บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ความหลากหลายทางพันธุกรรมของสีลำตัวในโค

หลังจากการค้นพบหลักการถ่ายทอดลักษณะของสิ่งมีชีวิตโดย เมนเดล (Mendel) ในปี ค.ศ. 1865 ความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์ก็ได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว รวมถึงการศึกษาในด้านปศุสัตว์ และมีการนำความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์นี้ มาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์โค โดยเฉพาะพันธุ์โคซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมืองที่มีอยู่เดิม เพื่อจุดมุ่งหมายที่จะให้การผลิตเนื้อและน้ำนมสูงมากขึ้นกว่าเดิม จากการปรับปรุงพันธุ์โคเหล่านี้ ทำให้ได้พันธุ์โคเนื้อ และโคนมที่เป็นสายพันธุ์แท้ออกมาหลายสายพันธุ์ ซึ่งทั้งโคเนื้อ และโคนมพันธุ์แท้ในแต่ละสายพันธุ์จะมีการแสดงออกของสีลำตัวที่แตกต่างกันออกไปหลายรูปแบบ และสีของโคก็จัดว่าเป็นลักษณะประจำพันธุ์ได้อย่างหนึ่ง

ในการจำแนกสายพันธุ์โคเนื้อและโคนม โดยปกติจะใช้รูปแบบของสีลำตัวในโคเป็นหลักเกณฑ์หนึ่งในการจำแนกสายพันธุ์ของโค จากการศึกษาพบว่าส่วนมากแล้วในโคนมและโคเนื้อสายพันธุ์แท้สามารถที่จะมีการแสดงออกของสีลำตัวได้ 2 รูปแบบคือ ทั้งตัวมีสีเดียว และสองสีร่วมกัน

ภาพ 1 ความหลากหลายทางพันธุกรรมของสีลำตัวในโค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 พันธุกรรมของสีลำตัว

พันธุกรรม (Genetics) คือ สิ่งที่สัตว์ได้รับถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษ และสิ่งที่ถ่ายทอดส่งต่อจากรุ่นหนึ่ง (Generation) ไปยังอีกรุ่นหนึ่ง พันธุกรรมจะถูกควบคุมโดยหน่วยควบคุมลักษณะที่เรียกว่า ยีนส์ (Genes) ในวิชาพันธุศาสตร์ ยีนส์จะเป็นตัวกำหนดลักษณะที่แสดงออกมา หรือลักษณะปรากฏ (Phenotype) เช่น ยีนส์สีขาว-สีดำของโคพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน หรือแม่โคตัวหนึ่งให้น้ำนมมาก ลูกโคที่เกิดจากแม่โคตัวนี้มักจะให้น้ำนมมากด้วย

ชวนิศนดากร (2534) รายงานว่า ลักษณะสีของโคมียีนที่ควบคุมอยู่อย่างน้อย 4 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งมียีนประจำอยู่ตำแหน่งละ 3 ชนิด ส่วนงานวิจัยของ Klungland *et al.* (1995) พบว่าสีของโคนมมียีนควบคุมอยู่ 3 ตำแหน่งคือ EE, SS และ S^H ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ตำแหน่งของยีนที่ควบคุมลักษณะสีในโคนม

Dominant		Recessive	
Colors	Genotype	Colors	Genotype
Black	E-	Red	ee
Uniformly	S-	Spotted	ss
White Head	S^H	Uniformly	SS

ที่มา Klungland *et al.* (1995)

โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน (Holstein Frisian; HF) มีลักษณะจีโนไทป์แบบ EEss และโคนมพันธุ์เรดเดน (Red Danish dairy; RDM) มีลักษณะจีโนไทป์แบบ eeSS การผสมข้ามพันธุ์กันระหว่าง HF กับ RDM ทำให้ลูกผสมที่ได้มีสีดำทั้งตัว เนื่องจากการแสดงออกของยีน E ซึ่งเป็นยีนเด่นสามารถข่มการแสดงของยีนด้อย

รูปแบบการแสดงออกของโคที่ลำตัวมีสีเดียว อลงกลด และกฤษฎา (2543) รายงานถึงตัวอย่างการศึกษาสีลำตัวในโคพันธุ์โพลิศ เรด (Polish red) และโคพันธุ์เดนลิศ เรด (Denlish red) ซึ่งเป็นพันธุ์โคที่มีการเลี้ยงกันมากอยู่ในประเทศโปแลนด์ พบว่าโคทั้งสองพันธุ์นี้จะมีรูปแบบของลำตัวที่มีสีเดียว ซึ่งการแสดงออกของสีลำตัวได้หลายโทนสี แต่จะมีโทนสีอยู่ในเฉพาะช่วงสีแดงจนถึงสีน้ำตาลเท่านั้น จึงจะจัดได้ว่าเป็นโคพันธุ์โพลิศ เรด และ เดนลิศ เรด ที่เป็นสายพันธุ์แท้

สำหรับโคที่มีลำตัวสองสีผสมกัน ส่วนมากแล้วจะมีแถบสีบนส่วนหลังของลำตัวที่มีสีเข้มมากและจะมีสีที่เป็นจุดแต้มประอยู่ด้านข้างของลำตัว รูปแบบของโคที่มีลำตัวสองสีร่วมกันได้แก่ สีดำ-ขาว พบได้ในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนหรือพันธุ์ขาว-ดำ สีแดง-ขาว พบได้ในโคนมพันธุ์แอร์ชาย หรือสีน้ำตาล-ขาว พบได้ในโคเนื้อพันธุ์ซิมเมนทอล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อลงกลด และกฤษฎา (2543) รายงานว่า ในพันธุ์โคที่มีลำตัวสีดำ-ขาว รอยต่อระหว่างสีที่เป็นสีพื้นและสีแต้มประจะแยกกันโดยชัดเจน ซึ่งจะตรงข้ามกับที่พบในพันธุ์โคที่มีสีแดง-ขาว หรือน้ำตาล-ขาว รอยต่อระหว่างสีพื้นและสีแต้มประจะแยกกันไม่ค่อยชัดเจนมากนัก เหมือนกับสีค่อยๆ เพิ่มความเข้มมากขึ้น

2.3 ความสัมพันธ์ของสีลำตัวกับลักษณะการให้ผลผลิตนมและการสืบพันธุ์

King *et al.* (1988) ได้แบ่งลักษณะสีลำตัวของโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่มีลำตัวสีขาวน้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ 2) กลุ่มที่มีลำตัวสีขาวอยู่ระหว่าง 40-60 เปอร์เซ็นต์ และ 3) กลุ่มที่มีลำตัวสีขาวมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ และติดตามการให้น้ำนมของโคเหล่านั้น พบว่าในช่วงฤดูหนาวการให้นมไม่แตกต่างกัน แต่ในช่วงฤดูร้อนโคที่มีลำตัวสีขาวมากจะให้ผลผลิตน้ำนมได้มากกว่าโคที่มีลำตัวสีดำมาก Becerril *et al.* (1991) ศึกษาข้อมูลผลผลิตนมของโคนมระยะการให้นมครั้งแรกแล้ว พบว่าเปอร์เซ็นต์ลำตัวสีขาวมีความสัมพันธ์แบบบวกกับผลผลิตน้ำนมซึ่งปริมาณน้ำนมแตกต่างกัน 275 กิโลกรัม ระหว่างโคนมที่มีลำตัวสีขาวกับลำตัวสีดำทั้งตัว นอกจากนี้ยังพบว่า มีความแปรปรวนร่วมระหว่างฤดูกาลกับลำตัวสีขาวที่เกิดขึ้นกับผลผลิตไขมันนม ($P<0.04$) โดยเฉพาะเปอร์เซ็นต์ไขมันนม การศึกษาของ Becerril *et al.* (1993) รายงานว่าเปอร์เซ็นต์ลำตัวสีขาวมีความสัมพันธ์กับลักษณะต่างๆ ของโค โดยประเมินจากการบันทึกทะเบียนประวัติการให้นมของโคนมในครั้งแรกจำนวน 4,293 ตัว พบว่า สัมประสิทธิ์ถดถอยของผลผลิตน้ำนมต่อเปอร์เซ็นต์ลำตัวสีขาวมีค่าเท่ากับ 1.91 กิโลกรัมต่อ 1 เปอร์เซ็นต์ลำตัวสีขาว และเมื่อโคที่มีเปอร์เซ็นต์ลำตัวสีขาวมากขึ้น ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลงมากในฤดูหนาว($P<0.05$) ส่วนสัมประสิทธิ์ถดถอยของเปอร์เซ็นต์ไขมันนมในฤดูหนาวและฤดูร้อนต่อเปอร์เซ็นต์ลำตัวสีขาวมีค่าเท่ากับ - 0.00078 และ - 0.00040 เปอร์เซ็นต์ต่อเปอร์เซ็นต์ลำตัวสีขาว และสัมประสิทธิ์ถดถอยของผลผลิตโปรตีนนมมีค่าเท่ากับ 0.067 กิโลกรัมต่อเปอร์เซ็นต์ลำตัวสีขาว($P< 0.11$) (ตาราง 2)

สำหรับลักษณะทางการสืบพันธุ์ Becerril *et al.* (1993) รายงานว่าเมื่อโคมีเปอร์เซ็นต์ลำตัวสีขาวเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้จำนวนวันท้องว่างลดลงในฤดูหนาว($P< 0.11$) สำหรับสัมประสิทธิ์ถดถอยของวันท้องว่างในฤดูหนาวและฤดูร้อนต่อเปอร์เซ็นต์ลำตัวสีขาวมีค่าเท่ากับ -0.152, 0.046 วันต่อเปอร์เซ็นต์ลำตัวสีขาว ตามลำดับ(ตาราง 2) สอดคล้องกับรายงานของ King *et al.* (1988) ที่พบความแตกต่างของความแปรปรวนร่วมระหว่างสีลำตัวและฤดูกาลคลอด สำหรับวันท้องว่างและการผสมติด โคนมที่มีลำตัวสีขาวเริ่มให้นมในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง มีนาคมมีจำนวนวันท้องว่างน้อย ($P<0.05$) และจำนวนครั้งของการผสมติดน้อยตามไปด้วย ($P<0.07$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2 สัมประสิทธิ์การถดถอยของเปอร์เซ็นต์ลำตัวสีขาวต่อลักษณะผลผลิตนมและการสืบพันธุ์

ลักษณะ	สัมประสิทธิ์รีเกรสชั่น
ผลผลิตน้ำนม (ก.ก.)	1.91**
ผลผลิตไขมันนม (ก.ก.)	0.015
ผลผลิตโปรตีนในน้ำนม (ก.ก.)	0.067^{t}
เปอร์เซ็นต์ไขมันนม	- 0.00059*
ฤดูหนาว	- 0.00078*
ฤดูร้อน	- 0.00040
เปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนม	- 0.00046*
จำนวนวันท้องว่าง	- 0.052
ฤดูหนาว	- 0.152^{t}
ฤดูร้อน	0.046
อายุเมื่อคลอดลูกตัวแรก (วัน)	- 0.014
ระยะห่างของการให้ลูก (วัน)	- 0.021

^{t}p < 0.11, *p < 0.05, **p < 0.05

ที่มา Becerril *et al.* (1993)

2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิตน้ำนมและลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์

การแสดงออกของลักษณะแต่ละลักษณะ และการประเมินองค์ประกอบของความแปรปรวนเพื่อใช้ในการทำนายค่าการผสมพันธุ์ของสัตว์แต่ละตัวนั้น โมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์จะเป็นโมเดลผสม (mixed model) ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นปัจจัยคงที่ (fixed effect) และปัจจัยสุ่ม (random effect) ซึ่งได้แก่ตัวสัตว์ ดังนั้นจะต้องมีการปรับอิทธิพลเนื่องจากปัจจัยคงที่ออกไปก่อน เพื่อให้เหลือแต่อิทธิพลสุ่มที่เป็นอิทธิพลเนื่องจากตัวสัตว์จริง ๆ โดยปัจจัยคงที่หมายถึงปัจจัยใด ๆ ก็ตาม ซึ่งเมื่อสัตว์ทุกตัวในฝูงได้รับเหมือนกัน ก็จะส่งผลให้สัตว์ทุกตัวแสดงออกเท่า ๆ กัน เมื่อได้รับแตกต่างกันก็จะส่งผลต่อการแสดงออกของลักษณะนั้น ๆ แตกต่างกันด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิตน้ำนม

2.4.1.1 สายพันธุ์และระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน (Breed and Breed group)

โคนมแต่ละพันธุ์ หรือโคนมพันธุ์เดียวกัน แต่มีพันธุกรรมจากแหล่งต่างกันมีความสามารถให้น้ำนมได้ไม่เหมือนกัน เช่น โคนมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนพันธุ์แท้ที่เลี้ยงในสถาบันพัฒนาฝึกอบรมและวิจัยโคนมแห่งชาติ จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งนำเข้าจากประเทศแคนาดาให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยในระยะการให้นมครั้งที่ 2 เท่ากับ 6,875 กิโลกรัม ในขณะที่โคนมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนพันธุ์แท้ ที่นำเข้าจากประเทศนิวซีแลนด์ให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยในระยะการให้นมครั้งที่ 1 เท่ากับ 2,918±870 กิโลกรัม (จิตติมา, 2530) หรือโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนในประเทศไทยให้ผลผลิตต่ำกว่าโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน ในประเทศอิสราเอล ทั้ง ๆ ที่สภาพอุณหภูมิของภูมิอากาศก็ร้อนเช่นกัน แต่ระดับความชื้นแตกต่างกันมาก

นอกจากนี้โคนมลูกผสมพันธุ์เดียวกัน แต่มีระดับสายเลือดต่างกัน ปริมาณผลผลิตน้ำนมที่ให้ทุกระยะการให้นมของโคนมก็ต่างกัน เช่น การศึกษาลักษณะการให้ผลผลิตของโคนมลูกผสม ในฟาร์มโคนมของภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ของพรทิพย์ (2529) พบว่าโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 75 เปอร์เซ็นต์ให้ผลผลิตน้ำนมจริงตลอดระยะการให้นมเฉลี่ยมากกว่าโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 50 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) และให้ผลผลิตดังกล่าวใกล้เคียงกับโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 87.5 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของพินิจ (2540) ที่ทำการศึกษาโคลูกผสมซาฮิวาล-ฟรีเชี่ยนในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า โคลูกผสมระดับสายเลือด 75 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณน้ำนมเฉลี่ยมากกว่าโคลูกผสมระดับสายเลือด 62.5 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาของกฤษณะ (2528) พบว่าโคนมลูกผสมซึ่งมีระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน เรดซินดี้ เอ.ไอ.เอส และพื้นเมือง 50, 25, 12.5 และ 12.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่าโคนมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนพันธุ์แท้ในสถานีบำรุงพันธุ์สัตว์ทับกวาง จังหวัดสระบุรี และการศึกษาการให้ผลผลิตน้ำนมในฝูงโคนมของโคนมองค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.) ระหว่างปี 2531-2540 แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มพันธุ์ คือ โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 50, ≥75.5 และ ≥87.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ของสมเกียรติ และคณะ (2542) พบว่า โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน ≥87.5 เปอร์เซ็นต์ให้ผลผลิตนมจริงเฉลี่ยมากกว่าโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน ≥75.5 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.1.2 ระยะการให้นม (Lactation)

ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้นตามระยะการให้นมที่เพิ่มขึ้นโดยโคให้นมสูงสุดในการให้นมครั้งที่ 5 หรือเมื่อโคอายุประมาณ 7-8 ปี ซึ่งเป็นช่วงอายุที่โคโตเต็มที่ สาเหตุของการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำนมตามจำนวนครั้งการให้นมตั้งแต่ระยะการให้นมที่ 1-5 เพราะในช่วงนี้โคยังมีการเจริญเติบโต และเพิ่มขนาดโครงสร้างของร่างกาย รวมทั้งมีการขยายขนาดของเต้านมเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้โคสร้างผลผลิตน้ำนมได้เพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้น จากระยะการให้นมที่ 1-5 ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ (Anderson, 1985) สำหรับการเพิ่มของปริมาณน้ำนมในแต่ละระยะการให้นมตั้งแต่ระยะการให้นมที่ 1 – 5 มีดังนี้

ปริมาณน้ำนมในระยะการให้นมที่ 2 เพิ่มขึ้น 13 เปอร์เซ็นต์จากระยะการให้นมที่ 1

ปริมาณน้ำนมในระยะการให้นมที่ 3 เพิ่มขึ้น 9 เปอร์เซ็นต์จากระยะการให้นมที่ 2

ปริมาณน้ำนมในระยะการให้นมที่ 4 เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์จากระยะการให้นมที่ 3

ปริมาณน้ำนมในระยะการให้นมที่ 5 เพิ่มขึ้น 3 เปอร์เซ็นต์จากระยะการให้นมที่ 4

หลังระยะการให้นมที่ 5 ปริมาณน้ำนมค่อยๆ ลดลง ซึ่งเกิดจากการเสื่อมของเซลล์กลั่นสร้างน้ำนมตามอายุของโคนมที่มากขึ้น (Whittermore, 1980 อ้างโดย พรทิพย์, 2529) รวมทั้งการสูญเสียเซลล์กลั่นสร้างนม อันเกิดจากโรคเต้านมอักเสบ

การศึกษาของยอดและวิชัย (2549) ที่ศึกษาการให้ผลผลิตน้ำนมในโคนมไทยฟรีเชี่ยนตามโครงการปรับปรุงพันธุ์โคนมไทยฟรีเชี่ยน กรมปศุสัตว์ พบว่า ลำดับของระยะการให้นมมีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิตน้ำนมที่แตกต่างกันโดยพบว่าในลำดับที่ 1 ให้ผลผลิตน้ำนมต่ำสุดต่ำกว่าทุกระดับที่การให้นม ผลผลิตน้ำนมจะเพิ่มขึ้นในลำดับที่ 2 และสูงสุดในลำดับที่ 3 จากรายงานของสุณีรัตน์ (2538) ได้แสดงผลผลิตน้ำนมที่เพิ่มขึ้นในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนที่มีระดับเลือด 75 เปอร์เซ็นต์ ในระยะการให้นมที่ 1 2 และ 3 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,487.6 3,081.5 และ 4,049.5 กิโลกรัม ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังมีรายงานผลผลผลิตน้ำนม ในปี พ.ศ. 2537-2539 ของวิสุทธิ์ และคณะ (2540) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำนมของแม่โคจะเพิ่มขึ้น ตามลำดับของระยะการให้นมจนกระทั่งให้นมได้สูงสุด ในช่วงระยะการให้นมที่ 4-5 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ปรียพันธุ์ และคณะ (2534) ที่ทำการศึกษาในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนที่มีระดับเลือดสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่า ปริมาณน้ำนมในระยะการให้นมที่ 4 จะมากกว่าปริมาณน้ำนมที่ได้ในระยะการให้นมที่ 1 อยู่ประมาณ 29 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.1.3 จำนวนวันในการให้น้ำนม (Day in Milk)

จากผลการศึกษาของพรทิพย์ (2529) พบว่าจำนวนวันในการให้นมในลำดับของระยะการให้นมที่ 1 และในทุกลำดับของระยะการให้นมของแม่โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 75 และ > 87.5 เปอร์เซ็นต์ จะมีจำนวนวันในการให้นมยาวนานกว่า 305 วัน คือ 342.2 และ 327.38 วัน ตามลำดับ ในลำดับของระยะการให้นมที่ 1 และเท่ากับ 331.64 และ 319.13 วัน ตามลำดับ ในทุกลำดับของระยะการให้นม ยกเว้นกลุ่มแม่โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 50 เปอร์เซ็นต์ที่มีจำนวนวันในการให้นมค่อนข้างต่ำ คือ 255.38 และ 255.13 วัน ในลำดับของระยะการให้นมครั้งที่ 1 และในทุกลำดับของระยะการให้นม ตามลำดับ จากรายงานของ กรรณิกา และคณะ (2542) ที่ศึกษาในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนภายใต้สภาพการเลี้ยงของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน พบว่า จำนวนวันให้นมในระยะการให้นมครั้งแรกจนถึงครั้งที่ 4 เฉลี่ยเท่ากับ 277 272 251 และ 260 วัน ตามลำดับ

2.4.1.4 อายุเมื่อคลอดลูก (Age at calving)

อายุแม่โคเมื่อคลอดที่แตกต่างกันจะส่งผลถึงการให้นมได้แตกต่างกัน โดยแม่โคที่ให้นมเมื่ออายุน้อยจะให้นมได้น้อยกว่าแม่โคที่ให้นมเมื่ออายุมากกว่า เนื่องจากแม่โคที่อายุน้อย การเจริญเติบโตของร่างกาย ตลอดจนเซลล์สร้างน้ำนมยังพัฒนาไม่เต็มที่ อาหารที่ได้รับเข้าไปส่วนหนึ่งต้องแบ่งใช้เพื่อการเจริญเติบโตส่วนที่เหลือจึงนำมาสำหรับสร้างน้ำนม (Larson, 1995) โดยโคที่อายุ 2 ปี จะให้ผลผลิตน้ำนมได้ 70 เปอร์เซ็นต์ของโคที่โตเต็มที่ และให้ได้ 80 90 และ 95 เปอร์เซ็นต์เมื่ออายุ 3 4 และ 5 ปี (Ensminger, 1993)

อายุเมื่อคลอดลูกของโคนมมีความสัมพันธ์กับลักษณะปริมาณการให้ผลผลิตน้ำนมจริง ปริมาณการให้น้ำนมปรับ 305 วัน ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย/วัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (พรทิพย์, 2529) และเมื่อโคนมมีอายุเมื่อคลอดลูกมากขึ้น จะได้ผลผลิตน้ำนมที่มากขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามอายุเมื่อคลอดลูกครั้งแรกนั้นไม่มีอิทธิพลต่อผลผลิตน้ำนมในลำดับของระยะการให้นมที่ 1 ในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน x ซาฮิวาล 50 เปอร์เซ็นต์ (Basu and Ghai , 1977) แต่อายุเมื่อคลอดลูกครั้งแรกกลับมีอิทธิพลต่อปริมาณการให้น้ำนมปรับ 305 วันในลำดับของระยะการให้นมที่ 2-5 ในโคนมที่มีระดับสายเลือดโคนมยุโรปผสม 50-75 เปอร์เซ็นต์ (วิโรจน์, 2530)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์

2.4.2.1 ระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน

ขวัญชาย และศร (2547) ทำการศึกษาจากข้อมูลของโคสาวในเขตภาคเหนือ ที่มีประวัติการคลอดลูกตัวแรกในปี พ.ศ. 2544-2545 จากศูนย์วิจัยการผสมเทียมและเทคโนโลยีชีวภาพเชียงใหม่ โดยแบ่งตามระดับสายเลือดพันธุ์โฮลสไตน์ ≤ 50 เปอร์เซ็นต์, > 50-75 เปอร์เซ็นต์, > 75-87.5 เปอร์เซ็นต์, > 87.5-93.75 เปอร์เซ็นต์, และ > 93.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าโคสาวที่มีสายเลือดโฮลสไตน์ > 87.5-93.75 เปอร์เซ็นต์ มีอายุเมื่อคลอดลูกตัวแรกเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 940 วัน และกลุ่มโคสาวที่มีสายเลือดโฮลสไตน์ ≤ 50 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนครั้งต่อการผสมติดเฉลี่ยที่น้อยที่สุดเท่ากับ 1.25 ครั้ง และอัตราการผสมติดในการผสมครั้งที่หนึ่งที่ดีที่สุด

วิชัยและคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของระดับสายเลือดโคพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนต่อลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ 4 ลักษณะ (อายุเมื่อคลอดลูกตัวแรก จำนวนครั้งผสมการผสมติด ระยะห่างของการให้ลูก จำนวนวันท้องว่าง) พบว่า โคที่มีระดับสายเลือดไม่เกิน 75 เปอร์เซ็นต์ มีอายุเมื่อคลอดลูกตัวแรกและจำนวนครั้งผสมการผสมติดดีที่สุด ส่วนในลักษณะระยะห่างของการให้ลูก และ จำนวนวันท้องว่าง พบว่าโคที่ระดับเลือดน้อยกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ มีความสมบูรณ์พันธุ์สูงกว่าโคกลุ่มอื่นๆ รองลง มาคือกลุ่มโคระดับเลือด 75 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มโคที่มีระดับเลือด 87.5 ถึง 93.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยกลุ่มโคที่มีระดับเลือดมากกว่า 93.75 เปอร์เซ็นต์ มีความสมบูรณ์พันธุ์ต่ำสุด จะเห็นได้ว่าความสมบูรณ์พันธุ์จะต่ำลงเมื่อระดับสายเลือดโคพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Veerkamp et al. (2001) ที่รายงานค่าอิทธิพลของระดับเลือดโคพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน ต่อลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ที่ต่ำลงเมื่อระดับเลือดเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับสมเกียรติและคณะ (2542) ที่ศึกษาในโคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนระดับสายเลือด 50, ≥75 และ ≥87.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าระยะห่างของการให้ลูกเพิ่มขึ้นเป็น 424.3, 449.7 และ 457.3 วัน ตามลำดับ

2.4.2.2 ระยะการให้นม

การศึกษาอิทธิพลของระยะการให้นมต่อลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ วิชัยและคณะ (2548) พบว่า ระยะการให้นมไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์ ($P>0.05$) ได้แก่ลักษณะจำนวนครั้งผสมการผสมติด ระยะห่างของการให้ลูก และ จำนวนวันท้องว่าง ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Marti and Funk (1994), Dematawewa and Berger (1998) และ Miller *et al.* (2001) ที่รายงานว่าความสมบูรณ์พันธุ์จะต่ำลงเมื่อระยะการให้นมเพิ่มขึ้น โดย Marti and Funk (1994) ให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหตุผลไว้ว่าอาจเนื่องมาจากแม่โคที่ผ่านการให้ลูกมาหลายครั้งมีโอกาสพบปัญหาด้านระบบสืบพันธุ์มากขึ้น และเกิดความเครียดจากการให้ผลผลิตน้ำนมที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย ลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์เป็นลักษณะหนึ่งที่อยู่ในเป้าหมายของการคัดเลือก เช่นกำหนดลักษณะระยะห่างของการให้ลูกไม่เกิน 450 วัน (กรมปศุสัตว์, 2545) หากเกินกว่าที่กำหนดจะพิจารณาคัดออกจากฝูง ดังนั้นเมื่อระยะการให้นมเพิ่มขึ้นแม่โคที่มีปัญหาด้านความสมบูรณ์พันธุ์ต่ำหรือมีปัญหาทางระบบสืบพันธุ์ จึงมีโอกาสสูงที่จะถูกคัดออกจากฝูง จึงพบว่าระยะการให้นมไม่ส่งอิทธิพลต่อลักษณะความสมบูรณ์พันธุ์

2.4.2.3 อายุเมื่อคลอดลูก

วิชัยและคณะ (2548) รายงานผลจากการวิเคราะห์ปัจจัยเนื่องจากอายุเมื่อคลอดลูก (ปี) ว่ามีอิทธิพลต่อลักษณะระยะห่างของการให้ลูก และ จำนวนวันท้องว่าง ซึ่งในสองลักษณะนี้ให้ผลค่อนข้างสอดคล้องกันเป็นอย่างยิ่ง โดยโคที่คลอดลูกในช่วงอายุ 2 ถึง 4 ปี จะมีความสมบูรณ์พันธุ์ที่ดีขึ้นหลังจากนั้นความสมบูรณ์พันธุ์จะต่ำลงเป็นลำดับตามอายุเมื่อคลอดลูกที่เพิ่มขึ้น โดยมีความสมบูรณ์พันธุ์ต่ำสุดเมื่ออายุคลอดลูกมากกว่า 10 ปี ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Dematawewa and Berger (1998) ที่ศึกษาในโคพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน พบว่ามีอิทธิพลต่อลักษณะจำนวนครั้งผสมต่อการผสมติด เพิ่มขึ้นตามกลุ่มอายุที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในระยะการให้นมที่ 2 และ 3 เช่นเดียวกับลักษณะ จำนวนวันท้องว่าง ที่พบว่าเพิ่มมากขึ้นตามกลุ่มอายุที่เพิ่มขึ้น

2.5 อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อโคนม

สภาพแวดล้อมสามารถส่งผลกระทบต่อตัวสัตว์มากกว่าปัจจัยอื่น เพราะสภาพแวดล้อมส่งผลกระทบทั้งการให้ผลผลิต การสืบพันธุ์และสุขภาพของสัตว์ สภาพแวดล้อมมีผลโดยตรงต่อกระบวนการเมตาบอลิซึม ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเคลื่อนที่ผ่านของอาหาร ความต้องการสารอาหารเพื่อการดำรงชีพ ระบบสืบพันธุ์ การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบน้ำนม ส่วนผลกระทบทางอ้อมของสภาพแวดล้อมคือ ปริมาณ และคุณภาพของอาหารหยาบ(Collier, 1985) ในทางกายภาพสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อความร้อนที่เกิดขึ้นกับตัวสัตว์ และการระบายความร้อนออกจากตัวสัตว์ โดยเฉพาะสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีจากดวงอาทิตย์ และความเร็วลม จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิร่างกายของโค การระบายความร้อนออกจากร่างกายเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมเพิ่มขึ้น แต่ถ้ามีความชื้นสูงด้วยการระบายความร้อนออกจากร่างกายจะลดลง โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือถึง 30 องศาใต้ ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง ก่อให้เกิดความเครียดอันเนื่องจากความร้อนกับตัวสัตว์ (heat stress) ในสภาวะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังกล่าวส่งผลกระทบต่อตัวสัตว์ โดยมีผลทำให้สัตว์กินอาหารลดลง ผลผลิตน้ำนมลดต่ำลง (Collier, 1985) และมีผลต่อองค์ประกอบน้ำนม (Davison *et al*., 1996) ความร้อนที่เกิดขึ้นกับตัวสัตว์มีความสัมพันธ์กับปริมาณอาหารที่กิน ในสภาพการเกิด heat stress สัตว์ลดการกินอาหารลง โดยปริมาณอาหารที่กินเริ่มลดลง เมื่อสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส (Davison *et al*., 1996) เพื่อลดการผลิตความร้อนจากกระบวนการเมตาบอลิซึม โดยเฉพาะปริมาณอาหารหยาบที่กิน เนื่องจากอาหารหยาบก่อให้เกิดความร้อนในตัวสัตว์สูง (heat increment) ในขณะที่การกินอาหารข้นของสัตว์ยังคงกินได้ตามปกติ

สภาพแวดล้อม ที่มีผลทำให้สัตว์เกิดความเครียดที่สำคัญ คืออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ จึงนิยมใช้ค่าทั้งสองเป็นดัชนีตัวบ่งชี้ว่าสัตว์จะเกิดความเครียดอันเนื่องมาจากความร้อน (heat stress) โดยสามารถคำนวณออกมาเป็นค่า Temperature Humidity Index (THI) ถ้าค่า THI ต่ำกว่า 72 สัตว์ไม่ได้รับผลกระทบจาก heat stress ถ้าค่า THI ระหว่าง 72-78 โคเกิดความเครียดเล็กน้อย เมื่อค่า THI ระหว่าง 78-89 โคเกิดความเครียดปานกลาง ค่า THI ระหว่าง 89-98 โคเกิดความเครียดมาก และถ้าหากค่า THI มากกว่า 98 อาจทำให้สัตว์ตายได้ สำหรับค่า THI ที่มีผลต่อปริมาณน้ำนม Davison *et al*. (1996) ได้รายงานว่า ในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนที่ให้นมมากกว่า 20 กก.ต่อตัวต่อวัน ถ้าหากค่า THI มากกว่า 78 โคให้ผลผลิตน้ำนมลดลง และทำให้ปริมาณไขมันและโปรตีนลดลง 1-2 หน่วย

สภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบถึงการสืบพันธุ์ของสัตว์ เช่นอุณหภูมิ ความชื้น และช่วงความยาวแสงโดยเฉพาะอุณหภูมิแวดล้อมที่สูง หรืออุณหภูมิที่ขึ้น ๆ ลง ๆ อย่างฉับพลัน ดังเช่น บริเวณที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรของโลก สามารถที่จะส่งผลกระทบถึงสมรรถนะการสืบพันธุ์ของโค ขณะเดียวกันความชื้นสูงจะเป็นปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมอิทธิพลของอุณหภูมิที่สูงอยู่แล้วให้มีความรุนแรงเพิ่มขึ้นทำให้โคเกิดความเครียดจากสภาพอากาศส่งผลให้สมรรถนะการสืบพันธุ์ของโคในด้านต่าง ๆ ลดต่ำลง เช่น โคมีอายุเข้าสู่วัยหนุ่มสาวล่าช้าเกิดความผิดปกติของการตกของไข่ การตายของตัวอ่อนมีมากขึ้น อัตราการตายของตัวอ่อนเพิ่มสูงขึ้น และทำให้เกิดผลกระทบต่อกระบวนการสร้างสเปอร์มและลักษณะของน้ำเชื้อ เป็นต้น

2.6 องค์ประกอบของความแปรปรวน

จากพื้นฐานของการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ ลักษณะที่สัตว์แสดงออกมาให้เห็น (phenotype; P) ประกอบด้วยลักษณะเชิงคุณภาพ (qualitative traits) และลักษณะเชิงปริมาณ (quantitative traits) ซึ่งโดยทั่วไปเป็นลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจในสัตว์ และมักเป็นลักษณะเชิงปริมาณที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ เป็นลักษณะที่สามารถชั่ง ตวง และวัดค่าได้ และสภาพแวดล้อมมีผลมากต่อการแสดงออก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(สมชัย, 2530) ดังนั้นในการแสดงออกของลักษณะต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับอิทธิพลของพันธุกรรม (genotype; G) และอิทธิพลที่เกิดจากสภาพแวดล้อม (environment; E) ดังสมการ

$$P = G + E$$

อิทธิพลที่เกิดจากพันธุกรรม โดยทั่วไปจะแบ่งเป็นอิทธิพลที่เกิดจากยีน (genetic effect) ซึ่งประกอบด้วย อิทธิพลที่เกิดจากยีนแบบบวกสะสม (additive gene effect; A) อิทธิพลจากการข่มของยีน (dominant gent effect; D) และปฏิกิริยาร่วมระหว่างยีนต่างตำแหน่งกัน (epistatic gene effect; I) ส่วนอิทธิพลที่เกิดจากสภาพแวดล้อมก็จะสามารถแบ่งได้เป็นสภาพแวดล้อมแบบถาวร (permanent environment effect; Ep) และสภาพแวดล้อมแบบชั่วคราว (temporary environment effect; Et) ดังสมการ

$$P = A + D + I + Ep + Et$$

การศึกษาลักษณะที่สัตว์แสดงออก จะวัดจากลักษณะความแปรปรวน (variance; σ^2) โดยความแปรปรวนทั้งหมดก็คือความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ (phenotypic variance; σ^2_P) ซึ่งเป็นผลมาจากความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic variance; σ^2_G) ร่วมกับความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อม (environment variance; σ^2_E) ในแหล่งของความแปรปรวนจากพันธุกรรมยังสามารถแยกออกเป็นความ แปรปรวนของอิทธิพลเนื่องจากยีนแบบบวกสะสม (additive gene; σ^2_A) ความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลของการข่มของยีน (dominance gene; σ^2_D) ความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลร่วมของยีนต่างตำแหน่ง (epitasis; σ^2_I) ส่วนความแปรปรวนอื่นที่ไม่ใช่พันธุกรรม (สภาพแวดล้อม) ยังสามารถแบ่งออกได้เป็นความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อมถาวร (permanent environment; σ^2_{Ep}) และความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อมชั่วคราว (temporary environment; σ^2_{Et}) เขียนในรูปสมการได้คือ (Falconer and Mackay, 1996)

$$\sigma^2_P = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_I + \sigma^2_{Ep} + \sigma^2_{Et}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.7 การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวน (variance component estimation)

พันธุกรรมนับว่าเป็นประเด็นที่สำคัญในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ สามารถคำนวณได้หลายวิธีการ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่จะทำการศึกษาว่ามีความสัมพันธ์กันทางเครือญาติในลักษณะใด เช่น การ

ประเมินจากข้อมูลพี่น้องที่ร่วมพ่อหรือแม่เดียวกัน (half sib) หรือข้อมูลพี่น้องร่วมพ่อและแม่ (full sib) ซึ่งการวิเคราะห์จะอยู่บนพื้นฐานการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี ANOVA (analysis of variance) ซึ่งการวิเคราะห์จากวิธีการที่กล่าวมามีข้อเสียคือ ค่าความแปรปรวนที่ได้ไม่มีการปรับด้วยอิทธิพลที่เป็นปัจจัยคงที่ได้แก่ เพศ ฤดูกาลเกิด ฝูงสัตว์ ลำดับลูกที่คลอด อายุแม่และไม่มีปรับการมีความสัมพันธ์ทางสายเลือดของสัตว์ (relationship) ทำให้ค่าประมาณที่ได้จากข้อมูลมีอคติ(biased) (Meyer, 1995) ในปัจจุบันวิธีการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนที่นิยมกันมากและใช้กันโดยทั่วไป จะวิเคราะห์โดยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) ซึ่งพัฒนาให้เหมาะสำหรับ mixed model equation (MME) โดย Patterson and Thompson (1971) วิธีการนี้จะมีการปรับข้อมูลที่เป็นปัจจัยคงที่และปัจจัยสุ่มไปพร้อมกับการปรับความสัมพันธ์ทางสายเลือดของสัตว์ ค่าที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และใกล้เคียงกับค่าจริงของประชากรมากที่สุด

2.8 อัตราพันธุกรรม (heritability, h^2)

ค่าอัตราพันธุกรรม เป็นสัดส่วนของความแปรปรวนอันเนื่องมาจากพันธุกรรมต่อความแปรปรวนทั้งหมดของลักษณะหนึ่งๆ ค่าอัตราพันธุกรรมที่ต้องการใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เป็นอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ (heritability in narrow sense) ซึ่งเป็นสัดส่วนของความแปรปรวนที่เป็นผลเนื่องมาจากยีนแบบบวกสะสมต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ เขียนในรูปสมการได้ดังนี้คือ (สมชัย, 2530)

$$h^2 = \sigma^2_a / \sigma^2_P$$

เมื่อ σ^2_P = ความแปรปรวนทั้งหมด

σ^2_a = ความแปรปรวนจากพันธุกรรมโดยตรง

โดยทั่วไปค่าอัตราพันธุกรรม เป็นคุณลักษณะเฉพาะของลักษณะใดลักษณะหนึ่งของสัตว์แต่ละชนิดที่อยู่ในประชากรภายใต้สภาพแวดล้อมหนึ่งเท่านั้น ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละประชากร ซึ่งหากต้องการนำค่าอัตราพันธุกรรมที่ได้จากการประเมินในประชากรอื่นมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์กับอีกประชากรหนึ่ง จึงจำเป็นต้องพิจารณาถึงความคล้ายคลึงกันของประชากรและสภาพแวดล้อมด้วย (Falconer, 1989) จากการที่ค่าอัตราพันธุกรรมเป็นค่าสถิติเฉพาะของสัตว์ฝูงใดฝูงหนึ่ง ดังนั้น Hammond et al., (1992) จึงได้อธิบายถึงปัจจัยสำคัญที่ทำให้ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะหนึ่งๆ ในแต่ละประชากรมีความแตกต่างกัน ซึ่งมีสาเหตุมาจากความแตกต่างขององค์ประกอบทางพันธุกรรม เช่น ความถี่ยีน อัตราเลือดชิด เป็นต้น นอกจากนั้นยังเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น การจัดการ การให้อาหาร การเลี้ยงดู เป็นต้น และอาจมีสาเหตุมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลกระทบระหว่างค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสภาพแวดล้อมกับลักษณะอื่นๆ อย่างไรก็ตามปัจจุบันการใช้วิธี REML ในการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากต่างแหล่งที่มา มาประเมินร่วมกันได้ โดยมีการปรับค่าอิทธิพลของแหล่งที่มาของข้อมูลนั้นในส่วนของอิทธิพลคงที่ทำให้ค่าอัตราพันธุกรรมที่ได้เป็นค่าของประชากรอย่างแท้จริง

ค่าอัตราพันธุกรรม มีความแตกต่างกันไปตามวิธีการศึกษา กลุ่มประชากร และสภาพแวดล้อมที่ทำการศึกษา ค่านี้อาจจะปรากฏค่าออกมาสูงหรือต่ำได้แตกต่างกันไป บางครั้งการใช้ค่าอัตราพันธุกรรมใช้ค่าเฉลี่ย จากหลาย ๆ รายงาน ระดับของค่าอัตราพันธุกรรม สามารถแบ่งออกได้เป็นกลุ่มคือ ลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมระดับสูง (>40%) อัตราพันธุกรรมระดับกลาง (20-40%) และอัตราพันธุกรรมระดับต่ำ (<20%) (ณัฐพล, 2549) ค่าอัตราพันธุกรรมมีความสำคัญในการนำไปพิจารณาถึงแนวทางในการปรับปรุงการผลิตของฝูงสัตว์ โดยในฝูงสัตว์ที่มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูง การคัดเลือกภายในฝูงจะเป็นวิธีการใช้เพื่อการปรับปรุงการผลิตสัตว์ ถ้าหากค่าอัตราพันธุกรรมมีค่าปานกลางหรือต่ำแต่เป็นลักษณะที่พบว่ามีอิทธิพลของเฮตเตอโรซีส การปรับปรุงพันธุ์ควรพิจารณาการใช้ประโยชน์จากระบบการผสมข้ามในแบบใดแบบหนึ่ง ส่วนลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำและไม่มีอิทธิพลของเฮตเตอโรซีส ควรเน้นการปรับปรุงการผลิตในด้านของการปรับปรุงสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น การให้อาหาร การจัดการ หรือระบบสุขาภิบาล (สมชัย, 2530)

ค่าอัตราพันธุกรรมของเปอร์เซ็นต์ลำตัวสีขาวในโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.22 – 0.99 (Dunn *et al*., 1923; Briquet and Lush, 1947; King *et al*., 1988; Becerril *et al*., 1994; Reinsch *et al*., 1999 และ Maia *et al*., 2005) ในตาราง 3

ตาราง 3 ค่าประมาณอัตราพันธุกรรมของสีลำตัวในโค

Method	**h^2**	**ที่มา**
Regreesion of offspring on dam	0.52	Dunn *et al*. (1923)
	0.99	Briquet and Lush (1947)
Regreesion of offspring on midparent	0.93	Briquet and Lush (1947)
ANOVA (paternal half-sib)	0.22	King *et al*. (1988)
	0.91	Becerril *et al*. (1991)
REML	0.72	Becerril *et al*. (1994)
	0.88	Reinsch *et al*. (1999)
	0.78	Maia *et al*. (2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.9 สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ (Genetic correlation; r_g, and Phenotypic correlation; r_p)

ในการวางแผนคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์สัตว์นั้น เราจะต้องเลือกปรับปรุงลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เพื่อความก้าวหน้าในการคัดเลือก หากทำการคัดเลือกทีละลักษณะก็จะเพิ่มความก้าวหน้าในการคัดเลือกลักษณะนั้นๆได้เร็ว และถ้าหากคัดเลือกทีละหลายๆลักษณะไปพร้อมๆกันความก้าวหน้าในการคัดเลือกจะเป็นไปอย่างช้าๆ การคัดเลือกหลายๆลักษณะพร้อมๆกัน เราจะต้องทราบว่าลักษณะใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กัน อาจจะมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกหรืออาจจะมีความสัมพันธ์ในเชิงลบ การวัดความสัมพันธ์ของลักษณะสองลักษณะสามารถวัดออกมาได้ด้วยค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง –1 ถึง +1 (สมชัย, 2530) ซึ่งจะบอกถึงความสัมพันธ์ของพันธุกรรมที่ควบคุมการแสดงออกของสองลักษณะ โดยค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมจะมีผลต่อการคัดเลือก หมายถึงเมื่อคัดเลือกลักษณะหนึ่ง อาจส่งผลต่อการแสดงออกของอีกลักษณะหนึ่ง เป็นต้น (สมชัย, 2530 และ Falconer, 1989) และสหสัมพันธ์ลักษณะปรากฏ ซึ่งจะเป็นผลรวมของพันธุกรรม และสภาพแวดล้อมรวมกัน

Becerril *et al.* (1996) รายงานว่า สหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างเปอร์เซ็นต์สีขาวของโคนมโฮลสไตน์กับผลผลิตน้ำนม ไขมัน และโปรตีน เท่ากับ 0.047, 0.002 และ 0.024 ตามลำดับ ในขณะที่สหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างเปอร์เซ็นต์สีขาวของโคนมโฮลสไตน์กับวันท้องว่าง และระยะห่างของการให้ลูก เท่ากับ -0.012 และ -0.007 ตามลำดับ สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างเปอร์เซ็นต์สีขาวของโคนมโฮลสไตน์กับผลผลิตน้ำนม ไขมัน และโปรตีน เท่ากับ 0.097, 0.004 และ 0.048 ตามลำดับ ในขณะที่สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างเปอร์เซ็นต์สีขาวของโคนมโฮลสไตน์กับวันท้องว่าง และระยะห่างของการให้ลูก เท่ากับ -0.065 และ -0.029 ตามลำดับ

2.10 การประเมินพันธุกรรมด้วยเทคนิค BLUP

การประเมินพันธุกรรมสัตว์ (animal genetic evaluation) นับเป็นวิธีการที่สำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ เนื่องจากเกี่ยวข้องโดยตรงกับการคัดเลือกสัตว์ แม้ว่าการคัดเลือกสัตว์นั้น สามารถที่จะใช้ข้อมูลจากการจัดลำดับสัตว์จากการให้ผลผลิต หรือลักษณะปรากฏ (phenotypic selection) แต่ปัจจุบันพบว่าการจัดลำดับสัตว์จากค่าทางพันธุกรรม หรือลักษณะจีโนไทป์ (genotypic selection) เพื่อการคัดเลือก เป็นวิธีการให้ผลการตอบสนองการคัดเลือก (selection response) หรือการตอบสนองทางพันธุกรรม (genetic response) ในรุ่นต่อไปที่แม่นยำ ช่วยให้การปรับปรุงพันธุ์มีประสิทธิภาพและรวดเร็วขึ้น เนื่องจากพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการให้ผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตของสัตว์ส่วนใหญ่จะถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ ดังนั้นการทราบจีโนไทป์หรือพันธุกรรมที่แท้จริงของสัตว์แต่ละตัวจึงเป็นสิ่งที่ทราบได้ยาก นักปรับปรุงพันธุ์จึงได้นำความรู้ทางคณิตศาสตร์และสถิติมาประยุกต์ใช้ในการประเมินค่าพันธุกรรมของสัตว์ขึ้นเป็นตัวเลข เรียกว่า“ค่าการผสมพันธุ์ (breeding value)” เพื่อให้มีการจัดลำดับและทำการคัดเลือกสัตว์ได้สะดวกขึ้นโดยอาศัยข้อมูลการให้ผลผลิต การประเมินอิทธิพลของสภาพแวดล้อมมาปรับข้อมูลที่มาจากต่างแหล่งหรือต่างปีเกิดกัน ปัจจุบันการประเมินพันธุ์สามารถนำพันธุ์ประวัติของสัตว์ทั้งฝูงหรือทั้งประชากรเข้าร่วมในการประเมิน ทำให้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น (มนต์ชัย, 2548)

เนื่องจากการประเมินพันธุกรรมสัตว์ด้วยการสร้างดัชนี (selection index) ซึ่งจัดเป็นตัวประมาณแบบ best linear prediction นั้น แม้ว่าจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและมีการใช้งานมาเป็นเวลานาน แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อกำหนดบางประการที่ทำให้ดัชนีการคัดเลือกมีข้อจำกัด เช่น สามารถใช้ภายในฟาร์มหรือฝูงสัตว์เฉพาะ และไม่สามารถเปรียบเทียบค่าทางพันธุกรรมข้ามฝูงหรือข้ามกลุ่มที่มีการจัดการแตกต่างกันได้ นอกจากนี้ การสร้างดัชนีการคัดเลือกจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบค่าเฉลี่ยที่นำมาปรับให้กับค่าสังเกต อีกทั้งจะเห็นว่า ค่าการผสมพันธุ์ที่ประเมินด้วยดัชนีการคัดเลือกนั้นจะไม่มีการปรับปัจจัยอื่นๆที่อาจมีผลกระทบต่อความผันแปรของลักษณะ เช่น อายุแม่ ระยะการให้นม เป็นต้น ซึ่งหลังจากที่มีการใช้ตัวแบบผสม (mixed model) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และอธิบายผลของลักษณะทางเศรษฐกิจ จึงทำให้ตัวแบบผสมมีการใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น ส่งผลให้การประมาณค่าการผสมพันธุ์สัตว์จากตัวแบบผสมมีบทบาทมากขึ้น ต่อมา Henderson (1973) ได้เสนอรูปแบบของสมการเพื่อใช้สำหรับตัวแบบผสมโดยสามารถที่จะประมาณค่าการผสมพันธุ์จากปัจจัยคงที่และปัจจัยสุ่มได้พร้อมกัน ซึ่งค่าประมาณที่ได้จากการปรับอิทธิพลของปัจจัยคงที่ จะมีคุณสมบัติเป็น Best Linear Unbiased Estimator (BLUE) ส่วนค่าประมาณที่ได้จากการปรับอิทธิพลของปัจจัยสุ่มจะมีคุณสมบัติเป็น Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) ส่งผลให้การประเมินพันธุกรรมสัตว์เพื่อใช้ในการคัดเลือกมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งการประเมินพันธุกรรมโดยใช้เทคนิค BLUP มีข้อดีหลายประการคือ

1. BLUP ใช้วิธีการสร้างตัวประมาณค่าจากตัวแบบผสม (mixed model) โดยตรง

2. BLUP ใช้ตัวประมาณค่าอิทธิเนื่องจากปัจจัยคงที่ต่างๆ เช่น ฝูง ปีเกิด ฤดูกาล อายุแม่ ระยะการให้นม เป็นต้น เข้ามาปรับในการประมาณค่าอิทธิพลเนื่องจากปัจจัยสุ่ม เช่น ค่าพันธุกรรม และสภาพแวดล้อมถาวร ทำให้ค่าพันธุกรรมที่ประเมินได้สามารถใช้เปรียบเทียบกับสัตว์ต่างฝูง หรือสัตว์ที่เกิดต่างปีหรืออยู่ต่างระยะการให้นมได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในงานประเมินพันธุกรรมสัตว์ที่ต้องมีการเปรียบเทียบพันธุกรรมจากหลายฝูงได้

3. BLUP ยังสามารถใช้ข้อมูลจากทุกแหล่งในการประเมินได้ โดยผ่านทางพันธุ์ประวัติ (pedigree) ดังนั้นสัตว์ที่ไม่มีบันทึกของตัวเองก็สามารถถูกประเมินพันธุกรรมได้ ค่าประมาณที่ได้จึงมีความแม่นยำสูง (high accuracy)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในทางสถิติ BLUP มีความหมายดังนี้คือ

B = Best: BLUP เป็นตัวประมาณค่าที่ดีที่สุด ซึ่งในทางสถิติตัวประมาณค่าที่ดีที่สุด หมายถึงตัวประมาณที่มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ

L = Linear: BLUP เป็นวิธีการสร้างตัวประมาณค่าในรูปของตัวแบบเชิงเส้นของค่าสังเกต

U = Unbiased: BLUP เป็นตัวประมาณค่าที่ไม่มีความเอนเอียง กล่าวคือค่าคาดคะเนของ linear combination ของตัวประมาณจะมีค่าเท่ากับ linear combination ของค่าที่แท้จริงของประชากร

P = Prediction: BLUP เป็นวิธีการสร้างตัวประมาณค่าของอิทธิพลสุ่ม

2.11 แบบหุ่นผสม ปัจจัยคงที่ และปัจจัยสุ่ม

แบบหุ่นผสม (mixed model) หมายถึง ตัวแบบที่แสดงให้เห็นว่าค่าสังเกตขึ้นกับอิทธิพลของทั้งปัจจัยคงที่และปัจจัยสุ่มผสมกัน ซึ่งตัวแบบนี้นิยมนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ เพื่ออธิบายลักษณะทางการผลิตโดยทั่วไป เช่น การเจริญเติบโต การให้นม โดยเฉพาะแบบหุ่นผสมในรูปเชิงเส้น (mixed linear model) ซึ่งคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าสังเกตทั้งในรูปของอิทธิพลคงที่ (fixed effect) และอิทธิพลสุ่ม (random effect) ซึ่งปัจจัยคงที่สามารถแบ่งเป็นปัจจัยเนื่องจากกลุ่มการจัดการ (contemporary group) รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อลักษณะที่ศึกษา เช่น ฤดูกาล ปีที่เก็บข้อมูล เพศของสัตว์ อายุแม่ ระยะการให้นม เป็นต้น ส่วนปัจจัยสุ่มคือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมที่เกิดเนื่องจากตัวสัตว์ เช่น สภาพแวดล้อมถาวรที่ประเมินจากแม่ของสัตว์ ซึ่งในการประมาณค่าของอิทธิพลเนื่องจากปัจจัยสุ่มนั้นจะมีความแตกต่างจากการประมาณค่าอิทธิพลเนื่องจากปัจจัยคงที่เล็กน้อย โดยทั่วไปการประเมินค่าการผสมพันธุ์สัตว์ นิยมจัดปัจจัยที่เป็นตัวสัตว์เป็นปัจจัยสุ่ม ซึ่งได้แก่ ปัจจัยเนื่องจากพ่อพันธุ์ แม่พันธุ์ และตัวสัตว์เอง เนื่องจากในการประเมินนั้นจะถือว่า สัตว์เหล่านี้เป็นเพียงตัวอย่างสุ่มของทั้งประชากร ไม่สามารถระบุจำนวนสัตว์ที่แท้จริงของทั้งประชากรได้ ดังนั้น ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรมของสัตว์ถือว่าเป็นปัจจัยในระดับยีนที่ได้จากกลไกทางธรรมชาติที่เป็นไปอย่างสุ่ม ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ การเกิด crossing over รวมถึง gene recombination ล้วนเป็นไปอย่างสุ่มทั้งสิ้น

โมเดลตัวสัตว์ (animal model) เป็นโมเดลที่นิยมใช้ในการประเมินพันธุกรรมของสัตว์ในปัจจุบัน ค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์ใน sire summary ทั่วไปนิยมใช้การประเมินด้วยวิธีการ BLUP จากโมเดลตัวสัตว์นี้ โดยอาศัยข้อมูลบันทึกตัวสัตว์จากทุกแหล่งร่วมกับความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของสัตว์ทั้งหมดในพันธุ์ประวัติ (animal genetic relationship) และการปรับด้วยอิทธิพลเนื่องจากปัจจัยอื่นๆในรูปโมเดลผสมดังนั้นค่าการผสมพันธุ์ของสัตว์ ทั้งสัตว์ที่เป็นพ่อพันธุ์ แม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์ และสัตว์อื่นๆจึงมีความแม่นยำเนื่องจากเป็นการประเมินจากข้อมูลทุกแหล่งที่เป็นไปได้ ปรับด้วยความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของสัตว์ในพันธุ์ประวัติ

แบบหุ่นผสม หรือ Mixed Model Equation (MME) คือ

$$Y = Xb + Zu + e$$

โดยที่ Y เป็นเวคเตอร์ n x 1 ของค่าสังเกต(ลักษณะปรากฏ)

b เป็นเวคเตอร์ p x 1 ของอิทธิพลคงที่ (fixed effects) ; pเท่ากับระดับของ fixed effects

u เป็นเวคเตอร์ q x 1 ของอิทธิพลแบบสุ่ม (random effect) ; qเท่ากับระดับของ random effects

X เป็นดีไซน์เมตริกซ์ (design matrix) หรือเรียกว่า incidence matrix ขนาด n x p ที่เชื่อมโยงข้อมูลกับอิทธิพลคงที่(fixed effects)

Z เป็นดีไซน์เมตริกซ์ (design matrix) หรือเรียกว่า incidence matrix ขนาด n x q ที่เชื่อมโยงข้อมูลกับอิทธิพลแบบสุ่ม(random effect)

e เป็นเวคเตอร์ของค่า residual error

สามารถเขียนอยู่ในรูปของ Henderson Mixed Model Equation (HMME) ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'Y \\ Z'Y \end{bmatrix}$$

เมื่อ A คือ เมตริกซ์ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวสัตว์

$\alpha = \sigma^2_e / \sigma^2_a = (1 - h^2) / h^2$

b คือ ค่าประมาณของ fixed effects เรียกว่า Estimator, BLUE

u คือ ค่าประมาณของ random effect เรียกว่า Predictor, BLUP

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved