

ผลของปริมาณอาหารที่กินและระดับโปรตีนในอาหารต่อค่าความสมดุลของพลังงาน ไนโตรเจน และน้ำในขบวนการเมตาโบลิซึมของโคนมสาวรุ่น

วิทยา สุมามาลย์^{1/}

บทคัดย่อ

การทดลองนี้เป็นการศึกษาถึงผลของระดับการให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหารที่มีต่อค่าสมดุลของพลังงาน ไนโตรเจน และน้ำที่ใช้ในการเจริญเติบโตโคนมสาวรุ่น ดำเนินการระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกรกฎาคม 2543 ที่สถาบันอุตสาหกรรมปศุสัตว์แห่งชาติ(National Institute of Animal Industry, NIAI) ประเทศญี่ปุ่น โดยใช้โคเพศเมียพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน 6 ตัว อายุเฉลี่ย 9.4 เดือน น้ำหนักตัวเมื่อเริ่มทดลองเฉลี่ย 272 กิโลกรัม เลี้ยงแยกในช่องขังเดี่ยวในช่วงปรับตัวสัตว์ให้ชินกับอาหารทดลอง และขังเดี่ยวในห้องควบคุมแบบระบบเปิดเพื่อวัดก๊าซจากการหายใจ (Respiration open circuit chamber) โคทุกตัวได้รับแร่ธาตุก้อนและน้ำตลอดช่วงการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Two way classification มี 2 ปัจจัย ปัจจัยแรก คือ ปริมาณอาหารที่ให้ตามระดับการเจริญเติบโต 2 ระดับ ต่ำและสูง (L และ H) โดยการให้อาหารระดับสูงเพื่อให้สัตว์มีการเจริญเติบโต 750 กรัมต่อวัน และการให้อาหารระดับต่ำเพื่อให้สัตว์มีการเจริญเติบโต 450 กรัมต่อวัน ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับโปรตีนในอาหาร ต่ำและสูง (LP และ HP) รวมเป็น 4 สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองมี 3 ซ้ำ

จากการทดลองพบว่า อิทธิพลของปริมาณอาหารที่ให้กิน(ในระดับสูง)มีผลต่อขบวนการเมตาโบลิซึมของพลังงานและไนโตรเจนของโคนมสาวรุ่นมากกว่าอิทธิพลของระดับโปรตีนในอาหาร ค่าการย่อยได้ของอาหารจะลดลงเมื่อปริมาณการกินได้ของโคเพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณอาหารที่โคได้รับในระดับสูงมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่โคได้รับ ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูลและปัสสาวะของโค ค่าความสมดุลของไนโตรเจน ปริมาณพลังงานที่โคได้รับ ปริมาณพลังงานที่ขับออกทางมูลของโค และ

คำสำคัญ : ขบวนการเมตาโบลิซึม, พลังงาน, โปรตีน, ไนโตรเจน, น้ำ, โคนมสาวรุ่น

เอกสารวิชาการเลขที่ 44(3) – 0516(4) – 166

1/ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น ต.ท่าพระ อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40260

ค่าความสมดุลของพลังงาน ส่วนระดับโปรตีนที่ต่างกันในอาหารมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูลและปัสสาวะของโคเท่านั้น นั่นหมายถึงระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารเพื่อการเจริญเติบโตของโคนมสาวรุ่นเท่ากับ 13% เมื่อเทียบกับที่ระดับ 16.2% สำหรับค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคนมสาวรุ่นที่ได้รับอาหารในปริมาณสูงและปริมาณต่ำคือ 523 และ 538 KJ/kg^{0.75} ส่วนปริมาณการกินน้ำได้ของโคสามารถทำนายได้จากปริมาณวัตถุดิบที่กินได้และปริมาณแร่ธาตุก่อนที่กินได้ และปริมาณการขับออกของปัสสาวะนั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณแร่ธาตุก่อนที่กินได้

Energy, nitrogen and water metabolisms of Holstein heifer given different feeding levels and different levels of crude protein contents in the diets

Witthaya Sumamal ^{1/}

Abstract

The experiment was aimed at examining the effects of feeding levels and crude protein contents in the diets on energy and nitrogen balance in growing heifer in order to clarify appropriate crude protein contents for their growth. The experiment was started from April to July. Six Holstein heifers (average body weight at the beginning of the trial is 272 kg and average age is 9.4 months) were housed individually in a pen during preliminary period and housed in respiration open circuit chambers during collection period with free access to water and mineral blocks. The experiment were designed to the two way classification with 2 factors; the first factor is feeding levels : low and high level (L and H) while H level = 0.75 kg daily gain and L level = H * 0.6 (0.45 kg daily gain), the second factor is crude protein level in the diet : low and high protein level (LP and HP). Each treatment has 3 replications

The results showed that feeding levels had more affect to the energy and nitrogen metabolism of dairy heifer than CP level. The digestibility of nutrient was affected by the intake and was reduced with the increase in intake. The N intake, N excretion in feces and urine and retained N were affected by high feeding level. The N excretion in urine was also affected by CP level in the diet. The energy intake, energy loss and retained energy were affected by high feeding level, except E loss in urine was not affect by both factors. ME requirement for maintenance of heifers fed HP diet was 523 KJ/kg^{0.75} and of heifers fed LP diet was 538 KJ/kg^{0.75}. The water intake could be estimated by DMI and MBI and urine excretion was correlated to MBI.

Key words : metabolism, energy, protein, nitrogen, water, dairy heifer

Technical document No. 44(3) – 0516(4) – 166

1/ Khon Kaen Animal Nutrition Research and Development Center, Thapra, Muang, Khon Kaen. 40260.

คำนำ

การจัดการการให้อาหารโคนมสาวรุ่นในประเทศเขตร้อน โดยทั่วไปมักอ้างอิงจากมาตรฐานการให้อาหารที่จัดทำโดยประเทศในเขตอบอุ่น ซึ่งมีข้อมูลค่อนข้างจำกัดและอาจยังไม่เหมาะสมกับการเลี้ยงโคนมในเขตร้อนขึ้น ดังนั้นในการจัดทำมาตรฐานการให้อาหารสำหรับโคนมสาวรุ่นในเขตร้อน เราจึงต้องใช้วิธีการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากประเทศในเขตอบอุ่น แล้วนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมสำหรับประเทศในเขตร้อนรวมทั้งประเทศไทยด้วย

มีหลากหลายความเชื่อเกี่ยวกับการเลี้ยงโคนมสาวรุ่นที่ว่า โคนมสาวรุ่นควรได้รับอาหารที่มีคุณภาพและมีปริมาณสูง เพื่อให้มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว เพื่อให้มีโครงร่างที่เหมาะสมสำหรับการผสมพันธุ์ได้เร็วขึ้นกว่าปกติ ในขณะที่ยังคงมีอีกหลายความเชื่อที่ว่า โคนมสาวรุ่นไม่ควรใช้อัตราการเจริญเติบโตที่สูงเกินไป เพราะอาจทำให้เกิดการสะสมไขมันในเนื้อเยื่อของเต้านม ซึ่งจะทำให้การผลิตน้ำนมได้ในปริมาณที่น้อย และมีบางรายงานที่พบว่าอาหารที่มีโปรตีนสูงจะช่วยป้องกันการสะสมไขมันในเนื้อเยื่อของเต้านมได้ ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของระดับการให้อาหารและระดับโปรตีนในอาหารที่มีต่อสมดุลของพลังงาน ไนโตรเจน และน้ำที่ใช้ในการเจริญเติบโตโคนมสาวรุ่น ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษานี้จะสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดวิธีการจัดการด้านอาหารของโคนมสาวรุ่น และใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบในการกำหนดมาตรฐานการให้อาหารสำหรับโคสาวในเขตร้อนได้เช่นกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการที่สถาบันอุตสาหกรรมปศุสัตว์แห่งชาติ(National Institute of Animal Industry, NIAI)ประเทศญี่ปุ่น ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกรกฎาคม 2543 โดยใช้โคเพศเมียพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน 6 ตัว อายุเฉลี่ย 9.4 เดือน น้ำหนักตัวเมื่อเริ่มทดลองเฉลี่ย 272 กิโลกรัม เลี้ยงแยกในช่องขังเดี่ยวในช่วงปรับตัวสัตว์ให้ชินกับอาหารทดลอง และขังเดี่ยวในห้องควบคุมแบบระบบเปิด (Respiration open circuit chamber) เพื่อวัดก๊าซจากการหายใจ โคทุกตัวได้รับแร่ธาตุก่อนและน้ำตลอดช่วงการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Two way classification มี 2 ปัจจัย ปัจจัยแรก คือ ปริมาณอาหารที่ให้ตามระดับการเจริญเติบโต 2 ระดับต่ำและสูง (L และ H) โดยการให้อาหารระดับสูงเพื่อให้สัตว์มีการเจริญเติบโต 750 กรัมต่อวัน และการให้อาหารระดับต่ำเพื่อให้สัตว์มีการเจริญเติบโต = $H \times 0.6$ หรือเท่ากับ 450 กรัมต่อวัน ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับโปรตีนในอาหาร ต่ำและสูง (LP และ HP) รวมเป็น 4 สิ่งทดลอง (treatment combination) แต่ละสิ่งทดลองมี 3 ซ้ำ โดยแผนการจัดการทดลองแสดงในตารางที่ 1 และส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลองแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แผนการจัดการทดลอง

Animals no.	Period 1.	Period 2.
1	H,LP	L,LP
2	H,LP	L,LP
3	H,LP	L,LP
4	H,HP	L,HP
5	H,HP	L,HP
6	H,HP	L,HP

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

Feed composition	LP	HP
Timothy hay	45	44
Alfalfa hay cube	14	14
Concentrate*	41	36
Fish meal	-	6
TDN**(%)	63.9	63.9
CP (%)	12.5	15.6

หมายเหตุ: * อาหารชั้นประกอบด้วย ข้าวโพด 30%, ข้าวบาเลย์ 25%, รำข้าวสาลี 9%, รำสกัดน้ำมัน 7%, กากถั่วเหลือง 12%, กากน้ำตาล 3.7%, ถั่วอัลฟัลฟา 7%, beat pulp 5 %, และ CaCO_3 1.3%

** TDN = Total Digestible Nutrients คำนวณโดยใช้ สมการของ Kearn (1982)

ในแต่ละช่วงการทดลอง (Period) ประกอบด้วย ระยะปรับตัวสัตว์ให้ชินกับอาหารทดลอง 9 วัน โดยเลี้ยงสัตว์ในชั่งชั่งเดี่ยว และระยะเก็บข้อมูล 5 วัน โดยย้ายสัตว์เข้าไปอยู่ใน Respiration open circuit chamber เพื่อเก็บข้อมูลปริมาณอาหารที่กิน ที่แบ่งให้วันละ 2 เวลา 09:30 และ 16:30 น. สำหรับอาหารที่เหลือในช่วงเก็บข้อมูล จะนำไปอบที่ 60 °c 24 ชั่วโมง จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อหาน้ำหนักแห้งสด (Air dry basis) สุ่มอาหารเหลือส่วนหนึ่งนำไปอบที่ 100 °c 18 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้ง (Dry matter basis) จากนั้นนำอาหารเหลือที่ได้ไปบดเพื่อวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมี

การวัดค่าเมตาโบลิซึม (Metabolism trial)

1. เก็บมูลทั้งหมดในช่วง 5 วัน ของระยะเก็บข้อมูล และสุ่มตัวอย่างมูล 10 % ของมูลรวมในแต่ละวันของสัตว์แต่ละตัวนำมาผสมกันในวันสุดท้าย สุ่มตัวอย่างสดนำมาวิเคราะห์หาไนโตรเจน สุ่มตัวอย่างอีกส่วนหนึ่งนำมาอบแห้งที่ 60 °c 24 ชั่วโมง และอบต่อที่ 135 °c 2

ชั่วโมง ทิ้งไว้ในโถดูดความชื้น 1 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำหนักแห้ง ตัวอย่างที่เหลือนำมาอบแห้งที่ 60 °C 48 ชั่วโมง จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้น้ำหนักแห้งสด (Air dry basis) แล้วนำมาบดเพื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

2. เก็บปริมาณปัสสาวะที่ได้อรวม 5 วัน ของระยะเก็บข้อมูล โดยใช้กรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 20% จำนวน 150 ml เป็นตัวจับไนโตรเจนในปัสสาวะไม่ให้ระเหยออกไป และสุ่มตัวอย่างปัสสาวะ 1 ใน 15 ส่วนของปัสสาวะในแต่ละวันของสัตว์แต่ละตัวนำมาผสมกันในวันสุดท้าย เพื่อหาปริมาณไนโตรเจนและหาพลังงานโดยวิธี freeze dry (Itoh และ Tano, 1977).

3. เก็บข้อมูลปริมาณน้ำและปริมาณแร่ธาตุที่โคกินได้ในแต่ละวัน

การวัดค่าการหายใจ (Respiration trial)

ในช่วงการทดลองระยะเวลา 4 วันหลังของระยะเก็บข้อมูล ควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้เท่ากับ 18 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 60 % ควบคุมให้มีแสงสว่าง 12 ชั่วโมง และมีมืด 12 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูล ปริมาณอากาศที่ไหลผ่านรวม (flow rate) ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่สัตว์หายใจเข้า (O_2) ปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่สัตว์ผลิตออกมา จากห้องควบคุมแบบระบบเปิดเพื่อวัดก๊าซจากการหายใจ ตามวิธีการของ Iwasaki และคณะ (1982)

การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี (ตามวิธีการของ Abe, 1988)

อาหารทดลอง ทำการวิเคราะห์หาค่า DM, OM, N, EE, NDF และ GE

มูลและอาหารที่เหลือ ทำการวิเคราะห์หาค่า DM, OM, N และ GE

ปัสสาวะ ทำการวิเคราะห์หาค่า N และ GE

การประเมินค่าความสมดุลของไนโตรเจน

คำนวณหาค่าสมดุลของไนโตรเจน (Nitrogen balance) ได้จาก

ค่าสมดุลของไนโตรเจน = ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ - ปริมาณไนโตรเจนที่สูญเสียไปกับมูลและปัสสาวะ

การประเมินค่าความสมดุลของพลังงาน

คำนวณหาค่าความสมดุลของพลังงาน (Energy balance) หรือ พลังงานคงเหลือ (Retained energy, RE) ได้จาก

ค่าความสมดุลของพลังงาน = พลังงานที่ได้รับ - (พลังงานที่สูญเสียไปกับมูล+พลังงานที่สูญเสียไปกับปัสสาวะ+พลังงานที่มีในก๊าซมีเทน+ค่าความร้อนที่สัตว์ผลิตได้)

ค่าพลังงานที่ย่อยได้(Digestible energy, DE) = ปริมาณGE ที่ได้รับ-ปริมาณ GE ที่สูญเสีย
ไปกับมูลค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้

(Metabolizable energy, ME) = ปริมาณ DE ที่ได้รับ(ปริมาณพลังงาน ที่
สูญเสียไปกับปัสสาวะ และก๊าซมีเทน)

(McDonald และคณะ, 1981) โดยค่าพลังงานที่มีในก๊าซมีเทนมีค่าเท่ากับ 39.54 kJ/l และค่า
ความร้อนที่สัตว์ผลิตได้ (Heat production; HP,kJ) คำนวณโดยใช้สมการของ Brouwer (1965)
ดังต่อไปนี้

$$HP = 3.866 \cdot O_2 + 1.200 \cdot CO_2 - 0.518 \cdot CH_4 - 0.229 \cdot P$$

เมื่อ O_2 คือ ปริมาณปริมาณก๊าซออกซิเจนที่สัตว์หายใจเข้า

CO_2 และ CH_4 คือปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทนที่สัตว์ผลิตออกมา

และ P คือ ค่า oxidized protein ($P = 6.25 \cdot \text{urine-N, g}$)

$$RE \text{ as protein} = \text{Retained nitrogen (RN)} \cdot 6.25 \cdot 23.514$$

$$RE \text{ as fat} = RE - RE \text{ as protein}$$

การประเมินค่าความสมดุลของน้ำ

ค่าความสมดุลของน้ำ (Water balance) หรือปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการระเหย
(evaporative water, กก/วัน) คำนวณจาก

$$\text{Water balance} = (\text{น้ำที่ดื่ม} + \text{น้ำในอาหาร} + \text{metabolic water}) - (\text{น้ำในมูล} + \text{น้ำปัสสาวะ})$$

Metabolic water คำนวณตามผลการทดลองของ van Es (1969) ดังต่อไปนี้ :

$$H_2O = 0.1812 O_2 + 0.490 CO_2 - 0.756 CH_4 - 0.132 P$$

เมื่อ O_2 คือ ปริมาณปริมาณก๊าซออกซิเจนที่สัตว์หายใจเข้า

CO_2 และ CH_4 คือปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทนที่สัตว์ผลิตออกมา

และ P คือ ค่า oxidized protein ($P = 6.25 \cdot \text{urine-N, g}$)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ใช้การวิเคราะห์แบบ General linear model (SAS,1994) เพื่อหาอิทธิพลของอาหาร
ทดลองที่มีต่อสัตว์ทดลองแต่ละตัว ตาม model ดังต่อไปนี้ :

$$X_{ijk} = \mu + a_i + b_j + ab_{ij} + e_{ijk} ; \quad \mu = \text{ค่าเฉลี่ยรวม}$$

a_i = อิทธิพลของระดับอาหาร ที่ i b_j = อิทธิพลของระดับโปรตีนที่ j

ab_{ij} = อิทธิพลร่วมของระดับอาหาร ที่ i และระดับโปรตีนที่ j e_{ijk} = residuals

วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองด้วย Least square means

ผลการทดลองและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

จากตารางที่ 3 พบว่าหญ้าทิโมทีแห้ง (Timothy hay) มีโปรตีนหยาบ 7.79% ไขมัน 1.74% เยื่อใย NDF 71.47% และเถ้า 6.48% ซึ่งมีคุณภาพใกล้เคียงกับหญ้าทิโมทีแห้ง (ตัดครั้งแรก, ระยะดอกบาน) ที่แสดงใน AFFRCS (1995) มีโปรตีนหยาบ 7.98% ไขมัน 2.23% เยื่อใย NDF 68.08% และเถ้า 5.87% สำหรับถั่วอัลฟัลฟาแห้งอัดก้อน (Alfalfa hay cube) มีโปรตีนหยาบ 18.13% ไขมัน 1.69% เยื่อใย NDF 41.45% และเถ้า 5.91% ซึ่งมีโปรตีนสูงกว่า แต่มีไขมัน เยื่อใย NDF และเถ้าต่ำกว่าถั่วอัลฟัลฟาแห้งอัดก้อนคุณภาพปานกลางที่แสดงใน AFFRCS (1995) ที่มีโปรตีนหยาบ 16.82% ไขมัน 2.97% เยื่อใย NDF 46.57% และเถ้า 13.16% ส่วนปลาป่นมีโปรตีนหยาบ 67.46% ไขมัน 5.69% และเถ้า 22.32% ซึ่งมีคุณภาพใกล้เคียงกับปลาป่น (60%CP) ที่แสดงใน AFFRCS (1995) มีโปรตีนหยาบ 66.9% ไขมัน 10.18% และเถ้า 20.46%

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบทางเคมี (% , on DM basis) และค่าพลังงาน (GE, kJ/g) ของอาหารทดลอง

Feeds	DM	OM	CP	EE	NDF	GE
Timothy hay	86.22	88.06	7.79	1.74	71.47	18.33
Alfalfa hay	87.65	89.21	18.13	1.69	41.45	17.71
cube						
Concentrate	87.08	74.75	16.94	3.15	20.87	18.34
Fish meal	95.33	73.52	67.46	5.69	10.16	19.29

วัตถุดิบที่ได้รับ (DMI) วัตถุดิบที่ย่อยได้ (DMD) และอินทรีย์วัตถุดิบที่ย่อยได้ (OMD)

จากตารางที่ 4 พบว่า โคที่กินอาหารในระดับสูง(H) ได้รับปริมาณวัตถุดิบแห้งมากกว่า โคที่ได้รับอาหารในระดับต่ำ(L) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) และพบว่าระดับโปรตีนที่ต่างกัน อาหารไม่มีผลทำให้ปริมาณวัตถุดิบที่โคได้รับแตกต่างกัน ส่วนปริมาณวัตถุดิบที่ย่อยได้และปริมาณอินทรีย์วัตถุดิบที่ย่อยได้ของโคที่ได้รับอาหารในระดับต่ำ มีค่าสูงกว่าของโคที่ได้รับอาหารในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) แต่โคที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับต่ำ (LP) นั้นมีค่าอินทรีย์วัตถุดิบที่ย่อยได้ของต่ำกว่าของโคที่ได้รับโปรตีนในอาหารระดับสูง(HP) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนปริมาณวัตถุดิบที่ย่อยได้ไม่มีความแตกต่างระหว่างระดับโปรตีน ซึ่งหมายถึงปริมาณการกินได้ของโคมีผลต่อค่าการย่อยได้ของอาหาร โดยเมื่อเพิ่มปริมาณการกินได้ของโคจะทำให้การย่อยได้ของอาหารลดลง (Terrell และ Moe, 1975)

ตารางที่ 4 ปริมาณวัตถุดิบที่ได้รับ(DMI) ปริมาณวัตถุดิบที่ย่อยได้(DMD) และปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้ (OMD) ของโคนมสาวรุ่นที่ได้รับอาหารปริมาณต่างกันและมีโปรตีนระดับต่างกัน

Item	L	H	LP	HP	SE	L vs H	LPvsHP	Int.
Body weight (kg)	278.8	282.5	284.5	276.8	6.5			
CP (%) in the diet	14.3	15.0	13.0	16.2	0.09	**	**	
ME (MJ/kg.DM) in the diet	9.8	9.6	9.5	9.9	0.11		+	
DMI (g/d)	3947	6209	5220	4936	117	**		
DMI (% of body weight)	1.42	2.20	1.84	1.78	-			
Feces (g/d)	7392	13061	10693	9760	346	**	+	
Urine (g/d)	8223	5273	6448	7048	720	*		
DMD	66.5	63.3	64.5	65.3	0.4	**		
OMD	68.2	64.9	65.7	67.4	0.4	**	*	

หมายเหตุ : * : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$, + : $P < 0.1$

ค่าความสมดุลของไนโตรเจน

จากตารางที่ 5 พบว่า โคที่ได้รับอาหารในปริมาณสูงและได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงจะได้รับปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าโคที่ได้รับอาหารในปริมาณต่ำและได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่ำ ($P < 0.01$) นอกจากนั้นปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูลของโคที่ได้รับอาหารในระดับสูงมีค่าสูงกว่าของโคที่ได้รับอาหารในระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างระดับโปรตีนในอาหาร สำหรับปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะของโคที่ได้รับอาหารในระดับสูงหรือกินอาหารที่มีโปรตีนสูงจะมีค่าสูงกว่าโคที่ได้รับอาหารในปริมาณต่ำและได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่ำ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) ตามลำดับ และพบว่าโคนมสาวรุ่นที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกันกลับมีค่าความสมดุลไนโตรเจนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งหมายถึง โคนมสาวรุ่นที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่ำ (13%CP) มีค่าความสมดุลไนโตรเจนที่ดีไม่แตกต่างจากอาหารที่มีโปรตีนสูง(16.2%CP) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับระดับโปรตีนในอาหารของโคนมสาวรุ่นที่แนะนำโดย AFFRCS. (1999) และ NRC (1989) ที่มีค่าเท่ากับ 12% และ 14% ตามลำดับ สำหรับปริมาณอาหารที่ให้โคกินนั้น การให้อาหารในระดับต่ำจะทำให้โคมีค่าความสมดุลไนโตรเจนดีกว่าการให้ในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

ตารางที่ 5 ค่าความสมดุลของไนโตรเจน(g/d) ของโคนมสาวรุ่นที่ได้รับอาหารปริมาณต่างกัน และมีโปรตีนระดับต่างกัน

Item	L	H	LP	HP	SE	L vs H	LPvsHP	Int.
Nitrogen intake	90.0	148.3	109.3	128.9	2.8	**	**	
Fecal nitrogen	32.8	56.6	45.2	44.1	1.6	**		
Urine nitrogen	49.3	62.0	47.0	64.4	2.7	*	**	+
Retained nitrogen (RN)	7.8	29.7	17.1	20.5	2.1	**		

หมายเหตุ : * : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$, + : $P < 0.1$

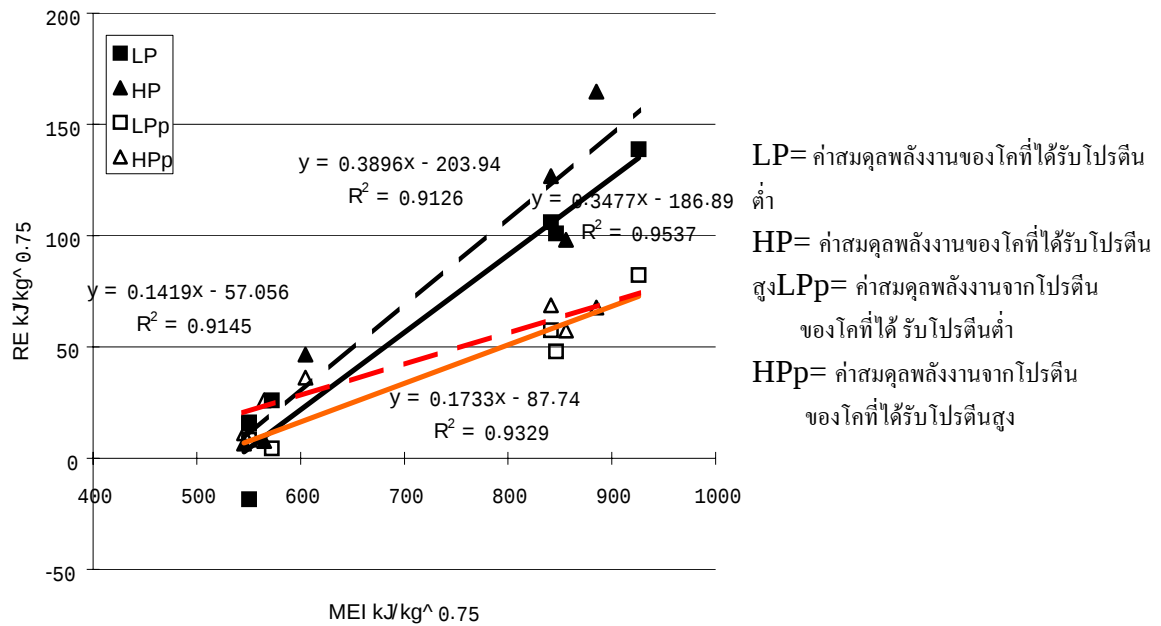
ค่าความสมดุลของพลังงาน

จากตารางที่ 6 พบว่า การให้อาหารแก่โคในระดับสูงมีผลทำให้โคได้รับพลังงานรวม (GE) พลังงานที่ย่อยได้ (DE) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) มากกว่าการให้อาหารในระดับต่ำ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) แต่การให้อาหารแก่โคในระดับสูงก็มีการสูญเสียพลังงาน ออกมากับมูล (FE) กับก๊าซมีเทน (CH₄ energy) และกับความร้อนจากตัวสัตว์ (HP) มากกว่าการให้อาหารในระดับต่ำ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) ยกเว้นในปัสสาวะที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่า การให้อาหารแก่โคในระดับต่ำมีผลทำให้โคมีค่าความสมดุลของพลังงาน ค่าความสมดุลพลังงานจากโปรตีน และค่าความสมดุลพลังงานจากไขมัน ดีกว่าการให้อาหารในระดับสูง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) ซึ่งหมายถึงการให้อาหารระดับสูงแก่โคจะทำให้มีการสะสมไขมันในร่างกายของโคนมสาวรุ่นในปริมาณที่มากกว่าการให้อาหารระดับต่ำ ในขณะที่ระดับของโปรตีนในอาหารที่ต่างกันมีผลต่อพลังงานที่สูญเสียออกมากับมูล ($P < 0.05$) เท่านั้น ซึ่งหมายถึงการให้อาหารที่มีโปรตีนระดับสูงไม่สามารถช่วยลดการสะสมไขมันในร่างกายของโคนมสาวรุ่นได้

ตารางที่ 6 ค่าความสมดุลของพลังงาน (MJ/d) ของโคนมสาวรุ่นที่ได้รับอาหารปริมาณต่างกัน และมีโปรตีนระดับต่างกัน

Item	L	H	LP	HP	SE	L vs H	LPvsHP	Int.
Gross energy intake	72.02	113.54	95.22	90.34	2.13	**		
Fecal energy	24.61	42.19	35.28	31.51	1.00	**	*	
Digestible energy intake	47.41	71.35	59.93	58.82	1.29	**		
Urine energy	3.12	3.35	3.06	3.41	0.28			
Methane energy	5.79	8.36	7.36	6.79	0.25	**		
Metabolizable energy intake	38.51	59.64	49.52	48.63	1.09	**		
Heat production	37.55	51.23	45.24	43.54	1.01	**		
Retained energy (RE)	1.00	8.40	4.28	5.08	0.67	**		
RE as protein	1.15	4.37	2.51	3.01	0.31	**		
RE as fat	-0.15	4.03	1.77	2.07	0.55	**		

หมายเหตุ : * : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$, + : $P < 0.1$



รูปที่ 1 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่โคได้รับ (metabolizable energy, ME) กับค่าสมมูลของพลังงาน และ กับค่าสมมูลพลังงานจากโปรตีน

จากรูปที่ 1 เป็นการแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่โคได้รับ (metabolizable energy, ME) กับค่าสมมูลของพลังงาน และกับค่าสมมูลพลังงานจากโปรตีน โดยพบว่าค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพที่โคนมสาวรุ่นได้รับจากอาหารที่มีโปรตีนสูง และโปรตีนต่ำ คือ 523 และ 538 $\text{kJ/kg}^{0.75}$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับของ AFFRCS. (1999) ($530 \text{ kJ/kg}^{0.75}$)

ค่าความสมดุลของน้ำ

จากตารางที่ 7 พบว่า ปริมาณอาหารที่ให้โคกินและระดับโปรตีนในอาหารที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณน้ำที่โคกินได้ ในขณะที่น้ำที่ใช้ในขบวนการเมตาโบลิซึม (Metabolic water) ของโคที่ได้รับอาหารระดับสูงมีค่าสูงกว่าโคที่ได้รับอาหารระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่างกัน สำหรับปริมาณน้ำที่ขับออกทางมูลของโคที่ได้รับอาหารระดับสูงมีค่าสูงกว่าโคที่ได้รับอาหารระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) ซึ่งตรงข้ามกับปริมาณน้ำที่ขับออกทางปัสสาวะของโคที่ได้รับอาหารระดับสูงมีค่าน้อยกว่าโคที่ได้รับอาหารระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตามกลับพบว่า ปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหยหรือค่าสมมูลของน้ำของโคที่ได้รับปริมาณอาหารและระดับโปรตีนในอาหารที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของโครีดนม (Terada และคณะ, เอกสารยังไม่เผยแพร่) ที่ทดลองในสภาพแวดล้อมเดียวกับการทดลองนี้พบว่า มีปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหยของโค

ไม่แตกต่างจากการทดลองนี้มากนัก แต่จะแตกต่างกันมากเมื่อทดลองภายใต้อุณหภูมิที่ต่างกัน คือที่ 18 °c และ 28 °c คือมีการสูญเสียปริมาณน้ำเนื่องจากการระเหยของโค เท่ากับ 13.0 และ 24.3 กก/วัน ตามลำดับ ดังนั้นยังคงมีความต้องการข้อมูลอีกมากเกี่ยวกับความต้องการน้ำของโคนมสาวภายใต้สภาพแวดล้อมที่ทำให้สัตว์เกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน

สำหรับปริมาณแร่ธาตุก้อนที่กินได้ (Mineral block intake, MBI) ของโคที่ได้รับปริมาณอาหารต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) แต่ระดับโปรตีนในอาหารไม่มีผลทำให้แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งจากข้อมูลของปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้และปริมาณแร่ธาตุก้อนที่กินได้ นำมาจัดทำสมการทำนายค่า ปริมาณการกินน้ำได้ (Water intake, WI, กก/วัน) ของโคนมสาวรุ่นได้ดังต่อไปนี้

$$WI = 0.00353 \cdot DMI + 0.0436 \cdot MBI \text{ มีค่า } R^2 = 0.66$$

และยังพบว่าปริมาณปัสสาวะมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับปริมาณแร่ธาตุก้อนที่กินได้ ($P < 0.05$) ซึ่งเหมาะสำหรับการนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับประเทศในเขตร้อนรวมทั้งประเทศไทย เพื่อปรับปรุงให้มีการจัดการฟาร์มที่ดีขึ้น

ตารางที่ 7 ค่าความสมดุลของน้ำ (evaporative water loss, kg/d) ของโคนมสาวรุ่นที่ได้รับอาหารปริมาณต่างกันและมีโปรตีนระดับต่างกัน

Item	L	H	LP	HP	SE	L vs H	LPvsHP	Int.
Water intake	19.67	22.66	22.03	20.30	9.4	+		
Metabolic water	1.07	1.48	1.31	1.25	0.03	**		
Water excretion in Feces	6.07	10.78	8.82	8.03	0.32	**		
Water excretion in Urine	8.22	5.27	6.45	7.05	0.72	*		
Evaporative water loss	6.45	8.09	8.08	6.47	0.57	+	+	
Mineral block intake (g/d)	132.2	17.2	81.1	68.2	9.4	**		*

หมายเหตุ : * : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$, + : $P < 0.1$

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพอสรุปได้ว่า ในการเลี้ยงโคนมสาวรุ่นควรให้อาหารในระดับเพื่อการเจริญเติบโตวันละ 450 กรัม และให้อาหารที่มีโปรตีน 13% เนื่องจากค่าการย่อยได้ของอาหารในโคจะลดลงเมื่อปริมาณการกินได้ของโคเพิ่มขึ้น และพบว่าถึงแม้การให้อาหารในระดับสูงทำให้โคได้รับไนโตรเจนและพลังงานเพิ่มขึ้นก็ตาม แต่กลับมีการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูลและปัสสาวะของโคและปริมาณพลังงานที่ขับออกทางมูลของโคมากกว่า นอกจากนั้นยังมีค่าความสมดุลของไนโตรเจนและพลังงานสูงกว่าโคที่ได้รับอาหารในระดับที่ต่ำกว่า ส่วนระดับโปรตีนที่ต่างกันให้อาหารมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูลและปัสสาวะ

ของโคเท่านั้น แสดงว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารเพื่อการเจริญเติบโตของโคนมสาวรุ่นเท่ากับ 13% เมื่อเทียบกับที่ระดับ 16.2%

สำหรับค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคนมสาวรุ่นที่ได้รับอาหารในปริมาณสูงคือ $523 \text{ KJ/kg}^{0.75}$ และของโคนมสาวรุ่นที่ได้รับอาหารในปริมาณต่ำคือ $538 \text{ KJ/kg}^{0.75}$ ส่วนปริมาณการกินน้ำได้ของโคสามารถทำนายได้จากปริมาณวัตถุดิบที่กินได้และปริมาณแร่ธาตุก่อนที่กินได้ และปริมาณการขับออกของปัสสาวะนั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณแร่ธาตุก่อนที่กินได้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองและวิธีการในการดำเนินการทดลองทั้งหมดที่กล่าวไว้ในรายงานฉบับนี้เป็นประโยชน์มากในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เหมาะสมสำหรับประเทศในเขตร้อน ในการศึกษาถึงความต้องการธาตุอาหารและการย่อยได้ของอาหารในโคนมสาวรุ่น และเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการการให้อาหารโคนมสาวรุ่นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์เกษตรระหว่างประเทศญี่ปุ่น (JIRCAS) และสถาบันอุตสาหกรรมปศุสัตว์แห่งชาติ (NIAI) ที่ให้โอกาสกับข้าพเจ้าได้ไปทำงานวิจัยที่ NIAI เมือง Tsukuba เขต Ibaraki ประเทศญี่ปุ่น. และขอขอบคุณ Dr. F. Terada, คุณ I. Nonaka, คุณ K. Saito, Dr. A. Purnomoadi, Dr. O. Enishi, Dr. K. Higuchi, Dr. N. Takusari, Dr. M. Islam และผู้ร่วมงานคนอื่นๆของ Energy metabolism laboratory ที่ให้ความช่วยเหลือในการให้ข้อมูลความรู้และทางด้านเทคนิคต่างๆ นอกจากนั้นต้องขอขอบคุณ Dr. T. Kawashima จาก Department of Research Planning and Coordination, NIAI ที่ให้ความช่วยเหลือในการตรวจสอบความถูกต้องของรายงานผลงานวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

- Abe, A., 1988. Feed analyses based on the carbohydrates and its applications to the nutrition value of feeds. Bulletin of National Institute of Animal Industry, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF). Tsukuba, JAPAN. (in Japanese)
- AFFRCS., 1995. Standard Table of Feed Composition in JAPAN. Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF). JAPAN.

- AFFRCS., 1999. Japanese Feeding Standard for Dairy Cattle. Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF). JAPAN.
- Brouwer, E., 1965. Report to sub-committee on constants and factors, In: Energy metabolism (ed. K. L. Blaxter). Academic press. London and New York
- Itoh, M. and R. Tano, 1977. Determination of heat of combustion in fresh feces and urine with polyethylene film. Bulletin of National Institute of Animal Industry, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF). Tsukuba, JAPAN. No. 32:39-43
- Iwasaki, K., T. Haryo, R. Tano, F. Terada, M. Itoh, and K. Kameoka, 1982. New animal metabolism facility especially the description of respiration apparatus. Bulletin of National Institute of Animal Industry, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF). Tsukuba, JAPAN. No. 39:41-78.
- Kearl, L. C., 1982. Nutrient requirements of ruminants in developing countries. International Feed Institute. Utah State University, Logan, Utah.
- Mc Donald, P., R. A. Edwards, and F. J. D. Greenhalgh, 1981. Animal Nutrition. Third edition. Longman. London and New York.
- NRC., 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, Sixth Revised Edition Update 1989. National Research Council. National Academy Press. Washington, D.C.
- SAS. (Statistical Analysis System), 1994. Users guide. Fourth edition. Version 6. SAS Institute Inc. Box 8000. Cary NC. 27511-800, USA.
- Terada, F. S. Shioya, and Y. Iwama, (unpublished paper). Effect of the Environmental Temperature on the Evaporative Water Loss in Lactating Cows. National Institute of Animal Industry, Tsukuba, Ibaraki, JAPAN.
- Terrell, H. F. and P. W. Moe, 1975. Effect of intake on digestive efficiency. Journal of Dairy Science. 58 : 1151-1163
- van Es, A. J. H., 1969. Report to sub-committee on constants and factors: Constants and factors regarding metabolic water. In: Energy metabolism of farm animals. Eds. Blaxter, K. L. et al. Oriel Press Limited. England. P.513.