

ผลของระดับการตัดใบที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพันธุ์มันสำปะหลัง

Impact of Different Leaf Harvesting Levels on Growth and Yield of Cassava Varieties

ภาณุพงศ์ ผลเจริญ¹ ภากร พันธุ์พาน^{1*} กฤติกา ชุณหวิจิตร² ชัชวาล แสงฤทธิ์¹ และ นิสากร ศรีธีรรัตน์²
Phanupong Phoncharoen¹ Phakorn Phunthupan^{1*} Krittika Chunwijitra² Chadchawarn Sangrit¹
and Nisakorn Srithanyarat²

¹สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม นครพนม 48000 ประเทศไทย

²สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม นครพนม 48000 ประเทศไทย

¹Department of Plant Science, Faculty of Agriculture and Technology, Nakhon Phanom University,
Nakhon Phanom 48000, Thailand

²Department of Food Technology, Faculty of Agriculture and Technology, Nakhon Phanom University,
Nakhon Phanom 48000, Thailand

*E-mail: Phakorn_Phun@hotmail.com

Received: Jun 21, 2024

Revised: Jul 22, 2024

Accepted: Jul 30, 2024

บทคัดย่อ

การตัดใบที่เหมาะสมอาจเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มการใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลัง แต่การตัดใบที่มากเกินไป อาจจะกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการตัดใบ ระดับกลางและล่างต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และระยอง 9 ทำการศึกษาที่แปลงทดลองสาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม โดยใช้แผนการทดลองแบบ split plot in randomized complete block design มี 3 ซ้ำ โดยกำหนดให้ main-plot คือปริมาณการตัดใบ ได้แก่ ตัดใบ 0 (ชุดควบคุม), 10, 20 และ 30% ของจำนวนใบทั้งหมดของทรงพุ่ม และ sub-plot คือมันสำปะหลัง 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และระยอง 9 ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 6 ต้นต่อแปลงย่อย เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 30, 90, 150 และ 210 วันหลังปลูก โดยสุ่มเก็บใบจากใบระดับกลางและล่างของทรงพุ่มก่อนการเก็บข้อมูลจากทั้ง 3 กรรมวิธี ที่อายุ 90 วันหลังปลูก เพื่อนำไปวิเคราะห์โปรตีน และคำนวณผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ ผลการทดลองพบว่า ที่อายุ 90 วันหลังปลูก การตัดใบที่ระดับ 30% จะได้ผลผลิตใบสดและผลผลิตโปรตีนสูงที่สุด อย่างไรก็ตามการตัดใบที่ระดับ 10% ส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าการตัดใบที่ระดับ 20 และ 30% แต่ให้ผลที่ไม่แตกต่างจากชุดควบคุมที่อายุ 150 และ 210 วันหลังปลูก ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างระดับการตัดใบและพันธุ์มันสำปะหลังในทุกลักษณะและทุกช่วงอายุ นอกจากนี้ แม้ว่าการตัดใบที่ระดับ 10% จะได้ปริมาณใบสดน้อย แต่มีอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่มจากการขายรากสะสมอาหารและใบที่คุ้มค่าต่อการลงทุนสำหรับมันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์

คำสำคัญ: การตัดใบ มันสำปะหลัง ปริมาณโปรตีน ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้ง อัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม

Abstract

Appropriate leaf harvesting may be an approach to increase the utilization of cassava. However, excessive leaf removal may negatively affect growth and yield. This study aimed to investigate effects of leaf harvesting from the middle and lower levels of the canopy on growth and yield of the cassava cultivars Kasetsart 50 and Rayong 9. The experiment was conducted at the experimental field of the Department of Plant Science, Faculty of Agriculture and Technology, Nakhon Phanom University, using a split-plot in a randomized complete block design with three replications. The main-plot factor was the leaf harvesting level, consisting of 0 (control), 10, 20

and 30% of the total number of leaves on the canopy, and the sub-plot factor was two different cassava varieties including Kasetsart 50 and Rayong 9. Six plants per subplot were sampled at 30, 90, 150 and 210 days after planting (DAP). Leaves were collected from the middle and lower levels of the canopy before plant sampling from all three treatments at 90 DAP for protein analysis. The marginal rate of return was also calculated. The study demonstrated that at 90 DAP, the 30% leaf harvesting level resulted in the highest fresh leaf and protein yields. However, at 150 and 210 DAP, the 10% leaf harvesting level led to higher growth and yield than the 20% and 30% leaf harvesting levels, but its effect was not significantly different from the control. In this study, there was no interaction between the leaf harvesting levels and cassava cultivars across all trials and growth stages. Additionally, although the 10% leaf harvesting level resulted in a low fresh leaf yield, it provided a worthwhile marginal rate of return from selling storage root and leaves for both cassava cultivars.

Keywords: Leaf harvesting, Cassava, Protein content, Leaf area index, Dry weight, Marginal rate of return

1. บทนำ

มันสำปะหลัง (cassava; *Manihot esculenta* Crantz) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีปริมาณแป้งในรากสะสมอาหารสูง และเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ โดยมีการใช้ประโยชน์เป็นทั้งอาหารสัตว์และมนุษย์ รวมถึงมีการนำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเป็นเอทานอล [1], [2] ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตอันดับที่ 3 ของโลก และส่งออกมันสำปะหลังเป็นอันดับที่ 1 ของโลก [3], [4] โดยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 11.1 ล้านไร่ และมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประมาณ 6.1 ล้านไร่ และมีผลผลิตรวม 34.1 ล้านตัน [4]

โดยทั่วไปเกษตรกรจะใช้ประโยชน์จากรากสะสมอาหาร (storage root) เพื่อการบริโภค และใช้ลำต้นสำหรับการขยายพันธุ์ และมีเกษตรกรบางส่วนที่นำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ซึ่งมันสำปะหลังมีส่วนของใบต่อทั้งต้นเฉลี่ยประมาณ 20% ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ [5] มีรายงานว่าใบในมันสำปะหลังมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 17.7-31.8% [6] ซึ่งสูงกว่าพืชบางชนิด เช่น ใบถั่วมะเจะ ข้าวฟ่าง และถั่วอัลฟาฟา [7] โดยปริมาณโปรตีนในใบจะแตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์และสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ใบมันสำปะหลังยังมีปริมาณวิตามินและธาตุอาหารบางชนิดสูง เช่น วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน C ฟอสฟอรัส แมงกานีส โพแทสเซียม และแคลเซียม เป็นต้น [6]

มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตทางทรงพุ่มสูงที่สุดในช่วง 60-120 วันหลังปลูก [8], [9] โดย Phoncharoen et al. [10] รายงานว่า อัตราการเจริญเติบโตของใบในช่วงต้น (60 ถึง 120 วันหลังปลูก) เป็นลักษณะหนึ่งที่กำหนดผลผลิตของมันสำปะหลัง และดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสมจะส่งผลให้มีชีวมวลและผลผลิตสูง [11], [12] การตัดใบในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์โดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตและ

ผลผลิตของมันสำปะหลัง จะเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์ให้แก่เกษตรกรโดยการนำไปตากแห้งหรือนำไปหมัก แต่หากมีการตัดใบมันสำปะหลังมากเกินไปจะทำให้พื้นที่การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง ซึ่งอาจส่งผลต่อผลผลิตได้ Phetchalanuwat et al. [13] รายงานว่า การตัดยอดมันสำปะหลัง 4 ครั้งต่อปี ส่งผลให้ได้ผลผลิตยอดแห้งสูงที่สุด แต่จะทำให้มีผลผลิตลดลง เนื่องจากมันสำปะหลังจะลำเลียงอาหารจากรากสะสมอาหารไปใช้ในการสร้างใบและกิ่งใหม่ โดยพบว่า การตัดยอดเพียง 1 ครั้งต่อปี ทำให้มีผลผลิตสูงที่สุด นอกจากนี้ มีรายงานว่าความสูงของการตัดยอดที่เหนือระดับพื้นดิน 15 เซนติเมตร ส่งผลให้มันสำปะหลังพันธุ์ยอง 72 มีผลผลิตสูง ในขณะที่ความสูงของการตัดยอดที่เหนือระดับพื้นดิน 25 เซนติเมตร ส่งผลให้มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 มีผลผลิตสูงที่สุด [14] อย่างไรก็ตาม ใบในแต่ละตำแหน่งของทรงพุ่มมีประสิทธิภาพในการสร้างอาหารไม่เท่ากัน เนื่องจากการบังใบ (shading) โดยใบในทรงพุ่มระดับกลางและระดับล่างมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำกว่าใบระดับบน [15]-[17] ซึ่งการสาบยอดหรือการตัดใบในระดับบนอาจจะกระทบการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังได้ เนื่องจากมันสำปะหลังจำเป็นต้องใช้อาหารในการสร้างใบและยอดขึ้นมาใหม่ [18] นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าปริมาณโปรตีนในใบส่วนบนและใบส่วนกลางมีปริมาณไม่แตกต่างกัน [19] ดังนั้น การศึกษาปริมาณการตัดใบที่เหมาะสมในตำแหน่งใบส่วนกลางและใบส่วนล่างจะเป็นแนวทางเลือกหนึ่งในการตัดใบไปใช้ประโยชน์ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับการศึกษาผลกระทบของปริมาณการตัดใบในมันสำปะหลังพันธุ์หลักของประเทศไทยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตในช่วงต้นและความคุ้มค่าต่อการลงทุน งานวิจัยนี้จึงมี

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการตัดใบส่วนกลางและล่างของทรงพุ่มในระดับที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตและความคุ้มค่าในด้านเศรษฐศาสตร์ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และระยะยง 9 ภายใต้การตัดใบในระดับต่าง ๆ องค์ความรู้ที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจเพื่อวางแผนการผลิตมันสำปะหลังอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1. การปลูกและการเตรียมแปลงทดลอง

ทำการศึกษาที่แปลงทดลอง สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม จ.นครพนม ระหว่างเดือนเมษายน-พฤศจิกายน 2566 โดยใช้แผนการทดลองแบบ split plot in randomized complete block design (RCBD) มี 3 ซ้ำ โดยปัจจัยหลัก (main-plot) คือปริมาณการตัดใบ ได้แก่ ตัดใบ 0 (ชุดควบคุม), 10, 20 และ 30% ของจำนวนใบทั้งหมดของทรงพุ่ม และปัจจัยรอง (sub-plot) คือพันธุ์มันสำปะหลัง ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และระยะยง 9 การเตรียมพื้นที่ปลูกโดยไถแปร ไถพรวน และยกร่อง ทำการปลูกในเดือนเมษายน 2566 ใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่มีอายุ 210 วันหลังปลูก ตัดท่อนพันธุ์ให้มีความยาว 20 เซนติเมตร แخذท่อนพันธุ์ด้วยสารเคมีกำจัดเพลี้ยแป้ง ไธอะมีโทแซม (thiamethoxam) (3-(2-chloro-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-(1,3,5)-oxadiazinan-4-ylidene-N-nitroamine 25% WG) อัตรา 4 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร แขนาน 10 นาที จากนั้นนำท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไปปลูกโดยใช้ระยะปลูก 1x0.8 เมตร หลุมละ 1 ต้น ขนาดพื้นที่แปลงย่อย 56 ตารางเมตร ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดจนกว่ามันสำปะหลังจะมีอายุ 30 วัน เพื่อให้มันสำปะหลังมีการงอกและการเจริญเติบโตที่สม่ำเสมอ หลังจากนั้นหยุดให้น้ำชลประทาน ทำการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 30 และ 60 วันหลังปลูก กำจัดวัชพืช โรคและแมลงตามความจำเป็น เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 90 วันหลังปลูก ทำการสุ่มตัดใบบริเวณใบกลางและใบล่างทั้ง 4 กรรมวิธี ตามแผนการทดลอง

2.2. การเก็บข้อมูล

2.2.1. ดิน และสภาพฟ้าอากาศ

ทำการเก็บข้อมูลดินก่อนการไถที่ระดับความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร โดยสุ่มเก็บดินจาก 4 จุด จากนั้นรวมตัวอย่างดินในระดับความลึกเดียวกัน แล้วนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ซึ่งประกอบด้วย หนาต่อนุภาคเม็ดดินทราย (% sand) ทรายแป้ง (% silt) และ

ดินเหนียว (% clay) ซึ่งวัดโดยวิธี hydrometer method และคุณสมบัติทางเคมีของดิน ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter) ซึ่งวัดโดยวิธี Walkley and Black [20] ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) วัดโดยใช้ pH meter ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) วัดโดยวิธี Kjeldahl method [21] ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) วัดโดยวิธี Bray II method [22] โพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable potassium) วัดด้วยเครื่อง flame photometer [23] ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (electrical conductivity, EC) วัดโดยใช้ conductivity meter [24] และค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (cation exchange capacity, CEC) วัดโดยวิธี ammonium acetate extraction [25]

ข้อมูลสภาพฟ้าอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝน (rainfall) ได้รับความอนุเคราะห์จากกรมอุตุนิยมวิทยา

2.2.2. น้ำหนักแห้ง และดัชนีการเก็บเกี่ยว

ทำเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังจำนวน 6 ต้นต่อแปลงย่อย เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 30, 90, 150 และ 210 วัน หลังปลูก โดยนับจำนวนใบทั้งหมด และเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังมาแยกส่วนรากสะสมอาหาร ราก ลำต้น ใบ และ ก้านใบ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักสด และทำการสุมน้ำหนักสดจากแต่ละส่วน ประมาณ 10% ของน้ำหนักสดทั้งหมด จากนั้นนำแต่ละตัวอย่างไปอบด้วยตู้อบตัวอย่างพืชที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้งใบ ต้น รากสะสมอาหาร และ น้ำหนักแห้งรวม (leaf, stem, storage root and total dry weights) และคำนวณดัชนีการเก็บเกี่ยว (harvest index; HI) ที่อายุ 270 วันหลังปลูก จากสมการ

$$\text{ดัชนีการเก็บเกี่ยว} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งผลผลิต}}{\text{น้ำหนักแห้งรวม}}$$

2.2.3. จำนวนใบ พื้นที่ใบ และดัชนีพื้นที่ใบ

นับจำนวนใบ (number of leaves) และวัดพื้นที่ใบ (leaf area index; LAI) ที่อายุ 30, 90, 150 และ 210 วัน หลังปลูก โดยนับจำนวนใบทั้งหมดของแต่ละต้นทุกต้น และวัดพื้นที่ใบโดยสุ่มใบสดจากตัวอย่างมันสำปะหลังในแต่ละอายุ ประมาณ 10% ของน้ำหนักใบสดทั้งหมด นำตัวอย่างใบมาวัดพื้นที่ใบด้วยเครื่องวัดพื้นที่และสัดส่วนการถูกทำลายของใบ

แบบตั้งโต๊ะ (WinDIAS, Delta-T Devices, Cambridge, UK) แล้วนำมาพื้นที่มาคำนวณดัชนีพื้นที่ใบ ด้วยสมการ

$$\text{ดัชนีพื้นที่ใบ} = \frac{\text{พื้นที่ใบ}}{\text{พื้นที่ปลูก}}$$

2.2.4. ผลผลิตใบสด ปริมาณโปรตีนในใบ และ ผลผลิตโปรตีน

สุ่มเก็บผลผลิตใบสด (leaf yield) ทั้ง 3 กรรมวิธี ที่อายุ 90 วันหลังปลูก โดยวัดความสูงของทรงพุ่ม จากนั้นแบ่ง ทรงพุ่มออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับบน กลาง และล่าง แล้ว ทำการสุ่มเก็บใบที่ระดับกลาง และระดับล่าง จำนวน 10, 20 และ 30% ของจำนวนใบทั้งหมดตามแต่ละกรรมวิธี จากนั้น นำมาชั่งน้ำหนักสด จะได้น้ำหนักผลผลิตใบสด แล้วนำไปอบที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่า น้ำหนักแห้งจะคงที่ แล้วชั่งน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำตัวอย่าง ใบแห้งมาป่นให้ละเอียดด้วยเครื่องป่นสแตนเลสไฟฟ้า แล้วนำ ตัวอย่างปริมาณ 0.5 กรัมมาย่อยด้วยวิธี Kjeldahl method เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N (%)) ด้วย เครื่อง Auto Analyzer 3 (Auto Analyzer 3, Germany) จากนั้นหาร้อยละของปริมาณโปรตีน (protein content) [26] จากสมการ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} \times 6.25$$

แล้วนำค่าปริมาณโปรตีน (%) มาคำนวณผลผลิตโปรตีน (protein yield) ด้วยสมการ

$$\text{ผลผลิตโปรตีน} = \text{ปริมาณโปรตีน (\%)} \times \text{น้ำหนักผลผลิตใบสด}$$

2.3. ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

วิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (marginal rate of return; MRR) โดยใช้อัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม ตาม วิธีของ Patanothai and Meckhayai [27] และ Janket et al. [28] โดยมีหลักเกณฑ์ที่ว่าการลงทุนจะคุ้มค่า เมื่อ MRR เท่ากับหรือมากกว่า 100 ดังสมการ

$$\text{MRR (\%)} = \frac{\text{กำไรที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการตัดใบ}}{\text{ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการตัดใบ}} \times 100$$

โดยการคำนวณอ้างอิงจากต้นทุนการปลูกและดูแล มั่นสำปะหลัง และค่าแรงในการเก็บใบ การเก็บใบที่ระดับ 10, 20 และ 30% คิดเป็นจำนวนเงิน 300, 600 และ 900 บาท

ตามลำดับ และรายได้คำนวณจากราคารับซื้อใบมันสำปะหลังสด อ้างอิงจากกรมวิชาการเกษตร โดยมีราคารับซื้อ 2 บาทต่อกิโลกรัม และราคาหัวมันสำปะหลังสด อ้างอิงจากสมาคม โรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลัง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยที่ ราคาหัวมันสำปะหลังในเดือนพฤศจิกายน 2566 เท่ากับ 3.75 บาทต่อกิโลกรัม

2.4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของทุกลักษณะ ตามแผน การทดลอง split plot design in RCBD และเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least significant difference (LSD) [29]

3. ผลการวิจัย

จากการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ของดินของพื้นที่ทำการทดลอง พบว่า ดินที่ความลึกระหว่าง 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร พบว่าเนื้อดินมีลักษณะเป็น ดินร่วนทราย (sandy loam) สำหรับคุณสมบัติทางเคมีของดิน ที่ความลึกระหว่าง 0-30 เซนติเมตร มีค่า pH, อินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่ แลกเปลี่ยนได้ ค่าการนำไฟฟ้าของดิน และค่าความสามารถใน การแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน เท่ากับ 4.81, 0.82%, 0.02%, 99.17 มิลลิเมตรต่อกรัม, 75.00 มิลลิเมตรต่อกรัม, 0.07 เดซิซีเมนต่อเมตร และ 8.70 เซนติโมลต่อกรัม ตามลำดับ และสำหรับดินที่ความลึกระหว่าง 30-60 เซนติเมตร มีค่า เท่ากับ 4.97, 0.60%, 0.01%, 69.58 มิลลิเมตรต่อกรัม, 41.19 มิลลิเมตรต่อกรัม, 0.03 เดซิซีเมนต่อเมตร และ 6.30 เซนติโมลต่อกรัม ตามลำดับ (Table 1) โดยจากผลการวิเคราะห์ ดินพบว่าลักษณะเนื้อดิน และค่า pH มีความเหมาะสมต่อ การปลูกมันสำปะหลัง แต่มีปริมาณไนโตรเจนและอินทรีย์วัตถุ ที่ค่อนข้างต่ำ ในขณะที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเกินความต้องการของมัน สำปะหลัง [30]

ข้อมูลสภาพอากาศของสถานีอุตุนิยมวิทยานครพนม พบว่า ระหว่างวันที่ 12 เมษายน ถึง 12 พฤศจิกายน 2566 ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวัน มีค่าระหว่าง 28.6-40.9 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน ระหว่าง 19.2-24.5 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.3 องศาเซลเซียส โดยวันที่มีอุณหภูมิ สูงที่สุดคือวันที่ 6 พฤษภาคม 2566 และวันที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุด คือวันที่ 21 ตุลาคม 2566 และระหว่างวันที่ 12 เมษายน ถึง 12 พฤศจิกายน 2566 มีปริมาณน้ำฝนรวม ทั้งหมด 1,608.2 มิลลิเมตร โดยวันที่ 3 กรกฎาคม 2566 เป็นวันที่มีปริมาณ

น้ำฝนสูงสุด (68.4 มิลลิเมตร) (Figure 1) ซึ่งสภาพอากาศส่วนใหญ่ของสถานที่ทดสอบมีความเหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลัง โดยมันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 19-38 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิช่วง 30-40 องศาเซลเซียสเป็นช่วงที่มันสำปะหลังมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงที่สุด

ในสภาพแปลง [9] แต่ปริมาณน้ำฝนค่อนข้างมีค่าสูงกว่าช่วงที่เหมาะสมเล็กน้อย โดยปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1,200-1,500 มิลลิเมตร [31] ดังนั้นจึงต้องมีการดูแลจัดการแปลงให้มีการระบายน้ำดีเพื่อป้องกันให้น้ำขังซึ่งอาจทำให้อาหารสะสมอาหารเน่าได้

Table 1 Soil physical and chemical properties at two different depths

Property	Depth (cm)	
	0-30	30-60
Physical property		
Sand (%)	73.42	69.71
Silt (%)	15.96	19.07
Clay (%)	10.62	11.22
Soil texture	Sandy loam	Sandy loam
Chemical property		
pH	4.81	4.97
Organic matter (%)	0.82	0.60
Total nitrogen (%)	0.02	0.01
Available phosphorus (mg/kg)	99.17	69.58
Exchangeable potassium (mg/kg)	75.00	41.19
Electrical conductivity (dS/m)	0.07	0.03
Cation exchange capacity (c mol/kg)	8.70	6.30

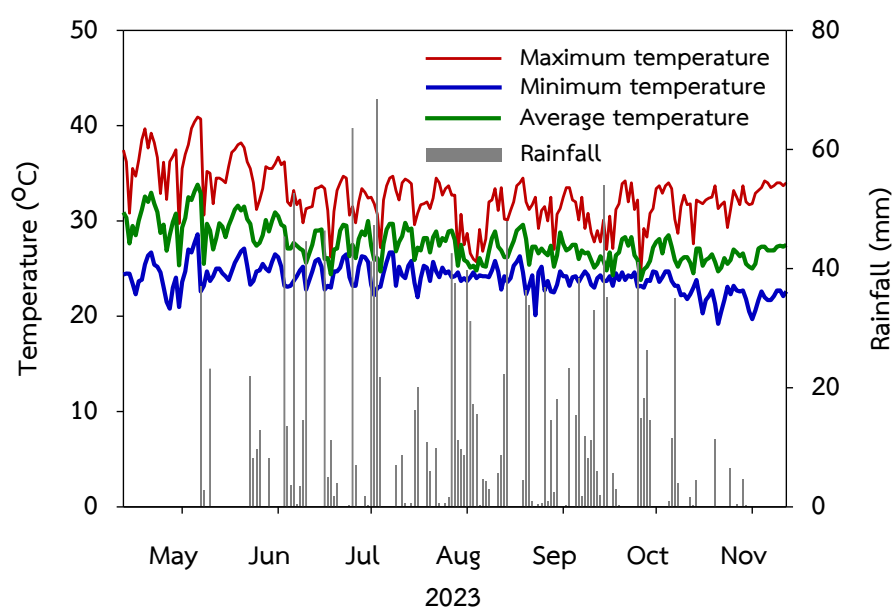


Figure 1 Temperatures (°C) and rainfall (mm) during growing periods of cassava

จากการศึกษาเมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 30 วันหลังปลูก พบว่า ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของระดับการตัดใบ และพันธุ์ นอกจากนี้ยังไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างการตัดใบและพันธุ์ ในลักษณะน้ำหนักแห้งรวม น้ำหนักแห้งใบ น้ำหนักแห้งต้น และดัชนีพื้นที่ใบ (Figure 2) แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) ของพันธุ์มันสำปะหลัง ในลักษณะของจำนวนใบ โดยพันธุ์ระยะยง 9 มีจำนวนใบมากกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (26.50 และ 17.40 ใบต่อต้น ตามลำดับ) (Figure 3f)

เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 90 วันหลังปลูก พบว่า ระดับการตัดใบที่แตกต่างกัน ส่งผลให้น้ำหนักแห้งรวม น้ำหนักแห้งใบ ดัชนีพื้นที่ใบ และจำนวนใบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการไม่ตัดใบทำให้น้ำหนักแห้งรวม น้ำหนักแห้งใบ และดัชนีพื้นที่ใบมีค่าสูงที่สุด (1,027.17 กิโลกรัมต่อไร่, 316.31 กิโลกรัมต่อไร่ และ 4.33 ตามลำดับ) แต่น้ำหนักแห้งรากสะสมอาหารไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 2) พันธุ์มันสำปะหลังที่แตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเกือบทุกลักษณะ ยกเว้นจำนวนใบ โดยพันธุ์ระยะยง 9 มีจำนวนใบสูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (82.22 และ 69.89 ใบต่อต้น ตามลำดับ) (Figure 3f) ผลการศึกษาของการตัดใบ เมื่ออายุ 90 วันหลังปลูก พบว่า ระดับการตัดใบที่ระดับ 30% มีผลผลิตใบและผลผลิตโปรตีนสูงสุดที่สุด (221.97 และ 42.36 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) (Figure 4a, c) และการตัดใบที่ระดับ 10% มีค่าน้อยที่สุด (116.38 และ 22.55 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) พันธุ์มันสำปะหลังที่แตกต่างกัน มีปริมาณโปรตีนในใบแตกต่างกัน โดยพันธุ์ระยะยง 9 มีปริมาณโปรตีนในใบสูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (20.01 และ 17.91% ตามลำดับ) (Figure 4e) และไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างการตัดใบ และพันธุ์มันสำปะหลังในทุกลักษณะ

มันสำปะหลังที่อายุ 150 วันหลังปลูก พบความแตกต่างทางสถิติของระดับการตัดใบ ในลักษณะน้ำหนักแห้งรวม น้ำหนักแห้งรากสะสมอาหาร น้ำหนักแห้งใบ ดัชนีพื้นที่ใบ และจำนวนใบ โดยการไม่ตัดใบและการตัดใบที่ระดับ 10% ส่งผลให้น้ำหนักแห้งรวม น้ำหนักแห้งรากสะสมอาหาร น้ำหนักแห้งใบ และดัชนีพื้นที่ใบมีค่าสูงไม่แตกต่างกัน (Figure 2) ในขณะที่การตัดใบที่ระดับ 30% ส่งผลให้ทุกลักษณะมีค่าต่ำกว่าการไม่ตัดใบ (Figure 3) สำหรับมันสำปะหลังพันธุ์ระยะยง 9 มีน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักแห้งรากสะสมอาหาร (1,339.25 และ 581.19 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) สูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (244.17 และ 437.93 กิโลกรัมต่อไร่

ตามลำดับ) ในขณะที่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีน้ำหนักแห้งต้น และจำนวนใบ (520.92 กิโลกรัมต่อไร่ และ 50.46 ใบต่อต้น ตามลำดับ) สูงกว่าพันธุ์ระยะยง 9 (455.48 กิโลกรัมต่อไร่ และ 42.43 ใบต่อต้น ตามลำดับ) (Figure 3d,f) นอกจากนี้ ไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างการตัดใบและพันธุ์มันสำปะหลัง ในทุกลักษณะ

เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 210 วันหลังปลูก พบว่า ระดับการตัดใบที่แตกต่างกันส่งผลให้น้ำหนักแห้งรวม น้ำหนักแห้งรากสะสมอาหาร และจำนวนใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการไม่ตัดใบและการตัดใบที่ระดับ 10% มีน้ำหนักแห้งรวม (1,761.81 และ 1,809.88 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) และน้ำหนักแห้งรากสะสมอาหาร (891.88 และ 1,064.28 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) และดัชนีการเก็บเกี่ยว (0.55 และ 0.61 ตามลำดับ) สูงที่สุด ขณะที่การตัดใบที่ระดับ 20 และ 30% มีค่าต่ำกว่าการตัดใบที่ระดับ 10% (Figure 2a, b และ Figure 5a) สำหรับพันธุ์มันสำปะหลังที่ต่างกัน ส่งผลให้น้ำหนักแห้งรากสะสมอาหาร น้ำหนักแห้งใบ ดัชนีพื้นที่ใบ และจำนวนใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีน้ำหนักแห้งใบ ดัชนีพื้นที่ใบ และจำนวนใบ (128.25 กิโลกรัมต่อไร่, 1.73 และ 28.68 ใบต่อต้น ตามลำดับ) สูงกว่าพันธุ์ระยะยง 9 (96.89 กิโลกรัมต่อไร่, 1.23 และ 21.46 ใบต่อต้น ตามลำดับ) (Figure 3) ในขณะที่ พันธุ์ระยะยง 9 มีน้ำหนักแห้งรากสะสมอาหาร (482.87 และ 418.87 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) ดัชนีการเก็บเกี่ยว (0.58 และ 0.49 ตามลำดับ) สูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (Figure 3b และ Figure 5b) นอกจากนี้ ทุกลักษณะไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างการตัดใบและพันธุ์มันสำปะหลัง

จากผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ โดยดูจากอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (marginal rate of return, MRR) พบว่า การตัดใบที่ระดับ 10% ทำให้มีอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่มในพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และระยะยง 9 เท่ากับ 128.76 และ 312.52% ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากมีอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่มมากกว่า 100% ในขณะที่ การตัดใบที่ระดับ 20 และ 30% มีค่าเฉลี่ยอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่มของมันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์เท่ากับ -516.98 และ -685.39% ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการตัดใบทั้ง 2 ระดับนี้ ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ทั้งนี้ผลการศึกษาในการคำนวณอ้างอิงจากค่าแรงในการปลูก ดูแลรักษา และการเก็บใบ โดยการตัดใบที่ระดับ 10% คิดเป็นจำนวนเงิน 300 บาท และจะเพิ่มขึ้นเป็น

600 และ 900 บาท สำหรับการตัดใบที่ระดับ 20 และ 30% ตามลำดับ และราคารับซื้อใบมันสำปะหลังสด อ้างอิงจากกรมวิชาการเกษตร โดยมีราคารับซื้อ 2 บาทต่อกิโลกรัม และราคาหัวมันสำปะหลังสดอ้างอิงจากสมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลัง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยที่ราคาหัวมันสำปะหลังในเดือนพฤศจิกายน 2566 (เดือนที่ทำการเก็บข้อมูลครั้งสุดท้าย) เท่ากับ 3.75 บาทต่อกิโลกรัม

4. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลอง พบว่า การตัดใบที่ระดับ 20 และ 30% เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 90 วันหลังปลูก จะได้ผลผลิตใบสูงกว่าการตัดใบที่ระดับ 10% อย่างไรก็ตาม เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 210 วันหลังปลูก พบว่าการตัดใบที่ระดับ 20 และ 30% แม้จะให้ผลผลิตใบสูง แต่ส่งผลให้มีผลผลิตต่ำกว่าการตัดใบที่ระดับ 10% เนื่องจากการตัดใบมันสำปะหลังมากเกินไปจะทำให้พื้นที่การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง และส่งผลต่อการสร้างอาหารและผลผลิต โดย Martwanna et al. [14] แสดงให้เห็นว่าการตัดใบเหนือพื้นดินที่ความสูง 15 เซนติเมตร ส่งผลให้มีแนวโน้มที่จะได้ผลผลิตใบสูงกว่าการตัดใบเหนือพื้นดินที่ความสูง 25 เซนติเมตร แต่ส่งผลให้มีผลผลิตต่ำที่สุด เนื่องจากมีปริมาณใบเพื่อใช้ในการสังเคราะห์อาหารน้อยลง นอกจากนี้ การตัดใบที่เหมาะสมอาจทำให้ทรงพุ่มมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง โดยมีรายงานว่าค่าดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index) ระหว่าง 2.5-3.5 เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดต่อการรับแสงของมันสำปะหลัง (light interception) และทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังสูงที่สุด [32], [33] ซึ่งจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการตัดใบที่ระดับ 10% ส่งผลให้ดัชนีพื้นที่ใบที่อายุ 90 และ 150 วันหลังปลูก มีค่า 3.28 และ 2.64 ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมที่ส่งผลให้มันสำปะหลังมีการสร้างอาหารและผลผลิตที่สูง ในขณะที่การไม่ตัดใบทำให้ดัชนีพื้นที่ใบที่อายุ 90 วันหลังปลูก มีค่าสูงที่สุด (4.33) ซึ่งค่าดัชนีพื้นที่ใบที่สูงกว่าค่าที่เหมาะสม อาจทำให้เกิดการบังใบ (shading) ในทรงพุ่ม ส่งผลให้มันสำปะหลังสังเคราะห์ด้วยแสงได้ไม่เต็มที่ แต่ดัชนีพื้นที่ใบที่อายุ 150 วันหลังปลูก ของการไม่ตัดใบอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (3.09) ทำให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการตัดใบที่ระดับ 10% แต่มีแนวโน้มน้อยกว่า และการตัดใบที่ระดับ 20 และ 30% ทำให้ดัชนีพื้นที่ใบที่อายุ 150 วันหลังปลูก มีค่าต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสม (2.33 และ 2.01 ตามลำดับ) ทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังในช่วงนี้ค่อนข้างต่ำ

นอกจากนี้ การตัดใบที่ใบระดับกลางและระดับล่างของทรงพุ่มอาจจะไม่กระทบต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงมาก โดยแตกต่างจากวิธีของการศึกษาอื่น เช่น Martwanna et al. [14], Limsila et al. [7] และ Sunith et al. [18] ที่ทำการศึกษาผลของการตัดยอดต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง ที่แม้จะได้ปริมาณใบมาก แต่การตัดยอดจะส่งผลให้มันสำปะหลังต้องสร้างใบและกิ่งก้านใหม่ ซึ่งอาจจะทำให้การสะสมอาหารในรากสะสมอาหารลดลง นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าใบในทรงพุ่มระดับกลางและระดับล่างมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำกว่าใบระดับบน [15]-[17] ดังนั้นการรักษาใบระดับบนและตัดเพียงใบระดับกลางและระดับล่างของทรงพุ่มในปริมาณที่เหมาะสม จะช่วยให้มันสำปะหลังยังคงรักษาพื้นที่การสังเคราะห์ด้วยแสงและระดับผลผลิตในช่วงต้นของการเจริญเติบโตให้ยังคงสูงอยู่ได้

น้ำหนักแห้งใบ พื้นที่ใบ และจำนวนใบของมันสำปะหลัง ทั้ง 2 พันธุ์ มีค่าเพิ่มขึ้นสูงที่สุดที่อายุ 90 วันหลังปลูก แล้วจะมีค่าลดลงในช่วง 150-210 วันหลังปลูก ซึ่งสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังโดยทั่วไป ที่มีรายงานว่าทรงพุ่มของมันสำปะหลังจะมีการเจริญเติบโตสูงที่สุดในช่วง 60-120 วันหลังปลูก [8] จำนวนใบของพันธุ์ระยอง 9 มีค่าสูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในช่วง 30 และ 90 วันหลังปลูก และจะมีค่าต่ำกว่าในช่วง 150 และ 210 วันหลังปลูก เนื่องจากพันธุ์ระยอง 9 เป็นพันธุ์ที่ไม่มีการแตกกิ่ง (non-forking) ในขณะที่พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีการแตกกิ่ง (forking) [33] จึงทำให้มีจำนวนใบสูงกว่าพันธุ์ระยอง 9 ในขณะที่ พันธุ์ระยอง 9 มีน้ำหนักแห้งรากสะสมอาหารและดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Phoncharoen et al. [33] ที่ชี้ให้เห็นว่าพันธุ์ระยอง 9 เป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงเนื่องจากมีความสามารถในการแบ่งสรรปันส่วนอาหาร (partitioning) ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงไปสู่รากสะสมอาหารได้สูง และมีรายงานว่าพันธุ์ระยอง 9 เป็นพันธุ์ที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 [34]

ผลการวิเคราะห์โปรตีนในใบชี้ให้เห็นว่าพันธุ์ระยอง 9 มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (20.08 และ 17.91% ตามลำดับ) โดยปริมาณโปรตีนในใบของพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ใกล้เคียงกับรายงานของ Howeler [35] ที่รายงานว่า มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีปริมาณโปรตีนในใบประมาณ 16.90% สำหรับพันธุ์ระยอง 9 มีปริมาณโปรตีนในใบใกล้เคียงกับปริมาณโปรตีนในใบเฉลี่ยของมันสำปะหลังพันธุ์ไทยและต่างประเทศ (ประมาณ 21-22%) [7], [36] แต่ผลผลิตโปรตีนโดยรวมของทั้ง 2 พันธุ์ไม่แตกต่างกัน

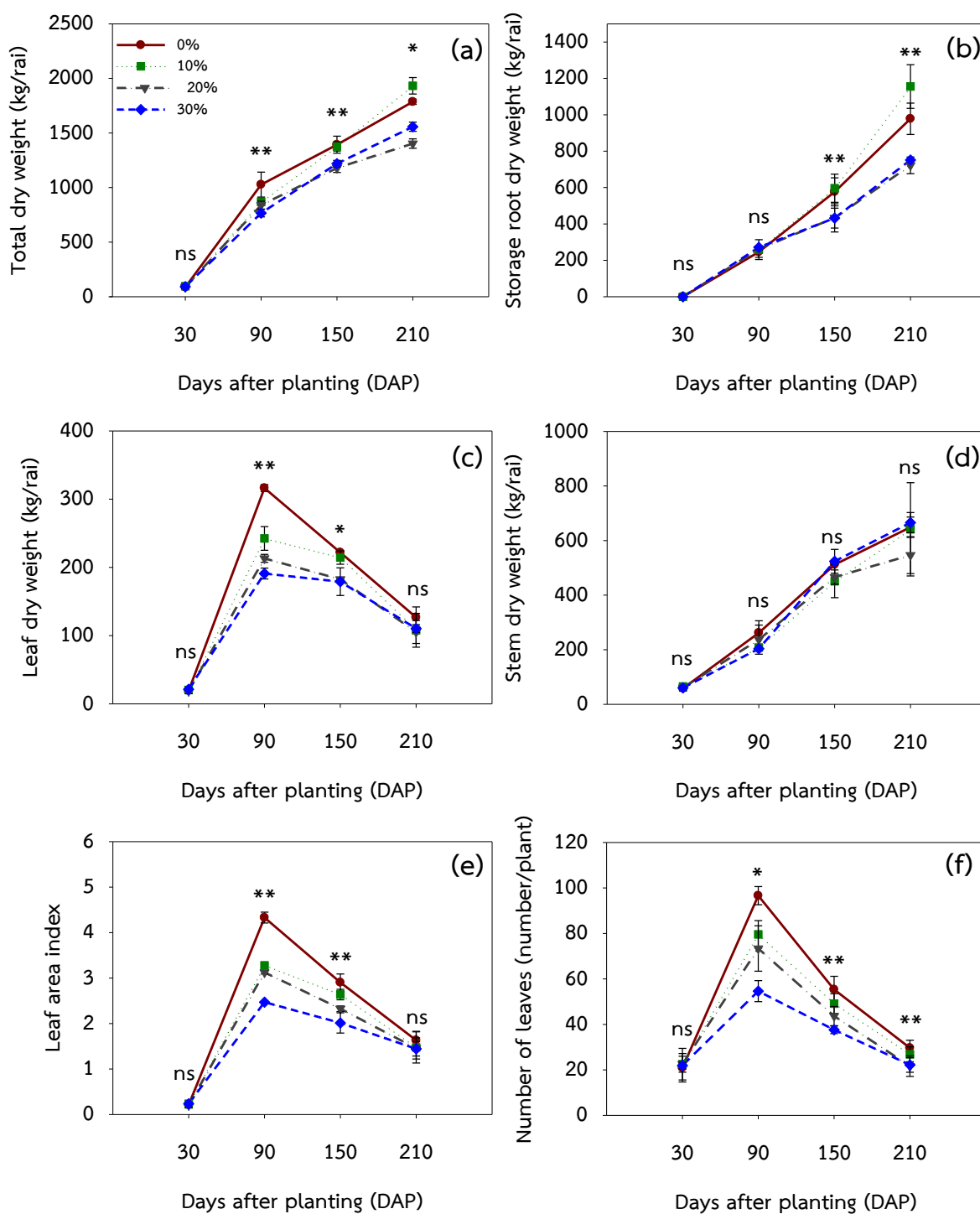


Figure 2 Total dry weight (a), storage root dry weight (b), leaf dry weight (c), stem dry weight (d), leaf area index (e) and number of leaves (f) of four cassava leaf harvesting levels at 30, 90, 150 and 210 days after planting (DAP)

ns = non- significance; *, ** = significance at $p < 0.05$ and 0.01 , respectively

Error bars indicate standard deviations of means.

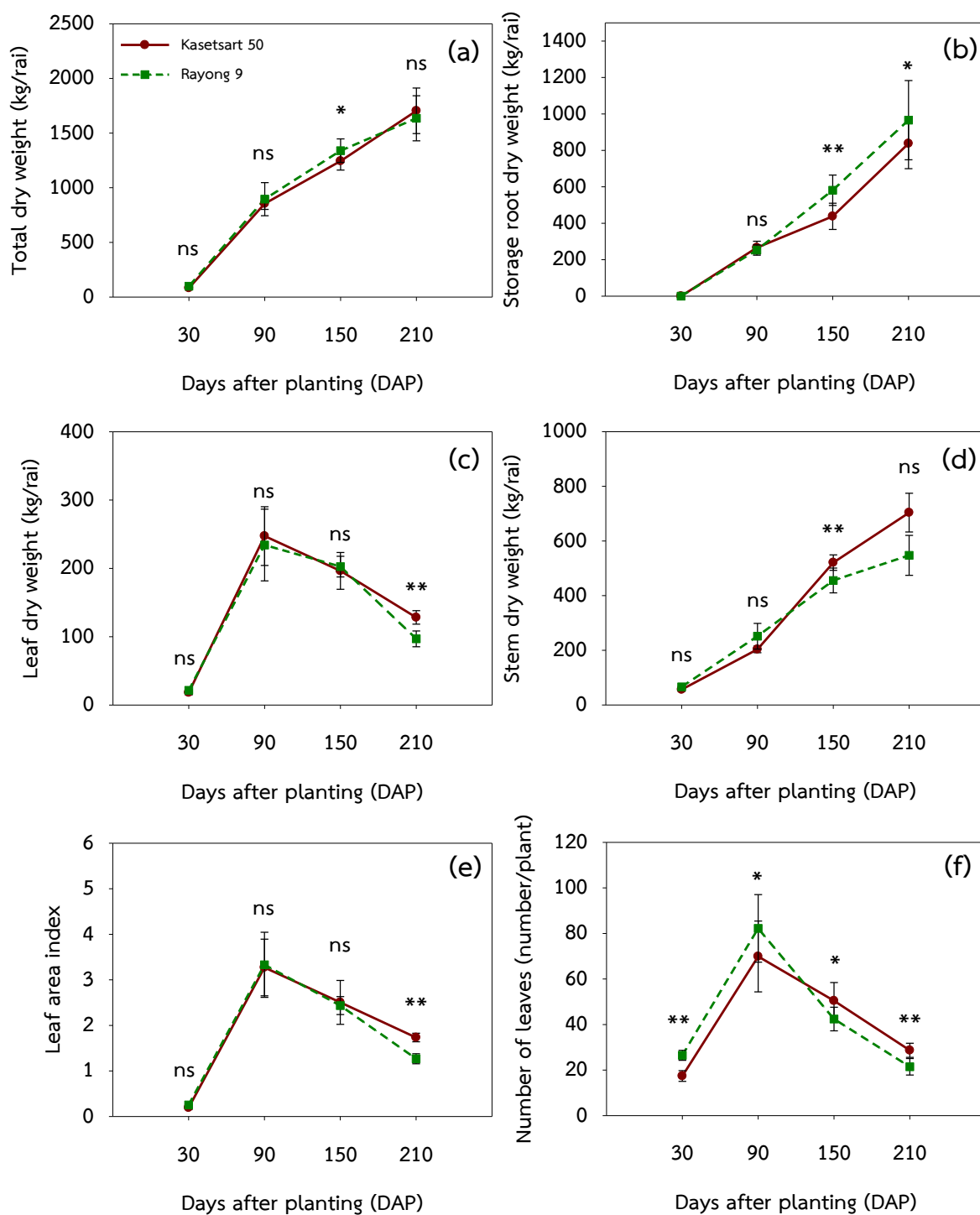


Figure 3 Total dry weight (a), storage root dry weight (b), leaf dry weight (c), stem dry weight (d), leaf area index (e) and number of leaves (f) of two cassava varieties at 30, 90, 150 and 210 days after planting (DAP)
ns = non- significance; *, ** = significance at $p < 0.05$ and 0.01 , respectively
Error bars indicate standard deviations of means.

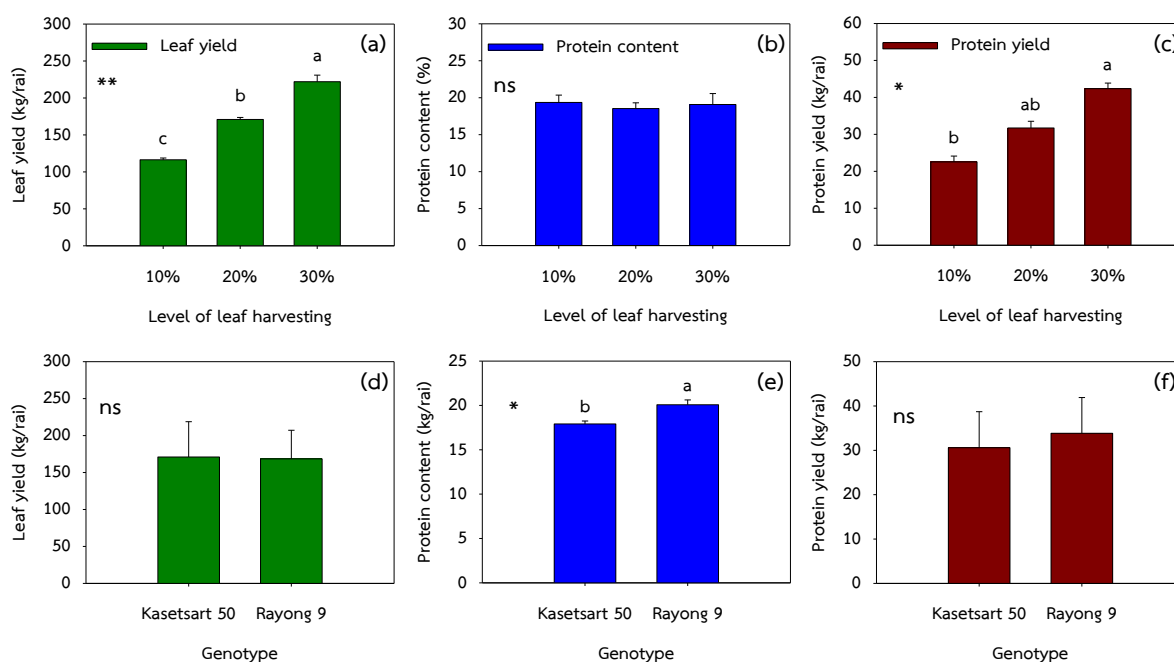


Figure 4 Leaf yield, protein content and protein yield of four cassava leaf harvesting levels (a-c)

and two cassava varieties (d-f) at 90 days after planting (DAP)

ns = non- significance; *, ** = significance at $p < 0.05$ and 0.01 , respectively

The different letters in each individual figure indicate the significant difference.

Error bars indicate standard deviations of means.

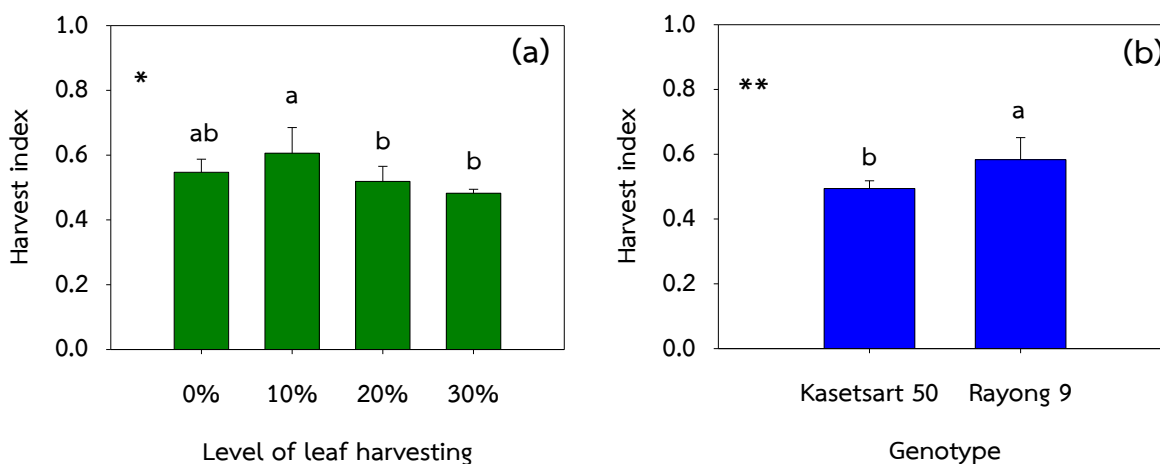


Figure 5 Harvest index of four cassava leaf harvesting levels (a) and two cassava varieties (b)

at 90 days after planting (DAP)

*, ** = significance at $p < 0.05$ and 0.01 , respectively

The different letters in each individual figure indicate the significant difference.

Error bars indicate standard deviations of means.

Table 2 Marginal rate of return of two cassava varieties under different levels of leaf harvesting

Level of Leaf harvesting	Variety		Mean
	Kasetsart 50	Rayong 9	
10%	128.76	312.52	220.64
20%	-637.66	-396.29	-516.98
30%	-687.64	-683.14	-685.39
Mean	-398.84	-255.64	

The labor costs for 10, 20 and 30% leaf harvesting were 300, 600 and 900 Baht, respectively.

The prices of the fresh leaves and storage root of cassava were 2 and 3.75 Baht/kg, respectively.

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้ไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างระดับการตัดใบและพันธุ์มันสำปะหลังในทุกลักษณะ และทุกอายุ แสดงให้เห็นว่าพันธุ์มันสำปะหลังมีการตอบสนองเหมือนกันต่อระดับการตัดใบที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนในการเลือกพันธุ์ปลูกที่เหมาะสมต่อการตัดใบ และเป็นประโยชน์ในการศึกษาการตอบสนองของพันธุ์อื่น ๆ ต่อการตัดใบในอนาคต โดยไม่จำเป็นต้องประเมินการตัดใบในหลายระดับ เนื่องจากทุกพันธุ์มีการตอบสนองในทิศทางเดียวกันทุกระดับการตัดใบทั้งที่เป็นพันธุ์ที่มีการแตกกิ่ง และไม่มีการแตกกิ่ง

เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของการตัดใบ พบว่า การตัดใบที่ระดับ 10% ในมันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์ มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากมีอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่มมากกว่า 100% [27], [28] โดยผลผลิตใบสดทั้ง 2 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พันธุ์ระยอง 9 มีผลผลิตที่สูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 จึงทำให้พันธุ์ระยอง 9 มีอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่มมากกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในขณะที่การตัดใบที่ระดับ 20 และ 30% มีค่ามีอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่มติดลบและไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนในทั้ง 2 พันธุ์ เนื่องจากการตัดใบที่มากเกินไป แม้จะทำให้ได้ใบสดในปริมาณที่มากขึ้น แต่ส่งผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้กำไรที่ได้จากการขายผลผลิตของมันสำปะหลังลดลงอย่างมาก

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของการตัดใบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังเพียงฤดูกาลเดียว จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในฤดูกาลอื่น ๆ ในหลายสภาพพื้นที่ อาทิเช่น การปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่นาหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ซึ่งเป็นการปลูกในระยะสั้นและเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด [37] และการศึกษาในพันธุ์ที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์

ขององค์ความรู้ให้มากขึ้น ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการปลูกและการตัดใบ เพื่อเป็นทางเลือกให้เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังมีแหล่งรายได้เพิ่มขึ้น

5. บทสรุป

การตัดใบที่ระดับ 30% เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 90 วันหลังปลูก จะได้ผลผลิตใบสดและผลผลิตโปรตีนสูงกว่าการตัดใบที่ระดับ 10% แต่การตัดใบที่ระดับ 10% มีการเจริญเติบโตและผลผลิตที่อายุ 150 และ 210 วันหลังปลูกสูงไม่แตกต่างจากการไม่ตัดใบ และไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างระดับการตัดใบและพันธุ์มันสำปะหลังในทุกลักษณะ และทุกอายุ นอกจากนี้การตัดใบที่ระดับ 10% แม้จะได้ปริมาณใบสดน้อย แต่มีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์สูงที่สุดในมันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์ ซึ่งมีคุ้มค่าต่อการลงทุนของเกษตรกร

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากกองทุนวิจัย และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม ประจำปีงบประมาณ 2566 ขอขอบคุณกลุ่มวิจัยและปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสง แก่นตะวัน และมันสำปะหลัง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ท่อนมันสำปะหลัง และขอขอบคุณสาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม ที่ได้สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

7. References

- [1] Howeler, R.H. 2013. **Save and Grow: Cassava, A Guide to Sustainable Production Intensification.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- [2] Phuntupan, K. and Banterng, P. 2017. Physiological determinants of storage root yield in three cassava genotypes under different nitrogen supply. **The Journal of Agricultural Science**. 155(6): 978-992.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. **Food Outlook-Biannual Report on Global Food Markets-November 2018**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [4] Office of Agricultural Economics. 2022. **Agricultural Statistics of Thailand 2022**. Bangkok: Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- [5] Ravindran, V. 1993. Cassava leaves as animal feed: Potential and limitations. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 61(2): 141-150.
- [6] Latif, S. and Muller, J. 2015. Potential of cassava leaves in human nutrition: A review. **Trends in Food Science and Technology**. 44(2): 147-158.
- [7] Limsila, A. and et al. 2007. Cassava leaf production research in Thailand. In: **Proceedings of the 7th Regional Workshop on Cassava Research and Development in Asia: Exploring New Opportunities for an Ancient Crop**, 28 October-1 November 2002. Bangkok, Thailand.
- [8] Oni, A.O. and et al. 2011. Chemical composition and nutritive value of four varieties of cassava leaves grown in South-Western Nigeria. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. 95(5): 583-590.
- [9] Alves, A.A.C. 2002. Cassava botany and physiology. In: Hillocks, R.J., Thresh, J.M. and Bellotti, A.C. (eds.) **Cassava: Biology, Production and Utilization**. Wallingford: CABI.
- [10] Phoncharoen, P. and et al. 2019. Growth rates and yields of cassava at different planting dates in a tropical savanna climate. **Scientia Agricola**. 76: 376-388.
- [11] Fukai, S. and et al. 1984. Effects of solar radiation on growth of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.). I. Canopy development and dry matter growth. **Field Crops Research**. 9: 347-360.
- [12] El-Sharkawy, M.A. 2006. International research on cassava photosynthesis, productivity, eco-physiology, and responses to environmental stresses in the tropics. **Photosynthetica**. 44: 481-512.
- [13] Phetchalanuwat, C., Wichchukit, V. and Rojanaritpichet, C. 1991. Influence of planting distance and number of times for cutting shoots on dry shoot yield, protein content, dry root yield and starch yield of cassava. In: **Proceedings of the 29th Kasetsart University Annual Conference**, 4-7 February 1991. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- [14] Martwanna, C. and et al. 2005. Cassava leaf production research conducted in Rayong and Khon Kaen, Thailand. In: **Proceedings of the Regional Workshop on the Use of Cassava Roots and Leaves for On-Farm Animal Feeding**, 17-19 January 2005. Hue, Vietnam.
- [15] Mahakosee, S. and et al. 2019. Seasonal variations in canopy size and yield of Rayong 9 cassava genotype under rainfed and irrigated conditions. **Agronomy**. 9(7): 362.
- [16] Mahakosee, S. and et al. 2020. Seasonal variation in canopy size, light penetration and photosynthesis of three cassava genotypes with different canopy architectures. **Agronomy**. 10(10): 1554.
- [17] Santanoo, S. and et al. 2020. Canopy structure and photosynthetic performance of irrigated cassava genotypes growing in different seasons in a tropical savanna climate. **Agronomy**. 10(12): 2018.
- [18] Sunith, S. and et al. 2015. Effect of pruning on cassava stem, foliage and tuber yield. **Journal of Root Crops**. 41(2): 36-41.

- [19] Chaiareekitwat, S. and et al. 2022. Protein composition, chlorophyll, carotenoids, and cyanide content of cassava leaves (*Manihot esculenta* Crantz) as influenced by cultivar, plant age, and leaf position. **Food Chemistry**. 372: 131173.
- [20] Walkley, A. and Black, I.A. 1947. Determination of organic matter in the soil by chromic acid digestion. **Soil Science**. 63: 251-264.
- [21] Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen. In: Norman, A.G. (ed.) **Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties**. Madison: Soil Science Society of America.
- [22] Bray, R.H. and Kurtz., L.T. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. **Soil Science**. 59: 39-45.
- [23] Jackson, M.L. 1973. **Soil Chemical Analysis**. New Delhi: Prentice Hall of India Pvt. Ltd.
- [24] Rhoades, J.D. and van Schilfgaarde, J. 1976. An electrical conductivity probe for determining soil salinity. **Soil Science Society of America Journal**. 40(5): 647-651.
- [25] Chapman, H.D. 1965. Cation-exchange capacity. In: Norman, A.G. (ed.) **Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties**. Madison: Soil Science Society of America.
- [26] Jones, D.B. 1931. **Factors for Converting Percentages of Nitrogen in Foods and Feeds into Percentages of Protein**. Washington, DC: US Department of Agriculture.
- [27] Patanothai, A. and Meckhayai, T. 1991. **Experimental Results Data for Advice to Farmers. Economics Training Manual**. Bangkok: Economics Department, International Maize and Wheat Improvement Center. (*in Thai*)
- [28] Janket, A. and et al. 2024. Nitrogen use efficiency, growth and yield of 2 cassava genotypes with different branching patterns under supplemental irrigation. **Khon Kaen Agriculture Journal**. Suppl 1: 101-114. (*in Thai*)
- [29] Gomez, K.A. and Gomez, A.A. 1984. **Statistical Procedures for Agricultural Research**. Singapore: John Wiley and Sons.
- [30] Howeler, R.H. 2002. Cassava mineral nutrition and fertilization. In: Hillocks, R.J., Thresh, J.M. and Bellotti, A.C. (eds.) **Cassava: Biology, Production and Utilization**. Wallingford: CABI.
- [31] Keating, B.A. Evenson, J.P. and Fukai, S. 1982. Environmental effects on growth and development of cassava (*Manihot Esculenta* Crantz) I. Crop development. **Field Crops Research**. 5: 271-281.
- [32] Ramanujam, T. 1985. Leaf density profile and efficiency in partitioning dry matter among high and low yielding cultivars of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Field Crops Research**. 10: 291-303.
- [33] Phoncharoen, P. and et al. 2019. The impact of seasonal environments in a tropical savanna climate on forking, leaf area index, and biomass of cassava genotypes. **Agronomy**. 9(1): 19.
- [34] Santanoo, S. and et al. 2020. Canopy structure and photosynthetic performance of irrigated cassava genotypes growing in different seasons in a tropical savanna climate. **Agronomy**. 10(12): 2018.
- [35] Howeler, R.H. 2011. Cassava Leaf Production for Animal Feeding. In: Howeler, R.H. (ed.) **The Cassava Handbook. A Reference Manual Based on the Asian Regional Cassava Training Course**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- [36] Oresangun, A. and et al. 2016. Nutritional and anti-nutritional composition of cassava leaf protein concentrate from six cassava varieties for use in aqua feed. **Cogent Food & Agriculture**. 2(1): 1147323.
- [37] Sawatraksa, N. and et al. 2019. Cassava growth analysis of production during the off-season of paddy rice. **Crop Science**. 59(2): 760-771.