วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

อิทธิพลของพันธุ์ ความสูงและระยะเวลาการตัดยอดที่มีต่อคุณภาพใบหมักและผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

Effect of cultivar, top cutting height and harvest interval on leaf silage quality and fresh tuber yield of cassava

นรุณ วรามิตร[1], ปัทจิมา คงพลับ[1], อนุรักษ์ อรัญญนาค[1], ภูมพงศ์ บุญแสน[2] และ จิราพร เชื้อกูล[1]*

Naroon Waramit[1], Patjima Kongplub[1], Anuruck Arunyanark[1], Phoompong Boonsaen[2] and Jiraporn Chaugool[1]*

[1] *ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140*
[1] *Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand*
[2] *ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140*
[2] *Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand*

บทคัดย่อ: ใบมันสำปะหลังเป็นชีวมวลสดให้โปรตีนสูงและได้รับความสนใจนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของพันธุ์ ความสูงและระยะตัดยอดที่มีต่อผลผลิตพืชอาหารสัตว์ คุณภาพใบหมัก และองค์ประกอบผลผลิตหัวสด วางแผนการทดลองแบบ split-split plot in randomized complete block design 4 ซ้ำ main plot คือพันธุ์มันสำปะหลัง 2 พันธุ์ (เกษตรศาสตร์ 50 และระยอง 72) sub plot คือความสูงการตัด 2 ระดับ (30 และ 50 ซม. จากพื้นดิน) และ sub-sub plot คือระยะตัด 4 ระยะ (ตัดทุก 3, 4, 6 เดือน และที่ 12 เดือนหลังปลูก ซึ่งเป็นระยะเก็บเกี่ยวหัวมัน) ทำการศึกษาที่ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 จากการศึกษาพบว่า พันธุ์ และความสูงไม่มีอิทธิพลต่อผลผลิตและคุณภาพของใบหมัก รวมทั้งองค์ประกอบผลผลิตหัวสด ระยะตัดมีอิทธิพลต่อความสูงทรงพุ่ม ผลผลิตลำต้น ก้านใบและแผ่นใบแห้ง และผลผลิตหัวสด แต่ไม่มีผลต่อจำนวนและปริมาณแป้งของหัวสด การเพิ่มระยะตัดจากทุก 3 เดือน ถึง 12 เดือน ทำให้ผลผลิตแผ่นใบแห้งลดลงจาก 426.5 เป็น 24.2 กก./ไร่/ปี แต่ให้ผลผลิตหัวสดเพิ่มจาก 1,046.7 เป็น 1,710.2 กก./ไร่ อย่างไรก็ตาม พันธุ์ ความสูงและระยะตัดไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณ neutral detergent fiber และ acid detergent fiber ของใบหมัก ขณะที่ปริมาณ acid detergent lignin เถ้า และโปรตีนลดลงตามระยะตัดที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น แนะนำได้ว่าระยะตัดทุก 6 เดือน ให้ผลผลิตและโปรตีนของใบหมักสูงกว่าระยะ 12 เดือน (ระยะปฏิบัติทั่วไป) โดยไม่กระทบต่อผลผลิตและปริมาณแป้งของหัวสด

คำสำคัญ: ใบมันสำปะหลังหมัก; ความถี่ในการเก็บเกี่ยว; พืชอาหารสัตว์โปรตีนสูง; วัตถุดิบอาหารสัตว์จากใบพืช

ABSTRACT: Cassava leaves are categorized as high-protein herbage, and it is interesting as feed for animal. This study aimed to determine the effect of cultivar, top cutting height, and harvest interval on forage yield, leaf silage quality, and fresh tuber yield components of cassava. The experiment was arranged by using a split-split plot in a randomized complete block design with 4 replications. Two cassava cultivars (CC) were in the main plot, including Kasetsart 50 and Rayong 72. The sub plot has two top cutting heights (TCH), including 30 and 50 cm above the ground. Four top harvest intervals (THI) were sub-sub plotted, including 3-, 4-, and 6-month harvest intervals, and only harvested at 12 months after planting (MAP) (a control treatment). A tuber yield was harvested at 12 MAP. This experiment was conducted in Kamphang Saen district, Nakhon Pathom province, during May 2015 and June 2016. The results showed that CC and TCH did not affect the yield and quality of leaf silage as well as tuber yield

* Corresponding author: agrjrp@ku.ac.th

Received: date; August 3, 2021 Accepted: date; December 20, 2021 Published: date; April 1, 2022

components. In contrast, THI affected canopy height, dry matter (DM) yields of stem, petiole, leaf blade, and fresh tuber yield, but not tuber number or starch content. Increasing THI from a 3-month interval to 12 MAP decreased leaf blade DM from 426.5 to 24.2 kg/rai/year, but increased tuber yield from 1,046.7 to 1,710.2 kg/rai. However, CC, TCH, and THI did not affect neutral detergent fiber and acid detergent fiber contents, whereas the acid detergent lignin, ash, and crude protein contents of leaf silage obviously decreased with increasing THI. As a result, this study suggests that a 6-month harvest interval resulted in higher yield and protein content of leaf silage than a single harvest at 12 MAP (a normal practice), but had no effect on tuber yield components or starch content.
Keywords: cassava leaf silage; harvest frequency; high-protein forage; leaf fodder

บทนำ

อาหารสัตว์เป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ การให้อาหารข้นที่มีโภชนะครบถ้วนตามความต้องการของสัตว์โดยใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาไม่แพง จะช่วยให้ลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตสัตว์ ช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น ปัจจุบันการขาดแคลนแหล่งอาหารสัตว์คุณภาพสูงยังคงเป็นปัญหาที่เกษตรกรประสบอยู่ เนื่องจากแหล่งอาหารสัตว์ที่เกษตรกรใช้เพื่อการเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่คือทุ่งหญ้าธรรมชาติและวัสดุเศษเหลือจากการเกษตร เช่น ฟางข้าว ปริมาณอาหารสัตว์และคุณค่าทางอาหารจากแหล่งดังกล่าวจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการเพื่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตของสัตว์ เศษเหลือและผลพลอยได้จากการเกษตรหลายชนิดมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดี และบางชนิดมีคุณค่าทางโภชนะสูง เช่น เปลือกและไหมข้าวโพดฝักอ่อน และใบมันสำปะหลัง เป็นต้น ดังนั้น การนำเศษเหลือทางการเกษตรมาปรับใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ นอกจากจะเป็นการใช้ทรัพยากรเหลือทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์แล้ว ยังช่วยลดต้นทุนการผลิตสัตว์ได้อีกทางหนึ่ง (สายัณห์, 2547)

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างมากต่อประเทศเขตร้อน ในปี พ.ศ. 2563 ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกมันสำปะหลังทั้งหมด 9.44 ล้านไร่ มีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 8.92 ล้านไร่ ผลผลิตหัวมันสด 29.0 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว 3.3 ตัน/ไร่ โดยมีการปลูกมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมาคือ ภาคเหนือ และภาคกลาง ประมาณ 5.34, 2.12 และ 1.98 ล้านไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ภายหลังการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังแล้ว ส่วนที่อยู่บนดิน เช่น ใบ กิ่งก้านและลำต้นของมันสำปะหลังจะเหลือเป็นจำนวนมาก ซึ่งพบว่าการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังที่อายุ 8-9 เดือน จะได้ใบมันสำปะหลังสดมากกว่า 660 กก./ไร่ (กองอาหารสัตว์, 2557) นอกจากนี้ Phengvilaysouk and Wanapat (2008) รายงานว่า การเริ่มตัดใบมันสำปะหลังที่อายุ 2 และ 4 เดือน และจากนั้นตัดใบทุก 2 เดือน มีผลให้ผลผลิตใบแห้งในแต่ละครั้งที่ทำการตัดแตกต่างกัน แต่ไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม ใบและยอดอ่อนของมันสำปะหลังจัดว่าเป็นชีวมวลสดที่ให้ปริมาณโปรตีนสูง และได้รับความสนใจนำมาใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ ใบมันสำปะหลังมีศักยภาพในการใช้เป็นแหล่งอาหารเสริมโปรตีนสำหรับเลี้ยงสัตว์ ซึ่งปริมาณโปรตีนจะมีความแตกต่างกันตามพันธุ์ ระยะการเจริญเติบโต สภาพแวดล้อมและการจัดการ เจริญศักดิ์ และคณะ (2531) รายงานว่า ปริมาณโปรตีนในใบมันสำปะหลัง 13 พันธุ์ มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 21.6 - 25.3% สำหรับคุณค่าทางโภชนะของใบมันสำปะหลังจะผันแปรตามปริมาณส่วนของใบ ก้าน และลำต้นที่ติดมา หากมีส่วนใบมากโปรตีนก็จะสูงด้วย

ใบมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในรูปพืชหมัก (silage) เป็นการใช้ประโยชน์จากใบมันสำปะหลังได้อย่างคุ้มค่า โดยสามารถเก็บรักษาและใช้ประโยชน์จากใบมันสำปะหลังหมักได้เป็นเวลานานหรือสำรองอาหารหมักไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้ง ซึ่ง Anaeto et al. (2013) รายงานว่า การใช้ใบมันสำปะหลังหมัก (cassava leaf silage) และเปลือกมันสำปะหลัง (cassava peel) มาใช้เป็นอาหารเสริมให้แกะแคระแอฟริกันตะวันตก (West African Dwarf sheep) เป็นผลให้คุณลักษณะบางประการของแกะ เช่น ความสูงและความยาวลำตัว ไม่แตกต่างจากการให้กินหญ้าที่เป็นอาหารควบคุม อย่างไรก็ตาม ข้อมูลการจัดการเก็บเกี่ยวใบและยอดอ่อนของมันสำปะหลังที่เหมาะสมยังมีอยู่จำกัด มีงานวิจัยเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ศึกษาการผลิตมันสำปะหลังเพื่อการใช้ประโยชน์ทั้งในรูปแบบการตัดยอดและใบที่ให้โปรตีนสูงเพื่อเป็นอาหารสัตว์หมัก และพร้อมกันนี้ให้ได้ผลผลิตหัวมันสดสูงเพื่อใช้แป้งเป็นอาหาร ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของพันธุ์ ความสูงและระยะเวลาตัดยอดมันสำปะหลังที่มีต่อความสูงทรงพุ่ม ผลผลิตของลำต้น ก้านใบและแผ่นใบแห้ง จำนวนหัวมันสด ผลผลิตหัวมันสด ปริมาณแป้งในหัวสด และคุณภาพของใบมันสำปะหลังหมัก

วิธีการศึกษา

การวางแผนการทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้แผนการทดลองแบบ split-split plot in randomized complete block design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย main plot คือพันธุ์มันสำปะหลัง (Cultivar) จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (KU 50) และพันธุ์ระยอง 72 (R 72) sub plot คือความสูงของการตัดยอด (Top cutting height) จำนวน 2 ระดับ ได้แก่ ตัดสูง 30 และ 50 ซม. จากพื้นดิน และ sub-sub plot คือระยะเวลาการตัดยอด (Top harvest interval) จำนวน 4 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1) ตัดทุก 3 เดือน ระยะที่ 2) ตัดทุก 4 เดือน ระยะที่ 3) ตัดทุก 6 เดือน และระยะที่ 4) ตัดครั้งเดียวที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก (กรรมวิธีควบคุม) ซึ่งเป็นระยะเก็บเกี่ยวหัวมันสด

การเตรียมแปลงและการปลูกพืช

ดำเนินงานวิจัยในพื้นที่ของสถานีพัฒนาที่ดินนครปฐม ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ก่อนการเตรียมดินทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ก่อนปลูกพืช เพื่อทำการวิเคราะห์สมบัติดิน (soil property analysis) โดยพบว่า เนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินมีสภาพเป็นกลาง มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำหรือไม่มีปัญหาดินเค็ม มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างสูง มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง (**Table 1**)

Table 1 Soil property analysis in the 0 - 20 cm soil layer before cassava planting at Nakhon Pathom Land Development Station, Kamphang Saen district, Nakhon Pathom province during 2015 and 2016

Parameter	Value	Remark
Texture		Clay
Sand (%)	24.7	
Silt (%)	35.3	
Clay (%)	40.1	
pH (Soil:H_2O ; 1:1)	6.70	Middle
EC_e (dS/m)	0.87	Not salty
Organic matter (%)	3.16	Rather high
Available P (mg/kg)	302.9	Very high
Exchangeable K (mg/kg)	335.5	Very high
Exchangeable Ca (mg/kg)	3,412.9	High
Exchangeable Mg (mg/kg)	736.9	High
Lime requirement (kg $CaCO_3$/rai)	-	-

การบันทึกข้อมูล

1. ผลผลิตหัวมันสด เก็บเกี่ยวหัวมันสดที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก โดยสุ่มจำนวน 3 ต้น/แปลงย่อย ชั่งน้ำหนักหัวมันสด และหาปริมาณแป้งในหัวมันสด ด้วยเครื่องชั่งแบบ Reimann scale

2. ผลผลิตชีวมวลสดส่วนเหนือดิน ได้แก่ ลำต้น ก้านใบ และแผ่นใบ ทำโดยการสุ่มตัดยอดมันสำปะหลังที่ระดับความสูงและระยะเวลาเก็บเกี่ยวตามกรรมวิธีศึกษา จำนวน 10 ต้น/แปลงย่อย แบ่งผลผลิตชีวมวลสดของมันสำปะหลังเป็น 2 ชุด ชุดละ 5 ต้น นำ

ตัวอย่างชุดที่ 1 มาแยกส่วนประกอบของพืช ได้แก่ ลำต้น ก้านใบ และแผ่นใบ และนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 70 ^{0}C เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง เพื่อบันทึกผลผลิตน้ำหนักแห้ง นำตัวอย่างชุดที่ 2 มาแยกส่วนใบมันสำปะหลัง (ประกอบด้วยแผ่นใบและก้านใบ) ออกจากลำต้น เพื่อนำใบมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์หมัก โดยนำไปบดสับให้มีขนาดชิ้นเล็กลง และสุ่มตัวอย่างใบจากแต่ละแปลงย่อยจำนวน 1 กก. นำไปหมักโดยการผสมคลุกเคล้ากับกากน้ำตาลจากอ้อยในอัตรา 5% บรรจุในถุงพลาสติก จำนวนทั้งหมด 64 ถุง (2 พันธุ์ x 2 ความสูงการตัด x 4 ระยะตัด x 4 ซ้ำ) และปิดปากถุงให้แน่น เก็บรักษาภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic silage fermentation) เป็นเวลา 30 วัน เพื่อให้ระยะการหมักเสร็จสมบูรณ์ และค่า pH ลดลงอยู่ในระดับคงที่ (Barnes et al., 2003) และใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3. คุณภาพของใบมันสำปะหลังหมัก (ประกอบด้วยแผ่นใบและก้านใบ) ทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนหยาบ (crude protein; CP) ด้วยวิธี Kjeldahl method และปริมาณเถ้า (ash) ตามวิธี AOAC (1990) วิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย ได้แก่ neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) และ acid detergent lignin (ADL) ด้วยวิธี sequential detergent analysis ด้วยเครื่อง ANKOM 200 Fiber Analyzer (ANKOM Technol. Corp., Fairport, NY)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ split-split plot in RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ R (R Core Team, 2017)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษานี้พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอิทธิพลของระดับความสูงในการตัดยอดกับระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว (H x T) มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นมันสำปะหลัง (**Table 2**) ซึ่งพบว่า การยืดระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวใบมันที่เพิ่มขึ้นจาก 3 เดือน ถึง 12 เดือน มีผลทำให้ความสูงของทรงพุ่มเพิ่มขึ้นในอัตราที่แตกต่างกันระหว่างระดับความสูงในการตัดยอดที่ระดับ 30 และ 50 ซม. จากพื้นดิน มีค่าเฉลี่ย 55.9 – 182.6 ซม. และ 70.8 – 167.6 ซม. ตามลำดับ (**Figure 1**) โดยปฏิสัมพันธ์ร่วมของ H x T เกิดขึ้น ชี้ให้เห็นว่า การตัดยอดที่ระดับความสูง 30 ซม. จากพื้นดิน (ตัดต่ำ) มีผลทำให้ทรงพุ่มมันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงน้อยกว่าการตัดที่ระดับ 50 ซม. เมื่อตัดที่ระยะทุก 4 เดือน (64.0 และ 91.8 ซม. ตามลำดับ) ในขณะที่การตัดที่ระยะอื่นๆ ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ไม่พบปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 2 และ 3 ปัจจัย ระหว่างพันธุ์ ระดับความสูงในการตัดยอด และระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่มีอิทธิพลต่อพารามิเตอร์อื่นๆ (**Table 2**) ได้แก่ ผลผลิตของลำต้นแห้ง ก้านใบและแผ่นใบแห้ง น้ำหนักมวลแห้งรวมทั้งหมด จำนวนหัวมัน ผลผลิตหัวมันสด และปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลัง รวมทั้งพารามิเตอร์ด้านคุณภาพทั้งหมด ได้แก่ ปริมาณ NDF, ADF, ADL, เถ้า และโปรตีนหยาบ (**Table 4**) ดังนั้น จึงสามารถรายงานอิทธิพลของปัจจัยทั้งสามชนิดที่มีผลต่อพารามิเตอร์ด้านผลผลิตและคุณภาพใบมันสำปะหลังหมักทั้งหมดแยกจากกันได้

พันธุ์ และระดับความสูงในการตัดยอดไม่มีอิทธิพลต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งของก้านใบและแผ่นใบ จำนวนหัวมัน ผลผลิตหัวมันสด และปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลัง แต่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งของลำต้นเท่านั้น (**Table 2 and 3**) โดยพบว่า การตัดยอดที่ระดับความสูง 30 ซม. จากพื้นดิน ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของลำต้น 288.6 กก./ไร่/ปี มากกว่าการตัดที่ระดับความสูง 50 ซม. ซึ่งให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของลำต้น 209.8 กก./ไร่/ปี ทั้งนี้เนื่องมาจากบริเวณส่วนด้านบนของทรงพุ่มมันสำปะหลังมีสัดส่วนใบต่อลำต้นมาก หรือมีการสะสมผลผลิตน้ำหนักแห้งของใบและยอดอ่อนมากกว่าส่วนลำต้นแก่ (Mahakosee et al., 2019) ดังนั้น การตัดที่ระดับความสูง 50 ซม. (ตัดสูง) จากพื้นดิน จึงทำให้ได้ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินมีสัดส่วนของลำต้นน้อยกว่าการตัดที่ระดับความสูง 30 ซม. (ตัดต่ำ) ซึ่งได้รับผลผลิตชีวมวลที่มีส่วนของลำต้นแก่และกิ่งก้านมากขึ้น

นอกจากนี้ การตัดยอดที่ระดับ 30 ซม. จากพื้นดิน เป็นการทำให้พืชสูญเสียใบ (ทั้งใบที่สมบูรณ์และใบอ่อน) ออกไปเกือบทั้งหมดมากกว่าการตัดที่ระดับ 50 ซม. ซึ่งโดยทั่วไป ส่วนของใบอ่อนเป็น sink ที่ต้องการอาหารสังเคราะห์หรืออาหารหล่อเลี้ยง (photo-

assimilates) มาก (วันชัย, 2534; Barnes et al., 2003) เมื่อมีการตัดยอดและใบจึงเป็นการลดปริมาณของอาหารสังเคราะห์ พืชจึงมีการตอบสนองโดยการเคลื่อนย้ายอาหารสังเคราะห์ไปสู่ส่วนของเนื้อเยื่อเจริญและยอดใหม่บนลำต้นเพื่อใช้สำหรับการเจริญเติบโตฟื้นตัวหลังจากถูกตัดใบออกไป (Munyahali et al., 2017) ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Khang et al. (2005) ที่รายงานว่า การตัดใบมันสำปะหลังที่ระดับความสูงเพิ่มขึ้นจาก 10 เป็น 30 และ 50 ซม. จากพื้นดิน มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักแห้งของลำต้นลดลง จาก 22.99 เป็น 20.67 และ 19.21% ตามลำดับ

Table 2 F-value for plant height, dry matter yield, tuber number, tuber yield and starch content of cassava with different cultivars, cutting heights and harvest times at Kamphang Saen district, Nakhon Pathom province during 2015 and 2016

SOV	df	Plant height (cm)	Dry matter yield (kg/rai/year)				Tuber number (tuber/rai)	Tuber yield (kg/rai)	Starch content (%)
			Stem	Petiole	Leaf blade	Total			
Cultivar (C)	1	0.30	0.79	0.48	0.29	0.60	0.06	0.71	0.47
Cutting height (H)	1	3.23	1.43**	0.62	0.28	0.76	0.86	0.22	0.0001
Harvest time (T)	3	105.45**	6.99**	42.78**	51.39**	38.15**	0.32	2.76*	2.26
C × H	1	0.00	0.25	1.34	1.29	0.35	3.61	3.55	0.31
C × T	3	1.87	0.49	0.77	0.54	0.43	0.68	0.63	0.43
H × T	3	3.33*	0.72	1.67	1.66	1.53	1.05	2.21	0.68
C × H ×T	3	0.56	2.58	2.78	2.30	2.59	0.08	0.58	0.08

** Significant at $p < 0.01$, * Significant at $p < 0.05$

ในขณะที่อิทธิพลของระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวมีผลต่อทุกพารามิเตอร์ดังกล่าว แต่ไม่มีผลต่อจำนวนหัวมัน และปริมาณแป้งในหัวมัน โดยผลผลิตน้ำหนักแห้งของลำต้น ก้านใบ แผ่นใบ และน้ำหนักชีวมวลแห้งของส่วนเหนือพื้นดินรวมทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงจาก 337.6 เป็น 179.3, จาก 111.0 เป็น 7.9, จาก 426.5 เป็น 24.2 และจาก 875.1 เป็น 211.4 กก./ไร่/ปี ตามลำดับ ตามการเพิ่มระยะเวลา (หรือตามการลดความถี่) ในการตัดยอดจากทุกระยะ 3 เดือนถึงระยะ 12 เดือน (ระยะเก็บเกี่ยวหัวมัน) ในทางตรงกันข้ามการยืดระยะเวลาในการตัดยอดจากทุกระยะ 3 เดือนออกไปถึง 12 เดือน มีผลทำให้ผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้นจาก 1,046.7 เป็น 1,710.2 กก./ไร่ แต่อิทธิพลของระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวยอดไม่มีผลทำให้มีจำนวนหัวและปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังแตกต่างกัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 6,203.7 - 6,925.9 หัว/ไร่ และ 12.4 - 15.3% ตามลำดับ (**Table 2 and 3**) นอกจากนี้ **Figure 2** แสดงให้เห็นชัดเจนว่า การตัดยอดด้วยความถี่ทุก 3 เดือน (4 ครั้ง/ปี) และทุก 4 เดือน (3 ครั้ง/ปี) ถึงแม้ให้สัดส่วนการสะสมน้ำหนักแห้งของแผ่นใบและก้านใบมาก (16.2 - 22.3% และ 5.8 - 8.0% ของน้ำหนักรวม ตามลำดับ) แต่มีผลทำให้สัดส่วนการสะสมน้ำหนักหัวมันสด (54.4 - 62.8% ของน้ำหนักรวม) น้อยกว่าการตัดยอดด้วยความถี่ทุก 6 เดือน ซึ่งให้การสะสมน้ำหนักของหัวมันสด 75.7% ของน้ำหนักรวม ในขณะที่การสะสมน้ำหนักหัวมันสดของแปลงที่มีการตัดยอดครั้งเดียวพร้อมกับการเก็บเกี่ยวผลผลิตหัวมันสดที่ระยะ 12 เดือน มีสัดส่วนการสะสมน้ำหนักหัวมันสดเพิ่มขึ้นถึง 88.8% ของน้ำหนักรวม

Table 3 Mean of plant height, dry matter yield, tuber number, tuber yield and starch content of cassava different cultivars, cutting heights and harvest times at Kamphang Saen district, Nakhon Pathom province during 2015 and 2016

Parameter	Plant height (cm)	Dry matter yield (kg/rai/year)				Tuber number (tuber/rai)	Tuber yield (kg/rai)	Starch content (%)
		Stem	Petiole	Leaf blade	Total			
Cultivar[2/]								
KU 50	95.1	204.6	84.1	210.0	464.1	6,407.4	992.8	14.1
R 72	107.3	293.8	98.3	244.0	578.9	6,805.6	1,708.9	12.3
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cutting height[3/]								
30 cm	96.8	288.6 a[1/]	95.1	233.7	547.4	6,870.4	1,406.8	13.2
50 cm	105.6	209.8 b	87.3	220.4	495.6	6,342.6	1,294.9	13.2
F-test	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Harvest time[4/]								
3-m interval	63.4 c	337.6 a	111.0 a	426.5 a	875.1 a	6,203.7	1,046.7 b	12.4
4-m interval	77.9 b	218.4 b	133.8 a	270.6 b	487.9 b	6,537.0	1,052.6 b	15.3
6-m interval	88.3 b	212.9 b	112.0 a	186.8 c	511.7 b	6,925.9	1,594.1 a	12.5
12 MAP	175.1 a	179.3 b	7.9 b	24.2 d	211.4 c	6,759.3	1,710.2 a	12.5
F-test	**	**	**	**	**	ns	**	ns

** Significant at $p < 0.01$, * Significant at $p < 0.05$, ns = Non-significant

[1/] Means within a column under each factor followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by Least significant difference (LSD).

[2/] Cultivar: KU 50 = Kasetsart 50, R 72 = Rayong 72

[3/] Cutting height: 30 cm and 50 cm above the ground

[4/] Harvest time: 3-, 4-, and 6-m interval = 3-month interval, 4-month interval, and 6-month interval, 12 MAP = 12 months after planting

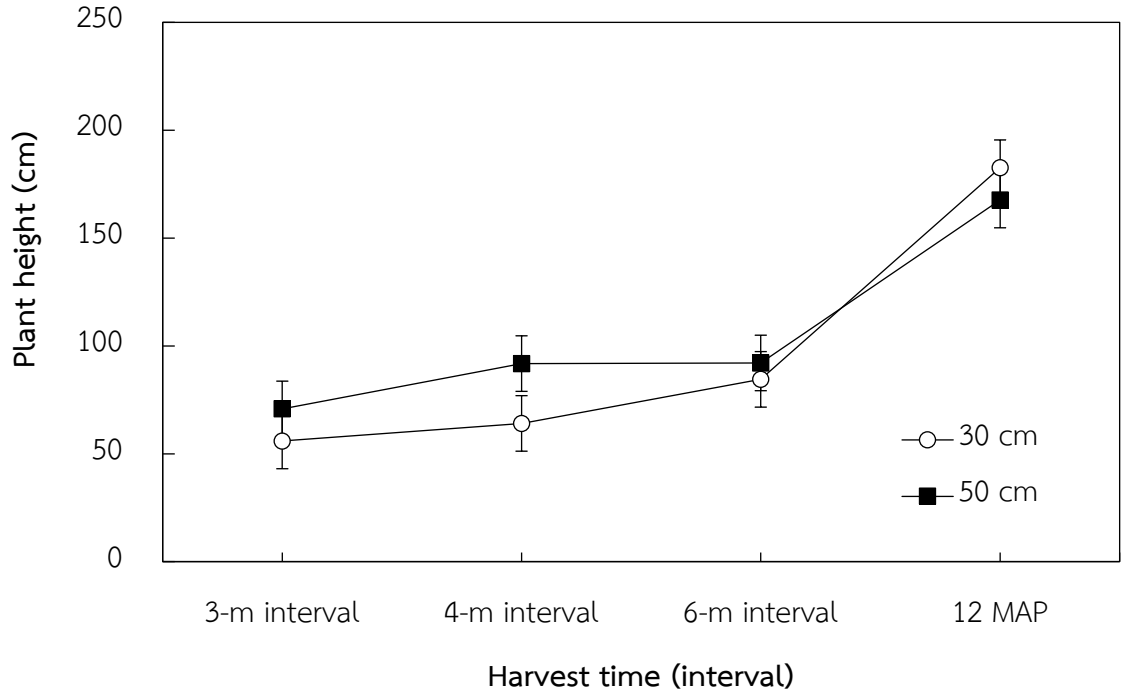

Figure 1 Mean plant height of cassava affected with two different cutting heights (30 and 50 cm above the ground) and four different harvest times (3-, 4-, and 6-month intervals, and at 12 months after planting; MAP). Data are averaged from two cultivars (Kasetsart 50 and Rayong 72) at Kamphang Saen district, Nakhon Pathom province during 2015 and 2016. Error bars are standard errors of mean (SEM)

Alves (2002) รายงานว่า มันสำปะหลังที่ระยะ 3 – 6 เดือนหลังงอก เป็นช่วงที่มันสำปะหลังมีการพัฒนาส่วนลำต้นและใบมากที่สุด หลังจากนั้น ตั้งแต่ระยะ 6 เดือนเป็นต้นไปจะเป็นช่วงที่มันสำปะหลังเริ่มมีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตไปสะสมที่ส่วนราก (หัวมัน) เพิ่มขึ้นไปจนถึงระยะ 300 วันหลังงอก ดังนั้น การเก็บเกี่ยวยอดและใบระหว่างระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบที่ระยะ 3, 4, และ 6 เดือนหลังงอก จึงเป็นช่วงที่ให้ผลผลิตมวลแห้งของแผ่นใบและก้านใบมาก (El-Sharkawy, 2004) โดยมันสำปะหลังมีการตอบสนองต่อการสูญเสียยอดและใบด้วยการพัฒนายอดและใบใหม่ขึ้นมาอย่างรวดเร็ว โดยการใช้อาหารที่สังเคราะห์ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของใบที่เหลือและอาหารสะสมในส่วนลำต้นและรากมาใช้ จึงส่งผลทำให้ผลผลิตของรากสะสมอาหาร (storage root) ลดลง ดังนั้น การตัดยอดและใบด้วยความถี่หลายครั้งจึงมีแนวโน้มทำให้การสะสมมวลแห้งของหัวมันสำปะหลังลดลง (วันชัย, 2534; Munyahali et al., 2017)

ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษานี้โดยพบว่า การตัดยอดมันสำปะหลังที่ระยะความถี่ 4 และ 3 ครั้ง/ปี (ตัดทุก 3 และ 4 เดือน) เป็นช่วงระยะเวลาที่มีการพัฒนาส่วนใบและลำต้นสูงที่สุด จึงส่งผลให้มีผลผลิตใบและลำต้นแห้งมากกว่าการตัดที่ทุกระยะ 6 และ 12 เดือน โดยเฉพาะการตัดที่ระยะ 12 เดือน เป็นระยะเก็บเกี่ยวหัวมันสด ซึ่งใบเกือบทั้งหมดมีการหลุดร่วง (Alves, 2002) แต่การตัดยอดที่ทุกระยะ 6 และ 12 เดือนหลังปลูกให้ผลผลิตหัวมันสดสูงที่สุด อาจเนื่องมาจากการยืดระยะการตัดยอดให้นานออกไปมากกว่า 6 เดือนหลังงอก ทำให้มันสำปะหลังมีระยะเวลานานเพียงพอที่จะผ่านช่วงระยะวิกฤตสำหรับการสะสมอาหารของราก ดังนั้น การสะสมมวลแห้งของหัวมันจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ามันสำปะหลังที่ถูกตัดยอดที่ทุกระยะ 3 และ 4 เดือน อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวยอดไม่มีผลต่อจำนวนหัวมัน เนื่องจากจำนวนรากสะสมอาหารหรือหัวมันปรากฏขึ้นชัดเจนและแตกต่างจากรากฝอยตั้งแต่ระยะ 2 – 3 เดือนหลังงอก (Jalloh, 1998; Alves, 2002; El-Sharkawy, 2004)

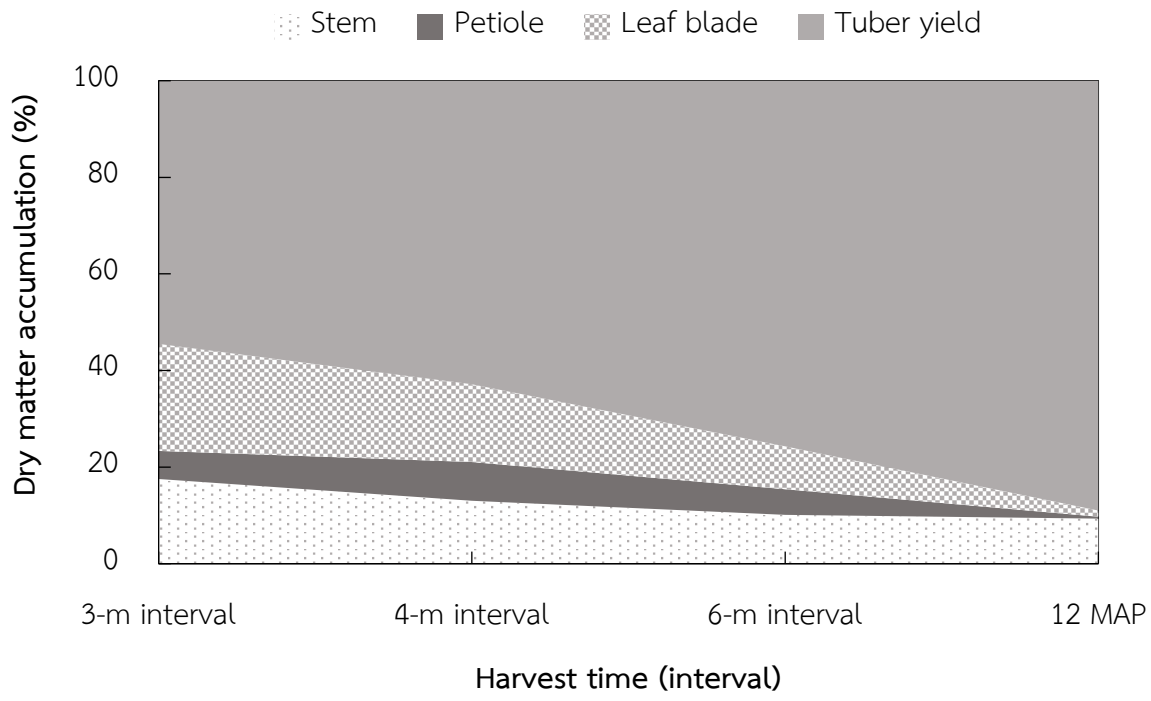

Figure 2 Demographics of stem, petiole, leaf blade, and tuber dry matter accumulation for cassava as influenced by four different harvest times (3-, 4-, and 6-month intervals, and at 12 months after planting; MAP). Data are averaged over two cultivars (Kasetsart 50 and Rayong 72) at Kamphang Saen district, Nakhon Pathom province during 2015 and 2016

นอกจากนี้ ผลการศึกษานี้ยังเป็นไปในทางเดียวกับ Khang et al. (2005) ซึ่งรายงานว่า สัดส่วนผลผลิตน้ำหนักแห้งของแผ่นใบและก้านใบของมันสำปะหลังมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการตัดใบมันสั้นลง (หรือตัดถี่ขึ้น) โดยเมื่อยืดระยะเวลาการตัดใบมันออกไปจากระยะตัดทุก 45 วัน (ผลผลิตใบแห้งมากที่สุด) เป็นระยะทุก 60 และ 90 วันหลังปลูก ผลผลิตใบแห้งมีปริมาณลดลง จาก 64.15 เป็น 57.94 และ 50.50% ตามลำดับ ขณะที่การตัดใบมันเพียงครั้งเดียวที่ระยะ 285 วันหลังปลูก (ระยะเปรียบเทียบ) ให้ผลผลิตใบแห้ง 65.33% (เก็บเฉพาะใบที่มีสีเขียวของทรงพุ่มส่วนบน) แต่สัดส่วนน้ำหนักแห้งของลำต้นและผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้น ในขณะที่ Munyahali et al. (2017) รายงานว่า การยืดระยะการเก็บเกี่ยวใบมันสำปะหลังจากทุก 2 สัปดาห์ เป็นทุก 4 สัปดาห์ ทำให้ความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น และผลผลิตน้ำหนักสดของลำต้นเพิ่มขึ้น แต่ระยะการเก็บเกี่ยวใบไม่มีผลทำให้ผลผลิตหัวมันลดลง เนื่องจากปริมาณใบที่ถูกตัดออกไปมีจำนวนน้อย (ตัด 3 ใบต่อครั้ง)

อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษานี้เห็นได้ชัดเจนว่า ระยะการตัดยอดหลายครั้ง (หรือตัดถี่) ต้นมันสำปะหลังมีการพัฒนาใบใหม่ขึ้นมาได้เป็นจำนวนมาก แต่ในทางตรงกันข้ามทำให้ผลผลิตหัวมันลดลง ดังนั้นจากผลการศึกษานี้จึงชี้ให้เห็นว่า สัดส่วนการสะสมน้ำหนักหรือปริมาณการเคลื่อนย้ายของอาหารสังเคราะห์ไปสู่ส่วนอื่นๆ ของมันสำปะหลังขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ระยะการพัฒนาของมันสำปะหลัง ความถี่ของการเก็บเกี่ยว และปริมาณยอดที่ถูกตัดออกไปก่อนการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลัง นอกจากนี้ พันธุ์ และระยะเวลาการเก็บเกี่ยวยอดไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลัง ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 12.4 - 15.3% น้อยกว่าปริมาณแป้งในหัวมันโดยมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย (2543) ซึ่งรายงานว่า พันธุ์ KU 50 และพันธุ์ R 72 ให้ปริมาณแป้งในหัวมันเท่ากับ 25.0 และ 20.0% ตามลำดับ ในสภาพการปลูกแบบปกติที่ไม่มีการเก็บเกี่ยวยอดและใบมัน ผลการศึกษานี้อาจเป็นผลมาจาก

อิทธิพลร่วมของสภาพแวดล้อมในพื้นที่ปลูก ซึ่งโดยปกติชนิดดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกมันสำปะหลังควรเป็นดินร่วนลึกมีการระบายน้ำดี (สมลักษณ์, 2551) แต่ดินของแปลงปลูกในการศึกษานี้ค่อนข้างเป็นเนื้อดินเหนียว (**Table 1**)

คุณภาพของใบมันสำปะหลังหมัก (ประกอบด้วยแผ่นใบและก้านใบ) พบว่า ปริมาณ NDF และ ADF ของใบมันหมักไม่ตอบสนองต่อความแตกต่างของพันธุ์ ความสูงและระยะเวลาการตัดยอด ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 25.77 - 26.70% และ 18.47 - 19.91% ตามลำดับ (**Table 4 and 5**) ในขณะที่พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอิทธิพลของพันธุ์กับระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวยอด (C x T) มีผลต่อปริมาณ ADL ของใบมันหมักทำให้ผลการศึกษานี้จึงประเมินปริมาณ ADL ของใบมันหมักแยกกันระหว่างสองปัจจัยดังกล่าว ซึ่ง **Figure 3** แสดงผลของปฏิสัมพันธ์ร่วมของ C x T โดยชี้ให้เห็นว่า ปริมาณ ADL ของใบมันสำปะหลังหมักพันธุ์ R 72 มีแนวโน้มลดลงจาก 9.9 เป็น 5.8% ตามระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้นจากทุก 3 เดือนถึง 12 เดือน (ความถี่ในการเก็บเกี่ยวยอดลดลง) ในขณะที่ใบมันสำปะหลังหมักพันธุ์ KU 50 ที่เก็บเกี่ยวทุก 3, 4 และ 6 เดือน มีปริมาณ ADL ใกล้เคียงกัน เฉลี่ย 7.8 - 8.8% และมีปริมาณลดลงเมื่อยืดระยะเก็บเกี่ยวยอดออกไปถึงที่ 12 เดือน (ระยะเก็บเกี่ยวหัวมัน) มีปริมาณเฉลี่ย 6.2% จากผลการศึกษานี้สามารถอธิบายได้ว่า ระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการของมันสำปะหลัง ช่วงระยะ 3 – 6 เดือนหลังงอก เป็นระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาส่วนของลำต้นและใบเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงระยะ 300-360 วันหลังงอก ใบแก่ของมันสำปะหลังมีการหลุดร่วงเพิ่มขึ้น (Alves, 2002) เหลือแต่ใบอ่อนเกือบทั้งหมด (**Figure 2**) โดยทั่วไป ลิกนินถูกพบในส่วนของผนังเซลล์และกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียง (conducting tissue) ของพืช โดยเฉพาะกลุ่มท่อน้ำ (xylem) และพบมากขึ้นในส่วนเนื้อเยื่อแก่ของลำต้นและก้านใบพืช (ลิลลี่, 2559; Taiz and Zeiger, 2006) ซึ่งเป็นส่วนที่มีโภชนะที่ย่อยได้และปริมาณโปรตีนต่ำ ดังนั้น ใบมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน ที่เหลืออยู่ส่วนใหญ่มีสัดส่วนของก้านใบน้อย จึงทำให้ปริมาณลิกนินมีแนวโน้มลดลง เมื่อเปรียบเทียบเทียบกับระยะอื่นๆ

ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวยอดมีอิทธิพลต่อปริมาณเถ้าของใบมันสำปะหลังหมัก โดยการยืดระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวยอดจากระยะทุก 3 เดือนถึง 12 เดือน มีผลทำให้ปริมาณเถ้าของใบมันหมักลดลงเล็กน้อยจาก 9.5 เป็น 8.8% แต่พันธุ์ และความสูงในการตัดยอดไม่มีผลต่อปริมาณเถ้า (มีค่าเฉลี่ย 9.1 - 9.2%) ของใบมันหมัก (**Table 4 and 5**) ในขณะที่พันธุ์ และระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวยอดมีอิทธิพลต่อปริมาณโปรตีนหยาบของใบมันหมัก แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากพบปฏิสัมพันธ์ร่วมของระหว่าง 2 ปัจจัย C x T และ 3 ปัจจัย C x H x T ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณโปรตีนหยาบ (**Table 4**) จึงรายงานปริมาณโปรตีนหยาบแยกกันตามระดับความสูงในการตัดดังแสดงใน **Figure 4** ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ปริมาณโปรตีนหยาบของใบมันหมักมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวยอดที่เพิ่มขึ้นในอัตราที่แตกต่างกันระหว่างมันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์ ซึ่งเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการตัดยอดจากระยะทุก 3 เดือน ถึง 12 เดือน ที่ระดับความสูง 30 ซม. จากพื้นดิน ทำให้ปริมาณโปรตีนหยาบของใบมันสำปะหลังหมักพันธุ์ KU 50 ลดลงจาก 12.9 เหลือ 9.5% ต่ำกว่าใบมันสำปะหลังหมักพันธุ์ R 72 ซึ่งลดลงจาก 13.4 เหลือ 12.4% และเมื่อตัดยอดที่ระดับ 50 ซม. จากพื้นดิน ทำให้ปริมาณโปรตีนหยาบของใบมันสำปะหลังหมักพันธุ์ KU 50 ลดลงจาก 13.4 เหลือ 10.1% ต่ำกว่าพันธุ์ R 72 เล็กน้อย ซึ่งลดลงจาก 13.9 เหลือ 10.8% ทั้งนี้อาจเนื่องจากการตัดยอดหรือเก็บเกี่ยวใบมันสำปะหลังในช่วงที่มีอายุน้อย ทำให้ได้ผลผลิตใบที่ยังอ่อนมากกว่ามันสำปะหลังที่มีอายุมาก ซึ่งใบพืชที่เกิดขึ้นใหม่หรือใบอ่อนมักจะมีปริมาณโปรตีนหยาบมากกว่าใบที่มีอายุมากกว่าหรือใบแก่ ดังนั้น เมื่อพืชมีระยะการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนหยาบจะมีแนวโน้มลดลง (Gómez and Valdivieso, 1985; Yin Kyawt et al., 2015) สอดคล้องกับ Hue et al. (2012) ที่รายงานว่า การเพิ่มความถี่การตัดใบมันสำปะหลังบ่อยขึ้น (ระยะเวลาในการตัดสั้นลง) จาก 1 ครั้ง เป็น 2 และ 3 ครั้ง/ปี ทำให้ปริมาณโปรตีนหยาบในใบเพิ่มขึ้น (มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 18.5 - 18.6%, 19.4 - 19.8% และ 19.4 - 20.8% ตามลำดับ) แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างพันธุ์มันสำปะหลัง อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้แตกต่างจากการศึกษาของ Khang et al. (2005) ที่รายงานว่าระยะเวลาเก็บเกี่ยวใบและความสูงของการตัดใบมันสำปะหลังมีผลต่อปริมาณ NDF, ADF และโปรตีนหยาบของใบ แต่ไม่ทำให้ปริมาณเถ้าแตกต่างกัน (มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 4.98 - 5.36%) โดยการยืดระยะเวลาการตัดใบมันให้นานขึ้น จากระยะตัดทุก 45 วันเป็นระยะทุก 90 วันหลังปลูก มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณ NDF และ ADF ในใบมันเพิ่มขึ้น จาก 37.11 เป็น 40.27% และจาก 28.16 เป็น 28.99% ตามลำดับ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีนหยาบลดลง จาก 20.31 เป็น 19.06% ของน้ำหนักแห้ง ตามระดับความสูงของการตัดใบที่ลดลดจาก 50 ซม. เป็น 10 ซม. จากพื้นดิน

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้พบว่าปริมาณโปรตีนหยาบในใบมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการหมักมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ (มีค่าเฉลี่ย 10.72 – 13.44%) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่นๆ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 17.7 – 22.2% (Khang et al., 2005; Phengvilaysouk and Wanapat, 2008; Hue et al., 2012) ทั้งนี้อาจเนื่องจากใบพืชที่มีปริมาณโปรตีนหยาบสูงหรือมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (water soluble carbohydrate) ต่ำ เช่น พืชตระกูลถั่วและใบมันสำปะหลังมักมีความต้านทานการลดลงของค่า pH (buffering capacity) สูง เนื่องจากกรดอะมิโนในพืชมีความสามารถต้านทานการเกิดกรดระหว่างการหมัก เป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจน (โปรตีน) จากกระบวนการ proteolysis และเปลี่ยนเป็นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ในกระบวนการหมักพืชเหล่านี้ทำให้เกิดจุลินทรีย์ (clostridial และ enterobacterial) ที่ส่งผลต่อการเกิดกรดและกลิ่นที่ไม่ดีในพืชหมัก (Jasaitis et al., 1987; Kaiser and Piltz, 2002; Barnes et al., 2007) ดังนั้น การใช้ประโยชน์ของใบมันสำปะหลังเพื่อเป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับเลี้ยงสัตว์ อาจเหมาะสำหรับการใช้ในรูปของใบมันป่นหรือใบมันแห้ง (cassava hay) ซึ่งจะให้คุณภาพทางโภชนะโดยเฉพาะปริมาณโปรตีนหยาบได้สูงกว่าใบมันสำปะหลังหมัก และผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นชัดเจนว่า ปริมาณเยื่อใย NDF และ ADF ของใบมันสำปะหลังหมักมีอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ (มีค่าเฉลี่ย 25.77 - 26.70% และ 18.47 - 19.91% ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าและถั่วอาหารสัตว์หมักชนิดอื่นซึ่งพบว่ามีปริมาณ NDF และ ADF สูงกว่า โดย เสมอใจ และคณะ (2554) รายงานว่า หญ้ากินนีสีม่วง ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วฮามาต้า และถั่วคาวาลเคด มีปริมาณ NDF และ ADF ภายหลังหมักอยู่ในช่วงระหว่าง 63.41 - 73.68% และ 37.89 – 43.50% ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ดังนั้น จากผลการศึกษานี้ การใช้ใบมันสำปะหลังหมักเป็นอาหารสัตว์จึงอาจช่วยให้มีปริมาณการกินได้ (voluntary intake) และการย่อยได้ (digestibility) สูงกว่าหญ้าและถั่วอาหารสัตว์หมักชนิดอื่น

Table 4 F-value for nutritive value of cassava leaf silage with different cultivars, cutting heights and harvest times at Kamphang Saen district, Nakhon Pathom province during 2015 and 2016

SOV	df	NDF[1/] (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ash (%)	CP (%)
Cultivar (C)	1	0.27	0.13	2.14	0.05	38.74 *
Cutting height (H)	1	0.08	0.0001	0.34	0.15	0.13
Harvest time (T)	3	0.37	2.65	18.89 **	6.71 **	89.81 **
C × H	1	0.26	0.46	0.90	0.53	3.03
C × T	3	0.68	1.14	18.89 **	0.57	9.49 **
H × T	3	1.06	1.33	0.22	0.11	2.96
C × H ×T	3	0.33	0.22	0.47	0.26	7.15 **

** Significant at $p < 0.01$, * Significant at $p < 0.05$

[1/] NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber, ADL= acid detergent lignin, CP = crude protein

Table 5 Mean nutritive value of cassava leaf silage affected with different cultivars, cutting heights and harvest times at Kamphang Saen district, Nakhon Pathom province during 2015 and 2016

Treatment	NDF[5/] (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ash (%)	CP (%)
Cultivar[2/]					
KU 50	26.08	19.31	7.79	9.1	11.66 b[1/]
R 72	26.51	19.04	8.35	9.1	12.45 a
F-test	ns	ns	ns	ns	*
Cutting height[3/]					
30 cm	26.40	19.17	7.98	9.2	12.08
50 cm	26.20	19.18	8.16	9.1	12.03
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
Harvest time[4/]					
3-m interval	26.70	19.66	8.9 a	9.5 a	13.44 a
4-m interval	26.16	19.91	8.7 a	9.5 a	12.24 b
6-m interval	25.77	18.47	8.6 a	8.7 b	11.82 b
12 MAP	26.57	18.67	6.0 b	8.8 b	10.72 c
F-test	ns	ns	**	**	**

** Significant at $p < 0.01$, * Significant at $p < 0.05$, ns = Non-significant

[1/] Means within a column under each factor followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by Least significant difference (LSD).

[2/] Cultivar: KU 50 = Kasetsart 50, R 72 = Rayong 72

[3/] Cutting height: 30 cm and 50 cm above the ground

[4/] Harvest time: 3-, 4-, and 6-m interval = 3-month interval, 4-month interval, and 6-month interval, 12 MAP = 12 months after planting

[5/] NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber, ADL= acid detergent lignin, CP = crude protein

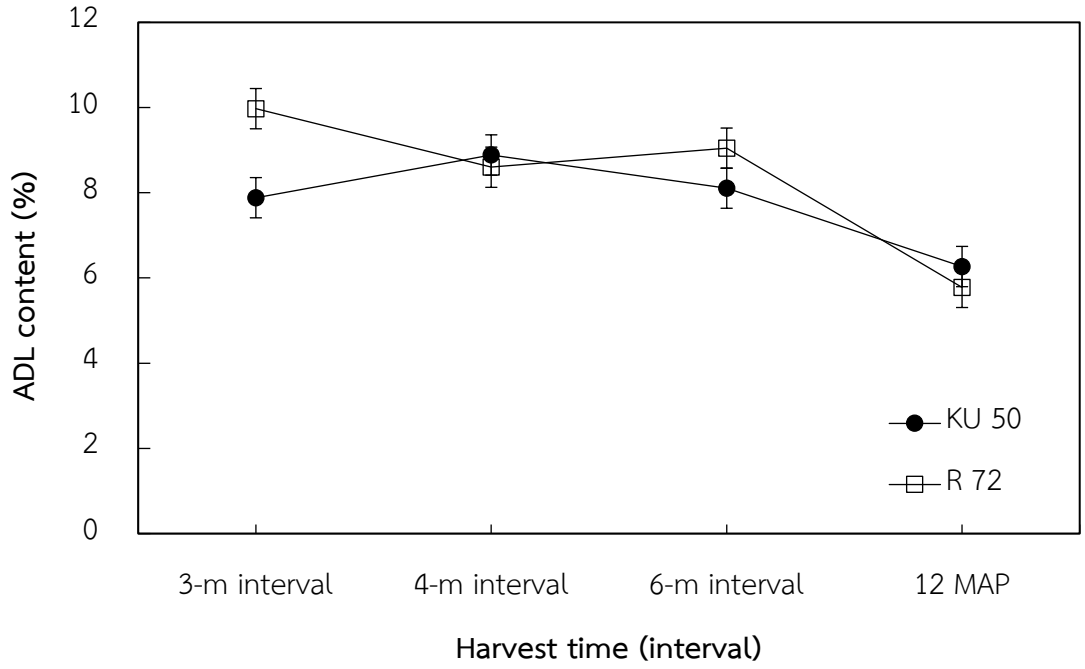

Figure 3 Mean ADL content of cassava leaf silage influenced with two different cultivars (Kasetsart 50 and Rayong 72) and four harvest times (3-, 4-, and 6-month intervals, and at 12 months after planting; MAP). Data are averaged over two different cutting height levels (30 and 50 cm above the ground) at Kamphang Saen district, Nakhon Pathom province during 2015 and 2016. Error bars are standard errors of mean (SEM)

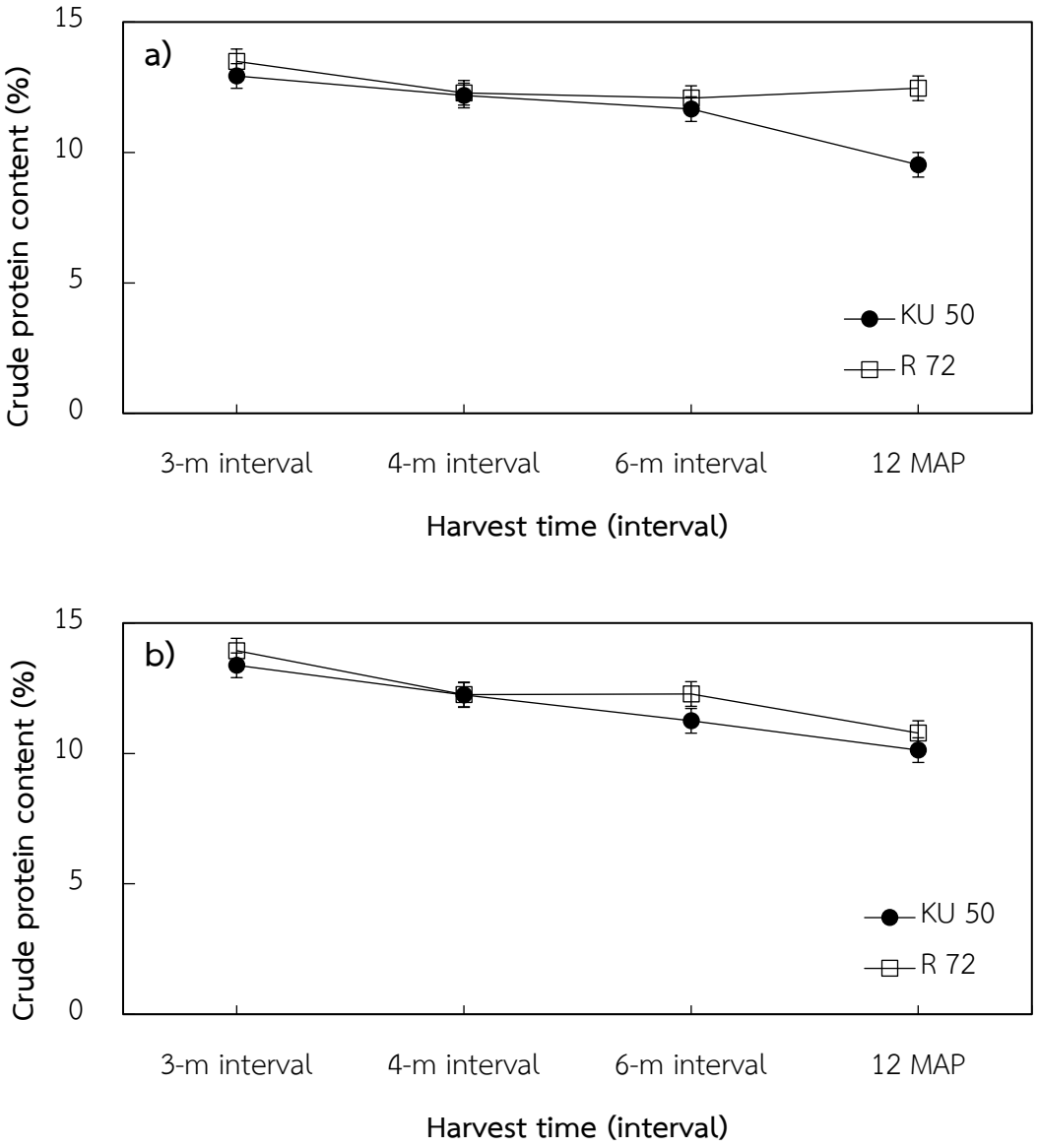

Figure 4 Mean of crude protein content of cassava leaf silage influenced with two different cultivars (Kasetsart 50 and Rayong 72) and four harvest times (3-, 4-, and 6-month intervals, and at 12 months after planting; MAP). Data are averaged over two different cutting height levels **a)** 30 cm and **b)** 50 cm above the ground, at Kamphang Saen district, Nakhon Pathom province during 2015 and 2016. Error bars are standard errors of mean (SEM)

สรุป

พันธุ์ และระดับความสูงการตัดยอดมันสำปะหลังไม่มีอิทธิพลต่อผลผลิตพืชอาหารสัตว์และคุณภาพของใบมันหมัก รวมทั้งองค์ประกอบผลผลิตหัวสด ยกเว้นความสูงการตัดยอดที่มีผลต่อผลผลิตของลำต้นแห้งเท่านั้น ขณะที่ระยะเวลาตัดยอดมีอิทธิพลต่อความสูงทรงพุ่ม ผลผลิตของลำต้น ก้านใบและแผ่นใบแห้ง และผลผลิตหัวมันสด แต่ไม่มีผลต่อจำนวนหัวมันและปริมาณแป้งในหัวมันสด การเพิ่มระยะเวลาตัดยอดจากทุก 3 เดือน ถึง 12 เดือน ทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของแผ่นใบและก้านใบลดลง แต่ให้ผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ พันธุ์ ระดับความสูงและระยะเวลาตัดยอดไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณ NDF และ ADF ของใบมันหมัก ในขณะที่ปริมาณ ADL เถ้า และโปรตีนหยาบของใบมันหมักลดลงตามระยะเวลาการตัดยอดที่เพิ่มขึ้น และพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอิทธิพลของพันธุ์ ระดับความ

สูงและระยะเวลาตัดยอดมีผลต่อปริมาณโปรตีนหยาบของใบมันหมัก ดังนั้น สามารถแนะนำได้ว่า การตัดยอดมันสำปะหลังที่ทุกระยะ 6 เดือน เป็นระยะที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตและโปรตีนหยาบของใบมันหมักให้สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการตัดยอดที่ระยะ 12 เดือน ซึ่งเป็นระยะที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติทั่วไป โดยไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวมันสดแต่อย่างใด

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับทุนอุดหนุนวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2558 ขอบคุณภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยร่วม และขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สนธิชัย จันทร์เปรม นักวิจัยที่ปรึกษาของการศึกษานี้ที่ได้ให้คำแนะนำและสนับสนุนการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กองอาหารสัตว์. 2557. การใช้ใบมันสำปะหลังเลี้ยงไก่. แหล่งข้อมูล: http://nutrition.dld.go.th/Nutrition_Knowlage/ARTICLE/ArtileG.htm. ค้นเมื่อ 23 กุมภาพันธ์ 2564.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, จงรักษ์ แก้วประสิทธิ์, พัฒนา อนุรักษ์พงศธร และสมยศ พุทธเจริญ. 2531. ปริมาณโปรตีนในใบมันสำปะหลัง 13 พันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 21(3): 176-181.

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. 2543. ลักษณะประจำพันธุ์มันสำปะหลัง. แหล่งข้อมูล: https://www.tapiocathai.org/K1.html. ค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2564.

ลิลลี่ กาวีต๊ะ. 2559. โครงสร้างพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2534. การหลุดร่วงของดอกและฝักกับการพัฒนาองค์ประกอบผลผลิตในถั่วเหลือง. วารสารเกษตร. 7(3): 330-345.

สมลักษณ์ จูฑังคะ. 2551. เอกสารวิชาการ เทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

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

เสมอใจ บุรีนอก, คำสอน สีสะอาด, วรางคณา หอมไสย, ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส, เฉลิมพล เยื้องกลาง และไกรสิทธิ วสุเพ็ญ. 2554. คุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนะของหญ้ากินนีสีม่วงและถั่วอาหารสัตว์หมัก. แก่นเกษตร. 39: 137-146.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. มันสำปะหลังโรงงาน: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2563. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/casava63.pdf. ค้นเมื่อ 23 กุมภาพันธ์ 2564.

Alves, A.A.C. 2002. Cassava botany and physiology. P. 67–89. In: R.J. Hillocks, J.M. Thresh and A.C. Bellotti (Eds.) Cassava: Biology, Production and Utilization. CABI Publishing, New York.

Anaeto, M., A.F. Sawyerr, T.R. Alli, G.O. Tayo, J.A. Adeyeye, and A.O. Olarinmoye. 2013. Cassava leaf silage and cassava peel as dry season feed for West African Dwarf sheep. Global Journal of Science Frontier Research. 13 (2) 1: 1-4.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analysis (15th edition). Washington, D.C., U.S.A.

Barnes, R.F., C.J. Nelson, M. Collins, and K.J. Moore. 2003. Forages Vol. I, An Introduction to Grassland Agriculture. 6th Edition. Iowa State University Press.

Barnes, R.F., C.J. Nelson, K.J. Moore, and M. Collins. 2007. Forages Vol. II, The Science of Grassland Agriculture. 6th Edition. Iowa State University Press.

El-Sharkawy, M.A. 2004. Cassava biology and physiology. Plant Molecular Biology. 56: 481-501.

Gómez, G., and M. Valdivieso. 1985. Cassava foliage: Chemical composition, cyanide content and effect of drying on cyanide elimination. Journal of the Science of Food and Agriculture. 36 (6): 433-441.

Hue, K.T., D.T.T. Van, I. Ledin, E. Wredle, and E. Spörndly. 2012. Effect of harvesting frequency, variety and leaf maturity on nutrient composition, hydrogen cyanide content and cassava foliage yield. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 25 (12): 1691-1700.

Jalloh, A. 1998. Cassava plant population and leaf harvesting effects on the productivity of cassava-rice intercrop on the upland in Sierra Leone. Tropical Agriculture (Trinidad and Tobago). 75: 67-71.

Jasaitis, D.K., J.E. Wohlt, and J.L. Evans. 1987. Influence of feed ion content on buffering capacity of ruminant feedstuffs In Vitro. Journal of Dairy Science. 70 (7): 1391-1403.

Kaiser, A.S., and J.W. Piltz. 2002. Silage production from tropical forages in Australia. P. 8-9. In Proceeding of the 13th International silage conference, Sep 11-13th IEEE Xplore.

Khang, D.N., H. Wiktorsson, and T.R. Preston. 2005. Yield and chemical composition of cassava foliage and tuber yield as influenced by harvesting height and cutting interval. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 18 (7): 1029-1035.

Mahakosee, S., S. Jogloy, N. Vorasoot, P. Theerakulpisut, P. Banterng, T. Kesmala, C. Holbrook, and C. Kvien. 2019. Seasonal variations in canopy size and yield of Rayong 9 cassava genotype under rainfed and irrigated conditions. Agronomy. 9: 362.

Munyahali, W., P. Pypers, R. Swennen, J. Walangululu, B. Vanlauwe, and R. Merckx. 2017. Responses of cassava growth and yield to leaf harvesting frequency and NPK fertilizer in South Kivu, Democratic Republic of Congo. Field Crops Research. 214: 194-201.

Phengvilaysouk, A., and M. Wanapat. 2008. Study on the effect of harvesting frequency on cassava foliage for cassava hay production and its nutritive value. Livestock Research for Rural Development. 20 (supplement).

R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Taiz, L., and E. Zeiger. 2006. Plant Physiology (Fourth Edition). Sinauer Associates, Inc., Publishers.

Yin Kyawt, Y., M. Aung, and Y. Kawamoto. 2015. Effects of harvesting management on nutritive values and yielding of cassava foliage and tuber. Global Journal of Animal Scientific Research. 3 (3): 609-616.