

Correlation of nutritional composition and oxalate on plasma calcium and phosphorus concentration in pregnant mares

Pruksa Julapanthong¹ Manlika Klanbut¹ Sasitorn Rungarunlert¹
Prapas Ngunboonsri² Jitkamol Thanasak¹ Somsri Charoenkiatkul³ Surasak Jittakhot^{1*}

¹Faculty of Veterinary Science, Mahidol University, Salaya, Putthamonthon Nakhon Pathom 73170, Thailand

²Perfect Companion, Pet business group, S.W.T. Co., LTD. BangSaotong, Samutprakarn 10540.

³Thailand Institute of Nutrition Mahidol University, Salaya, Putthamonthon Nakhon Pathom 73170, Thailand

*Corresponding author, E-mail: vssjt@mahidol.ac.th

Abstract

Nutrition management is nowadays used to improve health and production in horses. The principle feeding materials forage and grass, are thought to be the most important factor. The aims of this study was to investigate the chemicals composition, especially oxalate in forage and was to investigate an influence of this chemical nutrients on plasma calcium and phosphorus concentration in pregnant mare. To this end, two farms in the North-East of Thailand had been approached for study concerning nutritional data and serology. Blood samples of 15 pregnant mares from each farm were collected and analyzed for calcium and phosphorus concentration in plasma. Feeding of both selected two farms, each group of mares were fed, two different grasses (pangola grass versus paragrass) and two different commercial concentrates, therefore all kinds of grass and concentrate were sampled and were analyzed for chemical composition (e.g. DM, CP, Fat, Fiber, Ash, NaCl, Ca, P and Oxalate). The results showed that plasma calcium concentration tends to be negative correlation (Pearson correlation coefficient = -0.15, P = 0.443) with total oxalate intake level as grass fed. An analysis of chemical composition in grasses tend to be negative in relationship between fiber and P (Pearson correlation coefficient = -0.638, P < 0.05), which P subsequently had a negative correlation with oxalate (Pearson correlation coefficient = -0.546, P < 0.05), but, dietary fat in grass tends to be positive correlation with oxalate (Pearson correlation coefficient = 0.711, P < 0.01). From a practical point of view, this outcome indicates that feeding young grass (high fat and protein, but low fiber) grown in deficient P condition, should result in higher oxalate content which may lead to lower Ca and P in plasma of pregnant mares. This investigation emerge an idea which could be applied to make more efficient nutrition management in pregnant mares.

Keywords: Oxalate, Calcium, Phosphorus, Pregnant mares.

ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางโภชนาและออกซาเลตต่อระดับ ความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระแสเลือดของม้าอู้มท้อง

พุกษา จุฬพันธ์ทอง¹ มัลลิกา กลั่นบุญย์¹ ศศิธร รุ่งอรุณเลิศ¹ ประพาศ จันทบุญศรี²
จิตรกมล ธนศักดิ์¹ สมศรี เจริญเกียรติกุล³ สุรศักดิ์ จิตตะโคตร^{1*}

¹คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

²เพอร์เฟกต์ คอมพานีเยน กลุ่มธุรกิจสัตว์เลี้ยง บริษัท เอส.ดับบลิว.ที.จำกัด บางเสาธง สมุทรปราการ 10540

³สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

*ผู้รับผิดชอบบทความ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันม้าถูกจัดให้เป็นสัตว์เลี้ยงที่มีความนิยมชนิดหนึ่งในประเทศไทย ม้าที่มีสุขภาพที่สมบูรณ์ ถือเป็นเป้าหมายสำคัญของการเลี้ยง ซึ่งการจัดการด้านการให้อาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่ง หญ้า ซึ่งเป็นอาหารหลักของสัตว์ชนิดนี้ ถือเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งอย่างหนึ่งซึ่งจะมีผลกระทบต่อสุขภาพของม้า การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางโภชนาและปริมาณออกซาเลตในหญ้าที่ใช้เป็นอาหารม้า รวมทั้งศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณออกซาเลตในหญ้ากับระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระแสเลือด ในม้าอู้มท้อง โดยทำการศึกษาและเก็บข้อมูลทางโภชนาและซีรัมวิทยาของม้าตั้งท้องจากฟาร์มสองฟาร์ม ในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยฟาร์มละ 15 ตัว ม้าทุกตัวได้รับหญ้าในปริมาณเต็มที่ ร่วมกับการให้อาหารขั้นหรืออาหารสำเร็จรูป หญ้าทุกชนิดที่เป็นโภชนาหลักของทั้งสองฟาร์มได้ถูกสุ่มและจัดกลุ่มแยกวิเคราะห์ เพื่อหาองค์ประกอบทางโภชนา ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ ไขมันหยาบ เยื่อใยหยาบ เถ้า โซเดียมคลอไรด์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และออกซาเลต ส่วนตัวอย่างเลือดของม้าแต่ละตัวจะถูกนำไปตรวจหาระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัส จากผลการศึกษาพบว่า ระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระแสเลือดของม้าอู้มท้องที่ได้รับหญ้าซึ่งมีปริมาณออกซาเลตสูง มีแนวโน้มของความสัมพันธ์ในเชิงลบ (Pearson correlation coefficient = -0.15, P = 0.443) นอกจากนี้ยังพบว่าการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนา (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง) ของหญ้า เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางโภชนาทั้งหมด พบว่าค่าของเยื่อใยหยาบมีแนวโน้มแปรผกผันกับค่าฟอสฟอรัส (Pearson correlation coefficient = -0.638, P < 0.05) ขณะที่ค่าฟอสฟอรัสจะแปรผกผันกับค่าออกซาเลต (Pearson correlation coefficient = -0.546, P < 0.05) แต่ค่าไขมันหยาบแปรผันตรงกับค่าออกซาเลตอย่างมีนัยสำคัญ (Pearson correlation coefficient = 0.711, P < 0.01) ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวสามารถชี้ให้เห็นว่าการให้หญ้าที่มีไขมันและโปรตีนสูงหรือหญ้าที่มีอายุน้อยโดยเฉพาะหญ้าที่ปลูกในดินที่ขาดแร่ธาตุฟอสฟอรัสซึ่งจะทำให้หญ้ามีปริมาณออกซาเลตสูงซึ่งอาจเหนี่ยวนำทำให้ม้ามีภาวะระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระแสเลือดต่ำได้ ดังนั้นผลการทดลองนี้จึงสามารถใช้เป็นพื้นฐานที่อาจนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการโภชนาสำหรับม้าอู้มท้องต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ : ออกซาเลต แคลเซียม ฟอสฟอรัส ม้าอู้มท้อง

บทนำ

ปัจจุบันการเลี้ยงม้าในประเทศไทยนิยมเลี้ยงเพื่อวัตถุประสงค์ที่ต่างๆ กัน อาทิเช่น เลี้ยงเพื่อใช้ในการแข่งขัน เลี้ยงเพื่อให้ได้ลูกม้า และเลี้ยงเพื่อใช้ในกิจกรรมสันทนาการต่างๆ การที่จะเลี้ยงม้าให้มีสุขภาพแข็งแรงได้นั้น ปัจจัยทางด้านโภชนาการถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมาก ม้าจะเจริญเติบโตและแข็งแรงได้นั้นจำเป็นต้องได้รับอาหารที่มีคุณภาพดี และมีโภชนาการที่ครบถ้วน เหมาะสมตามความต้องการของร่างกาย ทั้งนี้ความต้องการโภชนาการในม้าจะมีความแตกต่างกันตามช่วงอายุ ลักษณะการใช้งาน เพศ ช่วงตั้งท้องและช่วงเลี้ยงลูก ดังนั้นการจัดการด้านอาหารม้าต้องมีการปรับส่วนประกอบทางโภชนาการต่างๆ ในอาหารเช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุ วิตามิน และพลังงานให้มีความเหมาะสมโดยไม่ทำให้เกิดภาวะทุพโภชนาการขึ้น

จำนวนแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบในร่างกายม้าที่พบเป็นจำนวนมากที่สุด คือ แคลเซียมและฟอสฟอรัสซึ่งมีอยู่ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของแร่ธาตุทั้งหมด (Lewis, 1996) ในกระดูกและฟัน ทั้งแคลเซียมและฟอสฟอรัสเป็นโครงสร้างสำคัญในการสร้างกระดูกและฟันให้มีความแข็งแรง นอกจากนี้ กระดูกยังเป็นแหล่งสะสมของแคลเซียมเพื่อรักษาระดับความเข้มข้นในกระแสเลือดให้คงที่ ภาวะการขาดแคลเซียมในม้าสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดความผิดปกติต่างๆ ได้ ซึ่งแตกต่างกันตามสภาวะของสัตว์ โดยถ้าเป็นม้าที่โตเต็มที่เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุและแคลเซียมเป็นระยะเวลาสั้นจะเหนี่ยวนำให้เกิดโรคหน้าโป ซึ่งในกลุ่มอาการที่เรียกว่า nutritional secondary hyperparathyroidism หรือโรค osteodystrophia fibrosa (Gallagh 1966; Blaney et al. 1981a; Blaney et al. 1981b; McKenzie et al. 1981; Blaney et al. 1982; Lewis 1996) โดยลักษณะอาการที่พบได้ คือ เดินตัวตึง (stiff) ก้าวขาลำบาก (stilted gait) มีลักษณะกระดูกกรามบนขยายใหญ่ออกมาอย่างเด่นชัดทั้ง 2 ข้าง (Joyce et al. 1971; Groenendyk et al. 1974; Walthall and McKenzie 1976) ในลูกม้าเล็กที่กำลังเจริญเติบโตการขาดแคลเซียมอาจก่อให้เกิดกลุ่มอาการของโรคเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของกระดูกผิดปกติหรือที่เรียกว่า developmental orthopedic disease (DOD) โดยความผิดปกติที่แสดงออก มีอาการทางคลินิกที่หลากหลาย โดยสามารถจัดแยกโรคที่เกี่ยวกับ DOD ได้ เช่น phytitis, wobblers syndrome, angular leg deformities, flexure leg deformities, osteochondritis dissecans (OCD) (ธีระศักดิ์ 2542; Lewis 1996) ส่วนในแม่ม้าที่กำลังตั้งท้อง

หรือแม่ม้าที่กำลังเลี้ยงลูก ซึ่งมีระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำกว่าปกติอาจก่อให้เกิดความผิดปกติต่างๆ ที่เรียกว่า lactation tetany และ eclampsia transit tetany เป็นต้น โดยมักเกิดกับแม่ม้าระยะแรกหลังคลอดลูกหรือเริ่มหลังลูกม้าหย่านม โดยอาการทางคลินิกที่พบ คือ การก้าวอย่างผิดปกติเนื่องจากการทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อขาหลังทำงานไม่ประสานกัน ขากรรไกรแข็ง น้ำลายไหล กระวนกระวาย เหงื่อออกมาก หัวใจเต้นเร็ว กระบังลมสั้น ชัก โคม่า และตายได้ในที่สุด (ธีระศักดิ์ 2542)

ภาวะระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำกว่าปกติ (hypocalcemia) มีสาเหตุจากหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นภาวะการขาดแร่ธาตุโดยตรงอันเนื่องมาจากการได้รับสารอาหารที่ไม่เหมาะสม (malnutrition) การดึงแคลเซียมไปใช้มากกว่าปกติ ซึ่งความผิดปกติต่างๆ อาจเป็นผลมาจากปัจจัยต่างทางอาหาร อาทิเช่น การได้รับอาหารประเภทหญ้าที่มีปริมาณออกซาเลตสูงและมีสัดส่วนแคลเซียมต่อออกซาเลต (Ca:oxalate ratio) ต่ำ (Blaney et al. 1981a) หรือการได้รับอาหารประเภทรำข้าว (rice bran) และเมล็ดธัญพืชต่างๆ (cereal grains) ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงและมีสัดส่วนแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสต่ำ (Lewis 1996) เป็นต้น

ม้าเป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยวที่กินพืชและหญ้า ซึ่งหญ้าแต่ละชนิดมีโภชนาการแตกต่างกันไปและพบว่าโภชนาการบางตัวมีผลต่อการดูดซึมโภชนาการตัวอื่น เช่น ออกซาเลตในหญ้าสามารถลดการดูดซึมแคลเซียมในลำไส้ได้ โดยจะจับตัวกับแคลเซียม ทำให้แคลเซียมอยู่ในรูปที่ไม่สามารถถูกดูดซึมได้ในลำไส้เล็ก (Swartzman et al. 1978; Allison et al. 1981)

มีรายงานว่าหญ้าในแถบภูมิประเทศใกล้เส้นศูนย์สูตรจะมีปริมาณออกซาเลตที่สูง ดังนั้นเมื่อม้ากินหญ้าเหล่านี้เข้าไปจะทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างออกซาเลตและแคลเซียมเกิดเป็นแคลเซียมออกซาเลต ซึ่งไม่ละลายน้ำทำให้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมแคลเซียมได้และยังเพิ่มการขับออกทางอุจจาระอีกด้วย (Swartzman et al. 1978; Cheek 1995; Khan 1995) ผลที่ตามมา คือ เกิดความไม่สมดุลของแคลเซียมและฟอสฟอรัสทำให้ร่างกายต้องดึงเอาแร่ธาตุแคลเซียมในกระดูกออกมาเพื่อรักษาสมดุลของแคลเซียมในร่างกายให้เป็นปกติ ด้วยเหตุนี้สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำกว่าปกติ (Engelking 2000) จากการศึกษาของ Cheek (1995) พบว่าหญ้าในช่วงหน้าร้อนที่มีปริมาณออกซาเลตสูงกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งหรือมีสัดส่วนแคลเซียมต่อออกซาเลตที่น้อยกว่า 0.5 ต่อ 1 สามารถ

เหนี่ยวนำให้เกิดภาวะระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำกว่าปกติได้เช่นกัน (Blaney et al. 1981) ภาวะนี้จะแสดงอาการเด่นชัดในม้าที่อายุน้อย โดยจะเกิดความเป็นพิษอย่างเฉียบพลัน สัตว์จะแสดงอาการทางคลินิก เช่น ท้องเสียและทำให้เกิดการอักเสบของระบบทางเดินอาหาร ส่วนในแม่ม้าที่ให้นมลูกหากก่อนหน้านี้แม่ม้าได้รับอาหารหรือหญ้าที่มีปริมาณออกซาเลตสูงมาก่อน ภาวะระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำกว่าปกติหลังคลอดก็จะยังแสดงอาการรุนแรงมากขึ้น (Lewis 1996)

ปัจจุบันมีรายงานความผิดปกติต่างๆ ในม้าอันสืบเนื่องมาจากการกินหญ้าที่มีปริมาณออกซาเลตสูง อาทิเช่น รายงานการเกิดปัญหาเรื่องกระดูกในม้าที่อาศัยในทุ่งหญ้าแถบภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และอินเดียที่ตรวจพบปริมาณออกซาเลต 1-2 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ (Swartzman et al. 1987) นอกจากนี้ยังมีรายงานการเกิดโรคหน้าโปในม้าจากกองทัพสหรัฐอเมริกาที่ย้ายไปอาศัยอยู่ในประเทศปานามา โดยปัญหานี้เกี่ยวข้องกับออกซาเลตที่พบในหญ้าที่ม้าบริโภค ซึ่งได้แก่ หญ้าปานิคัม หญ้าพาสพารัม และหญ้าสปอร์โรโปรส ที่มีปริมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบโดยไม่มีการเสริมแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัส (Kelsner and Callend 1938) นอกจากนี้ยังมีรายงานการเกิดโรคหน้าโปในม้าที่เพาะเลี้ยงหญ้าเซทาเลียในเขตร้อนชื้นและกึ่งร้อน ซึ่งพบปริมาณออกซาเลตในหญ้างดกล่าวมากกว่า 7.8 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ (Jones et al. 1970) จากรายงานของ McKenzie et al. (1981) พบว่าระดับของออกซาเลต ที่สามารถละลายได้ในหญ้าที่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ อาจเหนี่ยวนำให้เกิดโรคหน้าโปได้เช่นกัน ซึ่งจากรายงานของ Blaney et al. (1981) พบปริมาณออกซาเลตในหญ้าบัพเฟิล (*Cenchrus ciliaris*) หญ้าเซทาเลีย (*Setaria sphacelata* var. *sericea*) หญ้าแพงโกลา (*Digitaria decumbens*) หญ้ากรีนแพนนิค (*Panicum maximum* var. *trichoglume*) หญ้าขน (*Brachiaria multica*) เท่ากับ 1.81, 1.31, 0.92, 0.81 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางโภชนาการกับปริมาณออกซาเลต ในหญ้าที่ใช้เป็นอาหารม้า รวมทั้งความสัมพันธ์ของปริมาณออกซาเลตกับระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระแสเลือดม้าที่อาจเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะระดับความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระแสเลือดต่ำในม้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแม่ม้าตั้งท้องซึ่งมีความต้องการแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูง

ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเป็นการศึกษาหาองค์ประกอบทางโภชนาการ อาหารชั้น และปริมาณออกซาเลตในหญ้า รวมทั้งศึกษาหาระดับความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระแสเลือดของม้าท้องโดยนำข้อมูลทั้งหมดมาหาความสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างองค์ประกอบทางโภชนาการกับปริมาณออกซาเลตในหญ้า รวมถึงหาความสัมพันธ์ของปริมาณการกินได้ทั้งหมดขององค์ประกอบทางโภชนาการและออกซาเลตต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระแสเลือดของม้าท้อง ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้อาหารหยาบและการประกอบสูตรอาหารชั้นที่มีส่วนประกอบทางโภชนาการอย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันการเกิดภาวะระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำในแม่ม้าท้องต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

ม้าที่ใช้ในการวิจัย

ใช้ม้าพันธุ์ Thoroughbred จำนวน 30 ตัว มีอายุตั้งท้องเฉลี่ย 178.83 ± 18.979 วัน (mean \pm SE) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 ตัวจากฟาร์ม ก และฟาร์ม ข แม่แต่ละกลุ่มมีอายุเฉลี่ย 13.67 ± 0.544 ปี มีน้ำหนักเฉลี่ย 522.167 ± 4.979 กิโลกรัม ม้าทุกตัวได้รับหญ้า และอาหารชั้นที่ฟาร์มให้ตามปกติ มีน้ำให้กินตลอดเวลา และจะมีการปล่อยเดินออกกำลังกายวันละ 5 ชั่วโมง โดยม้าทั้งหมดเป็นม้าในฟาร์มที่มีการเลี้ยงการจัดการเชิงพาณิชย์ในอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

หญ้าและอาหารชั้น

ม้าในฟาร์ม ก และฟาร์ม ข มีการให้อาหารชั้นที่มีโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ และมีการให้อาหารหยาบต่างชนิดกัน คือ หญ้าแพงโกลาเกรดบี (*Digitaria decumbens*) เป็นหญ้าที่ซื้อมาจากในฟาร์มจังหวัดชัยนาทซึ่งใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับม้าในฟาร์ม ก ประมาณ 5 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน (as fed basis) และใช้หญ้าขน (*Brachiaria multica*) ที่ปลูกอยู่ในฟาร์มเพื่อตัดไปเป็นอาหารหยาบสำหรับแม่ม้าในฟาร์ม ข ประมาณ 10 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน (as fed basis) และในการวิจัยนี้มีการให้อาหารชั้นหรืออาหารสำเร็จรูปประมาณ 7 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน (as fed basis) เท่ากันทั้งสองฟาร์ม นอกจากนี้ฟาร์ม ก มีการให้แร่ธาตุเสริม (premix) ประมาณ 1.4 กรัมต่อตัวต่อวัน ดังนั้น อาหารชั้น แร่ธาตุเสริม หญ้าแพงโกลาเกรดบี หญ้าขนปากช่องและหญ้าแวลล์มชนิด

อื่นๆ ที่พบในฟาร์มเช่น หญ้าหยาบ (*Ischaemum aristatum*) หญ้าแห้วหมู (*Cyperus rotundus* L.) หญ้าแพรก (*Cynodon dactylon* L. Pers.) หญ้าคา (*Imperata cylindrical Beauv.*) และหญ้าแพงโกลาเกรดเอ จะถูกสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบองค์ประกอบทางโภชนะ

วิธีการเก็บตัวอย่าง

หญ้าแควดล้อมแต่ละชนิดจะถูกเก็บตัวอย่างประมาณ 1 กิโลกรัมของน้ำหนักสด โดยวิธีการเก็บ คือ การใช้กรอบไม้ขนาด 0.5 x 0.5 ตารางเมตร เหวี่ยงสุ่มไปในแปลงหญ้า และสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้ามาจากบริเวณพื้นที่ใต้กรอบไม้จนกว่าจะได้น้ำหนักหญ้าสด 1 กิโลกรัม ส่วนตัวอย่างหญ้าแพงโกลาเกรดบีที่ใช้เป็นอาหารหยาบในฟาร์ม ก และหญ้าขจรดินที่ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบหลักในฟาร์ม ข ถูกสุ่มเก็บจากบริเวณหน้าคอกของแม่ม้าแต่ละตัว และนำมาอบในตู้อบ (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมงเพื่อหาค่าวัตถุแห้ง (dry matter, DM) ส่วนอาหารขจรและ แร่ธาตุที่เสริมจะถูกเก็บตัวอย่างประมาณ 500 กรัมและนำไปอบที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมงเพื่อหาค่าวัตถุแห้ง จากนั้นทั้งหญ้าและอาหารขจรจะถูกนำไปบดผ่านเครื่องบดที่มีตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรและถูกเก็บในถุงพลาสติกที่ป้องกันความชื้นที่อุณหภูมิห้อง และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี proximate analysis

ม้าจะถูกเก็บตัวอย่างเลือด 1 ครั้งหลังให้อาหาร 4 ชั่วโมง โดยเลือดจะถูกเก็บสุ่มที่เวลา 11.00 น. โดยเจาะเลือดจากบริเวณ jugular vein ประมาณ 20 มิลลิลิตรโดยใส่ในหลอดที่เป็นสุญญากาศ ภายในบรรจุด้วยสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (evacuated heparinized tube) ตัวอย่างเลือดถูกนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วรอบสูง (centrifuge) เป็นเวลา 15 นาที ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที หลังจากนั้น พลาสมาจะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และนำพลาสมาไปตรวจหาระดับความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสฟอรัส

การวิเคราะห์ทางโภชนะ

ความเข้มข้นของไนโตรเจนในหญ้าและอาหารขจรแต่ละชนิด ถูกวิเคราะห์โดยใช้วิธี MacroKjeldahl แล้วใช้ค่า 6.25 คูณความเข้มข้นของไนโตรเจน เพื่อเปลี่ยนความเข้มข้นของไนโตรเจนให้เป็นค่าโปรตีนหยาบ (crude protein, CP) ตามวิธีของ AOAC (1984) ส่วนค่าไขมันหยาบ (ether extract, EE) หาได้โดยนำหญ้าและอาหารขจร สกัดโดยใช้สารละลาย

อีเทอร์ (ether) และค่าปริมาณเยื่อใยหยาบ (crude fiber, CF) วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (1984) หญ้าและอาหารขจร ทำการวิเคราะห์หาเถ้า (ash) โดยการเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมงและหลังจากนั้นนำเถ้ามาละลายแร้ธาตุโดยใช้กรดเกลือไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) ที่มีความเข้มข้น 4 โมลาร์ เพื่อทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสฟอรัส โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AOAC, 1995) ส่วนออกซาเลทในหญ้า วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง high performance liquid chromatography (HPLC)(Savage and Vanhanen, 2002) ส่วนค่าความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในพลาสมา วัดโดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AOAC, 2003) ส่วนค่าความแม่นยำ (accuracy) ของค่าการวิเคราะห์ของแต่ละวิธีต้องมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง ± 3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากตัวอย่างมาตรฐาน นอกจากนี้ค่าความเที่ยงตรง (precision) ของค่าที่ประเมินได้ในแต่ละซ้ำของตัวอย่างต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.0 เปอร์เซ็นต์

การคำนวณและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ก่อนการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ค่าความเข้มข้นของโภชนะซึ่งได้แก่ โปรตีนหยาบ เยื่อใยหยาบ ไขมันหยาบ เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส และออกซาเลท (หน่วยกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง) ในหญ้าและอาหารขจรชนิดเดียวกัน จะถูกนำมารวมกัน เพื่อคำนวณค่าปริมาณการกินได้ ทั้งหมด (หน่วยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) ของโภชนะแต่ละชนิด จากนั้นค่าปริมาณการกินได้ไม่ว่าจะเป็นโปรตีนหยาบ เยื่อใยหยาบ ไขมันหยาบ เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส และ ออกซาเลท และค่าความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระแสเลือดของม้าแต่ละตัวจะนำมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ตามวิธีของเพียร์สัน (Pearson correlation coefficients) โดยค่าที่นำมาคำนวณค่าความสัมพันธ์แบบเพียร์สันเป็นตัวแปรอิสระซึ่งกันและกัน (independent factors) และถ้าตัวแปรอิสระตัวใดมีความสัมพันธ์แบบเพียร์สัน จะนำตัวแปรอิสระนั้นมาคำนวณค่าสมการถดถอยทีละขั้น (stepwise multiple regression analysis) เพื่อสร้างสมการถดถอยเพื่อทำนายค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระนั้นๆ โดยการคำนวณตามวิธีของ SPSS procedure โดยใช้โปรแกรมสถิติ SPSS version 12.0 และค่าการคำนวณทางสถิติทั้งหมดจะมีค่านัยสำคัญความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$)

ผลการทดลอง

จากตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางโภชนา (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง) ของหญ้าจำนวน 6 ชนิด ประกอบไปด้วย หญ้าขน (สาละยา) หญ้าแพงโกลาเกรดเอ หญ้าห้วย หญ้าเหี่ยวหมู หญ้าแพรก และหญ้าคา พบว่า ค่าวัตถุแห้งจะพบมากที่สุดในหญ้าแพรกซึ่งมีค่าเท่ากับ 92.73 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง แต่พบน้อยที่สุดในหญ้าห้วย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 88.30 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ส่วนในหญ้าเหี่ยวหมูมีค่าโปรตีนหยาบมากที่สุดแต่กลับน้อยที่สุดในหญ้าคาซึ่งมีค่าเท่ากับ 14.60 และ 4.85 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ ค่าไขมันหยาบจะพบมากที่สุดในหญ้าขน (สาละยา) แต่กลับพบน้อยที่สุดในหญ้าแพรกซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.46 และ 0.86 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ ในหญ้าคามีค่าเยื่อใยหยาบเท่ากับ 35.50 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งซึ่งพบว่ามีค่ามากที่สุดแต่ในหญ้า เหี่ยวหมูกลับพบว่ามีค่าเท่ากับ 20.50 เปอร์เซ็นต์

ของวัตถุแห้งซึ่งพบว่ามีค่าน้อยที่สุด ส่วนเถ้าจะพบมากที่สุด ในหญ้าแพรกแต่พบน้อยที่สุดในหญ้าคาซึ่งมีค่าเท่ากับ 14.00 และ 5.52 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งตามลำดับ ส่วนโซเดียมคลอไรด์จะพบมากที่สุด ในหญ้าเหี่ยวหมูซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.75 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง แต่กลับพบน้อยที่สุดในหญ้าคาซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.16 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ส่วนหญ้าแพงโกลาเกรดเอ พบแคลเซียมมากที่สุดซึ่งมีเท่ากับ 0.90 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง แต่พบน้อยที่สุดในหญ้าห้วยเท่ากับ 0.30 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ฟอสฟอรัสจะพบมากที่สุดในหญ้าเหี่ยวหมูแต่พบน้อยที่สุดในหญ้าแพงโกลาเกรดเอซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.45 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ ในหญ้าแพงโกลาเกรดเอ จะพบว่ามีปริมาณออกซาลอมากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.02 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง แต่กลับพบน้อยที่สุดเพียง 0.90 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งในหญ้าคา

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางโภชนา (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง) ของหญ้าจำนวน 6 ชนิด*

ค่าสังเกต	หญ้าขน ¹ (สาละยา)	หญ้าแพงโกลา เกรดเอ ²	หญ้าห้วย ³	หญ้าเหี่ยวหมู ⁴	หญ้าแพรก ⁵	หญ้าคา ⁶
วัตถุแห้ง	90.14	91.35	88.30	89.00	92.73	90.00
โปรตีนหยาบ	14.30	7.93	7.46	14.60	8.50	4.85
ไขมันหยาบ	2.46	1.84	1.20	1.60	0.86	1.08
เยื่อใยหยาบ	24.50	28.10	24.70	20.50	21.10	35.50
เถ้า	9.84	6.31	8.05	13.10	14.00	5.52
โซเดียมคลอไรด์	1.96	0.62	0.70	3.75	0.34	0.16
แคลเซียม	0.39	0.90	0.30	0.83	0.58	0.44
ฟอสฟอรัส	0.29	0.10	0.37	0.45	0.36	0.18
ออกซาลอ	2.92	3.02	1.62	1.04	1.32	0.90

*ไม่แสดงค่าทางแตกต่างทางสถิติ เนื่องจากค่าเฉลี่ยได้จากกรรวมตัวอย่าง (pooled sample)

¹หญ้าขน (*Brachiaria multica*)

²หญ้าแพงโกลา (*Digitalia decumbens*)

³หญ้าห้วย (*Ischaemum aristatum*)

⁴หญ้าเหี่ยวหมู (*Cyperus rotundus L.*)

⁵หญ้าแพรก (*Cynodon dactylon L. Pers.*)

⁶หญ้าคา (*Imperata cylindrical Beauv.*)

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางโภชนา (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง) ของหญ้าแพงโกลาเกรดบีและหญ้าขนปากช่อง ที่ใช้เป็นอาหารหยาบในฟาร์ม ก และฟาร์ม ข*

ค่าสังเกต	หญ้าแพงโกลาเกรดบี (ฟาร์ม ก)	หญ้าขนปากช่อง (ฟาร์ม ข)	Pooled SEM	P-Value
วัตถุแห้ง	92.65	90.38	0.745	0.133
โปรตีนหยาบ	5.03	7.75	0.631	0.015
ไขมันหยาบ	1.37	1.34	0.046	0.753
เยื่อใยหยาบ	30.65	30.30	0.518	0.763
เถา	8.81	10.73	0.374	0.000
โซเดียมคลอไรด์	0.46	1.81	0.272	0.001
แคลเซียม	0.36	0.38	0.032	0.699
ฟอสฟอรัส	0.25	0.26	0.011	0.599
ออกซาเลต	1.53	2.02	0.112	0.012

*ค่าเฉลี่ยแต่ละค่าคำนวณมาจากจำนวนตัวอย่างเท่ากับ 4

Pooled SEM = Pooled standard error of mean

จากตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางโภชนา (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง) ของหญ้าแพงโกลาเกรดบีและหญ้าขน (ปากช่อง) ที่ใช้เป็นอาหารหยาบในฟาร์ม ก และฟาร์ม ข เมื่อพิจารณาค่าโปรตีนหยาบ (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง) ระหว่างหญ้าแพงโกลาเกรดบีกับหญ้าขน (ปากช่อง) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.03 และ 7.75 ตามลำดับ ส่วนค่าออกซาเลต (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.53 และ 2.02 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าทั้งค่าโปรตีนหยาบและค่าออกซาเลตระหว่างหญ้า 2 ชนิด มีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาค่าเถา (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง) ของหญ้าแพงโกลาเกรดบีกับหญ้าขน (ปากช่อง) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.81 และ 10.73 ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าโซเดียมคลอไรด์ (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง) ระหว่างหญ้าทั้ง 2 ชนิดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.46 และ 1.81 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าทั้งค่าเถาและค่าโซเดียมคลอไรด์ มีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบทางโภชนา (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง) ของหญ้าพบว่าระดับของโปรตีนหยาบมีความสัมพันธ์เชิงบวก (Pearson correlation coefficient = 0.569, $P < 0.05$) กับระดับของไขมันหยาบและยังมีความสัมพันธ์เชิงบวก (Pearson correlation coefficient = 0.729, $P < 0.01$) กับระดับของโซเดียมคลอไรด์ แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบ (Pearson correlation coefficient = -0.707, $P < 0.01$) กับระดับของเยื่อใยหยาบ ซึ่งถ้าหญ้าที่ให้ม้ากิน

มีระดับของโปรตีนหยาบสูงจะส่งผลให้ระดับของไขมันหยาบและโซเดียมคลอไรด์สูงขึ้น แต่ในทางกลับกันจะส่งผลให้ระดับของเยื่อใยหยาบลดลง ระดับของเยื่อใยหยาบมีความสัมพันธ์เชิงลบ (Pearson correlation coefficient = -0.507, $P < 0.05$) กับระดับของเถา และมีความสัมพันธ์เชิงลบ (Pearson correlation coefficient = -0.638, $P < 0.05$) กับระดับของฟอสฟอรัสในหญ้า ถ้าหญ้าที่ให้ม้ากินมีระดับของเยื่อใยสูงจะส่งผลให้ระดับของเถาและระดับของฟอสฟอรัสลดลง ระดับของเถามีความสัมพันธ์เชิงบวก (Pearson correlation coefficient = 0.573, $P < 0.05$) กับระดับของโซเดียมคลอไรด์ และมีความสัมพันธ์เชิงบวก (Pearson correlation coefficient = 0.751, $P < 0.01$) กับระดับของฟอสฟอรัส ซึ่งถ้าหญ้าที่ให้ม้ากินมีระดับของเถาที่สูงจะส่งผลให้ระดับของโซเดียมคลอไรด์และระดับของฟอสฟอรัสสูงขึ้นด้วย ส่วนระดับของออกซาเลตมีความสัมพันธ์เชิงบวก (Pearson correlation coefficient = 0.711, $P < 0.01$) กับระดับของไขมันหยาบในหญ้า แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบ (Pearson correlation coefficient = -0.546, $P < 0.05$) กับระดับของฟอสฟอรัสในหญ้า ซึ่งถ้าหญ้าที่ให้ม้ากินมีระดับของไขมันหยาบที่สูงขึ้นและมีระดับของฟอสฟอรัสลดลง จะส่งผลให้ระดับของออกซาเลตในหญ้าสูงขึ้น

ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของระดับความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระแสเลือดกับปริมาณการกินได้ทั้งหมดของม้าฟาร์ม ก และฟาร์ม ข พบว่า

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์กับประกอบทางโภชนาและออกซาเลตของหญ้า (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง)

Items	Correlation coefficient	DM	CP	Fat	Fiber	Ash	NaCl	Ca	P	Oxalate
DM	Pearson Correlation	1								
	Sig. (2-tailed)	.								
CP	Pearson Correlation	-.386	1							
	Sig. (2-tailed)	.155	.							
Fat	Pearson Correlation	-.139	.569*	1						
	Sig. (2-tailed)	.621	.028	.						
Fiber	Pearson Correlation	.300	-.707**	-.231	1					
	Sig. (2-tailed)	.278	.003	.408	.					
Ash	Pearson Correlation	-.016	.471	-.207	-.507*	1				
	Sig. (2-tailed)	.956	.076	.459	.027	.				
NaCl	Pearson Correlation	-.365	.729**	.274	-.373	.573*	1			
	Sig. (2-tailed)	.180	.002	.324	.171	.026	.			
Ca	Pearson Correlation	-.085	.314	.397	-.422	-.097	.127	1		
	Sig. (2-tailed)	.764	.255	.143	.117	.732	.652	.		
P	Pearson Correlation	-.321	.435	-.180	-.638*	.751**	.479	-.153	1	
	Sig. (2-tailed)	.243	.105	.522	.011	.001	.071	.587	.	
Oxalate	Pearson Correlation	-.036	.300	.711**	-.055	-.284	.011	.301	-.546*	1
	Sig. (2-tailed)	.900	.277	.003	.846	.305	.968	.276	.035	.

*Correlation is significant at the 0.05 level; **Correlation is significant at the 0.01 level; all values derived from n =15.

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระดับความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระแสเลือดกับปริมาณการกินได้ทั้งหมดของม้าฟาร์ม ก และฟาร์ม ข

ค่าสังเกต	ฟาร์ม ก	ฟาร์ม ข	Pooled SEM	P-value
ระดับความเข้มข้นของแร่ธาตุในเลือด (มิลลิโมลาร์)				
แคลเซียม	3.37	3.39	0.077	0.487
ฟอสฟอรัส	1.14	0.77	0.133	0.000
ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัสดุแห้ง (%ของน้ำหนักตัว)				
วัสดุแห้ง	2.28	1.68	0.006	0.000
โปรตีนหยาบ	0.27	0.19	0.006	0.000
ไขมันหยาบ	0.07	0.05	0.002	0.000
เยื่อหยาบ	0.33	0.20	0.012	0.000
เล้า	0.18	0.12	0.005	0.000
โซเดียมคลอไรด์	0.03	0.01	0.001	0.000
แคลเซียม	0.11	0.01	0.009	0.000
ฟอสฟอรัส	0.02	0.01	0.001	0.000
ออกซาเลท	0.02	0.01	0.001	0.000

ฟาร์ม ก และฟาร์ม ข มีระดับแคลเซียมในพลาสมาไม่แตกต่างกัน แต่ระดับฟอสฟอรัสในพลาสมาฟาร์ม ข ต่ำกว่าฟาร์ม ก และอยู่ในระดับการเกิดภาวะฟอสฟอรัสในกระแสเลือดต่ำ (hypophosphatemia) ส่วนปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุดิบโปรตีนหยาบ ไขมันหยาบ เยื่อใยหยาบ เถ้า โซเดียมคลอไรด์ แคลเซียม ฟอสฟอรัสและออกซาเลทที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวของทั้ง 2 ฟาร์มมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ดังแสดงในตารางที่ 4

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางโภชนาของหญ้าแควดล้อมชนิดต่างๆ ไม่สามารถแสดงค่าความแตกต่างทางสถิติได้ เนื่องจากตัวอย่างหญ้าแต่ละชนิดที่เก็บมาวิเคราะห์มีการรวมตัวอย่างก่อนทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนา ผู้วิจัยจึงเก็บหญ้ามาเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนา (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ) เพื่อเก็บเป็นข้อมูลพื้นฐาน เนื่องจากหญ้าเหล่านี้เป็นหญ้าที่พบได้ในสิ่งแวดล้อมที่มีอากาศอยู่ และม้าอาจกินหญ้าเหล่านี้เข้าไป ซึ่งถ้าเราทราบว่ามีปริมาณออกซาเลทสูง หรือมีคุณค่าขององค์ประกอบทางโภชนาต่ำ ก็ควรหลีกเลี่ยงไม่นำหญ้านั้นมาให้ม้ากิน หรืออาจกำจัดหญ้านั้นออกจากสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ ทั้งนี้ความต้องการปริมาณโปรตีนหยาบ แคลเซียม และฟอสฟอรัสของแม่ม้าในช่วง 9 เดือนแรกของการตั้งท้องที่แนะนำเท่ากับ 8 เปอร์เซ็นต์ 0.25 เปอร์เซ็นต์ และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุดิบ ตามลำดับ (NRC, 1989) ดังนั้นถ้าพิจารณาจากองค์ประกอบทางโภชนาในหญ้านั้นๆ พบว่า หญ้าแพงโกลาเกรคเด หญ้าหวาย และหญ้าคา มีปริมาณโปรตีนหยาบน้อยกว่าความต้องการของแม่ม้า นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในหญ้าแพงโกลาเกรคเดและหญ้าคา ก็มีปริมาณน้อยกว่าความต้องการเช่นกัน ดังนั้นในการให้อาหารแม่ม้าผู้มท้องจำเป็นต้องมีการให้อาหารขึ้นและแร่ธาตุเสริม

จากผลการทดลองศึกษาผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางโภชนาของหญ้าแพงโกลาเกรคคิกับหญ้านอกช่อ (ปากช่อ) เนื่องจากหญ้า 2 ชนิดนี้เป็นหญ้าที่ให้ม้ากินในฟาร์ม ก และฟาร์ม ข ตามลำดับ โดยพบว่ามีความแตกต่างโปรตีนหยาบและค่าเฉลี่ยออกซาเลทในหญ้านอกช่อ (ปากช่อ) กับหญ้าแพงโกลาเกรคคิมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยเถ้าและค่าเฉลี่ยโซเดียมคลอไรด์ในหญ้าทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$) ซึ่งหญ้านอกช่อ (ปากช่อ) มีค่าเฉลี่ยโปรตีนหยาบ ออกซาเลท ค่าเถ้า และโซเดียมคลอ

ไรด์มากกว่าแพงโกลาเกรคคิ หากพิจารณาหญ้าให้ม้ากินก็ควรเลือกหญ้านอกช่อ (ปากช่อ) เนื่องจากมีราคาถูกและมีองค์ประกอบทางโภชนาดีกว่าแต่ทั้งนี้หญ้านอกช่อ (ปากช่อ) มีค่าออกซาเลทมากกว่าหญ้าแพงโกลาเกรคคิ ดังนั้นจึงควรเสริมแร่ธาตุแคลเซียมลงในอาหารด้วยเพื่อป้องกันการเกิดภาวะระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำกว่าปกติ และเมื่อพิจารณาสัดส่วนแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสในหญ้าแพงโกลาเกรคคิและหญ้านอกช่อ (ปากช่อ) พบว่ามีค่าเท่ากับ 1 ต่อ 1.44 และ 1 ต่อ 1.46 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าสัดส่วนนี้มีความไม่เหมาะสม โดยสัดส่วนแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสที่เหมาะสมตามที่ NRC (1989) แนะนำคือ 2 ต่อ 1 แต่ทั้งนี้จากตารางที่ 4 จะเห็นว่าสัดส่วนปริมาณการกินได้ของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสของฟาร์ม ก และฟาร์ม ข มีค่าเท่ากับ 5 ต่อ 1 และ 1 ต่อ 1 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากฟาร์ม ก มีการเสริม premix ลงในอาหารขึ้นจึงทำให้สัดส่วนของปริมาณการกินได้ของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสสูงกว่าตามที่ NRC (1989) แนะนำ

จากรายงานของ McKenzie และ Lewis (1998) พบว่าปริมาณออกซาเลทสูงกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบหรือสัดส่วนแคลเซียมต่อออกซาเลทที่น้อยกว่า 0.5 ต่อ 1 สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำกว่าปกติได้ (McKenzie et al. 1988; Lewis 1996) แต่จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าหญ้านอกช่อ (ปากช่อ) หญ้าแพงโกลาเกรคคิ หญ้าแพงโกลาเกรคเด หญ้าคา (สาลาษา) หญ้าหวาย หญ้าแพรก และหญ้าคา มีสัดส่วนแคลเซียมต่อออกซาเลทเท่ากับ 0.18 ต่อ 1 0.20 ต่อ 1 0.29 ต่อ 1 0.13 ต่อ 1 0.18 ต่อ 1 0.43 ต่อ 1 และ 0.48 ต่อ 1 ตามลำดับ แต่ไม่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำได้

ผลการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของระดับความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระแสเลือดกับปริมาณการกินได้ทั้งหมดขององค์ประกอบทางโภชนาของแม่ฟาร์ม ก และฟาร์ม ข พบว่าระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดของแม่ฟาร์ม ก กับแม่ฟาร์ม ข มีค่าไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะค่าออกซาเลทรวมที่ม้ากินได้มีความสัมพันธ์เชิงลบ (Pearson correlation coefficient = -0.15, $P = 0.443$) กับระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติโดยปริมาณการกินได้ของออกซาเลทที่เพิ่มขึ้นไม่สามารถทำให้ระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดลดลงได้ และเมื่อพิจารณาสัดส่วนของแคลเซียม

ต่อออกซาลาเลทในหญ้าแพงโกลาเกรคบีกับหญ้ายาข (ปากช่อง) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.20 ต่อ 1 และ 0.18 ต่อ 1 ตามลำดับ ซึ่งตามรายงานของ McKenzie et al. (1981) พบว่าสัดส่วนของแคลเซียมต่อออกซาลาเลทที่น้อยกว่า 0.5 ต่อ 1 ในหญ้าที่ม้ากินโดยไม่มีการให้อาหารข้นและแร่ธาตุเสริมสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำกว่าปกติได้ และปริมาณการกินได้ของแคลเซียมของแม่ม้าฟาร์ม ก มากกว่าฟาร์ม ข แต่พบว่าระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดของทั้งฟาร์ม ก และฟาร์ม ข ไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่า เนื่องจากฟาร์ม ก มีการให้อาหารข้นและเสริม premix ซึ่งฟาร์ม ข ให้อาหารข้นแต่ไม่มีการเสริม premix ในอาหาร ดังนั้นระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดของม้าฟาร์ม ก คาดว่าจะมาจากแคลเซียมในอาหาร ส่วนระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดของม้าฟาร์ม ข คาดว่าจะมาจากการปรับสมดุลของระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดที่เป็นผลมาจากภาวะระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำที่เกิดจากการได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอในอาหารข้น (คณาจารย์ภาควิชาสัตววิทยา 2536) ด้วยเหตุนี้ หากฟาร์ม ข ไม่มีการเสริมแร่ธาตุในอาหารข้น แม่ม้าในฟาร์มจึงมีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดโรคความผิดปกติทางกระดูก และถ้าแม่ม้าตั้งท้องอาจทำให้เกิดภาวะระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำกว่าปกติ (eclampsia) หลังคลอด หรือลูกม้าจะเสี่ยงต่อการเกิดโรค DOD แต่ทั้งนี้หากจะยืนยันว่าระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดของม้าทั้ง 2 ฟาร์ม มาจากอาหารหรือมาจากการปรับสมดุลของร่างกาย สามารถตรวจหาระดับของพาราไทรอยด์ฮอร์โมนร่วมด้วย เนื่องจากฮอร์โมนนี้จะถูกกระตุ้นให้หลั่งเมื่อระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำลง

ส่วนระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในกระแสเลือดม้าฟาร์ม ก สูงกว่าม้าฟาร์ม ข ทั้งนี้เพราะปริมาณการกินได้ทั้งหมดขององค์ประกอบทางโภชนาการมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในกระแสเลือด โดยมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยค่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดขององค์ประกอบทางโภชนาการที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในกระแสเลือดเพิ่มขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ประกอบกับฟาร์ม ก มีค่าฟอสฟอรัสในอาหารที่สูงกว่าทำให้มีระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในกระแสเลือดที่สูงกว่า จากสัดส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสในฟาร์ม ก และ ฟาร์ม ข มีค่าเท่ากับ 5 ต่อ 1

และ 1 ต่อ 1 ตามลำดับ ซึ่งสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสที่ม้ากินตาม NRC (1989) แนะนำเท่ากับ 2 ต่อ 1 ดังนั้นจะเห็นว่า ฟาร์ม ก ให้สัดส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสไม่เหมาะสมโดยมีการให้สัดส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสที่สูงเกินความต้องการของร่างกายทำให้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนในฟาร์ม ข สัดส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสน้อยเกินไป ดังนั้นจึงควรมีการเสริม แคลเซียม ฟอสฟอรัส และอาหารข้นด้วย

เมื่อนำค่าความเข้มข้นของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระแสเลือดกับค่าปริมาณการกินได้ของโภชนาการทั้งหมดที่มีความแตกต่างกันทางสถิติมาคำนวณค่าสมการถดถอยทีละขั้น (stepwise multiple regression analysis) เพื่อสร้างสมการถดถอยทำนายค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระนั้นพบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดขององค์ประกอบทางโภชนาการไม่มีอิทธิพลต่อระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในกระแสเลือด แต่พบว่าปริมาณการกินได้ของฟอสฟอรัสมีอิทธิพลต่อระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในกระแสเลือด โดยมีค่าแตกต่างทางสถิติ ($P = 0.00$) โดยสามารถสร้างสมการถดถอยได้ดังนี้ $Y = 0.447 + 35.285X$, ($R^2 = 0.668$, $P < 0.000$); เมื่อ Y คือ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในกระแสเลือด และ X คือ ปริมาณการกินได้ของฟอสฟอรัสในอาหารในหน่วยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

ความสัมพันธ์ของส่วนประกอบทางโภชนาการ (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ) ของหญ้าพบว่าระดับของโปรตีนหยาบมีความสัมพันธ์เชิงบวก ($P < 0.05$) กับระดับของไขมันหยาบและยังมีความสัมพันธ์เชิงบวก ($P < 0.01$) กับระดับของโซเดียมคลอไรด์ แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบ ($P < 0.01$) กับระดับของเยื่อใยหยาบ ซึ่งความสัมพันธ์ของโภชนาการทั้งหมดดังกล่าวปกติพบในพืชที่มีอายุน้อย และพบว่าปริมาณของออกซาลาเลทในหญ้ามี่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับไขมันหยาบ ($P < 0.05$) แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับแร่ธาตุฟอสฟอรัส ($P < 0.05$) ในหญ้า ดังนั้นผลการวิจัยดังกล่าวสามารถชี้ให้เห็นว่าการให้หญ้าที่มีไขมันและโปรตีนสูงแต่มีเยื่อใยต่ำหรือหญ้าที่มีอายุน้อย โดยเฉพาะหญ้าที่ปลูกในดินที่ขาดแร่ธาตุฟอสฟอรัสซึ่งจะทำให้หญ้ามี่มีปริมาณออกซาลาเลทสูง ซึ่งอาจเหนี่ยวนำทำให้ม้ามีภาวะระดับแคลเซียมในกระแสเลือดต่ำได้ถ้าไม่มีการเสริมแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่เหมาะสมในอาหารข้นหรือพรีมิกซ์ ดังนั้นผลการทดลองนี้จึงสามารถใช้เป็นพื้นฐานที่อาจ

นำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการโภชนาการสำหรับม้าผู้มที่ท้องต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ สถาบันวิจัยโภชนาการ คณะเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลศิริราช อาจารย์ครุฑชิต จุดประสงค์ อาจารย์สัตวแพทย์หญิง ปัทมา ฤทธิ์ฤทัย นายสัตวแพทย์โอฬาร กิจปรีดาบริสุทธิ คุณไพโรจน์ วชิโรพรอนันต์ คุณอิมช้วน เศรษฐกรกิจเลิศ และ บริษัท เอส.ดับบลิว.ที.จำกัด ตลอดจนผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคน ที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. ๒๕๓๖. สัตววิทยา. พิมพ์ครั้งที่ ๕. กรุงเทพฯ : หจก.ฤทธิ์ศิริการพิมพ์

ธีระศักดิ์ ตรียมมงคล. ๒๕๔๒. โรคม้า. คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Allison MJ, Cook HM, Dawson KA. (1981). Selection of oxalate-degrading rumen bacteria in continuous. J Anim Sci, 53. 810.

Association of Official Analytical Chemists. (1984). Official Methods of Analysis. 14th ed. AOAC. Arlington,VA

Association of Official Analytical Chemists. (1995). Official Methods of Analysis. 16th ed. AOAC. Arlington,VA

Association of Official Analytical Chemists. (2003). Official Methods of Analysis. 17th ed. AOAC. Arlington,VA

Blaney BJ, Gartner RJW, and McKenzie RA. (1981a). The effects of oxalate in some tropical grasses on the availability to horses of calcium phosphorus and magnesium. J Agri Sci, 97. 507.

Blaney BJ, Gartner RJW, and McKenzie RA. (1981b). The inability of horses to absorb calcium from calcium oxalate. J Agric Sci, 97. 693.

Cheek PR. (1995). Endogenous Toxins and Mycotoxins in Forage Grasses and Their Effects on Livestock. J Anim Sci, 73. 909-18.

Engelking LR. (2000). Quick look series in veterinary medicine Metabolic and endocrine physiology. USA : Teton NewMedia.

Gallagher JR. (1966). The potential of pasture of supply the nutritional requirements of grazing horses. Aust Vet J, 73. 67.

Groenendyk S., and Seawright AA. 1974. Osteodystrophia fibrosa in horses grazing. Aust Vet J. 50:131.

Joyce JR, Pierec KR, Romane WM, and Baker JM. (1971). Clinical study of nutritional secondary hyperparathyroidism in horses. J Am Vet Med Assoc, 15. 2003.

Kelser RA, and Callender GR. (1983). Equine degenerative arthritis. Vet Med, 33. 307.

Khan, SR. 1995. Calcium oxalate in biological systems. Florida : CRC Press.

Lewis LD. 1996. Feeding and care of the horse. 2nd ed. USA : Williams & Wilkins Rose Tree Corporate Center.

McKenzie RA, Gartner RJW, Blaney BJ, and Glanville RJ. (1981). Control of nutritional secondary hyperparathyroidism in grazing horse with calcium and phosphorus supplementation. Aust Vet J, 57. 554.

National Research Council. 1989. Nutrient requirements of horses. 5th ed. Washington, DC : National Academy Press.

Savage GP, and Vanhanen L. (2002). Oxalate content and calcium binding capacity of tea and herbal teas. Asia Pac J Clin Nutr, 11. 298-301.

SPSS advance statistics™ version 12.0. SPSS Inc., Chicago, IL. 2000.

Swatzman JA. (1987). Inhibition of calcium absorption in ponies fed diets containing oxalic acid. Am J Vet Res, 39. 1621.

Walthall JC, and McKenzie RA. (1976). Osteodystrophia fibrosa in horses in Queensland: field and laboratory observations. Aust Vet J, 52. 11-6.