

ระดับของไนเตรทและกรดไฮโดรไซยานิกในข้าวฟ่างอาหารสัตว์ 3 สายพันธุ์ ในระดับปุ๋ยและระยะการตัดต่างๆ กัน

ศศิพร คุณาพงษ์กิติ^{1/} จริยา บุญจรัสชะ^{1/} กฤษณา ศรีสรรพกิจ^{1/} ลักขณา วุฒิปราชญ์อำไพ^{2/}

บทคัดย่อ

การทดลองนี้เป็นการศึกษาระดับของไนเตรทและกรดไฮโดรไซยานิกในข้าวฟ่างอาหารสัตว์ 3 สายพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ 3 x 4 x 6 Factorial in RCB มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 ปัจจัย คือข้าวฟ่าง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 สายพันธุ์อุทุมพร 1 และสายพันธุ์สุพรรณบุรี 60 อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับคือ 0 40 60 80 กิโลกรัมต่อไร่ และอายุการตัด 6 ระยะ คือ 45 60 75 90 105 และ 120 วัน ทำการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาท บนดินชุดราชบุรี ระหว่างเดือน มีนาคม 2541 ถึง ตุลาคม 2542

ผลการทดลองพบว่าปฏิสัมพันธ์กันของทั้ง 3 ปัจจัยมีผลกระทบต่อระดับไนเตรท ขณะที่ระดับกรดไฮโดรไซยานิกมีผลกระทบมาจากปัจจัยของสายพันธุ์และอายุการตัดข้าวฟ่างทั้ง 3 สายพันธุ์จะมีระดับไนเตรทและระดับกรดไฮโดรไซยานิกสูงสุดเมื่อตัดที่อายุ 45 วัน และลดลงเมื่ออายุการตัดมากกว่า 45 วัน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ระดับไนเตรทในข้าวฟ่างทั้ง 3 สายพันธุ์สูงกว่าเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แต่ไม่ทำให้ระดับกรดไฮโดรไซยานิกแตกต่างกัน ข้าวฟ่างทั้ง 3 สายพันธุ์มีระดับไนเตรทอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์ ไม่ว่าจะตัดที่อายุเท่าใดหรือใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราใดก็ตาม แต่ระดับกรดไฮโดรไซยานิกจะอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์ เมื่อตัดที่อายุมากกว่า 45 วันขึ้นไป

คำสำคัญ : ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ไนเตรท กรดไฮโดรไซยานิก

เลขทะเบียนวิจัย 41 (1/41) – 0714 – 008

^{1/} กลุ่มวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์

^{2/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาท กองอาหารสัตว์

The Level of Nitrate and Hydrocyanic Acid in 3 Varieties of Forage Sorghums at Different Levels of Nitrogen Fertilizer and Cutting Intervals

Sasipron Kunapongkiti^{1/} Jariya Boonjaratcha^{1/} Krisana Sreesunpagit^{1/} Lakana Vuthiprachumpai^{2/}

Abstract

The experiment was conducted to study on levels of nitrate and hydrocyanic acid in Forage Sorghum 3 varieties i.e. Forage Sorghum cv. Supanburi 1, Forage Sorghum cv. Uthong 1 and Forage Sorghum cv. Supanburi 60 at Chainat Animal Nutrition Research and Development Center on Ratchaburi soil series during March 1998 to October 1999. The experiment design was 3 x 4 x 6 Factorial in RCB comprised with 3 factors that is varieties, nitrogen fertilizer 4 levels at 0, 40, 60, 80 kilogram per rai and cutting intervals 6 levels at 45, 60, 75, 90, 105, 120 days.

It was shown that there were interaction among the varieties, nitrogen fertilizer levels and cutting intervals which was effected to nitrate levels. While the hydrocyanic acid level was only effected from varieties and cutting intervals factors. The levels of nitrate and hydrocyanic acid were highest at 45 days cutting periods and decrease when they were cut at over 45 days. When nitrogen fertilizer was applied, only the nitrate level got higher than without applied, this was not for hydrocyanic acid. The 3 varieties of Forage Sorghum at every cutting periods and nitrogen fertilizer levels had nitrate levels at non-hazardous level to cattle, but the hydrocyanic acid level did not hazard to cattle if they were cut at over 45 days.

Keywords : Forage Sorgham Nitrate Hydrocyanic acid

Research Project No. 41 (1/41) – 0714 – 008

^{1/} Feed and Forage Analysis Section, Animal Nutrition Division.

^{2/} Chatnat Animal Nutrition Research and Development Center, Animal Nutrition Division.

คำนำ

ข้าวฟ่าง เป็นพืชอาหารสัตว์ชนิดหนึ่งที่เจริญเติบโตเร็ว มีลักษณะลำต้น และใบอ่อนนุ่ม สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินหลายชนิด มีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูง (จรัรัตน์ และคณะ, 2534) มีรสชาดหวาน สัตว์ชอบกิน ให้ผลผลิตสูงในระยะเวลาสั้น เกษตรกรนิยมปลูกเพื่อเลี้ยงวัวนม เกียรติศักดิ์ และคณะ (2541) ได้ศึกษาผลผลิตของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ 4 ชนิดในชุดดินตาคลี ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สระแก้ว ที่ตัดทุก ๆ 45 วัน พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0 10 20 30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตน้ำหนักแห้ง โดยหญ้าจัมโบ้ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเท่ากับ 3,579 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือหญ้าชูเปอร์ดาน หญ้านิวทรีฟีด และข้าวฟ่างสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ให้ผลผลิตเท่ากับ 3,042 3,037 และ 2,800 กิโลกรัมต่อไร่ แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลกระทบต่อระดับโปรตีนซึ่งพบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 และ 30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ให้โปรตีนในพืชเท่ากับ 10.3 และ 10.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.6 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าข้าวฟ่างเป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางโภชนาสูง จากการที่น้ำในลำต้นมีความหวาน ข้าวฟ่างจึงเป็นพืชที่เหมาะสมแก่การทำพืชหมัก ซึ่งสมุน และคณะ (2546) รายงานว่าข้าวฟ่างสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 สายพันธุ์ลูกผสมจัมโบ้ และสายพันธุ์การคำ ที่ปลูกในชุดดินบึงขัง ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สระแก้ว เมื่อตัดที่อายุ 10 -11 สัปดาห์ ทำพืชหมักโดยไม่เติมสารเสริม หมักนาน 60 วัน ได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี ส่วนสายพันธุ์ข้าวฟ่างแดง ได้พืชหมักคุณภาพพอใช้ แต่ข้าวฟ่างมีข้อเสียคือมีสารพิษกรดไฮโดรไซยานิก และไนเตรท ที่เป็นอันตรายต่อสัตว์

กรดไฮโดรไซยานิก ปกติเป็นแก๊สที่ไม่มีสี ที่อุณหภูมิห้อง ใช้ประโยชน์โดยตรงในลักษณะแก๊สหรือของเหลว ใช้เป็นยาฆ่าแมลงได้ดี เป็นพิษต่อสัตว์ทุกชนิด กรดไฮโดรไซยานิกในพืช จะเกิดได้จากการที่พืชนั้นมีสารประกอบไซยาโนเจนติกกลูโคไซด์ (cyanogenetic glucoside) และเอนไซม์เบต้ากลูโคซิเดส เป็นองค์ประกอบซึ่งจะอยู่ในคนละส่วนของเซลล์ ต้นพืชที่อยู่ในสภาพปกติสารประกอบไซยาโนเจนติก กลูโคไซด์จะไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ แต่ถ้าหากต้นพืชถูกทำลาย เช่นถูกตัด หรือไม่เจริญเติบโต เซลล์ของพืชก็จะถูกทำลาย ทำให้ไซยาโนเจนติกกลูโคไซด์ที่สะสมอยู่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์เบต้ากลูโคซิเดสเกิดเป็นกรดไฮโดรไซยานิก ถ้าสัตว์กินพืชนี้เข้าไป สารประกอบไซยาโนเจนติกกลูโคไซด์ในพืชจะถูกเปลี่ยนแปลงในกระเพาะอาหารของสัตว์เกิดเป็นกรดไฮโดรไซยานิกซึ่งเป็นพิษ ความเป็นพิษของกรดไฮโดรไซยานิกคือ ทำให้กล้ามเนื้อขาดออกซิเจน หายใจขัด ตัวสั่น ชักกระตุก เมื่อเจาะเลือดดูจะเห็นเป็นสีแดงสด สัตว์ที่ได้รับสารพิษนี้เข้าไปในปริมาณมากอาจถึงตายอย่างรวดเร็วภายใน 2 - 3 นาที (มาลินี, 2527) ระดับกรดไฮโดรไซยานิกที่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์คือประมาณ 25 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งขึ้นไป (ฉายแสง และคณะ, 2534)

ส่วนสารไนเตรทนั้น ความเป็นพิษของไนเตรทเกิดขึ้นเนื่องจากไนเตรทถูกเปลี่ยนให้เป็นไนไตรท์ โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เมื่อไนไตรท์ทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบินในเลือด จะได้เป็น เมธฮีโมโกลบิน ซึ่งจะจับออกซิเจนไว้ ทำให้เซลล์ของร่างกายขาดออกซิเจน จึงเกิดโรคเมธฮีโมโกลบินีเมีย มีอาการคือเลือดมีสีน้ำตาลไหม้ เนื่องจากมีเมธฮีโมโกลบินมากเกินไป ร่างกายจะขาดออกซิเจนจนอาจถึงตายได้ นอกจากนี้ไนไตรท์ยังทำหน้าที่เป็นตัวต่อต้านขบวนการใช้ประโยชน์ของวิตามินเอ อาจทำให้สัตว์แสดงอาการขาดวิตามินเอได้ด้วย (กฤษณาและศศิพร, 2538) ไนไตรท์อาจรวมตัวกับสารพวก เอมีนหรือเอไมด์กลายเป็นสารประกอบไนโตรโซ ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่างๆ ทางพันธุกรรม (ศิรินัตตาและวัลลี, 2528) อาการของสัตว์ที่ได้รับสารพิษไนเตรทคือเดินโซเซ หายใจเร็ว หอบ เกร็งทั้งตัวแล้วหมดแรง กล้ามเนื้อสั่น และอาจถึงตายได้เนื่องจากหัวใจขาดออกซิเจน ปริมาณต่ำสุดของไนเตรทที่โค กระบือ กินแล้วตายเท่ากับ 500 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (มาลินี, 2527)

ระยะการเจริญเติบโตของพืชและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณสารพิษในพืชอาหารสัตว์ การใส่ปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนสูง จะมีผลทำให้ระดับกรดไฮโดรไซยานิกและไนเตรทในพืชสูงขึ้นด้วย (กฤษณาและศศิพร, 2538) จูร์รัตน์และคณะ (2534) ได้ศึกษาปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกในหญ้าซอกัมแดง ซึ่งเป็นพืชตระกูลข้าวฟ่างที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ชนิดหนึ่งในชุดดินราชบุรี ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาท พบว่าปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น และสูงสุดเมื่อตัดทุก ๆ 40 วัน และจะลดลงเรื่อยๆ ในการตัดที่ระยะเริ่มมีช่อดอก ระยะมีดอก และระยะเก็บเมล็ด สำหรับการทดลองนี้ได้ทำการศึกษาค้นคว้าของระดับปุ๋ยไนโตรเจน และอายุการตัดต่างๆ กัน ที่มีผลต่อระดับไนเตรทและกรดไฮโดรไซยานิกในข้าวฟ่างอาหารสัตว์ 3 สายพันธุ์เพื่อเป็นข้อมูลให้ทราบระยะการตัดและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมที่จะไม่มีผลกระทบจากสารพิษไนเตรทและกรดไฮโดรไซยานิก ต่อสัตว์ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาท ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนมีนาคม 2541 ถึง เดือนตุลาคม 2542

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

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

ปัจจัยที่ 1 ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ 3 สายพันธุ์ คือ

 - สายพันธุ์สุพรรณบุรี 1
 - สายพันธุ์อุทอง 1
 - สายพันธุ์สุพรรณบุรี 60

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

ปัจจัยที่ 3 อายุการตัด 6 ระยะ คือ 45 60 75 90 105 และ 120 วัน โดยแต่ละอายุตัด เพียงครั้งเดียว

2. เก็บตัวอย่างดินที่ความลึกประมาณ 20 เซนติเมตรก่อนการทดลอง เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter) ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (Available Phosphorus) แคลเซียม และแมกนีเซียม (C.A. Black และคณะ, 1979)

3. เตรียมแปลงทดลองขนาด 4x4 เมตร จำนวน 48 แปลง แต่ละแปลงแบ่งเป็น 6 ส่วน เพื่อตัด 6 ระยะ แบ่งแปลงเล็กให้ห่างจากริมแปลงใหญ่ 0.5 เมตร แต่ละแปลงย่อยจะมีขนาด 1.5 ตารางเมตร

4. ทำการปลูกข้าวฟ่างอาหารสัตว์โดยใช้เมล็ดพันธุ์ มีระยะปลูก 50x10 เซนติเมตร จำนวน 4 ต้นต่อหลุม ทำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนพร้อมปลูกครั้งเดียว อัตราต่างๆ ตามที่กำหนดในสิ่งทดลอง กำจัดวัชพืชหลังการปลูกแล้ว 1 เดือน

5. ทำการตัดพืชที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 10 เซนติเมตร โดยตัดครั้งแรกทั้งแปลงที่อายุ 60 วัน เพื่อความสม่ำเสมอ แล้วตัดพืชตามแผนการทดลอง โดยตัดทั้งแปลงยกเว้นขอบแปลงโดยรอบ แล้วสุ่มเก็บพืชสดประมาณ 500 กรัม สับให้ละเอียดขนาดความยาวไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ใส่ในถุงพลาสติก ปิดปากถุงให้สนิทนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกทันที ด้วยวิธี Alkaline Titration (AOAC, 1990) ถ้าวิเคราะห์ไม่ทันจะต้องเก็บตัวอย่างไว้ในตู้แช่แข็งและทำการวิเคราะห์โดยเร็วที่สุด สุ่มตัวอย่างพืชสดอีกส่วนหนึ่งประมาณ 2 กิโลกรัม บันทึกน้ำหนักสด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่และบันทึกน้ำหนักแห้ง นำไปบดให้ละเอียดขนาด 1 มิลลิเมตร ใส่ถุงพลาสติกปิดปากถุงให้สนิท นำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท ด้วยวิธี Cadmium Reduction Method (AOAC, 1990)

6. เก็บตัวอย่างดินที่ความลึกประมาณ 20 เซนติเมตรหลังการทดลอง เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter) ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (Available Phosphorus) แคลเซียม และแมกนีเซียม

7. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance และตรวจสอบความแตกต่างของวิธีด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) และ LSD

ผลการทดลองและวิจารณ์

คุณสมบัติของดิน

พื้นที่ทำการทดลองเป็นชุดดินราชบุรี ลักษณะของดินเป็นดินเหนียว แต่กระแงในหน้าแล้ง ระบายน้ำได้ไม่ดี ดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวจัด มีสีเทาปนน้ำตาล คุณสมบัติของดินก่อนทดลองมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.16 ซึ่งเป็นกรดเล็กน้อย ปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลางคือ 1.89 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ 39.93 ppm ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์สูง ธาตุแคลเซียม 1651.21 ppm และแมกนีเซียม 247.31 ppm

คุณสมบัติของดินหลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ย pH ลดลงเล็กน้อยเท่ากับ 5.95 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เป็นกรดปานกลาง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ธาตุแคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 1.82 เปอร์เซ็นต์ 1448.01 ppm และ 246.18 ppm ตามลำดับ ซึ่งมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย ธาตุฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้มีค่าลดลงโดยมีค่าเท่ากับ 21.36 ppm ทั้งนี้ pH ของดินหลังทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.95 เป็น pH ที่เหมาะสมสำหรับพืชที่จะนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ สรสิทธิ์ และคณะ (2535) กล่าวว่า ที่ pH ของดินประมาณ 6 - 7 ฟอสเฟตในดินจะถูกตรึงไว้น้อยที่สุด ถ้า pH สูงหรือต่ำกว่านี้ ความเป็นประโยชน์ต่อพืชจะลดลง

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังการทดลอง

ชุดดินราชบุรี	pH	อินทรีย์วัตถุ %	ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ ppm	แคลเซียม ppm	แมกนีเซียม ppm
ก่อนการทดลอง	6.16	1.89	39.93	1651.21	247.31
หลังการทดลอง	5.95	1.82	21.36	1448.01	246.18

หมายเหตุ ไม่ได้วิเคราะห์ผลทางสถิติ

ระดับไนโตรเจน

ระดับไนโตรเจนของข้าวฟ่างอาหารสัตว์ 3 สายพันธุ์ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ กันคือ 0 40 60 80 กิโลกรัมต่อไร่ และอายุการตัดต่างกันคือ 45 60 75 90 105 120 วัน นั้น พบว่าอายุการตัด อัตราปุ๋ยไนโตรเจน และสายพันธุ์ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อระดับไนโตรเจน และพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ (interaction) ต่อกันของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนกับอายุการตัด อัตราปุ๋ยไนโตรเจนกับสายพันธุ์ อายุการตัดกับสายพันธุ์ และระหว่างอัตราปุ๋ยไนโตรเจน อายุการตัด กับ สายพันธุ์ ซึ่งปฏิสัมพันธ์ต่อกันระหว่าง 3 ปัจจัย คือ สายพันธุ์ อายุการตัด และอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ที่มีผลต่อระดับไนโตรเจน แสดงในตารางที่ 2 ดังนี้คือ

ตารางที่ 2 ระดับไนโตรเจน (ppm) ของข้าวฟ่าง 3 สายพันธุ์ ที่ให้อัตราปุ๋ยไนโตรเจน และ ระยะการตัดต่างๆ กัน

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (N)	สายพันธุ์ (V)			
	สุพรรณบุรี 1	อุ้มทอง 1	สุพรรณบุรี 60	N เฉลี่ย
อายุการตัด 45 วัน				
0 กิโลกรัม N ต่อไร่	159.6 ^b	67.7 ^b	29.0 ^d	85.5
40 กิโลกรัม N ต่อไร่	104.1 ^c	84.3 ^b	174.9 ^c	121.1
60 กิโลกรัม N ต่อไร่	114.8 ^{bc}	158.1 ^a	285.7 ^b	186.2
80 กิโลกรัม N ต่อไร่	229.6 ^a	178.4 ^a	479.4 ^a	295.8
อายุการตัด 60 วัน				
0 กิโลกรัม N ต่อไร่	8.3 ^b	3.6 ^a	8.4 ^a	6.8
40 กิโลกรัม N ต่อไร่	37.6 ^{ab}	4.2 ^a	41.0 ^a	27.6
60 กิโลกรัม N ต่อไร่	32.6 ^{ab}	17.9 ^a	29.9 ^a	26.7
80 กิโลกรัม N ต่อไร่	77.6 ^a	37.1 ^a	15.7 ^a	43.5
อายุการตัด 75 วัน				
0 กิโลกรัม N ต่อไร่	12.0 ^a	7.8 ^a	7.9 ^a	9.2
40 กิโลกรัม N ต่อไร่	12.4 ^a	11.7 ^a	2.0 ^a	8.7
60 กิโลกรัม N ต่อไร่	25.5 ^a	10.5 ^a	1.5 ^a	12.5
80 กิโลกรัม N ต่อไร่	12.2 ^a	9.1 ^a	2.0 ^a	7.7
V-เฉลี่ย	68.9	49.2	89.8	69.3

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ($P < 0.05$)

2-N x C x V means LSD (0.05) = 49.4

จากตารางที่ 2 เนื่องจากตามแผนการทดลองที่ศึกษาอายุการตัด 6 ระยะคือ 45 60 75 90 105 120 วัน นั้น พบว่าระดับไนโตรเจนที่อายุการตัด 90 -120 วัน มีระดับต่ำมาก (ระดับน้อยกว่า 5.0 ppm ถึง ตรวจไม่พบ) จึงไม่นำมาคำนวณค่าทางสถิติ

สายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่อายุการตัด 45 วัน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ มีระดับไนโตรเจนสูงสุดเท่ากับ 229.6 ppm (229.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่ มีระดับไนโตรเจนเท่ากับ 114.8 ppm มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ กับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 40 กิโลกรัมต่อไร่ ที่มีระดับไนโตรเจนเท่ากับ 104.1 ppm ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีระดับไนโตรเจนเท่ากับ 159.6 ppm สูงกว่าเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ อาจเนื่องมาจาก dilution effect ซึ่งเกิดจากข้าวฟ่างสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ขณะตัดที่อายุ 45 วัน นั้น มีขนาดลำต้นเล็ก และผลผลิตต่ำ ซึ่งอาจเป็นผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในต้นพืชสูงขึ้น ข้าวฟ่างสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่

อายุการตัด 60 วัน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ก็มีระดับไนเตรทสูงสุด ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0 40 60 กิโลกรัมต่อไร่มีระดับไนเตรทไม่แตกต่างกันทางสถิติ และที่อายุการตัด 75 วัน พบว่าระดับไนเตรท เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทุกอัตรามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ จะเห็นว่าสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ระดับไนเตรทมีค่าลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น

สายพันธุ์อุทอง 1 ที่อายุการตัด 45 วัน การไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ระดับไนเตรทมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 67.7 และ 84.3 ppm ตามลำดับ เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่ ระดับไนเตรทสูงขึ้นแตกต่างทางสถิติกับเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 40 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีค่าเท่ากับ 158.1 ppm และเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ ระดับไนเตรทเท่ากับ 178.4 ppm มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 60 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการตัดที่อายุ 60 วันขึ้นไปนั้น ระดับไนเตรทเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน หรือเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทุกอัตรามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ จะเห็นว่าข้าวฟ่างสายพันธุ์อุทอง 1 การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะมีผลต่อการสะสมไนเตรทเฉพาะที่อายุการตัดน้อยๆ คือ 45 วัน และมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง อาจเนื่องมาจากพื้นที่ทดลองเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์อยู่แล้ว จึงเริ่มตอบสนองเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง

สายพันธุ์สุพรรณบุรี 60 จะเห็นการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนได้ชัดเจนโดยที่อายุการตัด 45 วัน พบว่าระดับไนเตรทมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างแตกต่างทางสถิติตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้เพิ่มขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 29.0 174.9 285.7 และ 479.4 ppm เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 60 80 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามที่ กฤษณาและศศิพร (2538) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณสูง จะมีผลทำให้ไนเตรทในพืชสูงขึ้น แต่ถ้าตัดที่อายุ 60 วันขึ้นไป การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทในพืช เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนหรือเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราใดก็ตาม ระดับไนเตรทมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จะเห็นได้ว่าข้าวฟ่างทั้ง 3 สายพันธุ์มีระดับไนเตรทสูงสุดที่อายุการตัด 45 วัน และเมื่ออายุการตัดเพิ่มขึ้นเป็น 60 วันขึ้นไป ระดับไนเตรทจะลดลงจนมีระดับต่ำมาก ในกรณีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ที่อายุการตัด 45 วัน สายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 จะมีระดับไนเตรทสูงกว่าสายพันธุ์อุทอง 1 และสายพันธุ์สุพรรณบุรี 60 (LSD 0.05) แต่ถ้ามีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนซึ่งทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ ระดับไนเตรทของสายพันธุ์สุพรรณบุรี 60 จะสูงกว่าสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และสายพันธุ์อุทอง 1 (LSD 0.05) ขณะที่อายุการตัด 60 วัน สายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นซึ่งทำให้ดินมีความสมบูรณ์มากขึ้น ระดับไนเตรทจะสูงขึ้นมากกว่าเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แต่สายพันธุ์อุทอง 1 และสุพรรณบุรี 60 จะไม่ตอบสนองแม้ว่าจะใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น และที่อายุการตัด 75 วัน ทั้ง 3 สายพันธุ์จะไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนไม่ว่าจะใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราใดก็ตาม ซึ่งสอดคล้องกับระดับไนเตรทที่อายุการตัด 90 - 120 วันที่มีระดับไนเตรทต่ำมาก

ในด้านความเป็นพิษของไนเตรทนั้น ปริมาณต่ำสุดของไนเตรทที่โค กระบือกินแล้วตาย คือ 500 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวสัตว์ 1 กิโลกรัม (มาลินี, 2527) ถ้าพิจารณาโคระยะโตเต็มที่ น้ำหนักตัวประมาณ 400 กิโลกรัม ปริมาณที่เป็นพิษจะเท่ากับ 200,000 มิลลิกรัม เนื่องจากโคมีอัตราการกินวัตถุดิบแห้ง (Dry Matter Intake, DMI) ที่ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน (NRC, 2001) โคระยะโตเต็มที่ น้ำหนักตัวประมาณ 400 กิโลกรัมจะกินวัตถุดิบได้เท่ากับ 12 กิโลกรัมต่อวัน ถ้าหากโคกินข้าวฟ่างสายพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ที่มีการให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ และตัดที่อายุ 45 วัน ซึ่งมีระดับไนเตรทเท่ากับ 479.4 ppm (ตารางที่ 2) โดยให้กินเต็มที่ต่อวันจะเท่ากับได้รับ ไนเตรทประมาณ 5,753 มิลลิกรัม ซึ่งเป็นระดับที่ไม่เป็นพิษต่อโค นอกจากนี้ในการทำข้าวฟ่างหมัก ซึ่งสุมน และคณะ (2546) รายงานว่าช่วงอายุที่เหมาะสมคือระยะแทงช่อดอก 50 เปอร์เซ็นต์ หรืออายุ 80-90 วัน นั้น จากการทดลองนี้พบว่าในช่วงอายุเหมาะสมต่อการทำข้าวฟ่างหมักนี้ปริมาณไนเตรทในข้าวฟ่าง 3 สายพันธุ์มีอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์

ระดับกรดไฮโดรไซยานิก

ระดับกรดไฮโดรไซยานิกเฉลี่ยของข้าวฟ่าง 3 สายพันธุ์ที่ปลูกโดยใช้อัตราปุ๋ยไนโตรเจน และอายุการตัดต่างๆ กัน นั้น พบว่า อายุการตัด และสายพันธุ์เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระดับกรดไฮโดรไซยานิก ขณะที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ไม่มีผลกระทบต่อระดับกรดไฮโดรไซยานิก และพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์กันของปัจจัยที่ศึกษา คือ อายุการตัดกับสายพันธุ์ สายพันธุ์กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน อัตราปุ๋ยไนโตรเจนกับอายุการตัด และ อายุการตัด สายพันธุ์กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน

ในตารางที่ 3 แสดงระดับกรดไฮโดรไซยานิกเฉลี่ยของข้าวฟ่าง 3 สายพันธุ์ ที่อายุการตัดต่างกัน และระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้ต่างกัน ซึ่งพบว่า ข้าวฟ่างสายพันธุ์อุทอง 1 มีระดับกรดไฮโดรไซยานิกสูงสุดเท่ากับ 19.0 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (19.0 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม) มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับระดับกรดไฮโดรไซยานิกในสายพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ที่มีค่าเท่ากับ 16.6 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง แต่มีค่ามากกว่าทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับกรดไฮโดรไซยานิกในสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีค่าเท่ากับ 14.9 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง

ข้าวฟ่าง 3 สายพันธุ์ ที่ทุกอายุการตัด แต่มีการให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ กัน มีระดับกรดไฮโดรไซยานิกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยระดับปุ๋ยไนโตรเจน 0 40 60 80 กิโลกรัมต่อไร่ มีระดับกรดไฮโดรไซยานิกเท่ากับ 15.7 17.5 18.0 16.2 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ส่วนข้าวฟ่าง 3 สายพันธุ์ ที่ทุกอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ แต่มีอายุการตัดต่างกัน ทำให้ระดับกรดไฮโดรไซยานิกแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่าลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้นจากอายุ 45 - 90 วัน และเมื่อตัดที่อายุ 105 - 120 วัน ระดับกรดไฮโดรไซยานิกมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับที่อายุการตัด 90 วัน โดยอายุการตัด 45 วันมีระดับกรดไฮโดรไซยานิกสูงสุดคือ 37.8 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และการตัดที่อายุ 60 75 90 105 120 วัน มีระดับกรดไฮโดรไซยานิกเท่ากับ 19.9 14.0 9.0 10.8 9.6 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งตรงกับที่จรัสรัตน์ และคณะ (2534) รายงานว่าปริมาณ

กรดไฮโดรไชนิกในหญ้าชอกกัมแดง สูงสุดเมื่อตัดทุกๆ 40 วัน และจะลดลงเรื่อยๆ ในการตัดที่ระยะเริ่มมีช่อดอก ระยะมีดอก และระยะเก็บเมล็ด

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยระดับกรดไฮโดรไชนิก ในข้าวฟ่าง 3 สายพันธุ์ที่ศึกษาด้วยปัจจัยต่าง ๆ

ปัจจัย	ระดับกรดไฮโดรไชนิกเฉลี่ย (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง)
สายพันธุ์ (Varieties, V)	
สุพรรณบุรี 1	14.9 ^b
อุททอง 1	19.0 ^a
สุพรรณบุรี 60	16.6 ^{ab}
ระดับปุ๋ยไนโตรเจน (Nitrogen, N)	
ระดับ 0 กิโลกรัมต่อไร่	15.7
ระดับ 40 กิโลกรัมต่อไร่	17.5
ระดับ 60 กิโลกรัมต่อไร่	18.0
ระดับ 80 กิโลกรัมต่อไร่	16.2
อายุการตัด (Cutting interval, C)	
อายุ 45 วัน	37.8 ^a
อายุ 60 วัน	19.9 ^b
อายุ 75 วัน	14.0 ^c
อายุ 90 วัน	9.0 ^d
อายุ 105 วัน	10.8 ^{cd}
อายุ 120 วัน	9.6 ^d
% CV	17.2

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ($P < 0.05$)

การพิจารณาระดับความเป็นพิษต่อสัตว์ของกรดไฮโดรไชนิกนั้น ระดับต่ำสุดของกรดไฮโดรไชนิกที่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์คือประมาณ 25 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งขึ้นไป (ฉายแสงและคณะ, 2534) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าข้าวฟ่างทั้ง 3 สายพันธุ์ที่อายุ 45 วันมีกรดไฮโดรไชนิกเฉลี่ยเท่ากับ 37.8 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 3) ซึ่งสูงกว่าระดับต่ำสุดที่สัตว์รับได้โดยไม่เกิดความเป็นพิษ แต่เมื่ออายุการตัดมากขึ้นระดับกรดไฮโดรไชนิกลดลง ซึ่งตรงกับรายงานของจรัสรัตน์และคณะ (2534) ที่พบว่าปริมาณกรดไฮโดรไชนิกในหญ้าชอกกัมแดงสูงสุดเมื่อตัดทุกๆ 40 วันและลดลงเมื่อพืชอายุมากขึ้น และจากรายงานของสุมน และคณะ (2546) ว่าช่วงอายุที่เหมาะสมของการทำข้าวฟ่างหมักคือระยะแทงช่อดอก 50 เปอร์เซ็นต์ หรืออายุประมาณ 80-90 วัน ข้าวฟ่างที่ศึกษาครั้งนี้ ที่อายุการตัด 90 วัน มีระดับกรดไฮโดรไชนิกเท่ากับ 9.0 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นระดับที่ไม่

เป็นพืชต่อสัตว์ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าข้าวฟ่างจะเป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางโภชนาสูง แต่ก็ควรหลีกเลี่ยงการเลี้ยงสัตว์ด้วยข้าวฟ่างสด แต่ให้นำข้าวฟ่างมาทำเป็นพืชหมักแล้วจึงนำไปเลี้ยงสัตว์ พันทิพา (2539) รายงานว่าในไบมันสำปะหลังซึ่งมีกรดไฮโดรไซยานิกในระดับสูงนั้น เมื่อนำมาหมัก จุลินทรีย์ในกระบวนการหมักจะทำให้กรดไฮโดรไซยานิกกลายเป็นแอมโมเนีย และน้ำ ระดับกรดไฮโดรไซยานิกจะลดลงได้ถึง 83 เปอร์เซ็นต์ การนำข้าวฟ่างมาทำพืชหมัก ทำให้ปริมาณโภชนาการเปลี่ยนแปลงไปไม่มากนัก โดยฉายแสง และคณะ (2546) ได้ทำการศึกษาค้าวฟ่างหมัก 4 สายพันธุ์คือ Hi – sugar , Big sugar , Sweet sorghum และสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และรายงานว่าการนำข้าวฟ่างที่ตัดที่อายุ 75 วัน มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 5.8 – 7.3 เปอร์เซ็นต์ และหลังจากนำมาทำเป็นพืชหมักแล้วปริมาณโปรตีนเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาระดับไนโตรเจน และระดับกรดไฮโดรไซยานิก ในข้าวฟ่างสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 สายพันธุ์ อุโมง 1 และสายพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ที่อายุการตัด และ อัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่างๆ กัน ในชุดดินราชบุรี บริเวณศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาท สรุปได้ดังนี้

1. ข้าวฟ่างทั้ง 3 สายพันธุ์จะมีระดับไนโตรเจนและ ระดับกรดไฮโดรไซยานิกสูงสุดเมื่อตัดที่อายุ 45 วัน และลดลงเมื่ออายุการตัดมากกว่า 45 วัน
2. การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ระดับไนโตรเจนในข้าวฟ่างทั้ง 3 สายพันธุ์สูงกว่าเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แต่ไม่ทำให้ระดับกรดไฮโดรไซยานิกแตกต่างกัน
3. ข้าวฟ่างทั้ง 3 สายพันธุ์มีระดับไนโตรเจนอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพืชต่อสัตว์ ไม่ว่าจะตัดที่อายุเท่าใด หรือใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราใดก็ตาม
4. ข้าวฟ่างทั้ง 3 สายพันธุ์ที่อายุการตัดมากกว่า 45 วัน ขึ้นไปมีระดับกรดไฮโดรไซยานิกอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพืชต่อสัตว์

ข้อเสนอแนะ

ข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ศึกษาครั้งนี้ที่อายุการตัดน้อยๆ (45 วัน) มีระดับกรดไฮโดรไซยานิกอยู่ในระดับที่เป็นพืชต่อสัตว์ จึงไม่ควรให้สัตว์กินข้าวฟ่างสดที่อายุการตัดอ่อนเกินไปเป็นอาหารหลัก ควรให้กินพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่นร่วมด้วย หรือให้สัตว์กินข้าวฟ่างในรูปของพืชหมัก เพื่อหลีกเลี่ยงความเป็นพิษของไนโตรเจนและกรดไฮโดรไซยานิก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณวารุณี พานิชผล คุณวิโรจน์ วนาสีทธิชัยวัฒน์ คุณเกียรติศักดิ์ กล้าเอม และคุณวิรัช สุขสงราญ ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษาในการแก้ไขเขียนรายงาน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาทที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในการปลูกพืชทดลอง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยพืชไร่สุพรรณบุรีที่กรุณาสับสนุนเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่าง ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กฤษณา ศรีสรรพกิจ และ ศศิพร คุณาพงษ์กิติ. 2538. สารพิษในพืชอาหารสัตว์. กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์. 18 หน้า.
- เกียรติศักดิ์ กล้าเอม สุมน โพธิ์จันทร์ และ ปัญญา ธรรมศาล. 2541. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดและข้าวฟ่างอาหารสัตว์. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 243 - 253.
- จรัสรัตน์ สัจจิตานนท์ ทิพา บุญยะวิโรจ และกฤษณา ศรีสรรพกิจ. 2534. ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกของหญ้าซอกัมแดงที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจนและระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ในระบบชลประทาน. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2534. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 221 – 335.
- นายแสง ไผ่แก้ว, วัชรินทร์ บุญภักดี, สุจินดา สระคูพันธ์ และกิตติ อรรคชาติ. 2534. ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารสัตว์ของต้นข้าวฟ่างสายพันธุ์อุทอง 203 ที่ระยะการตัดต่างๆ กัน. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2534. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 457- 470.
- นายแสง ไผ่แก้ว, พิมพาพร พลเสน และบุญชู ชมภูสอ. 2546. การทดสอบพันธุ์ข้าวฟ่างหวานเพื่อผลิตหญ้าหมัก. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2546. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 205 – 214.
- พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2539. หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 576 หน้า.
- มาลินี ลิ้มโกคา. 2527. พืชวิทยาและปัญหาที่พบในสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์จรัสสินทวงศ์, กรุงเทพฯ. 364 หน้า.

ศิรินัตตา มินะกนิษฐ และวัลลี สุวจิตตานนท์. 2528. ไนเตรทและไนโตรทีโนนิก. วารสารสงขลานครินทร์. ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 เมษายน – มิถุนายน 2528, 159 – 164.

สุมน โพธิ์จันทร์, ปัญญา ธรรมศาล และ ประเสริฐ โพธิ์จันทร์. 2546. ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของ ข้าวโพดและข้าวฟ่างอาหารสัตว์ที่ระยะตัดเพื่อทำฟีดหมัก. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2546. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 163 – 176.

สรสิทธิ์ วัชรวิทยาน สันหัต โรจนสุนทร นิรันดร์ สิงหนุตรา ถวิล ครุฑกุล สมศักดิ์ วงษ์ใน ไพบุลย์ ประพติธรรม แจ่มจันทร์ วิจารณ์ อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ อัจฉรย์ สุขธำรง ทศนีย์ อุตตะนันท์ และวิโรจน์ อิมพิทักษ์. 2535. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7, โรงพิมพ์คุรุสภา, กรุงเทพฯ. 730 หน้า.

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

Black, C.A., D.D.Evans, L.E. Emsminger, J.L. White, F.E. Clark. 1979. Methods of Soil Analysis. 5th ed. American Society of Agronomy, Inc. USA. 770 p.

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