ผลของระบบการตัดที่แตกต่างกันต่อผลผลิตชีวมวลและคุณภาพเชื้อเพลิงของหญ้าเนเปียร์ 3 พันธุ์ที่ปลูกเพื่อใช้เป็นพืชพลังงานทดแทน

Effect of cutting systems on biomass yield and biofuel quality of three napier grass cultivars for bioenergy

สุรนันท์ น้อยอุทัย[1,2] ทรงยศ โชติชุติมา[1,2] สายัณห์ ทัดศรี[1,2*] ประภา ศรีพิจิตต์[1,2] พิลาณี ไวถนอมสัตย์[2,3]
วนิดา สืบสายพรม[2,4] นพ ตัณมุขยกุล[1,2] และภัศจี คงศีล[1,2]

Suranan Noi-uthai[1,2] Songyos Chotchutima[1,2] Sayan Tudsri[1,2*] Prapa Sripichitt[1,2] Pilanee Vaithanomsat[2,3]
Wanida Suebsaiprom[2,4] Nop Tonmukayakul[1,2] and Pasajee Kongsila[1,2]

Abstract

The objectives of the experiment were to investigate the effect of cutting systems on biomass yield and biofuel quality of three napier grass cultivars as a bioenergy source. The experiment was carried out between 2010-2013 at Suwanvajokkasikit Research Station, Pakchong, Nakhon Ratchasima province, Thailand. Five cutting systems including T1-cutting three times per year in November, February and May; T2-cutting three times per year in August, November and May; T3-cutting four times per year in August, November, February and May; T4-cutting twice per year in November and May; T5-cutting once a year in May were examined on three napier grass cultivars, Bana, Common and Muaklek [dwarf type]. The results showed that both Bana and Common were superior dry matter yield production than Muaklek. The highest biomass yield over 3 years was obtained from the treatment that was cut twice a year (T4) in total of 16.5 t DM/rai (5.5 t/rai/year). Cutting once a year also produced significantly greater dry matter yield than cutting three to four times a year. The differences in yield were caused by the stem components. For chemical composition, the results indicated that Muaklek (dwarf type) had higher N, P, K, S and ash content, but lower in C content in both leaves and stems than Bana and Common. There was no effect of cutting systems on the N, S and Na content. In conclusion, the Bana and Common were suitable for direct combustion and gasification due to having a lower amount of ash and other minerals (N, P, K, Ca, Mg). For energy purpose, napier grass should be harvested one to two times a year. This will be beneficial for both biological production and biofuel quality of the harvested materials.

Key words: cutting regimes, biomass yield, bioenergy, heating value

---

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900.

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

[2] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900

[2] Center of Excellence on Agriculture Biotechnology: (AG-BIO/PERDO-CHE), Bangkok 10900, Thailand

[3] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร กรุงเทพฯ 10900

[3] Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute, Bangkok 10900, Thailand

[4] ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[4] Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Khamphang Saen campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

รับเรื่อง : เมษายน 2557

* Corresponding author: agrsat@ku.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อศึกษาผลของระบบการตัดหญ้าที่แตกต่างกันต่อผลผลิตชีวมวลและคุณภาพเชื้อเพลิงของหญ้าเนเปียร์ 3 ชนิด เพื่อเป็นแหล่งพลังงานชีวภาพ งานทดลองดำเนินการในสถานีวิจัยสุวรรณวาจกกสิกิจ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างปี พ.ศ. 2554- 2556 โดยปลูกหญ้าเนเปียร์ 3 พันธุ์ (บาน่า ธรรมดา และมวกเหล็ก) และใช้ระบบการตัดหญ้า 5 ระบบ ประกอบด้วย 1. ตัดหญ้า 3 ครั้ง/ปี (พฤศจิกายน กุมภาพันธ์ และพฤษภาคม) (T1); 2. ตัดหญ้า 3 ครั้ง/ปี (สิงหาคม พฤศจิกายน และกุมภาพันธ์) (T2); 3. ตัดหญ้า 4 ครั้ง/ปี (สิงหาคม พฤศจิกายน กุมภาพันธ์ และพฤษภาคม) (T3); 4. ตัดหญ้า 2 ครั้ง/ปี (พฤศจิกายน และพฤษภาคม) (T4) และ 5. ตัดหญ้าเพียงครั้งเดียว/ปี (พฤษภาคม) (T5) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าหญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดาให้ผลผลิตสูงกว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก ระบบการตัดหญ้า 2 ครั้ง/ปี (T4) ให้ผลผลิตสูงสุดตลอด 3 ปี โดยมีผลผลิตรวม 16.5 ตัน/ไร่ (5.5 ตัน/ไร่/ปี) เช่นเดียวกับระบบการตัดหญ้าปีละครั้งให้ผลผลิตสูงกว่าระบบการตัด 3-4 ครั้ง/ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความแตกต่างของผลผลิตมาจากความแตกต่างในส่วนลำต้นเป็นสำคัญ ในด้านองค์ประกอบทางเคมีของส่วนที่นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง พบว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซัลเฟอร์ และเถ้าสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ต้นสูง (บาน่า และธรรมดา) แต่มีปริมาณคาร์บอนในส่วนใบและลำต้นน้อยกว่า ระบบการตัดไม่มีผลกระทบต่อปริมาณไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และโซเดียม จากผลการทดลองสรุปได้ว่าหญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดา เหมาะสมต่อการนำไปใช้เผาโดยตรง และระบบแก๊สซิฟิเคชั่น เนื่องจากมีปริมาณเถ้าและแร่ธาตุอื่นๆ (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม) ต่ำ การปลูกหญ้าเนเปียร์เพื่อใช้เป็นพลังงานควรเก็บเกี่ยวปีละ 1-2 ครั้ง ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มผลผลิตแล้ว ยังช่วยเพิ่มคุณภาพเชื้อเพลิงของหญ้าที่นำไปใช้อีกด้วย

คำนำ

หญ้าเนเปียร์เป็นหญ้าที่ขึ้นอยู่แพร่หลายในเขตร้อนและกึ่งร้อน (Lowe *et al*., 2003; Kahindi *et al*., 2007) จัดอยู่ในสกุล Pennisetum และเป็นหญ้าที่ให้ผลผลิตสูงเมื่อเทียบกับหญ้าเขตร้อนชนิดอื่น (Hoshino, 1975) มีอยู่ด้วยกัน ประมาณ 120-130 ชนิด (Tudsri, 2004) และที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ เนเปียร์ยักษ์ ไต้หวัน มวกเหล็ก บาน่า ธรรมดา และปากช่อง1 เป็นต้น อย่างไรก็ตาม หญ้าเนเปียร์แต่ละชนิดให้ผลผลิตที่แตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่ ฤดูกาล ปริมาณความชื้น การใส่ปุ๋ย ตลอดจนการจัดการด้านการตัด (Ferraris, 1980; Mukhtar *et al.* 2003; Kaskamalas, 2006; Rengsirikul, 2011) การผลิตหญ้าเนเปียร์เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ ความถี่ของการตัดมีความสำคัญต่อการประเมินผลผลิตและคุณภาพของหญ้า การยืดอายุการตัดทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น แต่ในทางตรงข้ามกลับทำให้คุณค่าทางโภชนะของหญ้าลดลง (Wijitphan and Lowilai, 2011) ผลผลิตน้ำหนักแห้งที่เพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มอายุการตัดเป็นผลมาจากการยืดขยายส่วนลำต้น และการตัดบ่อยครั้งจะทำให้ลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตสำรองที่จะใช้ในการแตกหน่อและสร้างใบใหม่ในระยะแรก (Crowder and Chheda, 1982) การผลิตหญ้าเพื่อใช้เป็นพืชพลังงาน ลักษณะที่สำคัญที่ใช้เพื่อประเมินศักยภาพของหญ้าคือ ให้ผลผลิตสูง การฟื้นตัวดี และคุณภาพทางด้านเชื้อเพลิง ซึ่ง Wijitphan and Lowilai (2011) พบว่าการตัดหญ้าเนเปียร์ยักษ์ที่ช่วงอายุ 35-45 วัน ได้รับผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม 9.2-10.8 ตันต่อไร่ต่อปี ส่วน Rengsirikul *et al*. (2011) รายงานว่าการตัดหญ้าเนเปียร์ทุก 3 เดือน ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 8.0 ตันต่อไร่ต่อปี มากกว่าการตัดทุก 6 เดือน (7.4 ตันต่อไร่ต่อปี) อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าอิทธิพลของอายุการตัดจะแปรปรวนตามสภาพพื้นที่ทดลองและความอุดมสมบูรณ์

ของดิน (Wijitphan and Lowilai, 2011) และข้อมูลทางด้านคุณภาพของหญ้าเนเปียร์ในการใช้เป็นเชื้อเพลิงยังมีการรายงานอยู่น้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในการเผาไหม้โดยตรง ขณะที่ Rengsirikul *et al*. (2011) รายงานองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ที่มีผลกระทบต่อการผลิตเอทานอล โดยวิเคราะห์เฉพาะเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินเป็นสำคัญ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ เพื่อหาพันธุ์หญ้าเนเปียร์และระบบการตัดที่ให้ผลผลิตและคุณภาพที่เหมาะสมในการปลูกหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นพืชพลังงานในระบบการเผาไหม้โดยตรงและระบบแก๊สซิฟิเคชั่น

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ทดลอง อยู่ในบริเวณสถานีวิจัยสุวรรณวาจกกสิกิจ อ. ปากช่อง จ.นครราชสีมา ดินที่ใช้ทดลองเป็นดินเหนียวร่วนปนทราย สีน้ำตาลแดง มี pH 7.7 อินทรียวัตถุ 1.73 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 59 พีพีเอ็ม และโพแทสเซียม 105 พีพีเอ็ม แปลงหญ้าที่ทดลองเป็นแปลงหญ้าที่ปลูกมาแล้ว 1.5 ปี วางแผนการทดลองแบบ split - plot in RCBD โดย main - plot ประกอบด้วยหญ้าเนเปียร์ 3 พันธุ์ คือ ธรรมดา บาน่า และมวกเหล็ก sub - plot ประกอบด้วยระบบการตัดหญ้า 5 ระบบ คือ ระบบที่ 1 (T1) ตัดหญ้าปีละ 3 ครั้ง (พ.ย. ก.พ. และพ.ค.) ระบบที่ 2 (T2) ตัดหญ้าปีละ 3 ครั้ง (ส.ค. พ.ย. และพ.ค.) ระบบที่ 3 (T3) ตัดหญ้าปีละ 4 ครั้ง (ส.ค. พ.ย. ก.พ. และพ.ค.) ระบบที่ 4 (T4) ตัดหญ้าปีละ 2 ครั้ง (พ.ย. และพ.ค.) ระบบที่ 5 (T5) ตัดหญ้าปีละครั้ง (พ.ค.) โดยมีขนาดของแปลงย่อย 3.00 x 5.25 เมตร ปลูกหญ้าโดยการเพาะในถุงเพาะชำและย้ายปลูกในแปลงที่เตรียมดินเรียบร้อยแล้ว เมื่อวันที่ 10 เมษายน 2551 ระยะระหว่างต้นและแถว 0.75 x 1.00 เมตร หลังจากหญ้าตั้งตัวได้แล้ว มีการตัดหญ้าเป็นระยะๆ และตัดครั้งสุดท้ายเพื่อเริ่มการทดลองนี้ เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม 2553 หลังจากนั้นเก็บเกี่ยวผลผลิตตามระบบการตัดที่เตรียมไว้ และใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 10 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ทุกเดือน และใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (0 - 46 - 0) กับโพแทสเซียม (0 - 0 - 60) อย่างละ 40 กิโลกรัมต่อไร่ในช่วงเดือนพฤษภาคมทุกปี วัดผลผลิตจากบริเวณกลางแปลงขนาดพื้นที่ 6 ตารางเมตรต่อหนึ่งแปลงย่อย ชั่งน้ำหนักสดทั้งหมด และสุ่มผลผลิตไปแยกส่วนใบ ลำต้น และใบตาย หลังจากนั้นนำไปอบในตู้อบ (hot air oven) อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้งและคำนวณหาผลผลิตน้ำหนักแห้ง แล้วนำไปบดเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ คาร์บอน ออกซิเจน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุ (LECO, 2003) สำหรับฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม วิเคราะห์ด้วยวิธีการของ AOAC (1980) และค่าความร้อนโดยใช้เครื่อง bomb calorimeter (AOAC, 1980) ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ผลการทดลอง

สภาพภูมิอากาศ

สภาพอากาศคล้ายคลึงกับการรายงานของ Tudsri *et al*. (2014) เนื่องจากงานทดลองอยู่ในสถานที่เดียวกัน อย่างไรก็ตาม กล่าวโดยรวมในช่วงฤดูฝน (พ.ค. - ต.ค. 2553 และ2554) มีปริมาณใกล้เคียงกันเฉพาะใน 2 ปีแรก แต่ในปีที่ 3 (2555) มีปริมาณน้ำฝนลดลงประมาณ 10% ในขณะที่ฤดูแล้ง (พ.ย. - เม.ย. 25530 - 2556) มีปริมาณน้ำฝนเพียง 20% ของช่วงฤดูฝนและค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้ง 3 ปีที่ทดลอง

ความสูง

หญ้าเนเปียร์ธรรมดาและหญ้าเนเปียร์บาน่ามีการเจริญเติบโตในด้านความสูงมากกว่าหญ้าเนเปียร์

มวกเหล็ก (ตารางที่ 1) โดยหญ้าทั้งสองชนิดแรกมีความสูงระหว่าง 262 - 351 เซนติเมตรในช่วงฤดูฝน และ 190 - 287 เซนติเมตรในช่วงฤดูแล้ง ในด้านระบบการตัดหญ้า พบว่า หญ้าที่ปล่อยทิ้งไว้ทั้งปี (T5) มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด และหญ้าที่ตัดทุกๆ 120 วัน (T1) ตลอดปี กับหญ้าที่ตัดทุกๆ 90 วันเฉพาะช่วงฤดูแล้ง (T3) มีการเจริญเติบโตในด้านความสูงต่ำสุด อย่างไรก็ตาม พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์หญ้ากับระบบการตัด (ไม่ได้เสนอในตาราง)

การแตกกอ

หญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก มีการแตกกอมากกว่าหญ้าเนเปียร์ธรรมดา และหญ้าเนเปียร์บาน่า (ตารางที่ 1) ในระหว่างหญ้าเนเปียร์ 2 ชนิดหลัง พบว่าส่วนใหญ่หญ้าเนเปียร์ธรรมดามีการแตกกอดีกว่าหญ้าเนเปียร์บาน่า ในด้านระบบการจัดการแปลงหญ้า พบว่า แปลงที่ปล่อยให้หญ้าเจริญเติบโตทั้งปีมีการแตกกอดีที่สุด ไม่แตกต่างจากแปลงหญ้าที่ตัดทุกๆ 90 วันตลอดปี (T3) ยกเว้นในปีที่ 1 ในขณะที่แปลงหญ้าที่ตัดอายุ 6 เดือน (T4) ในช่วงฤดูฝนมีการแตกกอต่ำสุด

ผลผลิต

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าในปีที่ 1, 2 และ 3 หญ้าประเภทต้นสูง ได้แก่ บาน่า และธรรมดา ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมใกล้เคียงกันโดยอยู่ระหว่าง 4,679 - 4,768 กิโลกรัม/ไร่ 2,811 - 2,838 กิโลกรัม/ไร่ และ 4,824 - 5,533 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่หญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก ซึ่งเป็นหญ้าต้นเตี้ยให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมเพียง 2,133 1,946 และ 2,703 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ดังนั้น เมื่อรวมผลผลิตตลอด 3 ปี หญ้าเนเปียร์ต้นสูงจึงให้ผลผลิตสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ต้นเตี้ยอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ องค์ประกอบผลผลิตหลัก ได้แก่ ส่วนใบสำหรับหญ้ามวกเหล็ก แต่เป็นส่วนลำต้นสำหรับหญ้าบาน่าและธรรมดา

ในด้านระบบการตัดพบว่าหญ้าที่ตัดปีละ 2 ครั้ง (T4) (สิ้นสุดฤดูฝนและสิ้นสุดฤดูแล้ง)ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม 3 ปีสูงสุด 16,517 กิโลกรัม/ไร่ (รองลงมาได้แก่ ระบบการตัดปีละครั้ง (T5) 14,132 กิโลกรัม/ไร่) และหญ้าที่ตัดทุกๆ 3 เดือน (T3) ตลอดปีให้ผลผลิตต่ำสุด 8,473 กิโลกรัม/ไร่ (ส่วนที่เหลือ (T1 และT2) ให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 10,190 - 13,424 กิโลกรัม/ไร่) ผลผลิตที่ตัดปีละ 1 - 2 ครั้ง (T4 และT5) และตัด 6 เดือนในช่วงฤดูฝนร่วมกับการตัดทุกๆ 3 เดือนในช่วงฤดูแล้ง (T1) ส่วนใหญ่มาจากลำต้นเป็นสำคัญ ในขณะที่ 2 ระบบการจัดการที่เหลือประกอบด้วยส่วนใบและลำต้นใกล้เคียงกัน ส่วนใหญ่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์หญ้ากับระบบการตัดหญ้า

องค์ประกอบทางเคมี

หญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก มีปริมาณไนโตรเจน ออกซิเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ ทั้งในส่วนใบและลำต้นสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ธรรมดา และหญ้าบาน่า (ตารางที่ 3) ในขณะที่โซเดียมทั้งในส่วนใบและลำต้น มีค่าไม่แตกต่างกันเช่นเดียวกับไฮโดรเจน เฉพาะในส่วนลำต้นของหญ้ามวกเหล็ก ตรงกันข้ามกับปริมาณคาร์บอนที่หญ้าเนเปียร์มวกเหล็กมีปริมาณน้อยกว่าหญ้าเนเปียร์บาน่า และธรรมดาทั้งส่วนใบและลำต้น

ปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนใบมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ในระหว่างระบบการตัดแตกต่างกัน แต่ในส่วนลำต้นหญ้าที่ตัดอายุ 12 เดือนมีปริมาณฟอสฟอรัสเพียง 0.12 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่หญ้าที่ตัดทุก ๆ 3-6 เดือน มีค่าระหว่าง 0.20-0.35 เปอร์เซ็นต์ตรงกันข้ามกับโพแทสเซียม ซึ่งพบว่า ในส่วนใบที่ตัดทุก ๆ 12 เดือน มีค่า 1.71 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่หญ้าที่ตัดทุก ๆ 3-6 เดือน มีค่าระหว่าง 0.84-1.17 เปอร์เซ็นต์ สำหรับในส่วนลำต้นหญ้าที่ตัดบ่อยครั้ง 3-6 เดือนมีปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าหญ้าที่ตัดไม่บ่อยครั้ง (12 เดือน) คล้ายคลึงกับปริมาณแคลเซียมที่พบในใบและลำต้น สำหรับแมกนีเซียมพบว่า หญ้าที่ตัดทุก 12 เดือนมีค่าเพียง 0.48 และ 0.29 เปอร์เซ็นต์ในส่วนใบและลำต้น ซึ่งน้อยกว่าหญ้าที่ตัดทุก ๆ 3-6 เดือน ซึ่งมีค่า 0.81-1.11 เปอร์เซ็นต์ และ 0.42-0.66 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนใบและลำต้น ตามลำดับความถี่ของการตัดไม่มีผลกระทบต่อปริมาณซัลเฟอร์และโซเดียมทั้งในส่วนใบและลำต้น

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตในด้านความสูงและการแตกกอของหญ้าเนเปียร์ 3 ชนิดที่ตัดด้วยความถี่แตกต่างกัน ตั้งแต่ปี 2553 - 2556

ความสูง	ปีที่ 1		ปีที่ 2		ปีที่ 3	
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ก. พันธุ์						
มวกเหล็ก	150 c[1]	143 c	186 c	141 b	146 b	131 b
ธรรมดา	307 a	246 b	351 a	287 a	310 a	190 a
บาน่า	262 b	267 a	290 b	267 a	287 a	202 a
F-test	**	**	**	**	**	**
ข. ระบบการตัดหญ้า						
T1	259 b	144 d	274 b	215 c	240 b	108 d
T2	190 c	180 c	256 c	189 d	225 b	152 c
T3	194 c	158 d	260 c	188 d	222 b	108 d
T4	316 a	218 b	311 a	270 b	304 a	165 b
T5	-	393 a	-	296 a	-	339 a
F-test	**	**	**	**	**	**
พันธุ์ x การตัด	**	**	**	**	*	**
การแตกกอ	ปีที่ 1		ปีที่ 2		ปีที่ 3	
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ก. พันธุ์						
มวกเหล็ก	31 a[1]	29 a	29 a	26	36 a	36 a
ธรรมดา	23 b	30 a	24 b	26	28 b	35 a
บาน่า	18 c	19 b	19 c	21	23 c	23 b
F-test	**	**	**	ns	**	**
ข. ระบบการตัดหญ้า						
T1	20 b	31 b	25 ab	22 b	29 ab	36 a
T2	26 a	21 c	28 ab	25 ab	32 a	28 bc
T3	25 a	23 c	24 ab	25 ab	29 ab	30 b
T4	22 ab	17 d	20 b	20 b	26 b	23 c
T5	-	34 a	-	29 a	-	39 a
F-test	*	**	*	**	*	*
พันธุ์ x การตัด	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: [1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test, * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์, ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 ผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์ 3 ชนิด ที่ตัดด้วยความถี่แตกต่างกัน

	ปีที่ 1			ปีที่ 2		
	ใบ	ลำต้น	รวม	ใบ	ลำต้น	รวม
ก. พันธุ์						
มวกเหล็ก	1,308 b[1]	1,518 b	2,321 b	1,446 b	1,407 c	2,853 b
ธรรมดา	1,540 ab	3,403 a	4,942 a	1,712 a	3,362 a	5,072 a
บาน่า	1,780 a	3,160 a	4,940 a	1,618 ab	2,836 b	4,454 a
F-test	*	*	**	*	**	**
ข. ระบบการตัดหญ้า						
T1	1,711 ab	3,314 a	4,184 b	1,569 ab	2,510 c	4,079 c
T2	1,452 bc	1,345 b	2,796 c	1,717 a	1,997 d	3,714 c
T3	1,074 c	970 b	2,044 c	1,406 b	1,445 e	2,851 d
T4	2,052 a	3,827 a	5,878 a	1,751 a	2,869 b	4,620 b
T5	1,422 bc	4,012 a	5,434 a	1,516 ab	3,855 a	5,371 a
F-test	**	**	**	*	**	**
พันธุ์ x การตัด	ns	ns	ns	**	**	**

	ปีที่ 3			รวมปีที่ 1-3		
	ใบ	ลำต้น	รวม	ใบ	ลำต้น	รวม
ก. พันธุ์						
มวกเหล็ก	1,528 b	1,175 b	2,703 b	4,783 b	4,100 a	7,876 b
ธรรมดา	1,531 b	3,293 a	4,824 a	4,281 b	10,058 a	14,839 a
บาน่า	2,042 a	3,492 a	5,533 a	5,439 a	9,488 a	14,927 a
F-test	*	*	**	**	**	**
ข. ระบบการตัดหญ้า						
T1	2,293 a	2,868 b	5,161 b	5,574 a	8,691 a	13,424 b
T2	1,477 b	2,203 c	3,680 c	4,646 b	5,544 b	10,190 c
T3	1,634 b	1,944 c	3,578 c	4,114 bc	4,359 b	8,473 c
T4	2,153 a	3,866 a	6,019 a	5,956 a	10,562 a	16,517 a
T5	944 c	2,385 bc	3,329 c	3,883 c	10,253 a	14,132 a
F-test	**	**	**	**	**	**
พันธุ์ x การตัด	ns	ns	ns	ns	*	ns

หมายเหตุ: [1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test, ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์, ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

ความถี่ของการตัด ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งในส่วนใบและลำต้น แต่มีผลกระทบต่อปริมาณคาร์บอน ออกซิเจนและไฮโดรเจน (เฉพาะส่วนใบ) โดยหญ้าที่ตัด 1-2 ครั้งต่อปี มีปริมาณคาร์บอนสูงกว่าหญ้าที่ตัดบ่อยครั้ง ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งตรงกันข้ามกับออกซิเจนซึ่งมีปริมาณน้อยกว่า โดยเฉพาะในส่วนลำต้น ส่วนใหญ่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์หญ้ากับระบบการตัด

เถ้า และพลังงาน

หญ้าเนเปียร์มวกเหล็กมีปริมาณเถ้ามากกว่าทั้งในส่วนใบและลำต้นเมื่อเทียบกับหญ้าเนเปียร์ธรรมดา และบาน่า หญ้าเนเปียร์มวกเหล็กให้พลังงานน้อยกว่าหญ้าเนเปียร์ธรรมดาและบาน่า (ตารางที่ 5) ทั้งในส่วนใบและลำต้น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ในส่วนลำต้นของหญ้าที่ตัด 12 เดือน มีปริมาณเถ้าเพียง 5.47 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากหญ้าที่ตัดปีละ 2 ครั้ง ในขณะที่หญ้าที่ตัดทุกๆ 90 วันตลอดปี (T3) และหญ้าที่ตัดทุก 90 วัน เฉพาะในช่วงฤดูแล้ง (T1) มีปริมาณเถ้าใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าระบบการตัดทุกระบบ ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับระบบการตัด (ตารางที่ 4)

วิจารณ์

ผลการทดลอง (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าหญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดา ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน แต่สูงกว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กเกือบ 1 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากการยืดอายุการตัดออกไปเป็น 3 - 6 เดือน ทำให้หญ้าเนเปียร์บาน่าและเนเปียร์ธรรมดา เจริญเติบโตอย่างเต็มที่และมีการยืดปล้อง ทำให้ความสูงของหญ้าทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้นและสูงกว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก (ตารางที่ 1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตรงกันข้ามกับหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กซึ่งจัดเป็นหญ้าเนเปียร์ต้นเตี้ย มีความยาวปล้องสั้น และยืดขยายปล้องน้อยมากเมื่ออายุเพิ่มขึ้น ดังนั้น ความแตกต่างของผลผลิต จึงมาจากส่วนลำต้นเป็นสำคัญ (ตารางที่ 2) โดยหญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดา มีผลผลิตส่วนลำต้นมากกว่าถึง 2 เท่า ในขณะที่ส่วนใบมีความแตกต่างกันไม่มากนัก สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Rengsirikul *et al.* (2011) และเมื่อพิจารณาในด้านของปริมาณใบ/ต้น พบว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กมีค่าดังกล่าวสูงกว่าหญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดา จากการพิจารณาการกระจายผลผลิตในแต่ละปี พบว่าหญ้าทั้ง 3 ชนิด ให้ผลผลิตค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาทั้ง 3 ปี โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2,321 - 2,853, 4,824 - 5,072 และ4,454 - 5,535 กิโลกรัม/ไร่/ปี สำหรับหญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก, ธรรมดา และบาน่า ตามลำดับ

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น จึงอาจกล่าวได้ว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กอาจ ไม่เหมาะสมต่อการนำไปเผาไหม้โดยตรงหรือใช้ในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น เพราะส่วนใบมีปริมาณแร่ธาตุที่มีผลกระทบต่อการเผาไหม้ ในปริมาณสูง (ตารางที่ 3) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของไนโตรเจน ออกซิเจน และซัลเฟอร์ ซึ่งในส่วนใบและลำต้นของหญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก มีปริมาณไนโตรเจน 1.85 และ 1.69% ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 1% (Lewandowski and Kicherer, 1997) และมีปริมาณออกซิเจนสูงกว่าหญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดา การรวมตัวกันระหว่างไนโตรเจนและออกซิเจน จะได้ไนตรัสออกไซด์ และปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศต่อไป ในส่วนของหญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดา แม้ส่วนใบจะมีปริมาณไนโตรเจนเกินค่ามาตรฐาน แต่เมื่อรวมกับปริมาณไนโตรเจนจากส่วนลำต้นแล้ว พบว่าน่าจะมีปริมาณลดลงในระดับหนึ่ง เพราะส่วนลำต้นมีค่าอยู่ระหว่าง 0.73 - 0.87% และปริมาณผลผลิตลำต้นมีค่ามากกว่าส่วนใบ สำหรับซัลเฟอร์แม้จะมีปริมาณไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 0.3% แต่หญ้าเนเปียร์มวกเหล็กก็ยังมีปริมาณซัลเฟอร์สูงกว่าหญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดา ในส่วนแร่ธาตุอื่นๆ พบว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กมีปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมสูงกว่าหญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดาทั้งในส่วนใบและลำต้น แต่มีปริมาณโซเดียมใกล้เคียงกัน ซึ่งธาตุเหล่านี้มีผลกระทบต่อการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทั้งสิ้น (Mckendry, 2002) ซึ่งปริมาณแร่ธาตุเหล่านี้ควรมีปริมาณต่ำสุด (Obernberger *et al.*, 2006) อย่างไรก็ตาม หญ้าที่ทดสอบทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ 0.3% (Lewandowski and Kicherer, 1997) โดยหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กมีค่าโพแทสเซียมสูงสุด โดยมีค่าระหว่าง 1.65 - 1.91% และหญ้าที่เหลืออีก 2 ชนิด มีค่าอยู่ระหว่าง 0.42 - 1.09%

ตารางที่ 3 อิทธิพลของพันธุ์ และความถี่ของการตัดต่อปริมาณองค์ประกอบทางเคมี

ใบ	C	H	N	O	S	P	K	Ca	Mg	Na
	(% วัตถุแห้ง)									
ก. พันธุ์										
มวกเหล็ก	38.50 c[1]	6.90 b	1.85 a	52.75 a	0.14	0.32 a	1.65 a	0.68 a	0.95 a	0.01
ธรรมดา	39.78 b	7.05 a	1.90 a	51.26 b	0.13	0.23 b	1.09 b	0.55 b	0.91 a	0.01
บาน่า	40.78 a	7.14 a	1.61 b	50.46 c	0.12	0.20 b	0.67 c	0.56 b	0.76 b	0.01
F-test	**	*	*	**	ns	**	**	*	*	ns
ข. ระบบการตัดหญ้า										
T1	39.60 b	7.01 ab	1.71	51.68 ab	0.13	0.27 a	1.17 b	0.54 b	0.81 b	0.01
T2	39.17 b	6.97 b	1.76	52.11 a	0.12	0.26 ab	1.10 b	0.57 b	1.11 a	0.01
T3	39.63 b	7.01 ab	1.79	51.58 ab	0.12	0.25 b	0.84 c	0.55 b	1.05 a	0.01
T4	39.70 b	7.06 ab	1.85	51.40 ab	0.15	0.23 c	0.87 c	0.64 a	0.91 b	0.01
T5	40.34 a	7.12 a	1.85	50.69 b	0.13	0.24 b	1.71 a	0.69 a	0.48 c	0.01
F-test	**	*	ns	**	ns	**	**	**	**	ns
พันธุ์ x การตัด	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ลำต้น										
ก. พันธุ์										
มวกเหล็ก	38.43 b	7.04	1.69 a	52.72 a	0.16 a	0.35 a	1.91 a	0.26 a	0.60 a	0.01
ธรรมดา	41.09 a	6.94	0.87 b	50.88 b	0.13 b	0.21 b	0.79 b	0.16 b	0.50 b	0.01
บาน่า	41.37 a	7.34	0.73 b	50.44 b	0.11 c	0.18 b	0.42 c	0.22 b	0.43 c	0.01
F-test	**	ns	**	*	**	**	**	**	**	ns
ข. ระบบการตัดหญ้า										
T1	38.57 c	7.16	1.28 a	53.01 a	0.15 a	0.35 a	1.58 a	0.26 a	0.62 a	0.01
T2	40.28 b	7.24	1.11 b	51.33 b	0.11 c	0.27 b	1.10 b	0.22 b	0.56 b	0.01
T3	39.20 c	7.00	1.28 a	52.33 a	0.12 c	0.29 b	1.14 b	0.24 b	0.66 a	0.01
T4	41.52 a	7.04	1.06 b	50.27 c	0.14 ab	0.20 c	0.64 c	0.18 c	0.42 c	0.01
T5	41.92 a	7.10	0.75 c	49.76 c	0.15 a	0.12 d	0.73 c	0.15 c	0.29 c	0.01
F-test	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	ns
พันธุ์ x การตัด	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: [1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test, ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์, ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 อิทธิพลของพันธุ์และความถี่ของการตัดต่อปริมาณเถ้าและพลังงาน

ใบ	เถ้า (%วัตถุแห้ง)	พลังงาน (เมกะจูล/กิโลกรัม)
ก. พันธุ์		
มวกเหล็ก	14.30 a[1]	16.75
ธรรมดา	12.05 bc	17.38
บาน่า	10.36	17.64
F-test	**	ns
ข. ระบบการตัดหญ้า		
T1	11.97	17.32
T2	12.43	17.11
T3	11.77	17.32
T4	11.71	17.38
T5	13.32	17.14
F-test	ns	ns
พันธุ์ x การตัด	ns	ns
ลำต้น		
ก. พันธุ์		
มวกเหล็ก	11.03 a	17.25
ธรรมดา	7.34 b	17.98
บาน่า	5.24 c	18.52
F-test	**	ns
ข. ระบบการตัดหญ้า		
T1	10.01 a	17.35 c
T2	8.24 b	18.00 b
T3	9.10 a	17.50 c
T4	6.54 c	18.27 ab
T5	5.47 c	18.48 a
F-test	**	**
พันธุ์ x การตัด	ns	ns

หมายเหตุ: [1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test, ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์, ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณคาร์บอนและไฮโดรเจน เป็นตัวชี้วัดค่าความร้อนที่ดี ชีวมวลที่มีธาตุทั้ง 2 ชนิดสูงจะทำให้มีค่าพลังงานความร้อนสูงตามไปด้วย จากข้อมูลในตารางที่ 2 หญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก มีปริมาณคาร์บอนและไฮโดรเจนน้อยกว่าหญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดา ดังนั้น ค่าพลังงานที่ได้จึงมีค่าน้อยกว่าแม้ไม่แตกต่างทางสถิติก็ตาม จากการที่หญ้าเนเปียร์มวกเหล็กมีปริมาณธาตุสูงจึงทำให้มีปริมาณเถ้าสูงถึง 14.3% ในส่วนใบและ11.0% ในส่วนลำต้น ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ 9% ในขณะที่หญ้าเนเปียร์ธรรมดาและบาน่า แม้ว่าจะมีปริมาณเถ้าในส่วนใบสูงเกินมาตรฐาน แต่ในส่วนลำต้นซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของผลผลิต มีค่าเพียง 5.2 - 7.3% จึงมีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นพลังงานมากกว่า อย่างไรก็ตาม จากการมีธาตุที่เป็นโภชนะทางอาหารสัตว์สูงของหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กโดยมีโปรตีนในใบและต้น 11.6 และ 10.6% ตามลำดับ จึงทำให้หญ้าชนิดนี้มีความเหมาะสมในการใช้เป็นอาหารสัตว์มากกว่า และยังอาจเหมาะสมต่อการนำไปผ่านกระบวนการย่อยสลายให้ได้น้ำตาลแล้วนำไปหมักเพื่อผลิตเอทานอล (Rengsirikul, 2011) หรือนำไปหมักเป็นแก๊สชีวภาพ (Janejadkarn and Chavalparit, 2014)

ในด้านระบบการตัดหญ้า พบว่าการตัดหญ้าเนเปียร์ปีละ 1 - 2 ครั้งให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน แต่สูงกว่าการตัดหญ้าทุกๆ 3 เดือน (T3) หรือแม้กระทั่งการตัดหญ้าในช่วงฤดูฝนสลับฤดูแล้ง 3 - 6 เดือน (T1 และ T2) (ตารางที่ 2) ผลการทดลองนี้ได้ผลตรงกันข้ามกับ Rengsirikul *et al.* (2011) ที่รายงานว่าหญ้าเนเปียร์ให้ผลผลิตสูงสุดจากการตัดทุกๆ 3 เดือน งานวิจัยของ Rengsirikul *et al.* (2011) มีการเก็บข้อมูลเพียง 1.5 ปี และนำไปต่อยอดโดยงานวิจัยนี้อีก 3 ปี แสดงให้เห็นว่าการตัดหญ้าบ่อยครั้งเกินไป (ทุกๆ 3 เดือน) ไม่เป็นผลดีต่อหญ้าในระยะยาว เพราะในช่วงฤดูแล้ง การตัดหญ้าในลักษณะนี้อย่างต่อเนื่อง อาจมีผลต่อการฟื้นตัวของหญ้าได้ นอกจากนั้นหญ้าที่ทดลองนี้ตัดในระดับความสูงเพียง 15 เซนติเมตร Tudsri *et al.* (2002) ศึกษาการจัดการหญ้าเนเปียร์ 5 ชนิดในช่วงฤดูแล้งพบว่า การตัดหญ้าครั้งสุดท้ายก่อนเข้าฤดูแล้ง (พฤศจิกายน) ควรไว้ตอสูงอย่างน้อย 20 เซนติเมตร และถ้าตัดในช่วงกลางฤดูแล้ง (มกราคม) จะต้องไว้ตอสูง 30 เซนติเมตร เพื่อให้รากพืชสามารถหยั่งลึกลงไปในดินได้มากขึ้น เมื่อมีการขาดน้ำรุนแรงยิ่งขึ้น การตัดหญ้าต่ำเกินไปจะมีผลกระทบต่อระบบรากหญ้า ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต และเมื่อเข้าฤดูแล้ง รากหญ้าเหล่านี้ไม่สามารถหยั่งลึกลงไปพอที่จะดูดความชื้นที่อยู่ลึกลงไปในดินได้ และถ้าเกิดการขาดน้ำรุนแรงพืชอาจตายได้ ในขณะที่ต้นหญ้าที่อยู่รอดจะเจริญเติบโตอย่างช้าๆ เมื่อได้รับความชื้นอีกครั้ง Tudsri and Khongsanoh (1994) พบว่าภายใต้สภาพที่ขาดน้ำ หญ้าที่ตัดชิดดินจะฟื้นตัวได้ช้ากว่าหญ้าที่ตัดสูงกว่าพื้นดิน 20 เซนติเมตร ผลกระทบนี้ยังคงต่อเนื่องจนพืชได้รับความชื้นอีกครั้ง ผลกระทบนี้จะรุนแรงเพียงใดขึ้นอยู่กับระดับความชื้นในดิน ถ้าขาดความชื้นรุนแรงการตัดหญ้าสูง 20 เซนติเมตร หญ้าจะตายภายใน 6 สัปดาห์ ขณะที่หญ้าที่ตัดชิดดินจะตายภายใน 3 สัปดาห์ ดังนั้นการตัดหญ้าทุกๆ 2 - 3 เดือนตลอดปี จึงส่งผลให้ผลผลิตลดลงในระยะยาว จากงานวิจัยนี้จึงสรุปได้ว่าหญ้าที่ปลูกเพื่อใช้เป็นพลังงานควรตัดไม่เกินปีละ 2 ครั้ง การยืดอายุการตัดให้ยาวนานออกไปนอกจากได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแล้วยังช่วยเพิ่มคุณภาพของผลผลิตที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทั้งในด้านปริมาณแร่ธาตุ (ตารางที่ 3) และปริมาณเถ้าอีกด้วย (ตารางที่ 4)

สรุป

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าหญ้าเนเปียร์ต้นสูงทั้ง 2 ชนิด (บาน่า และธรรมดา) ให้ผลผลิตสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ต้นเตี้ย (มวกเหล็ก) และยังมีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นพลังงานในรูปแบบการเผาไหม้โดยตรง หญ้าเหล่านี้ควรตัดปีละ 1-2 ครั้ง เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น โดยพิจารณาจากปริมาณแร่ธาตุ พลังงาน และเถ้า

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่ง จากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ และขอขอบคุณสถานีวิจัยสุวรรณวาจกกสิกิจที่ให้สถานที่ทดลอง

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 1980. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 13th ed., Association of Official Analytical Chemists Inc., Virginia.

Crowder, L.V. and H.R. Chheda. 1982. **Tropical Grassland Husbandry**. Longman Group Inc., New York.

Ferraris, R. 1980. Effect of harvest interval, nitrogen rate and application times on *Pennisetum purpureum* grown as an agroindustrial crop. **Field Crop. Res.** 3: 109-120.

Hoshino, M. 1975. **Studies on the tropical forage crop in Thailand**. TARC. Ministry of Agriculture and Forestry. Japan.

Janejadkarn, A. and O. Chavalparit. 2014. Biogas Production from Napier Grass (Pak Chong 1) (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum americanum*). **Adv. Mat. Res.** 856: 327-332.

Kahindi, R.K., S.A. Abdulrazak and R.W. Muinga. 2007. Effect of supplementing Napier grass (*Pennisetum purpureum*) with Madras thorn (*Pithecellobium dulce*) on intake, digestibility and live weight gains of growing goats. **Small Ruminant Res.** 69: 83-87.

Kaskamalas, S. 2006. **Effect of Variety and Cutting Stage on Yield and Nutritive Value of Napier Silage**. M.S thesis, Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

Lewandowski, I. and A. Kicherer. 1997. Combustion quality of biomass: practical relevance and experiments to modify the biomass quality of *Miscanthus x giganteus*. **Eur. J. Agron.** 6: 163-177.

LECO. 2003. **CHNS-932 instruction manual**. LECO corporation, MI, USA.

Lowe, A.J., W. Thrope, A. Teale and J. Hanson. 2003. Characterization of germplasm accessions of Napier grass (*Pennisetum purpureum* and *P. purpureumxP. Glaucum hybrids*) and comparison with farm clones using RAPD. **Genet. Resour. Crop Ev.** 50: 121–132.

Moor, K.J., S.L. False and E.A. Heaton. 2008. Biorenewable energy: new opportunities for grassland agriculture, pp. 1023-1030. *In* **Multifunctional Grasslands in a Changing World Vol II.** XXI International Grassland Congress. Hohhot, Inner Mongolia, China.

Obernberger, I., T. Brunner and G. Bärnthaler. 2006. Chemical properties of solid biofuels significance and impact. **Biomass Bioenerg.** 27: 653-669.

Rengsirikul, K., Y. Ishii, K. Kangvansaichol, P. Sripichitt, V. Punsuvon, P. Vaithanomsat, G. Nakamanee and S. Tudsri. 2011. Effects of inter-cutting interval on biomass yield, growth components and chemical composition of napiergrass (*Pennisetum purpureum*) cultivars as bioenergy crops in Thailand. **Grassland Sci.** 57:135-141.

Rengsirikul, K. 2011. **The Potential of Napiergrass and Leucaena as Bioenergy Feedstock in Thailand**. Ph.D. Thesis, Kasetsart University.

Rengsirikul, K., Y. Ishii, K. Kangvansaichol, P. Sripichitt, V. Punsuvon, P. Vaithanomsat, G. Nakamanee and S. Tudsri. 2011. Effects of inter-cutting interval on biomass yield, growth components and chemical composition of napiergrass (*Pennisetum purpureum*) cultivars as bioenergy crops in Thailand. **Grassland Sci.** 57:135-141.

Tudsri, S. 2004. **Tropical Forage Crop**. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Tudsri, S. and M. Khongsanoh. 1994. Effect of soil moisture content and cutting regimes on regrowth of dwarf napier (*Pennisetum purpureum* cv. Mott). *In* **Proceeding of 32th Kasetsart University Annual Conference (Animal Field)**, Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

Tudsri, S., P. Vaithanomsat, P. Kongsila, N. Tonmukayakul and W. Suebsaiprom. 2014. Production of napier grass for use as sustainable bioenergy**.** **Research report**. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai).

Wijitphan, S. and P. Lowilai. 2011. Effects of Cutting Interval on Yields and Nutritive Values of King Napier Grass (*Pennisetum purpureum* cv. King grass) under Irrigation Supply**.** **KKU Res. J.** 16: 215-224.