองไทย 50 %	20.55 และ19.55	-	
ศูนย์วิจัยและ	ลูกผสมบราห์มัน 25% ชาร์โรเลส์ 25%	24.44±1.63[2]	121.03±8.57[2]	วริษา (2539)
พัฒนาการผลิต	และพื้นเมืองไทย 50%			
กระบือและโค	ลูกผสมบราห์มัน 25% ชาร์โรเลส์ 50%	29.06±0.68[2]	145.93±3.93[2]	
มหาวิทยาลัย	และพื้นเมืองไทย 25%			
เกษตรศาสตร์	ลูกผสมบราห์มัน 25% ชาร์โรเลส์ 75%	24.69±0.62[2]	137.81±5.76[2]	
วิทยาเขต	ลูกผสมบราห์มัน 37.5% ชาร์โรเลส์ 50%	27.22±1.28[2]	150.90±7.11[2]	
กำแพงแสน	และพื้นเมืองไทย 12.5%			
จังหวัดนครปฐม	ลูกผสมบราห์มัน 50% ชาร์โรเลส์ 25%	30.11±1.05[2]	133.16±5.78[2]	
	และพื้นเมืองไทย 25%			
	ลูกผสมบราห์มัน 50% และพื้นเมืองไทย 50%	27.41±0.64[2]	135.25±3.63[2]	
	ลูกผสมชาร์โรเลส์ 50% และพื้นเมืองไทย50%	27.34±0.49[2]	133.32±2.77[2]	
	ลูกผสมบราห์มัน 75% และพื้นเมืองไทย 25%	28.37±0.65[2]	143.01±3.72[2]	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สถานที่	พันธุ์	น้ำหนักแรกเกิด(กิโลกรัม)	น้ำหนักหย่านม (กิโลกรัม)	ที่มา
อำเภอกำแพงแสน ดอนตูม และบางเลน จังหวัดนครปฐม	ลูกผสมระหว่างพันธุ์บราห์มัน ชาร์โรเลส์ และพื้นเมืองไทย	27.27	117.40	พินิช (2540)
จังหวัดอุทัยธานีและ จังหวัดอ่างทอง	พันธุ์บราห์มัน	23.66±3.9[2]	-	วัชรินทร์ (2540)
สถานีบำรุงพันธุ์สัตว์ ทับกวาง	พื้นเมืองไทย	15.30±2.5[1]	85.30±15.3[1]	Chantalakhana *et al.* (1978)
	ลูกผสมบราห์มัน 25 % และพื้นเมืองไทย 75%	16.80±2.5[1]	-	
	ลูกผสมบราห์มัน 50 % และพื้นเมืองไทย 50 %	19.80±3.7[1]	116.30±31.9[1]	
	ลูกผสมบราห์มัน 75 % และพื้นเมืองไทย 25%	23.30±1.3[1]	-	
	ลูกผสมชาร์โรเลส์ 25% และพื้นเมืองไทย 50 %	18.90±3.2[1]	-	
	ลูกผสมชาร์โรเลส์ 50 % และพื้นเมืองไทย 50 %	20.20±3.2[1]	137.20±46.9[1]	
อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	ลูกผสมบราห์มัน 25 % และพื้นเมืองไทย 75%	18.05	91.49	Tumwasorn *et al.* (1978)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สถานที่	พันธุ์	น้ำหนักแรกเกิด (กิโลกรัม)	น้ำหนักหย่านม (กิโลกรัม)	ที่มา
อำเภอกำแพงแสน	พื้นเมืองไทย	15.45	88.00	Tumwasorn *et al.*
จังหวัดนครปฐม	ลูกผสมบราห์มัน 50 % และพื้นเมือง 50 %	19.90	101.20	(1982)
	ลูกผสมชาร์โรเลส์ 50% และพื้นเมือง 50 %	21.30	119.20	
สหรัฐอเมริกา	พันธุ์บราห์มัน	31.20±0.6[2]	198.80±3.5[2]	Browning *et al.* (1995)
แอฟริกา	โคลูกผสมบราห์มัน 50 % เฮียร์ฟอร์ด 25% และแองกัส 25%	44.01±0.69[2]	234.30±3.4[2]	Herring *et al.* (1996)
สหรัฐอเมริกา	พันธุ์ชาร์โรเลส์	41.90	243.00	Coleman *et al.* (2001)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สถานที่	พันธุ์	น้ำหนักแรกเกิด(กิโลกรัม)	น้ำหนักหย่านม (กิโลกรัม)	ที่มา
สหรัฐอเมริกา	ลูกผสมชาร์โรเลส์ 50 % เฮียร์ฟอร์ด 25% และ แองกัส 25%	37.02±0.23[2]	195.00±1.19[2]	Abdel-aziz *et al.* (2003)
	โคลูกผสมชาร์โรเลส์ 25 % เฮียร์ฟอร์ด 25% แองกัส 25% และซิมเมนทอล 25%	40.95±1.26[2]	211.62±6.51[2]	
ฝรั่งเศส	พันธุ์ชาร์โรเลส์	47.10±5.5[2]	279.80±5.13[2]	Phocas and Laloe (2004)

หมายเหตุ [1] ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2] ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

1.2 อิทธิพลของเพศ (sex)

อิทธิพลของเพศเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม โดยทั่วไปโคเพศผู้จะมีน้ำหนักแรกเกิดสูงกว่าโคเพศเมีย (Newman *et al.*, 1993; Ahunu *et al.*, 1997) จากการศึกษาของ Tumwasorn *et al.* (1978) รายงานว่าเพศของโคมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติต่อน้ำหนักแรกเกิด เช่นเดียวกับการศึกษาของ วริษา (2539) ศึกษาในฝูงโคเนื้อลูกผสมระหว่างพันธุ์บราห์มัน ชาร์โรเลส์ และพื้นเมืองไทย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และพรรณวดี และคณะ (2542) ศึกษาในฟาร์มโคเนื้อในจังหวัดสุพรรณบุรี พบว่าเพศมีอิทธิพลต่อน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม และอัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับ Abdel-aziz *et al.* (2003) ศึกษาในโคหลากหลายพันธุ์ในประเทศ แอฟริกา พบว่าเพศของลูกโคมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม

1.3 อิทธิพลของฝูงการจัดการ ปี และฤดูกาลที่โคเกิด

ในการเลี้ยงดูสัตว์ที่อยู่ในคนละภูมิภาคกัน หรือต่างพื้นที่กันย่อมมีความแตกต่างกัน เนื่องจากสภาพภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการ การให้อาหารที่แตกต่างกัน ดังนั้นจากความแตกต่างดังกล่าวจึงส่งผลให้สัตว์มีการแสดงออกของลักษณะที่แตกต่างกัน จากการศึกษาของ วริษา (2539) ที่ศึกษาในฝูงโคเนื้อลูกผสมระหว่างพันธุ์บราห์มัน ชาร์โรเลส์ และพื้นเมืองไทย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน รายงานว่าปีมีอิทธิพลต่อน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม และอัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สาเหตุที่โคมีน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม และอัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านมในแต่ละปีแตกต่างกันเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน และการจัดการในแต่ละปีที่มีความแตกต่างกัน รายงานสอดคล้องกับ Tumwasorn *et al.* (1978) นอกจากนี้ Abdel-aziz (2003) พบว่าฝูง การจัดการ ปี และฤดูกาลที่เกิดมีอิทธิพลต่อน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมของโคลูกผสมระหว่างพันธุ์ Afrikaner ชาร์โรเลส์ ซิมเมนทอล และ เฮียร์ฟอร์ด นอกจากนี้พรรณวดี และคณะ (2542) และ Ahunu *et al.* (1997) รายงานสอดคล้องกันว่าฤดูกาลที่คลอดมีอิทธิพลอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อน้ำหนักแรกเกิดของลูกโค แต่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักหย่านมของลูกโค

1.4 อิทธิพลของอายุของลูกเมื่อหย่านม (calf age at weaning)

Berweger *et al.* (1999); Abdel-aziz *et al.* (2003) รายงานว่าอิทธิพลของอายุของลูกเมื่อหย่านมมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อน้ำหนักหย่านม นอกจากนี้ Notter *et al.* (1992) ศึกษาในโคเนื้อพันธุ์แองกัส รายงานว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักหย่านมจะลดลงเมื่อลูกโคมีอายุมากขึ้นคือ จาก 0.94 กิโลกรัมต่อวัน เมื่ออายุ 125 วัน ลดลงเหลือ 0.80 กิโลกรัมต่อวัน เมื่ออายุ 200 วัน และ 0.66 กิโลกรัมต่อวัน เมื่ออายุ 275 วัน

2. ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมในโคเนื้อ

2.1 องค์ประกอบของความแปรปรวน และความแปรปรวนร่วมสำหรับน้ำหนักแรกเกิดและน้ำหนักหย่านม

ลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจโดยส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะปริมาณซึ่งถูกควบคุมด้วยยีนจำนวนหลายคู่ สภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะปรากฏ ลักษณะปรากฏโดยทั่วไปสามารถชั่ง ตวง และวัดค่าได้ ค่าสังเกตที่ได้จะมีความต่อเนื่อง (Continuous variable) เช่น น้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม เป็นต้น (สมชัย, 2527; Falconer and Mackay, 1996) สามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$P = G + E$$

เมื่อ P = ลักษณะปรากฏ

G = อิทธิพลทางพันธุกรรม

E = อิทธิพลของสภาพแวดล้อม

นอกจากนี้อิทธิพลทางพันธุกรรมยังสามารถจำแนกออกได้เป็น อิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสม (additive genetic effect หรือ breeding value) อิทธิพลทางพันธุกรรมจากปฏิกิริยาร่วมระหว่างยีนในตำแหน่งเดียวกัน (dominance genetic effect) และอิทธิพลทางพันธุกรรมจากปฏิกิริยาร่วมระหว่างยีนต่างตำแหน่ง (epistatic genetic effect) สำหรับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมสามารถจำแนกออกได้เป็น อิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวร (permanent environmental effect)

และอิทธิพลของสภาพแวดล้อมชั่วคราว (temporary environmental effect) (สมชัย, 2527; Falconer and Mackay, 1996) โดยแสดงสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$P = A + D + I + E_p + E_t$$

เมื่อ P = ลักษณะปรากฏ

A = อิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสม

D = อิทธิพลทางพันธุกรรมจากปฏิกิริยาร่วมระหว่างยีนในตำแหน่งเดียวกัน

I = อิทธิพลทางพันธุกรรมจากปฏิกิริยาร่วมระหว่างยีนต่างตำแหน่ง

E_P = อิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวร

E_t = อิทธิพลของสภาพแวดล้อมชั่วคราว

จากอิทธิพลดังกล่าวสามารถหาองค์ประกอบของความแปรปรวนได้เป็น (Falconer and Mackay, 1996; Mrode, 2005)

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

เมื่อ σ_P^2 = ความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ

σ_A^2 = ความแปรปรวนของอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสม

σ_D^2 = ความแปรปรวนของอิทธิพลทางพันธุกรรมจากปฏิกิริยาร่วมระหว่างยีนในตำแหน่งเดียวกัน

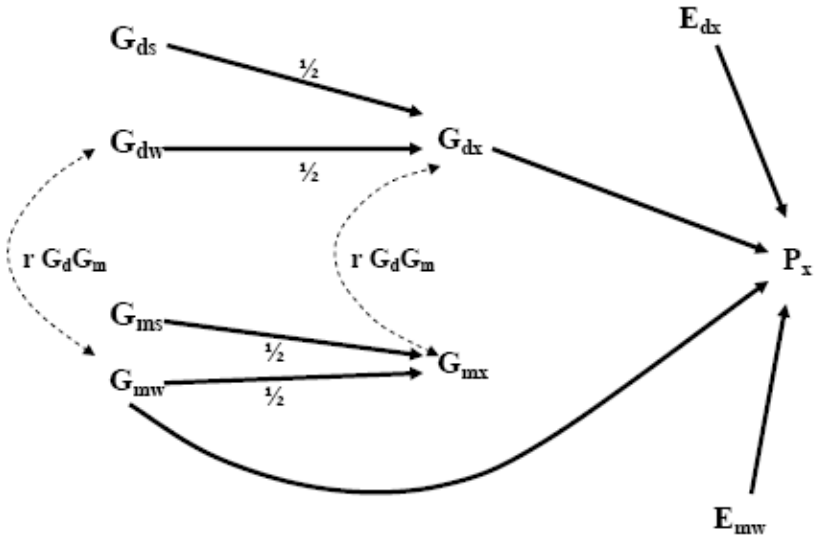
σ_I^2 = ความแปรปรวนของอิทธิพลทางพันธุกรรมจากปฏิกิริยาร่วมระหว่างยีนต่างตำแหน่ง

$\sigma_{E_P}^2$ = ความแปรปรวนของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวร

$\sigma_{E_t}^2$ = ความแปรปรวนของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมชั่วคราว

ในลักษณะบางลักษณะ เช่น น้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมนั้น นอกจากอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรงของสัตว์ตัวนั้น ๆ (direct genetic effect) และอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่สัตว์ตัวนั้นๆได้รับแล้วยังมีอิทธิพลทางพันธุกรรมเนื่องจากความสามารถในการเป็นแม่ของแม่สัตว์ตัวนั้น (maternal genetic effect) และอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่แม่สัตว์ได้รับ

(maternal environmental effect) ที่ส่งผลต่อการแสดงออกของลักษณะปรากฏของลูก (Willham, 1972; Van Vleck, 1993; Mrode, 2005) สามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 1



เมื่อ X = สัตว์ X

W = แม่ของสัตว์ X

S = พ่อของสัตว์ X

P_X = ลักษณะปรากฏของสัตว์ X

G_{dx} = อิทธิพลทางพันธุกรรมโดยตรงของสัตว์ X

G_{dw} = อิทธิพลทางพันธุกรรมโดยตรงของสัตว์ W

G_{ds} = อิทธิพลทางพันธุกรรมโดยตรงของสัตว์ S

G_{mx} = อิทธิพลทางพันธุกรรมเนื่องจากความสามารถในการเป็นแม่ของสัตว์ X

G_{mw} = อิทธิพลทางพันธุกรรมเนื่องจากความสามารถในการเป็นแม่ของสัตว์ W

G_{ms} = อิทธิพลทางพันธุกรรมเนื่องจากความสามารถในการเป็นแม่ของสัตว์ S

E_{dx} = อิทธิพลของสภาพแวดล้อมโดยตรงของสัตว์ X

E_{mw} = อิทธิพลของสภาพแวดล้อมเนื่องจากความสามารถในการเป็นแม่ของสัตว์ W

r_{GdGm} = สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมเนื่องจากอิทธิพลทางพันธุกรรมโดยตรง และเนื่องจากความสามารถในการเป็นแม่

ภาพที่ 1 อิทธิพลทางพันธุกรรม และสภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการแสดงออกของลักษณะปรากฏในลูก

ที่มา: ดัดแปลงจาก Willham (1972); Van Vleck (1993)

เมื่อพิจารณาในส่วนอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสม และอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรของแม่นั้น สามารถหาองค์ประกอบของความแปรปรวน (Gutierrez *et al.*, 1997; Meyer, 1997; Mrode, 2005) ได้ดังนี้

$$\sigma_P^2 = \sigma_a^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{am} + \sigma_c^2 + \sigma_e^2$$

เมื่อ

σ_P^2 = ความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ

σ_a^2 = ความแปรปรวนของอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง (direct additive genetic variance)

σ_m^2 = ความแปรปรวนของอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ (maternal additive genetic variance)

σ_{am} = ความแปรปรวนร่วมระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง และเนื่องจากแม่ (direct-maternal additive genetic covariance)

σ_c^2 = ความแปรปรวนของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ (maternal permanent environmental variance)

σ_e^2 = ความแปรปรวนของอิทธิพลอื่น ๆ (residual variance)

2.2 ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม

จากค่าความแปรปรวน และค่าความแปรปรวนร่วมสามารถนำมาหาค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมได้ เช่น ค่าอัตราพันธุกรรม และค่าสหสัมพันธ์ เป็นต้น ค่าอัตราพันธุกรรม หมายถึง อัตราส่วนของความแปรปรวนทางพันธุกรรมต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เป็นค่าเฉพาะของลักษณะปริมาณหนึ่งๆ ของประชากรใดประชากรหนึ่ง โดยค่าอัตราพันธุกรรมบอกให้ทราบว่าความแปรปรวนหรือความแตกต่างของอิทธิพลทางพันธุกรรมในประชากรนั้นมีมากน้อยเพียงใด ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าควรจะเน้นการปรับปรุงด้านพันธุกรรมหรือด้านสิ่งแวดล้อม อัตราพันธุกรรมสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ คือ ค่าอัตราพันธุกรรมมากกว่า 0.2 เป็นค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในระดับต่ำ ค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 0.4 เป็นค่าอัตรา

พันธุกรรมอยู่ในระดับปานกลาง และค่าอัตราพันธุกรรมมากกว่า 0.4 เป็นค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในระดับสูง (สมชัย, 2527)

ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะใด ๆ มีค่าน้อยกว่า 0.2 การคัดเลือกจะให้ผลตอบสนองช้า เพราะว่าลักษณะนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมมาก ส่วนลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรม อยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 0.4 จะตอบสนองต่อการคัดเลือกได้ดี ถ้ามีการควบคุมสิ่งแวดล้อม และลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมที่สูงกว่า 0.4 จะให้ผลตอบสนองต่อการคัดเลือกได้ดี (Bourdon, 2000) ค่าอัตราพันธุกรรมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (heritability in broad sense) คือสัดส่วนความแปรปรวนของอิทธิพลทางพันธุกรรมต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ และค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ (heritability in narrow sense) คือสัดส่วนความแปรปรวนของอิทธิพลแบบบวกสะสมต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ (สมชัย, 2527) ซึ่งโดยทั่วไปเมื่อกล่าวถึงค่าอัตราพันธุกรรมจะหมายถึงค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ โดยค่าประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าประมาณพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม[1] สำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด

พันธุ์	โมเดล[2]	h^2	m^2	r_{am}	c^2	ที่มา
ลูกผสมบราห์มัน ชาร์โรเลส์ และพื้นเมืองไทย	SAM	0.25	-	-	-	วริษา (2539)
บราห์มัน พื้นเมืองไทย	SM	0.44	-	-	-	พรรณวดี และคณะ (2542) กิตติ (2546)
- ภาคกลาง	APM	0.38	-	-	0.12	
- ภาคเหนือ		0.20	-	-	0.11	
- ภาคอีสาน		0.22	-	-	0.12	
- ภาคใต้		0.19	-	-	0.01	
บราห์มัน พื้นเมืองไทย	APM	0.34	-	-	0.05	สมพร (2546)
	AMM	0.38	0.19	-	-	วุฒิพงษ์ และคณะ (2550)
เฮียร์ฟอร์ด	AMP	0.24	0.11	0.37	0.03	Waldron *et al.* (1993)
แองกัส	AMP	0.33	0.04	0.28	0.06	
Nelore	AMP	0.22	0.12	-0.72	0.07	Eler *et al.* (1995)
เฮียร์ฟอร์ด	AMP	0.40	0.08	0.03	0.05	Meyer (1992)
แองกัส	AMP	0.36	0.06	0.28	0.03	
ลูกผสมช็อตฮอร์น	SAM	0.45	-	-	-	Ahunu *et al.* (1997)
เฮียร์ฟอร์ด-WWL[4]	AMP	0.45	0.10	0.15	0.01	Dodenhoff *et al.* (1998)
เฮียร์ฟอร์ด-YWL[4]	AMP	0.47	0.09	-0.77	0.04	
เฮียร์ฟอร์ด-IXL[4]	AMP	0.38	0.14	0.15	0.02	
เฮียร์ฟอร์ด-CTL[4]	AMP	0.39	0.11	0.29		

ตารางที่ 2 (ต่อ)

พันธุ์	โมเดล[2]	h^2	m^2	r_{am}	c^2	ที่มา
เฮียร์ฟอร์ด-WWL[4]	GMM	0.45	0.10	0.15	0.01	Dodenhoff *et al.* (1998)
เฮียร์ฟอร์ด-YWL[4]	GMM	0.47	0.09	-0.77	0.04	
เฮียร์ฟอร์ด-IXL[4]	GMM	0.39	0.13	0.20	0.01	
เฮียร์ฟอร์ด-CTL[4]	GMM	0.38	0.09	0.25	0.39	
Gobra	AMP	0.08	0.03	-0.17	0.04	Diop *et al.* (1999)
เฮียร์ฟอร์ด	SAM	0.49	-	-	-	Ferreira *et al.* (1999)
	AMP	0.35	0.14	-0.05	0.04	
ชาร์โรเลส์	SD-MGS	0.33	0.11	-0.41	0.03	Phocas and Laloe (2004)
ช๊อตฮอร์น (AU)[3]	SAM	0.48	-	-	-	Kuha (2004)
	AMM	0.41	0.06	-	-	
	AMM	0.46	0.09	-0.27		
ช๊อตฮอร์น (USA)[3]	SAM	0.51	-	-	-	Kuha (2004)
	AMM	0.41	0.07	-	-	
	AMM	0.46	0.09	-0.21	-	
	AMP	0.41	0.03	-	0.05	
	AMP	0.48	0.05	-0.38	0.06	

หมายเหตุ [1] h^2 = อัตราพันธุกรรมโดยตรง m^2 = อัตราพันธุกรรมเนื่องจากแม่ r_{am} = ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง และเนื่องจากแม่ c^2 = ค่าสัดส่วนของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่

[2] โมเดล: AMM = animal model with maternal genetic, AMP= animal model with maternal genetic and permanent environment effect, APM = animal model with permanent environment effect, GMM = grand maternal model, SAM= simple animal model, SM = sire model, SD-MGS = sire-dam within maternal grandsire model

[3] ประเทศ: AU = Australia, USA = United States of America

[4] การคัดเลือก: WWL = weaning weight line, YWL = yearing weight line, IXL = an index of yearing weight and muscle score line, CTL = unselected line (control)

ตารางที่ 3 ค่าประมาณพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม[1] สำหรับลักษณะน้ำหนักหย่านม

พันธุ์	โมเดล	h^2	m^2	r_{am}	c^2	ที่มา
ลูกผสมบราห์มัน ชาร์โรเลส์ และพื้นเมืองไทย	SAM	0.17	-	-	-	วริษา (2539)
พื้นเมืองไทย						กิตติ (2546)
- ภาคกลาง	AMP	0.30	0.15	-0.60	0.14	
- ภาคเหนือ		0.22	0.14	-0.58	0.06	
- ภาคอีสาน		0.24	0.15	-0.60	0.05	
- ภาคใต้		0.18	0.17	-0.93	0.05	
บราห์มัน	AMP	0.11	0.09	-0.32	0.06	สมพร (2546)
พื้นเมืองไทย	AMP	0.29	0.26	-0.48	0.17	วุฒิพงษ์ และคณะ (2550)
เฮียร์ฟอร์ด	AMP	0.13	0.13	-0.58	0.23	Meyer (1992)
แองกัส	AMP	0.19	0.13	0.22	0.03	
เฮียร์ฟอร์ด	AMP	0.15	0.14	-0.35	0.21	Waldron *et al.* (1993)
แองกัส	AMP	0.14	0.11	0.06	0.15	
Nelore	AMP	0.13	0.13	-0.32	0.14	Eler *et al.* (1995)
ลูกผสมช๊อตฮอร์น	AMM	0.38	0.32	-0.29	-	Ahunu *et al.* (1997)
เฮียร์ฟอร์ด	AMP	0.17	0.11	-	0.23	Meyer (1997)
เฮียร์ฟอร์ด	APM	0.28	0.21	-0.65	0.23	
แองกัส	APM	0.24	0.09	-	0.15	
แองกัส	AMP	0.39	0.18	-0.63	0.15	
ลิวมูซิน	APM	0.25	0.12	-	0.16	
ลิวมูซิน	AMP	0.40	0.26	-0.65	0.16	
เฮียร์ฟอร์ด-WWL[4]	AMP	0.18	0.18	-0.22	0.24	Dodenhoff *et al.* (1998)
เฮียร์ฟอร์ด-YWL[4]	AMP	0.13	0.20	-0.35	0.29	
เฮียร์ฟอร์ด-IXL[4]	AMP	0.16	0.13	-0.11	0.29	
เฮียร์ฟอร์ด-CTL[4]	AMP	0.10	0.20	-0.25	0.28	
เฮียร์ฟอร์ด-WWL[4]	GMM	0.18	0.34	-0.13	0.07	
เฮียร์ฟอร์ด-YWL[4]	GMM	0.14	0.31	-0.44	0.16	
เฮียร์ฟอร์ด-IXL[4]	GMM	0.16	0.13	-0.11	0.29	

ตารางที่ 3 (ต่อ)

พันธุ์	โมเดล[2]	h^2	m^2	r_{am}	c^2	ที่มา
แองกัส	AMP	0.25	0.16	-0.25	0.17	Dodenhoff *et al.* (1999b)
	AMP-sh	0.18	0.13	-0.07	0.17	
	GMM	0.25	0.27	-0.09	0.07	
	GMM-sh	0.18	0.24	0.06	0.07	
Gobra	AMP	0.20	0.21	-0.58	0.15	Diop *et al.* (1999)
เฮียร์ฟอร์ด	SAM	0.35	-	-	-	Ferreira *et al.* (1999)
	AMP	0.18	0.17	-0.34	0.18	
เฮียร์ฟอร์ด (USA)[3]	AMP	0.24	0.16	-0.42	0.16	De Mattos *et al.* (2000)
เฮียร์ฟอร์ด (CA)[3]	AMP	0.20	0.16	-0.35	0.02	
เฮียร์ฟอร์ด	AMP	0.24	0.14	-0.32	0.17	Duangjinda *et al.* (2001)
Gelbvieh	AMP	0.28	0.08	-0.31	0.10	
ชาร์โรเลส์	AMP	0.33	0.15	-0.46	0.14	
เฮียร์ฟอร์ด	AMP	0.28	0.18	-0.43	0.18	Sopannarath (2002)
ชาร์โรเลส์	SD-MGS	0.16	0.06	-0.48	0.05	Phocas and Laloe (2004)
แองกัส	AMP	0.35	0.17	0.05	0.10	Van Vleck *et al.* (1996)
เฮียร์ฟอร์ด	AMP	0.19	0.20	-0.46	0.38	
ลิวมูซิน	AMP	0.59	0.13	0.00	0.24	
ชาร์โรเลส์	AMP	0.17	0.18	0.00	0.28	
Gelbvieh	AMP	0.34	0.15	0.25	0.08	
ซิมเมนทอล	AMP	0.16	0.26	0.00	0.14	

หมายเหตุ [1] h^2 = อัตราพันธุกรรมโดยตรง m^2 = อัตราพันธุกรรมเนื่องจากแม่ r_{am} = ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง และเนื่องจากแม่ c^2 = ค่าสัดส่วนของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่

[2] โมเดล: AMM = animal model with maternal genetic, AMP= animal model with maternal genetic and permanent environment effect, APM = animal model with permanent environment effect, GMM = grand maternal model, SAM= simple animal model, SM = sire model, SD-MGS = sire-dam within maternal grandsire model

[3] ประเทศ: AU = Australia, USA = United States of America

[4] การคัดเลือก: WWL = weaning weight line, YWL = yearing weight line, IXL = an index of yearing weight and muscle score line, CTL = unselected line (control)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ข้อมูลที่ใช้ศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลประชากรโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย (Thai Native) ลูกผสม 2 สายระหว่างพันธุ์บราห์มัน (Brahman) และพื้นเมืองไทย ลูกผสม 2 สายระหว่างพันธุ์ชาร์โรเลส์ (Charolais) และพื้นเมืองไทย และลูกผสม 3 สายพันธุ์ ระหว่างพันธุ์บราห์มัน ชาร์โรเลส์ และพื้นเมืองไทย จำนวน 2,243 ข้อมูลที่รวบรวมได้จากฝูงโคเนื้อของศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์ และผลผลิตจากสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และจากฟาร์มเกษตรกรอีก 8 ฟาร์ม รวมทั้งสิ้น 9 ฟาร์มที่เกิดในช่วงปี พ.ศ. 2523 ถึง 2549 (26 ปี) ข้อมูลที่รวบรวมได้สามารถจัดแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลพันธุ์ประวัติ ประกอบด้วย หมายเลขประจำตัวสัตว์ หมายเลขพ่อพันธุ์ พันธุ์พ่อ หมายเลขแม่พันธุ์ พันธุ์แม่ เพศ และวัน เดือน ปีที่เกิด และ 2) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ประกอบด้วย ฟาร์ม วัน เดือน ปีที่ชั่ง น้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม

2 การจัดการฟาร์ม

2.1 การจัดการทั่วไปและการให้อาหาร

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้รวบรวมได้จากฝูงโคเนื้อ 9 ฟาร์ม การจัดการทั่วไปและการให้อาหารสามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วนคือ การเลี้ยงดูแม่โค และการเลี้ยงดูลูกโค การเลี้ยงดูแม่โคเนื้อโดยทั่วไปจะปล่อยให้แทะเล็มหญ้าในแปลงหญ้าผสมถั่ว ประกอบด้วย หญ้ารูซี่ (*Brachiaria ruziziensis*) หญ้ากรีนแพนิค (*Panicum maximum*) และถั่วฮามาต้า (*Stylosanthes hamata*) เป็นต้น โดยปล่อยลงแปลงในตอนกลางวัน และนำเข้าคอกในตอนกลางคืน ได้รับน้ำแร่ธาตุก้อนอย่างเต็มที่ และเสริมอาหารข้นโดยให้อาหารข้นประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์โปรตีน (Crude protein) โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total Digestible Nutrient) ประมาณ 78 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของการเลี้ยงดูลูกโคเนื้อ ลูกโคเนื้อแรกเกิดทุกตัวจะถูกชั่งน้ำหนักแรกเกิด และปล่อยให้อยู่กับแม่โค โดยปล่อยลงแปลงในตอนกลางวัน และนำเข้าคอกในตอนกลางคืนจนถึงอายุหย่านม โดยหย่านมที่อายุ 210 ± 30 วัน แต่เนื่องจากฟาร์มทั้ง 9 ฟาร์ม มีสภาพแวดล้อม การจัดการ และการให้อาหารมีความแตกต่างกันออกไป จึงนำไปใช้ในการพิจารณาสำหรับการจัดกลุ่มการจัดการ

2.2 การจัดการผสมพันธุ์ และการจัดการด้านสุขภาพของโค

การจัดการผสมพันธุ์ และการจัดการด้านสุขภาพของโคเนื้อทั้ง 9 ฟาร์ม จะใช้การผสมเทียมเป็นหลัก โดยแบ่งช่วงฤดูการผสมพันธุ์ออกเป็น 2 ช่วง คือ ฤดูผสมพันธุ์ที่ 1 ระหว่างเดือนกุมภาพันธุ์ ถึง เมษายน และฤดูผสมพันธุ์ที่ 2 ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง กันยายน ในกรณีแม่โคที่มีปัญหาจะใช้การจูงผสม หรือใช้การปล่อยพ่อพันธุ์คุมฝูงเพื่อเพิ่มอัตราการผสมติดในแต่ละปี แม่โคผสมที่ผสมติดจะมีการตรวจการตั้งท้อง และเมื่อแม่โคคลอดลูกจะปล่อยให้ลูกโคอยู่กับแม่จนถึงระยะหย่านม การจัดการด้านสุขภาพ โคทุกตัวจะมีการทำวัคซีนโรคคอบวม 2 ครั้งต่อปี วัคซีนโรคปากและเท้าเปื่อย 3 ครั้งต่อปี (เมษายน สิงหาคม และธันวาคม) และถ่ายพยาธิตามโปรแกรมของศูนย์ฯ หรือ กรมปศุสัตว์แนะนำ

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.1 ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลพันธุ์ประวัติ และข้อมูลน้ำหนักก่อนการวิเคราะห์

นำข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลพันธุ์ประวัติ และข้อมูลน้ำหนักก่อนการวิเคราะห์ ฤดูกาลที่โคเกิดจำแนกออกได้ 3 ฤดูกาล คือ ฤดูหนาว (พฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์) ฤดูร้อน (มีนาคม ถึง พฤษภาคม) และฤดูฝน (มิถุนายน ถึง ตุลาคม) โดยพิจารณาตามปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ และนำมาจัดกลุ่มการจัดการ (Contemporary group) โดยพิจารณาจากปัจจัยร่วมระหว่างฟาร์ม ปี ฤดูกาลที่โคเกิดตรวจสอบความเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มการจัดการในชุดข้อมูล โดยพิจารณาการปรากฏของพ่อพันธุ์ในแต่ละกลุ่มการจัดการที่พิจารณาชุดข้อมูลที่มีความเชื่อมโยงกันขนาดใหญ่ที่สุดนำมาใช้ในการวิเคราะห์ โดยโครงสร้างของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4 และ 5

ตารางที่ 4 โครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม

รายการ	น้ำหนักแรกเกิด	น้ำหนักหย่านม
จำนวนสัตว์ทั้งหมด (ตัว)	3,341	3,341
จำนวนสัตว์ที่มีข้อมูล (ตัว)	2,243	1,557
จำนวนพ่อพันธุ์ (ตัว)	195	135
จำนวนพ่อพันธุ์ที่มีข้อมูล (ตัว)	14	14
จำนวนแม่พันธุ์ (ตัว)	1,124	765
จำนวนแม่พันธุ์ที่มีข้อมูล (ตัว)	207	125
จำนวนกลุ่มการจัดการ[1] (กลุ่ม)	189	96

หมายเหตุ [1] กลุ่มการจัดการ = ฟาร์ม×ปี×ฤดูกาลที่โคเกิด

ตารางที่ 5 น้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจำแนกตามกลุ่มพันธุ์ และเพศของประชากรโคเนื้อลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองไทย บราห์มัน และชาร์โลเลส์

กลุ่มพันธุ์[1]	เพศ	จำนวน (ตัว)	น้ำหนักแรกเกิด (กก.)	จำนวน (ตัว)	น้ำหนักหย่านม (กก.)
พื้นเมืองไทย					
N=100	ผู้	30	17.61±2.43	21	90.67±21.89
	เมีย	42	16.36±2.90	16	85.25±24.79
ลูกผสม 2 สาย					
75≤N≤93.75, 6.25≤B≤25	ผู้	49	17.30±3.06	37	100.35±26.31
	เมีย	69	16.78±4.23	48	88.75±22.59
50≤N<75, 25<B≤50	ผู้	39	21.98±4.63	25	113.16±39.53
	เมีย	39	18.58±2.96	25	100.44±31.04
25≤N<50, 50<B≤75	ผู้	48	22.30±4.34	32	107.90±21.78
	เมีย	48	22.52±3.81	39	120.07±29.51
6.25≤N<25, 75<B≤93.75	ผู้	7	24.00±5.53	5	135.00±32.78
	เมีย	2	23.50±4.94	2	125.00±14.14
75≤N≤93.75, 6.25≤C≤25	ผู้	8	23.06±3.95	5	120.00±12.24
	เมีย	14	22.28±5.80	9	112.00±11.87

ตารางที่ 5 (ต่อ)

กลุ่มพันธุ์[1]	เพศ	จำนวน (ตัว)	น้ำหนักแรกเกิด (กก.)	จำนวน (ตัว)	น้ำหนักหย่านม (กก.)
ลูกผสม 2 สาย					
50≤N<75, 25<C≤50	ผู้	11	20.13±3.86	6	110.66±33.83
	เมีย	20	20.12±3.16	5	89.20±14.85
25≤N<50, 50<C≤75	ผู้	3	25.00±3.60	2	117.50±10.60
	เมีย	5	24.40±3.36	2	104.00±33.94
6.25≤N<25, 75≤C≤93.75	ผู้	5	30.30±9.41	4	151.50±45.20
	เมีย	1	31.00	1	130.00
ลูกผสม 3 สาย					
50≤N≤75, 6.25≤B≤25, 6.25≤C≤25	ผู้	15	23.46±3.94	13	134.69±33.86
	เมีย	15	21.83±5.05	7	109.71±30.14
25≤N≤50, 25<B≤50, 6.25≤C≤25	ผู้	52	30.53±7.03	40	155.87±32.75
	เมีย	53	25.08±6.72	39	132.12±37.33
6.25≤N<25, 50<B≤75, 6.25≤C≤25	ผู้	24	29.08±6.11	19	159.15±32.33
	เมีย	22	25.90±5.03	16	120.31±31.24
25≤N<50, 6.25≤B<25, 25<C≤50	ผู้	518	30.08±5.27	403	152.19±32.35
	เมีย	590	28.66±4.63	363	147.40±30.25
6.25≤N<25, 25≤B<50, 25<C≤50	ผู้	188	29.95±5.82	134	160.84±33.71
	เมีย	233	27.43±5.83	170	158.42±37.21
6.25≤N<25, 50≤B<75, 25<C≤50	ผู้	2	27.00±2.82	2	117.50±28.53
	เมีย	3	28.50±4.94	2	162.50±14.15
6.25≤N<25, 6.25≤B<25, 50<C≤75	ผู้	29	28.93±6.26	25	158.20±41.52
	เมีย	29	28.72±5.51	21	144.09±30.42
6.25≤N<25, 25<B≤50, 50<C≤75	ผู้	11	33.90±8.27	7	189.57±36.73
	เมีย	18	27.22±6.32	11	159.63±23.47
6.25≤N<25, 6.25≤B<25, 75<C≤93.75	ผู้	1	33.50	1	189.00
	เมีย	-	-	-	-
รวมทุกกลุ่มพันธุ์	ผู้	1,040	28.12±6.67	781	146.29±37.55
	เมีย	1,203	26.19±6.26	776	139.56±37.87

หมายเหตุ [1] N = พันธุ์พื้นเมืองไทย, B = พันธุ์บราห์มัน และ C = พันธุ์ชาร์โรเลส์

3.2 วิเคราะห์ทดสอบอิทธิพลของปัจจัยคงที่ (Fixed effect)

นำข้อมูลที่ตรวจความสอบถูกต้องแล้วมาทดสอบอิทธิพลของปัจจัยคงที่ (fixed effects) ที่คาดว่าจะมีผลต่อน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม ได้แก่ กลุ่มการจัดการ เพศ อายุเมื่อหย่านม (เฉพาะลักษณะน้ำหนักหย่านม) และอิทธิพลของพันธุ์ (breed effects) ในลักษณะของสัดส่วนของพันธุ์ต่าง ๆ ได้แก่ สัดส่วนของพันธุ์ต่าง ๆ ของตัวสัตว์ และสัดส่วนของพันธุ์ต่าง ๆ ของแม่พันธุ์ โดยใช้คำสั่ง PROC GLM ในโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1996)โดยมีโมเดลดังต่อไปนี้

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}_1\boldsymbol{\beta}+\mathbf{X}_2\mathbf{g}_2+\mathbf{X}_3\mathbf{g}_3+\mathbf{e}$$

โดยกำหนดให้ $\mathbf{E(y)} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{X}_2\mathbf{g}_2 + \mathbf{X}_3\mathbf{g}_3$ และ $V(\mathbf{e}) \sim NID(0, \sigma_e^2)$

เมื่อ

$\mathbf{y}$	=	เวคเตอร์ของลักษณะที่ศึกษา ได้แก่ น้ำหนักแรกเกิด หรือน้ำหนักหย่านม
$\boldsymbol{\beta}$	=	เวคเตอร์ของอิทธิพลของปัจจัยคงที่ ได้แก่ กลุ่มการจัดการ เพศ และอายุเมื่อหย่านม (เฉพาะลักษณะน้ำหนักหย่านม)
$\mathbf{g}_2$	=	เวคเตอร์ของอิทธิพลของปัจจัยคงที่ของสัดส่วนพันธุ์ของตัวสัตว์ จากพันธุ์ชาร์โรเลส์ และพันธุ์บราห์มัน ที่เบี่ยงเบนไปจากพันธุ์พื้นเมืองไทย
$\mathbf{g}_3$	=	เวคเตอร์ของอิทธิพลของปัจจัยคงที่ของสัดส่วนพันธุ์ของแม่ จากพันธุ์ชาร์โรเลส์ และพันธุ์บราห์มันที่เบี่ยงเบนไปจากพันธุ์พื้นเมืองไทย
$\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \mathbf{X}_3$	=	เมทริกซ์ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในเวคเตอร์ y ไปยังปัจจัยต่างๆในเวคเตอร์ β, g_2 และ g_3 ตามลำดับ
$\mathbf{e}$	=	เวคเตอร์ของความคลาดเคลื่อนสุ่มของอิทธิพลอื่นๆ ที่ไม่ได้พิจารณาในโมเดล

3.3 วิเคราะห์ค่าองค์ประกอบความแปรปรวน (variance and covariance components)

วิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนทีละลักษณะ (single trait analysis)โดยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) (Patterson and Thompson, 1971) โดยใช้วิธี derivative-free algorithm (Graser *et al*., 1987) ในโปรแกรม Multiple Trait Derivative-Free Restriction Maximum Likelihood (MTDFREML) (Boldman *et al*., 1995) โดยมีโมเดล 5 แบบ ดังนี้

โมเดล 1: $\mathbf{y = X_1\beta + X_2g_2 + X_3g_3 + Za + e}$

โมเดล 2: $\mathbf{y = X_1\beta + X_2g_2 + X_3g_3 + Za + W_1m + e}$ เมื่อ $\text{cov}(a, m) = 0$

โมเดล 3: $\mathbf{y = X_1\beta + X_2g_2 + X_3g_3 + Za + W_1m + e}$ เมื่อ $\text{cov}(a, m) \neq 0$

โมเดล 4: $\mathbf{y = X_1\beta + X_2g_2 + X_3g_3 + Za + W_1m + W_2c + e}$ เมื่อ $\text{cov}(a, m) = 0$

โมเดล 5: $\mathbf{y = X_1\beta + X_2g_2 + X_3g_3 + Za + W_1m + W_2c + e}$ เมื่อ $\text{cov}(a, m) \neq 0$

เนื่องจากในโมเดล 5 เป็นโมเดลที่สมบูรณ์ที่สุด จึงกำหนดให้

$$\mathbf{E(y) = X\beta + X_2g_2 + X_3g_3} \text{ และ } \text{var}\begin{bmatrix}\mathbf{a}\\ \mathbf{m}\\ \mathbf{c}\\ \mathbf{e}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\mathbf{A}\sigma^2_a & \mathbf{A}\sigma_{am} & \mathbf{0} & \mathbf{0}\\ \mathbf{A}\sigma_{am} & \mathbf{A}\sigma^2_m & \mathbf{0} & \mathbf{0}\\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{I}\sigma^2_c & \mathbf{0}\\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{I}\sigma^2_e\end{bmatrix}$$

เมื่อ

$\mathbf{y}$ = เวคเตอร์สำหรับลักษณะที่ศึกษา (น้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม)

$\boldsymbol{\beta}$ = เวคเตอร์ของอิทธิพลของปัจจัยคงที่ ได้แก่ กลุ่มการจัดการ เพศ อายุเมื่อหย่านม (เฉพาะลักษณะน้ำหนักหย่านม)

$\mathbf{g_2}$ = เวคเตอร์ของอิทธิพลของปัจจัยคงที่ของสัดส่วนพันธุ์ของตัวสัตว์ จากพันธุ์ชาร์โรเลส์ และพันธุ์บราห์มัน ที่เบี่ยงเบนไปจากพันธุ์พื้นเมืองไทย

$\mathbf{g_3}$ = เวคเตอร์ของอิทธิพลของปัจจัยคงที่ของสัดส่วนพันธุ์ของแม่ จากพันธุ์ชาร์โรเลส์ และพันธุ์บราห์มัน ที่เบี่ยงเบนไปจากพันธุ์พื้นเมืองไทย

$\mathbf{a}$ = เวคเตอร์ของอิทธิพลสุ่มของพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง (direct additive genetic effect)

$\mathbf{m}$ = เวคเตอร์ของอิทธิพลสุ่มของพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ (maternal additive genetic effect)

$\mathbf{c}$ = เวคเตอร์ของอิทธิพลสุ่มของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ (permanent environmental effect)

$\mathbf{e}$ = เวคเตอร์ของความคลาดเคลื่อนสุ่มจากปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่ได้พิจารณาในโมเดล (residual effect)

$\mathbf{X_1}, \mathbf{X_2}, \mathbf{X_3}$ = เมทริกซ์ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในเวคเตอร์ y ไปยังปัจจัยคงที่ต่าง ๆ ในเวคเตอร์ β, g_2 และ g_3 ตามลำดับ

$\mathbf{Z}, \mathbf{W_1}, \mathbf{W_2}$ = เมทริกซ์ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในเวคเตอร์ y ไปยังปัจจัยสุ่มต่าง ๆ ในเวคเตอร์ a, m และ c ตามลำดับ

$\mathbf{A}$ = เมทริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ทางเครือญาติระหว่างสัตว์ในประชากร (numerator relationship matrix)

$\mathbf{I}$ = เมทริกซ์ที่ประกอบด้วย 1 ในเส้นทแยงมุม (Identity matrix)

σ_a^2 = ความแปรปรวนของอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง

σ_m^2 = ความแปรปรวนของอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่

σ_{am} = ความแปรปรวนร่วมระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง และเนื่องจากแม่ (direct-maternal additive genetic covariance)

σ_c^2 = ความแปรปรวนของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่

σ_e^2 = ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมจากค่าความแปรปรวน และความแปรปรวนร่วมที่ประมาณได้โดยมีรูปสมการดังนี้

ค่าอัตราพันธุกรรมโดยตรง:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2}$$

ค่าอัตราพันธุกรรมเนื่องจากแม่:

$$m^2 = \frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$$

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง และเนื่องจากแม่:

$$r_{am} = \frac{\sigma_{am}}{\sigma_a \sigma_m}$$

ค่าสัดส่วนของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่:

$$c^2 = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_p^2}$$

ค่าสัดส่วนของอิทธิพลอื่นๆ:

$$e^2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_p^2}$$

ค่าแปรปรวนของลักษณะปรากฏ:

$$\sigma_P^2 = \sigma_a^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{am} + \sigma_c^2 + \sigma_e^2$$

3.4 การทดสอบความแตกต่างระหว่างโมเดล

ทดสอบความแตกต่างระหว่างโมเดลด้วย likelihood ratio test โดยพิจารณาจากความแตกต่างของค่า -2logL ของโมเดลที่นำมาเปรียบเทียบกับการกระจายตัวแบบไคสแคว์ ที่มี degree of freedom (df) เท่ากับความแตกต่างของจำนวนของจำนวนพารามิเตอร์ที่ประมาณ ถ้าค่า -2logL แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จะเลือกโมเดลที่มีจำนวนจำนวนพารามิเตอร์ที่ประมาณน้อยกว่า (Dobson, 1990)

3.5 การทำนายค่าความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสม

ทำนายค่าความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสม (estimated breeding value) ได้แก่ ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง (estimated direct breeding value; $\hat{DBV}$) ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ (estimated maternal breeding value; $\hat{MBV}$) และค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่โดยรวม (estimated total maternal breeding value; $\hat{TMBV}$) จากโมเดลที่เหมาะสมที่ได้จากการทดสอบ likelihood ratio test โดยมีรูปแบบสมการดังนี้

ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง:

$$\hat{DBV} = X_2\hat{g}_2 + \hat{a}$$

ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่:

$$\hat{MBV} = X_3\hat{g}_3 + \hat{m}$$

ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่โดยรวม:

$$\hat{TMBV} = \frac{1}{2}\hat{DBV} + \hat{MBV}$$

เมื่อ

$\hat{DBV}, \hat{MBV}, \hat{TMBV}$ = เวคเตอร์ของค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ และความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่โดยรวม

X_2, X_3 = เมทริกซ์ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในเวคเตอร์ y ไปยังอิทธิพลคงที่ต่าง ๆ ในเวคเตอร์ g_2 และ g_3 ตามลำดับ

$\hat{g}_2$ = เวคเตอร์ของค่าทำนายของ g_2

$\hat{g}_3$ = เวคเตอร์ของค่าทำนายของ g_3

$\hat{a}$ = เวคเตอร์ของค่าทำนายของ a

$\hat{m}$ = เวคเตอร์ของค่าทำนายของ a

3.6 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์

นำค่า $D\hat{B}V, M\hat{B}V$ และ $TM\hat{B}V$ ของน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมของสัตว์แต่ละตัว นำมาวิเคราะห์หาสหสัมพันธ์โดยวิธี Pearson correlation และ Spearman rank correlation โดยใช้คำสั่ง PROC CORR ในโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1996) เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง $D\hat{B}V, M\hat{B}V$ และ $TM\hat{B}V$ ภายในลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม และระหว่าง 2 ลักษณะ

ผลและวิจารณ์

อิทธิพลของปัจจัยคงที่

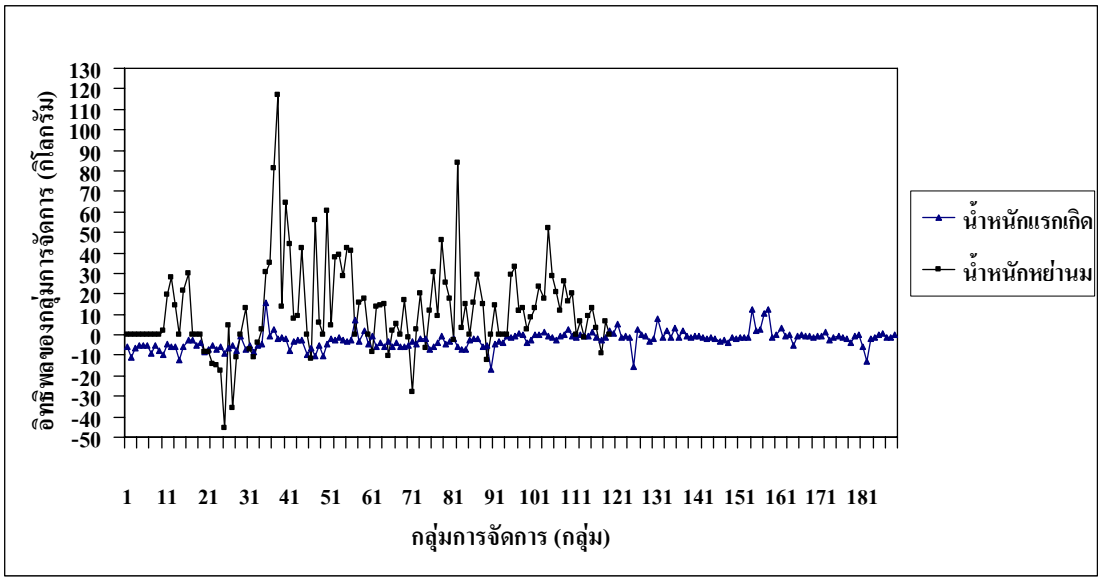
จากการทดสอบอิทธิพลของปัจจัยคงที่ตามโมเดลที่กำหนดดังแสดงในตารางที่ 6 เพศมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ต่อน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม โดยมีน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมในลูกโคเพศผู้สูงกว่าลูกโคเพศเมีย 1.36±0.22 และ 4.51±1.42 กิโลกรัม ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของวริษา (2539); สมพร (2546); พรรณวดี และคณะ (2542); Tumwasorn *et al.* (1978) ที่ศึกษาในโคพันธุ์พื้นเมืองไทย โคบราห์มัน และโคลูกผสมบราห์มันชาร์โรเลส์ และพื้นเมืองไทย และสอดคล้องกับ Ahunu *et al.* (1997); Koch and Clark (1995) ที่ศึกษาในโคพันธุ์ช็อตฮอร์น และเฮียร์ฟอร์ด

ตารางที่ 6 ค่าประมาณอิทธิพลของปัจจัยคงที่สำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม

ปัจจัย	น้ำหนักแรกเกิด		น้ำหนักหย่านม	
	ค่าประมาณ	P-value	ค่าประมาณ	P-value
เพศ				
เพศผู้	1.36±0.22[1]	0.0001	4.51±1.42	0.0016
เพศเมีย	0.00	-	0.00	-
อายุของลูก	-	-	0.40±0.04	0.0001
สัดส่วนพันธุ์ของตัวสัตว์				
พันธุ์บราห์มัน	0.08±0.01	0.0001	0.25±0.07	0.0004
พันธุ์ชาร์โรเลส์	0.12±0.01	0.0001	0.68±0.06	0.0001
พื้นเมืองไทย	0.00	-	0.00	-
สัดส่วนพันธุ์ของแม่				
พันธุ์บราห์มัน	0.02±0.01	0.0366	0.23±0.06	0.0001
พันธุ์ชาร์โรเลส์	0.03±0.01	0.0001	0.17±0.05	0.0011
พื้นเมืองไทย	0.00	-	0.00	-

หมายเหตุ [1] ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

กลุ่มการจัดการซึ่งประกอบด้วยปัจจัยร่วมระหว่างฟาร์ม ปี ฤดูกาลที่โคเกิด มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ต่อทั้งสองลักษณะ เนื่องมาจากสภาพพื้นที่ ภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน และการจัดการในแต่ละปีที่มีความแตกต่างกัน อิทธิพลของกลุ่มการจัดการดังแสดงในภาพที่ 2 สอดคล้องกับการศึกษาของการศึกษาของ วริษา (2539) ศึกษาในฝูงโคเนื้อลูกผสมระหว่างพันธุ์บราห์มัน ชาร์โรเลส์ และพื้นเมืองไทย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และ Tumwasorn *et al.* (1978) ศึกษาในโคพื้นเมืองไทย และโคลูกผสมบราห์มัน ชาร์โรเลส์ และพื้นเมืองไทยในเขตอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐมรายงานว่า ปีที่เกิดมีอิทธิพลต่อน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม และอัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Abdel-aziz *et al.* (2003) รายงานว่าฝูง การจัดการ ปี และฤดูกาลที่คลอด มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมของลูกโค เช่นเดียวกับ พรรณวดี และคณะ (2542); Ahunu *et al.* (1997) รายงานว่าฤดูกาลที่คลอดมีอิทธิพลอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อน้ำหนักแรกเกิดของลูกโค แต่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักหย่านมของลูกโคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 2 อิทธิพลของกลุ่มการจัดการสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม

อายุของลูกเมื่อหย่านมมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ต่อลักษณะน้ำหนักหย่านม โดยเมื่อหย่านมลูกโคที่อายุมากขึ้นจะมีน้ำหนักมากขึ้น 0.40±0.04 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Berweger *et al.* (1999); Abdel-aziz *et al.* (2003) รายงานว่าอิทธิพลของอายุของลูกเมื่อหย่านมมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อน้ำหนักหย่านม

รายงานการศึกษาอิทธิพลของพันธุ์ในลักษณะของกลุ่มพันธุ์และสัดส่วนพันธุ์มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม (Tumwasorn *et al.*, 1993a,b; Ahunu *et al.*,1997; Phocas and Laloe, 2004; Sopannarath *et al.*, 2005) และจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า อิทธิพลของพันธุ์ในลักษณะของสัดส่วนพันธุ์ของตัวสัตว์ และสัดส่วนพันธุ์ของแม่พันธุ์มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ต่อน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม โดยเมื่อสัดส่วนพันธุ์ของตัวสัตว์ของพันธุ์บราห์มัน และพันธุ์ชาร์โรเลส์เพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์จะมีผลทำให้โคมีน้ำหนักแรกเกิดมากกว่าโคพันธุ์พื้นเมืองไทย 0.08±0.01 และ 0.12±0.01 กิโลกรัม และมีน้ำหนักหย่านมมากกว่าโคพันธุ์พื้นเมืองไทย 0.25±0.07 และ 0.68±0.06 กิโลกรัม และเมื่อสัดส่วนพันธุ์ของแม่พันธุ์ของพันธุ์บราห์มัน และพันธุ์ชาร์โรเลส์เพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์จะมีผลทำให้โคมีน้ำหนักแรกเกิด มากกว่าโคพันธุ์พื้นเมืองไทย 0.02±0.01 และ 0.03±0.01 กิโลกรัม และมีน้ำหนักหย่านมมากกว่าโคพันธุ์พื้นเมืองไทย 0.23±0.06 และ 0.17±0.05 กิโลกรัม

องค์ประกอบของความแปรปรวนและค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม

1. ลักษณะน้ำหนักแรกเกิด

ค่าประมาณของความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วมทางพันธุกรรม และพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด ดังแสดงในตารางที่ 7 โมเดล 1 ซึ่งมีอิทธิพลแบบสุ่มเฉพาะอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง มีค่า $\hat{\sigma}^2_p$ มากที่สุด (25 กิโลกรัม^2) และมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ ความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรงและเนื่องจากแม่ และอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ ลงในโมเดล 2, 3, 4 และ 5 โดยในโมเดลที่ 2 ถึง 4 มีค่า $\hat{\sigma}^2_p$ ใกล้เคียงกัน (24.10 ถึง 24.33 กิโลกรัม^2) ซึ่งค่าที่ประมาณได้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าการศึกษาในประชากรโคเนื้อพันธุ์แท้พันธุ์ต่าง ๆ (เกชา และศรเทพ, 2547; วุฒิพงษ์ และคณะ, 2550; Meyer, 1992; Waldron *et al.*, 1993; Eler *et al.*, 1995; Diop *et al.*, 1999; Ferreira *et al.*, 1999; Phocas and Laloe, 2004) อาจเนื่องจาก

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นประชากรโคเนื้อลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองไทย บราห์มัน และชาร์โรเลส์ จึงทำให้ค่า $\hat{\sigma}_p^2$ ที่ประมาณได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีความแตกต่างไปจากค่า $\hat{\sigma}_p^2$ ที่ประมาณได้จากประชากรโคเนื้อพันธุ์แท้พันธุ์ต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาค่า $\hat{\sigma}_a^2$ ในโมเดล 1 มีค่ามากที่สุด (11.43 กิโลกรัม^2) และมีค่าลดลงประมาณ 45 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ในโมเดล 2 ถึง 5 (5.00-6.38 กิโลกรัม^2) แสดงว่าการเพิ่มอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ ความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรงและเนื่องจากแม่ และอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ ลงในโมเดล 2, 3, 4 และ 5 มีผลกระทบทำให้ค่า $\hat{\sigma}_a^2$ ลดลง ค่า $\hat{\sigma}_m^2$ ในโมเดล 2 และ 3 (4.32 และ 4.38 กิโลกรัม^2) และโมเดล 4 และ 5 (1.75 และ 1.28 กิโลกรัม^2) มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าสหสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรงและเนื่องจากแม่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (พิจารณาได้จากค่าความแตกต่างของ likelihood ratio test) แต่มีค่า $\hat{r}_{am}$ เป็นไปในทางลบ (-0.12 กิโลกรัม^2 ในโมเดล 3 และ -0.11 กิโลกรัม^2 ในโมเดล 5) ซึ่งค่าที่ประมาณได้เป็นไปในทางลบเช่นเดียวกับการศึกษาของ Diop *et al.* (1999); Ferreira *et al.* (1999); Kuha (2004) (-0.05 ถึง -0.41 กิโลกรัม^2) แต่มีค่าแตกต่างกับการศึกษาของ Meyer (1992); Waldron *et al.* (1993); Dodenhoff *et al.* (1998) ที่ทำการศึกษาในโคพันธุ์เฮียร์ฟอร์ด (0.03-0.37 กิโลกรัม^2)

เมื่อพิจารณาค่า $\hat{\sigma}_m^2$ ในโมเดล 4 และ 5 พบว่ามีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับโมเดล 2 และ 3 แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่นั้นมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ปะปนอยู่ แต่อย่างไรก็ตามสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิดนั้นไม่พบนัยสำคัญของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ ($P>0.05$) (พิจารณาได้จากค่าความแตกต่างของ likelihood ratio test) โดยค่า $\hat{\sigma}_c^2$ โมเดล 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 2.43 และ 2.95 กิโลกรัม^2 และมีค่า $\hat{c}^2$ เท่ากับ 0.09 และ 0.12 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ประมาณได้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ กิตติ (2546); Meyer (1992); Waldron *et al.* (1993); Eler *et al.* (1995); Dodenhoff *et al.* (1998); Diop *et al.* (1999); Ferreira *et al.* (1999); Kuha (2004)

เมื่อพิจารณาค่า $\hat{\sigma}_m^2$ ในโมเดล 4 (1.75 กิโลกรัม^2) พบว่ามีค่าลดลงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับค่า $\hat{\sigma}_m^2$ ในโมเดล 2 (4.32 กิโลกรัม^2) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ลงในโมเดล 4 มีผลทำให้ค่า $\hat{\sigma}_m^2$ ลดลง ถึงแม้ว่าค่า -2logL ของ

โมเดล 4 มีค่า -2logL น้อยที่สุด (8,803.24) และเมื่อพิจารณาค่าความคลาดเลื่อนมาตรฐานของ $\hat{m}^2$ ที่ประมาณได้จากโมเดล 4 (0.07) พบว่ามีค่าความคลาดเลื่อนมาตรฐานสูงกว่าโมเดล 2 (0.04)

เมื่อพิจารณาจากค่า -2logL พบว่าโมเดล 4 มีค่า -2logL น้อยที่สุด (8,803.24) แต่เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างโมเดลด้วย likelihood ratio test (ตารางที่ 8) พบว่าโมเดล 2, 4 และ 5 แตกต่างจากโมเดล 4 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และโมเดล 3 และ 4 ไม่สามารถเปรียบเทียบกับทางสถิติได้เนื่องจากมีจำนวนพารามิเตอร์เท่ากัน แต่โมเดล 2 มีจำนวนพารามิเตอร์ที่ประมาณน้อยที่สุด และโมเดล 2 มีค่า likelihood ratio แตกต่างจากโมเดลที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังนั้นโมเดล 2 จึงเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด ค่า $\hat{h}^2$ และ $\hat{m}^2$ ในโมเดล 2 มีค่าเท่ากับ 0.21 และ 0.18 ตามลำดับ ซึ่งค่า $\hat{h}^2$ และ $\hat{m}^2$ ที่ประมาณได้ใกล้เคียงกับการศึกษาของกิตติ (2546); วุฒิพงษ์ และคณะ (2550) ที่ทำการศึกษาในโคพื้นเมืองไทย และมีค่า $\hat{h}^2$ ใกล้เคียงกับวริษา (2539) ศึกษาในโคลูกผสมระหว่างพันธุ์บราห์มันชาร์โรเลส์ และพื้นเมืองไทย

ตารางที่ 7 ค่าประมาณของความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วมทางพันธุกรรม และค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด

ค่าพารามิเตอร์[1]	โมเดล				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
$\hat{\sigma}^2_p$ (กิโลกรัม^2)	25.00	24.32	24.29	24.10	24.22
$\hat{\sigma}^2_a$ (กิโลกรัม^2)	11.43	5.00	6.08	5.10	6.38
$\hat{\sigma}^2_m$ (กิโลกรัม^2)	-	4.32	4.38	1.75	1.28
$\hat{\sigma}_{am}$ (กิโลกรัม^2)	-	-	-0.61	-	-0.33
$\hat{\sigma}^2_c$ (กิโลกรัม^2)	-	-	-	2.43	2.95
$\hat{\sigma}^2_e$ (กิโลกรัม^2)	13.57	15.00	14.44	14.82	13.94
-2logL	8,826.36	8,804.84	8,804.70	8,803.24	8,803.43
$\hat{h}^2$	0.46 (0.06)[2]	0.21 (0.06)	0.25 (0.08)	0.21 (0.06)	0.26 (0.08)
$\hat{m}^2$	-	0.18 (0.04)	0.18 (0.07)	0.07 (0.07)	0.05 (0.09)
$\hat{r}_{am}$	-	-	-0.12 (0.36)	-	-0.11 (0.60)
$\hat{c}^2$	-	-	-	0.10 (0.07)	0.12 (0.07)
$\hat{e}^2$	0.54 (0.06)	0.62 (0.05)	0.59 (0.06)	0.62 (0.05)	0.58 (0.06)

หมายเหตุ [1] $\hat{\sigma}^2_p$ = ค่าประมาณความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ, $\hat{\sigma}^2_a$ = ค่าประมาณความแปรปรวนของอิทธิพลของพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง, $\hat{\sigma}^2_m$ = ค่าประมาณความแปรปรวนของอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่, $\hat{\sigma}_{am}$ = ค่าประมาณความแปรปรวนร่วมระหว่างอิทธิพลของพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรงและเนื่องจากแม่, $\hat{\sigma}^2_c$ = ค่าประมาณความแปรปรวนของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่, $\hat{\sigma}^2_e$ = ค่าประมาณความแปรปรวนของอิทธิพลอื่น ๆ, $\hat{h}^2$ = ค่าประมาณค่าอัตราพันธุกรรมโดยตรง, $\hat{m}^2$ = ค่าประมาณค่าอัตราพันธุกรรมเนื่องจากแม่, $\hat{r}_{am}$ = ค่าประมาณค่าสหสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรงและเนื่องจากแม่, $\hat{c}^2$ = ค่าประมาณค่าสัดส่วนของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่, $\hat{e}^2$ = ค่าประมาณค่าสัดส่วนของอิทธิพลอื่นๆ และ -2logL = ค่า negative two log Likelihood function

[2] ตัวเลขในเครื่องหมายวงเล็บ ( ) หมายถึงความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ตารางที่ 8 ความแตกต่างของค่า -2logL ที่เปรียบเทียบกันระหว่างโมเดลสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด

โมเดล	ความแตกต่างของจำนวนพารามิเตอร์ที่ประมาณ	ความแตกต่างของค่า -2logL[1]
โมเดล 1 กับ 2	1	21.52*
โมเดล 1 กับ 3	2	21.66*
โมเดล 1 กับ 4	2	23.12*
โมเดล 1 กับ 5	3	22.93*
โมเดล 2 กับ 3	1	0.14 ns
โมเดล 2 กับ 4	1	1.60 ns
โมเดล 2 กับ 5	2	1.41 ns
โมเดล 3 กับ 4	0	1.46
โมเดล 3 กับ 5	1	1.27 ns
โมเดล 4 กับ 5	1	-0.19 ms

หมายเหตุ [1] ค่าวิกฤติ $\chi^2_{0.05,\,df\,1} = 3.84$, $\chi^2_{0.05,\,df\,2} = 5.99$, $\chi^2_{0.05,\,df\,3} = 9.21$

ns แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (non significant difference; $\alpha = 0.05$)

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (significant difference; $\alpha = 0.05$)

2. ลักษณะน้ำหนักหย่านม

ค่าประมาณของความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วมทางพันธุกรรม และพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักหย่านม ดังแสดงในตารางที่ 9 ค่า $\hat{\sigma}^2_p$ ในโมเดล 1 (766.17 กิโลกรัม^2), โมเดล 2 (762.00 กิโลกรัม^2) และ โมเดล 5 (746.23 กิโลกรัม^2) มีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าลดลงในโมเดล 3 และ 4 ซึ่งค่า $\hat{\sigma}^2_p$ ที่ประมาณได้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าการศึกษาของ Meyer (1992); Berweger *et al.* (1999) แต่ให้ค่าสูงกว่าการศึกษาของ Dodenhoff *et al.* (1999a); Ferreira *et al.* (1999); Sopannarath (2002) อย่างไรก็ตามให้ค่าสอดคล้องกับการศึกษาของ Meyer (1992); Meyer (1997) ที่ศึกษาในโคพันธุ์แท้พันธุ์ต่างๆ

ค่า $\hat{\sigma}_a^2$ โมเดล 1 มีค่าเท่ากับ 378.54 กิโลกรัม^2 และมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ อิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ และความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรงและเนื่องจากแม่ ลงในโมเดล 2, 3, 4 และ 5 การเพิ่มความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง และเนื่องจากแม่ (โมเดล 3) และเพิ่มอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ (โมเดล 4) ส่งผลให้โมเดลมีความเหมาะสมขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยจาก $\hat{\sigma}_{am}$ ที่มีค่าเป็นลบส่งผลให้ค่า $\hat{\sigma}_a^2$ และค่า $\hat{\sigma}_m^2$ ในโมเดล 3 มีค่าเพิ่มสูงขึ้น (เมื่อเทียบกับโมเดล 2) แสดงให้เห็นว่าสหสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรงและเนื่องจากแม่มีนัยสำคัญสำหรับลักษณะน้ำหนักหย่านม (พิจารณาได้จากค่าความแตกต่างของ likelihood ratio test)

ค่า $\hat{r}_{am}$ โมเดล 3 และ 5 มีค่าเท่ากับ -0.54 และ-0.62 ตามลำดับ ซึ่งมีสหสัมพันธ์ไปในทางลบ โดยแตกต่างจากการศึกษาของ Meyer (1992); Waldron *et al.* (1993); Van Vleck *et al.* (1996) ที่ให้ค่าสหสัมพันธ์ไปในทางบวก (0.06-0.25) แต่อย่างไรก็ตามค่าสหสัมพันธ์ที่ประมาณได้ในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับหลายการศึกษา (กิตติ, 2546; วุฒิพงษ์ และคณะ, 2550; Meyer, 1992; Meyer, 1997; Diop *et al.*, 1999; Mattos *et al*, 2000; Sopannarath, 2002; Phocas and Laloe, 2004)

ค่า $\hat{h}^2$ ที่ประมาณได้ในโมเดล 1 มีค่าเท่ากับ 0.49 และมีค่าลดลงในโมเดล 2, 3, 4 และ 5 (0.25 0.29 0.23 และ 0.34 ตามลำดับ) สอดคล้องกับหลายรายงาน เช่น Meyer (1992, 1997); Sopannarath (2002) รายงานว่าการไม่นำอิทธิพลทางพันธุกรรมเนื่องจากแม่เพิ่มในโมเดล ทำให้ค่าอัตราพันธุกรรมโดยตรงที่ประมาณได้มีค่าที่สูงกว่าความเป็นจริงโดยเฉพาะในลักษณะการเจริญเติบโตตั้งแต่แรกเกิดจนถึงระยะหย่านมของโคเนื้อ ซึ่งเป็นระยะที่ลูกโคเนื้อต้องอยู่กับแม่โคจนหย่านมที่อายุ 7 ถึง 8 เดือน

เมื่อพิจารณาจากค่า -2logL พบว่าโมเดล 5 มีค่า -2logL น้อยที่สุด (11,201.44) แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างโมเดลด้วย likelihood ratio test (ตารางที่ 10) กับโมเดล 3 (11,203.90) และ 4 (11,203.87) นั้น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เนื่องด้วยไม่สามารถเปรียบเทียบทางสถิติกันได้ระหว่างโมเดลที่ 3 และ 4 จึงพิจารณาจากค่า -2logL ที่น้อยกว่า ซึ่งโมเดล 4 มีค่า -2logL น้อยกว่าโมเดล 3 (0.03) ฉะนั้นโมเดล 4 จึงมีความเหมาะสมมากที่สุดเนื่องจากมีจำนวนพารามิเตอร์ที่ประมาณน้อยกว่าโมเดล 5 ค่า $\hat{h}^2$, $\hat{m}^2$ และ $\hat{c}^2$ สำหรับลักษณะน้ำหนักหย่านมของโมเดล 4 มีค่าเท่ากับ 0.23 0.08 และ 0.10 ตามลำดับ ค่า $\hat{h}^2$

ใกล้เคียงกับวาริษา (2539) ศึกษาในโคลูกผสมระหว่างพันธุ์บราห์มัน ชาร์โรเลส์ และพื้นเมืองไทย (0.17) และมีค่า $\hat{h}^2$, $\hat{m}^2$ และ $\hat{c}^2$ ใกล้เคียงกับการศึกษาของMeyer (1997) ในที่ศึกษาในโคพันธุ์เฮียร์ฟอร์ด(0.17, 0.11 และ0.23) แองกัส (0.24, 0.09 และ0.15) และลิวมูซินโดย (0.25, 0.12 และ 0.16) ตามลำดับ

นอกจากนี้จากการเปรียบเทียบโมเดลจะเห็นได้ว่ามีค่าปะปนกันอยู่ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ และอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ ในลักษณะน้ำหนักหย่านม ดังนั้นเมื่อเพิ่มอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ลงในโมเดลจึงส่งผลกระทบต่อค่า $\hat{\sigma}^2_m$ และ $\hat{m}^2$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เนื่องจากค่า $\hat{\sigma}_{am}$ และ $\hat{r}_{am}$ ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าสหสัมพันธ์ไปในทางลบ ซึ่งจากลักษณะโครงสร้างของข้อมูลพบว่าจำนวนแม่ที่มีข้อมูลน้ำหนักหย่านมของตัวแม่เองมีอยู่ 11.20 % อาจเป็นสาเหตุให้ค่าประมาณที่ได้มีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมาก และจากค่าความแตกต่างของ -2logL ระหว่างโมเดลที่ 4 และ 5 จึงไม่พบระดับนัยสำคัญของอิทธิพลได้ แต่อย่างไรก็ตาม หากจะทำการคัดเลือกโคเนื้อเพื่อนำไปใช้เป็นพ่อ หรือแม่พันธุ์ ควรระมัดระวัง และควรพิจารณาอิทธิพลทางพันธุกรรมโดยตรง และเนื่องจากแม่ร่วมกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ต้องการพ่อพันธุ์เพื่อสร้างลูกที่เป็นแม่พันธุ์ทดแทนในฝูงที่ให้ลูกที่มีสามารถเจริญเติบโตได้ดี (Koch, 1972; Kirkpatrick and Lande, 1989)

ตารางที่ 9 ค่าประมาณของความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วมทางพันธุกรรม และค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะน้ำหนักหย่านม

ค่าพารามิเตอร์[1]	โมเดล				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
$\hat{\sigma}^2_p$ (กิโลกรัม^2)	766.17	762.00	756.80	740.00	764.23
$\hat{\sigma}^2_a$ (กิโลกรัม^2)	378.54	192.00	222.50	170.00	257.73
$\hat{\sigma}^2_m$ (กิโลกรัม^2)	-	170.00	278.13	60.00	91.71
$\hat{\sigma}_{am}$ (กิโลกรัม^2)	-	-	-133.20	-	-95.50
$\hat{\sigma}^2_c$ (กิโลกรัม^2)	-	-	-	120.00	163.02
$\hat{\sigma}^2_e$ (กิโลกรัม^2)	387.63	400.00	389.38	390.00	374.12
-2logL	11,239.59	11,208.05	11,203.90	11,203.87	11,201.44
$\hat{h}^2$	0.49 (0.07)[2]	0.25 (0.08)	0.29 (0.09)	0.23 (0.07)	0.34 (0.10)
$\hat{m}^2$	-	0.22 (0.04)	0.37 (0.09)	0.08 (0.10)	0.12 (0.13)
$\hat{r}_{am}$	-	-	-0.54 (0.42)	-	-0.62 (0.81)
$\hat{c}^2$	-	-	-	0.10 (0.07)	0.12 (0.07)
$\hat{e}^2$	0.51 (0.07)	0.52 (0.06)	0.51 (0.07)	0.53 (0.06)	0.45 (0.07)

หมายเหตุ [1] $\hat{\sigma}^2_p$ = ค่าประมาณความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ, $\hat{\sigma}^2_a$ = ค่าประมาณความแปรปรวนของอิทธิพลของพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง, $\hat{\sigma}^2_m$ = ค่าประมาณความแปรปรวนของอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่, $\hat{\sigma}_{am}$ = ค่าประมาณความแปรปรวนร่วมระหว่างอิทธิพลของพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรงและเนื่องจากแม่, $\hat{\sigma}^2_c$ = ค่าประมาณความแปรปรวนของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่, $\hat{\sigma}^2_e$ = ค่าประมาณความแปรปรวนของอิทธิพลอื่น ๆ, $\hat{h}^2$ = ค่าประมาณค่าอัตราพันธุกรรมโดยตรง, $\hat{m}^2$ = ค่าประมาณค่าอัตราพันธุกรรมเนื่องจากแม่, $\hat{r}_{am}$ = ค่าประมาณค่าสหสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรงและเนื่องจากแม่, $\hat{c}^2$ = ค่าประมาณค่าสัดส่วนของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่, $\hat{e}^2$ = ค่าประมาณค่าสัดส่วนของอิทธิพลอื่นๆ และ -2logL = ค่า negative two log Likelihood function

[2] ตัวเลขในเครื่องหมายวงเล็บ ( ) หมายถึงความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ตารางที่ 10 ความแตกต่างของค่า -2logL ที่เปรียบเทียบกันระหว่างโมเดลสำหรับลักษณะน้ำหนักหย่านม

โมเดล	ความแตกต่างของจำนวนพารามิเตอร์ที่ประมาณ	ความแตกต่างของค่า -2logL[1]
โมเดล 1 กับ 2	1	31.54*
โมเดล 1 กับ 3	2	35.69*
โมเดล 1 กับ 4	2	35.72*
โมเดล 1 กับ 5	3	38.15*
โมเดล 2 กับ 3	1	4.15*
โมเดล 2 กับ 4	1	4.18*
โมเดล 2 กับ 5	2	6.61*
โมเดล 3 กับ 4	0	0.03
โมเดล 3 กับ 5	1	2.46ns
โมเดล 4 กับ 5	1	2.43ns

หมายเหตุ [1] ค่าวิกฤติ $\chi^2_{0.05,\,df\,1} = 3.84$, $\chi^2_{0.05,\,df\,2} = 5.99$, $\chi^2_{0.05,\,df\,3} = 9.21$

ns แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (non significant difference; $\alpha = 0.05$)

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (significant difference; $\alpha = 0.05$)

ค่าทำนายของความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสม และค่าสหสัมพันธ์

ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของค่า $D\hat{B}V$, $M\hat{B}V$ และ $TM\hat{B}V$ ของน้ำหนักแรกเกิดที่ได้จากโมเดล 2 ในเพศผู้มีค่าเท่ากับ -2.68 ถึง 16.09, -1.57 ถึง 4.76 และ -2.24 ถึง 12.80 และในเพศเมียมีค่าเท่ากับ -1.88 ถึง 12.61, -2.28 ถึง 5.40 และ -1.95 ถึง 11.48 และค่า $D\hat{B}V$, $M\hat{B}V$ และ $TM\hat{B}V$ ของน้ำหนักหย่านมที่ได้จากโมเดลที่ 4 ในเพศผู้มีค่าเท่ากับ -25.69 ถึง 81.70, -3.30 ถึง 16.23 และ -13.67 ถึง 56.08 และในเพศเมียมีค่าเท่ากับ -19.73 ถึง 65.07 , -3.27 ถึง 18.13 และ -11.13 ถึง 46.38 (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของค่าความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมสำหรับลักษณะ น้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม

ลักษณะ	จำนวน (ตัว)	DB̂V		MB̂V		TMB̂V	
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
น้ำหนักแรกเกิด[1]							
ผู้	1,216	-2.68	16.09	-1.57	4.76	-2.24	12.80
เมีย	2,125	-1.88	12.61	-2.28	5.40	-1.95	11.48
น้ำหนักหย่านม[2]							
ผู้	1,216	-25.69	81.70	-3.30	16.23	-13.67	56.08
เมีย	2,125	-19.73	65.07	-3.27	18.13	-11.13	46.38

หมายเหตุ [1] ค่าทำนายค่าความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมจากโมเดล 2

[2] ค่าทำนายค่าความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมจากโมเดล 4

ค่า DB̂V MB̂V และ TMB̂V ที่ได้จากโมเดล 2 สำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิดในเพศผู้และเพศเมีย โดยเรียงลำดับตามค่า TMB̂V ของน้ำหนักแรกเกิด จากมากไปน้อย และจากน้อยไปมาก ดังแสดงในตารางผนวกที่ 1-4 และ จากโมเดล 4 สำหรับลักษณะน้ำหนักหย่านมในเพศผู้ และเพศเมียโดยเรียงลำดับตามค่า TMB̂V ของน้ำหนักหย่านมจากมากไปน้อย และจากน้อยไปมาก ดังแสดงในตารางผนวกที่ 5-8

จากการเรียงลำดับ (ตารางผนวกที่ 1-8) เมื่อพิจารณาหมายเลขประจำตัวสัตว์ใน 25 อันดับโดยเรียงลำดับตาม TMB̂V จากมากไปน้อย และน้อยไปมาก พบว่ามีพันธุ์ที่แตกต่างกันทั้งพันธุ์ชาร์โรเลส์ พันธุ์บราห์มัน และลูกผสมระหว่างพันธุ์บราห์มัน ชาร์โรเลส์ และพื้นเมืองไทย แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการคัดเลือกที่สามารถคัดเลือกได้ทั้งโคเนื้อพันธุ์แท้ และพันธุ์ลูกผสม

เมื่อพิจารณาหมายเลขประจำตัวสัตว์ใน 25 อันดับโดยเรียงลำดับตาม TMB̂V ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด หรือน้ำหนักหย่านมจากมากไปน้อย ไม่ใช่สัตว์กลุ่มเดียวกันทั้งหมด ถึงแม้ว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และสเปียร์แมน ของ DB̂V MB̂V และ TMB̂V ระหว่างลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมจะมีไปในทางบวก (0.52 ถึง 0.93) ก็ตาม (ตารางที่ 12) นอกจากนี้ยังพบว่าทั้งภายในลักษณะน้ำหนักแรกเกิดและน้ำหนักหย่านมหมายเลขประจำตัวสัตว์ที่

มีค่า $D\hat{B}V$ สูง อาจไม่ได้มีค่า $M\hat{B}V$ สูงตามไปด้วย ถึงแม้ว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันและสเปียร์แมน ระหว่าง $D\hat{B}V$ และ $M\hat{B}V$ ภายในลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (0.71และ 0.72) และภายในลักษณะน้ำหนักหย่านม (0.54 และ 0.59) ก็ตาม (ตารางที่ 12) ดังนั้นในการจัดอันดับเพื่อนำไปใช้การคัดเลือกสัตว์เพื่อใช้เป็นพ่อ และแม่พันธุ์ทดแทนภายในฝูงหากพิจารณาเพียงลักษณะใดลักษณะหนึ่งก็จะมีความแตกต่างกัน หรือพิจารณาจากค่า $D\hat{B}V$ หรือ $M\hat{B}V$ เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งก็จะมีการเรียงลำดับแตกต่างกันออกไปเช่นกัน ทั้งนี้จึงต้องพิจารณาตามจุดประสงค์ของการคัดเลือกว่าต้องการคัดเลือกพ่อหรือแม่พันธุ์ไว้ใช้ในลักษณะใด เช่น การเลือกใช้พ่อพันธุ์เพื่อให้ลูกสำหรับเน้นเพื่อการขุนขายนั้นควรให้ความสำคัญกับค่า $D\hat{B}V$ แต่ในขณะที่คัดเลือกพ่อพันธุ์สำหรับการสร้างแม่พันธุ์ทดแทนในฝูงนั้นควรพิจารณาทั้ง $D\hat{B}V$ และ $M\hat{B}V$ หรือ $TM\hat{B}V$ เป็นต้น

ตารางที่ 12 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และสเปียร์แมนของค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($D\hat{B}V$) เนื่องจากแม่ ($M\hat{B}V$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($TM\hat{B}V$) ภายในลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม และระหว่างสองลักษณะ

รายการ[1]		**น้ำหนักแรกเกิด**			**น้ำหนักหย่านม**		
		$D\hat{B}V$[2]	$M\hat{B}V$[2]	$TM\hat{B}V$[2]	$D\hat{B}V$[2]	$M\hat{B}V$[2]	$TM\hat{B}V$[2]
	$D\hat{B}V$[2]	-	0.71	0.94	0.93	0.62	0.92
น้ำหนักแรกเกิด	$M\hat{B}V$[2]	0.72	-	0.90	0.61	0.54	0.65
	$TM\hat{B}V$[2]	0.92	0.91	-	0.85	0.63	0.87
	$D\hat{B}V$[2]	0.85	0.59	0.78	-	0.59	0.97
น้ำหนักหย่านม	$M\hat{B}V$[2]	0.50	0.52	0.56	0.54	-	0.77
	$TM\hat{B}V$[2]	0.84	0.64	0.80	0.95	0.71	-

หมายเหตุ [1] ตัวเลขที่อยู่เหนือแถวทะแยงมุม คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน
ตัวเลขที่อยู่ใต้แถวทะแยงมุม คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน

[2] $D\hat{B}V$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง
$M\hat{B}V$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่
$TM\hat{B}V$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่โดยรวม

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลจากการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยคงที่พบว่า กลุ่มการจัดการ เพศ และอิทธิพลของพันธุ์ในลักษณะของสัดส่วนพันธุ์ของตัวสัตว์ และสัดส่วนพันธุ์ของแม่พันธุ์มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ต่อน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม และอิทธิพลของอายุของลูกเมื่อหย่านมมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ต่อลักษณะน้ำหนักหย่านม ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทีละลักษณะของลักษณะน้ำหนักแรกเกิดและน้ำหนักหย่านม โดยทำการศึกษาในโมเดล 5 แบบ พบว่าโมเดล 2 เป็นโมเดลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และโมเดล 4 เป็นโมเดลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับลักษณะน้ำหนักหย่านม ค่าอัตราพันธุกรรมโดยตรงที่ประมาณสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านมจะมีค่าสูงในกรณีที่ไม่ได้ใส่อิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ลงในโมเดล สหสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมสมโดยตรงและเนื่องจากแม่มีอิทธิพลอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม และการเพิ่มอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ส่งผลให้อัตราพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่มีค่าลดลง แต่อิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่มีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะลักษณะน้ำหนักหย่านมเท่านั้น อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมสมโดยตรงและเนื่องจากแม่ของทั้งสองลักษณะจะไม่มีนัยสำคัญแต่มีค่าเป็นลบ ดังนั้นหากจะทำการคัดเลือกโคเนื้อเพื่อนำไปใช้เป็นพ่อหรือแม่พันธุ์ ควรระมัดระวัง และควรมีการพิจารณาค่าอิทธิพลทางพันธุกรรมโดยตรง และค่าอิทธิพลทางพันธุกรรมเนื่องจากแม่ไปพร้อม ๆ กันเพื่อให้ได้พ่อ และแม่พันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปสร้างแม่พันธุ์ทดแทนในฝูงโคเนื้อ ถึงแม้ว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กันในทางบวกระหว่าง $\hat{DBV}$, $\hat{MBV}$ และ $\hat{TMBV}$ ภายในลักษณะน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม หรือระหว่างสองลักษณะ (0.50 ถึง 0.95) การจัดลำดับสัตว์เพื่อใช้ในการคัดเลือกโดยพิจารณาจากค่า $\hat{DBV}$ $\hat{MBV}$ และ $\hat{TMBV}$ มีการจัดเรียงลำดับสัตว์ที่แตกต่างกันโดยเฉพาะกลุ่มที่จะถูกนำมาใช้ประโยชน์ ดังนั้นในการคัดเลือกสัตว์เพื่อใช้เป็นแม่หรือพ่อพันธุ์ควรพิจารณาตามจุดประสงค์ของการคัดเลือก

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าในลักษณะน้ำหนักแรกเกิดนั้นโมเดล 2 เป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมที่สุด แต่เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ในโมเดลที่ 4 พบว่ามีค่า $\hat{c}^2$ เท่ากับ 0.10 แต่ไม่พบนัยสำคัญของความแตกต่างของโมเดล ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยอาจนำข้อมูลของแม่ที่มีลูกเพียงตัวเดียวนำมาศึกษาอีกครั้งโดยใช้โมเดลแบบเดียวกันเพื่อเป็นทดสอบว่าอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง และอิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่นั้นมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวรเนื่องจากแม่ปะปนกันอยู่มากน้อยเพียงไรหรือให้ความสำคัญของการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยให้แต่ละแม่มีจำนวนข้อมูลของลูกมากขึ้น

2. จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่า $\hat{r}_{am}$ ที่ประมาณได้ของทั้งสองลักษณะมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมาก และไม่พบนัยสำคัญของความแตกต่างของโมเดลที่มีและไม่มีสหสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางพันธุกรรมโดยตรงและเนื่องจากแม่ ทั้งนี้อาจเนื่องจากจำนวนแม่ที่มีข้อมูลน้ำหนักแรกเกิดและน้ำหนักหย่านมของตัวแม่เองมีอยู่จำนวนน้อย (มีเพียง 11.2 % ในลักษณะน้ำหนักหย่านม) ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญในการจดบันทึกข้อมูลน้ำหนักแรกเกิด และน้ำหนักหย่านม เพื่อลดความคลาดเคลื่อน และเพิ่มความแม่นยำในการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม

3. จากประชากรที่ศึกษานี้พบว่าวัตถุประสงค์ของการวางแผนการปรับปรุงพันธ์นั้นมีแนวคิดในการสร้างพันธุ์ใหม่จากพันธุกรรมของโคพื้นเมืองไทย บราห์มัน และชาโรเลย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างพันธุ์โคเนื้อคุณภาพดี แต่การเก็บข้อมูลนั้นยังคงเป็นเพียงข้อมูลด้านการเจริญเติบโตเพียงระยะก่อนหย่านม จึงควรศึกษาลักษณะอื่นๆ ที่สอดคล้องกับแผนปรับปรุงพันธุ์เพิ่มเติม เช่น การเจริญเติบโตหลังหย่านม การเจริญเติบโตในสภาวะการขุน และลักษณะคุณภาพซาก เป็นต้น นอกจากนี้ในการสร้างโคพันธุ์นั้นยังมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงลักษณะด้านการสืบพันธุ์ทั้งในเพศผู้และเพศเมียอีกด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กิตติ อรรคฮาต. 2546. **การจำแนกกลุ่มสายพันธุ์และการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตและสัดส่วนของร่างกายในโคพื้นเมืองไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เกชา คูหา และ ศรเทพ ธัมวาสร. 2547. องค์ประกอบความแปรปรวน (ร่วม) สำหรับน้ำหนักแรกเกิดและหย่านมโคชอร์ทฮอร์นในออสเตรเลียและอเมริกา, น. 65-73. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 (สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธีระชัย ช่อไม้. 2539. **ดัชนีคัดเลือกโครุ่นพันธุ์บราห์มัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปราโมช ศิตะโกเกศ. 2529. **การปรับปรุงพันธุ์สัตว์**. ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, เชียงใหม่.

พรรณวดี จิตประสาน, ศรเทพ ธัมวาสร และเกชา คูหา. 2542. การประมาณค่าคุณค่าการผสมพันธุ์ของน้ำหนักแรกเกิดในโคเนื้อของฟาร์มลุงเชาว์ จ.สุพรรณบุรี, น. 205-210. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 (สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พินิช ฤทธิโรจน์. 2540. **ศึกษาการผลิตโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสนของเกษตรกรในเขตอำเภอกำแพงแสน ดอนตูม และบางเลน ภายใต้โครงการส่งเสริมของจังหวัดนครปฐม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วริษา รักษาศรี. 2539. **แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของลักษณะการเจริญเติบโตในฝูงโคเนื้อมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัชรินทร์ คำมุงคุณ. 2540. **การประเมินค่าการผสมพันธุ์ของโคเนื้อนำเข้าจากต่างประเทศภายใต้ระบบการผลิตในหมู่บ้านในจังหวัดอ่างทองและอุทัยธานี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วุฒิพงษ์ อินทรธรรม, ศกร คุณวุฒิฤทธิรณ, พรรณวดี โสพรรณรัตน์ และศรเทพ ธัมวาสร. 2550. การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมสำหรับน้ำหนักแรกเกิดและหย่านมของโคพื้นเมืองไทยสายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, น. 87-94. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 (สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศุภมิตร เมฆฉาย. 2548. **เอกสารประกอบการสอนการปรับปรุงพันธุ์สัตว์**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สมชัย จันทร์สว่าง. 2527. **การปรับปรุงพันธุ์สัตว์**. ภาควิชาสัตวบาล. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมพร โชคเจริญ. 2546. **การประเมินค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะการเจริญเติบโตในโคบราห์มันด้วยการวิเคราะห์ทีละลักษณะและหลายลักษณะโดยใช้ BLUP**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สรรเพชญ โสภณ. 2524. **การศึกษาเกี่ยวกับการประมาณน้ำหนักจากความยาวรอบอกของโคพื้นเมือง และโคลูกผสมบราห์มัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abdel-aziz, M., S.J. Schoeman and G.F. Jordaan. 2003. Estimation of additive, maternal and non-additive genetic effects of preweaning growth traits in a multibreed beef cattle project. **J. Anim. Sci.** 7: 169-179.

Ahunu, B.K., P.F. Arthur and H.W.A. Kissiedu. 1997. Genetic and phenotypic parameters for birth and weaning weights of purebred and crossbred Ndama and West African Shorthorn cattle. **Livest. Prod. Sci**. 51: 165-171.

Allen, V.G., J.P. Fontenot, D.R. Lottery and R.C. Hammer. 1992. Forage systems for beef production from conception to slaughter: I. cow-calf production. **J. Anim. Sci**. 70: 576-587.

Berweger B. M., J. Moll and N. Künzi. 1999. Comparison of models to estimate maternal effects for weaning weight of Swiss Angus cattle fitting a sire×herd interaction as an additional random effect. **Livest. Prod. Sci.** 60: 203-208.

Boldman, K.G., L.A. Kreise, L.D. Van Vleck, C.P. Van Tassel and S.D. Kachman. 1995. A manual for use of MTDFREML. **A Set of Programs to Obtain Estimates of Variance and Covariance**. USDA, ARS, Clay center, NE.

Bourdon, R.M. 2000. **Understanding Animal Breeding**. 2nd Ed. Prentice-Hall, London.

Browning, R., M.L. Leite-Brownine, D.A. Neuendorff and R.D. Randel. 1995. Preweaning Growth of Angus- *(Bus Taurus),* Brahman- *(Bus indicus),*and Tuli- (Sanga) Sired Calves and Reproductive Performance of their Brahman Dams. **J. Anim. Sci.** 73: 2558-2563.

Chantalakhana, C., B. Rengsirikul, P. Prucsasri and S. Tumwasorn. 1978. Performance of Thai indigenous cattle and their crossbreds from American Brahman and Charolais sires. **Thai J. Agr. Sci**. 11: 287-295.

Coleman, S.W., W.A. Phillips, J.D. Volesky and D. Buchanan. 2001. A comparison of native tallgrass prairie and plains bluestem forage systems for cow-calf production in the Southern Great Plains. **J. Anim. Sci**. 79: 1697-1705.

De Mattos, D., I. Misztal and J.K. Bertrand. 2000. Variance and covariance components for weaning weight for Herefords in tree countries. **J. Anim. Sci.** 78: 33-37.

Diop, M., J. Dodenhoff and L.D. VanVleck. 1999. Estimates of direct, maternal and grandmaternal genetic effects for growth traits in Gobra cattle. **Genet. and Mol. Biol**. 22 (3): 363-367.

Dobson, A.J. 1990. **An Introduction to Generalized Linear Models**. Chapman and Hall, New York.

Dodenhoff, J., L.D. Van Vleck, S.D. Kachman and R.M. Koch. 1998. Parameter estimates for direct, maternal, and grandmaternal genetic effects for birth weight and weaning weight in Hereford cattle. **J. Anim. Sci**. 76: 2521-2527.

_____and D.E. Wilson. 1999a. Comparison of models to estimate genetic effect for weaning weight of Angus cattle. **J. Anim. Sci**. 77: 3176-3184.

_____and K.E. Gregory. 1999b. Estimation of direct, maternal, and grandmaternal genetic effects of beef cattle. **J. Anim. Sci**. 77: 840-845.

Duangjinda, M., J. K. Bertrand, I. Misztal and T. Druet. 2001. Estimation of additive and nonadditive genetic variances in Hereford, Gelbvieh, and Charolais by Method R. **J. Anim. Sci**. 79: 2997-3001.

Eler, J. P., L.D. Van Vleck, J.B.S. Ferraz and R.B. Lôbo. 1995. Estimation of variances due to direct and maternal effects for growth traits of Nelore cattle. **J. Anim. Sci.** 73: 3253-3258.

Falconer, D.S., and T.F.C. Mackay. 1996. **Introduction to Quantitative Genetics.** 4th Ed. Longman Group Ltd., London.

Ferreira, G.B., M.D. MacNeil and L.D. Van Vleck. 1999. Variance components and breeding values for growth traits from different statistical models. **J. Anim.Sci.** 77: 2641-2650.

Franke, D.E., O. Habet, L.C. Tawah, A.R. William and S.M. DeRouen. 2001. Direct and maternal genetic effects on birth and weaning traits in multibreed cattle data and predicted performance of breed crosses. **J. Anim. Sci**. 79: 1713-1722.

Graser, H.U., S.P. Smith and B. Tier. 1987. A derivative-free approach for estimating variance component in animal models by restricted maximum likelihood. **J. Animal. Sci.** 64: 1362-1370.

Gutierrez, J.P., J. Canon and F. Goyache. 1997. Estimation of direct and maternal genetic parameters for preweaning traits in the Asturiana de los Valles beef cattle breed through animal and sire models. **J. Anim. Breed. Genet**. 114: 261-266.

Herring, A.D., J.O. Sanders, R.E. Knutson and D.K. Lunt. 1996. Evaluation of F1 calves sired by Brahman, Boran, and Tuli bulls for birth, growth, size, and carcass characteristics. **J. Anim. Sci.** 74: 955–964.

Koch, R. M. 1972. The role of maternal effects in animal breeding.VI. Maternal effects in beef cattle. **J. Anim. Sci.** 35: 1316-1323.

_____ and R.T. Clark. 1995. Influence of sex, season of birth and age of dam on economic traits in range beef cattle. **J. Anim. Sci.** 14:386-397.

Kirkpatrick, M. and R. Lande. 1989. The evolution of maternal characters. **Evolution**. 43: 485-503.

Kress, D.D., D.E. Doornbos, D.C. Anderson and K.C. Davis. 1995. Tarentaise and Hereford breed effects on cow and calf traits and estimates of individual heterosis. **J. Anim. Sci**. 73: 2574-2578.

Kuha, K. 2004. **Across Country Sire Genetic Evaluation for Birth and Weaning weight of Shorthon Beef Cattle between Australia and the United States**. Ph.D. thesis, Kasetsart University.

Lasley J.F. 1978. **Genetic of livestock improvement**. 3rd Ed. Prentice-Hall, lnc., Englewood Cliffs, New Jersey.

MacNeil, M.D., J.J. Ulrich, S. Newman and B.W. Knapp. 1992. Selection for postweaning growth in inbred Hereford cattle: The Fort Keogh, Montana line 1 Example. **J. Anim. Sci**. 70: 723-733.

Mattos, D., I. Misztal and J. K. Bertrand. 2000. Variance and covariance components for weaning weight for Herefords in three countries. **J. Anim. Sci.** 78: 33-37.

Meyer, K. 1992. Variance components due to direct and maternal effect for growth traits of Australian beef cattle. **Livest. Prod. Sci**. 31: 179-204.

_____.1997. Estimates of parameters for weaning weight of beef cattle accounting for direct-maternal environmental covariances. **Livest. Prod. Sci**. 52: 187-199.

Mrode, R.A. 2005. **Linear Model for the Prediction of Animal Breeding Value**. 2nd Ed. Cromwell Press, Trowbridge.

Newham, L. 1994. **Beef cattle breeding, feeding and showing**. Inkata press, Chatswood, Australia

Newman, S., M. D. MacNeil, W. L. Reynolds, B. W. Knapp and J. J. Urick. 1993. Fixed effects in the formation of a composite line of beef cattle: II. Pre and postweaning growth and carcass composition. **J. Anim. Sci.** 71: 2033-2039.

Notter, D.R., B. Tier and K. Meyer. 1992. Sire x Herd Interactions for weaning weight in beef cattle. **J. Anim. Sci.** 70: 2359-2365.

Patterson, H.D. and R. Thomson. 1971. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. **Biometrika**. 58: 545-554.

Phocas, F. and D. Laloe. 2004. Genetic parameters for birth and weaning traits in French Specialized beef cattle breed. **Livest. Prod. Sci**. 89: 121-128.

SAS. 1996. **SAS/STAT Software Release**. 6.12. SAS Institute Inc., Cary. NC.

Sopannarath, P. 2002. **Estimation of Direct and Maternal (Co) Variance Component for Weaning Weight in Hereford Cattle**. Ph.D. Thesis, Karsetsart University.

_____ C. Supakorn, S. Tumwasorn, S. Koonawootrittriron and P. Innuraksa. 2005. Heterosis and recombination breed effects of crosses among Thai Native and American Brahman for preweaning growth traits in a beef cattle population. **AHAT BSAS International Conference. November 14-18, 2005**, Khonkhen, Thailand.

Story, C.E., R.J. Rasby, R.T. Clark and C.T. Milton. 2000. Age of calf at weaning of spring calving beef cows and the effect on cow and calf performance and production economics. **J. Anim. Sci**. 78: 1403-1413.

Tumwasorn, S., K. Markvichitr and C. Chantalakhana. 1978. Preliminary report on the performance of one fourth American Brahman crossbred in villages. pp.127-144. *In* **The 16th Proceedings of the Agricultural and biological science** Kasetsart Univercity, Bangkok.

_____, _____, _____ P. Innurak and B. Rangsirikul . 1982. Comparative performances of Thai indigenous native Brahman halfbred and Charolais halfbred cattle at Kampaengsaen Animal Science Research Station, pp. 363-376. *In* **Proceeding of the Animal Science Research**. The 20th Kasetsart University Conference Annual. Kasetsart University, Bangkok.

_____, _____, _____, _____, P. Prucsasri, S. Yimmongkol and P. Chitprasan. 1993a. Heterosis and additive breed effects on growth traits from crossing among Thai Local, Charolais and American Brahman under Thai condition. **Thai J. Agric. Sci.** 26: 27-41.

_____, _____, _____, _____, _____, _____ and _____. 1993b. Predicted growth performance from crossing among Thai Local Native, American Brahman and Charolais under Thai condition. **Thai J. Agric. Sci.** 26:157-169.

Van Vleck, L.D. 1993. **Selection Index and Introduction to Mixed Model Methods**. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.

_____K. E. Gregory and G.L. Bennett. 1996. Direct and maternal genetic covariances by age of dam for weaning weight. **J. Anim. Sci.** 74: 1801-1805.

Waldron, D.F., C.A. Morris, R.L. Baker and D.L. Johnson. 1993. Marternal effects for growth traits in beef cattle. **Livest. Prod. Sci**. 34: 57-70.

Willham, R.L. 1972. The role of maternal effects in animal breeding: III. Biometrical aspects of maternal effects in animal. **J. Anim. Sci.** 35: 1288-1293.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($\hat{DBV}$) เนื่องจากแม่ ($\hat{MBV}$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($\hat{TMBV}$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $\hat{TMBV}$ ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิดจากมากไปน้อยในเพศผู้

ลำดับที่	หมายเลขประจำตัวสัตว์	สัดส่วนพันธุ์			น้ำหนักแรกเกิด (กิโลกรัม)			น้ำหนักหย่านม (กิโลกรัม)		
		B[1]	C[1]	N[1]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]
1	1037	0.00	100.00	0.00	16.09	4.76	12.80	80.15	16.01	56.08
2	1030	0.00	100.00	0.00	14.17	3.57	10.65	58.69	10.47	39.81
3	1621	37.50	50.00	12.50	12.46	4.35	10.58	60.33	15.72	45.89
4	1567	31.25	62.50	6.25	12.53	3.60	9.87	56.91	12.78	41.23
5	1629	25.00	62.50	12.50	12.36	3.51	9.69	55.87	12.04	39.98
6	2243	31.25	62.50	6.25	12.29	3.53	9.67	55.92	12.35	40.31
7	521	0.00	100.00	0.00	11.85	3.64	9.57	67.60	11.17	44.97
8	1534	25.00	50.00	25.00	11.82	3.40	9.31	56.91	13.43	41.88
9	1523	25.00	62.50	12.50	12.04	3.27	9.29	43.51	9.61	31.37
10	1082	0.00	100.00	0.00	13.44	2.57	9.29	69.77	8.81	43.70
11	1819	25.00	50.00	25.00	11.78	3.37	9.26	56.54	13.95	42.22
12	662	0.00	100.00	0.00	13.36	2.57	9.25	70.49	8.81	44.06
13	658	0.00	100.00	0.00	12.03	3.19	9.20	75.47	8.70	46.43
14	519	0.00	100.00	0.00	12.47	2.96	9.20	55.32	6.05	33.71
15	1766	31.25	56.25	12.50	12.55	2.87	9.15	54.62	10.73	38.03
16	1088	0.00	100.00	0.00	11.35	3.43	9.10	56.53	9.33	37.60
17	668	0.00	100.00	0.00	12.97	2.57	9.05	64.25	8.81	40.94
18	674	0.00	100.00	0.00	11.80	3.15	9.05	74.03	8.81	45.83
19	678	0.00	100.00	0.00	12.96	2.57	9.05	67.06	8.81	42.34
20	1769	43.75	37.50	18.75	10.57	3.75	9.04	51.40	15.78	41.48
21	1586	37.50	50.00	12.50	11.02	3.52	9.03	47.13	13.59	37.16
22	687	0.00	100.00	0.00	12.01	2.93	8.93	59.62	9.05	38.86
23	1008	0.00	100.00	0.00	12.73	2.57	8.93	64.25	8.81	40.94
24	1566	25.00	62.50	12.50	11.50	3.18	8.93	56.37	12.89	41.07
25	2067	25.00	50.00	25.00	8.84	4.46	8.88	48.38	11.73	35.92

หมายเหตุ [1] B = พันธุ์บราห์มัน, C = พันธุ์ชาร์โรเลส์, N = พันธุ์พื้นเมืองไทย

[2] $\hat{DBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง $\hat{MBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ $\hat{TMBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่โดยรวม

ตารางผนวกที่ 2 ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($\hat{DBV}$) เนื่องจากแม่ ($\hat{MBV}$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($\hat{TMBV}$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $\hat{TMBV}$ ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิดจากน้อยไปมากในเพศผู้

ลำดับที่	หมายเลขประจำตัวสัตว์	สัดส่วนพันธุ์			น้ำหนักแรกเกิด (กิโลกรัม)			น้ำหนักหย่านม (กิโลกรัม)		
		B[1]	C[1]	N[1]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]
1	1938	0.00	0.00	100.00	-2.68	-0.90	-2.24	-18.81	-1.17	-10.57
2	664	0.00	0.00	100.00	-2.55	-0.79	-2.07	-25.69	-0.83	-13.67
3	1937	12.50	0.00	87.50	-2.02	-1.00	-2.01	-20.54	0.09	-10.18
4	1743	0.00	0.00	100.00	-2.07	-0.75	-1.78	-11.32	-0.49	-6.15
5	1801	12.50	0.00	87.50	-0.95	-1.27	-1.75	-14.09	-0.88	-7.92
6	1813	25.00	0.00	75.00	-0.96	-1.16	-1.64	-7.75	2.73	-1.15
7	1858	12.50	0.00	87.50	-1.78	-0.71	-1.60	-9.85	0.88	-4.04
8	1901	0.00	0.00	100.00	-1.26	-0.96	-1.59	-13.14	-1.91	-8.48
9	1946	12.50	0.00	87.50	-1.54	-0.79	-1.56	-15.75	0.89	-6.98
10	1869	25.00	0.00	75.00	-0.72	-1.16	-1.53	-0.28	2.73	2.59
11	2744	0.00	0.00	100.00	-1.55	-0.74	-1.51	-20.31	-0.66	-10.82
12	2001	6.25	0.00	93.75	-1.46	-0.78	-1.51	-11.35	0.13	-5.54
13	2109	0.00	12.50	87.50	-0.93	-1.02	-1.48	-13.44	-1.07	-7.79
14	1892	12.50	0.00	87.50	-1.33	-0.79	-1.45	-17.18	0.89	-7.70
15	2765	0.00	0.00	100.00	-1.46	-0.71	-1.44	-14.14	-1.33	-8.39
16	2003	12.50	0.00	87.50	-1.39	-0.71	-1.41	-17.39	0.78	-7.91
17	1750	0.00	0.00	100.00	-1.53	-0.51	-1.27	-15.41	-1.28	-8.98
18	1804	12.50	0.00	87.50	-0.98	-0.71	-1.20	-10.81	0.88	-4.52
19	1780	0.00	0.00	100.00	-1.24	-0.57	-1.19	-15.30	-0.58	-8.23
20	2004	6.25	0.00	93.75	-0.75	-0.78	-1.15	-11.82	0.13	-5.78
21	1982	0.00	0.00	100.00	-1.16	-0.51	-1.10	-14.15	-1.10	-8.18
22	1917	0.00	0.00	100.00	-1.15	-0.51	-1.09	-8.87	-1.10	-5.54
23	2015	0.00	0.00	100.00	-1.33	-0.35	-1.02	-11.30	0.14	-5.51
24	2791	0.00	0.00	100.00	-1.11	-0.40	-0.96	-11.59	0.48	-5.32
25	2107	25.00	0.00	75.00	-0.25	-0.80	-0.92	-4.69	3.28	0.94

หมายเหตุ [1] B = พันธุ์บราห์มัน, C = พันธุ์ชาร์โรเลส์, N = พันธุ์พื้นเมืองไทย

[2] $\hat{DBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง $\hat{MBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ $\hat{TMBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่โดยรวม

ตารางผนวกที่ 3 ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($\hat{DBV}$) เนื่องจากแม่ ($\hat{MBV}$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($\hat{TMBV}$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $\hat{TMBV}$ ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิดจากมากไปน้อยในเพศเมีย

ลำดับที่	หมายเลขประจำตัวสัตว์	สัดส่วนพันธุ์			น้ำหนักแรกเกิด (กิโลกรัม)			น้ำหนักหย่านม (กิโลกรัม)		
		B[1]	C[1]	N[1]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]
1	1558	37.50	50.00	12.50	12.61	5.18	11.48	51.40	12.84	38.54
2	1521	25.00	62.50	12.50	11.91	4.15	10.10	46.48	11.38	34.62
3	1556	37.50	50.00	12.50	12.27	3.75	9.89	41.35	13.85	34.53
4	772	25.00	50.00	25.00	9.67	5.00	9.84	49.23	14.43	39.04
5	2496	31.25	50.00	18.75	12.09	3.73	9.77	56.18	12.21	40.30
6	1661	37.50	50.00	12.50	12.37	3.51	9.69	52.75	13.73	40.10
7	713	25.00	50.00	25.00	8.95	5.01	9.48	45.34	15.95	38.62
8	1662	37.50	50.00	12.50	11.40	3.75	9.45	65.07	13.85	46.38
9	1620	25.00	50.00	25.00	11.86	3.51	9.43	54.69	14.32	41.66
10	1555	37.50	50.00	12.50	11.76	3.48	9.36	51.74	13.14	39.01
11	742	25.00	50.00	25.00	9.42	4.58	9.29	47.02	12.86	36.37
12	2753	29.69	50.00	20.32	10.26	4.00	9.13	47.65	11.07	34.89
13	1748	37.50	50.00	12.50	11.33	3.39	9.06	53.94	11.46	38.43
14	325	25.00	50.00	25.00	9.31	4.39	9.05	52.46	16.71	42.94
15	2414	31.25	62.50	6.25	10.90	3.53	8.98	57.27	12.35	40.98
16	1732	62.50	25.00	12.50	8.82	4.49	8.90	41.50	15.89	36.64
17	2428	25.00	50.00	25.00	11.63	3.06	8.87	57.72	10.52	39.38
18	763	31.25	50.00	18.75	9.57	4.06	8.84	39.51	7.05	26.81
19	1902	31.25	50.00	18.75	9.77	3.93	8.81	42.71	10.83	32.18
20	436	62.50	25.00	12.50	9.33	4.10	8.76	45.90	18.13	41.08
21	1618	31.25	50.00	18.75	9.78	3.87	8.76	46.79	9.61	33.00
22	604	25.00	50.00	25.00	9.18	4.16	8.75	40.40	8.19	28.39
23	2386	25.00	62.50	12.50	11.09	3.12	8.66	48.49	8.25	32.49
24	1487	25.00	50.00	25.00	10.55	3.34	8.62	51.96	14.48	40.46
25	245	50.00	0.00	50.00	6.42	5.40	8.61	20.75	16.38	26.76

หมายเหตุ [1] B = พันธุ์บราห์มัน, C = พันธุ์ชาร์โรเลส์, N = พันธุ์พื้นเมืองไทย

[2] $\hat{DBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง $\hat{MBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ $\hat{TMBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่โดยรวม

ตารางผนวกที่ 4 ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($\hat{DBV}$) เนื่องจากแม่ ($\hat{MBV}$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($\hat{TMBV}$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $\hat{TMBV}$ ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิดจากน้อยไปมากในเพศเมีย

ลำดับที่	หมายเลขประจำตัวสัตว์	สัดส่วนพันธุ์			น้ำหนักแรกเกิด (กิโลกรัม)			น้ำหนักหย่านม (กิโลกรัม)		
		B[1]	C[1]	N[1]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]
1	1786	0.00	0.00	100.00	-1.88	-1.00	-1.95	-13.99	-1.51	-8.50
2	867	0.00	0.00	100.00	-0.85	-1.47	-1.90	-4.63	-3.27	-5.58
3	265	0.00	0.00	100.00	-0.82	-1.42	-1.84	-1.85	-1.31	-2.24
4	2041	0.00	0.00	100.00	-1.80	-0.90	-1.80	-19.73	-1.17	-11.03
5	259	0.00	0.00	100.00	-0.78	-1.35	-1.74	0.16	0.12	0.20
6	1939	12.50	0.00	87.50	-1.72	-0.87	-1.73	-13.87	1.78	-5.16
7	1950	12.50	0.00	87.50	-1.17	-1.02	-1.61	-12.85	-1.80	-8.23
8	1745	25.00	0.00	75.00	-0.74	-1.21	-1.58	-12.23	1.01	-5.10
9	1159	25.00	0.00	75.00	0.41	-1.75	-1.54	3.76	-0.93	0.95
10	1109	0.00	0.00	100.00	-0.64	-1.12	-1.44	-2.08	-2.99	-4.03
11	2045	25.00	0.00	75.00	-0.14	-1.33	-1.40	-10.30	-0.67	-5.82
12	1945	0.00	0.00	100.00	-1.41	-0.68	-1.39	-14.93	-0.50	-7.96
13	2764	0.00	0.00	100.00	-1.87	-0.44	-1.37	-14.86	1.72	-5.71
14	1953	12.50	0.00	87.50	-1.44	-0.64	-1.36	-19.45	-0.74	-10.46
15	1994	12.50	0.00	87.50	-1.09	-0.79	-1.33	-15.91	0.89	-7.06
16	125	0.00	0.00	100.00	-0.60	-1.03	-1.33	0.00	0.00	0.00
17	177	0.00	0.00	100.00	-0.59	-1.02	-1.31	-2.92	-2.06	-3.52
18	2781	12.50	0.00	87.50	-1.24	-0.64	-1.27	-19.51	-0.74	-10.49
19	112	50.00	0.00	50.00	2.25	-2.28	-1.16	13.09	5.13	11.68
20	1943	0.00	0.00	100.00	-1.11	-0.59	-1.15	-12.24	-0.75	-6.87
21	1889	12.50	0.00	87.50	-1.20	-0.50	-1.10	-14.52	1.23	-6.03
22	193	0.00	0.00	100.00	-0.47	-0.82	-1.06	1.92	1.36	2.32
23	865	0.00	0.00	100.00	-0.47	-0.82	-1.05	-3.82	-2.70	-4.61
24	1785	25.00	0.00	75.00	-0.09	-0.94	-0.98	-2.05	4.39	3.36
25	1103	0.00	0.00	100.00	-0.53	-0.70	-0.97	1.96	-0.15	0.83

หมายเหตุ [1] B = พันธุ์บราห์มัน, C = พันธุ์ชาร์โรเลส์, N = พันธุ์พื้นเมืองไทย

[2] $\hat{DBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง $\hat{MBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ $\hat{TMBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่โดยรวม

ตารางผนวกที่ 5 ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($\hat{DBV}$) เนื่องจากแม่ ($\hat{MBV}$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($\hat{TMBV}$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $\hat{TMBV}$ ของลักษณะน้ำหนักหย่านมจากมากไปน้อยในเพศผู้

ลำดับที่	หมายเลขประจำตัวสัตว์	สัดส่วนพันธุ์			น้ำหนักหย่านม (กิโลกรัม)			น้ำหนักแรกเกิด (กิโลกรัม)		
		B[1]	C[1]	N[1]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]
1	1037	0.00	100.00	0.00	80.15	16.01	56.08	16.09	4.76	12.80
2	376	0.00	100.00	0.00	81.70	8.81	49.66	11.22	2.57	8.18
3	1035	0.00	100.00	0.00	76.86	8.81	47.24	12.05	2.57	8.59
4	658	0.00	100.00	0.00	75.47	8.70	46.43	12.03	3.19	9.20
5	1621	37.50	50.00	12.50	60.33	15.72	45.89	12.46	4.35	10.58
6	674	0.00	100.00	0.00	74.03	8.81	45.83	11.80	3.15	9.05
7	1038	0.00	100.00	0.00	73.68	8.81	45.65	10.28	2.57	7.71
8	521	0.00	100.00	0.00	67.60	11.17	44.97	11.85	3.64	9.57
9	662	0.00	100.00	0.00	70.49	8.81	44.06	13.36	2.57	9.25
10	1731	25.00	62.50	12.50	65.29	11.20	43.85	8.80	1.41	5.81
11	1495	37.50	50.00	12.50	56.07	15.77	43.80	10.32	2.96	8.12
12	689	0.00	100.00	0.00	69.88	8.81	43.75	12.42	2.57	8.78
13	1082	0.00	100.00	0.00	69.77	8.81	43.70	13.44	2.57	9.29
14	1078	0.00	100.00	0.00	69.73	8.81	43.68	12.37	2.57	8.75
15	690	0.00	100.00	0.00	69.58	8.81	43.60	12.29	2.57	8.71
16	1653	12.50	78.13	9.38	67.00	9.70	43.20	10.12	2.31	7.37
17	2060	34.38	50.00	15.63	60.31	13.00	43.15	9.86	3.54	8.47
18	1064	0.00	100.00	0.00	68.60	8.81	43.11	12.07	2.57	8.60
19	660	0.00	100.00	0.00	68.44	8.81	43.03	11.38	2.57	8.26
20	810	0.00	100.00	0.00	68.35	8.81	42.99	11.98	2.57	8.56
21	675	0.00	100.00	0.00	75.22	5.36	42.97	12.29	0.16	6.31
22	2423	31.25	50.00	18.75	60.40	12.69	42.89	11.05	1.79	7.32
23	2190	25.00	50.00	25.00	60.95	12.34	42.81	8.10	2.38	6.43
24	522	0.00	100.00	0.00	65.69	9.82	42.67	11.48	2.44	8.18
25	1087	0.00	100.00	0.00	67.70	8.81	42.66	11.62	2.57	8.38

หมายเหตุ [1] B = พันธุ์บราห์มัน, C = พันธุ์ชาร์โรเลส์, N = พันธุ์พื้นเมืองไทย

[2] $\hat{DBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง $\hat{MBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ $\hat{TMBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่โดยรวม

ตารางผนวกที่ 6 ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($\hat{DBV}$) เนื่องจากแม่ ($\hat{MBV}$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($\hat{TMBV}$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $\hat{TMBV}$ ของลักษณะน้ำหนักหย่านมจากน้อยไปมากในเพศผู้

ลำดับที่	หมายเลขประจำตัวสัตว์	สัดส่วนพันธุ์			น้ำหนักหย่านม (กิโลกรัม)			น้ำหนักแรกเกิด (กิโลกรัม)		
		B[1]	C[1]	N[1]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]
1	664	0.00	0.00	100.00	-25.69	-0.83	-13.67	-2.55	-0.79	-2.07
2	2744	0.00	0.00	100.00	-20.31	-0.66	-10.82	-1.55	-0.74	-1.51
3	1938	0.00	0.00	100.00	-18.81	-1.17	-10.57	-2.68	-0.90	-2.24
4	1937	12.50	0.00	87.50	-20.54	0.09	-10.18	-2.02	-1.00	-2.01
5	1973	0.00	0.00	100.00	-16.61	-1.33	-9.63	-1.19	-0.06	-0.65
6	1916	6.25	0.00	93.75	-17.11	-0.43	-8.99	-0.34	-0.35	-0.52
7	1750	0.00	0.00	100.00	-15.41	-1.28	-8.98	-1.53	-0.51	-1.27
8	1901	0.00	0.00	100.00	-13.14	-1.91	-8.48	-1.26	-0.96	-1.59
9	2765	0.00	0.00	100.00	-14.14	-1.33	-8.39	-1.46	-0.71	-1.44
10	1780	0.00	0.00	100.00	-15.30	-0.58	-8.23	-1.24	-0.57	-1.19
11	1982	0.00	0.00	100.00	-14.15	-1.10	-8.18	-1.16	-0.51	-1.10
12	1801	12.50	0.00	87.50	-14.09	-0.88	-7.92	-0.95	-1.27	-1.75
13	2003	12.50	0.00	87.50	-17.39	0.78	-7.91	-1.39	-0.71	-1.41
14	2109	0.00	12.50	87.50	-13.44	-1.07	-7.79	-0.93	-1.02	-1.48
15	1892	12.50	0.00	87.50	-17.18	0.89	-7.70	-1.33	-0.79	-1.45
16	1908	0.00	0.00	100.00	-14.15	-0.19	-7.27	-0.36	0.45	0.27
17	1946	12.50	0.00	87.50	-15.75	0.89	-6.98	-1.54	-0.79	-1.56
18	1840	0.00	0.00	100.00	-12.28	-0.75	-6.90	-0.63	-0.14	-0.46
19	1798	0.00	0.00	100.00	-12.77	-0.36	-6.74	-1.07	-0.27	-0.80
20	1743	0.00	0.00	100.00	-11.32	-0.49	-6.15	-2.07	-0.75	-1.78
21	1951	0.00	0.00	100.00	-10.18	-0.74	-5.83	-0.93	-0.07	-0.53
22	2004	6.25	0.00	93.75	-11.82	0.13	-5.78	-0.75	-0.78	-1.15
23	2026	12.50	0.00	87.50	-11.15	-0.20	-5.78	-0.18	-0.58	-0.67
24	2001	6.25	0.00	93.75	-11.35	0.13	-5.54	-1.46	-0.78	-1.51
25	1917	0.00	0.00	100.00	-8.87	-1.10	-5.54	-1.15	-0.51	-1.09

หมายเหตุ [1] B = พันธุ์บราห์มัน, C = พันธุ์ชาร์โรเลส์, N = พันธุ์พื้นเมืองไทย

[2] $\hat{DBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง $\hat{MBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ $\hat{TMBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่โดยรวม

ตารางผนวกที่ 7 ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($\hat{DBV}$) เนื่องจากแม่ ($\hat{MBV}$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($\hat{TMBV}$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $\hat{TMBV}$ ของลักษณะน้ำหนักหย่านมจากมากไปน้อยในเพศเมีย

ลำดับที่	หมายเลขประจำตัวสัตว์	สัดส่วนพันธุ์			น้ำหนักหย่านม (กิโลกรัม)			น้ำหนักแรกเกิด (กิโลกรัม)		
		B[1]	C[1]	N[1]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]
1	1662	37.50	50.00	12.50	65.07	13.85	46.38	11.40	3.75	9.45
2	1587	37.50	50.00	12.50	57.81	17.20	46.11	11.02	2.04	7.55
3	712	37.50	50.00	12.50	55.73	17.99	45.85	9.00	2.31	6.82
4	1733	31.25	50.00	18.75	58.02	15.71	44.71	10.95	2.86	8.33
5	707	37.50	50.00	12.50	54.61	17.19	44.50	8.72	1.82	6.18
6	1611	25.00	50.00	25.00	55.00	16.49	43.99	10.46	3.23	8.46
7	1787	31.25	50.00	18.75	57.25	15.31	43.94	10.07	1.84	6.88
8	1788	31.25	50.00	18.75	57.25	15.31	43.94	10.46	2.61	7.84
9	1626	37.50	50.00	12.50	55.44	15.77	43.49	11.08	2.96	8.50
10	325	25.00	50.00	25.00	52.46	16.71	42.94	9.31	4.39	9.05
11	2114	31.25	50.00	18.75	58.30	13.09	42.23	8.03	1.92	5.94
12	730	37.50	50.00	12.50	52.32	15.58	41.73	9.40	3.00	7.71
13	1620	25.00	50.00	25.00	54.69	14.32	41.66	11.86	3.51	9.43
14	1665	37.50	50.00	12.50	54.50	14.15	41.40	10.60	2.56	7.86
15	2871	25.00	50.00	25.00	59.52	11.61	41.37	8.03	2.06	6.08
16	436	62.50	25.00	12.50	45.90	18.13	41.08	9.33	4.10	8.76
17	2414	31.25	62.50	6.25	57.27	12.35	40.98	10.90	3.53	8.98
18	139	25.00	50.00	25.00	50.56	15.37	40.65	8.76	3.43	7.81
19	1487	25.00	50.00	25.00	51.96	14.48	40.46	10.55	3.34	8.62
20	2034	31.25	62.50	6.25	58.82	11.04	40.46	10.01	2.37	7.37
21	2236	31.25	50.00	18.75	56.93	11.88	40.35	8.32	2.27	6.43
22	2496	31.25	50.00	18.75	56.18	12.21	40.30	12.09	3.73	9.77
23	1661	37.50	50.00	12.50	52.75	13.73	40.10	12.37	3.51	9.69
24	2705	31.25	62.50	6.25	58.36	10.63	39.80	10.39	2.32	7.52
25	1802	37.50	50.00	12.50	58.46	10.55	39.78	7.56	1.88	5.66

หมายเหตุ [1] B = พันธุ์บราห์มัน, C = พันธุ์ชาร์โรเลส์, N = พันธุ์พื้นเมืองไทย

[2] $\hat{DBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง $\hat{MBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ $\hat{TMBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่โดยรวม

ตารางผนวกที่ 8 ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง ($\hat{DBV}$) เนื่องจากแม่ ($\hat{MBV}$) และเนื่องจากแม่โดยรวม ($\hat{TMBV}$) ของลักษณะน้ำหนักแรกเกิด (จากโมเดล 2) และน้ำหนักหย่านม (จากโมเดล 4) ที่เรียงลำดับตาม $\hat{TMBV}$ ของลักษณะน้ำหนักหย่านม จากน้อยไปมากในเพศเมีย

ลำดับที่	หมายเลขประจำตัวสัตว์	สัดส่วนพันธุ์			น้ำหนักหย่านม (กิโลกรัม)			น้ำหนักแรกเกิด (กิโลกรัม)		
		B[1]	C[1]	N[1]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]	$\hat{DBV}$[2]	$\hat{MBV}$[2]	$\hat{TMBV}$[2]
1	1909	0.00	0.00	100.00	-18.71	-1.78	-11.13	-0.99	-0.08	-0.58
2	2041	0.00	0.00	100.00	-19.73	-1.17	-11.03	-1.80	-0.90	-1.80
3	2781	12.50	0.00	87.50	-19.51	-0.74	-10.49	-1.24	-0.64	-1.27
4	1953	12.50	0.00	87.50	-19.45	-0.74	-10.46	-1.44	-0.64	-1.36
5	1997	0.00	0.00	100.00	-15.55	-2.32	-10.10	-1.42	-0.14	-0.85
6	1786	0.00	0.00	100.00	-13.99	-1.51	-8.50	-1.88	-1.00	-1.95
7	1977	0.00	0.00	100.00	-14.81	-0.88	-8.28	-0.43	-0.50	-0.71
8	1950	12.50	0.00	87.50	-12.85	-1.80	-8.23	-1.17	-1.02	-1.61
9	1981	0.00	0.00	100.00	-14.87	-0.75	-8.19	-1.40	-0.08	-0.78
10	1945	0.00	0.00	100.00	-14.93	-0.50	-7.96	-1.41	-0.68	-1.39
11	1975	6.25	0.00	93.75	-16.34	0.55	-7.62	-1.05	-0.17	-0.70
12	1776	25.00	0.00	75.00	-13.33	-0.65	-7.31	0.05	-0.50	-0.47
13	1994	12.50	0.00	87.50	-15.91	0.89	-7.06	-1.09	-0.79	-1.33
14	1943	0.00	0.00	100.00	-12.24	-0.75	-6.87	-1.11	-0.59	-1.15
15	1983	12.50	0.00	87.50	-15.63	1.23	-6.59	-0.18	-0.50	-0.59
16	1998	0.00	0.00	100.00	-12.16	-0.25	-6.34	-0.80	-0.12	-0.52
17	1889	12.50	0.00	87.50	-14.52	1.23	-6.03	-1.20	-0.50	-1.10
18	2045	25.00	0.00	75.00	-10.30	-0.67	-5.82	-0.14	-1.33	-1.40
19	1929	12.50	0.00	87.50	-11.09	-0.20	-5.75	-0.70	-0.58	-0.94
20	2764	0.00	0.00	100.00	-14.86	1.72	-5.71	-1.87	-0.44	-1.37
21	867	0.00	0.00	100.00	-4.63	-3.27	-5.58	-0.85	-1.47	-1.90
22	1891	12.50	0.00	87.50	-10.63	-0.20	-5.51	-0.59	-0.58	-0.88
23	149	0.00	0.00	100.00	-4.50	-3.17	-5.42	-0.40	-0.70	-0.90
24	1939	12.50	0.00	87.50	-13.87	1.78	-5.16	-1.72	-0.87	-1.73
25	1745	25.00	0.00	75.00	-18.71	-1.78	-11.13	-0.99	-0.08	-0.58

หมายเหตุ [1] B = พันธุ์บราห์มัน, C = พันธุ์ชาร์โรเลส์, N = พันธุ์พื้นเมืองไทย

[2] $\hat{DBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมโดยตรง $\hat{MBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่ $\hat{TMBV}$ = ค่าทำนายความสามารถทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมเนื่องจากแม่โดยรวม

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	อารยา เจียรมาศ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	24 กรกฎาคม 2526
สถานที่เกิด	อ.เหนือคลอง ต.เหนือคลอง จ.กระบี่
ประวัติการศึกษา	วท.บ (สัตวศาสตร์) (เกียรตินิยมอับดับ 1 เหรียญทอง) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	การประมาณกราฟการเจริญเติบโตในโคสาวลูกผสม ระหว่างพันธุ์โฮลสไตน์ ฟรีเชี่ยน และเรดเซนดิ การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 46 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2551
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-