บทที่ 3
ลักษณะและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะ

ลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโคนม เช่น ลักษณะปริมาณน้ำนม (milk yield) ปริมาณไขมันนม (fat yield) ปริมาณโปรตีนในน้ำนม (protein yield) และลักษณะเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีน (fat and protein percentage) เป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะเชิงปริมาณ โดยลักษณะเช่นนี้ สภาพแวดล้อมจะมีผลต่อการแสดงออกอย่างมาก การที่โคนมแต่ละตัวให้ผลผลิตได้ไม่เท่ากันเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่คล้ายกันและแตกต่างกันมีผลอันเนื่องมาจากอิทธิพลของพันธุกรรม อิทธิพลของสภาพแวดล้อม และอิทธิพลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (genetic and environmental interaction) อิทธิพลที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของโคนมสามารถแยกเป็นเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรมและปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรมได้ดังนี้

อิทธิพลอันเนื่องมาจากพันธุกรรม

1. พันธุ์ (breed) ปัจจุบันพันธุ์โคนมที่นิยมเลี้ยงในประเทศไทยได้แก่พันธุ์ โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน (Holstein Friesian) เจอร์ซี่ (Jersey) บราวน์สวิส (Brown Swiss) และเรดเดน (Red Dane) ซึ่งจะให้ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนแตกต่างกันออกไป เช่น โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนพันธุ์แท้ของสถาบันพัฒนาฝึกอบรมและวิจัยโคนมแห่งชาติ จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งนำเข้าจากประเทศแคนาดาให้ผลผลิตน้ำนมในจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตที่ 2 (305 วัน) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6,875 กิโลกรัม โดยมีผลผลิตน้ำนมสูงสุดอยู่ที่ 31 กิโลกรัมต่อวัน ส่วนผลผลิตน้ำนมในระยะการรีดนมครั้งที่ 1 ของโคที่เกิดในฟาร์มมีระยะการรีดนมเฉลี่ย 180 วัน เมื่อคิดเป็นผลผลิตน้ำนมที่คาดว่าจะได้ที่ 305 วัน มีค่าเท่ากับ 5,566 กิโลกรัม ไขมัน 3.3 % โปรตีน 3.0 % (สมเพชร ตุ้ยคำภีร์ และคณะ , 2536) Bagnato และ Oltenacu (1994) รายงานว่า โคอิตาเลียนฟรีเซี่ยน (Italian Friesian) ที่เลี้ยงในช่วงปี 1966-1984 ให้ผลผลิตน้ำนมเมื่อปรับ 305 วัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 6,010 $\pm$ 1,428 กิโลกรัม และ Livestock Improvement Association of Japan (1996) รายงานว่า โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ที่อยู่ในโครงการ Dairy Herd Improvement ในประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา และญี่ปุ่น ให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยที่ 305 วัน เท่ากับ 8,783 8,461 และ 8,278 กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ไขมันนมเฉลี่ย 3.66 3.70 และ 3.80 % ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.2 3.21 และ 3.16 % ตามลำดับ สำหรับโคนมพันธุ์เจอร์ซี่ที่เลี้ยงในประเทศเดนมาร์ก ให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ย ปริมาณไขมันนมเฉลี่ย ปริมาณโปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ 5,018 313 และ 201 กิโลกรัม และที่เลี้ยงในประเทศสหรัฐอเมริกาให้ผลผลิตน้ำนม

ต้นฉบับ หน้าขาดหาย

เท่ากับ 3.9 % สุณีรัตน์ เอี่ยมละมัย และคณะ (2539) ได้รายงานผลผลิตน้ำนมดิบของโคนมลูกผสมซาฮิวาล – ฟรีเซี่ยน ซึ่งนำเข้ามาเลี้ยงใน 15 พื้นที่ตามสาขาของ ธ.ก.ส. (14 จังหวัดทั่วประเทศ) พบว่าให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยในจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตที่ 1 และ ที่ 2 เท่ากับ 1,334.20 กิโลกรัม และ 1,429.40 กิโลกรัมตามลำดับ และพินิจ ลำดวนหอม (2540) รายงานสมรรถภาพการผลิตของโคนมพันธุ์ลูกผสมซาฮิวาล – ฟรีเซี่ยน ที่นำมาจากประเทศนิวซีแลนด์ ซึ่งเลี้ยงอยู่ในโครงการส่งเสริมการเลี้ยงโคนม แผนปรับโครงสร้างและระบบการผลิตการเกษตร (คปร.) พบว่าโคนมลูกผสมที่มีระดับเลือดโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน 62.5 และ 75 % ให้ผลผลิตนมครั้งแรกเฉลี่ย 1,892 ± 757.7 กิโลกรัม และ 2,741 ± 792.1 กิโลกรัมตามลำดับ นอกจากนี้ นพคุณ สวนประเสริฐ และ สุณีรัตน์ เอี่ยมละมัย (2539) ได้แสดงผลผลิตแม่โคในแต่ละกลุ่มพันธุ์ในโครงการ คปร. และโครงการสร้างพ่อพันธุ์ (Master Bull Project) ขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.) ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบผลผลิตแม่โคแต่ละกลุ่มสายพันธุ์ในโครงการ คปร. และโครงการสร้างพ่อพันธุ์

กลุ่มสายพันธุ์	ค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำนม ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	โครงการ คปร.		โครงการสร้างพ่อพันธุ์	
	$Y100^{\cdot}$	$FL^{\cdot\cdot}$	$Y100^{\cdot}$	$FL^{\cdot\cdot}$
>87.5 % *Bos taurus*	1,042 ± 294	2,434 ± 909	1,665 ± 417	4,653 ±1,876
75%และ<87.5 *Bos taurus*	1,001 ± 293	2,492 ± 858	1,585 ± 368	3,903 ± 1,238
<75 % *Bos taurus*	931 ± 296	2,176 ± 796	1,607 ± 507	4,013 ± 2,166

$Y100^{\cdot}$ = ปริมาณน้ำนม 100 วัน $FL^{\cdot\cdot}$ = ปริมาณน้ำนมตลอดระยะเวลาการให้นม (full lactation)

ที่มา : ดัดแปลงจาก นพคุณ สวนประเสริฐ และสุณีรัตน์ เอี่ยมละมัย (2539)

อิทธิพลที่ไม่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม

1. จำนวนครั้งในการให้ผลผลิต (lactation number) ในจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตครั้งแรกแม่โคส่วนมากยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ดังนั้นน้ำนมที่ให้จึงมีปริมาณน้อย เนื่องจากร่างกายต้องแบ่งโภชนะที่ได้รับจากอาหารไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของร่างกายส่วนหนึ่ง แต่เมื่อถึงระยะการให้ผลผลิตถัดมา ปริมาณน้ำนมที่ให้ก็เพิ่มขึ้นตามลำดับ จนกระทั่งแม่โคโตเต็มวัยมีอายุประมาณ 5 –7 ปี การให้นมจะสูงสุดโดยมักจะเป็นจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตที่ 3 – 5 หลังจากนั้นการให้นมจะลดลงเนื่องจากสภาพทางสรีระของแม่โคที่เสื่อมลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น (Whittenmore , 1980 อ้าง

โดย พรทิพย์ ตันติวงษ์ , 2529) ซึ่งตรงกับรายงานของ Ray และคณะ (1992) ที่ทำการศึกษาในโคนมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนที่เลี้ยงในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าผลผลิตน้ำนมจะขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งที่ของการให้ผลผลิต โดยในการให้ผลผลิตครั้งแรก โคจะให้ปริมาณน้ำนมที่ต่ำและจะให้สูงสุดในการให้ผลผลิตครั้งที่ 4 หรือ 5 โดย Zarnecki และคณะ (1991) รายงายว่าโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ที่เลี้ยงในประเทศโปแลนด์มีผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตครั้งที่ 2 สูงกว่าการให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตครั้งที่ 1 ประมาณ 600 –700 กิโลกรัม และให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตครั้งที่ 3 สูงกว่าการให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยของระยะการให้ผลผลิตครั้งที่ 2 ประมาณ 500 – 600 กิโลกรัม ส่วนโคนมลูกผสมที่เลี้ยงดูภายใต้สภาพแวดล้อมของประเทศไทยพบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำนมที่ให้ในจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 3,420 กิโลกรัม 3,751 กิโลกรัม 4,083 กิโลกรัม และ 4,415 กิโลกรัมตามลำดับ ความสัมพันธ์แสดงได้ในรูปสมการเส้นตรงคือ ปริมาณน้ำนม = 3,087.8 + (331.8 × จำนวนครั้งที่ให้ผลผลิต) (ปรียพันธุ์ อุดมประเสริฐ และคณะ , 2534) นอกจากจำนวนครั้งในการให้ผลผลิตจะมีผลต่อปริมาณน้ำนมแล้ว ยังมีผลต่อปริมาณไขมันนม โดยจะมีปริมาณสูงสุดในจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตที่ 3 และ 4 (Conceicao et al., 1993)

2. *อายุเมื่อคลอดลูกตัวแรก (Age at first calving)* จากการศึกษาของ Bagnato และคณะ (1994) ในโคนมอิตาเลียนโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน พบว่าโคนมที่อยู่ในจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตเดียวกันแต่อายุไม่เท่ากันจะทำให้ผลผลิตน้ำนม ไขมันนม และโปรตีนที่ได้รับแตกต่างกันออกไป Khan และ Shook (1996) รายงานว่าอายุเมื่อคลอดลูกครั้งแรกของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนที่เลี้ยงในช่วงปี 1982 – 1989 มีค่าเท่ากับ 28 ± 4 เดือน โดยโคนมที่มีอายุเมื่อให้ลูกตัวแรกสูงจะให้ผลผลิตน้ำนมมากกว่าโคนมที่มีอายุเมื่อให้ลูกตัวแรกต่ำๆ ส่วน Morales และคณะ (1989) รายงานว่าช่วงอายุของการให้ลูกตัวแรกของโคนมในประเทศ Venezuela ที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูงสุดคือ ประมาณ 18 – 28 เดือน เมื่อเลยช่วงอายุนี้ไปแล้วผลผลิตน้ำนมก็จะลดลงเป็นลำดับ พัชรินทร์ จีนกล่ำ และสมเพชร ตุ้ยคำภีร์ (2535) รายงานว่าค่าเฉลี่ยของอายุเมื่อคลอดลูกตัวแรกของโคนมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน ที่นำเข้าจากประเทศแคนาดาจำนวน 112 ตัว มีค่าเท่ากับ 27.80 ± 2.54 เดือน ส่วนโคนมพันธุ์ไทยฟรีเชี่ยนมีอายุเมื่อคลอดลูกตัวแรกประมาณ 29.7 เดือน (อรวรรณ สุวภาพ และคณะ , 2536)

3. *ฤดูกาล (season)* ฤดูกาลที่แตกต่างกันในแต่ละปีจะทำให้สภาพภูมิอากาศแตกต่างกันออกไป เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน ซึ่งมีผลกระทบต่อสัตว์ทั้งทางตรงและทางอ้อม สมชาย โอฬารกนก (2529) รายงานว่าผลของฤดูกาลมีผลต่อการให้ผลผลิตของโคนม

ลูกผสมเรดเดน โดยพบว่าฤดูกาลเมื่อคลอดลูกของแม่โคจะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันนม แต่จะไม่มีผลต่อการให้ผลผลิตในลักษณะอื่นๆ ส่วน Ray และคณะ (1992) พบว่าโคนมที่เลี้ยงในประเทศสหรัฐอเมริกาที่คลอดลูกในฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วงซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิประมาณ 40 และ 31.2 องศาเซลเซียส จะให้ผลผลิตน้ำนมลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงฤดูหนาว Norman และคณะ (1978) ได้ศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลที่มีผลต่อลักษณะการให้ผลผลิตของโคนมพบว่า เมื่อปรับอิทธิพลเนื่องจากฤดูกาลที่คลอดลูกจะมีผลทำให้ผลการวิเคราะห์มีความเชื่อมั่น (r^2) เพิ่มขึ้น 1 ถึง 4 %และอิทธิพลของฤดูกาลจะมีผลต่อลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมมากกว่าลักษณะปริมาณไขมัน

4. *ปี (year)* อิทธิพลเนื่องจากปี จะมีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนม อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมระหว่างปี การจัดการฟาร์ม การให้อาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการการเลี้ยงแม่โค ที่ประยุกต์เอาเทคโนโลยีต่างๆมาช่วยในการจัดการ มีผลทำให้โคนมสามารถให้ผลผลิตได้เต็มตามศักยภาพของพันธุกรรม Ptak และคณะ (1993) พบว่าอิทธิพลเนื่องจากปีจะมีผลต่อปริมาณน้ำนมของโคนมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนที่เลี้ยงในรัฐ Ontario ประเทศสหรัฐอเมริกา คือในปี 1985 – 1987 ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้นจาก 6,968 $\pm$ 1,368 กิโลกรัม เป็น 7,243 $\pm$ 1,397 กิโลกรัม ในปี 1988 – 1990 และไขมันในน้ำนมเพิ่มจาก 260 $\pm$ 53 กิโลกรัม เป็น 271 $\pm$ 54 กิโลกรัม

5. *การจัดการฟาร์ม (management)* การจัดการทางด้านการให้อาหาร โรงเรือน โรคและการควบคุมโรค รวมทั้งนโยบายการผลิต มีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิตของโคนม ศรเทพ ธัมวาสร (2538) รายงานว่า โคนมที่มีระดับความสามารถการให้นมต่ำถึงต่ำมาก จะให้น้ำนมมากขึ้นเมื่อมีการจัดการที่ดีขึ้น ซึ่งการให้ผลผลิตจะไม่เพิ่มขึ้นมากไปกว่านี้ เนื่องจากการแสดงออกของพันธุกรรมได้ถึงจุดสูงสุดแล้ว แม้ว่าการจัดการจะดีขึ้นอีก ในโคนมที่มีความสามารถในการให้น้ำนมระดับปานกลาง เมื่อมีการจัดการดีขึ้นเรื่อยๆ ผลตอบแทนจากการให้ผลผลิตน้ำนมก็จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง (Diminishing return) ส่วนกลุ่มที่มีความสามารถทางพันธุกรรมสูง เมื่อเพิ่มระดับการจัดการให้สูงขึ้นจะมีผลทำให้ได้ผลผลิตน้ำนมสูงสุดตามความสามารถทางพันธุกรรมของโคนมตัวนั้นๆ

ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม

ค่าอัตราพันธุกรรม (heritability , h^2)

ค่าอัตราพันธุกรรม โดยทั่วไปหมายถึงอัตราส่วนของความแปรปรวนทางพันธุกรรมต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นค่าสัมประสิทธิ์รีเกรซชั่น (regression coefficient) ของความสามารถทางพันธุกรรม (genotype) ต่อลักษณะปรากฏ (phenotypic) นั่นคือ

$$b_{G/P} = \frac{COV(GP)}{V(P)}$$
$$= \frac{V(G)}{V(P)} \quad \text{เมื่อกำหนดให้ } COV(GE) = 0$$

จึงถือได้ว่า $= h^2$

ดังนั้นจึงถือว่าค่า h^2 หรือ $b_{G/P}$ มีลักษณะเป็นตัวสถิติ (statistics) ตัวหนึ่ง ซึ่งเป็นค่าเฉพาะของฝูงสัตว์ใดฝูงสัตว์หนึ่งสำหรับลักษณะปริมาณหนึ่งๆ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความสำคัญหรืออิทธิพลของพันธุกรรมต่อการแสดงออกของลักษณะในสัตว์ฝูงนั้น เปรียบเทียบกับอิทธิพลของสภาพแวดล้อม โดยทางทฤษฎีค่าอัตราพันธุกรรมจะมีค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 (สมชัย จันทร์สว่าง , 2530)

จากที่กล่าวมาแล้วเบื้องต้นว่า ค่าอัตราพันธุกรรมเป็นค่าสถิติเฉพาะของฝูงสัตว์ใดฝูงสัตว์หนึ่งสำหรับลักษณะปริมาณนั้นๆ ซึ่งจะมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละประชากร ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณหนึ่งๆ ในแต่ละประชากรมีความแตกต่างกัน คือ (Hammond et al., 1992)

1. ประชากรบางประชากรมีความแตกต่างกันมากของสภาพแวดล้อม เช่น การจัดการ ภูมิอากาศ และสภาพแวดล้อม
2. ลักษณะการแสดงออกลักษณะหนึ่งในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันอาจเป็นผลเนื่องจากลักษณะการแสดงออกที่สอง เช่นอัตราการเจริญเติบโตอาจขึ้นอยู่กับความกินได้ของสัตว์ (appetite) ในสิ่งแวดล้อมหนึ่งซึ่งมากกว่าสิ่งแวดล้อมอื่นๆ
3. ความแตกต่างของประชากรเนื่องจากความแตกต่างกันขององค์ประกอบทางพันธุกรรม เช่น ความถี่ของยีน เป็นต้น

การประเมินค่าการผสมพันธุ์จะต้องอาศัยค่าอัตราพันธุกรรมมาประกอบในการคำนวณ โดยที่ค่าอัตราพันธุกรรมจะมีความแตกต่างกันออกไปตามวิธีการคำนวณและพันธุ์ของโคนม รายละเอียดของค่าอัตราพันธุกรรมแยกตามวิธีที่ใช้ในการศึกษาดังนี้

ก. Henderson ' s Method III Hermas และคณะ (1987) วิเคราะห์ค่าอัตราพันธุกรรมของโคนมพันธุ์เกิร์นซี่ (Guernsey) ที่เลี้ยงในช่วงปี 1958 - 1981 โดยใช้ข้อมูลลูกร่วมพ่อแต่ต่างแม่ (paternal half sib) ในลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนมและเปอร์เซ็นต์ไขมันนมของจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.27 $\pm$ 0.12 และ 0.77 $\pm$ 0.15 ตามลำดับ Shanks และคณะ (1982) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์โดยใช้ข้อมูลลูกร่วมพ่อแต่ต่างแม่ของลักษณะปริมาณน้ำนมของจำนวนครั้งที่ให้ผลผลิตที่ 1 2 3 และ $\geq$ 4 มีค่าเท่ากับ 0.27 $\pm$ 0.02 0.21 $\pm$ 0.02 0.16 $\pm$ 0.02 และ 0.15 $\pm$ 0.02 ตามลำดับ และ Acoubakar และคณะ (1986) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของโคนมพันธุ์ Jamaica Hope มีค่าเท่ากับ 0.42 สำหรับลักษณะการให้ผลผลิตน้ำนม

ข. Maximum Likelihood (ML) ในปี 1987 Swalve และ Van Vleck ศึกษาค่าอัตราพันธุกรรมในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน ของลักษณะปริมาณน้ำนมโดยใช้ Animal model พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.33

ค. Restricted Maximum Likelihood (REML) ในปี 1989 Dong และ Van Vleck รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนมีค่าเท่ากับ 0.35 Cue และคณะ (1987) รายงานว่าค่าอัตราพันธุกรรมของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนในลักษณะปริมาณน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมันนม เปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าเท่ากับ 0.35 0.56 และ 0.51 ตามลำดับ ส่วน Short และ Lawlor (1992) ; Misztal และคณะ (1992) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนของประเทศสหรัฐอเมริกามีค่าเท่ากับ 0.31 และ 0.44 นอกจากนี้ Jairath และคณะ (1995) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของปริมาณน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมัน เปอร์เซ็นต์โปรตีนในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนที่เลี้ยงในประเทศแคนาดามีค่าเท่ากับ 0.25 0.60 และ 0.56 ตามลำดับ

Compos และคณะ (1994) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมันนม เปอร์เซ็นต์โปรตีนในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนในประเทศสหรัฐอเมริกา มีค่าเท่ากับ 0.342 $\pm$ 0.043 0.382 $\pm$ 0.048 และ 0.511 $\pm$ 0.043 ส่วนในโคนมพันธุ์เจอร์ซี่มีค่า

อัตราพันธุกรรมเท่ากับ 0.327 ± 0.075 0.526 ±0.053 และ 0.622 ในลักษณะปริมาณน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมันนม และเปอร์เซ็นต์โปรตีน ตามลำดับ

ง. Derivative - Free Restricted Maximum Likelihood (DF - REML) Mitsuyoshi และ Van Vleck (1994) รายงานค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนมของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนที่เลี้ยงในประเทศญี่ปุ่นมีค่าเท่ากับ 0.30 เช่นเดียวกับ Albuquerque และคณะ (1994) ที่รายงานว่าค่าอัตราพันธุกรรมลักษณะปริมาณน้ำนมของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนมีค่าเท่ากับ 0.30

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปริมาณน้ำนม จำแนกตามพันธุ์และวิธีวิเคราะห์

วิธี	โมเดล	พันธุ์	$h^2 \pm$ S.E.	เอกสารอ้างอิง
Henderson's Method III	PHS	Guernsey	0.24 ± 0.12	Hermas et al. (1987)
Henderson's Method III	PHS	Holstein Friesian	$1^{st} = 0.27 \pm 0.02$ $2^{nd} = 0.21 \pm 0.02$ $3^{rd} = 0.16 \pm 0.02$ $4^{th} = 0.15 \pm 0.02$	Shanks et al. (1982)
ML	AM	Holstein Friesian	0.33	Swalve and Van Vleck (1987)
REML	AM	Holstein Friesian	0.35	Dong and Van Vleck (1989)
REML	AM	Holstein Friesian	0.31	Short and Lawlor (1992)
REML	AM	Holstein Friesian	0.44	Misztal et al. (1992)
REML	AM	Holstein Friesian	0.25	Jairath et al. (1995)
REML	AM	Holstein Friesian	0.34 ± 0.04	Compos et al. (1994)
	AM	Jersey	0.32 ± 0.07	
DF- REML	AM	Holstein Friesian	0.30	Albuquerque et al. (1994)
DF- REML	AM	Holstein Friesian	0.30	Mitsuyoshi and Van Vleck (1994)

หมายเหตุ : ML = Maximum Likelihood

REML = Restricted Maximum Likelihood

DF-REML = Derivative - Free Restricted Maximum Likelihood

PHS = Paternal half sib

AM = Animal Model

h^2 = Heritability

S.E. = Standard Error

ตารางที่ 3.4 ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะเปอร์เซ็นต์ไขมันนม และเปอร์เซ็นต์โปรตีนจำแนกตามพันธุ์และวิธีการวิเคราะห์

วิธี	โมเดล	พันธุ์	$h^2 \pm$ S.E.		เอกสารอ้างอิง
			% ไขมันนม	% โปรตีน	
Henderson's Method III	PHS	Guernsey	0.77 ± 0.15	-	Hermas et al. (1987)
REML	AM	Holstein Friesian	0.56	0.51	Cue et al. (1987)
REML	AM	Holstein Friesian	0.38 ± 0.04	0.51 ± 0.04	Compos et al. (1994)
REML	AM	Jersey	0.52 ± 0.05	0.66	
REML	AM	Holstein Friesian	0.60	0.56	Jairath et al. (1995)

หมายเหตุ : ML = Maximum Likelihood

REML = Restricted Maximum Likelihood

PHS = Paternal half sib

AM = Animal Model

h^2 = Heritability

S.E. = Standard Error

สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (Genetic correlation)

ความสัมพันธ์ร่วมทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะ 2 ลักษณะ เรียกว่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (r_g) มีสาเหตุจากการที่ยีนตำแหน่งหนึ่งมีผลในการควบคุมลักษณะมากกว่าหนึ่งลักษณะ (pleiotropy) หรือจากการที่ยีนหรือกลุ่มของยีนที่ควบคุมลักษณะทั้งสองมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมเดียวกัน (linkage) ซึ่งจะถ่ายทอดไปด้วยกันจะแยกกันก็ต่อเมื่อเกิดการแลกเปลี่ยนส่วนของโครโมโซม (crossing over) เท่านั้น ความสัมพันธ์ร่วมของอิทธิพลจากพันธุกรรมต่อลักษณะทั้งสองอาจเป็นแบบสนับสนุนซึ่งกันและกัน (synergistic effect) หรืออาจเป็นแบบตรงกันข้ามกัน (antagonistic effect) (สมชัย จันทร์สว่าง , 2530)

Compos และคณะ (1994) รายงานค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะการให้น้ำนมกับเปอร์เซ็นต์ไขมันนมมีค่าเท่ากับ -0.2 ในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน และโคนมพันธุ์เจอร์ซี่ที่เลี้ยงในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่ามีสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะปริมาณน้ำนม

กับเปอร์เซ็นต์ไขมันนม ปริมาณน้ำนมกับเปอร์เซ็นต์โปรตีน และเปอร์เซ็นต์ไขมันนมกับเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าเท่ากับ -0.23 -0.29 และ 0.26 ตามลำดับ

Jairath และคณะ (1995) รายงานค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนในลักษณะปริมาณน้ำนมกับเปอร์เซ็นต์ไขมันนม ปริมาณน้ำนมกับเปอร์เซ็นต์โปรตีน และเปอร์เซ็นต์ไขมันนมกับเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าเท่ากับ -0.28 -0.39 และ 0.61 ส่วนสหสัมพันธ์ลักษณะปรากฏมีค่าเท่ากับ -0.08 -0.06 และ 0.52 ตามลำดับ

de Jagar และ Kennedy (1987) รายงานค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนในลักษณะปริมาณน้ำนมกับเปอร์เซ็นต์ไขมันนม ปริมาณน้ำนมกับเปอร์เซ็นต์โปรตีน และเปอร์เซ็นต์ไขมันนมกับเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าเท่ากับ -0.43 -0.64 และ 0.56 ส่วนสหสัมพันธ์ลักษณะปรากฏมีค่าเท่ากับ -0.33 -0.43 และ 0.55 ตามลำดับ

Cue และคณะ (1987) รายงานค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนในลักษณะปริมาณน้ำนมกับเปอร์เซ็นต์ไขมันนม ปริมาณน้ำนมกับเปอร์เซ็นต์โปรตีน และเปอร์เซ็นต์ไขมันนมกับเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าเท่ากับ -0.285 -0.56 และ 0.517 ส่วนสหสัมพันธ์ลักษณะปรากฏมีค่าเท่ากับ -0.285 -0.283 และ 0.458 ตามลำดับ De Lorenso และ Evertt (1982) รายงานสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ทางลักษณะปรากฏของลักษณะปริมาณน้ำนมกับเปอร์เซ็นต์ไขมันนมของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนมีค่าเท่ากับ -0.43 และ -0 46

ตารางที่ 3.5 สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะการให้ผลผลิตของโคนม

วิธี	พันธุ์	$r_{g1,g2}$	$r_{g1,g3}$	$r_{g2,g3}$	เอกสารอ้างอิง
Henderson's Method III	Holstein Friesian	-0.43	-0.64	0.56	de Jagar and Kennedy (1987)
REML	Holstein Friesian	-0.28	-0.56	0.51	Cue et al. (1987)
REML	Holstein Friesian	-0.28	-0.39	0.61	Jairath et al. (1995)
REML	Holstein Friesian	-0.20	-	-	Compos et al. (1994)
REML	Jersey	-0.23	-0.29	0.26	
-	Holstein Friesian	-0.43	-	-	De Lorenso and Evert: (1982)

หมายเหตุ : REML = Restricted Maximum Likelihood

$r_{g1,g2}$ = สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างปริมาณน้ำนมกับเปอร์เซ็นต์ไขมันนม

$r_{g1,g3}$ = สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างปริมาณน้ำนมกับเปอร์เซ็นต์โปรตีน

$r_{g2,g3}$ = สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างเปอร์เซ็นต์ไขมันนมเปอร์เซ็นต์โปรตีน

ตารางที่ 3.6 สหสัมพันธ์ลักษณะปรากฏของลักษณะการให้ผลผลิตของโคนม

วิธี	พันธุ์	$r_{p1,p2}$	$r_{p1,p3}$	$r_{p2,p3}$	เอกสารอ้างอิง
Henderson's Method III	Holstein Friesian	-0.33	-0.43	0.55	de Jagar and Kennedy (1987)
REML	Holstein Friesian	-0.28	-0.28	0.45	Cue et al. (1987)
REML	Holstein Friesian	-0.08	-0.06	0.52	Jairath et al. (1995)
-	Holstein Friesian	-0.46	-	-	De Lorenso and Evertt (1982)

หมายเหตุ : REML = Restricted Maximum Likelihood

$r_{p1,p2}$ = สหสัมพันธ์ลักษณะปรากฏระหว่างปริมาณน้ำนมกับเปอร์เซ็นต์ไขมันนม

$r_{p1,p3}$ = สหสัมพันธ์ลักษณะปรากฏระหว่างปริมาณน้ำนมกับเปอร์เซ็นต์โปรตีน

$r_{p2,p3}$ = สหสัมพันธ์ลักษณะปรากฏระหว่างเปอร์เซ็นต์ไขมันนมเปอร์เซ็นต์โปรตีน