

อิทธิพลของอายุการตัดและรูปแบบปุ๋ยที่มีต่อผลผลิตชีวมวล และองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ทิฟตัน เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน

Influences of Cutting Ages and Fertilizer Forms on Biomass Yield and Chemical Compositions of Tifton Napier Grass for Renewable Energy

จutamaส ช่างประดิษฐ์*, ทรงยศ โชติชุตินา, เอ็จ สโรบล และนพ ตันมุกชยกุล

ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

Jutamas Changpradit*, Songyos Chotchutima, Ed Sarobol and Nop Tonmukayakul

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok Campus,

Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

บทคัดย่อ

ศึกษาอิทธิพลของอายุการตัดและรูปแบบปุ๋ยที่มีต่อผลผลิตชีวมวลและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ทิฟตันเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน แผนการทดลองแบบ Split-plot in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยปัจจัยหลัก คือ อายุการตัดที่ 120 วัน (A1), 150 วัน (A2) และ 180 วัน (A3) ปัจจัยรอง คือ การให้ปุ๋ย 4 รูปแบบ ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 36.8 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่/ปี (T1), ปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยคอกและใบกระถิน (ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 18.4 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่/ปี และปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (30 : 70, %w/w) อัตรา 18.4 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่/ปี) (T2), ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (30 : 70, %w/w) อัตรา 36.8 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่/ปี (T3) และไม่ให้ปุ๋ยไนโตรเจน (T4) ผลการทดลองพบว่าผลผลิตน้ำหนักสดและแห้งภายใต้รูปแบบปุ๋ยทั้ง 4 นั้น ทรีทเมนต์ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย (T1), ปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (T2) และปุ๋ยอินทรีย์; ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (T3) มีค่าสูงกว่า ($P<0.05$) ไม่ให้ปุ๋ยไนโตรเจน (T4) ปริมาณองค์ประกอบไนโตรเจนของการตัดหญ้าเนเปียร์ที่อายุ 180 วัน (A3) ร่วมกับการได้รับปุ๋ยไนโตรเจนแบบ T1, T2 และ T3 มีค่าสูงกว่า ($P<0.05$) ทรีทเมนต์ที่เหลือ การตัดหญ้าเนเปียร์ที่อายุ 180 วัน (A3) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (T3) มีปริมาณองค์ประกอบไนโตรเจนและซัลเฟอร์สูงที่สุด ($P<0.01$) หญ้าเนเปียร์ที่อายุ 180 วัน (A3) ร่วมกับการไม่ให้ปุ๋ยไนโตรเจน (T4) มีการสะสมคลอโรฟิลล์สูงที่สุด ($P<0.01$) และหญ้าเนเปียร์ที่อายุ 180 วัน (A3) ร่วมกับการปุ๋ยอินทรีย์; ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (T3) มีค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุด ($P<0.01$) ซึ่งมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลมากที่สุด

คำสำคัญ : อายุการตัด; รูปแบบปุ๋ย; ผลผลิตชีวมวล; หญ้าเนเปียร์; ค่าพลังงานความร้อน

Abstract

The objective of this experiment was to study the influences of cutting ages and fertilizer forms on biomass yield and chemical compositions on Tifton napier grass for renewable energy. By experiment, Split-plot in RCBD with four replications consists of 2 factors. Major factor was cutting ages, at 120 days (A1), 150 days (A2) and 180 days (A3). Minor factor included 4 fertilizer forms, i.e. urea fertilizer rate 36.8 kg.N/rai/year (T1), urea fertilizer mixed with cow manure and leucaena leaf (urea fertilizer rate 18.4 kg.N/rai/year and a mix of cow manure and leucaena leaf (30:70, %w/w) rate 18.4 kg.N/rai/year (T2), cow manure mixed with leucaena leaf (30 : 70, %w/w) rate 36.8 kg.N/rai/year (T3) and non-nitrogen fertilizer (T4). The results of fresh and dry weight yield under four fertilizer forms showed that grasses under three nitrogen fertilizer treatments urea fertilizer, T1, T2 and T3, produced higher fresh and dry weight than those of T4 ($P<0.05$). In part of hydrogen content, cutting grass at 180 days combination with the nitrogen fertilizer treatments including T1, T2 and T3 had higher ($P<0.05$) hydrogen content than the rest treatments. For nitrogen and sulfur content, cutting grass at 180 days (A3) combination with cow manure mixed leucaena leaf (T3) achieved the highest nitrogen and sulfur percentages ($P<0.01$). Moreover, chloride content of grass with cutting grass at 180 days (A3) combination with non-nitrogen fertilizer (T4) gave the highest chloride percentage ($P<0.01$). Furthermore, napier grass under cutting age 180 days (A3) combination with cow manure mixed leucaena leaf (T3) gave the highest value of heating value ($P<0.01$) which is suitable for using as biomass fuel. (T3) gave the highest ($P<0.01$) value of heating value which is suitable for using as biomass fuel.

Keywords: cutting ages; fertilizer forms; biomass yield; napier grass; heating value

1. คำนำ

หญ้าเนเปียร์เป็นหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนที่ขึ้นอยู่แพร่หลายให้ผลผลิตสูงและสามารถปลูกได้ในหลายพื้นที่ของประเทศไทย (สายัณห์, 2547) ให้ผลผลิตชีวมวลและมีศักยภาพสูงในการผลิตเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับเชื้อเพลิงชีวมวล (Mohammed *et al.*, 2015) มีค่าความร้อนประมาณ 14-18 เมกะจูลต่อกิโลกรัม เหมาะสมต่อการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนมากกว่าหญ้าชนิดอื่น (กระทรวงพลังงาน, 2556) อีกทั้งประเทศไทยเป็นประเทศ

เกษตรกรรม และมีศักยภาพสูงในด้านพื้นที่การเพาะปลูกหญ้าเนเปียร์ หญ้าเนเปียร์จึงเป็นวัตถุดิบหลักและทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาเป็นพลังงานทดแทนชีวมวลชนิดอื่น ๆ ที่มีราคาแพง และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับโรงงานไฟฟ้าชีวมวลในประเทศไทยได้อีกด้วย ทั้งนี้หญ้าเนเปียร์จะมีผลผลิตที่สูงได้นั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยในด้านต่าง ๆ เช่น การใช้ปุ๋ยและอายุการตัด โดยการใส่ปุ๋ยจะช่วยเพิ่มผลผลิตของแปลงหญ้าให้มีปริมาณมากขึ้น และต้องมีต้นทุนการผลิตที่ไม่สูงจนเกินไป

โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนสามารถเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น (สายัณห์, 2547)

ปัจจุบันปุ๋ยเคมีมีราคาค่อนข้างสูง และการใส่ปุ๋ยเคมีเป็นเวลานานจะทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลง ซึ่งอาจกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพของหญ้าเนเปียร์ได้ จึงต้องมีวิธีการแก้ไขเพื่อที่จะช่วยให้หญ้ามียieldผลผลิตสูง อีกทั้งเป็นการบำรุงดินไปพร้อม ๆ กัน โดยแนวทางในการแก้ไข คือ การใช้ปุ๋ยพืชสดและการใช้ปุ๋ยคอก เพราะปุ๋ยพืชสดจะมีส่วนช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน เพิ่มธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ไม่ว่าจะเป็นธาตุอาหารหลักหรือธาตุอาหารรอง (สิริวัฒน์, 2554) ปุ๋ยพืชสดที่มีองค์ประกอบของธาตุไนโตรเจนสูงที่นาสนใจมีขึ้นอยู่แพร่หลายโดยทั่วไปและหาได้ง่าย นั่นคือ กระจับ ซึ่งโดยเฉพาะส่วนของใบ ซึ่งมีไนโตรเจนสูงถึง 4.16 เปอร์เซ็นต์ (Pandey *et al.*, 2006) ส่วนการใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยคอกไม่เพียงแต่จะให้อินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ดินมีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น ช่วยลดการชะล้างพังทลายของดินและช่วยรักษาหน้าดินไว้เป็นแหล่งธาตุอาหารของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งมีผลทำให้กิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ และยังช่วยเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ในดินอีกด้วย (ยศนันท์ และคณะ, 2558)

นอกจากนี้ อายุการตัดเป็นอีกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและสมบัติทางพลังงานซึ่งเป็นผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมี การเพิ่มอายุการตัดให้มากขึ้น จะทำให้การแตกแขนงหรือหน่อเพิ่มขึ้นและอาหารสะสมในลำต้นและรากเพิ่มขึ้น รวมทั้งการยืดขยายของใบและลำต้นด้วย (Ward and Blaser, 1961) หญ้าเนเปียร์ที่ได้รับธาตุไนโตรเจนที่สูงขึ้นทำให้มีจำนวนต้นต่อกอ

และผลผลิตน้ำหนักแห้ง ชีวมวลของหญ้าเนเปียร์สูงขึ้น (Tessema *et al.*, 2003) ซึ่งจากผลการวิจัยเกี่ยวกับหญ้าชนิดต่าง ๆ ในแง่ของอายุการตัดที่เหมาะสมจะนำไปใช้เป็นพลังงาน พบว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่อายุการตัด 120 วัน หลังการตัดครั้งแรก ให้ผลผลิตชีวมวลสูงที่สุด (Sungwan *et al.*, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kulasuwan และคณะ (2014) พบว่า ผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต 120 และ 180 วัน ในฤดูฝนให้ผลผลิตสูงสุดและสอดคล้องกับงานวิจัยของ Noi-uthai และคณะ (2014) พบว่าหญ้าเนเปียร์ที่อายุการตัด 180 วัน ให้ผลผลิตชีวมวลสูงที่สุด

นอกจากการเลือกอายุการตัดที่เหมาะสม ยังคงจำเป็นต้องใช้พันธุ์หญ้าเนเปียร์ให้มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้เป็นพลังงาน โดยจากงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวกับการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ที่อายุการตัด 90 วัน ได้แก่ หญ้าเนเปียร์บ้านาไ้ด้หัวแอ 148 ธรรมชาติ รุกานา ทิพตัน กำแพงแสน แคระ และมวกเหล็ก พบว่าหญ้าเนเปียร์ทิพตันให้ผลผลิตชีวมวลสูงที่สุด 58.3 ตันต่อเฮกตาร์ (Rengsirikul *et al.*, 2013) อีกทั้งหญ้าเนเปียร์ทิพตันมีจำนวนต้นต่อกอสูงสุด ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุดและมีค่าอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่สูงที่สุด (Muangpan *et al.*, 2015)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการเลือกรูปแบบของการใช้ปุ๋ยและอายุการตัดที่เหมาะสมในการปลูกหญ้าเนเปียร์ทิพตัน เพื่อนำไปใช้เป็นชีวมวลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินงานทดลองที่ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ระหว่างเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2559 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2560 โดยปลูกหญ้า

เนเปียร์พันธุ์ทิฟตัน ในกระถางเส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 40 เซนติเมตร สูง 28 เซนติเมตร จำนวน 48 กระถาง กระถางละ 1 ท่อนพันธุ์ โดยมีระยะปลูก 75x75 เซนติเมตร ดินที่ใช้เป็นดินเหนียวจาก บริเวณของภาคกลางของประเทศไทยที่มีศักยภาพในการปลูกหญ้า ซึ่งถือว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ สูง (ลักษณะ และคณะ, 2541)

ทดสอบค่าความอุดมสมบูรณ์ของดินและค่าความเป็นกรดต่าง (พีเอช) โดยมีค่าพีเอช 7.3 ไนโตรเจน 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัส 28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียม 58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและอินทรีย์วัตถุ 2.25 เปอร์เซ็นต์ โดยให้นำกับบ้วนน้ำทุกวันตลอดระยะเวลาในการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ split-plot in RCBD โดย main-plot ประกอบด้วยอายุการตัด 3 รูปแบบ คือ ตัดที่อายุ 120 วัน (A1), อายุ 150 วัน (A2) และ อายุ 180 วัน (A3) sub-plot ประกอบด้วยรูปแบบการใช้ปุ๋ย 4 รูปแบบ คือ (1) ปุ๋ยยูเรียล้วน สูตร (46-0-0) (T1) (2) ปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยคอก (มีไนโตรเจน 0.5 เปอร์เซ็นต์) ผสมใบกระถิน (มีไนโตรเจน 2.1 เปอร์เซ็นต์) (T2) (3) ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (T3) (4) ไม่ให้ปุ๋ย (ไม่ให้ปุ๋ยไนโตรเจน) (T4)

ตัดครั้งแรก (first cut) ที่อายุ 1 เดือน หลังการปลูก หลังจากการตัดครั้งแรกครบ 2 สัปดาห์ ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสสูตร 0-42-0 [$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$] และโพแทสเซียม 0-0-60 (KCl) (ผสม 2:1) อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ในทุกทริทเมนต์ในปริมาณที่เท่ากัน เมื่อเข้าสัปดาห์ที่ 3 จะมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในแต่ละทริทเมนต์แตกต่างกันไป ดังนี้ ทริทเมนต์ที่ 1 ปุ๋ยยูเรียล้วน สูตร 46-0-0 อัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีหรือ 36.8 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ทริทเมนต์ที่ 2 ปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน โดยใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีหรือ 18.4 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี, ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (30 : 70, %w/w) อัตรา 1,748 กิโลกรัมต่อ

ไร่ต่อปี หรือ 18.4 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ทริทเมนต์ที่ 3 ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน, ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (30 : 70, %w/w) อัตรา 3,497 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี หรือ 36.8 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ทริทเมนต์ที่ 4 ไม่ให้ปุ๋ย (ไม่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจน)

เก็บเกี่ยวผลผลิตตามอายุการตัดที่ 120, 150 และ 180 วัน ซึ่งผลผลิตน้ำหนักสด นำตัวอย่างหญ้าเนเปียร์เข้าตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส บันทึกน้ำหนักแห้ง เพื่อคำนวณผลผลิตน้ำหนักแห้ง นำตัวอย่างไปบดเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางด้านเคมี ดังนี้

(1) วิเคราะห์หาเยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral-detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid-detergent fiber, ADF) และหาลิกนิน acid-detergent lignin, ADL โดยวิธีของ (van Soest *et al.*, 1991)

(2) วิเคราะห์หาปริมาณธาตุคาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H) และไนโตรเจน (N) โดยใช้เครื่อง TruSpecCHN Determinator

(3) วิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ (S) โดยใช้วิธี acid digestion และ turbidimetric คลอไรด์ (Cl⁻) โดยใช้วิธี dry ashing และ Tritation

(4) วิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อน (analytical methods for oxygen bombs) จากนั้นวิเคราะห์ค่าความแตกต่างโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Fisher's least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

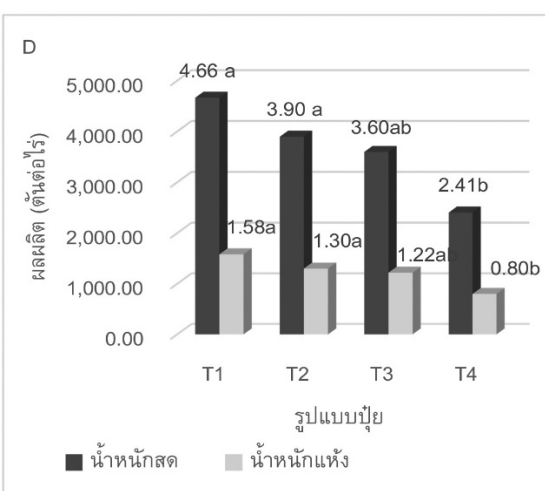
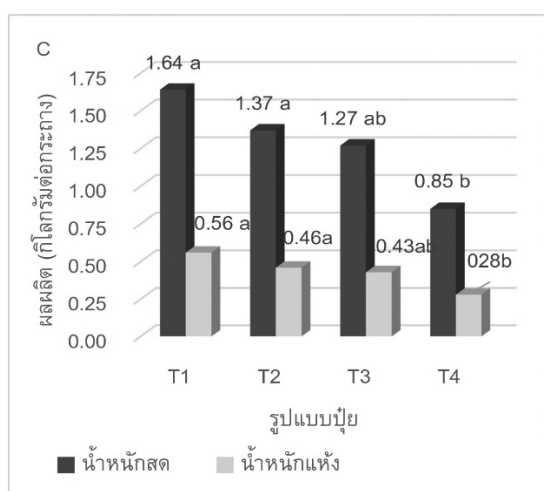
3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ทิฟตัน

การทดลองไม่พบปฏิสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัยของอายุการตัดและรูปแบบของปุ๋ย ในส่วนของปัจจัยด้านอายุการตัดของหญ้าเนเปียร์ทิฟตันที่อายุการตัด 120, 150 และ 180 วัน ตามลำดับพบว่าผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งภายใต้อายุ

การตัดทั้ง 3 รูปแบบของหญ้าเนเปียร์ที่ฟัฒนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีผลผลิตน้ำหนัสดในช่วง 1.48-5.55 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตน้ำหนักร้างในช่วง 0.58-1.77 กิโลกรัมต่อไร่ ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัย Sungwan และคณะ (2014) พบว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่อายุการตัด 4 เดือน ให้ผลผลิตชีวมวลสูงที่สุด คือ 8.91 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี เช่นเดียวกับงานวิจัย Kulasuwan และคณะ (2014) พบว่าหญ้าเนเปียร์

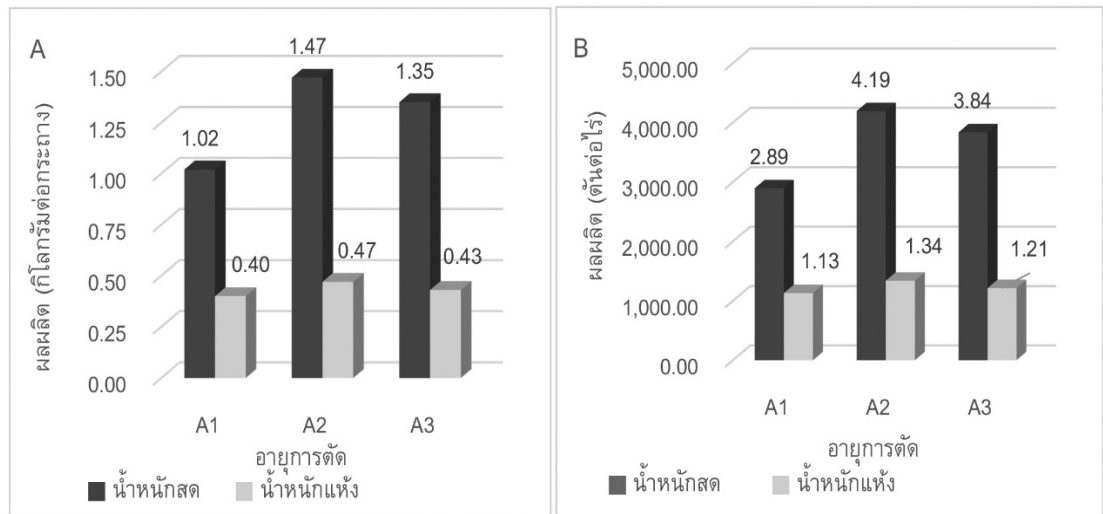
ปากช่อง 1 ที่อายุการตัด 120 และ 180 วัน ให้ผลผลิตชีวมวลสูงที่สุด และงานวิจัย Noi-uthai และคณะ (2014) พบว่าหญ้าเนเปียร์ที่อายุการตัด 180 วัน ให้ผลผลิตชีวมวลสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากสภาพพื้นที่ปลูกของการทดลองในครั้งนี้มีการปลูกทดลองในกระถาง จึงอาจส่งผลการเจริญเติบโตของหญ้าค่อนข้างจำกัด ทำให้การแตกกออาจลดลงกว่าปกติ และมีปริมาณผลผลิตที่น้อยกว่าการปลูกในสภาพแปลงปลูกขนาดใหญ่



รูปที่ 1 ผลผลิตน้ำหนัสดและน้ำหนักร้างของหญ้าเนเปียร์ที่ฟัฒนกิโลกรัมต่อกระถาง (A) และตันต่อไร่ (B) ภายใต้การตัด 3 ระยะ (A1 = อายุการตัด 120 วัน, A2 = อายุการตัด 150 วัน และ A3 = อายุการตัด 180 วัน) (ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษร a, b และ ab ในแต่ละแผนภูมิแท่งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD test)

อย่างไรก็ตาม ในส่วนของปัจจัยด้านรูปแบบของปุ๋ยทั้ง 4 รูปแบบต่อผลผลิตน้ำหนัสดและน้ำหนักร้าง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ทรีทเมนต์ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่ การให้ปุ๋ยยูเรียล้วน (T1) การให้ปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (T2) และการให้ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (T3) ซึ่งมีผลผลิตน้ำหนัสดและน้ำหนักร้างสูงกว่า ($P < 0.05$) หญ้าเนเปียร์ที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน (T4) ดังแสดงในรูปที่ 2 โดย

มีผลผลิตน้ำหนักร้างของหญ้าที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 0.43 ถึง 0.56 กิโลกรัมต่อกระถาง ในขณะที่ผลผลิตน้ำหนัสดของหญ้าเนเปียร์ที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมีค่า 0.28 กิโลกรัมต่อกระถางเท่านั้น และเมื่อคำนวณเป็นผลผลิตน้ำหนักร้างต่อพื้นที่ พบว่าหญ้าเนเปียร์ที่ฟัฒนภายใต้การให้ปุ๋ยไนโตรเจนจะให้ผลผลิตน้ำหนักร้างมากกว่า 1.22 ตันต่อไร่เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตน้ำหนักร้างของหญ้าที่ไม่ได้รับไนโตรเจนซึ่งมีค่า 0.80 ตันต่อไร่



รูปที่ 2 ผลผลิตน้ำหนัสดและน้ำหนักรากของหญ้าเนเปียร์ที่พัฒนาการเจริญเติบโต (C) และต้นต่อไร่ (D) ภายใต้การจัดการการตัด 4 รูปแบบ (T1 = ปุ๋ยยูเรีย, T2 = ปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน, T3 = ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน และ T4 = ไม่ให้ปุ๋ยในโตรเจน) (ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษร a, b และ ab ในแต่ละแผนภูมิแท่งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD test)

3.2 องค์ประกอบของพืชน้ำ

การทดลองพบว่าระหว่างปัจจัยของการตัดและรูปแบบของปุ๋ยมีปฏิสัมพันธ์กัน โดยจากการทดลอง พบว่าปริมาณเฮมิเซลลูโลสของหญ้าเนเปียร์ที่พัฒนาการเจริญเติบโต 180 วัน โดยไม่ให้ปุ๋ย (ไม่ให้ปุ๋ยในโตรเจน) (T4) และอายุการตัด 180 วันโดยใช้ปุ๋ยยูเรียล้วน (T1) มีค่า 29.47 และ 30.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่า ($P < 0.01$) อายุการตัด 150 วัน โดยใช้ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (T3) ซึ่งมีค่า 28.17 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของปริมาณเซลลูโลสของหญ้าเนเปียร์ที่อายุการตัด 180 วัน โดยใช้ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (T3) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 38.33 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณลิกนินที่อายุการตัด 6 เดือน โดยใช้ปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (T2) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 9.98 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 1

โดยทั่วไปโครงสร้างของพืช ในพืชน้ำ

จะประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งเป็นดัชนีสำคัญที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งองค์ประกอบที่กล่าวมานั้นจะขึ้นอยู่กับชนิด อายุ และส่วนต่าง ๆ ของพืช ซึ่งจากการทดลองมีความสอดคล้องกับการศึกษาเกี่ยวกับหญ้าเขตอบอุ่น ได้แก่ Switchgrass, Big bluestem, Indiangrass, Little bluestem, Prairie cordgrass และ Miscanthus ที่พบว่าปริมาณเฮมิเซลลูโลสมีค่าระหว่าง 35 ถึง 43 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณเฮมิเซลลูโลสมีค่าระหว่าง 24 ถึง 33 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณลิกนินมีค่าระหว่าง 6 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ (Amarasekara, 2014) ทั้งนี้ในเรื่องของปริมาณเส้นใยในลำต้นของหญ้าเนเปียร์ โดยเฉพาะปริมาณเซลลูโลสและลิกนิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการบ่งบอกถึงความเหมาะสมเพื่อไปใช้เป็นพืชพลังงาน (Rocha *et al.*, 2017)

ตารางที่ 1 ร้อยละของปริมาณเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เซลลูโลส (cellulose) และลิกนิน (lignin) ของ
หญ้าเนเปียร์ที่ฟัดันภายใต้อายุ 3 ระยะ และปุ๋ย 4 รูปแบบ (% น้ำหนักแห้ง)

อายุการตัด x รูปแบบปุ๋ย	เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)	เซลลูโลส (cellulose)	ลิกนิน (lignin)
(A1) x (T1)	27.61 d	30.89 def	5.89 fg
(A1) x (T2)	27.03 d	30.24 f	7.01 c
(A1) x (T3)	24.83 e	31.37 cde	5.04 h
(A1) x (T4)	27.18 d	29.93 f	6.44 de
(A2) x (T1)	29.39 bc	30.78 ef	6.65 cde
(A2) x (T2)	27.74 d	32.37 c	5.42 gh
(A2) x (T3)	28.17 cd	32.31 c	6.29 ef
(A2) x (T4)	27.17 d	31.99 cd	6.48 de
(A3) x (T1)	29.47 ab	34.30 b	6.89 cd
(A3) x (T2)	21.56 f	34.17 b	9.98 a
(A3) x (T3)	21.64 f	38.33 a	5.65 g
(A3) x (T4)	30.66 a	31.70 cde	7.81 b
F-test	**	**	**
C.V. (%)	3.21	2.37	4.88

หมายเหตุ : (A1 = อายุการตัด 120 วัน, A2 = อายุการตัด 150 วัน, A3 = อายุการตัด 180 วัน) และ (T1 = ปุ๋ยยูเรีย, T2 = ปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน, T3 = ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน, T4 = ไม่ให้ปุ๋ยไนโตรเจน); ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษร a-h ในแต่ละคอลัมน์นี้มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD test

3.3 องค์ประกอบทางเคมี

การทดลองพบว่าปริมาณคาร์บอนในหญ้าเนเปียร์ที่ฟัดันไม่พบปฏิสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัยของอายุการตัดและรูปแบบของปุ๋ย โดยที่ปัจจัยด้านอายุการตัด พบว่าหญ้าเนเปียร์ที่ฟัดันที่อายุการตัด 180 วัน มีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 44.95 เปอร์เซนต์ และปัจจัยในด้านปุ๋ย พบว่าหญ้าเนเปียร์ที่ฟัดันที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีปริมาณคาร์บอนสูงที่สุดเท่ากับ 44.25 เปอร์เซนต์ แต่เมื่อพิจารณาทางด้านองค์ประกอบทางเคมีที่เหลือ ได้แก่ ไฮโดรเจน (H) ไนโตรเจน (N) ซัลเฟอร์ (S) และคลอไรด์ (Cl) พบปฏิสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัยของอายุการตัดและรูปแบบของการให้ปุ๋ย โดยพบว่าปริมาณองค์ประกอบไฮโดรเจนในหญ้าเนเปียร์ที่ฟัดันที่หญ้า

อายุการตัด 180 วัน (A3) และได้รับปุ๋ยไนโตรเจนได้แก่ การให้ปุ๋ยยูเรียล้วน (T1), การให้ปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (T2) และการให้ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (T3) มีค่าอยู่ระหว่าง 6.11 ถึง 6.17 เปอร์เซนต์ ซึ่งสูงกว่า ($P < 0.05$) อายุการตัด 120 วัน (A1) และอายุการตัด 150 วัน (A2) ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 6.01 เปอร์เซนต์

ในส่วนปริมาณองค์ประกอบไนโตรเจนและซัลเฟอร์ พบว่าที่หญ้าภายใต้อายุการตัด 180 วัน (A3) และให้ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (T3) มีค่าสูงที่สุด ($P < 0.01$) 1.09 และ 0.35 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และปริมาณองค์ประกอบคลอไรด์ พบว่าที่หญ้าภายใต้อายุการตัด 180 วัน (A3) และไม่ให้ปุ๋ย (ไม่ให้ปุ๋ยไนโตรเจน) (T4) มีการสะสมคลอไรด์สูง

ที่สุด ($P < 0.01$) เท่ากับ 1.05 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 2 ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นแนวโน้มของหญ้าเนเปียร์ที่ให้อายุการตัดเพิ่มขึ้นจะทำให้มีการสะสมองค์ประกอบทางเคมี เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์และคลอไรด์ เพิ่มขึ้นด้วย จากผลการทดลองดังกล่าวมีความสอดคล้องกับงานวิจัย Noi-uthai และคณะ (2014) ซึ่งพบว่าหญ้าเนเปียร์ที่อายุการตัด 120 วัน มีค่าปริมาณคาร์บอนระหว่าง 38.57 ถึง 40.28 เปอร์เซ็นต์ มีค่าปริมาณไฮโดรเจนระหว่าง 6.97 ถึง 7.24 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนระหว่าง 1.11 ถึง 1.76 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณซัลเฟอร์ระหว่าง 0.11 ถึง 0.12 เปอร์เซ็นต์

ส่วนอายุการตัด 150 และ 180 วัน มีค่าปริมาณคาร์บอนระหว่าง 39.70 ถึง 41.52 เปอร์เซ็นต์ มีค่าปริมาณไฮโดรเจนระหว่าง 7.04 ถึง 7.06 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนระหว่าง 1.06 ถึง 1.85 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณซัลเฟอร์ระหว่าง 0.14 ถึง 0.15 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของค่าปริมาณคลอไรด์ จากการทดลองพบว่ามีความอยู่ระหว่าง 0.41 ถึง 1.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงกว่า (เกณฑ์ของคลอไรด์ 0.2 เปอร์เซ็นต์) ที่ควรมีอยู่ในชีวมวลที่มีผลต่อสมบัติของการนำไปใช้เป็นพลังงาน (Lewandoski and Kicherer, 1997; Obernberger *et al.*, 2006; Prochnow *et al.*, 2009)

ตารางที่ 2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอายุการตัดและรูปแบบปุ๋ยต่อองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ที่ฟัด (%) น้ำหนักแห้ง)

อายุการตัด x รูปแบบปุ๋ย	คาร์บอน (C)	ไฮโดรเจน (H)	ไนโตรเจน (N)	ซัลเฟอร์ (S)	คลอไรด์ (Cl)
(A1) x (T1)	42.61	5.98 cde	0.77 fg	0.06 g	0.41 f
(A1) x (T2)	42.30	5.88 de	0.68 ij	0.10 f	0.42 f
(A1) x (T3)	41.12	5.96 de	0.96 c	0.14 cd	0.52 e
(A1) x (T4)	40.92	6.00 bcde	0.85 d	0.13 cde	0.54 e
(A2) x (T1)	44.41	5.97 cde	0.80 ef	0.15 c	0.63 d
(A2) x (T2)	43.38	6.01 bcd	0.81 e	0.14 cd	0.75 c
(A2) x (T3)	43.50	5.94 de	0.67 j	0.13 de	0.71 c
(A2) x (T4)	42.97	5.87 e	0.71 hi	0.12 def	0.95 b
(A3) x (T1)	45.72	6.14 ab	0.73 gh	0.11 ef	0.63 d
(A3) x (T2)	45.32	6.11 abc	1.01 b	0.19 b	0.60 d
(A3) x (T3)	45.21	6.17 a	1.09 a	0.35 a	0.54 e
(A3) x (T4)	43.54	5.93 de	0.87 d	0.20 b	1.05 a
F-test	ns	*	**	**	**
C.V. (%)	1.36	1.50	2.81	11.26	4.40

หมายเหตุ : (A1 = อายุการตัด 120 วัน, A2 = อายุการตัด 150 วัน, A3 = อายุการตัด 180 วัน) และ (T1 = ปุ๋ยยูเรีย, T2 = ปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน, T3 = ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน, T4 = ไม่ให้ปุ๋ยไนโตรเจน); ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษร a-j ในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกัน; *มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์; **มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์; ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้วิธี Fisher's LSD test

3.4 ค่าพลังงานความร้อน

การทดลองในส่วนของพลังงานความร้อนของหญ้าเนเปียร์ที่ฟัดัน พบปฏิสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัยของอายุการตัดและรูปแบบของปุ๋ย ซึ่งพบว่าหญ้าเนเปียร์ที่อายุการตัด 180 วัน (A3) และให้ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน (T3) มีค่าพลังงานเท่ากับ 4,238.50 (Kcal/kg) หรือ 17.75 (MJ/kg) ซึ่งมีค่าสูง

ที่สุด ซึ่งเมื่อพืชเริ่มมีอายุมากขึ้นจะมีการสะสมเอมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน โดยเฉพาะลิกนิน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับสมบัติในการเผาไหม้ (โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบ aromatic ส่วนใหญ่พบว่าไม่มีโมเลกุลของลิกนินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ด้วย (Elizabeth *et al.*, 2011) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอายุการตัดและรูปแบบปุ๋ยต่อค่าพลังงานความร้อนของหญ้าเนเปียร์ที่ฟัดัน (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมและเมกะจูลต่อกิโลกรัม)

อายุการตัด x รูปแบบปุ๋ย	กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (Kcal/kg)	เมกะจูลต่อกิโลกรัม (MJ/kg)
(A1) x (T1)	4,054.10 e	16.97 e
(A1) x (T2)	3,981.00 g	16.67 g
(A1) x (T3)	3,922.00 h	16.42 h
(A1) x (T4)	3,918.90 h	16.41 h
(A2) x (T1)	4,172.10 bc	17.47 c
(A2) x (T2)	4,018.80 f	16.83 f
(A2) x (T3)	4,039.50 ef	16.91 ef
(A2) x (T4)	4,038.60 ef	16.91 ef
(A3) x (T1)	4,166.50 c	17.45 c
(A3) x (T2)	4,205.20 b	17.61 b
(A3) x (T3)	4,238.50 a	17.75 a
(A3) x (T4)	4,127.30 d	17.28 d
F-test	**	**
C.V. (%)	0.55	0.56

หมายเหตุ : (A1 = อายุการตัด 120 วัน, A2 = อายุการตัด 150 วัน, A3 = อายุการตัด 180 วัน) และ (T1 = ปุ๋ยยูเรีย, T2 = ปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน, T3 = ปุ๋ยคอกผสมใบกระถิน, T4 = ไม่ให้ปุ๋ยในโตรเจน); ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษร a-h ในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD test

การทดลองแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของอายุการตัดที่เพิ่มขึ้นจะมีการสะสมพลังงานความร้อนเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับเซลลูโลสและลิกนินที่มีปริมาณสะสมที่สูงในหญ้าอายุ 180 วัน

การทดลองพบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัย Noi-uthai และคณะ (2014) พบว่าหญ้าเนเปียร์ที่อายุการตัด 120 วัน มีค่าพลังงานความร้อนอยู่ระหว่าง 17.11 ถึง 18.00 (MJ/kg) และที่อายุการตัด 150

และ 180 วัน มีค่าพลังงานความร้อนอยู่ระหว่าง 17.38 ถึง 18.27 (MJ/kg) นอกจากนั้นหญ้าเนเปียร์ที่พัฒนายังมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นพืชพลังงาน เนื่องจากมีค่าพลังงานความร้อนสูงและมากกว่า (เกณฑ์ของค่าความร้อน >14.0 MJ/kg) ที่ควรมีอยู่ในชีวมวลที่มีผลต่อสมบัติของการนำไปใช้เป็นพลังงาน (Lewandoski and Kicherer, 1997; Obernberger *et al.*, 2006; Prochnow *et al.*, 2009)

4. สรุป

ในส่วนของผลผลิตน้ำหนักแห้งพบว่า ตรีทเมนต์ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่ การให้ปุ๋ยยูเรียล้วน การให้ปุ๋ยยูเรียผสมปุ๋ยคอกผสมไบโกระถิน และการให้ปุ๋ยคอกผสมไบโกระถิน ทำให้มีผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงกว่า หญ้าเนเปียร์ที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน ในส่วนของคุณภาพเชื้อเพลิงชีวมวลพบว่าหญ้าเนเปียร์ที่อายุการตัด 180 วัน และให้ปุ๋ยคอกผสมไบโกระถิน มีศักยภาพดีที่สุดในการผลิตเพื่อใช้เป็นพลังงานชีวมวล

5. รายการอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน, 2556, หญ้าเนเปียร์พืชพลังงานสีเขียว, แหล่งที่มา : <http://webkc.dede.go.th/testmax/node/152>, 18 ตุลาคม 2559.

ยศนันท์ ศรีวิจารณ์, กิตติ ศรีสะอาด และพีระยศ ขำขัน, 2558, ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าวต่อผลผลิตและความอุดมสมบูรณ์ดิน, J. Sci. Technol. MSU. 34: 514-522.

ลักขณา วุฒิพรานัญญาไพ, กานดา นาคมนิ, วีระพล พูนพิพัฒน์ และสุภาพร มนต์ชัยกุล, 2541, ผลของระยะปลูกที่มีต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ 3 พันธุ์ในพื้นที่จังหวัดชัยนาท, รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541, กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, 228 น.

สายัณห์ ทัดศรี, 2547, พืชอาหารสัตว์เขตร้อน, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 258 น.

สิริวัฒน์ ทองสวัสดิ์, 2554, ผลของการใช้ไบโกระถินเป็นปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตและคุณค่าทางอาหารสัตว์ของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ไต้หวันเอ 148 และรุควอนา, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 120 น.

Amarasekara, A.S., 2014, Handbook of Cellulosic Ethanol, 1st Ed., John Wiley & Sons, Inc., Texas.

Elizabeth, E.H., Peter, N. and Randall, P., 2011, Plant Biomass Conversion, 1st Ed., John Wiley & Sons, Inc., Oxford.

Kulasuwan, P., Thobunluepop, P., Tonmukayakul, N., Mani-in, P., Pongtip, A., Muangpan, J., ChangKaewmanee, J. and Vinijchevit, N., 2014, Effect of Seasonal and Cutting Interval of Napier Paek-Chong 1 on Growth Biomass and Biogas Productivity, Agric. Sci. J. 45(2)(Suppl.): 721-724.

Lewandoski, I. and Kicherer, A., 1997, Combustion quality of biomass practical relevance and weperiment to modify the biomass quality of Misanthus x giganteus, Eur. J. Agro. 6: 163-177.

Mohammed, I.Y., Abakr, Y.A., Kazi, F.K., Yusup, S., Alshareef, I. and Chin S.A., 2015, Comprehensive Characterization of Napier Grass as a Feedstock for Thermochemical Conversion, Energies. 8: 3403-3417.

Muangpan, J., Thobunluepop, P., Lertmongkol, S., Sarobol, E., Tonmukayakul, N., Kamwan, P.,

Pongtip, A. and Changkaewmanee, J., 2015,

- Effect of Nitrogen Fertilizer management on Growth and Biomass productivity of Napier Grasses, Agric. Sci. J. 46(3)(Suppl.) : 29-32.
- Noi-uthai, S., Chotchutima, S., Tudsri, S., Sripichitt, P., Vaithanomsat, P., Suebsaiprom, W., Tonmukayakul, N. and Kongsila, P., 2014, Effect of cutting systems on biomass yield and biofuel quality of three napier grass cultivars for bioenergy, Agric. Sci. J. 45(2): 141-152.
- Obernberger, I., Brunner, T. and Barnthaler, G., 2006, Chemical properties of solid biofuels significance and impact, Biom. Bioen. 30: 973-982.
- Pandey, C.B., Sharma, D.K. and Bargali, S.S., 2006, Decomposition and nitrogen release from *Leucaena leucocephala* in central India, Trop. Ecology. 47(1): 149-151.
- Prochnow, A., Hheiermann, M., Plochl, M., Amon, T. and Hobbs, P.J., 2009, Bioenergy from permanent grassland: A review 2, Combust. Biores. Technol. 100: 4945-4954.
- Rengsirikul, K., Ishii, Y., Kangvansaichol, K., Sripichitt, P., Punsuvon, V., Vaithanomsat, P., Nakamanee, G. and Tudsri, S., 2013, Biomass Yield, Chemical Composition and Potential Ethanol Yields of 8 Cultivars of napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumacher.) Harvested 3-Monthly in Central Thailand, J. Sustain. Bioen. Syst. 3: 107-112.
- Rocha, J.R.D.A.S.D.C., Machado, J.C., Carneiro, P.C.S., Carneiro, J.D.C., Resende, M.D.V., Pereira, A.V. and Carneiro, J.E.D.S., 2017, Elephant grass ecotypes for bioenergy production via direct combustion of biomass, Ind. Crops Prod. 95: 27-32.
- Sungwan, W., Thobunluepop, P., Lertmongkol, S., Sarobol, E., Tonmukayakul, N., Thanyavachirawit, K., Mani-in, P., Muangpan, J., Pongtip, A. and Changkaewmanee, J., 2014, Growth biomass productivity and nutrient uptake of napier Pak Chong 1 grass as affected by various nitrogen rates and cutting intervals, Agric. Sci. J. 45(2)(Suppl.): 593-596.
- Tessema, M., Rahman, M. and Urquiaga, S., 2003, Effect of clipping interval and nitrogen fertilizer on oxalate content in pot-grown Napier grass, Trop. Grassl. 43: 73-78.
- van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A., 1991, Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition, J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.
- Ward, C.Y. and Blaser, R.E., 1961, Carbohydrate food reserves and leaf area in regrowth of orchard grass, Crop Sci. 1: 366-374.