ผลของความสูงของการตัดต่อผลผลิตชีวมวลและคุณภาพเชื้อเพลิงของหญ้าเนเปียร์ 3 ชนิด เพื่อใช้เป็นพืชพลังงานทดแทน

Effect of cutting height 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] และนพ ตัณมุขยกุล[1,2]

Suranant Noi-uthai[1,2] Songyos Chotchutima[1,2]Sayan Tudsri[1,2*] Prapa Sripichitt[1,2] Pilanee Vaithanomsat[2,3] and Nop Tonmukayakul[1,2]

Abstract

The objective of this experiment was to examine the effects of different cutting height on the biomass yield and biomass quality of three napier grass cultivars for bioenergy. The experiment was conducted at the Suwanvajokkasikit Research Station, Pakchong, Nakhon Ratchasima during May, 2510 – May, 2513. The design of the experiment was a randomized split plot with three napier grass cultivars (Muaklek, Bana and Common cultivars) as the main plots and three different height of cutting (5, 15 and 30 cm. above ground level) as sub-plots. The pastures were cut at 6 month intervals for three years. The results revealed that cutting napier grass at 5 cm above ground levels significantly produced the highest dry matter yield. Bana and Common cultivars produced higher biomass yield than Muaklek cultivar throughout the experiment period. In terms of chemical composition, the results indicated that the dwarf cultivar has higher N, S, P, K, Ca, Mg and ash but lower C content in the leaves and stems than Bana and Common. There was no effect of cutting height on C, H, S, P,K, Mg and Na in the leaf and stem of napier grass. In contrast, increasing height of cutting decreased Ca content and increased N content. The energy content ranged from 17.01 – 17.66 MJ/kg. In conclusion, Bana and Common cultivars were suitable for direct combustion and gasification due to having a lower amount of N and ash content. The optimum cutting height for making bioenergy was at 5 cm above ground.

Keyword: napiergrass, biomass yield, cutting height, bioenergy, chemical composition

---

[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

รับเรื่อง : พฤศจิกายน 2556

* Corresponding author: agrsat@ku.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาผลของความสูงการตัดที่แตกต่างกันต่อผลผลิตชีวมวลและคุณภาพของเชื้อเพลิงหญ้าเนเปียร์ 3 พันธุ์ เพื่อใช้เป็นพลังงานชีวภาพ ทดลองในสถานีวิจัยสุวรรณวาจกกสิกิจ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างปี พ.ศ. 2553- 2556 วางแผนการทดลองแบบสปลิทพลอต ประกอบด้วยหญ้าเนเปียร์ 3 พันธุ์ (มวกเหล็ก บาน่า และธรรมดา) เป็น main plot และความสูงของการตัด (5 15 และ 30 เซนติเมตร) เป็น sub plot ตัดแปลงหญ้าทุกๆ 6 เดือนตลอดระยะเวลา 3 ปี ผลการทดลองพบว่าหญ้าที่ตัดสูงจากพื้นดิน 5 เซนติเมตร ให้ผลผลิตวัตถุแห้งเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์สูงสุด หญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดา ให้ผลผลิตน้ำหนักหญ้าแห้งสูงกว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก ในด้านองค์ประกอบทางเคมี พบว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก มีปริมาณไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และเถ้าสูงกว่าหญ้าเนเปียร์อีกสองชนิด แต่มีปริมาณคาร์บอนทั้งในใบและลำต้นต่ำกว่าหญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดา ความสูงของการตัดไม่มีผลต่อปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมในใบและลำต้นของหญ้าเนเปียร์ ในทางตรงกันข้าม การเพิ่มความสูงของการตัดลดปริมาณแคลเซียม และเพิ่มปริมาณไนโตรเจน ปริมาณพลังงานมีค่าระหว่าง 17.01 – 17.66 เมกะจูล/กิโลกรัม หญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดาเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นพลังงานในกระบวนการเผาไหม้โดยตรงและระบบแก๊สซิฟิเคชั่น เนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนและเถ้าต่ำกว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก ความสูงของการตัดที่เหมาะสมสำหรับการปลูกหญ้าเนเปียร์เพื่อใช้เป็นพลังงานอยู่ที่ระดับสูง 5 เซนติเมตรจากพื้นดิน

คำนำ

หญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum* (L.) Schumach)เป็นหญ้าที่มีทั้งอายุปีเดียวและหลายปี มีแหล่งดั้งเดิมอยู่ในแอฟริกาเขตร้อน (Tudsri, 2004) ปัจจุบันมีการแพร่กระจายทั่วไปทั้งในเขตร้อนและกึ่งร้อน (Lowe *et al*., 2003) หญ้าเนเปียร์มีการปลูกเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นหลัก ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดในประเทศไทย เช่น เนเปียร์ยักษ์ มวกเหล็ก บาน่า ธรรมดา และปากช่อง1 เป็นต้น และมีหลายการทดลองพบว่าหญ้าเนเปียร์สามารถปรับตัวและให้ผลผลิตได้ดี ในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย (Wijitphan *et al.,* 2009; Jørgensen *et al.*, 2010; Rengsirikul *et al.,* 2011; Rengsirikul *et al.,* 2013) โดยหญ้าเนเปียร์ธรรมดา มีรายงานว่าให้ผลผลิตใกล้เคียงกับหญ้าเนเปียร์ไต้หวัน A148 และสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ชนิดอื่นอีก 11 ชนิด (Kaskamalas, 2006) ส่วนหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กก็มีรายงานการให้จำนวนหน่อ และผลผลิตส่วนใบสูง (Jørgensen *et al.*, 2010) ในด้านการจัดการแปลงหญ้า ความสูงของการตัดเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการฟื้นตัว และให้ผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ โดยเฉพาะการปลูกหญ้าเนเปียร์ เพื่อใช้เป็นพืชพลังงาน หากหญ้ายังคงมีการฟื้นตัวที่ดี จะช่วยให้เกษตรกรไม่ต้องปลูกใหม่ช่วยลดต้นทุนในการปลูกซ้ำ Tessema *et al.* (2010) รายงานว่าการตัดที่ระดับชิดดินส่งผลต่อกระทบการฟื้นตัวและทำให้การพัฒนาของหน่อลดลง เช่นเดียวกับ Wadi *et al.* (2004) พบว่าการตัดที่ระดับชิดดินลดการสะสมคาร์โบไฮเดรทของลำต้นใต้ดิน และความคงทนของหญ้าเมื่อเทียบกับการตัดระดับ 30 เซนติเมตร ขณะที่ Thinakorn *et al.,* (1995) ไม่พบความแตกต่างของผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ที่ได้จากการตัดระดับ 5, 10 และ 15 เซนติเมตร ในด้านผลของความสูงของการตัดที่มีต่อคุณภาพหญ้าเนเปียร์ในทางอาหารสัตว์ Wijitphan *et al.* (2009) พบว่าการตัดชิดดินให้ปริมาณเถ้ามากกว่าการตัดที่ระดับ 5, 15 และ 20 เซนติเมตร ขณะที่ปริมาณ ADF และ NDF เพิ่มขึ้นเมื่อระดับการตัดสูงขึ้น Tessema *et al.* (2010) พบว่าปริมาณ ADL เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสไม่มีความแตกต่างกันจากการตัดที่ระดับ 5-25 เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเหล่านี้ ส่วนใหญ่มีเป้าหมายในการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ส่วนงานวิจัยทางด้านการตัดและคุณภาพของหญ้าเนเปียร์ ในการนำไปใช้เป็นพืชพลังงาน

ยังมีอยู่จำกัด ซึ่งการนำไปใช้เป็นพืชพลังงาน นอกจากจะพิจารณาการให้ผลผลิตของหญ้าแล้ว ในด้านคุณภาพของการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน ซึ่งหญ้าเนเปียร์ สามารถที่จะนำมาใช้เป็นพืชพลังงานได้ เนื่องจากให้ค่าความร้อนสูง และมีเยื่อใยเพียงพอต่อการนำไปใช้ผลิตเอทานอล (Rengsirikul *et al*., 2011) ดังนั้น การวิจัยนี้ จึงมีเป้าหมายหลักคือการหาความสูงการตัดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล ตลอดจนคุณภาพของหญ้าเนเปียร์ในการนำไปเป็นพืชพลังงาน โดยเน้นการนำไปเผาไหม้โดยตรง และในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น

อุปกรณ์และวิธีการ

งานทดลองนี้เป็นงานวิจัยต่อเนื่องของ Tudsri *et al.* (2010) ซึ่งปลูกแปลงหญ้าเนเปียร์ทั้ง 3 ชนิด ที่สถานีวิจัยสุวรรณวาจกกสิกิจ อ. ปากช่อง จ.นครราชสีมา ดินที่ใช้ทดลองเป็นดินเหนียวร่วนปนทราย มี pH 7.7 อินทรียวัตถุ 1.73 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 59 พีพีเอ็ม และโพแทสเซียม 105 พีพีเอ็ม วางแผนการทดลองแบบสปริทพลอท (split-plot design) จำนวน 3 ซ้ำ main-plot ประกอบด้วยหญ้าเนเปียร์บาน่า ธรรมดา และมวกเหล็ก sub-plot ประกอบด้วยความสูงการตัด 3 ระดับ (5, 15 และ 30 เซนติเมตร จากพื้นดิน) เพาะหญ้าทั้ง 3 พันธุ์ในถุงเพาะชำและย้ายปลูกเมื่ออายุ 4 สัปดาห์ ตั้งแต่ปี 2551 โดยใช้ระหว่างต้นและระหว่างแถว 0.75 x 0.75 เมตร จำนวน 5 แถว ยาว 5 เมตร ใส่ปุ๋ยรองพื้นฟอสฟอรัส (0-46-0) กับโพแทสเซียม (0-0-60) ในอัตราอย่างละ 30 กิโลกรัมต่อไร่ ปีละครั้ง และปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 90 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ โดยการแบ่งใส่ มีการตัดหญ้าเป็นระยะๆ และครั้งสุดท้ายตัดในเดือนพฤษภาคม 2553 เพื่อเริ่มงานทดลองนี้ และเก็บเกี่ยวผลผลิตทุกๆ 6 เดือน รวม 6 ครั้ง ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตแต่ละครั้ง เก็บเกี่ยวหญ้าเฉพาะบริเวณกลางแปลงทดลองย่อยในพื้นที่ 2 x 3 เมตร ชั่งผลผลิตสดและสุ่มตัวอย่างประมาณ 1000 กรัม เพื่อนำไปแยกส่วนใบและลำต้น แล้วนำไปเข้าตู้อบ (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้ง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุ (LECO, 2003) สำหรับฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง auto-analyzer ปริมาณเถ้าวิเคราะห์โดยวิธีการของ AOAC (1980) และค่าความร้อนโดยใช้เครื่อง bomb calorimeter (AOAC, 1980) ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ตัดหญ้าทั้งแปลงตามระดับความสูง และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเดือนละ 10 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ สำหรับปุ๋ยบำรุงรักษา (ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม) ใส่ปีละ 1 ครั้งในเดือนพฤษภาคม อัตราอย่างละ 30 กิโลกรัมต่อไร่ นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ผลการทดลอง

สภาพภูมิอากาศ

ปริมาณฝนตกในแต่ละช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม – ตุลาคม) ระหว่างปี 2553 – 2556 พบว่ามีความใกล้เคียงกันในปี 2553 และ 2554 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1,171 - 1,224 มิลลิเมตร และสูงกว่าปี 2555 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายของการทดลอง ซึ่งมีค่าเพียง 700 มิลลิเมตร ในขณะที่ปริมาณฝนที่ตกในช่วงฤดูแล้ง มีปริมาณใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 245 – 267 มิลลิเมตร ซึ่งความแตกต่างของปริมาณน้ำฝนมีผลต่อการให้ผลผลิตของหญ้าด้วย รายละเอียดการกระจายน้ำฝนในแต่ละเดือนศึกษาได้ใน Tudsri *et al.* (2013)

ความสูง

ส่วนใหญ่หญ้าเนเปียร์บาน่า และธรรมดามีการเจริญเติบโตในด้านความสูงใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งทั้ง 3 ปีที่ได้ทดลอง (ตารางที่ 1) การตัดหญ้าในระดับความสูง 5 เซนติเมตร มีการเจริญเติบโตในด้านความสูงน้อยกว่าการตัดในระดับความสูง 15 และ 30 เซนติเมตรเฉพาะในช่วงฤดูฝนแต่สูงกว่าในช่วงฤดูแล้งปีที่

1 หลังจากนั้น ระดับความสูงของการตัดหญ้าไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตในด้านความสูง ยกเว้นในช่วงฤดูแล้งของปีที่ 3 ซึ่งการตัดหญ้าที่ระดับ 5 เซนติเมตรมีการเจริญเติบโตในด้านความสูงต่ำสุด 144 เซนติเมตร

การแตกกอ

ส่วนใหญ่หญ้าเนเปียร์มวกเหล็กมีจำนวนการแตกกอหรือหน่อสูงกว่าหญ้าบาน่า และหญ้าเนเปียร์ธรรมดาอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งตลอดระยะ 3 ปีที่ทดลอง โดยหญ้าทั้ง 2 ชนิดหลังมีจำนวนหน่อส่วนใหญ่ใกล้เคียงกันยกเว้นในปีแรก (ตารางที่ 1) การตัดหญ้าที่ระดับ 5 เซนติเมตร กระตุ้นการแตกกอเฉพาะในปีแรกของการเก็บข้อมูล หลังจากนั้นหญ้าที่ตัดในทุกระดับมีการแตกกอไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ตลอดระยะเวลา 3 ปี

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตในด้านความสูง (เซนติเมตร) และการแตกกอ (หน่อต่อตารางเมตร) ของหญ้าเนเปียร์ 3 ชนิด ที่ตัดในระดับความสูงต่างกัน ระหว่างปี 2553-2556

ความสูง	ปีที่ 1		ปีที่ 2		ปีที่ 3	
(เซนติเมตร)	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
A. พันธุ์						
มวกเหล็ก	146 c	130 b	147 b	144 b	143 b	113 b
บาน่า	302 b	208 a	399 a	306 a	351 a	174 a
ธรรมดา	371 a	204 a	396 a	315 a	374 a	176 a
F-test	**	**	**	**	**	**
B. ระดับการตัด (ซม.)						
5	272 b	193 a	317	201	288	144 b
15	278 ab	175 b	318	250	289	155 ab
30	289 a	174 b	307	263	292	163 a
F-test	*	*	ns	ns	ns	**
AxB	ns	ns	ns	ns	ns	ns
การแตกกอ	ปีที่ 1		ปีที่ 2		ปีที่ 3	
(หน่อต่อตารางเมตร)	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
A. พันธุ์						
มวกเหล็ก	30 a	22 a	20 a	20	26	29 a
บาน่า	17 b	12 b	16 b	18	24	22 b
ธรรมดา	25 a	27 a	19 ab	20	25	25 ab
F-test	**	**	*	ns	ns	*
B. ระดับการตัด (ซม.)						
5	27 a	22 a	18	20	24	26
15	25 a	21 ab	19	21	26	27
30	20 b	18 b	18	18	25	24
F-test	**	**	ns	ns	ns	ns
AxB	ns	ns	ns	ns	ns	ns

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

ผลผลิตน้ำหนักแห้ง

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กให้ผลผลิตต่ำกว่าหญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดาอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติตลอด 3 ปีของการทดลอง ในระหว่างหญ้าทั้ง 2 ชนิดหลัง ส่วนใหญ่หญ้าบาน่าให้ผลผลิตสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ธรรมดา ลำต้นเป็นองค์ประกอบหลักของหญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดา แต่ส่วนใบเป็นองค์ประกอบสำคัญของหญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก ผลผลิตมากกว่าครึ่งมาจากช่วงฤดูฝนตลอดการทดลอง ในด้านความสูงของการตัด พบว่าหญ้าเนเปียร์ที่ตัดในระดับชิดดิน (5 เซนติเมตร) ให้ผลผลิตสูงสุดตลอด 3 ปียกเว้นปีที่ 2 ซึ่งให้ผลผลิตใกล้เคียงกับการตัดในระดับ 30 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ หญ้าที่ตัดในระดับความสูง 30 เซนติเมตร หญ้าที่ตัดชิดดิน 5 เซนติเมตร ให้ผลผลิตสูงสุดในช่วงฤดูฝนแต่ให้ผลผลิตต่ำสุดในช่วงฤดูแล้งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในปีที่ 3 ของการทดลองโดยให้ผลผลิต 482 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่หญ้าที่ตัดสูง 15 และ 30 เซนติเมตรให้ผลผลิต 622 และ 663 กิโลกรัม/ไร่ แต่แตกต่างทางสถิติเฉพาะในส่วนของลำต้น

องค์ประกอบทางเคมี

แสดงให้เห็นว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก (ตารางที่ 3) มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ธรรมดาและหญ้าบาน่า ทั้งในส่วนใบและลำต้น ในขณะที่ปริมาณซัลเฟอร์ในส่วนลำต้นของหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กมีค่าสูงกว่าหญ้าบาน่าและเนเปียร์ธรรมดา ส่วนไฮโดรเจน และโซเดียมมีค่าไม่แตกต่างกัน ตรงกันข้ามกับคาร์บอนซึ่งพบว่า หญ้าเนเปียร์มวกเหล็กมีค่าน้อยกว่าหญ้าธรรมดา และบาน่าเฉพาะในส่วนลำต้นแต่ใกล้เคียงกับหญ้าเนเปียร์ในส่วนใบ สำหรับปริมาณออกซิเจนในส่วนใบ พบว่าหญ้าเนเปียร์ทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ในส่วนลำต้นหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กมีค่าออกซิเจนสูงกว่าหญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดา

ความสูงของการตัด ไม่มีผลต่อปริมาณคาร์บอน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์และโซเดียมทั้งในส่วนใบและลำต้น ยกเว้นไนโตรเจนและแคลเซียม ซึ่งหญ้าที่ตัดชิดดิน (5 เซนติเมตร) มีปริมาณแคลเซียมทั้งในส่วนใบและลำต้นสูงกว่าหญ้าที่ตัดระดับ 30 เซนติเมตร ในขณะที่ไนโตรเจนในส่วนลำต้น มีค่าไม่แตกต่างในระหว่าง 2 ระดับการตัดแต่สูงกว่าที่ระดับการตัด 15 เซนติเมตร

ตารางที่ 2 ผลผลิตน้ำหนักแห้งและองค์ประกอบผลผลิตชีวมวลรวม (กิโลกรัม/ไร่) ของหญ้าเนเปียร์ 3 ชนิด ที่ตัดในระดับความสูงต่างกันตลอดระยะเวลาการทดลอง 3 ปี

ปีที่ 1	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			รวม (ฤดูฝน + ฤดูแล้ง)		
	ใบ	ต้น	รวม	ใบ	ต้น	รวม	ใบ	ต้น	รวม
A. พันธุ์									
มวกเหล็ก	1,353b[1]	1,709c	3,062b	539b	209b	749c	1,892b	1,918b	3,811c
บาน่า	1,863a	2,702a	4,565a	671a	597a	1,268a	2,534a	3,299a	5,833a
ธรรมดา	943c	2,291b	3,234b	537b	588a	1,125b	1,480c	2,879a	4,359b
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**
B. ระดับการตัด (ซม.)									
5	1,480a	2,361	3,841a	568	486	1,054	2,048	2,847	4,895a
15	1,346ab	2,097	3,443b	544	423	967	1,890	2,520	4,410c
30	1,333b	2,245	3,578ab	635	486	1,121	1,968	2,731	4,699b
F-test	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
AxB	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ปีที่ 2	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			รวม (ฤดูฝน + ฤดูแล้ง)		
	ใบ	ต้น	รวม	ใบ	ต้น	รวม	ใบ	ต้น	รวม
A. พันธุ์									
มวกเหล็ก	1,065a	1,667b	2,732b	698a	182b	880ab	1,763	1,849b	3,612b
บาน่า	1,193a	2,198a	3,391a	377b	212b	589b	1,570	2,410a	3,980a
ธรรมดา	768b	2,414a	3,182ab	632ab	595a	1,227a	1,628	2,519a	4,147a
F-test	**	*	*	*	*	*	ns	ns	ns

B. ระดับการตัด (ซม.)									
5	1,109a	2,178a	3,287a	507	351	858	1,616	2,529	4,145a
15	963b	1,952b	2,915c	530	268	798	1,493	2,220	3,713b
30	959b	2,149a	3,108b	669	370	1,039	1,628	2,519	4,147a
F-test	*	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	**
AxB	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ปีที่ 3	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			รวม (ฤดูฝน + ฤดูแล้ง)		
	ใบ	ต้น	รวม	ใบ	ต้น	รวม	ใบ	ต้น	รวม
A. พันธุ์									
มวกเหล็ก	833b	675b	1,508b	276	123	399b	1,109	789b	1,097c
บาน่า	1,145a	2,284a	3,429a	450	254	692a	1,595	2,538a	4,133a
ธรรมดา	870b	2,266a	2,936a	422	241	676a	1292	2,507a	3,799b
F-test	*	**	*	ns	ns	**	ns	*	**
B. ระดับการตัด (ซม.)									
5	1,046a	1,841	2,887	334	148b	482	1,740a	1,989	3,729a
15	822b	1,669	2,492	400	222a	622	1,222b	1,891	3,113b
30	981ab	1,515	2,495	415	248a	663	1,396b	1,763	3,159b
F-test	*	ns	ns	ns	*	ns	**	ns	ns
AxB	ns	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 3 อิทธิพลของพันธุ์ และความสูงของการตัดต่อปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของหญ้า

	C	H	O	N	S	P	K	Ca	Mg	Na
	(% วัตถุแห้ง)									
ใบ										
A. พันธุ์										
มวกเหล็ก	37.33 b[1]	6.76	54.65	1.26 a	0.14	0.41 a	1.17 a	0.64 a	0.68 a	0.01
บาน่า	38.68 a	6.88	54.38	1.07 c	0.12	0.24 b	0.58 b	0.59 c	0.60 b	0.01
ธรรมดา	37.33 b	6.79	54.69	1.20 b	0.16	0.34 ab	0.99 a	0.60 b	0.62 ab	0.01
F-test	*	ns	ns	**	ns	*	**	**	*	ns
B. ความสูงของการตัด (ซม.)										
5	37.27	6.72	54.87	1.14	0.13	0.32	0.80	0.62 a	0.63	0.01
15	37.92	6.83	54.07	1.19	0.15	0.35	1.07	0.62 a	0.63	0.01
30	38.17	6.87	53.77	1.20	0.14	0.32	0.88	0.59 b	0.63	0.01
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
AxB	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
ลำต้น										
A. พันธุ์										
มวกเหล็ก	39.13 b	7.07	52.74 a	1.06 a	0.24 a	0.53 a	1.58 a	0.29 a	0.86 a	0.01
บาน่า	41.03 a	7.17	51.41 b	0.39 b	0.09 b	0.25 b	0.51 b	0.21 ab	0.47 c	0.01
ธรรมดา	41.37 a	7.12	51.32 b	0.20 b	0.09 b	0.28 b	0.38 b	0.19 b	0.54 b	0.01
F-test	**	ns	**	*	**	**	**	*	**	ns

B. ความสูงของการตัด (ซม.)										
5	40.33	7.11	52.01	0.56 ab	0.14	0.39	0.91	0.25 a	0.66	0.01
15	40.83	7.11	51.64	0.42 b	0.14	0.35	0.82	0.22 b	0.60	0.01
30	40.37	7.14	51.83	0.67 a	0.14	0.32	0.74	0.22 b	0.61	0.01
F-test	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns
AxB	ns	ns	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 อิทธิพลของพันธุ์ และความสูงของการตัดต่อปริมาณเถ้า และพลังงานของหญ้าเนเปียร์ (ฤดูแล้ง)

	เถ้า	พลังงาน
	(%วัตถุแห้ง)	(เมกะจูล/กิโลกรัม)
ใบ		
A. พันธุ์		
มวกเหล็ก	13.21 a	16.91
บาน่า	11.02 b	17.39
ธรรมดา	12.74 b	17.39
F-test	*	ns
B. ความสูงของการตัด (ซม.)		
5	12.98 a	17.30
15	12.83 a	17.01
30	11.15 b	17.32
F-test	**	ns
AxB	**	ns
ลำต้น		
A. พันธุ์		
มวกเหล็ก	11.12 a	17.03
บาน่า	5.31 b	17.89
ธรรมดา	7.84 b	17.69
F-test	**	ns
B. ความสูงของการตัด (ซม.)		
5	9.01 a	17.66
15	8.16 ab	17.30
30	7.09 b	17.64
F-test	**	ns
AxB	ns	ns

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

วิจารณ์

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกเพื่อใช้เป็นพลังงาน สามารถตัดในระดับชิดดิน (5 เซนติเมตร) ได้โดยไม่มีความแตกต่างจากการตัดที่ระดับ 15 และ 30 เซนติเมตร ซึ่งตรงกันข้ามกับการปลูกเพื่อนำไปใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ ซึ่งเกษตรกรมักตัดหญ้าทุกๆ 30-45 วัน พบว่าการตัดหญ้าที่ระดับ 15 เซนติเมตร หรือมากกว่าให้ผลผลิตสูงกว่าการตัดในระดับชิดดิน (5 เซนติเมตร) (McLeod, 1972; Tudsri *et al.,* 2002) เพราะการฟื้นตัวของหญ้าภายหลังการตัดแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับ (1) จุดเจริญ (2) พื้นที่ใบที่เหลืออยู่ (3) อาหารสำรอง และ(4) การดูดใช้น้ำและธาตุอาหาร (Tudsri, 1986; Adegbola, 1966 อ้างอิงโดย Humphrey, 1991; Doverat and Cohen, 1970; Jantii and Kramer, 1957) การตัดหญ้าเพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานในงานทดลองนี้ หญ้าเนเปียร์มีระยะเวลาฟื้นตัวถึง 6 เดือน ซึ่งยาวนานพอที่หญ้าจะฟื้นตัวได้ทันกับการตัดในระดับสูงขึ้นไป (15-30 เซนติเมตร) ทำให้ผลกระทบจากการตัดไม่มีผลมากนัก อย่างไรก็ตามจากการพิจารณาผลผลิตในแต่ละช่วงของการตัดติดต่อกันเป็นระยะเวลา 3 ปี พบว่าในปีที่ 3 ของการทดลองการตัดชิดดินก่อนเข้าฤดูแล้ง (พฤศจิกายน) ในปีสุดท้ายของการทดลอง ส่งผลทำให้ผลผลิตหญ้าเนเปียร์ลดลงอย่างเด่นชัด แต่ไม่พบในช่วงฤดูฝน โดยหญ้าที่ตัดระดับ 5 เซนติเมตร ให้ผลผลิตเฉลี่ยทั้ง 3 พันธุ์ 482 กิโลกรัมต่อไร่ เปรียบเทียบกับการตัดที่ระดับ 15 และ 30 เซนติเมตร ซึ่งให้ผลผลิต 622 และ 663 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งส่วนลำต้นจะได้รับผลกระทบมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tudsri *et al.* (2002) ที่รายงานว่าในสภาพที่ไม่มีการให้น้ำ การตัดหญ้าชิดดินในระยะปีแรกอาจยังไม่เห็นผลกระทบมากนัก แต่ในระยะปีที่ 2 การตัดหญ้าในระดับสูงจะให้ผลผลิตดีกว่า เนื่องจากหญ้ามีส่วนของใบเหลืออยู่มาก ทำให้ฟื้นตัวได้เร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตัดหญ้าก่อนเข้าฤดูแล้ง ดังนั้น ในการจัดการแปลงหญ้าเนเปียร์เพื่อใช้เป็นพืชพลังงาน จึงอาจสรุปได้ว่าสามารถตัดหญ้าเนเปียร์ระดับ 5 เซนติเมตรได้ในช่วงก่อนเข้าฤดูฝน (พฤษภาคม) แต่เมื่อเข้าฤดูแล้ง (พฤศจิกายน) ควรตัดหญ้าให้เหลือตออย่างน้อย 30 เซนติเมตร เพื่อให้หญ้าสามารถอยู่รอดได้ดีขึ้นและยังส่งผลทำให้ผลผลิตในช่วงฤดูแล้งเพิ่มขึ้นอีกด้วย (Tudsri *et al.*, 2002)

จากผลการทดลองในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าหญ้าเนเปียร์ในกลุ่มต้นสูงทั้ง 2 ชนิด (บาน่าและธรรมดา) ให้ผลผลิตสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ต้นเตี้ย (มวกเหล็ก) ในทุกครั้งของการสุ่มวัด ซึ่งความแตกต่างของผลผลิตมาจากส่วนลำต้นเป็นสำคัญ รองลงมาได้แก่ส่วนใบ สอดคล้องกับการรายงานของ Rengsirikul *et al.,* 2011 และ Kaskamalas (2006) ซึ่งตัดหญ้าเหล่านี้ทุกๆ 3 เดือน เมื่อเทียบกับงานทดลองนี้ที่ตัดหญ้าทุกๆ 6 เดือน แสดงให้เห็นว่าการยืดอายุการตัดออกไป ไม่ทำให้หญ้าเนเปียร์มวกเหล็กให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นมากนัก เนื่องจากหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กมีความยาวของปล้องสั้น และยืดขยายเพียงเล็กน้อยเมื่ออายุเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์ต้นสูงทั้ง 2 ชนิด ซึ่งสังเกตได้จากค่าความสูงของหญ้าเนเปียรมวกเหล็ก มีค่าไม่เกิน 150 เซนติเมตร ในขณะที่หญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดา มีความสูงในช่วงฤดูฝนมากกว่า 300 เซนติเมตร (ตารางที่ 1) ดังนั้น สัดส่วนระหว่างใบต่อต้นของหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กจึงมีค่าสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ต้นสูง และในระหว่างหญ้าเนเปียร์ต้นสูงด้วยกัน พบว่า ส่วนใหญ่หญ้าบาน่าให้ผลผลิตสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ธรรมดา ยกเว้นในปีที่ 2 ของการทดลอง และมีสัดส่วนของใบต่อต้นใกล้เคียงกัน

ในการนำหญ้าเนเปียร์มาใช้เป็นพลังงานโดยการเผาไหม้โดยตรง (direct combustion) และในระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (gasification) องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าได้แก่ ปริมาณแร่ธาตุต่างๆ มีความสำคัญต่อคุณภาพของเชื้อเพลิงที่ได้รับ จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าความสูงของการตัดไม่มีผลกระทบต่อปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ โพแทสเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม ทั้งในส่วนใบและต้น ยกเว้นไนโตรเจนในส่วนลำต้นที่การเพิ่มความสูงของการตัด ทำให้ไนโตรเจนมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการตัดต่ำลงไป ในขณะที่ปริมาณแคลเซียมลดลงเมื่อเพิ่มความสูงของการตัด จากการพิจารณาปริมาณธาตุที่วิเคราะห์ได้ พบว่ามีเพียงไนโตรเจน และโพแทสเซียม ที่มีค่าเกินค่ามาตรฐานที่

กำหนดให้ คือ 1.0 และ0.2% ตามลำดับ (Lewandowski and Kicherer, 1997) ข้อเสียของการมีธาตุเหล่านี้สูงเกินไป อาจทำให้เกิดไนตรัสออกไซด์จากการรวมตัวระหว่างออกซิเจนและไนโตรเจน ในขณะที่โพแทสเซียมจะทำปฏิกิริยากับซิลิกาที่มีในเถ้า ทำให้เกิดการแข็งแน่นในระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Mckendry, 2002) ความสูงของการตัดไม่มีผลกระทบต่อพลังงานที่ได้รับ โดยมีค่าระหว่าง 17.01 – 17.66 เมกะจูล/กิโลกรัม ในส่วนของใบและลำต้นตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน ในขณะที่หญ้าที่ตัดชิดดิน มีปริมาณเถ้าสูงกว่าทั้งในใบและลำต้น ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 9% (Obern berger *et al*., 2006)

ในด้านของพันธุ์หญ้า พบว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กมีปริมาณออกซิเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ต้นสูง แต่มีปริมาณคาร์บอนต่ำกว่า ในขณะที่มีปริมาณโซเดียมเพียงเล็กน้อย และไม่แตกต่างกันทั้งในส่วนใบและต้น จากปริมาณธาตุเหล่านี้ พบว่ามีเพียงไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่มีค่าเกินมาตรฐาน ในหญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก ในขณะที่หญ้าเนเปียร์ต้นสูงมีเพียงปริมาณโพแทสเซียมธาตุเดียว ที่เกินมาตรฐานกำหนดไว้ (Lewandowski and Kicherer, 1997) นอกจากนั้นปริมาณเถ้าในส่วนใบและลำต้นของหญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก ยังมีปริมาณสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ จึงอาจสรุปได้ว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก น่าจะไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นพืชพลังงานในระบบเผาไหม้โดยตรงและแก๊สซิฟิเคชั่น เมื่อเทียบกับหญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดา ในงานทดลองนี้อายุของหญ้าในการเก็บเกี่ยวของผลผลิตยาวนานถึง 6 เดือน แต่หญ้าเนเปียร์มวกเหล็กก็ยังมีปริมาณโปรตีนในส่วนใบและลำต้นประมาณ 7-8% ซึ่งเป็นระดับต่ำสุดที่มีผลกระทบต่อการกินได้ของสัตว์ (Milford and Minson, 1966) ในขณะที่หญ้าบาน่าและธรรมดา มีปริมาณโปรตีนในส่วนใบระหว่าง 6.7-7.5% และในส่วนต้นเพียง 1.3-2.4% ซึ่งไม่เหมาะต่อการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ จากรายงานการวิจัยของ Tudsri *et al*. (2013) ล่าสุดพบว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็กเหมาะสมต่อการนำไปผลิตเป็นเอทานอลมากกว่าหญ้าเนเปียร์ในกลุ่มต้นสูง เช่น หญ้าบาน่า

สรุป

จากการตัดหญ้าทุกๆ 6 เดือน รวม 6 ครั้งใน 3 ปี พบว่าหญ้าที่ตัดระดับ 5 เซนติเมตรจากพื้นดิน ให้ผลผลิตเฉลี่ยจากหญ้า 3 ชนิดสูงสุด แต่เพื่อความคงทนของแปลงหญ้า ในระยะยาว ควรตัดหญ้าในระดับนี้เฉพาะในช่วงฤดูฝน และตัดระดับ 15-30 เซนติเมตร ในช่วงก่อนเข้าฤดูแล้ง ในด้านองค์ประกอบทางเคมีและพลังงาน พบว่าไม่ได้รับอิทธิพลจากความสูงของการตัด ยกเว้นไนโตรเจนที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น และแคลเซียมที่มีปริมาณลดลงเมื่อเพิ่มความสูงของการตัดให้มากขึ้น เช่นเดียวกับปริมาณเถ้าที่มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มความสูงของการตัด หญ้าเนเปียร์บาน่าและธรรมดาให้ผลผลิตใกล้เคียงกันแต่สูงกว่าหญ้าเนเปียร์มวกเหล็ก หญ้าทั้งสองชนิดดังกล่าว มีองค์ประกอบทางเคมีเหมาะสมสำหรับใช้ ในกระบวนการเผาไหม้โดยตรงและระบบแก๊สซิฟิเคชั่น ในขณะที่หญ้าเนเปียร์มวกเหล็กเหมาะสมต่อการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่ง จากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษา และวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 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.

Doverat, A. and Y. Cohen. 1970. Regrowth potential of Rhodes grass (*Chloris gayana*) as affected by nitrogen and defoliation, pp. 552-554. *In* **Proceedings 11th international. Grassland Congress**., Surfers Paradise, Australia.

Humphreys, L.R. 1991. **Tropical Pasture Utilisation**. Cambridge University Press, Cambridge.

Jantii, A. and P.J. Kramer. 1957. Regrowth and of pasture in relation to soil moisture and defoliation. p. 33. *In* **Proc. II. Int. Grassld. Congr.**

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).

Jørgensen, S.T., A. Pookpakdi, S. Tudsri, O. Stölen, R. Ortiz and J.L. Christiansen. 2010. Cultivar-by-cutting height interactions in Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) grown in a tropical rain-fed environment. **Soil Plant Sci.** 60: 199-210.

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. purpureum* x *P. glaucumhybrids*) and comparison with farm clones using RAPD. **Genet. Resour. Crop Ev.** 50: 121–132.

McKendry, P. 2002. Energy production from biomass (part 3): gasification technologies**. Biores. Tech.** 55-63.

McLeod, C.C. 1972. **Field investigation report May 1970-October 1972**. Borabue Pasture and Range Development Centre. Department of Land Development.

Milford, R. and D.J. Minson. 1966. The feeding value of tropical pasture. p. 106. *In* W. Davies and C.R. Skidmoru (eds.). **Tropical Pasture.** Faber and Faber, London.

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., Ishii, Y., Kangvansaichol, K., Sripichitt, P., Punsuvon, V., Vaithanomsat, P., Nakamanee, G. and Tudsri, S. 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. Nakamanee 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.

Tessema, Z.K., J. Mihret and M. Solomon. 2010. Effect of defoliation frequency and cutting height on growth, dry-matter yield and nutritive value of Napier grass (*Pennisetum purpureum* (L.) Schumach). **Grass Forage Sci.** 65: 421-430.

Thinnakorn, S., K. Pokesaward and S. Wittayanupayeunyong. 1995. The production and persistency of 3 varieties of napier grass cut at different heights**. Annual research report**. Animal nutrition division, Development of Livestock Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand.

Tudsri S. 1986**. A Study of The Effects of Defoliation and Water Stress on Growth and Development of *Stylosanthes hamata* (L.) Taub. cv. Verano.** Ph.D. Thesis. Massey University, New Zealand.

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

Tudsri, S., Ishii, Y. and Numaguchi, H. 2002. Yield and quality of three tropical grasses intercropped with *Leucaena leucocephala*. **J. ISSAAS.** 7: 83-90.

Tudsri, S., P. Sripichitt, G. Nakamanee 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).

Tudsri, S., P. Vaithanomsat, P. Kongsila, N. Tonmukayakul and W. Suebsaiprom. 2013. Production of napier grass for use as sustainable bioenergy**.** **Research report**. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai).

Wadi, A., Y. Ishii and S. Idota. 2004. Effect of cutting interval and cutting height on dry matter yield and overwintering ability at the established year in *Pennisetum* species. **Plant Prod. Sci.** 7: 88-96.

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.