

การประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำนม สำหรับโคนมในประเทศไทย

จुरีรัตน์ แสนโกชน์ สายัณห์ บัวบาน*

Abstract

Jureeratn Sanpote Sayan Buaban

A GENETIC EVALUATION OF PRODUCTION TRAITS FOR DAIRY CATTLE IN THAILAND

A study of genetic parameters, breeding values, genetic and phenotypic trends, 305-day milk, fat and protein yields was carried out using 6,357 pedigree and milk records of Holstein Friesian crossbreds, recorded between 1990-2002, in the Master bull project database, Artificial Insemination Division. First lactations, with a lactation length of more than 150 days, were adjusted to a 305-day yield and Restricted, Maximum Likelihood (REML), estimated, variance components. Genetic parameters and breeding values were estimated using the Best Linear Unbiased Prediction (BLUP). The results showed that the average 305-day milk, fat and protein yields were $3,651.87 \pm 904.97$, 138.32 ± 39.98 and 117.42 ± 30.09 kg. respectively. Heritability of the three traits in the study was 0.33, 0.23 and 0.27 (single traits analysis) and was 0.32, 0.20 and 0.20 (Multiple traits analysis). The genetic trend for milk production traits were constant or slightly decreased. When considering the genetic trends during 1990-2000, it was found that there was a slight increase (23 kg. /year, 0.6%/year) while the phenotypic trends were also increased. The average increase in phenotypic milk production was approximately 99.08 kg. /year (2.71%/year) while the phenotypic trends for fat and protein yield were similar to those for milk production.

Keywords : breeding value, dairy cattle, genetic parameters, genetic trend

The Bureau of Biotechnology in Animal Production, Department of Livestock Development, Muang, Pratumthani, 12000

*Corresponding author

สำนักเทคโนโลยีชีวภาพการผลิตปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000

*ผู้รับผิดชอบบทความ

บทคัดย่อ

จूरรัตน์ แสนโกชน์ สายัณห์ บัวบาน*

การประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำนมสำหรับโคนมในประเทศไทย

การศึกษาครั้งนี้เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม และประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะผลผลิตน้ำนม ประกอบด้วย ลักษณะปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมัน และปริมาณโปรตีนที่ 305 วัน รวมทั้งประเมินแนวโน้มทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏของลักษณะดังกล่าว โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลโคนมของกองผสมเทียม กรมปศุสัตว์ ซึ่งประกอบด้วยแม่โคนมที่ให้น้ำนมสมบูรณ์ในรอบการให้นมครั้งแรกโดยให้น้ำนมอย่างน้อย 150 วัน จำนวน 6,357 ตัว ที่ให้นมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 จนถึงปี พ.ศ. 2545 การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนจะใช้โมเดลผลผลิตการให้นมที่ 305 วัน (305-days lactation model) ด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) แล้วนำค่าความแปรปรวนที่ประมาณได้ไปใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม และประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์โดยเทคนิค Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมัน และปริมาณโปรตีนที่ 305 วันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $3,651.87 \pm 904.97$, 138.32 ± 39.98 และ 117.42 ± 30.09 กก. ตามลำดับ ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมัน และปริมาณโปรตีนที่ 305 วัน มีค่าเท่ากับ 0.33, 0.23, 0.27 (การวิเคราะห์ที่ละลักษณะ) และเท่ากับ 0.32, 0.20 และ 0.20 (การวิเคราะห์สามลักษณะพร้อมกัน) ตามลำดับ การประเมินแนวโน้มทางพันธุกรรมของผลผลิตน้ำนมโดยรวมมีแนวโน้มคงที่หรือลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามหากพิจารณาแนวโน้มทางพันธุกรรมในช่วงเวลาตั้งแต่ปี 2534-2543 แล้วจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 23 กิโลกรัม/ปี (0.6%) ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการคัดเลือกสัตว์อย่างสม่ำเสมอ โดยเริ่มมีพิจารณาคัดเลือกพ่อและแม่พันธุ์จากคุณค่าการผสมพันธุ์ควบคู่ไปกับลักษณะปรากฏ แนวโน้มของลักษณะปรากฏจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 99.08 กิโลกรัม/ปี (2.71%) และแนวโน้มลักษณะปรากฏของลักษณะปริมาณไขมัน และลักษณะปริมาณโปรตีนก็มีแนวโน้มไปในทำนองเดียวกัน

คำสำคัญ : ค่าการผสมพันธุ์ โคนม ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม แนวโน้มทางพันธุกรรม

บทนำ

การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยได้รับการส่งเสริมและพัฒนาอย่างจริงจังต่อเนื่องนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2500 เป็นต้นมา จนกระทั่งปัจจุบันนี้เกษตรกรทั่วประเทศหันมาสนใจการเลี้ยงโคนมเพื่อใช้เป็นอาชีพหลักกันมากขึ้น จึงทำให้แนวโน้มของขนาดประชากรโคนมสูงขึ้น จากรายงานของกองแผนงาน กรมปศุสัตว์ (2544) พบว่ามีประชากรโคนมในประเทศไทยจำนวน 307,927 ตัวจาก 17,513 ฟาร์มโดยส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อยที่รวมตัวกันก่อตั้งเป็นสหกรณ์โคนม ในจำนวนโคนมทั้งหมดนี้มีประมาณ 132,517 ตัวที่ได้รับการทำเครื่องหมายจำแนกสัตว์เป็นรายตัวและจัดทำทะเบียนประวัติ โคนมส่วนหนึ่งประมาณ 15,000 ตัวที่มีระบบการบันทึกข้อมูลผลผลิตน้ำนมรายตัวอยู่ในฐานข้อมูลโคนมของกองผสมเทียม กรมปศุสัตว์ อีกส่วนหนึ่งจะอยู่ในฐานข้อมูลของ

องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัย และฟาร์มเอกชนขนาดใหญ่ ในอดีตที่ผ่านมาการปรับปรุงพันธุกรรมโคนมนั้นจะมีการคัดเลือกและการนำเข้าพันธุ์กรรมซึ่งหมายถึงพ่อแม่พันธุ์และน้ำเชื้อแข็งโดยภาครัฐและเอกชนจากต่างประเทศหลายประเทศเพื่อทำการผสมยกระดับเลือดประชากรโคนมให้มีระดับของพันธุ์ที่ต้องการสูงขึ้นเรื่อยๆ ในชั่วลูก จึงมีส่วนผลักดันทำให้มีการพัฒนาพันธุกรรมของโคนมในประเทศไทยเป็นอย่างมากจนกระทั่งปัจจุบันพบว่าโคนมที่เลี้ยงในประเทศไทยมีความหลากหลายทางพันธุกรรม โดยส่วนใหญ่จะเป็นโคนมลูกผสมที่มีระดับสายเลือดพันธุ์โฮลสไตน์ ฟรีเซียนมากกว่าร้อยละ 75

นอกจากนี้กองผสมเทียมยังได้มีการผลิตน้ำเชื้อจากพ่อโคนมพันธุ์ดีที่สร้างขึ้นเองภายในประเทศภายใต้โครงการพัฒนาและผลิตน้ำเชื้อพ่อโคนมพันธุ์ดี (Master Bull Project)

โดยในช่วงแรกการประเมินค่าทางพันธุกรรมเพื่อคัดเลือกพ่อพันธุ์โคนมว่าพ่อพันธุ์ตัวใดมีพันธุกรรมดีเด่นกว่าพ่อพันธุ์ตัวอื่นจะใช้เพียงวิธีการเปรียบเทียบผลผลิตของลูกสาวที่ปรับความแตกต่างของปัจจัยคงที่โดยใช้การประมาณด้วยวิธี Best prediction (BP) (จูร์รัตน์ และคณะ, 1986) ซึ่งวิธีดังกล่าวยังมีอคติในการประเมิน แต่ปัจจุบันนี้วิธีการประเมินค่าทางพันธุกรรมได้มีการพัฒนาปรับปรุงให้มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยการพัฒนาทั้งวิธีการทางสถิติ โมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ และความสามารถในการคำนวณของเครื่องคอมพิวเตอร์

อย่างไรก็ตามเมื่อทำการคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์ไปแล้ว ก็มีความจำเป็นที่จะต้องประเมินว่าพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะผลผลิตน้ำมนั้นกำลังเป็นไปในทิศทางใด มีผลตอบสนองต่อการคัดเลือกลดน้อยเพียงใดในแต่ละชั่วอายุ การคัดเลือกที่ผ่านมามีประสิทธิภาพหรือไม่ พันธุกรรมมีการปรับปรุงขึ้นมาถึงขีดจำกัดของการตอบสนองแล้วหรือไม่ และต้องทราบว่าค่าเฉลี่ยของผลผลิตที่ปรับปรุงเพิ่มขึ้นหรือลดลงในแต่ละปีนั้นเป็นผลแท้จริงเนื่องจากพันธุกรรมหรือเนื่องจากการจัดการที่เปลี่ยนไป เช่น ถ้าค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมนของประชากรเพิ่มขึ้นทุกปี แต่แนวโน้มทางพันธุกรรมมีค่าคงที่ แสดงว่าค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่ได้เกิดจากการปรับปรุงพันธุกรรมแต่เป็นผลเนื่องจากการปรับปรุงด้านการจัดการหรือสภาพแวดล้อม ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะช่วยให้ตัดสินใจวางแผนการคัดเลือก การผสมพันธุ์ รวมถึงการนำเข้าพันธุกรรมสัตว์ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (มนต์ชัย และคณะ, 2000) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการประเมินค่าทางพันธุกรรมในระดับประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏที่จำเป็นสำหรับการประเมินลักษณะผลผลิตน้ำมนในประเทศไทย
2. เพื่อประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อจัดลำดับสำหรับใช้ในแผนการคัดเลือกตามสภาพแวดล้อมของประเทศไทย
3. ประเมินแนวโน้มทางพันธุกรรมและลักษณะปรากฏของลักษณะผลผลิตน้ำมนในประเทศไทย

วัสดุและวิธีการ

ข้อมูลและการจัดการข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลผลผลิตน้ำมนของแม่โคนมที่ให้น้ำนมสมบูรณ์ (complete lactation) ในระยะการให้นมครั้งแรกจากระบบฐานข้อมูลโคนมของกองผสมเทียม กรมปศุสัตว์ที่ตลอดลูกในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2533-2545 ซึ่งเป็นข้อมูลจากฟาร์มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในพื้นที่เขตปศุสัตว์ที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 โดยการชั่งน้ำหนักและสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบองค์ประกอบในน้ำนมจากเจ้าหน้าที่เป็นรายเดือนในรูปแบบของผลผลิตในวันทดสอบติดต่อกันไปจนกระทั่งแม่โคหยุดให้นม โดยโคนมแต่ละตัวจะต้องมีจำนวนวันให้นมไม่น้อยกว่า 150 วัน วันทดสอบครั้งแรกอยู่ระหว่างวันที่ 5-60 หลังจากคลอด แม่โคมีอายุตลอดลูกครั้งแรกอยู่ระหว่าง 18-52 เดือน สำหรับจำนวนข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มการจัดการเดียวกัน (contemporary groups) ที่มีน้อยกว่า 5 ข้อมูล และโคนมที่สิ้นสุดการให้นมเนื่องจากโคป่วย เต้านมอักเสบ หรือขายจะไม่นำมาใช้ในการประเมินผล ดังนั้นจึงมีข้อมูลผลผลิตน้ำมนจากแม่โคนมซึ่งประกอบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมัน และปริมาณโปรตีนจำนวน 6,357, 6,252 และ 6,322 ตัวตามลำดับร่วมกับข้อมูลพันธุ์ประวัติของโคที่เกี่ยวข้องกับโคที่ให้ผลผลิตจำนวน 9,500, 9,395 และ 9,465 ตัวตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ลักษณะผลผลิตน้ำมนที่ศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยปริมาณน้ำนม (กก.) ปริมาณไขมัน (กก.) และปริมาณโปรตีน (กก.) โดยจะพิจารณาจำนวนวันให้นมที่ 305 วัน แม่โคนมที่ให้ผลผลิตน้ำมนเกินกว่า 305 วัน จะใช้ผลผลิตน้ำมนที่ 305 วัน หากแม่โคนมให้ผลผลิตน้ำมนน้อยกว่า 305 วันจะต้องปรับเป็น 305 วันโดยใช้สมการถดถอยอย่างง่าย และมีปัจจัยปรับตามรายงานของขนิชฐา (2001) ส่วนวิธีการคำนวณเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมนรวมจะคำนวณจากผลผลิตน้ำมนในวันทดสอบด้วยวิธี test interval method (TIM)(Everette and Carter, 1968; Sargent et al., 1968)

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะ โครงสร้างของข้อมูลสำหรับลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมที่ใช้ในการวิเคราะห์

โครงสร้างของข้อมูล	จำนวนข้อมูล (ระเบียบ)		
	ปริมาณน้ำนม (กก.)	ปริมาณไขมัน (กก.)	ปริมาณโปรตีน (กก.)
จำนวนข้อมูลทั้งหมด	6,357	6,252	6,322
จำนวนสัตว์ที่มีข้อมูล	6,357	6,252	6,322
จำนวนสัตว์ในพันธุ์ประวัติ	9,500	9,395	9,465
กลุ่มสัตว์ที่คลอดลูกใน ฝูง - ปี - ฤดูกาลเดียวกัน	485	483	484

ตัวแบบวิเคราะห์

การวิเคราะห์ครั้งนี้ใช้ animal model โดยมีตัวแบบผสม (mixed model) ดังนี้

1. การวิเคราะห์ที่ละลักษณะ (Univariate analysis)

$$Y = Xb + Za + e$$

โดยมีความแปรปรวนของปัจจัยต่างๆ ในโมเดลดังนี้

$$\begin{bmatrix} a \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} AO^2_a & O \\ O & IO^2_c \end{bmatrix}$$

2. การวิเคราะห์หลายลักษณะพร้อมกัน (Multivariate analysis)

$$Y = Xb + Za + e$$

$$\text{ด้วย} \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_1 & O & O \\ O & X_2 & O \\ O & O & X_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & O & O \\ O & Z_2 & O \\ O & O & Z_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix}$$

โดยมีความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมดังนี้

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} AO^2_{a1} & AO_{a1,a2} & AO_{a1,a3} & O & O & O \\ AO_{a2,a1} & AO^2_{a2} & AO_{a2,a3} & O & O & O \\ AO_{a3,a1} & AO_{a3,a2} & AO^2_{a3} & O & O & O \\ O & O & O & IO^2_{e1} & AO_{e1,e2} & AO_{e1,e3} \\ O & O & O & IO_{e2,e1} & AO^2_{e2} & AO_{e2,e3} \\ O & O & O & IO_{e3,e1} & AO_{e3,e2} & AO^2_{e3} \end{bmatrix}$$

เมื่อ Y = เวกเตอร์ของค่าสังเกต (ปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน ปริมาณไขมันที่ 305 วัน ปริมาณโปรตีนที่ 305 วัน) ของการให้นมครั้งแรก

X, Z = เมตริกซ์ปรากฏที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับปัจจัยคงที่ b และค่าสังเกตกับปัจจัยสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์ a

b = เวกเตอร์ของปัจจัยคงที่เนื่องจากกลุ่มการจัดการ (ฝูง ปี และฤดูกาลที่คลอด) กลุ่มพันธุ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของอายุเมื่อคลอด ลูกครั้งแรกที่ประกอบด้วยตัวแปรร่วมที่เป็น linear และ quadratic)

a = เวกเตอร์ของปัจจัยสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์ โดยให้ $a \sim NID(O, AO^2_a)$

e = เวกเตอร์ของปัจจัยสุ่มเนื่องจากความคลาดเคลื่อน โดยให้ $e \sim NID(O, IO^2_e)$

A = เมตริกซ์ของค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ในพันธุ์ประวัติ (numerator relationship matrix)

I = Identity matrix

O^2_a = องค์ประกอบความแปรปรวนทางพันธุกรรม

O^2_e = องค์ประกอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

และความแปรปรวนร่วมระหว่างพันธุกรรมและความคลาดเคลื่อน = 0

Subscript 1 = ปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน

Subscript 2 = ปริมาณไขมันที่ 305 วัน

Subscript 3 = ปริมาณโปรตีนที่ 305 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (variance-covariance components) และค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม (genetic parameters)

วิเคราะห์หาองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะที่ศึกษาเพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมและใช้ในการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood, REML (Patterson and Thompson, 1971) โดยใช้ Expectation maximization (EM) algorithm จากโปรแกรมสำเร็จรูป BLUPF90-PCPAK (Misztal and Duangjinda, 2001) ซึ่งมีเกณฑ์พิจารณาสำหรับการคำนวณสิ้นสุดเมื่อค่าความแปรปรวนที่ได้แต่ละซ้ำต่างกันน้อยกว่า 10^{-10} และจะเริ่มการวิเคราะห์อีกครั้งโดยการใช้ผลครั้งที่ผ่านมาเพื่อที่จะให้ได้ความน่าจะเป็นสูงสุดที่แท้จริง

2. การประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์

จากค่าองค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะที่ทำการศึกษาที่ประมาณได้จะนำไปใช้ในการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ด้วยวิธี Best Linear Unbiased Prediction, BLUP (Henderson, 1984) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป BLUPF90-PCPAK (Misztal and Duangjinda, 2001) และหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์จากการวิเคราะห์ที่ละลักษณะและการวิเคราะห์สามลักษณะพร้อมกันโดยใช้ Spearman rank correlation (SAS, 1998)

3. การประเมินแนวโน้มทางพันธุกรรม และแนวโน้มของลักษณะปรากฏ

การประเมินแนวโน้มทางพันธุกรรมจะใช้วิธีการถดถอยระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์จากสัตว์ที่ประเมินได้ทุก

ตัวกับปีเกิด และแนวโน้มของลักษณะปรากฏจะประเมินโดยการถดถอยค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้กับปีที่แม่โคคลอดลูก

ผล

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน ปริมาณไขมันที่ 305 วัน และปริมาณโปรตีนที่ 305 วัน ของรอบการให้นมครั้งที่ 1 พบว่ามีค่าเท่ากับ $3,651.87 \pm 904.97$, 138.32 ± 39.98 และ 117.42 ± 30.09 กก.ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนและค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม

ค่าองค์ประกอบความแปรปรวน และค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมที่ประมาณได้จากการวิเคราะห์ที่ละลักษณะและวิเคราะห์สามลักษณะพร้อมกันได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 ซึ่งพบว่าค่าอัตราพันธุกรรมที่วิเคราะห์ที่ละลักษณะของลักษณะปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมัน และปริมาณโปรตีนมีค่าเท่ากับ 0.32, 0.20 และ 0.21 ตามลำดับ และค่าอัตราพันธุกรรมที่วิเคราะห์สามลักษณะพร้อมกันมีค่าเท่ากับ 0.33, 0.23 และ 0.27 ตามลำดับ

การประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อโคที่มีจำนวนลูกสาวอย่างน้อย 10 ตัว และแม่โคที่มีข้อมูลการให้ผลผลิตสำหรับแต่ละลักษณะที่วิเคราะห์ที่ละลักษณะและสามลักษณะพร้อมกันได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 จะเห็นว่าลักษณะปริมาณน้ำนมของทั้ง

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะการให้ผลผลิตที่ใช้ในการวิเคราะห์

ลักษณะ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อายุเมื่อคลอดลูกตัวแรก (เดือน)	34.87	6.47
จำนวนวันในรอบการให้นม (วัน)	316.24	87.41
ปริมาณน้ำนมทั้งหมด (กก.)	3,764.89	1,262.85
ปริมาณไขมันทั้งหมด (กก.)	143.12	52.25
ปริมาณโปรตีนทั้งหมด (กก.)	121.88	42.57
ปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน (กก.)	3,651.87	904.97
ปริมาณไขมันที่ 305 วัน (กก.)	138.32	39.98
ปริมาณโปรตีนที่ 305 วัน (กก.)	117.42	30.09

พ่อโคและแม่โคที่วิเคราะห์สามลักษณะพร้อมกันมีค่าพิสัย (ค่าสูงสุด-ค่าต่ำสุด) ของคุณค่าการผสมพันธุ์น้อยกว่าการวิเคราะห์ทีละลักษณะ ซึ่งต่างจากลักษณะปริมาณไขมันและลักษณะปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์สามลักษณะพร้อมกันจะให้ค่าพิสัยของคุณค่าการผสมพันธุ์มากกว่าการวิเคราะห์ทีละลักษณะ

การประเมินแนวโน้มทางพันธุกรรม และแนวโน้มของลักษณะปรากฏ

แนวโน้มทางพันธุกรรม

ผลจากการประเมินแนวโน้มทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมัน และปริมาณโปรตีนที่ 305 วันที่ได้จากวิธีการถดถอยระหว่างค่าเฉลี่ยของคุณค่าการผสมพันธุ์จากสัตว์ที่ประเมินได้ทุกตัวกับปีเกิดของสัตว์ระหว่างปีพ.ศ. 2513-2542 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 1-3 พบว่าโดยรวมมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเท่ากับ 0.26, 0.29 และ 0.16 กก./ปี

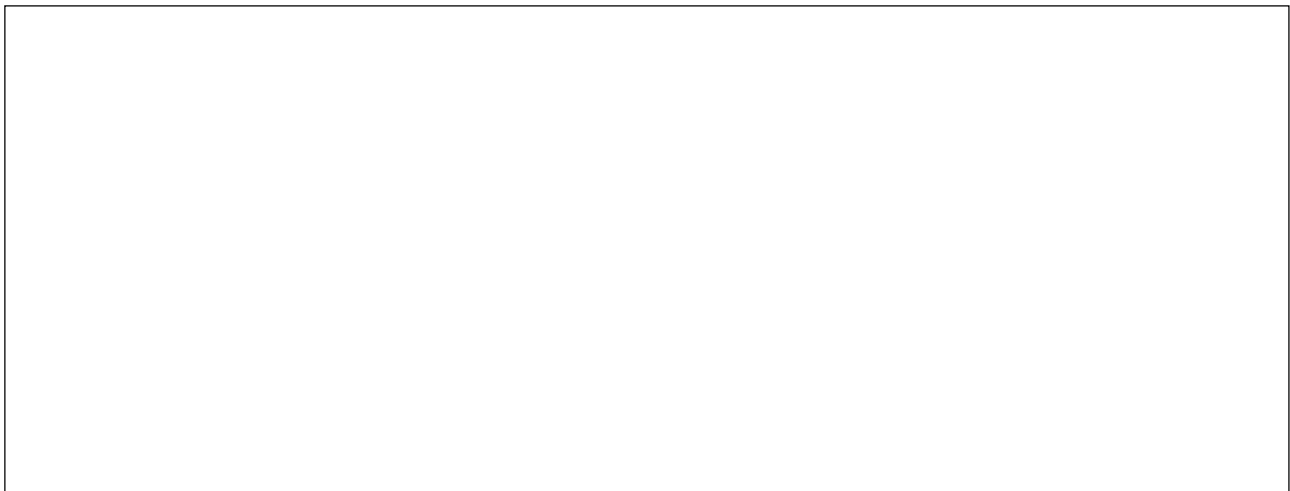
สำหรับลักษณะปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมันและปริมาณโปรตีนตามลำดับ (ดูได้จากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของสมการถดถอยระหว่างค่าเฉลี่ยของคุณค่าการผสมพันธุ์กับปีเกิดของสัตว์, $Y = 210.26 - 0.26X$, $Y = 11.40 - 0.29X$ และ $Y = 8.35 - 0.16X$ เมื่อ X คือ ปีเกิดของสัตว์ และ Y คือ ค่าเฉลี่ยของคุณค่าการผสมพันธุ์) และเมื่อพิจารณารายละเอียดเป็นช่วงของเวลาได้แก่ ในช่วงปีพ.ศ. 2513-2524 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเริ่มลดลงตามลำดับจนถึงปีพ.ศ. 2534 จากนั้นแนวโน้มทางพันธุกรรมเริ่มมีค่าค่อนข้างคงที่ และเริ่มสูงขึ้นเป็นลำดับจนถึงปีพ.ศ. 2542 มีแนวโน้มทางพันธุกรรมเพิ่มขึ้นเฉลี่ย (พ.ศ.2534-2542) ปีละประมาณ 23 กก. (0.6%) (ดูได้จากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของสมการถดถอยระหว่างค่าเฉลี่ยของคุณค่าการผสมพันธุ์กับปีเกิดของสัตว์ $Y = 78.72 + 23.30X$) ส่วนลักษณะปริมาณไขมันและปริมาณโปรตีนก็มีแนวโน้มไปในทำนองเดียวกันกับลักษณะปริมาณน้ำนม แต่ในช่วงหลังจากปีพ.ศ. 2534 มีแนวโน้มที่จะคงที่ ($Y = 3.79 - 0.03X$ และ $Y = 3.63 - 0.08X$ ตามลำดับ)

ตารางที่ 3 ค่าองค์ประกอบความแปรปรวน และค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม

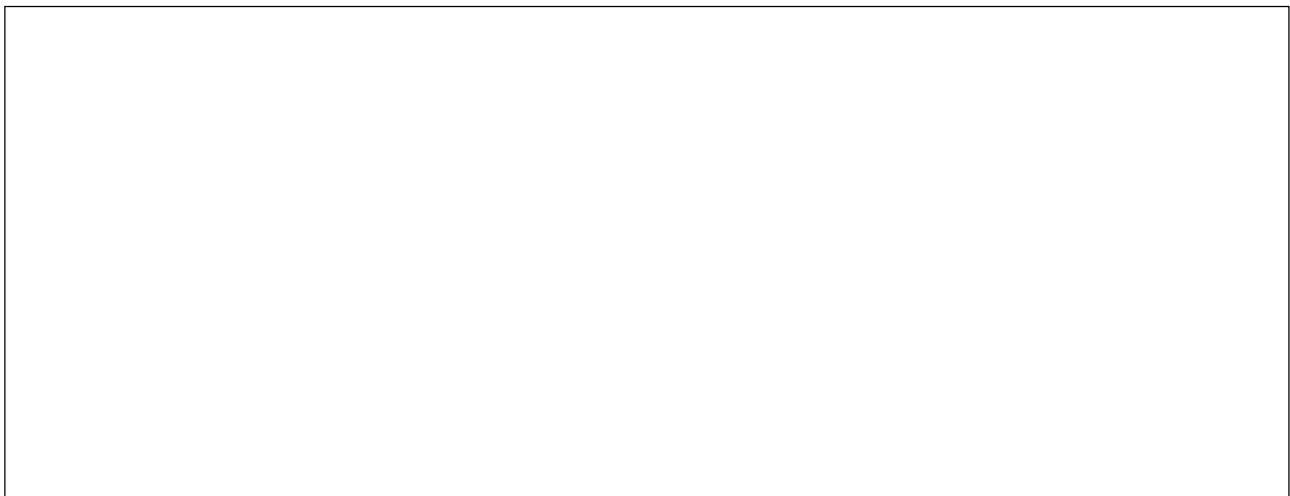
ค่าองค์ประกอบความแปรปรวน และค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม	ลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม		
	ปริมาณน้ำนม	ปริมาณไขมัน	ปริมาณโปรตีน
การวิเคราะห์ทีละลักษณะ			
ความแปรปรวนทั้งหมด (กก. ²)	552,600	1,124.39	629.59
ความแปรปรวนทางพันธุกรรม (กก. ²)	177,980	222.49	133.57
ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (กก. ²)	374,680	901.90	496.02
ค่าอัตราพันธุกรรม (h ²)	0.32	0.20	0.21
-2LogL	84,368	47,292	44,199
การวิเคราะห์หลายลักษณะพร้อมกัน			
ความแปรปรวนทั้งหมด (กก. ²)	553,060	1,137.08	607.65
ความแปรปรวนทางพันธุกรรม (กก. ²)			
ปริมาณน้ำนม	181,220	6,734.9	5,395.4
ปริมาณไขมัน	6,734.9	259.79	200.32
ปริมาณโปรตีน	5,395.4	200.32	162.19
ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (กก. ²)			
ปริมาณน้ำนม	371,840	14,370	11,987
ปริมาณไขมัน	14,370	877.20	472.50
ปริมาณโปรตีน	11,987	472.50	445.46
ค่าอัตราพันธุกรรม (h ²)	0.33	0.23	0.27
-2LogL	155,668	155,668	155,668

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์สำหรับลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม

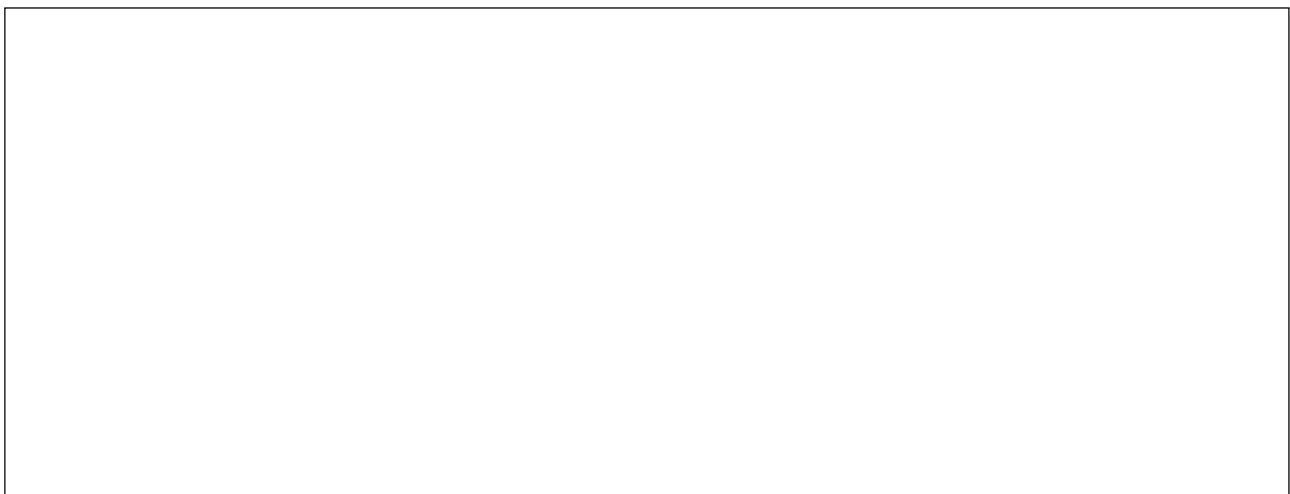
ลักษณะการให้ ผลผลิตน้ำนม	การวิเคราะห์ทีละลักษณะ			การวิเคราะห์หลายลักษณะพร้อมกัน		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
พ่อพันธุ์						
ปริมาณน้ำนม	282.23	-370.86	1,409.13	89.70	-482.78	1,223.17
ปริมาณไขมัน	8.75	-11.56	31.31	4.03	-17.86	45.80
ปริมาณโปรตีน	7.06	-8.63	33.74	2.79	-14.91	36.74
แม่พันธุ์						
ปริมาณน้ำนม	195.04	-883.48	1,615.34	-2.04	-933.74	1,433.01
ปริมาณไขมัน	3.53	-24.82	38.59	-0.38	-35.52	51.97
ปริมาณโปรตีน	3.86	-20.91	34.25	-0.14	-28.11	42.49
สัตว์ทั้งหมด						
ปริมาณน้ำนม	197.19	-883.48	1,615.34	0.23	-933.74	1,433.01
ปริมาณไขมัน	3.66	-24.82	38.59	-0.27	-35.52	51.97
ปริมาณโปรตีน	3.93	-20.91	34.25	-0.06	-28.11	42.49



รูปที่ 1 แนวโน้มทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน (รอบการให้นมที่ 1)



รูปที่ 2 แนวโน้มทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณไขมันที่ 305 วัน (รอบการให้นมที่ 1)



รูปที่ 3 แนวโน้มทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณโปรตีนที่ 305 วัน (รอบการให้นมที่ 1)

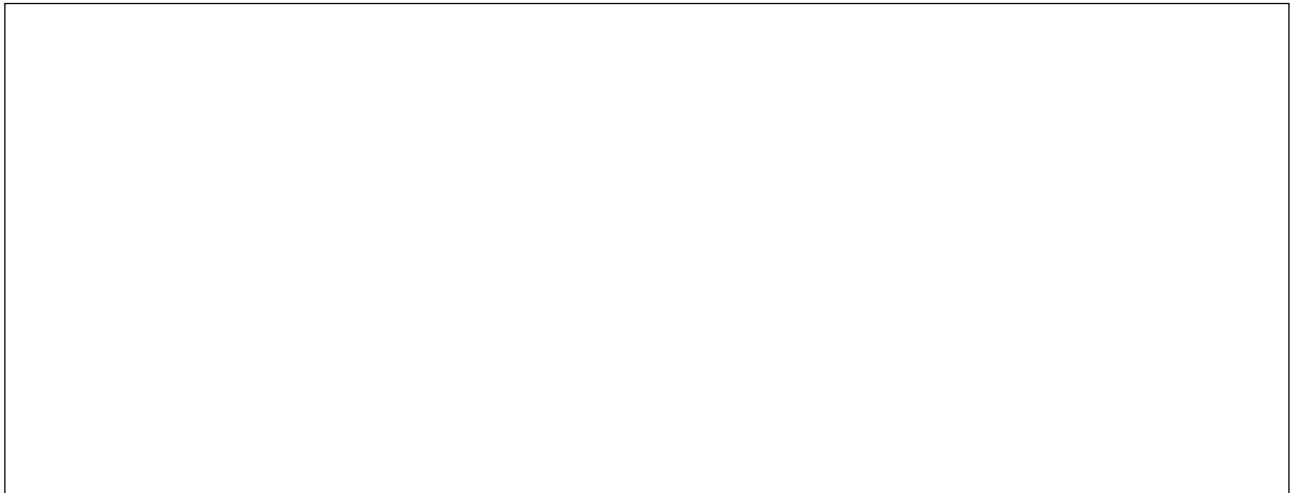
แนวโน้มลักษณะปรากฏ

แนวโน้มลักษณะปรากฏของปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมัน และปริมาณโปรตีนที่ 305 วันตั้งแต่ปีพ.ศ. 2536-2544 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4-6 ตามลำดับ จากผลการประเมินทั้ง 3 ลักษณะ มีรูปแบบของแนวโน้มโดยรวมที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาของการประเมินเหมือนกัน โดยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นสำหรับลักษณะปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมัน และปริมาณโปรตีนเท่ากับ 99.08 (2.71%), 2.49 (1.80%) และ 2.73 (2.32%) กก./ปี ตามลำดับ (ดูได้จากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของสมการถดถอยระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิตกับปีที่สัตว์คลอดลูก $Y = -594.51 + 99.08X$, $Y = -15.76 + 2.49X$ และ

$Y = -15.94 + 2.73X$ เมื่อ X คือ ปีที่สัตว์คลอดลูก และ Y คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิต)

วิจารณ์

ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมที่ 305 วันที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของวิสุทธิ และคณะ (2000) ($3,644 \pm 154.90$) มีค่าสูงกว่ารายงานอื่นๆ ที่ทำการศึกษาในประชากรที่แตกต่างกันซึ่งได้แก่รายงานของ พัทรินทร์ และคณะ, 1991 ($2,646 \pm 777.90$ กก.) กัลยาและคณะ, 1994 ($3,263.05 \pm 702.11$ กก.) ประชุม และคณะ, 1996 ($1,966.10 \pm 525.72$ กก.) อุดมศรี และคณะ, 1997



รูปที่ 4 แนวโน้มลักษณะปรากฏของลักษณะปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน (รอบการให้นมที่ 1)

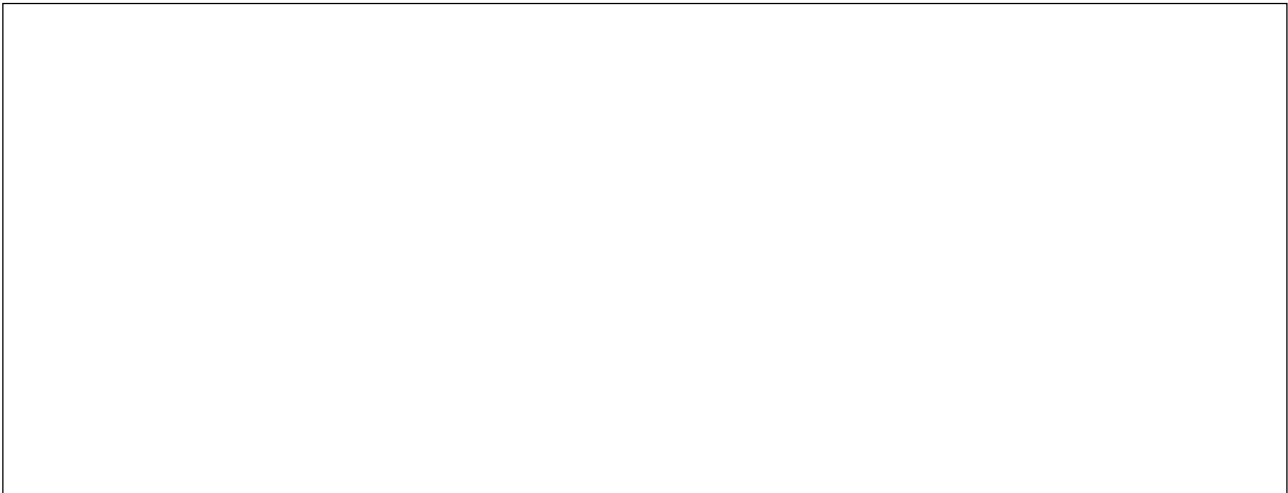
(2,158.15±25.40) ฟินิจ, 1997 (1,914±968 กก.) อังคณา, 1998 (3,243±970.82 กก.) เทียมพบ และคณะ, 1999 (3,081.18±1,918.16) และศักดิ์ชัย และคณะ, 2001 (2,714±1321.00) แต่จะมีค่าต่ำกว่ารายงานของ พชรินทร์ และคณะ (1999) และ สายัณห์และคณะ (2001) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6,549.56±1,287 และ 3,767±1,095.27 กก. ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน จะมีความผันแปรแตกต่างกันไปในแต่ละการศึกษาทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาในช่วงเวลา ขนาดและกลุ่มของประชากรที่แตกต่างกัน

ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม ที่วิเคราะห์สามลักษณะพร้อมกันมีค่าสูงกว่าการวิเคราะห์ทีละลักษณะเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากความผันแปรทางพันธุกรรมจากการวิเคราะห์สามลักษณะพร้อมกันที่มีค่าสูงกว่าโดยมีค่าความผันแปรของลักษณะปรากฏเกือบไม่เปลี่ยนแปลงซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Dahlin et al. (1998) ที่ศึกษาจากประชากรโคพันธุ์ชาฮิวาลในประเทศปากีสถาน นอกจากนี้ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมที่ประมาณได้จากการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีมีค่าสูงกว่ารายงานของมนต์ชัย และคณะ (2000) ที่วิเคราะห์โดยใช้ค่าปริมาณน้ำนมปรับที่ 305 วัน (0.20) และใช้ค่าปริมาณน้ำนมจริงโดยใช้จำนวนวันให้นมเป็นตัวแปรร่วม (0.23) วิสุทธิ์และคณะ (2000) (0.25) และ ศักดิ์ชัย และคณะ (2001) (0.19) มีค่าต่ำกว่ารายงานของเทียมพบและคณะ (1999) (0.55) สายัณห์และคณะ (2001) (0.55) และชาติรี (2001) (0.37-0.43) แต่มีค่าอยู่ในช่วง

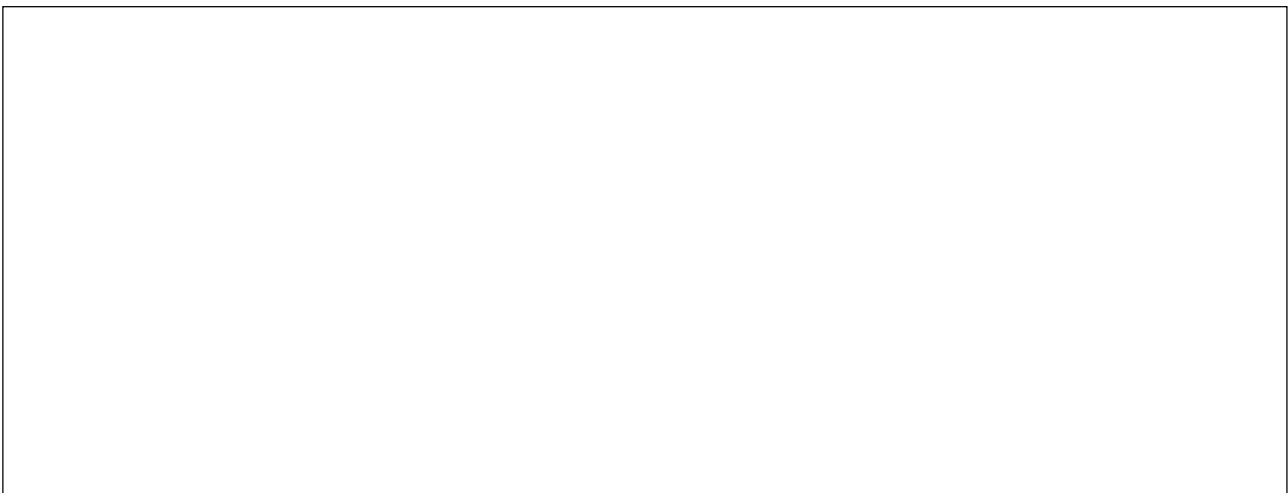
เกี่ยวกับการศึกษาของ Cue et al. (1987); De Jager and Kenedy (1987); Teepker and Swalve (1988); Dematawewa and Berger (1998); Lobo et al. (2000); Ojango and Pollott (2001) ที่ได้รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมอยู่ในช่วง 0.20 ถึง 0.44 และสำหรับ ลักษณะปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 0.18 ถึง 0.42 ความแตกต่างของค่าอัตราพันธุกรรมที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลเนื่องมาจากชนิดและขนาดของกลุ่มประชากร และโมเดลที่ใช้ในการศึกษาที่แตกต่างกัน

การประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะการให้ผลผลิตแต่ละลักษณะมีแนวโน้มที่จะแตกต่างกันเมื่อใช้วิธีการวิเคราะห์แต่ละแบบที่แตกต่างกัน และเมื่อวิเคราะห์หา Rank correlations ระหว่างคุณค่าการผสมพันธุ์สำหรับลักษณะปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมัน และลักษณะโปรตีนจากการวิเคราะห์ทีละลักษณะ และจากการวิเคราะห์สามลักษณะพร้อมกันจะมีค่าเท่ากับ 0.92, 0.87 และ 0.88 สำหรับลักษณะปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมัน และปริมาณโปรตีนตามลำดับ

แนวโน้มทางพันธุกรรมที่เพิ่มขึ้นในช่วงปีท้ายๆ ของการศึกษาเป็นผลซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการคัดเลือกสัตว์อย่างสม่ำเสมอโดยเฉพาะการคัดเลือกพ่อพันธุ์จากประเทศต่างๆอย่างมีคุณภาพ โดยพิจารณาคัดเลือกจากคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์ แต่โดยรวมแล้วแนวโน้มทางพันธุกรรมของปริมาณน้ำนมและปริมาณไขมันจะมีค่าตรงข้ามกับการศึกษาของ Katkasame et al. (1996) ที่ใช้ข้อมูลบันทึกการให้นมครั้งแรกของโคนมในฟาร์มโคนมขององค์การส่งเสริมกิจการ



รูปที่ 5 แนวโน้มลักษณะปรากฏของลักษณะปริมาณไขมันที่ 305 วัน (รอบการให้นมที่ 1)



รูปที่ 6 แนวโน้มลักษณะปรากฏของลักษณะปริมาณโปรตีนที่ 305 วัน (รอบการให้นมที่ 1)

โคนมแห่งประเทศไทยในปีพ.ศ. 2515-2534 พบว่าค่าแนวโน้มทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนม และปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเท่ากับ 45.05 และ 0.45 กก./ปี ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Koonawootrittriron et al. (2002) ที่ใช้ข้อมูลจากองค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย ในปีพ.ศ. 2534-2543 สำหรับลักษณะปริมาณน้ำนมมีแนวโน้มคงที่เช่นเดียวกับการศึกษาครั้งนี้ก็จะให้กราฟที่เป็นเส้นระนาบ ส่วนลักษณะปริมาณไขมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนแนวโน้มลักษณะปรากฏของปริมาณน้ำนม และปริมาณไขมันจะมีค่าสูงขึ้นมากกว่าการศึกษาของ Katkasame et al. (1996) ซึ่งพบว่าแนวโน้มมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 37.22 และ 1.32 กก./ปี ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นผล

เนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยีของการจัดการการเลี้ยงและการให้อาหารที่ดีขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบแนวโน้มของลักษณะปรากฏกับแนวโน้มทางพันธุกรรมโดยรวมจะเห็นว่าแนวโน้มของลักษณะปรากฏเพิ่มขึ้นโดยไม่สอดคล้องกับแนวโน้มทางพันธุกรรมที่มีลักษณะคงที่หรือลดลงเล็กน้อยโดยพบว่าบางปีสูงบางปีต่ำทั้งนี้เพราะการคัดเลือกและการผสมพันธุ์แต่ละครั้งเกษตรกรไม่สามารถพิจารณาค่าทางพันธุกรรมเพื่อการคัดเลือกทั้งพ่อและแม่พันธุ์แต่ละตัวพิจารณาจากลักษณะปรากฏซึ่งประกอบด้วยลักษณะพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมจึงทำให้ไม่สามารถควบคุมค่าทางพันธุกรรมได้

สรุป

การประเมินค่าทางพันธุกรรมโดยใช้ animal model และเทคนิค BLUP ในครั้งนี้ทำให้สามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมภายในประชากรที่มีการคัดเลือกและช่วยประเมินผลการปรับปรุงพันธุ์ของลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมภายในประเทศได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้จากการประเมินยังสามารถนำผลที่ได้มาจัดลำดับตามความสามารถทางพันธุกรรมของพ่อโคและแม่โคซึ่งจะช่วยในการวางแผนคัดเลือกพ่อโคและแม่โคเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์โคนมของประเทศต่อไป อย่างไรก็ตามในการเลือกใช้วิธีการสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมและประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ควรพิจารณาอยู่บนพื้นฐานของเป้าหมายของการปรับปรุงพันธุ์และข้อมูลที่มีอยู่ ถ้าเป้าหมายของการปรับปรุงพันธุ์ต้องการปรับปรุงหลายลักษณะพร้อมกันแล้ววิธีการวิเคราะห์หลายลักษณะโดยการรวมทุกลักษณะที่สนใจก็จะเป็นวิธีการที่จะต้องถูกเลือกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ และที่สำคัญในการวางแผนผสมพันธุ์ควรจะทำให้มีการเชื่อมโยงความเกี่ยวข้องทางพันธุกรรมของประเทศด้วยโดยใช้พ่อพันธุ์ร่วมกันเพื่อให้เกิด connectedness ซึ่งจะทำให้การประเมินค่าทางพันธุกรรมมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น ดังนั้นการคัดเลือกและผสมพันธุ์สัตว์ควรพิจารณาค่าทางพันธุกรรมเป็นสำคัญเพราะลักษณะทางพันธุกรรมเท่านั้นที่สามารถถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูกหลานได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการศึกษาขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยการผสมเทียมและทีมงาน พร้อมด้วยผู้ที่เกี่ยวข้องที่ทำให้มีข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณ รศ.ดร.มนต์ชัย ดวงจินดา ที่เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลและการใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

กัลยา เก่งวิทย์กรรม พรรณพิไล เสกสิทธิ์ จุริรัตน์ แสนโกชน และไพโรจน์ ธำรงโอภาส 1994 (2537) ผลผลิตน้ำนมของโคสายพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียนระดับต่างๆที่ จ. เพชรบุรี และ จ. ประจวบคีรีขันธ์ ประมวลเรื่องการประชุมวิชาการสัตวแพทย์สมาคม ครั้งที่ 21 โรงแรมดิเอ็มเมอรัลด์ กรุงเทพฯ หน้า 7-16
กองแผนงาน กรมปศุสัตว์ 2001 (2544) ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทย ปี 2543 ฝ่ายประมวลผลและสถิติ กองแผนงาน กรมปศุสัตว์ กรุงเทพฯ 452 หน้า

ขนิษฐา ชันวิจิตร 2001 (2544) การเปรียบเทียบวิธีปรับปริมาณน้ำนมมาตรฐานที่ 300 วันของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ ฟรีเชียน และลูกผสม วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาสัตวบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 111 หน้า

จุริรัตน์ แสนโกชน พรรณพิไล เสกสิทธิ์ ประเสริฐ สงสะเสน สุรพงศ์ โชติกเสถียร สัมพันธ์ สิงห์จันทร์ และวิโรจน์ ทองเหลือ 1986(2529) โครงการทดสอบพ่อโคนมที่ใช้ในการผสมเทียม 4. อัตราพันธุกรรมของพ่อพันธุ์และคุณค่าการผสมพันธุ์ ประมวลเรื่องการประชุมทางวิชาการปศุสัตว์ ครั้งที่ 5 6-8 พฤษภาคม 2529 หน้า 32-44
ชาติรี คติวเรช. 2001(2544) การประมาณค่าอิทธิพลโดยตรงและอิทธิพลทางพันธุกรรมของแม่สำหรับลักษณะผลผลิตในโคนมลูกผสม วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาสัตวบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 102 หน้า

เทียมพบ ก้านเหลือง จันทรจรัส เรียวเดชะ จุริรัตน์ แสนโกชน และปาริฉัตร สุขโต 1999(2542) การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของโคนมภายใต้สภาพแวดล้อมประเทศไทย การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 สาขาสัตวศาสตร์และสัตวแพทยศาสตร์ 3-5 กุมภาพันธ์ 2542 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ หน้า 143-150

ประชุม อินทรโชติ จินตนา วงศ์นากนกร กัลยา บุญญานุวัตร และเฉลิมพล บุญเจือ 1996(2539) การให้ผลผลิตนมและความสมบูรณ์พันธุ์ในโค เอ.เอฟ.เอส. (เอฟแพนดิกซ์ 3) ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ทับกวาง สระบุรี หน้า 1-7

พัชรินทร์ จินกล่ำ สมเพชร ดุ้ยคำภีร์ วิสุทธิ์ หิมารัตน์ และอังคณา ผ่องแผ้ว 1991(2534) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการให้น้ำนมครั้งแรกของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน รายงานผลการวิจัยโคนม สถาบันพัฒนาฝึกอบรมและวิจัยโคนมแห่งชาติ จ. เชียงใหม่ หน้า 2-28

พัชรินทร์ สนธิไพโรจน์ สหทัยา ทรัพย์รอด และประภาส มหันชัย 1999(2542) สมรรถนะความสมบูรณ์พันธุ์และการให้ผลผลิตของโคพันธุ์โฮลสไตน์ ที่นำเข้าจากประเทศแคนาดา การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 สาขาสัตวศาสตร์และสัตวแพทยศาสตร์ 3-5 กุมภาพันธ์ 2542 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ หน้า 237-248

พินิจ ลำดวงหอม. 1997(2540) สมรรถภาพการผลิตของโคนมพันธุ์ผสมชาฮิวาล-ฟรีเชียน ที่นำเข้าจากต่างประเทศในสถานภาพการเลี้ยงที่จังหวัดเชียงใหม่ แก่นเกษตร 25 (2): หน้า 78-85

- มนต์ชัย ดวงจินดา มานิต ทรามาศ และวิษณุ รวมเจริญ. 2000 (2543) การประเมินแนวโน้มทางพันธุกรรมของการผลิตน้ำนมในโคนมด้วยเทคนิค BLUP แก่นเกษตร 28(4): หน้า 187-194
- วิสุทธิ หีมรัตน์ วณิดา กำเนิดเพชร มานิต ทรามาศ และพีระพันธ์ ทองก้อน 2000(2543) ระบบการผลิตและการประเมินคุณค่าทางพันธุกรรมของโคนมไทยภายใต้แผนการผสมพันธุ์แบบยกระดับสายเลือด รายงานผลการวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
- ศักดิ์ชัย โคภาณุรักษ์ วิสุทธิ หีมรัตน์ ไพบุลย์ ใจเด็ด สมชาย จันทร์ผ่องแสง และสุพัตร์ ฟ้างูสง 2000(2543) การประเมินประสิทธิภาพการผลิตและพันธุกรรมโคนมของสหกรณ์โคนม รายงานผลการวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย 111 หน้า
- สายัณห์ บัวบาน จันทร์จรัส เรียวเดชะ และศักดิ์ชัย โคภาณุรักษ์ 2001(2544) โมเดลผลผลิตในวันทดสอบสำหรับประเมินค่าทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในโคนมลูกผสม การประชุมวิชาการปศุสัตว์ครั้งที่ 18 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ วันที่ 2-4 พฤษภาคม 2545 กรุงเทพฯ
- อังคณา เมฆวิสัย 1998(2541) กราฟแสดงการให้นมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียนในประเทศไทย วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ภาควิชาสัตวบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 79 หน้า
- อุดมศรี อินทร์โชติ จินตนา วงศ์นากนกร และประชุม อินทร์โชติ 1997(2540) สมรรถภาพการสืบพันธุ์ และการให้ผลผลิตของโคพันธุ์ เอ. เอฟ. เอส. (แอพเพนดิ็กซ์ 3) ของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ทบวง การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35. สาขา สัตว์และสัตวแพทยศาสตร์ 3-5 กุมภาพันธ์ 2540 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ หน้า 486-497
- Cue, R.J., Monards H.G., and Hayes J.F. 1987. Correlations between production traits in first lactation Holstein cows. J. Dairy Sci. 70: 2132-2137.
- Dahlin, A., Khan U.N., Zafar A.M., Saleem M., Chaudhury M.A. and Philipsson J. 1998. Genetic and environmental causes of variation in milk production traits of Sahiwal cattle in Pakistan. Animal Sci. 66: 307-318.
- De Jager, D., and Kennedy B.W. 1987. Genetic parameters of milk yield and composition and their relationships with alternative breeding goals. J. Dairy Sci. 70: 1258-1266.
- Dematawewa, C.M.B. and Berger P.J. 1998. Genetic and phenotypic parameter for 305-d yield, fertility and survival in Holsteins. J. Dairy Sci. 81: 2700-2709.
- Everett, R. W., and Carter H. W. 1968. Accuracy of test interval method of calculating Dairy Herd Improvement Association record. J. Dairy Sci. 51: 1937
- Henderson, C.R. 1984. Applications of linear models in animal breeding. Guelph. University of Guelph Press. 462 p.
- Katkasame, S., Thumwasorn S., Thanindrarn B. and Pasanpanich S.1996. Trend analysis on milk production traits in the dairy farming promotion organization of Thailand. Kasetsart J. Nat. Sci. 30: 211-219.
- Koonawootrittriron, S., Elzo M.A. and Tumwasorn S. 2002. Estimation of multibreed genetic parameters and prediction of multibreed genetic values for first lactation 305-d milk yield, fat yield and fat percentage in Bos Taurus x Bos indicus multibreed dairy population in Thailand. Thai J. Agri. Sci. (In press).
- Lobo, R.N.B., Madalena F.E., and Vieira A.R. 2000. Average estimates of genetic parameters for beef and dairy cattle in tropical regions. Anim. Breed (Abstr). 68: 433-462.
- Misztal, I and Duangjinda M. 2001. BLUPF90-PCPACK manual, Version 1.2. The University of Georgia, GA and Khon Kean university, Thailand. 26 p.
- Ojango, J.M.K., and Pollott G.E. 2001. Genetics of milk yield and fertility traits in Holstein-Friesian cattle on large-scale Kenyan farms. J. Anim. Sci. 79: 1742-1750.
- Patterson, H.D. and Thompson R. 1971. Recovery of inter-block information when block size are unequal. Biometrika. 58: 545-554.
- Sargent, F. D., Lyton V. H., and Wall O. G., Jr. 1968. Test interval method of calculating Dairy Herd Improvement Association record. J. Dairy Sci. 51: 170.
- SAS. 1998. SAS User's Guide. Version 6.12. SAS. Inst., Inc., Cary, NC.
- Teepker, G., and Swalve H.H. 1988. Estimation of genetic parameters for milk production in first three lactations. Lives. Prod. Sci. 20: 193-202.