ระดับกรดออกซาลิกในหญ้าซีตาเรีย 5 สายพันธุ์ ในระดับปุ๋ยและระยะการตัดต่างๆ กัน

ศศิพร คุนาพงษ์กิติ [1/] **กฤษณา ศรีสรรพกิจ** [1/] **วีระพล พูนพิพัฒน์** [2/]

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาระดับของกรดออกซาลิกในหญ้าซีตาเรีย (*Setaria sphacelata*) 5 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ Nandi (*Setaria sphacelata* cv. Nandi) สายพันธุ์ Solander (*Setaria sphacelata* cv. Solander) สายพันธุ์ Splenda (*Setaria sphacelata* cv. Splenda) สายพันธุ์ Kazungula (*Setaria sphacelata* cv. Kazungula) และ สายพันธุ์ CPI 15899 (*Setaria sphacelata* CPI 15899) ในดินชุดราชบุรี ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาท ระหว่างเดือน มีนาคม 2541 ถึง พฤษภาคม 2542 โดยวางแผนการทดลองแบบ 5 x 4 x 6 Factorial in RCB มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 ปัจจัย คือสายพันธุ์ ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับคือ 0 40 60 80 กิโลกรัมต่อไร่ และ อายุการตัด 6 ระยะ คือ 40 50 60 70 80 และ 90 วัน

ผลการทดลองพบว่า ระดับปุ๋ยไนโตรเจน อายุการตัด และสายพันธุ์หญ้าซีตาเรียเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณกรดออกซาลิก และทั้งสามปัจจัยมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน สายพันธุ์ Nandi มีระดับกรดออกซาลิกสูงสุด และสายพันธุ์ Kazungula มีระดับกรดออกซาลิกต่ำสุด สายพันธุ์ Nandi มีระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่อายุ 60 วัน สายพันธุ์ Solander มีระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่ช่วงอายุการตัด 40-60 วันเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 60 กิโลกรัมต่อไร่และ สูงสุดที่อายุ 40 วัน เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 80 กิโลกรัมต่อไร่ สายพันธุ์ Splenda ระดับกรดออกซาลิกไม่เปลี่ยนแปลงตลอดช่วงอายุการตัดและที่ทุกระดับปุ๋ย สายพันธุ์ Kazungula มีระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่อายุ 40 วัน ไม่ว่าจะใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับใดและสายพันธุ์ CPI 15899 มีระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่ช่วงอายุการตัด 40-60 วัน เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่ว่าระดับใดก็ตาม ทั้ง 5 สายพันธุ์มีระดับกรดออกซาลิกอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์ ไม่ว่าอายุการตัดเท่าใดหรือใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับใดก็ตาม

เลขทะเบียนวิจัย 4 (1/41)–0714–007

[1/] กลุ่มวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์

[2/] ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ลำปาง กองอาหารสัตว์

รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2548 กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 202 - 215

Level of Oxalic acid in 5 varities of *Setaria sphacelata* at Different Levels of Nitrogen Fertilizer and Different Cutting Intervals

Sasipron Kunapongkiti [1/] Krisana Sreesunpagit [1/] Veerapol Poonpipat [2/]

Abstract

The study of oxalic acid in *Setaria sphacelata* 5 varities i.e. *Setaria sphacelata* cv. Nandi, *Setaria sphacelata* cv. Solander, *Setaria sphacelata* cv. Splenda, *Setaria sphacelata* cv. Kazungula and *Setaria sphacelata* CPI 15899 have been shown. It was conducted in Ratchaburi soil series at Chainat Animal Nutrition Research and Development Center during March 1998 to May 1999 by using the 5 x 4 x 6 factorial in RCB statistic design with 4 replicates contains 3 factors such as varities, Nitrogen fertilizer at 0 40 60 80 kilogram per rai and 6 cutting intervals at 40 50 60 70 80 90 days.

The results show that level of Nitrogen fertilizers, cutting intervals and varities factor effect to the oxalic acid level. The three factors are interacted to each other and also effect to oxalic acid level. From this study, *Setaria sphacelata* cv. Nandi gave the highest oxalic acid and *Setaria sphacelata* cv. Kazungula gave the lowest oxalic acid. The *Setaria sphacelata* cv. Nandi has highest level of oxalic acid at 60 days cutting intervals. When the nitrogen fertilizer was applied up to 60 kilogram per rai, the *Setaria sphacelata* cv. Solander shown the highest oxalic acid level at 40-60 days cutting intervals and shown the highest level at 40 days cutting intervals when the nitrogen fertilizer was applied at 80 kilogram per rai. There is no change in oxalic acid level in the *Setaria sphacelata* cv. Splenda even difference cutting intervals or nitrogen fertilizer were applied. The *Setaria sphacelata* cv. Kazungula has the highest level of oxalic acid at 40 days cutting intervals at every nitrogen fertilizers rate. The *Setaria sphacelata* CPI 15899 has the highest level of oxalic acid at 40-60 days cutting intervals when applied nitrogen fertilizer at every rate. The *Setaria sphacelata* 5 varities have oxalic acid at non-hazardous levels to cattles.

Research project no. 4 (1/41) – 0714 – 007

[1/] Feed and Forage Analysis Section, Animal Nutrition Division.

[2/] Lampang Animal Nutrition Research and Development Center, Animal Nutrition Division.

รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2548 กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 202 - 215

คำนำ

หญ้าซีตาเรีย (*Setaria sphacelata*) เป็นหญ้าที่ให้ผลผลิตสูง เจริญเติบโตได้ในดินหลายชนิด ชอบอุณหภูมิสูงและยังทนต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ชั่วระยะหนึ่ง (สายัณห์, 2540) หญ้าซีตาเรียสายพันธุ์ Kazungula เป็นสายพันธุ์ที่รู้จักกันดีแต่ดั้งเดิม ซึ่งกรมปศุสัตว์นำเข้ามาปลูกในประเทศ ตั้งแต่ปี 2503 ต่อมาในปี 2538 กรมปศุสัตว์ได้นำหญ้าซีตาเรียอีก 3 สายพันธุ์จากประเทศออสเตรเลียเข้ามาทดลองปลูกในประเทศไทย คือ Splenda CPI 15899 และ Solander พบว่าหญ้าซีตาเรียสายพันธุ์ Kazungula Splenda CPI 15899 และ Solander ที่ปลูกทดสอบที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาทให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเท่ากับ 2,804 2,965 3,017 และ 2,479 กิโลกรัมต่อไร่ และโปรตีนอยู่ในช่วง 8.90 – 9.27 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าหญ้าซีตาเรียแต่ละสายพันธุ์ให้ผลผลิตและมีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างสูง (ลักขณา และคณะ, 2544) Jones และ Ford (1972) รายงานว่าหญ้าซีตาเรียมีปริมาณกรดออกซาลิกสูง และการสะสมกรดออกซาลิกจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับสูง โดยได้เปรียบเทียบระหว่างการใส่ปุ๋ยยูเรีย 56 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ กับ 210 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ในการปลูกหญ้าซีตาเรียสายพันธุ์ Kazungula พบว่าปริมาณออกซาลิกในหญ้าที่ได้รับปุ๋ยยูเรียระดับสูง จะมากกว่าหญ้าที่ได้รับปุ๋ยยูเรียระดับต่ำ ถึง 58 เปอร์เซ็นต์

กรดออกซาลิกเมื่อสลายตัวจะได้เป็นสารออกซาเลทซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์ โดยจะไปขัดขวางการใช้ประโยชน์ของแร่ธาตุในตัวสัตว์ นอกจากนี้สารออกซาเลทยังสามารถรวมตัวกับธาตุแคลเซียมในกระแสเลือดเกิดตะกอนแคลเซียมออกซาเลทสะสมในไตหรือในกระเพาะปัสสาวะ ทำให้เกิดอาการเป็นนิ่ว (อุทัย, 2531) ออกซาเลทจะเป็นพิษมากในโครยะให้นม และในม้า โคที่ได้รับสารออกซาเลทมากจะมีอาการท้องเสีย เดินโซเซ เสียการทรงตัว จนมีอาการล้มลง (Collapse) อุณหภูมิที่วัดได้จากทวารหนักประมาณ 37–38.5 องศาเซลเซียส โคจะมีอาการจมูกแห้ง และหยุดการเคี้ยวเอื้องในที่สุด ถ้าให้โคกินหญ้าที่มีกรดออกซาลิกปริมาณสูงติดต่อกัน ประมาณวันที่ 8 จะแสดงอาการบวมน้ำที่บริเวณหน้าอก และมักจะตายภายใน 3 สัปดาห์ สาเหตุการตายเกิดจากการเกิดผลึกแคลเซียมออกซาเลทในไต นำไปสู่อาการธาตุแคลเซียมในเลือดต่ำกว่าปกติชนิดเฉียบพลัน ในม้านั้น ถ้าหากได้รับสารออกซาเลทปริมาณมาก อาจทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน (Osteoporosis) การเสริมอาหารที่มีแคลเซียมสูง เช่น หินปูนบด หรือ Lucerne hay จะสามารถช่วยควบคุมไม่ให้เกิดโรคนี้ได้ (Skerman และ Riveros, 1990) Blood และคณะ (1979) รายงานว่าปริมาณกรดออกซาลิกต่ำสุดที่สามารถทำให้เกิดพิษกับสัตว์ได้ คือ เมื่อโค กระบือ ได้รับกรดออกซาลิก 685 กรัมต่อวัน แกะ และม้าได้รับ 6 และ 302 กรัมต่อวัน ตามลำดับ

หญ้าซีตาเรียที่กองอาหารสัตว์ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเพื่อเลี้ยงสัตว์มีหลายสายพันธุ์ ซึ่งแต่ละสายพันธุ์มีระดับคุณค่าทางโภชนะ (Nutrient Concentration) แตกต่างกัน ดังนั้นความสามารถในการสะสมกรดออกซาลิกก็จะแตกต่างกันด้วย (Mannetje และ Jones,1992) กฤษณา และ ศศิพร (2538) รายงานว่าพืชจะมีการสะสมสารออกซาเลทในระยะกำลังเจริญเติบโต และเมื่อพืชมีอายุมากขึ้นปริมาณออกซาเลทจะลดลง และเนื่องจากขณะนี้ยังไม่มีข้อมูลระดับกรดออกซาลิกในหญ้าซีตาเรียแต่ละสายพันธุ์และแต่ละช่วงอายุ ดังนั้นจึงทำการศึกษาระดับกรดออกซาลิกในหญ้าซีตาเรียที่ปลูกโดยใช้ระดับปุ๋ยไนโตรเจน และอายุการตัดต่างๆ กัน ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ชัยนาท ระยะเวลาดำเนินการทดลอง ระหว่างเดือนมีนาคม 2541 ถึง พฤษภาคม 2542

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วางแผนการทดลองแบบ 5 x 4 x 6 Factorial in RCB มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 ปัจจัย ดังนี้

   ปัจจัยที่ 1 หญ้าซีตาเรีย 5 สายพันธุ์ คือ

   สายพันธุ์ Nandi (*Setaria sphacelata* cv. Nandi)

   สายพันธุ์ Solander (*Setaria sphacelata* cv. Solander)

   สายพันธุ์ Splenda (*Setaria sphacelata* cv. Splenda)

   สายพันธุ์ Kazungula (*Setaria sphacelata* cv. Kazungula)

   สายพันธุ์ CPI 15899 (*Setaria sphacelata* CPI 15899)

   ปัจจัยที่ 2 การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของยูเรีย 4 อัตรา คือ 0 40 60 และ 80 กิโลกรัม ไนโตรเจนต่อไร่

   ปัจจัยที่ 3 อายุการตัด 6 ระยะ คือตัดที่อายุ 40 50 60 70 80 และ 90 วัน โดยแต่ละอายุตัดเพียงครั้งเดียว

2. เก็บตัวอย่างดินที่ความลึกประมาณ 15 เซนติเมตรก่อนการทดลอง เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อินทรียวัตถุ (Organic Matter) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Potassium) ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (Available Phosphorus) และแคลเซียม
3. เตรียมแปลงทดลองขนาด 4x4 เมตร จำนวน 80 แปลง แต่ละแปลงแบ่งเป็น 6 ส่วน เพื่อตัด 6 ระยะ แบ่งแปลงเล็กให้ห่างจากริมแปลงใหญ่ 0.5 เมตร แต่ละแปลงย่อยจะมีขนาด 1.5 ตารางเมตร
4. ทำการปลูกหญ้าซีตาเรียโดยใช้ท่อนพันธุ์ มีระยะปลูก 30x30 เซนติเมตร จำนวน 2 ต้นต่อหลุม ทำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนพร้อมการปลูกหญ้าครั้งเดียว อัตราต่างๆ ตามที่กำหนดในสิ่งทดลอง ปลูกซ่อมต้นตายภายใน 2 สัปดาห์และกำจัดวัชพืชหลังการปลูกแล้ว 1 เดือน
5. ทำการตัดหญ้าหลังการปลูกตามอายุที่กำหนด โดยแต่ละอายุตัดครั้งเดียว ที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 10 เซนติเมตร โดยตัดทั้งแปลงยกเว้นขอบแปลงโดยรอบ แล้วสุ่มเก็บหญ้าสดประมาณ 2 กิโลกรัม บันทึก

น้ำหนักสด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ แล้วบันทึกน้ำหนักแห้ง นำไปบดให้ละเอียดขนาด 1 มิลลิเมตร ใส่ถุงพลาสติกปิดปากถุงให้สนิท นำไปวิเคราะห์หาความชื้น และกรดออกซาลิก (AOAC, 1990)

6. เก็บตัวอย่างดินที่ความลึกประมาณ 15 เซนติเมตรหลังการทดลอง เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อินทรียวัตถุ (Organic Matter) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Potassium) ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (Available Phosphorus) และแคลเซียม
7. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณน้ำฝน

ในช่วงเวลาทำการทดลอง ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2541 ถึง พฤษภาคม 2542 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปี 994.1 มิลลิเมตร นับว่าอยู่ในเกณฑ์ปรกติ ปริมาณน้ำฝนกระจายตลอดทั้งปี และมากที่สุดในเดือนกันยายน 2541 เท่ากับ 193.7 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่หญ้ากำลังเจริญเติบโตได้ดี มีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 47 - 95 เปอร์เซ็นต์ สายัณห์ (2540) รายงานว่า หญ้าซีตาเรียเป็นหญ้าที่ปรับตัวได้ดีในเขตร้อนชื้นหรือกึ่งร้อน ที่ได้รับน้ำฝนตั้งแต่ 760 มิลลิเมตรต่อปีขึ้นไป และยังทนต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ชั่วระยะหนึ่ง ซึ่งตรงกับที่ลักขณา และคณะ (2544) รายงานว่าหญ้าซีตาเรียสามารถทนน้ำท่วมขังได้นานถึง 20 วัน โดยที่หญ้ายังคงเจริญเติบโตได้ดี

คุณสมบัติของดิน

พื้นที่ทำการทดลองเป็นชุดดินราชบุรี ลักษณะของดินเป็นดินเหนียว แตกระแหงในหน้าแล้ง ระบายน้ำได้ไม่ดี ดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวจัด มีสีเทาปนน้ำตาล คุณสมบัติของดินก่อนทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.16 สภาพของดินเป็นกรดเล็กน้อย ปริมาณอินทรียวัตถุ 3.59 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในเกณฑ์สูง มีธาตุโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 143.90 ppm ธาตุฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ 31.5 ppm ซึ่งทั้งสองค่าถือว่าอยู่ในเกณฑ์สูง ธาตุแคลเซียม 1983.90 ppm ซึ่งนับว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง (เอิบ, 2535)

หลังการทดลองได้เก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงย่อยมาวิเคราะห์คุณสมบัติของดินตามรายการเดียวกัน พบว่า ค่าเฉลี่ย pH ของดินทุกแปลงลดลง เท่ากับ 5.75 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เป็นกรดปานกลาง ทั้งนี้เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรียในดินจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเป็นกรดมากขึ้น pH จึงลดลง (วิรัช และ

คณะ, 2540) ปริมาณอินทรียวัตถุ มีค่าเฉลี่ย 2.97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง ปริมาณโพแทสเซียมมีค่าลดลงมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.97 ppm สรสิทธิ์และคณะ (2535) กล่าวว่า โพแทสเซียมในดินอาจสูญเสียไปได้หลายทางได้แก่ พืชดูดไปใช้ประโยชน์ ซึ่งโดยทั่วไปพืชจะดูดโพแทสเซียมไปใช้ในปริมาณที่สูงพอๆ กับไนโตรเจนและมากกว่าฟอสฟอรัส 3-4 เท่า และส่วนใหญ่พืชมักจะดูดโพแทสเซียมไปในปริมาณที่มากกว่าพืชต้องการใช้จริงๆ โดยที่ไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว ปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมมากเกินพอนี้ก็จะสูญหายไป นอกจากนี้โพแทสเซียมอาจสูญเสียไปจากดินโดยการชะล้างลงสู่ดินชั้นล่าง ซึ่งปริมาณที่ถูกชะล้างอาจจะพอๆ กับปริมาณที่พืชดูดเข้าไป ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.32 ppm ทั้งนี้จากค่า pH ของดินหลังทดลองซึ่งมีค่าเฉลี่ย 5.75 จะเป็นระดับที่ทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ในสภาพที่พืชจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ไม่ถูกตรึงไว้ (วิเชียร, 2536) ปริมาณแคลเซียมในดินหลังการทดลองไม่เปลี่ยนแปลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1963.52 ppm

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังการทดลอง

ชุดดินราชบุรี	pH	อินทรียวัตถุ %	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (ppm)	แคลเซียม (ppm)
ก่อนทดลอง	6.16	3.59	143.90	31.50	1983.90
หลังทดลอง	5.75	2.97	73.97	11.32	1963.52

หมายเหตุ ไม่ได้วิเคราะห์ผลทางสถิติ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยระดับกรดออกซาลิกในหญ้าซีตาเรีย 5 สายพันธุ์ที่ศึกษาด้วยปัจจัยต่าง ๆ

ปัจจัย	**ปริมาณกรดออกซาลิกเฉลี่ย** (% on dry basis)
สายพันธุ์ (Varieties, V)	
Nandi	1.39
Solander	1.11
Splenda	1.12
Kazungula	0.92
CPI 15899	1.27
V	*
ระดับปุ๋ยไนโตรเจน (Nitrogen, N)	
ระดับ 0 กิโลกรัมต่อไร่	1.21
ระดับ 40 กิโลกรัมต่อไร่	1.13
ระดับ 60 กิโลกรัมต่อไร่	1.17
ระดับ 80 กิโลกรัมต่อไร่	1.14
N	*
อายุการตัด (Cutting interval, C)	
อายุ 40 วัน	1.43
อายุ 50 วัน	1.15
อายุ 60 วัน	1.43
อายุ 70 วัน	1.01
อายุ 80 วัน	0.89
อายุ 90 วัน	1.05
C	*
N x C	*
V x C	*
N x V x C	*
N x V	NS
% CV	17.2

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95

NS หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ระดับกรดออกซาลิก

จากการศึกษาระดับกรดออกซาลิกในหญ้าซีตาเรีย 5 สายพันธุ์ที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับต่างกัน และ ตัดหญ้าที่อายุต่างๆ กัน พบว่า สายพันธุ์ของหญ้าซีตาเรีย ระดับปุ๋ยไนโตรเจน และ อายุการตัดเป็นปัจจัยที่มีผลต่อระดับกรดออกซาลิก ดังแสดงในตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 ระดับกรดออกซาลิกเฉลี่ยของหญ้าซีตาเรียทั้ง 5 สายพันธุ์ที่ทุกๆ อายุการตัดและทุกระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ พบว่าหญ้าแต่ละสายพันธุ์มีค่าแตกต่างกัน สายพันธุ์ Nandi Solander Splenda Kazungula และ CPI 15899 มีระดับกรดออกซาลิกเฉลี่ยเท่ากับ 1.39 1.11 1.12 0.92 และ 1.27 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ โดยสายพันธุ์ Nandi มีระดับกรดออกซาลิกสูงสุด ส่วนสายพันธุ์ Kazungula มีระดับกรดออกซาลิกต่ำสุด หญ้าซีตาเรีย เมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่างกันทำให้มีระดับกรดออกซาลิกเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.21 1.13 1.17 และ 1.14 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0 40 60 80 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ การตัดหญ้าซีตาเรียที่อายุต่างๆ กัน มีผลทำให้ระดับกรดออกซาลิกต่างกันโดยมีค่าเท่ากับ 1.43 1.15 1.43 1.01 0.89 และ 1.05 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ที่อายุการตัด 40 50 60 70 80 90 วัน ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้พบว่าระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ อายุการตัด และสายพันธุ์ของหญ้าซีตาเรีย มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน ซึ่งมีผลต่อระดับกรดออกซาลิก (ตารางที่ 3) ดังนี้

สายพันธุ์ Nandi จะมีระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่อายุการตัด 60 วัน ทั้งการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทุกระดับ ขณะที่การตัดหญ้าที่อายุอื่นๆ ระดับกรดออกซาลิกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ระดับกรดออกซาลิกที่อายุการตัด 60 วันเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 0 40 60 80 กิโลกรัมต่อไร่ เท่ากับ 2.29 1.89 2.36 1.66 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ

สายพันธุ์ Solander เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 0 40 60 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่ามีแนวโน้มจะสะสมกรดออกซาลิกสูงที่ช่วงอายุการตัด 40-60 วัน แต่เมื่ออายุการตัดมากกว่า 60 วันระดับกรดออกซาลิกจะลดลง โดยที่อายุการตัด 70-90 วัน มีระดับกรดออกซาลิกไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 80 กิโลกรัมต่อไร่ ระดับกรดออกซาลิกจะสูงสุดที่อายุ 40 วัน และเมื่อตัดที่อายุมากกว่า 40 วันระดับกรดออกซาลิกจะลดลง และที่อายุการตัด 50-90 วันมีแนวโน้มจะมีระดับกรดออกซาลิกไม่แตกต่างกันทางสถิติ จะเห็นว่าหญ้าซีตาเรียสายพันธุ์ Solander เริ่มมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนตั้งแต่ระดับ 80 กิโลกรัมต่อไร่ โดยปริมาณกรดออกซาลิกเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 80 กิโลกรัมต่อไร่ที่อายุการตัด 40 วันจะมีค่าเท่ากับ 1.73 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง สูงกว่าเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0-60 กิโลกรัมต่อไร่ อาจเนื่องมาจากในการทดลองนี้สภาพดินทดลองค่อนข้างสมบูรณ์อยู่แล้ว ดังนั้นหญ้าซีตาเรียจึงตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในระดับสูง และ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 80

กิโลกรัมต่อไร่ อาจเป็นอัตราที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้มีกรดออกซาลิกปริมาณสูงในช่วงอายุ 40 วัน

ตารางที่ 3 ระดับกรดออกซาลิกในหญ้าซีตาเรีย 5 สายพันธุ์ที่ใช้ระดับปุ๋ยไนโตรเจนและอายุการตัดต่างกัน (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง)

อายุการตัด (วัน)	*สายพันธุ์*					
	Nandi	Solander	Splenda	Kazungula	CPI 15899	C – Mean
ไม่ใส่ปุ๋ย						
40 วัน	1.14 [b]	1.24 [ab]	1.10 [ab]	1.49 [a]	1.58 [a]	1.31
50 วัน	1.42 [b]	1.08 [b]	0.90 [b]	0.93 [bc]	1.20 [b]	1.11
60 วัน	2.29 [a]	1.48 [a]	1.30 [a]	1.20 [c]	1.41 [ab]	1.54
70 วัน	1.26 [b]	1.00 [b]	1.02 [ab]	0.79 [c]	1.62 [a]	1.14
80 วัน	1.28 [b]	0.98 [b]	0.88 [b]	0.71 [c]	1.18 [b]	1.01
90 วัน	1.40 [b]	0.99 [b]	1.31 [a]	0.85 [c]	1.11 [b]	1.14
ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 40 กก. ต่อ ไร่						
40 วัน	1.38 [b]	1.28 [a]	1.59 [a]	1.50 [a]	1.64 [a]	1.48
50 วัน	1.33 [b]	1.01 [ab]	1.04 [bc]	0.78 [b]	1.46 [a]	1.12
60 วัน	1.89 [a]	1.27 [a]	1.25 [b]	0.90 [b]	1.55 [a]	1.37
70 วัน	1.15 [b]	0.99 [ab]	0.89 [cd]	0.76 [b]	1.06 [b]	0.97
80 วัน	1.29 [b]	0.86 [b]	0.73 [d]	0.68 [b]	0.60 [c]	0.83
90 วัน	1.30 [b]	1.01 [ab]	1.03 [bc]	0.80 [b]	0.95 [b]	1.02
ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 60 กก. ต่อ ไร่						
40 วัน	1.43 [b]	1.52 [a]	1.43 [a]	1.50 [a]	1.69 [a]	1.51
50 วัน	1.42 [b]	0.97 [b]	1.05 [bc]	0.85 [bc]	1.74 [a]	1.20
60 วัน	2.36 [a]	1.46 [a]	1.47 [a]	0.99 [b]	1.33 [b]	1.52
70 วัน	1.05 [cd]	1.03 [b]	1.26 [ab]	0.65 [c]	0.95 [c]	0.99
80 วัน	0.98 [d]	0.87 [b]	0.88 [c]	0.62 [c]	0.70 [c]	0.81
90 วัน	1.27 [bc]	0.91 [b]	1.01 [bc]	0.90 [bc]	0.95 [c]	1.01

อายุการตัด (วัน)	*สายพันธุ์*					
	Nandi	Solander	Splenda	Kazungula	CPI 15899	C - Mean
ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 80 กก. ต่อ ไร่						
40 วัน	1.40 [ab]	1.73 [a]	1.29 [a]	1.27 [a]	1.49 [b]	1.44
50 วัน	1.28 [bc]	0.99 [bc]	1.05 [ab]	0.78 [bc]	1.80 [a]	1.18
60 วัน	1.66 [a]	1.23 [b]	1.15 [ab]	0.99 [b]	1.46 [b]	1.30
70 วัน	1.04 [c]	0.82 [c]	0.97 [b]	0.88 [b]	1.03 [c]	0.95
80 วัน	1.12 [bc]	0.95 [bc]	1.19 [ab]	0.56 [c]	0.85 [c]	0.93
90 วัน	1.30 [bc]	0.94 [bc]	1.19 [ab]	0.69 [bc]	1.08 [c]	1.04
V-MEAN	1.39	1.11	1.12	0.92	1.27	1.16

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ($P<0.05$)

2 – N x V x C means LSD (0.05) = 0.28

สายพันธุ์ Splenda การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้หญ้าซีตาเรียสะสมกรดออกซาลิกสูงสุดที่อายุการตัดน้อยกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยที่การไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน หญ้าจะมีการสะสมกรดออกซาลิกสูงสุดที่อายุ 60 และ 90 วัน แต่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน หญ้าจะมีการสะสมกรดออกซาลิกสูงสุดที่อายุ 40 วัน เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 40 กิโลกรัมต่อไร่ มีระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่หญ้าอายุ 40 วันเท่ากับ 1.59 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และแตกต่างทางสถิติกับระดับกรดออกซาลิกในหญ้าอายุ 50-90 วัน เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 60 กิโลกรัมต่อไร่ ระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่หญ้าอายุ 40 และ 60 วัน เท่ากับ 1.43 และ 1.47 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 40 และ 60 กิโลกรัมต่อไร่ นี้ หญ้าจะมีการสะสมกรดออกซาลิกต่ำสุดที่อายุ 80 วัน เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 80 กิโลกรัมต่อไร่ มีระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่หญ้าอายุ 40 วัน เท่ากับ 1.29 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ไม่แตกต่างทางสถิติกับระดับกรดออกซาลิกในหญ้าอายุ 50 60 80 และ 90 วัน

สายพันธุ์ Kazungula มีระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่อายุการตัด 40 วัน ไม่ว่าจะใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับใดหรือไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนก็ตาม และระดับกรดออกซาลิกมีแนวโน้มลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าอายุการตัดมีผลต่อระดับกรดออกซาลิกในหญ้าซีตาเรียสายพันธุ์ Kazungula ค่าเฉลี่ยระดับกรดออกซาลิกของหญ้าอายุ 40 วันที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 0 40 60 80 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าเท่ากับ 1.49 1.50 1.50 1.27 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

สายพันธุ์ CPI 15899 เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีแนวโน้มที่ระดับกรดออกซาลิกจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดอายุการตัด แต่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่ว่าระดับใดก็ตาม มีแนวโน้มที่จะสะสมกรดออกซาลิกสูงที่ช่วงอายุการตัด 40 – 60 วัน และจะลดลงเมื่อหญ้ามีอายุมากกว่า 60 วัน ทั้งนี้เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าหญ้าอายุ 40 และ 70 วัน มีกรดออกซาลิกสูงสุดเท่ากับ 1.58 และ 1.62 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 40 กิโลกรัมต่อไร่มีระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่อายุการตัด 40-60 วัน เท่ากับ 1.46-1.64 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และหญ้าอายุ 80 วันมีกรดออกซาลิกต่ำสุดเท่ากับ 0.60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 60 กิโลกรัมต่อไร่ ระดับกรดออกซาลิกที่อายุการตัด 40-50 วันเท่ากับ 1.69-1.74 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง แตกต่างทางสถิติกับหญ้าอายุ 70-90 วัน ที่ มีค่าอยู่ในช่วง 0.70-0.95 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 80 กิโลกรัมต่อไร่มีระดับกรดออกซาลิกที่อายุการตัด 40-60 วันเท่ากับ 1.46-1.80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง แตกต่างทางสถิติกับหญ้าอายุ 70-90 วันที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.85-1.08 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง

จากผลการศึกษานี้ จะเห็นได้ว่าหญ้าซีตาเรียสายพันธุ์ Nandi สามารถตัดมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ในช่วงอายุ 40-50 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่มีโภชนะและผลผลิตสูง เพราะหญ้าซีตาเรียสายพันธุ์นี้มีระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่อายุการตัด 60 วัน ส่วนหญ้าซีตาเรียสายพันธุ์ Solander Splenda Kazungula และ CPI 15899 ถึงแม้ว่าจะมีระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่อายุ 40-50 วัน ซึ่งเป็นช่วงอายุที่เหมาะแก่การนำมาเลี้ยงสัตว์เพราะมีโภชนะสูง แต่ระดับกรดออกซาลิกก็ยังไม่ถึงระดับที่เป็นพิษต่อสัตว์ จากรายงานของ Blood และคณะ (1979) ว่า ระดับกรดออกซาลิกต่ำสุดที่เป็นพิษต่อโค กระบือ เท่ากับ 685 กรัมต่อวัน ซึ่งในโคจะมีอัตราการกินวัตถุแห้ง (Dry Matter Intake, DMI) ที่ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน (NRC, 2001) ถ้าพิจารณาโครระยะโตเต็มที่ น้ำหนักตัวประมาณ 400 กิโลกรัม จะกินวัตถุแห้งได้เท่ากับ 12 กิโลกรัม ถ้าหากให้โคกินหญ้าซีตาเรียสายพันธุ์ Solander ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 80 กิโลกรัมต่อไร่ ที่อายุการตัด 40 วัน ซึ่งมีระดับกรดออกซาลิกเท่ากับ 1.73 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 3) หรือเท่ากับมีกรดออกซาลิก 17.3 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง จะเท่ากับโคได้รับกรดออกซาลิก 207.6 กรัม ซึ่งยังคงไม่ถึงระดับต่ำสุดที่จะเป็นพิษ ดังนั้นถึงแม้ว่าการตัดหญ้าที่อายุมากกว่า 60 วันจะสามารถหลีกเลี่ยงความเป็นพิษของกรดออกซาลิกได้ แต่เนื่องจากจะทำให้หญ้ามีคุณค่าทางโภชนะต่ำ ในขณะที่หญ้าที่อายุ 40-50 วันก็มีระดับกรดออกซาลิกที่ไม่ถึงระดับที่เป็นพิษต่อสัตว์ ดังนั้นหญ้าซีตาเรียทั้ง 5 สายพันธุ์ก็สามารถตัดให้สัตว์กินได้ที่อายุ 40-50 วัน ซึ่งเป็นระยะการตัดที่ทำให้มีคุณค่าทางโภชนะสูงกว่าที่อายุ 60 วันโดยไม่มีผลจากกรดออกซาลิกที่มีต่อสัตว์ แต่การให้สัตว์กินหญ้าซีตาเรียนั้นติดต่อกันหลายวันอาจทำให้ระดับแคลเซียมในร่างกายสัตว์ลดลงจากการที่กรดออกซาลิกในหญ้าซีตาเรียไปรวมตัวกับแคลเซียมในกระแสเลือด ดังนั้นจึงควรจะต้องมีการให้แร่ธาตุแคลเซียมเสริม เช่น แร่ธาตุก้อน ด้วย

และเนื่องจากระดับกรดออกซาลิกที่รายงานนี้เป็นเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง จะสามารถคำนวณกลับเป็นระดับกรดออกซาลิกในหญ้าสดได้ โดยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของหญ้าซีตาเรีย อายุ 45 วัน ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ (วารุณี และวลัยกานต์, 2541) ตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ ค่าเฉลี่ยระดับกรดออกซาลิกของหญ้าซีตาเรียทั้ง 5 สายพันธุ์ที่อายุ 40-50 วัน เท่ากับ 1.15 - 1.43 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 2) เมื่อคำนวณกลับจะมีกรดออกซาลิกอยู่ในหญ้าสดเท่ากับ 0.21 – 0.26 เปอร์เซ็นต์ หรือหญ้าสด 1 กิโลกรัมจะมีกรดออกซาลิก 2.1 – 2.6 กรัม เป็นต้น

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาระดับกรดออกซาลิกในหญ้าซีตาเรีย 5 สายพันธุ์ ที่อายุการตัด และ ระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่างๆ กัน ในชุดดินราชบุรี ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาท สรุปได้ดังนี้

1. สายพันธุ์ Nandi มีระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่อายุ 60 วันไม่ว่าจะใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับใดก็ตาม

2. สายพันธุ์ Solander มีระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่ช่วงอายุการตัด 40-60 วัน เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับไม่เกิน 60 กิโลกรัมต่อไร่ แต่กรดออกซาลิกจะมีระดับสูงสุดที่อายุ 40 วันเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 80 กิโลกรัมต่อไร่

3. สายพันธุ์ Splenda มีระดับกรดออกซาลิกไม่เปลี่ยนแปลง ตลอดช่วงอายุการตัด และที่ทุกระดับปุ๋ยไนโตรเจน

4. สายพันธุ์ Kazungula มีระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่อายุ 40 วัน ไม่ว่าจะใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับใด

5. สายพันธุ์ CPI 15899 มีระดับกรดออกซาลิกสูงสุดที่ช่วงอายุการตัด 40-60 วัน เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่ว่าระดับใดก็ตาม แต่ถ้าไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ระดับกรดออกซาลิกจะไม่เปลี่ยนแปลงทุกช่วงอายุการตัด

6. หญ้าซีตาเรียทุกสายพันธุ์ ทุกระดับปุ๋ย และทุกๆ ระยะตัด ระดับกรดออกซาลิกที่พบไม่เป็นพิษต่อสัตว์

ข้อเสนอแนะ

ถึงแม้ว่าระดับกรดออกซาลิกเฉลี่ยในหญ้าซีตาเรียทั้ง 5 สายพันธุ์ที่ศึกษาในครั้งนี้ ไม่ถึงระดับที่เป็นพิษต่อโค กระบือ แต่ถ้าหากให้โค กระบือ กินหญ้าซีตาเรียเพียงอย่างเดียวติดต่อกันหลายวัน อาจจะมีผลต่อเนื่องจึงควรจะต้องมีการให้แร่ธาตุแคลเซียมเสริม โดยอาจให้ในรูปแร่ธาตุก้อน ให้สัตว์เลียกิน เพื่อป้องกันการขาดธาตุแคลเซียมในสัตว์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณวารุณี พานิชผล คุณวิโรจน์ วนาสิทธิชัยวัฒน์ คุณเกียรติศักดิ์ กล่ำเอม ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษาในการเขียนรายงาน ขอบคุณคุณวรรณา อ่างทองที่ได้ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาทที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในการปลูกพืชทดลอง ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กฤษณา ศรีสรรพกิจ และ ศศิพร คุนาพงษ์กิติ. 2538. สารพิษในพืชอาหารสัตว์. กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์. 18 หน้า.

วารุณี พานิชผล และวลัยกานต์ เจียมเจตจรูญ. 2541. ตารางคุณค่าทางอาหารสัตว์. กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์. 27 หน้า.

วิเชียร ฝอยพิกุล. 2536. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์. 238 หน้า.

วิรัช สุขสราญ, จีรพัฒน์ วงศ์พิพัฒน์ และ เถลิงศักดิ์ โนนทวงศ์. 2540. การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของหญ้ากินนีสีม่วงในดินชุดอุบลบริเวณทุ่งกุลาร้องไห้. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2540. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 99-117.

ลักขณา วุฒิปราชญ์อำไพ, วีระพล พูนพิพัฒน์ แพรวพรรณ ชูช่วย และ สัมพันธ์ มาศโอสถ. 2544. ลักษณะการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของหญ้าซีตาเรีย 4 สายพันธุ์. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2544. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 52-71.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, สันทัด โรจนสุนทร, นิรันดร์ สิงหบุตรา, ถวิล ครุฑกุล, สมศักดิ์ วังใน , ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, แจ่มจันทร์ วิจารสรณ์, อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, อัศจรรย์ สุขธำรง, ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ วิโรจน์ อิ่มพิทักษ์. 2535. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7, โรงพิมพ์คุรุสภา, กรุงเทพฯ. 730 หน้า.

สายัณห์ ทัดศรี. 2540. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน การผลิตและการจัดการ. สำนักพิมพ์รั้วเขียว กรุงเทพฯ. 375 หน้า.

อุทัย คันโธ. 2531. สารพิษและสารขัดขวางโภชนะที่พบในวัตถุดิบอาหารสัตว์. บทความเสนอในที่ประชุมวิชาการเรื่องสารเจือปนในอาหารสัตว์ ณ สถาบันสุขภาพสัตว์และผลิตสัตว์แห่งชาติ. 28 หน้า.

เอิบ เขียวรื่นรมย์. 2535. ดินของประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์ กรุงเทพฯ. 650 หน้า.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemist, Inc. Arlington Virginia 22201 USA. 1298 p.

Blood, D.C., J.A.Handerson and O.M.Ratostite. 1979. A text of disease in cattle, sheep and horse. 5th ed. Philadelphia USA. 1025 p.

Mannetje, L.T. and R.M. Jones. 1992. Plant Resources of South East Asia. No.4. Forage. Bogor Indonesia. 300 p.

NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Ed. National Research Council National Academy Press, Washington, DC. 381 p.

Jones, R.J. and C.W. Ford. 1972. Some factors affecting the oxalate content of the tropical grass. *Setaria sphacelata*. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 12: 400-460.

Skerman, P.J. and F. Riveros. 1990. Tropical Grasses. Food and Agriculture Organization of the United Nations, no.23. Rome Italy. 834 p.