



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์คชภัณฑ์บัณฑิต (สัตวศาสตร์)

ปริญญา

สัตวศาสตร์	สัตวบาล
สาขา	ภาควิชา
เรื่อง	รูปแบบการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างอาหารสัตว์ [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] ในการผลิตโคนม Forage Sorghum [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] Utilisation Pattern for Dairy Production
นางผู้วิจัย	นายธีระยุทธ จันทะนาม
ได้พิจารณาเห็นชอบโดย	
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	(รองศาสตราจารย์สมเกียรติ ประสานพานิช, วท.ค.)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	(ศาสตราจารย์ชาญวิทย์ วัชรพุกก์, Ph.D.)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	(ศาสตราจารย์สายัณห์ ทัดศรี, Ph.D.)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จำเริญ เทียงธรรม, Ph.D.)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุริยะ สะวานนท์, Ph.D.)
หัวหน้าภาควิชา	(รองศาสตราจารย์ชัยภูมิ ปัญาศักดิ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

รูปแบบการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างอาหารสัตว์ [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] ในการผลิตโคนม

Forage Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Utilisation Pattern for Dairy Production

โดย

นายธีระยุทธ จันทะนาม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (สัตวศาสตร์)

พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธีระยุทธ จันทะนาม 2556: รูปแบบการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างอาหารสัตว์ [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] ในการผลิตโคนม ปรินญาวิทยาศาสตร์คุณภูมิบัณฑิต (สัตวศาสตร์) สาขาสัตวศาสตร์ ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สมเกียรติ ประสานพานิช, วท.ด. 138 หน้า

การศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างอาหารสัตว์ในการผลิตโคนม มี 4 การทดลอง การทดลองที่ 1 การศึกษาผลผลิต องค์ประกอบทางเคมีของพืชอาหารสัตว์ แบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม 1 ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ กลุ่ม 2 ถั่วแระแฉะร่วมกับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ผลพบว่า ข้าวฟ่างอาหารสัตว์มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง โปรตีน พลังงานเซลลูลิกโนเซลลูโลส และผลผลิตน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 19.87 9.50 68.74 48.45 และ 1,694 กก./ไร่ ตามลำดับ และผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมจากการตัด 4 ครั้งของข้าวฟ่างอาหารสัตว์เท่ากับ 4,017 กก./ไร่ ส่วนกลุ่มที่ปลูกร่วมกับถั่วแระแฉะมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง โปรตีน พลังงานเซลลูลิกโนเซลลูโลส และผลผลิตน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 21.22 13.85 60.56 และ 44.75 และ 1,883 กก./ไร่ ตามลำดับ การทดลอง 2 ใช้โคนมลูกผสมพันธุ์ไฮลด์สไต์ฟรีเชียน จำนวน 12 ตัว แบ่งเป็น 3 กลุ่มตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กลุ่มที่ 1 ได้รับหญ้ากินนีสีม่วง กลุ่มที่ 2 ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และกลุ่มที่ 3 ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแระแฉะ โคทุกตัวได้รับการเสริมอาหารชั้น 17 % โปรตีน ผลพบว่า โคกลุ่มที่ 3 มีการกินได้ของอาหารหยาบในรูปวัตถุแห้ง ปริมาณอาหารทั้งหมดที่กินได้ในรูปวัตถุแห้ง และการกินได้ของอาหารหยาบในแต่ละวันในรูปวัตถุแห้งเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนผลผลิตนม และองค์ประกอบน้ำนมของโคทดลองทุกกลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ การทดลองที่ 3 ใช้โคนมลูกผสมพันธุ์ไฮลด์สไต์ฟรีเชียน จำนวน 12 ตัว เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแม่โคกลุ่มที่ 1 ที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วงกับแม่โคกลุ่มที่ 2 ที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดครั้งที่ 2 โคทุกตัวได้รับการเสริมอาหารชั้น 18 % โปรตีน ผลพบว่า โคทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้ง ผลผลิตนม องค์ประกอบน้ำนม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ การทดลองที่ 4 ใช้โคนมลูกผสมพันธุ์ไฮลด์สไต์ฟรีเชียน จำนวน 8 ตัว เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแม่โคกลุ่มที่ 1 ที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักกับแม่โคกลุ่มที่ 2 ที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วแระแฉะ โคทุกตัวได้รับการเสริมอาหารชั้น 19 % โปรตีน ผลพบว่า แม่โคทั้ง 2 กลุ่มมีการกินได้ในรูปวัตถุแห้ง ผลผลิตนม และองค์ประกอบน้ำนม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปข้าวฟ่างอาหารสัตว์สามารถตัดใช้ประโยชน์ได้ 4 ครั้ง และมีคุณค่าทางอาหารเหมาะสมต่อการผลิตโคนม ส่วนการปลูกถั่วแระแฉะร่วมกับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ช่วยเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารหยาบ สามารถนำมาใช้เลี้ยงโคได้ทั้งในรูปของพืชสดและพืชหมัก ซึ่งจะช่วยรักษาผลผลิตนม และเพิ่มผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในช่วงฤดูขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ได้

Theerayut Juntanam 2013: Forage Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Utilisation Pattern for Dairy Production. Doctor of Philosophy (Animal Science), Major Field: Animal Science, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Somkiert Prasanpanich, Ph.D. 138 pages.

To study forage sorghum utilisation pattern for dairy production, there were 4 experiments. Trial 1, there were 2 groups of sole forage sorghum for group 1 and lablab legume intercropped with forage sorghum for group 2. The results revealed that sole forage sorghum produced DM yield of 1,694 kg./rai with 19.87, 9.50, 68.74 and 48.45 % of DM CP NDF and ADF, respectively, while DM yield of 1,883 kg./rai with 21.22, 13.85, 60.56 and 44.75 %, respectively were found in lablab legume intercropped with forage sorghum. Total DM yield of sole forage sorghum from 4 cutting was 4,017 kg./rai. Trial 2, twelve Holstein-Friesian crossbred cows were divided into 3 groups under Completely Randomized Design. Animals in group 1 were provided a basal diet with purple guinea grass. Animals in group 2 were fed forage sorghum and animals in group 3 were given lablab legumes mixed with forage sorghum. All animals were also supplemented with meal concentrate of 17% CP. The results revealed that animals in group 3 did have the significantly higher daily roughage dry matter intake, total dry matter intake and % BW of total daily dry matter intake than those groups ($P < 0.01$). Actual milk yield and milk composition in all treatments were not significantly different. Trial 3, using twelve Holstein-Friesian crossbred cows under Group Comparison, 6 animals in group 1 were provided with purple guinea grass while cows in group 2 were fed forage sorghum at second cut. All cows were also supplemented with meal concentrate of 18% CP. The results revealed that daily dry matter intake, actual milk yield, and milk composition were not significantly different. Trial 4, using 8 Holstein-Friesian crossbred cows under Group Comparison, 4 animals in group 1 were provided with forage sorghum silage while cows in group 2 were fed silage from forage sorghum mixed with lablab legumes. All cows were also supplemented with meal concentrate of 19% CP. The results revealed that daily dry matter intake, actual milk yield, and milk composition were not significantly different between treatments. In conclusion, forage sorghum can be harvested for 4 times with sufficient nutritive values for dairy production. In addition, lablab legumes intercropped with forage sorghum can improve CP content in roughage. It can imply that forage sorghum can be utilised in both fresh cut and silage for dairy production during feed shortage to maintain milk yield and increased economic return.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์สมเกียรติ ประสานพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ศาสตราจารย์ชาญวิทย์ วัชรพุกก์ ศาสตราจารย์สายัณห์ ทัดศรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์จำเริญ เทียงธรรม และผู้ช่วยศาสตราจารย์สุริยะ สะวานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ศรเทพ ชัมวาสร ประธานการสอบ และอาจารย์ ดร. ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำเกี่ยวกับงานทดลอง และการเรียบเรียงวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ และการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สนับสนุนทุนการศึกษา และขอบพระคุณโครงการวิจัยแผนแม่บทข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนเมล็ดพันธุ์ถั่วแฉะ และงบประมาณการวิจัยเพิ่มเติม ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี เจ้าหน้าที่และนักวิชาการของห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ นครราชสีมา เจ้าหน้าที่และนักวิชาการของกลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ (จังหวัดปทุมธานี) กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทดลอง บริษัทแปซิฟิกเมล็ดพันธุ์ จำกัด (ประเทศไทย) ที่สนับสนุนเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ รวมถึงนักศึกษาฝึกงานสาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตเพชรบุรี ที่เข้ารับการฝึกงานด้านการผลิตโคนมที่ อสค. ในช่วงปี พ.ศ 2551-2552 ซึ่งมีส่วนช่วยเหลือให้งานทดลองนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้ ด้วยการสนับสนุนและให้กำลังใจจาก คุณพ่อคอนไทย และ คุณแม่อุเทศ จันทะนาม ผู้เป็นที่รักและเคารพยิ่ง เกศขจรหญิงศิริมา ภรรยา ดญ.รัชพรรณ และดญ.ธัญรดา จันทะนาม ทายาท ตลอดจนเพื่อน พี่ น้อง ในวงการด้านการเกษตร สัตวศาสตร์ สัตวบาล ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือ ประโยชน์ที่จะพึงได้จากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่บุพการี ครู อาจารย์ ตลอดจนนักวิชาการทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้เป็นหนังสือและตำราต่าง ๆ ให้ข้าพเจ้านำมาใช้ประกอบการศึกษาทดลองในครั้งนี้

ธีระยุทธ จันทะนาม

มกราคม 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	20
อุปกรณ์	20
วิธีการ	21
ผลและวิจารณ์	40
สรุป	85
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	87
ภาคผนวก	120
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	138

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ปลูกร่วมกับถั่วแถบแถบ ตัดครั้งแรกที่อายุ 60 วัน	40
2	ผลผลิตของข้าวฟ่างอาหารสัตว์จากการตัด 4 ครั้ง โดยตัดครั้งแรกเมื่ออายุ 60 วัน และตัดครั้งที่ 2 3 และ 4 ทุก ๆ อายุ 45 วัน	42
3	องค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์จากการตัด 4 ครั้ง โดยตัดครั้งแรก เมื่ออายุ 60 วัน และตัดทุก ๆ อายุ 45 วัน	43
4	ค่าเฉลี่ยลิสท์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของลักษณะทางการเกษตร ของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วแถบแถบ ตัดครั้งแรก เมื่ออายุ 60 วันหลังการปลูก	46
5	ค่าเฉลี่ยลิสท์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานขององค์ประกอบผลผลิต ของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วแถบแถบ ตัดครั้งแรกเมื่ออายุ 60 วันหลัง การปลูก	46
6	ค่าเฉลี่ยลิสท์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานขององค์ประกอบทางเคมี ของอาหารทดลอง	47
7	ค่าเฉลี่ยลิสท์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนักตัวและปริมาณ การกินได้ของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน	49
8	ค่าเฉลี่ยลิสท์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลผลิตและ องค์ประกอบน้ำมันของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน	51
9	ค่าเฉลี่ยลิสท์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของปริมาณกลูโคส ยูเรีย ไนโตรเจน ฮอร์โมนไคโรไอโอโคไทโรนิน และ Non-Esterified Fatty Acid ใน กระแสเลือดของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน	53
10	ค่าเฉลี่ยของต้นทุนค่าอาหาร รายได้และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคทดลองที่ ได้รับอาหารต่างกัน	56
11	ค่าเฉลี่ยลิสท์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานขององค์ประกอบทางเคมี ของอาหารทดลอง	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	ค่าเฉลี่ยลิสต์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนักตัวและปริมาณการกินได้ของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน	60
13	ค่าเฉลี่ยลิสต์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลผลิตและองค์ประกอบนํ้านมของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน	61
14	ค่าเฉลี่ยลิสต์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของปริมาณกลูโคส ยูเรีย ไนโตรเจน ฮอร์โมนไทรไอยูโอโดไทโรนีน และ Non-Esterified Fatty Acid ในกระแสเลือดของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน	64
15	ค่าเฉลี่ยลิสต์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดอะซิดิก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริกในของเหลวรูเมนของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน	66
16	ค่าเฉลี่ยของต้นทุนการผลิต รายได้และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน	67
17	ค่าเฉลี่ยลิสต์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานขององค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเหลือง	68
18	การประเมินคุณภาพของข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักและข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเหลืองที่ระยะการหมัก 30 วัน จากเปอร์เซ็นต์กรดอินทรีย์	73
19	การประเมินคุณภาพลักษณะทางกายภาพของข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักและข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเหลืองที่ระยะการหมัก 30 วัน	74
20	ค่าเฉลี่ยลิสต์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนักตัวและปริมาณการกินได้ของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน	76
21	ค่าเฉลี่ยลิสต์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลผลิตและองค์ประกอบนํ้านมของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน	78
22	ค่าเฉลี่ยลิสต์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของปริมาณกลูโคส ยูเรีย ไนโตรเจน ฮอร์โมนไทรไอยูโอโดไทโรนีน และ Non-Esterified Fatty Acid ในกระแสเลือดของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
23	ค่าเฉลี่ยลิสท์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดอะซิติก กรดโพธิ์ฟอนิก และกรดบิวทีริกในของเหลวรูเมนของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน	83
24	ค่าเฉลี่ยของต้นทุนการผลิต รายได้และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
1 การประเมินคุณภาพทางกายภาพของพืชหมัก	121
2 การประเมินคุณภาพพืชหมักจากปริมาณกรดแลกติก กรดอะซิติก และกรดบิวทีริก	122
3 ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของหญ้ากินนีสีม่วง ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ปลูกร่วมกับถั่วแฉะ ประจำปีการผลิต 2551	123
4 ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ปลูกร่วมกับ ถั่วแฉะ ประจำปีการผลิต 2552	124
5 ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของหญ้ากินนีสีม่วงและข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ตัดครั้งที่ 2 ที่อายุ 45 วัน ประจำปีการผลิต 2552	124
6 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝน ในช่วงเดือน มกราคม พ.ศ.2551 - เดือน ธันวาคม พ.ศ.2551 (ปีการผลิต 2551)	125
7 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝนในช่วง เดือน มกราคม พ.ศ.2552 -เดือน มกราคม พ.ศ.2553 (ปีการผลิต 2552/53)	126
8 ประวัติการศึกษาและการทำงาน	138

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การปลูกพืชอาหารสัตว์โดยการหยอดเมล็ดด้วยมือ	127
2	การปลูกพืชอาหารสัตว์โดยใช้เครื่องหยอดเมล็ดแบบอัตโนมัติชนิดติดท้ายรถแทรกเตอร์	127
3	การเจริญเติบโตของพืชอาหารสัตว์ในสภาพไร่ ที่อายุ 20 วันหลังการปลูก	128
4	การเจริญเติบโตของพืชอาหารสัตว์ในสภาพไร่ ที่อายุ 35 วันหลังการปลูก	128
5	การเจริญเติบโตของพืชอาหารสัตว์ในสภาพแปลงทดลองที่อายุ 40 วันหลังการปลูก	129
6	การเจริญเติบโตของพืชอาหารสัตว์ในสภาพไร่ที่อายุ 60 วันหลังการปลูก	129
7	สภาพแปลงหญ้ากินนีสีม่วงที่ใช้เลี้ยงโคนมทดลอง	130
8	การตัดหญ้ากินนีสีม่วงในแปลงทดลองด้วยเครื่องตัดหญ้าแบบสะพายไหล่	130
9	กลุ่มโคทดลองที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วงเป็นอาหารหลัก	131
10	กลุ่มโคทดลองที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์เป็นอาหารหลัก	131
11	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแฉะผ่านการสับด้วยเครื่องสับ	132
12	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ห่ม (ตัดทำพืชห่มที่อายุ 60 วันหลังการปลูก)	132
13	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแฉะห่ม (ตัดทำพืชห่มที่อายุ 60 วันหลังการปลูก)	133
14	เครื่องสับหญ้าที่ใช้สับข้าวฟ่างและข้าวฟ่างผสมถั่วแฉะ ก่อนนำไปเลี้ยงโคทดลอง	133
15	การเกี่ยวข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดครั้งที่ 2 ที่อายุ 45 วัน เพื่อนำไปเลี้ยงโคทดลอง	134
16	การชั่งน้ำหนักโคทดลอง	134
17	การเจาะเลือดโคทดลองจากเส้นเลือดดำบริเวณลำคอ	135
18	การเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทดลอง	135
19	แปลงพืชอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลองหลังการปลูกพืชในช่วงต้นฤดูฝน	136
20	แปลงพืชอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลองก่อนตัดใช้ประโยชน์เลี้ยงสัตว์	136
21	แปลงพืชอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลองหลังการตัดใช้ประโยชน์และเข้าสู่ฤดูแล้ง	137

รูปแบบการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างอาหารสัตว์ [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] ในการผลิตโคนม

Forage Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Utilisation Pattern for Dairy Production

คำนำ

อาชีพการเลี้ยงโคนมของประเทศไทยมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากกรมปศุสัตว์ได้กำหนดนโยบายในการเพิ่มปริมาณน้ำนมดิบให้เพียงพอต่อความต้องการของประเทศ และเพื่อทดแทนการนำเข้าผลิตภัณฑ์นมจากต่างประเทศอีกทางหนึ่ง แต่ปัญหาของการเลี้ยงโคนมของประเทศไทยนั้นก็คือ การขาดแคลนอาหารหยาบทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณ ซึ่งในช่วงหน้าแล้งนั้นมักขาดแคลนหญ้าสด เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่จึงนิยมใช้ฟางข้าว หรือวัสดุเศษเหลือทางการเกษตรเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักแทนหญ้าสดที่ขาดแคลน ซึ่งอาหารหยาบเหล่านี้ล้วนมีคุณภาพและการย่อยได้ต่ำ จึงส่งผลให้โคนมให้ผลผลิตต่ำตามไปด้วย จากรายงานของกรมปศุสัตว์ (2551) พบว่า จำนวนประชากรโคนมของประเทศไทยมีจำนวน 469,937 ตัว ซึ่งโคนมจำนวนเหล่านี้ต้องการอาหารหยาบเป็นอาหารหลัก แต่ในประเทศเขตร้อน เช่น ประเทศไทยนั้นอาหารหยาบจะมีปริมาณและคุณภาพผันแปรไปในแต่ละฤดูกาล (ชาญชัย, 2530) ผลผลิตหญ้าจากทุ่งหญ้าค่อนข้างต่ำ และมักขาดแคลนหญ้าสดในช่วงแล้ง ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมีการใช้อาหารข้นในการเลี้ยงโคนมมากขึ้น จึงส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตน้ำนมดิบสูงขึ้นตามไปด้วย (Tudsri and Sawasdiapanit, 1998) การเสริมอาหารข้นในปริมาณสูงแก่แม่โครีดนม โคจะให้ผลผลิตนมเพิ่มขึ้นแต่ผลตอบแทนจะลดลง (Lekchom *et al.*, 1989) ต้นทุนการผลิตน้ำนมดิบส่วนใหญ่นั้นขึ้นอยู่กับค่าอาหารข้นที่ใช้เลี้ยงแม่โคถึงประมาณ 44 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำนมดิบของแม่โคแต่ละตัวด้วย โดยที่ปริมาณน้ำนมดิบของแม่โคยิ่งมากเท่าใด ต้นทุนการผลิตก็ยิ่งลดลงเป็นปฏิภาคกลับกัน (จิรศักดิ์ และคณะ, 2550) การผลิตหญ้าและถั่วอาหารสัตว์เพื่อใช้เลี้ยงสัตว์นั้นมีต้นทุนต่ำกว่าค่าอาหารข้น (ชาญชัย, 2530) ดังนั้นเพื่อเป็นการช่วยลดปัญหาดังกล่าว การหาพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ ที่นำมาทดแทนการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ จึงทำการศึกษาถึงรูปแบบและแนวทางการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างอาหารสัตว์เพื่อการผลิตโคนม ซึ่งจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะเป็นทางเลือกให้แก่กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม ที่ประสบปัญหาการขาดแคลนแหล่งอาหารหยาบคุณภาพดีในช่วงฤดูแล้ง และคาดว่าจะช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำนม และเพิ่มผลตอบแทนทางเศรษฐกิจแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลผลิต องค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วแถบแถบที่ปลูกในสภาพแปลงทดลอง
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้หญ้ากินนีสีม่วง ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแถบแถบเพื่อเป็นอาหารโคนมในรูปตัดสดที่อายุ 60 วัน ที่มีผลต่อปริมาณการกินได้ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ค่าชีวเคมีของเลือด ผลผลิต องค์ประกอบน้ำนม และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้หญ้ากินนีสีม่วง และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดครั้งที่ 2 ที่อายุ 45 วัน เพื่อเป็นอาหารโคนมที่มีผลต่อปริมาณการกินได้ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ค่าชีวเคมีของเลือด ผลผลิต องค์ประกอบน้ำนม และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ
4. เพื่อศึกษาผลของการใช้ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักร่วมกับถั่วแถบแถบเพื่อเป็นอาหารโคนมในช่วงแล้งที่มีผลต่อปริมาณการกินได้ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ค่าชีวเคมีของเลือด ผลผลิต องค์ประกอบน้ำนม และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

การตรวจเอกสาร

พันธุ์พืชอาหารสัตว์

ข้าวฟ่าง

ข้าวฟ่าง (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) จัดอยู่ในวงศ์ Gramineae เป็นพืชฤดูเดียว หรือ พืชยืนต้นที่มีช่วงอายุสั้น มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ที่ประเทศเอธิโอเปีย และกระจายไปยังส่วนอื่นๆ ของแอฟริกา อินเดีย เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ออสเตรเลียและสหรัฐอเมริกา (Skerman and Riveros, 1990) ข้าวฟ่างใช้ประโยชน์ได้หลายทาง เช่น ลำต้นและเมล็ดใช้เป็นอาหารสัตว์ ผลิตน้ำตาล น้ำเชื่อม แอลกอฮอล์ ให้พลังงาน และใช้ผลิตกระดาษ นอกจากนี้ลำต้นยังใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ (Doggett, 1988) ข้าวฟ่างจัดเป็นพืชตระกูลหญ้า แบ่งตามจุดประสงค์การใช้ประโยชน์ได้ 4 ชนิด คือ ข้าวฟ่างเมล็ด (grain sorghum) ข้าวฟ่างหวาน (sweet sorghum) ข้าวฟ่างไม้กวาด (broomcorn sorghum) และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ (forage sorghum) ซึ่งหมายถึง ข้าวฟ่างที่ใช้ประโยชน์จากส่วนของลำต้นเพื่อใช้เป็นอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Shertz and Dalton, 1980) สำหรับสกุล *Sorghum* นี้มีอีกหลายชนิดที่มีลักษณะคล้ายหญ้า และสามารถผสมข้ามกับ *S. bicolor* ได้ เช่น หญ้าโคลัมเบีย (*S. alatum*) หญ้าจอห์นสัน (*S. halepense*) หญ้าซูดาน (*S. sudanense*) *S. arundinaceum* และ *S. aethiopicum* เป็นต้น ซึ่งพืชในสกุล *Sorghum* ต่าง ๆ เหล่านี้ นักวิชาการเกษตรของประเทศไทยบางส่วนเรียกว่าหญ้าข้าวฟ่าง จึงทำให้เกิดความสับสนกับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ซึ่งเป็น *S. bicolor* (Shertz and Dalton, 1980; คมสัน, 2537)

ข้าวฟ่างอาหารสัตว์

ในสหรัฐอเมริกา พันธุ์ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถจำแนกพันธุ์ได้ 3 ประเภท คือ พันธุ์แท้ (pure lines) พันธุ์ลูกผสม (forage sorghum hybrids, SH) และพันธุ์ลูกผสมข้ามชนิด (sorghum-sudan hybrid, SSH) ซึ่งพันธุ์ประเภทต่างๆ เหล่านี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์เป็นพืชอาหารสัตว์แบบตัดสด ทำหญ้าแห้ง และหญ้าหมัก และมีการผลิตเป็นพันธุ์การค้ากันอย่างแพร่หลายโดยบริษัทเมล็ดพันธุ์ต่าง ๆ ทั้งในสหรัฐอเมริกาและออสเตรเลีย (Holland and Kezar, 1990) ข้าวฟ่างอาหารสัตว์เป็นพืชโตเร็ว เกษตรกรนิยมปลูกเพื่อนำต้นมาใช้เป็นอาหารสัตว์ ข้าวฟ่างอาหารสัตว์มีข้อดีคือ ทนแล้งได้ดีกว่าและมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าข้าวโพด (Beadle *et al.*, 1973, Stout and Simpson, 1978; สายัณห์, 2547) เหมาะสำหรับปลูกในบริเวณพื้นที่ที่มีฝนตกน้อย (ธารงศิลป์ และคณะ, 2538; สายัณห์, 2547; Reddy *et al.*, 2003) หรือมีปริมาณฝนน้อยกว่า 650 มิลลิเมตร

(Reddy *et al.*, 2003) และมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงแม้ปลูกภายใต้สภาพพื้นที่แห้งแล้ง (Cummin, 1981) นิยมปลูกเพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบแก่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้เป็นอย่างดี เพื่อทดแทนการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ในประเทศไทย ที่มีปัญหาเนื่องมาจากความแห้งแล้ง และเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์มีพื้นที่จำกัด (คมสัน, 2535) พันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อตัดสดใช้เลี้ยงสัตว์ได้แก่ ข้าวฟ่างลูกผสมสายพันธุ์การค้า เช่น สปีดฟีด จัมโบ้ และไพโอเนียร์ เป็นต้น (สายัณห์, 2547) ปัจจุบันเกษตรกรนิยมใช้ข้าวฟ่างลูกผสมเป็นพันธุ์ปลูกมากขึ้น ซึ่งการใช้ข้าวฟ่างลูกผสมเป็นพันธุ์ปลูกนั้นจะช่วยเพิ่มผลผลิต และคุณภาพของข้าวฟ่างได้ เนื่องจากข้าวฟ่างลูกผสมมีลักษณะทางการเกษตรดี อายุเก็บเกี่ยวเร็ว ทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง รวมทั้งทนทานโรคและแมลงได้ดี ให้ผลผลิตสูง และมีคุณภาพของเมล็ดดี (চারিক্লিপ และคณะ, 2538) ข้าวฟ่างอาหารสัตว์โดยทั่วไปนั้นจะนิยมปลูกเป็นพืชฤดูเดียว แต่สามารถเจริญเติบโตได้อีกภายหลังการตัด (คมสัน, 2537; Holland and Kezar, 1990)

ข้าวฟ่างอาหารสัตว์โดยทั่วไปนั้นนิยมปลูกเป็นพืชฤดูเดียว แต่สามารถเจริญเติบโตได้อีกภายหลังการตัด สามารถตัดได้ 3-5 ครั้ง ให้ผลผลิตน้ำหนัสดันสดรวมสูงถึง 20 ตันต่อไร่ต่อปี ซึ่งสูงกว่าผลผลิตของหญ้ากินนีสีม่วงที่เกษตรกรนิยมปลูกไว้เลี้ยงสัตว์ในฟาร์ม นอกจากนี้การปลูกพืชร่วมกันหรือการปลูกพืชแซม (intercropping) ระหว่างพืชตระกูลหญ้าและพืชตระกูลถั่วจะช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ได้ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์นั้นสามารถปลูกร่วมกับพืชตระกูลถั่วชนิดต่างๆ ได้ เช่น ถั่ว Cowpea ถั่วมะเสะ (Pigeonpea) (Reddy *et al.*, 2001) ถั่วเลนเลน ถั่วเหลือง (Oliveira and de Garcia, 1990) การเสริมพืชตระกูลถั่วในแปลงหญ้าจะช่วยลดต้นทุนการผลิตนมได้ (Tudstri *et al.*, 2001)

การปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์ โดยใช้เมล็ดอัตรา 40 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ปลูกโดยใช้รูปแบบการปลูกแตกต่างกัน ผลพบว่า การปลูกข้าวฟ่างโดยใช้เครื่องหยอดเมล็ดนั้นจะให้ผลผลิตน้ำหนักรวมสูงกว่าการปลูกด้วยมือ และการปลูกแบบหว่าน (Kim *et al.*, 1989) การปลูกข้าวฟ่างแบบแถวเดี่ยว (single row) ให้ผลผลิตน้ำหนักรวมสูงกว่าการปลูกข้าวฟ่างแบบแถวคู่ (double row) และการปลูกข้าวฟ่างแบบ 3 แถว (triple row strips) สลับกับพืชอื่น (Nazir *et al.*, 1997) ในข้าวฟ่างอาหารสัตว์ อัตราการใช้เมล็ดปลูกที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 30-40 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (หรือ 4.8-6.4 กิโลกรัมต่อไร่) (Kim *et al.*, 1989) การเพิ่มระยะห่างระหว่างแถวปลูกของข้าวฟ่างจาก 5 เซนติเมตรเป็น 60 เซนติเมตร ส่งผลให้ผลผลิตน้ำหนักรวมของข้าวฟ่างลดลง แต่ระดับโปรตีนและค่าการย่อยได้จะเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณผลผลิตน้ำหนักรวมจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเพิ่มระยะปลูกที่มีระยะห่างระหว่างแถวจาก 15 เซนติเมตรเป็น 90 เซนติเมตร (Caravetta *et al.*, 1990) ระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมของต้นข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกเพื่อจุดประสงค์ในการทำฟีดหมัก ควรอยู่ระหว่าง 40-50 ต้นต่อตารางเมตร และควรมีระยะห่างระหว่าง

ต้น 25 เซนติเมตร (Corleto *et al.*, 1990) การปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์ร่วมกับถั่วเหลือง (*Glycine max* L.) โดยใช้อัตราการปลูกสูงนั้นจะส่งผลให้ได้ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งสูง (Kawamoto *et al.*, 1987) รายงานการศึกษาในประเทศสาธารณรัฐเกาหลีนั้นพบว่า วันปลูกมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืช การปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์ในเดือนพฤษภาคมนั้นข้าวฟ่างอาหารสัตว์จะมีความสูงมากกว่าข้าวฟ่างที่ปลูกในเดือนอื่น ๆ (Park *et al.*, 1988) แต่วันปลูกไม่มีผลกระทบต่อปริมาณโปรตีน ปริมาณเยื่อใย และการย่อยได้ของข้าวฟ่าง (El-Hattab and Harb, 1991) การปลูกข้าวฟ่างร่วมกับถั่ว Cowpea ในเดือนกรกฎาคม ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ให้ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งเท่ากับ 5.1 ตันต่อเฮกตาร์ (Rana *et al.*, 1994)

การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ปุ๋ยไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มระดับโปรตีน เถ้า และปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก (HCN) แต่ปริมาณเยื่อใยหยาบ และ Non structural carbohydrate จะลดลง (Mohamed and Hamd, 1988) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 120 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ จะช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำหนักราก ผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง และระดับโปรตีนในข้าวฟ่างอาหารสัตว์ แต่ปริมาณ NDF จะลดลง (Bebawi, 1988; Patil *et al.*, 1992) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ คือ อัตรา 100-120 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (Gill *et al.*, 1988; El-Hattab and Harb, 1991) และเพื่อให้ได้ผลดีไม่ควรแบ่งใส่หลายครั้ง (Gill *et al.*, 1988; Bebawi, 1988) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์แก่ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ภายหลังการตัดครั้งแรกและการตัดครั้งที่ 2 นั้นจะช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง (Birch and Stewart, 1989) ส่วนการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (P_2O_5) นั้นไม่มีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิต ปริมาณโปรตีนหยาบ (Patel *et al.*, 1993) และปริมาณเยื่อใยหยาบ (Patel *et al.*, 1994) ของข้าวฟ่างอาหารสัตว์

การให้น้ำชลประทาน ผลผลิตน้ำหนักรากของข้าวฟ่างอาหารสัตว์หากมีการให้น้ำชลประทานร่วมด้วย ผลผลิตของข้าวฟ่างอาหารสัตว์จะเพิ่มสูงขึ้น (Naescu and Nita, 1991) และการเพิ่มความถี่ของการให้น้ำแก่แปลงพืชจะส่งผลให้ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Magid *et al.*, 1982) การให้น้ำชลประทานแก่แปลงข้าวฟ่างอาหารสัตว์ทุก ๆ 7 วัน จะช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง ปริมาณไนโตรเจนฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมในใบข้าวฟ่างอาหารสัตว์ (Mustafa and Abdel Magid, 1982)

การกำจัดวัชพืช วัชพืชที่เจริญเติบโตในแปลงพืชอาหารสัตว์จะแย่งธาตุอาหารและปัจจัยการผลิต เช่น ปุ๋ย น้ำ แสงแดดจากพืชหลัก ซึ่งจะส่งผลให้พืชหลักที่ปลูกเจริญเติบโตช้า แคร่แกรน และให้ผลผลิตลดลง (Reddy *et al.*, 2003) การกำจัดวัชพืชในแปลงข้าวฟ่างโดยใช้อะทราซีน (Atrazine) ฉีดพ่นในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์จะช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำหนักรากและผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ได้ (Singh *et al.*, 1988)

ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของข้าวฟ่างอาหารสัตว์และการใช้ประโยชน์

ข้าวฟ่างอาหารสัตว์พันธุ์จัมโบ้เป็นอีกสายพันธุ์หนึ่ง ที่นิยมปลูกเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เลี้ยงเอื้อง เนื่องจากข้าวฟ่างอาหารสัตว์ชนิดนี้ให้ผลผลิตสูง มีปริมาณใบมาก ส่งผลให้มีคุณค่าทางอาหารสูง นิยมใช้ประโยชน์ทั้งในรูปหญ้าสด หญ้าแห้ง และการปล่อยสัตว์แทะเล็ม ในประเทศออสเตรเลีย ข้าวฟ่างจัมโบ้ที่ปลูกร่วมกับการให้น้ำชลประทานเสริมตลอดฤดูกาลผลิต สามารถตัดใช้ประโยชน์ได้ถึง 5 ครั้ง และให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งประมาณ 15-21 ตันต่อเฮกตาร์ ส่วนข้าวฟ่างจัมโบ้ที่ปลูกภายใต้สภาพพื้นที่แห้งแล้ง สามารถตัดใช้ประโยชน์ได้เพียง 2-3 ครั้ง และให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งประมาณ 10-12 ตันต่อเฮกตาร์ แต่ในสภาพปกติโดยทั่วไปนั้นข้าวฟ่างจัมโบ้จะตัดได้ 4 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต ข้าวฟ่างจัมโบ้ หากตัดใช้ประโยชน์ที่ระดับความสูง 0.8-1.0 เมตร จะให้คุณค่าทางอาหารและสมรรถภาพการผลิตสัตว์ดีที่สุด ซึ่งมีสัดส่วนของใบต่อลำต้นเท่ากับ 2.21 และให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (dry matter yield) เท่ากับ 3,635 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ แต่หากตัดที่ระดับความสูง 1.5-2.2 เมตร สัดส่วนของใบต่อลำต้นจะมีค่าเท่ากับ 0.90 และให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเท่ากับ 7,959 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ หลังการปลูก 90 วันหากไม่มีการใช้ประโยชน์ข้าวฟ่างจะออกดอก ข้าวฟ่างอาหารสัตว์สามารถเจริญเติบโตได้ดี เมื่อใช้ระยะปลูก ระยะห่างระหว่างแถวตั้งแต่ 15 เซนติเมตร ถึง 1 เมตร ซึ่งระยะห่างระหว่างแถวที่ใช้ในการปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์นั้นขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์ เช่น การปลูกเพื่อทำหญ้าแห้งนิยมปลูกแบบแถวแคบเพื่อให้ได้ผลผลิตต่อพื้นที่สูง ส่วนการปลูกเพื่อปล่อยสัตว์แทะเล็มนิยมปลูกแบบแถวกว้าง แต่การปลูกในพื้นที่แห้งแล้งนิยมปลูกแบบแถวห่าง เป็นต้น คุณค่าทางโภชนาของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ หากตัดทำฟืนหมักที่ระดับความสูง 2.1 เมตร จะมีระดับโปรตีน เยื่อใย ADF และ NDF เท่ากับ 7.2 29.6 และ 47.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้งเท่ากับ 67.5 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 9.8 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม (วัตถุแห้ง) (Stuart, 2001)

การตัดต้นข้าวฟ่างอาหารสัตว์พันธุ์แท้ และพันธุ์ลูกผสมข้ามชนิดระหว่างข้าวฟ่าง - ชูดาน (sorghum - sudan hybrid) เพียงครั้งเดียว โดยตัดที่ระยะกาบใบชงโป่ง (booting stage) หรือ ที่อายุประมาณ 45 วันหลังการปลูก ได้ผลผลิตน้ำหนักต้นสดประมาณ 3 -6 ตันต่อไร่ และ 4 - 8 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนคุณค่าทางอาหารของข้าวฟ่างอาหารสัตว์นั้น พบว่ามีโปรตีนอยู่ระหว่าง 9 - 14 เปอร์เซ็นต์ (Holland and Kezar, 1990) ในประเทศไทยข้าวฟ่างอาหารสัตว์พันธุ์ลูกผสมการค้าจัมโบ้เก็บเกี่ยวผลผลิตต้นสดที่ระยะแป้งอ่อน (soft dough) ให้ผลผลิตน้ำหนักต้นสด 6,533 กิโลกรัมต่อไร่ (วิโรจน์, 2533) ถึง 6,897 กิโลกรัมต่อไร่ (สุพาพัฒน์, 2535)

พันธุ์ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่พัฒนาพันธุ์ขึ้นในประเทศไทยนั้นมีค่า NDF อยู่ระหว่าง 52.57-61.46 เปอร์เซ็นต์ (วิโรจน์, 2533; สุพาพัฒน์, 2535) ข้าวฟ่างอาหารสัตว์พันธุ์จัมโบ้ตัดที่ระยะกบใบธงโปงหรือที่อายุ 56 วันหลังปลูก ให้ผลผลิตต้นสดเท่ากับ 8,029 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตน้ำหนักร้างเท่ากับ 1,127 กิโลกรัมต่อไร่ มีโปรตีน NDF ค่าการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ (IVDMD) เท่ากับ 14.93 70.29 และ 48.30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำตาลในลำต้น เท่ากับ 6.50 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ (% Brix) มีปริมาณ HCN เท่ากับ 80.12 ppm (คมสัน, 2537) ข้าวฟ่างอาหารสัตว์สามารถตัดได้ถึง 3 ครั้ง โดยข้าวฟ่างพันธุ์จัมโบ้ (Jumbo) ให้ผลผลิตน้ำหนักร้างสดเท่ากับ 7,500 3,610 และ 2,240 กิโลกรัมต่อไร่ ของการตัดครั้งแรก ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ตามลำดับ ส่วนข้าวโพดให้ผลผลิตน้ำหนักร้างสดเท่ากับ 6,760 กิโลกรัมต่อไร่ และตัดได้เพียงหนึ่งครั้งเท่านั้น (สายัณห์, 2547) ซึ่งผลผลิตของข้าวฟ่างจำนวนนี้สามารถนำไปใช้เลี้ยงโคในฟาร์มในช่วงที่ต้องการทดแทนหญ้าสดที่ขาดแคลนได้เป็นอย่างดี ซึ่งข้าวฟ่างอาหารสัตว์มีโปรตีนหยาบมากถึง 8 เปอร์เซ็นต์ (Hedges *et al.*, 1989) พืชอาหารสัตว์จะมีคุณค่าทางอาหารสูงหรือต่ำเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณโภชนาที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ ความสามารถในการย่อยได้ของสัตว์ อาหารต้องมีความน่ากิน และปราศจากสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ (คมสัน, 2537) คุณค่าทางอาหารของข้าวฟ่างอาหารสัตว์พันธุ์ลูกผสมการค้าจัมโบ้ ตัดที่ระยะแบ่งอ่อน มีโปรตีนเท่ากับ 12.58 เปอร์เซ็นต์ (วิโรจน์, 2533) ถึง 15.59 เปอร์เซ็นต์ (คมสัน และคณะ, 2536) การทำข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก ควรตัดต้นข้าวฟ่างในระยะเมล็ดเป็นนํ้านม ซึ่งในประเทศออสเตรเลียแนะนำให้ตัดในระยะใกล้จะออกดอก คือ อายุประมาณ 10 - 11 สัปดาห์ จะให้ผลผลิตสูงสุด และมีโปรตีนอยู่ระหว่าง 6.7 - 9.8 เปอร์เซ็นต์ (สายัณห์, 2547; Tjandraatmadja *et al.*, 1993) ข้าวฟ่างอาหารสัตว์สามารถใช้ทดแทนหญ้าสดได้เป็นอย่างดี (Tjandraatmadja *et al.*, 1993)

โคนมที่กินข้าวฟ่างหมักให้ผลผลิตนมใกล้เคียงกันกับโคนมที่กินข้าวโพดหมัก และโคนมที่กินถั่วอัลฟาฟ่าหมัก (Grant *et al.*, 1995) การย่อยได้ของวัตถุดิบ และผลผลิตนมของโคกลุ่มที่กินข้าวฟ่างอาหารสัตว์จะต่ำกว่าโคกลุ่มที่กินข้าวโพดเป็นอาหาร (Lance *et al.*, 1964) โคนมที่กินข้าวฟ่างหมัก และโคนมที่กินข้าวโพดหมัก มีค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ และผลผลิตนมใกล้เคียงกัน (Lusk *et al.*, 1984) การเพิ่มคุณภาพของข้าวฟ่างหมักทำได้โดยการหมักร่วมกับพืชตระกูลถั่ว เช่น หมักร่วมกับกระถิน ซึ่งสามารถเพิ่มโปรตีนของพืชหมักจาก 9.8 เปอร์เซ็นต์ เป็น 12.9 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มการกินได้ของสัตว์ประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกระถินจะช่วยเพิ่มการกินได้ในส่วนของไนโตรเจนให้สูงขึ้น มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสัตว์ (สุเมธ, 2548) การใช้กระถินในพืชหมักจะช่วยเพิ่มไนโตรเจนที่ย่อยได้ให้สูงขึ้นด้วย (Tjandraatmadja *et al.*, 1993; วัชรารักษ์, 2550)

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ตัดในระยะเจริญเติบโตเต็มที่ ก่อนนำไปทำฟีดหมักนั้นมีวัตถุแห้ง 35 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 6.8 เปอร์เซ็นต์ WSC 7.7 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า pH เท่ากับ 6.38 แต่ภายหลังการหมัก พบว่า ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักมีปริมาณวัตถุแห้ง โปรตีน และ WSC ลดลง คือ มีค่าเท่ากับ 36.1 6.6 และ 2.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่า pH ลดลงเท่ากับ 4.09 และมีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเป็น 6.8 เปอร์เซ็นต์ (Al-Rokayan et al., 1998) ปริมาณกรดแลคติกในข้าวฟ่างหมักจะเพิ่มขึ้นส่วนปริมาณของ WSC จะลดลงเนื่องจากในกระบวนการหมัก WSC ที่มีอยู่ในพืชสดจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดอินทรีย์ชนิดหลัก ๆ คือ กรดแลคติกและกรดอะซิติก ซึ่งกรดเหล่านี้จะส่งผลให้ฟีดหมักมี pH ลดลง (McDonald, 1981)

การใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างอาหารสัตว์นอกจากตัดสด หรือ ทำฟีดหมักแล้วยังสามารถปล่อยโคลงแทะเล็มในระบบหมุนเวียน (Rotational grazing) ในแปลงข้าวฟ่างได้ ซึ่งโคมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.55 กิโลกรัมต่อวัน โดยที่ไม่ต้องมีการเสริมอาหารขึ้น โดยสามารถปล่อยโคลงแทะเล็มได้ 2 ถึง 3 ตัวต่อไร่ (French et al., 1988) ข้าวฟ่างอาหารสัตว์สามารถตัดสดหรือปล่อยให้สัตว์เข้าแทะเล็มได้ และจะฟื้นตัวได้อีกแต่ความทนทานต่อการแทะเล็มจะสู้หญ้าชุดานและข้าวฟ่างหวานไม่ได้ (สายัณห์, 2547)

ผลผลิตรวมของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ จากการตัด 4 ครั้ง ที่อายุตัดทุกๆ 45 วัน พบว่า ข้าวฟ่างพันธุ์จัมโบ้ให้ผลผลิตรวมของน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 3,579 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้แก่ พันธุ์ชูปเปอร์ดาน นิวทรีฟีด และพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ซึ่งให้ผลผลิตรวมของน้ำหนักแห้งเท่ากับ 3,042 3,037 และ 2,800 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยในโตรเจน อัตรา 20 และ 30 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนในข้าวฟ่างมีค่าสูงขึ้นจาก 9.6 (ไม่ใส่ปุ๋ย) เป็น 10.3 และ 10.7 ตามลำดับ แต่การใส่ปุ๋ยในโตรเจนนั้นไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณ ADF NDF เซลลูโลส ลิกนิน โพลีแซคคาไรด์ และเมกนีเซียม (เกียรติศักดิ์ และคณะ, 2541)

อายุการตัด อายุการตัดมีผลต่อคุณค่าทางอาหารของข้าวฟ่าง การตัดข้าวฟ่างที่อายุ 45 วัน ให้โปรตีนเท่ากับ 7.7 เปอร์เซ็นต์ และหากตัดเมื่อข้าวฟ่างมีอายุมากขึ้น คือ ตัดเมื่ออายุ 105 วัน ระดับโปรตีนจะลดลงเหลือเพียง 5.1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระดับของลิกนิน นอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชแล้วยังขึ้นอยู่กับอายุของพืชด้วย การตัดข้าวฟ่างที่อายุ 45 วัน มีระดับลิกนิน เท่ากับ 3.9 เปอร์เซ็นต์ และระดับลิกนินจะเพิ่มขึ้นเป็น 6.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อตัดข้าวฟ่างที่อายุ 105 วัน (ฉายแสง และคณะ, 2534) การตัดและการใช้ประโยชน์ข้าวฟ่าง เริ่มตัดข้าวฟ่างอาหารสัตว์ครั้งแรกที่อายุ 60 วันหลังปลูก และสามารถตัดได้อีกทุกๆ 45 วัน โดยตัดต้นสูงเหนือพื้นดิน 15 เซนติเมตร เกษตรกรสามารถนำไปเลี้ยงสัตว์ได้ทั้งใน

รูปสดหรือหมัก โดยสามารถตัดข้าวฟ่างได้ 3 ครั้ง พันธุ์ข้าวฟ่างที่ให้ผลผลิตสูงสุด คือ พันธุ์จัมโบ้ รองลงมาคือพันธุ์สวีทจัมโบ้ และ มข 40 ตามลำดับ โดยให้ผลผลิตน้ำหนักรวมเท่ากับ 15,328 12,660 และ 11,240 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนข้าวโพดนั้นให้ผลผลิตน้ำหนักรวมเท่ากับ 6,590 กิโลกรัมต่อไร่ และตัดได้ครั้งเดียว คุณค่าทางโภชนาของข้าวฟ่างที่อายุตัด 60 วัน พันธุ์จัมโบ้ สวีทจัมโบ้ และ มข 40 มีวัตถุแห้งเท่ากับ 17.69 17.74 และ 18.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีโปรตีนเท่ากับ 5.7 5.0 และ 4.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่า NDF เท่ากับ 68.43 60.58 และ 61.75 เปอร์เซ็นต์ และค่า ADF เท่ากับ 47.62 39.72 และ 42.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลผลิตนมของแม่โครีดนมที่เลี้ยงด้วยข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ตัดครั้งแรกที่อายุ 60 วันหลังการปลูก แม่โคสามารถให้นม 9-10 กิโลกรัมต่อวัน และสามารถลดปริมาณอาหารข้นที่ใช้เลี้ยงลงได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำนมของแม่โค (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตโคนม, 2550) ข้าวฟ่างเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะมีการสะสมสารอาหารไว้ที่ต่อและสามารถแตกหน่อได้อีก ซึ่งหน่อของข้าวฟ่างจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและมีคุณค่าทางโภชนาที่เหมาะสมต่อการนำไปเลี้ยงสัตว์ (Bolsen *et al.*, 1977)

สารพิษในข้าวฟ่าง

กรดไฮโดรไซยานิก (HCN) เป็นสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ พบมากในลำต้นของข้าวฟ่าง ชนิดเมล็ดบางพันธุ์และเป็นปัญหาสำคัญในการพิจารณานำต้นของข้าวฟ่างมาเป็นอาหารสัตว์เดี่ยวเนื่อง ปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิกในต้นข้าวฟ่างขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุไนโตรเจนในดิน ดินที่มีธาตุไนโตรเจนอยู่สูงจะทำให้ปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิกในลำต้นของข้าวฟ่างสูงตามไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิกในลำต้นข้าวฟ่างจะลดลงเรื่อย ๆ หลังจากการตัดสดแล้ว ผึ่งแห้ง และในกรณีการทำหญ้าหมักกรดไฮโดรไซยานิกจะสูญเสียไปทั้งหมด ระดับความเป็นพิษของกรดชนิดนี้สัตว์จะแสดงอาการเป็นพิษเมื่อได้รับกรดไฮโดรไซยานิกในต้นพืชที่มีค่าสูงเกิน 25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (250 ppm) (Montgomery, 1972) ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกจะมีอยู่ในต้นข้าวฟ่างมากที่สุดในระยะต้นกล้าอายุ 1 สัปดาห์ (Layd and Gray, 1968) และหลังจากนั้นปริมาณจะลดลงเรื่อย ๆ ตามอายุของพืชที่เพิ่มขึ้น (Layd and Gray, 1968; Stuart, 2001) ในข้าวฟ่างหมักมีกรดไซยาไนด์ในระดับต่ำซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์ (Farias and Winch, 1987) ในประเทศไทย ปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิกในข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ระยะตั้งท้อง (booting stage) มีค่าอยู่ระหว่าง 4.36-9.01 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (สุพาพัฒน์, 2535) ส่วนที่ระยะแบ่งอ่่อนนั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 0.06-1.14 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ข้าวฟ่างอาหารสัตว์พันธุ์จัมโบ้ที่ระยะกบใบธงโป่งหรือที่อายุ 56 วันหลังปลูก มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกเท่ากับ 80.12 ppm (คมสัน, 2537)

ถั่วเลบเลบ

ถั่วเลบเลบ (Lablab) เป็นถั่วอาหารสัตว์อีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย ใช้ประโยชน์ได้หลายทาง (สายัณห์, 2547) ถั่วเลบเลบ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Dolichos lablab* (L.) หรือ *Lablab purpureus* (L.) อยู่ใน Family Leguminosae Subfamily Papilionoideae tribe Phaseoleae ชื่อสามัญของถั่วเลบเลบมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปในแต่ละประเทศ เช่น Lablab bean (ออสเตรเลีย) poorman's bean (อังกฤษ) lubia (ซูดาน) gallinta (เม็กซิโก) (Skerman *et al.*, 1988) และในประเทศไทยมีชื่อพื้นเมืองว่า ถั่วเปปหรือถั่วหนั (สายัณห์, 2522) ถั่วเลบเลบมีแหล่งกำเนิดในแอฟริกาตะวันออก ปัจจุบันแพร่กระจายไปในเขตร้อนและกึ่งร้อนของโลก (สายัณห์, 2547)

ถั่วเลบเลบ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ถั่วเลบเลบสวน (garden type) หรือ variety typicus และ ถั่วเลบเลบไร่ (field type) หรือ variety lignosus (Magoon *et al.*, 1974) ซึ่งในประเทศไทยถั่วเลบเลบไร่ มี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ Rongai มีระบบรากลึก เจริญเติบโตและแข็งแรงดี ออกดอกช้า มีดอกสีขาว เมล็ดสีน้ำตาล เดิมเป็นพันธุ์ที่มีแหล่งดั้งเดิมที่ประเทศเคนยา และได้มีการนำเข้ามาปลูกในประเทศออสเตรเลีย แล้วแพร่กระจายทั่วไปตามเขตร้อนของประเทศออสเตรเลีย ส่วนพันธุ์ Highworth เป็นพันธุ์ที่นำมาจากประเทศออสเตรเลีย และอินเดียตอนใต้ มีดอกสีม่วงและเมล็ดสีดำ เมล็ดเล็กกว่าพันธุ์ Rongai เล็กน้อย แต่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งและเมล็ดพันธุ์สูงกว่า ฝักสุกแก่และสม่ำเสมอมากกว่าพันธุ์ Rongai ฝักชูเหนือทรงพุ่ม ฝักที่แก่แล้วไม่แตกร่วงหล่นบนดิน (Peter, 1975)

ถั่วเลบเลบเป็นพืชที่มีอายุเพียงฤดูเดียว (annual) หรือสองฤดู (biennial) จัดเป็นพืชวันสั้น เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศร้อน ชุ่มชื้น อุณหภูมิเฉลี่ย 22-35 องศาเซลเซียส ไม่ทนต่อน้ำค้างแข็ง ปริมาณน้ำฝน 510-1,700 มิลลิเมตรต่อปี เจริญเติบโตได้รวดเร็วและขึ้นได้ในดินเกือบทุกชนิด สามารถทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี ชอบดินที่มีการระบายน้ำดี ไม่ชอบดินชื้นแฉะ เมื่ออยู่ในสภาพน้ำท่วมขังใบจะร่วง ลำต้นแห้งตาย ถั่วเลบเลบเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดี การปลูกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์นั้นนิยมปลูกหมุนเวียนกับพืชฤดูเดียวเพื่อป้องกันโรคที่เกิดจากเชื้อราที่มักจะทำลายต้นและใบ และหากปลูกถั่วเลบเลบซ้ำในที่เดียวกันถั่วอาจถูก nematode เข้าทำลายได้ (English, 1999)

ถั่วเลบเลบเจริญเติบโตได้เร็ว เหมาะในการปลูกเป็นอาหารสัตว์ในช่วงระยะเวลาที่เร่งรีบ สัตว์ชอบกิน เป็นถั่วที่มีคุณค่าทางอาหารสูงเหมาะกับการตัดสดให้สัตว์กิน แต่ควรระวังเรื่องโรคท้องอืด จึงไม่ควรให้สัตว์กินในขณะยังสดและอวบนัก ควรปล่อยให้โคนหญ้าแห้งหรือฟางแห้งก่อนปล่อยให้

โคลงเทละเดิมในแปลง และถั่วเลบเลบยังเหมาะในการทำพืชแห้งไว้ให้สัตว์กิน ถั่วชนิดนี้ไม่ทนต่อการตัดชิดดิน การตัดควรไว้ต่อ 20-25 เซนติเมตรจะช่วยให้ถั่วฟื้นตัวดีขึ้น (สายัณห์, 2547)

การปลูก ผลผลิต คุณค่าทางอาหาร และการใช้ประโยชน์จากถั่วเลบเลบ

ถั่วเลบเลบมีลักษณะการเจริญเติบโตเป็นแบบเถาเลื้อยหรือพุ่ม นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายในทวีปเอเชียและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นพืชตระกูลถั่วอาหารสัตว์ที่ใช้แพร่หลายที่สุดในประเทศออสเตรเลีย (Loch and Ferguson, 1999) เนื่องจากให้คุณค่าทางอาหารและโปรตีนสูง ต้นใช้เป็นอาหารสัตว์ เมล็ดใช้เป็นอาหารของมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในการปรับปรุงดิน ป้องกันการพังทลายของดิน และควบคุมวัชพืชได้ (English, 1999) การใช้ประโยชน์จากถั่วเลบเลบในประเทศไทยนั้นยังไม่แพร่หลายมากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้ประโยชน์จากพืชชนิดนี้มีข้อมูลน้อย นอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านเมล็ดพันธุ์ที่ยังมีจำกัดไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร (สุปราณี, 2544) การปลูกถั่วเลบเลบร่วมกับพืชหลัก 1 ปี หรือ 2 ปี แล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดบำรุงดินได้น้ำหนักสด 4-5 ตันต่อไร่ (ประชา และปรัชญา, 2535) การปลูกถั่วเลบเลบเพื่อการคลุมดิน หรือปลูกเพื่อเป็นปุ๋ยพืชสดนั้นควรปลูกในต้นฤดูฝนประมาณเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม โดยใช้ระยะปลูก 50×50 หรือ 75×75 เซนติเมตร ใช้เมล็ด อัตรา 4-5 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการปลูกเพื่อขยายพันธุ์ ใช้ระยะปลูก 100×75 หรือ 100×100 เซนติเมตร ปลูก 3 เมล็ดต่อหลุม ใช้เมล็ด อัตรา 3-4 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ 120-150 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2537) ส่วนการปลูกถั่วเลบเลบเพื่อปรับปรุงดินควรปลูกในช่วงต้นฤดูฝน ใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 30 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร หลุมละ 1 ต้น และควรควบคุมและกำจัดวัชพืชร่วมด้วย ถั่วเลบเลบจะออกดอกประมาณปลายเดือนพฤศจิกายน การปลูกพืชตระกูลถั่วในต้นฤดูฝนจะเจริญเติบโต และให้น้ำหนักมากกว่าปลายฤดูฝน 25-89 เปอร์เซ็นต์ (จำลอง และคณะ, 2541)

ถั่วเลบเลบสามารถนำไปใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงสัตว์ร่วมกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ โดยการตัดถั่วไว้ต่อสูง 25 เซนติเมตร ซึ่งการตัดถั่วทุก 30 ถึง 40 วัน ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งอยู่ระหว่าง 1,065 ถึง 1,103 กิโลกรัมต่อไร่ และได้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์เท่ากับ 455 และ 414 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (สุนันทา และคณะ, 2542) ถั่วเลบเลบตัดครั้งแรกที่อายุ 61 วันหลังปลูกให้ผลผลิต 1.5 ตันต่อเฮกตาร์ และตัดครั้งที่ 2 ที่อายุ 98 วัน (หลังจากการตัดครั้งแรก) ให้ผลผลิต 5.9 ตันต่อเฮกตาร์ ผลผลิตรวมจากการตัด 2 ครั้ง เท่ากับ 7.4 ตันต่อเฮกตาร์

ถั่วเลนเลนตัดครั้งแรกที่อายุ 61 วัน มีโปรตีน 21.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการตัดครั้งที่ 2 ที่อายุ 49 วัน (หลังการตัดครั้งแรก) มีโปรตีน 16.5 เปอร์เซ็นต์ และการตัดครั้งที่ 3 ที่อายุ 98 วัน (หลังการตัดครั้งแรก) มีโปรตีน 12.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Stuart, 2001) ใบและลำต้นของถั่วเลนเลนมีคุณค่าทางอาหารสูง สามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ดี ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตสามารถตัดถั่วเลนเลนไปเลี้ยงสัตว์ หรือปล่อยให้สัตว์แทะเล็มใบได้ ส่วนในช่วงหลังของการเจริญเติบโต สามารถนำต้นถั่วเลนเลนไปทำฟืนแห้งไว้ให้สัตว์กินได้ ถั่วเลนเลนเจริญเติบโตได้เร็วจึงเหมาะต่อการปลูกเพื่อเป็นอาหารสัตว์ในช่วงระยะเวลาที่เร่งรีบ (สายัณห์, 2540)

การใช้พืชตระกูลถั่วที่เหมาะสมเพิ่มเข้าไปในแปลงพืชอาหารสัตว์ หรือทุ่งหญ้าธรรมชาตินั้น เป็นวิธีเพิ่มโปรตีนให้แก่สัตว์เลี้ยงที่ยั่งยืนและประหยัด (Jones, 1972; Whiteman, 1980) หลังจากปลูกถั่วเลนเลน จนถั่วมีอายุ 10 สัปดาห์สามารถปล่อยสัตว์เข้าแทะเล็มได้ ซึ่งหลังจากนั้นใบถั่วสามารถเจริญเติบโตใหม่ได้ (Skerman, 1977) การใช้ถั่วเป็นอาหารสัตว์มีข้อควรระวัง คือ อย่าให้ถั่วเลนเลนแก่สัตว์ในขณะที่สัตว์หิวจัด เพราะจะทำให้เกิดอาการท้องอืด โดยเฉพาะถั่วที่กำลังเจริญเติบโตแตกใบใหม่ ควรผสมถั่วเลนเลนกับหญ้าให้เป็นอาหารแก่สัตว์ หรืออาจพ่นสารด้านการเกิดอาการท้องอืดแก่ถั่วเลนเลนก่อนนำไปเลี้ยงสัตว์ (Hamilton *et al.*, 1969) ฝักสุกของถั่วเลนเลนสามารถนำไปเลี้ยงโคได้ ซึ่งในเมล็ดจะมีคุณค่าทางอาหารสูง (Wildin, 1974)

ถั่วเลนเลนสามารถแปรรูปโดยการตัดและหั่นให้ละเอียด และทำให้แห้งเพื่อเก็บไว้เลี้ยงสัตว์ ในยามขาดแคลนอาหารสัตว์ได้ ซึ่งต้นแห้งของถั่วเลนเลนมีโปรตีนอยู่ 1.17 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในใบแห้งนั้นมีโปรตีนอยู่ 4.52 เปอร์เซ็นต์ (Thurbon *et al.*, 1970) ถึง 18.48 เปอร์เซ็นต์ มีวัตถุแห้ง 18.18 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมและฟอสฟอรัส 1.22 และ 0.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (กรมปศุสัตว์, 2547) ถั่วเลนเลน สามารถปลูกแยกจากแปลงหญ้าเพื่อใช้ประโยชน์ในรูปตัดสดหรือปล่อยสัตว์ลงแทะเล็มได้ หรือปลูกทำแปลงหญ้าผสมถั่ว สำหรับการให้ประโยชน์ของทุ่งหญ้าที่เสริมด้วยถั่วเลนเลนนั้น แม่วโคสามารถเข้าแทะเล็มได้โดยสะดวกในแปลงถั่วเลนเลน และเกษตรกรสามารถใส่ปุ๋ยยูเรียเพื่อเพิ่มผลผลิตหญ้าได้โดยไม่ส่งผลเสียต่อถั่วเลนเลน (Whiteman, 1980) และในกรณีของพืชตระกูลถั่ว นั้นพบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (P_2O_5) ในอัตรา 60 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์จะช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตของถั่วได้ (Sheoran *et al.*, 1994)

การปลูกพืชแซม (Intercropping) เช่น การปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมในทุ่งหญ้านั้นสามารถเพิ่มทั้งปริมาณและคุณภาพของอาหารสัตว์ได้ (Mohamed-Saleem, 1985; Kouame *et al.*, 1993) นอกจากนี้พืช

ตระกูลถั่วยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างทางกายภาพและโครงสร้างทางเคมีของดิน (Tarawali and Ikwuegbu, 1993) และช่วยควบคุมวัชพืชและป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน (Sistachs *et al.*, 1992; Reddy *et al.*, 2003) เมื่อปล่อยสัตว์ลงแทะเล็ม สัตว์เลี้ยงจะมีประสิทธิภาพทางการผลิตดีกว่าการเลี้ยงสัตว์ด้วยวัสดุเศษเหลือทางการเกษตร (Powell and Williams, 1995) การเลี้ยงสัตว์ด้วยตอซังข้าวโพด (maize stover) ร่วมกับการเสริมถั่วเลนเลนนั้นถั่วจะช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีน และเพิ่มการย่อยได้ของอาหารสัตว์ (Capper *et al.*, 1989; Buxton, 1996) ปริมาณโปรตีนในตอซังข้าวโพดนั้นมีค่าน้อยกว่า 100 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณโปรตีนของถั่วเลนเลนนั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 135-280 กรัมต่อกิโลกรัม (Addy and Thomas, 1976)

ค่าการย่อยได้และปริมาณโปรตีนในพืชอาหารสัตว์นั้นจะเป็นดัชนีในการจำแนก หรือบ่งชี้ถึงคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ และประสิทธิภาพการผลิตของสัตว์เลี้ยง (Ørskov, 1980) การเพิ่มคุณภาพทุ่งหญ้าด้วยการปลูกหญ้าผสมถั่วและการใช้ถั่วอาหารสัตว์ เช่น ถั่วลาย ถั่วฮามาต้า ถั่วเลนเลน และกระถิน จะช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับสัตว์ทั้งในแง่ผลผลิตนม (Tudori *et al.*, 2001) และเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต (ชาญชัย, 2530) การปลูกหญ้า *Brachiaria decumbens* ร่วมกับถั่วจะได้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกหญ้าเพียงอย่างเดียว (Cadisch *et al.*, 1994) การปลูกหญากรีนแพนิก และหญาบัพเฟล ร่วมกับถั่วทาสวิลสไตโล หรือถั่วฮามาต้าจะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกหญ้าเพียงอย่างเดียว (Shehu and Akinola, 1995) ผลผลิตของหญ้าผสมถั่วจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะการเจริญเติบโต ความสามารถในการแข่งขัน และความสามารถในการเจริญเติบโตของถั่วหลังถูกตัด (Harper, 1997) ซึ่งหญ้าเขตร้อนส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้เร็ว และมีแนวโน้มว่าจะข่มถั่วที่ปลูกร่วมเพราะเกิดการบดบังแสง (Mclover, 1978; Haynes, 1980)

ข้าวฟ่างอาหารสัตว์สามารถปลูกร่วมกับพืชตระกูลถั่วชนิดต่าง ๆ ได้ เช่น ถั่ว Cowpea ถั่วมะแฮะ (Pigeonpea) (Reddy *et al.*, 2001) ถั่วเลนเลน ถั่วเหลือง ซึ่งพืชตระกูลถั่วจะช่วยเพิ่มระดับโปรตีนแก่พืชอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมได้ (Oliveira and de Garcia, 1990) การปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์ร่วมกับถั่ว Cowpea นั้นจะช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำหนักรากแห้งและเพิ่มโปรตีนให้สูงขึ้นได้ (Kumbhar *et al.*, 1994) ในพืชตระกูลถั่วจะมีปริมาณของโปรตีนอยู่ระหว่าง 15.2-16.4 เปอร์เซ็นต์ ธัญพืชที่ปลูกร่วมกับพืชตระกูลถั่วจะมีปริมาณของโปรตีนอยู่ระหว่าง 11.5-12.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนธัญพืชที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ (Cereal fodder crops) จะมีปริมาณของโปรตีนอยู่ระหว่าง 7.9-8.1 เปอร์เซ็นต์ (Sharma *et al.*, 1993) แต่การปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์อย่างเดียว จะให้ผลผลิตน้ำหนักรากมากกว่าข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับพืชตระกูลถั่ว (Singh and Hazra, 1988; Singh *et al.*, 1990) แต่พืชตระกูลถั่วที่ปลูกร่วมจะช่วยเพิ่ม

คุณค่าทางโภชนาให้ตรงตามความต้องการของสัตว์เลี้ยงได้ (Kumbhar *et al.*, 1994) การทำพืชหมักโดยใช้ถั่วเลนแลบหมักร่วมกับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ อัตราส่วน 1 ต่อ 2 ให้โปรตีน 8.1 เปอร์เซ็นต์ และหากเพิ่มอัตราส่วนของถั่วเลนแลบต่อข้าวฟ่างเป็น 2 ต่อ 1 พืชหมักจะมีโปรตีนสูงขึ้นถึง 11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปกติข้าวฟ่างหมักจะมีโปรตีนเพียง 4 - 5 เปอร์เซ็นต์ (Ryley, 1966)

การเปลี่ยนแปลงค่าโลหิตวิทยาของโคนม

การเปลี่ยนแปลงค่าโลหิตวิทยาของโคนม สามารถตรวจสอบได้จากการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงค่าชีวเคมีในเลือดในช่วงก่อนได้รับอาหารและหลังได้รับอาหาร เลือดเป็นของเหลวภายในร่างกายที่เป็นตัวกลางในการขนส่งสารอาหาร และสารที่ควบคุมการทำงานของร่างกายไปยังเซลล์ต่าง ๆ รวมถึงรับเอาของเสียที่เกิดขึ้นจากเซลล์ในขบวนการเมตาบอลิซึมของสารอาหาร ดังนั้น การตรวจสอบค่าชีวเคมีในเลือด จึงแสดงถึงความสัมพันธ์ของอาหารที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีระสภาพของสัตว์ (Singh, 2002) ค่าชีวเคมีในเลือดจึงสามารถนำมาพิจารณา ร่วมกับค่าทางโภชนาอื่น ๆ ที่ทำการวิเคราะห์เพื่อประเมินการใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร ค่าชีวเคมีในเลือดที่ใช้ตรวจสอบมีดังนี้

1. ยูเรียไนโตรเจนในเลือด (Blood Urea Nitrogen; BUN)

ยูเรียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนซึ่งสังเคราะห์ขึ้นที่ตับ โดยเปลี่ยนมาจากแอมโมเนีย จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนจะสลายโปรตีนในอาหารเป็นแอมโมเนีย เพื่อใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับการสร้างจุลินทรีย์โปรตีน แอมโมเนียที่จุลินทรีย์นำไปใช้ไม่ทันจะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเข้าสู่กระแสเลือด ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นยูเรียอย่างรวดเร็วที่ตับเพื่อลดความเป็นพิษของแอมโมเนีย นอกจากนี้ กรดอะมิโนที่ดูดซึมผ่านลำไส้เล็กแต่ไม่ถูกนำไปใช้สร้างโปรตีน ก็จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานและยูเรียที่ตับเช่นกัน (Khon, 2007) ยูเรียที่เกิดขึ้นจะเข้าสู่กระแสเลือดส่วนหนึ่งถูกนำกลับเข้าสู่กระเพาะรูเมนผ่านทางน้ำลาย ส่วนหนึ่งจะไปยังไต และถูกขับออกทางปัสสาวะ (เมธา, 2529; บุญล้อม, 2541)

Higginbotham *et al.* (1989) รายงานว่าปริมาณ BUN ขึ้นอยู่กับปริมาณและความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีนและไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนในอาหารที่สัตว์ได้รับ ปริมาณ BUN ยังบ่งบอกถึงการใช้ประโยชน์ของโปรตีนในสูตรอาหาร (Tiffany *et al.*, 1972) รวมถึงความสมดุลของ

ไนโตรเจนในอาหารว่าเพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และตัวสัตว์เองหรือไม่ ดังนั้น ความเข้มข้นของ BUN จึงสามารถใช้ตรวจสอบความสมดุลระหว่างปริมาณโปรตีนและพลังงานในอาหารที่สัตว์ได้รับ (Hammond, 1997)

การเพิ่มขึ้นของระดับ BUN อาจเป็นผลเนื่องมาจากสัตว์ได้รับอาหารที่มีโปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนในระดับสูง หรืออาจเกิดจากสภาวะที่มีการนำโปรตีนในร่างกายไปใช้ประโยชน์ เช่น ในช่วงที่ปริมาณการกินอาหารต่ำ ไม่เพียงพอในการรักษาสภาพปกติของสัตว์ได้ ในช่วงการอดอาหาร ช่วงที่เกิดท้องร่วงอย่างรุนแรง หรือโรคอื่น ๆ ที่ทำให้ร่างกายอ่อนแอ (เมธา, 2529) การขาดแคลนพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต หรือการทำงานของไตที่ผิดปกติ (Lazzaro, 2005) และอัตราการสังเคราะห์ยูเรียจะสูงขึ้นในสัตว์ที่กำลังเจริญเติบโต อยู่ระหว่างการให้นม และในสัตว์ที่กินโปรตีนสูง (Madsen, 1983) ส่วนการลดลงของ BUN อาจเกิดจากร่างกายได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำ หรือการทำงานที่ผิดปกติของวัฏจักรยูเรีย (urea cycle) ในการเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นยูเรีย หรือเกิดจากความผิดปกติของตับและไต (Moss, 1992)

ความเข้มข้นของส่วนประกอบเลือดในระดับปกติจะผันแปรกับอายุ อาหาร และปัจจัยอื่น ๆ (เมธา, 2529) ปริมาณ BUN ในสัตว์เคี้ยวเอื้องปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 10-20 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Jack, 1977) การตรวจวัดค่า BUN เพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอในการบ่งชี้ถึงการใช้ประโยชน์ของอาหารทั้งหมดในสัตว์ได้ เนื่องจากการใช้ประโยชน์จากโปรตีนในอาหารจะต้องสัมพันธ์กับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ในสัตว์ (เมธา, 2529) ดังนั้น จึงควรหาค่าชีวเคมีในเลือดที่บ่งชี้ถึงการใช้ประโยชน์ของพลังงานในสัตว์ร่วมด้วย เช่น BG เพื่อช่วยในการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของสัตว์ที่ได้รับอาหารต่างกัน

2. น้ำตาลในเลือด (Blood Glucose; BG)

กลูโคสจะถูกดูดซึมและเข้าไปสะสมในตับและกล้ามเนื้อในรูปแบบไกลโคเจน และจะสลายออกมาเมื่อร่างกายต้องการพลังงานโดยขบวนการกลูโคนีโอเจเนซิส (gluconeogenesis) ซึ่งเกิดขึ้นที่ตับ (เมธา, 2529) การสร้างกลูโคสขึ้นอยู่กับสภาวะของสัตว์ และชนิดของอาหารที่กิน การกินอาหารข้นจะเกิดการสร้างกลูโคสมากกว่าการกินอาหารหยาบ เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตในอาหารข้นจะถูกเปลี่ยนเป็นโพรพิโอเนท โดยการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งจะถูกลดซึมเข้าสู่กระแสเลือดแล้วเปลี่ยนเป็นกลูโคสที่ตับต่อไป (บุญล้อม, 2542) ปริมาณของโพรพิโอเนทที่ดูดซึม

เข้าไปจะถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคสได้ตั้งแต่ 19-60 เปอร์เซ็นต์ สัตว์เลี้ยงเองโดยทั่วไปจะมีปริมาณ BG 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ และมีความต้องการ BG เพื่อใช้ในการดำรงชีพ (basal metabolism) 40-60 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ และทำให้เนื้อเยื่อทำงานได้ตามปกติ สัตว์จะใช้กลูโคสเป็นแหล่งพลังงานโดยตรง และถูกควบคุมโดยฮอร์โมนอินซูลินและกลูคากอนที่สร้างจากตับอ่อน ซึ่งจะส่งผลให้ระดับ BG อยู่ในระดับปกติ (เมธา, 2529) BG สามารถบอกถึงการใช้ประโยชน์ของพลังงานในสูตรอาหาร (Blowey *et al.*, 1973) การเพิ่มขึ้นของระดับ BG จะพบได้หลังจากการได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง หลังจากออกกกำลังกาย การเกิดความเครียดอย่างฉับพลันหรือรุนแรง ส่วนการลดลงของระดับ BG จะเกิดขึ้นในสภาวะ Acetonemia หรืออินซูลินชักนำให้ร่างกายเกิดภาวะ Hypoglycemia หรืออาจเกิดจากการทำงานผิดปกติของตับและไต (Moss, 1992)

3. ฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน (Triiodothyronine; T_3)

ฮอร์โมนไทรอกซิน เป็นฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ เป็นเอมีนฮอร์โมนซึ่งสังเคราะห์ขึ้นจากต่อมไทรอยด์ มีอยู่ 2 ชนิด คือ ฮอร์โมนไทรอกซิน (Thyroxine; T_4) และฮอร์โมน T_3 โดย T_3 จะมีความเข้มข้นในเลือดต่ำกว่า T_4 แต่มีความสามารถในการออกฤทธิ์สูงกว่าหลายเท่า ซึ่ง 85 เปอร์เซ็นต์ของ T_3 ที่ร่างกายผลิตขึ้นในแต่ละวันเปลี่ยนมาจาก T_4 (นทีทิพย์, 2538) กระบวนการสังเคราะห์ฮอร์โมนทั้งสองชนิดนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณไอโอดีน และกรดอะมิโนไทโรซีน ระดับของฮอร์โมน T_3 ในโคมีค่า 3.6-9.0 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ($\mu\text{g/dl}$) และ T_4 ในโคมีค่า 40-170 $\mu\text{g/dl}$ (Dunlop, 1991) ไทรอยด์ฮอร์โมนเกี่ยวข้องกับการให้นม โดยทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย ช่วยควบคุมสภาวะปกติต่าง ๆ เช่น เพิ่มปริมาณการกินอาหาร อัตราการเต้นของหัวใจ การไหลเวียนของโลหิตไปยังเต้านม และอัตราการคัดหลั่งน้ำนม (Taylor and Field, 1998) ไทรอยด์ฮอร์โมนไม่มีเซลล์เป้าหมายจำเพาะแต่มีผลต่อเซลล์เกือบทุกชนิดในร่างกาย มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต กระตุ้นอัตราเมแทบอลิซึมพื้นฐาน (basal metabolic rate; BMR) หรือเพิ่มการสร้างพลังงาน จึงมีผลเพิ่มการใช้ออกซิเจนของร่างกายโดยรวม ซึ่งมีส่วนช่วยในการผลิตและเก็บความร้อนภายในร่างกาย ส่งผลต่อเมแทบอลิซึมของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน และควบคุมการทำงานของทุกระบบในร่างกาย (นทีทิพย์, 2538; Dunlop, 1991, Taylor and Field, 1998) ทำให้อัตราเมแทบอลิซึมของร่างกายสูงขึ้นประมาณ 60-100 เปอร์เซ็นต์ของระดับปกติ นอกจากนี้ ยังทำให้อัตราการใช้อาหารเพื่อสร้างพลังงาน รวมถึงอัตราการสร้างและการสลายโปรตีนของร่างกายเพิ่มขึ้น (ยรรยง, 2538) ซึ่งไทรอยด์ฮอร์โมนในระดับที่เหมาะสมนั้นจะมีผลกระตุ้นการหมุนเวียนของโปรตีน (protein turnover) (นทีทิพย์, 2538) ส่งผลให้สัตว์ในระยะรุ่นมี

อัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (ยรรยง, 2538) แต่หากมีในระดับสูงเกินไปจะกระตุ้นการสลายโปรตีนมากกว่าการสร้างและสะสม (นทีทิพย์, 2538) ภาวะการขาดอาหารจะมีผลทำให้ระดับของไทรอยด์ฮอร์โมนลดลง และลดการเปลี่ยน T_4 เป็น T_3 อาหารคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนมีผลต่อการสังเคราะห์ไทรอยด์ฮอร์โมน โดยคาร์โบไฮเดรตจะกระตุ้นการหลั่ง T_4 และโปรตีนจะกระตุ้นการเปลี่ยน T_4 เป็น T_3 (Squires, 2003) ดังนั้น ถ้าหากสัตว์ได้รับอาหารไม่เพียงพอจะทำให้เกิดการสลายตัวของโปรตีน และไขมันของร่างกาย ส่งผลให้สูญเสียน้ำหนักตัว (ยรรยง, 2538)

4. กรดไขมันอิสระชนิด Non esterified fatty acids (NEFA)

ไขมันที่สะสมในเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) ของสัตว์จะอยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งจะถูกสลายได้กรดไขมันอิสระ NEFA และ กลีเซอรอล ซึ่ง NEFA ที่ได้จากการนี้จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ไขมันในน้ำมันที่ต่อมน้ำนม ถูกนำไปใช้ตามเนื้อเยื่อต่าง ๆ ในร่างกายเพื่อเป็นแหล่งพลังงาน และบางส่วนจะถูกนำกลับไปยังตับเพื่อทำการ re-esterified กลับไปเป็นไตรกลีเซอไรด์อีกครั้งและจะถูกขับออกมาใหม่ในรูปของ Very low density lipoproteins (VLDL) หรือถูกออกซิไดซ์เป็น Acetyl Co-enzyme A (Acetyl Co A) ซึ่ง Acetyl Co A ที่ได้จากกระบวนการออกซิเดชันที่สมบูรณ์ของ NEFA นั้นจะถูกนำไปเปลี่ยนเป็นพลังงานโดยวัฏจักรเครป (Kreb's Cycle) หาก Acetyl Co A ที่เข้าสู่ Kreb's Cycle มีมากเกินไป สารคีโตนก็จะถูกสร้างขึ้น สารคีโตนเหล่านี้ได้แก่ Acetoacetic acid, Acetone และ Beta – hydroxybutyrate (BHB) (จิตรกมล, 2552) ถ้าหากในกระแสเลือดมีความเข้มข้นของ BHB สูงกว่า 1.2 mmol/L ย่อมบ่งชี้ถึงการเกิดภาวะคีโตซิสในโคนมระยะ Subclinical และหากในกระแสเลือดมีความเข้มข้นของ BHB มีค่าสูงเกิน 2.6 mmol/L จะเกิดภาวะคีโตซิสในระยะ clinical (Oetzel, 2004) ในโคนมที่ให้ผลผลิตสูง หรือโคนมที่เกิดภาวะสมดุลของพลังงานเป็นลบ หรือขาดพลังงาน (Negative energy balance, NEB) จะมีการสูญเสียน้ำหนักตัว เกิดการสลายไขมันสะสม มีปริมาณของ NEFA ในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น และเป็นโรคไขมันสะสมที่ตับ (fatty liver syndrome) (จิตรกมล, 2552) โคที่เพิ่งคลอดลูกใหม่ๆ จะมีปริมาณ NEFA สูงในกระแสเลือด (จิตรกมล, 2552) หากปริมาณ NEFA ในกระแสเลือดมากกว่า 400 $\mu\text{mol/L}$ จะบ่งชี้ถึงปัญหาของภาวะขาดสมดุลพลังงาน โคนมจะมีการสลายไขมัน (lipomobilization) และหากปริมาณ NEFA ในกระแสเลือดมากกว่า 700 $\mu\text{mol/L}$ จะมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะคีโตซิสในโคนม (Oetzel, 2004; Gonzalez *et al.*, 2011)

การตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของกรดไขมันระเหยได้

ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมนสามารถนำมาพิจารณาพร้อมกับค่าทางโภชนาการอื่น ๆ ที่ทำการวิเคราะห์เพื่อประเมินการใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ ซึ่งในสภาวะปกติจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.0-7.0 (Hoover, 1986; Chizzotti *et al.*, 2009; นลอง, 2541) ถึง 7.2 (Ensminger, 1993) ซึ่งจัดว่าเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นประโยชน์ต่อโคนม เช่น แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้มีความสำคัญในแง่ของการใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบ (Ensminger, 1993) แต่ค่าความเป็นกรด-ด่างนี้จะแปรผันไปตามชนิดของอาหารที่สัตว์กิน (McDonald *et al.*, 2002 และ นลอง, 2541)

อัตราของการดูดซึมกรดไขมันระเหยง่ายจากกระเพาะรูเมนสู่กระแสเลือดนั้น ขึ้นอยู่กับสถานะความเป็นกรด - ด่าง และสัณยความเข้มข้น (concentration gradient) ระหว่างปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายที่ผลิตได้ในกระเพาะรูเมนและปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายในกระแสเลือด (Van Soest, 1994) ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้นอกจากขึ้นกับอาหารที่สัตว์กินแล้วยังขึ้นกับระยะเวลาหลังการกินอาหารด้วย ส่วนใหญ่กรดไขมันที่ระเหยได้จะถูกดูดซึมโดยตรงจากกระเพาะรูเมนเข้าสู่กระแสเลือด และนำเข้าสู่กระบวนการเมตาบอลิซึมเป็นแหล่งพลังงานสำหรับตัวโค โดยเฉพาะกรดโพรพิโอนิกและกรดบิวทิริก ส่วนกรดอะซิติกนั้นส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ไขมันนมในโคระยะให้นม (McDonald *et al.*, 2002) จุลินทรีย์จะย่อยสลายอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ได้เป็นกรดไขมันระเหยได้ กรดเหล่านี้จะถูกดูดซึมที่ผนังกระเพาะเข้าสู่กระแสเลือด เพื่อสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงาน และเพื่อสร้างสารอื่นในร่างกาย (บุญล้อม, 2542; Van Soest, 1994) โดยกรดอะซิติกจะมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสร้างพลังงานและการสร้างไขมันนม กรดบิวทิริกจะเป็นพลังงานที่ใช้ในเยื่อผนังกระเพาะรูเมน ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของกลูโคสที่สัตว์ได้รับจะได้มาจากกรดโพรพิโอนิก (Dönmez *et al.*, 2003) ในอาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูงอาจมีส่วนของกรดอะซิติก, กรดโพรพิโอนิก, และกรดบิวทิริก ประมาณ 60-70, 18-20 และ 10 โมลาร์เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อสัดส่วนของอาหารชั้นเพิ่มขึ้น สัดส่วนการเกิดกรดอะซิติกจะลดลง แต่กรดโพรพิโอนิกจะเพิ่มขึ้น (เมธา, 2533; บุญล้อม, 2542; Houtert, 1993; Van Soest, 1994; McDonald *et al.*, 2002)

การตรวจสอบปริมาณและองค์ประกอบน้ำนม

ปริมาณและองค์ประกอบน้ำมนั้นสามารถนำมาพิจารณาร่วมกับค่าทางโภชนาการอื่น ๆ ที่ทำการวิเคราะห์เพื่อประเมินการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ ซึ่งน้ำนมโคนนั้นประกอบไปด้วยน้ำ ไขมัน โปรตีน แลคโตส และแร่ธาตุ ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.0 4.0 3.4 4.9 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบน้ำนมส่วนใหญ่นั้นเป็นน้ำ ส่วนที่เป็นเนื้อนมทั้งหมด (total solid, TS) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13 เปอร์เซ็นต์ (Webb *et al.*, 1974; Gravert, 1987) ความผันแปรของปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวสัตว์เอง เช่น สายพันธุ์ ระยะการให้นม จำนวนครั้งของการให้นม สุขภาพสัตว์ และปัจจัยที่เกิดขึ้นภายนอกตัวสัตว์ เช่น ฤดูกาล ชนิดของอาหาร ตลอดจนการจัดการฟาร์ม เป็นต้น และความผันแปรของปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนมที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มักเกิดจากหลาย ๆ ปัจจัยร่วมกันมากกว่าเกิดจากปัจจัยเดียว (Gravert, 1987) โคนมที่ได้รับอาหารหยาดในปริมาณที่สูงขึ้นจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมเพิ่มขึ้น (Firkins *et al.*, 2001) ปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลต่อปริมาณไขมันนม คือ สัดส่วนระหว่างอาหารหยาดต่ออาหารข้นในสูตรอาหารที่โคนมได้รับ หากโคได้รับอาหารหยาดในสัดส่วนที่สูงจะเกิดการหมักย่อยเชื้อโดยการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก ส่งผลให้เกิดการสะสมของกรดอะซิติกและกรดบิวทิริกในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้น (Lean, 1987) ซึ่งกรดไขมันระเหยได้ทั้ง 2 ชนิดนี้จะเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนมโค (Davis, 1979) ซึ่งปริมาณไขมันในน้ำมนั้นมีผลโดยตรงต่อการกำหนดราคาซื้อขายน้ำนมดิบ ดังนั้นการจัดการด้านอาหาร และการให้อาหารจะมีผลกระทบต่อองค์ประกอบน้ำนม โดยเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมและองค์ประกอบของกรดไขมันมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด (ฉลอง, 2546; Gravert, 1987) และมีช่วงของการแปลงค่อนข้างกว้างตั้งแต่ 1-3 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนมีช่วงการเปลี่ยนแปลง 0.1-0.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแลคโตสและแร่ธาตุในน้ำนมมีปริมาณค่อนข้างคงที่ (Gravert, 1987; Sutton, 1989)

จากการตรวจเอกสารข้างต้น จะเห็นได้ว่า การใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างอาหารสัตว์ร่วมกับพืชตระกูลถั่วเพื่อการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยนั้นยังมีรายงานไว้น้อยมากนัก ดังนั้นจึงควรจะทำการศึกษาถึงรูปแบบการปลูก และแนวทางการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่ว แลบบแลบ เพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาดคุณภาพดีแก่โคนมในช่วงฤดูแล้ง หรือช่วงที่ขาดแคลนหญ้าสด ซึ่งคาดว่าจะช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำนม และช่วยลดปริมาณการใช้อาหารข้น และต้นทุนค่าอาหารข้นลงได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาในครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลองย่อย คือ

1. การศึกษาผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วแฉะในสภาพแปลงทดลอง
2. การใช้หญ้านิสิ่ม่วง ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแฉะเพื่อเป็นอาหารโคนมในรูปตัดสดที่อายุ 60 วัน
3. การใช้หญ้านิสิ่ม่วง และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดครั้งที่ 2 ที่อายุ 45 วัน เพื่อเป็นอาหารโคนม
4. การใช้ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักร่วมกับถั่วแฉะเพื่อเป็นอาหารโคนม

โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์และวิธีการดังนี้

อุปกรณ์

1. แปลงทดลองขนาด 4×6 ตารางเมตร จำนวน 4 แปลง
2. แปลงหญ้านิสิ่ม่วง จำนวน 6 ไร่ แปลงปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแฉะ จำนวน 6 ไร่
3. วัสดุการเกษตร และอุปกรณ์การเกษตร เช่น เมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างอาหารสัตว์จัมโบ้ และเมล็ดพันธุ์ถั่วแฉะ ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 อุปกรณ์การให้น้ำชลประทาน ถังกระจายเก็บตัวอย่างพืช สายเทปสำหรับวัดแบ่งพื้นที่แปลง ไม้วัดความสูง ถังพลาสติกและกระสอบสำหรับบรรจุพืชหมัก เป็นต้น
4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเลือด และของเหลวจากกระเพาะรูเมน เช่น เข็มฉีดยา กระบอกฉีดยาพลาสติก หลอดเก็บเลือดพลาสติก หลอดเก็บเลือดที่เคลือบด้วยโซเดียมฟลูออไรด์ และกระดิกน้ำแข็งมอเตอร์สำหรับดูด ชุดเครื่องมือสุญญากาศ สายยาง ผ้าขาวบางสำหรับกรอง บีกเกอร์ และเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง
5. เครื่องชั่งน้ำหนักสัตว์ และเครื่องชั่งขนาดเล็ก สำหรับชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารและพืชอาหารสัตว์

6. สารเคมี วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด น้ำนม ของเหลวรูเมน และอาหารสัตว์

7. อาหารข้น และแร่ธาตุก้อนสำหรับโคนม

8. โคนม จำนวน 32 ตัว

วิธีการ

การศึกษาครั้งนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วแฉะในสภาพแปลงทดลอง

1.1 การจัดการแปลงพืชอาหารสัตว์ การวัดผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมี

1.1.1 แปลงข้าวฟ่างอาหารสัตว์และแปลงข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแฉะ

ใช้พื้นที่เพื่อจัดทำแปลงทดลองปลูกพืชอาหารสัตว์ จำนวน 0.5 ไร่ ทำการเตรียมดินให้ละเอียดด้วยรถแทรกเตอร์โดยการไถตะ 2 ครั้ง และไถพรวน 2 ครั้ง แล้วตากดินเพื่อกำจัดวัชพืชเป็นเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นพรวนดินอีก 1 ครั้ง เพื่อย่อยดินให้ละเอียด และจัดทำแปลงทดลองขนาด 4×6 ตารางเมตร จำนวน 4 แปลง ทำการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เป็นปุ๋ยรองพื้น อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ โดยการหว่านแล้วคราดกลบก่อนปลูกพืช

1.1.2 วิธีการปลูกพืชอาหารสัตว์

วิธีการปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์พันธุ์จัมโบ้ โดยใช้ระยะปลูก 30×10 เซนติเมตร แบบที่ 2 ปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์พันธุ์จัมโบ้และปลูกถั่วแฉะสลับกับแถวของต้นข้าวฟ่าง โดยใช้ระยะปลูก 30×10 เซนติเมตร ทำการปลูกโดยใช้แรงงานคน โดยหยอดเมล็ดพันธุ์พืช อัตรา 2 เมล็ดต่อหลุม โดยทำการปลูกพืชในวันที่ 5 มิถุนายน พ.ศ. 2552 และหลังพืชงอกและมีอายุครบ 30 วัน ทำการใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 30 กก.ต่อไร่ต่อครั้ง ร่วมกับการให้น้ำชลประทาน เมื่อพืชมีอายุครบ 60 วัน หลังปลูก ทำการ

วัดผลผลิตพืชอาหารสัตว์โดยตัดทั้งแปลง (วัน 2 แอวริม) ทำการชั่งน้ำหนักพร้อมจذبบันทึก แล้วนำไปคำนวณหาผลผลิตต้นสดต่อไร่ การตัดข้าวฟ่างอาหารสัตว์นั้นตัดโดยไวดอสูงเหนือพื้นดินประมาณ 15 เซนติเมตร ส่วนถั่วแถบแถบนั้นตัดไวดอสูงเหนือพื้นดินประมาณ 25 เซนติเมตร จากนั้นทำการสุมตัวอย่างพืชอาหารสัตว์จากทุกแปลง ๆ ละจำนวน 2 กิโลกรัม แล้วนำไปบรรจุในถุงพลาสติก มัดปากถุงให้มิดชิด นำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี โดยวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้ง และโปรตีน โดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) ปริมาณผนังเซลล์ (ADF) และลิกโนเซลลูโลส (NDF) ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970) จากนั้นนำค่าปริมาณวัตถุแห้งที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อไร่ นอกจากนั้นทำการวัดผลผลิตพืชอาหารสัตว์ โดยตัดต้นข้าวฟ่างอาหารสัตว์เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการในครั้งถัดไปอีกทุก ๆ อายุ 45 วัน หลังจากการตัดครั้งแรก ภายหลังการตัดทุกครั้งทำการใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 30 กก.ต่อไร่/ครั้งการตัด ร่วมกับการให้น้ำชลประทาน ทำการตัดครั้งแรกในวันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2552 ตัดครั้งที่ 2 ในวันที่ 17 กันยายน พ.ศ. 2552 ตัดครั้งที่ 3 ในวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2552 และตัดครั้งที่ 4 ในวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2552 ตามลำดับ

การทดลองที่ 2 การใช้หญ้ากินนีสีม่วง ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแถบเพื่อเป็นอาหารโคนมในรูปตัดสดที่อายุ 60 วัน

1.1 การจัดการแปลงพืชอาหารสัตว์ การวัดผลผลิต ลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบทางเคมี และการใช้ประโยชน์

1.1.1 แปลงหญ้ากินนีสีม่วง

ใช้แปลงหญ้ากินนีสีม่วงค้างปีที่ผ่านการตัดใช้ประโยชน์ครั้งที่ 2 ภายหลังการเปิดใช้ประโยชน์จากแปลงหญ้าในรอบปีการผลิต 2551 เป็นแปลงทดลอง โดยก่อนทำการทดลองประมาณ 38-45 วัน หญ้ากินนีสีม่วงที่แบ่งจัดสรรไว้เป็นแปลงทดลองขนาด 6 ไร่ จะถูกตัดที่ระดับความสูง 8-10 เซนติเมตรเหนือพื้นดิน แล้วหว่านปุ๋ยยูเรีย (สูตร 46-0-0) ในอัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของหญ้า หญ้ากินนีในแปลงได้รับน้ำฝนจากธรรมชาติเพื่อการเจริญเติบโต ทำการตัดหญ้ากินนีสีม่วงในแปลงเพื่อนำไปเลี้ยงโคทดลองในคอกทุกวัน โดยตัดหญ้าในช่วงเช้า หญ้ากินนีจะถูกตัดให้เหลือตอสูงจากพื้นดินประมาณ 8-10 เซนติเมตร ซึ่งหญ้าสดที่นำไปเลี้ยงโคทดลองนั้น เป็นหญ้าที่มีอายุอยู่ระหว่าง 38-45 วัน ซึ่งจัดว่าเป็นหญ้าที่มีคุณภาพดี การใช้ประโยชน์

จากทุ่งหญ้าแบบตัดสลับไปเลี้ยงแม่โคในคอกนั้น แม่โคทุกตัวจะได้รับการปรับตัวก่อนการทดลองเป็นระยะเวลา 7 วัน และมีระยะเวลาทำการทดลองทั้งหมด 42 วัน โดยเริ่มเก็บข้อมูลในวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2551 และสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

1.1.2 แปลงข้าวฟ่างอาหารสัตว์และแปลงข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแถบแถบ

ใช้พื้นที่ปลูกพืชอาหารสัตว์ จำนวน 6 ไร่ ทำการเตรียมดินให้ละเอียดด้วยรถแทรกเตอร์โดยการไถตะ 2 ครั้ง และไถพรวน 2 ครั้ง แล้วตากดินเพื่อกำจัดวัชพืชเป็นเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นพรวนดินอีก 1 ครั้ง เพื่อย่อยดินให้ละเอียด ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เป็นปุ๋ยรองพื้นโดยการหว่านแล้วไถกลบ อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ วิธีการปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์พันธุ์จัมโบ้ โดยใช้ระยะปลูก 30×10 เซนติเมตร แบบที่ 2 ปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์พันธุ์จัมโบ้และปลูกถั่วแถบแถบสลับกับแถวของต้นข้าวฟ่าง โดยใช้ระยะปลูก 30×10 เซนติเมตร ทำการปลูกโดยใช้แรงงานคน โดยหยอดเมล็ด อัตรา 2 เมล็ดต่อหลุม โดยปลูกข้าวฟ่างวันละ 8 แถว และปลูกถั่วแถบแถบ 4 แถวสลับระหว่างแถวของข้าวฟ่าง 4 แถว วันละ 8 แถว รวมปลูกวันละ 16 แถว (แต่ละแถว ยาว 40 เมตร) โดยทยอยปลูกทุกวันจนเต็มพื้นที่ 6 ไร่ โดยเริ่มปลูกในวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2551 และสิ้นสุดการปลูกในวันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2551 ใช้ระยะเวลาปลูกรวม 60 วัน หลังพืชงอกและมีอายุครบ 30 วัน ทำการใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 30 กก.ต่อไร่ ร่วมกับการให้น้ำชลประทาน

เมื่อพืชมีอายุครบ 60 วัน หลังปลูกทำการสุ่มวัดผลผลิตพืชอาหารสัตว์ และลักษณะทางการเกษตร เช่น จำนวนต้นพืช ความสูงต้นเหนือพื้นดิน ความหนาแน่นของต้นพืช ผลผลิตน้ำหนักสด เป็นต้น ทำการสุ่มโดยใช้กรอบสุ่มที่มีขนาดพื้นที่ 0.16 ตารางเมตร แล้วคำนวณผลผลิตเทียบเป็นผลผลิตต่อไร่ ทำการสุ่มจำนวน 6 จุดต่อแปลง (รวม 12 จุด) โดยสุ่มตัวอย่างจากแปลงพืชอาหารสัตว์ที่ปลูกในวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2551 และมีอายุครบ 60 วันในวันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ. 2551 หลังจากการสุ่มวัดผลผลิตเสร็จแล้ว นับจำนวนต้นพืชที่อยู่ภายในบริเวณกรอบสุ่ม จากนั้นทำการตัดต้นพืชที่อยู่ภายในกรอบสุ่ม (ต้นข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดไว้ตอสูงเหนือพื้นดินประมาณ 15 เซนติเมตร ส่วนต้นถั่วแถบแถบตัดไว้ตอสูงเหนือพื้นดินประมาณ 20 เซนติเมตร) ทำการชั่งน้ำหนักต้นพืชอาหารสัตว์แต่ละประเภทพร้อมจذبบันทึก นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาจำนวนผลผลิตน้ำหนักสดต่อไร่ จำนวนต้นต่อไร่ เป็นต้น จากนั้นนำต้นพืชอาหารสัตว์ที่ตัดได้จากแต่ละกรอบสุ่ม นำไปบรรจุในถุงพลาสติก มัดปากถุงให้มิดชิด นำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี โดย

วิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้ง และโปรตีนโดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) ปริมาณผนังเซลล์ (ADF) และลิกโนเซลลูโลส (NDF) ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970) จากนั้นนำค่าปริมาณวัตถุแห้งที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาผลผลิตน้ำหนักรายวันต่อไร่ ส่วนการใช้ประโยชน์จากพืชอาหารสัตว์เพื่อเลี้ยงโคทดลองนั้นหลังจากพืชมีอายุครบ 60 วันหลังจากการปลูก ทำการตัดต้นพืชในช่วงเช้า เพื่อนำไปเลี้ยงโคนมในคอกทดลอง ต้นข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดไว้ตอสูงเหนือพื้นดินประมาณ 15 เซนติเมตร ส่วนต้นถั่วแฉะตัดไว้ตอสูงเหนือพื้นดินประมาณ 20 เซนติเมตร นำผลผลิตพืชอาหารสัตว์ที่ได้ไปสับด้วยเครื่องสับที่มีกำลัง 5.5 แรงม้า พืชที่ผ่านการสับจะมีขนาด 2-3 เซนติเมตร ทำการคลุกเคล้าให้เข้ากันดีก่อนนำไปเลี้ยงโคนมในคอกทดลอง

1.2. สัตว์และกลุ่มการทดลอง

ใช้แม่โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียนที่มีระดับสายเลือดมากกว่า 93 เปอร์เซนต์ เป็นโครีดนมระยะกลางการให้นม ให้น้ำนมเฉลี่ยที่ผ่านมามีใกล้เคียงกัน ระยะการให้นมที่ 2-4 และให้ผลผลิตนมมาแล้ว 92 ± 35 วัน มีน้ำหนักตัวก่อนเริ่มการทดลองเฉลี่ย 433.30 ± 36.48 กิโลกรัม จำนวน 12 ตัว โดยแบ่งโคออกเป็น 3 กลุ่มละ 4 ตัว โดยให้โคได้รับอาหารหยาบที่แตกต่างกัน โดยให้อาหารหยาบแบบเต็มที (*ad libitum*) ตามกลุ่มการทดลอง ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ให้กินหญ้ากินนีสีม่วง

กลุ่มที่ 2 ให้กินข้าวฟ่างอาหารสัตว์

กลุ่มที่ 3 ให้กินข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแฉะ

1.3. คอกทดลอง การให้อาหาร และการรีดนม

คอกทดลองเป็นคอกขังเดี่ยว ที่แบ่งออกเป็น 2 ข้าง บริเวณกลางคอกเป็นทางเดินขนาดกว้าง 2 เมตร มีรางอาหารอยู่ด้านหน้าคอก ให้สัตว์ได้ปรับตัวเข้ากับอาหารทดลองเป็นเวลา 7 วัน ให้โคกินอาหารหยาบที่แตกต่างกันตามกลุ่มการทดลอง นำอาหารหยาบใส่รางอาหารโดยให้แม่โคได้กินอย่างเต็มที่ วันละ 2 ครั้ง คือ ในเวลา 8.00 น. และ 16.00 น. ทำการเสริมอาหารขึ้นที่เป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับโครีดนมที่ผลิตจำหน่ายเชิงการค้า มีระดับโปรตีน 18 เปอร์เซนต์

โคทคลองจะได้รับการเสริมอาหารขึ้น ซึ่งปริมาณการให้อาหารขึ้นปรับตามคุณภาพของอาหารหยาบ (ประมาณ 45-50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการกินได้ทั้งหมดในแต่ละวัน) โดยแบ่งให้โคกิน 2 ครั้ง คือ ก่อนรีดนมตอนเช้า (ประมาณ 5.00 น.) และก่อนรีดนมตอนบ่าย (ประมาณ 15.00น.) ทำการปรับปริมาณการให้อาหารขึ้นทุกๆ 7 วัน มีแร่ธาตุก้อน และน้ำสะอาดให้โคกินได้ตลอดเวลา ทำการรีดนมแม่โคทุกตัว วันละ 2 ครั้งด้วยเครื่องรีดนมแบบถักโดยรีดในช่วงเช้าระหว่างเวลา 06.00-07.00 น. และช่วงเย็นเวลา 15.00-16.00 น.

1.4 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ทางเคมี

1.4.1 บันทึกปริมาณการให้อาหารขึ้นทุกวัน ด้วยการชั่งน้ำหนักอาหารขึ้นก่อนให้โคกิน และบันทึกปริมาณอาหารหยาบที่ให้ ปริมาณอาหารหยาบที่เหลือทุกครั้งในแต่ละวัน จดบันทึกปริมาณอาหารที่เหลือและนำไปคำนวณหาปริมาณอาหารแต่ละชนิดที่กินได้ในแต่ละวัน

1.4.2 ทำการชั่งน้ำหนักโคทคลองรายตัวเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เพื่อกำหนดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว และนำค่าน้ำหนักตัวที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้ในหน่วยกิโลกรัมวัตถุแห้งต่อวัน และปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว

1.4.3 บันทึกผลผลิตน้ำนมของแม่โคแต่ละตัวทุกวัน และสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบจากโคทคลองทุกตัวโดยทำการสุ่มสัปดาห์ละครั้งตลอดการทดลอง และในแต่ละครั้งของการสุ่มจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบใส่ลงในขวดเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบที่ผสมสารโพแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เพื่อรักษาคุณภาพน้ำนม โดยเก็บตัวอย่างน้ำนมหลังการรีดนมในช่วงเย็นและในช่วงเช้าของวันถัดไป นำมาผสมให้เข้ากัน โดยเก็บตัวอย่างน้ำนมปริมาตร 50 มิลลิลิตรต่อขวด และเก็บในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบน้ำนมในห้องปฏิบัติการ โดยเครื่อง Funke Gerber Lacto Star® No.315 องค์ประกอบน้ำนมที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณไขมัน (fat) โปรตีน (protein) ของแข็งไม่รวมไขมัน (solid not fat) และน้ำตาลแลคโตส (lactose) ซึ่งผลผลิตนมของแม่โคแต่ละตัวจะถูกคำนวณเป็นน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ ($4\% \text{ Fat Corrected Milk} = [(0.4 \times \text{milk yield}) + (15 \times \% \text{ milk fat yield})]$) (ชวนิศนดากร, 2534)

1.4.4 สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารขึ้น และอาหารหยาบที่ใช้ตลอดการทดลอง โดยสุ่มในช่วง กลางสัปดาห์ในแต่ละสัปดาห์ตลอดการทดลอง โดยสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารขึ้น จำนวน 200 กรัม และอาหารหยาบ จำนวน 500 กรัมต่อกลุ่มการทดลอง โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารในช่วงเช้า ก่อนการให้อาหารโค แล้วนำไปบรรจุในถุงพลาสติก มัดปากถุงให้มิดชิดและนำส่งห้องปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี โดยวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้ง และโปรตีน โดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) โดยเครื่อง Kjeldahl Tecator System 1002 ปริมาณผนังเซลล์ (ADF) และลิกโนเซลลูโลส (NDF) ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970)

1.4.5 ในวันสุดท้ายของการทดลอง ทำการงดอาหารขึ้นและอาหารหยาบแก่โคทดลอง ทุกตัวก่อนการรีดนมในช่วงเช้า จากนั้นทำการเจาะเลือดโคทุกตัว ชั่วโมงที่ 0 (ก่อนกินอาหารขึ้น และอาหารหยาบในช่วงเช้า) แล้วทำการเจาะเลือดโคทุกตัวอีกครั้งหลังจากโคกินอาหารขึ้นและ อาหารหยาบในช่วงเช้าไปแล้วประมาณ 4-5 ชั่วโมง โดยทำการเจาะเก็บเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณ ลำคอ (jugular vein) ของโคทดลองเพื่อวิเคราะห์สถานะโภชนาการที่สัตว์ได้รับ โดยเก็บเลือดใน ปริมาตร 10 มิลลิลิตรต่อตัวต่อครั้ง ใส่ตัวอย่างเลือดในหลอดเก็บเลือดที่ไม่มีสารป้องกันการแข็งตัว ของเลือด ทิ้งให้เลือดแข็งตัวที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที จากนั้นนำไปปั่นแยกซีรัม เก็บซีรัมที่ อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของกลูโคส (Schmid and Forstner, 1986) ยูเรียไนโตรเจน (Tiffany *et al.*, 1972) และกรดไขมันอิสระ (NEFA) ด้วยวิธี Enzymatic Spectrophotometry โดยอาศัยชุดทดสอบสำเร็จรูปการค้า และวิเคราะห์หาปริมาณฮอร์โมนไทรโอไธโรนิน (T_3) ด้วยวิธีการ Electrochemiluminescence immunoassay (ECLIA) โดยใช้เครื่อง Roche Elecsys 1010/2010 และ MODULA ANALYTIC E170 (Elecsys module)

1.4.6 บันทึกค่าอาหารหยาบ ค่าอาหารขึ้น ค่าอาหารทั้งหมด เพื่อนำไปคำนวณผลตอบแทนทาง เศรษฐกิจ เช่น รายรับจากการขายน้ำนมปกติ รายได้จากน้ำนมปกติหลังจากหักต้นทุนค่าอาหาร เป็นต้น

1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตพืชอาหารสัตว์ นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ (Group Comparison) โดยใช้สถิติ T - Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1998) มีแบบหุนทางสถิติ ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ	Y_{ij}	=	ค่าสังเกตที่ได้จากสิ่งทดลองที่ i ซ้ำที่ j
	μ	=	ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง
	τ_i	=	อิทธิพลของสิ่งทดลองที่ i (i = 1 และ 2)
	ε_{ij}	=	ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

1.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลอาหารทดลอง สมรรถภาพการผลิตของโคนม และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1998) มีแบบหุนทางสถิติดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ	Y_{ij}	=	ค่าสังเกตที่ได้จากสิ่งทดลองที่ i ซ้ำที่ j
	μ	=	ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง
	τ_i	=	อิทธิพลของสิ่งทดลองที่ i (i = 1, 2 และ 3)
	ε_{ij}	=	ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

การทดลองที่ 3 การใช้หญ่กนนิสีม่วง และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดครั้งที่ 2 ที่อายุ 45 วัน เพื่อเป็นอาหารโคนม

2.1 การจัดการแปลงพืชอาหารสัตว์ และการใช้ประโยชน์

2.1.1 แปลงหญ่กนนิสีม่วง

ใช้แปลงหญ่กนนิสีม่วงค้างปีที่ผ่านมาการตัดใช้ประโยชน์ครั้งที่ 2 หลังจากการเปิดใช้ประโยชน์จากแปลงหญ่กนนิสีม่วงในรอบปีการผลิต 2552 เป็นแปลงทดลอง โดยก่อนทำการทดลองประมาณ 38-45 วัน หญ่กนนิสีม่วงที่แบ่งจัดสรรไว้เป็นแปลงทดลองขนาด 6 ไร่ จะถูกตัดที่ระดับความสูง 8-10 เซนติเมตรเหนือพื้นดิน แล้วหว่านปุ๋ยยูเรีย (สูตร 46-0-0) ในอัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของหญ่กนนิสีม่วง ในแปลงได้รับน้ำฝนจากธรรมชาติเพื่อการเจริญเติบโต ทำการตัดหญ่กนนิสีม่วงในแปลงเพื่อนำไปเลี้ยงโคทดลองในคอกทุกวัน โดยตัดหญ่กนนิสีม่วงในช่วงเช้า หญ่กนนิสีม่วงจะถูกตัดให้เหลือตอสูงจากพื้นดินประมาณ 8-10 เซนติเมตร ซึ่งหญ่กนนิสีม่วงที่นำไปเลี้ยงโคทดลองนั้น เป็นหญ่กนนิสีม่วงที่มีอายุอยู่ระหว่าง 38-45 วัน ซึ่งจัดว่าเป็นหญ่กนนิสีม่วงที่มีคุณภาพดี

2.1.2 แปลงข้าวฟ่างอาหารสัตว์

หลังจากการตัดข้าวฟ่างอาหารสัตว์ครั้งแรกที่อายุ 60 วัน ไปทำฟัชมักแล้ว ทำการหว่านปุ๋ยยูเรีย อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตและการแตกกอของข้าวฟ่าง ข้าวฟ่างในแปลงจะได้รับน้ำชลประทานร่วมกับน้ำฝนจากธรรมชาติเพื่อการเจริญเติบโต และทำการตัดข้าวฟ่างอาหารสัตว์ครั้งที่ 2 เมื่อข้าวฟ่างอาหารสัตว์มีอายุครบ 45 วัน

2.2. การเตรียมพืชอาหารสัตว์

นำพืชอาหารสัตว์ที่แตกต่างกันตามกลุ่มการทดลองไปเลี้ยงสัตว์ในสภาพสด โดยตัดพืชอาหารสัตว์ทุกวันในช่วงเช้าและช่วงบ่าย ตัดด้วยเครื่องตัดหญ้าแบบสะพายไหล่ แล้วนำพืชอาหารสัตว์ที่ได้ไปเลี้ยงโคทดลองในคอก ยกเว้นต้นข้าวฟ่างอาหารสัตว์ซึ่งมีขนาดความยาวของลำต้นมากกว่าหญ่กนนิสีม่วง ก่อนนำไปเลี้ยงสัตว์จึงต้องนำไปสับด้วยเครื่องสับ ขนาด 5.5 แรงม้า เพื่อให้ได้ขนาด 2-3 เซนติเมตร จากนั้นคลุกเคล้าให้เข้ากันดีก่อนนำไปเลี้ยงโค โดยให้โคทดลองกิน

อาหารหยาบแบบเต็ม (ad libitum) แม่โคทุกตัวจะได้รับการปรับตัวก่อนการทดลองเป็นระยะเวลา 7 วัน และมีระยะเวลาทำการทดลองทั้งหมด 42 วัน โดยเริ่มเก็บข้อมูลในวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2552 และสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2552

2.3 สัตว์และกลุ่มทดลอง

ใช้แม่โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียนที่มีระดับสายเลือดมากกว่า 93 เปอร์เซนต์ เป็นโครีดนมระยะกลางการให้นม ให้น้ำนมเฉลี่ย 14 ± 3.00 กิโลกรัม/วัน ระยะการให้นมที่ 1-3 และให้ผลผลิตนมมาแล้ว 105 ± 19 วัน มีน้ำหนักตัวก่อนเริ่มการทดลองเฉลี่ย 431.92 ± 41.81 กิโลกรัม จำนวน 12 ตัว โดยแบ่งโคออกเป็น 2 กลุ่มละ 6 ตัว โดยให้โคได้รับอาหารหยาบที่แตกต่างกันตามกลุ่มการทดลอง ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ให้กินหญ้ากินนิสีม่วง (อายุ 45 วัน)

กลุ่มที่ 2 ให้กินข้าวฟ่างอาหารสัตว์ (ตัดครั้งที่ 2 อายุ 45 วัน)

2.4 คอกทดลอง การให้อาหาร และการรีดนม

คอกทดลองเป็นคอกขังเดี่ยว ที่แบ่งออกเป็น 2 ข้าง บริเวณกลางคอกเป็นทางเดินขนาดกว้าง 2 เมตร มีรางอาหารอยู่ด้านหน้าคอก ให้สัตว์ได้ปรับตัวเข้ากับอาหารทดลองเป็นเวลา 7 วัน ให้โคกินอาหารหยาบที่แตกต่างกันตามกลุ่มการทดลอง โดยนำอาหารหยาบใส่รางอาหารโดยให้แม่โคได้กินอย่างเต็มที่ วันละ 2 ครั้ง คือ ในเวลา 8.00 น. และ 16.00 น. ทำการเสริมอาหารชั้นที่เป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับโครีดนมที่ผลิตจำหน่ายเชิงการค้า มีระดับโปรตีน 18 เปอร์เซนต์ โคทดลองจะได้รับอาหารชั้นต่อปริมาณน้ำนม ในสัดส่วน 1 : 2.5 โดยให้โคกินอาหารชั้น 2 ครั้งในปริมาณเท่ากัน ในช่วงก่อนรีดนมตอนเช้า (ประมาณ 5.00 น.) และก่อนรีดนมตอนบ่าย (ประมาณ 15.00 น.) ทำการปรับปริมาณการให้อาหารชั้นทุกๆ 7 วัน มีแร่ธาตุก้อน และน้ำสะอาดให้โคกินได้ตลอดเวลา ทำการรีดนมแม่โคทุกตัว วันละ 2 ครั้งด้วยเครื่องรีดนมแบบถักโดยรีดในช่วงเช้าระหว่างเวลา 06.00-07.00 น. และช่วงเย็นเวลา 15.00-16.00 น.

2.5 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ทางเคมี

2.5.1 บันทึกปริมาณการให้อาหารขึ้นทุกวัน ด้วยการชั่งน้ำหนักอาหารขึ้นก่อนให้โคกิน และบันทึกปริมาณอาหารหยাবที่ให้ ปริมาณอาหารหยাবที่เหลือทุกครั้งในแต่ละวัน จดบันทึกปริมาณอาหารที่เหลือและนำไปคำนวณหาปริมาณอาหารแต่ละชนิดที่กินได้ในแต่ละวัน

2.5.2 ทำการชั่งน้ำหนักโคทดลองรายตัวเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว และนำค่าน้ำหนักตัวที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้ในหน่วยกิโลกรัมวัตถุแห้งต่อวัน และปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว

2.5.3 บันทึกผลผลิตน้ำนมของแม่โคแต่ละตัวทุกวัน และสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบจากโคทดลองทุกตัวโดยทำการสุ่มสัปดาห์ละครั้งตลอดการทดลอง และในแต่ละครั้งของการสุ่มจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบใส่ลงในขวดเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบที่ผสมสารโปแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เพื่อรักษาคุณภาพน้ำนม โดยเก็บตัวอย่างน้ำนมหลังการรีดนมในช่วงเย็นและในช่วงเช้าของวันถัดไป นำมาผสมให้เข้ากัน ทำการเก็บตัวอย่างน้ำนมปริมาตร 50 มิลลิลิตรต่อขวด และเก็บในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบน้ำนมในห้องปฏิบัติการ โดยเครื่อง Funke Gerber Lacto Star[®] No.315 องค์ประกอบน้ำนมที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ปริมาณไขมัน (fat) โปรตีน (protein) ของแข็งไม่รวมไขมัน (solid not fat) และน้ำตาลแลคโตส (lactose) ซึ่งผลผลิตนมของแม่โคแต่ละตัวจะถูกคำนวณเป็นน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ (4% Fat Corrected Milk จากสูตร $[(0.4 \times \text{milk yield}) + (15 \times \% \text{ milk fat yield})]$ (ชวนิศนดากร, 2534)

2.5.4 สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารขึ้น และอาหารหยابที่ใช้ตลอดการทดลอง โดยสุ่มในช่วงกลางสัปดาห์ในแต่ละสัปดาห์ตลอดการทดลอง โดยสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารขึ้น จำนวน 200 กรัม และอาหารหยاب จำนวน 500 กรัมต่อกลุ่มการทดลอง โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารในช่วงเช้าก่อนการให้อาหารโค แล้วนำไปบรรจุในถุงพลาสติก มัดปากถุงให้มิดชิดและนำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี โดยวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้ง และโปรตีน โดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) โดยเครื่อง Kjeldahl Tecator System 1002 ปริมาณผนังเซลล์ (ADF) และลิกโนเซลลูโลส (NDF) ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970)

2.5.5 ในวันสุดท้ายของการทดลอง ทำการงดอาหารขึ้นและอาหารหยาบแก่โคทดลอง ทุกตัวก่อนการรีดนมในช่วงเช้า จากนั้นทำการเจาะเลือดโคทุกตัว ชั่วโมงที่ 0 (ก่อนกินอาหารขึ้นและอาหารหยาบในช่วงเช้า) แล้วทำการเจาะเลือดโคทุกตัวอีกครั้งหลังจากโคกินอาหารขึ้นและอาหารหยาบในช่วงเช้าไปแล้วประมาณ 4-5 ชั่วโมง โดยทำการเจาะเก็บเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณลำคอ (jugular vein) ของโคทดลองเพื่อวิเคราะห์สถานะโภชนาการที่สัตว์ได้รับ โดยเก็บเลือดในปริมาณ 10 มิลลิลิตรต่อตัวต่อครั้ง ใส่ตัวอย่างเลือดในหลอดเก็บเลือดที่ไม่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด ทิ้งให้เลือดแข็งตัวที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที จากนั้นนำไปปั่นแยกซีรัม เก็บซีรัมที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของกลูโคส (Schmid and Forstner, 1986) ยูเรียไนโตรเจน (Tiffany *et al.*, 1972) และกรดไขมันอิสระ (NEFA) ด้วยวิธี Enzymatic Spectrophotometry โดยอาศัยชุดทดสอบสำเร็จรูปการค้า และวิเคราะห์หาปริมาณฮอร์โมนไทรไธโรไอดไทโรนีน (T₃) ด้วยวิธีการ Electrochemiluminescence immunoassay (ECLIA) โดยใช้เครื่อง Roche Elecsys 1010/2010 และ MODULA ANALYTIC E170 (Elecsys module)

2.5.6 ในวันสุดท้ายของการทดลอง ทำการงดอาหารขึ้นและอาหารหยาบแก่โคทดลอง ทุกตัวก่อนการรีดนมในช่วงเช้า จากนั้นทำการการเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมนจากโคทุกตัว ชั่วโมงที่ 0 (ก่อนกินอาหารขึ้นและอาหารหยาบในช่วงเช้า) แล้วทำการเก็บของเหลวภายในกระเพาะรูเมนจากโคทุกตัวอีกครั้ง หลังจากโคกินอาหารขึ้นและอาหารหยาบในช่วงเช้าไปแล้วประมาณ 4-5 ชั่วโมง

ทำการเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมนจากโคทดลองทุกตัว โดยใช้สายยางร่วมกับเครื่องดูดสุญญากาศ (Vacuum pump) นำตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนเหล่านี้ไปวิเคราะห์หาระดับกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน โดยทำการวัดหลังจากเก็บตัวอย่างทันทีด้วย pH meter จากนั้นกรองของเหลวที่ได้ผ่านผ้าขาวบาง เก็บตัวอย่างในปริมาณ 30 มิลลิลิตรลงในขวดพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างที่มีกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.6 N ผสมอยู่ในอัตราส่วนของเหลวในกระเพาะรูเมน 100 มิลลิลิตร ต่อ HCl 5 มิลลิลิตร เก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก ตามวิธีการของ Erwin *et al.* (1961) โดยนำของเหลวในกระเพาะรูเมนมาปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 9,000 rpm นาน 10 นาที นำส่วนของเหลวใส (supernatant) 0.7 ml ไปผสมกับ Internal Standard 0.4 ml จากนั้นนำตัวอย่างฉีดเข้าเครื่อง Gas Chromatography (GC 2010) ของบริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น สำหรับ Internal Standard ใช้ 25% Metaphosphoric acid, 1.6% Isocaproic acid และ Formic acid อัตราส่วน 5:5:15

ตามลำดับ ส่วน Stock Standard ใช้ 70 mM Acetic acid 0.41 ml, 30 mM Propionic acid 0.23 ml และ 10 mM Butyric acid 92 μ l ปรับปริมาตรเท่ากับ 100 ml นำค่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้จากของเหลวในกระเพาะรูเมนที่ได้จากการวิเคราะห์ไปคำนวณเป็นสัดส่วนของการเกิดกรดทั้งหมด (กรดอะซีติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก)

2.6 บันทึกค่าอาหารหยาบ ค่าอาหารข้น ค่าอาหารทั้งหมด เพื่อนำไปคำนวณผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เช่น รายรับจากการขายน้ำนมปกติ รายได้จากน้ำนมปกติหลังจากหักต้นทุนค่าอาหาร เป็นต้น

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ (Group Comparison) โดยใช้สถิติ T-Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1998) มีแบบหุนทางสถิติ ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตที่ได้จากสิ่งทดลองที่ i ซ้ำที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

τ_i = อิทธิพลของสิ่งทดลองที่ i (i = 1 และ 2)

ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

การทดลองที่ 4 การใช้ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักร่วมกับถั่วแฉะแฉะ เพื่อเป็นอาหารโคนม

4.1 การเตรียมดิน

ใช้พื้นที่ปลูกพืชอาหารสัตว์ จำนวน 6 ไร่ ทำการเตรียมดินให้ละเอียดด้วยรถแทรกเตอร์ โดยการไถตะ 2 ครั้ง และไถพรวน 2 ครั้ง แล้วตากดินเพื่อกำจัดวัชพืชเป็นเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นพรวนดินอีก 1 ครั้ง เพื่อย่อยดินให้ละเอียด ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เป็นปุ๋ยรองพื้นโดยการหว่าน แล้วไถกลบ อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่

4.2 วิธีการปลูกพืชอาหารสัตว์ การจัดการ และการใช้ประโยชน์

วิธีการปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์พันธุ์จัมโบ้ โดยใช้ระยะปลูก 30×10 เซนติเมตร แบบที่ 2 ปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์พันธุ์จัมโบ้และปลูกถั่วแฉะสลับกับแถวของต้นข้าวฟ่าง โดยใช้ระยะปลูก 30×10 เซนติเมตร ทำการปลูกโดยใช้เครื่องหยอดเมล็ดแบบอัตโนมัติชนิดติดท้ายรถแทรกเตอร์ โดยปลูกพืชในวันที่ 19 26 มิถุนายน 3 10 17 และ 24 กรกฎาคม พ.ศ. 2552 (โดยปลูกสัปดาห์ละ 1 ไร่) ทำการปลูกจนเต็มพื้นที่ 6 ไร่ หลังพืชงอกและมีอายุครบ 30 วัน ทำการใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 30 กก.ต่อไร่ ร่วมกับการให้น้ำชลประทาน เมื่อพืชมีอายุครบ 60 วัน หลังปลูกทำการตัดต้นพืชเพื่อนำไปทำพืชหมัก ตัดต้นข้าวฟ่างอาหารสัตว์โดยไว้ตอสูงเหนือพื้นดินประมาณ 15 เซนติเมตร ส่วนต้นถั่วแฉะตัดไว้ตอสูงเหนือพื้นดินประมาณ 20 เซนติเมตร นำผลผลิตพืชอาหารสัตว์ที่ได้ไปสับด้วยเครื่องสับที่มีกำลัง 5.5 แรงม้า พืชที่ผ่านการสับจะมีขนาด 2-3 เซนติเมตร ทำการคลุกเคล้าให้เข้ากันดีก่อนนำไปทำพืชหมักไว้เลี้ยงโคนมทดลอง

4.3 การทำพืชหมัก

เมื่อพืชอาหารสัตว์ในแปลงทดลองมีอายุครบ 60 วัน ทำการตัดพืชอาหารสัตว์ที่แตกต่างกันตามกลุ่มการทดลองไปทำพืชหมัก โดยสับพืชอาหารสัตว์ด้วยเครื่องสับที่มีกำลัง 5.5 แรงม้า โดยพืชที่ได้จะมีขนาด 2-3 เซนติเมตร ทำการคลุกเคล้าให้เข้ากันดี บรรจุลงในถุงพลาสติก ขนาดบรรจุ 25 กิโลกรัม และซ้อนพลาสติกด้วยถุงกระสอบสาน ใลอ่อากาศออกให้หมด มัดปากถุงและมัด

กระสอบสานให้แน่น เก็บไว้ในที่ร่มเพื่อไว้ใช้เป็นอาหารโคทดลองในคอก ซึ่งแม่โคทุกตัวจะได้รับ การปรับตัวก่อนการทดลองเป็นระยะเวลา 7 วัน และมีระยะเวลาทำการทดลองทั้งหมด 42 วัน โดย เริ่มเก็บข้อมูลในวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2552 และสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 3 มกราคม พ.ศ. 2553

4.4 สัตว์และกลุ่มทดลอง

ใช้แม่โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตล์ฟรีเชียนที่มีระดับสายเลือดมากกว่า 93 เปอร์เซนต์ เป็นโครีดนมระยะกลางการให้นม ให้น้ำนมเฉลี่ย 18.53 ± 4.77 กิโลกรัม/วัน ระยะการให้นมที่ 1-3 และให้ผลผลิตนมมาแล้ว 123.13 ± 59.41 วัน มีน้ำหนักตัวก่อนเริ่มการทดลองเฉลี่ย 458.25 ± 64.06 กิโลกรัม จำนวน 8 ตัว โดยแบ่งโคออกเป็น 2 กลุ่มๆละ 4 ตัว โดยให้โคได้รับอาหารหยาบที่แตกต่างกัน โดยให้อาหารหยาบแบบเต็มที (*ad libitum*) ตามกลุ่มการทดลอง ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ให้กินข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก

กลุ่มที่ 2 ให้กินข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักร่วมกับถั่วเลบเลบ

4.5 คอกทดลอง การให้อาหาร และการรีดนม

คอกทดลองเป็นคอกขังเดี่ยว ที่แบ่งออกเป็น 2 ข้าง บริเวณกลางคอกเป็นทางเดินขนาด กว้าง 2 เมตร มีรางอาหารอยู่ด้านหน้าคอก ให้สัตว์ได้ปรับตัวเข้ากับอาหารทดลองเป็นเวลา 7 วัน ให้ โคกินอาหารหยาบที่แตกต่างกันตามกลุ่มการทดลอง โดยนำอาหารหยาบใส่รางอาหารโดยให้แม่โค ได้กินอย่างเต็มที่ วันละ 2 ครั้ง คือ ในเวลา 8.00 น. และ 16.00 น. ทำการเสริมอาหารขึ้นที่เป็น อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับโครีดนมที่ผลิตจำหน่ายเชิงการค้า มีระดับโปรตีน 18 เปอร์เซนต์ โค ทดลองจะได้รับอาหารขึ้นต่อปริมาณน้ำนม ในสัดส่วน 1 : 2.5 โดยแบ่งให้โคกิน 2 ครั้ง คือ ก่อนรีด นมตอนเช้า (ประมาณ 5.00 น.) และก่อนรีดนมตอนบ่าย (ประมาณ 15.00 น.) ทำการปรับปริมาณการ ให้อาหารขึ้นทุกๆ 7 วัน มีแร่ธาตุก้อน และน้ำสะอาดให้โคกินได้ตลอดเวลา ทำการรีดนมแม่โคทุก ตัว วันละ 2 ครั้งด้วยเครื่องรีดนมแบบถักโดยรีดในช่วงเช้าระหว่างเวลา 06.00-07.00 น. และช่วงเย็น เวลา 15.00-16.00 น.

4.6 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ทางเคมี

4.6.1 บันทึกปริมาณการให้อาหารขึ้นทุกวัน ด้วยการชั่งน้ำหนักอาหารขึ้นก่อนให้โคกิน และบันทึกปริมาณอาหารหยাবที่ให้ ปริมาณอาหารหยাবที่เหลือทุกครั้งในแต่ละวัน จดบันทึกปริมาณอาหารที่เหลือและนำไปคำนวณหาปริมาณอาหารแต่ละชนิดที่กินได้ในแต่ละวัน

4.6.2 ทำการชั่งน้ำหนักโคทดลองรายตัวเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว และนำค่าน้ำหนักตัวที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้ในหน่วยกิโลกรัมวัตถุแห้งต่อวัน และปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว

4.6.3 บันทึกผลผลิตน้ำนมของแม่โคแต่ละตัวทุกวัน และสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบจากโคทดลองทุกตัวโดยทำการสุ่มสับดาห้ละครั้งตลอดการทดลอง และในแต่ละครั้งของการสุ่มจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบใส่ลงในขวดเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบที่ผสมสารโปแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เพื่อรักษาคุณภาพน้ำนม โดยเก็บตัวอย่างน้ำนมหลังการรีดนมในช่วงเย็นและในช่วงเช้าของวันถัดไป นำมาผสมให้เข้ากัน ทำการเก็บตัวอย่างน้ำนมปริมาตร 50 มิลลิลิตรต่อขวด และเก็บในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบน้ำนมในห้องปฏิบัติการ โดยเครื่อง Funke Gerber Lacto Star[®] No.315 องค์ประกอบน้ำนมที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณไขมัน (fat) โปรตีน (protein) ของแข็งไม่รวมไขมัน (solid not fat) และน้ำตาลแลคโตส (lactose) ซึ่งผลผลิตนมของแม่โคแต่ละตัวจะถูกคำนวณเป็นน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ ($4\% \text{ Fat Corrected Milk} = [(0.4 \times \text{milk yield}) + (15 \times \% \text{ milk fat yield})]$) (ชวนิศนากร, 2534)

4.6.4 สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารขึ้น โดยสุ่มในช่วงกลางสับดาห้ในแต่ละสับดาห้ตลอดการทดลอง โดยสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารขึ้น จำนวน 200 กรัม โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารในช่วงเช้าก่อนการให้อาหารโค แล้วนำไปบรรจุในถุงพลาสติก มัดปากถุงให้มิดชิดและนำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี โดยวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้ง และโปรตีน โดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) โดยเครื่อง Kjeldahl Tecator System 1002

4.6.5 ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างพืชอาหารสัตว์แต่ละกลุ่มการทดลองก่อนการหมัก เพื่อนำไปวิเคราะห์หาวัตถุดิบ โปรตีน ตามวิธีของ AOAC (1990) ผนังเซลล์ (NDF) และลิกโนเซลลูโลส (ADF) ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970) และเมื่อพืชหมักมีอายุครบ 30 วัน ทำการสุ่มตัวอย่างพืชหมักในแต่ละทรีทเมนต์ เพื่อตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของพืชหมัก ทำการเปิดถุงหมักและเก็บตัวอย่างด้านบนที่มีราทิ้งไป นำตัวอย่างพืชหมักทั้งหมดออกมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน ทำการตรวจลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สี กลิ่น และเนื้อหญ้าหมัก ตามวิธีการของวารุณีและคณะ (2547) จากนั้นทำการสุ่มเก็บตัวอย่างพืชหมักตามวิธีของ Sibanda *et al.* (1997) ประมาณ 1 กิโลกรัมต่อทรีทเมนต์ ใส่ในถุงพลาสติก โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ใช้สำหรับวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของพืชหมัก ได้แก่ วัตถุดิบ โปรตีน (AOAC, 1990) NDF และ ADF (Goering and Van Soest, 1970) ความเป็นกรด-ด่าง ตามวิธีของ Bolsen *et al.* (1990) และปริมาณของ WSC ตามวิธีของ Dubois (1956) ส่วนที่ 2 เก็บหญ้าหมักไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณของกรดแลกติก กรดอะซิติก และกรดบิวทีริก ตามวิธีของบุญล้อม และบุญเสริม (2525)

4.6.6 ในวันสุดท้ายของการทดลอง ทำการงดอาหารข้นและอาหารหยาบแก่โคทดลอง ทุกตัวก่อนการรีดนมในช่วงเช้า จากนั้นทำการเจาะเลือดโคทุกตัว ชั่วโมงที่ 0 (ก่อนกินอาหารข้นและอาหารหยาบในช่วงเช้า) แล้วทำการเจาะเลือดโคทุกตัวอีกครั้งหลังจากโคกินอาหารข้นและอาหารหยาบในช่วงเช้าไปแล้วประมาณ 4-5 ชั่วโมง โดยทำการเจาะเก็บเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณลำคอ (jugular vein) ของโคทดลองเพื่อวิเคราะห์สถานะโภชนาการที่สัตว์ได้รับ โดยเก็บเลือดในปริมาตร 10 มิลลิลิตรต่อตัวต่อครั้ง ใส่ตัวอย่างเลือดในหลอดเก็บเลือดที่ไม่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด ทิ้งให้เลือดแข็งตัวที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที จากนั้นนำไปปั่นแยกซีรัม เก็บซีรัมที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของกลูโคส (Schmid and Forstner, 1986) ยูเรียไนโตรเจน (Tiffany *et al.*, 1972) และกรดไขมันอิสระ (NEFA) ด้วยวิธี Enzymatic Spectrophotometry โดยอาศัยชุดทดสอบสำเร็จรูปการค้า และวิเคราะห์หาปริมาณฮอร์โมนไทรโอไธโรนิน (T₃) ด้วยวิธีการ Electrochemiluminescence immunoassay (ECLIA) โดยใช้เครื่อง Roche Elecsys 1010/2010 และ MODULA ANALYTIC E170 (Elecsys module)

4.6.7 ในวันสุดท้ายของการทดลอง ทำการงดอาหารชั้นและอาหารหยาบแก่โคทดลอง ทุกตัวก่อนการรีดนมในช่วงเช้า จากนั้นทำการการเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมนจากโคทุกตัว ชั่วโมงที่ 0 (ก่อนกินอาหารชั้นและอาหารหยาบในช่วงเช้า) แล้วทำการเก็บของเหลวภายในกระเพาะรูเมนจากโคทุกตัวอีกครั้ง หลังจากโคกินอาหารชั้นและอาหารหยาบในช่วงเช้าไปแล้วประมาณ 4-5 ชั่วโมง

ทำการเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมนจากโคทดลองทุกตัว โดยใช้สายยางร่วมกับเครื่องดูดสุญญากาศ (Vacuum pump) นำตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนเหล่านี้ไปวิเคราะห์หาระดับกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน โดยทำการวัดหลังจากเก็บตัวอย่างทันทีด้วย pH meter จากนั้นกรองของเหลวที่ได้ผ่านผ้าขาวบาง เก็บตัวอย่างในปริมาณ 30 มิลลิลิตรลงในขวดพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างที่มีกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.6 N ผสมอยู่ในอัตราส่วนของเหลวในกระเพาะรูเมน 100 มิลลิลิตร ต่อ HCl 5 มิลลิลิตร เก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก ตามวิธีการของ Erwin *et al.* (1961) โดยนำของเหลวในกระเพาะรูเมนมาปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 9,000 rpm นาน 10 นาที นำส่วนของเหลวใส (supernatant) 0.7 ml ไปผสมกับ Internal Standard 0.4 ml จากนั้นนำตัวอย่างฉีดเข้าเครื่อง Gas Chromatography (GC 2010) ของบริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น สำหรับ Internal Standard ใช้ 25% Metaphosphoric acid, 1.6% Isocaproic acid และ Formic acid อัตราส่วน 5:5:15 ตามลำดับ ส่วน Stock Standard ใช้ 70 mM Acetic acid 0.41 ml, 30 mM Propionic acid 0.23 ml และ 10 mM Butyric acid 92 μ l ปรับปริมาตรเท่ากับ 100 ml นำค่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้จากของเหลวในกระเพาะรูเมนที่ได้จากการวิเคราะห์ไปคำนวณเป็นสัดส่วนของการเกิดกรดทั้งหมด (กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก)

5. บันทึกค่าอาหารหยาบ ค่าอาหารชั้น ค่าอาหารทั้งหมด เพื่อนำไปคำนวณผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เช่น รายรับจากการขายน้ำมันปดดิ รายได้จากน้ำมันปดดิหลังจากหักต้นทุนค่าอาหาร เป็นต้น

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเม้นต์ (Group Comparison) โดยใช้สถิติ T- Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1998) มีแบบหุนทางสถิติ ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตที่ได้จากสิ่งทดลองที่ i ซ้ำที่ j
 μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง
 τ_i = อิทธิพลของสิ่งทดลองที่ i ($i = 1$ และ 2)
 ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง

1. ปลูกพืชอาหารสัตว์ เก็บข้อมูลผลผลิตพืชและผลผลิตน้ำนม ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา และวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม ณ องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี ซึ่งพื้นที่ตั้งอยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 220 เมตร ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศ และปริมาณฝนในช่วงเดือน มกราคม พ.ศ. 2551 - เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2551 พบว่า ตลอดปีการผลิต 2551 อุณหภูมิสูงสุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.5 ± 1.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.6 ± 4.1 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 90.2 ± 2.6 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฝนเฉลี่ยเท่ากับ 142.1 ± 158.6 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 6) และมีปริมาณฝนรวมตลอดปี เท่ากับ 1,705 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศ และปริมาณฝนในปีการผลิต 2552/53 คือ ในช่วงเดือน มกราคม พ.ศ.2552 - เดือน มกราคม พ.ศ.2553 พบว่า ตลอดปีการผลิต อุณหภูมิสูงสุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.0 ± 1.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.2 ± 2.6 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 89.4 ± 3.7 มีปริมาณฝนเฉลี่ยเท่ากับ 99.0 ± 70.3 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 7) และมีปริมาณฝนรวมตลอดปี เท่ากับ 1,287 มิลลิเมตร

2. วิเคราะห์ตัวอย่างอาหารทดลอง และตัวอย่างพืชอาหารสัตว์ ณ ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา และวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลในพืชอาหารสัตว์ ณ ห้องปฏิบัติการทดสอบคุณภาพอาหารสัตว์

กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดปทุมธานี

3. วิเคราะห์ปริมาณยูเรียในเลือด (BUN) กลูโคสในเลือด (BG) และ สอร์โม่ไตรไอโอโดไทโรนิน (T_3) ที่ห้องปฏิบัติการของบริษัทโปรเฟสชั่นแนล ลาโบราทอรี เมเนจเม้นท์ คอร์ป จำกัด กรุงเทพมหานคร

4. วิเคราะห์ปริมาณ NEFA ณ ห้องปฏิบัติการชีวเคมีคลินิกและโภชนศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

5. วิเคราะห์กรดไขมันระเหยได้ง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโค ณ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มต้นการทดลองเดือน มกราคม พ.ศ. 2551

สิ้นสุดการทดลองเดือน มกราคม พ.ศ. 2553

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การศึกษาผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วแฉะในสภาพแปลงทดลอง

1. ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วแฉะ ตัดครั้งแรกที่อายุ 60 วัน

ตารางที่ 1 ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ปลูกร่วมกับถั่วแฉะตัดครั้งแรกที่อายุ 60 วัน

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มทดลอง	
	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ปลูกร่วมกับถั่วแฉะ
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)		
-ผลผลิตน้ำหนัสด	8,527	8,872
-ผลผลิตน้ำหนักแห้ง	1,694	1,883
องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)		
-วัตถุแห้ง	19.87	21.22
-โปรตีน	9.50	13.85
-ผนังเซลล์	48.45	44.75
-ลิกโนเซลลูโลส	68.74	60.56

ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วแฉะตัดครั้งแรกที่อายุ 60 วัน ดังแสดงในตารางที่ 1 ผลผลิตน้ำหนัสดของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ปลูกร่วมกับถั่วแฉะตัดครั้งแรกเมื่ออายุ 60 วัน ผลการทดลองพบว่า ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ปลูกร่วมกับถั่วแฉะให้ผลผลิตน้ำหนัสดเท่ากับ 8,527 และ 8,872 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ปลูกร่วมกับถั่วแฉะพบว่า ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์

ปลูกร่วมกับถั่วแถบแถบให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1,694 และ 1,883 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วแถบแถบ ที่ตัดครั้งแรกที่อายุ 60 วัน นั้นพบว่า มีค่าวัตถุแห้งเท่ากับ 19.87 และ 21.22 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 9.50 และ 13.85 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณผนังเซลล์เท่ากับ 48.45 และ 44.75 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณลิกโนเซลลูโลสเท่ากับ 68.74 และ 60.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของพืชนั้นขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ปัจจัย เช่น สภาพการเจริญเติบโตและระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม การจัดการแปลงพืชอาหารสัตว์ที่แตกต่างกันส่วนมีอิทธิพลต่อปริมาณและคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ เช่น อัตราการใช้เมล็ด ระยะปลูกหรือความหนาแน่นของพืช วันปลูก อัตราการใช้ปุ๋ย การให้น้ำ การกำจัดวัชพืช การปลูกพืชแซม และปัจจัยด้านพันธุกรรมของพืชแต่ละชนิด เป็นต้น (Reddy *et al.*, 2003) การปลูกข้าวฟ่างเพื่อใช้ประโยชน์จากส่วนของต้นสด ไม่ว่าจะเป็นปลูกในช่วงใด ผลผลิตต้นสดของข้าวฟ่างจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะเนื้อดิน สถานที่ปลูก ปริมาณและการกระจายตัวของฝน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อผลผลิตต้นสด และองค์ประกอบของผลผลิต (กนกทิพย์ และคณะ, 2538) ระดับโปรตีนในข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ตัดเมื่ออายุ 60 วัน ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้มีค่าเท่ากับ 9.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณโปรตีนในพืชอาหารสัตว์ปริมาณนี้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม มีคุณภาพดี และเพียงพอต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องในการย่อยเยื่อใยในพืช (Hennessy, 1980; Walton, 1984) ส่วนองค์ประกอบของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ปลูกร่วมกับถั่วแถบแถบที่ตัดเมื่ออายุ 60 วันหลังการปลูก ในการทดลองครั้งนี้ พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของพืชอาหารสัตว์เขตร้อนทั่วไป (Whiteman, 1980) และจัดว่ามีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมต่อการนำไปเลี้ยงแม่โคนมในกลางระยะการให้นมได้ โดยควรใช้ประโยชน์ร่วมกับการเสริมอาหารขึ้น เนื่องจากคุณภาพของหญ้าเขตร้อนมีคุณค่าทางอาหารลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อพืชมีอายุมากขึ้น (Milford and Minson, 1966) และการตัดพืชที่อายุเหมาะสมจะช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของพืชอาหารสัตว์ได้ (สายัณห์, 2547) ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วแถบแถบในครั้งนี้ให้โปรตีนเท่ากับ 13.85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณโปรตีนในพืชอาหารสัตว์ปริมาณนี้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม มีคุณภาพดี และเพียงพอต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในการย่อยเยื่อใยในพืช (Hennessy, 1980; Walton, 1984) การเพิ่มสัดส่วนของถั่วในแปลงหญ้านั้นจะช่วยเพิ่มคุณภาพของแปลงหญ้าโดยเพิ่มระดับโปรตีนให้สูงขึ้น (สายัณห์ และคณะ, 2542) การปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมในทุ่งหญ้านั้นสามารถเพิ่มทั้งปริมาณ และคุณภาพของอาหารสัตว์ได้ (Mohamed-Saleem, 1985; Kouame *et al.*, 1993)

2. ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ตัดครั้งแรกที่อายุ 60 วัน และตัดครั้งที่ 2 3 และ 4 ทุก ๆ อายุ 45 วัน

ผลผลิตน้ำหนัสดของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดครั้งแรกเมื่ออายุ 60 วัน และตัดครั้งที่ 2 3 และ 4 ทุก ๆ อายุ 45 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2 ผลการทดลองพบว่า ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดครั้งที่ 1 2 3 และ 4 ให้ผลผลิตน้ำหนัสดเท่ากับ 8,527 8,978 3,124 และ 1,225 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ปริมาณผลผลิตรวมของข้าวฟ่างอาหารสัตว์จากการตัด 4 ครั้ง พบว่า ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ให้ผลผลิตรวมในรูปของน้ำหนัสดเท่ากับ 21,854 กิโลกรัมต่อไร่

ตารางที่ 2 ผลผลิตของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ จากการตัด 4 ครั้ง โดยตัดครั้งแรกเมื่ออายุ 60 วัน และตัดครั้งที่ 2 3 และ 4 ทุก ๆ อายุ 45 วัน

การตัดครั้งที่/วันที่/เดือน/ปี	ผลผลิตข้าวฟ่างอาหารสัตว์	
	น้ำหนัสด (กิโลกรัมต่อไร่)	น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่)
1/3/ส.ค./2552	8,527	1,694
2/17/ก.ย./2552	8,978	1,585
3/1/พ.ย./2552	3,124	524
4/16/ธ.ค./2552	1,225	214
รวม	21,854	4,017

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดครั้งแรกเมื่ออายุ 60 วัน และตัดครั้งที่ 2 3 และ 4 ทุก ๆ อายุ 45 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2 ผลการทดลองพบว่า ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดครั้งที่ 1 2 3 และ 4 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1,694 1,585 524 และ 214 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ปริมาณผลผลิตรวมของข้าวฟ่างอาหารสัตว์จากการตัด 4 ครั้ง พบว่า ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ให้ผลผลิตรวมในรูปของน้ำหนักแห้งเท่ากับ 4,017 กิโลกรัมต่อไร่

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ จากการตัด 4 ครั้ง โดยตัดครั้งแรกเมื่ออายุ 60 วัน และตัดทุก ๆ อายุ 45 วัน

การตัดครั้งที่/ วันที่/เดือน/ปี	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)			
	วัตถุแห้ง	โปรตีน	ผนังเซลล์	ลิกโนเซลลูโลส
1/3/ส.ค./2552	19.87	9.50	68.74	48.45
2/17/ก.ย./2552	17.65	12.64	66.13	40.51
3/1/พ.ย./2552	16.78	9.44	71.90	51.58
4/16/ธ.ค./2552	17.47	13.61	67.40	54.68
เฉลี่ย	17.94	11.30	68.54	48.81

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดครั้งแรกเมื่ออายุ 60 วัน และตัดครั้งที่ 2 3 และ 4 ทุก ๆ อายุ 45 วัน ดังแสดงในตารางที่ 3 ผลการทดลองพบว่า ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีปริมาณวัตถุแห้งเท่ากับ 19.87 17.65 16.78 และ 17.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 9.50 12.64 9.44 และ 13.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีผนังเซลล์เท่ากับ 68.74 66.13 71.90 และ 67.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีปริมาณลิกโนเซลลูโลสเท่ากับ 48.45 40.51 51.58 และ 54.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการตัดข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ทั้ง 4 ครั้ง พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณวัตถุแห้ง โปรตีน ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 17.94 11.30 48.81 และ 68.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งในข้าวฟ่างอาหารสัตว์ปริมาณของวัตถุแห้งนั้นจะมีสหสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณโปรตีนและปริมาณน้ำตาลในลำต้น ส่วนปริมาณโปรตีนในลำต้นนั้นจะมีสหสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณของเยื่อใย (Jayamani and Stephen Dorairaj, 1994) ปริมาณผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของพืชนั้นขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ปัจจัย เช่น สภาวะการเจริญเติบโตและระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม การจัดการแปลงพืชอาหารสัตว์ที่แตกต่างกันล้วนมีอิทธิพลต่อปริมาณและคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ เช่น อัตราการใช้เมล็ด ระยะปลูกหรือความหนาแน่นของพืช วันปลูก อัตราการใช้ปุ๋ย การให้น้ำ การกำจัดวัชพืช การปลูกพืชแซม และปัจจัยด้านพันธุกรรมของพืชแต่ละชนิด เป็นต้น (Reddy *et al.*, 2003) การปลูกข้าวฟ่างเพื่อใช้ประโยชน์จากส่วนของต้นสด ไม่ว่าจะปลูกในช่วงใด ผลผลิตต้นสดของข้าวฟ่างจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะเนื้อดิน สถานที่ปลูก ปริมาณและ

การกระจายตัวของฝน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อผลผลิตต้นสด และองค์ประกอบของผลผลิต (กนกทิพย์ และคณะ, 2538) ผลผลิตและคุณภาพของแปลงหญ้านั้น ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของหลายปัจจัย เช่น ชนิดของหญ้า ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และฤดูกาล และที่สำคัญคือ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยเฉพาะปริมาณไนโตรเจนในดิน เพราะไนโตรเจนเป็นแร่ธาตุอาหารที่สำคัญยิ่งที่จะเป็นตัวกำหนดทั้งผลผลิตและคุณภาพ (โปรตีน) ของแปลงหญ้า (Henzell, 1963; Hendy, 1975; อารีย์, 2526)

ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าสามารถตัดข้าวฟ่างได้ถึง 4 ครั้ง และให้ผลผลิตน้ำหนัสดและคุณค่าทางอาหารในแง่ของระดับโปรตีนสูงกว่าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตโคนม (2550) รายงานไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทดลองนี้มีการใช้ปุ๋ยยูเรียร่วมด้วยทุกครั้งหลังการตัด ในอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้งการตัด ซึ่งการใช้ปุ๋ยยูเรียจะช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณค่าทางอาหารแก่หญ้า (Henzell, 1963; Hendy, 1975; อารีย์, 2526; สายัณห์, 2547) ซึ่งการใช้ยูเรียแก่พืชอาหารสัตว์นั้นจะช่วยเพิ่มปริมาณใบให้มากขึ้นแต่ก็เพิ่มส่วนใบตายมากขึ้นด้วย ซึ่งใบแก่และใบตายนั่นส่งผลต่อค่า พลังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสของพืช (สายัณห์, 2547) และระดับโปรตีนในข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ได้จากการทดลองนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 9.44 ถึง 13.61 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณโปรตีนในพืชอาหารสัตว์ปริมาณนี้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม มีคุณภาพดี และเพียงพอต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องในการย่อยเยื่อใยในพืช (Hennessy, 1980; Walton, 1984) ส่วนองค์ประกอบของพลังงานเซลล์และลิกโนเซลลูโลสของข้าวฟ่างอาหารสัตว์จากการตัด 4 ครั้ง ในการทดลองนี้ พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของพืชอาหารสัตว์เขตร้อนทั่วไป (Whiteman, 1980) และจัดว่ามีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมต่อการนำไปเลี้ยงแม่โคนมในกลางระยะการให้นมได้โดยควรใช้ประโยชน์ร่วมกับการเสริมอาหารขึ้น เนื่องจากคุณภาพของหญ้าเขตร้อนมีคุณค่าทางอาหารลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อพืชมีอายุมากขึ้น (Milford and Minson, 1966) และการตัดพืชที่อายุเหมาะสมจะช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของพืชอาหารสัตว์ได้ (สายัณห์, 2547)

การทดลองที่ 2 การใช้หญ้ากินนีสีม่วง ข้าวฟางอาหารสัตว์ และข้าวฟางอาหารสัตว์ผสมถั่วเลบนเลบเพื่อเป็นอาหารโคนมในรูปตัดสดที่อายุ 60 วัน

1. การศึกษาผลผลิต ลักษณะทางการเกษตร และองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟางอาหารสัตว์ และข้าวฟางอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วเลบนเลบตัดครั้งแรกเมื่ออายุ 60 วัน หลังการปลูก

ปริมาณผลผลิตของข้าวฟางอาหารสัตว์ และข้าวฟางอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วเลบนเลบตัดครั้งแรกเมื่ออายุ 60 วัน หลังการปลูก ผลการทดลองพบว่า ข้าวฟางอาหารสัตว์มีความหนาแน่น หรือจำนวนต้นต่อไร่สูงกว่าข้าวฟางอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วเลบนเลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่าเท่ากับ $158,333 \pm 37,103$ และ $101,667 \pm 22,388$ ต้นต่อไร่ ตามลำดับ ($P < 0.05$ ตารางที่ 4) ความสูงของต้นข้าวฟางอาหารสัตว์ และต้นข้าวฟางอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วเลบนเลบมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีความสูงเท่ากับ 191.83 ± 13.11 และ 182.83 ± 34.05 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ผลผลิตน้ำหนักสดของข้าวฟางอาหารสัตว์ และข้าวฟางอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วเลบนเลบมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ มีน้ำหนักสดเท่ากับ $8,600 \pm 2,241$ และ $10,633 \pm 3,448$ กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวฟางอาหารสัตว์ และข้าวฟางอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วเลบนเลบมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ $1,466 \pm 468$ และ $1,765 \pm 483$ กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งการปลูกข้าวฟางเพื่อใช้ส่วนของต้นสด ไม่ว่าจะปลูกในช่วงใด ผลผลิตต้นสดของข้าวฟางจะมากหรือน้อยขึ้นกับลักษณะเนื้อดิน สถานที่ปลูกที่มีสภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยปริมาณฝน และการกระจายตัวของฝนจะมีผลกระทบต่อผลผลิตต้นสด และองค์ประกอบของผลผลิต (แกนทิพย์ และคณะ, 2538) การลดความหนาแน่นของต้นพืชด้วยการเพิ่มระยะห่างระหว่างแถวปลูกจะส่งผลให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวฟางอาหารสัตว์ลดลง (Caravetta *et al.*, 1990; Corleto *et al.*, 1990) ระยะห่างระหว่างแถวที่เหมาะสมของต้นข้าวฟางอาหารสัตว์ที่ปลูกเพื่อทำข้าวฟางหมักที่ให้ทั้งผลผลิต และคุณภาพสูงสุด คือ ที่ระยะระหว่างแถว 25 เซนติเมตร หรือความหนาแน่นของต้นพืชเท่ากับ 40 – 50 ต้นต่อตารางเมตร (Corleto *et al.*, 1990) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแก่ข้าวฟางจะเพิ่มปริมาณโปรตีน เถ้า และกรดไฮโดรไซยานิก แต่ปริมาณเยื่อใยและ non structural carbohydrate จะลดลง (Mohamed and Hamd, 1988) หากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นถึง 19.2 กิโลกรัมต่อไร่จะช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำหนักสดและผลผลิตน้ำหนักแห้งและช่วยลดปริมาณเยื่อใย NDF (Bebawi, 1988; Patil *et al.*, 1992) แต่ระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมในข้าวฟางอาหารสัตว์ คือ 16 - 19.2 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ 100 – 120 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (Gill *et al.*, 1988; El-Hattab and Harb, 1991)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยลิสท์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของลักษณะทางการเกษตรของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วเลนเลน ตัดครั้งแรกเมื่ออายุ 60 วันหลังการปลูก

ลักษณะทางการเกษตร	รูปแบบการปลูกพืช	
	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วเลนเลน
ความหนาแน่น (ต้น/ไร่)	158,333 ^a ±37,103	101,667 ^a ±22,388
ความสูง (ซม.)	191.83±13.11	182.83±34.05
ผลผลิตน้ำหนักรากสด (กก./ไร่)	8,600±2,241	10,633±3,449
ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	1,466±468	1,765±483

^a ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ความหนาแน่นของต้นข้าวฟ่างอาหารสัตว์และถั่วเลนเลนในสภาพปลูกร่วมกัน พบว่า มีจำนวนเท่ากับ 101,667±22,388 ต้นต่อไร่ (ตารางที่ 4) ซึ่งประกอบด้วยข้าวฟ่างอาหารสัตว์จำนวน 78,333±17,224 ต้นต่อไร่ และถั่วเลนเลนจำนวน 23,333± 5,164 ต้นต่อไร่ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยลิสท์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานขององค์ประกอบผลผลิตของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วเลนเลน ตัดครั้งแรกเมื่ออายุ 60 วันหลังการปลูก

ลักษณะทางการเกษตร	องค์ประกอบผลผลิตของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วเลนเลน	
	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์	ถั่วเลนเลน
ความหนาแน่น (ต้น/ไร่)	78,333±17,224	23,333±5,164
ความสูง (ซม.)	182.83±34.05	127.52 ± 18.41
เปอร์เซ็นต์ (%)	76.67±5.61	23.33±5.61

ความสูงของต้นข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วเลนเลน (วัดจากพื้นดินถึงจุดสูงสุด) มีค่าเท่ากับ 182.83±34.05 เซนติเมตร ส่วนความสูงของต้นถั่วเลนเลนที่ปลูกร่วมกับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ในสภาพเลื้อยพันกับต้นข้าวฟ่าง (วัดจากพื้นดินถึงจุดสูงสุด) มีความสูงเท่ากับ 127.52±18.41

เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5) สัดส่วนผลผลิตของต้นข้าวฟ่างอาหารสัตว์ต่อต้นถั่วแถบแถบในสภาพปลูกร่วมกันเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ พบว่า มีสัดส่วนของต้นข้าวฟ่างอาหารสัตว์เท่ากับ 76.67 ± 5.61 เปอร์เซ็นต์ และมีสัดส่วนของต้นถั่วแถบแถบเท่ากับ 23.33 ± 5.61 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5)

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารขึ้น ผลการทดลองพบว่า มีวัตถุแห้งเท่ากับ 90.01 ± 0.33 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโปรตีนในอาหารขึ้นมีค่าเท่ากับ 17.39 ± 0.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งอาหารขึ้นที่ใช้ในการทดลองนี้มีระดับโปรตีนสูงกว่าปริมาณที่ NRC (2001) แนะนำไว้ที่ระดับโปรตีนอย่างน้อย 14 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยลิสท์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานขององค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี (% วัตถุแห้ง)	อาหารทดลอง		
	หญ้างินนิสีม่วง	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ผสมถั่วแถบแถบ
วัตถุแห้ง	32.32 ± 2.66	30.15 ± 0.24	30.22 ± 0.31
โปรตีน	5.84 ± 0.86	8.17 ± 2.31	9.48 ± 0.23
ผนังเซลล์	75.19 ± 0.75	65.70 ± 0.06	64.67 ± 0.74
ลิกโนเซลลูโลส	46.83 ± 0.48	44.41 ± 2.26	44.74 ± 1.03

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้างินนิสีม่วง ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแถบแถบ ดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งพบว่ามีค่าวัตถุแห้งเท่ากับ 32.32 ± 2.66 30.15 ± 0.24 และ 30.22 ± 0.31 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนมีค่าเท่ากับ 5.84 ± 0.86 8.17 ± 2.31 และ 9.48 ± 0.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณผนังเซลล์มีค่าเท่ากับ 75.19 ± 0.75 65.70 ± 0.06 และ 64.67 ± 0.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณลิกโนเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 46.83 ± 0.48 44.41 ± 2.26 และ 44.74 ± 1.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งปริมาณวัตถุแห้งนั้นจะเพิ่มขึ้นตามอายุของพืชที่เพิ่มขึ้น (Owen, 1962) หญ้างินนิสีม่วงที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นหญ้างอกขึ้นง่ายอายุมาก จึงส่งผล

ให้มีคุณค่าทางอาหารลดลง คือ มีปริมาณโปรตีนต่ำ และมีปริมาณผนังเซลล์ค่อนข้างสูง เมื่อพืชอาหารสัตว์มีอายุมากขึ้น คุณค่าทางโภชนาจะลดลง (Reling *et al.*, 2001; สายัณห์, 2547) เนื่องจากมีสัดส่วนของลำต้นมากขึ้น ซึ่งลำต้นจะมีระดับโปรตีนต่ำกว่าใบ ส่งผลให้ระดับโปรตีนรวมของใบกับลำต้นลดลง (สายัณห์, 2547) ปริมาณโปรตีนที่ต่ำกว่า 7 เปอร์เซ็นต์นี้จะไปมีผลกระทบต่อกิจกรรมการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งอาจส่งผลโดยตรงต่อการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยเยื่อใย (cellulolytic bacteria) ส่งผลให้กิจกรรมต่าง ๆ ในการย่อยเยื่อใยในอาหารหยาบลดลง (Hennessy, 1980) ส่วนกรณีที่อาหารหยาบที่ใช้เลี้ยงสัตว์มีโปรตีนต่ำกว่า 7 เปอร์เซ็นต์นั้นจะส่งผลให้สัตว์กินอาหารลดลงเนื่องจากกิจกรรมการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักลดลง (Walton, 1984) ส่วนการเสริมถั่วแฉะแฉะร่วมกับข้าวฟ่างอาหารสัตว์นั้นพบว่า ถั่วสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในพืชอาหารสัตว์ให้สูงขึ้นได้ ซึ่งพบว่า ข้าวฟ่างอาหารสัตว์และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแฉะแฉะที่ใช้ในการทดลองนี้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มจาก 8.17 เป็น 9.48 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณโปรตีนในพืชอาหารสัตว์ปริมาณนี้จัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม มีคุณภาพดี และเพียงพอต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องในการย่อยเยื่อใยในพืช (Hennessy, 1980) ปริมาณผนังเซลล์ของพืชอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลองนี้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของพืชอาหารสัตว์เขตร้อนทั่วไป (Minson, 1990) การทดลองนี้มีการใส่ปุ๋ยในโตรเจนในรูปยูเรีย อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่แก่พืช ซึ่งการใส่ปุ๋ยในโตรเจนแก่พืชอาหารสัตว์นั้นจะช่วยเพิ่มปริมาณใบให้มากขึ้นแต่ในขณะเดียวกันก็เพิ่มส่วนของใบคายมากขึ้นด้วย ซึ่งใบแก่และใบคายนั้นส่งผลต่อค่าปริมาณผนังเซลล์และปริมาณลิกโนเซลลูโลสของพืช (สายัณห์, 2547)

2. การศึกษาสมรรถภาพการผลิตของโคนมที่เลี้ยงด้วยหญ้ากินีสีม่วง ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแฉะแฉะ

2.1 ปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ จากการทดลอง พบว่า โคนมกลุ่มที่ได้รับหญังกินีสีม่วง ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแฉะแฉะมีปริมาณการกินได้ของอาหารขึ้นเท่ากับ 5.71 ± 1.30 6.78 ± 0.60 และ 6.95 ± 0.63 กิโลกรัมวัตถุดิบแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบเท่ากับ 4.37 ± 0.12 6.66 ± 0.50 และ 8.27 ± 0.72 กิโลกรัมวัตถุดิบแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ปริมาณวัตถุดิบทั้งหมดที่กินได้เท่ากับ 10.08 ± 1.27 13.44 ± 0.83 และ 15.22 ± 0.75 กิโลกรัมวัตถุดิบแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

($P<0.01$) และปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวเท่ากับ 2.32 ± 0.15 3.10 ± 0.30 และ 3.54 ± 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยลิสต์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนักตัวและปริมาณการกินได้ของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มโคทดลอง		
	หญ้ากินนิสีม่วง	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเหลือง
จำนวนสัตว์ (ตัว)	4	4	4
ระยะเวลาทดลอง (วัน)	42	42	42
น้ำหนักเริ่มต้น (กก.)	434.75 ± 58.23	435.25 ± 32.60	429.75 ± 20.04
น้ำหนักสิ้นสุด (กก.)	434.75 ± 42.72	441.50 ± 30.56	436.50 ± 27.00
การเปลี่ยนแปลง	0.00 ± 21.06	6.25 ± 3.30	6.75 ± 8.22
น้ำหนักตัว (กก.)	(-28 ถึง +23)	(+3 ถึง +10)	(+2 ถึง +19)
ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (กก./ตัว/วัน)			
- อาหารหยาบ	$4.37\pm0.12^{\text{ก}}$	$6.66\pm0.50^{\text{ข}}$	$8.27\pm0.72^{\text{ก}}$
- อาหารข้น	$5.71\pm1.30^{\text{ก}}$	$6.78\pm0.60^{\text{ข}}$	$6.95\pm0.63^{\text{ก}}$
ปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้ (กก./ตัว/วัน)	$10.08\pm1.27^{\text{ก}}$	$13.44\pm0.83^{\text{ข}}$	$15.22\pm0.75^{\text{ก}}$
- คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว	$2.32\pm0.15^{\text{ก}}$	$3.10\pm0.30^{\text{ข}}$	$3.54\pm0.07^{\text{ก}}$

^{กข} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

จากการทดลองพบว่า ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเหลืองมีความน่ากินสูงกว่าข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และหญ้ากินนิสีม่วงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุที่ลำต้นของข้าวฟ่างมีความอวบน้ำ และมีความหวานจากปริมาณของน้ำตาลในลำต้น (water soluble carbohydrate) เมื่อผสมกับพืชตระกูลถั่วซึ่งมีโปรตีนสูงจึงส่งผลต่อปริมาณการกินได้ที่มากกว่า (Humphrey, 1991) และพบว่าปริมาณผนังเซลล์ของหญ้ากินนิสีม่วงนั้นสูงกว่าปริมาณผนังเซลล์ของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P < 0.01$) ซึ่งปริมาณเชื้อใยในอาหารนั้นส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินและการย่อยได้ของสัตว์ ซึ่งอาหารหยาบเชื้อใยสูงจะลดปริมาณการกินได้ของสัตว์ลง (Humphrey, 1991) และนอกจากนี้การทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องยังเกี่ยวข้องกับปริมาณโปรตีนในอาหารด้วย ซึ่งหญ้ากินนีสีม่วงที่ใช้เลี้ยงโคนมในการทดลองนี้มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่ามาตรฐานโปรตีน 7 เปอร์เซ็นต์ที่สัตว์เคี้ยวเอื้องควรได้รับ ซึ่งหากปริมาณโปรตีนที่ต่ำกว่ามาตรฐานนี้จะไปมีผลกระทบต่อกิจกรรมการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ส่งผลให้การย่อยเชื้อใยในอาหารหยาบลดลง (Hennessy, 1980) และส่งผลให้สัตว์กินอาหารหยาบได้ลดลง (Walton, 1984; Humphrey, 1991) ทั้งนี้แม่โคนมที่ใช้ในการทดลองนี้ได้รับการเสริมอาหารขึ้น ประมาณ 45-50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการกินได้ทั้งหมดในแต่ละวัน และเป็นการปรับปริมาณการให้อาหารขึ้นตามคุณภาพของอาหารหยาบ ซึ่งใกล้เคียงกับสัดส่วนที่ Lekchom *et al.* (1989) แนะนำไว้ว่า การเสริมอาหารขึ้นในระดับที่สัดส่วนอาหารขึ้น 1 กิโลกรัมต่อผลผลิตนม 3 กิโลกรัม นั้นจะช่วยลดต้นทุนการผลิตนมได้ และอาหารขึ้นที่ใช้ในการทดลองนี้มีระดับโปรตีนสูงกว่าปริมาณที่ NRC (2001) แนะนำไว้ที่ระดับโปรตีนอย่างน้อย 14 เปอร์เซ็นต์

2.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว โคนมกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วง ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเหลืองมีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 434.75 ± 58.23 435.25 ± 32.60 และ 429.75 ± 20.04 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีน้ำหนักสิ้นสุดเท่ากับ 434.75 ± 42.72 441.50 ± 30.56 และ 436.50 ± 27.00 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวเท่ากับ 0.00 ± 21.06 (-28 ถึง +23) 6.25 ± 3.30 (+3 ถึง +10) และ 6.75 ± 8.22 (+2 ถึง +19) กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 7 จากการทดลองครั้งนี้พบว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบคุณภาพดีจะมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งการใช้พืชตระกูลถั่วร่วมกับหญ้าเป็นอาหาร โคนมจะส่งผลให้โคกินอาหารได้เพิ่มขึ้นเป็นผลให้น้ำหนักตัวของสัตว์เพิ่มสูงขึ้นด้วย (Tudsri *et al.*, 1998b)

2.3 ปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม ปริมาณผลผลิตน้ำนมของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าปริมาณน้ำนมปกติมีค่าเท่ากับ 11.97 ± 3.35 15.10 ± 1.59 และ 15.72 ± 1.70 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อนำมาคำนวณเป็นปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าโคนมทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีค่าเท่ากับ 12.06 ± 3.59 15.09 ± 1.44 และ 15.94 ± 1.87 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 8 องค์ประกอบน้ำนมของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3

กลุ่ม พบว่า ปริมาณไขมันมีค่าเท่ากับ 4.03 ± 0.23 4.00 ± 0.30 และ 4.09 ± 0.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนมีค่าเท่ากับ 3.09 ± 0.02 3.19 ± 0.08 และ 3.11 ± 0.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณแล็กโตสมีค่าเท่ากับ 5.37 ± 0.04 5.52 ± 0.13 และ 5.41 ± 0.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปริมาณของแข็งไม่รวมไขมันมีค่าเท่ากับ 9.01 ± 0.08 9.32 ± 0.25 และ 9.06 ± 0.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยลิสต์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลผลิตและองค์ประกอบ
นํ้านมของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	โคทดลองกลุ่มที่		
	หญ้ากินนีสีม่วง	ข้าวฟ่าง อาหารสัตว์	ข้าวฟ่างอาหาร สัตว์ผสมถั่ว เหลือง
ปริมาณนํ้านมปกติ (กิโลกรัม/วัน)	11.97 ± 3.35	15.10 ± 1.59	15.72 ± 1.70
ปริมาณนํ้านมปรับไขมัน 4 % (กิโลกรัม/วัน)	12.06 ± 3.59	15.09 ± 1.44	15.94 ± 1.87
องค์ประกอบนํ้านม (%)			
-ไขมัน	4.03 ± 0.23	4.00 ± 0.30	4.09 ± 0.11
-โปรตีน	3.09 ± 0.02	3.19 ± 0.08	3.11 ± 0.16
-แล็กโตส	5.37 ± 0.04	5.52 ± 0.13	5.41 ± 0.24
-ของแข็งไม่รวมไขมัน	9.01 ± 0.08	9.32 ± 0.25	9.06 ± 0.45

องค์ประกอบนํ้านมของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (อ.ส.ค., 2552) โปรตีนในนํ้ามนั้นสังเคราะห์มาจากกรดอะมิโนในกระแสเลือด ปริมาณของโปรตีนในนํ้านมจะขึ้นกับปริมาณของไนโตรเจนจากอาหารที่สัตว์ได้รับ (เมธา, 2533) ปริมาณน้ำตาลแล็กโตสในนํ้านมที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าแม่โคทดลองทั้ง 3 กลุ่มได้รับโภชนาจากอาหารเพียงพอต่อการนำกลูโคสในกระแสเลือด ไปใช้สังเคราะห์เป็นน้ำตาลแล็กโตสในนํ้านม ซึ่งน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือดจะถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์น้ำตาลแล็กโตสในนํ้านม (เทอดชัย, 2548)

2.4 การเปลี่ยนแปลงค่าทางชีวเคมีของเลือด สอร์โมนไทรโอโดไทโรนิน และ Non-Esterified Fatty Acid ในกระสเลื้อย

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าทางชีวเคมีของเลือดนั้น สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้อาหารได้อีกทางหนึ่งนอกเหนือจากการประเมินด้วยปริมาณการกินได้และอัตรา การเจริญเติบโตของสัตว์ ซึ่งปกตินั้นนิยมใช้ค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกลูโคสในกระสเลื้อย (Blood Glucose, BG) ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระสเลื้อย (Blood Urea Nitrogen, BUN) และปริมาณ สอร์โมนไทรโอโดไทโรนินในกระสเลื้อย (Triiodothyronine, T₃) เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับการใช้ ประโยชน์ได้ของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และอัตราเมตาบอลิซึมต่างๆ ของร่างกาย ผลของการใช้หญ้า กินนีสีม่วง ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเหลืองเป็นอาหารโคนม พบว่ามี ผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าทางชีวเคมีของเลือดดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 9) ปริมาณกลูโคสในกระสเลื้อย ที่ 0 ชั่วโมง ก่อนกินอาหารของโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วง ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าว ฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 63.07 ± 8.50 70.49 ± 5.52 และ 63.56 ± 8.92 มิลลิกรัม เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากโคทดลองกินอาหาร ไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีปริมาณกลูโคสในกระสเลื้อยสูงขึ้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 66.06 ± 6.09 71.67 ± 3.34 และ 69.28 ± 3.19 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มี นัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 9 และมีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของโคนม คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 50- 71 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Robert and Prasse, 1998) ซึ่งปริมาณ BG สามารถบอกถึงการใช้ประโยชน์ ของพลังงานในสูตรอาหาร (Blowey *et al.*, 1973) โดยทั่วไปสัตว์มีปริมาณ BG ประมาณ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ และมีความต้องการเพื่อดำรงชีพ 40-60 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (เมธา, 2529) หาก มีปริมาณต่ำกว่า 30 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ จะบ่งบอกถึงการได้รับโภชนาที่ไม่เพียงพอ (O'Doherty and Crosby, 1998) การสร้างกลูโคสขึ้นอยู่กับสถานะของสัตว์และชนิดของอาหารที่กิน การกิน อาหารข้นจะเกิดการสร้างกลูโคสมากกว่าการกินอาหารหยาบ เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตที่มีในอาหาร ข้นจะถูกเปลี่ยนเป็นโพรพิโอเนทโดยการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งจะถูกลดซึมเข้าสู่ กระสเลื้อยแล้วไปเปลี่ยนเป็นกลูโคสที่ตับต่อไป (บุญล้อม, 2542)

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยลิสทัทสแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของปริมาณกลูโคส ยูเรียไนโตรเจน สอร์โมน ไตรโอไอโดโทโรนิน และ Non-Esterified Fatty Acid ในกระแสเลือดของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	โคทดลองกลุ่มที่		
	หญ่กินนี้ สีม่วง	ข้าวฟ่าง อาหารสัตว์	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ผสมถั่วเหลือง
ปริมาณกลูโคส (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)			
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	63.07±8.50	70.49±5.52	63.56±8.92
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	66.06±6.09	71.67±3.34	69.28±3.19
ปริมาณยูเรียไนโตรเจน (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)			
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	8.26±0.98	8.96±1.65	10.47±2.11
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	11.57±1.37	12.04±1.05	13.18±1.84
ปริมาณสอร์โมน T ₃ (นาโนกรัม/เดซิลิตร)			
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	142.50±22.40	201.00±68.14	167.75±51.09
ปริมาณ NEFA (นาโนกรัม/เดซิลิตร)			
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	1.08±0.17	1.26±0.94	0.74±0.22

ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดที่ 0 ชั่วโมง ก่อนกินอาหารของโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ่กินนี้สีม่วง ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 8.26±0.98 8.96±1.65 และ 10.47±2.11 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และหลังจากโคทดลองกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดสูงขึ้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.57±1.37 12.04±1.05 และ 13.18±1.84 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 9) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดของโคนมและโคเนื้อในระดับปกติ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 6.3-25.5 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (เมธา, 2533) ซึ่งค่าความเข้มข้นของยูเรียในกระแสเลือด เกิดจากการหมักย่อยของโปรตีนในอาหารในกระเพาะสัตว์ได้เป็นแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะหมักเข้าสู่กระแสเลือดก่อนที่จะถูกนำไปเปลี่ยนเป็นยูเรีย โดยผ่านวัฏจักรยูเรีย (urea cycle) ที่ตับ ซึ่งความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะหมักของสัตว์ (Van Soest,

1982) และมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของแอมโมเนียจะถูกลำเลียงไปสังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีน ซึ่งมากกว่าปริมาณของแอมโมเนียที่ถูกดูดซึมผ่านผนังของกระเพาะหมักเข้าสู่กระแสเลือด และถูกนำไปเปลี่ยนเป็นยูเรียโดยผ่านวัฏจักรยูเรียที่ตับอีกครั้ง (Hino and Russell, 1986) แต่อย่างไรก็ตาม ระดับความเข้มข้นของยูเรียในโตรเจนในกระแสเลือดนั้นมีความสัมพันธ์กับการรักษา nitrogen pool ของร่างกายสัตว์ เนื่องจากร่างกายของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีความสามารถในการนำกลับยูเรียในกระแสเลือดมาใช้ใหม่เพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจนผ่านการดูดซึมของกระเพาะหมักและผ่านทางน้ำลาย (Church, 1979)

ไทรอยด์ฮอร์โมนทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการเมตาบอลิซึมของร่างกาย ช่วยควบคุมสภาวะปกติต่าง ๆ เช่น เพิ่มปริมาณการกินอาหาร อัตราการเต้นของหัวใจ การไหลเวียนของโลหิต ไปยังไต และอัตราการคัดหลั่งน้ำนม (Taylor and Field, 1998) ปริมาณฮอร์โมน T_3 ในกระแสเลือดที่ 4 ชั่วโมง หลังจากโคททดลองกินอาหารขึ้นไปแล้ว พบว่า ไคโนม ทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีปริมาณฮอร์โมน T_3 ในกระแสเลือดมีค่าเท่ากับ 142.50 ± 22.40 201.00 ± 68.14 และ 167.75 ± 51.09 นาโนกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังแสดงในตารางที่ 9) อาหารคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนมีผลต่อการสังเคราะห์ไทรอยด์ฮอร์โมน โดยคาร์โบไฮเดรตจะกระตุ้นการหลั่ง T_4 และโปรตีนจะกระตุ้นการเปลี่ยน T_4 เป็น T_3 (Squires, 2003) ดังนั้น ถ้าหากสัตว์ได้รับอาหารไม่เพียงพอจะทำให้เกิดการสลายตัวของโปรตีน และไขมันของร่างกาย ส่งผลให้สูญเสียน้ำหนักตัว (ยรรยง, 2538) จากการทดลองสังเกตได้ว่าโคทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และโคทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแฉะแฉะ ได้รับอาหารหยาดคุณภาพดีกว่าโคทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วงเป็นแหล่งอาหารหยาด จึงส่งผลให้มีค่าปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้ ปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ปริมาณน้ำนมปกติ และปริมาณฮอร์โมน T_3 ที่ 4 ชั่วโมงหลังจากได้รับอาหารขึ้น มีค่าสูงกว่าโคทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วง

ปริมาณ NEFA ในกระแสเลือดที่ 4 ชั่วโมง หลังจากโคทดลองกินอาหารขึ้นไปแล้ว พบว่า ไคโนมทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีปริมาณ NEFA ในกระแสเลือดมีค่าเท่ากับ 1.08 ± 0.17 1.26 ± 0.94 และ 0.74 ± 0.22 นาโนกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 9 ซึ่งค่า NEFA ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าไคโนมทดลองทั้ง 3 กลุ่มนี้ได้รับโภชนาการเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย และเพียงพอต่อการผลิตน้ำนมในปริมาณ 11 – 15 กิโลกรัมต่อวัน ส่งผลให้ร่างกายของไคโนมทดลองทั้ง 3 กลุ่มนี้มีการสลายเนื้อเยื่อไขมันเพื่อการ

ผลิตน้ำมันต่ำมาก ซึ่งปริมาณของ NEFA ในกระแสเลือดจะผันแปรตามปริมาณการสลายไขมันในร่างกาย (Adewuyi *et al.*, 2005) ในโคนมที่ให้ผลผลิตสูง หรือโคนมที่เกิดภาวะสมดุลของพลังงานเป็นลบ หรือขาดพลังงานจะมีการสูญเสียน้ำหนักตัว เกิดการสลายไขมันสะสม มีปริมาณของ NEFA ในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น และเป็นโรคไขมันสะสมที่ตับ โคที่เพิ่งคลอดลูกใหม่ ๆ จะมีปริมาณ NEFA สูงในกระแสเลือด (จิตรกมล, 2552) หากปริมาณ NEFA ในกระแสเลือดมากกว่า 400 $\mu\text{mol/L}$ จะบ่งชี้ถึงปัญหาของภาวะขาดสมดุลพลังงาน โคนมจะมีการสลายไขมัน และหากปริมาณ NEFA ในกระแสเลือดมากกว่า 700 $\mu\text{mol/L}$ จะมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะคีโตซิสในโคนม (Oetzel, 2004; Gonzalez *et al.*, 2011)

2.5 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ผลของการใช้หญ้ากินนีสีม่วง ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเลาบเลาบเป็นแหล่งอาหารหยาบแก่โคนมต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยการคำนวณจากผลผลิตน้ำมันดิบที่ผลิตได้ต่อวันและหักค่าอาหารหยาบ อาหารข้น แต่ไม่รวมต้นทุนการผลิตอื่นๆ เพื่อประเมินราคาค่าต้นทุนอาหารทั้งหมดต่อวัน และรายรับของน้ำมันต่อวัน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 10 โคนมกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์มีต้นทุนค่าอาหารหยาบสูงสุด รองลงมาคือ โคนม กลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วง และโคนมกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเลาบเลาบ โดยมีค่าเท่ากับ 7.73 6.86 และ 6.32 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ต้นทุนค่าอาหารข้นของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม พบว่ามีค่าเท่ากับ 52.69 62.48 และ 64.14 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม พบว่ามีค่าเท่ากับ 59.55 70.20 และ 70.46 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากการทดลอง พบว่า โคนมกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วง ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเลาบเลาบ มีรายรับจากน้ำมันปกติมีค่าเท่ากับ 215.46 271.80 และ 282.96 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นรายได้จากน้ำมันปกติหลังจากหักต้นทุนค่าอาหาร พบว่า โคนมกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเลาบเลาบ และโคนมกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ มีรายได้สูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วง โดยมีค่า 212.50 201.60 และ 155.91 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยของต้นทุนค่าอาหาร รายได้ และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคทดลอง
ที่ได้รับอาหารต่างกัน

รายการ	โคทดลองกลุ่มที่		
	หญ้ากินนีสีม่วง	ข้าวฟ่าง อาหารสัตว์	ข้าวฟ่างอาหาร สัตว์ผสม ถั่วเหลือง
ต้นทุนค่าอาหารหยาบ (บาท/ตัว/วัน)	6.86 ^ก	7.73 ^ก	6.32 ^ก
ต้นทุนค่าอาหารข้น (บาท/ตัว/วัน)	52.69	62.48	64.14
ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว/วัน)	59.55	70.20	70.46
รายรับจากนํ้านมปกติ (บาท/ตัว/วัน)	215.46	271.80	282.96
รายได้จากนํ้านมปกติหลังจากหักต้นทุน ค่าอาหาร (บาท/ตัว/วัน)	155.91	201.60	212.50

^ก ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

หมายเหตุ ราคาอาหารข้น 8.33 บาท/กิโลกรัม ราคาหญ้ากินนีสีม่วง 0.49 บาท/กิโลกรัม ราคาข้าวฟ่างอาหารสัตว์ 0.35 บาท/กิโลกรัม ราคาข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเหลือง 0.27 บาท/กิโลกรัม ราคานํ้านมดิบของเกษตรกรรายย่อยปี 2551 18.00 บาท/กิโลกรัมและเปอร์เซ็นต์ไขมันในนํ้านมดิบเพิ่มจากมาตรฐาน (3.30) ในอัตราร้อยละ 0.10 ให้ราคานํ้านมดิบเพิ่มขึ้น 0.02 บาท/กิโลกรัม

การทดลองที่ 3 การใช้หญ้ากินนีสีม่วง และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดครั้งที่ 2 ที่อายุ 45 วัน เพื่อเป็นอาหารโคนม

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารขึ้น ผลการทดลองพบว่า มีวัตถุแห้งเท่ากับ 89.36 ± 0.08 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโปรตีนของอาหารขึ้นมีค่าเท่ากับ 18.33 ± 1.44 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้ากินนีสีม่วง และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ดังแสดงในตารางที่ 11 ซึ่งพบว่ามีค่าวัตถุแห้งเท่ากับ 22.81 ± 2.87 และ 18.09 ± 1.85 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 7.22 ± 1.14 และ 8.63 ± 1.15 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณผนังเซลล์มีค่าเท่ากับ 71.66 ± 3.73 และ 71.33 ± 0.81 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณลิกโนเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 45.09 ± 2.61 และ 54.29 ± 3.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยลิสท์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานขององค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี (% วัตถุแห้ง)	อาหารทดลอง	
	หญ้ากินนีสีม่วง	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์
วัตถุแห้ง	22.81 ± 2.87	18.09 ± 1.85
โปรตีน	7.22 ± 1.14	8.63 ± 1.15
ผนังเซลล์	71.66 ± 3.73	71.33 ± 0.81
ลิกโนเซลลูโลส	45.09 ± 2.61	54.29 ± 3.83

เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบทางเคมีในแง่ของระดับโปรตีนในอาหารหยาบที่ใช้เลี้ยงโคนม ในการทดลองครั้งนี้ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าระดับโปรตีนในอาหารหยาบทั้ง 2 ชนิดที่ใช้ในการทดลองนี้ เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ประเภทย่อยเยื่อใย (cellulolytic bacteria) ในกระเพาะหมักของสัตว์ (Hennessy, 1980) แต่อย่างไรก็ตาม หากระดับโปรตีนในอาหารหยาบที่ให้สัตว์กินมีค่าต่ำกว่า 7 เปอร์เซ็นต์จะส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ของสัตว์ (Milford and Minson, 1964) และหญ้าที่มีอายุมากขึ้นจะมีคุณค่าทางโภชนาต่ำลง เนื่องจากสัดส่วนของลำต้นต่อใบเพิ่มขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์ (Akin *et al.*, 1977) และสูญเสียองค์ประกอบภายในเซลล์

(cell content) ไปพร้อมๆ กับอายุของพืชที่เพิ่มขึ้น (Ballard *et al.*, 1990) ส่วนปริมาณลิกนิน คือ ปัจจัยสำคัญในการบ่งชี้ถึงปริมาณการย่อยได้ของอาหาร (พันทิพา, 2539) เนื่องจากลิกนินจะสร้างพันธะ (cross-linked) กับโพลีแซคคาไรด์ในพืชอาหารสัตว์ ซึ่งจะขัดขวางไม่ให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเข้าย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตประเภทโครงสร้าง (structural carbohydrate) ซึ่งในหญ้าจะมีปริมาณผนังเซลล์และการย่อยได้มากกว่าในถั่วอาหารสัตว์ แต่ในถั่วอาหารสัตว์จะมีอัตราการย่อยได้ที่เร็วกว่า ซึ่งในสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยทั่วไป จะมีค่าการย่อยได้ของเยื่อใยในถั่วอาหารสัตว์ 40-50 เปอร์เซ็นต์ และในหญ้า 60-70 เปอร์เซ็นต์ (Church, 1975; Buxton and Redfearn, 1997)

2. การศึกษาสมรรถภาพการผลิตของโคนมที่เลี้ยงด้วยหญ้ากินนีสีม่วง และข้าวฟ่างอาหารสัตว์

2.1 ปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ จากการทดลอง พบว่า โคนมกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วง และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ มีปริมาณการกินได้ของอาหารขึ้นเท่ากับ 6.82 ± 1.40 และ 5.88 ± 1.16 กิโลกรัมวัตถุดิบ/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบเท่ากับ 3.37 ± 0.41 และ 4.10 ± 0.74 กิโลกรัมวัตถุดิบ/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณวัตถุดิบทั้งหมดที่กินได้เท่ากับ 10.19 ± 1.25 และ 9.98 ± 1.25 กิโลกรัมวัตถุดิบ/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และปริมาณวัตถุดิบทั้งหมดที่กินได้เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวมีค่าเท่ากับ 2.32 ± 0.44 และ 2.40 ± 0.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 12 ปริมาณการกินได้อย่างอิสระของอาหารหยาบนั้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะบ่งบอกถึงคุณค่าทางอาหาร ซึ่งในสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นจะมีค่าค่อนข้างแปรปรวนตามชนิด ลักษณะทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร เช่น ปริมาณผนังเซลล์ เป็นต้น (ฉลอง, 2541) ซึ่งปริมาณผนังเซลล์ที่มีอยู่ในอาหารหยาบนั้น สามารถใช้ประเมินปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุดิบในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุดิบของสัตว์ยังขึ้นกับปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น ความจุของกระเพาะสัตว์ ขนาดของชิ้นอาหาร การกระจายตัวของอาหาร และอัตราการย่อยสลายของเยื่อใยในกระเพาะ ระยะเวลาที่อาหารอยู่ในกระเพาะหมัก และกิจกรรมการเคี้ยวเอื้องของสัตว์ด้วย (Kenedy, 1984 and Teimouri *et al.*, 2004) อย่างไรก็ตาม การลดขนาดของลำต้นของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่มีลำต้นขนาดใหญ่และยาวกว่าลำต้นของหญ้ากินนีสีม่วงด้วยการสับให้มีขนาดที่เล็กลงนั้นจะช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุดิบของโคนมทดลองได้ ซึ่งการลดขนาดของชิ้นอาหารจะช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้ของสัตว์ (Woodford and Murphy, 1988) และหากไม่มีการลดขนาดของชิ้นอาหาร ชิ้นส่วนของอาหารที่ยาวจะไปมีผลกระทบต่อความจุกระเพาะของสัตว์ซึ่งจะมีผลต่อการกินได้ของสัตว์ (Armentano and

Pereira, 1997; Mertens, 1997) แต่อย่างไรก็ตามความยาวของชิ้นอาหารที่เหมาะสมก็ยังคงมีความสำคัญต่อกิจกรรมการเคี้ยวเอื้อง การรักษาภาวะความเป็นกรด-ด่าง การรักษาสภาวะนิเวศวิทยาของรูเมนที่เหมาะสมต่อการย่อยอาหารประเภทเยื่อใย การเพิ่มขึ้นของสัดส่วนอะซิเตทต่อโพรพิโอเนต การเพิ่มปริมาณไขมันนม และนอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการเกิดภาวะผิดปกติในกระเพาะหมักได้ (Teimouri *et al.*, 2004; Teimouri and Primohammadi, 2009) การกินได้และการย่อยได้ของอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นเป็นภาวะการแข่งขันกัน ระหว่างกระบวนการย่อยอาหารและอัตราการเคลื่อนผ่านของอาหาร (passage rate) (Kennedy, 1984) ในการทดลองครั้งนี้ เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการขาดโปรตีนในโคทดลอง โคทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วงจึงได้รับการเสริมอาหารชั้นในระดับที่สูงกว่าโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ จึงส่งผลให้ปริมาณการกินได้ของอาหารชั้น และปริมาณการกินได้รวมของอาหารทั้งหมดของโคทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วงสูงกว่าในโคทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ แต่มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในช่วงฤดูแล้งเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมักขาดแคลนอาหารหยาบคุณภาพดี เกษตรกรจึงมีการให้อาหารชั้นเพิ่มขึ้นกว่าระดับปกติเพื่อเป็นการชดเชยคุณภาพของอาหารหยาบซึ่งมีคุณภาพต่ำ (สุทธิศักดิ์, 2546) การเสริมอาหารชั้นให้กับสัตว์ที่ได้รับอาหารหยาบคุณภาพต่ำ จะช่วยส่งเสริมให้สัตว์มีการกินได้ และการย่อยได้ของอาหารหยาบดีขึ้น (Hendy *et al.*, 1995; John, 1997)

2.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว โคนมกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วง และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ มีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 427.50 ± 44.02 และ 436.33 ± 43.14 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีน้ำหนักสิ้นสุดเท่ากับ 433.17 ± 42.17 และ 449.50 ± 42.00 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวมีค่าเท่ากับ 5.67 (-6 ถึง +27) และ 13.17 (-10 ถึง +31) กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 12 เมื่อพิจารณาในแง่ของโปรตีนแล้วอาจกล่าวได้ว่า โคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ได้รับอาหารหยาบที่มีคุณภาพดีกว่าโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วง จึงส่งผลให้โคนมทดลองกลุ่มนี้มีการเพิ่มน้ำหนักตัวสูงกว่า แต่มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการใช้อาหารหยาบคุณภาพดีเลี้ยงแม่โครีคนมระยะกลางการให้นมนั้นจะช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวของสัตว์ได้ (Chilliard, 1989) ซึ่งน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของสัตว์มีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้ และยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณฮอร์โมน T_3 (Minson, 1990)

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยลิสท์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนักตัวและการกินได้ของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	โคทดลอง	
	หญ้ากินนีสีม่วง	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์
จำนวนสัตว์ (ตัว)	6	6
ระยะเวลาทดลอง (วัน)	42	42
น้ำหนักเริ่มต้น (กก.)	427.50±44.02	436.33±43.14
น้ำหนักสิ้นสุด (กก.)	433.17±42.17	449.50±42.00
การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (กก.)	+ 5.67 (-6 ถึง +27)	+ 13.17 (-10 ถึง + 31)
ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้(กก./ตัว/วัน)		
-อาหารหยาบ	3.37±0.41	4.10±0.74
-อาหารข้น	6.82± 1.40	5.88±1.16
ปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้(กก./ตัว/วัน)	10.19±1.25	9.98±1.25
-คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว	2.32±0.44	2.40±0.45

2.3 ปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบของนํ้านม

ปริมาณผลผลิตนํ้านมของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 2 กลุ่ม พบว่าปริมาณนํ้านมปกติมีค่าเท่ากับ 13.06 ± 2.59 และ 15.19 ± 3.14 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อนำมาคำนวณเป็นปริมาณนํ้านมปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าโคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเท่ากับ 11.74 ± 2.32 และ 13.43 ± 2.51 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 13 จากการทดลองอาจกล่าวได้ว่า การใช้ข้าวฟ่างอาหารสัตว์เป็นอาหารแม่โครีคนมระยะกลางการให้นมนั้น ส่งผลดีต่อการผลิตนํ้านมในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากในข้าวฟ่างอาหารสัตว์นั้นมีระดับโปรตีนสูงกว่าในหญ้ากินนีสีม่วง ซึ่งอาหารหยาบคุณภาพดี ที่มีโปรตีนและพลังงานสูงนั้นย่อมส่งผลดีต่อสมรรถภาพการผลิตนํ้านม (Humphrey, 1991)

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยลิสต์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลผลิตและองค์ประกอบ
น้ำมันของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	โคทดลอง	
	หญ้ากินนีสีม่วง	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์
ปริมาณน้ำมันปกติ (กิโลกรัม/วัน)	13.06±2.59	15.19±3.14
ปริมาณน้ำมันปรับไขมัน 4 % (กิโลกรัม/วัน)	11.74±2.32	13.43±2.51
องค์ประกอบน้ำมัน (%)		
-ไขมัน	3.36±0.61	3.26±0.38
-โปรตีน	3.05±0.19	3.02±0.02
-กรดไขมัน	5.15±0.20	5.22±0.03
-ของแข็งไม่รวมไขมัน	8.50±0.23	8.51±0.13

องค์ประกอบน้ำมันของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า ปริมาณไขมันมีค่าเท่ากับ 3.36±0.61 และ 3.26±0.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนมีค่าเท่ากับ 3.05±0.19 และ 3.02±0.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณกรดไขมันมีค่าเท่ากับ 5.15±0.20 และ 5.22±0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปริมาณของแข็งไม่รวมไขมันมีค่าเท่ากับ 8.50±0.23 และ 8.51±0.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 13 องค์ประกอบน้ำมันดิบของโคทดลองทั้ง 2 กลุ่ม จัดว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของคุณภาพน้ำมันดิบมาตรฐานที่กำหนดโดย อ.ส.ค. (2552) ระดับของโปรตีนในอาหารที่สัตว์ได้รับส่งผลกระทบต่ออัตราการสังเคราะห์โปรตีนในน้ำมัน (Larson, 1985; Christensen *et al.*, 1993) ส่วนปริมาณกรดไขมันนั้นมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการสังเคราะห์น้ำมัน จึงทำให้ระดับของกรดไขมันในน้ำมันมีปริมาณค่อนข้างคงที่ (Larson, 1985; Sutton, 1989) แต่ในกรณีที่มีการให้อาหารชั้นในระดับสูงอาจส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลงได้ (MacLeod *et al.*, 1983; Bartsch *et al.*, 1979) นอกจากนี้ยังพบว่า องค์ประกอบของน้ำมันในแง่ของเปอร์เซ็นต์ไขมัน และโปรตีนจะเป็นปฏิภาคกลับกันกับปริมาณผลผลิตของน้ำมัน (วิบูลย์ศักดิ์ และญาณิณ, 2534)

2.4 การเปลี่ยนแปลงค่าทางชีวเคมีของเลือด สอร์โมนไทรไโอโดไทโรนิน และ Non-Esterified Fatty Acid ในกระแสเลือด

ผลของการใช้หญ้ากินนีสีม่วงและข้าวฟ่างอาหารสัตว์เป็นอาหารโคนม พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าทางชีวเคมีของเลือดดังต่อไปนี้

ปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดที่ 0 ชั่วโมง ก่อนกินอาหารของโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วงและข้าวฟ่างอาหารสัตว์มีค่าเท่ากับ 55.50 ± 1.87 และ 51.67 ± 4.80 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากโคทดลองกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดสูงขึ้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 56.17 ± 2.40 และ 55.33 ± 2.88 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 14 ค่าความเข้มข้นของปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดทั้งที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังได้รับอาหาร พบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของโคนม คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 50-71 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Robert and Prasse, 1988) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดนั้นไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าชีวเคมีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในร่างกายสัตว์ (LeBlanc, 2006; Jouany *et al.*, 2006) ซึ่งเป็นอิทธิพลเนื่องจากการถูกควบคุมโดยระบบการรักษาภาวะสมดุลของร่างกาย (homeostatic regulation) (Herdt, 2000; Pushpakumara *et al.*, 2003) โดยฮอร์โมนอินซูลินและกลูคากอนที่สร้างจากตับอ่อนจะเป็นตัวควบคุมระดับกลูโคสในกระแสเลือดให้อยู่ในระดับปกติ และสัตว์เกี่ยวข้องจะใช้กลูโคสเป็นแหล่งพลังงาน (เมธา, 2529)

ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดที่ 0 ชั่วโมง ก่อนกินอาหารของโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วงและข้าวฟ่างอาหารสัตว์มีค่าเท่ากับ 18.33 ± 1.86 และ 18.17 ± 5.81 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และหลังจากโคทดลองกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดสูงขึ้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.83 ± 3.82 และ 22.50 ± 6.25 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 14) ค่าความเข้มข้นของปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดทั้งที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังได้รับอาหาร พบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของโคนม คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 8-20 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Blood and Radostitis, 1989) ถึง 25.5 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (เมธา, 2533) ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดนั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณโปรตีนในอาหารที่สัตว์ได้รับ (เมธา, 2533; Baker *et al.*, 1995; Barton, 1996; Broderick and Clayton, 1997;

Yawongsa *et al.*, 2005) การย่อยได้ของโปรตีน ระดับของพลังงาน การสลายตัวของโปรตีนในร่างกาย เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในสภาวะที่สัตว์อดอาหาร รวมถึงกรดอะมิโนส่วนเกินที่ไม่ได้ใช้ใน กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน (เมธา, 2529) ซึ่งในการทดลองนี้มีการเสริมอาหารชั้นที่มีระดับโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ร่วมด้วยจึงส่งผลให้โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีปริมาณยูเรียในโตรเจนในกระแสเลือด หลังจากกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมงสูง แต่อย่างไรก็ตาม หากมีการลดปริมาณของอาหารชั้นลงอาจช่วยลดปัญหาการผสมติดและปัญหาเกี่ยวกับอวัยวะในแม่โคนมลงได้ ซึ่งหากสัตว์ได้รับโปรตีนจากอาหารในระดับสูงจะส่งผลให้อัตราการผสมติดลดลง (Canfield *et al.*, 1990) และหากในวันผสมหากมีปริมาณ ยูเรียในโตรเจนในกระแสเลือดสูงเกิน 20 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ อัตราการผสมติดจะลดลง (Elrod and Butler, 1993) ซึ่งปริมาณยูเรียในโตรเจนในกระแสเลือดที่สูงเกิน 20 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์นี้ส่งผลเสียต่อ ความสมบูรณ์พันธุ์ของโคนม (Butler *et al.*, 1996; Ferguson *et al.*, 1993)

ปริมาณฮอร์โมน T_3 ในกระแสเลือดหลังจากโคทดลองกินอาหารชั้นไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณฮอร์โมน T_3 ในกระแสเลือด มีค่าเท่ากับ 176.50 ± 35.52 และ 191.67 ± 63.35 นาโนกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 14) ไทรอยด์ ฮอร์โมนนี้มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการให้นม โดยทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการเมตาบอลิซึมของร่างกาย ช่วยควบคุมสภาวะปกติต่าง ๆ เช่น เพิ่มปริมาณการกินอาหาร อัตราการเต้นของหัวใจ การไหลเวียนของ โลหิตไปยังเต้านม และอัตราการหลั่งน้ำนมด้วย (Taylor and Field, 1998)

ปริมาณ NEFA ในกระแสเลือดหลังจากโคทดลองกินอาหารชั้นไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณ NEFA ในกระแสเลือดมีค่าเท่ากับ 34.16 ± 8.56 และ 38.20 ± 14.73 นาโนกรัม ต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 14 ซึ่งค่า NEFA ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าโคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มนี้ได้รับโภชนาเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย และเพียงพอต่อการผลิตน้ำนมในปริมาณ 13 – 15 กิโลกรัมต่อวัน ส่งผลให้ร่างกายของโคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มนี้มีการสลายเนื้อเยื่อไขมันเพื่อการผลิตน้ำนมอยู่ในเกณฑ์ปกติของโคนมทั่วไป ซึ่งปริมาณของ NEFA ในกระแสเลือดจะผันแปรตามปริมาณการสลายไขมันในร่างกาย (Adewuyi *et al.*, 2005) และหากปริมาณ NEFA ในกระแสเลือดสูงกว่า $400 \mu\text{mol/L}$ จะบ่งชี้ถึงปัญหาของ ภาวะขาดสมดุลพลังงาน และหากปริมาณ NEFA ในกระแสเลือดมากกว่า $700 \mu\text{mol/L}$ จะมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะคีโตซิสในโคนม (Oetzel, 2004; Gonzalez *et al.*, 2011)

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยลิสทัสแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของปริมาณกลูโคส ยูเรียไนโตรเจน ฮอร์โมนไทรโอโดไทโรนีน และ Non-Esterified Fatty Acid ในกระแสเลือดของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	โคทดลอง	
	หญ้ากินนีสีม่วง	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์
ปริมาณกลูโคส (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)		
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	55.50±1.87	51.67±4.80
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	56.17±2.40	55.33±2.88
ปริมาณยูเรียไนโตรเจน (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)		
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	18.33±1.86	18.17±5.81
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	20.83±3.82	22.50±6.25
ปริมาณฮอร์โมน T ₃ (นาโนกรัม/เดซิลิตร)		
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	176.50±35.52	191.67±63.35
ปริมาณ NEFA (นาโนกรัม/เดซิลิตร)		
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	34.16±8.56	38.20±14.73

2.5 สภาพความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดอะซิดิก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริกในของเหลวรูเมน

ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนหรือกระเพาะหมักที่ 0 ชั่วโมง ก่อนกินอาหารขึ้นของโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วงและข้าวฟ่างอาหารสัตว์มีค่าเท่ากับ 6.30 ± 0.20 และ 6.14 ± 0.53 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากโคทดลองกินอาหารขึ้นไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนม ทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนต่ำลง และกระเพาะรูเมนเกิดสภาวะเป็นกรด (acidosis) ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.39 ± 0.23 และ 5.33 ± 0.30 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 15) ค่าความเป็นกรด-ด่างนี้ จะแปรผันไปตามชนิดของอาหารที่กิน (ฉลอง, 2541)

ปริมาณกรดอะซิดิกในกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง ก่อนกินอาหารของโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วงมีแนวโน้มสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ คือ มีค่า

60.04±12.34 และ 47.82±6.96 มิลลิโมล/ลิตร ตามลำดับ ($P=0.06$) แต่หลังจากโคทดลองกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณกรดอะซีติกในกระเพาะรูเมนต่ำลง ซึ่งมีค่า 34.15±8.95 และ 28.34±5.05 มิลลิโมล/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 15)

ปริมาณกรดโพรพิโอนิกในกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง ก่อนกินอาหารของโคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 12.68±4.74 และ 13.57±4.01 มิลลิโมล/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากโคทดลองกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณกรดโพรพิโอนิกในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น ซึ่งมีค่า 27.73±9.76 และ 24.85±7.07 มิลลิโมล/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 15)

ปริมาณกรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง ก่อนกินอาหารของโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วงและโคนมกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ มีค่าเท่ากับ 8.02±2.60 และ 7.24±1.71 มิลลิโมล/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากโคทดลองกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณกรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น ซึ่งมีค่า 12.99±2.69 และ 11.43±2.18 มิลลิโมล/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จุลินทรีย์จะย่อยสลายอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ได้เป็นกรดไขมันระเหยได้ กรดเหล่านี้จะถูกดูดซึมที่ผนังกระเพาะเข้าสู่กระแสเลือด เพื่อสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงาน และเพื่อสร้างสารอื่นในร่างกาย (บุญล้อม, 2542; Van Soest, 1994) โดยกรดอะซีติกจะมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสร้างพลังงาน และการสร้างไขมันนม กรดบิวทีริกจะเป็นพลังงานที่ใช้ในเยื่อผนังกระเพาะรูเมน ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของกลูโคสที่สัตว์ได้รับ จะได้มาจากกรดโพรพิโอนิก (Dönmez *et al.*, 2003) ในอาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูงอาจมีส่วนของกรดอะซีติก, กรดโพรพิโอนิก, และกรดบิวทีริก ประมาณ 60-70, 18-20 และ 10 โมลาร์เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อสัดส่วนของอาหารชั้นเพิ่มขึ้น สัดส่วนการเกิดกรดอะซีติกจะลดลง แต่กรดโพรพิโอนิกจะเพิ่มขึ้น (เมธา, 2533; บุญล้อม, 2542; Houtert, 1993; Van Soest, 1994; McDonald *et al.*, 2002)

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยลิสต์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสภาวะความเป็น

กรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดอะซีติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริกในของเหลวรูเมน
ของโคทคลองที่ได้รับอาหารต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	โคทคลอง	
	หญ้ากินนีสีม่วง	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)		
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	6.30±0.20	6.14±0.53
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	5.39±0.23	5.33±0.30
ปริมาณกรดอะซีติก (มิลลิโมล/ลิตร)		
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	60.04±12.34	47.82±6.96
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	34.15±8.95	28.34±5.05
ปริมาณกรดโพรพิโอนิก (มิลลิโมล/ลิตร)		
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	12.68±4.74	13.57±4.01
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	27.73±9.76	24.85±7.07
ปริมาณกรดบิวทีริก (มิลลิโมล/ลิตร)		
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	8.02±2.60	7.24±1.71
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	12.99±2.69	11.43±2.18

2.6 ต้นทุนค่าอาหาร รายได้และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

โคนมกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วงมีต้นทุนค่าอาหารหยาบสูงสุด รองลงมาคือโคนมกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์โดยมีค่าเท่ากับ 7.63 และ 5.21 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ต้นทุนค่าอาหารชั้นของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 2 กลุ่ม พบว่ามีค่าเท่ากับ 63.34 และ 54.63 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 2 กลุ่ม พบว่ามีค่าเท่ากับ 70.97 และ 59.85 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 16) ผลของการใช้หญ้ากินนีสีม่วง และข้าวฟ่างอาหารสัตว์เป็นแหล่งอาหารหยาบแก่โคนมต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยการคำนวณจากผลผลิตน้ำนมดิบที่ผลิตได้ต่อวันและหักค่าอาหารหยาบ อาหารชั้น แต่ไม่รวมต้นทุนการผลิตอื่น ๆ เพื่อประเมินราคาต้นทุน

อาหารทั้งหมดต่อวัน และรายรับของน้ำนมต่อวัน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 16 ซึ่งจากการทดลอง พบว่า โคนมกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ มีรายรับจากน้ำนมปกติมีค่าเท่ากับ 235.45 บาท/ตัว/วัน รองลงมาคือโค นมกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วง ซึ่งมีรายรับจากน้ำนมปกติมีค่าเท่ากับ 202.43 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นรายได้จากน้ำนมปกติหลังจากหักต้นทุนค่าอาหาร พบว่า โคนมกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์มีรายได้สูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วง โดยมีค่า 175.60 และ 131.46 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยของต้นทุนค่าอาหาร รายได้และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	โคทดลอง	
	หญ้ากินนีสีม่วง	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์
ต้นทุนค่าอาหารหยาบ (บาท/ตัว/วัน)	7.63 ^ก	5.21 ^ก
ต้นทุนค่าอาหารข้น (บาท/ตัว/วัน)	63.34	54.63
ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว/วัน)	70.97	59.85
รายรับจากน้ำนมปกติ (บาท/ตัว/วัน)	202.43	235.45
รายได้จากน้ำนมปกติหลังจากหักต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ตัว/วัน)	131.46	175.60

^ก ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

หมายเหตุ ราคาอาหารข้น 8.33 บาท/กิโลกรัม ราคาหญ้ากินนีสีม่วง 0.41 บาท/กิโลกรัม

ราคาข้าวฟ่างอาหารสัตว์ 0.29 บาท/กิโลกรัม ราคาน้ำนมดิบของเกษตรกรรายย่อยปี 2552 15.50 บาท/กิโลกรัมและเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมดิบเพิ่มจากมาตรฐาน (3.30) ในอัตรา ร้อยละ 0.10 ให้ราคาน้ำนมดิบเพิ่มขึ้น 0.02 บาท/กิโลกรัม

การทดลองที่ 4 การใช้ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ห่มก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ห่มกร่วมกับถั่วเลนเลน เพื่อเป็นอาหารโคนม

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของอาหารทดลอง

การวิเคราะห์ห่อองค์ประกอบทางเคมีของอาหารขึ้น ผลการทดลองพบว่า มีวัตถุแห้งเท่ากับ 89.01 ± 0.33 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 19.46 ± 0.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยลิสท์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานขององค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเลนเลน

องค์ประกอบทางเคมี (% วัตถุแห้ง)	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์		ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเลนเลน	
	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก
วัตถุแห้ง	20.26 ± 1.25	19.13 ± 0.30	19.32 ± 2.58	18.35 ± 0.66
โปรตีน	9.64 ± 0.41	9.36 ± 0.82	17.95 ± 0.29	15.79 ± 0.22
ผนังเซลล์	68.40 ± 1.65	66.41 ± 3.2	63.93 ± 0.24	59.21 ± 6.99
ลิกโนเซลลูโลส	48.20 ± 13.08	42.20 ± 4.60	41.27 ± 5.94	38.30 ± 1.29
คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้	8.55	1.21	8.73	2.20
ความเป็นกรด-ด่าง	-	3.78 ± 0.08	-	3.84 ± 0.02
กรดแลกติก	-	5.74 ± 0.67	-	5.02 ± 0.08
กรดอะซิติก	-	3.82 ± 0.06	-	3.16 ± 0.35
กรดบิวทิริก	-	1.47 ± 0.02	-	1.12 ± 0.23

ผลการวิเคราะห์ห่อองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเลนเลนก่อนหมัก พบว่ามีค่าวัตถุแห้งเท่ากับ 20.26 ± 1.25 และ 19.32 ± 2.58 เปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 9.64 ± 0.41 และ 17.95 ± 0.29 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณผนังเซลล์เท่ากับ 68.40 ± 1.65 และ 63.93 ± 0.24 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณลิกโนเซลลูโลสเท่ากับ 48.20 ± 13.08 และ 41.27 ± 5.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (water soluble

carbohydrate, WSC) เท่ากับ 8.55 และ 8.73 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ (ตารางที่ 17) ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่มีอายุ 60 วัน อยู่ในระยะเจริญเติบโตยังไม่แทงช่อดอก ซึ่งปริมาณวัตถุแห้งของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่อยู่ในระยะเริ่มออกดอก (early bloom) จนกระทั่งถึงระยะแป้งในเมล็ดแข็ง (hard dough) นั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 23.3-30.8 เปอร์เซ็นต์ (Black *et al.*, 1980) ปริมาณวัตถุแห้งจะเพิ่มขึ้นตามอายุของพืช (Danley and Vetter, 1973; Black *et al.*, 1980) ปริมาณวัตถุแห้งของพืชที่นำมาทำพืชหมักควรมีไม่ต่ำกว่า 24.7 เปอร์เซ็นต์ เพื่อป้องกันการสูญเสียของเหลวที่รั่วไหลออก (effluent losses) จากพืชหมัก (Castle and Watson, 1973) ซึ่งหากปริมาณวัตถุแห้งต่ำกว่าระดับนี้อาจมีโอกาสดเกิดเชื้อรา (spoilage) สูงและมีการสูญเสียวัตถุแห้งระหว่างการหมัก (Castle and Watson, 1973; McDonald *et al.*, 1991; Savoie and Jofriet, 2003; Miron *et al.*, 2005)

การเสริมถั่วเลนและเลนร่วมกับข้าวฟ่างอาหารสัตว์นั้น พบว่า ถั่วสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในพืชอาหารสัตว์ให้สูงขึ้นได้ ซึ่งพบว่า ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเลนและที่ใช้ในการทดลองนี้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มจาก 9.64 เป็น 17.95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโปรตีนในพืชอาหารสัตว์ ปริมาณนี้จัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม มีคุณภาพดี และเพียงพอต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องในการย่อยเยื่อใยในพืช (Hennessy, 1980) ปริมาณโปรตีนจะลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น (Danley and Vetter, 1973; Black *et al.*, 1980; Kallah *et al.*, 1997) ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่อยู่ในระยะเริ่มออกดอกมีโปรตีนอยู่ 8.4 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อถึงระยะแป้งในเมล็ดแข็งนั้นโปรตีนจะลดลงเหลือ 5.9 เปอร์เซ็นต์ (Black *et al.*, 1980) ปริมาณผนังเซลล์จะเพิ่มขึ้นตามอายุของพืช (Black *et al.*, 1980; Kallah *et al.*, 1997) ซึ่งปริมาณผนังเซลล์ของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่อยู่ในระยะเริ่มออกดอกจนกระทั่งถึงระยะแป้งในเมล็ดแข็งนั้นจะมีค่าอยู่ระหว่าง 63.9-68.4 เปอร์เซ็นต์ (Black *et al.*, 1980) เมื่อพืชมีอายุมากขึ้นปริมาณของลิกโนเซลลูโลสจะสูงขึ้น (Danley and Vetter, 1973; Black *et al.*, 1980; Kallah *et al.*, 1997) ซึ่งปริมาณลิกโนเซลลูโลสของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่อยู่ในระยะเริ่มออกดอกจนกระทั่งถึงระยะแป้งในเมล็ดนั้น จะมีค่าอยู่ระหว่าง 33.3-37.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่านี้จะผันแปรไปในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของพืช (Black *et al.*, 1980)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (water soluble carbohydrate, WSC) ที่มีอยู่ในพืชก่อนนำมาหมักคือปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของพืชหมัก ซึ่งจะทำให้พืชหมักที่ได้มีคุณภาพดี เนื่องจากปริมาณ WSC เริ่มต้นเป็นปัจจัยส่งเสริมให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่าง

สมบูรณ์ ทำให้แบคทีเรียกรดแลกติกสามารถเพิ่มจำนวนได้มากขึ้น และความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างรวดเร็ว (McDonald, 1981; McDonald *et al.*, 1991) ปริมาณ WSC ในพืชสดนั้นมีความสำคัญต่อความสำเร็จของกระบวนการหมัก ซึ่งปริมาณ WSC ควรอย่างน้อย 50 กรัมต่อ กิโลกรัมของวัตถุดิบแห้ง (5 % DM) (McDonald *et al.*, 1991; Snyman and Joubert. 1996; Savoie and Jofriet. 2003; Miron *et al.* 2005) การทำพืชหมักให้มีคุณภาพสูงนั้น จะต้องคำนึงถึงปริมาณ และชนิดของ WSC เป็นหลักเพราะ WSC ช่วยในกระบวนการหมัก และทำให้เกิดกรดที่ต้องการ (McCullough, 1972) แต่ในหญ้าเขตร้อนจะมีปริมาณของ WSC ต่ำ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (microbial protein) ต่ำด้วย (Poppi *et al.*, 1999) โดยเฉพาะหญ้าที่มีอายุมากปริมาณ WSC จะยิ่งลดลง ปริมาณของ WSC มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อประสิทธิภาพการย่อยได้ของสัตว์กระเพาะรวม (Annisson *et al.*, 2002) หญ้าที่มีอายุมากจะมีปริมาณโปรตีนต่ำแต่เยื่อใยสูง หากนำไปหมัก ก็จะได้หญ้าหมักที่มีคุณภาพต่ำ ดังนั้น การใช้ถั่วอาหารสัตว์หมักร่วมกับหญ้าจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีน รวมถึงปรับปรุงโภชนาการอื่น ๆ ในพืชหมักให้ดีขึ้น (Jones *et al.*, 1976)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเหลืองพบว่ามีค่าวัตถุแห้งเท่ากับ 19.13 ± 0.30 และ 18.35 ± 0.66 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 9.36 ± 0.82 และ 15.79 ± 0.22 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณผนังเซลล์เท่ากับ 66.41 ± 3.20 และ 59.21 ± 6.99 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณลิกโนเซลลูโลสเท่ากับ 42.20 ± 4.60 และ 38.30 ± 1.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 1.21 และ 2.20 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.78 ± 0.08 และ 3.84 ± 0.02 มีปริมาณกรดแลกติกเท่ากับ 5.74 ± 0.67 และ 5.02 ± 0.08 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณกรดอะซิติกเท่ากับ 3.82 ± 0.06 และ 3.16 ± 0.35 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณกรดบิวทริกเท่ากับ 1.47 ± 0.02 เปอร์เซ็นต์ และ 1.12 ± 0.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 17) ค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักนั้นขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาเจริญเติบโต หรือช่วงอายุของพืชที่ตัดและนำมาทำพืชหมัก กระบวนการแก่ของเซลล์พืชนั้นมีผลกระทบโดยตรงต่อกระบวนการหมัก (Goering *et al.* 1972) ซึ่งข้าวฟ่างอาหารสัตว์หากตัดทำพืชหมักที่ระยะเริ่มออกดอก จะมีค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเท่ากับ 19.8 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าตัดทำพืชหมักที่ระยะแบ่งแ่งในเมล็ดนั้นจะมีค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเท่ากับ 32.3 เปอร์เซ็นต์ (Black *et al.*, 1980) หลังจากกระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ผลการทดลองพบว่า ในพืชหมักทั้ง 2 กลุ่มนี้จะมีค่าปริมาณวัตถุแห้งลดลง ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการสูญเสียวัตถุแห้งไปบางส่วนในระหว่างกระบวนการทำพืชหมัก โดยอาจสูญเสียจากการหายใจของพืช จากกระบวนการหมัก และจากการสูญเสียไปในรูปของของเหลวที่รั่วไหลออก (effluent losses) (เมธา, 2529) ซึ่งใน

กระบวนการหมักที่ดี และเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะมีการสูญเสียวัตถุแห้งไปประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์ (Frame, 1994)

การเสริมถั่วเลนแลบร่วมกับข้าวฟ่างอาหารสัตว์นั้น พบว่า ถั่วสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในพืชอาหารสัตว์ให้สูงขึ้นได้ทั้งในช่วงก่อนหมักและหลังหมัก ซึ่งพบว่า ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเลนแลบที่ใช้ในการทดลองนี้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มจาก 9.36 เป็น 15.79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโปรตีนในพืชอาหารสัตว์ ปริมาณนี้จัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม มีคุณภาพดี และเพียงพอต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องในการย่อยเยื่อใยในพืช (Hennessy, 1980) ปริมาณโปรตีนในข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาเจริญเติบโตของข้าวฟ่างที่นำมาทำพืชหมัก ซึ่งในการทดลองนี้นั้นตัดใช้ประโยชน์เพื่อทำพืชหมักเมื่อพืชมีอายุครบ 60 วัน หลังการปลูก ซึ่งปริมาณโปรตีนในพืชจะลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น (Danley and Vetter, 1973; Black *et al.*, 1980; Kallah *et al.*, 1997) ซึ่งหากนำข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่อยู่ในระยะเริ่มออกดอกไปหมัก ข้าวฟ่างหมักที่ได้จะมีโปรตีนอยู่ 9.2 เปอร์เซ็นต์ และหากนำข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่อยู่ในระยะแป้งในเมล็ดแข็งไปหมัก ระดับโปรตีนในข้าวฟ่างหมักที่ได้นั้นจะลดลงเหลือ 7.4 เปอร์เซ็นต์ (Black *et al.*, 1980) ซึ่งปริมาณโปรตีนในพืชอาหารสัตว์จะลดลงตามช่วงอายุของพืชที่เพิ่มขึ้น (Danley and Vetter, 1973; Black *et al.*, 1980; Kallah *et al.*, 1997)

การใช้ถั่วอาหารสัตว์หมักร่วมกับหญ้า ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์โปรตีนในหญ้าหมักได้ (Jones *et al.*, 1976) ส่วนปริมาณผนังเซลล์ของพืชหมักทั้ง 2 กลุ่มที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ จัดว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของพืชอาหารสัตว์เขตร้อนทั่วไป (Minson, 1990) ปริมาณผนังเซลล์จะเพิ่มขึ้นตามอายุของพืช (Black *et al.*, 1980; Kallah *et al.*, 1997) หากตัดข้าวฟ่างในระยะเริ่มออกดอกจนกระทั่งถึงระยะแป้งในเมล็ดแข็งไปทำพืชหมักนั้น ปริมาณผนังเซลล์ของข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักจะมีค่าอยู่ระหว่าง 64.6-72.8 เปอร์เซ็นต์ (Black *et al.*, 1980) เมื่อนำพืชไปหมัก องค์ประกอบของเยื่อใยจะลดลงเนื่องจากเอนไซม์เฮมิเซลลูเลสที่ปล่อยออกจากเซลล์พืชที่ตายลงในสภาวะที่ออกซิเจนหมดไปในกระบวนการหมัก ส่งผลทำให้ปริมาณของผนังเซลล์ลดลง 1-2 เปอร์เซ็นต์ รวมถึงแบคทีเรียกรดแลคติกที่ผลิตเอนไซม์ย่อยสลายขององค์ประกอบของผนังเซลล์พืช ให้ปลดปล่อยน้ำตาลออกมาเป็นอาหาร (Woodford and Pahlow, 1998) และการเกิดไฮโดรไลซิส (acid hydrolysis) ของเฮมิเซลลูโลสให้ได้น้ำตาลเพนโตส จากการทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออน (hydrogen ion) ที่ได้จากความเป็นกรดของพืชหมัก เมื่อความเป็นกรดเพิ่มขึ้น จะทำให้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจะทำให้อัตราของไฮโดรไลซิสเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ความเป็นกรด-ด่าง

ในพืชหมักปกติ ปริมาณของผนังเซลล์จะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งน้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ (Muck, 1996) ปริมาณลิกโนเซลลูโลสของพืชหมักทั้ง 2 กลุ่มที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ จัดว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของพืชอาหารสัตว์เขตร้อนทั่วไป (Minson, 1990) ซึ่งหากใช้ข้าวฟ่างในระยะเริ่มออกดอกจนกระทั่งถึงระยะแป้งในเมล็ดแข็งไปทำพืชหมัก ปริมาณลิกโนเซลลูโลสของข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักจะมีค่าอยู่ในช่วง 34.4-38.5 เปอร์เซ็นต์ (Black *et al.*, 1980) กระบวนการแก้ของพืชนั้นส่งผลกระทบต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบและโครงสร้างของเซลล์พืช ซึ่งล้วนส่งผลกระทบต่อกระบวนการหมัก (fermentation process) (Goering *et al.*, 1972)

ค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักปกตินั้นจะมีค่าอยู่ในช่วง 3.53-3.77 (Black *et al.*, 1980) ปริมาณกรดแลกติกที่เกิดขึ้นในพืชหมักจะส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในพืชหมักลดลง และอาจมีผลไปยังยังกิจกรรมการทำงานของจุลินทรีย์ (McDonald *et al.* 1991) พืชหมักที่มีคุณภาพดีควรมีปริมาณกรดแลกติกสูง และค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.2 (Kallah *et al.* 1997) ปริมาณ WSC ในพืชสดจะลดลงเมื่อนำไปทำพืชหมัก เนื่องจากแบคทีเรียกรดแลกติกนำไปใช้เพื่อสร้างกรดแลกติก (McDonald *et al.* 1991) ปริมาณกรดอินทรีย์ในพืชหมักที่นิยมใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของพืชหมัก ได้แก่ กรดแลกติก กรดอะซิติก และกรดบิวทิริก จากผลการทดลอง (ตารางที่ 17) พบว่า พืชหมักทั้ง 2 กลุ่มที่ผลิตได้จัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งพืชหมักที่ดีควรมีปริมาณกรดแลกติกอยู่ในช่วง 3-13 เปอร์เซ็นต์ (Catchpole and Henzell, 1971) ปริมาณของกรดแลกติกจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมัก และปริมาณของคาร์โบไฮเดรตเป็นสำคัญ ในกระบวนการหมักที่ไม่ใช้ออกซิเจน แบคทีเรียกรดแลกติกจะเปลี่ยน WSC ไปเป็นกรดแลกติก ซึ่งการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล ถ้ามีปริมาณน้ำตาลมากและอยู่ในสภาพไม่ใช้ออกซิเจน จะทำให้เกิดกรดแลกติกเร็วขึ้น (สายัณห์, 2547) ซึ่งกรดแลกติกที่เกิดขึ้นจะทำให้ pH ของพืชหมักลดลง และกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักจะหยุดทำงานเมื่อ pH มีค่าอยู่ระหว่าง 4.0-4.5 (McDonald *et al.* 1991) ซึ่งพืชหมักที่มีค่า pH อยู่ในช่วงดังกล่าวจัดว่าเป็นพืชหมักคุณภาพดี (Woolford, 1984; McDonald *et al.* 1991) แต่หากในพืชสดมีโปรตีนและแร่ธาตุสูง อาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการหมักได้ (McDonald *et al.* 1991)

ปริมาณของกรดอะซิติกในพืชหมักคุณภาพดีนั้นควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5-0.8 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของกรดบิวทิริกไม่ควรมีหรือมีน้อยกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ (วารุณี และคณะ, 2547) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้พบว่า ปริมาณของกรดอะซิติกและกรดบิวทิริกในพืชหมักทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณสูง และ

ส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน โดยเฉพาะปริมาณของกรดบิวทีริก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการทำงานของแบคทีเรียกลุ่ม Clostridia ในพืชหมักที่สลายกรดแลกติกแล้วได้ผลผลิตเป็นกรดบิวทีริก ซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นในพืชหมัก (สายัณห์, 2547) ประกอบกับพืชหมักทั้ง 2 กลุ่มนี้มีปริมาณโปรตีนสูง ซึ่งแบคทีเรียกลุ่ม Clostridia สามารถสลายโปรตีนในพืชหมักเป็นกรดระเหยได้ เอมีน เอไมด์ และ แอมโมเนีย ซึ่งไม่ต้องการในกระบวนการหมัก ทำให้พืชหมักเกิดกลิ่นเหม็น มีรสเฝื่อน และเป็นเมือก (วีระพล, 2537; สายัณห์, 2547)

เมื่อทำการประเมินคุณภาพจากเปอร์เซ็นต์การเกิดกรดแลกติก กรดอะซีติก และกรดบิวทีริก ของข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วแลบแลบ (ตารางที่ 18) ตามมาตรฐานพืชหมักกองอาหารสัตว์ (วารุณี และคณะ, 2547) จัดได้ว่าพืชหมักทั้ง 2 กลุ่ม เป็นพืชหมักที่มีคุณภาพพอใช้ เนื่องจากมีปริมาณของกรดอะซีติกและกรดบิวทีริกเกิดขึ้นสูง

ตารางที่ 18 การประเมินคุณภาพของข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักและข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วแลบแลบที่ระยะการหมัก 30 วัน จากเปอร์เซ็นต์กรดอินทรีย์

ลักษณะที่ศึกษา (%กรดแต่ละชนิดต่อ%กรดทั้งหมด)	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วแลบแลบ
แลกติก (คะแนน)	52.04 (14)	53.98 (14)
อะซีติก (คะแนน)	34.63 (7)	33.98 (7)
บิวทีริก (คะแนน)	13.33 (7)	12.04 (7)
รวมคะแนน	28	28
คุณภาพพืชหมัก	พอใช้	พอใช้

หมายเหตุ คะแนนรวม 0-20 = ต่ำ; 21-40 = พอใช้; 41-60 = ปานกลาง; 61-80 = ดี; 81-100 = ดีมาก

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วแลบแลบหลังจากพืชหมักมีอายุครบ 30 วัน ทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วแลบแลบ พบว่า บริเวณรอบๆ ขอบของปากถุงของพืชหมักจะมีแผ่นราบาง ๆ สีขาวขึ้นปกคลุมอยู่ และเมื่อนำส่วนนี้ออกจะได้พืชหมักที่มีลักษณะดี สีของพืชหมักทั้ง 2 กลุ่ม มีสีเหลืองอมเขียว ลักษณะทางกายภาพของพืชหมักทั้ง 2

กลุ่มแสดงในตารางที่ 19 จากการประเมินลักษณะทางกายภาพตามมาตรฐานพืชหมัก (วารุณี และคณะ, 2547) พืชหมักทั้ง 2 กลุ่มจัดว่ามีคุณภาพดีมาก โดยจะมีกลิ่นหอมเปรี้ยวคล้ายผลไม้ดอง เนื้อแน่น ไม่มีเมือกกลิ่นและ และมีความเป็นกรด-ด่าง 3.78 และ 3.84 ตามลำดับ ลักษณะของพืชหมักที่ดีควรมีสีเขียวแกมเหลือง หรือสีน้ำตาลอ่อน ถ้าปรากฏเป็นสีน้ำตาลไหม้หรือสีดำ แสดงว่าเกิดความร้อนมากในขณะหมัก ทำให้สารอินทรีย์สลายตัว เป็นการสูญเสียโภชนะหรือธาตุอาหาร (วิทยา และคณะ, 2547)

ตารางที่ 19 การประเมินคุณภาพลักษณะทางกายภาพของข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักและข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเหลืองที่ระยะการหมัก 30 วัน

ลักษณะที่ศึกษา	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเหลือง
กลิ่น	หอมคล้ายกลิ่นผลไม้ดอง (12 คะแนน)	หอมคล้ายกลิ่นผลไม้ดอง (12 คะแนน)
เนื้อพืชหมัก	แน่น มีส่วนใบ และลำต้นที่ยังคงสภาพเดิม (4 คะแนน)	แน่น มีส่วนใบ และลำต้นที่ยังคงสภาพเดิม (4 คะแนน)
สี	เหลืองอมเขียว (3 คะแนน)	เหลืองอมเขียว (3 คะแนน)
pH	3.78 (6 คะแนน)	3.84 (6 คะแนน)
คะแนนรวม	25 คะแนน	25 คะแนน
ผลการประเมินคุณภาพ	ดีมาก	ดีมาก

หมายเหตุ คะแนนคุณภาพ 20-25 ดีมาก, 15-19 ดี, 6-14 ปานกลาง และ 0-5 ต่ำ

2. การศึกษาสมรรถภาพการผลิตของโคนมที่เลี้ยงด้วยข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเหลือง

2.1 ปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ จากการทดลอง พบว่า โคนมกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเหลือง มีปริมาณการกินได้ของอาหารชั้นเท่ากับ 6.11 ± 1.42 และ 6.03 ± 1.66 กิโลกรัมวัตถุดิบ/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบเท่ากับ 5.87 ± 0.88 และ 5.64 ± 0.65

กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้เท่ากับ 11.98 ± 1.90 และ 11.67 ± 1.76 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวมีค่าเท่ากับ 2.47 ± 0.34 และ 2.75 ± 0.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 20) ปริมาณการกินได้จะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณวัตถุแห้งของหญ้าหมัก (Wilkins *et al.*, 1971) เมื่อนำข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่อายุมากขึ้นไปทำฟีดหมัก จะส่งผลให้ค่าการย่อยได้ลดลง แต่ปริมาณการกินได้ของสัตว์จะเพิ่มขึ้น (Owen, 1967) การทำฟีดหมักจะทำให้ค่าการย่อยได้ลดลง อายุการตัดพืชขณะนำมาหมักเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญในการควบคุมปริมาณการย่อยได้ของฟีดหมัก (สายัณห์, 2547)

สัตว์จะกินหญ้าหมักได้น้อยกว่าในรูปหญ้าสดและหญ้าแห้ง การกินได้ของหญ้าหมักที่ลดลงจะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพ การย่อยสลายของโปรตีน การลดลงของระดับกรด-ด่าง และผลผลิตของกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก (Minson, 1990) ปริมาณการกินได้ของโคนมนั้นขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย เช่น พันธุกรรม ระยะของการให้นม รูปแบบของการให้อาหาร คุณภาพของอาหาร และสภาพอากาศ (Wiktorsson, 1979) ในประเทศไทย การใช้หญ้าหมักเลี้ยงสัตว์มักใช้ร่วมกับอาหารข้น (สายัณห์, 2547) ระดับของเยื่อใยในฟีดอาหารสัตว์จะเป็นปัจจัยในการจำกัดปริมาณการกินได้ของสัตว์ (เมธา, 2529) หากระดับของโปรตีนในอาหารต่ำกว่า 6-8 เปอร์เซ็นต์ การกินได้อย่างอิสระของสัตว์จะถูกจำกัด (Minson, 1967) ในสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูง การได้รับอาหารหยาบเพียงอย่างเดียว แม้จะเป็นอาหารหยาบคุณภาพดีและให้กินเต็มที่ ก็ยังไม่สามารถให้โภชนาได้อย่างเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย เนื่องจากกระเพาะและทางเดินอาหารของสัตว์มีความจุที่จำกัด อีกทั้งอาหารหยาบส่วนใหญ่มักจะย่อยได้ยาก ทำให้ค้างอยู่ในระบบทางเดินอาหารนานขึ้น (บุญเสริม, 2546)

2.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว โคนมกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วแฉะ มีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 487.00 ± 69.83 และ 429.50 ± 49.96 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีน้ำหนักสิ้นสุดเท่ากับ 497.75 ± 73.73 และ 444.00 ± 48.50 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวมีค่าเท่ากับ $10.75 (\pm 20.52)$ และ $14.50 (\pm 15.35)$ กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 20) ระดับการให้อาหาร (feeding level) มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของสัตว์ (Malossini *et al.*, 1990) อาหารที่

มีโปรตีนสูงมีแนวโน้มในการเพิ่มน้ำหนักตัวของสัตว์ได้ดีกว่าอาหารที่มีโปรตีนต่ำ ซึ่งอาหารโปรตีนสูงช่วยเพิ่มคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายสัตว์ (Kellems and Church, 1998) การดูดซึมและการใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารนั้นเพื่อการเจริญเติบโต การผลิตน้ำนม และการสะสมในร่างกาย ซึ่งจะถูกรควบคุมโดยรหัสพันธุกรรม (genes) และระดับฮอร์โมน (Bauman *et al.*, 1985) หากโคนมได้รับโภชนาไม่สมดุลจะมีการสูญเสียน้ำหนักตัวและความสมบูรณ์พันธุ์ลดลง (Broster, 1973; Esslemont, 1979)

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยสถิติสัปดาห์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของน้ำหนักตัวและปริมาณการกินได้ของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	โคทดลอง	
	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเหลือง
จำนวนสัตว์ (ตัว)	4	4
ระยะเวลาทดลอง (วัน)	42	42
น้ำหนักเริ่มต้น (กก.)	487.00±69.83	429.50 ± 49.96
น้ำหนักสิ้นสุด (กก.)	497.75±73.73	444.00 ± 48.50
การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (กก.)	10.75±20.52	14.50 ± 15.35
ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้(กก./ตัว/วัน)		
- อาหารหยาบ	5.87±0.88	5.64±0.65
- อาหารข้น	6.11±1.42	6.03±1.66
- ปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้(กก./ตัว/วัน)	11.98±1.90	11.67±1.76
- คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว	2.47±0.34	2.75±0.51

2.3 ปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม

ผลผลิตน้ำนมของโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเหลือง พบว่าปริมาณน้ำนมปกติมีค่าเท่ากับ 16.76±4.63 และ 17.02±3.96 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อนำมาคำนวณเป็นปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าโคนมทดลองทั้ง 2

กลุ่มมีค่าเท่ากับ 15.28 ± 4.14 และ 15.97 ± 4.84 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 21 จากการทดลองอาจกล่าวได้ว่า การใช้ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วแฉะเป็นอาหารแม่โครีคนระยะกลางการให้นมนั้นส่งผลดีต่อการผลิตน้ำนมในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากในพืชหมักทั้ง 2 ชนิดนี้นั้นมีปริมาณโปรตีนสูงกว่ามาตรฐานโปรตีน 7 เปอร์เซ็นต์ที่สัตว์เคี้ยวเอื้องควรได้รับ (Hennessy, 1980)

ระดับการให้อาหารมีอิทธิพลต่อผลผลิตนม การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว องค์ประกอบน้ำนม และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Malossini *et al.*, 1990; Sanh *et al.*, 2002) การให้อาหารชั้นในระดับสูงอาจส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลงได้ (MacLeod *et al.*, 1983; Bartsch *et al.*, 1979) แต่จากการทดลองนี้พบว่า การให้อาหารที่มีโปรตีนระดับสูงไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม การเพิ่มปริมาณโปรตีนในสูตรอาหารไม่มีผลต่อการกินได้ของพืชหมัก และไม่มีผลต่อปริมาณและองค์ประกอบน้ำนม (Castillo *et al.*, 2001) แต่หากโคได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่ำจะส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำนมได้ (Rungrattanaubol *et al.*, 2005)

อาหารหยาบคุณภาพดีที่มีโปรตีนและพลังงานสูงนั้นย่อมส่งผลดีต่อสมรรถภาพการผลิตน้ำนม (Humphrey, 1991) องค์ประกอบน้ำนมของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 2 กลุ่มพบว่า ปริมาณไขมันมีค่าเท่ากับ 3.42 ± 0.63 และ 3.53 ± 0.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนมีค่าเท่ากับ 3.16 ± 0.15 และ 3.19 ± 0.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณแลคโตสมีค่าเท่ากับ 5.11 ± 0.11 และ 5.12 ± 0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปริมาณของแข็งไม่รวมไขมันมีค่าเท่ากับ 8.52 ± 0.30 และ 8.54 ± 0.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 21 องค์ประกอบน้ำนมดิบของโคทดลองทั้ง 2 กลุ่ม จัดว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของคุณภาพน้ำนมดิบมาตรฐานที่กำหนดโดย อ.ส.ค. (2552)

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ยลิสทึสแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลผลิตและองค์ประกอบ
น้ำมันของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	โคทดลอง	
	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก ผสมถั่วเหลือง
ปริมาณน้ำมันปกติ (กิโลกรัม/วัน)	16.76 $\pm$ 4.63	17.02 $\pm$ 3.96
ปริมาณน้ำมันปรับไขมัน 4 % (กิโลกรัม/วัน)	15.28 $\pm$ 4.14	15.97 $\pm$ 4.84
องค์ประกอบน้ำมัน (%)		
-ไขมัน	3.42 $\pm$ 0.63	3.53 $\pm$ 0.59
-โปรตีน	3.16 $\pm$ 0.15	3.19 $\pm$ 0.11
-แอลกอฮอล์	5.11 $\pm$ 0.11	5.12 $\pm$ 0.12
-ของแข็งไม่รวมไขมัน	8.52 $\pm$ 0.30	8.54 $\pm$ 0.19

2.4 การเปลี่ยนแปลงค่าทางชีวเคมีของเลือด ฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน และ Non-Esterified Fatty Acid ในกระแสเลือด

ผลของการใช้ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเหลืองเป็นอาหารโคนม พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าทางชีวเคมีของเลือดดังต่อไปนี้

ปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดที่ 0 ชั่วโมง ก่อนกินอาหารของโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเหลือง มีค่าเท่ากับ 51.75 $\pm$ 3.59 และ 54.25 $\pm$ 2.87 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากโคทดลองกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดสูงขึ้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 57.00 $\pm$ 5.35 และ 60.00 $\pm$ 4.76 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 22) และมีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของโคนม คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 50-71 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Robert and Prasse, 1988) การสร้างกลูโคสขึ้นอยู่กับสถานะของสัตว์และชนิดของอาหารที่กิน การกินอาหารขึ้นจะเกิดการสร้างกลูโคสมากกว่าการกินอาหารหยาบ เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตที่มีในอาหารชั้น จะถูกเปลี่ยนเป็นไพรูโวนิกโดยการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งจะถูกลดซึมเข้าสู่กระแสเลือดแล้วไปเปลี่ยนเป็นกลูโคสที่ตับต่อไป (บุญล้อม,

2542) สอร์โมนอินซูลินและกลูคากอนที่สร้างจากตับอ่อนจะคอยควบคุมระดับกลูโคสในกระแสเลือดให้อยู่ในระดับปกติ ซึ่งสัตว์เคี้ยวเอื้องจะใช้กลูโคสเป็นแหล่งพลังงาน (เมธา, 2529)

ปริมาณยูเรียในโตรเจนในกระแสเลือดที่ 0 ชั่วโมง ก่อนกินอาหารของโคนมทดลอง กลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วแฉะมีค่าเท่ากับ 16.00 ± 0.82 และ 16.25 ± 0.96 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และหลังจากโคทดลองกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณยูเรียในโตรเจนในกระแสเลือดสูงขึ้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.00 ± 2.16 และ 22.00 ± 5.29 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 22) ค่าความเข้มข้นของปริมาณยูเรียในโตรเจนในกระแสเลือดทั้งที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังได้รับอาหาร พบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของโคนม คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 8-20 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Blood and Radostitis, 1989) ถึง 25.5 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (เมธา, 2533)

ปริมาณยูเรียในโตรเจนในกระแสเลือด มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณโปรตีนในอาหารที่สัตว์ได้รับ (เมธา, 2533; Ropstad *et al.*, 1989; Baker *et al.*, 1995; Barton, 1996; Broderick and Clayton, 1997; Yawongsa *et al.*, 2005; McCormic *et al.*, 1999; Rungrattanaubol *et al.*, 2005) ซึ่งหากในสูตรอาหารมีโปรตีนต่ำจะส่งผลให้ค่า BUN ต่ำ (Chanlun *et al.*, 2005) ซึ่งในการทดลองนี้มีการเสริมอาหารขึ้นที่มีระดับโปรตีน 19.46 เปอร์เซ็นต์ร่วมด้วยจึงส่งผลให้โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีปริมาณยูเรียในโตรเจนในกระแสเลือดหลังจากกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมงสูง แต่อย่างไรก็ตาม หากมีการลดปริมาณของอาหารขึ้นลงอาจช่วยลดปัญหาการผสมติดและปัญหาเกี่ยวกับเสปในแม่โคนมลงได้ ซึ่งหากสัตว์ได้รับโปรตีนจากอาหารในระดับสูงจะส่งผลให้อัตราการผสมติดลดลง (Canfield *et al.*, 1990) ซึ่งปริมาณยูเรียในโตรเจนในกระแสเลือดที่สูงเกิน 20 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์นี้ส่งผลเสียต่อความสมบูรณ์พันธุ์ของโคนม (Butler *et al.*, 1996; Ferguson *et al.*, 1993)

ปริมาณสอร์โมน T_3 ในกระแสเลือดหลังจากโคทดลองกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณสอร์โมน T_3 ในกระแสเลือดมีค่าเท่ากับ 193.25 ± 73.62 และ 212.25 ± 88.20 นาโนกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 22) ปริมาณสอร์โมน T_3 โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มนี้ถือว่ามีความอยู่ในเกณฑ์ของโคนมปกติทั่วไป ซึ่งไทรอยด์สอร์โมนในระดับที่เหมาะสมนี้จะมีผลกระตุ้นการหมุนเวียนของโปรตีนในร่างกาย (protein turnover) (นทีทิพย์, 2538) และควบคุมกระบวนการเมตาบอลิซึมของร่างกาย ช่วย

ควบคุมสภาวะปกติต่าง ๆ เช่น เพิ่มปริมาณการกินอาหาร อัตราการเต้นของหัวใจ การไหลเวียนของโลหิตไปยังเต้านม และอัตราการคัดหลั่งน้ำนม (Taylor and Field, 1998)

ปริมาณ NEFA ในกระแสเลือดที่ 0 ชั่วโมง ก่อนกินอาหารของโคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 28.46 ± 7.48 และ 42.46 ± 15.59 นาโนกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และหลังจากโคทดลองกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณ NEFA ในกระแสเลือดลดลง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.16 ± 5.38 และ 14.77 ± 9.21 นาโนกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 22 ซึ่งค่า NEFA ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าโคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มนี้ได้รับโภชนาเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย และเพียงพอต่อการผลิตน้ำนมในปริมาณ 16 – 17 กิโลกรัมต่อวัน ส่งผลให้ร่างกายของโคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มนี้มีการสลายเนื้อเยื่อไขมันเพื่อการผลิตน้ำนมอยู่ในเกณฑ์ของโคนมปกติ ซึ่งปริมาณของ NEFA ในกระแสเลือดจะผันแปรตามปริมาณการสลายไขมันในร่างกาย (Adewuyi *et al.*, 2005) และหากปริมาณ NEFA ในกระแสเลือดสูงกว่า $400 \mu\text{mol/L}$ จะบ่งชี้ถึงปัญหาของภาวะขาดสมดุลพลังงาน (Oetzel, 2004; Gonzalez *et al.*, 2011)

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ยลิสต์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของปริมาณกลูโคส ยูเรียไนโตรเจน ฮอร์โมนไทรโอไอโดไทโรนิน และ Non-Esterified Fatty Acid ในกระแสเลือดของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	โคทดลอง	
	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเลาบเลาบ
ปริมาณกลูโคส (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)		
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	51.75±3.59	54.25±2.87
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	57.00±5.35	60.00±4.76
ปริมาณยูเรียไนโตรเจน (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)		
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	16.00±0.82	16.25±0.96
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	21.00±2.16	22.00±5.29
ปริมาณฮอร์โมน T ₃ (นาโนกรัม/เดซิลิตร)		
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	193.25±73.62	212.25±88.20
ปริมาณ NEFA (นาโนกรัม/เดซิลิตร)		
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	9.16±5.38	14.77±9.21

2.5 สภาพความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดอะซีติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริกในของเหลวรูเมน

สภาพความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง ก่อนกินอาหารของโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักและโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเลาบเลาบมีค่าเท่ากับ 7.20±0.46 และ 6.99±0.43 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากโคทดลองกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนต่ำลง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.33±0.12 และ 6.59±0.39 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 23) ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนจะลดลงต่ำสุดในช่วง 2-6 ชั่วโมงหลังกินอาหาร เนื่องจากมีกรดไขมันระเหยง่ายเกิดขึ้นในปริมาณสูงสุด ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง (เมธา, 2529) หลังจากนั้นจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น (พนัส และ คณะ, 2538) จากการทดลองนี้พบว่า สภาพความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนจัดว่าอยู่ในช่วงที่

เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ต่อการหมักย่อยอาหาร ซึ่งควรมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5-7.2 (Hungate, 1966) ซึ่งความเป็นกรด-ด่างในรูเมนที่เหมาะสมต่อการย่อยเยื่อใย ก็มีค่าอยู่ระหว่าง 6.0-7.0 (Hoover, 1986; Chizzotti *et al.*, 2009; ฉลอง, 2541) แต่ความเป็นกรด-ด่างนี้ จะแปรผันไปตามชนิดของอาหารที่กิน ปริมาณกรดที่ถูกผลิตขึ้นจากกระบวนการหมักในรูเมน ปริมาณของน้ำลายที่หลั่งออกมาในช่วงหลังจากการกินอาหาร เพื่อเป็นการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่างในรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม อาหารที่ให้ควรมีอาหารหยาบอยู่ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของอาหารทั้งหมด (ฉลอง, 2541)

ปริมาณกรดอะซิติกในกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง ก่อนกินอาหารของโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเลนแล็บ มีค่าเท่ากับ 42.91 ± 16.25 และ 43.98 ± 5.97 มิลลิโมล/ลิตร ตามลำดับ แต่หลังจากโคทดลองกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณกรดอะซิติกในกระเพาะรูเมนต่ำลง คือมีค่า 33.21 ± 15.63 และ 20.92 ± 5.37 มิลลิโมล/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 23) ปริมาณกรดโพรพิโอนิกในกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง ก่อนกินอาหารของโคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 8.12 ± 3.32 และ 4.30 ± 1.35 มิลลิโมล/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และหลังจากโคทดลองกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณกรดโพรพิโอนิกในกระเพาะรูเมน มีค่าเท่ากับ 14.12 ± 5.11 และ 10.79 ± 0.71 มิลลิโมล/ลิตร ตามลำดับซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 23

ปริมาณกรดบิวทิริกในกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง ก่อนกินอาหารของโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเลนแล็บ มีค่าเท่ากับ 5.36 ± 2.20 และ 3.57 ± 0.51 มิลลิโมล/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากโคทดลองกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณกรดบิวทิริกในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น คือมีค่า 9.15 ± 3.40 และ 6.80 ± 1.13 มิลลิโมล/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 23) จุลินทรีย์จะย่อยสลายอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ได้เป็นกรดไขมันระเหยได้ ที่สำคัญมี 3 ชนิด คือ กรดอะซิติก, กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริก กรดเหล่านี้จะถูกดูดซึมที่ผนังกระเพาะเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงาน และเพื่อสร้างสารอื่นในร่างกาย (บุญล้อม, 2542) โดยกรดอะซิติกจะมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสร้างพลังงาน และการสร้างไขมันนม กรดบิวทิริกจะเป็นพลังงานที่ใช้ในเยื่อผนังกระเพาะรูเมน ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของกลูโคสที่สัตว์ได้รับ

จะได้มาจากกรดโพธิ์ฟิโอนิก (Dönmez *et al.*, 2003) ในอาหารหยาบที่มีเชื้อใยสูงอาจมีส่วนของกรดอะซีติก, กรดโพธิ์ฟิโอนิก, และกรดบิวทีริก ประมาณ 60-70, 18-20 และ 10 โมลาร์เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อสัดส่วนของอาหารชั้นเพิ่มขึ้น สัดส่วนการเกิดกรดอะซีติกจะลดลง แต่กรดโพธิ์ฟิโอนิกจะเพิ่มขึ้น (บุญล้อม, 2542; Houtert, 1993; เมธา, 2533)

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยลิสต์สแควร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดอะซีติก กรดโพธิ์ฟิโอนิก และกรดบิวทีริกในของเหลวรูเมนของโคทคลองที่ได้รับอาหารต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	โคทคลอง	
	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเลาบเลาบ
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)		
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	7.20±0.46	6.99±0.43
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	6.33±0.12	6.59±0.39
ปริมาณกรดอะซีติก (มิลลิโมล/ลิตร)		
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	42.91±16.25	43.98±5.97
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	33.21±15.63	20.92±5.37
ปริมาณกรดโพธิ์ฟิโอนิก (มิลลิโมล/ลิตร)		
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	8.12±3.32	4.30±1.35
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	14.12±5.11	10.79±0.71
ปริมาณกรดบิวทีริก (มิลลิโมล/ลิตร)		
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	5.36±2.20	3.57±0.51
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	9.15±3.40	6.80±1.13

2.6 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

โคนมกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และโคนมทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเลาบเลาบมีต้นทุนค่าอาหารหยาบเท่ากับ 72.63 และ 71.97 บาท/ตัว/วันตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ต้นทุนค่าอาหารชั้นของโคนมทดลองที่

ได้รับอาหารทดลองทั้ง 2 กลุ่ม พบว่ามีค่าเท่ากับ 56.70 และ 55.93 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 2 กลุ่ม พบว่ามีค่าเท่ากับ 129.34 และ 127.90 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 24) ผลของการใช้ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเหลือง เพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบแก่โคนมต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยการคำนวณจากผลผลิตน้ำนมดิบที่ผลิตได้ต่อวันและหักค่าอาหารหยาบ อาหารข้น แต่ไม่รวมต้นทุนการผลิตอื่น ๆ เพื่อประเมินราคาต้นทุนอาหารทั้งหมดต่อวัน และรายรับของน้ำนมต่อวัน ซึ่งจากการทดลอง พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีรายรับจากน้ำนมปกติเท่ากับ 259.78 และ 263.81 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นรายได้จากน้ำนมปกติหลังจากหักต้นทุนค่าอาหาร พบว่า โคนมทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเท่ากับ 130.44 และ 135.91 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยของต้นทุนการผลิต รายได้ และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคทดลองที่ได้รับอาหารต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	โคทดลอง	
	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเหลือง
ค่าอาหารหยาบ (บาท/ตัว/วัน)	72.63	71.97
ค่าอาหารข้น (บาท/ตัว/วัน)	56.70	55.93
ค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว/วัน)	129.34	127.90
รายรับจากน้ำนมปกติ (บาท/ตัว/วัน)	259.78	263.81
รายได้จากน้ำนมปกติหลังจากหักต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ตัว/วัน)	130.44	135.91

หมายเหตุ ราคาอาหารข้น 8.33 บาท/กิโลกรัม ราคาข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก 2.37 บาท/กิโลกรัม ราคาข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วเหลือง 2.34 บาท/กิโลกรัม ราคาน้ำนมดิบของเกษตรกรรายย่อยปี 2552 15.50 บาท/กิโลกรัมและเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมดิบเพิ่มจากมาตรฐาน (3.30) ในอัตราร้อยละ 0.10 ให้ราคาน้ำนมดิบเพิ่มขึ้น 0.02 บาท/กิโลกรัม

สรุป

รูปแบบการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างอาหารสัตว์ในการผลิตโคนม ผลการทดลอง พบว่า ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่ว แลบนในสภาพแปลงทดลอง ตัดครั้งแรกที่อายุ 60 วัน หลังการปลูก ข้าวฟ่างอาหารสัตว์และข้าว ฟ่างอาหารสัตว์ปลูกร่วมกับถั่วแลบนให้ผลผลิตน้ำหนักสดเท่ากับ 8,527 และ 8,872 กิโลกรัมต่อ ไร่ คิดเป็นผลผลิตน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1,694 และ 1,883 กิโลกรัมต่อไร่ คุณค่าทางโภชนาของข้าว ฟ่างอาหารสัตว์มีวัตถุแห้ง โปรตีน ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส เท่ากับ 19.87 9.50 68.74 และ 48.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วแลบนมีวัตถุแห้ง โปรตีน ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส เท่ากับ 21.22 13.85 60.56 และ 44.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ตัดครั้งแรกที่อายุ 60 วัน และตัดครั้งที่ 2 3 และ 4 ทุก ๆ อายุ 45 วัน พบว่า ผลผลิตของข้าวฟ่างอาหารสัตว์จากการตัด 4 ครั้ง ให้ผลผลิตน้ำหนักสด รวม 21,854 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม 4,017 กิโลกรัมต่อไร่ คุณค่าทางโภชนา ของข้าวฟ่างอาหารสัตว์มีค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง โปรตีน ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส เฉลี่ยเท่ากับ 17.94 11.30 68.54 และ 48.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใช้หญ้ากินนีสีม่วง ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแลบนเพื่อเป็นอาหารโคนมในรูปตัดสดที่อายุ 60 วันหลังการ ปลูก พบว่า โคทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแลบนมีปริมาณการกินได้ของ อาหารหยาบ อาหารข้น และอาหารทั้งหมดที่กินได้ในแต่ละวันในรูปวัตถุแห้ง ปริมาณวัตถุแห้ง ทั้งหมดที่กินได้ และอาหารทั้งหมดที่กินได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว มีค่าสูงกว่าโคทดลอง กลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์ และโคทดลองกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วงอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($P < 0.01$) ส่วนการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ค่าชีวเคมีของเลือด ผลผลิต องค์ประกอบน้ำนม และ ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การใช้หญ้ากินนีสีม่วง และข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดครั้งที่ 2 ที่อายุ 45 วันเพื่อเป็นอาหาร โคนม พบว่า ปริมาณการกินได้ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ค่าชีวเคมีของเลือด ผลผลิต องค์ประกอบ น้ำนม และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทาง สถิติ โคทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์มีต้นทุนค่าอาหารหยาบต่ำกว่าโคทดลองกลุ่มที่ ได้รับหญ้ากินนีสีม่วง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การใช้ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก และข้าว ฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วแลบนเพื่อเป็นอาหารโคนม พบว่า โคทดลองกลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่าง อาหารสัตว์หมัก และข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมักผสมถั่วแลบนมีค่าปริมาณการกินได้ การเปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัว ค่าชีวเคมีของเลือด ผลผลิต องค์ประกอบนํ้านม และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ปลูกสามารถให้ผลผลิตจากการตัดได้ 4 ครั้ง ได้ผลผลิตน้ำหนักสดรวม 21,854 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งผลผลิตจำนวนนี้มีคุณภาพและปริมาณเพียงพอต่อการนำไปใช้เลี้ยงโคนมระยะกลางการให้นมในช่วงฤดูแล้ง หรือช่วงที่ขาดแคลนหญ้าสดได้เป็นอย่างดี โดยใช้ได้ทั้งในรูปของการตัดต้นสดแล้วนำไปสับหั่นให้มีขนาดความยาว 2 -3 เซนติเมตร ก่อนนำไปใช้เลี้ยงแม่โคนมในคอก หรืออาจนำไปทำฟัชมัก ซึ่งสามารถตัดทำฟัชมักได้เมื่อข้าวฟ่างอาหารสัตว์มีอายุ 60 วันหลังปลูก และสามารถตัดใช้ประโยชน์ได้อีกครั้งเมื่อข้าวฟ่างมีอายุ 45 วันหลังจากการตัดครั้งแรก ข้าวฟ่างสด หรือข้าวฟ่างหมักที่ได้สามารถใช้ชดเชย หรือใช้ทดแทนหญ้ากินนีสีม่วงที่เกษตรกรทั่วไปนิยมปลูกไว้เพื่อใช้เลี้ยงโคนมในฟาร์ม ซึ่งในช่วงฤดูแล้ง หญ้ากินนีจะให้ผลผลิตต่ำและหญ้ามียุคคุณภาพต่ำ ดังนั้นเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมที่มีพื้นที่จำกัด สามารถแบ่งพื้นที่ใช้ปลูกหญ้ากินนีสีม่วงบางส่วนมาใช้ปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นพืชโตเร็ว และให้ผลผลิตสูงในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ และสามารถนำอาหารหยาบเหล่านี้ไปใช้เลี้ยงแม่โคนมระยะกลางการให้นมได้ โดยไม่ส่งผลเสียต่อปริมาณการกินได้ ค่าชีวเคมีของเลือด สภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และไม่มีผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของนํ้านม การปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์ร่วมกับถั่วเลบบเลบ ถั่วเลบบเลบจะช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนในอาหารหยาบทั้งในรูปของพืชสดและฟัชมักได้ ดังนั้นการใช้อาหารหยาบคุณภาพดีเพื่อการเลี้ยงโคนมจะช่วยเพิ่มปริมาณนํ้านมของโคนมระยะกลางการให้นม นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มรายได้จากการจำหน่ายนํ้านมปกติหลังจากหักต้นทุนค่าอาหารได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กนกทิพย์ เลิศประเสริฐรัตน์, เสรีวัฒน์ จัตตวรพพงษ์, พรศักดิ์ ดวงพุดตาน, ธนิต โสภโณคร, จิระ สุวรรณประเสริฐ, เมธี คำหุ้ง, ศรีอุคร เพชรเวียง และยงยุทธ เขียวชะอุ่ม. 2540. การเปรียบเทียบในท้องถิ่นสายพันธุ์ข้าวฟ่างที่ใช้ประโยชน์ทั้งต้นสดและเมล็ด, น. 215-244. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2538 ข้าวฟ่างและพืชท้องถิ่น. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- กรมปศุสัตว์. 2547. ตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมปศุสัตว์. 2551. ประมวลสถิติประจำปี 2551, กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2537. พืชตระกูลถั่วเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- กองอาหารสัตว์. 2537. การศึกษาหญ้ากินนีสีม่วง. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กองอาหารสัตว์. 2538. หญ้ากินนีสีม่วง. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กอบแก้ว ตรงคงสิน. 2535. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- เกียรติศักดิ์ กล้าแอม, สุมณ โพธิ์จันทร์ และ ปัญญา ธรรมสา. 2541. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดและข้าวฟ่างอาหารสัตว์, น. 243-254. ใน รายงานผลการวิจัยประจำปี พ.ศ. 2541. กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- คมสัน อำนวยสิทธิ. 2535. ข้าวฟ่างอาหารสัตว์. วารสารวัว-ควาย. 53: 78-79.

คมสัน อำนวยสิทธิ์. 2537. การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวฟ่างอาหารสัตว์โดยวิธีการผสมกลับในชั่วแรกๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คมสัน อำนวยสิทธิ์, วาสนา วงษ์ใหญ่, กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์, ชำรงศิลป์ โพธิ์สูง, ชบา จำปาทอง และสุพาพัฒน์ คำวงษ์. 2536. ข้าวฟ่างอาหารสัตว์พันธุ์กลางดง 1, น. 523-528. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการเกษตร ครั้งที่ 31, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิตรกมล ธนศักดิ์. 2552. โคนมระยะเปลี่ยนผ่าน โรค การวินิจฉัย การรักษา. โรงพิมพ์ไตรณสาร, กรุงเทพฯ.

จิรศักดิ์ พงษ์พิชญพิจิตร จารึก สิงห์ปรีชา บุญจิต จิตาภิวัฒนกุล กนกวรรณ จันทร์เจริญชัย พรเทพ อำนวยกิตติกุล และนิติพงษ์ ส่องศรีโรจน์. 2550. โครงการศึกษาผลกระทบจากการทำ FTA สำหรับภาคเกษตรกรรม. ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์. คณะเศรษฐศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จำลอง กรรัมย์ บุญเกื้อ คูศรี และบุญเหลือ ศรีมุงคุณ. 2541. การเจริญเติบโต พัฒนาการและ ลักษณะบางประการของพืชตระกูลถั่วบำรุงดิน. วารสารดินและปุ๋ย 20: 2-15.

จำลอง วชิราภากร. 2541. อาหารและการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

จำลอง วชิราภากร. 2546. การจัดการด้านอาหารโคนมต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม, น. 23-24. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโคนม เรื่อง “น้ำนมโคคุณภาพสู่ผู้บริโภค”. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ฉายแสง ไผ่แก้ว วัชรินทร์ บุญภักดี สุจินดา สระคูพันธุ์ และกิตติ อรรถชาติ. 2534. ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของต้นข้าวฟ่างสายพันธุ์อุทอง 203 ที่ระยะการตัดต่างๆกัน, น. 457-470. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2547. กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ชวนิศนดากร วรวรรณ. 2534. การเลี้ยงโคนม. พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

ชาญชัย มณีคุลย์. 2511. บันทึกประวัติการนำเข้าอาหารสัตว์เข้าประเทศ. สัตวแพทย์สาร 1: 1-15.

ชาญชัย มณีคุลย์. 2530. การเพิ่มผลผลิตทุ่งหญ้าโดยใช้พันธุ์ที่ดีกว่า. ใน การสัมมนาทางวิชาการ ครั้งที่ 4 “การลดต้นทุนการผลิตนมดิบ”. องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย, สระบุรี.

จิต ยุทธวรวิทย์ จุริรัตน์ สัจจิตินันท์ เกียรติศักดิ์ กล้าแอม และพุลศรี สุกระระจู. 2539. ความถี่ของการตัด และอัตราปุ๋ยในโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้ากินนีสีม่วง, น. 83-89. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2538. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

ทวี แก้วคง. 2527. โภชนศาสตร์สัตว์เบื้องต้นและการให้อาหารสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์เกษตรไทย, กรุงเทพฯ.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2532. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ธำรงศิลป์ โพธิ์สูง สุธี รัชแก้ว สมชาย ปิยพันธุ์วานนท์ และถวิล นิลพยัคฆ์. 2538. โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวฟ่าง. ใน รายงานผลการวิจัยประจำปี 2538. ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นทีทิพย์ กฤษณามระ. 2538. ฮอร์โมน: กลไกและการออกฤทธิ์ร่วม. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2542. **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2525. **คู่มือวิเคราะห์อาหารสัตว์**. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2546. **การเลี้ยงดูและการจัดการแพะ**. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญญา วิไลพล. 2528. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อนและการจัดการ**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ประชา นาคะประเวช และปรัชญา ชาญญาติ. 2535. **ปุ๋ยพืชสดบำรุงดิน**. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ประวีร์ วิชุลลดา. 2530. **ต้นทุนและแนวโน้มการลดต้นทุนการผลิตนมดิบในประเทศไทย**, น. 5-14. ใน **รายงานการสัมมนาทางวิชาการครั้งที่ 4**. องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย, มวกเหล็ก, สระบุรี.

ประวีร์ วิชุลลดา, พรศรี ชัยรัตนายุทธ, สิริจันทร์พร สีนธูณิชย์, ณิชูมา เฉลิมแสน และสุทธิสักดิ์ แก้วแกมจันทร์. 2545. **ความผันแปรและมาตรฐานองค์ประกอบน้ำนมดิบในประเทศไทย**. การเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ในงานวันพืชมงคล โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา. กรุงเทพฯ.

ประสิทธิ์ ใจศิลป์. 2529. **ข้าวฟ่าง**. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พนัส ธรรมกิตติวงศ์ พรศรี ชัยรัตนายุทธ และสมเกียรติ ทิมพัฒน์พงศ์. 2538. **ผลของอาหารผสมเสริมอัดแท่งต่อการหมักย่อยในรูเมนและเลือดโค**. **วารสารเกษตร (วิทย์)** 29: 314-325.

พิสุทธิ สุขเกษม ประยูร ครอบงำ และสมจิตร อินทรมณี. 2542. ระยะปลูกและความถี่ของการตัดต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้ากินนีสีม่วงในชุดดินบ้านทอน, น. 99-110. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เมธา วรรณพัฒน์. 2529. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. หจก. ฟันนี้พับลิชชิง, กรุงเทพฯ.

ยรรยง อินทรรักษา. 2538. สรีรวิทยาต่อมไร้ท่อและสืบพันธุ์. ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะสัตวแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วัชร เลิศมงคล. 2542. ข้าวฟ่าง, น. 50-62. ใน. พีชเศรษฐกิจ. (นพพร สายัมพล รั้งสกุล กาวีตะเรวัต เลิศฤทัยโยธิน และ สนธิชัย จันทน์เปรม, บรรณาธิการ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วัชรารักษ์ ศรีพลน้อย. 2550. การปรับปรุงหญ้าแพงโกล่าคุณภาพต่ำด้วยการหมักร่วมกับกระถินในอัตราส่วนต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของแพะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิทยา สุมาลย์, สมจิตร อินทรมณี และ มาชามิ คูราโมชิ. 2547. คู่มือการเก็บสำรองพืชอาหารสัตว์. โครงการพัฒนาผลิตเมล็ดพันธุ์พืชอาหารสัตว์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทยภายใต้ความร่วมมือระหว่างกรมปศุสัตว์และองค์การความร่วมมือระหว่างประเทศญี่ปุ่น. กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วิบูลย์ศักดิ์ กาวีตะ และญาณิน โอภาสพัฒน์กิจ. 2534. การผลิตโคนม. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. 2540. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนัก
วิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. 2552. การปรับปรุงพันธุ์โค. สื่อการเรียนรู้ทางอินเทอร์เน็ต รายวิชาการผลิต
โค สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. แหล่งที่มา:
http://www.sut.ac.th/e-texts/Agri/My%20Webs/หน่วย_4.pdf, 15 พฤษภาคม 2552.

วิโรจน์ จรุงศักดิ์. 2533. การปรับปรุงผลผลิตและคุณภาพของข้าวฟ่างอาหารสัตว์. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2546. โคนม. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,
ขอนแก่น.

วีระพล แจ่มสวัสดิ์. 2537. เอกสารคำสอนพืชอาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์
บางพระ, สถาบันราชภัฏวชิร. น. 156-163.

วรุณี พานิชผล, ฉายแสง ไผ่แก้ว, สมคิด พรหมมา, โสภณ ชินเวโรจน์, จันทกานต์ อรณนันท,
วิโรจน์ ฤทธิ์ฤทัย และ วรณา อ่างทอง. 2547. มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักคุณภาพดี.
กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศศิธร ถิ่นนคร, เจริญรัฐ น้อยสุวรรณ และศรัณยา วิทยานุกาญจน์. 2534. อิทธิพลของการตัดที่มี
ต่อลักษณะประจำพันธุ์และผลผลิตของหญ้ากีนี 4 สายพันธุ์, น. 193-206. ใน รายงาน
ผลงานวิจัยประจำปี 2528-2533. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศศิธร ถิ่นนคร, เจริญรัฐ น้อยสุวรรณ และศรัณยา วิทยานุกาญจน์. 2536. อิทธิพลของระยะตัดที่มี
ต่อลักษณะประจำพันธุ์และผลผลิตของหญ้ากีนี 4 พันธุ์, น. 193-206. ใน รายงาน
ผลงานวิจัยประจำปี 2528-2533. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตโคนม. 2550. รายงานการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างอาหารสัตว์ในการ
ผลิตนม. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตโคนม สถาบันสุวรรณวาทกกลีเกีย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สายันท์ ทัดศรี. 2522. หลักการทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สายันท์ ทัดศรี. 2540. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน การผลิตและการจัดการ. ภาควิชาพืชไร่นา คณะ
เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สายันท์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุนันทา จันทกุล สุปราณี งามประสิทธิ์ สายันท์ ทัดศรี และทรงศิริ เต็มสมบัติ. 2542. การผลิตเมล็ด
พันธุ์ข้าวอาหารสัตว์แลบแลบ. ใน รายงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2542 ภาควิชาพืชไร่นา คณะ
เกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุปราณี งามประสิทธิ์. 2544. อิทธิพลของอัตราปลูกต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวแลบแลบและ
การศึกษากาเจริญเติบโตและการพัฒนาของเมล็ด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุพาพัฒน์ คำวงษ์. 2535. การปรับปรุงผลผลิตและคุณภาพของข้าวฟ่างอาหารสัตว์โดยการผสม
ระหว่างข้าวฟ่างเมล็ดและข้าวฟ่างหญ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุทธิศักดิ์ แก้วแกมจันทร์. 2546. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความผันแปรของปริมาณและองค์ประกอบ
น้ำนมของโคนมภายใต้สภาพการเลี้ยงในเขตร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุวนาด สุขะเกตุ. 2537. อิทธิพลของความถี่ในการตัดต่อผลผลิตและคุณภาพของหญ้า 4 ชนิดที่มี
ลักษณะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

สุเมธ ชำนาญเวช จักรี เทศอาเล็น สมเกียรติ ประสานพานิช ลักขณ์ เพ็ญชัย ศุภนุช ใจคำ และ ณรงค์
สิงห์บุระอุดม. 2548. การใช้ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่หมักร่วมกับกระถินสดเพื่อเป็นอาหาร
แพะ, น. 288-295. ใน เอกสารการประชุมวิชาการข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 32.
กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุเมธ ประทุมสุวรรณ. 2538. การผลิตนมที่มีคุณภาพ. วารสารสัตวบาล 6: 59-65.

องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.). 2552. คู่มือการเลี้ยงโคนม. ศูนย์ถ่ายทอด
เทคโนโลยี, สำนักเทคโนโลยีการเลี้ยงโคนม, องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย
ไทย, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อารีย์ วรรณวัฒน์. 2526. พืชอาหารสัตว์: หลักปฏิบัติ. ภาควิชาพืชไร่นา, คณะเกษตร,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

อังคณา หาญบรรจง เพ็ญแข วันไชยชนวงศ์ สุนีย์ นิธิสินประเสริฐ; สมจิตร ถนอมวงศ์วัฒนะ. 2549.
ผลของหญ้าสดและหญ้าหมักชนิดต่างๆ ต่อการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนม, น. 89-97. ใน
รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44: สาขาสัตว สาขา
สัตวแพทยศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Adewuyi, A. A., E. Drugs and F. J. C. M. Van Eerdenburg. 2005. Non esterified fatty acids
(NEFA) in dairy cattle. (A review). **Veterinary quarterly**. 27: 117-126.

Addy, B. L. and D. Thomas. 1976. The utilization of crop residues, Madeya and Leucaena for
winter feeding in Lilongwe District. **Research Bulletin No 2176**, Ministry of
Agriculture, Lilongwe, Malawi.

Akin, D.E., E.L. Robinson, F.E. Barton and D.S. Himmelsbach. 1977. Changes with maturity in
anatomy, histochmistry, chemistry and tissue digestibility of bermudagrass plant parts.
J. Agric. Food Chem. 25: 179-186.

Allen, M.S. 2000. Effect of diet on short term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 1598-1624.

Al-Rokayan, S. A., Z. Naseer and S. M. Chaudhry. 1998. Nutritional quality and digestibility of sorghum-broiler litter silage. **Anim. Feed Sci. Tech.** 75: 65-73.

Annison, E. F., E. B. Lindsay and J. V. Nolan. 2002. Digestion and metabolism, pp. 95-118. In M. Freer and H. Dove, eds. **Sheep Nutrition**. CABI Publishing, Australia.

Anderson, E. R. 1970. Effect of flooding on tropical pastures. pp. 591-594. In **Proc. 11th Int. Grasslds. Congr.** Surfurs Paradise, Australia.

AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 5th ed. Association of Official Analysis Chemists, Inc., Virginia.

Armentano, L. and M. Pereira. 1997. Measuring the effectiveness of fibre by animal response trials. **J. Dairy Sci.** 80 : 1416-1425.

Baker, L.D., J.D. Ferguson, and W. Chalupa. 1995. Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. **J. Dairy Sci.** 78: 2424-2434.

Ballard, R.A., R.J. Simpson and G.R. Pearce. 1990. Losses of the digestible components of annual ryegrass (*Lolium rigidum* Guadin) during senescence. **Aust. J. Agric. Res.** 41: 719-731.

Barton, B.A., H.A. Rosario, G.W. Anderson, B.P. Grindle, and D.J. Carroll. 1996. Effects of dietary crude protein, breed, parity, and health status on the fertility of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 79: 2225-2236.

- Bartsch, B.D., E.R.B. Graham, and D.M. McLean. 1979. Protein and fat composition and some manufacturing properties of milk from dairy cow fed on hay and concentrate in various ratios. **Aust. J. Agric. Res.** 30: 191-199.
- Bauman, D. E., McCutcheon, S. N., Steinhour, W. D. and P. J. Eppard. 1985. Sources of variation and prospects for improvement of productive efficiency in the dairy cows; A review. *J. Anim. Sci.* 60: 583-592.
- Beadle, C. L., Stevenson, K. R., Newman, H. H., Thurtell, C. W. and King, K. M. 1973. Diffusive resistance transpiration and photosynthesis in single leaves of corn and sorghum in relation to leaf water potential. *Can. J. Plant Sci.* 53: 537-544.
- Bebawi, F.F. 1988. Forage sorghum production on a witch weed infested soil in relation to cutting height and nitrogen. **Agron. J.** 80: 537-540.
- Birch, C.J. and A.D. Stewart. 1989. The effect of nitrogen fertilizer rate and timing on the yield of hybrid forage sorghum from serial harvests, pp. 41-48. *In* M.A. Foale, B.W. Hare and R.G. Henzell, eds. **Proceedings of the Australian Sorghum Workshop**, vol. 43. Toowoomba, Queensland, Australia.
- Black, J.R., Ely, L.O., McCullough, M.E. and E.M., Sudweeks. 1980. Effect of stage of maturity and silage additives upon the yield of gross and digestible energy in sorghum silage. **J. Anim. Sci.** 50: 617-624.
- Blowey, R.W., D.W. Wood and J. R. Davies. 1973. A national monitoring system for dairy herds based on blood glucose, urea and albumin levels. **Veterinary Record.** 92: 691-696.
- Blood and, D.C., and O.M. Radostits. 1989. **Veterinary Medicine.** 7th ed. Brillere Tindall, The University Press, Oxford.

- Broster, W. H. 1973. Live weight change and fertility in the lactating dairy cow: **A review. Vet. Rec.** 93: 417-420.
- Bogdan, A.V. 1977. **Tropical Pasture and Fodder Plants.** Longman Inc, New York.
- Bolsen, K.K., C. Grimes and J.G. Riley. 1977. Milo stover in rations for growing heifers and lambs. **J. Anim. Sci.** 45: 377-384.
- Bolsen, K.K., J.L. Curtis C.J. Lin and J.L. Dickerson. 1990. Silage inoculants and indigenous micro flora with emphasis on alfafa, pp. 431-443. *In* T.P. Lyons, ed. **Biotechnology in the Feed Industry Proceeding of Allteoh's Sixth Annual Symposim.** Altech Technical Publication, Kentucky.
- Broderick, G.A. and M.K. Clayton. 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. **J. Dairy Sci.** 80: 2964-2971.
- Butler, W.R., J.J. Calaman and S.W. Beam. 1996. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. **J. Anim. Sci.** 74: 858-865.
- Buxton, R.D. 1996. Quality-related characteristic of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. **Anim. Feed. Sci. Tech.** 59: 37-49.
- Buxton, R.D. and D.D. Redfearn. 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. **J. Nutri.** 127: 814-818.
- Cadisch, G., R. M. Schunke and K.E. Giller. 1994. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass – legume mixture on a red latosol in Brazil. **Trop. Grasslds.** 28: 43-52.

- Canfield, R.W., C.J. Sniffen and W.R. Butler. 1990. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 73: 2342-2349.
- Capper, B. S., E. F. Thomas and S. Rhiwa. 1989. Voluntary intake and digestibility of barley straw as influenced by variety and supplementation with either barley grain or cotton seed cake. **Anim. Feed. Sci. Technol.** 26:105-118.
- Caravetta, G.J. J.H. Cherney and K.D. Johnson. 1990. Within row spacing influences on diverse sorghum genotypes. II. Dry matter yield and forage quality. **Agron. J.** 82: 210-215.
- Castillo, A. R. 2001. The effect of protein supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. **J. Anim. Sci.** 79: 247-253.
- Castle, M. E. and J. N., Watson. 1973. The relationship between the DM content of herbage for silage making and effluents production. **J. Br. Grassl. Soc.** 28: 135-138.
- Catchpoole, V.R., and E.F. Henzell. 1971. Silage and silage making from tropical herbage species. **Herb. Abst.** 41: 213-221.
- Cecava, M.J. 1995. Silage and crop for silage, pp. 117-137. In P.W. Tilden and M.J. Cecava, eds. **Beef Cattle Feeding and Nutrition**. Academic Press, Inc., London.
- Chanlun, S., A. Sangkeaw, S. Aiumlamai, C. Wacharapakorn and A., Chanlun. 2005. Use of urea in concentrate and reproductive performance of postpartum cows in smallholder dairy farm. **KKU. Vet. J.** 15: 116-125.

- Chilliard, Y. 1989. Physiological constraints to milk production: Factors which determine nutrient partitioning, lactation persistency and mobilisation of body reserves, pp. 22-35. *In* A. Speedy and R. Sansoucy (eds.), **Feeding Dairy Cows in the Tropics**. Proceedings of the FAO Expert Consultation, Bangkok.
- Chizzotti, F. H. M., O. G. Pereira, S. C., Valadares-Filho, M. L., Chizzotti, M. I., Ledo, D. H., Pereira and L. O., Tedeschi. 2009. Intake digestibility ruminal parameters and microbial; protein synthesis in crossbred steers fed diets based on Brachiaria grass silage and sorghum silage. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** 61: 1328-1338.
- Christensen, R.A., G.L. Lynch and J.H. Clark. 1993. Influence of amount and degradability of protein on production of milk and milk component by lactating Holstein cows. **J. Dairy Sci.** 76: 3490-3496.
- Church, D.C. 1975. **Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants Volume I.** 2nd ed. O & B Books, Oregon.
- Church, D.C. 1979. **Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. Volume. I.** O & B Books Inc. Corvallis, Oregon.
- Collins, M. and V.N. Owens. 2003. Preservation of forage as hay and silage, pp. 443-471. *In* R.F. Barnes, C.J. Nelson, M. Conllins and K.J. Moore, eds. **Forages: an Introduction to Grassland Agriculture Volume I.** 6th ed. Iowa State Press, A Blackwell Publishing Company, USA.
- Corleto, A. V. Marchione and E. Cazzato. 1990. Influence of different sowing rates and distances between rows on grain sorghum and forage sorghum used for silage production. **Informatore Agrario.** 46: 53-56.

- Cummins, D.G. 1981. Yield and quality changes with maturity of silage type sorghum fodder. **Agron. J.** 73: 988-990.
- Danley, M.M. and R.L. Vetter. 1973. Changes in carbohydrate and nitrogen fractions and digestibility of forages: maturity and ensiling. **J. Anim. Sci.** 37: 994-999.
- Davis, C.L. 1979. The use of buffers in the rations of lactating dairy cows, p. 51. *In* W.H. Hale and P. Meinhardt, eds. **Regulation of Acid-Base Balance.** Church and Dwight Company, Inc., Piscataway, NJ.
- Doggett, H. 1988. **Sorghum**, second ed., Longman Group, London.
- Dönmez, N. M.A. Karsli A. Cinar T. Aksu and E. Baytok. 2003. The effect of different silage additives on rumen protozoan number volatile fatty acid concentration in sheep fed corn silage. **Small Ruminant Research.** 48: 227-231.
- Dubois, M., K.A. Gilles, J.H. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Anal. Chem.** 28: 350-356.
- Dunlop, R.P. 1991. Thyroid metabolic hormone, pp. 513-520. *In* R.P. Dunlop, ed. **Physiology of Small and Large Animals.** National Academic Press, Washington D.C.
- Elferink, S.J.F. Driehuis J.C. Gottschal and S.F. Spoelstra. 2000. **Silage fermentation processes and their manipulation.** Available Source: [http://www.fao.org/waicent/fao/agricult/agpc/gp/silage paper2.htm](http://www.fao.org/waicent/fao/agricult/agpc/gp/silage%20paper2.htm), 2000, August 20, 2005.
- El-Hattab, A.H. and M.Y. Harb. 1991. Effect of planting dates and nitrogen levels on forage yield and quality in sorghum sudangrass hybrid in the Central Jordan Valley. **Pure Appl. Sci.** 18: 7-25.

- Elrod, C.C. and W.R. Butler. 1993. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. **J. Anim Sci.** 71: 694-701.
- English, B.H. 1999. Lablab purpureus in Australia forage seed production, pp. 395-399. *In* D. S. Loch and J.E. Ferguson (eds.). **Tropical and Subtropical Species.** Wallingford, UK.
- Ensminger, M.E. 1993. **Dairy Cattle Science.** 3th ed. Interstate Publishers, Inc. Danville, Illinois.
- Erwin, E.S., G.J. Marco and E.M. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. **J. Dairy Sci.** 44: 1768-1771.
- Esslemont, R. J. 1979. Management with special reference to fertility. pp. 258-294.. *In*: Broster, W. H. and H. Swan, (Eds.). **Feeding Strategy For the High Yielding Dairy Cow.** Granada, London.
- Farias, J.M. and J.E. Winch. 1987. Effect of planting date and harvest stage upon yield distribution and quality of sorghum sudangrass in Northern Mexico. **Tropical Agriculture (Trinidad).** 64: 87-89.
- Ferguson, J.D. D.T. Galligan T. Blanchard and M. Reeves. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate: the usefulness of test information. **J. Dairy Sci.** 76: 3742-3746.
- Firkins, J.L. M.L. Eastridge N.R. St-Pierre and S.M. Nofstger. 2001. Effects of grain variability and processing on starch by lactating dairy cattle. **J. Anim. Sci. (E. Suppl.):** 218-238.
- Frame, J. 1994. **Improve Grassland Management.** Farming Press Books, United Kingdom.

- French, A.V. O'Rourke P.K. and D.G. Cameron. 1988. Beef production from forage sorghum crops in the Brigalow region of Central Queensland I. Forage sorghum. **Trop. Grasslds.** 22: 79-84.
- Gill, A.S. C.T. Abichandani R.K. Maurya and N.D. Mannikar. 1988. Nitrogen fertilization of fodder sorghum. **Indian J. Agric. Res.** 22: 171-175.
- Grant, R.J. S.G. Haddad K.J. Moore and J. F. Pedersen. 1995. Brown midrib sorghum silage for midlactation dairy cows. **J. Dairy Sci.** 78: 1970-1980.
- Gravert, H.O. 1987. **Dairy Cattle Production.** Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses, pp. 1-20. **In Agricultural Handbook.** Vol. 379. Department of Agriculture, Washington, D. C. USA.
- Goering, H.K. L.W. Smith P.J. Van Soest and C.H. Gordon. 1972. Digestibility of roughage materials ensiled with sodium chlorite. **J. Dairy Sci.** 56: 233-240.
- Gonzalez F. D., R. Muino, V. Perira, R. Campos, J. L. Benedito. 2011. Relationship among blood indicators of lipomobilization and hepatic function during early lactation in high – yielding dairy cows. **J. Vet. Sci.** 12: 251-255.
- Hamilton, R.I. J. Fraser and J.D. Armitt. 1969. Preliminary assessment of tropical pasture species for taint in milk. **Aust. J. Dairy Tech.** 24: 62-65.
- Hammond, A.C. 1997. **Update on BUN and MUN as a guide for protein supplementation in cattle.** Available Source: <http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/1997/frns1997.pdf>, December 3, 2006.
- Harper, J.L. 1997. **Population Biology of Plants.** Academic Press. London.

- Haynes, R.D. 1980. Competitive aspects of grass-legumes associations. **Advances in Agronomy**. 33: 227-261.
- Hedges, D.A. J.L. Wheeler and D.K. Muldoon. 1989. Effect of age of millet and sorghum hay on their composition digestibility and intake by sheep. **Trop. Grasslds**. 23: 203-210.
- Hendy, C.R. U. Kleih R. Crawshaw and M. Phillips. 1995. **Concentrate feed demand**. Available Source: <http://www.fao.org/wairdocs/lead/x6123e/x6123e04.htm>, February 26, 2007.
- Hendy, K. 1975. Review of natural pastures and their management problems on the north Coast of Tanzania. **E. Afr. Agric. For. J.** 41: 52-57.
- Hennessy, D.W. 1980. Protein nutrition of ruminants in the tropical areas of Australia. **Trop. Grasslds**. 14: 260-265.
- HenZell, E.F. 1963. Nitrogen fertilizer responses of pasture grass in south – eastern Queensland. **Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.** 3: 290-299.
- Herd, T.H. 2000. Variability characteristics and test selection in herd level nutrition and metabolic profile test. **Vet Clin North Am Food Anim Pract.** 16: 387-403.
- Higginbotham, G.E.M. Torabi and J.T. Huber. 1989. Influence of dietary protein concentration and degradability on performance of lactating cows during hot environmental temperatures. **J. Dairy Sci.** 72: 2554-2564.
- Hino T. and J.B. Russell. 1986. The effect of reducing equivalent divalent disposal and NADH/NAD on the deamination of amino acids by intact and cell-free extracts of rumen microorganisms. **Appl. Environ. microbiolol.** 50: 1368-1374.

- Holland, C. and W. Kezar. 1990. **Pioneer forage manual, a nutritional guide**. Pioneer Hybrid International Inc. Des Moines, Iowa.
- Hoover, W.H. 1986. Chemical factors involved on ruminal fiber digestion. **J. Dairy Sci.** 69: 2755-2766.
- Houtert, M.F.J. 1993. The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages: a review. **Anim. Feed Sci. Tech.** 43: 189-225.
- Humphreys, L.R. 1980. **A Guide to Better Pastures for the Tropics and Subtropics** (4th ed.). Wright stephenson & Co., Ermington Sydney, Australia.
- Hungate, R.E. 1966. **The Rumen and It Microbes**. USA. Academic Press, New York.
- Hungate, R.E. 1991. **Tropical pasture utilization**. Cambridge university press, Cambridge.
- Jayamani, P. and M. Stephen Dorairaj. 1994. Character interrelationships in fodder sorghum. **Forage Res.** 20: 84-85.
- John, D. 1997. **Feeding grain to stock cows**. Available Source: www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/beef/coping/stock.htm, March 8, 2007.
- Jones, R.M. 1972. Methods of oversowing lucerne and medic into native pasture on non-arable soils in the eastern. **Trop. Grasslds.** 6: 85-90.
- Jones R.J., C.G. Blunt and J.H.G. Holmes. 1976. Enlarged thyroid glands in cattle grazing Leucaena pastures. **Trop. Grasslds.** 10: 113-116.

- Jones, B.A., R.D. Hatfield and R.E. Muck. 1992. Effect of fermentation and bacterial inoculation on lucerne cell walls. **J. Sci. Food Agric.** 60: 147-153.
- Jouany, J. P. 2006. Optimizing rumen functions in the close-up transition period and early lactation to drive dry matter intake and energy balance in cows. **Anim Reprod Sci.** 96: 250-264.
- Kallah, M.S. M. Baba J.P. Alawa I.R. Muhammad and R.J. Tanko. 1997. Ensiling quality of Columbus grass (*Sorghum almum*) grown in northern Nigeria. **Anim. Feed Sci. Tech.** 68: 153-163.
- Kawamoto, Y. Y. Masuda and I. Goto. 1987. Effects of density on yield and competitive relations in mixed cultures of forage sorghum (*Sorghum bicolor* Moench.) and soybean (*Glycine max* Merr.). **J. Jpn. Soc. Grassland Sci.** 32: 348-353.
- Kennedy, P.M. 1984. Techniques in particle size analysis of feed and digesta in ruminants. Occasional publ. no. 1. **Can. Soc. Ani. Sci.** Edmonton, Alberta, Canada.
- Kellems, R.O. and D.C. Church. 1998. **Livestock Feeds and Feeding**. 4th ed. Prentice-Hall, New Jersey.
- Kim, Y.D. H.K. Park S.K. Suh J.S. Chae and M.G. Shin. 1989. Studies on the productivity of forage sorghum under different cultural environments. 4. The effects of sowing method on growth, production structure and yield of sorghum-sudangrass hybrid. Research Reports of the Rural Development Administration. **Livestock.** 31: 41-47.
- Kohn, R. 2007. **Use of milk or blood urea nitrogen to identify feed management inefficiencies and estimate nitrogen excretion by dairy cattle and other animals.** Available Source: <http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/2007/Kohn.pdf>, March 20, 2007.

Kumbhar, M.V. P.R. Mundhe and D.G. Giri. 1994. Intercropping studies in sorghum forage with legumes under rainfed vertisols. **Forage Res.** 20: 81-83.

Kung, L.J. 2000. **Silage fermentation and additives.** Available Source:
<http://foragesoftexas.tamu.edu/pdf/silagemngt.pdf>, March 8, 2007.

Kuoamè, C.N. J.M. Powell C.A. Renard and K.H. Quesenberry. 1993. Plant Yield and Fodder Quality Related Characteristics of Millet-Stylo Intercropping Systems in the Sahel. **Agron. J.** 85: 601-605.

Lance, R.D. D.C. Foss C.R. Krueger B.R. Baumgardt and R.P. Niedermier. 1964. Evaluation of corn and sorghum silages on the basis of milk production and digestibility. **J. Dairy Sci.** 47: 254.

Larson, B.L. 1985. Biosynthesis and cellular secretion of milk, pp.123-169. In B.L. Larson, eds. **Lactation.** The Iowa State University Press, Iowa.

Lazzaro, J. 2005. **Normal blood chemistry values for adult goats.** Available Source:
<http://www.saanendoah.com/bloodvalues.html>, December 19, 2006.

Lean, I. 1987. **Nutrition of Dairy Cattle.** The University of Sydney Post-Graduate Foundation in Veterinary Science. New South Wale.

LeBlanc, S. J. 2006. Monitoring programs for transition dairy cows. pp 460-472. In **Proceedings of the 26 th World Biutrics Congress.** Nice.

Lekchom, C., K. Witayanuparpyunyong P. Sukpitaksakul and B.R. Watkin. 1989. The use of improved pastures by grazing dairy cows for economic milk production in Thailand, pp. 1163-1164. In **Proceeding of the XVI International Grassland Congress.** Nice.

- Loch, D.S. and J.E. Ferguson. 1999. Forage seed production. II: Tropical and subtropical species formerly of tropical Forages Program. **Centro Int. Agri. Trop.** Cali, Colombia.
- Loyd, R.C. and B.N. Gray. 1968. Hydrocyanic acid potential of sorghum plants grown in Tennessee. **Tennessee Agr. Exp. Sta. Bull.**
- Lusk, J.W. P.K. Karau D.O. Balogu and L.M. Gourley. 1984. Brown midrib sorghum or corn silage for milk production. **J. Dairy Sci.** 67: 1739-1744.
- MacLeod, G.K. D.G. Grieve and J. McMillan. 1983. Performance of first lactation dairy cows fed complete rations of several rations of forage to concentrate. **J. Dairy Sci.** 66: 1668-1674.
- Madsen, A. 1983. Metabolism in liver cells, pp. 53-73. *In* P.M. Riis, ed. **Dynamic Biochemistry of Animal Production.** Elsevier Science. Publ. Co., Inc., New York.
- Magid, E.A.A. M.A. Mustafa and I. Ayed. 1982. Effects of irrigation interval urea and gypsum on N P and K uptake by forage sorghum on highly saline-sodic clay. **Exp. Agric.** 18: 177-182.
- Magoon, M.L. A. Singh and K.L. Mehra. 1974. Improved field bean for dryland forage. **Indian Farming.** 24: 5-7.
- Malossini, F.M. Pinosa M. Valentinotti and S. Bovolenta. 1990. Effect of feeding level on milk production and composition. **Zootech. Nutr. Anim.** 16: 197-206.
- McCormick, M.E. 1999. Crude protein and rumen undegradable protein effects on reproduction and lactation performance of Holstein cows. **J. Dairy Sci.** 82: 2697-2708.
- McCullough, M.E. 1972. Effect of formic acid and dried steep liquor concentrate on digestibility and steer growth from corn silage. **J. Anim. Sci.** 34: 127.

- McDonald, P. 1981. **The Biochemistry of Silage**. John Wiley and Sons, Chichester. USA.
- McDonald, P. N. Henderson and S. Herson. 1991. **The Biochemistry of Silage**. Chalcombe Publ., England.
- McDonald, P. R.A. Edwards and J.F.D. Greenhalgh. 1988. **Animal Nutrition**. 4th ed., Longman Scientific&Technical, John Wiley&Son, Inc., New York.
- McLeod, M.N. and D.J. Minson. 1978. The accuracy of the pepsin-cellulase technique for estimating the dry matter digestibility in vivo of grasses and legumes. **Anim. Feed Sci. Tech.** 3: 277-287.
- McLover, J. G. 1978. The Effect of cutting interval and associate grass species on the Growth of Stylosanthes species near Ingham, North Queensland. **Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.** 18: 546 – 553.
- Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 80: 1463-1481.
- Milford, R. and D.J. Minson. 1964. Intake of tropical pasture species, pp. 814-822, *In Proceedings of the XI International Grassland Congress*, Brazil.
- Milford, R. and D.J. Minson. 1966. The feeding value of tropical pasture, pp. 106-107. *In* W. Davies and C. L. Skidmore, eds. **Tropical Pastures**. Faber and Faber, London.
- Minson, D.J. 1967. The voluntary intake and digestibility in sheep of chopped and pelleted *Digitaria decumbens* (pangola grass) following a late application of fertilizer nitrogen. **Brit. J. Nutri.** 21: 587-597.
- Minson, D.J. 1990. **Forage in Ruminant Nutrition**. Academic Press, San Diego. CA.

- Miron, J. E. Zuckerman D. Sadeh G. Adin M. Nikbachat E. Yosef A. Ben-ghedalia A. Carmi T. Kipnis and R. Solomon. 2005. Yield, composition and in vitro digestibility of new forage sorghum varieties and their ensilage characteristics. **Anim. Feed Sci. Tech.** 120: 17-32.
- Mishra, M. F.A. Martz R. Stanley H.D. Johnson J.R. Campbell and E. Hilderbrand. 1970. Effect of diet and ambient temperature humidity on ruminal pH oxidation reduction potential ammonia and lactic acid in lactating cows. **J. Anim. Sci.** 31: 1023-1028.
- Mohamed, A.A.H. and Y.N. Hamd. 1988. The effect of cutting stage nitrogen fertilization and seeding rate on yield and quality of hybrid forage sorghum. 2. Chemical composition. **Iraqi J. Agric. Sci.** 6: 125-138.
- Mohammed Saleem, M.A. 1985. Effect of sowing time on the grain yield and fodder potential of sorghum undersown with stylo in the subhumid zone of Nigeria. **Trop. Agric.** 62: 151-153.
- Montgomery, R.D. 1972. Cyanogens. pp. 143-157. In I.E. Liener (ed.). **Toxic Constituents of plant Food Stuffs.** Academic, New York.
- Moss, R. 1992. **Livestock Health and Welfare.** Longman scientific and technical, UK.
- Muck, R.E. 1991. Silage fermentation, pp.171-204. In J.G. Zeikus and E.A. Johnson, eds. **Mixed Cultures in Biotechnology.** McGraw-Hill, Inc., New York.
- Muck, R.E. 1996. **Inoculation of silage and its effects on silage quality.** Available Source: http://www.dfrc.ars.usda.gov/Research_Summaries/ind_meet/dfrc7.pdf, March 8, 2006.
- Mustafa, M.A. and E.A. Abdel Magid. 1982. Interrelationships of irrigation frequency urea nitrogen and gypsum on forage sorghum growth on a saline sodic clay soil. **Agron. J.** 74: 447-451.

- Naescu, V. and C. Nita. 1991. Influence of irrigation on forage crops under the conditions of Fundulea. **Probleme de Agrofitehnie Teoretica Si Aplicata**. 13: 141-146.
- Nazir, M.S. H.M. Shafiq M. Saeed and A. Jabbar. 1997. Integrated nitrogen management with planting geometry for multicut hybrid sorghums. **Pakistan J. Agric. Sci.** 34: 65-69.
- Nickerson, S.C. 1995. Milk production: factors affecting milk composition. pp. 3-33. *In* F. Harding (ed.). **Milk Quality**. Blackie Academic and Professional, Glasgow.
- National Research Council. 2001. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 6th ed., National Academy Press, Washington, D.C.
- O'Doherty, J.V. and T.F. Crosby. 1998. Blood metabolite concentrations in late pregnant ewes as indicators of nutritional status. **Anim. Sci.** 66: 675-683.
- Oetzel G. R. 2004. Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. **Vet. Clin. North. Am. Food Anim. Pract.** 20: 651-674.
- Oliveira, J.M. and R. de Garcia. 1990. Forage yield and quality of forage and grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) intercropped with soyabeans (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista UNIMAR**. 12: 189-200.
- Ørskov, E.R. 1980. Manipulation of fibre digestion in rumen. **Proceedings of Nutritional Society**. 50: 187-196.
- Owen, F.G. 1962. Effect of stage of maturity on the nutritive value of Atlas sorghum for lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 45: 625-628.
- Owen, F.G. 1967. Factors affecting nutritive value of corn and sorghum silage. **J. Dairy Sci.** 50: 404-416.

- Park, H.K. Y.D. Kim J.S. Suh J.S. Chae J.T. Kim and M.G. Shin. 1988. Studies on the productivity of forage sorghum under the cultural environment. 1. Effects of seeding date on growth dry matter accumulation and chemical composition of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Research Reports of the Rural Development Administrations. **Livestock**. 30: 54-62.
- Patel, K.I. R.P.S. Ahlawat and S.J. Trivedi. 1993. Effect of nitrogen and phosphorus on nitrogen uptake and protein percentage of forage sorghum. **Gujarat Agric. Univ. Res. J.** 18: 87-88.
- Patel, P.C. and J.C. Patel. 1994. Growth response content and uptake of nutrients by different forage sorghum varieties (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) as influenced by nitrogen and zinc fertilization. **Gujarat Agric. Univ. Res. J.** 19: 9-14.
- Patil, F.B. D.A. Gadekar and A.G. Bhoite. 1992. Response of forage sorghum varieties to seed rates and nitrogen. **J. Mah. Agric. Univ.** 17: 150-151.
- Poppi, D.P. S.R. McLennan S. Bediye A. De Vega and J. Zorrilla-Rios. 1999. Forage quality strategies for increasing nutritive value of forages, pp. 307-322. In J.G. Buchanan-Smith D.B. Lorraine and P. McCaughey. **Proceedings of the XVIII International Grassland Congress. XVIII International Grassland Congress**, Winnipeg and Saskatoon, Canada.
- Potter, E. L. and B.A. Dehority. 1973. Effects of changes in feed level starvation and level of feed after starvation upon the concentration of rumen protozoa in the ovine. **Appl. Microbiol.** 26: 692-698.
- Powell, J.M. and T.O. Williams. 1995. An overview of mixed farming systems in sub-Saharan Africa. pp 21-36. In: Powell, J. M.; S. Fernandez-Rivera, T. O. Williams and C. Renard (eds.). **Livestock and Sustainable Nutrient Cycling in Mixed Farming Systems of sub-Saharan, Africa**.

- Pushpakumara, P.G., A.N.H. Gardner C.K. Reynolds D.E. Beever and D.C. Wathes. 2003. Relationships between transition period diet metabolic paraters and fertility in lactating dairy cows. **Theriogenol.** 60: 1165-1185.
- Rana, S.K. M.A. Roquib A.K. Mukherjee and P. Chattopadhyay. 1994. Fodder production of *Sorghum bicolor* on alluvial soil of West Bengal at rainfed conditions as short duration. **Crop. Environ. Ecol.** 12: 14-17.
- Reddy, B.V.S. P.S. Reddy F. Bidinger and M. Blümmel. 2003. Crop management factors influencing yield and quality of crop residues. **Field Crops Research.** 84: 57-77.
- Reddy, G.S. V. Maruthi and M. Vanaja. 2001. Effect of soil depth on productivity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and pigeonpea (*Cajanus cajan*) in sole and intercropping systems. **Indian J. Agric. Sci.** 71: 510-515.
- Reiling, E.A., W.A. Niekerk V.R.J. Coertze and N.F.G. Rethman. 2001. An evaluation of *Panicum maximum* cv Gatton: 2. The influence of stage of maturity on diet selection, intake and rumen fermentation in sheep. **S. Afr. J. Anim. Sci.** 31: 85-91.
- Robert, J. and K.W. Prease. 1998. **Veterinary Laboratory Medicine.** Department of Veterinary Pathology, College of Veterinary Medicine. University of Geogia, Geogia.
- Ropstad, E.L. Vik-Mo and A.O. Refsdal. 1989. Levels of milk urea plasma constituents and rumen liquid ammonia in relation to the feeding of dairy cows during early lactation. **Acta. Vet. Scand.** 30: 199-208.
- Rungrattanaubol, W. A. Yawongsa T. Rukkwamsuk S. Arsawakulsudhi C. Yuangklang and A. C. Beynen. 2005. Effect of low versus high dietary crude protein on milk composition and milk yield in early and mid-lactation dairy cows. pp. 64-69. *In* **Proc. AUNP symposium: Vol. 3. AHAT/BSAS International Conference.** Khon Kaen, Thailand.

Ryley, J.W. 1966. Nitrogenous fertilizers and animal production, pp. 10-12. **In Proc. 7th. Trop. Grasslds. Soc.**, Australia.

Sanh, M.V. H. Wiktorsson and L.V.Ly. 2002. Effect of feeding level on milk production body weight change feed conversion and postpartum oestrus of crossbred lactating cows in tropical conditions. **Liv. Prod. Sci.** 77: 331-338.

SAS. 1998. **SAS/STAT User Guides**. SAS Institute, Cary, North Carolina.

Savoie, P. and J.C. Jofriet. 2003. Silage storage. pp. 405-467. *In* Buxton, D.R., R.E., Muck, J.H., Harrison, (eds.) **Silage Science and Technology**. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc, Madison, WI, USA.

Sharma, P.K. M.S. Tiwana and B.K. Gupta. 1993. Associations of summer legume and non-legume fodders under rainfed conditions. **Agric. Sci. Digest.** 13: 20-22.

Sheoran, R.S. S. Ram U.N. Joshi and J.V. Singh. 1994. Response of forage cowpea varieties to varying levels of phosphorus under irrigated conditions. **Forage Res.** 20: 185-189.

Singh, K. and C.R. Hazra. 1988. Stability of sorghum based intercropping systems for forage production under dryland conditions in different agroclimatic regions, pp. 293-298. *In* P. Singh and P.S. Pathak, eds. Range Lands Resource and Management, **Proceedings of the National Rangeland Symposium**. Indian Grassland and Fodder Research Institute, Jhansi.

Singh, K. C.R. Hazra and A. Kumar. 1990. Stability of sorghum and legumes intercropping system for forage production under rainfed condition at different agro-climatic environments. **Indian J. Dryland Agric. Res. Dev.** 5: 60-70.

Snyman, L.D. and H.W. Joubert. 1996. Effects of maturity stage and method of preservation on the yield and quality of forage sorghum. **Anim. Feed Sci. Tech.** 57: 63-73.

Schmid, M. and V. Forstner. 1986. **Laboratory Testing in Veterinary Medicine Diagnosis and Clinical Monitoring.** Boehringer Mannheim GmbH, Mannheim, West Germany.

Schroeder, J.W. 2004. **Quality Forage - Silage Fermentation and Preservation.** NDSU Extension Service Circular AS-1254. Available Source:
<http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1254w.htm>, April 28, 2006.

Sibanda, S. R.M. Jingura and J.H. Topps. 1997. The effect of level of inclusion of the legume *Desmodium uncinatum* and the use of molasses or ground maize as additives on the chemical composition of grass-and maize-legume silages. **Anim. Feed Sci. Tech.** 68: 295-305.

Singh, A.S. D.T. Pal B.C. Mandal P. Singh and N.N. Pathak. 2002. Studies on changes in some of blood constituents of adult cross-bred cattle fed different levels of extracted ricebran. **Pakistan J. Nutri.** 1: 95-98.

Sistachs, M. G. T. Crespo E. Ruiz C. Padilla and A. Barrientos. 1992. Effect of seed dosage and time of seasonal culture intercropping in guinea grass (*Panicum maximum*) establishment 1. *Dolichos (Lablab purpureus)*. **Cuban J. Agr. Sci.** 26: 213-219.

Shehu, Y. and J.O. Akinola. 1995. The production of pure and mixed grass – legume pastures in the Northern Guinea Savanna zone of Nigeria. **Trop. Grasslds.** 29: 115-121.

Skerman, P.J. 1977. **Tropical forage legumes.** FAO. Rome, Italy.

Skerman, P.J., D.G. Cameron and F. Riveros. 1988. **Plant production and protection.** FAO. Rome, Italy.

Skerman, P.J. and F. Riveros. 1990. **Tropical Grass**. FAO. Rome, Italy.

Slein, M.W. 1963. **Methods of Enzymatic Analysis**. Academic Press: New York.

Squires, E.J. 2003. **Applied Animal Endocrinology**. CABI Pub., Wallingford.

Stout, D.G. and Simpson G.M. 1978. Drought resistance of *Sorghum bicolor* L. drought avoidance mechanisms related to leaf water status. **Can. J. Plant Sci.** 58:213-224.

Stuart, P. 2002. **The Forage Book**. Pacific Seeds, Modern Science-traditional values, Toowoomba. 213 pp.

Sutton, J.D. 1989. Altering milk composition by feeding. **J. Dairy Sci.** 72: 2801-2814.

Tarawali, G. and O.A. Ikwuegbu. 1993. The potentials of forage legumes in soil management for sustainable livestock and crop production in the subhumid zone of central Nigeria, pp. 15-20. *In The Third Wye International Conference on Sustainable Agriculture*. Wye College, UK.

Teimouri, Y.A. and R. Primohammadi. 2009. Effects of particle size of alfalfa hay and reconstitution with water on intake, digestion and milk production in Holstein dairy cows. **Anim.** 3: 218-227.

Teimouri, Y.A. R. Valizadeh A. Naserian D. Christensen and S.F. Eftekhari. 2004. Effects of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity digestibility and performance of Holstein dairy cows. **J. Dairy Sci.** 87: 3912-3924.

- Thurbon, P. I. Byford and L. Winks. 1970. Evaluation of hays of *Dolichos lablab* cv. Rongai and sorghum sudan grass hybrid. cv. Lulu and townsville lucerne (*Stylosanthes humilis* H.B.K.) on the bases of organic matter and crude protein digestibility. pp. 743-747. *In Proc. XI. Int. Grasslds. Cong.*
- Tiffany, T.O. J.M. Jansen C.A. Burtis J.B. Overton and C.D. Scott. 1972. Enzymatic kinetic rate and end point analyses of substrate by the use of a GeMSAEC fast analyser. *Clin. Chem.* 18: 829-840.
- Tjandraatmadja, M.I.C. MacRae and B.W. Norton. 1993. Effect of the inclusion of tropical tree legume *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala* on the nutritive value of silages prepared from tropical grasses. *J. Agr. Sci.* 120: 397-406.
- Tucker, B. 2002. **Buffer and Acid/Base Balance in Dairy Cows.** Department of Animal and Dairy Science. University of Mississippi, Mississippi.
- Tudsri, S. S. Prasarnpanich S. Sawasdipanit P. Jaripakorn and S. Iswilanons. 2001. Effect of pasture production systems on milk production in the central plains of Thailand. *Trop. Grasslds.* 35: 246-253.
- Tudsri, S. S. Pooreesrisak P. Sornprasit and Witayanuphapyuenyoung. 1988. Nitrogen fertilizer responses of pasture grasses in Muak Lek area. *Thai. J. Soil and Fert.* 8: 125-133.
- Tudsri, S, and S. Sawasdipanit. 1998. Managerial Approach to Increase Pasture Production in Thailand. 3rd. pp. 111-125. *In Proc. Forage RWG of S. E. Asia.*
- Tudsri, S., S. Swasdiphanich, S. Prasarnpanich and C. Kaewkunya. 1998a. The effect of cutting intervals and associate grass species on the growth of *Leucaena* at Packchong, pp. 196-197. *In ACIAR Proc.*

- Tudsri, S., S. Prasanpanich and S. Swasdiphanich. 1998b. Milk production from Ruzi mixed with *Leucaena*, Ruzi alone and Ruzi supplemented with *Lablab purpureus*, pp 125-128. In H.M. Shelton R.C. Gutteridge B.F. Mullen and R.A. Bray, eds. **Leucaena – Adaptation, Quality and Farming Systems**. Watson Ferguson&Co., Brisbane, Australia.
- Van Eys, J.E. I.W. Mathius P. Pongspan and W.L. Johnson. 1986. Foliage of the tree legumes *Gliricidia Leucaena* and *Sesbania* as supplement to napier grass diets for growing goats. **J. Agric. Sci.** 107: 227-233.
- Van Soest, P.J. 1982. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. O & B books, Corvallis, Oregon, USA.
- Van Soest, P.J. 1994. **Nutritional ecology of ruminant**. 2nd ed. Cornell University Press, Ithaca, USA.
- Walton, P.D. 1984. **Production and management of cultivated forage**. Reston Publishing Company, INC. Virginia.
- Wanapat, M.K. K. Sommart C. Wachirapakorn S. Uriyapongson and C. Wattanachant. 1994. Recent advances in swamp buffalo nutrition and feeding, pp. 155-187. In M. Wanapat and K. Sommart, eds. **Proc. The First Asian Buffalo Association Congress**. Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.
- Webb, H.B. A.H. Jonhson and J.A. Alford. 1974. **Fundamentals of Dairy Chemistry**. 2nd ed. The AVI Publishing Company, INC., Connecticut.
- Wessels, S. L. E.B. Axelsson L. Hansen De Vuyst S. Laulund L. Lhteemki S. Lindgren B. Mollet S. Salminen and A.V. Wright. 2004. The lactic acid bacteria the food chain and their regulation. **Trends Food Sci. Tech.** 15: 498-505.

- Whiteman, P.C. 1980. **Tropical Pasture Science**. Oxford University Press, Oxford.
- Wiktorsson, H. 1979. General plane of nutrition for dairy cows. pp. 148-170. *In* Broster, W.H. H. Swan, eds. **Feeding Strategy for the High Yielding Dairy Cows**. Granada, London.
- Wilcox, C.J. 1992. Genetics: Basic concepts, pp. 1-7. *In* H.H. Van Horn and C.J. Wilcox, eds. **Large Dairy Herd Management**. American Dairy Science Association. Champaign, IL.
- Wildin, J.H. 1974. Highworth a new lablab cultivar. **Queensland Agr. J.** 100: 281-284.
- Wilkins, R.J. K.J. Hutchinson R.F. Wilson and C.E. Harris. 1971. The voluntary intake of silage by sheep. 1. Interrelationships between silage composition and intake. **J. Agric. Sci.** 77: 531-537.
- Wilkinson, J.L. 1983. Silage made from tropical and temperate crops. I. The ensiling process and its influence on feed value. **World Anim. Rev.** 45: 36-42.
- Williams, A.G. and S.E. Withers. 1991. Effect of ciliate protozoa on the activity of polysaccharide-degrading enzymes and fibre breakdown in the rumen ecosystem. **J. Applied Bacteriology.** 70: 144-155.
- Woolford, M.K. 1984. The microbiology of silage, pp. 23-59. *In* M. Dekker ed. **The Silage Fermentation.**, New York. USA.
- Woodford, M.K. and G. Pahlow. 1998. The silage fermentation, pp. 75-102. *In* B.J.B. Wood, ed. 2nd ed. **Microbiology of Fermented Food**. T.J. International Ltd., Padstow Cornwall, UK.
- Woodford, S.T. and M.R. Murphy. 1988. Effect of forage physical form on chewing activity dry matter intake and rumen function of dairy cows in early lactation. **J. Dairy Sci.** 71: 674-685.

Yang, W.Z. K.A. Beauchemin and L.A. Rode. 2001. Barley processing forage: concentrate ratio and forage particle size on chewing and digesta passage in lactating cows. **J. Dairy Sci.** 84: 2709-2720.

Yawongsa, A. W. Rungrattanaubol T. Rukkwamsuk J.T. Schonewille H. Everts and A.C. Beynen. 2005. The relationships between diet, blood urea nitrogen and reproduction in dairy cows in Thailand, pp. 56-63. *In* **Proceedings AUNP symposium: new dietary strategies to improve animal health and food safety vol 3. AHAT/BSAS International conference**, Khon Kaen, Thailand.



ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การประเมินคุณภาพทางกายภาพของพืชหมัก

ลักษณะที่ตรวจวัด	ลักษณะทางกายภาพ
1. กลิ่น	- หอมคล้ายกลิ่นผลไม้ดอง หรือน้ำส้มสายชู (12 คะแนน) - ไม่หอม มีกลิ่นฉุนเล็กน้อย (8 คะแนน) - มีกลิ่นฉุนมาก และเหม็นเล็กน้อย (4 คะแนน) - เหม็นเน่า หรือมีกลิ่นรา (0 คะแนน)
2. เนื้อพืชหมัก	- แน่น มีส่วนใบและลำต้นที่ยังคงสภาพเดิม และไม่มีสิ่งเจือปน (4 คะแนน) - แน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยเล็กน้อย ลิ่นเป็นเมือก (2 คะแนน) - แน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยมาก มีสิ่งเจือปน (1 คะแนน) - เละเป็นเมือก และสกปรกมาก (0 คะแนน)
3. สี	- เหลืองอมเขียว หรือสีจาง (3 คะแนน) - เขียวอมเหลือง หรือเขียวเข้ม (2 คะแนน) - น้ำตาลทอง (1 คะแนน) - น้ำตาลเข้ม หรือดำ (0 คะแนน)
4. pH	- 3.5 - 4.2 (6 คะแนน) - 4.4 - 4.7 (4 คะแนน) - 4.7 - 5.1 (2 คะแนน) - > 5.1 (0 คะแนน)

หมายเหตุ: คะแนนรวม 20-25 = ดีมาก, 15-19 = ดี, 6-14 = ปานกลาง และ 0-5 = ต่ำ

ที่มา: วารุณี และคณะ (2547)

ตารางผนวกที่ 2 การประเมินคุณภาพพืชหมัก จากปริมาณกรดแลกติก กรดอะซีติก และกรดบิวทีริก

กรดแลกติก (% ของกรดทั้งหมด)	คะแนน	กรดอะซีติก (% ของกรดทั้งหมด)	คะแนน	กรดบิวทีริก (% ของกรดทั้งหมด)	คะแนน
0.0 – 25.0	0	0.0 – 15.0	20	0.0 - 1.5	50
25.1 – 30.0	2	15.1 – 20.0	18	1.6 - 3.0	30
30.1 – 34.0	4	20.1 – 24.0	16	3.1 - 4.0	20
34.1 – 38.0	6	24.1 – 28.0	13	4.1 - 6.0	15
38.1 – 42.0	8	28.1 – 32.0	10	6.1 - 8.0	10
42.1 – 46.0	10	32.1 – 36.0	7	8.1 - 10.0	9
46.1 – 50.0	12	36.1 – 40.0	4	10.1 - 12.0	8
50.1 – 54.0	14	40.1 – 45.0	2	12.1 - 14.0	7
54.1 – 58.0	16	45.1 – 50.0	0	14.1 - 16.0	6
58.1 – 62.0	18			16.1 - 18.0	4
62.1 – 66.0	20			18.1 - 20.0	2
66.1 – 70.0	24			20.1 - 30.0	0
7.01 – 75.0	28			30.1 - 40.0	-5
> 75.0	30			> 40.0	-10

ผลรวมคะแนน

81 – 100

61 – 80

41 – 60

21 – 40

0 – 20

ชั้นคุณภาพ

ดีมาก

ดี

ปานกลาง

พอใช้

ต่ำ

ที่มา: วารุณี และคณะ (2547)

ตารางผนวกที่ 3 ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของหญ้ากีนีนีสีม่วง ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ข้าวฟ่างอาหารสัตว์
ปลูกร่วมกับถั่วเลบเลบ ประจำปีการผลิต 2551

รายการ	หญ้ากีนีนี	ข้าวฟ่างอาหาร สัตว์	ข้าวฟ่างอาหาร สัตว์ปลูกร่วมกับ ถั่วเลบเลบ
ค่าเตรียมดิน (บาท)	224	224	224
ค่าเมล็ดพันธุ์ (บาท)	270	330	360
ค่าปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยรองพื้น (บาท)	1,680	1,680	1,680
ค่าแรง (ปลูก เก็บเกี่ยว ขนส่ง) (บาท)	784	784	784
รวมค่าใช้จ่าย (บาท)	2,958	3,018	3,048
ผลผลิตน้ำหนัสด (กิโลกรัม/ไร่)	6,000	8,600	10,633
ต้นทุนการผลิตพืชอาหารสัตว์ (บาท/กิโลกรัม)	0.49	0.35	0.27

หมายเหตุ อัตราการใช้เมล็ดหญ้ากีนีนีสีม่วง 3 กิโลกรัม/ไร่ (ราคา 90 บาท/กิโลกรัม) ข้าวฟ่างอาหาร
สัตว์ 3 กิโลกรัม/ไร่ (ราคา 110 บาท/กิโลกรัม) ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ปลูกร่วมกับถั่วเลบ
เลบใช้เมล็ดข้าวฟ่างอาหารสัตว์ 2 กิโลกรัม/ไร่และถั่วเลบเลบ 3.5 กิโลกรัม/ไร่ (ราคา
เมล็ดพันธุ์ถั่วเลบเลบ 40 บาท/กิโลกรัม)

ตารางผนวกที่ 4 ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ปลูกร่วมกับ
ถั่วแฉะแฉะ ประจำปีการผลิต 2552

รายการ	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ปลูก ร่วมกับถั่วแฉะแฉะ
ค่าเตรียมดิน (บาท)	224	224
ค่าเมล็ดพันธุ์ (บาท)	330	360
ค่าปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยรองพื้น (บาท)	1,680	1,680
ค่าแรง (ปลูก เก็บเกี่ยว ขนส่ง) (บาท)	784	784
รวมค่าใช้จ่าย (บาท)	3,018	3,048
ผลผลิตน้ำหนัสด (กิโลกรัม/ไร่)	8,243	8,586
ต้นทุนการผลิตพืชอาหารสัตว์ (บาท/กิโลกรัม)	0.37	0.34
ต้นทุนในการทำพืชหมัก (บาท/กิโลกรัม)	2.00	2.00

หมายเหตุ อัตราการใช้เมล็ดข้าวฟ่างอาหารสัตว์ 3 กิโลกรัม/ไร่ (ราคา 110 บาท/กิโลกรัม) ข้าวฟ่าง
อาหารสัตว์ปลูกร่วมกับถั่วแฉะแฉะใช้เมล็ดข้าวฟ่างอาหารสัตว์ 2 กิโลกรัม/ไร่ และถั่ว
แฉะแฉะ 3.5 กิโลกรัม/ไร่ (ราคามูลค่าพันธุ์ถั่วแฉะแฉะ 40 บาท/กิโลกรัม)

ตารางผนวกที่ 5 ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของหญ้ากินนีสีม่วงและข้าวฟ่างอาหารสัตว์
ตัดครั้งที่ 2 ที่อายุ 45 วันประจำปีการผลิต 2552

รายการ	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์	ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ปลูก ร่วมกับถั่วแฉะแฉะ
ค่าปุ๋ย (บาท)	1,680	1,680
ค่าแรง (ผลิต เก็บเกี่ยว ขนส่ง) (บาท)	784	784
รวมค่าใช้จ่าย (บาท)	2,464	2,464
ผลผลิตน้ำหนัสด (กิโลกรัม/ไร่)	6,000	8,600
ต้นทุนการผลิตพืชอาหารสัตว์ (บาท/กิโลกรัม)	0.41	0.29

ตารางผนวกที่ 6 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝน
ในช่วงเดือน มกราคม พ.ศ.2551 - เดือน ธันวาคม พ.ศ.2551 (ปีการผลิต 2551)

เดือน/ปี	อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)
มกราคม 2551	31.7	12.4	86.2	0
กุมภาพันธ์ 2551	31.2	14	90.9	14.3
มีนาคม 2551	33.9	16.3	89.4	41.7
เมษายน 2551	33.9	20.4	90	303.4
พฤษภาคม 2551	31.8	21.8	90.2	288.9
มิถุนายน 2551	31.6	21.7	92.5	81.1
กรกฎาคม 2551	31.1	21.3	92.8	138.5
สิงหาคม 2551	31.2	20.83	91.77	104.3
กันยายน 2551	30.6	19.83	92.2	517.9
ตุลาคม 2551	31.8	18.47	93.3	189.5
พฤศจิกายน 2551	29.4	14.63	85.2	25.3
ธันวาคม 2551	29.5	9.5	88	0
เฉลี่ย ($\pm$ SD)	31.5 $\pm$ 1.4	17.6 $\pm$ 4.1	90.2 $\pm$ 2.6	142.1 $\pm$ 158.6

ตารางผนวกที่ 7 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝน
ในช่วงเดือน มกราคม พ.ศ.2552 -เดือน มกราคม พ.ศ.2553 (ปีการผลิต 2552/53)

เดือน/ปี พ.ศ.	อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)
มกราคม 2552	29.5	9.2	82.3	0
กุมภาพันธ์ 2552	33.8	11.5	85.5	14.9
มีนาคม 2552	33.9	13.5	86.5	91.6
เมษายน 2552	33.6	13.7	89.9	137.6
พฤษภาคม 2552	32.2	13.8	85.5	135.6
มิถุนายน 2552	32.4	14.5	89.4	190.5
กรกฎาคม 2552	31	13.4	93.1	171.4
สิงหาคม 2552	32.8	13.2	94.3	103.1
กันยายน 2552	31.8	12.5	93.1	171.3
ตุลาคม 2552	31.4	11.6	94.4	174.4
พฤศจิกายน 2552	30.9	9.1	88.1	46.6
ธันวาคม 2552	31.7	15.8	89.8	0
มกราคม 2553	31.6	19.2	90.3	50
เฉลี่ย ($\pm$ SD)	32.0 $\pm$ 1.3	13.2 $\pm$ 2.6	89.4 $\pm$ 3.7	99.0 $\pm$ 70.3



ภาพผนวกที่ 1 การปลูกพืชอาหารสัตว์โดยการหยอดเมล็ดด้วยมือ



ภาพผนวกที่ 2 การปลูกพืชอาหารสัตว์โดยใช้เครื่องหยอดเมล็ดแบบอัตโนมัติ
ชนิดติดท้ายรถแทรกเตอร์



ภาพผนวกที่ 3 การเจริญเติบโตของพืชอาหารสัตว์ในสภาพไร่ ที่อายุ 20 วันหลังการปลูก



ภาพผนวกที่ 4 การเจริญเติบโตของพืชอาหารสัตว์ในสภาพไร่ ที่อายุ 35 วันหลังการปลูก



ภาพผนวกที่ 5 การเจริญเติบโตของพืชอาหารสัตว์ในสภาพแปลงทดลองที่อายุ 40 วันหลังการปลูก



ภาพผนวกที่ 6 การเจริญเติบโตของพืชอาหารสัตว์ในสภาพไร่ที่อายุ 60 วันหลังการปลูก



ภาพผนวกที่ 7 สภาพแปลงหญ้ากินนีสีม่วงที่ใช้เลี้ยงโคนมทดลอง



ภาพผนวกที่ 8 การตัดหญ้ากินนีสีม่วงในแปลงทดลองด้วยเครื่องตัดหญ้าแบบสะพายไหล่



ภาพผนวกที่ 9 กลุ่มโคทดลองที่ได้รับหญ้ากินนีสีม่วงเป็นอาหารหยาบหลัก



ภาพผนวกที่ 10 กลุ่มโคทดลองที่ได้รับข้าวฟ่างอาหารสัตว์เป็นอาหารหยาบหลัก



ภาพผนวกที่ 11 ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วแฉะแฉะหลังผ่านการสับด้วยเครื่องสับ



ภาพผนวกที่ 12 ข้าวฟ่างอาหารสัตว์หมัก (ตัดทำฟีดหมักที่อายุ 60 วันหลังการปลูก)



ภาพผนวกที่ 13 ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ผสมถั่วเลนเลนหมัก (ตัดทำฟีดหมักที่อายุ 60 วันหลังการปลูก)



ภาพผนวกที่ 14 เครื่องสับหญ้าที่ใช้สับข้าวฟ่างและข้าวฟ่างผสมถั่วเลนเลนก่อนนำไปเลี้ยงโคทดลอง



ภาพผนวกที่ 15 การเกี่ยวข้าวฟ่างอาหารสัตว์ตัดครั้งที่ 2 ที่อายุ 45 วัน เพื่อนำไปเลี้ยงโคทดลอง



ภาพผนวกที่ 16 การชั่งน้ำนมโคทดลอง



ภาพผนวกที่ 17 การเจาะเลือดโคทดลองจากเส้นเลือดดำบริเวณลำคอ



ภาพผนวกที่ 18 การเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทดลอง



ภาพผนวกที่ 19 แปลงพืชอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลองหลังการปลูกพืชในช่วงต้นฤดูฝน



ภาพผนวกที่ 20 แปลงพืชอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลองก่อนตัดใช้ประโยชน์เลี้ยงสัตว์



ภาพผนวกที่ 21 แปลงพืชอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลองหลังการตัดใช้ประโยชน์และเข้าสู่ฤดูแล้ง

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ	นายธีระยุทธ จันทะนาม
เกิดวันที่	25 พฤศจิกายน 2515
สถานที่เกิด	อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วท.ม. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนรัฐบาลกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวทช.) (พ.ศ. 2548) ประเภททุนศึกษาภายในประเทศ