บทที่2

การตรวจเอกสาร

การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยที่ได้รับการส่งเสริมจากหน่วยงานของภาครัฐบาล โดยเกษตรกรที่เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่ จะได้รับการสนับสนุนการเงินจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ การส่งเสริมการเลี้ยงโคนม จะใช้โคนมพันธุ์ลูกผสม เพราะคาดว่าโคนมลูกผสมจะปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ และเหมาะกับเกษตรกรที่ไม่มีประสบการณ์การเลี้ยงโคนม โดยที่ สุวรัจน์ หงษ์ยันตรชัย (2535) สรุปว่าการเลี้ยงโคนมลูกผสมที่มีระดับสายเลือดโคยุโรป 50 เปอร์เซนต์ จะมีต้นทุนสูงในการผลิตน้ำนมดิบ 100 กิโลกรัม จากนั้นจะลดลงตามระดับสายเลือดโคยุโรปที่ได้รับการปรับให้สูงขึ้น และตามอายุของโคที่เพิ่มขึ้น ปริมาณผลผลิตน้ำนมจะมีผลต่อรายได้ของเกษตรกร ดังนั้นการศึกษาเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำนม เช่น การหาคุณค่าการผสมพันธุ์เพื่อใช้ในการคัดเลือกโคนม ผู้เลี้ยงโคนมจะต้องทราบว่ามีปัจจัยอะไรที่มีผลต่อประมาณน้ำนม ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็นปัจจัยได้ดังนี้

2.1 <u>ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำนม</u> ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาคุณค่าการผสมพันธุ์ จำเป็นต้องทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของลักษณะที่ศึกษา เพื่อสามารถแยกความแปรปรวนจากพันธุกรรม ออกจากความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อมและการจัดการ และสามารถนำความแปรปรวนของพันธุกรรมไปหาค่าทางพันธุกรรม เช่น ค่าอัตราการพันธุกรรม หรือคุณค่าการผสมพันธุ์ เป็นต้น โดยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำนม สามารถแยกออกเป็น 2 ปัจจัยหลักคือ ปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมและการจัดการ และปัจจัยจากพันธุกรรม

2.1.1 <u>ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและการจัดการที่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำนม</u> หมายถึง ตำแหน่งที่ตั้งฟาร์ม สภาพอากาศ ฤดูกาล และการจัดการที่มีอิทธิพลต่อโคนม เช่น อากาศร้อนจะทำให้แม่โคที่กำลังให้น้ำนมเกิดความเครียด เพราะการผลิตน้ำนมจำนวนมากต้องใช้พลังงานมากร่วมกับอัตราเผาผลาญของร่างกายที่สูงขึ้นด้วย ดังนั้นการผลิตน้ำนมและการทนทานต่อความเครียดจากความร้อน จะมีความสัมพันธ์ที่ผกผันกัน (พีระศักดิ์ จันทร์ประทีป และคณะ , 2539)

โดยเหตุผลสามารถอธิบายด้วยความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศและการระบายความร้อนจากตัวสัตว์ ดังนี้ สัตว์จะรักษาอุณหภูมิของร่างกายไม่ให้ต่ำหรือสูงตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้ในขบวนการดำรงชีพขั้นพื้นฐานและการให้ผลผลิต ถ้าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดที่สัตว์สามารถอยู่ได้อย่างสบาย วิธีที่สัตว์จะแก้ไข คือ ต้องผลิตความร้อนออกมาให้น้อยลง เพื่อให้อยู่ได้ แต่ถ้าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าอุณหภูมิต่ำสุดที่สัตว์อยู่สบาย สัตว์จะต้องเพิ่มอัตราการผลิตความร้อน เพื่อรักษาอุณหภูมิของร่างกายไว้ไม่ให้ต่ำตามสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในสภาวะนี้สัตว์จะต้องผลิตความร้อนออกมามากขึ้น (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์ , 2539)

นอกจากนี้ผลทางอ้อมของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อผลผลิตโคนม คือ สภาพดินที่ปลูกพืชอาหารหยาบแต่ละที่ จะมีความอุดมสมบูรณ์ของแร่ธาตุ และความเป็นกรดด่างที่แตกต่างกัน ทำให้ชนิดของพืชจะเจริญได้ดีแตกต่างกัน สำหรับสภาพอากาศและฤดูกาลจะมีผลต่อความชื้นในดิน จะทำให้พืชงอกงามและให้ผลผลิตสูงขึ้นแล้ว ยังจะช่วยให้แร่ธาตุในดินละลาย เพื่อให้พืชดูดขึ้นมาเลี้ยงต้นพืช ส่วนอากาศที่ร้อนจะทำให้พืชโตเร็วและแก่เร็ว ฉนั้นต้นพืชจะมีคุณค่าทางอาหารสูงอยู่เพียงระยะสั้นๆ โดยเหตุนี้คุณค่าทางอาหารของพืชเขตอากาศร้อนจึงมักจะต่ำกว่าพืชที่เจริญเติบโตในเขตอากาศหนาว (ม.ร.ว. ชวนิศนดากร วรวรรณ , 2534) ดังนั้นในฤดูร้อนโคจะได้รับอาหารที่มีปริมาณเยื่อใยสูงมาก ทำให้โคสามารถกินได้น้อย เพราะอาหารจะเต็มกระเพาะหมักได้เร็ว จึงทำให้ได้รับอาหารน้อยตามไปด้วย จึงมีผลกระทบต่อผลผลิต (เมธา วรรณพัฒน์ , 2535) ซึ่งจะสอดคล้องกับช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผสมพันธุ์โคนม โดยในฤดูหนาวเดือนตุลาคม - มกราคม มีอัตราการผสมติดดี ทำให้โคนมคลอดลูกในเดือนกรกฎาคม - ตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงที่หญ้ามีคุณภาพดี เพราะมีสภาพอากาศเหมาะสมและกลับมาผสมติดอีกครั้งในช่วงเดือนตุลาคม - มกราคม ซึ่งทำให้แม่โคมีลูกปีละ 1 ตัว ส่วนฤดูฝน คือเดือนมิถุนายน - กันยายน จะเป็นช่วงที่มีอัตราการผสมติดต่ำที่สุด (กัลยา บุญญานุวัตร , จันทรา กอนันทา และอุดมศรี อินทรโชติ , 2540)

การจัดการที่ดีสำหรับการเลี้ยงโคนม คือ การทำให้โครู้สึกอยู่สบายและมีสุขภาพที่ดี เพื่อจะได้ให้ผลผลิตได้เต็มที่ แต่อาจจะพบโคนมที่ให้ผลผลิตยิ่งสูงจะมีปัญหาด้านการสืบพันธุ์มากขึ้น คือ ใช้เวลานานในการกลับเป็นสัดหลังคลอด อัตราการผสมติดหลังคลอดต่ำ เกิดความเสียหายต่อธุรกิจการเลี้ยงโคนม เพราะส่งผลให้ผลผลิตน้ำนมต่อตัวลดลง จำนวนลูกโคที่จะได้ต่อปีก็ลดน้อยลงไปด้วย หรือปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ต่ำกว่าปริมาณที่ควรจะได้รับ 30 - 40 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุเนื่องมาจากการให้อาหารไม่เพียงพอ ยังทำให้ช่วงสูงสุดของการให้น้ำนมลดต่ำเร็วเกินไป และทำ

ให้โคนมถึงระยะนมแห้งเร็วขึ้น นอกจากนั้นแล้วโคยังมีน้ำหนักตัวลดลง (เมธา วรรณพัฒน์ และ ซี เดเวนตรา , 2535) ดังนั้นโคนมควรจะได้รับอาหารตามความต้องการในแต่ระยะของวงจรการเลี้ยงโคนม ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะหลังคลอดหรือระยะการให้ผลผลิตน้ำนม และระยะนมแห้ง

1. <u>ระยะหลังคลอดหรือระยะการให้ผลผลิตน้ำนม</u> ยังสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ซึ่งโคนมมีความต้องการปริมาณอาหารที่แตกต่างกัน ดังนี้

ก. ระยะแรกของการให้น้ำนม เป็นระยะที่มีความสำคัญมาก เพราะเป็นระยะที่ร่างกายโคต้องทำงานหนัก เนื่องจากต้องให้น้ำนมเป็นปริมาณสูง และขณะเดียวกันก็ต้องเตรียมตัวสำหรับการผสมพันธุ์ เพื่อการจะให้ผลผลิตในครั้งต่อไป ในระยะนี้แม่โคจะให้น้ำนมหลังคลอดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และจะถึงระดับสูงสุด ระหว่างสัปดาห์ที่ 4 ถึง 7 หลังคลอด ซึ่งการให้น้ำนมสูงสุดได้เร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำนมที่ให้ ถ้าให้น้ำนมสูงมากก็จะถึงจุดสูงสุดช้า ส่วนการกินอาหารแม่โคจะกินอาหารเพิ่มหลังคลอดได้อัตราที่ช้ากว่าการให้น้ำนมเพิ่มขึ้น แต่การกินอาหารโคจะกินอาหารได้มากที่สุดในช่วงสัปดาห์ที่ 8 ถึง 12 หลังคลอด โดยจะกินได้เพิ่มขึ้นมากน้อยแค่ไหนขึ้นกับ ลักษณะกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร จึงเป็นสาเหตุทำให้แม่โคได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ สำหรับความต้องการของร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงาน จึงพบว่าโคจะดึงพลังงานสำรองจากร่างกายมาใช้ทำให้น้ำหนักตัวของโคลดลง สภาพร่างกายหรือความพร้อมของแม่โค จะดูได้จากรูปร่างสภาพความสมบูรณ์ของโค ซึ่งสามารถให้คะแนนความสมบูรณ์ของร่างกาย (body condition score) โดยทั่วไปจะให้อยู่ที่ค่า 3.5 เมื่อแม่โคเริ่มคลอดและให้ผลผลิต เพราะจะส่งผลต่อการผสมติดครั้งต่อไปด้วย (เมธา วรรณพัฒน์ และ ฉลอง วชิราภากร , 2533 ; ปรียพันธุ์ อุดมประเสริฐ , 2537)

ข. ระยะกลาง และ ค. ระยะท้ายของการให้น้ำนม สิ่งที่แตกต่างกันระหว่าง 2 ระยะนี้ คือ คุณค่าอาหารที่ให้ในแต่ละระยะ สองระยะนี้พลังงานที่โคได้รับจากอาหารจะเกินความต้องการ เพราะโคกินอาหารได้มากขึ้น แต่ให้ผลผลิตน้ำนมน้อยลง จึงมีสารอาหารสะสมในร่างกายเพิ่มขึ้น ในระยะนี้แม่โคควรได้รับอาหารเพียงพอสำหรับชดเชย การเสียน้ำหนักตัวในช่วงระยะตอนต้นของการให้น้ำนม และมีอาหารสะสมไว้สำหรับการให้น้ำนมในระยะให้นมรุ่นถัดไป (เมธา วรรณพัฒน์ และ ฉลอง วชิราภากร , 2533 ; ปรียพันธุ์ อุดมประเสริฐ , 2537)

2 <u>ระยะนมแห้ง</u> เป็นระยะที่มีความสำคัญมากเช่นกัน ความจริงแล้วในระยะนี้ตัวโคมีความต้องการพลังงานและโภชนะต่างๆ เพื่อการดำรงชีพและการอุ้มท้องไม่มากนัก แต่แม่โค

จะต้องสร้างเนื้อเยื่อในเต้านม เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการให้น้ำนมในครั้งต่อไป ในทางปฏิบัติจะสังเกตสภาพความสมบูรณ์ของตัวโค โดยให้มีคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายประมาณ 3 ถึง 3.5 (บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล , 2535)

การจัดการดูแลสุขภาพ นอกจากการจัดการเกี่ยวข้องกับอาหารโค แล้วการจัดการเกี่ยวกับลักษณะโรงเรือน พีระศักดิ์ จันทร์ประทีป และคณะ (2539) กล่าวว่า ก็เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับโคนม เพราะจะเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของโคนม ซึ่งจะไปมีผลต่อผลผลิตน้ำนม การสร้างโรงเรือนการออกแบบโรงเรือนที่ถูกต้องช่วยให้โคอยู่สุขสบายให้ผลผลิตสูงตามความต้องการที่จะใช้ประโยชน์ ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงการเข้าใจพฤติกรรมของแม่โคเป็นหลัก ซึ่งได้แก่ พื้นที่ให้อาหาร เป็นจุดที่แม่โคมารวมกันมากและบ่อยที่สุด ต้องออกแบบให้มีขนาดและลักษณะที่เหมาะสมที่สุด ป้องกันการแย่งกินอาหารและการเกิดอันตรายจากการออกแบบ ตลอดจนการสูญเสียอาหารจากการตกหล่นและโคนเหยียบย่ำ พื้นคอกการออกแบบไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดปัญหาขาเจ็บหรือ โคมีโอกาสบาดเจ็บเพราะความเปียกชื้นบริเวณโรงเรือน ทำให้พื้นลื่นได้ง่าย ที่นอนพักของโค จากการศึกษาของ Bath และคณะ (1985) เสนอว่าโคที่มีน้ำหนักตัวระหว่าง 475 ถึง 525 กิโลกรัม พื้นที่พักควรมีความยาว 2.08 ถึง 2.12 เมตร และความกว้าง 1.10 ถึง 1.20 เมตร นอกจากนี้ปัญหาสำคัญในธุรกิจการเลี้ยงโคนม คือการเกิดปัญหาเต้านมอักเสบ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการติดเชื้อ ส่วนน้อยเท่านั้นที่เกิดขึ้นเนื่องจากความชอกช้ำของเนื้อเยื่อเต้านม ซึ่งมักเกี่ยวข้องกับความสมบูรณ์ของเครื่องมือและวิธีการรีดนม เป็นสำคัญกลไกการเกิดโรคเต้านมอักเสบก่อให้เกิดความสูญเสียเป็นขั้นตอน กล่าวคือเมื่อเชื้อโรคผ่านเข้าสู่เต้านม (gland cistern) ก็จะก่อให้เกิดปฏิกิริยาการอักเสบ เซลเม็ดเลือดขาวจะแทรกตัวเข้าไปในส่วนเนื้อเยื่อที่สร้างน้ำนม (alveolar) เพื่อทำลายเชื้อโรค เซลที่ทำหน้าที่ผลิตน้ำนมจะถูกทำลายทั้งจากตัวเชื้อโรคเอง และจากสารเคมีบางอย่างที่เซลเม็ดเลือดขาวปล่อยออกมาเพื่อทำลายเชื้อโรค ผลของการติดเชื้อโรคและปฏิกิริยาการอักเสบ ทำให้เต้านมผลิตน้ำนมได้ลดลง น้ำนมที่ผลิตได้ด้อยคุณภาพ (ปรียพันธุ์ อุดมประเสริฐ , 2537)

2.1.2 <u>ปัจจัยพันธุกรรมและสถานภาพของโคนมที่มีผลต่อปริมาณน้ำนม</u> โคที่ให้ผลผลิตน้ำนมสามารถแบ่งเป็นโคพันธุ์แท้ และโคพันธุ์ลูกผสม ซึ่งโคพันธุ์แท้ที่เลี้ยงกันมีเพียง 2 สปีชีส์ (species) คือ โคยุโรป (<u>Bos taurus</u>) และโคอินเดีย (<u>Bos indicus</u>) โคทั้งสองกลุ่มนี้มีความสำคัญในการผลิตน้ำนม โดยเฉพาะในประเทศเขตแถบร้อน เพราะโคทั้งสองกลุ่มมีคุณสมบัติที่ดีเด่นบางอย่างที่แตกต่างกัน

โคยุโรป ได้แก่ โคพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน พันธุ์เจอร์ซี่ พันธุ์บราวน์สวิส เป็นต้น เป็นโคที่มีคุณสมบัติให้ผลผลิตน้ำนมสูง เมื่อมีการดูแลและอยู่ในสภาพเหมาะสม แต่ก็มีข้อเสีย คือ ไม่สามารถทนสภาพอากาศร้อน จะทำให้น้ำนมลดลงสุขภาพก็เลวลงและเจ็บป่วยง่ายระบบการสืบพันธุ์จะเสื่อมแม้จะได้รับการเลี้ยงดูอย่างดี

โคอินเดีย ได้แก่ โคพันธุ์เรดซินดี้ พันธุ์ซาฮิวาล (Sahiwal) เป็นต้น เป็นโคที่มีคุณสมบัติทนต่ออากาศร้อนได้ดี มีความต้านทานต่อโรคเมืองร้อน ทนการรบกวนของแมลงต่างๆได้ และง่ายต่อการเลี้ยงดู แต่จะให้ผลผลิตน้ำนมน้อย และผู้เลี้ยงจะหมดโอกาสที่จะมีโคขึ้นรีดนมจำนวนมาก เพราะแม้จะผสมติดได้เร็ว แต่โคจะต้องมีเวลาระยะนมแห้งนานมากกว่า 60 วัน (กองฝึกอบรม กรมปศุสัตว์ , 2535)

ส่วนโคนมลูกผสม เป็นโคที่เกิดจากการผสมระหว่างโคยุโรปกับโคอินเดีย ทำให้มีระดับสายเลือดโคยุโรปและโคอินเดียระดับต่างๆกัน ซึ่งระดับสายพันธุ์ก็จะมีผลต่อผลผลิตน้ำนม โดยโคที่มีระดับสายเลือดโคยุโรปจะให้ปริมาณน้ำนมสูงกว่าโคที่มีระดับสายเลือดโคยุโรปต่ำ ดังผลการศึกษาของ พัชรินทร์ จีนกล่ำ และคณะ (2535) รายงานว่าโคนมลูกผสมในฟาร์มของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ เชียงใหม่ ที่มีระดับสายเลือดโคยุโรป (โฮลสไตน์) 50 เปอร์เซ็นต์และ 75 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย 1,853 กิโลกรัมและ 2,013 กิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งคล้ายกับรายงานของ พินิจ ลำดวนหอม และ สุขสันติ์ จันทรพลาบูรณ์ (2540) ที่รายงานว่า โคที่มีระดับสายเลือดโคยุโรป 75 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลผลิตน้ำนมเฉลี่ย 2,743.48 กิโลกรัม สูงกว่าโคที่มีระดับสายเลือดโคยุโรป 62.5 เปอร์เซ็นต์ ที่มีผลผลิตเฉลี่ย 1,896.35 กิโลกรัม

นอกจากนี้สถานภาพของโคนมแต่ละตัวมีผลต่อการผลิตน้ำนม ปรียพันธุ์ อุดมประเสริฐ (2537) คือ

ก. อายุของแม่โคนมที่เริ่มให้ผลผลิต มีผลต่อปริมาณน้ำนม โดยจะเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตหรือความพร้อมของการสร้างน้ำนม เช่น เต้านม ความจุของท้อง ฉนั้นปริมาณน้ำนมที่ได้จากโคที่มีความเจริญเติบโตมากจะมีมากกว่าโคที่มีการเจริญเติบโตน้อยกว่า

ข. ลำดับที่ของระยะการให้น้ำนม (lactation number) มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำนมที่สิ้นสุดในหนึ่งช่วงของการให้น้ำนม แม่โคนมจะให้น้ำนมเพิ่มขึ้นเรื่อย จากท้องที่ 1 จนถึงท้องที่ 4 จะอยู่ในเกณฑ์ทรงตัวในท้องที่ 5 และ 6 แล้วผลผลิตน้ำนมจะลดลงเรื่อยจนถึงท้องที่ 8

ค. ในแต่ละช่วงของลำดับของระยะการให้น้ำนม ปริมาณน้ำนมที่แม่โคให้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆหลังจากคลอดลูก นับจากวันแรกที่คลอดลูกไปจนถึงประมาณวันที่ 40 - 50 หลังจากคลอด แม่โคจะให้น้ำนมได้สูงที่สุด เราเรียกจุดนี้ว่าจุดผลผลิตน้ำนมสูงสุด (peak milk) หลังจากจุดนี้แล้ว ปริมาณน้ำนมจะลดลงช้าๆ จนถึงวันที่ 150 หลังคลอด ปริมาณน้ำนมจะลดลงในอัตราที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่ง 2 เดือนก่อนคลอด แม่โคควรจะแห้งนม (dry) เพื่อเตรียมตัวคลอด และเตรียมสภาพของเต้านมให้พร้อมสำหรับในการให้น้ำนมครั้งต่อไป

2.2 <u>การประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์</u> (Estimated breeding value) หรือที่เรียกว่า EBV จะเป็นค่าจากการทำนายคุณค่าพันธุกรรมระดับตัวโค โดยใช้วิธี Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) คุณค่าการผสมพันธุ์โคนมมีประโยชน์ในการใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกตัวโคเป็นรายตัว ในแต่ละพันธุ์ แต่การพิจารณาคัดเลือกโคนม นอกจากพิจารณาที่พันธุ์โคและตัวโคแล้วต้องพิจารณาสภาพการเลี้ยงดู และจากการจัดการฟาร์มด้วย ดังข้อเสนอแนะการใช้ค่าการผสมพันธุ์โคนมขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (2539) ที่ว่าการนำพ่อพันธุ์หรือน้ำเชื้อพ่อพันธุ์จากต่างประเทศมาใช้ผสมกับแม่โคนมในประเทศไทยนั้น โดยทั่วไปเกษตรกรส่วนใหญ่จะเลือกใช้น้ำเชื้อที่มีค่าการผสมพันธุ์สูง สมมุติว่ามีค่าการผสมพันธุ์ของปริมาณน้ำนมที่ผลผลิต 100 วัน เท่ากับ1,000 กิโลกรัม หากนำมาผสมกับแม่พันธุ์โคนมในประเทศไทย ผลที่เกิดขึ้นกับลูกสาวของพ่อพันธุ์ตัวนี้จะมีค่าแปรปรวนที่เป็นไปได้ ทั้งนี้แล้วแต่ระบบการจัดการฟาร์มของเกษตรกร ถ้าแม่พันธุ์มีคุณค่าการผสมพันธุ์เฉลี่ยเท่ากับ 500 กิโลกรัม ลูกสาวจะได้รับกรรมพันธุ์จากพ่อและแม่อย่างละครึ่งหรือเท่ากับ 1,000/2 + 500/2 = 750 กิโลกรัม แต่การจัดการดูแลลูกโคของพ่อพันธุ์ตัวนี้ จะเป็นส่วนที่มีผลต่อพันธุกรรมที่ลูกโคตัวนี้ได้รับ ว่าสามารถแสดงออกมาได้เต็มที่หรือไม่ ดังนั้นจึงเป็นข้อคิดว่าเมื่อเกษตรกรต้องการจะปรับปรุงผลผลิตน้ำนมในฟาร์ม ด้านการเลือกใช้น้ำเชื้อที่มีคุณค่าการผสมพันธุ์สูง จะต้องมีการปรับปรุงการจัดการให้ดีขึ้นด้วย ในปัจจุบันการซื้อขายน้ำเชื้อพ่อพันธุ์ จะพิจารณากันที่ค่า EBV เป็นสำคัญ ซึ่งค่า EBV นี้อาจจะเรียกแตกต่างกันไปตามประเทศ เช่น ABV หรือ Australian Breeding Values (Stewart , 1995) ถูกคำนวณโดยหน่วยงาน Australian Dairy Herd Improvement Scheme (ADHIS) และจะเป็นค่าแสดงคุณค่าการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์ประเทศออสเตรเลีย สำหรับค่าคุณค่าการผสมพันธุ์ของประเทศสหรัฐอเมริกาเรียกว่า PTA หรือ Predicted Transmitting Ability ซึ่งค่านี้จะมีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของค่า EBV (Holstein Association , 1997) ส่วนประเทศไทยได้ดำเนินการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ครั้งแรกในประเทศไทยโดย Dr. Knud Vinther ในปีค.ศ. 1974 โดยได้ทำการประเมิน

ผลการผสมพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์โคนมของ อ.ส.ค. และได้พัฒนามาสู่การหาคุณค่าการผสมพันธุ์ของ อ.ส.ค.ต่อมาปี พ.ศ.2539 , 2540 และ2541 (องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย , 2541) โดยวิธีคำนวณคุณค่าการผสมพันธุ์ด้วยวิธี BLUP โดยวิเคราะห์ข้อมูลแบบหุ่น Animal model และประมาณค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML)

2.3 <u>การประมาณองค์ประกอบความแปรปรวน</u> (Variance component estimates) ในการประยุกต์หลักการทางคณิตศาสตร์ไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลของประชากรของสิ่งมีชีวิต ค่าคาดคะเนทางคณิตศาสตร์นับได้ว่าเป็นค่าที่มีบทบาทที่สำคัญมากค่าหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวิเคราะห์จำแนกสัดส่วนของความแปรปรวน การคำนวณหาค่าประมาณหรือค่าทำนาย ตลอดไปจนถึงการวิเคราะห์ทางด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องการทราบค่าปัจจัยสุ่มของพันธุกรรม ซึ่งอาจจะรวมอยู่ในแบบหุ่น ในการทำนายพันธุกรรม (Genetic prediction model) โดยที่ Misztal (1990) กล่าวว่า ความถูกต้องของการประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนจะขึ้นกับข้อมูลและแบบหุ่น

การใช้ประโยชน์ของค่าคาดคะเนทางคณิตศาสตร์ มีดังนี้

1. ค่าคาดคะเนทางคณิตศาสตร์สามารถที่จะใช้ในการกำหนดค่าสังเกตที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับค่าความแปรปรวนและค่าความแปรปรวนร่วม

2. ค่าคาดคะเนทางคณิตศาสตร์ สามารถนำไปใช้ในการคำนวณ หรือพิสูจน์ค่าการประมาณแบบไร้อคติของดัชนี หรือค่าทางพันธุกรรมต่างๆ ซึ่งเป็นคุณสมบัติของประชากร

3. การจำแนกสัดส่วนขององค์ประกอบความแปรปรวนตามแหล่งที่เกิดของความแปรปรวนนับว่ามีบทบาทที่สำคัญยิ่งต่อการเปรียบเทียบความแปรปรวน เพื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้การกระจายแบบ F-distribution บทบาทนี้จะยิ่งทวีความสำคัญมากขึ้น หากเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนในประชากรของสัตว์ ทั้งนี้เนื่องจากการจำแนกสัดส่วนของความแปรปรวนนี้ จะนำมาซึ่งการประมาณค่าตัวการต่างๆที่จำเป็นต่อการวางแผนการผสมพันธุ์ และการคัดเลือกพันธุ์ เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ (สมชัย จันทร์สว่าง , 2525)

การวิเคราะห์เชิงสถิติ อาจจะแยกเป็นตามจุดประสงค์ได้ 2 แบบ คือ

ก.เพื่อทดสอบสมมุติฐาน ใช้ในการตัดสินใจ

ข.เพื่อประมาณค่าจากตัวอย่างเพื่อใช้เป็นตัวแทนค่าดัชนีที่เป็นคุณสมบัติของการกระจายหรือของประชากร

2.4 วิธีการประมาณเชิงสถิติ (Method of estimation) เป็นวิธีการที่นิยมและมีการประยุกต์ใช้กันอย่างกว้างขวางกับข้อมูลประชากรของสิ่งที่มีชีวิต มีอยู่ 2 วิธี คือ

2.4.1 วิธีความคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยที่สุด (Least Squares) โดยวิธีการทางสถิติ การประมาณทางวิธีนี้เป็นการคำนวณหาค่าตัวประมาณ (estimator) จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งสามารถกระทำได้โดยอาศัยหลักการของคัลคูลัส (calculus) โดยวิธีการหาอนุพันธ์ของฟังค์ชั่น (derivative) เทียบกับพารามิเตอร์ให้เท่ากับศูนย์ แล้วทำการแก้สมการหาค่าตัวประมาณ

ลักษณะภายนอกที่ปรากฏซึ่งในการปรับปรุงพันธุ์จะมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางพันธุกรรม ดังนั้นการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่ใช้วิธีนี้และจำแนกตามลักษณะของข้อมูลว่าเป็นวิธี (Analysis of variance หรือ ANOVA)

2.4.2 วิธีน่าจะเป็นสูงที่สุด (Maximum likelihood หรือ ML) เป็นวิธีทางสถิติประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยความน่าจะเป็นมากที่สุด มีหลักการดังนี้
การกระจายซึ่งมีเด็นซิตี้ฟังค์ชั่นของความน่าจะเป็น (probability density function) เป็น $f(x;\theta)$ โดยที่ $\theta \in S$ เมื่อ θ เป็นพารามิเตอร์ของการกระจาย ดังนั้นเด็นซิตี้ฟังค์ชั่นของความน่าจะเป็นร่วม (joint probability density function) ของค่าสังเกตจากการสุ่มเหล่านั้นจะเป็น

$$f(x_1;\theta) \cdot f(x_2;\theta) \ldots f(x_n;\theta)$$

ฟังค์ชั่นร่วมนี้อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าเป็นฟังค์ชั่นของพารามิเตอร์ θ และมีชื่อเรียกเฉพาะว่า ฟังค์ชั่นน่าจะเป็น (Likelihood function) ของปัจจัยสุ่มซึ่งใช้สัญญลักษณ์แทนด้วย L ดังนั้น

$$L(\theta; x_1, x_2, \ldots, x_n) = f(x_1; \theta) \cdot f(x_2; \theta) \ldots f(x_n; \theta) \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

เมื่อ θ เป็นพารามิเตอร์ของการกระจาย

การประมาณวิธีน่าจะเป็นสูงที่สุด โดยใช้วิธี Simplex method จะเป็นการหาค่าตัวแปรซึ่งได้จากการหาค่าน่าจะเป็นสูงสุด โดยข้อมูลจะถูกสมมติว่ามีการกระจายแบบปกติพหุคูณ (multivariate normal distribution) การใช้วิธีน่าจะเป็นสูงที่สุด สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์เป็นวิธีทางสถิติที่ยืดหยุ่นในการประมาณค่า เพราะต้องการลดปัญหาของความลำเอียงจากการคัดเลือก โดยใช้ความสัมพันธ์ของสัตว์ทุกตัวที่อยู่ในกลุ่มประชากรที่ทำการศึกษา (Meyer , 1991)

นอกจากนี้วิธีน่าจะเป็นสูงที่สุดยังสามารถวิเคราะห์หาความแปรปรวนร่วมระหว่างพ่อแม่กับลูก และความแปรปรวนร่วมระหว่างลูกที่เกิดจากพ่อแม่เดียวกัน ซึ่งถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการประเมินหาความแปรปรวนของยีนแบบบวกสะสม (additive genetic variance) หรือหาค่าอัตราพันธุกรรม (Meyer , 1991)

การคำนวณหาองค์ประกอบความแปรปรวนจากวิธีน่าจะเป็นสูงที่สุด จะเกิดอคติเนื่องจากเหตุผล 2 ประการคือ

1. การกระจายของข้อมูล โดยปกติจะเป็นแบบปกติพหุคูณ ที่ใช้ในการคำนวณ และค่าองค์ประกอบความแปรปรวนไม่สามารถมีค่าน้อยกว่าศูนย์ได้

2. วิธีน่าจะเป็นสูงที่สุด จะเกิดความลำเอียงถ้ามีปัจจัยคงที่อยู่ในแบบหุ่นของการวิเคราะห์ เพราะกำหนดว่ารู้อิทธิพลของปัจจัยคงที่ และไม่คำนึงถึงชั้นของความอิสระที่จะต้องเสียไป เนื่องจากการประมาณอิทธิพลของปัจจัยคงที่ จะทำให้ค่าความแปรปรวนที่ประมาณได้น้อยกว่าความเป็นจริง (Kennedy , 1989 ; Meyer , 1991) การลำเอียงนี้สามารถแก้ไขได้ถ้าใช้ Restricted maximum likelihood (REML) ที่ถูกพัฒนามาจากวิธีน่าจะเป็นสูงที่สุด เนื่องจากวิธีนี้มีการปรับส่วนปัจจัยคงที่ออกไป โดยทุกค่าสังเกตจะถูกปรับข้อมูลโดยใช้ฟังค์ชั่นเชิงเส้น GLM จากนั้นค่าความคลาดเคลื่อนคงที่เท่ากับศูนย์ ทำให้ส่วนปัจจัยสุ่มที่เหลือมีค่าสูงสุด สำหรับข้อมูลที่สมดุล การประมาณโดยใช้ REML จะได้ค่าเท่ากับการวิเคราะห์โดย ANOVA แต่ถ้าเป็นข้อมูลไม่สมดุลที่มีลักษณะ one - way classification ผลวิเคราะห์ REML จะให้ค่าความแปรปรวนที่ดีกว่า

ทั้ง ML และ REML ที่ใช้ในการประเมินความแปรปรวนเพื่อ วัตถุประสงค์ที่จะนำมาใช้ในการประเมินพันธุกรรม โดยวิธี BLUP ที่มีแบบหุ่นที่เรียก Animal model (AM) ที่มีลักษณะแบบหุ่นแบบผสม

วิธีการคำนวณหาองค์ประกอบความแปรปรวนมีดังนี้

จากสมการแบบหุ่นแบบผสม (Mixed Model Equation หรือ MME) ที่ $\underset{\sim}{y} = X\underset{\sim}{\beta} + Z\underset{\sim}{u} + \underset{\sim}{e}$ โดยที่สมมติว่า $\underset{\sim}{y}$ เป็นค่าสังเกตที่มีการกระจายแบบปกติพหุคูณ ด้วยค่าเฉลี่ย $X\underset{\sim}{\beta}$ และมีความแปรปรวน (V) เมื่อนั้นค่า log ของฟังค์ชั่นความน่าจะเป็น (L) จะมีค่าสูงที่สุด เมื่อ

$$\log (L) = -0.5 \left[\text{const} + \log \left| V \right| + \log \left| X'V^{-1}X \right| + (\underset{\sim}{y} + X\underset{\sim}{\beta})'V^{-1} (\underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\beta}) \right] \quad ...(2)$$

โดยที่ const = ค่าคงที่ที่ไม่มีผลต่อความแปรปรวน เพื่อทำให้สมการมีค่าสูงสุด

V = ความแปรปรวนของค่าสังเกต = $ZGZ' + R$ = (Var $\underset{\sim}{y}$)

$X'V^{-1}X$ = เมตริกซ์สัมประสิทธิ์ (coefficient matrix) ของแบบหุ่นแบบผสม

$(\underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\beta})' V^{-1} (\underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\beta})$ = ผลบวกกำลังสองน้อยที่สุดของค่าความคลาดเคลื่อนทั่วไป (generalized residual sum of squares)

Graser และคณะ (1987) ได้เสนอวิธีการคำนวณโดยไม่ต้องหาอนุพันธุ์ของฟังค์ชั่น เพราะการคำนวณ REML จำนวนรอบ (iteration) ของการหาอนุพันธุ์ของฟังค์ชั่นจะขึ้นอยู่กับจำนวนปัจจัยและลักษณะที่ทำการศึกษาถ้ามีมากจะเป็นข้อจำกัดในการคำนวณ ซึ่งจะได้ Log ของความน่าจะเป็นสามารถแสดงในรูปของฟังค์ชั่นของ covariance matrix ของปัจจัยสุ่มในแบบหุ่นของวิเคราะห์ดังนี้

$$-2 \log L = \text{const} + \log |R| + \log |G| + \log |C| + \underset{\sim}{y}'P\underset{\sim}{y} \quad \text{.....(3)}$$

โดยที่ $R = I\sigma_e^2$

$G = A\sigma_a^2$

C = เมตริกซ์สัมประสิทธิ์ที่มีลักษณะเป็น full rank ของแบบหุ่นแบบผสม เท่ากับ full rank coefficient matrix

$\underset{\sim}{y}'P\underset{\sim}{y}$ = ผลบวกกำลังสองน้อยที่สุดของค่าความคลาดเคลื่อนทั่วไป (generalized residual Sum of squares)

$P = V^{-1} - V^{-1}X (X'V^{-1}X)^{-} X'V^{-1}$

โดยที่ $\log |C|$ และ $\underset{\sim}{y}'P\underset{\sim}{y}$ ในสมการ log ของความน่าจะเป็นที่ไม่ต้องหาอนุพันธ์ของฟังค์ชั่นสามารถหาค่าโดยใช้วิธี Gaussian elimination ดังนั้นการคำนวณหา log L จึงเหลือค่า $\log |R|$ และ $\log |G|$ ที่ต้องประมาณ

จากหลักการนี้จึงเรียก วิธีการหาค่าความแปรปรวนว่าเป็นวิธี Derivative Free Restricted Maximum Likelihood (DFREML) โดยการแทนค่า R และ G คือค่า σ_e^2 และ σ_a^2 ในสมการที่ (3) จะเป็นวิธีหาค่า σ_e^2 และ σ_a^2 ที่ทำให้ log ของความน่าจะเป็นมีค่าสูงที่สุด

2.5 <u>วิธีต่างๆในการประเมินคุณค่าพันธุกรรม</u> ถ้าแยกวิธีประเมินพันธุกรรมตามรายละเอียดของสมมติฐาน พบว่าวิธิใดก็ตามที่ง่ายต่อการคิดและมีสมมติฐานมาก จะมีความถูกต้องน้อยกว่า

วิธีที่ยากต่อการคิด ทั้งนี้เพราะวิธีที่ง่ายนั้น มักจะตั้งสมมติเอาไว้ก่อนว่า ทราบค่าที่จำเป็นต้องใช้ในสูตรมาก่อนอาทิทราบค่า ค่าเฉลี่ย (mean) และ ความแปรปรวน (variance) เป็นต้น ส่วนวิธีที่ยากนั้นมักจะไม่มีสมมติฐานใดๆมาก่อน ดังนั้น Henderson (1984) ได้กล่าวว่าวิธีการประเมินคุณค่าพันธุกรรม หรือการประเมินความแปรปรวนของปัจจัยมีได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

1 Best Prediction (BP) เป็นวิธีประเมินคุณค่าพันธุกรรม ที่ตั้งสมมติฐานว่าคุณค่าพันธุกรรมเป็นค่าที่มองไม่เห็น (w) แต่จะใช้ค่าสังเกต (y) ที่เห็นเป็นสื่อ โดยอาศัยว่าทั้ง 2 ค่ามีการกระจายตัวร่วมกัน (jointly distributed) และทราบค่าเฉลี่ยของประชากรด้วย ค่าผิดพลาดทางสถิติที่วัด คือ ค่า expectation ของผลต่างระหว่างค่าทำนายกับตัวถูกทำนายมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งเรียกว่า Minimum Square Error Prediction หรือ Best Prediction

2 Best Linear Prediction (BLP) เป็นวิธีที่ทราบค่าเฉลี่ยของประชากรและทราบความแปรปรวน แต่ไม่ทราบการกระจายตัวของค่าสังเกตและตัวทำนาย ถ้าเราสมมติให้การกระจายเป็นแบบ multivariate normal ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของตัวทำนาย จะมีการสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงกับค่าสังเกต ทันทีจะได้ว่าตัวทำนายจะเท่ากับ $a'y+b$ โดยที่ a' เป็นเวกเตอร์ (vector) และ b เป็นสเกลล่าร์ (scalar) ซึ่งทำให้ค่า $E(\hat{w} - w)^2$ มีค่าน้อยที่สุด

3. Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) ซึ่งถือว่าวิธี BLUP มีข้อกำหนดน้อยกว่าทำให้การหาคุณค่าการผสมพันธุ์มีประสิทธิภาพที่สุด โดยเป็นวิธีการทำนาย (prediction) ใช้บอกเหตุการณ์ในอนาคต แต่การทำนายจะอ้างถึงการประมาณค่าที่แท้จริงของตัวแปรสุ่มที่รู้ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของประชากร ซึ่งจะทำให้ BLUP มีคุณสมบัติ ดังนี้

1. ไม่มีอคติ นั่นคือ $E(\hat{w}) = E(w)$
2. maximize ค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง $\hat{w}$ และ w
3. หากการกระจายตัวเป็นแบบ multivariate normal จะได้ $E(\hat{w}, w) = w$

BLUP ถือว่าเป็นวิธีการทางสถิติ ซึ่งถูกประมาณขึ้นมาเพื่อวิเคราะห์แบบหุ่น (Model) ด้วยการใช้แบบหุ่นแบบผสม เป็นหลักการในการคำนวณหาคุณค่าการผสมพันธุ์

2.6 การคำนวณหาคุณค่าการผสมพันธุ์โดยวิธี BLUP หลักการคิดจะใช้แบบหุ่นแบบผสมในการประมาณค่า Best Linear Unbiased Estimation (BLUE) และทำนายค่า BLUP ได้พร้อมๆกัน

ทันที โดย Henderson (1973) เป็นผู้คิดแบบหุ่นแบบผสม ใช้ในการประมาณและทำนายค่าใดๆใน ประชากรหนึ่ง หรือหลายประชากรที่มีจำนวนข้อมูลในชั้นย่อยไม่เท่ากัน (unequal subclass) และมี ข้อมูลสูญหาย เพื่อการประมาณและประเมินค่าที่ถูกต้อง โดยที่ต้องการทราบค่าที่อยู่ในเวกเตอร์ซึ่ง เป็นค่าที่ไม่สามารถวัดด้วยตาเปล่าได้ แต่จะอาศัยค่าสังเกตที่อยู่ในเวกเตอร์ของค่าสังเกต $\underset{\sim}{y}$ ที่ สามารถวัดได้มาเป็นสื่อ ถูกนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าทางพันธุกรรม เช่น ค่าอัตราพันธุกรรมและ คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะที่ศึกษา เป็นต้น

สมการโดยทั่วไปจะเป็นแบบหุ่นแบบผสม ที่ประกอบด้วยปัจจัยคงที่ (fixed effect) และ ปัจจัยสุ่ม (random effect) เพราะว่าเวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อน ($\underset{\sim}{e}$) จะเป็นปัจจัยสุ่ม ส่วนค่า เฉลี่ยของทั้งหมด (overall mean) ที่มีอยู่ในแบบหุ่นจะเป็นค่าปัจจัยคงที่ ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่า ทุกแบบหุ่นเชิงเส้นจะเป็น แบบหุ่นแบบผสม (Schaffer , 1992) ที่มีแบบหุ่นทั่วไปที่เป็น matrix notation ดังนี้

$$\underset{\sim}{y} = X\underset{\sim}{\beta} + Z\underset{\sim}{u} + \underset{\sim}{e} \quad \text{..... (4)}$$

เมื่อ $\underset{\sim}{y}$ = เป็นเวกเตอร์ของค่าสังเกต ที่มีขนาด n x 1

$\underset{\sim}{\beta}$ = เป็นเวกเตอร์ของปัจจัยคงที่ที่ไม่รู้ค่า มีขนาด p x 1

$\underset{\sim}{u}$ = เป็นเวกเตอร์ของปัจจัยสุ่มที่ไม่รู้ค่า มีขนาด q x 1

$\underset{\sim}{e}$ = เป็นเวกเตอร์ของปัจจัยความคลาดเคลื่อนที่เป็นปัจจัยสุ่มมีขนาด n x 1

X = เป็นเมตริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับปัจจัยคงที่ (incidence matrix) ที่มีความเกี่ยวข้องกับสมาชิก (elements) ของ $\underset{\sim}{\beta}$ กับ สมาชิกของ $\underset{\sim}{y}$ มีขนาด n x p

Z = เป็นเมตริกซ์ทีแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตกับปัจจัยสุ่ม ที่มีความ เกี่ยวข้องกับสมาชิกของ $\underset{\sim}{u}$ กับสมาชิกของ $\underset{\sim}{y}$ มีขนาด n x q

จากแบบหุ่นสามารถหาค่าคาดหวัง (expectation) และเมตริกซ์ของความแปรปรวน ความ แปรปรวนร่วม [variance covariance (VCV) matrix] ในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$E \begin{bmatrix} \underset{\sim}{y} \\ \underset{\sim}{u} \\ \underset{\sim}{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X\underset{\sim}{\beta} \\ \underset{\sim}{0} \\ \underset{\sim}{0} \end{bmatrix} \quad \text{..... (5)}$$

จะได้

$$\begin{bmatrix} \underset{\sim}{y} \\ \underset{\sim}{u} \\ \underset{\sim}{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & ZG & V \\ 0 & G & GZ' \\ R & 0 & R \end{bmatrix} \quad \text{..... (6)}$$

โดยที่ G และ R เป็น general square matrix ที่สมมติว่าเป็น nonsingular และ positive difinite matrix ที่รู้ค่าสมาชิกซึ่งจะได้ $\text{var}(\underset{\sim}{u}) = G = I\sigma_u^2 = IG$

$\text{var}(\underset{\sim}{e}) = R = I\sigma_e^2$

$\text{cov}(\underset{\sim}{u}, \underset{\sim}{e}) = 0$

และ $V = \text{var}(\underset{\sim}{y}) = ZGZ' + R$

ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่หาได้โดยสมการเป็น Generalized Least Squares (GLS)

$$\underset{\sim}{\beta} = (XV^{-1}X)^{-}XV^{-1}\underset{\sim}{y}$$

ซึ่งจะได้แบบหุ่นแบบผสม (MME) จะมีลักษณะ

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underset{\sim}{\beta} \\ \underset{\sim}{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix} \quad \text{..... (7)}$$

ถ้าให้ $\underset{\sim}{e}$ เป็น IID $(0, \sigma_e^2)$ และไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างสัตว์จะใช้คัดเลือกจะได้

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + G^{-1}R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underset{\sim}{\beta} \\ \underset{\sim}{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'\underset{\sim}{y} \\ Z'\underset{\sim}{y} \end{bmatrix} \quad \text{..... (8)}$$

เมื่อ R มีค่าเท่ากับ I ที่เป็น identity ของสัตว์ที่ไม่มีความสัมพันธ์กันจะได้สมการต่อไปนี้

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + \sigma_e^2/\sigma_u^2 I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underset{\sim}{\beta} \\ \underset{\sim}{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'\underset{\sim}{y} \\ Z'\underset{\sim}{y} \end{bmatrix} \quad \text{..... (9)}$$

เมื่อนั้น $\underset{\sim}{\beta}$ มีคุณศมบัติเป็น BLUE และ $\underset{\sim}{u}$ มีคุณสมบัติเป็น BLUP

ความสำคัญของแบบหุ่นแบบผสม มีดังนี้

1. ค่า $X\underset{\sim}{\beta}$ ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการ

BLUE ($X\underset{\sim}{\beta}$) = $X(X'V^{-1}X)^{-}X'V^{-1}\underset{\sim}{y}$ โดยที่ V^{-1} มีขนาดเท่ากับ n x n ในสมการแบบหุ่นแบบผสม จะมีขนาดเท่ากับจำนวนของปัจจัยคงที่และสุ่มที่เกิดในข้อมูล (ปกติจะมีขนาดน้อยกว่า n) R^{-1} และ G^{-1} ในสมการแบบหุ่นแบบผสม ก็ง่ายต่อการคำนวณมาก เพราะ R เป็นค่าปรับของ $\sigma_e^2 I$ และค่า D เป็นค่าทะแยงมุมในเมตริกซ์

2. สมการของข้อมูล ค่า $\underset{\sim}{\beta}$ และ $\underset{\sim}{u}$ จะเกิดขึ้นพร้อมกัน และเมื่อนั้นเป็น 2 สัดส่วนของ u ที่เป็นประโยชน์ใช้กับการปรับปรุงพันธุ์ โดยสามารถจัดสัดส่วนช่วงของ u

3. ค่าความแปรปรวน ที่ได้จากแบบหุ่นแบบผสมมีความเชื่อถือได้

2.7 <u>เมตริกซ์ความสัมพันธ์</u> (Relationship metrix หรือเมตริกซ์ A) ถ้าสัตว์แต่ละตัวไม่มีความสัมพันธ์กันจะใช้ค่า I แต่ถ้าสัตว์แต่ละตัวมีความสัมพันธ์กันจะใช้ A^{-1} แทน I ต่อมาเริ่มมีการนำความสัมพันธ์ของสัตว์ มาคำนวณหาเมตริกซ์ความสัมพันธ์ใช้ในการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ แต่การอินเวอร์สเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (A^{-1}) ในประชากรที่มีขนาดใหญ่ จะมีความยุ่งยากและใช้เวลานาน จนกระทั่ง Henderson (1976) ได้พัฒนาวิธีคำนวณ A^{-1} ที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบันซึ่งมีความถูกต้องและสะดวกต่อการคำนวณ ดังนี้

ถ้ากำหนดให้ $A = TDT'$ ดังนั้น $A^{-1} = (TDT')^{-1} = (T^{-1})'D^{-1}T^{-1}$

โดยที่ D^{-1} เป็นอินเวอร์สเมตริกซ์ของเมตริกซ์เส้นทะแยงมุม (diagonal matrix)

T^{-1} เป็น lower triangular matrix ที่มีค่า 1 อยู่บนแนวเส้นทะแยงมุม และค่า -0.5 อยู่ตรงแถวนอนที่ i ตัดกับแถวตั้งของพ่อและแม่ของสัตว์ที่ i ที่อยู่ในด้านล่างซ้ายของเส้นทะแยงมุม โดยที่ เมตริกซ์ D สามารถคำนวณหาค่าที่อยู่ในแนวเส้นทะแยงมุม ได้จากหลักการดังนี้

1. ถ้าทราบพ่อและแม่ของสัตว์ i จะได้

$$d_{ii} = 0.5 - 0.25 (F_s + F_d)$$

โดยที่ F_s และ F_d คือ สัมประสิทธิ์ของการผสมเลือดโค (inbreeding coefficient) ของพ่อและแม่ของสัตว์ i ตามลำดับ

2. ถ้าทราบเฉพาะพ่อหรือแม่ของสัตว์ i ตัวใดตัวหนึ่งจะได้

$$d_{ii} = 0.75 - 0.25 F_p$$

โดยที่ F_p คือ ค่าการผสมเลือดชิดของพ่อหรือแม่ก็ได้

3. ถ้าไม่ทราบทั้งพ่อและแม่ของสัตว์ i จะได้

$$d_{ii} = 1$$

นำ T^{-1} และ D^{-1} ที่ได้ไปแทนค่าใน A^{-1} แต่การอินเวอร์สเมตริกซ์ความสัมพันธ์ในประชากรที่มีขนาดใหญ่ จะมีความยุ่งยากและใช้เวลานาน Henderson (1976) ได้เสนอหลักการอย่างง่ายๆใน การคำนวณ A^{-1} โดยเริ่มจากให้เมตริกซ์ $A^{-1} = 0$ และ δ_i เป็นเวกเตอร์ของค่าในแนวเส้นทะแยงมุมของเมตริก D^{-1} ถ้าประชากรมีการผสมเลือดชิด (inbred population) การคำนวณมีหลักการดังนี้

1. ถ้าทราบทั้งพ่อ (s) และแม่ (d) ของสัตว์ (i) ให้บวกค่าคงที่ต่อไปนี้เข้าไปในอินเวอร์ส A ดังนี้

ค่าคงที่	ตำแหน่งในเมตริก
δ_i	(i , i)
$-\delta_{i/2}$	(i , s) , (s , i) , (i , d) และ (d , i)
$S_{i/4}$	(s , s) , (d , d) , (s , d) และ (d , s)

2. ถ้าทราบเฉพาะพ่อ (s) หรือแม่ (d) ตัวใดตัวหนึ่งของสัตว์ (i) ดังเช่น รู้เฉพาะพ่อ (s) ให้บวกค่าคงที่ต่อไปนี้เข้าไปในอินเวอร์ส A ดังนี้

ค่าคงที่	ตำแหน่งในเมตริก
δ_i	(i , i)
$-\delta_{i/2}$	(s , i) และ (i , s)
$\delta_{i/4}$	(s , s)

3. ถ้าไม่ทราบทั้งพ่อและแม่ของสัตว์ (i) ให้บวกδ_i เข้ากับ (i , i) เข้าไปในอินเวอร์สเมตริกซ์ A

สำหรับในกรณีที่ประชากรไม่มีการผสมเลือดชิด (noninbred population) จะมีค่า δiเป็นเวกเตอร์ของค่าในแนวเส้นทะแยงมุมของ D^{-1} ได้ 3 ค่าคือ

กรณีทราบทั้งพ่อและแม่	d_{ii}	=	2
กรณีทราบเพียงพ่อหรือแม่	d_{ii}	=	4/3
กรณีไม่ทราบทั้งพ่อและแม่	d_{ii}	=	1

ซึ่งนำมาแทนค่าหาอินเวอร์ส A ได้เหมือนกรณีประชากรมีการผสมเลือดชิด

2.8 แบบหุ่น ลักษณะของการวิเคราะห์ทางสถิติจะให้ผลลัพธ์น่าเชื่อถือหรือไม่ ก็ขึ้นอยู่กับแบบหุ่นที่ใช้แสดงลักษณะของข้อมูล โดยทั่วไปที่ใช้ศึกษาทางชีววิทยาส่วนมากจะเป็นแบบหุ่นเชิงเส้นตรง (Linear model) ที่ประกอบขึ้นด้วยปัจจัย (factors) ที่มีผลต่อค่าสังเกต (observations) หรือ (response variable) ปัจจุบันจะเรียก model ที่เป็นแบบหุ่นและวิธีการ (method) ในชื่อเดียวกัน (Schaeffer , 1992) แบบหุ่นที่ใช้ในการทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ มีหลายชนิดขึ้นกับปัจจัยสุ่ม เช่น

Sire model คือ ปัจจัยสุ่มที่เกิดเนื่องจากพ่อพันธุ์ของสัตว์ที่ทำการศึกษา

Sire-maternal grandsire model คือ ปัจจัยสุ่มที่เกิดเนื่องจากพ่อและอีกครึ่งจากแม่ของพ่อสัตว์ที่ทำการศึกษา

Animal model คือ ปัจจัยสุ่มที่เกิดเนื่องจากตัวสัตว์ที่ทำการศึกษา เป็นต้น

นอกจากนี้ลักษณะของแบบหุ่นที่ศึกษายังแบ่งได้ 2 ลักษณะตามลักษณะที่ศึกษา คือ

1. Single-trait model คือ ทำการศึกษาเพียงลักษณะเดียว

2. Multiple-trait model คือ ทำการศึกษามากกว่าหนึ่งลักษณะ (Schneeberger , 1992) การศึกษาครั้งนี้จะวิเคราะห์เพียงหนึ่งลักษณะโดยใช้ Animal model

2.8.1 Animal model มีลักษณะเป็นแบบหุ่นทางพันธุกรรมที่ใช้ในการประเมินมากกว่าที่จะเป็นวิธีการในการประเมิน การประเมินโดยใช้ Animal model จะอยู่บนพื้นฐานของตัวสัตว์และความสัมพันธ์ของตัวสัตว์กับสัตว์ตัวอื่นๆ โดยข้อมูลที่ใช้จะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับตัวสัตว์กับสัตว์ตัวอื่นๆ ข้อมูลที่ใช้จะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับตัวสัตว์เอง บรรพบุรุษของตัวสัตว์และลูกหลานของตัวสัตว์ที่มีความสัมพันธ์ ทำให้การประเมินด้วย Animal model มีความถูกต้องและแม่นยำมากเพราะ ใช้ความสัมพันธ์ทั้งหมดของสัตว์ นำมาพิจารณาค่าทางพันธุกรรม และหากเป็นการเปรียบเทียบสัตว์ภายในฝูงที่มีการจัดการเหมือนกันจะมีความแม่นยำมากขึ้น (Conlin และ Steuernagel , 1997)

2.9 สถิตินอนพาราเมตริก (Nonparametric) หมายถึง วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานการวิจัยโดยที่มีข้อตกลงเบื้องต้นแตกต่างไปจากสถิติพาราเมตริก กล่าวคือได้แก่ (1) การวัดผลของข้อมูลไม่จำเป็นต้องอยู่ในระดับช่วงคะแนนอาจเป็นเพียงระดับที่สามารถจัดลำดับที่ได้ (rank or order) หรืออาจวัดได้เพียงระดับนามบัญญัติ (nominal scale) ก็พอ (2) การกระจายของข้อมูลไม่จำเป็นต้องมีการกระจายเป็นโค้งปกติ (3) ค่าความแปรปรวนของกลุ่มประชากรไม่จำเป็นต้องเท่ากัน หรือไม่มีทางทราบได้ว่าเท่ากันหรือไม่ ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \sigma^2$) ในกรณีที่ข้อ

ตกลงเบื้องต้นข้อใดข้อหนึ่งในสามข้อนี้จะทำให้เราสามารถเลือกใช้สถิตินอนพาราเมตริกเพื่อใช้ในการทดสอบสมมุติฐานการวิจัยได้

เมื่อข้อมูลต่างๆมีคุณสมบัติที่สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นสามประการในการใช้สถิติแบบพาราเมตริก กรณีเช่นนี้ก็จะไม่มีผู้ใดที่จะหันไปใช้สถิตินอนพาราเมตริกทดสอบสมมุติฐานการวิจัย เพราะ การใช้สถิติพาราเมตริกมีความแม่นยำมีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้สถิติพาราเมตริก เนื่องจากเป็นระบบการทดสอบที่จัดว่าเป็นระบบที่ได้มาตรฐาน มีขั้นตอนต่างๆที่สมบูรณ์มากกว่า นอกจากนี้แล้วตารางค่าสถิติของพาราเมตริก ยังได้รับการยอมรับว่าสร้างขึ้นมาได้อย่างมีมาตรฐาน มีทฤษฎีรองรับเชื่อถือได้สูง ตารางค่าสถิติเหล่านี้ได้รับการพัฒนา จัดไว้อย่างเป็นหมวดหมู่ เป็นระเบียบ เป็นประเภทต่างๆสะดวกต่อการใช้ (อำนวย เลิศชยันตี , 2539) การศึกษาครั้งนี้วิเคราะห์ขิอมูลด้วยวิธี ครัสครัล-วอลลิส (The Kruskal - Wallis One Way Analysis of Variance)

การทดสอบแบบครัสครัล-วอลลิส มีอีกชื่อเรียกว่า การทดสอบค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยโดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบทิศทางเดียว การทดสอบแบบครัสครัล-วอลลิสนี้เป็นการทดสอบสมมติฐานการวิจัยเมื่อต้อง การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวน k กลุ่ม ที่เป็นอิสระจากกัน เมื่อ $k \geq 3$ เนื่องจากข้อมูลไม่สามารถวัดได้ในระดับช่วงคะแนน แต่ข้อมูลมีค่าสามารถนำมาจัดลำดับที่ได้ เมื่อข้อมูลจัดเป็นประเภทลำดับที่เท่านั้นไม่ถึงช่วงคะแนน การวิเคราะห์ข้อมูลแบบนี้มีประสิทธิภาพสูงถึง 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ข้อมูลแบบพาราเมตริกโดยใช้ F - test แต่วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นมีความสะดวกกว่า (จรัญ จันทลักขณา และ อนันต์ชัย เขื่อนธรรม , 2529)