

ผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดจากกระถินที่มีต่อผลผลิตและคุณสมบัติของเชื้อเพลิงของ หญ้าเนเปียร์ เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

Effect of *Leucaena (Leucaena leucocephala (Lam) de Wit.)* as a Green Manure on Biomass Yield and Fuel Quality of Napier Grass Varieties for Biofuel Production

สุรนนท์ น้อยอุทัย^{1,2}, ทรงยศ โชติชูติมา^{1,2}, สายัณห์ ทัดศรี^{1,2*},
ภัสวี คงสีล^{1,2}, พิลาณี ไวกอนอมสตัย^{2,3} และ นพ ตัณมุขยกุล^{1,2}

Suranant Noi-uthai^{1,2}, Songyos Chotchutima^{1,2}, Sayan Tudsri^{1,2*},
Pasajee Kongsila^{1,2}, Pilanee Vaithanomsat^{2,3} and Nop Tonmukayakul^{1,2}

Abstract

The effects of green manure from leucaena on biomass yield and fuel quality of two napier grass varieties as biofuel crop were examined. The experiment was conducted at the National Corn and Sorghum Research Center, Pakchong, Nakhon Ratchasima province from 2010 to 2013. The experiment was a split - plot in RCBD with 3 replications. Two napier grass varieties were Bana and Wruck wona as the main plots and sub - plots consisted of five treatments, viz., (1) no fertilizer (control), (2) 30 kg N/rai from leucaena, (3) 60 kg N/rai from leucaena, (4) 90 kg N/rai from leucaena and (5) 90 kg N/rai from nitrogen fertilizer (urea). The napier grass was cut at 6 month intervals during 3 years growth. The results revealed that the treatment with 90 kg N/rai of leucaena gave a better height and tiller number of two napier grass varieties than those treated with 90 kg N/rai urea, especially in the first and second year. Moreover, the 90 kg N/rai of leucaena also showed the higher dry matter yield of napier grass (17.68 ton/rai) than the control and the low rate of leucaena (lower 90 kg N/rai). In case of napier grass varieties, Bana exhibited the same dry matter yield as that of Wruck wona. Both napier grass varieties also had the same P, K, Ca, Mg, Na, ash content and heating value in leaf and stem. The control gave the highest P content in stem whereas the 90 kg N/rai treated with urea showed the highest K in stem, but gave the lowest S content and also tended to produce the lower ash content than those applied with leucaena.

Keywords: Napier grass, green manure, leucaena, biomass yield, biofuel

¹ ภาควิชาพืชไร่และเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

² ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการ
อุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900

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

³ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร กรุงเทพฯ 10900

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

รับเรื่อง : พฤษภาคม 2559

รับตีพิมพ์ : มิถุนายน 2559

* Corresponding author : agrsat@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของอัตราการใส่ปุ๋ยพืชสดจากใบกระถินที่มีต่อผลผลิตชีวมวลและคุณภาพเชื้อเพลิงของหญ้าเนเปียร์ 2 พันธุ์ เพื่อใช้เป็นพืชเชื้อเพลิงชีวมวล โดยทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา ระหว่างปี 2010 – 2013 วางแผนการทดลองแบบ split – plot in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ โดย main – plot คือ หญ้า 2 พันธุ์ ประกอบด้วยหญ้าเนเปียร์พันธุ์บาน่า และรุกไวน่า ส่วน sub-plot คือ กรรมวิธีการใส่ปุ๋ย ประกอบด้วย 1) การไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) 2) การใช้ปุ๋ยพืชสดจากใบกระถินที่อัตรา 30 3) การใช้ปุ๋ยพืชสดจากใบกระถินที่อัตรา 60 4) การใช้ปุ๋ยพืชสดจากใบกระถินที่อัตรา 90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ และ 5) การใช้ปุ๋ยยูเรียอัตราแนะนำ 90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ จากการตัดหญ้าที่อายุทุก 6 เดือน ตลอดระยะเวลา 3 ปี พบว่าการใช้ใบกระถินอัตรา 90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ให้ความสูงและจำนวนการแตกกอของหญ้าทั้งสองพันธุ์ สูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ โดยเฉพาะในปีที่ 1 และ 2 นอกจากนี้ การใช้ใบกระถินอัตรา 90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ยังให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของเนเปียร์มากที่สุดเท่ากับ 17.68 ตัน/ไร่ สูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย และการใช้ใบกระถินที่อัตราต่ำกว่า 90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ในส่วนของพันธุ์หญ้าเนเปียร์ พบว่าหญ้าบาน่าให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งใกล้เคียงกับหญ้ารุกไวน่า หญ้าเนเปียร์ทั้งสองพันธุ์มีปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม เถ้า และค่าความร้อน ทั้งในส่วนใบและลำต้นใกล้เคียงกัน การไม่ใส่ปุ๋ยให้ปริมาณฟอสฟอรัสในลำต้นมากที่สุด ส่วนการใช้ปุ๋ยยูเรียให้ปริมาณโพแทสเซียมสูงในลำต้นมากที่สุด แต่ให้ปริมาณซัลเฟอร์ในลำต้นน้อยที่สุด และการใช้ปุ๋ยยูเรียยังมีแนวโน้มให้ปริมาณถ่านน้อยกว่าการใช้ใบกระถิน

คำสำคัญ: หญ้าเนเปียร์ ปุ๋ยพืชสด กระถิน ผลผลิตชีวมวล เชื้อเพลิง

คำนำ

หญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum* (L.) Schumach) เป็นหญ้าที่มีทั้งอายุปีเดียวและหลายปี มีแหล่งดั้งเดิมอยู่ในแอฟริกาเขตร้อน (Tudsri, 2004) ปัจจุบันมีการแพร่กระจายทั่วไปทั้งในเขตร้อนและกึ่งร้อน (Lowe *et al.*, 2003) หญ้าเนเปียร์มีการปลูกเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นหลัก ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดในประเทศไทย เช่น เนเปียร์ยักษ์ มวกเหล็ก บาน่า ธรรมดา และปากช่อง 1 เป็นต้น และมีหลายการทดลองพบว่าหญ้าเนเปียร์สามารถปรับตัวและให้ผลผลิตได้ดีในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย (Wijitphan *et al.*, 2009; Jørgensen *et al.*, 2010; Rengsirikul *et al.*, 2011; Rengsirikul *et al.*, 2013) หญ้าเนเปียร์บาน่า และรุกไวน่า เป็นหญ้าเนเปียร์ที่มีลักษณะลำต้นสูง

ใหญ่ เจริญเติบโตเร็ว และให้ผลผลิตสูง อย่างไรก็ตาม Schreuder *et al.* (1993) รายงานว่าหญ้าเนเปียร์ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งอยู่ระหว่าง 1.6 – 6.4 ตัน/ไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาพภูมิอากาศ และการจัดการ ในสภาพที่มีการจัดการน้ำและปุ๋ยอย่างดี หญ้าเนเปียร์บาน่าให้ผลผลิตน้ำหนักสดสูงถึง 17.6 ตัน/ไร่ (Köster *et al.*, 1992)

ในปัจจุบันมีการปลูกหญ้าเนเปียร์เพื่อใช้เป็นพืชพลังงานมากขึ้น ขณะที่พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่มักขาดธาตุอาหารหลัก ในโดยเฉพาะไนโตรเจน อีกทั้งการปลูกหญ้าเนเปียร์ให้มีผลผลิตสูงจะต้องให้ปัจจัยในการเจริญเติบโตทั้ง น้ำและธาตุอาหารในปริมาณมาก การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ชนิดปุ๋ยไนโตรเจน ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ วิธีการใช้ และ ปริมาณน้ำฝน (Bunpithukit, 1991; Bumrung *et al.*, 1999) เนื่องจากปุ๋ยไนโตรเจนมีราคาแพง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตพลังงานเพิ่มขึ้น ดังนั้นการหาแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยพืชสดจากใบกระถิน จึงอาจช่วยลดต้นทุนการผลิตได้

การใช้ใบกระถินเป็นปุ๋ยพืชสดช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนเป็นแนวหนึ่งที่น่าสนใจในการลดต้นทุนการผลิตได้ (Tudsri, 2004) กระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit.) เป็นพืชตระกูลถั่วที่เจริญเติบโตได้รวดเร็ว สามารถพบได้ทั่วไปเกือบทุกภาคของประเทศไทย ใบกระถินและกิ่งก้านสามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ดี เนื่องจากมีโปรตีนสูง ซึ่งในใบกระถินมีธาตุอาหารที่สำคัญ โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนเฉลี่ย 3 – 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (Tudsri, 2004) ส่วน Sampet (1981) รายงานการใช้ใบกระถินมาเป็นแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวและข้าวโพด พบว่าประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตจากการใช้ใบกระถินไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ในปริมาณของไนโตรเจนที่เท่ากันผลผลิตของพืชทั้งสองเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Cherdchaisataporn (2013) รายงานว่าแปลงข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตเมล็ดใกล้เคียงกับแปลงข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยผสมระหว่างปุ๋ยยูเรียกับใบกระถินในระดับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนเท่ากัน (30 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่) ส่วน Nammuang (1989) พบว่าการเพิ่มผลผลิตข้าวนาดำด้วยปุ๋ยอินทรีย์จากกระถินยักษ์ โดยใช้ใบและกิ่งอ่อนของกระถิน อัตรา 600 – 1,200 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตข้าวมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวได้ 85 – 139 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยพืชสดยังช่วยรักษาความชื้นในดิน ซึ่ง Bunch (2012) รายงานว่าปุ๋ยพืชสดช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งเพิ่มการแทรกซึมน้ำและเพิ่ม

การอุ้มน้ำในดิน นอกจากนี้ ยังรายงานว่าในช่วงแล้งข้าวโพดที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีจะตายเพราะขาดความชื้นที่อายุ 1 เดือน ส่วนข้าวโพดที่ใส่ปุ๋ยคอกจะสามารถอยู่รอดได้ 2 เดือน การใส่ปุ๋ยพืชสดจากพืชตระกูลถั่วสามารถอยู่รอดจนถึงก่อนช่วงเก็บเกี่ยว จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าใบกระถินสามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชหลักได้ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายหลักเพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดจากกระถินที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล ตลอดจนคุณสมบัติเชื้อเพลิงของหญ้าเนเปียร์ในการนำไปเป็นพืชพลังงาน โดยเน้นการนำไปเผาไหม้โดยตรงและในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน

อุปกรณ์และวิธีการ

งานทดลองนี้เป็นงานวิจัยต่อเนื่องของ Tudsri *et al.* (2010) ซึ่งปลูกแปลงหญ้าเนเปียร์ทั้ง 2 ชนิด ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ดินที่ใช้ทดลองเป็นดินเหนียวร่วนปนทราย มี pH 7.7 อินทรีย์วัตถุ 1.73 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 59 พีพีเอ็ม และโพแทสเซียม 105 พีพีเอ็ม วางแผนการทดลองแบบ split – plot in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ โดย main-plot ประกอบด้วยหญ้าเนเปียร์พันธุ์บานา และรุกโวนา ส่วน sub-plot ประกอบด้วย การไม่ใส่ปุ๋ย การใส่อัตราปุ๋ยพืชสดจากใบกระถินอัตรา 30 60 และ 90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่/ปี และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตราแนะนำ 90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่/ปี กระถินที่ใช้ได้จากการบดกิ่งก้านร่วมกับใบผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร โดยมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ เท่ากับ 2.27 0.13 1.01 2.25 0.38 และ 0.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ปลูกหญ้าทั้ง 2 พันธุ์ ในถุงเพาะชำขนาด 8 x 17 เซนติเมตร เมื่อมีอายุประมาณ 4 – 6 สัปดาห์ จึงย้ายไปปลูกในแปลงที่ได้เตรียมดินไว้เรียบร้อยแล้ว โดยใช้ระหว่างต้นและระหว่างแถว 0.75 x 0.75 เมตร แปลงย่อยมีขนาด 3 x 5.25 เมตร ระยะระหว่างแปลงย่อยเท่ากับ 1.5 เมตร และใส่ปุ๋ยรองพื้นฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่/ปี โดยปลูกหญ้าตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2551 หลังจากนั้นมีการตัดหญ้าเป็นระยะๆ และครั้งสุดท้ายตัดในต้นเดือนพฤษภาคม 2010 เพื่อเริ่มงานทดลองนี้ โดยเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 ในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2553 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม – ตุลาคม พ.ศ.2553) และเก็บเกี่ยวครั้งต่อไปทุกๆ 6 เดือน และครั้งสุดท้ายในต้นเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2556 ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน พ.ศ.2555 – เมษายน พ.ศ.2556) รวมเก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งหมด 6 ครั้งตลอดช่วงระยะเวลา 3 ปี และใส่ปุ๋ยพืชสดและยูเรียตามอัตราที่กำหนดทุกครั้งหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งการเก็บเกี่ยวผลผลิตแต่ละครั้ง เก็บเกี่ยวหญ้าเฉพาะบริเวณกลางแปลงทดลองย่อยในพื้นที่ 2 x 3 เมตร ซึ่งนำหนักผลผลิตสดและสุมตัวอย่างประมาณ 1,000 กรัม เพื่อนำไปแยกส่วนใบและลำต้น แล้วนำไปเข้าตู้อบ (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง เพื่อนำหนักแห้ง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ และโซเดียม วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง auto – analyzer ปริมาณแล้ววิเคราะห์โดยวิธีการของ AOAC (1980)

และค่าความร้อนโดยใช้เครื่อง bomb calorimeter (AOAC, 1980) นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ผลการทดลอง

ปริมาณน้ำฝน

หลังจากการตัดเพื่อเริ่มการทดลองในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2553 พบว่ามีฝนตกอย่างต่อเนื่องไปจนถึงปลายเดือนตุลาคม พ.ศ.2553 ดังแสดงใน Figure 1 ซึ่งใกล้เคียงกับการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 (ต้นเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2553) ในปี พ.ศ.2554 มีลักษณะการกระจายของฝนตกคล้ายกันกับปีพ.ศ.2553 ขณะที่ปีพ.ศ.2555 พบว่ามีฝนตกตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2555 และมีการตกอย่างต่อเนื่องไปจนถึงการเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้ายในต้นเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2556 ซึ่งปี พ.ศ.2555 มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าปี พ.ศ.2553 และ พ.ศ.2554 ประมาณ 400 มิลลิเมตร และเมื่อพิจารณาปริมาณฝนตกในแต่ละช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม ถึง ตุลาคม) ระหว่างปี พ.ศ.2553 – 2556 พบว่ามีความใกล้เคียงกันในปี พ.ศ.2553 และ พ.ศ.2556 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1,171 – 1,224 มิลลิเมตร และสูงกว่าปีพ.ศ.2555 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายของการทดลอง ซึ่งมีค่าเพียง 700 มิลลิเมตร ในขณะที่ปริมาณฝนที่ตกในช่วงฤดูแล้ง มีปริมาณใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 245 – 267 มิลลิเมตร

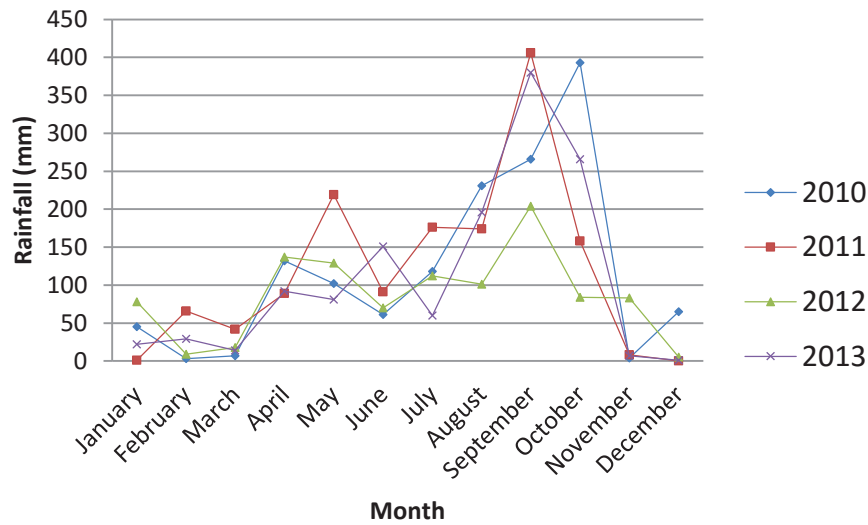


Figure 1 Mean monthly rainfall from March 2011 to February 2013 at the National Corn and Sorghum Research Center, Pak Chong, Nakhon Ratchasima province during 2010 – 2013

ความสูง

หญ้าเนเปียร์พันธุ์บาน่า และรุกไวน่า มีการเจริญเติบโตในด้านความสูงตลอดการทดลอง 3 ปีไม่เท่ากัน ยกเว้นในช่วงฤดูฝนของปีที่ 1 และ 3 โดยมีความสูงระหว่าง 303 – 362 เซนติเมตร ในช่วงฤดูฝน และ 149 – 232 เซนติเมตร ในช่วงฤดูแล้ง การเจริญเติบโตในด้านความสูงมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยพืชสดจากใบกระถินที่ระดับ 30 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ จนถึงระดับสูงสุด 90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ เมื่อเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยยูเรียในอัตราเท่ากับใบกระถิน (90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่) โดยมีการเจริญเติบโตในด้านความสูงน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดจากใบกระถิน ยกเว้นในฤดูแล้งของปีที่ 2 (Table 1)

การแตกกอ

หญ้าเนเปียร์ทั้ง 2 พันธุ์ ให้จำนวนการแตกกอในช่วงฤดูฝนน้อยกว่าฤดูแล้ง โดยเฉพาะหญ้าบาน่า (18 vs 23 หน่อ และ 20 vs 22 หน่อ ในปี 2 และ 3 ตามลำดับ) ยกเว้นในปีที่ 1 พบว่าจำนวนการแตกกอในฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้ง (รุกไวน่า 14 vs 12 หน่อ และบาน่า 21 vs 19 หน่อ) หญ้าบาน่าให้จำนวนการแตกกอดีกว่าหญ้ารุกไวน่าทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ในด้านอิทธิพลของรูปแบบการใช้ปุ๋ยพบว่าจำนวนต้นเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปุ๋ยพืชสดจากใบกระถินเพิ่มขึ้นจนถึงอัตราสูงสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการใช้ปุ๋ยเคมียูเรียที่อัตราเท่ากัน (Table 2) ส่วนใหญ่ไม่พบค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์หญ้าและอัตราปุ๋ยที่ใช้ ยกเว้นในฤดูฝนของปีที่ 1 และ 2

Table 1 Effect of leucaena as green manure on plant height (cm) of napier grass during 2010 – 2013.

	Year 1		Year 2		Year 3	
	Rainy season	Dry season	Rainy season	Dry season	Rainy season	Dry season
A. (varieties)						
Wruck wona	341 ^{b1}	232	311	190	303 ^b	152
Bana	362 ^a	216	332	178	330 ^a	149
F-test	*	ns	ns	ns	*	ns
B. (kg N/rai)						
0	302 ^d	190 ^c	284 ^d	153 ^d	264 ^d	130 ^b
30	357 ^{bc}	224 ^{ab}	314 ^{bc}	173 ^c	288 ^c	134 ^b
60	375 ^{ab}	243 ^a	337 ^b	174 ^c	328 ^b	154 ^a
90	389 ^a	246 ^a	372 ^a	196 ^b	340 ^{ab}	169 ^a
90 (Urea)	335 ^c	219 ^b	300 ^{cd}	224 ^a	362 ^a	167 ^a
F-test	**	**	**	**	*	**
AxB	ns	ns	**	**	ns	*

¹ Means followed by different letters in each column at 95% by Duncan's Multiple Range Test, ns = non-significant, * = significantly different at 95%, ** = significantly different at 99%

Table 2 Effect of leucaena as green manure on tiller number (tiller/clump) of napier grass during 2010 – 2013

	Year 1		Year 2		Year 3	
	Rainy season	Dry season	Rainy season	Dry season	Rainy season	Dry season
A. (varieties)						
Wruck wona	14 ^{b1}	12 ^b	13	14 ^b	14 ^b	14 ^b
Bana	21 ^a	19 ^a	18	23 ^a	20 ^a	22 ^a
F-test	*	**	ns	*	*	*
B. (kg N/rai)						
0	13 ^c	14 ^b	17 ^a	18	14 ^c	17
30	17 ^{bc}	16 ^{ab}	15 ^{ab}	19	17 ^{bc}	19
60	21 ^{ab}	17 ^a	15 ^b	19	17 ^{bc}	18
90	24 ^a	18 ^a	16 ^{ab}	19	20 ^a	18
90 (Urea)	13 ^c	14 ^b	14 ^b	18	17 ^b	17
F-test	**	*	*	ns	**	ns
AxB	*	ns	**	ns	ns	ns

¹ Means followed by different letters in each column at 95% by Duncan's Multiple Range Test, ns = non-significant, * = significantly different at 95%, ** = significantly different at 99%

ผลผลิตน้ำหนักรวม

จากการเก็บเกี่ยวผลผลิต 6 ครั้ง (Table 3) โดยมีระยะเวลาตัดห่างกัน 6 เดือน พบว่าผลผลิตน้ำหนักรวมที่เก็บเกี่ยวจากช่วงฤดูฝนมากกว่าช่วงฤดูแล้งของทุกปี และหญ้าเนเปียร์ทั้งสองชนิดให้ผลผลิตน้ำหนักรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในปี ที่ 1 และ 2 แปลงที่มีการใช้ใบกระถินอัตรา 90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักรวมมากกว่าการใช้ใบกระถินอัตรา 30 และ 60 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ การไม่ใส่ปุ๋ย และการใช้ปุ๋ยยูเรีย ส่วนปีที่ 3 ผลผลิตน้ำหนักรวมในฤดูฝนของหญ้ารกโวน่าสูงกว่าบาน่า การใช้ใบกระถินอัตรา 60 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ขึ้นไป และการใช้ปุ๋ยยูเรีย ให้ผลผลิต

น้ำหนักรวมมากกว่าการใช้ใบกระถินอัตรา 30 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลผลิตน้ำหนักรวมของหญ้าเนเปียร์ตลอดการทดลองทั้ง 3 ปี พบว่าการเพิ่มอัตราการใช้ใบกระถินช่วยเพิ่มผลผลิตหญ้าเนเปียร์รวมจาก 7.46 ตัน/ไร่ ไปเป็น 17.68 ตัน/ไร่ สูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย ซึ่งให้ผลผลิตเท่ากับ 12.66 ตัน/ไร่ (Table 3) ส่วนของชนิดหญ้าเนเปียร์ พบว่าหญ้ารกโวน่า ให้ผลผลิตรวม 13.82 ตัน/ไร่ ในขณะที่หญ้าบาน่าให้ผลผลิต 12.32 ตัน/ไร่ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลผลิตส่วนใหญ่มาจากช่วงฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้ง และส่วนใหญ่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์หญ้ากับอัตราปุ๋ยที่ใช้ ยกเว้นในฤดูแล้งของปีที่ 3 เท่านั้น

Table 3 Effect of leucaena as green manure on dry matter yield (ton/rai) of napier grass during 2010 – 2013

	Year 1			Year 2			Year 3			Year 1-3		
	RS	DS	Total	RS	DS	Total	RS	DS	Total	RS	DS	Total
A.												
(varieties)												
Wruck wona	3.86 ¹	1.82	5.68	3.46	1.06	4.51	3.25a	0.37	3.63	10.57	3.25	13.82
Bana	3.28	1.62	4.90	3.14	1.17	4.31	2.55b	0.55	3.10	8.97	3.34	12.32
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
B. (kg N/rai)												
0	2.47 ^b	0.99 ^c	3.47 ^c	1.84 ^d	0.60 ^d	2.43 ^d	1.31 ^c	0.25 ^c	1.56 ^c	5.62 ^c	1.84 ^d	7.46 ^d
30	3.81 ^{ab}	1.82 ^b	5.63 ^b	3.20 ^c	0.91 ^c	4.11 ^c	2.63 ^b	0.29 ^c	2.91 ^b	9.63 ^b	3.02 ^c	12.65 ^c
60	3.86 ^{ab}	2.25 ^a	6.11 ^{ab}	3.71 ^b	1.21 ^b	4.92 ^b	3.36 ^a	0.51 ^b	3.86 ^a	10.93 ^b	3.97 ^b	14.89 ^b
90	5.05 ^a	2.42 ^a	7.17 ^a	4.27 ^a	1.47 ^a	5.74 ^a	3.78 ^a	0.69 ^a	4.47 ^a	13.10 ^a	4.58 ^a	17.68 ^a
90 (Urea)		1.12 ^c	3.79 ^c	3.47 ^{bc}	1.38 ^a	4.85 ^b	3.44 ^a	0.58 ^a	4.02 ^a	9.58 ^b	3.08 ^c	12.66 ^c
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
AxB	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns

¹ Means followed by different letters in each column at 95% by Duncan's Multiple Range Test, ns = non-significant, * = significantly different at 95%, ** = significantly different at 99%, RS = Rainy season, DS = Dry season

ปริมาณแร่ธาตุ ถั่ว และค่าความร้อน

จาก Table 4 พบว่าหญ้ารกไวน่าและบาน่า มีปริมาณฟอสฟอรัส โปแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และซัลเฟอร์ ตลอดจนปริมาณ ถั่วและค่าความร้อนทั้งในส่วนใบและลำต้นไม่แตกต่างกัน ยกเว้นปริมาณซัลเฟอร์ในส่วนใบของ หญ้าบาน่าซึ่งพบว่ามีค่าสูงกว่าหญ้ารกไวน่า การใช้ ปุ๋ยพืชสดจากใบกระถินและการใช้ปุ๋ยยูเรียไม่มีผล ต่อปริมาณแคลเซียมและโซเดียมทั้งในส่วนใบและ ลำต้น แต่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสเฉพาะในส่วน ลำต้น ซึ่งการไม่ใส่ปุ๋ย (แปลงควบคุม) มีปริมาณ ฟอสฟอรัสสูงกว่าการใช้ปุ๋ยในทุกชนิดและอัตราปุ๋ย การใส่ใบกระถินทุกอัตราที่มีปริมาณโปแทสเซียมใน ส่วนใบใกล้เคียงกันแต่สูงกว่าแปลงไม่ใส่ปุ๋ยและ แปลงที่ใช้ปุ๋ยยูเรีย ในขณะที่การใช้ใบกระถินอัตรา สูงสุด 90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ มีปริมาณ โปแทสเซียมในลำต้นสูงกว่าทุกอัตราปุ๋ยที่ใช้รวมทั้ง

แปลงไม่ใส่ปุ๋ย ตรงกันข้ามกับปริมาณแมกนีเซียมใน ใบและลำต้น การใช้ใบกระถินทุกอัตรามีค่าต่ำกว่า แปลงไม่ใส่ปุ๋ยและแปลงที่ใช้ปุ๋ยยูเรีย ในส่วนของ ซัลเฟอร์ในใบพบว่า แปลงที่ใช้ใบกระถินอัตราต่ำสุด มีค่าต่ำกว่าแปลงที่ใช้ปุ๋ยยูเรีย ตรงกันข้ามกับในส่วน ลำต้นที่พบว่าแปลงไม่ใส่ปุ๋ย มีปริมาณซัลเฟอร์สูง กว่าแปลงที่ใช้ปุ๋ยยูเรีย ปริมาณถั่วในส่วนใบมี มากกว่าส่วนลำต้นประมาณสองเท่า แปลงที่ใช้ใบ กระถินอัตรา 60 และ 90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ มี ปริมาณถั่วในส่วนใบน้อยกว่าแปลงที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย และแปลงไม่ใส่ปุ๋ย ขณะที่แปลงที่ใช้ใบกระถินอัตรา 60 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ และการใช้ปุ๋ยยูเรีย มี ปริมาณถั่วในลำต้นน้อยกว่าแปลงไม่ใส่ปุ๋ย การใช้ ใบกระถินในอัตราที่มากกว่า 60 กิโลกรัมไนโตรเจน/ ไร่ ขึ้นไป และแปลงที่ใช้ปุ๋ยยูเรีย ให้ค่าความร้อนใน ส่วนใบเพิ่มมากขึ้น ขณะที่ส่วนลำต้น พบว่าให้ค่า ความร้อนไม่แตกต่างกัน

Table 4 Effect of leucaena as green manure on elemental composition, ash and heating value (HV) of napier grass

Leaf	P	K	Ca	Mg	S	Na	Ash	HV
	(% dry basis)					(Cal/g)		
A. (varieties)								
Wruck								
wona	0.25 ¹	1.00	0.63	0.46	0.17 b	0.01	10.42	4,223
Bana	0.31	1.30	0.64	0.42	0.20 a	0.01	11.02	4,166
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
B. (kg N/rai)								
0	0.30	0.79 ^b	0.67	0.53 ^a	0.16 ^{ab}	0.01	11.76 ^a	3,973 ^b
30	0.24	1.24 ^a	0.62	0.35 ^b	0.15 ^b	0.01	10.62 ^{ab}	3,993 ^b
60	0.29	1.40 ^a	0.58	0.36 ^b	0.20 ^{ab}	0.01	10.02 ^b	4,600 ^a
90	0.25	1.65 ^a	0.66	0.31 ^b	0.20 ^{ab}	0.01	9.97 ^b	4,163 ^{ab}
90 (Urea)	0.32	0.68 ^b	0.66	0.65 ^a	0.22 ^a	0.01	11.24 ^a	4,245 ^{ab}
F-test	ns	*	ns	**	*	ns	*	*
AxB	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Stem								
A. (varieties)								
Wruck								
wona	0.21	0.71	0.25	0.44	0.15	0.01	5.37	4,371
Bana	0.23	1.05	0.26	0.52	0.15	0.01	6.37	4,307
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B. (kg N/rai)								
0	0.35 ^a	0.65 ^b	0.27	0.61 ^a	0.19 ^a	0.01	6.70 ^a	4,315
30	0.21 ^b	0.88 ^b	0.24	0.43 ^b	0.14 ^{ab}	0.01	5.97 ^{ab}	4,290
60	0.20 ^b	0.88 ^b	0.26	0.46 ^b	0.14 ^{ab}	0.01	5.36 ^b	4,405
90	0.18 ^b	1.46 ^a	0.25	0.33 ^b	0.18 ^a	0.01	6.04 ^{ab}	4,315
90 (Urea)	0.19 ^b	0.53 ^b	0.26	0.60 ^a	0.10 ^b	0.01	5.29 ^b	4,370
F-test	**	**	ns	*	*	ns	*	ns
AxB	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

¹ Means followed by different letters in each column at 95% by Duncan's Multiple Range Test, ns = non-significant, * = significantly different at 95%, ** = significantly different at 99%

วิจารณ์

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ใบกระถินเพื่อทดแทนปุ๋ยยูเรีย ในปริมาณเทียบเท่ากับไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียอัตรา 30 60 และ 90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่/ปี สามารถเพิ่มผลผลิต

หญ้าเนเปียร์ได้จนถึงระดับสูงสุดของอัตราปุ๋ยที่ใช้ โดยให้ผลผลิตรวม 3 ปีเท่ากับ 12.65 14.89 และ 17.68 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่แปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตเพียง 7.46 ตัน/ไร่ การใช้ใบกระถินในอัตราเพียง 30 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่/ปี ทำให้ผลผลิตชีวมวลเพิ่มขึ้นประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่าง

การใช้ใบกระถินที่ระดับเท่ากับการใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่/ปี พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตชีวมวลน้อยกว่าการใช้ใบกระถินถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรียมักสูญเสียได้ง่าย ด้วยการถูกชะละลายภายในระยะเวลาเพียง 3 – 4 วัน (Osotsapa *et al.*, 1998) โดยเฉพาะในสภาพที่ดินไม่มีความชื้น (ในช่วงฤดูแล้ง) จะทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยยูเรียลดลง เพราะไม่มีความชื้นที่จะละลายปุ๋ยให้พืชดูดใช้ได้ และส่วนมากปุ๋ยยูเรียจะถูกชะละลายไปก่อนพืชจะดูดใช้ได้ (Osotsapa *et al.*, 1998) ตรงข้ามกับใบกระถินที่ย่อยสลายลงไปในดินและใช้ระยะเวลาหนึ่ง ที่พืชจะนำไปใช้ได้ (Cherdchaisataporn, 2013) การปลูกหญ้าเนเปียร์เพื่อใช้เป็นพืชพลังงาน ระยะเวลาการตัดแต่ละครั้งค่อนข้างยาวนาน ดังนั้นไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยอย่างช้าๆ จึงทำให้หญ้าที่กำลังเจริญเติบโตค่อยๆ ดูดใช้ธาตุไนโตรเจนที่ละน้อย อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับใบกระถินเป็นอีกแนวทางที่น่าสนใจในงานวิจัยขั้นต่อไป เนื่องจากผลงานวิจัยของ Cherdchaisataporn (2013) พบว่าการใช้ใบกระถินร่วมกับปุ๋ยยูเรียในแปลงข้าวโพด สามารถลดปริมาณใบกระถินและปุ๋ยยูเรียได้อย่างละ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราเดียวกับการใช้ปุ๋ยยูเรียหรือใบกระถินล้วนเพียงอย่างเดียว โดยผลผลิตเมล็ดข้าวโพดที่ได้รับไม่แตกต่างกัน เนื่องจากปุ๋ยยูเรียสามารถละลายได้เร็ว จึงอาจช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของหญ้าในระยะแรก และไนโตรเจนจากใบกระถินช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของหญ้าในระยะหลัง โดยย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาช้า ๆ Kang *et al.* (1981) รายงานว่า ขณะที่แปลงที่มีการปลูกกระถินสลับในแถวร่วมกับการปลูกข้าวโพดเพื่อเป็นปุ๋ยพืชสด ให้ผลผลิตข้าวโพดเท่ากับ 0.56 ตัน/ไร่ ในขณะที่แปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตเพียง 0.30 ตัน/ไร่

นอกจากนี้ยังรายงานว่าการทดลองปลูกกระถินสลับแถวร่วมกับข้าวโพดต่อเนื่อง 10 ปี พบว่าแปลงที่ปลูกกระถินสลับแถวสามารถรักษาระดับผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 0.56 ตัน/ไร่ ส่วนแปลงที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ให้ผลผลิตข้าวโพดลดลงเหลือเพียง 0.32 ตัน/ไร่ ดังนั้นเกษตรกรสามารถใช้แรงงานตนเองไปเก็บเกี่ยวกระถินที่ขึ้นอยู่โดยทั่วไปอาจจะทำให้ต้นทุนถูกลงได้ เพราะปัจจุบันมีกระถินขึ้นแพร่หลายทั่วไป ซึ่งการใช้ใบกระถินร่วมกับปุ๋ยเคมีจึงน่าจะมีความเหมาะสมมากกว่า หรืออาจจะใช้ใบกระถินในอัตราเทียบเท่าปุ๋ยยูเรียเพียง 30 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตชีวมวลได้มากถึง 2 เท่าของแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ย

การใช้ปุ๋ยพืชสดจากกระถินเพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจน ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในหญ้าเนเปียร์เพิ่มขึ้น ในขณะที่การใช้ปุ๋ยยูเรีย มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมลดลง ซึ่ง Fageria (2001) รายงานว่าการเพิ่มไนโตรเจนจะทำให้เพิ่มการสะสมโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อพืช อย่างไรก็ตาม จากการทดลองนี้ปริมาณโพแทสเซียมที่ได้จากการใส่ปุ๋ยทุกรูปแบบไม่เกิน 7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมที่สูงทำให้เกิดปัญหาการอุดตัน (Fouling) และการเกาะติดแน่นของชั้นสแลก (Slagging) ในหม้อไอน้ำของโรงงานไฟฟ้าชีวมวล ส่งผลให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนและอัตราการผลิตไอน้ำลดลง (Oberberger and Thek, 2004) ส่วน Oberberger *et al.* (2006) รายงานว่า ปริมาณซัลเฟอร์ไม่ควรสูงเกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากก่อให้เกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าการใช้ปุ๋ยกระถินทุกอัตรา ให้ปริมาณซัลเฟอร์ทั้งในส่วนใบและลำต้นไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การใช้ปุ๋ยยูเรียให้ปริมาณซัลเฟอร์ในใบสูงกว่า นอกจากนี้ การใช้กระถินอัตรา

90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ยังช่วยให้หญ้าเนเปียร์มีปริมาณธาตุไนโตรเจน เนื่องจากส่วนใบมักมีปริมาณธาตุมากกว่าในลำต้น ซึ่งปริมาณธาตุไนโตรเจนไม่ควรเกินสูงเกินค่ามาตรฐาน 9 เปอร์เซ็นต์ (Oberberger *et al.*, 2006) ทุกกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยให้ปริมาณธาตุไนโตรเจนไม่เกินค่ามาตรฐาน แม้ว่าส่วนใหญ่พืชตระกูลหญ้ามีปริมาณธาตุค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับไม้โตเร็วชนิดอื่น (Demirbas, 2004) อย่างไรก็ตาม ทุกกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยในงานวิจัยนี้ให้ค่าความร้อนทั้งส่วนใบและลำต้นอยู่ในระดับที่สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ และมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3,350 แคลอรี/กรัม (Lewandowski and Kicherer, 1997)

สรุป

การใช้ใบกระถินเป็นปุ๋ยพืชสดสามารถใช้เพื่อทดแทนปุ๋ยยูเรียได้ที่อัตรา 90 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ให้การเจริญเติบโตและผลผลิตน้ำหนักรวมของหญ้าเนเปียร์ทั้งสองพันธุ์มากที่สุดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมียูเรียและกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ตลอดการทดลองทั้ง 3 ปี และยังได้ปริมาณแร่ธาตุ และองค์ประกอบทางเคมีอยู่ในระดับที่สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลได้

คำขอขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่งจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษากระทรวง ศึกษาธิการ และขอขอบคุณ

ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13th ed., Association of Official Analytical Chemists Inc., Virginia.
- Bunch, R. 2012. Restoring the soil: a guide for using green manure/cover crops to improve the food security for smallholder farmers. CP Printing Solutions, Canada.
- Bunpithukit, P. 1991. Influences of sources and rate of nitrogen fertilizer on production of guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) grown on Kamphaeng Saen soil series in the field condition. M.S. Thesis, Kasetsart University.
- Bumrung, N., N. Pachanawan, Y. Jengnay and S. Tudsri. 1999. Productivity and quality of CP-Pangola (*Digitaria decumbens* cv. CP-1) under different managements IV. Sources and methods of nitrogen application. Agricultural Sci. J. 33: 303 – 309. (in Thai).
- Cherdchaisataporn, J. 2013. Effects of *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) Leaf as Green Manure on Yield and Nutritive Value of Field Corn (*Zea mays* L.). M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

- Demirbas, A. 2004. Combustion characteristics of different biomass fuels. *Prog. Energ. Combust.* 30: 219–230.
- Fageria, V.D. 2001. Nutrient interaction in crop plants. *J. Plant Nutr.* 24: 1269–1290.
- Jørgensen, S.T., A. Pookpakdi, S. Tudsri, O. Stölen, R. Ortiz and J.L. Christiansen. 2010. Culti var-by-cutting height interactions in Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) grown in a tropical rain-fed environment. *Soil Plant Sci.* 60: 199–210.
- Köster, H., H. Meissner, R. Coertze and N.F.G. Rethman. 1992. Variation in the production and quality of bana grass over the growing season using hand-clipped samples. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 22: 31–34.
- Kang, B.T., G.F. Wilson and L. Sipkens. 1981. Alley cropping maize (*Zea mays*) and leucaena (*Leucaena leucocephala*) in Southern Nigeria. *Plant Soil* 63: 165–179.
- 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.
- Lowe, A.J., W. Thrope, A. Teale and J. Hanson. 2003. Characterization of germplasm accessions of napier grass (*Pennisetum purpureum* and *P. purpureum* x *P. glaucum* hybrids) and comparison with farm clones using RAPD. *Genet. Resour. Crop Ev.* 50: 121–132.
- Nammuang, C., G. Rathert, S. Rojanakuson, V. Podisuk, K. Kangwanshirathada, P. Songmung and C. Kanareugsa 1989. Use of *Leucaena leucocephala* for increasing rice yield. *Thai Agri. Res. J.* 7: 22–25. (in Thai).
- Obernberger, I. and G. Thek. 2004. Physical characterization and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behavior. *Biomass. Bioenerg.* 27: 653–669.
- Obernberger, I., T. Brunner and G. Bärnthaler. 2006. Chemical properties of solid biofuels significance and impact. *Biomass Bioenerg.* 27: 653–669.
- Osotsapa, Y., A. Wongmaneroj, S. Panichsakpatana and C. Thongjoo. 1998. *Principles of Soil Science*. Kasetsart University Press, Bangkok, Thailand
- Rengsirikul, K., Y. Ishii, K. Kangvansaichol, P. Sripichitt, V. Punsuvon, P. Vaithanomsat, G. Nakamane, 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., Y. Ishii, K. Kangvansaichol, P. Sripichitt, V. Punsuvon, P. Vaithanomsat, G. Nakamane and S.

- Tudsri. 2013. Biomass yield, chemical composition and potential ethanol yields of 8 Cultivars of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) harvested 3-monthly in central Thailand. JSBS. 3: 107–112.
- Sampet, C. 1981. The study of leucaena leaf as nitrogen source. Agricultural Sci. J. 14: 99–109. (in Thai).
- Schreuder, R., P.J.M. Snijders, A.P. Wouters, A. Steg and J.N. Kariuki. 1993. Variation in om digestibility, cp, yield and ash content of napier grass (*Pennisetum purpureum*) and their prediction from chemical and environmental factor. pp. 62 In Research report, National Animal Husbandry Research Station, Naivasha Kenya
- Tudsri, S. 2004. Tropical Forage Crop. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai).
- Tudsri, S., P. Sripichitt, G. Nakamane and S. Vorajeravanich. 2010. Potential of napier grass for sustainable ethanol production. Research report. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai).
- Wijitphan, S., P. Lorwilai and C. Arkaseang. 2009. Effect of cutting heights on productivity and quality of King napier grass (*Pennisetum purpureum* cv. King Grass) under irrigation. Pakistan J. of Nutr. 8: 1244–1250.