บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

โคไทยพื้นเมืองเป็นสัตว์ที่เกษตรกรไทยเลี้ยงคู่กับการทำอาชีพเกษตรมาเป็นเวลาช้านาน ลักษณะโดยทั่วไปจะมีขนาดเล็ก ทนทานต่อสภาพอากาศร้อนชื้น ทนต่อโรคพยาธิและแมลงรบกวน ได้ดี หากินเก่ง ให้ลูกดก สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบคุณภาพต่ำได้เป็นอย่างดี ทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงต่ำ แต่มีจุดด้อยที่มีการเจริญเติบโตช้าเมื่อเทียบกับโคยุโรป ดังนั้นจึงควรมีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของโคพื้นเมือง โดยการคัดเลือกปรับปรุงสัตว์พื้นเมือง ให้มีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตสูงกว่าที่เป็นอยู่เดิม หรือโดยการผสมข้ามกับโคพันธุ์ยุโรปเพื่อใช้เลี้ยงเป็นการค้าในบางส่วน แต่ไม่ควรนำโคพันธุ์ยุโรปเข้ามาแทนที่แล้วปล่อยให้สัตว์พื้นเมืองสูญพันธุ์ไป ถึงแม้โคพื้นเมืองจะให้ผลผลิตต่ำแต่ก็สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของท้องถิ่นได้ดี มีความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ของเกษตรกรทั้งในด้านใช้เป็นอาหาร สัตว์ใช้งาน เป็นธนาคารออมทรัพย์ของเกษตรกรรายย่อย อีกทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรม และทรัพยากรของประเทศ นอกจากนั้น ก็ยังเป็นแหล่งของพันธุกรรมสำหรับการสร้างโคพันธุ์ใหม่ๆ ในอนาคตอีกด้วย ดังนั้น จึงไม่ควรปล่อยให้สูญพันธุ์ไปเป็นอันขาด

2.1 โคขาวลำพูน

โคขาวลำพูนเป็นโคพื้นเมืองของไทยที่นิยมเลี้ยงในแถบภาคเหนือของประเทศ มีลักษณะสีขาวทั้งตัว รวมทั้งเขา ขอบตา ปลายจมูก พู่หาง และกีบเท้าด้วย โคพันธุ์นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับโคไทยพื้นเมืองอื่นๆ คือ หน้าแบน มีหนอก เหนียงคอสั้น ใบหูเล็กและกาง ลึงค์ติดแนบกับท้อง (Figure 1) นิยมเลี้ยงกันมากโดยเฉพาะในจังหวัดลำพูนในสมัยแรกๆ ดังนั้น จึงเรียกโคพันธุ์นี้กันว่า “โคขาวลำพูน” ปัจจุบันมีเลี้ยงทั่วไปในเขตภาคเหนือตอนบน เป็นโคที่ทนต่อโรคและแมลง เลี้ยงง่ายในสภาพอาหารขาดแคลน (สุวัฒน์, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(A)

(B)

Figure 1. White Lamphun Cattle (A) Male, (B) Female
ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2552)

จากการตรวจสอบลักษณะโครโมโซมของโคขาวลำพูน ประเทศและสุวัฒน์ (2527) พบว่า โคขาวลำพูนมีลักษณะโครโมโซมเหมือนกับโคพื้นเมืองอื่นๆ และโคอินเดีย กล่าวคือ มีจำนวนโครโมโซม 2N = 60 มีโครโมโซมร่างกาย (somatic chromosome) 29 คู่ เป็นแบบ acrocentric ส่วนโครโมโซมเพศ (sex chromosome) มี X - chromosome เป็นแบบ submetacentric ส่วน Y – chromosome เป็นแบบ acrocentric ซึ่งแตกต่างจากโคยุโรปที่มี Y – chromosome เป็นแบบ metacentric แต่ถ้าดูจากลักษณะภายนอกจะเห็นว่าโคขาวลำพูนหรือโคไทยอื่นๆ แตกต่างจากโคอินเดียอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นส่วนประกอบทางพันธุกรรมโดยส่วนใหญ่ก็น่าจะแตกต่างกัน และลักษณะเด่นของโคไทยก็คือ สามารถสืบพันธุ์ได้ดีกว่าโคอินเดีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สุวัฒน์ (2544) พบว่า โคขาวลำพูนสามารถเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ได้ดีพอสมควรในสภาพการเลี้ยงดูอย่างแร้นแค้น และถูกพยาธิรบกวนค่อนข้างมาก ดังจะเห็นได้จากข้อมูลจากฝูงโคขาวลำพูนของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ในระยะเวลา 10 ปี พบว่า สมรรถนะในการสืบพันธุ์ของโคขาวลำพูนอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากเมื่อเทียบกับโคเนื้อยุโรป กล่าวคือ มีอายุเมื่อคลอดลูกตัวแรกและช่วงห่างของการให้ลูก เฉลี่ยเท่ากับ 1105 และ 435 วัน ตามลำดับ อัตราการคลอดลูกต่อปี เท่ากับ 86 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอัตราการตายของลูกโคก่อนหย่านมของโคขาวลำพูนจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติเมื่อเทียบกับโคทั่วๆ ไป เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแม่เมื่อคลอด เฉลี่ยเท่ากับ 237 กิโลกรัม ในด้านการเจริญเติบโตของโคขาวลำพูนถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดีพอสมควรในสภาพการเลี้ยงดูที่มีเพียงหญ้าธรรมชาติ โดยมีน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม และน้ำหนักเมื่ออายุ 1 ปี เฉลี่ยเท่ากับ 18, 80 และ 120 กิโลกรัม ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ซากของโคขาวลำพูนก็อยู่ในเกณฑ์ปกติสำหรับโคไทยทั่วไป คือ 53 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

Table 1. Means of some reproduction, growth and carcass traits of White Lamphun cattle

Traits	Means
First calving age	1105 day
Calving interval	435 day
Annual calving rate	86 %
Pre-weaning Mortality	10 %
Post partum weight	237 kg
Birth weight	18 kg
Weaning weight	80 kg
Yearling weight	120 kg
Dressing percentage	53 %

สุวัฒน์ (2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตของโคขาวลำพูนเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากการเจริญเติบโตเป็นลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจของโคเนื้อ จากการวิจัยของ กิตติ (2546) พบว่า โคพื้นเมืองทางภาคเหนือ มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม (200 วัน) น้ำหนักเมื่ออายุ 1 ปี อัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านม และอัตราการเจริญเติบโตหลังหย่านม เท่ากับ 18.9±3.1 กิโลกรัม, 111.9±21.7 กิโลกรัม, 168.2±31.7 กิโลกรัม, 449.9±101.4 กรัมต่อวัน และ 306.8±64.7 กรัมต่อวัน ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยลีสท์สแควร์และ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม (200 วัน) และน้ำหนักเมื่ออายุ 1 ปี อัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านม และอัตราการเจริญเติบโตหลังหย่านม เท่ากับ 17.7±0.3 กิโลกรัม, 117.7±2.8 กิโลกรัม, 182.8±7.0 กิโลกรัม 470.8±12.4 กรัมต่อวัน และ 338.5±48.4 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับ ชำนาญและสุวิช (2551) รายงานว่า โคขาวลำพูนที่เลี้ยงในฝูงของกรมปศุสัตว์ตั้งแต่ปี 2538 ถึง 2550 มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม (200 วัน) น้ำหนักเมื่ออายุ 1 ปี (400 วัน) และน้ำหนักเมื่ออายุ 600 วัน เท่ากับ 18.39±2.62, 101.93±22.25, 137.85±31.65 และ 173.49±36.90 กิโลกรัม ตามลำดับ

อนันต์และคณะ (2544) รายงานว่า โคขาวลำพูนที่เลี้ยงในสถานีบำรุงพันธุ์สัตว์พะเยาตั้งแต่ปี 2540 ถึง 2543 มีค่าเฉลี่ยลีสท์สแควร์และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม (200 วัน) และอัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านม เพศผู้เท่ากับ 18.39 ±1.24 กิโลกรัม, 127.28±4.80 กิโลกรัม และ 518.12±30.4 กรัมต่อวัน เพศเมียเท่ากับ 17.44 ±1.48 กิโลกรัม, 115.39 ±2.42 กิโลกรัม และ 471.65 ±16.2 กรัมต่อวัน รวมทั้งสองเพศเท่ากับ 18.72 ±1.36 กิโลกรัม, 121.60 ±3.61 กิโลกรัม และ 494.88 ±23.70 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับ ภูรีและปรัชญา (2545) รายงานว่า โคขาวลำพูนที่เลี้ยงในสถานีบำรุงพันธุ์สัตว์พะเยาตั้งแต่ปี 2540 ถึง 2544 มีค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม (200 วัน) และอัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านม เพศผู้เท่ากับ 18.70±0.33 กิโลกรัม, 124.26±2.45 กิโลกรัม และ 505.83±10.76 กรัมต่อวัน เพศเมียเท่ากับ 17.57 ±0.35 กิโลกรัม, 115.32 ±2.25 กิโลกรัม และ 465.69 ±9.89 กรัมต่อวัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สุวัฒน์ (2537) รายงานว่า โคขาวลำพูนฝูงของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม (205 วัน) และอัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านม เท่ากับ 18.3 ±2.2 กิโลกรัม, 69.7 ±13.7 กิโลกรัม และ 251.0 ±0.07 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่า ปัทมา (2543) รายงานว่า โคขาวลำพูนภายใต้เลี้ยงดูของเกษตรกรในจังหวัด

เชียงใหม่ มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ น้ำหนักแรกเกิดและน้ำหนักหย่านม (205 วัน) เท่ากับ 19.13±2.17 และ 105.36±21.92 กิโลกรัม ตามลำดับ (Table 2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 2. Means of growth traits of White Lamphun cattle

References	Traits	N	Means (kg)	Male	Female
กิตติ	Birth weight	438	18.9±3.1	–	–
(2546)[a]	Weaning weight (200 days)	370	111.9±21.7	–	–
	ADG Pre-weaning (g/day)	370	449.9±101.4	–	–
	Yearling weight (400 days)	65	168.2±31.7	–	–
	ADG Post weaning (g/day)	56	306.8±64.7	–	–
กิตติ	Birth weight	438	17.7±0.3	–	–
(2546)[b]	Weaning weight (200 days)	370	117.7±2.8	–	–
	ADG Pre-weaning (g/day)	370	470.8±12.4	–	–
	Yearling weight (400 days)	65	182.8±7.0	–	–
	ADG Post weaning (g/day)	56	338.5±48.4	–	–
ชำนาญและ	Birth weight	1527	18.39±2.62	–	–
สุวิช	Weaning weight (200 days)	1227	101.93±22.25	–	–
(2551)[a]	Yearling weight (400 days)	481	137.85±31.65	–	–
	Weight at 600 days	357	173.49±36.90	–	–
ปัทมา	Birth weight	71	19.13±2.17	–	–
(2543)[a]	Weaning weight (205 days)	88	105.36±21.92	–	–
ภูรีและ	Birth weight	–	–	18.70±0.33	17.57±0.35
ปรัชญา	Weaning weight (200 days)	–	–	124.26±2.45	115.32±2.25
(2545)[b]	ADG Pre-weaning (g/day)	–	–	505.83±10.76	465.69±9.89
สุวัฒน์	Birth weight	173	18.3±2.2	–	–
(2537)[a]	Weaning weight (205 days)	168	69.7±13.7	–	–
	ADG Pre-weaning (g/day)	168	251.0±0.07	–	–
อนันต์และ	Birth weight	185	18.72±1.36	18.39±1.24	17.44±1.48
คณะ	Weaning weight (200 days)	185	121.33±3.61	127.28±4.80	115.39±2.42
(2544)[b]	ADG Pre weaning (g/day)	185	494.88±23.70	518.12±30.40	471.65±16.20

a = means

b = least square means

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 ความสำคัญของสมการการเจริญเติบโต

ลักษณะการเจริญเติบโตเป็นลักษณะทางเศรษฐกิจที่สำคัญอีกลักษณะหนึ่งในสัตว์ Brody (1945) กล่าวว่า การเจริญเติบโตเป็นพื้นฐานและมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับผลผลิตด้านอื่นๆ เช่น ไข่ ขน น้ำนม รวมทั้งเนื้อสัตว์ เป็นต้น อีกทั้งสัตว์ที่มีการเจริญเติบโตดีมีอัตรา การเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่เร็ว จะเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (puberty) ได้เร็ว ทำให้สามารถให้ลูกได้เร็วขึ้น (Dickerson, 1970) ในโคเนื้อที่โตเร็วนอกจากจะขายได้เร็วและให้ลูกได้เร็วแล้ว ยังมีความสัมพันธ์กับการให้เนื้อที่มีคุณภาพดีด้วย (Brown *et al*., 1976) การเจริญเติบโตนอกจากจะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพเนื้อแล้ว ยังมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับน้ำหนักซากอีกด้วย (Nephawe *et al*., 2004) ทั้งนี้จากการศึกษาของ DeNise and Brinks (1985) พบว่า ในโคเนื้อมีสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genetic correlation) ระหว่างน้ำหนักที่ให้ลูกครั้งแรกและน้ำหนักโตเต็มที่สูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่เร็วขึ้น จะทำให้โคเนื้อให้ลูกครั้งแรกเร็วขึ้นตามไปด้วย และ Dodenhoff *et al.* (1999) รายงานค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างน้ำหนักแรกเกิดกับอายุเมื่อให้ลูกครั้งแรกมีค่าเป็นลบ จึงแสดงว่าน้ำหนักแรกเกิดมากมีผลให้อายุเมื่อคลอดครั้งแรกลดลง

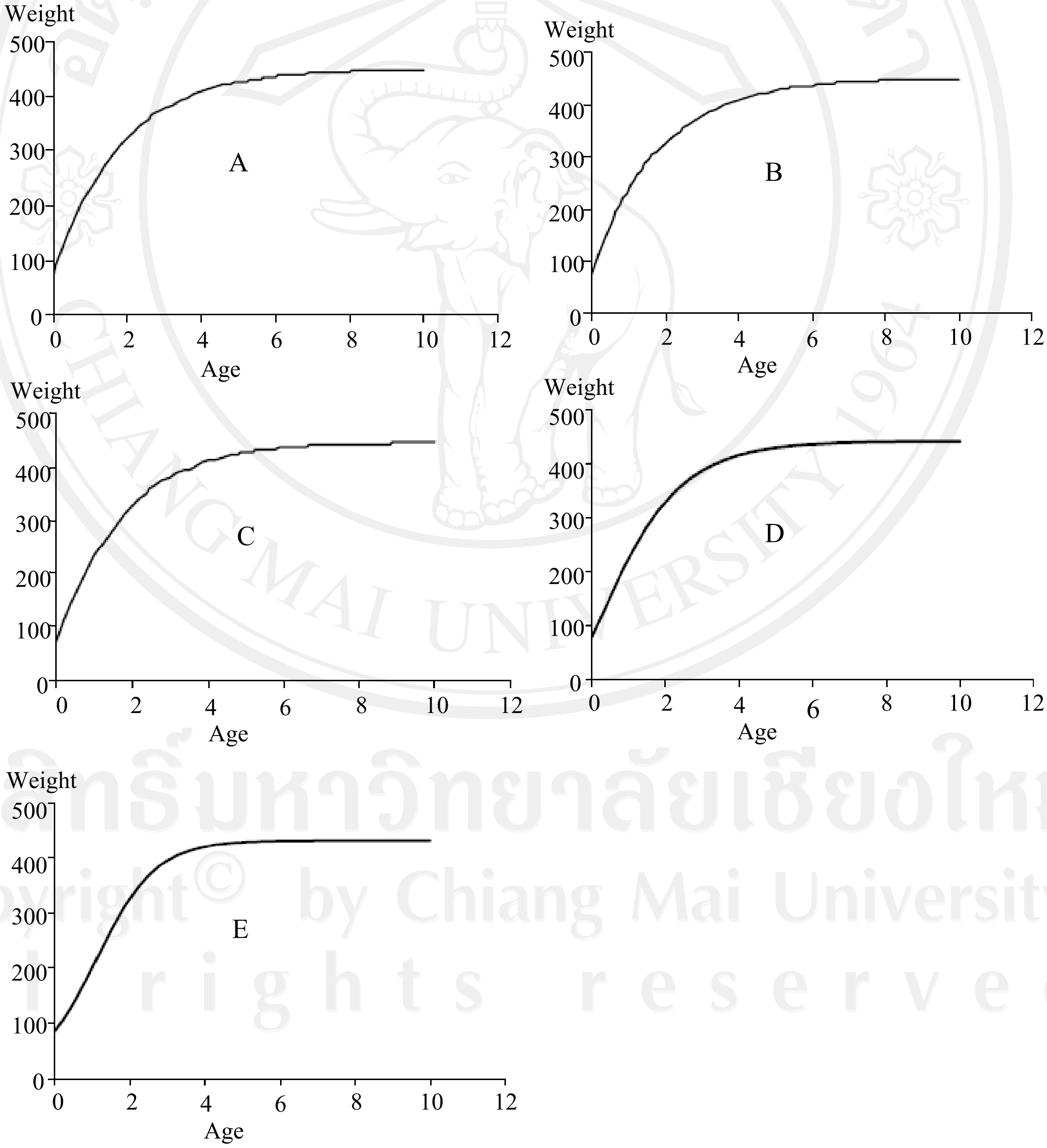
กราฟการเจริญเติบโตโดยทั่วไปมีรูปแบบเป็นเส้นโค้งแบบ Sigmoid หรือ S-shaped curve โดยอัตราการเจริญเติบโตมีการเปลี่ยนแปลงไปตามอายุที่เพิ่มขึ้น และช้าลงจนกระทั่งเข้าสู่ศูนย์เมื่อโคมีน้ำหนักโตเต็มที่ซึ่งโคเนื้อที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเร็ว จะมีแนวโน้มเข้าสู่การเป็นสาวและให้ลูกเร็วขึ้น (Koenen and Groen, 1996) การศึกษากราฟการเจริญเติบโตในโคเนื้อนับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะ ช่วยให้ทราบถึงทิศทาง การเจริญเติบโตและสามารถประมาณน้ำหนักโตเต็มที่ (mature weight) และอัตราเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่ (mature rate) จากค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้จากสมการการเจริญเติบโต (Doren *et al*., 1989) ซึ่งสามารถใช้อธิบายถึงความต้องการโภชนะสำหรับการดำรงชีพ ความต้องการพลังงาน การให้ผลผลิต และระบบสืบพันธุ์ของสัตว์ได้
ทำให้สะดวกต่อการจัดการ (Jonest *et al*., 1999)

ปัจจุบันมีการศึกษารูปแบบของ สมการ การเจริญเติบโต เพื่อใช้ในการประมาณลักษณะ การเจริญเติบโต ได้แก่ รูปแบบของ exponential function, logistic function และ curvilinear regression เป็นต้น เนื่องจากโดยทั่วไปกราฟการเจริญเติบโตมีลักษณะเป็น Sigmoid curve ดังนั้นสมการที่ใช้ในการประมาณการเจริญเติบโตจึงควรเป็นสมการที่ไม่ใช่เส้นตรง (Koenen and Groen ,1996; DeNise and Brinks, 1985) โดยมีสมการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น Brody, Bertalaffy และ Richards เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 กราฟการเจริญเติบโต

กราฟการเจริญเติบโตนับเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ทราบถึงทิศทางการเจริญเติบโต และสามารถประมาณน้ำหนักโตเต็มที่ (mature weight) และอัตราเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่ (mature rate) ธีรชาติ (2547) ทำการวิจัยเปรียบเทียบสมการการเจริญเติบโตในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนเพศเมีย โดยใช้สมการ Brody, Richards, Bertalanffy, exponential และ Logistic พบว่า ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตกราฟจะมีความชันมากและจะค่อยๆ ลดลงเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น โดยทั้ง 5 สมการให้เส้นกราฟที่มีรูปร่างใกล้เคียงกัน (Figure 2)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Figure 2. Growth curves of (A) Brody equation, (B) exponential equation, (C) Richards equation, (D) Bertalanffy equation and (E) Logistic equation

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งสอดคล้องกับเมืองนนท์และวิชัย (2550) ที่ วิจัยในโคนมไทยฟรีเซี่ยนเพศเมีย ในสถานีวิจัยทดสอบพันธุ์สัตว์ปากช่อง พบว่า สมการของ Bertalanffy เป็นสมการที่เหมาะสมที่สุดในการประมาณน้ำหนักเมื่อโตเต็มที่ เนื่องจากให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน(SE) ต่ำที่สุด และเมื่อนำมาสร้างกราฟการเจริญเติบโต จะเห็นว่า การเจริญเติบโตของโคในช่วงอายุ 0 – 2 ปี จะมีความชันสูงกว่าในระยะอื่นๆ และโคจะเข้าสู่น้ำหนักเมื่อโตเต็มที่เมื่ออายุ 6 – 7 ปี (Figure 3)

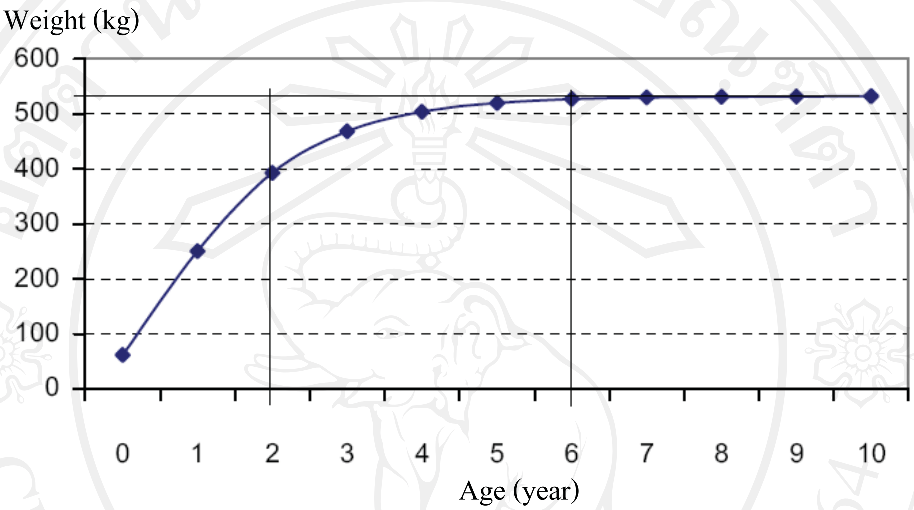
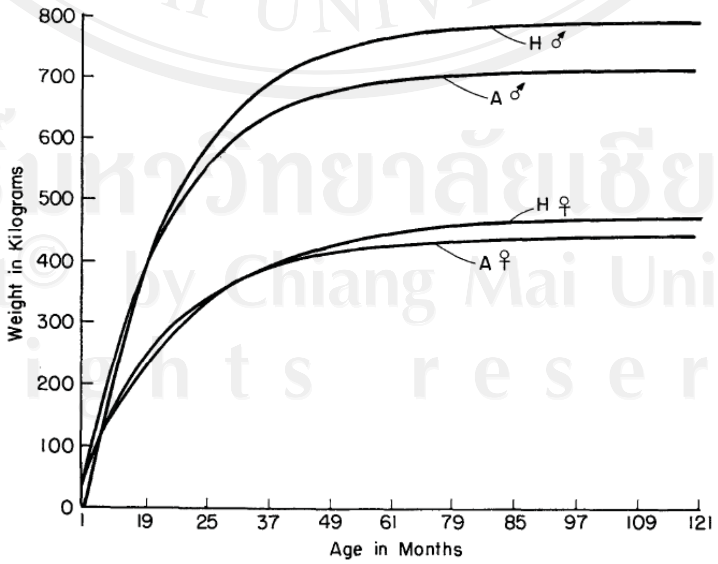


Figure 3. Growth curves of mature weight of Thai Friesian by Bertalanffy equation

กราฟการเจริญเติบโตในโคเนื้อ Brown *et al.* (1972) ทำการวิจัยในโคเนื้อพันธุ์แองกัส และเฮียฟอร์ด โดยใช้สมการBrody แบบแยกเพศ พบว่า เพศผู้จะมีน้ำหนักตัวสูงกว่าเพศเมีย(Figure 4)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Figure 4. Growth curves of Angus and Hereford males and female by Brody equation

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 รูปแบบของสมการการเจริญเติบโต

การเลือกรูปแบบสมการการเจริญเติบโตที่จะใช้ต้องคำนึงถึงลักษณะข้อมูล เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการสร้างกราฟการเจริญเติบโตจะมีการจัดเก็บ ที่ต่อเนื่องของน้ำหนักและอายุ ซึ่งมีความสัมพันธ์เป็นแบบไม่เป็นเส้นตรงแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

2.4.1 รูปแบบการถดถอยแบบพหุนาม (polynomial regression)

รูปทั่วไป ของสมการ พหุนาม คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + ... + \beta_m X^m + \varepsilon$$

เมื่อ	Y	=	ค่าสังเกตหรือตัวแปรตาม (dependent variable)
	X	=	ตัวแปรอิสระ (independent variable)
	M	=	ดีกรีของโพลิโนเมียล
	$\beta_0, \beta_1, \beta_2, ..., \beta_m$	=	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficients)
	ε	=	ความคลาดเคลื่อน

การประมาณค่าพารามิเตอร์ β_i จะใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (ordinary least square) นั่นคือหาตัวประมาณของ β ที่ทำให้ค่า error sum of squares (SSE) ของโมเดลมีค่าน้อยที่สุด มีขั้นตอนดังนี้

1. จากสมการ $y = X\beta + \varepsilon$ จะได้ว่าค่าความเคลื่อน (ε) จากโมเดล คือ

$$\varepsilon = y - X\beta$$

2. สร้าง SSE ในรูปของ quadratic form ของพารามิเตอร์ (β) ที่ต้องการประมาณค่าได้ดังนี้

$$\begin{aligned} SSE = Q(\beta) &= \varepsilon'\varepsilon \\ &= (y - X\beta)'(y - X\beta) \\ &= (y' - \beta'X')(y - X\beta) \\ &= y'y - \beta'X'y - y'X\beta + \beta'X'X\beta \end{aligned}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. จาก quadratic form หรือ SSE ที่ได้ ทำให้มีค่าต่ำสุดได้โดยหาอนุพันธ์ตาม β แล้วเทียบให้เท่ากับศูนย์ซึ่งจะได้ว่า

$$\frac{\partial}{\partial\beta}Q(\beta)=\frac{\partial}{\partial\beta}\left[y'y-\beta'X'y-y'X\beta+\beta'X'X\beta\right]$$
$$=\ 0-X'y-X'y+2X'X\beta$$
$$=\ -2X'y+2X'X\beta$$

เมื่อเทียบอนุพันธ์ให้เท่ากับ 0 จะได้ว่า

$$X'X\beta=X'y$$

และสามารถประมาณค่า β ได้จาก

$$\beta=(X'X)^{-1}X'y$$

2.4.2 รูปแบบ การถดถอย ที่ไม่เป็นเส้นตรง (nonlinear regression)

รูปแบบ การถดถอย ที่ไม่เป็นเส้นตรง เช่น รูปแบบ เอ็กซ์โปเนนเชียล การประมาณค่าพารามิเตอร์โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดนั้นทำได้ยาก ดังนั้นจึงได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคทาง numerical analysis ในการหาตัวประมาณของพารามิเตอร์

กำหนดให้ สมการไม่เป็นเชิงเส้นอยู่ในรูปของฟังก์ชัน $f(x)=0$ เช่น สมการ $\ln x^2-1=0$ เขียนให้อยู่ในรูป $f(x)=\ln x^2-1=0$ การหารากของสมการไม่เป็นเชิงเส้น คือการหาค่า x^* ที่ทำให้ $f(x^*)=0$ ซึ่งอาจแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. หาลักษณะของราก (nature of root)
   ก. จำนวนราก
   ข. หาค่ารากอย่างหยาบ โดยทั่วไปจะใช้กราฟ

2. ใช้การประมาณสืบเนื่อง หรือ กระบวนวิธีการทำซ้ำ โดยมีการกำหนดค่าเริ่มต้น x_0 มาให้ และค่า $x_1,x_2,x_3,\ldots,x_n$ เป็นค่าประมาณที่มีความแม่นสูงขึ้นเรื่อยๆ ในขณะเดียวกัน ค่า $f(x_1),f(x_2)f(x_3)\ldots.f(x_n)\neq 0$ มีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. มีการกำหนดเงื่อนไขหยุดการทำซ้ำๆ (stopping criterion)

ก. กำหนดค่าขอบเขตของฟังก์ชัน $\left|f(x_i)\right| < \delta$ เมื่อ $\delta > 0$

ข. กำหนดค่าขอบเขตค่าคลาดเคลื่อน $\left|x_{new} - x_{old}\right| < \delta$ เมื่อ $\varepsilon > 0$

ค. กำหนดค่าขอบเขตค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ $\left|\frac{x_{new} - x_{old}}{x_{new}}\right| \times 100\% < \varepsilon_s$

เมื่อ $\varepsilon_s > 0$ และเป็นเงื่อนไขในการหยุดการทำซ้ำ และจะหยุดทำซ้ำเมื่อค่าคลาดเคลื่อน

จากการทำซ้ำแต่ละครั้ง $\varepsilon_u = \left|\frac{x_{new} - x_{old}}{x_{new}}\right| \times 100\% < \varepsilon_s$

2.5 วิธีการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเส้นตรง

รูปแบบของสมการที่ไม่เป็นเส้นตรง คือ

$$Y = F(\beta_0, \beta_1, ..., \beta_r, Z_1, Z_2, ..., Z_n) + \varepsilon \quad ....(2.1)$$

หรือ

$$Y = F(\beta^*) + \varepsilon \quad ....(2.2)$$

เมื่อ Z เป็นเมตริกซ์ของตัวแปรต้น (independent variables)

β^* เป็นเวคเตอร์ของค่าพารามิเตอร์

ε เป็นเวคเตอร์ของความคลาดเคลื่อน

F เป็นฟังก์ชันของตัวแปรต้นและค่าพารามิเตอร์

จากสมการที่ (2.2) จะได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อน (ε) คือ

$$e = Y - F(\beta)$$

เมื่อ β เป็นตัวประมาณของ β^*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จะได้สมการปกติ คือ

$$X'F(\beta) = X'Y$$

เมื่อ $$X = \frac{\partial F}{\partial \beta}$$

X และF(X) เป็นฟังก์ชันของ β

วิธีการหาคำตอบของสมการจะใช้วิธีการทำซ้ำของค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น (β_0) ที่กำหนดไว้ แล้วจะหยุดการทำซ้ำเมื่อได้ค่า $\varepsilon'\varepsilon$ (error sum of squares) น้อยที่สุด ดังนี้

$$SSE(\beta_0 + k\Delta) < SSE(\beta_0)$$

วิธีการหาคำตอบของสมการจะประกอบด้วย 4 วิธีการ ดังนี้

1.วิธีการ	Steepest Descent (Gradient):	$\Delta = X'e$
2.วิธีการ	Newton:	$\Delta = G^{-1}X'e$
3. วิธีการ	Gauss-Newton	$\Delta = (X'X)^{-1}X'e$
4. วิธีการ	Marquardt	$\Delta = (X'X + \lambda \mathrm{diag}(X'X))^{-1}X'e$

ดังนั้นทั้ง 4 วิธีการจะแตกต่างกันที่วิธีการคำนวณ Δ ที่จะทำให้ค่า SSE ที่ได้มีค่าน้อยกว่า SSE เริ่มต้น จึงทำให้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากแต่ละวิธีการแตกต่างกัน

วิธีการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเส้นตรงที่นิยมใช้มี 2 วิธีการ คือ Gauss-Newton และ Marquardt โดยนริศรา (2552) ได้ทำการวิจัยในโคดอย พบว่า วิธีการทั้งสองให้ค่าพารามิเตอร์เท่ากัน และสมการที่เหมาะสมที่สุดภายใต้ทั้งสองวิธีการ คือ สมการ Richards โดยจะให้ค่า R^2 สูงที่สุดและ MSE ต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Brown *et al.* (1976) ที่วิจัยในโคพันธุ์เจอร์ซี่เพศเมีย โดยใช้วิธีการ Gauss-Newton พบว่า สมการ Richards เป็นสมการที่ฟิตกับข้อมูลมากที่สุด แต่ก็คำนวณยากเนื่องจากในสมการมีพารามิเตอร์ 4 ค่า ซึ่งตรงข้ามกับ Lopez de Torre *et al.* (1992) ที่วิจัยในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองของสเปนโดยใช้วิธีการ Gauss-Newton เพื่อเปรียบเทียบ 3 สมการ คือ Bertalanffy, Brody และ Richards พบว่า สมการ Bertalanffy เป็นสมการที่เหมาะสมที่สุด และจากการวิจัยของ Topal *et al.* (2004) ได้วิจัยในลูกแกะ 2 สายพันธุ์คือ Morkaraman และ Awassi โดยใช้วิธีการ Gauss-Newton พบว่า ในลูกแกะพันธุ์ Morkaraman สมการ Gompertz เหมาะสมที่สุด แต่ในลูกแกะพันธุ์ Awassi สมการ Bertalanffy เหมาะสมที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6 ค่าพารามิเตอร์จากสมการการเจริญเติบโต

Fitzhugh (1972) กล่าวว่า โดยทั่วไปค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากสมการการเจริญเติบโตขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งส่งผลต่อผลผลิตโดยตรง ค่าพารามิเตอร์มีความสำคัญต่อกลุ่มประชากรในการนำไปใช้ในการคัดเลือกสัตว์สำหรับลักษณะการเจริญเติบโต ค่าพารามิเตอร์ในสมการการเจริญเติบโต มีดังนี้

2.6.1 น้ำหนักโตเต็มที่ (mature weight)

น้ำหนักโตเต็มที่ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักทั้งหมดที่ได้จากสัตว์หลังจากที่สัตว์หยุดการเจริญเติบโต เมื่อสัตว์เจริญเติบโตจนถึงระยะเจริญพันธุ์ (puberty) อัตราการเจริญเติบโตจะช้าลงเป็นลำดับจนกระทั่งถึงระยะโตเต็มวัย (mature) ร่างกายจะหยุดเจริญ ไม่มีการสะสมโปรตีนเพิ่มขึ้นน้ำหนักที่เพิ่มมักเนื่องจากการสะสมไขมัน Brown *et al.* (1976) กล่าวว่า แต่ละสมการจะให้ค่าประมาณของค่าเฉลี่ยน้ำหนักโตเต็มที่ ซึ่งเห็นได้จากเส้นกราฟระหว่างน้ำหนักและอายุที่เริ่มคงที่ น้ำหนักโตเต็มที่ของสัตว์เกิดจาก การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภายในร่างกายทีละน้อยซึ่งขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมในการเลี้ยงดูและBullock *et al.* (1993) กล่าวว่า ในการประมาณค่าน้ำหนักโตเต็มที่จะต้องมีการประมาณ ที่เที่ยงตรงและแม่นยำที่สุด แต่ก็อยู่ภายใต้จำนวนข้อมูลน้ำหนักตัวของสัตว์ที่มากพอ และวิธีการที่เหมาะสมในการประมาณจุดที่สัตว์จะหยุดการเจริญเติบโต

น้ำหนักโตเต็มที่ของโคแต่ละสายพันธุ์จะมีค่าแตกต่างกันตามสมการที่ใช้ประมาณ (Table 3) ค่าอัตราพันธุกรรมและความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของน้ำหนักโตเต็มที่ในโคเนื้อที่ประมาณได้เท่ากับ 0.44 ± 0.27 โคพันธุ์ Angus อยู่ในช่วง 0.21 ± 0.21 ถึง 0.53 ± 0.25 โคพันธุ์ Hereford อยู่ในช่วง 0.34 ± 0.25 ถึง 0.92 ± 0.02 โคพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเชี่ยน 0.21 ± 0.07 (DeNise and Brinks, 1985; Brown *et al.*, 1976; Koenen and Groen, 1996; Bullock *et al.*,1993) ธีรชาติ (2547) รายงานว่าในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน มีค่าอัตราพันธุกรรม ของน้ำหนักโตเต็มที่ อยู่ในช่วง 0.13 ถึง 0.28 ซึ่งสอดคล้องกับ Kaps *et al.* (2000) ที่กล่าวว่า น้ำหนักโตเต็มที่เป็นลักษณะที่ถ่ายทอดได้สูง ดังนั้น น้ำหนักโตเต็มที่สามารถนำไปใช้ในการคัดเลือกสัตว์ได้ และ Fitzhugh (1972) กล่าวว่า น้ำหนักโตเต็มที่จะบอกถึงความสัมพันธ์ ระหว่างขนาดของร่างกายกับอายุ โดยสัตว์ที่มีอายุเพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มของน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเช่นกัน น้ำหนักโตเต็มที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะอื่นๆ เช่น ขนาดของลูก อัตราการเจริญเติบโต การให้นม ความต้องการสารอาหาร น้ำหนักซาก เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 3. Mature weight in each breed of cattle

References	Breeds	Equations	Mature weight (kg)	
			Male	Female
ธีรชาติ (2547)	Crossbred Holstein Friesian	Bertalanffy	–	440.54
เมืองนนท์และวิชัย (2550)	Thai Friesian	Bertalanffy	–	532.48 ± 1.14
Brown *et al*. (1976)	Hereford	Richards	–	505
	Jersey		–	424
Bullock *et al*. (1993)	Hereford	Quadratic	–	552.38 ± 0.92
DeNise and Brinks (1985)	Angus	Brody	–	494.5 ± 5.9
		Richards	–	474.5 ± 6.8
Doren *et al*. (1989)	Holstein Friesian	Brody	858.7 ± 6.2	–
	Jersey		615.7 ± 19.9	–
	Angus		689.2 ± 19.5	–
	Brahman		730.9 ± 22.4	–
	Hereford		699.1 ± 12.3	–
Kaps *et al*. (2000)	Angus	Brody	600.8 ± 75.3	–
Koenen and Groen (1996)	Holstein Friesian	Bertalanffy	–	667
Morrow *et al.* (1978)	Angus	Exponential	–	497

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6.2 อัตราการเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่ (mature rate)

อัตราการเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่ เป็นค่าพารามิเตอร์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตกับน้ำหนักโตเต็มที่ Brown *et al.* (1976) กล่าวว่า ค่าอัตราการเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่มีค่ามากหมายถึงสัตว์จะโตเต็มที่เร็ว แต่หากค่าอัตราการเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่มีค่าน้อยจะหมายถึงสัตว์จะโตเต็มที่ช้า พันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความชันของกราฟระหว่างน้ำหนักและอายุ รวมทั้งน้ำหนักโตเต็มที่ก็มีอิทธิพลต่อการประมาณค่าอัตราการเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่ ซึ่งสอดคล้องกับ Fitzhugh (1972) กล่าวว่า อัตราการเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเจริญเติบโตและมีความสัมพันธ์กับขนาดของร่างกาย ค่าพารามิเตอร์จะแสดงถึงค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่และมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการเจริญเติบโต ในขณะเดียวกัน Brody (1945) ใช้อัตราการเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่ เป็นพื้นฐานในการเปรียบเทียบ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาตามอายุของสัตว์แต่ละชนิดที่เพิ่มขึ้น

อัตราการเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่ (k) ที่ ประมาณ ได้ จากสมการการเจริญเติบโต จากผลการวิจัยพบว่า ค่า อัตราการเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่ จะแตกต่างกันตามสมการที่ใช้ประมาณ ธีรชาติ (2547) ทำการวิจัยในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน โดยใช้สมการ Brody, Exponential, Logistic, Bertalanffy และ Richards พบว่า อัตราการเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่ มีค่าเท่ากับ 0.55, 0.55, 1.26, 0.77 และ 0.63 ตามลำดับ และค่าอัตราพันธุกรรมและความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของอัตราการเข้าสู่ น้ำหนักโตเต็มที่ในโคเนื้อที่ประมาณได้ อยู่ในช่วง 0.39 ± 0.27 ถึง 0.24 ± 0.26 โคพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเซี่ยน 0.31 ± 0.08 (DeNise and Brinks, 1985; Koenen and Groen, 1996) ซึ่งสอดคล้องกับ ธีรชาติ (2547) รายงานว่า ในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน มีค่าอัตราพันธุกรรมและความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของอัตราการเข้าสู่น้ำหนักโตเต็มที่มีค่ากับ 0.29 ± 0.04 และพบว่า สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (r_g) และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ (r_p) ระหว่างอัตราการเข้าสู่ น้ำหนักโตเต็มที่ กับปริมาณน้ำนมที่ 305 วัน มีค่าความสัมพันธ์กันในทางบวก โดยมีค่าเท่ากับ 0.634 และ 0.063 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า โคนมที่การเข้าสู่ น้ำหนัก โตเต็มที่เร็วน่าจะมีพันธุกรรมของการให้นมที่ดีด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.7 เกณฑ์การพิจารณาเปรียบเทียบสมการการเจริญเติบโต

เนื่องจากลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างสมการการเจริญเติบโตจะมีการจัดเก็บในลักษณะต่อเนื่องของน้ำหนักและอายุ รวมทั้งมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อเลือกโมเดลที่ใช้ในการสร้างสมการการเจริญเติบโต จึงพิจารณาจาก

2.7.1 ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Mean square error; MSE)

หมายถึง ค่าความแปรปรวนของค่า Y ในการประมาณค่า Y หรือเป็นค่าเฉลี่ยของกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าสังเกต (Y_i) ที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์ ($\hat{Y}$) ที่ได้จาก เส้น กราฟการเจริญเติบโต

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i - \hat{Y}_i\right)^2}{n-2}$$

เมื่อ Y_i = จุดต่างๆ ของข้อมูลค่าสังเกต

$\hat{Y}_i$ = จุดต่างๆ ของข้อมูลค่าพยากรณ์ที่ได้จากกราฟ

n = จำนวนข้อมูลค่าสังเกต

2.7.2 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (Coefficient of Determination; R^2)

หมายถึง ค่าสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ของความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกต(Y_i) ที่เกิดขึ้นจริงที่อธิบายได้ด้วยเส้นกราฟการเจริญเติบโต

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\hat{Y}_i - \overline{Y}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i - \overline{Y}\right)^2}$$

เมื่อ Y_i = จุดต่างๆ ของข้อมูลค่าสังเกต

$\hat{Y}_i$ = จุดต่างๆ ของข้อมูลค่าพยากรณ์ที่ได้จากกราฟ

$\overline{Y}$ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต

n = จำนวนข้อมูลค่าสังเกต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กัลยา (2547) กล่าวว่า R^2 หมายถึง สัมประสิทธิ์การตัดสินใจหรือสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ใช้อธิบาย สัดส่วนที่ตัวแปร X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y ได้ โดยที่ ค่า R^2 มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ดังนั้น ถ้า R^2 มีค่าสูง แสดงว่า ค่า Y ที่ประมาณได้จากกราฟมีค่าใกล้เคียงกับค่า Y จริง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.8 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะการเจริญเติบโต

2.8.1 เพศ (sex)

โดยทั่วไปโคเนื้อมักให้ลูกเพศเมียที่มีน้ำหนักต่ำกว่าเพศผู้ สมมาตรและคณะ (2537) รายงานว่า เพศของสัตว์ไม่มีผลทำให้น้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านมและอัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านมของโคพื้นเมืองแตกต่างกัน สอดคล้องกับมนต์ชัยและคณะ (2537) ที่พบว่า โคเพศผู้และเพศเมีย มีน้ำหนักแรกเกิด 13.9 และ 13.6 กิโลกรัม ตามลำดับ เพศไม่มีผลทำให้น้ำหนักแรกเกิดของลูกโค แตกต่างต่างกัน ซึ่งตรงข้ามกับการรายงานของสุวัฒน์ (2537) ที่พบว่า เพศมีผลทำให้น้ำหนักแรกเกิด ของโคพื้นเมืองแตกต่างกัน แต่ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านมและน้ำหนักเมื่อหย่านม แตกต่างกัน

กิตติ (2546) ได้วิจัยในโคพื้นเมืองภาคเหนือ พบว่า เพศของสัตว์มีผลทำให้ น้ำหนักแรกเกิด อัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านม และน้ำหนักเมื่ออายุ ปีของลูกโคแตกต่างกันเช่นเดียวกับ อนันต์ และคณะ (2544) วิจัยในโคขาวลำพูนที่เลี้ยงในสถานีบำรุงพันธุ์สัตว์พะเยา พบว่า เพศมีผลทำให้น้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านมและอัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านมของลูกโคขาวลำพูนแตกต่างกัน ในทำนองเดียวกันกับ Abass *et al.* (1993) ที่วิจัยในโคพื้นเมืองของประเทศแคมารูน พบว่า เพศและฤดูกาลเกิด มีผลทำให้น้ำหนักแรกเกิดและน้ำหนักหย่านมของลูกโคแตกต่างกัน การที่แม่โคให้น้ำหนักแรกเกิดลูกเพศผู้สูงกว่าเพศเมียนั้น Lammoglia *et al.* (1995) กล่าวว่า อาจเป็นผลเนื่องมาจาก แม่โคที่ตั้งท้องลูกโคเพศผู้ มีปริมาณฮอร์โมนเทสโตสเตอโรนในเลือดในช่วง 20 วัน ก่อนคลอด สูงกว่าแม่โคที่ตั้งท้องลูกเพศเมีย จึงส่งผลให้น้ำหนักแรกเกิดของลูกโคแตกต่างกัน

2.8.2 ลำดับลูกที่คลอด (parity of birth)

ลำดับการคลอดของแม่โคมีผลต่อลักษณะการเจริญเติบโตของลูกโคแม่โคที่ผ่านการให้ลูกมาแล้วหลายครั้ง จะส่งผลให้แม่โคมีสมรรถภาพการให้ผลผลิตต่ำลงตามไปด้วย มนต์ชัยและคณะ (2537) พบว่า ลำดับการคลอดของแม่โค มีผลทำให้น้ำหนักแรกเกิดของลูกโคแตกต่างกัน โดยแม่โคที่คลอดลูกครั้งที่ 4 ถึง 5 จะให้ลูกโคที่มีน้ำหนักแรกเกิดสูงที่สุดคือ 14 ถึง 15 กิโลกรัม และกิตติ (2546) รายงานว่า ลำดับลูกที่คลอดมีผลทำให้ น้ำหนักแรกเกิด อัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านม น้ำหนักหย่านม และอัตราการเจริญเติบโตหลังหย่านมของลูกโคแตกต่างกัน และในทำนองเดียวกับ Koenen and Groen (1996) ที่รายงานว่า ลูกโคที่เกิดเมื่อลำดับการคลอดแรกของแม่โคจะมีน้ำหนักแรกเกิดต่ำกว่าลูกโคที่เกิด เมื่อลำดับการคลอดที่ 3 ของแม่โค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.8.3 ฤดูกาลและปีเกิด (season and year of birth)

อิทธิพลของฤดูกาลและปีเกิดนับว่ามีบทบาทสำคัญต่อลักษณะการเจริญเติบโตของลูกโคมาก เพราะว่าช่วงฤดูกาลเกิดมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับสภาพดินฟ้าอากาศและความสมบูรณ์ของพืชอาหารสัตว์ โดยทั่วไปในช่วงฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม พืชอาหารสัตว์จะเจริญเติบโตได้ดีมีโภชนะสูงและมีปริมาณเพียงพอกับความต้องการของโคทำให้แม่โคผลิตน้ำนมได้มากพอแก่ความต้องการของลูกโคและลูกโคก็ได้กินพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพดี (ปรารถนา, 2525)

จรูญและกิตติ (2543) พบว่า น้ำหนักแรกเกิดและน้ำหนักหย่านมของลูกโคจะมีความแตกต่างกันสำหรับลูกโคที่เกิดในช่วงปีและฤดูกาลที่ต่างกัน สุวัฒน์ (2533) รายงานว่า ปฏิกิริยาร่วมระหว่างปีกับฤดูเกิด มีความสำคัญต่อลักษณะน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม และน้ำหนักเมื่ออายุ 1 ปี และกิตติ (2546) รายงานว่า ฤดูกาลและปีเกิดมีผลทำให้ อัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านมและน้ำหนักเมื่ออายุ1 ปีแตกต่างกันซึ่งตรงข้ามกับการรายงานของ สมมาตรและคณะ (2537) ที่วิจัยในโคพื้นเมืองในสภาพการเลี้ยงที่ สถานีบำรุงพันธุ์สัตว์อุบลราชธานี พบว่า ฤดูกาลและปีเกิดไม่มีผลทำให้ น้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม และอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกัน และอนันต์และคณะ (2544) วิจัยในโคขาวลำพูนที่เลี้ยงในสถานีบำรุงพันธุ์สัตว์พะเยา พบว่า ฤดูกาลไม่มีผลทำให้น้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม และอัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านม ของลูกโคขาวลำพูนแตกต่างกัน แต่ปีเกิดมีผลทำให้น้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านมและอัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านมของลูกโคขาวลำพูน แตกต่างกัน

2.8.4 อายุแม่เมื่อคลอด (age of dam)

แม่โคที่มีอายุมากขึ้น ประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมจะลดลงส่งผลให้การเลี้ยงลูกด้อยประสิทธิภาพตามไปด้วย จรูญและกิตติ (2543) รายงานว่า แม่โคเนื้อพันธุ์บราห์มันให้ลูก มีน้ำหนักหย่านมสูงสุดเมื่อแม่โคมีอายุ 7 ถึง 8 ปี แต่เมื่อแม่โคอายุมากขึ้น น้ำหนักหย่านมของลูกโคจะต่ำลงไปด้วยซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Leighton *et al.* (1982) ที่พบว่า อายุของแม่โคเนื้อพันธุ์เฮียฟอร์ดที่อายุต่างกัน มีผลทำให้ น้ำหนักหย่านมของลูกโคแตกต่างกัน โดยแม่โคที่มีอายุ 5 ถึง 8 ปี จะให้น้ำหนักหย่านมลูกเฉลี่ยสูงที่สุด และกิตติ (2546) รายงานว่า ในโคพื้นเมืองภาคเหนือ อายุแม่ที่ต่างกันมีผลทำให้ น้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม น้ำหนักเมื่ออายุ 1 ปี อัตราการเจริญเติบโตก่อนและหลังหย่านมแตกต่างกัน ซึ่งตรงข้ามกับรายงานของสุวัฒน์ (2537) ที่วิจัยในโคขาวลำพูน พบว่า อายุของแม่โคไม่มีผลทำให้น้ำหนักหย่านมของลูกโคแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.9 การศึกษาเปรียบเทียบสมการการเจริญเติบโต

จากการศึกษาเปรียบเทียบสมการการเจริญเติบโต (Table 4) จะเห็นว่าปัจจุบันสมการของ Brody เป็นสมการที่มีการใช้อย่างแพร่หลายที่สุด เนื่องจากเป็นสมการที่ง่ายในการคำนวณและการอธิบาย (Kaps *et al.*, 1999) จากการวิจัยของ Beltran *et al.* (1992) ทำวิจัยในโคเนื้อพันธุ์แองกัส โดยใช้สมการ Brody และ Richards พบว่า สมการ Brody ให้ค่าประมาณที่ดี ของน้ำหนักจากอายุ 18 เดือนถึงโตเต็มที่ แต่ค่า ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (MSE) ค่อนข้างสูง ทำให้ได้ค่าประมาณน้ำหนักที่สูงเกินจริง

อย่างไรก็ตามก็มีรายงานว่าสมการ Bertalanffy เป็นสมการที่เหมาะสมเช่นกัน ธีรชาติ (2547) ทำวิจัยในโคนมลูกผสมโฮสไตน์ฟรีเชี่ยนโดยใช้สมการBrody, Richards, Bertalanffy, Asymptotic exponential, Logistic, Quadratic curvilinear และ Cubic curvilinear พบว่า สมการของ Bertalanffy ให้ค่า ความแปรปรวนของ ความคลาดเคลื่อน (MSE) ต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับเมืองนนท์และวิชัย (2550) ที่วิจัยในโคนมไทยฟรีเซี่ยนเพศเมีย ในสถานีวิจัยทดสอบพันธุ์สัตว์ปากช่องเพื่อทดสอบหาสมการที่เหมาะสมในการประมาณน้ำหนักเมื่อโตเต็มที่ ได้ผลเดียวกันนี้คือ สมการของ Bertalanffy เป็นสมการที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ต่ำที่สุด เช่นเดียวกับLopez *et al.* (1992) ที่ทำวิจัยในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองของสเปนโดยใช้สมการ Brody, Bertalaffy และ Richards พบว่า สมการ Bertalaffy เป็นสมการที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (MSE) ต่ำที่สุด ซึ่งตรงข้ามกับ Koenen and Groen (1996) ที่ได้วิจัยโดยใช้สมการ Bertalanffy และ two-phase logistic ในโคนมพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเชี่ยน พบว่า สมการ two-phase logistic ฟิตกับข้อมูลจริงเหมาะสมมากกว่าสมการ Bertalanffy

Brown *et al.* (1976) ทำการวิจัยเปรียบเทียบสมการการเจริญเติบโต 5 สมการ คือ สมการ Brody, Bertalaffy, Gompertz, Logistic และ Richards ในโคพันธุ์เฮียฟอร์ดและเจอร์ซี่เพศเมีย พบว่า สมการ Richards มีความแม่นยำในการฟิตกับข้อมูลมากที่สุด แต่คำนวณยากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ DeNise and Brinks (1985) ทำการวิจัยเปรียบเทียบสมการการเจริญเติบโตระหว่างสมการBrody และRichards ในโคเนื้อพันธุ์แองกัสเพศเมีย พบว่า สมการRichards ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) น้อยกว่า และฟิตกับข้อมูลจริงมากกว่า แต่สมการ Brody เป็นสมการที่ง่ายและสะดวก ในการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 4. Comparison growth equation in each breed of cattle

References	Breed	Sex	Equation	A	k	MSE	R^2
ธีรชาติ (2547)	Crossbred Holstein Friesian	เมีย	Brody	450.52	0.55	4164.8	0.97
			Exponential	450.52	0.55	4164.8	0.97
			Logistic	430.24	1.26	4275.4	0.97
			Bertalanffy	440.54	0.77	4170.9	0.97
			Richards	446.26	0.63	4161.2	0.97
เมืองนนท์ และวิชัย (2550)	Thai Friesian	เมีย	Brody	544.76±1.498	0.594±1.498	4406.5	0.98
			Exponential	546.47±1.319	0.590±1.319	3501.3	0.98
			Richards	545.23±1.570	0.606±1.570	3501.1	0.98
			Bertalanffy	532.48±1.139	0.835±1.139	3569.8	0.98
Beltran *et al.* (1992)	Angus	เมีย	Brody	440.5±2.2	1.81±0.03	1623	–
			Richards	459.0±4.2	1.32±0.06	1594	–
DeNise and Brinks (1985)	Angus		Brody	494.5±5.9	1.77±0.03	–	–
			Richards	474.5±6.8	2.23±0.08	–	–
Behr *et al.* (2001)	Belgian Blue	เมีย	Brody	754	0.0013	–	0.821
			Bertalanffy	517	0.0034	–	0.820
			Logistic	431	0.0073	–	0.815
			Richards	701	0.0015	–	0.821
			Gompertz	481	0.0043	–	0.819
		ผู้	Brody	1368	0.0006	–	0.862
			Bertalanffy	1254	0.0019	–	0.863
			Logistic	693	0.0066	–	0.861
			Richards	1165	0.0021	–	0.863
			Gompertz	947	0.0030	–	0.862

A = asymptotic mature weight, k = mature rate, MSE = means square error, R^2 = coefficient of determination

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 4. Comparison growth equation in each breed of cattle (ต่อ)

References	Breed	Sex	Equation	A	k	MSE	R^2
Brown *et al.* (1976)	Hereford	เมีย	Brody	508	0.049	–	–
			Bertalanffy	488	0.065	–	–
			Logistic	481	0.083	–	–
			Richards	505	0.052	–	–
			Gompertz	498	0.070	–	–
	Jersey	เมีย	Brody	454	0.044	–	–
			Bertalanffy	416	0.064	–	–
			Logistic	401	0.086	–	–
			Richards	424	0.058	–	–
			Gompertz	414	0.074	–	–

A = asymptotic mature weight, k = mature rate, MSE = means square error, R^2 = coefficient of determination

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved