

ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองภาคใต้เพศผู้

(1) ระยะเจริญเติบโต

คมสัน ทะกัน^{1/} ศุภรดา สภาพันธ์^{2/} เจ๊ะฮาหมัด ทังปากถ้ำ^{2/} จูรีรัตน์ เงินแดง^{3/}
จิระศักดิ์ ชอบแต่ง^{4/} ขบวนการ อินทร์^{2/}

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองภาคใต้ เพศผู้ ระยะเจริญเติบโต โดยใช้วิธีการศึกษาซากเชิงเปรียบเทียบ (comparative slaughtering technique) ใช้โคทดลองจำนวน 16 ตัว อายุเฉลี่ย 1.5 ปี มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 141.50 ± 14.80 กิโลกรัม สุ่มโค 4 ตัว สำหรับใช้เป็นโคกลุ่มฐานเพื่อศึกษาซากและใช้ในการสร้างแบบจำลองทางสถิติเพื่อทำนายน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารและปริมาณโปรตีนของโคทดลองที่เหลือจำนวน 12 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก มี 4 ซ้ำ สิ่งทดลอง คือ ระดับการให้อาหารผสมครบส่วน 3 ระดับ ได้แก่ 1) การให้อาหารแบบเต็มที่ (*ad libitum*, AD) 2) การให้อาหารในระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ของ AD และ 3) การให้อาหารในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของ AD ศึกษาซากโคทดลองทุกตัวเมื่อโคในกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่ที่มีน้ำหนักตัวเพิ่ม 140 กิโลกรัม ผลการทดลอง พบว่า ความต้องการโปรตีนสุทธิ และโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคเฉลี่ยวันละ 0.56 และ 1.81 กรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเมทาบอликไม่รวมเศษอาหาร (empty bodyweight, EBW^{0.75}) ตามลำดับ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (k_{pm}) และเพื่อการเจริญเติบโต (k_{pg}) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.31 และ 0.27 ตามลำดับ และสมการสำหรับใช้ประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (net protein requirement for growth) ของโคพื้นเมืองไทยภาคใต้เพศผู้ที่มีน้ำหนักตัวระหว่าง 100 – 300 กิโลกรัม เป็นดังนี้ $174.18 \times EBW^{0.04}$

คำสำคัญ: ความต้องการโปรตีน โคพื้นเมืองภาคใต้ เจริญเติบโต ดำรงชีพ เพศผู้

เลขทะเบียนวิชาการ : 65(2)-0214-042

^{1/}ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบูรณ์ อำเภอมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์

^{2/}ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สตูล อำเภอกวนกาหลง จังหวัดสตูล

^{3/}ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

^{4/}สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ อำเภอมืองปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี

Protein requirement for maintenance and growth of southern Thai indigenous bulls:

(1) A growing period

Khomsan Takan^{1/} Suparada Saphaphan^{2/} Jehhameed Thingpaktam^{2/} Jurirat Ngendang^{3/}

Jeerasak Chobtang^{4/} Kabouan Intaruk^{2/}

Abstract

A study aimed at assessing protein requirement for maintenance and growth of yearling southern Thai indigenous growing bulls using a comparative slaughtering technique. A total of 16 bulls with an average of 1.5 years old and 141.50 ± 14.80 kg of body weight were used. Four animals were randomly sampled to slaughter for use as reference animals to predict empty body weight (EBW) and protein mass of the rest animals. A randomized complete block design with 4 blocks (body weight) was used. Treatments were three levels of feed allowances; ad libitum (AD), 70% of AD, and 40% of AD. All animals were slaughtered when animals in the AD group reached 140 kg of weight gain. Results showed that net protein and metabolizable protein requirements for maintenance of animals were 0.56 and 1.18 g/kg EBW^{0.75}/d, respectively. Metabolizable protein use efficiency for maintenance and for growth of animals were 0.31 and 0.27, respectively. An equation for use to estimate net protein requirement for growth of animals weighed between 100 and 300 kg was $174.18 \times \text{EBW}^{0.04}$.

Keywords: protein requirement, southern Thai indigenous, growth, maintenance, bulls

Registered No.: ๖๕(๒)-๐๒๑๔-๐๔๒

^{1/}Phetchabun Animal Nutrition Research and Development Center, Muang, Phetchabun.

^{2/}Satun Animal Nutrition Research and Development Center, Kaunkalong, Satun.

^{3/}Phetchaburi Animal Nutrition Research and Development Center, Cha-Am, Petchaburi.

^{4/}Bureau of Animal Nutrition Development, Muang, Pathum Thani.

คำนำ

โคพื้นเมืองไทย (*Bos indicus*) เป็นโคอินเดียนที่มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยมานาน และแม้ว่าจะมีขนาดลำตัวที่เล็กและมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าโคยุโรปแต่โคพื้นเมืองไทยมีความต้านทานโรคและพยาธิและมีระบบสืบพันธุ์ที่ดี โคพื้นเมืองไทยมีลักษณะแตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่ของประเทศไทย เช่น โคขาวลำพูนพบมากในภาคเหนือ โคพื้นเมืองไทยสายอีสานซึ่งพบทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โคลานพบมากแถวภาคกลาง และโคพื้นเมืองภาคใต้พบทั่วไปในภาคใต้ การเลี้ยงโคพื้นเมืองไทยโดยใช้อาหารสัตว์ที่เหมาะสมสามารถทำให้โคมีอัตราการเจริญเติบโตได้สูงถึง 1 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน รวมถึงการมีลักษณะซากที่ดี (จิระศักดิ์ และคณะ, 2556; เศกสรรค์ และคณะ, 2549; อานุกาพ และคณะ, 2549; อธิพิล และสำราญ, 2549)

การจัดการด้านอาหารสัตว์มีบทบาทอย่างมากต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสัตว์ สัตว์ต้องได้รับโภชนาการเพียงพอและสอดคล้องกับความต้องการเพื่อแสดงออกศักยภาพทางพันธุกรรมได้อย่างเต็มที่ ความต้องการโภชนาการของสัตว์แตกต่างกันไปขึ้นกับสายพันธุ์ อายุ และน้ำหนักตัวของสัตว์ รวมถึงการจัดการและสภาพแวดล้อม ในด้านโภชนาการโปรตีนเป็นหนึ่งในโภชนาการที่มีความสำคัญ สัตว์ต้องการโปรตีนสำหรับใช้ในการดำรงชีพและเจริญเติบโต ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตของโคแตกต่างกันไปขึ้นกับสายพันธุ์ อายุ และน้ำหนักตัวของสัตว์ รวมถึงการจัดการและสภาพแวดล้อม (NRC, 2000) นอกจากนี้การจัดการอาหารที่เหมาะสมช่วยลดต้นทุนการผลิตสัตว์และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกรได้ และเพื่อให้การจัดการด้านอาหารสัตว์มีประสิทธิภาพสูงสุดจำเป็นต้องมีข้อมูลความต้องการโภชนาการต่างๆ ของโคพื้นเมืองโดยเฉพาะอย่างยิ่งความต้องการโปรตีนซึ่งเป็นโภชนาการที่สำคัญและมีราคาแพง อย่างไรก็ตาม จากรายงานของคณะกรรมการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) พบว่าปัจจุบันงานวิจัยเกี่ยวกับความต้องการโปรตีนในรูปความต้องการโปรตีนของโคพื้นเมืองภาคใต้ของประเทศไทยยังมีอยู่น้อยมาก จึงทำให้ไม่สามารถจัดการอาหารเพื่อการผลิตโคพื้นเมืองภาคใต้ได้อย่างเหมาะสม แม่นยำและเกิดประสิทธิภาพสูงสุดได้

ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองภาคใต้เพศผู้ที่อยู่ในระยะเจริญเติบโต

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ดำเนินการเลี้ยงสัตว์และศึกษาซากสัตว์ทดลองที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เทพา อำเภเทพา จังหวัดสงขลา และการวิเคราะห์ทางเคมีที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ระหว่างเดือนมีนาคม – ธันวาคม 2561

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomize Complete Block Design, RCBD) มี 4 ซ้ำ โดยใช้น้ำหนักตัวเริ่มต้นการทดลองเป็นบล็อก สิ่งทดลอง ได้แก่ ระดับการให้อาหารผสมครบส่วน (total mixed rations, TMR) ที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1) การให้อาหารสัตว์แบบเต็มที่ (*ad libitum*, AD) 2) การจำกัดการให้อาหารสัตว์ให้อยู่ในระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ของ AD (70%AD) และ 3) การจำกัดการให้อาหารสัตว์ให้อยู่ในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของ AD (40%AD) และสิ้นสุดการทดลองเมื่อโคในกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่ที่มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 140 กิโลกรัม

สัตว์ทดลองและการจัดการ

สัตว์ทดลองเป็นโคพื้นเมืองภาคใต้ของไทย เพศผู้ อายุเฉลี่ย 1.5 ปี มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 141.50 ± 14.80 กิโลกรัม จำนวน 16 ตัว (ได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์) ก่อนเริ่มต้นการทดลอง 14 วัน ทำการถ่ายพยาธิภายในและภายนอก และฉีดวิตามิน AD_3E ให้กับโคทุกตัว ซึ่งน้ำหนักสัตว์ทดลองทุก ๆ 2 สัปดาห์

แบ่งโคทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 4 ตัว โดยโคในกลุ่มเดียวกันจะมีน้ำหนักตัวใกล้เคียงกัน จากนั้นสุ่มสิ่งทดลองให้กับโคทุกตัวในแต่ละกลุ่ม กำหนดให้กลุ่มที่ 1 เป็นโคกลุ่มฐาน (base group) สำหรับใช้ในการศึกษาจากตอนเริ่มต้นการทดลองและใช้เป็นข้อมูลในการสร้างสมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) เพื่อทำนายน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (empty bodyweight, EBW) และปริมาณโปรตีนของโคที่เหลือ ส่วนโคที่เหลือจะได้รับอาหารที่ต่างกัน 3 ระดับ ตามสิ่งทดลอง บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโค (ซึ่งน้ำหนักทุก ๆ 2 สัปดาห์) ทำการศึกษาซากของโคทดลองเมื่อสิ้นสุดการทดลองเพื่อหาปริมาณการสะสมโปรตีนและประเมินความต้องการโปรตีนของโค

อาหารและการให้อาหาร

อาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้าชิกแนลเลี้ยงคุณภาพดีเป็นแหล่งอาหารหลัก โดยหญ้าชิกแนลเลี้ยงมีการจัดการแปลงตามคำแนะนำของ กรมปศุสัตว์ (2554) และมีอายุการตัดไม่เกิน 45 วัน อาหารผสมครบส่วนประกอบด้วยวัตถุดิบต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งมีสัดส่วนอาหารชั้น: อาหารหยาบเท่ากับ 50 : 50 โดยน้ำหนักแห้ง มีโปรตีน 10.69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับที่ใกล้เคียงกับคำแนะนำของคณะกรรมการมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) ว่าสามารถทำให้โคพื้นเมืองไทยมีอัตราการเจริญเติบโตได้ประมาณ 500 กรัมต่อวัน โดยให้อาหารสัตว์วันละ 2 มื้อ ในเวลา 08.30 น และ 16.00 น สุ่มตัวอย่างอาหารที่ใช้ทดลองเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

กำหนดให้โคที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่กินอาหารจนเหลือ 5-10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณอาหารที่กินในแต่ละวัน และคำนวณปริมาณอาหารให้โคที่ได้รับอาหารแบบจำกัดโดยใช้ข้อมูลปริมาณการกินอาหารของโคที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่ที่อยู่ในบล็อกเดียวกันในวันก่อนหน้า

ตารางที่ 1 สูตรอาหาร (as fed basis) และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนประกอบอาหารผสมครบส่วน	ร้อยละ
หญ้าชิกแนลเลื่อย	69.9
มันเส้น	16.3
กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	6.3
ใบกระถินแห้ง	6.0
ยูเรีย	0.45
DCP	0.45
เกลือ	0.3
Premixes ^{1/}	0.3
รวม	100
องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
วัตถุแห้ง (%)	42.00
โปรตีน (%DM)	10.69
เถ้า (%DM)	6.25
ไขมัน (%DM)	2.43
ผนังเซลล์ (%DM)	59.83
ลิกโนเซลลูโลส (%DM)	35.03
โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (%DM)	78.08

^{1/} ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของวัตถุดิบ ได้แก่ เหล็ก = 18 กรัม โคบอลต์ = 0.15 มิลลิกรัม แมงกานีส = 18 กรัม คอปเปอร์ = 1.25 กรัม สังกะสี = 20 กรัม ไอโอดีน = 0.05 กรัม ซีลีเนียม = 0.05 กรัม วิตามินเอ = 3,000,000 IU วิตามินดี₃ = 1,000,000 IU วิตามินอี = 3,000 IU อีทอคซิควิน = 25 กรัม และ ซิลิคอนไดออกไซด์ = 5 กรัม

การประเมินคุณค่าทางโภชนาและโปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสัตว์

ประเมินการย่อยได้ของโภชนาโดยใช้วิธี total collection method ในช่วง 7 วันก่อนสิ้นสุดการทดลองในแต่ละช่วงโดยเก็บข้อมูลติดต่อกัน 5 วัน บันทึกปริมาณการกินอาหารและปริมาณมูลและสุมเก็บตัวอย่างปริมาณ 1 กิโลกรัม สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี คำนวณค่าโภชนาที่ย่อยได้ทั้งหมด (total digestible nutrients, TDN) โดยใช้สมการตามคำแนะนำของ McDonald *et al.* (1995) ดังนี้ $TDN (\%) = \text{อินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้} (\%) \times \text{อินทรีย์วัตถุในอาหาร} (\%) + (1.25 \times \text{ไขมันที่ย่อยได้} (\%) \times \text{ไขมันในอาหาร} (\%))$

ประเมินปริมาณโปรตีนจุลินทรีย์ (microbial crude protein, MCP) ตามคำแนะนำของ Galyean and Tesdeschi (2014) โดยใช้ข้อมูลปริมาณโภชนาที่ย่อยได้ทั้งหมดที่สัตว์กิน (total digestible nutrient intake, TDNI) โดยใช้สมการดังนี้ $MCP (g/d) = 42.73 + 0.087 \times TDNI (g/d)$ และประเมินปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable protein intake, MPI) โดยมีสมมติฐานดังต่อไปนี้

(1) กำหนดให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถใช้โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen degradable protein, RDP) ในระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณ RDP ที่สัตว์กิน (NRC, 2001)

(2) กำหนดให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนที่สัดส่วนของโปรตีนแท้ (true protein) ในระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดและสามารถย่อยและดูดซึมได้ในอัตรา 80 เปอร์เซ็นต์ (NRC, 2001)

(3) ประเมินปริมาณโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen undegradable protein, RUP) ดังนี้ ปริมาณโปรตีนทั้งหมด (total crude protein) (g/d) = RDP (g/d) + RUP (g/d)

(4) กำหนดให้สัตว์สามารถย่อย RUP ได้ในระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณ RUP ที่สัตว์กิน (NRC, 2001)

(5) ปริมาณโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ที่สัตว์กิน (MPI) คือ ผลรวมของปริมาณโปรตีนจุลินทรีย์ที่ย่อยได้ และปริมาณ RUP ที่ย่อยได้

การศึกษาซากและการสุ่มตัวอย่าง

บันทึกน้ำหนักโคโดยก่อนซึ่งน้ำหนักจะต้องอดอาหารนาน 18 ชั่วโมงและอดน้ำนาน 12 ชั่วโมง จะได้ น้ำหนักมีชีวิตหลังอดอาหารและน้ำ (shrunk body weight, SBW, kg) ส่วนข้อมูลน้ำหนักซากไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหาร (empty body weight, EBW, kg) คำนวณโดยหักลบน้ำหนักเศษอาหารในระบบทางเดินอาหารออกจาก SBW

ศึกษาลักษณะซากและสุ่มตัวอย่างเนื้อเยื่อของโคทดลองตามวิธีการของ จีระศักดิ์ และคณะ (2556) โดยแบ่งเนื้อเยื่อออกเป็น 7 กลุ่ม ได้แก่ 1) เลือด 2) หนัง 3) เนื้อแดง 4) ไขมัน 5) กระดูก 6) อวัยวะภายในที่ไม่ใช่ระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ หัวใจ ตับ ตับอ่อน หลอดลมและปอด ไต กระบังลมถุงน้ำดี อวัยวะเพศและ 7) อวัยวะภายในที่เป็นระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ หลอดอาหาร กระเพาะรูเมน กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่และขั้วลำไส้ ตัวอย่างจากชิ้นส่วนหัว หาง เอ็นและพังผืดนำไปรวมกับตัวอย่างกระดูก บันทึกปริมาณ และสุ่มตัวอย่างชิ้นส่วนต่าง ๆ ในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักชิ้นส่วน สุ่มตัวอย่างเลือดทันทีเพื่อป้องกันการแข็งตัว สุ่มตัวอย่างหนังจากด้านท้อง ด้านข้างและด้านหลังของลำตัวเพื่อใช้เป็นตัวแทนของหนังทั้งผืน

นำตัวอย่างชิ้นส่วนมารวมกันตามกลุ่มของเนื้อเยื่อ จากนั้น นำไปสับย่อยให้มีขนาดเล็กและบดผ่านเครื่องบดที่มีรูตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 3 ครั้ง แล้วสุ่มตัวอย่างปริมาณ 1 กิโลกรัม สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างอาหารสัตว์ อาหารเหลือ มูลสัตว์และเนื้อเยื่อต่าง ๆ ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM) โดยการอบด้วยตู้อบชนิด force-air oven ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ตามวิธีที่ 930.15 (AOAC, 2016) วิเคราะห์หาโปรตีนด้วยการหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl แล้วใช้แฟกเตอร์ 6.25 ตามวิธีที่ 5983-2 (ISO, 2009) ไขมัน (ether extract, EE) โดยใช้ปิโตรเลียมอีเธอร์ตามวิธีที่ 2003.05 (AOAC, 2016) เถ้า (ash) โดยเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ตามวิธีที่ 924.05 (AOAC, 2016) วิเคราะห์ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) โดยใช้ sodium sulphite และ alpha amylase ตามวิธีที่ 5.1 ของ Undersander and Mertens (1993) ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) ด้วยวิธี 973.18 (AOAC, 2016) ประเมินคาร์โบไฮเดรตส่วนที่ไม่เป็น

โครงสร้าง (nonstructural carbohydrate, NSC) โดยการคำนวณจากสมการของ NRC (2001) ดังนี้ $NSC = 100 - (\% \text{ ผนังเซลล์} + \% \text{ โปรตีนหยาบ} + \% \text{ ไขมัน} + \% \text{ เถ้า})$ (ยกเว้นตัวอย่างเนื้อเยื่อของสัตว์)

การประเมินความต้องการโปรตีน

ประเมินความต้องการโปรตีนของโคโดยใช้วิธี comparative slaughtering technique (Lofgreen and Garrett, 1968)

ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ

ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (net protein requirement for maintenance, NP_m) ของโคประเมินโดยใช้สมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) ระหว่างอัตราการสะสมไนโตรเจนในร่างกาย (nitrogen retention, NR, g/kg EBW^{0.75}/d) และการกินไนโตรเจนของโคทดลอง (nitrogen intake, NI, g/kg EBW^{0.75}/d) โดยที่ค่า NP_m คือ ค่าจุดตัดแกนตั้งของสมการและหมายถึงปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์สูญเสียออกจากร่างกายเมื่อมีค่าอัตราการกินไนโตรเจนเท่ากับศูนย์ จากนั้น คำนวณเป็นโปรตีนโดยใช้แฟกเตอร์ 6.25 (Amorim *et al.*, 2020; Chizzotti *et al.*, 2007)

ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (metabolizable protein requirement for maintenance, MP_m) ประเมินโดยใช้สมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างอัตราการสะสมโปรตีนในร่างกาย (g/kg EBW^{0.75}/d) และการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable protein intake, MPI, g/kg EBW^{0.75}/d) โดยค่า MP_m คือ ปริมาณโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ที่สัตว์กินแล้วไม่มีการสะสมโปรตีนในร่างกาย (Almeida *et al.*, 2020) และประเมินค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เป็นโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพดังนี้ $k_{pm} = NP_m / MP_m$

ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต

ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (net protein requirement for growth, NP_g) ประเมินโดยใช้เฉพาะข้อมูลจากโคกลุ่มฐานและโคที่ได้รับอาหารแบบ AD โดยใช้สมการ allometric equation (Chizzotti *et al.*, 2007; ARC, 1980) ดังนี้ $Y = a \times EBW^b$ โดยที่ Y หมายถึง ปริมาณโปรตีน (g/kg EBW) EBW หมายถึง น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ (kg) และ a และ b เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ ดังนั้น ค่า NP_g ที่น้ำหนักตัว (EBW) ต่าง ๆ ของโค หรือ หมายถึง ปริมาณโปรตีนในร่างกายของโคที่เพิ่มขึ้นเมื่อโคมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม ซึ่งสามารถประเมินโดยใช้สมการดังนี้ $NP_g \text{ (g/kg EBW)} = a \times b \times EBW^{(b-1)}$ โดยค่า a และ b ได้จากสมการ allometric equation (Chizzotti *et al.*, 2007; ARC, 1980)

ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (metabolizable protein requirement for growth, MP_g) ประเมินโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า NP_g และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต (k_{pg}) ดังนี้ $MP_g \text{ (g/kg EBW)} = NP_g / k_{pg}$ โดยค่า k_{pg} หมายถึง ค่าความชันของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MPI_g , g/kg EBW^{0.75}/d) (โดยที่ $MPI_g \text{ (g/d)} = MPI \text{ (g/d)} - MPI_m \text{ (g/d)}$) และอัตราการสะสมไนโตรเจนในร่างกายของโค (NR, g/kg EBW^{0.75}/d) (Tedeschi *et al.*, 2002)

ผลการทดลองและวิจารณ์

แบบจำลองทางสถิติสำหรับใช้ประเมินลักษณะต่าง ๆ ของโคทดลอง

แบบจำลองทางสถิติสำหรับใช้ในการประเมินน้ำหนัก EBW และปริมาณโปรตีน (protein yield, CPY) ของโคทดลองโดยใช้ข้อมูลของโคกลุ่มฐานแสดงในตารางที่ 2 โคมีน้ำหนัก EBW เฉลี่ยเท่า 92 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวก่อนฆ่า (Shrunk bodyweight, SBW) และมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก EBW

ตารางที่ 2 โคกลุ่มฐานและแบบจำลองทางสถิติสำหรับใช้ในการประเมินลักษณะต่าง ๆ โคทดลอง

ลักษณะ	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
น้ำหนักตัวก่อนฆ่า (SBW, kg)	141.23 $\pm$ 14.95	
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW, kg)	119.80 $\pm$ 14.10	
ปริมาณโปรตีน (CPY, kg)	26.44 $\pm$ 4.08	
	สมการ	r-square
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร	EBW = 0.92 (± 0.004) $\times$ SBW	0.99
ปริมาณโปรตีน	CPY = 0.20 (± 0.005) $\times$ EBW	0.99

สมรรถนะการผลิตของสัตว์และคุณค่าทางโภชนาของอาหารสัตว์

สมรรถนะการผลิตและปริมาณการกินอาหารและโภชนาของโคแสดงในตารางที่ 3 โดยจะเห็นได้ว่าระดับการจำกัดอาหารที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณการกินอาหารและโปรตีนลดลง ($p < 0.05$) ซึ่งส่งผลต่อเนื่องทำให้โคมีอัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองลดลง ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) ในกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มทีและกลุ่มที่ให้อาหารในระดับ 70%AD มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่สูงกว่า ($p < 0.05$) โคที่ได้รับอาหารในระดับ 40%AD แสดงว่า โคกลุ่มกินเต็มที่มีเศษอาหารค้างในระบบทางเดินอาหารมากกว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหาร 70%AD และพบว่าในกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มทีมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวใกล้เคียงกับของคณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) ว่าสามารถทำให้โคพื้นเมืองไทยมีอัตราการเจริญเติบโตได้ประมาณ 500 กรัมต่อวัน แต่มากกว่ารายงานของเศกสรรค์ และคณะ (2549) ที่รายงานว่า โคพื้นเมืองไทยภาคใต้ที่เลี้ยงโดยวิธีการปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าผสมถั่วมีอัตราการเจริญเติบโต 0.384 - 0.446 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน

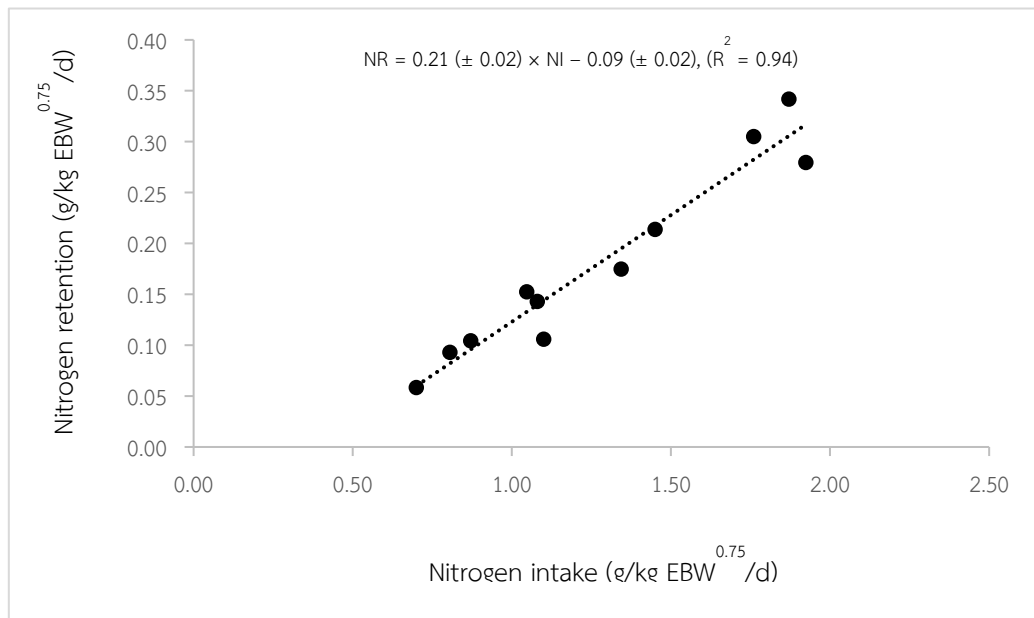
ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว (ADG, kg/d) และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG, kg/d) ของโคกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มทีเป็นแบบสมการถดถอยอย่างง่าย ดังนี้ $EBG = 0.70 (\pm 0.08) \times ADG, R^2 = 0.89$

ตารางที่ 3 สมรรถนะการผลิตและปริมาณการกินได้ของโคที่ได้รับอาหารในปริมาณแตกต่างกัน

ข้อมูล	กลุ่มทดลอง			SEM	p-value
	AD	70%AD	40%AD		
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (kg)	143.25	145.50	141.25	3.14	0.6525
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารเริ่มต้นการทดลอง (kg)	131.79	133.86	129.95	2.89	0.6525
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (kg)	282.25 ^a	256.50 ^b	215.25 ^c	6.81	0.0013
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารสิ้นสุดการทดลอง (kg)	245.30 ^a	229.55 ^a	189.65 ^b	8.44	0.0087
อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว (g/d)	536.25 ^a	425.00 ^b	282.50 ^c	21.29	0.0005
อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (g/d)	434.98 ^a	363.02 ^a	224.45 ^b	29.01	0.0059
ปริมาณการกินได้ (g/kg EBW ^{0.75} /d)					
วัตถุดิบ	103.36 ^a	66.81 ^b	44.77 ^c	3.32	<0.0001
โปรตีน	10.78 ^a	7.03 ^b	4.79 ^c	0.34	<0.0001
โปรตีนใช้ประโยชน์ได้	6.39 ^a	4.09 ^b	2.72 ^c	0.19	<0.0001

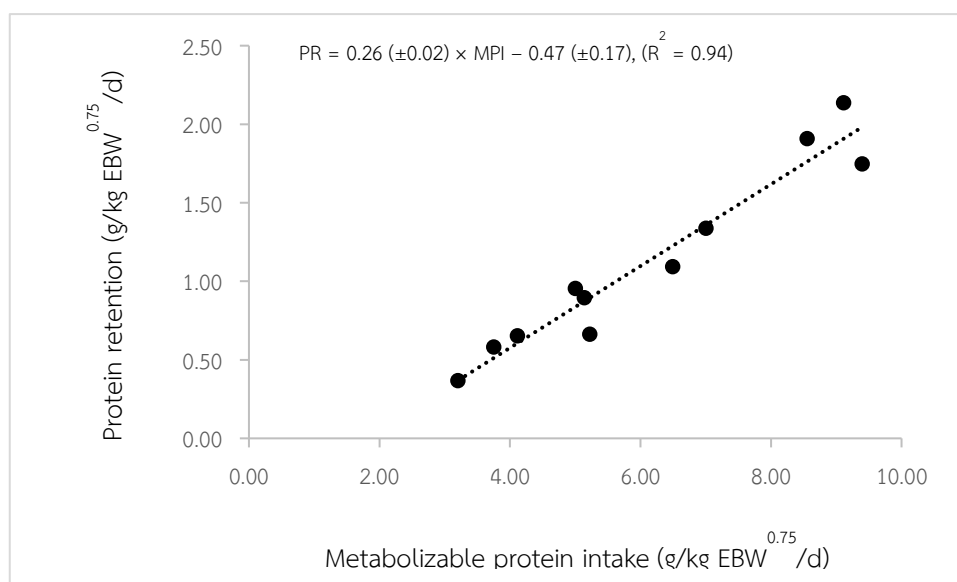
ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ

ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอัตราการสะสมไนโตรเจน (g/kg EBW^{0.75}/d) และอัตราการกินไนโตรเจน (g/kg EBW^{0.75}/d) ของโคทดลองแสดงในภาพที่ 1 โดยเป็นสมการถดถอยอย่างง่ายและมีค่าจุดตัดแกนตั้งเท่ากับ 0.09 (±0.02) ดังนั้น ความต้องโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ หรือ ค่า NP_m (net protein requirement for maintenance) ของโค ซึ่งหมายถึง ปริมาณโปรตีนที่สัตว์ต้องการสำหรับใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ต่าง ๆ และสูญเสียไปโดยที่สัตว์ไม่ได้รับโปรตีนจากอาหาร พบว่าค่า NP_m ของโคพื้นเมืองภาคใต้เพศผู้เท่ากับ 0.56 g/kg EBW^{0.75}/d หรือเท่ากับ 0.80 g/kg SBW^{0.75}/d



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอัตราการกินไนโตรเจน (Nitrogen intake, NI) และอัตราการสะสมไนโตรเจนในร่างกายของโค (Nitrogen retention, NR)

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ ($\text{g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$) และอัตราการสะสมโปรตีนในร่างกายสัตว์ ($\text{g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$) แสดงในภาพที่ 2 ซึ่งปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ที่ทำให้โคทดลองมีอัตราการสะสมไนโตรเจนในร่างกายเท่ากับศูนย์ หรือ ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (MP_m) มีค่าเท่ากับ $1.81 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$ หรือเท่ากับ $2.58 \text{ g/kg SBW}^{0.75}/\text{d}$ ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (k_{pm}) มีค่าเท่ากับ 0.31



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable protein intake, MPI) และอัตราการสะสมโปรตีนในร่างกายสัตว์ (Protein retention, PR)

โคพื้นเมืองไทยภาคใต้เพศผู้ระยะเจริญเติบโตมีความต้องการโปรตีนสุทธิ ($\text{NP}_m = 0.56 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$) และโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ ($\text{MP}_m = 1.81 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$) มีค่าใกล้เคียงกับโคพื้นเมืองไทยภาคอีสานซึ่ง จีระศักดิ์ และคณะ (2564) รายงานว่า โคพื้นเมืองไทยภาคอีสาน เพศเมีย ระยะเจริญเติบโตมีค่า NP_m และ MP_m เท่ากับ 0.69 และ $1.76 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$ ตามลำดับ และมีค่าต่ำกว่าของโคเขตร้อนของประเทศบราซิลซึ่ง Chizzotti *et al.* (2008) รายงานว่า โค Nellore เพศเมีย ระยะเจริญเติบโต มีค่า NP_m และ MP_m เท่ากับ 1.74 และ $2.60 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$ ตามลำดับ และค่า NP_m และ MP_m ของโคลูกผสม F1 Nellore × Red Angus เพศเมีย ระยะเจริญเติบโต เท่ากับ 2.53 และ $3.78 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$ ตามลำดับ (Chizzotti *et al.*, 2007)

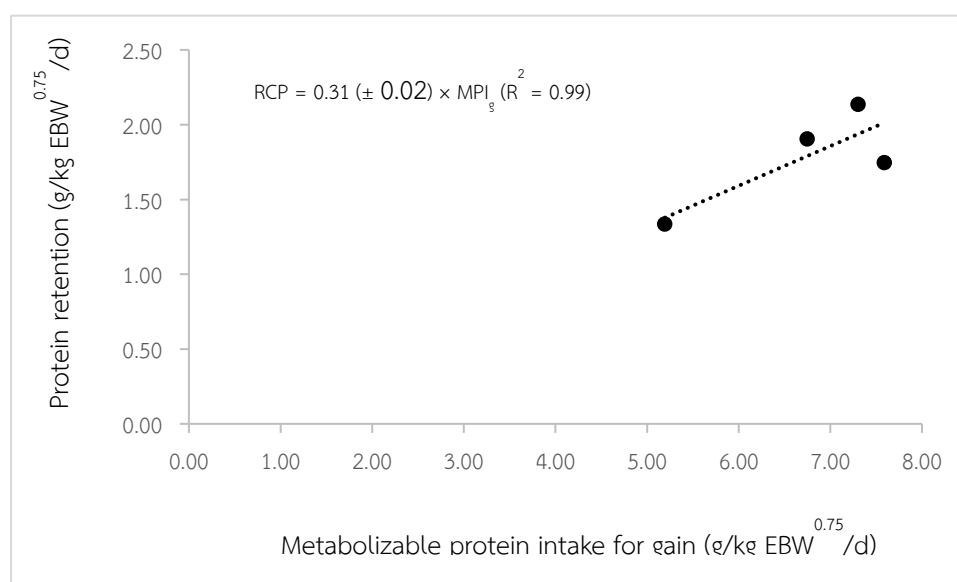
ในทำนองเดียวกัน โคพื้นเมืองภาคใต้ เพศผู้ ระยะเจริญเติบโต มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (k_{pm}) ใกล้เคียงกับโคพื้นเมืองไทยภาคอีสาน เพศเมีย ระยะเจริญเติบโตที่มีค่าเท่ากับ 0.39 (จีระศักดิ์ และคณะ, 2564) และใกล้เคียงกับค่า k_{pm} ของโคเขตร้อนของประเทศบราซิลซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.37 (Souza *et al.*, 2012) อย่างไรก็ตาม ค่า k_{pm} ของโคพื้นเมืองไทยต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่า k_{pm} ของโคเขตอบอุ่นหรือโคยุโรปซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.67 (NRC, 1985)

ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า a และ b ที่ได้จากสมการ allometric equation ระหว่าง ปริมาณโปรตีน (kg) และน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (kg) ของโคมีค่าเท่ากับ 0.167 ± 0.034 และ 1.043 ± 0.039 ตามลำดับ ดังนั้น แบบจำลองทางสถิติสำหรับการประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของโคทดลองดังนี้ $NP_g \text{ (g/kg EBW)} = 174.18 \times EBW^{0.04}$

สำหรับการประเมินความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MPI_g = ปริมาณโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมดที่โคกิน - ปริมาณโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ, MP_m) ซึ่งหมายถึง ค่าความชัน (slope) ของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต ($\text{g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$) และปริมาณการสะสมโปรตีนในร่างกายของโค ($\text{g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$) ที่จุดตัดแกนตั้งเท่ากับศูนย์ค่าความชันของสมการถดถอยดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 0.27 ± 0.02 (ภาพที่ 3) ซึ่งใกล้เคียงกับของโคพื้นเมืองไทยภาคอีสาน เพศเมีย ระยะเจริญเติบโตที่มีค่าเท่ากับ 0.32 (จิระศักดิ์ และคณะ, 2564) อย่างไรก็ตาม ค่า k_{pg} ของโคพื้นเมืองไทยค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับโคลูกผสม Holstein $\times$ Gyr เพศเมีย ระยะเจริญเติบโต ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.51 (Castro *et al.*, 2020)

NASEM (2016) รายงานว่า ปัจจัย เช่น สายพันธุ์ เพศ อายุ รูปแบบการเลี้ยง คุณภาพของอาหารและสภาพแวดล้อมอื่นๆ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้และการสะสมโปรตีนซึ่งจะทำให้โคมีความต้องการโปรตีนแตกต่างกัน สำหรับโคพื้นเมืองไทยจากการทดลองนี้แม้ว่าจะมีความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างต่ำ แต่ประสิทธิภาพในการใช้โปรตีนทั้งเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตก็ต่ำด้วยเช่นกันซึ่งน่าจะเกิดจากสมรรถนะทางพันธุกรรมทางด้านการเจริญเติบโตที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับโคเชตอปุ่น (*Bos taurus*)



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (metabolizable protein intake for gain, MPI_g) และปริมาณการสะสมโปรตีนในร่างกายของโค (Protein retention, RCP)

ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ของโคพื้นเมืองภาคใต้เพศผู้ระยะเจริญเติบโต

จากข้อมูลความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตสามารถนำมาสรุปเป็นความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สำหรับโคที่มีน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้สำหรับโคพื้นเมืองไทยภาคใต้เพศผู้ที่มีน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตในระดับต่าง ๆ

SBW (kg)	ADG (g/d)	Total MP (g/d)
100	0	51
	200	145
	400	239
	600	324
150	0	69
	200	164
	400	260
	600	324
200	0	85
	200	182
	400	278
	600	366
250	0	101
	200	198
	400	296
	600	384
300	0	116
	200	214
	400	312
	600	401

SBW หมายถึง น้ำหนักของโคหลังอดอาหารและน้ำนาน 18 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ (kg = กิโลกรัม); ADG หมายถึง อัตราการเจริญเติบโต (g/d = กรัมต่อวัน); Total MP หมายถึง ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด (ความต้องการเพื่อการดำรงชีพ + ความต้องการเพื่อการเจริญเติบโต) (g/d = กรัมต่อวัน)

โคพื้นเมืองไทยภาคใต้ เพศผู้ ที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตและมีน้ำหนักตัว 250 กิโลกรัม มีความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพเท่ากับ 101 กรัมต่อวัน ไกล่เคียงกับความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ของโคพื้นเมืองสายอีสาน เพศเมีย ระยะเจริญเติบโต ซึ่งมีค่าเท่ากับ 98 กรัมต่อวัน (จิระศักดิ์ และคณะ, 2564)

แต่ต่ำกว่าโคพันธ์ Nellore และโคลูกผสม Angus × Nellore-Simmental × Nellore ของประเทศบราซิล ซึ่งความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ 227.28 กรัมต่อวัน (Souza *et al.*, 2012)

จะเห็นว่าโคพื้นเมืองไทยภาคใต้ เพศผู้ ระยะเจริญเติบโต มีความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ต่ำกว่าโคพันธ์ Nellore และลูกผสม Angus × Nellore-Simmental × Nellore ของประเทศบราซิล ทั้งนี้เนื่องจากโคพื้นเมืองไทยมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (k_{pm}) และเพื่อการเจริญเติบโต (k_{pg}) ค่อนข้างต่ำ Gomes *et al.* (2017) รายงานว่า ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของโคพันธ์ Angus และ Nellore ที่มีน้ำหนักตัวอยู่ในช่วง 350 – 500 กิโลกรัม มีค่าอยู่ในช่วง 209 – 219 กรัมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน การประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิและโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตในส่วนนี้ส่วนใหญ่จะแสดงเป็นสมการแบบไม่เชิงเส้นตรง (non-linear regression) ซึ่งจะเอาน้ำหนักตัวของสัตว์และอัตราการเจริญเติบโตเป็นตัวแปรหลักในการประเมิน (Chizzotti *et al.* 2007; 2008)

สรุปผลการทดลอง

ความต้องการโปรตีนสุทธิและใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคพื้นเมืองภาคใต้เพศผู้ ระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 100 – 300 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ $0.80 \text{ g/kg SBW}^{0.75}/\text{d}$ และ $2.58 \text{ g/kg SBW}^{0.75}/\text{d}$ ตามลำดับ สมการสำหรับใช้ในการประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของโค ดังนี้ $NP_g (\text{g/kg EBG}) = 174.18 \times \text{EBW}^{0.04}$ มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (k_{pm}) มีค่าเท่ากับ 0.31 และมีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (k_{pg}) มีค่าเท่ากับ 0.27

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นายจักรพงษ์ ขานโบ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สุล และเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เทพา สำหรับการอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย และเจ้าหน้าที่ของสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ที่ช่วยเหลือในการจัดหาและและการศึกษาซากในครั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี ที่ช่วยวิเคราะห์ผลทางห้องปฏิบัติการ และขอบคุณคณะกรรมการวิชาการสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ที่ให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขผลงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2554. พืชนาอาหารสัตว์พันธุ์ดี. เอกสารคำแนะนำ สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ. 32 หน้า.

คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย. 2551. ความต้องการโภชนะของโคเนื้อในประเทศไทย. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 193 หน้า.

- จิระศักดิ์ ขอบแต่ง วีระพล พูนพิพัฒน์ สุมณ โปธิ์จันทร์ และ อรวิมล แก้วเกลี้ยง. 2556. ผลของระดับการให้อาหารที่มีต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและลักษณะซากของโคขาวลำพูน. ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย. น. 185-198. ใน รายงานผลงานวิจัยสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ประจำปี พ.ศ. 2556. กรมปศุสัตว์กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.
- จิระศักดิ์ ขอบแต่ง อรวิมล แก้วเกลี้ยง ชัยกระมล คำเมือง ปฎิมา บัตรชา และ สุกัญญา คำพะแย. 2564. ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยสายอีสานเพศเมียระยะเจริญเติบโต. รายงานผลงานวิจัยสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ประจำปี พ.ศ. 2564. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. เอกสารรอกการเผยแพร่.
- เศกสรรค์ สอนกุล อานุกาฬ เสี่ยงสาย และ ศุภวันจักรี พลมีศักดิ์. 2549. สมรรถภาพโคพื้นเมืองเพศผู้ภายใต้การเลี้ยงแบบปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าซีดาเรียและแปลงถั่วท่าพระสไตโลในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี. น. 236-250. ใน รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2549. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- อานุกาฬ เสี่ยงสาย ปรัชญา ปรัชญลักษณ์ วิโรจน์ วนาสิทธิชัยวัฒน์ และ สุมณ โปธิ์จันทร์. 2549. น้ำหนักเริ่มขุนที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและลักษณะซากของโคพื้นเมืองเพศผู้ในสภาพการเลี้ยงแบบขังคอก. น. 221-235. ใน รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2549. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- อิทธิพล เผ่าไพศาล และ สำราญ วิจิตรพันธ์. 2549. ผลของปริมาณโปรตีนและพลังงานที่กินต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย. น. 204-220. ใน รายงานผลการวิจัยกองอาหารสัตว์ประจำปี พ.ศ. 2549. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- Almeida, A.K., E. Kebreab, K.T. Resende, A.N. Medeiros and I.A.M.A. Teixeira. 2020. Genotype effects on energy and protein requirements in growing male goats. *Animal* 14: s323-s331.
- Amorim, T.R., A.L. Silva, M.M. Ladeira, M.L. Chizzotti, C.S. Cunha, O.R. Machado Neto, J.R.R. Carvalho, R.R.P.S. Corte, L.F. Mueller, A.S.C. Pereira and M.I. Marcondes. 2020. Nitrogen metabolism and protein requirements for maintenance of growing Red Norte bulls. *Animal* 14: 763-770.
- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis. 20th edition. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Washington D.C., USA.
- ARC. 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough.
- Castro, M.M.D., R.L. Albino, J.P.P. Rodrigues, A.L.L. Sguizzato, M.M.F. Santos, P.P. Rotta, J.S. Caton, L.E.F.D. Moraes, F.F. Silva and M.I. Marcondes. 2020. Energy and protein

- requirements of Holstein × Gyr crossbred heifers. *Animal*. doi:10.1017/S1751731120000622
- Chizzotti, M. L., L. O. Tedeschi and S. C. Valadares Filho. 2008. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore cattle. *J. Anim. Sci.* 86:1588–1597.
- Chizzotti, M. L., S. C. Valadares Filho, L. O. Tedeschi, F. H. M. Chizzotti and G. E. Carstens. 2007. Energy and protein requirements for growth and maintenance of F1 Nellore Red Angus bulls, steers, and heifers. *J. Anim. Sci.* 85:1971–1981.
- DIN 51900-2. 2003-05. Testing of solid and liquid fuels – Determination of the gross calorific value by the bomb calorimeter and calculation of the net calorific value – Part 2: Method using isoperibol or static, jacket calorimeter. German.
- Gomes, R. A. K. C. Busato, M. M. Ladeira, K. A. Johnson, M. C. Galvao, A. C. Rodrigues, M. L. Chizzotti. 2017. Energy and protein requirements for Angus and Nellore young bulls. *Livest. Sci.* 195: 67–73.
- Galyean, M.L. and L.O. Tedeschi. 2014. Predicting microbial protein synthesis in beef cattle: Relationship to intakes of total digestible nutrients and crude protein. *J. Anim. Sci.* 92: 5099-5111.
- ISO. 2009. ISO 5983-2 Animal feeding stuffs-Determination of nitrogen content and calculation of Crude protein content-Part2: Block digestion and steam distillation method. International Organization for Standardization. Switzerland.
- Lofgreen, G. P., and W. N. Garrett. 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 27:793–806.
- McDonald, P., R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh and C.A. Morgan. 1995. *Animal Nutrition*. Longman Scientific and Technical, New York.
- NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). 2016. *Nutrient requirements of beef cattle. (8th ed.). Nutrient requirements of domestic animals*. Washington, DC: National Academy Press
- NRC. 1985. *Ruminant Nitrogen Usage*. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7thed. Update 2000*. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Revised Edition*. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC.
- Souza, E. J. O., S. C. Valadares Filho, A. Guim, R. F. D. Valadares, M. I. Marcondes, M. A. Ferreira, L. F. Prados, and P. B. Benedeti. 2012. Protein requirements for females of

- Nellore, Nellore × Angus and Nellore × Simmental fed on two forage: concentrate ratios. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(3): 762-770.
- Tedeschi, L.O., C. Boin, D.G. Fox, P.R. Leme, G.F. Alleoni and D.P.D. Lanna. 2002. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. *J. Anim. Sci.* 80: 1671–1682.
- Undersander, Dan and David R. Mertens. 1993. Forage Analysis Procedures. National Forage Testing Association. Available source: <http://foragetesting.org/lab-procedures>. February 20, 2019.