การประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมในโคนมลูกผสม โดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม

นางสาววรางคณา กิจพิพิธ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ ภาควิชาสัตวบาล
คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1570-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

GENETIC EVALUATION OF PERSISTENCY IN CROSSBRED DAIRY CATTLE USING RANDOM REGRESSION MODEL

Miss Warangkana Kitpipit

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Animal Breeding
Department of Animal Husbandry
Faculty of Veterinary Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2002

ISBN 974-17-1570-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม ในโคนมลูกผสมโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม
โดย	นางสาววรางคณา กิจพิพิธ
ภาควิชา	สัตวบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ น.สพ. สมชาย จันทร์ผ่องแสง

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์
(ศาสตราจารย์ น.สพ.ดร.ณรงค์ศักดิ์ ชัยบุตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ น.สพ.วิวัฒน์ ชวนะนิกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ น.สพ.สมชาย จันทร์ผ่องแสง)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทร์จรัส เรี่ยวเดชะ)

.....กรรมการ
(น.สพ.อยุทธ์ หรินทรานนท์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วรางคณา กิจพิพิธ : การประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมในโคนมลูกผสมโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม. (GENETIC EVALUATION OF PERSISTENCY IN CROSSBRED DAIRY CATTLE USING RANDOM REGRESSION MODEL) อ. ที่ปรึกษา :รศ.น.สพ.สมชาย จันทร์ผ่องแสง,
98 หน้า. ISBN 974-17-1570-6.

วัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม และประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมลูกผสมโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม (RRM) และโมเดลแบบหุ่นตัวสัตว์ (AM) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เก็บรวบรวมระหว่างปี พ.ศ. 2527-2543 จำนวนข้อมูลบันทึกผลผลิตในวันทดสอบเข้าทำการวิเคราะห์ทั้งสิ้น 10,415 ระเบียน จากแม่โคจำนวน 645 ตัว ที่มีลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 ถึง 3 โดยลักษณะความคงทนในการให้นมที่ทำการศึกษาทั้งสามวิธี ได้แก่ วิธีใช้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของสมการสร้างกราฟแสดงการให้นม (β) วิธีใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมรวมช่วงวันให้นมที่ 201-305 ต่อปริมาณน้ำนมรวมช่วงวันให้นมที่ 1-100 (*P3:1*) และวิธีใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมรวมช่วงวันให้นมที่ 201-305 ต่อปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน (*P3:T*) จากผลการศึกษาทั้งสามวิธี พบว่า ปัจจัยเนื่องจากปีและฤดูกาลที่แม่โคคลอดลูก ระดับเลือดโคยุโรป ลำดับการให้ผลผลิต อายุเมื่อคลอดลูก จำนวนวันให้นม และจำนวนวันให้นมจนถึงวันทดสอบครั้งแรก มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนใช้วิธี resticted maximum likelihood (REML) พบว่า ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม ได้แก่ β, *P3:1* และ *P3:T* ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้ AM มีค่าเท่ากับ 0.14, 0.10 และ 0.07 ตามลำดับ และค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้ RRM ได้แก่ *P1, P2* และ *P3* มีค่าเท่ากับ 0.14, 0.30 และ 0.42 ตามลำดับ ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม (β, *P3:1* และ *P3:T*) มีค่าสูงกว่า 0.62 ($p<0.05$) และการหาความสัมพันธ์ของคุณค่าการผสมพันธุ์ที่วิเคราะห์โดย RRM และ AM ด้วยวิธี Pearson correlation และ Spearman rank correlation พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามการใช้ RRM จะสามารถอธิบายอิทธิพลของสภาพแวดล้อมได้มากกว่า ซึ่งจะทำให้การประเมินค่าทางพันธุกรรมมีความถูกต้องมากกว่าการใช้ AM

ภาควิชา สัตวบาล ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา การปรับปรุงพันธุ์สัตว์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2545

4275558631 : MAJOR ANIMAL BREEDING
KEY WORD: GENETIC EVALUATION / PERSISTENCY / CROSSBRED DAIRY CATTLE / RANDOM REGRESSION MODEL

WARANGKANA KITPIPIT : GENETIC EVALUATION OF PERSISTENCY IN CROSSBRED DAIRY CATTLE USING RANDOM REGRESSION MODEL. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. SOMCHAI CHANPONGSANG, 98 pp. ISBN 974-17-1570-6.

The objectives of this study were to estimate genetic parameters and breeding values of persistency in crossbred dairy cattle using random regression model (RRM) and animal model (AM). Data consisted of 10,415 test day records of 645 cows in their first three lactations in 1984-2000. The persistency measures included the slope of the regression line (β), the ratios between the milk yields of days 201-305 to days 100 (*P3:1*) and the ratios between days 201-305 to total milk yields of days 305 (*P3:T*). The estimates of variance components were obtained by resticted maximum likelihood (REML). The factors such year-season of calving, breed group, lactation numbers, age at calving, days in milk and days in milk at first test dates significantly affected the persistency measures ($p<0.05$). Heritability estimates of β , *P3:1* and *P3:T* by AM were lower (0.14, 0.10 and 0.07, respectively) than estimates by RRM *were P1*, *P2* and *P3* (0.14, 0.30 and 0.42 respectively). The genetic correlation of persistency measures among β , *P3:1* and *P3:T* was over 0.62 ($p<0.05$). Correlation of EBVs using RRM and AM in which calculated by Pearson correlation and Spearman rank correlation were significant ($p<0.05$). However, RRM could define the environmental effect batter than AM.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Animal Husbandry
Field of study Animal Breeding
Academic year 2002

Student's signature Warangkana Kitt
Advisor's signature Somchai Chanpongsang

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ น.สพ.สมชาย จันทร์ผ่องแสง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในการเขียนทุกขั้นตอน และกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จันทร์จรัส เรี่ยวเดชะ ที่อำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาการศึกษา ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ศักดิ์ชัย โตภาณุรักษ์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์ข้อมูลตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์มาโดยตลอดอย่างดียิ่ง คณาจารย์ภาควิชาสัตวบาลทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและคำชี้แนะตลอดระยะเวลาการศึกษา ขอบพระคุณพี่สายัณห์ บัวบาน ที่กรุณาให้คำปรึกษาตลอดมา และขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณเจ้าของฟาร์มโคนมเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดราชบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ และท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณคุณคณิต และคุณภวินา กิจพิพิธ เป็นอย่างยิ่งที่ให้โอกาสในการศึกษาและสนับสนุนมาโดยตลอด

วรางคณา กิจพิพิธ

2545

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูป..... ฎ

บทที่

1. บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 3

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

แนวคิดและทฤษฎี..... 4

ความหมายของลักษณะความคงทนในการให้นม..... 5

วิธีการคำนวณค่าความคงทนในการให้นม..... 6

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม..... 12

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ..... 18

ค่าอัตราพันธุกรรม..... 19

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏ..... 24

การประเมินค่าการผสมพันธุ์..... 25

การประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม..... 26

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมของแต่ละวิธี..... 30

3. วิธีดำเนินการวิจัย..... 32

แหล่งข้อมูลในการศึกษา..... 32
โครงสร้างของข้อมูล..... 32
การจัดเตรียมข้อมูลเบื้องต้น..... 33
การจัดการข้อมูลเบื้องต้น..... 33
การคำนวณค่าลักษณะความคงทนในการให้นม..... 34
การจำแนกอิทธิพลของปัจจัยคงที่..... 36
การตรวจสอบการกระจายของข้อมูล..... 37
โมเดลสำหรับการวิเคราะห์..... 38
โมเดลที่ใช้วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะที่ทำการศึกษา..... 37
โมเดลที่ใช้วิเคราะห์ทางพันธุกรรมของแต่ละลักษณะที่ทำการศึกษา..... 39
วิธีการวิเคราะห์..... 45
การวิเคราะห์อิทธิพลที่มีผลต่อลักษณะที่ทำการศึกษา..... 45
การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม..... 45
การประเมินค่าทางพันธุกรรม..... 48
หาความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมของแต่ละวิธี..... 50

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 51
ผลการวิเคราะห์เบื้องต้น..... 51
ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ศึกษา..... 51
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะที่ศึกษา..... 51
ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม..... 54
ผลการประเมินค่าทางพันธุกรรม..... 60
ผลของความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมของแต่ละวิธี..... 63

5. อภิปรายผลการวิเคราะห์..... 67
6. สรุปผลการวิเคราะห์ และข้อเสนอแนะ..... 76
รายการอ้างอิง..... 79
ภาคผนวก..... 86
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 98

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม..... 22

2.2 คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมและปริมาณน้ำนมซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ปริมาณน้ำนมในวันทดสอบและโมเดลถดถอยเชิงสุ่ม..... 29

3.1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนวันให้นม และปริมาณน้ำนมในวันทดสอบที่ใช้ในการวิเคราะห์ของลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 ถึง 3 (mean±SD)..... 34

3.2 จำนวนแม่โคนม ค่าเฉลี่ยจำนวนบันทึกผลผลิตในวันทดสอบต่อแม่โคนม และจำนวนบันทึกผลผลิตในวันทดสอบทั้งหมด..... 34

3.3 จำนวนที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยการจำแนกกลุ่มพันธุ์ตามระดับเลือดโคยุโรป..... 36

4.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม และลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ..... 52

4.2 ค่าลีสท์สแควร์ (least square means,LSM) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสำหรับลักษณะความคงทนในการให้นมและลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ..... 53

4.3 ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ทำการศึกษา..... 55

4.4 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏของลักษณะความคงทนในการให้นม..... 55

4.5 ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมและค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของสัมประสิทธิ์การถดถอยสุ่มและสภาพแวดล้อมถาวรและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำนมในวันทดสอบโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม..... 56

4.6 ค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม ความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมถาวรและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ..... 58

4.7 ค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม ความแปรปรวนของจากสภาพแวดล้อมถาวรและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน และลักษณะปริมาณน้ำนมแต่ละช่วงของการให้นม..... 58

4.8 ค่าเฉลี่ยของคุณค่าการผสมพันธุ์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่า -2LogL ของลักษณะความคงทนในการให้นมของแม่พันธุ์โคนม..... 60

4.9 ค่าเฉลี่ยของคุณค่าการผสมพันธุ์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่า -2LogL ของลักษณะความคงทนในการให้นมของพ่อพันธุ์โคนม..... 60

4.10 ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่มจากการสุ่มตัวอย่างแม่โคนมจำนวน10 ตัว..... 61

4.11 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณค่าการผสมพันธุ์ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม..... 62

4.12 คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน ปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วงและลักษณะความคงทนในการให้นมที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม... 63

4.13 ค่าสหสัมพันธ์ Pearson correlation coefficient และ Spearman rank correlation coefficient ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ทำการศึกษาของแม่พันธุ์โคนม..... 65

4.14 ค่าสหสัมพันธ์ Pearson correlation coefficient และ Spearman rank correlation coefficient ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ทำการศึกษาของพ่อพันธุ์โคนม..... 65

4.15 ค่าอัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษรความคงทนในการให้นม คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมแต่ละช่วง และคุณค่าการผสมพันธุ์ของปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน โดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่มของแม่พันธุ์โคนม..... 66

4.16 ค่าอัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นม คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมแต่ละช่วง และคุณค่าการผสมพันธุ์ของปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน โดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่มของพ่อพันธุ์โคนม..... 66

ตารางภาคผนวกที่

1. คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมในแต่ละวิธีของแม่พันธุ์ 100 ลำดับแรกโดยเรียงลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์ของแต่ละวิธีจากมากไปน้อย..... 86
2. คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมในแต่ละวิธีของพ่อพันธุ์ 100 ลำดับแรกโดยเรียงลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์ของแต่ละวิธีจากมากไปน้อย..... 92

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

4.1 ความแปรปรวนทางพันธุกรรม ความแปรรวนของสภาพแวดล้อมถาวร และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ..... 59

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป้าหมายหลักในการปรับปรุงพันธุ์โคนม คือ การเพิ่มผลผลิตน้ำนม ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณของลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ปริมาณน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมันนม และเปอร์เซ็นต์โปรตีน เป็นต้น นอกจากนี้ลักษณะความคงทนในการให้นม (persistency) เป็นอีกลักษณะหนึ่งที่มีความสำคัญและถูกนำมาใช้ในการคัดเลือกโคนมร่วมกับลักษณะอื่นๆ สำหรับการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมจะพิจารณาปริมาณน้ำนมที่ลดลงอย่างช้าๆ หลังจากจุดที่ให้นมสูงสุดเป็นหลัก โดยไม่คำนึงถึงจำนวนวันให้นมที่ยืดยาวออกไป ทั้งนี้โคนมที่มีจำนวนวันให้นมยาวนานกว่าโคนมตัวอื่น อาจสาเหตุเนื่องจากการผสมไม่ติด หรือปัญหาด้านการจัดการ เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบแม่โคที่ให้ปริมาณน้ำนม ณ จุดสูงสุดเท่ากันแต่มีลักษณะความคงทนในการให้นมต่างกัน แสดงว่า โคนมที่มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงจะส่งผลให้ปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน และปริมาณน้ำนมตลอดระยะการให้นมสูงกว่าโคนมที่มีลักษณะความคงทนในการให้นมต่ำ (Choovatanapagon, 1975) ซึ่งจะเป็นการช่วยลดต้นทุนค่าอาหารข้นต่อหน่วยผลผลิตน้ำนมเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมที่มีลักษณะความคงทนในการให้นมต่ำ (Dekkers et al.,1998; Madsen,1975; Solkner and Fuchs,1987) นอกจากนี้โคนมที่มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงยังแสดงถึงความสมบูรณ์พันธุ์และสุขภาพที่ดีของโคนมอีกด้วย ดังนั้นในแผนการปรับปรุงพันธุ์โคนมเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำนม จึงควรคัดเลือกลักษณะความคงทนในการให้นมร่วมกับลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมอื่นๆ เพื่อให้เกิดความก้าวหน้าทางพันธุกรรมของลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจให้ได้หลายลักษณะขึ้น ซึ่งจะทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมได้รับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจโดยรวมที่สูงขึ้น

การประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม จะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ (test day yields) ที่บันทึกได้ตลอดระยะการให้นม แต่ละระยะการให้นมของแม่โคจะประกอบด้วยบันทึกผลผลิตในวันทดสอบ (test day records) เฉลี่ย 7-10 ครั้ง (Jamrozik and Schaeffer, 1997) โดยมีปัจจัยคงที่เนื่องจากฝูง ปี และฤดูกาลที่แม่โคคลอดลูก (herd year season of calving,HYS) มาใช้อธิบายอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมตลอดระยะการให้นม ซึ่งปัจจัยคง

ที่เหล่านี้จะอธิบายผลกระทบต่อลักษณะความคงทนในการให้นมได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ถ้าอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อการให้นมเหมือนกันตลอดระยะการให้นม แต่ในสภาพความเป็นจริงบันทึกผลผลิตในวันทดสอบแต่ละครั้งที่เจ้าหน้าที่ทำการเก็บบันทึกจะได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันออกไป อาทิเช่น สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงตลอดปี การจัดการฟาร์ม การให้อาหารแม่โคแต่ละตัวที่ให้ผลผลิตแตกต่างกัน ระยะตั้งท้องของแม่โค การได้รับยาหรือแม่โคบางตัวอาจจะถูกรีดนม 3 ครั้งต่อวันสำหรับ 4 บันทึกแรกของการให้ผลผลิต และรีดนม 2 ครั้งต่อวันสำหรับวันทดสอบที่เหลือของระยะการให้นมจนกระทั่งหยุดรีด เป็นต้น (Jamrozik and Schaeffer, 1997) นอกจากนี้กรณีที่แม่โคที่ให้นมได้ไม่ถึง 305 วัน หรือถูกคัดทิ้งเนื่องจากขาเจ็บตาย หรือจำหน่ายออกจากฝูง ข้อมูลเหล่านี้จะถูกปรับเป็นมาตรฐานการให้นมที่ 305 วัน เพื่อจะทำการประเมินส่วนที่ขาดหายไปของข้อมูลจากกราฟมาตรฐานการให้น้ำนมของแม่โคแต่ละตัว ซึ่งการประเมินเช่นนี้ทำให้เกิดอคติได้ นั่นคือ แม่โคที่มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงอาจถูกประเมินต่ำกว่าความเป็นจริง ในทางตรงกันข้ามแม่โคที่มีลักษณะความคงทนในการให้นมต่ำอาจถูกประเมินสูงกว่าความเป็นจริง ดังนั้นการประเมินค่าทางพันธุกรรมด้วยวิธีการดังกล่าวอาจทำให้การประเมินพ่อแม่พันธุ์โคนมคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้

Schaeffer และ Dekkers (1994) ทำการศึกษาและพัฒนาวิธีการประเมินค่าทางพันธุกรรมโดยใช้โมเดลบันทึกผลผลิตในวันทดสอบ (Random Regression Test Day Model) แทนการใช้โมเดลปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน (305-day model) ทั้งนี้เนื่องจากโมเดลดังกล่าวสามารถอธิบายอิทธิพลเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อลักษณะปริมาณน้ำนมตลอดระยะการให้นม และสามารถเปรียบเทียบแม่โคที่มีวันทดสอบอยู่ในกลุ่มเดียวกันหรือมีสภาพการจัดการเหมือนกันซึ่งจะส่งผลให้การเปรียบเทียบมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น โดยไม่จำเป็นที่จะต้องยืดขยายปริมาณน้ำนมไปที่ 305 วันในกรณีที่โคนมตัวนั้นให้นมได้ไม่ถึง 305 วัน และมีจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการประเมินค่าทางพันธุกรรมมากกว่าการใช้ปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน และข้อดีอีกประการหนึ่งคือสามารถใช้ประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมของแม่โคแต่ละตัวได้โดยตรง ซึ่งถือว่าเป็นผลพลอยได้จากโมเดลบันทึกผลผลิตในวันทดสอบ นอกจากนี้ยังช่วยให้การคัดเลือกโคนมสามารถทำการประเมินค่าพันธุกรรมได้บ่อยครั้งขึ้น จึงทำให้สามารถคัดเลือกสัตว์ได้เร็วขึ้นและชั่วอายุลดลง จึงส่งผลให้เกิดความก้าวหน้าทางพันธุกรรมเพิ่มขึ้น (Jamrozik and Jansen, 1997; Jamrozik and Schaeffer, 1997; Jamrozik et al., 1997b; Jamrozik et al., 2001; Jensen, 2001; Ptak and Schaeffer,1993; Zwald et al., 2001)

จากการตรวจเอกสารประเทศไทยมีการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมเพียง 1 รายงานโดย Choovatanapagon (1975) ได้ทำการศึกษาค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม ประกอบด้วย ค่าองค์ประกอบความแปรปรวน ค่าอัตราพันธุกรรม และค่าอัตราซ้ำ

แต่การศึกษาครั้งนี้จะประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนการให้นมโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์โคนมในประเทศไทยต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมในโคนมลูกผสม
2. เพื่อประเมินค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม เช่น ค่าอัตราพันธุกรรม ค่าอัตราซ้ำ สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและทางลักษณะปรากฏ
3. เพื่อประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบถึงค่าอิทธิพลที่มีผลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมในโคนมลูกผสม
2. ทราบค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมจากการประเมินโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่มและโมเดลแบบหุ่นตัวสัตว์
3. ทราบคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมในโคนมลูกผสม และเพื่อใช้ในการคัดเลือกโคนมร่วมกับลักษณะการให้ผลผลิตอื่นๆต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎี

ลักษณะความคงทนในการให้นม เป็นลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและถูกนำมาใช้ในการคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์โคนมร่วมกับลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอื่นๆ เช่น ลักษณะปริมาณน้ำนม ไขมันนมโปรตีน เป็นต้น เพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำนมให้สูงขึ้น ลักษณะดังกล่าวถือเป็นลักษณะเชิงปริมาณ (quantitative traits) ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ซึ่งเป็นลักษณะที่สามารถ ชั่ง ตวง วัดได้ การแสดงออกของลักษณะเป็นแบบต่อเนื่องและสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อลักษณะดังกล่าวเป็นอย่างมาก (สมชัย จันทร์สว่าง, 2530) หรืออาจกล่าวได้ว่าการแสดงออกของลักษณะความคงทนในการให้นม ซึ่งเป็นลักษณะปรากฏ (phenotype, P) จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับผลรวมของอิทธิพลทางพันธุกรรม (genotype, G) และสภาพแวดล้อม (environment, E) หรือเขียนเป็นแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ (Falconer and Mackay,1996)

$$P = G + E \qquad \text{-----(2.1)}$$

สมการ (2.1) หมายความว่า ลักษณะปรากฏจะตรวจวัดได้มากน้อยเพียงใดเป็นผลจากพันธุกรรม หรือยีนที่ได้รับจากพ่อแม่หรือบรรพบุรุษ และสภาพแวดล้อม เช่น การเลี้ยงดู อาหาร การจัดการ ความร้อน ความชื้น ทุกประการที่สัตว์ได้รับต่อมา ทั้งนี้รวมไปถึงสภาพแวดล้อมที่สัตว์ได้รับก่อนและหลังคลอด (จันทร์จรัส เรี่ยวเดชะ, 2534)

จากพันธุกรรม (genotype, G) ข้างต้นสามารถแบ่งได้ตามลักษณะการแสดงออกของยีน (gene action) ดังนี้ (สมเกียรติ สายธนู, 2537; Falconer and Mackay,1996)

1. ผลของยีนแบบบวกสะสม (additive gene effect, A) เป็นผลของการบวกสะสมของอำนาจยีนทุกตัวในยีโนไทป์ ทำให้เกิดยีโนไทป์สะสม (additive genotype) หรือเรียกว่า คุณค่าการผสมพันธุ์ (breeding value, BV) ขึ้น

2. ผลของยีนจากการข่มของยีน (dominant gene effect, D) เป็นผลของยีนจากอำนาจข่มของยีนในตำแหน่งเดียวกัน หรืออีกนัยหนึ่ง คือ ผลรวมของปฏิกิริยาร่วมของยีนในตำแหน่งเดียวกัน
3. ผลของยีนจากอำนาจของยีนต่างตำแหน่ง (epistatic gene effect, I) เป็นผลของยีนจากปฏิกิริยาร่วมของยีนต่างตำแหน่งกัน ซึ่งแบ่งออกได้เป็นปฏิกิริยาร่วมระหว่าง A กับ A, A กับ D และ D กับ D

ดังนั้นค่าความสามารถทางพันธุกรรมหรือยีโนไทป์ (G) จะมีองค์ประกอบย่อยทางพันธุกรรมดังนี้

$$G = A + D + I \qquad \text{-----(2.2)}$$

ผลของยีนแบบบวกสะสม หรือ คุณค่าการผสมพันธุ์ เป็นความสามารถทางพันธุกรรมของสัตว์แต่ละตัว สามารถถ่ายทอดจากชั่วหนึ่งไปยังอีกชั่วหนึ่งได้ ไม่สามารถวัดได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ (estimated breeding value, EBV) เพื่อให้ทราบว่าลักษณะต่างๆสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้มากน้อยเพียงใด โดยใช้ข้อมูลจากลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ ส่วนอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมไม่สามารถถ่ายทอดได้ อีกทั้งยังเป็นอิทธิพลที่บดบังความสามารถที่แท้จริงทางพันธุกรรมของตัวสัตว์ ดังนั้นการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์จะต้องจำแนกอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมออกจากอิทธิพลของพันธุกรรมให้มากที่สุด เพื่อให้ได้คุณค่าการผสมพันธุ์ที่แท้จริง (true breeding value, TBV) ของโคนมตัวนั้นๆ ซึ่งการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ของสัตว์แต่ละตัวจะมีประโยชน์ในการคัดเลือกสัตว์ไว้ในฝูงแทนการคัดเลือกโดยดูจากลักษณะปรากฏ ซึ่งทำให้ความแม่นยำในการคัดเลือกสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดความก้าวหน้าทางพันธุกรรมของลักษณะที่ทำการคัดเลือกเป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้น

ความหมายของลักษณะความคงทนในการให้นม

ลักษณะความคงทนในการให้นม หมายถึง ความสามารถทางพันธุกรรมของโคนมในการรักษาระดับปริมาณน้ำนมให้คงที่หลังจากให้นมสูงสุดไปจนกระทั่งสิ้นสุดระยะการให้นม (Gengler,1996; Jamrozik and Jansen,1997; Jamrozik et al.,1997b; Schaeffer et al., 2000; Wood, 1967) หรือการที่โคนมจะมีความสามารถในการให้นมได้คงที่มากน้อยเพียงใดในแต่ละช่วงของการให้นม ซึ่งโคนมที่ให้นมได้คงที่นานเท่าไรก็หมายถึงผลผลิตน้ำนมจะได้มากขึ้น โดยปกติแล้วโคนมจะให้นมสูงสุดในช่วงประมาณ 60-90 วันหลังคลอด หลังจากนั้นจะค่อยๆลดลง โคนมที่

มีลักษณะความคงทนในการให้นมดีจะต้องให้นมลดลงในอัตราเฉลี่ย 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำนมในเดือนที่ผ่านมา (สมชาย จันทร์ผ่องแสง, 2541) หรือแม่โคควรให้นมได้ปริมาณ 94-96 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำนมในเดือนที่ผ่านมา จึงจะถือว่าโคนมมีความคงทนในการให้นมสูง (สมพงษ์ เทศประสิทธิ์, 2528)

วิธีการคำนวณค่าลักษณะความคงทนในการให้นม

จากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง มีรายงานว่า ลักษณะความคงทนในการให้นมสามารถคำนวณได้หลายวิธี ดังนั้นในการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมจะต้องกำหนดคำจำกัดความของลักษณะความคงทนในการให้นมและวิธีการวัดให้ชัดเจนว่าจะใช้วิธีใด เพื่อความถูกต้องและเข้าใจตรงกัน (Grossman et al.,1999) สำหรับวิธีที่นิยมใช้ในการคำนวณค่าความคงทนในการให้นมสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 วิธี ดังต่อไปนี้ (Choovatanapagon,1975; Danell,1982; Grossman et al.,1999; Jamrozik and Jansen,1997; Linde et al., 2000)

1. วิธีการใช้ค่าพารามิเตอร์จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สร้างกราฟแสดงการให้น้ำนม
2. วิธีการใช้ค่าอัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วง
3. วิธีการใช้ค่าความแปรปรวนของปริมาณน้ำนม

1. วิธีการใช้ค่าพารามิเตอร์จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สร้างกราฟแสดงการให้น้ำนม

ค่าพารามิเตอร์จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สร้างกราฟแสดงการให้น้ำนม สามารถนำมาใช้อธิบายอัตราการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณน้ำนมได้ (Danell, 1982) แต่สมการทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาสร้างกราฟแสดงการให้น้ำนมจะต้องเหมาะสมกับข้อมูลการให้น้ำนมของโคนมในแต่ละประชากร สำหรับสมการทางคณิตศาสตร์ที่นิยมใช้ส่วนใหญ่จะเป็นสมการถดถอยเชิงเส้นโค้ง (non-linear regression) ดังนั้นการเลือกสมการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายการให้ผลผลิตน้ำนมที่เหมาะสมจะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (coefficient of determination, R^2) และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดที่ปรับแล้ว (adjusted coefficient of determination, R^2_{adj}) (Vargas et al, 2000) ซึ่งมีรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สร้างกราฟแสดงการให้น้ำนมและค่าพารามิเตอร์ที่จะนำไปใช้คำนวณค่าความคงทนในการให้นมดังต่อไปนี้

1.1 Exponential Function (Gooch, 1935 อ้างโดย Choovatanapagon,1975)

$$Y_t = a\,exp^{-kt} \qquad \text{-----(2.3)}$$

เมื่อ

Y_t = ปริมาณน้ำนมเฉลี่ยต่อวันในเวลาที่ t

a = ปริมาณน้ำนมเริ่มต้นที่เวลา t =0

k = อัตราการลดลงของปริมาณน้ำนมหลังจุดที่ให้นมสูงสุด

exp = ฟังก์ชั่นเอกซ์โปเนนเชียล

จากสมการ (2.3) ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้สามารถนำมาใช้คำนวณค่าความคงทนในการให้นมได้ดังนี้

$$\textit{persistency}\ (S) = exp^{-k}$$

1.2 Wood's gamma function (Wood,1967)

$$Y_t = at^c\,exp^{-bt} \qquad \text{-----(2.4)}$$

เมื่อ

Y_t = ปริมาณน้ำนมเฉลี่ยต่อวันในเวลาที่ t

a = ปริมาณน้ำนมเริ่มต้นที่เวลา t =0

b = อัตราการลดลงของปริมาณน้ำนมหลังจุดสูงสุด

c = อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำนมก่อนจุดสูงสุด

exp = ฟังก์ชั่นเอกซ์โปเนนเชียล

จากสมการ (2.4) ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้สามารถนำมาคำนวณค่าลักษณะความคงทนในการให้นมได้ดังนี้

$$\textit{persistency (S)} = -(c+1)\ln b$$

เมื่อ

ln = ค่าลอการิทึมธรรมชาติ (natural logarithm)

1.3 Wilmink' s function (Wilmink,1987)

$$Y_t = a + b \times t + c \times exp^{-0.05t} \qquad \text{-----(2.5)}$$

เมื่อ

Y_t = ปริมาณน้ำนมเฉลี่ยต่อวันในเวลาที่ t

a = ปริมาณน้ำนมเริ่มต้นที่เวลา t =0

b = อัตราการลดลงของปริมาณน้ำนมหลังจุดสูงสุด

c = อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำนมก่อนจุดสูงสุด

exp = ฟังก์ชั่นเอกซ์โปเนนเชียล

จากสมการ (2.5) ค่าพารามิเตอร์ b หรือค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (regression coefficient) จะนำใช้เป็นค่าลักษณะความคงทนในการให้นม ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยแสดงถึงอัตราการลดลงของปริมาณน้ำนมต่อหน่วยเวลา ซึ่งโคนมแต่ละตัวจะมีอัตราลดลงของปริมาณน้ำนมไม่เท่ากันจึงสามารถใช้ค่านี้ในการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมของแต่ละตัวได้ ดังนี้

$$persistency\ (\beta) = b$$

2. วิธีการใช้ค่าอัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วง

การวัดค่าลักษณะความคงทนในการให้นมโดยใช้ค่าอัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วง เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากและง่ายแก่การเข้าใจ (Madsen,1975) วิธีดังกล่าวจะใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วงมาคำนวณ และค่าที่วัดได้จะแสดงอัตราการลดลงของปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วงว่ามีค่ามากน้อยเพียงใด ถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่ามาก แสดงว่าโคนมตัวนั้นมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูง หมายความว่า อัตราลดลงของปริมาณน้ำนมไม่มากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำนมในช่วงที่ผ่านมา และในทางตรงข้ามถ้าค่าที่คำนวณได้มีน้อยแสดงว่าโคนมตัวนั้นมีลักษณะความคงทนในการให้นมต่ำ สำหรับวิธีการคำนวณมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 วิธีการใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมตลอดระยะการให้นมต่อปริมาณน้ำนม ณ จุดสูงสุด

จากการศึกษาของ Sander (1930) อ้างโดย Danell (1982) ได้ทำการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมโดยวิธีการใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมตลอดระยะการให้นมต่อปริมาณน้ำนม ณ จุดสูงสุด สามารถเขียนเป็นสมการดังต่อไปนี้

$$TOMAX = \frac{\text{ปริมาณน้ำนมตลอดระยะการให้นม}}{\text{ปริมาณน้ำนม ณ จุดสูงสุด}} \qquad \text{-----(2.6)}$$

จากสมการ (2.6) ลักษณะความคงทนในการให้นมที่คำนวณได้จะมีค่าเดียวตลอดระยะการให้นมและใช้อธิบายอัตราลดลงของปริมาณน้ำนมตลอดระยะการให้นมเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำนม ณ จุดสูงสุดเท่านั้น ไม่สามารถใช้อธิบายอัตราการลดลงของปริมาณน้ำนมแต่ละช่วงได้ ต่อมาได้มีการคิดค้นวิธีการคำนวณขึ้นมาใหม่ สามารถอธิบายอัตราลดลงของปริมาณน้ำนมแต่ละช่วงได้

2.2 วิธีการใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 101-200 ต่อปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 1-100

Johansson และ Hansson (1940) อ้างโดย Danell (1982) ได้เสนอวิธีการคำนวณค่าลักษณะความคงทนในการให้นมแต่ละช่วงของการให้นม โดยแบ่งระยะการให้นมออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงต้นของการให้นม (วันให้นมที่ 1-100), ช่วงกลางของการให้นม (วันให้นมที่ 101-200) และช่วงท้ายของการให้นม (วันให้นมที่ 201-305) จากนั้นนำค่าปริมาณน้ำนมรวมแต่ละช่วงของการให้นมไปใช้ในการคำนวณค่าลักษณะความคงทนในการให้นม สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

$$P2{:}1 = \frac{\text{ปริมาณน้ำนมช่วงวันให้นมที่ 101 - 200}}{\text{ปริมาณน้ำนมช่วงวันให้นมที่ 1 - 100}} \times 100\% \qquad \text{-----(2.7)}$$

2.3 วิธีการใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 201-305 ต่อปริมาณน้ำนมรวมในช่วงวันให้นมที่ 1-100

$$P3{:}1 = \frac{\text{ปริมาณน้ำนมช่วงวันให้นมที่ 201 - 305}}{\text{ปริมาณน้ำนมช่วงวันให้นมที่ 1 - 100}} \times 100\% \qquad \text{-----(2.8)}$$

2.4 วิธีการใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 201-305 ต่อปริมาณน้ำนมตลอดระยะการให้นมที่ 305 วัน

$$P3{:}T = \frac{\text{ปริมาณน้ำนมช่วงวันให้นมที่ 201 - 305}}{\text{ปริมาณน้ำนมตลอดระยะก ารให้นม 305 วัน}} \times 100\% \qquad \text{-----(2.9)}$$

จากสมการ (2.7) (2.8) และ (2.9) ถ้าลักษณะความคงทนในการให้นมที่คำนวณได้มีเปอร์เซ็นต์สูง หมายความว่า ปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 201-305 วัน ลดลงไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 1-100 แสดงว่า โคนมมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูง

ต่อมา Solkner และ Fuchs (1987) ได้เสนอวิธีการคำนวณค่าลักษณะความคงทนในการให้นมขึ้นมาใหม่อีก 2 วิธี โดยใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมสูงสุดต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมแต่ละช่วง วิธีการดังกล่าวประยุกต์มาจากสมการ (2.6) ของ Sander (1930) มีรูปแบบสมการดังต่อไปนี้

2.4 วิธีใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมสูงสุดต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 1-200

$$TOMAX2 = \frac{\text{ปริมาณน้ำนมสูงสุดในช่วงวันให้นมที่ 1 - 200}}{\text{ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 1 - 200}} \times 100\% \quad \text{-(2.10)}$$

2.5 วิธีใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมสูงสุดต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 1-305

$$TOMAX3 = \frac{\text{ปริมาณน้ำนมสูงสุดในช่วงวันให้นมที่ 1 - 305}}{\text{ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 1 - 305}} \times 100\% \quad \text{--(2.11)}$$

จากสมการ (2.10) และ (2.11) ถ้าลักษณะความคงทนในการให้นมที่คำนวณได้มีเปอร์เซ็นต์สูงหมายความว่า ปริมาณน้ำนม ณ จุดสูงสุดลดลงมากเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วง แสดงว่า โคนมมีลักษณะความคงทนในการให้นมต่ำ จะเห็นได้ว่าค่าที่คำนวณได้จากสมการ (2.10) และ (2.11) จะตรงข้ามกับค่าที่คำนวณจากสมการ (2.7) และ (2.8) ตามลำดับ

3. วิธีการใช้ค่าความแปรปรวนของปริมาณน้ำนม

เป็นวิธีการคำนวณลักษณะความคงทนในการให้นมโดยพิจารณาจากค่าความแปรปรวนของปริมาณน้ำนมที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนม มีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

3.1 วิธีการใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ (standard deviation of test-day yield, SD) (Solkner และ Fuchs, 1987)

$$SD = \frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \qquad \text{-----(2.12)}$$

เมื่อ

X_i = ปริมาณน้ำนมในวันทดสอบที่ i (i=1,2,....n)

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ

ลักษณะความคงทนในการให้นมที่คำนวณได้จากสมการ (2.12) จะพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำนมในวันทดสอบที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ย ค่าที่คำนวณได้มีค่าน้อยแสดงว่าโคนมมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูง และในทางตรงข้ามถ้าค่าที่คำนวณได้มีมากแสดงว่าโคนมมีลักษณะความคงทนในการให้นมต่ำ สำหรับข้อดีคือคำนวณได้ง่าย แต่ข้อเสียคือไม่สามารถอธิบายอัตราการลดลงของปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วงได้

3.2 วิธีใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ (coefficient of variation for test day yields, CV)

$$CV = \frac{\text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ}}{\text{ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ}} \times 100\,\% \qquad \text{-----(2.13)}$$

จากสมการ (2.13) ใช้วัดความสัมพันธ์ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและปริมาณน้ำนมเฉลี่ย หมายความว่า ถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่าน้อยแสดงว่าโคนมมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูง

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม

ลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนม จะได้รับผลกระทบเนื่องมาจาก พันธุ์โคนม ระดับเลือด ปี -ฤดูกาลที่แม่โคคลอดลูก อายุเมื่อคลอดลูก ลำดับการให้ผลผลิต จำนวนวันให้นม และการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ดังนั้นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม และปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรมหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม

1. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรมเป็นปัจจัยที่อิทธิพลต่อพันธุกรรมสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลานได้ เช่น พันธุ์ กลุ่มพันธุ์หรือระดับเลือด เป็นต้น

1.1 พันธุ์ (Breed)

โคนมที่เลี้ยงกันอยู่ทั่วโลกมีอยู่ 2 กลุ่ม คือ โคยุโรป (*Bos taurus*) และโคอินเดีย (*Bos indicus*) สำหรับโคนมที่เลี้ยงในประเทศไทยสามารถจำแนกได้เป็น กลุ่มโคยุโรป ได้แก่ พันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน (Holstein Friesian) พันธุ์บราวน์สวิส (Brown Swiss) พันธุ์เจอร์ซี่ (Jersey) และพันธุ์เรดเดน (Red Dane) เป็นต้น ส่วนกลุ่มโคอินเดีย ได้แก่ พันธุ์ซาฮิวาล (Sahiwal) และพันธุ์เรดซินดี้ (Red Sindhi) เป็นต้น ซึ่งโคนมแต่ละพันธุ์มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป สำหรับโคยุโรปเป็นโคที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูง เมื่อมีการเลี้ยงดูภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม แต่ข้อเสียคือไม่ทนทานต่อสภาพอากาศร้อนชื้น จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำนมลดลง สุขภาพของโคจะเลวลง เจ็บป่วยง่าย และมักมีปัญหาเกี่ยวกับระบบสืบพันธุ์แม้จะมีการเลี้ยงดูอย่างดีก็ตาม แต่สำหรับโคอินเดียจะทนต่อสภาพอากาศร้อนได้เป็นอย่างดี มีความต้านทานโรคและแมลงเมืองร้อน เลี้ยงดูง่าย แต่ให้ผลผลิตน้ำนมต่ำ (กองฝึกอบรม กรมปศุสัตว์, 2535)

จากรายงานผลการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมพันธุ์ต่างๆ มีดังนี้ Sharma และ Bhatnagar (1974) ทำการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมและความสัมพันธ์ต่อลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจในโคนมพันธุ์ซาฮิวาล พันธุ์เรดซินดี้ และโคนมลูกผสมระหว่างบราวน์สวิส×ซาฮิวาล ว่าพันธุ์มีผลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยโคนมลูกผสมระหว่าง บราวน์สวิส×ซาฮิวาล มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงสุด รองลงมาได้แก่โคนมพันธุ์ซาฮิวาล และพันธุ์เรดซินดี้ มีค่าเท่ากับ 0.87 ± 0.01 0.80 ± 0.01 และ 0.77 ± 0.02 ตามลำดับ

Madsen (1975) รายงานผลการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนม 4 พันธุ์ที่เลี้ยงในประเทศเดนมาร์ก ระหว่างปี ค.ศ. 1969-1970 จำนวน 598 ตัว ว่าโคนมพันธุ์เรดแดนิช

(Red Danish) แบล็คพายแดนิช (Black Pie Danish) แบล็คพายโฮลสไตน์ (Black Pie Holstein) และแดนิชเจอร์ซี่ (Danish Jersey) มีลักษณะความคงทนในการให้นมต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) และจากการศึกษาของ Singh และ Shukla (1985) ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมพันธุ์กีร์ (Gir) ที่เลี้ยงในประเทศอินเดีย จำนวน 225 ตัว รายงานว่า ค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของลักษณะความคงทนในการให้นม มีค่าเท่ากับ 97.67±0.10 และ 2.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Cady และ McDowell (1980) รายงานผลการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมและค่าพารามิเตอร์ของกราฟแสดงการให้น้ำนมในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน แอร์ชาย บราน์สวิส และโคนมลูกผสม เฉพาะลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 จำนวน 462 ระเบียน ว่าพันธุ์โคนมมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Danell (1982) ทำการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นม โดยวิธีใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วงของโคนมพันธุ์สวีดิชเรดแอนด์ไวท์ (Swedish Red and White) จำนวน 8,154 ระเบียน และพันธุ์สวีดิชฟรีเชี่ยน (Swedish Friesian) จำนวน 1,913 ระเบียน ที่เลี้ยงในประเทศสวีเดน มีค่าเท่ากับ 90.05±9.80 และ 85.9±9.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Ramachandraiah และคณะ (1990) รายงานผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะความคงทนในการให้นมต่อลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในโคนมพันธุ์เจอร์ซี่ ที่เลี้ยงในประเทศอินเดีย ระหว่างปี ค.ศ. 1977-1987 จำนวน 221 ตัว โดยมีลำดับการให้นมครั้งที่ 1-6 ลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมพันธุ์เจอร์ซี่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 97.34 **เปอร์เซ็นต์** และจากผลการศึกษาของ Zaman และคณะ (1994) ได้ศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมพันธุ์เจอร์ซี่ เฉพาะลำดับการให้นมครั้งที่แรก ที่เลี้ยงในประเทศอินเดีย จำนวน 218 ตัว รายงานว่า **ลักษณะความคงทนในการให้นมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 90.97±0.0042 เปอร์เซ็นต์**

Van Doormaal (1999) ประเมินค่าพันธุกรรมของลักษณะปริมาณผลผลิตในวันทดสอบและลักษณะความคงทนในการให้นมโดยใช้โมเดลระเบียนผลผลิตในวันทดสอบ สำหรับลักษณะความคงทนในการให้นมจะวัดโดยใช้ความแตกต่างของคุณค่าการผสมพันธุ์ของวันให้นมที่ 60 และ 280 รายงานว่า โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนมีความคงทนในการให้นมสูงสุด (63%) รองลงมาได้แก่ พันธุ์ บราวน์สวิส (62%) พันธุ์เจอร์ซี่ (62%) พันธุ์เกิร์นซี่ (61%) พันธุ์มิลกิ้งชอร์ทฮอร์น (54%) พันธุ์แอร์ชาย (51%) และพันธุ์แคนาเดียน (50%) ตามลำดับ

สำหรับการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมในประเทศไทย Choovatanapagon (1975) ทำการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมที่เลี้ยงในฟาร์มไทย-เดนมาร์ก อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี โดยวิธีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยและอัตราส่วนของปริมาณ

น้ำนม รายงานว่า โคนมลูกผสมมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าโคนมพันธุ์แท้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

1.2 กลุ่มพันธุ์หรือระดับเลือด (Breeding group)

โคนมที่เลี้ยงในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นโคนมลูกผสม ระหว่างโคอินเดีย ได้แก่ พันธุ์พื้นเมืองไทย ซาฮิวาล เรดซินดี้ และอเมริกันบราห์มัน กับโคยุโรป พันธุ์ที่นิยมใช้กันแพร่หลาย ได้แก่ โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน และพันธุ์อื่นๆที่มีการนำเข้ามาแต่ไม่ได้รับความนิยมเท่ามากนัก ได้แก่ พันธุ์เจอร์ซี่ เรดเดน และบราวน์สวิส เป็นต้น และจากการนำเข้าสายพันธุ์ที่หลากหลาย ขณะเดียวกันใช้ระบบการผสมพันธุ์ที่ไม่ได้กำหนดแผนการผสมพันธุ์ที่แน่นอนจึงทำให้ระดับเลือดของโคนมที่เลี้ยงโดยเกษตรกรมีความหลากหลาย ดังนั้นกลุ่มพันธุ์โคนมจึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการนำมาพิจารณาว่ามีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม

โคนมลูกผสมระดับเลือดต่างๆ มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม จากการศึกษาของ Choovatanapagon (1975) รายงานว่า ระดับเลือดของโคนมมีผลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยโคนมลูกผสมที่มีเลือดโคยุโรป 87.5 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงสุด รองลงมาได้แก่ โคนมลูกผสมที่มีเลือดโคยุโรป 62.5 และ 75.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 72.74 71.05 และ 70.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Shah และคณะ (1983) ทำการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 50 เปอร์เซ็นต์ ที่เลี้ยงในประเทศอินเดีย จำนวน 32 ตัว รายงานว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 90.6 เปอร์เซ็นต์

Bhutia และ Pandey (1989) ทำการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมด้วยวิธีใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมตลอดระยะการให้นมต่อปริมาณน้ำนม ณ จุดสูงสุด และหาความสัมพันธ์ต่อจุดสูงสุดของการให้นมและปริมาณน้ำนมตลอดระยะการให้นมในโคนมลูกผสมระหว่างพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน×ซาฮิวาล ที่ระดับเลือดต่างๆ คือ 75 62.5 50 และ 37.5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 974 ตัว ที่เลี้ยงในประเทศอินเดีย รายงานว่า โคนมลูกผสมระดับเลือด 62.5 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงสุด รองลงมาคือ 50 75 และ 37.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Sharma และคณะ (1996)ทำการศึกษาอิทธิพลที่มีผลต่อปริมาณน้ำนมสูงสุดและอัตราลดลงของปริมาณน้ำนมในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน×ทาปาร์การ์ จำนวน 68 ตัว ในประเทศอินเดีย ระหว่างปี ค.ศ.1977 - 1992 รายงานว่า ลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน×ทาปาร์การ์ มีค่าเท่ากับ 90.99±1.12 เปอร์เซ็นต์

Tomar และคณะ (1998) รายงานผลการศึกษาลักษณะการให้ผลผลิตของโคนมพันธุ์ต่างๆ ที่เลี้ยงในประเทศอินเดีย ระหว่างปี ค.ศ. 1970 -1992 ว่ากลุ่มพันธุ์มีผลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ซึ่งกลุ่มพันธุ์ที่มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงสุด ได้แก่ โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน×ทาร์ปาการ์ รองลงมาคือพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน และลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน×ฮาเรียน่า มีค่าเท่ากับ 79.86±4.80 75.38±1.88 และ 74.48±1.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนโคนมพันธุ์ทาร์ปาการ์ มีลักษณะความคงทนในการให้นมต่ำสุดเท่ากับ 52.74±2.72 เปอร์เซ็นต์ และจากการศึกษาของ Chaiyabutr และคณะ (2000) รายงานว่า โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนระดับเลือด 50 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าโคนมลูกผสม 87.5 เปอร์เซ็นต์

แต่จากผลการศึกษาของ Stojic (1996) ทำการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนที่ระดับเลือดต่างๆ ที่เลี้ยงในประเทศยูโกสลาเวีย (Yugoslavia) ระหว่างปี ค.ศ.1981-1992 จำนวน 147 ตัว รายงานว่า ระดับเลือดโคนมไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม แต่มีแนวโน้มว่าโคนมที่มีระดับเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนสูงจะส่งผลให้ความคงทนในการให้นมสูงขึ้นตามไปด้วย

2. ปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม

ปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรมหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยที่โคได้รับในช่วงเวลาหนึ่งไม่สามารถถ่ายทอดสิ่งที่ได้รับไปสู่รุ่นลูกหลานได้ อาทิเช่น ปี-ฤดูกาลที่แม่คลอดลูก ลำดับการให้ผลผลิต และอายุเมื่อคลอดลูก เป็นต้น

2.1 ปีและฤดูกาล (Year and Season)

อิทธิพลเนื่องจากปีจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม การจัดการฟาร์ม และการให้อาหารโคนม ซึ่งมีผลกระทบต่อสัตว์ทั้งทางตรงและทางอ้อม จึงทำให้โคนมมีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตแตกต่างกันไป

Choovatanapagon (1975) รายงานว่า อิทธิพลของปีที่แม่โคคลอดลูกมีผลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมพันธุ์เรดเดน และโคนมลูกผสมเรดเดนระดับเลือดต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Kassab (1995) ที่ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน ในประเทศอียิปต์ ระหว่างปี 1977-1987 จำนวน 587 ระเบียน รายงานว่า ปีที่แม่โคคลอดลูกมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และจากการศึกษาของ Kaysigiz และคณะ (1995) ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน ที่เลี้ยงในประเทศตุรกี ระหว่างปี ค.ศ. 1983-1990

จำนวน 300 ระเบียน รายงานว่าปีที่แม่โคคลอดลูกมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) Linde และคณะ (2000) รายงานว่า ปีที่แม่โคคลอดลูกมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และ Queiroz และคณะ (1991) ทำการศึกษาอิทธิพลเนื่องจากพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อกราฟแสดงการให้น้ำนมของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ที่เลี้ยงในประเทศบราซิล จำนวน 1,710 ระเบียน รายงานว่า ปีที่แม่โคคลอดลูกมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่มีรายงานบางฉบับรายงานว่าปีที่คลอดลูกไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม (Tomar et al.,1998 และ Zaman et al.,1994)

สำหรับฤดูกาลที่แตกต่างกันแต่ละปี จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศแตกต่างกันไป เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น ซึ่งอิทธิพลดังกล่าวจะมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อตัวสัตว์ จากผลการศึกษาของ Schneeberger (1981) ในโคนมพันธุ์บราวน์สวิส ที่เลี้ยงในประเทศสวิสเซอร์แลนด์ ระหว่างปี ค.ศ. 1976-1977 จำนวน 159,541 ตัว รายงานว่า ฤดูกาลที่แม่โคคลอดลูกมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยฤดูหนาวโคนมจะมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าฤดูร้อน มีค่าเท่ากับ 59.2 และ 56.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Yanez (1987) รายงานว่า ฤดูกาลที่แม่โคคลอดลูกมีผลต่อลักษณะความคงทนในการนมในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) แม่โคที่คลอดลูกในช่วงเดือนตุลาคมถึงมีนาคม จะมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าแม่โคที่คลอดลูกช่วงเดือนเมษายนถึงกันยายน และจากผลการศึกษาของ Zamorano (1985) ทำการศึกษาในแม่โคพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ที่เลี้ยงในประเทศเม็กซิโก จำนวน 653 ตัว รายงานว่า ฤดูกาลที่แม่โคคลอดลูก มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำนม ณ จุดสูงสุด และลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ Zaman และคณะ (1994) ศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมพันธุ์เจอร์ซี่เฉพาะลำดับการให้นมครั้งที่ 1 ในประเทศอินเดีย รายงานว่า ฤดูหนาวแม่โคจะมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าฤดูฝนและฤดูร้อน ตามลำดับ แต่จากการศึกษาของ Prasad และคณะ (1999) รายงานว่า แม่โคที่คลอดลูกในฤดูฝนจะมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าแม่โคคลอดลูกฤดูร้อน และฤดูหนาว ตามลำดับ

Terkerli และคณะ (2000) ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกราฟแสดงการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ที่เลี้ยงในประเทศตุรกี ระหว่างปี 1989-1994 จำนวน 475 ตัว รายงานว่า ฤดูร้อนแม่โคนมจะมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงสุด รองลงมาคือ ฤดูฝน ฤดูใบไม้ผลิ และฤดูหนาว ตามลำดับ ซึ่งขัดแย้งกับผลการศึกษาของ Tomar และคณะ (1998) ที่

รายงานว่า ฤดูกาลที่แม่โคคลอดลูกไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม แต่มีแนวโน้มว่าแม่โคที่คลอดลูกในฤดูฝนจะมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าแม่โคที่คลอดลูกในฤดูหนาว และฤดูร้อน มีค่าเท่ากับ 70.39±1.99 69.80±1.49 และ 66.99±1.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.2 อายุเมื่อคลอดลูก (Age at calving)

Danell (1982) รายงานว่า อายุเมื่อคลอดลูกมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Linde และคณะ (2000) ได้ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน ที่เลี้ยงในประเทศเนเธอร์แลนด์ จำนวน 2,013,576 ตัว หรือ จาก 20,156,879 ระเบียน โดยใช้โมเดลแบบหุ่นตัวสัตว์ และโมเดลถดถอยเชิงสุ่ม รายงานว่า อายุเมื่อคลอดลูกมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการศึกษาของ Roughsedge และคณะ (2000) รายงานว่า อายุเมื่อคลอดลูกมีผลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Tekerli และคณะ (2000) ที่รายงานว่า อายุเมื่อคลอดลูกไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม

2.3 ลำดับการให้ผลผลิต (Lactation number)

ลำดับการให้ผลผลิตเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม โดยลักษณะความคงทนในการให้นมจะสูงสุดในลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่1 และจะลดลงเมื่อลำดับการให้ผลผลิตสูงขึ้นตามลำดับ

Wood (1968) ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะความคงทนในการให้นมในโคนมพันธุ์ฟรีเชี่ยน ที่เลี้ยงในประเทศอังกฤษ จำนวน 895 ระเบียน ระหว่างปี ค.ศ. 1964-1965 โดยวิธีใช้ค่าพารามิเตอร์จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สร้างกราฟแสดงการให้น้ำนม รายงานว่า ลำดับการให้ผลผลิตมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คือลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงสุด รองลงมาได้แก่ ลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 3.62 3.52 และ 3.46 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องรายงานของ Schneeberger (1981) ทำการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมในโคนมพันธุ์บราวน์สวิส รายงานว่า ลำดับการให้ผลผลิตมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 2 และ 3 ลักษณะความคงทนในการให้นมมีค่าเท่ากับ 66.2 55.9 และ 54.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสอดคล้องกับรายงานของ Rowlands และคณะ (1982) ที่รายงานว่า ลำดับการให้ผลผลิตมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทน

ในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงสุด และรายงานของ Ribas และคณะ (1995) ทำการศึกษาลักษณะการให้ผลผลิตของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน จำนวน 10,623 ตัว ที่เลี้ยงในประเทศคิวบา รายงานว่า ลำดับการให้ผลผลิตน้ำนมครั้งที่ 1 มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงสุด และจากการศึกษาของ Govindaiah และคณะ (1996) รายงานว่าโคนมลูกผสมที่เลี้ยงในประเทศอินเดีย ลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 และ 2 มีลักษณะความคงทนในการให้นมเท่ากับ 87.84±0.48 และ 85.60± 0.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการศึกษาของ Tekerli และคณะ (2000) รายงานว่า ลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 จะมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

2.4 จำนวนวันให้นม (Day in milk)

Roughsedge และคณะ (2000) ศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน เฉพาะลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 ที่เลี้ยงในประเทศอังกฤษระหว่างปี ค.ศ. 1996-1998 จำนวน 55,230 ตัว รายงานว่า จำนวนวันให้นมมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kassab (1995) ที่ทำการศึกษาในโคนมพันธุ์ฟรีเชี่ยน ที่เลี้ยงในประเทศอียิปต์ ระหว่างปี ค.ศ. 1977-1987 จำนวน 587 ตัว

2.5 จำนวนวันให้นมถึงวันทดสอบครั้งแรก (Day in milk at first test date)

Schneeberger (1981) ศึกษากราฟแสดงการให้น้ำนมของโคนมพันธุ์บราวน์สวิส ที่เลี้ยงในประเทศสหรัฐอเมริกา ระหว่างปี ค.ศ. 1976-1977 จำนวน 159,541 ระเบียน รายงานว่า จำนวนวันให้นมถึงวันทดสอบครั้งแรกมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Danell (1982) และ Tekerli และคณะ (2000) ที่รายงานว่า จำนวนวันให้นมถึงวันทดสอบครั้งแรกมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ สามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม และปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม ได้แก่ พันธุ์หรือกลุ่มพันธุ์ อายุเมื่อคลอดลูก ลำดับการให้ผลผลิตน้ำนม ปี-ฤดูกาลที่คลอดลูก จำนวนวันให้นม และเขตการ

เลี้ยงโคนม เป็นต้น (Jakobsen et al., 2002; Jamrozik and Schaeffer, 1997; Jamrozik et al.,1997a; Jamrozik et al., 1997b; Jamrozik et al., 2002; Linde et al., 2000; Pool and Meuwissen, 1999; Rekaya et al., 1999; Strabel and Mizstal, 1999; Strabel et al., 2001)

อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบโดยตรงในแต่ละวันทดสอบของแม่โคนม อาทิเช่น อิทธิพลของฝูง-วันทดสอบ (herd-test date, HTD) ระยะตั้งท้องของโคนม จำนวนครั้งที่รีดนม การให้ยา การจัดการฟาร์ม และการจัดการกลุ่มโคนมที่มีระยะการให้นมต่างๆกัน เป็นต้น ปัจจัยดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อลักษณะปริมาณน้ำนมเมื่อวันทดสอบที่เปลี่ยนไป ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะจำแนกได้ยากหากใช้บันทึกการให้ผลผลิตน้ำนมรวมที่ 305 วัน (Jamrozik and Scheaffer, 1997) นอกจากนี้โมเดลส่วนใหญ่ที่ใช้ในการประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะการให้ผลผลิตของโคนมจะใช้อิทธิพลเนื่องจากฝูง-ปีและฤดูกาลที่แม่โคคลอดลูกมาอธิบายลักษณะการให้ผลผลิต แต่การใช้โมเดลบันทึกผลผลิตในวันทดสอบ อิทธิพลของฝูง-ปีและฤดูกาลที่แม่โคคลอดลูก จะถูกแทนด้วยอิทธิพลของฝูง-วันทดสอบ ซึ่งอิทธิพลดังกล่าวสามารถอธิบายอิทธิพลของฝูง-ปีที่ให้ผลผลิตและครอบคลุมถึงฤดูกาลที่ให้ผลผลิตอีกด้วย (Swalve,2000) นั่นคือ โมเดลย่อยของวันให้นมจะถูกซ้อน (nested) อยู่ในอิทธิพลหลักคงที่ เช่น ฤดูกาลที่คลอด (Ptak and Scheaffer ,1993)

ค่าอัตราพันธุกรรม (heritability,h^2)

ค่าอัตราพันธุกรรม เป็นค่าที่ใช้ประมาณความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ โดยคำนวณจากสัดส่วนของความแปรปรวนอันเนื่องมาจากพันธุกรรมต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ หรืออาจจะพิจารณาได้ว่าเป็นค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient) ของความสามารถทางพันธุกรรมต่อลักษณะปรากฏ นั่นคือ

$$b_{G/P} = \frac{COV(G,P)}{V_P} \qquad \text{เมื่อ } COV(GE) = 0$$

สำหรับค่าอัตราพันธุกรรมที่ใช้ในแผนการปรับปรุงพันธุ์สัตว์จะเป็นค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ (heritability in narrow sense) ซึ่งเป็นสัดส่วนของความแปรปรวนอันเนื่องมาจากอิทธิพลแบบบวกสะสมต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ (สมชัย จันทร์สว่าง,2530) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$b_{A/P} = \frac{COV(A,P)}{V_P} = \frac{COV(A,A) + COV(A,D) + COV(A,I) + COV(A,E)}{V_P}$$
$$= \frac{V_A + 0 + 0 + 0}{V_P}$$
$$= h^2 \qquad \text{-----(2.13)}$$

ค่าอัตราพันธุกรรมเป็นคุณสมบัติเฉพาะของลักษณะหนึ่งในประชากรหนึ่งภายใต้สภาพแวดล้อมหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นในการที่จะนำค่าอัตราพันธุกรรมที่ได้จากการประเมินจากประชากรอื่นมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ของอีกประชากรหนึ่งก็จะต้องพิจารณาความคล้ายคลึงของประชากรและสภาพแวดล้อมด้วย (เผดิม รติสุนทร และประดิษฐ์ พงษ์ทองคำ, 2537) นอกจากนี้ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะใดๆเป็นค่าที่ไม่คงที่จะเปลี่ยนแปลงไปตาม กลุ่มของประชากร และวิธีการคำนวณที่แตกต่างกัน ในทางทฤษฎีค่าอัตราพันธุกรรมจะมีตั้งแต่ 0 ถึง 1 (สมชัย จันทร์สว่าง, 2530) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้ ลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมระดับสูง (> 0.5) ค่าอัตราพันธุกรรมระดับปานกลาง (0.2-0.5) และค่าอัตราพันธุกรรมระดับต่ำ (< 0.5) (จันทร์จรัส เรี่ยวเดชะ,2534)

โดยทั่วไปแล้ว อัตราพันธุกรรมของประชากรสัตว์แต่ละกลุ่มจะมีค่าแตกต่างกันออกไป ดังนี้ (Hammond et al.,1992)

. หากประชากรใดเลี้ยงดูในสภาพแวดล้อมที่มีความแปรปรวนมาก ก็จะมีผลทำให้อัตราพันธุกรรมมีค่าต่ำ
. บางครั้งลักษณะเดียวกัน อาจจะแตกย่อยออกเป็น 2 ลักษณะ (หรือมากกว่า) ได้หากประชากรสัตว์ได้รับการเลี้ยงดูในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น ลักษณะการเจริญเติบโตของสัตว์นั้น ในสภาพแวดล้อมอย่างหนึ่ง อาจจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของสัตว์ในการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อ แต่ในสภาพแวดล้อมอีกอย่างหนึ่งอาจจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการกินอาหารของสัตว์ด้วย (เช่น สัตว์อาจจะเติบโตเร็ว เพราะกินอาหารมาก เป็นต้น)
. ประชากรสัตว์แต่ละกลุ่มจะมีองค์ประกอบของยีน และความถี่ของยีนที่แตกต่างกัน ดังนั้น ความแปรปรวนของพันธุกรรมจึงแตกต่างได้ ยิ่งในกลุ่มประชากรที่มีการคัดเลือกพันธุ์ด้วยแล้ว จะมีผลทำให้ความแปรปรวนทางพันธุกรรมจะมีค่าลดลง

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมแตกต่างกัน เนื่องจากวิธีการคำนวณค่าลักษณะความคงทนในการให้นม โมเดลที่ใช้ในการศึกษา และวิธีที่ใช้ประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวน โดยทั่วไปค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมมีค่าต่ำถึงปานกลางตั้งแต่ 0.01 ถึงมากกว่า 0.30 (Gengler,1996) หมายความว่าเป็นลักษณะที่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมมากกว่าอิทธิพลทางพันธุกรรม และจากการตรวจเอกสารค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม Choovatanapagon (1975) ทำการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมลูกผสมที่เลี้ยงในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลลูกร่วมพ่อแต่ต่างแม่ (half-sib analysis) มีค่าเท่ากับ 0.07±0.05 ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานผลการศึกษาในต่างประเทศของ Wood (1968) ทำการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ โดยใช้ข้อมูลลูกร่วมพ่อแต่ต่างแม่ มีค่าเท่ากับ 0.079 และผลการศึกษาของ El-barbary และคณะ (1999) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมมีค่าเท่ากับ 0.08 แต่ต่ำกว่าผลการศึกษาของ Madsen (1975) ได้ทำการประมาณค่าอัตราพันธุกรรม โดยใช้ข้อมูลลูกร่วมพ่อแต่ต่างแม่ มีค่าระหว่าง 0.35 ถึง 0.59 และจากการศึกษาของ Schneeberger (1981) รายงานว่าค่าอัตราพันธุกรรมมีค่าระหว่าง 0.22 ถึง 0.29

แต่รายงานผลงานวิจัยในปัจจุบัน Linde และคณะ (2000) ได้ทำการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมโดยใช้แบบหุ่นตัวสัตว์และโมเดลถดถอยเชิงสุ่ม มีค่าเท่ากับ 0.145 และ 0.151 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Roughsedge และคณะ (2000) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมโดยใช้แบบหุ่นตัวสัตว์ มีค่าเท่ากับ 0.14±0.03 และจากผลการศึกษาของ Jamrokzik และคณะ (2000) ได้ทำการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม มีค่าเท่ากับ 0.34 ซึ่งมีค่าสูงกว่าการศึกษาของ Jakobsen และคณะ (2002) มีค่าระหว่าง 0.14 ถึง 0.24 ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม

เอกสารอ้างอิง	ลักษณะความคงทนในการให้นม[b]	พันธุ์	จำนวน (ระเบียน)	วิธี/โมเดล[c]	h^2
Choovatanapagon (1975)	β	เรดเดนและเรดเดนลูกผสม	1,514	HS/SM	0.07±0.05
El-Barbary และคณะ (1999)	-	ฟรีเซี่ยน	147	-	0.08
Jakobsen และคณะ (2002)	*P1*	แดนิชโฮลสไตน์	64,994	DD/RRM	0.14
	P2				0.24
	P3				0.20
Jamrozik และคณะ (2000)	*P4*	แคนาเดียนเจอร์ซี่	147,346	DD/RRM	0.34
Kassab (1995)	-	ฟรีเซี่ยน	587	-	0.62
Kaygisiz และคณะ (1995)	-	โฮลสไตน์	300	-	0.83±0.15
Linde และคณะ (2000)	β	โฮลสไตน์	2,013,576	DD/AM	0.145
	P1			DD/RRM	0.151
Madsen (1975)[a]	β	-	598	HS/SM	0.40±0.13
	P2:1	-		HS/SM	0.59±0.15
	P3:1	-		HS/SM	0.47±0.14
	TOMAX	-		HS/SM	0.49±0.14
	S	-		HS/SM	0.35±0.13
Rekaya และคณะ (2001)[a]	*S*	โฮลสไตน์	65,677	DD/HN	0.17
Roughsedge และคณะ (2000)	*P3:1*	โฮลสไตน์	55,230	DD/AM	0.14±0.03
	SD3				0.12±0.03
Schneeberger(1981)	*P2:1*	บราวน์สวิส	159,541	HS/SM	0.22±0.01
	P3:1				0.29±0.01
Sharma และ Bhatnagar (1974)	-	ซาฮิวาล	246	HS	0.41±0.17
		เรดซินดี้	108		0.16±0.41
		บราวน์สวิส	68		0.01±0.21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 **(ต่อ)** ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม

เอกสารอ้างอิง	ลักษณะความคงทนในการให้นม[b]	พันธุ์	จำนวน (ระเบียน)	วิธี/โมเดล[c]	h^2
Solkner และ Fuchs (1987) a	*P2:1*	ชิมเมนทอล	39,349	DD/SM	0.14
	P3:1				0.19
	TOMAX2				0.14
	TOMAX3				0.17
	SD2				0.17
	SD3				0.21
Strabel และคณะ (2001)	*P1*	โปลิชแบล็คแอนไวท์	578,599	DD/RRM	0.17
Wood (1968)	*S*	โฮลสไตน์	859	HS/SM	0.079

[a] = วิเคราะห์เฉพาะลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1

[b] $S = -(c+1)\ln b$

β = ค่าพารามิเตอร์ของสมการที่ใช้สร้างกราฟแสดงการให้นม

$P2:1 = \dfrac{\text{ปริมาณน้ำนมช่วงวันที่ } 101-200}{\text{ปริมาณน้ำนมช่วงวันที่ } 1-100} \times 100\%$

$P3:1 = \dfrac{\text{ปริมาณน้ำนมช่วงวันที่ } 201-305}{\text{ปริมาณน้ำนมช่วงวันที่ } 1-100} \times 100\%$

$TOMAX = \dfrac{\text{ปริมาณน้ำนมตลอดระยะการให้นม}}{\text{ปริมาณน้ำนมที่จุดสูงสุด}}$

$TOMAX2 = \dfrac{\text{ปริมาณน้ำนมสูงสุดในช่วงวันให้นมที่ } 1-200}{\text{ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ } 1-200} \times 100\%$

$TOMAX3 = \dfrac{\text{ปริมาณน้ำนมสูงสุดในช่วงวันให้นมที่ } 1-305}{\text{ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ } 1-305} \times 100\%$

SD2 = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำนมของช่วงวันให้นมที่ 101 – 200

SD3 = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณน้ำนมของช่วงวันให้นมที่ 201 – 305

$P1 = (D_{280} - D_{60})$

$P2 = (C3 - C1)$

$P3 = (C3 - T)$

$P4 = (D_{280} - D_{60}) \times 110$

[c] HS = half-sib analysis

DD = regression of offspring analysis

SM = sire model

AM = animal model

RRM = random regression model

HN = hierarchical nonlinear model

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏ (genetic correlation and phenotypic correlation, r_{gg} and r_{pp})

สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (r_{gg}) แสดงความสัมพันธ์ร่วมทางพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ การเกิดสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจาก

. ยีนที่มีตำแหน่งหนึ่งควบคุมมากกว่า 1 ลักษณะ (pleiotropy)
. ยีนหรือกลุ่มของยีนที่ควบคุมลักษณะทั้งสองมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมเดียวกัน (linkage) โดยยีนจะถ่ายทอดไปด้วยกันและจะแยกกันก็ต่อเมื่อเกิดการแลกเปลี่ยนส่วนของโครโมโซม (crossing over)

สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมอาจมีค่าเป็นบวกหรือลบก็ได้ การที่มีค่าเป็นบวกแสดงว่า ความสัมพันธ์ร่วมของอิทธิพลทางพันธุกรรมต่อลักษณะทั้งสอง เป็นแบบสนับสนุนซึ่งกันและกัน (synergistic effect) นั่นคือ การคัดเลือกเพื่อปรับปรุงลักษณะหนึ่งจะทำให้อีกลักษณะหนึ่งดีขึ้นไปด้วย ส่วนการที่มีค่าเป็นลบ แสดงว่า ความสัมพันธ์ร่วมของอิทธิพลจากพันธุกรรมต่อลักษณะทั้งสองเป็นแบบตรงกันข้าม (antagonistic effect) นั่นคือ การคัดเลือกเพื่อปรับปรุงลักษณะหนึ่งจะมีผลทำให้อีกลักษณะหนึ่งเลวลง (สมชัย จันทร์สว่าง,2530)

นอกจากสาเหตุทางพันธุกรรมแล้ว ความสัมพันธ์ของลักษณะสองลักษณะในสัตว์ตัวหนึ่งอาจเกิดจากการที่ได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมือนกันก็ได้ ฉะนั้นการที่ลักษณะปรากฏสองลักษณะในสัตว์ตัวหนึ่งมีความสัมพันธ์กัน เรียกว่า สหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏ (r_{pp}) จะประกอบขึ้นด้วยความสัมพันธ์ร่วมที่มีสาเหตุมาจากพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม

การประมาณค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่ 1 และ 2 สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม, $r_{gg} = \frac{COV\ (g_1 g_2)}{\sqrt{Var\ (g_1)Var\ (g_2)}}$ -----(2.14)

สหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏ, $r_{pp} = \frac{COV\ (p_1 p_2)}{\sqrt{Var\ (p_1)Var\ (p_2)}}$ -----(2.15)

จากการศึกษาของ Bhutia and Pandey (1989) รายงานว่าลักษณะความคงทนในการให้นมมีค่าสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏทางบวกต่อปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน แต่จะมีค่าสหสัมพันธ์ทางลบต่อปริมาณน้ำนม ณ จุดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.01$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ramachandraiah และคณะ (1990) รายงานค่าสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏระหว่างลักษณะความคงทนในการให้นมและปริมาณน้ำนมตลอดระยะการให้นมของลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 0.98 และ 0.66 ตามลำดับ และจากการศึกษาของ Kaysigiz และคณะ (1995) รายงานว่า ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมและปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 มีค่าเท่ากับ 0.82

แต่จากศึกษาของ Zaman และคณะ (1994) รายงานว่า ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และค่าสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏของลักษณะความคงทนในการให้นมและปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 มีค่าเท่ากับ 0.41 และ 0.29 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Prasad และคณะ (1999) รายงานว่า ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมและปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 มีค่าเท่ากับ 0.42

นอกจากนี้จากการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม Jamrozik และคณะ (1997b) รายงานว่า ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะความคงทนในการให้นม *P4 P5* และ *P6* และปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน มีค่าเท่ากับ 0.10 0.55 และ 0.49 ตามลำดับ

คุณค่าการผสมพันธุ์ (expected breeding value, EBV)

คุณค่าการผสมพันธุ์ หรือ อิทธิพลของยีนแบบบวกสะสม เป็นค่าความสามารถทางพันธุกรรมของสัตว์แต่ละตัว ซึ่งเป็นความสามารถทางพันธุกรรมอันเนื่องมาจากอำนาจยีนแบบบวกสะสม และเป็นความสามารถที่ถ่ายทอดจากชั่วหนึ่งไปยังอีกชั่วหนึ่งได้ การที่สัตว์ตัวใดตัวหนึ่งมีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตดีกว่าสัตว์ตัวอื่นในรุ่นเดียวกัน อาจจะเนื่องมาจากสาเหตุพื้นฐาน 2 ประการ คือ

ก. สัตว์ตัวนั้นได้รับการถ่ายทอดพันธุกรรมที่ดีจากบรรพบุรุษ
ข. สัตว์ตัวนั้นได้รับการเลี้ยงดูในสภาพแวดล้อมที่ดีกว่าสัตว์ตัวอื่นๆ

ในการปรับปรุงพันธ์สัตว์ นักปรับปรุงพันธุ์จะให้ความสนใจเป็นพิเศษว่าสัตว์ตัวใดมีพันธุกรรมดีเด่นกว่าตัวอื่น แต่จะให้ความสนใจต่อสภาพแวดล้อมค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะพันธุกรรมเท่านั้นที่สามารถถ่ายทอดได้ แต่เนื่องจากพันธุกรรมของสัตว์แต่ละตัวนั้นเราไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และไม่สามารถวัดได้โดยตรง ดังนั้นเราจึงต้องประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ จากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลของตัวสัตว์เอง ข้อมูลของลูก ข้อมูลจากญาติพี่น้อง และข้อมูลจากบรรพบุรุษ เป็นต้น สำหรับความถูกต้องแม่นยำของคุณค่าการผสมพันธุ์ขึ้นอยู่กับแหล่งข้อมูลและจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการประเมิน (Mrode,1996)

การประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการนมโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม

ปัจจุบันหลายประเทศได้ให้ความสนใจในการประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะการให้ผลผลิตโดยใช้โมเดลบันทึกผลผลิตในวันทดสอบกันอย่างกว้างขวาง และมีการนำมาประยุกต์ใช้เป็นงานประจำ อาทิเช่น ประเทศแคนาดา อิตาลี เนเธอร์แลนด์ ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ เป็นต้น (Jamrozik et al.,2002; Jensen,2001) ซึ่งโมเดลดังกล่าวจะนำบันทึก ผลผลิตในวันทดสอบ มาทำการวิเคราะห์โดยตรง ทำให้สามารถอธิบายอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำนมในวันทดสอบได้ถูกต้องมากกว่าการใช้บันทึกการให้ผลผลิตน้ำนมรวมที่ 305 วัน นอกจากนี้ยังสามารถใช้เปรียบเทียบปริมาณน้ำนมของแม่โคที่อยู่ในกลุ่มอายุเดียวกันหรือทดสอบในเวลาและสภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน ซึ่งส่งผลให้การเปรียบเทียบมีความถูกต้องมากกว่า

และที่สำคัญทุกๆบันทึกของปริมาณน้ำนมในวันทดสอบจะถูกนำไปใช้ประเมินค่าทางพันธุกรรมได้โดยไม่ต้องรอให้แม่โคหยุดรีดนม (Jamrozik and Scheaffer, 1997;Ptak and Schaeffer, 1993)

Schaeffer และ Dekkers (1994) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาโมเดลถดถอยเชิงสุ่มต่อจากโมเดลถดถอยคงที่ โมเดลดังกล่าวมีข้อกำหนดว่า กราฟแสดงการให้นมของโคนมได้รับอิทธิพลเนื่องจากพันธุกรรมและอิทธิพลเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวรแตกต่างกัน จึงส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่ม (random regression coefficient) ของโคนมแต่ละตัวมีค่าแตกต่างกันด้วย สำหรับโมเดลถดถอยเชิงสุ่ม ประกอบด้วยโมเดลถดถอย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ โมเดลถดถอยอิทธิพลคงที่ (fixed regression) จะใช้อธิบายรูปร่างกราฟแสดงการให้นมของโคนมที่มีอายุเมื่อคลอดลูก ปีและฤดูกาลคลอดลูกในกลุ่มเดียวกัน และโมเดลถดถอยอิทธิพลสุ่ม (random regression) จะอธิบายความผันแปรของกราฟแสดงการให้นมของโคนมแต่ละตัว จากประโยชน์ของโมเดลถดถอยอิทธิพลสุ่มทำให้ทราบความแตกต่างของกราฟการให้น้ำนมของโคนมแต่ละตัว จึงทำให้สามารถศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมได้จากการใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่มโดยตรง

รูปแบบของโมเดลถดถอยเชิงสุ่มมีดังนี้

$$Y = HTD + \sum bZ + \sum aZ + \sum pZ + e \qquad \text{-----(2.16)}$$

เมื่อ

Y = ลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ

HTD = อิทธิพลคงที่ของฝูง-วัน-เดือน-ปีที่ทดสอบ

b = สัมประสิทธิ์ถดถอยคงที่ของอิทธิพลคงที่

a = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มของอิทธิพลเนื่องจากตัวสัตว์

p = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มของอิทธิพลของสภาพแวดล้อมถาวร

Z = เมตริกซ์ของตัวแปรร่วมที่เกี่ยวข้องกับวันให้นม ซึ่งใช้อธิบายรูปร่างของกราฟแสดงการให้นม

e = อิทธิพลของความคลาดเคลื่อน

ดังนั้นในการประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ โดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม นอกจากจะได้คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะการให้ผลผลิตแล้ว ยังสามารถคำนวณคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมของแม่โคแต่ละตัวได้ ซึ่ง

ถือว่าเป็นผลพลอยได้จากการใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม (Jakobsen et al.,2002; Jamrozik et al., 1997a; Jamrozik et al., 1997b; Jamrozik et al.,2002; Jensen,2001; Schaeffer et al.,2000; Swalve,2000) ซึ่งมีรูปแบบสมการที่ใช้คำนวณดังต่อไปนี้

$$P1 = \left(D_{280} - D_{60}\right) \quad \text{-----(2.17)}$$

$$P2 = \left(C3 - C1\right) \quad \text{-----(2.18)}$$

$$P3 = \left(C3 - T\right) \quad \text{-----(2.19)}$$

$$P4 = \left(D_{280} - D_{60}\right) \times 110 \quad \text{-----(2.20)}$$

$$P5 = \left(\frac{C3 + f3}{C1 + f1} - \frac{f3}{f1}\right) \times 100 \quad \text{-----(2.21)}$$

$$P6 = \left(\frac{C3 + f3}{T + F} - \frac{f3}{F}\right) \times 100 \quad \text{-----(2.22)}$$

เมื่อ

$P1,...,P6$ = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นม

D_{60} = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบของวันให้นมที่ 60

D_{280} = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบของวันให้นมที่ 280

$C1$ = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 1 ถึง 100

$C3$ = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 201 ถึง 305

T = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมตลอดระยะการให้นมที่ 305 วัน

$f1$ = ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 1 ถึง 100

$f3$ = ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 201 ถึง 305

F = ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมรวมตลอดระยะการให้นมที่ 305 วัน

จากผลการศึกษาของ Jamrozik และ Schaeffer (1997) ได้ทำการประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบและโมเดลถดถอยเชิงสุ่มของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ที่เลี้ยงในประเทศแคนาดา รายงานว่า คุณค่าการผสมพันธุ์ของของลักษณะความคงทนในการให้นมที่วัดโดยใช้วิธี *P4 P5* และ *P6* มีค่าดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งเป็นการแสดงคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์จำนวน 10 ตัว

ตารางที่ 2.2 คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมและปริมาณน้ำนม ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ปริมาณน้ำนมในวันทดสอบและโมเดลถดถอยเชิงสุ่ม

	คุณค่าการผสมพันธุ์						
พ่อพันธุ์	*T*	*C1*	*C2*	*C3*	*P4*	*P5*	*P6*
Aerostar	1539	349	541	649	220	1	2.24
Bandit	1628	445	551	632	126	9	1.73
Eagle	1353	347	496	510	42	8	1.31
Felix	1909	367	705	838	404	18	3.03
Lindy	887	68	334	284	-110	2	0.28
Mascot	1761	387	654	721	208	14	2.26
Prelude	964	323	291	350	-3	3	0.81
Rockie	1240	314	513	414	-74	5	0.58
Sambo	1810	411	726	674	110	11	1.56
Valiant	1429	327	571	532	49	9	1.29

ที่มา: Jamrozik และคณะ (1997b)

หมายเหตุ:

T = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน

$C1$ = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมจากวันให้นมที่ 1 ถึง 100

$C2$ = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมจากวันให้นมที่ 101 ถึง 200

$C3$ = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมจากวันให้นมที่ 201 ถึง 305

$P4 = (D_{280} - D_{60}) \times 110$

$P5 = \left(\frac{C3 + f3}{C1 + f1} - \frac{f3}{f1}\right) \times 100$

$P6 = \left(\frac{C3 + f3}{T + F} - \frac{f3}{F}\right) \times 100$

จากตารางที่ 2.2 แสดงคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์โคนมรายตัว จะเห็นว่า พ่อพันธุ์ชื่อ Felix มีคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นม (*P4*) สูงสุด มีค่าเท่ากับ 404 หมายความว่า พ่อพันธุ์ชื่อ Felix สามารถให้ปริมาณน้ำนมได้มากกว่าค่าเฉลี่ยของฝูง 404 กก. และเมื่อพิจารณาลักษณะความคงทนในการให้นม (*P5*) มีค่าเท่ากับ 18 หมายความว่า อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 201-305 ต่อปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 1-100 มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 18 กิโลกรัม ส่วนลักษณะความคงทนในการให้นม (*P6*) มีค่าเท่ากับ 3.03 หมายความว่า อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 201-305 ต่อปริมาณน้ำนมรวมตลอดระยะการให้นมที่ 305 วันมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย 3.03 กิโลกรัม และเมื่อพิจารณาคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วันของพ่อพันธุ์ตัวดังกล่าว จะเห็นว่าคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วันมีค่าสูงเช่นกัน (เท่ากับ 1909) ในทางตรงข้ามพ่อพันธุ์ Lindy มีคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการนม *P4* *P5* และ *P6* เท่ากับ -110 2 และ 0.28 ตามลำดับ ซึ่งคุณค่าการผสมพันธุ์ที่ได้มีค่าต่ำ และเมื่อพิจารณาคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วันมีค่าต่ำสุด (เท่ากับ 887) ดังนั้นในการคัดเลือกลักษณะความคงทนในการให้นมจะส่งผลให้ปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วันเพิ่มขึ้นด้วย

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมของแต่ละวิธี

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ทำการศึกษาจากแต่ละวิธี เพื่อให้ต้องการทราบว่าคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมที่วัดจากแต่ละวิธีมีความสัมพันธ์แน่นแฟ้นมากน้อยเพียงใด โดยค่าที่ใช้วัดความสัมพันธ์เรียกว่า “สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient)” ซึ่งคุณสมบัติของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีดังนี้ (ไพศาล เหล่าสุวรรณ,2535)

1. เป็นตัวเลขไม่มีหน่วย
2. มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้าตัวแปร 2 ชุดไม่มีความสัมพันธ์กันเลย คือมีค่าโควาเรียนซ์เท่ากับ 0 ดังนั้นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0 แต่ถ้าตัวแปรทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 1
3. สหสัมพันธ์อาจมีค่าเป็น “บวก” หรือ ”ลบ” ก็ได้ เมื่อตัวแปร 2 ชุด เพิ่มด้วยกันก็จะมีค่าเป็น “บวก” แต่ถ้าค่าหนึ่งเพิ่มขึ้นแต่อีกค่าหนึ่งลดลงก็จะมีค่าเป็น “ลบ” ดังนั้นใน

กรณีที่ตัวแปร 2 ชุดมีสหสัมพันธ์ต่อกัน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าอยู่ระหว่าง +1 ถึง -1

สำหรับตัวสถิติที่นิยมนำมาใช้ในการทดสอบได้แก่

1. Pearson correlation coefficient (r) เป็นวิธีการทดสอบสหสัมพันธ์ของตัวแปรโดยข้อมูลต้องมีการกระจายแบบปกติ มีค่าระหว่าง +1 ถึง -1 โดยมีสูตรคำนวณดังต่อไปนี้

$$r = \frac{COV\ (Y_1 Y_2)}{\sqrt{Var\ (Y_1)Var\ (Y_2)}} \qquad \text{-----(2.23)}$$

2. Spearman rank correlation coefficient (r_s) เป็นวิธีการที่ยึดถือลำดับความมากน้อยของข้อมูล โดยจะไม่พิจารณาการกระจายของข้อมูลว่ามีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ ค่าที่คำนวณได้มีค่าระหว่าง +1 ถึง -1 ซึ่งสูตรคำนวณดังต่อไปนี้

$$r_s = 1 - \frac{6(\sum d^2)}{n(n^2 - 1)} \qquad \text{-----(2.24)}$$

เมื่อ

r_s = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

d = ความแตกต่างระหว่างค่าบอกลำดับของคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะที่ 1 (Y_1) และลักษณะที่ 2 (Y_2)

n = จำนวนสัตว์ทั้งหมด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

แหล่งข้อมูลในการศึกษา (data source)

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลการให้ผลผลิตน้ำนมของแม่โคนมรายตัว จากฟาร์มเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดราชบุรี ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2527- 2543 ประกอบด้วย โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน เจอร์ซี่ บราวน์สวิส และโคนมลูกผสมระดับเลือดต่างๆระหว่างโคอินเดีย × โคยุโรป ภายใต้ระบบการเลี้ยงและการจัดการที่เหมือนกันทุกระดับเลือด โดยมีการให้อาหารหยาบและเสริมด้วยอาหารข้นภายในโรงเรือน และเก็บข้อมูลปริมาณน้ำนมจากการรีดนมวันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ในโรงรีดนมด้วยเครื่องรีดนมอัตโนมัติ ข้อมูลปริมาณผลผลิตน้ำนมได้จากการสุ่มเก็บตัวอย่างทดสอบตลอดระยะการให้นมเดือนละครั้ง (monthly) ดังนั้นแต่ละลำดับการให้ผลผลิตจะมีบันทึกผลผลิตในวันทดสอบเฉลี่ย 7-10 ครั้ง

โครงสร้างของข้อมูล (data structure)

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน และปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ ซึ่งปริมาณน้ำนมในวันทดสอบจะเป็นตัวแทนของน้ำหนักน้ำนมที่รีดได้ภายใน 24 ชั่วโมง คือ ตอนเย็น 1 ครั้งและตอนเช้าอีก 1 ครั้ง (am-pm) ส่วนปริมาณน้ำนมรวมตลอดระยะการให้นมรวมที่ 305 วัน จะเป็นปริมาณน้ำนมรวมที่ได้จากแต่ละบันทึกผลผลิตในวันทดสอบซึ่งจะคำนวณโดยใช้วิธี test interval method (TIM) (Sargent et al.,1968) และใช้ข้อมูลเฉพาะการให้น้ำนมที่ 305 วันเท่านั้น ถ้าโคนมให้นมได้ไม่ถึง 305 วันจะใช้ปริมาณผลผลิตน้ำนมที่ให้ได้เป็นค่าการให้นมที่ 305 วัน แต่ถ้าโคนมให้นมเกิน 305 วันจะคิดเพียงแค่ 305 วัน ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงข้อมูลของแม่โคที่ไม่ได้มาตรฐานและมีกราฟการให้นมที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงเข้ามาในการวิเคราะห์ (Schaeffer et al., 2000)

ข้อมูลของโคนมที่นำศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 2 แฟ้มข้อมูลดังนี้

1. แฟ้มข้อมูลพันธุ์ประวัติ (pedigree file)
   - หมายเลขประจำตัวโคนม
   - หมายเลขพ่อพันธุ์โคนม

- หมายเลขแม่พันธุ์โคนม
- วัน เดือน ปีเกิดของโคนม

2. แฟ้มข้อมูลการให้ผลผลิต
   - หมายเลขประจำตัวโคนม
   - ระดับเลือดโคนม
   - วัน เดือน ปีที่คลอดลูก
   - ลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 2 และ 3
   - จำนวนวันให้นม
   - วัน เดือน ปีที่ทดสอบ
   - วัน เดือน ปีที่หยุดรีดนม
   - ข้อมูลลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม ได้แก่ ปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ และปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน

การจัดเตรียมข้อมูลเบื้องต้น (data editing and manipulation)

1. การจัดการข้อมูลเบื้องต้น

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มาจากแม่โคที่คลอดลูกตั้งแต่ลำดับที่ 1 ถึง 3 รวมจำนวนข้อมูลปริมาณน้ำนมในวันทดสอบเริ่มต้นทั้งหมดเท่ากับ 21,090 ระเบียน โดยกำหนดว่าข้อมูลประกอบด้วย

1.1 โคนมต้องมีจำนวนวันให้นมไม่ต่ำกว่า 150 วัน

1.2 โคนมมีอายุเมื่อแม่โคคลอดลูกอยู่ในช่วง 16–80 เดือน

1.3 จำนวนวันหลังคลอดถึงวันทดสอบครั้งแรกอยู่ระหว่างวันที่ 5-45

1.4 จำนวนวันให้นมอยู่ระหว่างวันที่ 5–305 วัน

1.5 ปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วันจะมีค่าอยู่ในช่วง 1,000-8,000 กิโลกรัม

1.6 ปริมาณน้ำนมในวันทดสอบอยู่ระหว่าง 1.8-37 กิโลกรัม

จากเงื่อนไขที่กำหนด พบว่า ลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 3 โคนมให้ปริมาณน้ำนมเฉลี่ยต่อวันสูงสุด มีค่าเท่ากับ 15.25±6.17 กิโลกรัมต่อวัน รองลงมาได้แก่ลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 2 และ 1 มีค่าเท่ากับ 14.37±5.62 กิโลกรัมต่อวันและ 13.07±4.68 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ส่วน

จำนวนข้อมูลของปริมาณน้ำนมในวันทดสอบเท่ากับ 10,415 ระเบียน จากแม่โคนมจำนวน 645 ตัว และพ่อโคนมจำนวน 125 ตัว หรือมีสัตว์อยู่ในแฟ้มข้อมูลพันธุ์ประวัติทั้งหมดจำนวน 965 ตัว ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนวันให้นม และปริมาณน้ำนมในวันทดสอบที่ใช้ในการวิเคราะห์ของลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 ถึง 3 (mean±SD)

ครั้งที่ทำการทดสอบ	จำนวนวันให้นม (วัน)	ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัม)		
		ลำดับการให้ผลผลิตที่ 1	ลำดับการให้ผลผลิตที่ 2	ลำดับการให้ผลผลิตที่ 3
1	19.99±10.01	14.90±4.86	17.98±5.81	18.69±5.56
2	50.01±10.46	16.40±4.47	18.48±5.49	22.23±5.68
3	80.21±10.51	15.50±4.51	17.25±5.08	18.47±5.51
4	110.36±10.87	14.40±4.22	16.41±4.93	17.24±5.17
5	140.38±11.20	13.23±4.10	14.69±4.58	15.18±4.77
6	170.67±11.38	12.37±4.00	13.48±4.49	13.79±4.68
7	200.65±12.06	11.51±3.86	12.23±4.18	12.53±4.61
8	230.67±12.32	10.83±3.75	11.00±3.89	11.62±4.50
9	260.19±12.83	10.15±3.52	10.32±3.77	10.39±4.05
10	287.83±11.70	9.57±3.34	9.29±3.39	9.74±3.74
รวม	147.11±84.75	13.07±4.68	14.37±5.62	15.25±6.17

ตารางที่ 3.2 จำนวนแม่โคนม ค่าเฉลี่ยจำนวนบันทึกผลผลิตในวันทดสอบต่อแม่โคนม และจำนวนบันทึกผลผลิตในวันทดสอบทั้งหมด

ลำดับการให้ผลผลิต	1	2	3
จำนวนแม่โคนม (ตัว)	645	364	175
จำนวนบันทึกผลผลิตในวันทดสอบทั้งหมด (ระเบียน)	5,717	3,205	1,493
ค่าเฉลี่ยจำนวนบันทึกผลผลิตในวันทดสอบทั้งหมด (ระเบียน/ตัว)	8.9	8.8	8.5

2. การคำนวณค่าลักษณะความคงทนในการให้นม

ลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมรายตัว ได้จากการนำข้อมูลปริมาณน้ำนมในวันทดสอบที่บันทึก และจำนวนวันให้นมในวันทดสอบ (day in milk at recording) มาใช้ในการคำนวณค่าความคงทนในการให้นม โดยใช้คำสั่ง PROC REG จากโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS,1998) ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการคำนวณค่าความคงทนในการให้นมโดย

1. วิธีการใช้ค่าพารามิเตอร์จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สร้างกราฟแสดงการให้น้ำนม
2. วิธีการใช้ค่าอัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วง

1. วิธีการใช้ค่าพารามิเตอร์จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สร้างกราฟแสดงการให้น้ำนม

การศึกษาครั้งนี้ใช้สมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สร้างกราฟแสดงการให้นมของ Wilmink (1987) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ และนำค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้เป็นค่าลักษณะความคงทนในการให้นมต่อไป ซึ่งมีรูปแบบสมการดังต่อไปนี้

$$Y_t = a + b \times t + c \times exp^{-0.05t} \qquad \text{-----(3.1)}$$

เมื่อ

Y_t = ปริมาณน้ำนมเฉลี่ยต่อวันในเวลาที่ t

a = ปริมาณน้ำนมเริ่มต้นที่เวลา t =0

b = อัตราการลดลงของปริมาณน้ำนมหลังจุดสูงสุด

c = อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำนมก่อนจุดสูงสุด

exp = ฟังก์ชั่นเอกซ์โปเนนเชียล

จากสมการ (3.1) ค่าพารามิเตอร์ b หรือค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยนำมาคำนวณค่าความคงทนในการให้นมได้ดังนี้

$$\text{persistency } (\beta) = b \qquad \text{------(3.2)}$$

2. วิธีการใช้ค่าอัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วง

การใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วงของการให้นมเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นม ทั้งนี้เนื่องจากสามารถอธิบายอัตราการลดลงของปริมาณน้ำนมแต่ละช่วงของการให้นมได้ (Madsen,1975; Solkner and Fuchs,1987; Roughsedge et

al.,2000) โดยจะแบ่งระยะการให้นมออกเป็น 3 ช่วง คือ 1) ช่วงวันให้นมระหว่างวันที่ 1-100 2) ช่วงวันให้นมระหว่างวันที่ 101-200 และ 3) ช่วงวันให้นมระหว่างวันที่ 201-305 จากนั้นนำค่าปริมาณน้ำนมรวมของการให้นมแต่ช่วงมาใช้ในการคำนวณค่าความคงทนในการให้นมต่อไป

วิธีใช้ค่าปริมาณน้ำนมรวมในช่วงวันให้นมที่ 201-305 ต่อปริมาณน้ำนมรวมในช่วงวันให้นมที่ 1-100 สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P3{:}1 = \frac{\text{ปริมาณน้ำนมรวมช่วงวันให้นมที่ } 201 - 305}{\text{ปริมาณน้ำนมรวมช่วงวันให้นมที่ } 1 - 100} \times 100\% \quad \text{------(3.3)}$$

วิธีใช้ค่าปริมาณน้ำนมรวมในช่วงวันให้นมที่ 201-305 ต่อปริมาณน้ำนมรวมตลอดระยะการให้นม 305 วัน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P3{:}T = \frac{\text{ปริมาณน้ำนมรวมช่วงวันให้นมที่ } 201 - 305}{\text{ปริมาณน้ำนมรวมตลอดระยะการให้นม } 305 \text{ วัน}} \times 100\% \quad \text{------(3.4)}$$

3. การจำแนกอิทธิพลของปัจจัยคงที่

จากข้อมูลของลักษณะที่นำมาศึกษามีปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อการแสดงออกของลักษณะ จึงมีการจำแนกอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ สำหรับปัจจัยที่กำหนดให้เป็นปัจจัยคงที่ต่อลักษณะที่ทำการศึกษา มีดังนี้

3.1 ปีที่แม่คลอดลูก

3.2 วัน เดือน ปีที่ทำการทดสอบ

3.3 ฤดูกาลที่แม่โคคลอดลูก จำแนกตามค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของแต่ละเดือนที่ตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา (2544) จังหวัดราชบุรี สามารถแบ่งได้เป็น 3 ช่วงคือ

- เดือนมีนาคม – พฤษภาคม มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน 76.5 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 35.7 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 43.1 เปอร์เซ็นต์ เป็น *ฤดูร้อน*

- เดือนมิถุนายน – ตุลาคม มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน 108.8 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 32.8 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 58.0 เปอร์เซ็นต์ เป็น *ฤดูฝน*

- เดือนพฤศจิกายน – กุมภาพันธ์ มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน 21.7 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 31.8 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 45.6 เปอร์เซ็นต์ เป็น *ฤดูหนาว*

3.4 ลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1, 2 และ 3

3.5 กลุ่มพันธุ์ จากการแบ่งกลุ่มพันธุ์โดยการจำแนกตามระดับเลือดโคยุโรป สำหรับการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งกลุ่มพันธุ์ออกเป็น 5 กลุ่ม โดยจะรวมโคนมที่มีระดับเลือดโคยุโรปน้อยกว่า 62.50 เปอร์เซ็นต์ ไว้ในกลุ่มเดียวกันเช่นเดียวกับการศึกษาของ สายัณห์ บัวบาน (2543) โดยโคนมที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีระดับเลือดสูงกว่า 87.50 เปอร์เซ็นต์ มีข้อมูลจำนวน 7,741 ระเบียน ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยจำแนกกลุ่มพันธุ์ตามระดับเลือดโคยุโรป

กลุ่มพันธุ์	ระดับเลือดโคยุโรป (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนข้อมูล (ระเบียน)	
		ลักษณะความคงทนในการให้นม	ลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ
1	100	140	1,238
2	87.50 - 100	739	6,503
3	75.00 - 87.50	180	1,596
4	62.50 - 75.00	105	914
5	น้อยกว่า 62.50	20	164
	รวม	1,184	10,415

4. การตรวจสอบการกระจายของข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลที่เก็บมาจากภาคสนาม (field data) จำนวนข้อมูลในแต่ชั้นของอิทธิพลต่างๆมีจำนวนไม่เท่ากัน และสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อลักษณะที่ใช้ในการศึกษา เมื่อทำการทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วยชุดคำสั่ง PROC UNIVARIATE NORMAL PLOT จากโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS,1998) พบว่า การกระจายของลักษณะความคงทนในการให้นมทั้ง 3 ค่า (β, *P3:1* และ *P3:T*) และลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ มีการกระจายแบบปกติ (normal distribution)

โมเดลสำหรับการวิเคราะห์ (model analysis)

1. โมเดลที่ใช้วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะที่ทำการศึกษา

ข้อมูลที่นำมาศึกษามีปัจจัยทางด้านพันธุกรรม และสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อลักษณะที่ศึกษาแตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งได้เป็นอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่ม

1.1 สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะความคงทนในการให้นม ซึ่งวัดโดยวิธีใช้ค่าพารามิเตอร์จากสมการทางคณิตศาสตร์ของกราฟแสดงการให้นมคือ β และวิธีใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วงของการให้นมคือ *P3:1* และ *P3:T*

$$Y_{ijklm} = \mu + YS_i + BG_j + LACT_k + b_1 AGE_{ijklm} + b_2 AGE^2_{ijklm} + b_3 DIM_{ijklm} + b_4 FTD_{ijklm} + An_l + e_{ijklm} \quad \text{------(3.5)}$$

เมื่อ

Y_{ijklm} = ค่าสังเกตของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ทำการศึกษา ได้แก่ β, *P3:1* และ *P3:T* ที่ m ของสัตว์ตัวที่ l ที่ได้รับอิทธิพลจากปี-ฤดูกาลคลอดที่ i กลุ่มพันธุ์ที่ j และลำดับการให้ผลผลิตที่ k

μ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกลักษณะที่ศึกษา

YS_i = อิทธิพลคงที่ของปี-ฤดูกาลคลอดที่ i (i=1,2,…,43)

BG_j = อิทธิพลคงที่ของกลุ่มพันธุ์ที่ j (j=1,2,…,5)

$LACT_k$ = อิทธิพลคงที่ของลำดับการให้ผลผลิตที่ k (k=1,2,3)

$b_1 AGE_{ijklm}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรงของอายุเมื่อคลอดลูก (วัน)

$b_2 AGE^2_{ijklm}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นโค้งของอายุเมื่อคลอดลูก (วัน)

$b_3 DIM_{ijklm}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรงของจำนวนวันให้นม (วัน)

$b_4 FTD_{ijklm}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรงของจำนวนวันให้นมจนถึงวันทดสอบครั้งแรก (วัน)

An_l = อิทธิพลสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์ที่ l โดยที่ $An_l \sim NID(0, \sigma_a^2)$

e_{ijklm} = อิทธิพลสุ่มอื่นๆที่ค่าสังเกตได้รับ โดยที่ $e_{ijklm} \sim NID(0, \sigma_e^2)$

1.2 สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ

$$Y_{ijkl} = \mu + HTDP_i + BG_j + b_1 AGE_{ijkl} + b_2 AGE^2_{ijkl} + b_3 DIR_{ijkl} + b_4 FTD_{ijkl} + An_k + e_{ijkl} \quad \text{------(3.6)}$$

เมื่อ

Y_{ijkl} = ค่าสังเกตของบันทึกผลผลิตในวันทดสอบที่ l ของสัตว์ตัวที่ k ที่ได้รับอิทธิพลจากวัน-เดือน-ปีที่ทดสอบและลำดับการให้ผลผลิตที่ i และกลุ่มพันธุ์ที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกลักษณะที่ศึกษา

$HTDP_i$ = อิทธิพลคงที่ของฝูง-วัน-เดือน-ปีที่ทดสอบและลำดับการให้ผลผลิตที่ i (i=1,2,…,794)

BG_j = อิทธิพลคงที่ของกลุ่มพันธุ์ที่ j (j=1,2,…,5)

$b_1 AGE_{ijkl}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรงของอายุเมื่อคลอดลูก (วัน)

$b_2 AGE^2_{ijkl}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นโค้งของอายุเมื่อคลอดลูก (วัน)

$b_3 DIR_{ijkl}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรงของจำนวนวันให้นมในวันทดสอบ (วัน)

$b_4 FTD_{ijkl}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรงของจำนวนวันให้นมจนถึงวันทดสอบครั้งแรก (วัน)

An_k = อิทธิพลสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์ที่ k โดยที่ $An_k \sim NID(0, \sigma_a^2)$

e_{ijkl} = อิทธิพลสุ่มอื่นๆที่ค่าสังเกตได้รับ โดยที่ $e_{ijkl} \sim NID(0, \sigma_e^2)$

2. โมเดลที่ใช้วิเคราะห์ทางพันธุกรรมของแต่ละลักษณะที่ทำการศึกษา

2.1 สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะความคงทนในการให้นม ซึ่งวัดโดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากสมการทางคณิตศาสตร์ของกราฟแสดงการให้นมคือ β และวิธีใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วงของการให้นมคือ *P3:1* และ *P3:T*

$$Y_{ijklm} = \mu + YS_i + BG_j + LACT_k + b_1 AGE_{ijklm} + b_2 AGE^2_{ijklm} + b_3 DIM_{ijklm} + b_4 FTD_{ijklm} + An_l + p_l + e_{ijklm} \quad \text{------}$$

(3.7)

เมื่อ

Y_{ijklm} = ค่าสังเกตของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ทำการศึกษา ได้แก่ β, *P3:1* และ *P3:T* ที่ m ของสัตว์ตัวที่ I ที่ได้รับอิทธิพลจากปี-ฤดูกาลคลอดที่ i กลุ่มพันธุ์ที่ j และลำดับการให้ผลผลิตที่ k

μ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกลักษณะที่ศึกษา

YS_i = อิทธิพลคงที่ของปี-ฤดูกาลคลอดที่ i (i=1,2,…,43)

BG_j = อิทธิพลคงที่ของกลุ่มพันธุ์ที่ j (j=1,2,…,5)

$LACT_k$ = อิทธิพลคงที่ของลำดับการให้ผลผลิตที่ k (k=1,2,3)

$b_1 AGE_{ijklm}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรงของอายุเมื่อคลอดลูก (วัน)

$b_2 AGE^2_{ijklm}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นโค้งของอายุเมื่อคลอดลูก (วัน)

$b_3 DIM_{ijklm}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรงของจำนวนวันให้นม (วัน)

$b_4 FTD_{ijklm}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรงของจำนวนวันให้นมจนถึงวันทดสอบครั้งแรก (วัน)

An_l = อิทธิพลสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์ที่ I โดยที่ $An_l \sim NID(0,\sigma_a^2)$

p_l = อิทธิพลสุ่มเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวรของสัตว์ตัวที่ I โดยที่ $p_l \sim NID(0,\sigma_{pe}^2)$

e_{ijklm} = อิทธิพลสุ่มอื่นๆที่ค่าสังเกตได้รับ โดยที่ $e_{ijklm} \sim NID(0,\sigma_e^2)$

โดยมีโมเดลในรูปทั่วไปได้ดังนี้ (Mrode,1996)

$$Y_i = X_i b_i + Z_i a_i + W_i p_i + e_i \qquad \text{------(3.8)}$$

หรืออาจเขียนให้อยู่ในรูปดังนี้

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 & 0 \\ 0 & X_2 & 0 \\ 0 & 0 & X_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 & 0 \\ 0 & Z_2 & 0 \\ 0 & 0 & Z_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} W_1 & 0 & 0 \\ 0 & W_2 & 0 \\ 0 & 0 & W_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} \qquad \text{-----(3.9)}$$

เมื่อ

$Y_i = Y_1, Y_2, Y_3$ = เวคเตอร์ค่าสังเกตของลักษณะความ

คงทนในการให้นม β, *P3:1* และ *P3:T*

$X_i = X_1, X_2, X_3$ = เมตริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับอิทธิพลคงที่

$Z_i = Z_1, Z_2, Z_3$ = เมตริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับอิทธิพลสุ่ม

$W_i = W_1, W_2, W_3$ = เมตริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับอิทธิพลเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวร

$b_i = b_1, b_2, b_3$ = เวคเตอร์ของอิทธิพลคงที่ที่ไม่ทราบค่า

$a_i = a_1, a_2, a_3$ = เวคเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์ที่ไม่ทราบค่า

$p_i = p_1, p_2, p_3$ = เวคเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวรที่ไม่ทราบค่า

$e_i = e_1, e_2, e_3$ = เวคเตอร์ของค่าความคลาดเคลื่อน

ซึ่งสามารถเขียนเป็น Mixed Model Equation ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z & X'R^{-1}W \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z+G^{-1}\times A^{-1} & Z'R^{-1}W \\ W'R^{-1}X & W'R^{-1}Z & W'R^{-1}W+Ik \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \\ \hat{p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}Y \\ X'R^{-1}Z \\ X'R^{-1}W \end{bmatrix}$$

เมื่อ $k = 1/\sigma_p^2$ และ σ_p^2 กำหนดให้มีความผันแปรตลอดระยะการให้นม

โดยมีความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมดังนี้

$$Var\begin{bmatrix} a_i \\ a_j \\ a_k \\ p_i \\ p_j \\ p_k \\ e_i \\ e_j \\ e_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_{ai}^2 & A\sigma_{aij} & A\sigma_{aik} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ A\sigma_{aji} & A\sigma_{aj}^2 & A\sigma_{ajk} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ A\sigma_{aki} & A\sigma_{akj} & A\sigma_{ak}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_{pi}^2 & I\sigma_{pij} & I\sigma_{pik} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_{pji} & I\sigma_{pj}^2 & I\sigma_{pjk} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_{pki} & I\sigma_{pkj} & I\sigma_{pk}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_{ei}^2 & I\sigma_{eij} & I\sigma_{eik} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_{eji} & I\sigma_{ej}^2 & I\sigma_{ejk} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_{eki} & I\sigma_{ekj} & I\sigma_{ek}^2 \end{bmatrix}$$

เมื่อ

A = เมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวสัตว์

I = เมตริกซ์เอกลักษณ์

และความแปรปรวนร่วมระหว่างพันธุกรรมและความคลาดเคลื่อน = 0

2.2 สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ

$$Y_{ijkl} = \mu + HTDP_i + BG_j + b_1 AGE_{ijkl} + b_2 AGE^2_{ijkl} + b_3 FTD_{ijkl} + \sum_{m=4}^{6} b_m Z_{klm} + \sum_{m=4}^{6} a_{km} Z_{klm} + \sum_{m=4}^{6} p_{km} Z_{klm} + e_{ijkl} \quad \text{------(3.10)}$$

เมื่อ

Y_{ijkl} = ค่าสังเกตของบันทึกผลผลิตในวันทดสอบที่ l ของสัตว์ตัวที่ k ที่ได้รับอิทธิพลจากวัน-เดือน-ปีที่ทดสอบและลำดับการให้ผลผลิตที่ i และกลุ่มพันธุ์ที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกลักษณะที่ศึกษา

$HTDP_i$ = อิทธิพลคงที่ของฝูง-วัน-เดือน-ปีที่ทดสอบและลำดับการให้ผลผลิตที่ i (i=1,2,…,794)

BG_j = อิทธิพลคงที่ของกลุ่มพันธุ์ที่ j (j=1,2,…,5)

$b_1 AGE_{ijkl}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรงของอายุเมื่อคลอดลูก (วัน)

$b_2 AGE^2_{ijkl}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นโค้งของอายุเมื่อคลอดลูก (วัน)

$b_3 FTD_{ijkl}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรงของจำนวนวันให้นมจนถึงวันทดสอบครั้งแรก (วัน)

Z_{klm} = เวคเตอร์ตัวแปรร่วมที่เกี่ยวข้องกับวันให้นม ซึ่งใช้ในการอธิบายรูปร่างของกราฟการให้นมของสัตว์ตัวที่ k โดยมีตัวแปรร่วมตามฟังก์ชั่นของ Wilmink (1987) คือ

$$Z_{kl4} = 1$$
$$Z_{kl5} = t$$
$$Z_{kl6} = exp^{-0.05t}$$

เมื่อ t = วันที่ให้นม

b_m = สัมประสิทธิ์ถดถอยคงที่ที่ m

a_{km} = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรมที่ m ของสัตว์ตัวที่ k

p_{km} = สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวรที่ m ของสัตว์ตัวที่ k

e_{ijkl} = อิทธิพลสุ่มอื่นๆที่ค่าสังเกตได้รับ โดยที่ $e_{ijkl} \sim NID(0, \sigma^2_e)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สามารถเขียนเป็นโมเดลในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$Y = Xb + Za + Wp + e \qquad \text{------(3.11)}$$

โดยมีข้อกำหนดว่า

$$\begin{bmatrix} a \\ p \\ e \end{bmatrix} \sim N(0, V)$$

ซึ่งมี

$$V = \begin{bmatrix} G \otimes A & 0 & 0 \\ 0 & P \otimes I & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

และสามารถเขียนเป็น Mixed Model Equation ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W \\ Z'X & Z'Z + G^{-1} \otimes A^{-1} & Z'W \\ W'X & W'Z & W'W + I \otimes P^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \\ \hat{p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'Y \\ Z'Y \\ W'Y \end{bmatrix} \qquad \text{------(3.12)}$$

โดยที่

A = เมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวสัตว์

G = เมตริกซ์ความแปรปรวนและแปรปรวนร่วมระหว่างสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรม ซึ่งกำหนดให้สัตว์ทุกตัวมีค่าเท่ากัน

I = เมตริกซ์เอกลักษณ์

P = เมตริกซ์ความแปรปรวนและแปรปรวนร่วมระหว่างสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวร ซึ่งกำหนดให้สัตว์ทุกตัวมีค่าเท่ากัน

W = เมตริกซ์ปรากฏที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับปัจจัยสุ่มเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวร

Y = เวคเตอร์ของค่าสังเกต

X = เมตริกซ์ปรากฏที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับปัจจัยคงที่

Z = เมตริกซ์ปรากฏที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับปัจจัยสุ่ม

a = เวคเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์ หรือ เวคเตอร์สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์ โดยที่ $a \sim NID(0, A\sigma_a^2)$

b = เวคเตอร์ของอิทธิพลคงที่ที่ไม่ทราบค่า

p = เวคเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวร หรือ เวคเตอร์สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวร โดยที่ $p \sim NID(0, I\sigma_{pe}^2)$

e = เวคเตอร์ของความคลาดเคลื่อน โดยที่ $e \sim NID(0, I\sigma_e^2)$

σ_a^2 = ค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม

σ_{pe}^2 = ค่าความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมถาวร

σ_e^2 = ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

$\otimes$ = kronecker product function (Searl,1982)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการวิเคราะห์ (Analysis Methods)

1. การวิเคราะห์อิทธิพลที่มีผลต่อลักษณะที่ทำการศึกษา

การศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นม ซึ่งวัดโดยใช้ค่าพารามิเตอร์จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สร้างกราฟแสดงการให้น้ำนม คือ β และวิธีใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วงของการให้นมคือ *P3:1* และ *P3:T* ซึ่งข้อมูลที่นำมาศึกษาจะมีปัจจัยทั้งทางด้านพันธุกรรมและทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อลักษณะความคงทนในการให้นม โดยกำหนดให้ทุกอิทธิพลเป็นอิทธิพลคงที่ ยกเว้นอิทธิพลเนื่องจากตัวสัตว์ และค่าความคลาดเคลื่อนกำหนดให้เป็นอิทธิพลสุ่ม แล้วทำการวิเคราะห์ทีละลักษณะ ด้วยชุดคำสั่ง PROC MIXED จากโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS,1998) ซึ่งใช้โมเดลวิเคราะห์จากสมการ (3.5) แต่สำหรับการวิเคราะห์อิทธิพลที่มีผลต่อปริมาณน้ำนมในวันทดสอบจะใช้โมเดลในสมการ (3.6)

2. การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม (estimation of genetic parameters)

2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะความคงทนในการให้นม ได้แก่ β *P3:1* และ *P3:T* และลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในการประมาณค่าอัตราพันธุกรรม ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ค่าสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏ และประเมินค่าทางพันธุกรรม ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี REML จากโปรแกรมสำเร็จรูป REMLF90 (Misztal,1999) โดยจะทำการวิเคราะห์ 3 ลักษณะพร้อมกัน (multivariate analysis) จากสมการ (3.7) ส่วนลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบจะทำการวิเคราะห์ครั้งละลักษณะ (univariate analysis) จากสมการ (3.10)

สำหรับการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนจากสมการ (3.10) ค่าที่ประมาณได้จะไม่ใช่ค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic variance) ของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบโดยตรง แต่ค่าที่ได้จะเป็นค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรม (genetic (co)variance for random regression coefficient) (Jamrozik et al., 1997) ค่าที่ได้จะต้องนำไปคำนวณต่ออีกครั้ง เพื่อให้ได้ค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบในแต่ละวันทดสอบสำหรับวันให้

นมวันที่ 5 ถึง 305 โดยอาศัยเวคเตอร์ตัวแปรร่วมจากฟังก์ชั่นของ Wilmink (1987) มาใช้ในการคำนวณตามวิธีการของ Jamrozik และ Schaeffer (1997) กำหนดให้ t คือวันให้นมใดๆในระยะการให้นม 305 วัน

โดย

$$Z_t' = [\,1 \quad t \quad exp^{-0.05t}\,] \qquad \text{------(3.13)}$$

ดังนั้นการประมาณค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรมของปริมาณน้ำนมในวันทดสอบที่ t สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\sigma^2_{G(t)} = Z_t' \hat{G} Z_t \qquad \text{------(3.14)}$$

นอกจากนี้ถ้าต้องการประมาณค่าความแปรปรวนร่วมทางพันธุกรรมระหว่างวันทดสอบที่ t และ s สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\sigma^2_{G(t,s)} = Z_t' \hat{G} Z_s \qquad \text{------(3.15)}$$

เมื่อ $\hat{G}$ คือ เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรม

การประมาณค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรมของปริมาณน้ำนมในวันทดสอบที่ 60 และ 280 สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\sigma^2_{G(60)} = Z'_{60} \hat{G} Z_{60} \qquad \text{------(3.16)}$$

และ

$$\sigma^2_{G(280)} = Z'_{280} \hat{G} Z_{280} \qquad \text{------(3.17)}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 ค่าอัตราพันธุกรรม

จากค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ประมาณได้จะนำไปใช้ในการประมาณค่าอัตราพันธุกรรม ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังต่อไปนี้

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_p^2 + \sigma_e^2} \qquad \text{——(3.18)}$$

2.3 ค่าอัตราซ้ำ

จากค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ประมาณได้จะนำไปใช้ในการประมาณค่าอัตราซ้ำ ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังต่อไปนี้

$$r = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_p^2}{\sigma_a^2 + \sigma_p^2 + \sigma_e^2} \qquad \text{------(3.19)}$$

2.4 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏ

จากค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ได้จากการวิเคราะห์ สามารถหาค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏ ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม , $r_{gg} = \frac{COV\ (g_1 g_2)}{\sqrt{Var\ (g_1) Var\ (g_2)}}$ -----(3.20)

สหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏ , $r_{pp} = \frac{COV\ (p_1 p_2)}{\sqrt{Var\ (p_1) Var\ (p_2)}}$ -----(3.21)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การประเมินค่าทางพันธุกรรม

ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะความคงทนในการให้นม (β *P3:1* และ *P3:T*) ที่ประมาณจากสมการ (3.7) จะนำไปใช้ประเมินค่าทางพันธุกรรมโดยวิธี BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) ได้โดยตรงจากโปรแกรมสำเร็จรูป REMLF90 (Misztal,1999)

สำหรับค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่วิเคราะห์ได้จากโมเดลถดถอยเชิงสุ่ม หรือสมการ (3.10) เป็นค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มของคุณค่าการผสมพันธุ์ (EBV of random regression coefficient) เท่านั้นไม่ใช่คุณค่าการผสมพันธุ์โดยตรง ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มของคุณค่าการผสมพันธุ์ไม่สามารถใช้ในการจัดลำดับหรือใช้คัดเลือกสัตว์ได้โดยตรง แต่จะใช้ประกอบการตัดสินใจคัดเลือกเท่านั้น (Jamrozik et al., 1997b) สำหรับการคำนวณคุณค่าการผสมพันธุ์มีวิธีการดังนี้

กำหนดให้สัตว์ตัวที่ k มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มของคุณค่าการผสมพันธุ์ดังนี้

$$\hat{a}_k' = \begin{bmatrix} \hat{a}_{4k} & \hat{a}_{5k} & \hat{a}_{6k} \end{bmatrix} \qquad \text{------(3.22)}$$

ดังนั้นคุณค่าการผสมพันธุ์ของปริมาณน้ำนมสัตว์ตัวที่ k ของวันให้นมที่ t (D_t) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$D_t = \hat{a}_{4k} + \hat{a}_{5k} t + \hat{a}_{6k}\, exp^{-0.05t} \qquad \text{------(3.23)}$$

การคำนวณคุณค่าการผสมพันธุ์ของปริมาณน้ำนมตลอดระยะการให้นมที่ 305 วัน สามารถคำนวณได้โดยรวมคุณค่าการผสมพันธุ์ตั้งแต่วันให้นมที่ 1 จนกระทั่งถึงวันให้นมที่ 305 ดังนี้

$$\begin{aligned} T &= \sum_{t=1}^{305} D_t \\ &= \sum_{1}^{305} \left[\hat{a}_{4k} + \hat{a}_{5k} t + \hat{a}_{6k}\, exp^{-0.05t} \right] \\ &= \left[\sum_{t=1}^{305} 1 \right] \hat{a}_{4k} + \left[\sum_{t=1}^{305} t \right] \hat{a}_{5k} + \left[\sum_{t=1}^{305} exp^{-0.05t} \right] \hat{a}_{6k} \\ &= \begin{bmatrix} 305 & 46,665 & 19.5042 \end{bmatrix} \hat{a}_k \qquad \text{------(3.24)} \end{aligned}$$

หรือจะใช้คำนวณค่า ของปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วงของการให้นม สามารถหาได้โดย

$$C1 = \sum_{t=1}^{100} D_t \qquad \text{------(3.25)}$$
$$= \begin{bmatrix} 100 & 5{,}050 & 19.3728 \end{bmatrix} \hat{a}_k$$
$$C2 = \sum_{t=101}^{200} D_t \qquad \text{------(3.26)}$$
$$= \begin{bmatrix} 100 & 15{,}050 & 0.1305 \end{bmatrix} \hat{a}_k$$
$$C3 = \sum_{t=201}^{305} D_t \qquad \text{------(3.27)}$$
$$= \begin{bmatrix} 105 & 26{,}565 & 0.0009 \end{bmatrix} \hat{a}_k$$

สำหรับโมเดลถดถอยเชิงสุ่ม ที่ใช้ในการประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนม สามารถอธิบายกราฟแสดงการให้ผลผลิตน้ำนมของโคแต่ละตัวได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้คำนวณค่าความคงทนในการให้นมของโคนมแต่ละตัว หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าความคงทนในการให้นมของโคนมเป็นผลพลอยได้จากการใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม และค่าที่ได้จะเป็นคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นม (Swalve,2000) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้ (Jakobsen et al., 2002)

P1 คือ ความแตกต่างของคุณค่าการผสมพันธุ์ ณ วันให้นมที่ 280 และ 60

$$P1 = \left(D_{280} - D_{60}\right) \qquad \text{-----(3.28)}$$

P2 คือ ความแตกต่างของคุณค่าการผสมพันธุ์ของปริมาณน้ำนมระหว่างวันที่ 1-100 และ 201-305

$$P2 = \left(C3 - C1\right) \qquad \text{-----(3.29)}$$

P3 คือ ความแตกต่างของคุณค่าการผสมพันธุ์ของปริมาณน้ำนมระหว่างวันที่ 201-305 และปริมาณน้ำนมรวม 305 วัน

$$P3 = \left(C3 - T\right) \qquad \text{------(3.30)}$$

4. หาความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นม

วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมที่วิเคราะห์โดยใช้โมเดลแบบหุ่นตัวสัตว์และจากโมเดลถดถอยเชิงสุ่ม ซึ่งได้แก่ β *P3:1 P3:T P1 P2 และ P3* โดยใช้วิธี

4.1 Pearson correlation coefficient เพื่อวิเคราะห์หาสหสัมพันธ์ของคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมในแต่ละวิธีโดยวิธีในสมการ (2.23)

4.2 Spearman rank correlation coefficient เพื่อวิเคราะห์หาสหสัมพันธ์ของลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมในแต่ละวิธี (สายัณห์ บัวบาน,2545) โดยวิธีในสมการ (2.24)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

1.1 ค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของลักษณะที่ศึกษา

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ พบว่า ปริมาณน้ำนมในวันทดสอบจะมีค่าสูงสุดในช่วงวันทดสอบครั้งที่ 1 หรือวันให้นมที่ 50-60 มีค่าเท่ากับ 16.40±4.47 18.48±5.49 และ 22.23±5.68 กิโลกรัมในลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ และหลังจากนั้นปริมาณน้ำนมมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงช่วงท้ายของการให้นม โดยลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 ปริมาณน้ำนมจะลดลงจาก 15.50±4.51 ถึง 9.57±3.34 กิโลกรัม ในลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 2 ลดลงจาก 17.25±5.08 ถึง 9.29±3.39 กิโลกรัม และลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 3 ปริมาณน้ำนมจะลดลงจาก 18.47±5.51 ถึง 9.74±3.74 ดังแสดงในตารางที่ 3.1

จากการนำข้อมูลทั้งหมดเข้าทำการวิเคราะห์เบื้องต้น เพื่อหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าสูงสุดของลักษณะความคงทนในการให้นมทั้ง 3 วิธี ได้แก่ β *P3:1* และ *P3:T* มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.040±0.026 กิโลกรัมต่อวัน 61.63±29.46 เปอร์เซ็นต์และ 24.83±9.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.78±5.25 กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.2

1.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะที่ศึกษา

จากผลการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมทั้ง 3 วิธี ได้แก่ β *P3:1* และ *P3:T* พบว่า ปัจจัยคงที่ของ ปี-ฤดูกาลคลอดลูก กลุ่มพันธุ์ ลำดับการให้ผลผลิต อายุเมื่อคลอดลูก จำนวนวันให้นม และจำนวนวันหลังคลอดลูกจนถึงวันทดสอบครั้งแรก มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยโคนมที่มีระดับเลือดโคยุโรป 62.50-75.00 เปอร์เซ็นต์ เป็นกลุ่มที่มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงสุด และโคนมที่มีระดับเลือดโคยุโรป 100 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะความคงทนในการให้นมต่ำสุด และจากผลการศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลที่คลอดลูก พบว่า โคนมที่คลอดลูกในฤดูหนาวจะมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าโคนมที่คลอดลูกในฤดูร้อนและฤดูฝน ตามลำดับ สำหรับอิทธิพลของลำดับ

การให้ผลผลิต พบว่า ลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงสุด รองลงมาได้แก่ ลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

จากการศึกษาลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ พบว่า ปัจจัยคงที่ของวัน-เดือน-ปีที่ทดสอบ กลุ่มพันธุ์ ลำดับการให้ผลผลิต อายุเมื่อคลอดลูก จำนวนวันให้นมในวันทดสอบ และจำนวนวันหลังคลอดลูกจนถึงวันทดสอบครั้งแรกมีอิทธิพลต่อลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยโคนมที่มีระดับเลือดโคยุโรป 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าลีสท์สแควร์ของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 12.00±0.38 กิโลกรัม และต่ำสุดในโคนมที่มีระดับเลือดโคยุโรปน้อยกว่า 62.50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 8.46±0.96 กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงผลของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม และลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ

อิทธิพล	ลักษณะที่ศึกษา			
	β	*P3:1*	*P3:T*	ปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ
<u>อิทธิพลหลัก</u>				
- ปี-ฤดูกาลที่คลอดลูก	**	**	**	-
- วัน-เดือน-ปีที่ทดสอบ	-	-	-	**
- กลุ่มพันธุ์	**	**	**	**
- ลำดับการให้ผลผลิต	**	*	*	**
<u>สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรง</u>				
- อายุเมื่อคลอดลูก	**	**	**	**
- จำนวนวันให้นม	**	**	**	-
- จำนวนวันหลังคลอดลูกจนถึงวันทดสอบครั้งแรก	**	**	*	*
- จำนวนวันให้นมในวันทดสอบ	-	-	-	**

*$p<0.05$ และ **$p<0.01$

ตารางที่ 4.2 ค่าลีสท์สแควร์ (least square means, LSM)** และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน สำหรับลักษณะความคงทนในการให้นมและลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ

อิทธิพล	ลักษณะที่ทำการศึกษา					
	จำนวนข้อมูล (ระเบียน)	β (กก./วัน)	*P3:1* (%)	*P3:T* (%)	จำนวนข้อมูล (ระเบียน)	ปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ (กิโลกรัม)
ค่าเฉลี่ย	1,184	-0.040±0.026	61.63±29.46	24.83±9.63	10,415	13.78±5.25
<u>กลุ่มพันธุ์</u>						
100	140	-0.048±0.003^{a}	55.45±3.36^{a}	21.73±1.13^{a}	1,238	12.00±0.38^{a}
87.50-100	739	-0.043±0.002^{b}	59.60±2.46^{abc}	24.21±0.83^{ab}	6,503	11.86±0.23^{a}
75.00-87.50	180	-0.039±0.003^{bc}	62.28±3.07^{b}	25.15±1.03^{bd}	1,594	11.67±0.34^{b}
62.50-75.00	105	-0.036±0.003^{cd}	65.34±3.45^{bc}	26.75±1.46^{bc}	914	11.33±0.46^{ab}
น้อยกว่า 62.50	20	-0.030±0.006^{ce}	61.29±6.81^{ab}	25.42±2.28^{ad}	164	8.46±0.96^{c}
<u>ฤดูกาลที่คลอดลูก</u>						
ฤดูร้อน	306	-0.037±0.003^{a}	58.98±2.98^{a}	24.33±1.00^{a}	2,678	11.09±0.34^{a}
ฤดูหนาว	478	-0.035±0.002^{a}	65.33±2.80^{b}	26.21±0.95^{b}	4,207	11.72±0.24^{b}
ฤดูฝน	400	-0.045±0.002^{b}	58.08±2.84^{a}	23.41±0.96^{a}	3,530	11.87±0.52^{b}
<u>ลำดับการให้ผลผลิต</u>						
1	645	-0.032±0.002^{a}	68.48±2.89^{a}	26.10±0.97^{a}	5,717	11.17±0.29
2	364	-0.041±0.002^{b}	58.25±3.14^{b}	23.74±1.06^{b}	3,205	10.99±0.30
3	175	-0.042±0.004^{b}	55.65±4.43^{b}	24.12±1.50^{b}	1,493	10.68±0.39
<u>สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรง</u>						
อายุเมื่อคลอดลูก		**	**	**		**
จำนวนวันให้นม		**	**	**		-
จำนวนวันหลังคลอดลูกจนถึงวันทดสอบครั้งแรก		**	**	**		*
จำนวนวันให้นมในวันทดสอบ		-	-	-		**

หมายเหตุ **ค่าลีสท์สแควร์ที่มีอักษรแตกต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม

การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ทำการศึกษาโดยใช้โมเดลจากสมการ (3.10) และ (3.11) ประกอบด้วย ค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม (σ_a^2) ค่าความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมถาวร (σ_{pe}^2) และค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ_e^2) ได้ผลการศึกษาดังนี้

2.1 ลักษณะความคงทนในการให้นมที่ทำการศึกษา

2.1.1 ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนและค่าอัตราพันธุกรรม

การวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะความคงทนในการให้นม (β) ด้วยวิธี EM-REML จากโปรแกรมสำเร็จรูป REMLF90 (Misztal,1999) พบว่า ค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม ค่าความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมถาวร และค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน มีค่าเท่ากับ 0.70×10^{-4} 0.18×10^{-4} และ 0.42×10^{-3} ตามลำดับ และเมื่อนำค่าความแปรปรวนที่ได้มาคำนวณค่าอัตราพันธุกรรมมีค่าเท่ากับ 0.14 ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะความคงทนในการให้นม (*P3:1*) พบว่า ค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม ค่าความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมถาวร และค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน มีค่าเท่ากับ 71.84 8.53 และ 615.59 ตามลำดับ และเมื่อนำค่าความแปรปรวนที่ได้มาคำนวณค่าอัตราพันธุกรรมมีค่าเท่ากับ 0.10 ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะความคงทนในการให้นม (*P3:T*) พบว่า ค่าความแปรปรวนแปรปรวนทางพันธุกรรม ค่าความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมถาวร และค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน มีค่าเท่ากับ 6.12 0.66 และ 74.65 ตามลำดับ และเมื่อนำค่าความแปรปรวนที่ได้มาคำนวณค่าอัตราพันธุกรรมมีค่าเท่ากับ 0.07 ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ทำการศึกษา

ลักษณะความทนในการให้นม	จำนวนข้อมูล (ระเบียน)	σ_a^2	σ_{pe}^2	σ_e^2	h^2	r
β	1,184	0.70×10^{-4}	0.18×10^{-4}	0.42×10^{-3}	0.14	0.17
P3:1	1,184	71.84	8.53	615.59	0.10	0.12
P3:T	1,184	6.12	0.66	74.65	0.07	0.08

2.1.2 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏ

จากการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมทางพันธุกรรม โดยใช้สมการ (3.10) และนำค่าที่ได้มาหาค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและค่าสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏของลักษณะความคงทนในการให้นม พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม β กับ *P3:1* β กับ *P3:T* และ *P3:1* กับ *P3:T* มีค่าเท่ากับ 0.94 0.88 และ 0.87 ตามลำดับ ส่วนค่าสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม β กับ *P3:1* β กับ *P3:T* และ *P3:1* กับ *P3:T* มีค่าเท่ากับ 0.63 0.78 และ 0.76 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (เหนือเส้นทะแยงมุม) และสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏ (ใต้เส้นทะแยงมุม) ของลักษณะความคงทนในการให้นม

ลักษณะที่ศึกษา	β	*P3:1*	*P3:T*
β		0.94	0.88
P3:1	0.63		0.87
P3:T	0.78	0.76	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 ลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม

ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม ตามสมการ (3.11) พบว่า ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน มีค่าเท่ากับ 6.77 ซึ่งมีค่าเท่ากันตลอดระยะการให้นม ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรม ได้แก่ a_4 a_5 และ a_6 มีค่าเท่ากับ 6.61 0.36×10^{-4}และ 10.56 ส่วนค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มของสภาพแวดล้อมถาวร ได้แก่ pe_4 pe_5 และ pe_6 มีค่าเท่ากับ 7.63 0.69×10^{-4} และ 16.55 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (เหนือและบนแนวเส้นทะแยงมุม) และค่าสหสัมพันธ์ (ใต้เส้นทะแยงมุม) ของสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมถาวร และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำนมในวันทดสอบโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม

องค์ประกอบ		a_4	a_5	a_6
ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรม	a_4	6.61	-0.12×10^{-1}	-5.03
	a_5	-0.78	0.36×10^{-4}	0.34×10^{-2}
	a_6	-0.60	0.17	10.56
		pe_4	pe_5	pe_6
ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวร	pe_4	7.63	-0.16×10^{-1}	-1.15
	pe_5	-0.68	0.69×10^{-4}	-0.25×10^{-2}
	pe_6	-0.10	-0.07	16.55
ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน	σ_e^2		6.77	

สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรม a_4 ถึง a_6 และสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวร pe_4 ถึง pe_6 คือสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชั่นที่นำมาใช้อธิบายกราฟแสดงการให้ผลผลิตน้ำนมของ Wilmink (1987) ซึ่งจะสอดคล้องกับตัวแปรร่วม X_4 =1, X_5=t และ X_6=$\exp^{-0.05*t}$ เมื่อ t = วันให้นมใด

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรม a_4 มีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสัมประสิทธิ์ a_5 (-0.78) และ a_6 (-0.60) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรม a_5 และ a_6 มีสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.17 นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มของสภาพแวดล้อมถาวร pe_4 มีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสัมประสิทธิ์ pe_5 (-0.68) และ pe_6 (-0.10) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ถด

ถอยเชิงสุ่มของสภาพแวดล้อมถาวร pe_5 และ pe_6 มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -0.07 ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรมและเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวรในตารางที่ 4.5 จะนำไปคำนวณค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมทางพันธุกรรม และสภาพแวดล้อมถาวรของปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ โดยใช้วิธีคำนวณจากสมการ (3.14) พบว่า ค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ มีค่าระหว่าง 5.09 ถึง 2.50 ซึ่งมีค่าสูงในช่วงต้นของการให้นมและลดลดอย่างต่อเนื่องจนถึงช่วงท้ายของการให้นม และเมื่อพิจารณาถึงค่าความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมถาวร พบว่า มีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม คือมีค่าสูงในช่วงต้นของการให้นมและลดลงในช่วงท้ายของการให้นม ส่วนค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน มีค่าเท่ากับ 6.77 ตลอดระยะการให้นม ทั้งนี้เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้มีข้อกำหนดว่า ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากันตลอดระยะการให้นม สำหรับค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบที่ 60 และ 280 มีค่าเท่ากับ 4.82 และ 2.59 ตามลำดับ ส่วนค่าความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมถาวรของปริมาณน้ำนมในวันทดสอบที่ 60 และ 280 มีค่าเท่ากับ 5.92 และ 4.32 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.1

ค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรมของปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน (T) มีค่าเท่ากับ 296,842.71 และความแปรปรวนทางพันธุกรรมของปริมาณน้ำนมแต่ละช่วง คือ ช่วงวันให้นมที่ 1-100 ($C1$) ช่วงวันให้นมที่ 101-201 ($C2$) และช่วงวันให้นมที่ 201-305 ($C3$) มีค่าเท่ากับ 39,864.46 37,455.96 และ 30,189.21 ตามลำดับ และความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมถาวรของ T $C1$ $C2$ และ $C3$ มีค่าเท่ากับ 405,446.99 63,606.59 45,087.80 และ 45,959.89 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

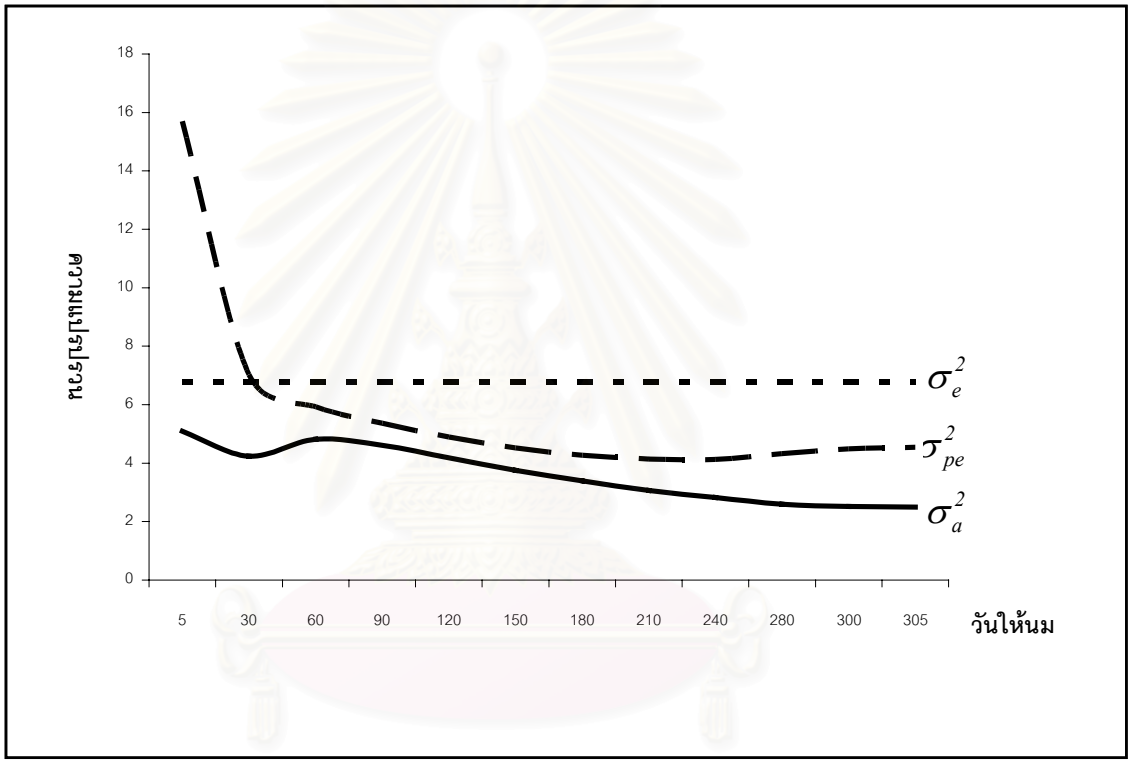
ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบมีค่าระหว่าง 0.18 ถึง 0.28 (ตารางที่ 4.6) ส่วนค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม $P1$ $P2$ และ $P3$ ที่ได้จากการคำนวณโดยสมการ (3.28) (3.29) และ (3.30) มีค่าเท่ากับ 0.14 0.30 และ 0.42 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.6 ค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม ความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมถาวรและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ

วันให้นม	ค่าความแปรปรวน			
	σ_a^2	σ_{pe}^2	σ_e^2	h^2
5	5.09	15.70	6.77	0.18
30	4.24	7.03	6.77	0.23
60	4.82	5.92	6.77	0.28
90	4.61	5.36	6.77	0.28
120	4.18	4.89	6.77	0.26
150	3.76	4.52	6.77	0.25
180	3.39	4.27	6.77	0.23
210	3.07	4.14	6.77	0.22
240	2.83	4.13	6.77	0.21
280	2.59	4.32	6.77	0.19
300	2.52	4.49	6.77	0.18
305	2.50	4.54	6.77	0.18

ตารางที่ 4.7 ค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม ความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมถาวรและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน และลักษณะปริมาณน้ำนมแต่ละช่วงของการให้นม

ช่วงวันให้นม	ค่าความแปรปรวน			
	σ_a^2	σ_{pe}^2	σ_e^2	h^2
1-305 (T)	296,842.71	405,446.99	6.77	0.42
1-100 ($C1$)	39,864.46	63,606.59	6.77	0.39
101-200 ($C2$)	37,455.96	45,087.80	6.77	0.45
201-305 ($C3$)	30,189.21	45,959.89	6.77	0.40



รูปที่ 4.1 ความแปรปรวนทางพันธุกรรม (σ_a^2) ความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมถาวร(σ_{pe}^2) และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ_e^2) ของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ผลการประเมินค่าทางพันธุกรรม

3.1 คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นม

จากการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นม ซึ่งได้แก่ β *P3:1* **และ** *P3:T* ของแม่พันธุ์โคนม มีค่าอยู่ในช่วง –0.019 ถึง 0.012 –14.74 ถึง 23.70 และ –4.81 ถึง 5.83 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ –0.001 0.54 และ –0.37 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นม ซึ่งได้แก่ β *P3:1* **และ** *P3:T* ของพ่อพันธุ์โคนม มีค่าระหว่าง –0.015 ถึง 0.008 –9.09 ถึง 10.39 และ -3.31 ถึง 2.64 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ –0.001 -0.17 และ –0.47 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยของคุณค่าการผสมพันธุ์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่า –2LogL ของลักษณะความคงทนในการให้นมของแม่พันธุ์โคนม

ลักษณะที่ศึกษา	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	-2LogL
β	-0.001	0.004	-0.019	0.012	-6100.86
P3:1	0.54	4.08	-14.74	23.70	137.29
P3:T	-0.37	0.76	-4.81	5.83	4151.41

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยของคุณค่าการผสมพันธุ์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่า –2LogL ของลักษณะความคงทนในการให้นมของพ่อพันธุ์โคนม

ลักษณะที่ศึกษา	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	-2LogL
β	-0.001	0.004	-0.015	0.008	-6100.86
P3:1	-0.17	3.44	-9.09	10.39	137.29
P3:T	-0.47	1.02	-3.31	2.64	4151.41

3.2 การประเมินค่าทางพันธุกรรมลักษณะความคงทนในการให้นมโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม

จากผลการประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่มจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรมได้แก่ a_4 a_5 และ a_6 ของโคนมรายตัว จากนั้นจะต้องนำค่าที่ได้ไปใช้ในการคำนวณคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมต่อไป และจากผลการสุ่มตัวอย่างแม่โคนมจำนวน 10 ตัว พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรมของโคนมแต่ละตัวมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรมที่ได้คือค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้อธิบายกราฟแสดงการให้น้ำนมของโคนมรายตัว ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่มจากการสุ่มตัวอย่างแม่โคนมจำนวน 10 ตัว

หมายเลขแม่โค	จำนวนลูกสาว (ตัว)	จำนวนข้อมูลบันทึกผลผลิตในวันทดสอบ (ระเบียน)	สัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงสุ่มทางพันธุกรรม		
			a_4	a_5	a_6
101	1	27	0.89	-0.002	-4.62
104	1	9	0.85	-0.002	-5.05
105	1	17	-1.96	0.004	-3.93
106	1	28	-0.63	-0.002	-2.81
107	1	10	-0.15	-0.002	-3.67
108	1	15	-2.16	-0.001	-2.04
112	1	10	-0.71	0.001	-3.90
114	1	28	0.55	-0.0004	-4.58
116	1	23	-1.60	0.0005	-2.45
117	1	7	0.63	0.0001	-5.86

ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับพ่อและแม่พันธุ์โคนมที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม พบว่า ค่าเฉลี่ยของคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ทำการวัดทั้ง 3 วิธี คือ *P1 P2* และ *P3* ของพ่อพันธุ์โคนมมีค่า

เท่ากับ 0.58 72.70 และ 40.36 ตามลำดับ แต่จะต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของแม่พันธุ์โคนม มีค่าเท่ากับ 0.62 78.55 และ 8.23 ตามลำดับ และจากผลการศึกษาพบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะความคงทนในการให้นมที่วัดโดยวิธี *P1* มีค่าต่ำสุดทั้งพ่อและแม่พันธุ์เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะความคงทนในการให้นมที่วัดโดยวิธี *P2* และ *P3* นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยของคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วันและปริมาณน้ำนมแต่ละช่วงในแม่พันธุ์โคนมมีค่าสูงกว่าพ่อพันธุ์โคนม ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณค่าการผสมพันธุ์ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม

คุณค่าการผสมพันธุ์	พ่อพันธุ์		แม่พันธุ์	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
T	-11.18	323.39	40.98	411.43
C1	-43.52	115.08	-29.34	142.39
C2	3.16	115.08	21.11	145.47
C3	29.18	99.15	49.21	132.28
P1	0.58	0.63	0.62	0.76
P2	72.70	55.15	78.55	68.57
P3	32.34	213.01	70.32	275.88

คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน ลักษณะปริมาณน้ำนมรวมในแต่ละช่วง และลักษณะความคงทนในการให้นมของแม่พันธุ์โคนมที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ตัว ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 4.12 เนื่องจากจำนวนโคนมที่ประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ครั้งนี้มีจำนวนมาก จึงรายงานผลของคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อและแม่พันธุ์โคนม โดยเรียงจากลำดับที่ดีที่สุด 100 อันดับแรก ไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.12 คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน ลักษณะปริมาณน้ำนมในแต่ละช่วง และลักษณะความคงทนในการให้นมที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม

หมายเลขแม่โค	คุณค่าการผสมพันธุ์						
	T	*C1*	*C2*	*C3*	*P1*	*P2*	*P3*
101	61.61	-24.81	28.93	57.49	0.64	82.29	-4.12
104	55.54	-20.78	29.75	46.57	0.41	67.35	-8.97
105	-461.74	-246.03	-148.85	-66.87	1.86	179.16	394.88
106	-357.34	-141.88	-125.50	-89.96	0.80	51.92	267.38
107	-243.68	-106.36	-79.60	-57.73	0.54	48.63	185.96
108	-659.96	-244.65	-240.51	-210.81	0.77	33.84	485.16
112	-120.12	-121.57	-40.78	42.22	1.74	163.78	162.34
114	81.57	-36.93	27.85	90.65	1.25	127.58	9.08
116	-467.72	-182.91	-161.95	-122.86	0.91	60.05	344.86
117	84.34	-60.315	42.66	102.09	1.29	162.40	17.75

หมายเหตุ : จากการสุ่มตัวอย่างแม่โคนมจำนวน 10 ตัว

T = ค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน

$C1$ = ค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมจากวันให้นมที่ 1 ถึง 100

$C2$ = ค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมจากวันให้นมที่ 101 ถึง 200

$C3$ = ค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมจากวันให้นมที่ 201 ถึง 305

$P1 = (D_{280} - D_{60})$

$P2 = (C3 - C1)$

$P3 = (C3 - T)$

4. ผลของความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมของแต่ละวิธี

ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมที่วิเคราะห์ได้จากโมเดลแบบหุ่นตัวสัตว์ ด้วยวิธี Pearson correlation coefficient และ Spearman rank correlation coefficient พบว่า คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมที่วัดแต่ละวิธีทั้งพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์โคนมมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p<0.05$) โดยสหสัมพันธ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมจาก *P3:1* และ *P3:T* มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.96 ทั้งในพ่อและแม่พันธุ์โคนม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.13 และ ตารางที่ 4.14

จากผลการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบโดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม สามารถคำนวณคุณค่าการผสมพันธุ์ของปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน ปริมาณน้ำนมแต่ละช่วง และลักษณะความคงทนในการให้นม เมื่อนำมาหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ของค่าการผสมพันธุ์ในช่วงวันให้นมที่ 101-200 ($C2$) และช่วงวันให้นมที่ 201-305 ($C3$) จะมีค่าสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ในช่วงวันให้นมที่ 1-100 ($C1$) และช่วงวันให้นมที่ 101-200 ($C2$)และมีสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ของช่วงวันให้นมที่ 1-100 ($C1$)และช่วงวันให้นมที่ 201-305 ($C3$) มีค่าเท่ากับ 0.97 0.96 และ 0.88 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำนมแต่ละช่วงกับปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน พบว่า คุณค่าการผสมพันธุ์ของช่วงวันให้นมที่ 101-200 ($C2$) มีค่าสหสัมพันธ์กับคุณค่าการผสมพันธุ์ของปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน (T) สูงสุดเท่ากับ 0.99 ทั้งในพ่อและแม่พันธุ์โคนม

จากผลการศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมที่วัดโดยใช้วิธี *P1 P2 P3* และปริมาณน้ำรวมที่ 305 วัน พบว่า ลักษณะความคงทนในการให้นมมีสหสัมพันธ์ทางลบต่อปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน ส่วนสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะความคงทนในการให้นมกับปริมาณน้ำนมแต่ละช่วง พบว่า ลักษณะความคงทนในการให้นมมีค่าสหสัมพันธ์ทางลบต่อปริมาณน้ำนมแต่ละช่วง และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะความคงทนในการให้นม *P1* และ *P2* มีค่าสูงสุดทั้งพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์โคนม (0.88) ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.15 และ 4.16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 ค่าสหสัมพันธ์ Pearson correlation coefficient (เหนือเส้นทะแยงมุม) และ Spearman rank correlation coefficient (ใต้เส้นทะแยงมุม) ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ทำการศึกษาของแม่พันธุ์โคนม

คุณค่าการผสมพันธุ์	β	*P3:1*	*P3:T*	*P1*	*P2*	*P3*
β		0.64	0.76	0.60	0.48	0.53
P3:1	0.62		0.97	0.44	0.63	-0.08
P3:T	0.75	0.96		0.45	0.58	0.04
P1	0.59	0.45	0.44		0.88	0.66
P2	0.47	0.62	0.57	0.88		0.25
P3	0.51	-0.08	0.05	0.62	0.25	

ตารางที่ 4.14 ค่าสหสัมพันธ์ Pearson correlation coefficient (เหนือเส้นทะแยงมุม) และ Spearman rank correlation coefficient (ใต้เส้นทะแยงมุม) ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ทำการศึกษาของพ่อพันธุ์โคนม

คุณค่าการผสมพันธุ์	β	*P3:1*	*P3:T*	*P1*	*P2*	*P3*
β		0.77	0.82	0.67	0.58	0.47
P3:1	0.77		0.99	0.47	0.63	0.05
P3:T	0.82	0.99		0.51	0.64	0.11
P1	0.65	0.44	0.48		0.88	0.77
P2	0.58	0.58	0.60	0.85		0.40
P3	0.40	0.02	0.07	0.74	0.33	

หมายเหตุ

β = ค่าพารามิเตอร์ของสมการที่ใช้สร้างกราฟแสดงการให้นม

$P3{:}1 = \frac{\text{ปริมาณน้ำนมช่วงวันที่ } 201-305}{\text{ปริมาณน้ำนมช่วงวันที่ } 1-100} \times 100\%$

$P3{:}T = \frac{\text{ปริมาณน้ำนมช่วงวันที่ } 201-305}{\text{ปริมาณน้ำนมรวมที่ } 305 \text{ วัน}} \times 100\%$

$P1 = (D_{280} - D_{60})$

$P2 = (C3 - C1)$

$P3 = (C3 - T)$

ตารางที่ 4.15 ค่าอัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นม คุณค่าการผสมพันธุ์ของปริมาณน้ำนมแต่ละช่วง และคุณค่าการผสมพันธุ์ของปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วันที่ได้จากโมเดลถดถอยเชิงสุ่มของแม่พันธุ์โคนม

คุณค่าการผสมพันธุ์	h^2	*C1*	*C2*	*C3*	*P1*	*P2*	*P3*
T	0.42	0.97	0.99	0.97	-0.56	-0.14	-0.99
C1	0.39		0.96	0.88	-0.73	-0.38	-0.99
C2	0.45			0.97	-0.54	-0.12	-0.99
C3	0.40				-0.34	0.11	-0.94
P1	0.14					0.88	0.65
P2	0.30						0.25
P3	0.42						

ตารางที่ 4.16 ค่าอัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นม คุณค่าการผสมพันธุ์ของปริมาณน้ำนมแต่ละช่วง และคุณค่าการผสมพันธุ์ของปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วันที่ได้จากโมเดลถดถอยเชิงสุ่มของพ่อพันธุ์โคนม

คุณค่าการผสมพันธุ์	h^2	*C1*	*C2*	*C3*	*P1*	*P2*	*P3*
T	0.42	0.97	0.99	0.97	-0.70	-0.29	-0.99
C1	0.39		0.96	0.88	-0.85	-0.52	-0.99
C2	0.45			0.98	-0.68	-0.25	-0.99
C3	0.40				-0.51	-0.05	-0.94
P1	0.14					0.88	0.77
P2	0.30						0.39
P3	0.42						

หมายเหตุ

T = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วัน

C1 = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมจากวันให้นมที่ 1 ถึง 100

C2 = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมจากวันให้นมที่ 101 ถึง 200

C3 = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะปริมาณน้ำนมจากวันให้นมที่ 201 ถึง 305

P1 = $(D_{280} - D_{60})$

P2 = $(C3 - C1)$

P3 = $(C3 - T)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

อภิปรายผลการวิเคราะห์

1. ผลการวิเคราะห์เบื้องต้น

1.1 ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ศึกษา

ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะที่ศึกษา ได้แก่ ลักษณะความคงทนในการให้นม β *P3:1* และ *P3:T* และลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 จากผลการศึกษาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะความคงทนในการให้นม ที่วัดโดยการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรงของสมการที่ใช้สร้างกราฟแสดงการให้นม (β) พบว่า มีค่าเท่ากับ –0.040±0.026 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งค่าใกล้เคียงกับรายงานการศึกษาของ Al-Atiyat และคณะ (1999) รายงานว่า โคนมพันธุ์ฟรีเชี่ยน ที่เลี้ยงในประเทศจอร์แดน จำนวน 262 ระเบียน มีค่าเฉลี่ยของลักษณะความคงทนในการให้นมเท่ากับ –0.04 กิโลกรัมต่อวัน และการศึกษาของ Grossman และคณะ (1999) รายงานว่า โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน ที่เลี้ยงในประเทศเนเธอร์แลนด์ จำนวน 17,607 ระเบียน มีอัตราการลดลงของปริมาณน้ำนมหลังจุดสูงสุดเท่ากับ –0.06± 0.01 กิโลกรัมต่อวัน และการศึกษาของ Madsen (1975) รายงานว่า โคนมพันธุ์เรดแดนิช แบล็คพายแดนิช แบล็คพายโฮลสไตน์ และแดนิชเจอร์ซี่ ที่เลี้ยงในประเทศเดนมาร์ก จำนวน 354 ระเบียน มีค่าลักษณะความคงทนในการให้นมเท่ากับ –0.02 กิโลกรัมต่อวัน และโคนมพันธุ์เรดแดนิช เฉพาะลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 จำนวน 598 ระเบียน มีลักษณะความคงทนในการให้นมเท่ากับ –0.04 กิโลกรัมต่อวัน แต่มีค่าลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่ารายงานอื่นๆที่ศึกษาโดยใช้วิธีเดียวกัน เช่น จากการศึกษาของ Choovatanapagon (1975) รายงานว่า โคนมพันธุ์แท้และโคนมลูกผสม มีค่าเท่ากับ –0.86 กิโลกรัมต่อวัน

จากผลการศึกษาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะความคงทนในการให้นม ซึ่งวัดโดยใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 201 ถึง 305 วัน ต่อปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 1-100 (*P3:1*) มีค่าเท่ากับ 61.63±29.46 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่ารายงานอื่นๆจากการตรวจเอกสาร เช่น Schneeberger (1981) ได้ทำการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมพันธุ์บราวน์สวิสที่เลี้ยงในประเทศสวิสเซอร์แลนด์ ระหว่างปี ค.ศ. 1976-1977 จากข้อมูลจำนวน 159,541 ระเบียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 62.3 เปอร์เซ็นต์ และจากการศึกษาของ Solkner

และ Fuchs (1987) รายงานว่าโคนมพันธุ์ชิมเมนทอล เฉพาะลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 ที่เลี้ยงในประเทศออสเตรีย มีลักษณะความคงทนในการให้นมเฉลี่ย 64.4 เปอร์เซ็นต์ และ Roughsedge และคณะ (2000) รายงานว่าโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนเฉพาะลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 ที่เลี้ยงในประเทศอังกฤษ ระหว่างปี ค.ศ. 1996-1998 จำนวน 55,230 ระเบียน มีค่าลักษณะความคงทนในการให้นมเฉลี่ยเท่ากับ 77.5±17.6 เปอร์เซ็นต์ แต่จากผลการศึกษาจะมีค่าสูงกว่ารายงานของ Madsen (1975) ว่าลักษณะความคงทนในการให้นมของโคนมพันธุ์เรดแดนิชเฉพาะลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 59.93 เปอร์เซ็นต์

จากผลการศึกษาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะความคงทนในการให้นม ซึ่งวัดโดยใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมในช่วงวันให้นมที่ 201 ถึง 305 วัน ต่อปริมาณน้ำนมรวมตลอดระยะการให้นมที่ 305 วัน (*P3:T*) มีค่าเท่ากับ 24.83±9.63 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่ารายงานของ Dekkers และคณะ (1998) ได้ทำการศึกษาในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน ที่เลี้ยงในประเทศแคนาดา เฉพาะลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 รายงานว่าลักษณะความคงทนในการให้นมมีค่าเท่ากับ 29.2 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นจากค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ศึกษามีค่าแตกต่างกันเนื่องมาจากวิธีการและขนาดของประชากรโคนมที่ศึกษา การจัดการฟาร์ม การให้อาหาร สภาพแวดล้อม รวมถึงระบบฮอร์โมนและการทำงานของเซลล์เต้านมของแม่โคแต่ละตัวที่แตกต่างกันอีกด้วย (Jamrozik et al.,1997b) และนอกจากนี้ข้อมูลที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นโคนมลูกผสม จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้ค่าเฉลี่ยแตกต่างไปจากรายงานวิจัยอื่นๆ ซึ่งเป็นรายงานในโคนมพันธุ์แท้ที่เลี้ยงในต่างประเทศ

สำหรับผลการศึกษาลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ พบว่า โคนมสามารถให้นมเฉลี่ยเท่ากับ 13.78±5.25 กิโลกรัมต่อวัน โดยปริมาณน้ำนมจะสูงสุดในช่วงวันทดสอบครั้งที่ 1 หรือวันให้นมที่ 50-60 หลังคลอด และหลังจากนั้นปริมาณน้ำนมมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งช่วงท้ายของการให้นม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ อังคณา เมฆวิลัย (2542) และ สายัณห์ บัวบาน (2543) ที่ได้ทำการศึกษาในโคนมลูกผสมที่เลี้ยงในประเทศไทย และในต่างประเทศ Tekerli และคณะ (2000) รายงานว่าของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ที่เลี้ยงในประเทศตุรกี จำนวน 475 ตัว จะให้ปริมาณน้ำนมสูงสุดในวันที่ 48.8 หลังคลอด

1.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม

จากการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมทั้ง 3 ลักษณะ คือ β *P3:1* และ *P3:T* พบว่า อิทธิพลของปี-ฤดูกาลที่คลอดลูก กลุ่มพันธุ์ ลำดับการให้ผลผลิต อายุเมื่อคลอดลูก จำนวนวันให้นม และจำนวนวันหลังคลอดจนถึงวันทดสอบครั้งแรก มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยอิทธิพลของปีที่คลอดลูกให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Choovatanapagon (1975); Kassab (1995); Kaygisiz และคณะ (1995); Linde และคณะ (2000); Querioz และคณะ (1991); Schneeberger (1981) และ Terkerli และคณะ (2000) ที่รายงานว่าอิทธิพลของปีที่คลอดลูกมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมแต่ละปีแตกต่างกัน แต่รายงานบางฉบับรายงานว่า ปีที่คลอดลูกไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม (Tomar et al.,1998; Zaman et al.,1994)

ส่วนฤดูกาลที่คลอดลูกมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Singh และ Shukla (1985); Schneeberger (1981); Yanez (1987) และ Zaman และคณะ (1994) โดยแม่โคที่คลอดลูกในฤดูหนาวมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าแม่โคที่คลอดลูกในฤดูร้อนและฤดูฝน ตามลำดับ แต่จากการศึกษาของ Danell (1982) รายงานว่า แม่โคที่คลอดลูกในฤดูใบไม้ร่วงมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าแม่โคที่คลอดลูกในฤดูใบไม้ผลิ และ Prasad และคณะ (1999) รายงานว่า แม่โคที่คลอดลูกในฤดูฝนจะมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าแม่โคที่คลอดลูกในฤดูร้อนและฤดูหนาว ตามลำดับ และ Tekerli และคณะ (2000) รายงานว่า แม่โคที่คลอดลูกในฤดูร้อนจะมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าแม่โคที่คลอดลูกในฤดูฝน ฤดูใบไม้ผลิ และฤดูหนาว ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากแต่ละฤดูกาลมีอุณหภูมิและความอุดมสมบูรณ์ของพืชอาหารสัตว์แตกต่างกัน เช่นในฤดูหนาวพืชอาหารสัตว์มีความอุดมสมบูรณ์มาก ดังนั้นแม่โคที่คลอดลูกในฤดูร้อนหรือฤดูฝนเมื่อย่างเข้าฤดูหนาวก็จะได้รับอาหารที่สมบูรณ์จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำนมลดลงไม่มาก ในขณะที่แม่โคที่คลอดลูกในฤดูหนาวเมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนจะทำให้ปริมาณน้ำนมลดลงมากเนื่องจากขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ในช่วงนี้ แต่มีรายงานวิจัยบางฉบับรายงานว่าฤดูที่แม่โคคลอดลูกไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม แต่มีแนวโน้มว่าแม่โคที่คลอดลูกในฤดูฝนจะมีความคงทนในการให้นมสูงกว่าแม่โคที่คลอดลูกในฤดูหนาว และฤดูร้อน ตามลำดับ (Tomar et al.,1998)

อิทธิพลของกลุ่มพันธุ์มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) โดยโคนมระดับเลือด 62.50-75.00 เปอร์เซ็นต์มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงสุด และโคนมระดับเลือด 100 เปอร์เซ็นต์มีลักษณะความคงทนในการให้นมต่ำสุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษา Bhutia และ Pandey (1989); Choovatanapagon (1975) และ Tomar และคณะ (1998) และจากการศึกษาของ Chaiyabutr และคณะ (2000) รายงานว่า โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนระดับเลือด 50 เปอร์เซ็นต์ จะมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนระดับเลือด 87.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งรายงานดังกล่าวขัดแย้งกับรายงานของ Stojic (1996) ที่รายงานว่ากลุ่มพันธุ์โคนมไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม แต่มีแนวโน้มว่าโคนมที่มีระดับเลือดของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนสูงจะส่งผลให้ลักษณะความคงทนในการให้นมสูงขึ้น จะเห็นได้ว่าโคนมลูกผสมมีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าโคนมพันธุ์แท้ ทั้งนี้เนื่องจากโคนมลูกผสมสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าโคนมพันธุ์แท้ หรืออาจเกิดการขาดสมดุลพลังงาน (negative energy balance) หลังคลอดในโคนมพันธุ์แท้ ซึ่งมักพบบ่อยในโคที่ให้นมสูงๆ จึงส่งผลให้ลักษณะความคงทนการให้นมต่ำ

อิทธิพลของอายุเมื่อคลอดลูกมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Danell (1982); Linde และคณะ (2000) และ Roughsedge และคณะ (2000) ที่รายงานว่าแม่โคที่มีอายุมากขึ้นลักษณะความคงทนในการให้นมลดลง แต่รายงานวิจัยบางฉบับรายงานว่า อายุเมื่อคลอดลูกไม่มีผลต่อลักษณะความคงทนในการให้นม (Madsen ,1975 and Tekerli et al.,2000) ทั้งนี้เนื่องจากแม่โคเมื่อมีอายุมากขึ้นอัตราการเสื่อมสลายของเซลล์เต้านมจะสูงกว่าโคที่มีอายุน้อย (Komisnakis et al., 2002; Singh and Shukla,1985)

อิทธิพลของลำดับการให้ผลผลิต เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยโคนมที่มีลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 1 มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงสุด รองลงมาได้แก่ ลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานผลการวิจัยอื่นๆ เช่น Choovatanapagon (1975); Govindaiah และคณะ (1996); Madsen (1975); Rekaya และคณะ (2001); Ribas และคณะ (1995); Rowlands และคณะ (1982); Singh และ Shukla (1985); Schneeberger (1981); Tekerli และคณะ (2000) และ Wood (1968) ทั้งนี้สาเหตุเนื่องมาจากโคสาวที่ให้ลูกครั้งแรก ร่างกายจะมีการหลั่งฮอร์โมนแลคโตจีนิค (lactogenic) ซึ่งเป็นฮอร์โมนในกลุ่มที่ช่วยสร้างน้ำนมออกมาปริมาณมาก แต่ข้อจำกัดของของเต้านมที่จะผลิตน้ำนม เนื่องจากเต้านมยังมีการพัฒนาไม่เต็มที่ จึงทำให้ปริมาณน้ำนมของ

ลำดับการให้ผลผลิตครั้งที่1 น้อยกว่าลำดับการให้ผลผลิตที่ 2 และ 3 แต่จะส่งผลให้มีลักษณะความคงทนในการให้นมสูงกว่าลำดับการให้ผลผลิตอื่นๆ (Singh and Shukla, 1985) และอิทธิพลของจำนวนวันให้นม มีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p< 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Kassab (1995) และ Roughsedge และคณะ (2000) นอกจากนี้อิทธิพลของจำนวนวันหลังคลอดจนถึงวันทดสอบครั้งแรกซึ่งมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Danell (1982); Schneeberger (1981) และ Tekerli และคณะ (2000)

สำหรับผลการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ พบว่าอิทธิพลเนื่องจากวัน-เดือน-ปีที่ทดสอบ กลุ่มพันธุ์ ลำดับการให้ผลผลิต อายุเมื่อคลอดลูก จำนวนวันให้นมจนถึงวันทดสอบครั้งแรก จำนวนวันให้นมในวันทดสอบ มีอิทธิพลต่อลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ Jakobsen และคณะ (2002); Jamrozik และ Schaeffer (1997); Jamrozik และคณะ (1997a); Jamrozik และคณะ (1997b); Schaeffer และคณะ (2000) และ Strabel และ Misztal (1999) แต่จากการผลการศึกษาของสายัณห์ บัวบาน (2543) รายงานว่า อิทธิพลของจำนวนวันให้นมจนถึงวันทดสอบครั้งแรกไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะปริมาณผลผลิตน้ำนมในวันทดสอบ

2. ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม

2.1 ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนและค่าอัตราพันธุกรรม

ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมและลักษณะปริมาณน้ำนมในวันทดสอบ ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้โมเดลแบบหุ่นตัวสัตว์และโมเดลถดถอยเชิงสุ่ม ด้วยวิธี REML พบว่า ค่าองค์ประกอบความแปรปรวน ซึ่งประกอบด้วย ความแปรปรวนทางพันธุกรรม ความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวร และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ,4.6 และ 4.7 จากนั้นนำค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ประมาณได้ประมาณค่าอัตราพันธุกรรมต่อไปดังนี้

ผลการศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม (β) มีค่าเท่ากับ 0.14 ซึ่งสูงกว่ารายงานของ Choovatanapagon (1975) ที่รายงานว่าค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมที่วิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลร่วมพ่อแต่ต่างแม่ (half sib analysis) มี

ค่าเท่ากับ 0.06 แต่ต่ำกว่ารายงานของ Linde และคณะ (2000) ซึ่งทำการวิเคราะห์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรซชั่น (regression coefficient) รายงานว่าลักษณะความคงทนในการให้นมมีค่าอัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.145 และรายงานของ Madsen (1975) ทำการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลร่วมพ่อแต่ต่างแม่ว่าค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมมีค่าเท่ากับ 0.40±0.13

ผลการศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม (*P3:1*) พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.10 ซึ่งต่ำกว่าค่าอัตราพันธุกรรมที่รายงานโดย Madsen (1975) ได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลร่วมพ่อแต่ต่างแม่ว่าค่าอัตราพันธุกรรมมีค่าท่ากับ 0.47±0.14 และ Schneeberger (1981) ทำการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลร่วมพ่อแต่ต่างแม่ในโคนมพันธุ์บราวน์สวิส รายงานว่าค่าอัตราพันธุกรรมมีค่าเท่ากับ 0.29±0.01 และจากการศึกษาของ Solkner และ Fuchs (1987) ทำการวิเคราะห์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรซชั่น รายงานว่าค่าอัตราพันธุกรรมมีค่าเท่ากับ 0.19 และจากการศึกษาของ Roughsedge และคณะ (2000) ทำการวิเคราะห์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรซชั่น รายงานว่าค่าอัตราพันธุกรรม มีค่าเท่ากับ 0.136±0.030

ผลการศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม (*P3:T*) พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.07 ซึ่งต่ำกว่าการศึกษาของ Dekkers และคณะ (1998) ที่ทำการศึกษาไว้ว่ามีค่าเท่ากับ 0.15

จากค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมทั้ง 3 วิธี ได้แก่ β *P3:1* และ *P3:T* มีค่าอัตราพันธุค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้มีผลเนื่องจาก

1. อิทธิพลเนื่องจากยีนบวกสะสมมีอยู่น้อย ส่วนอิทธิพลของสภาพแวดล้อม อาทิเช่น การจัดการฟาร์ม และการจัดการด้านอาหาร ซึ่งมีอิทธิพลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมมาก และการที่มีจำนวนข้อมูลในการวิเคราะห์น้อย จึงอาจส่งผลทำให้ไม่สามารถจำแนกอิทธิพลเหล่านี้ออกมาได้ จึงส่งผลให้ความแปรปรวนของลักษณะปรากฏมีค่าสูง ค่าอัตราพันธุกรรมที่วิเคราะห์ได้จึงมีค่าต่ำ
2. วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งทำให้ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ได้มีค่าไม่เท่ากันและทำให้ค่าอัตราพันธุกรรมที่ประเมินได้ต่างกัน
3. ลักษณะและขนาดของข้อมูลที่นำมาศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลการให้ผลผลิตน้ำนมไม่ครบ 305 วัน ดังนั้นจึงต้องมีการยืดขยายการให้นมไปที่ 305 วัน จึงอาจทำให้เกิดอคติได้

ผลการศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่ม พบว่า ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมซึ่งวัดโดยวิธี *P1 P2* และ *P3* มีค่าเท่ากับ 0.14 0.30 และ 0.42 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Jakobsen และคณะ (2002); Jamrozik et al., (1997b) และ Linde และคณะ (2000) นอกจากนี้มีรายงานวิจัยอื่นๆเกี่ยวกับการใช้ปริมาณน้ำนมในวันทดสอบและโมเดลถดถอยเชิงสุ่มรายงานว่าค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนต่ำลง และสามารถจำแนกหรืออธิบายอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมได้ละเอียดขึ้นจากการใช้ปัจจัยของวัน-เดือน-ปีที่ทดสอบแทนการใช้ปีและฤดูกาลที่คลอด จึงส่งผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมมีความแม่นยำมากขึ้น (สายัณห์ บัวบาน,2543; Jakobsen et al.,2002; Jamrozik et al.,1997a,b; Jensen, 2001; Schaeffer and Dekkers, 1994; Swalve,2000) ดังนั้นค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ประมาณได้จากการใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่มมีค่าข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานวิจัยอื่นๆที่วิเคราะห์โดยใช้โมเดลแบบหุ่นตัวสัตว์ ทั้งนี้เนื่องมาจากกลุ่มประชากร สภาพแวดล้อม จำนวนข้อมูล โมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ รวมทั้งโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ เป็นต้น

2.2 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏ

จากการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ β *P3:1* และ *P3:T* พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะความคงทนในการให้นม β กับ *P3:1* β กับ *P3:T* และ *P3:1* กับ *P3:T* มีค่าเท่ากับ 0.94 0.88 และ 0.87 ตามลำดับ ส่วนค่าสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏของลักษณะความคงทนในการให้นม มีค่าเท่ากับ 0.63 0.78 และ 0.76 ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมมีค่าสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏและเมื่อตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องจากรายงานวิจัยฉบับอื่น พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและทางลักษณะปรากฏของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ศึกษาโดยใช้วิธี β *P3:1* และ *P3:T* มีรายงานไว้น้อยมาก จากรายงานของ Madsen (1975) ได้รายงานค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและค่าสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏระหว่างลักษณะความคงทนในการให้นม β กับ *P3:1* มีค่าเท่ากับ 0.84 และ 0.91 ตามลำดับ หากเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะความคงทนในการให้นมทั้งสามวิธี จะเห็นได้ว่าค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะความคงทนในการให้นม (β และ *P3:1*) จะมีแนวโน้มว่าค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะอื่น และเมื่อพิจารณาในทุกๆวิธีแล้ว ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะความคงทนในการให้นมทั้งสามวิธีมีค่าอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงสูง ซึ่งจากผลการศึกษาอาจจะนำไปใช้

เป็นแนวทางการศึกษาต่อไป เช่น การที่ลักษณะความคงทนในการให้นม (และ *P3:1*) มีค่าสหสัมพันธ์ค่อนข้างสูงแสดงว่าลักษณะความคงทนในการให้นมที่วัดโดยวิธี β และ *P3:1* มีความสัมพันธ์กันสูง นั่นแสดงว่าในการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมอาจใช้วัดโดยวิธี β หรือ *P3:1* ก็ได้ (Madsen,1975)

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วันกับลักษณะความคงทนในการให้นม (β *P3:1* และ *P3:T*) มีค่าเท่ากับ –0.06 0.40 และ 0.59 ตามลำดับ และค่าสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏระหว่างปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วันกับลักษณะความคงทนในการให้นม (β *P3:1* และ *P3:T*) มีค่าเท่ากับ –0.17 0.24 และ 0.16 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าการศึกษาของ Shcneeberger (1981) รายงานว่า ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วันและลักษณะความคงทนในการให้นม *P3:1* มีค่าเท่ากับ 0.11 แต่มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่นๆ เช่น Madsen (1975) Prasad และคณะ (1999) และ Zaman และคณะ (1994) ที่รายงานว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองลักษณะมีค่าเท่ากับ 0.52 0.417 และ 0.407 ตามลำดับ สำหรับในประเทศไทย Choovatanapagon (1975) รายงานว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะความคงทนในการให้นม (β) กับปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วันมีค่าเท่ากับ 0.018 จากค่าสหสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่าลักษณะความคงทนในการให้นมมีความสัมพันธ์ทางบวกต่อปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 ดังนั้นการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงลักษณะความคงทนในการให้นมจะส่งผลให้ลักษณะปริมาณน้ำนมรวมที่ 305 วันเพิ่มสูงขึ้นด้วย

2.3 ค่าอัตราซ้ำ

จากผลการศึกษาค่าอัตราซ้ำของลักษณะความคงทนในการให้นมทั้งสามลักษณะ ได้แก่ β *P3:1* และ *P3:T* มีค่าเท่ากับ 0.17 0.12 และ 0.08 ตามลำดับ มีค่าต่ำกว่าการศึกษาของ Madsen (1975) ที่รายงานว่าลักษณะความคงทนในการให้นม β และ *P3:1* มีค่าเท่ากับ 0.21± 0.09 และ 0.29±0.08 ตามลำดับ สำหรับค่าอัตราซ้ำ เป็นลักษณะที่สัตว์ตัวหนึ่งสามารถแสดงลักษณะปรากฏได้หลายครั้งในชั่วชีวิตหนึ่ง ซึ่งจะสะท้อนถึงสมรรถภาพของสัตว์ได้แม่นยำมากขึ้นเมื่อเทียบกับการวัดเพียงครั้งเดียว อย่างไรก็ตามการวัดซ้ำจะมีประโยชน์เมื่อค่าความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวรมีสูง อาทิเช่น การสูญเสียขา เป็นต้น แต่จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าค่าอัตราซ้ำมีค่าต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากค่าความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวรสำหรับลักษณะความคงทนในการให้นมมีค่าต่ำ ดังนั้นการศึกษาลักษณะความคงทนในการให้นมจึงไม่ควรพิจารณาค่าอัตราซ้ำ (Tekerli et al.,2001)

3. ผลการประเมินค่าทางพันธุกรรม

จากการศึกษาคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นม พบว่า ลักษณะความคงทนในการให้นม ได้แก่ β *P3:1* และ *P3:T* มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.0014 0.54 และ -0.37 ตามลำดับ ลักษณะความคงทนในการให้นม β มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุดและช่วงของค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดน้อยกว่าลักษณะความคงทนในการให้นม *P3:1* และ *P3:T* ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณค่าการผสมพันธุ์มีการกระจายน้อยกว่าอีก 2 วิธีที่ศึกษา จึงส่งผลให้ความแตกต่างของ คุณค่าการผสมพันธุ์ไม่สูงมาก และคุณค่าการผสมพันธุ์เฉลี่ยของแม่พันธุ์โคนมสูงกว่าพ่อพันธุ์

ส่วนคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมที่ประเมินได้จากการใช้บันทึกผลผลิตน้ำนมในวันทดสอบและโมเดลถดถอยเชิงสุ่ม พบว่า คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นม *P1 P2* และ *P3* มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.62 78.55 และ 8.23 ตามลำดับ ลักษณะความคงทนในการให้นม *P1* มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุดและช่วงของค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดน้อยกว่าลักษณะความคงทนในการให้นม *P2* และ *P3* และแม่พันธุ์โคนมจะมีค่าเฉลี่ยของคุณค่าผสมพันธุ์สูงกว่าพ่อพันธุ์ คุณค่าการผสมพันธุ์เป็นค่าที่ใช้ประเมินอิทธิพลของพันธุกรรมที่มีผลต่อลักษณะความคงทนในการให้นมและมีระดับความเชื่อมั่นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับจำนวนบันทึกการให้ผลผลิตลูกสาวของพ่อพันธุ์โคนม คุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์โคนมถูกเรียงลำดับที่ 1 ถึงสุดท้าย เพื่อช่วยในการตัดสินใจคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์โคนมให้มีทิศทางและถูกต้องมากขึ้น ทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุ์โคนมต่อไป

4. ผลของความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นม

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นม ได้แก่ β *P3:1 P3:T P1 P2* และ *P3* โดยใช้วิธี Pearson correlation coefficient และ Spearman rank correlation coefficient พบว่า คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ภายใต้ระบบปรับปรุงพันธุ์และโครงสร้างฐานข้อมูลขณะที่ทำการศึกษาเท่านั้น แม้ว่าจากผลการศึกษาการใช้โมเดลถดถอยเชิงสุ่มสามารถอธิบายอิทธิพลของสภาพแวดล้อมได้มากกว่า ซึ่งส่งผลให้การประเมินค่าทางพันธุกรรมมีความถูกต้องมากกว่าการวิเคราะห์แบบเดิม

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2544. รายงานสภาพอากาศภายในประเทศประจำปี 2543. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กองฝึกอบรม. 2535. คู่มือประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการเลี้ยงโคนม. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จันทร์จรัส เรี่ยวเดชะ. 2534. เรื่องควรรู้เกี่ยวกับเรื่องการปรับปรุงพันธุ์สัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 167 หน้า.

เผดิม รติสุนทร และประดิษฐ์ พงษ์ทองคำ. 2537. พันธุศาสตร์ปริมาณ. ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 190 หน้า.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ.2535. สถิติสำหรับการวิจัยทางเกษตร.ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 297 หน้า.

สมเกียรติ สายธนู. 2537. หลักการปรับปรุงพันธุ์สัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 150 หน้า.

สมชาย จันทร์ผ่องแสง. 2541. การเลี้ยงโคนม. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร. พิมพ์ครั้งที่ 1. 311 หน้า.

สมชัย จันทร์สว่าง. 2530. การปรับปรุงพันธุ์สัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 505 หน้า.

สมพงษ์ เทศประสิทธิ์. 2528. โคนม. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 347 หน้า.

สายัณห์ บัวบาน. 2543. การประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในโคนมลูกผสมโดยใช้บันทึกผลผลิตในวันทดสอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสัตวบาล. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อังคณา เมฆวิลัย. 2541. กราฟแสดงการให้นมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสัตวบาล. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ภาษาอังกฤษ

Al-Atiyut, R.M., M.J. Tabbaa, and W.F. Lubbadeh.1999. Some characteristics of lactation curve of Friesian cows in Jordan valley and factors affecting them. Dirasat. Agricultural Science. 26:50-64.(Abstract)

Bhutia, S.T.,and R.S. Pandey. 1989. A note on comparative study of persistency and its association with peak and total yield in dairy cattle. Indian J. Dairy Sci. 42:96-98.(Abstract)

Cady, R.A., and McDowell R.E. 1980. Persistency and other lactation parameters in crossbred dairy cattle. J. Dairy Sci. 63:111.(Supp.1)

Catillo, G., N.P.P. Macciotta, A. Carretta, and A. Cappio-Borlino. 2002. Effect of age and calving season on lactation curves of milk production traits in Italian water buffaloes. J. Dairy Sci. 85:1298-1306.

Chaiyabutr, N., S. Preuksakorn, S. Komolvanich, and S. Chanpongsang. 2000. Comparative study on the regulation of body fluids and mammary circulation at different stages of lactation in crossbred Holstein cattle feeding on different types of roughage. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 83:74-84.

Choovatanapagon, S.1975. Persistency of Lactation. Thesis. Master's thesis, Department of Animal Husbandry, Graduate School, Kasetsat University.78 p.

Danell, B. 1982. Studies on lactation yield and individual test-day yields of Swedish dairy cows. Acta Agricultural Scandinavica. 32:93-101.

Dekkers, J.C.M., J.H. Ten Hag, and A. Weersink.1998. Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. J. Dairy Sci.53:237-252.

El – Barbary, A.S.A., A.E. Badran, M.F. El – Glil, and L.E. Badawy. 1999. Estimates of genetic parameters for lactation traits in German Friesian cattle raised in Egypt. Alexandria J. Agri Res. 44:1-13.(Abstract)

Falconer, D.S., and T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetic. 4th edition. Longman House, Jarlow, Eng. 464 p.

Gengler, N. 1996. Persistency of lactation yields: a review. Proc. Int. Workshop of Genet. Improvement of functional Traits in Cattle, Gembloux, Belgium. INTERBULL Bull. Uppsala, Sweden. 12:87-96.

Govindaiah, M.G., S.V. Santi, M.R. Jayashankar, S.B. Krishnappa, and K.S. Gangahar. 1996. Persistency of lactation milk yield in crossbred cattle. Indian J. Dairy & Bioscience.7:56-60.(Abstract)

Grossman, M., S.M. Hartz, and W.J. Koops. 1999. Persistency of lactation yield: A novel approach. J. Dairy Sci. 82:2192-2197.

Hammond, K., H.U. Graser, and C.A. McDonald. 1992. Animal breeding the modern approach. Post Graduate Foundation in Veterinary Science. NSW, Australia.

Jakobsen, J.H., P. Madsen, J. Jensen, J. Pedersen, L.G. Chistensen, and D.A. Sorensen. 2002. Genetic parameter for milk production and persistency for Danish Holsteins estimated in random regression models using REML. J. Dairy Sci. 85:1607-1616.

Jamrozik, J., and G. Jansen. 1997. Persistency evaluations from the random regression model. http://www.cdn.ca/geb/dec97/pers9711.html

Jamrozik, J., and L.R. Schaeffer. 1997. Estimates of genetic parameters for a test day model with random regressions for yield traits of first lactation Holsteins. J. Dairy Sci. 80:762-770.

Jamrozik, J., D. Gianola, and L.R. Schaeffer. 2001. Baysian estimation parameter for test day records in dairy cattle using linear hierarchical models. Livest Prod Sci. 71:223-240.

Jamrozik, J., G.J. Kistemaker, J.C.M. Dekker, and L.R. Schaeffer. 1997a. Comparison of possible covariates for use in a random regression model for analysis of test day yield. J. Dairy Sci. 80:2250-2256.

Jamrozik, J., L.R. Schaeffer, and G.B. Jansen. 2000. Approximate accuracies of prediction from random regression models. Livest Prod Sci. 66:85-92.

Jamrozik, J., L.R. Schaeffer, and J.C.M. Dekker. 1997b. Genetic evaluation of dairy cattle using test day yield and random regression models. J. Dairy Sci. 80:1217-1226.

Jamrozik, J., L.R. Schaeffer, and K.A. Weigel. 2002. Genetic evaluation of bulls and cows with single-and multiple-country test –day models. J. Dairy Sci.85:1617-1622.

Jensen, J. 2001. Genetic evaluation of dairy cattle using test-day models. J. Dairy Sci.84:2803-2812.

Kassab, M.S. 1995. Factors affecting some performance traits in Friesian cattle. Alexandria Journal of agricultural Research.40:65-76.(Abstract)

Kaysigiz, A., G. Bakir, and S.M. Yener. 1995. Estimates of phenotypic and genetic parameters of lactation persistency in Holstein cows. Turk Veterinerlik ve Hayvancilik Dergisi.19:259-263.(Abstract)

Kominakis, A.P., E. Rogdakis, and K. Koutsotolis.2002. Genetic aspects of persistency of milk yield in Boutsio dairy sheep. Asian-Aust.J.Anim.Sci. 15:315-322.

Linde Rene van der, A. Groen, and Gerben de Jong. 2000. Estimation of genetic parameter for persistency of milk production in dairy cattle. Proceeding Interbull Meeting, May14-15 2000, Bled, Slovenia. 25:1-3.

Madsen, O. 1975. A comparison of some suggested measures of persistency of milk yield in dairy cows. Anim Prod. 20:191-197.

Misztal, I. 1999. REMLF90 manual. URL:ftp://nec.ads.nga.edu./pub/ignancy/blupf90/.Accessed Jun, 15,1999.

Mrode, R.A. 1996. Linear models for the prediction of animal breeding values. CAB International, Wallingford UK. 187p.

Pool, M.H., and T.H.E. Meuwissen. 1999. Prediction of dairy milk yields from a limited number of test day using test day models. J. Dairy Sci. 82:1555-1564.

Prasad, S., R. Singh, and G.S. Bisht.1999. Measure of persistency and its relationship with peak yield and lactation milk yield. Indian J. Dairy Sci.52:308-314.

Ptak, E., and L.R. Schaeffer.1993. Use of test day yields for genetic evaluation of dairy sires and cows. Livest. Prod. Sci. 34:23-34.

Queiroz, S.A. de, L.G. de Albuquerque, M.A.R. de Freitas, and R.B. Lobo. 1991. Genetic and environental factors affecting the lactation curve in Holstein cows. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinariae Zootecnia. 43:357-370. (Abstract)

Ramachandraiah, K., K.S. Kumar, and O. Sreemannarayana. 1990. A study on Lactation persistency in relation to economic traits in purebred Jersey cows. Indian J. Dairy Sci.43:270-273.(Abstract)

Rekaya, R., K.A. Weigel, and D. Gianola. 2001. Hierarchical nonlinear model for persistency of milk yield in the first three lactations of Holstiens. Livest Prod Sci.68:181-187.

Rekaya, R., M.J. Carabano, and M.A. Toro. 1999. Use of test day yields for the genetic evaluation of production traits on Holstein-Friesian cattle. Livest. Prod. Sci. 57:203-217.

Ribas, M., M. Gutierrez, and B. Perez. 1995. Effect of the herd level of production on the monthly test day and cumulative production in different lactations. Cuban Journal of Agricultural Science. 29:281-290.(Abstract)

Roughsedge, T., P.M. Visscher, and S. Brotherstone. 2000. Effects of families on production traits in dairy cattle. Anim Sci. 71:49-57.

Rowlands, G.J., S. Lucey, and A.M. Russel. 1982. A comparison of different models of the lactation curves in dairy cattle. Anim Prod. 35:135-144.

Sargent, F.D., V.H. Lyton, and O.G. Wall, Jr.1968. Test interval method of calculating Dairy Herd Improvement Association records. J.Dairy Sci.51:170.

SAS. 1998. SAS User's Guide. Version 6.12. SAS. Inst., Inc., Cary, NC.

Schaeffer, L.R., and J.C.M. Dekkers. 1994. Random regression in animal models for test day production in dairy cattle. Proc. 5th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. Guelph,Ontario,Canada 18:443-446.

Schaeffer, L.R., J. Jamrozik, G.J., Kistemaker , and B.J. Van Doormaal. 2000. Experience with a test-day model. J. Dairy Sci. 83:1135-1144.

Schneeberger, M. 1981. Inheritance of lactation curve in Swiss Brown cattle. J. Dairy Sci.64:475-483.

Searle, S.R. 1982. Matrix Algebra Useful for Statistics. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY.

Shah, S.M., C.S.P. Sinhg, and A.K. Shrivastava. 1983. Studies on persistency of milk yield in cross-bred friesian cows. Indian vet J. 60:740-743.

Sharma, R.C., and D.S. Bhatnagar. 1974. Studies on persistency and its relationship with some economic traits in Sahiwal, Red Sindhi and Brown Swiss cross bred cows. Indian J. Dairy Sci. 27:193-196.

Sharma, R.C., V.K. Aroma, and B.P. Singh. 1996. Effect of peak yield on the rate of decline of milk yield in crossbred cows. Indian Vet J.73:1006-1007.

Singh, J. and K.P. Shukla. 1985. Factors affecting persistency of milk production in Gir cattle. Indian Vet J.62:888-894.

Solkner, J., W. Fuchs. 1987. A comparison of different measures of persistency with special respect to variation of test – day milk yields. Livest. Prod. Sci.16:305-319.

Stojic, P. 1996. Investigation of the effect of genetic base and lactation number on persistency of lactation in a population of black pied cattle. Review of Research Work at the Faculty of Agriculture. 41:89-99.(Abstract)

Strabel, T., and I. Misztal. 1999. Genetic parameters for first and second lactation milk yields of Polish Black and White cattle with random regression models. J. Dairy Sci.82:2805-2810.

Strabel, T., W. Kopacki, and T. Szwaczkowski. 2001. Genetic evaluation of persistency in random regression test day model. http://www-interbull.slu.se/bulletins/framesida-pub.htm

Swalve, H.H. 2000. Theoretical basis and computational method for different test-day genetic evaluation methods. J. Dairy Sci. 83:1115-1124.

Tekerli, M., Z. Akinci., I. Dogan and A. Akcan. 2000. Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Turkey. J. Dairy Sci.83:1381-1386.

Tekerli, M., M. Kucukkebabci, N.H. Akalin, and S. Kocak. 2001. Effect of environmental factors on some milk production traits, persistency and calving interval of Anatolian buffaloes. Livest. Prod. Sci. 68:275-281.

Tomar, A.K.S, J.D. Joshi, N.S. Sidhu, and G.S. Bisht. 1998. Comparative performance of *Bos indicus, Bos taurus* and their halfbreds in the Tarai region of the tropics. Proc. 6th World Congr.Genet. Appl. Livest. Proc., Armidale, New South Wales, Australia 23:209-212.

Van Doormaal, B.J. 1999. Interpretation and use of Canadian bull proof for lactation persistency. Holstein Journal.61:24.(Abstract)

Vargas, B., W.J. Koops, M. Herrero, and J.A.M. Van Arendonk. 2000. Modeling extended lactations of dairy cows. J. Dairy Sci. 83:1371-1380.

Wilmink, J.B.M. 1987. Comparison of different methods of predicting 305-day milk yield using means calculated from within-herd lactation curves. Livest. Prod. Sci. 17:1-17.

Wood, P.D.P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. Nature.216:164-165.

Wood, P.D.P. 1968. Factors affecting persistency of lactation in cattle. Nature.218:894.

Yanez, M. 1987. Effect of parity, season of calving and level of yields in the herd on the lactation curve of intensively managed Holstein-Friesian cows. Abstract of Thesis presented at the Univesidad Nacional Autonoma de Mexico. 265 p.(Abstract)

Zaman, G., D. Das, and T.C. Roy. 1994. Persistency first lactation milk yield in Jersey herd of Assam. Journal of Assam Veterinary Council.4:18-21.(Abstract)

Zamorano Villarreal H.E. 1985. Quantitative analysis of lactation curves up to 5th calving in a commercial herd of Holstein-Friesian cows. Abstract of Thesis presented at the Univesidad Nacional Autonoma de Mexico. 113 p.(Abstract)

Zwald, N.R., K.A. Weigel, W.F. Fikse, and R. Rekaya. 2001. Characterization of dairy production systems in countries that participate in the international bull evaluation service. J. Dairy Sci. 84:2530-2534.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 1 คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมในแต่ละวิธีของแม่พันธุ์ 100 อันดับแรกโดยเรียงลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์ของแต่ละวิธีจากมากไปหาน้อย

ลำดับ	หมายเลข	β	หมายเลข	*P3:1*	หมายเลข	*P3:T*	หมายเลข	*P1*	หมายเลข	*P2*	หมายเลข	*P3*
1	719	0.0121	719	23.70	719	5.83	257	2.84	743	279.21	431	797.23
2	257	0.0109	943-1	13.60	257	3.21	411	2.53	156	270.31	669	760.32
3	943-1	0.0105	3087	13.45	943-1	3.15	156	2.42	257	262.10	411	744.56
4	211J	0.0099	257	12.19	508	2.70	812-1	2.41	556	256.85	213	742.12
5	529	0.0098	743	11.59	206	2.66	827-1	2.40	827-1	248.59	406	724.29
6	348	0.0097	238	11.36	238	2.59	810-1	2.35	650	248.02	690	718.18
7	206	0.0096	508	10.49	453	2.55	268	2.35	756-1	246.18	510	716.96
8	3019	0.0091	453	10.38	529	2.53	882	2.34	319	242.31	553	714.53
9	669	0.0088	3106	10.37	3087	2.49	319	2.32	827	239.85	268	708.56
10	508	0.0086	206	10.22	3019	2.37	348	2.31	741	236.39	178	693.48
11	563	0.0085	931-1	10.07	156	2.24	827	2.27	705	232.22	875-1	681.16
12	838	0.0084	913-1	9.97	3106	2.21	743	2.24	913-1	228.94	208J	652.44
13	156	0.0080	3113	9.80	3113	2.15	839	2.19	148	228.25	779	647.34
14	339OLD	0.0077	529	9.75	348	2.13	229	2.18	810-1	225.37	120	640.15
15	578	0.0076	881	9.66	460	2.13	510	2.17	812-1	225.29	257	607.27
16	810-1	0.0072	838	9.48	838	2.00	563	2.14	683	225.05	167	593.10
17	215	0.0071	460	9.32	791	1.99	779	2.09	42	224.95	277	592.88

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 1(ต่อ) คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมในแต่ละวิธีของแม่พันธุ์ 100 อันดับแรกโดยเรียงลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์ของแต่ละวิธีจากมากไปหาน้อย

ลำดับ	หมายเลข	β	หมายเลข	*P3:1*	หมายเลข	*P3:T*	หมายเลข	*P1*	หมายเลข	*P2*	หมายเลข	*P3*
18	268	0.0068	756-1	9.28	292	1.99	646	2.08	839	222.14	563	592.66
19	687	0.0068	291	8.98	291	1.98	148	2.08	881	221.67	467	591.92
20	101	0.0067	292	8.97	827-1	1.94	838	2.06	882	221.35	3913	587.75
21	553	0.0067	705	8.95	756-1	1.94	863-1	2.03	322	219.04	822	584.00
22	264	0.0066	156	8.91	743	1.90	741	2.03	363	219.00	787	574.86
23	552	0.0066	791	8.84	215	1.89	690	2.02	963	218.91	597	552.91
24	3913	0.0065	772	8.64	578	1.89	865	2.01	943-1	218.14	3912	550.10
25	148	0.0064	215	8.49	881	1.88	867	2.00	833-1	217.32	228	544.79
26	319	0.0064	3019	8.47	772	1.87	669	1.99	863	216.57	4104-1	543.83
27	806-1	0.0064	578	8.35	556	1.87	963	1.98	252	215.71	417	541.53
28	944	0.0064	348	8.31	345	1.86	120	1.98	3087	215.45	463	540.64
29	3010	0.0063	827-1	8.21	784	1.86	756-1	1.97	102	214.92	687	540.62
30	854-1	0.0062	7	8.13	782	1.83	467	1.95	229	213.76	3012	540.24
31	277	0.0061	345	8.12	913-1	1.82	424-1	1.94	701-1	211.64	284	540.15
32	787	0.0061	556	8.02	319	1.81	339OLD	1.92	805	209.90	865	535.02
33	424-1	0.0061	963	7.92	832-1	1.77	553	1.92	751-1	207.86	348	526.04
34	906-1	0.0061	784	7.71	751-1	1.76	42	1.91	867	207.79	211J	523.34

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 1(ต่อ) คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมในแต่ละวิธีของแม่พันธุ์ 100 อันดับแรกโดยเรียงลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์ของแต่ละวิธีจากมากไปหาน้อย

ลำดับ	หมายเลข	β	หมายเลข	*P3:1*	หมายเลข	*P3:T*	หมายเลข	*P1*	หมายเลข	*P2*	หมายเลข	*P3*
35	467	0.0060	782	7.69	3010	1.76	840	1.91	529	205.92	142	519.12
36	565	0.0059	252	7.64	810-1	1.71	811-1	1.91	838	205.03	865-1	513.85
37	865-1	0.0059	3025	7.63	705	1.70	4039	1.91	348	201.17	840	495.93
38	597	0.0058	751-1	7.55	148	1.66	69-1	1.90	613-1	201.14	212	486.95
39	779	0.0058	832-1	7.51	827	1.65	406	1.90	345	200.33	108	485.16
40	238	0.0057	878	7.50	3963	1.60	345	1.89	646	199.72	781	484.75
41	292	0.0057	319	7.48	252	1.60	866	1.89	636	197.18	219	484.58
42	3912	0.0057	433	7.25	549	1.57	875-1	1.89	411	196.05	DUMCRAIGM	477.67
43	213	0.0056	3112	7.24	3041	1.56	546-1	1.88	3	192.14	944	476.09
44	229	0.0055	114	7.11	424-1	1.55	944	1.86	3003	191.71	810-1	468.84
45	439	0.0055	3108	7.09	211J	1.54	105	1.86	4039	191.36	171	463.05
46	453	0.0055	827	7.08	3025	1.53	863	1.85	76431	191.32	407	456.97
47	406	0.0054	839	7.07	543	1.50	805	1.84	931-1	190.30	494	454.97
48	3041	0.0053	810-1	7.05	931-1	1.50	238	1.83	546-1	190.20	945-1	454.03
49	431	0.0053	3068	7.04	849-1	1.46	277	1.83	863-1	187.42	949-1	451.91
50	784	0.0053	148	6.97	863	1.46	284	1.82	6104	187.28	819	449.95
51	782	0.0051	812-1	6.95	411	1.45	431	1.82	268	185.73	424-1	447.93

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 1(ต่อ) คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมของแม่พันธุ์ 100 อันดับแรกโดยเรียงลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์ของแต่ละวิธีจากมากไปหาน้อย

ลำดับ	หมายเลข	β	หมายเลข	*P3:1*	หมายเลข	*P3:T*	หมายเลข	*P1*	หมายเลข	*P2*	หมายเลข	*P3*
52	832-1	0.0051	849-1	6.91	759	1.45	3087	1.82	3025	185.09	305	445.48
53	875-1	0.0051	3	6.83	433	1.44	830-1	1.82	902-1	182.60	906-1	444.86
54	949-1	0.0051	759	6.82	3068	1.44	169	1.81	606-1	181.99	69-1	443.89
55	281	0.0051	939-1	6.81	3112	1.39	206	1.81	815	181.37	168	439.47
56	543	0.0051	240	6.79	786	1.36	943-1	1.81	594	181.23	414	434.66
57	3012	0.0050	638-1	6.72	443	1.33	650	1.80	238	181.08	3011	433.87
58	411	0.0050	549	6.72	538	1.32	3041	1.79	782	180.96	715	433.78
59	772	0.0050	102	6.70	441	1.31	3913	1.78	528-1	180.17	811-1	432.53
60	510	0.0049	3041	6.66	939-1	1.27	145	1.78	638-1	179.73	830-1	430.58
61	3219	0.0048	786	6.58	AS29	1.27	815	1.77	105	179.16	866	428.06
62	549	0.0048	424-1	6.54	114	1.24	529	1.76	757	178.91	452	426.25
63	863	0.0048	3303	6.54	484	1.24	705	1.74	3106	178.67	65-1	416.05
64	3068	0.0046	538	6.53	5107	1.23	112	1.74	206	178.58	288	414.21
65	4104-1	0.0046	867	6.49	414-1	1.23	363	1.74	604-1	178.51	748	411.24
66	114	0.0045	607-1	6.48	683	1.22	322	1.72	652	177.59	298	410.02
67	252	0.0045	484	6.41	770	1.21	407	1.71	129	177.19	457	408.09
68	417	0.0045	863	6.40	548-1	1.21	613-1	1.70	424-1	175.95	646	405.72

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 1(ต่อ) คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมในแต่ละวิธีของแม่พันธุ์ 100 อันดับแรกโดยเรียงลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์ของแต่ละวิธีจากมากไปหาน้อย

ลำดับ	หมายเลข	β	หมายเลข	*P3:1*	หมายเลข	*P3:T*	หมายเลข	*P1*	หมายเลข	*P2*	หมายเลข	*P3*
69	821	0.0045	649-1	6.35	565	1.19	921-1	1.69	339OLD	175.52	290	402.76
70	827	0.0045	23	6.35	594	1.18	817	1.68	169	175.26	555	402.32
71	4020	0.0044	698	6.34	646	1.18	751-1	1.68	215	174.91	229	400.83
72	797	0.0044	3963	6.33	282	1.17	102	1.67	3068	174.67	97	399.12
73	822	0.0044	441	6.32	878	1.17	604-1	1.67	145	173.34	105	394.88
74	459	0.0043	643-1	6.28	812-1	1.16	560	1.66	712-1	172.77	854-1	393.34
75	690	0.0043	842-1	6.27	806-1	1.15	3219	1.65	69-1	171.74	176	392.83
76	239	0.0042	282	6.22	842-1	1.14	636	1.65	811-1	171.38	3219	391.55
77	3113	0.0042	572	6.22	335AL	1.14	881	1.65	817	171.03	285	384.65
78	646	0.0042	411	6.22	839	1.14	3003	1.64	719	170.74	4039	384.37
79	872-1	0.0042	76481	6.21	101	1.14	97	1.64	690	166.90	4020	384.34
80	335AL	0.0042	937-1	6.18	3108	1.13	3068	1.64	865	166.30	437-1	383.01
81	558	0.0041	443	6.08	690	1.12	252	1.64	346	166.01	174	381.64
82	414-1	0.0040	770	6.07	105	1.10	65-1	1.64	560	165.73	3041	377.70
83	142	0.0039	548-1	6.06	828-1	1.07	833-1	1.64	3041	165.14	83-1	374.79
84	528	0.0039	543	6.05	240	1.07	683	1.64	734-1	164.65	3084	374.21
85	803-1	0.0039	651-1	6.04	698	1.04	142	1.63	3113	164.39	145	374.16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 1(ต่อ) คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมของแม่พันธุ์ 100 อันดับแรกโดยเรียงลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์จากมากไปหาน้อย

ลำดับ	หมายเลข	β	หมายเลข	*P3:1*	หมายเลข	*P3:T*	หมายเลข	*P1*	หมายเลข	*P2*	หมายเลข	*P3*
86	4027	0.0038	873-1	6.00	815	1.04	913-1	1.63	5107	164.34	522	373.20
87	403	0.0038	42	5.90	872-1	1.04	3012	1.63	643-1	164.15	3061	369.18
88	556	0.0038	3010	5.87	867	1.04	701-1	1.61	112	163.79	807-1	367.07
89	560	0.0038	594	5.83	102	1.03	854-1	1.60	734	163.17	319	365.35
90	683	0.0038	833-1	5.76	572	1.03	865-1	1.60	117	162.40	831-1	360.42
91	748	0.0038	5107	5.71	544	1.02	734	1.58	905-1	162.01	476	359.00
92	827-1	0.0038	711-1	5.63	4027	1.00	787	1.57	932-1	161.89	339OLD	354.61
93	546-1	0.0038	683	5.55	3055	1.00	76481	1.57	510	161.82	953-1	352.08
94	811-1	0.0038	3055	5.55	597	0.99	652	1.57	888	161.26	478	350.09
95	859-1	0.0038	921-1	5.54	648	0.99	83-1	1.57	73242	160.93	552	348.25
96	819	0.0037	414-1	5.50	339OLD	0.98	228	1.56	878	160.58	624	346.42
97	827OLD	0.0037	544	5.45	229	0.97	734-1	1.55	271	159.91	116	344.86
98	219	0.0036	646	5.38	346	0.96	608-1	1.54	929-1	159.78	744-1	341.62
99	3011	0.0036	5	5.34	558	0.96	6104	1.54	3105	158.48	206	338.81
100	305	0.0036	613-1	5.32	732	0.96	929-1	1.54	349	158.25	4106-1	338.71

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 2 คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมในแต่ละวิธีของพ่อพันธุ์ 100 อันดับแรกโดยเรียงลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์ของแต่ละวิธีจากมากไปหาน้อย

ลำดับ	หมายเลข	β	หมายเลข	*P3:1*	หมายเลข	*P3:T*	หมายเลข	*P1*	หมายเลข	*P2*	หมายเลข	*P3*
1	8J240	0.0075	11B534	10.39	11B534	2.64	11H1162	2.30	11B534	223.12	11J390	587.63
2	11B534	0.0074	11H224	9.69	11H224	2.34	11B534	2.15	SHOCK	204.41	11J397	562.67
3	11J390	0.0072	ALLAMOY	6.30	ALLAMOY	1.49	BS88	1.96	11H1162	203.59	8J240	526.11
4	11H224	0.0060	BSC613	6.15	BSC613	1.41	8J240	1.91	11B520	198.78	BS88	503.40
5	ALLAMOY	0.0058	Z707	5.66	11H1162	1.23	SHOCK	1.86	11B544	187.61	G364	486.17
6	11H1056	0.0055	B750	5.60	Z707	1.22	11J390	1.71	BS88	168.72	DUMCRAIG	483.44
7	BSC613	0.0051	11H1162	5.54	B750	1.16	11J397	1.64	8J240	160.18	11H1162	472.33
8	11B520	0.0043	11B520	5.27	11B520	1.14	11B520	1.64	STRIEF	155.81	11J0483	412.64
9	11J397	0.0042	A75	5.10	7H1865	1.02	11B544	1.55	14B0155	151.50	BSC613	383.04
10	11H1162	0.0040	21B450	4.92	21B450	1.01	Z707	1.46	11B531	150.72	7B644	379.07
11	SHOCK	0.0034	7H1865	4.89	A75	0.98	STRIEF	1.44	21B450	143.92	74H0037	364.74
12	11H1208	0.0032	23H263	4.85	SHOCK	0.94	11J0483	1.43	Z707	142.62	11B534	334.37
13	11J0483	0.0031	SHOCK	4.57	23H263	0.84	14B0155	1.40	7B640	142.20	SHOCK	332.79
14	11B531	0.0030	11H2188	4.22	8J240	0.76	11H358	1.38	11B529	128.58	HAXREL	302.55
15	72H0415	0.0030	11B544	4.22	11H1056	0.74	7B644	1.36	7H1865	126.74	11J354	301.38
16	JACK	0.0030	11H1056	3.51	11B544	0.72	G364	1.35	11B521	122.84	72H0415	291.81

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 2(ต่อ) คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมในแต่ละวิธีของพ่อพันธุ์ 100 อันดับแรกโดยเรียงลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์ของแต่ละวิธีจากมากไปหาน้อย

ลำดับ	หมายเลข	β	หมายเลข	*P3:1*	หมายเลข	*P3:T*	หมายเลข	*P1*	หมายเลข	*P2*	หมายเลข	*P3*
17	7H1865	0.0029	8J240	3.36	11H2188	0.60	11B531	1.31	11H358	121.93	11H358	280.04
18	Z707	0.0029	11B521	3.31	11H1208	0.53	HAXREL	1.28	11J397	119.76	11H2078	277.07
19	DUMCRAIG	0.0024	11H1208	3.05	11B521	0.50	DUMCRAIG	1.22	C155	118.73	7H3013	249.00
20	21B450	0.0023	F623	3.03	11B531	0.47	11H2078	1.21	ALLAMOY	118.00	BOOTMAKER	243.50
21	SOGEL	0.0023	11B531	2.83	F623	0.44	7B640	1.18	7B644	117.39	STRIEF	242.61
22	BS88	0.0022	SOGEL	2.71	SOGEL	0.41	A72	1.15	A75	116.95	Z707	232.74
23	G364	0.0022	G030	2.60	G030	0.36	11B529	1.05	14B0175	116.73	10H1057	228.33
24	7B640	0.0020	7B640	2.51	7B640	0.34	BSBANGKAN	1.05	A72	115.19	11H2325	220.68
25	11H2235	0.0019	BS88	2.31	BS88	0.30	11J354	1.04	HAXREL	114.91	11H2132	217.24
26	B750	0.0019	7B644	2.19	BSBANGKAN	0.20	BSC613	1.02	9H914	113.24	11J336	215.49
27	A72	0.0018	STRIEF	2.07	STRIEF	0.19	JACK	1.00	11H224	112.29	11H1191	206.88
28	G030	0.0016	BSBANGKAN	1.99	7B644	0.17	EM308	0.99	11J0483	111.51	11H2092	199.93
29	1924828	0.0015	ET7	1.94	ET7	0.16	11J336	0.96	11H2078	110.41	11H1733	198.06
30	HAXREL	0.0015	BS33	1.91	14B0161	0.15	C766	0.93	11H369	108.31	14B0155	194.19
31	14B0155	0.0012	14B0161	1.90	11H2235	0.07	11B521	0.91	11J390	107.53	EM308	193.86
32	7H3039	0.0010	9H914	1.49	BS33	0.05	11H2126	0.90	BSBANGKAN	106.35	JACK	193.45
33	BSBANGKAN	0.0010	11H2235	1.48	11J390	0.05	C155	0.88	17H353	104.21	7H1939	183.73

ตารางภาคผนวกที่ 2(ต่อ) คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมในแต่ละวิธีของพ่อพันธุ์ 100 อันดับแรกโดยเรียงลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์ของแต่ละวิธีจากมากไปหาน้อย

ลำดับ	หมายเลข	β	หมายเลข	*P3:1*	หมายเลข	*P3:T*	หมายเลข	*P1*	หมายเลข	*P2*	หมายเลข	*P3*
34	STRIEF	0.0010	11H2126	1.23	9H914	0.00	7J166	0.87	11H1830	103.81	BSBANGKAN	173.34
35	ET7	0.0009	14B0175	1.03	JACK	-0.04	14B0175	0.86	11H1340	101.51	A72	165.10
36	14B0161	0.0008	14B0155	0.96	11H2126	-0.05	HAXON	0.85	11H2188	100.43	11H8009	164.70
37	11H2325	0.0007	JACK	0.94	HAXREL	-0.08	GIG	0.84	1924828	98.37	C766	157.80
38	C766	0.0007	HAXREL	0.93	72H0415	-0.09	11H2092	0.83	C766	98.10	B787	157.22
39	11J483	0.0005	13750	0.89	14B0155	-0.11	11J483	0.80	7J166	96.14	11B531	145.43
40	7J166	0.0004	7J166	0.88	14B0175	-0.13	11H224	0.80	EM308	95.69	HAXON	143.12
41	S2619	0.0003	S2619	0.83	7J166	-0.14	7H3013	0.79	JACK	95.49	11B544	131.24
42	11B521	0.0002	C766	0.82	C766	-0.14	11H8009	0.78	11H2126	95.08	BSLAI	127.03
43	F623	0.0002	72H0415	0.77	S2619	-0.15	B787	0.77	G030	92.94	11H2126	123.32
44	GIG	0.0002	11J483	0.74	13750	-0.15	14B0161	0.75	14B0161	92.30	11J483	123.03
45	11H2126	0.0001	11J390	0.72	11J483	-0.17	21B450	0.75	JULIO	90.82	ET3	122.38
46	C151	0.0000	C151	0.71	7H3039	-0.18	C151	0.75	11J483	90.47	7J166	120.33
47	11H1733	-0.0001	14H1140	0.62	C151	-0.19	9H914	0.73	11J336	89.91	ROBO	119.15
48	13750	-0.0001	11H2143	0.62	1924828	-0.20	SOGEL	0.73	HAXON	89.70	GIG	118.40
49	14B0175	-0.0001	7H3039	0.62	14H0372	-0.27	17H353	0.73	C151	89.38	KUMPANGSAN	115.68
50	A75	-0.0001	1924828	0.58	11J354	-0.29	13750	0.72	B750	89.06	70H00387	98.73

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 2(ต่อ) คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมในแต่ละวิธีของพ่อพันธุ์ 100 อันดับแรกโดยเรียงลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์ของแต่ละวิธี จากมากไปหาน้อย

ลำดับ	หมายเลข	β	หมายเลข	*P3:1*	หมายเลข	*P3:T*	หมายเลข	*P1*	หมายเลข	*P2*	หมายเลข	*P3*
51	11H2092	-0.0002	14H0372	0.55	10H1057	-0.29	005	0.67	11H1208	87.27	11B529	98.22
52	BOOTMAKER	-0.0002	11H1587	0.47	11H2143	-0.30	A75	0.67	GIG	86.71	AMZ	90.55
53	EM308	-0.0002	E885	0.43	11J0483	-0.30	BOOTMAKER	0.66	G364	85.99	11H3081	90.09
54	9H914	-0.0003	11J354	0.38	11J397	-0.31	11H1191	0.66	13750	85.42	11H3685	84.40
55	11B544	-0.0004	10H1057	0.35	JULIO	-0.32	JULIO	0.65	SOGEL	83.28	13750	81.45
56	10H1057	-0.0005	JULIO	0.31	EM308	-0.32	10H1057	0.64	70H0253	82.86	11H1479	76.88
57	005	-0.0006	EM308	0.29	GIG	-0.34	11H1056	0.64	11J354	80.28	005	73.58
58	11H358	-0.0006	C155	0.25	DUMCRAIG	-0.34	7H1939	0.63	11H8009	79.20	FON006	69.69
59	11J354	-0.0006	GIG	0.16	E885	-0.35	11H3081	0.63	11B543	77.80	11H1056	62.92
60	JULIO	-0.0006	LUTZ-BROO	-0.03	C155	-0.38	G030	0.62	B787	76.68	C186	57.41
61	ROBO	-0.0006	1697572	-0.04	11H1587	-0.39	ROBO	0.60	11H3566	76.01	7B640	57.17
62	11H8009	-0.0008	11J0483	-0.05	G364	-0.42	11H1208	0.59	005	73.55	11B520	57.15
63	3110F	-0.0009	005	-0.11	005	-0.43	11H369	0.59	DUMCRAIG	73.49	SOGEL	56.80
64	11H3081	-0.0010	DUMCRAIG	-0.12	LUTZ-BROO	-0.44	1924828	0.57	LUTZ-BROO	73.45	C151	51.54
65	11H3566	-0.0011	11H8009	-0.13	11H8009	-0.45	7H1865	0.57	11H1056	73.44	3110F	50.12
66	11J395	-0.0011	11H3566	-0.14	14H1140	-0.46	ALLAMOY	0.57	11J388	72.42	14B0161	49.48
67	14H0372	-0.0011	11H1438	-0.17	11H3566	-0.46	B750	0.55	11H2092	72.42	14B0175	45.17

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 2(ต่อ) คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมในแต่ละวิธีของพ่อพันธุ์ 100 อันดับแรกโดยเรียงลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์ของแต่ละวิธีจากมากไปหาน้อย

ลำดับ	หมายเลข	β	หมายเลข	*P3:1*	หมายเลข	*P3:T*	หมายเลข	*P1*	หมายเลข	*P2*	หมายเลข	*P3*
68	HAXON	-0.0011	11J397	-0.27	11H1438	-0.50	72H0415	0.55	BSC613	71.87	JULIO	26.62
69	11H3685	-0.0012	70H0253	-0.37	11H3081	-0.55	11H3566	0.54	HF820	71.42	11H1709	23.28
70	70H00387	-0.0012	G364	-0.46	BOOTMAKER	-0.56	11H1830	0.53	11H3081	67.84	000004	17.22
71	LUTZ-BROO	-0.0015	11H3081	-0.50	11H2092	-0.56	C186	0.53	23H263	65.66	11H1941	3.68
72	7B644	-0.0016	H158	-0.56	H158	-0.59	11B543	0.51	14H0372	64.78	11H2364	1.12
73	H158	-0.0016	BOOTMAKER	-0.61	70H0253	-0.60	HF820	0.51	14H1380	64.66	11H1790	1.09
74	11H1438	-0.0017	C186	-0.64	1697572	-0.62	11H1733	0.50	C186	63.30	C155	-5.77
75	11H369	-0.0017	11H2092	-0.64	11H1830	-0.63	70H0253	0.49	7H3013	63.22	H158	-6.14
76	11H1830	-0.0018	29H4568	-0.67	ROBO	-0.63	3110F	0.46	11H1587	61.87	11B521	-7.39
77	C155	-0.0018	11H1830	-0.69	C186	-0.63	AMZ	0.43	F623	61.09	17H353	-19.25
78	11H2143	-0.0019	14H1380	-0.81	A72	-0.65	H158	0.42	11H2175	60.35	11J395	-20.16
79	23H263	-0.0021	G031	-0.83	11J395	-0.65	11H3685	0.41	1697572	57.63	70H0253	-34.07
80	BSLAI	-0.0021	11J395	-0.85	29H4568	-0.66	70H00387	0.41	14B0190	57.54	11B543	-34.36
81	11J336	-0.0023	ROBO	-0.86	G031	-0.69	11H1340	0.36	7H1939	54.47	G030	-39.43
82	C186	-0.0023	BREEDERMG	-1.08	HAXON	-0.75	BSLAI	0.36	ROBO	54.35	11H224	-39.55
83	E885	-0.0023	A72	-1.22	BREEDERMG	-0.77	KUMPANGSN	0.36	AMZ	53.87	11H3566	-41.29
84	G031	-0.0024	HAXON	-1.23	14H1380	-0.79	11H2325	0.35	3110F	53.85	HF820	-49.07

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางภาคผนวกที่ 2(ต่อ) คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะความคงทนในการให้นมในแต่ละวิธีของพ่อพันธุ์ 100 อันดับแรกโดยเรียงลำดับคุณค่าการผสมพันธุ์ของแต่ละวิธีจากมากไปหาน้อย

ลำดับ	หมายเลข	β	หมายเลข	*P3:1*	หมายเลข	*P3:T*	หมายเลข	*P1*	หมายเลข	*P2*	หมายเลข	*P3*
85	KUMPANGSN	-0.0024	14B0190	-1.27	14B0190	-0.84	11H1479	0.34	H158	53.28	9H914	-49.59
86	BS33	-0.0025	11J388	-1.29	11J388	-0.85	14H0372	0.34	KUMPANGSN	52.72	S2619	-58.89
87	11H1709	-0.0026	7H1111	-1.49	11H3685	-0.85	11H2175	0.33	11H3606	51.61	11H2356	-72.84
88	B787	-0.0026	11H3685	-1.58	7H1111	-0.88	11J388	0.31	11H1191	51.43	G031	-81.78
89	7H3013	-0.0027	70H00387	-1.77	70H00387	-0.89	11H2132	0.30	10H1057	49.91	A75	-95.97
90	7H1111	-0.0030	11H1479	-1.98	3110F	-0.97	11J395	0.28	11H1438	47.67	7H1111	-110.48
91	11H2132	-0.0031	11B543	-1.98	11H369	-0.97	74H0037	0.24	BOOTMAKER	44.14	14H0372	-110.75
92	11H2188	-0.0031	11H3606	-2.00	KUMPANGSN	-1.01	LUTZ-BROO	0.24	E885	42.40	11H2175	-113.22
93	BREEDERMIG	-0.0031	KUMPANGSN	-2.03	11B543	-1.03	000004	0.23	11H3685	42.33	B750	-116.14
94	11H2364	-0.0032	11H369	-2.03	11J336	-1.04	FON006	0.23	11H1479	41.88	BS33	-117.96
95	29H4568	-0.0032	3110F	-2.08	11H1479	-1.05	F623	0.19	24H0415	41.83	11H1340	-124.23
96	11B529	-0.0033	11J336	-2.17	11H3606	-1.06	11H1587	0.18	11J395	40.04	11J388	-124.54
97	11B543	-0.0033	11H2175	-2.40	11H1733	-1.08	11H2364	0.17	G031	34.29	BREEDERMIG	-135.01
98	11J388	-0.0035	AMZ	-2.41	11H2175	-1.15	11H2188	0.14	70H00387	33.00	11H1208	-143.04
99	14B0190	-0.0035	11B529	-2.46	11B529	-1.15	G031	0.11	000004	31.91	1924828	-153.48
100	70H0253	-0.0035	FON006	-2.57	AMZ	-1.16	E885	0.08	7H1111	31.64	11H1438	-167.87

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ข้าพเจ้า นางสาววรางคณา กิจพิพิธ เกิดวันที่ 8 เมษายน พ.ศ.2519 ที่จังหวัดปัตตานี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ปีการศึกษา 2540 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย