

ผลสะสมของวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหาร  
ของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธร  
Cumulative Effect of Soil Organic Amendments on Yield and Nutrient  
Uptake of Cassava Planted in Yasothon Soil Series

สรวิชญ์ ฉัตรแก้ววรกุล<sup>1</sup> สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม<sup>1,\*</sup> ศุภิมา ณะจิตต์<sup>1</sup> เอิบ เขียวรีนรมณ์<sup>1</sup> และ มัชฌิมา พันธุ์เยี่ยม<sup>1</sup>  
Soravit Chatkaewvorakul<sup>1</sup>, Somchai Anusontpornperm<sup>1,\*</sup>, Suphicha Thanachit<sup>1</sup>,  
Irb Kheoruenromne<sup>1</sup> and Mutchima Phun-iam<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

<sup>1</sup> Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

รับเรื่อง: 4 มิถุนายน 2565 Received: 4 June 2022

ปรับแก้ไข: 20 กรกฎาคม 2565 Revised: 20 July 2022

รับตีพิมพ์: 24 กรกฎาคม 2565 Accepted: 24 July 2022

\* Corresponding author: somchai.a@ku.ac.th

**ABSTRACT:** A study was conducted in a farmer field in Nakhon Ratchasima province to investigate the cumulative effect of chicken manure (CM), cassava starch waste (CSW), and cassava tails and stalk (CTS) applied for seven consecutive years on cassava, Huay Bong 80 variety's yield and nutrient uptake in low fertile Yasonthon soil series. The experimental design was arranged in a randomized complete block with three replications. Treatments comprised no soil amendment application (T1), the applications of CM (T2), CSW (T3), CTS (T4), CM + CSW (T5), and CM + CTS (T6) with each soil organic amendment applied at the rate of 6.25 t/ha. Results in the 7<sup>th</sup> crop showed that the application of CM + CTS (T6) highly significantly promoted the highest fresh tuber yield and starch yield ( $P < 0.01$ ), but with no statistical difference from other treatments with soil amendments applied (T2–T5). All treatments using soil organic amendments promoted fresh tuber yield and starch yield of 108.0–140.7% and 89.9–128.6% greater than that of the control plot without soil amendment application. The use of CM + CSW (T5) highly significantly ( $P < 0.05$ ) induced higher aboveground biomass (Stem base, stem, and leaf and branch) than did no application of soil amendment (T1). Overall, the addition of CM mixed with both wastes (T5–T6) also resulted in cassava taking up rather greater plant nutrients than did other treatments. The results demonstrated that continuous application of soil organic amendments for several years positively had a cumulative impact on cassava's yield and nutrient uptake.

**Keywords:** Cassava, chicken manure, cassava tails and stalk, cassava starch waste, coarse-textured soil

## บทคัดย่อ

ทำการศึกษาในแปลงเกษตรกรจังหวัดนครราชสีมา เพื่อทดสอบผลสะสมของการใส่มูลไก่แกลบ กากแป้งมันสำปะหลัง และเปลือกดินมันสำปะหลังต่อเนื่อง 7 ปี ต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารในมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ในชุดดินยโสธรที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ดำรับการทดลองได้แก่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน (T1) ใส่มูลไก่แกลบ (T2) กากแป้งมันสำปะหลัง (T3) เปลือกดินมันสำปะหลัง (T4) ส่วน T5 = T2 + T3 และ T6 = T2 + T4 แต่ละชนิดในอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ผลการศึกษาในปีที่ 7 พบว่าการใส่มูลไก่แกลบร่วมกับเปลือกดินมันสำปะหลัง (T6) ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและผลผลิตแป้งสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) แต่ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุปรับปรุงดินในตำรับอื่น (T2–T5) การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินทุกตำรับการทดลองให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและผลผลิตแป้งสูงกว่าการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินร้อยละ 108.0–140.7 และร้อยละ 89.9–128.6 ตามลำดับ การใส่มูลไก่แกลบร่วมกับกากแป้งมันสำปะหลัง (T5) ส่งผลให้ชีวมวลส่วนเหนือดิน (เหง้า ลำต้น และกิ่งก้านใบ) สูงกว่าการไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน (T1) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยภาพรวมการใช้มูลไก่แกลบร่วมกับเศษเหลือทิ้งทั้ง 2 ชนิด (T5–T6) ยังทำให้มันสำปะหลังมีการดูดใช้ธาตุอาหารในทุกส่วนของมันสำปะหลังสูงกว่าตำรับอื่นค่อนข้างมาก แสดงให้เห็นว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อเนื่องหลายปีส่งผลสะสมเชิงบวกต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารในมันสำปะหลังอย่างชัดเจน

**คำสำคัญ:** มันสำปะหลัง, มูลไก่แกลบ, เปลือกดินมันสำปะหลัง, กากแป้งมันสำปะหลัง, ดินเนื้อหยาบ

## บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* L. Crantz) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เพราะสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังต่าง ๆ ทำให้มีการส่งออกสูงเป็นอันดับที่ 4 รองจากข้าว ยางพารา และผลไม้สด แซ่เย็น แซ่แข็ง และแห้ง (Ministry of Commerce, 2022) มันสำปะหลังมีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นพื้นที่ 853,932 เฮกตาร์ (Office of Agricultural Economics, 2022) ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่ในประเทศไทยเป็นดินในอันดับอัลติซอลส์ (Ultisols) ที่มีเนื้อดินค่อนข้างหยาบ เป็นดินที่ไม่อยู่ในชั้นความเหมาะสมที่สุดสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง (Sunsangjaroen *et al.*, 2014) ปัญหาหลักของดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง คือ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ อีกทั้งพื้นที่ปลูกเกิดการกร่อนดินได้ง่าย (Anusontpomporn *et al.*, 2009; Boonrawd *et al.*, 2021)

การเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังจำเป็นต้องมีการจัดการดินที่เหมาะสมรวมกับการจัดการปุ๋ยตามความต้องการของพืชและค่าวิเคราะห์ดิน การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถเพิ่มผลผลิตพืชให้อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจได้ หากดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ หรือมีปัญหาด้านสมบัติทางฟิสิกส์ การศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า การปลูกมันสำปะหลังในชุดดินยโสธรจำเป็นต้องมีการใช้วัสดุปรับปรุงดินเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพดิน ซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง เนื่องจากดินนี้เป็นดินเนื้อหยาบ เป็นกรดจัด มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำมาก ทำให้มีความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารพืชได้ต่ำ ส่วนใหญ่การใส่วัสดุปรับปรุงดินไม่ส่งผลชัดเจนในปีแรก แต่การใส่อย่างต่อเนื่องสามารถส่งผลดีมากขึ้นในปีที่ 2 จากการศึกษาของ Plengsuntia *et al.* (2012) ที่เปรียบเทียบอิทธิพลของ

มูลไก่แกลบ และปุ๋ยเคมีต่างสูตรต่อมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธร พบว่า การใส่มูลไก่แกลบที่อัตรา 3.125 และ 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ส่งผลให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเพิ่มขึ้นร้อยละ 56.4 และ 97.4 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่มูลไก่แกลบและไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งให้ผลผลิตต่ำสุดเพียง 7.31 ตันต่อเฮกตาร์ และในดินเดียวกัน การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับเปลือกถั่วเหลืองมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ส่งผลให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสูงสุด (Nopphan *et al.*, 2017) Phun-iam *et al.* (2018) ศึกษาการตอบสนองด้านผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินโคราช (Oxyaquic Paleustult) ซึ่งเป็นดินดอนที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำที่พบอยู่ส่วนต่ำของลานตะพักลำน้ำชั้นกลาง พบว่า การใส่กากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 12.5, 25 และ 50 ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง น้ำหนักใบและกิ่ง น้ำหนักเหง้า และมวลชีวภาพส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Jitkhamen *et al.* (2021) ยังพบว่า การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 12.5 และ 25 ตันต่อเฮกตาร์ ในชุดดินวาริน ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและผลผลิตแป้งสูงที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับการทดลองอื่น และมีแนวโน้มทำให้ได้ค่าสูงที่สุดในปีที่ 2 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลอง การที่วัสดุปรับปรุงดินข้างต้นส่งผลบวกต่อผลผลิตมันสำปะหลังมีสาเหตุมาจากการที่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินเหล่านี้ช่วยลดความหนาแน่นรวมของดิน เพิ่มความพรุนรวม อัตราการซึบซึมน้ำ และความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และยังเป็นแหล่งธาตุอาหารให้กับมันสำปะหลังเป็นบางส่วน

การศึกษาที่ผ่านมา พบว่า มูลไก่แกลบ และวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังซึ่งได้แก่ กากแป้งมันสำปะหลัง และเปลือกดินมันสำปะหลังที่ใส่เพื่อปรับปรุงดินเป็นเวลา 1–2 ปี ส่งผลเชิงบวกต่อการเพิ่ม

ผลผลิตมันสำปะหลังได้ดีในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ผลของการใส่ต่อเนื่องในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นยังไม่มีการศึกษาในประเทศไทย ดังนั้น การศึกษานี้จึงดำเนินการโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสะสมของมูลไก่แกลบ กากแป้งมันสำปะหลัง และเปลือกดินมันสำปะหลังที่ใส่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปี ต่อการตอบสนองด้านผลผลิตและการดูใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 เมื่อปลูกในชุดดินยโสธร ซึ่งผลการศึกษาเฉพาะในปีที่ 7 น่าจะทำให้ต้องมีความรู้และเทคโนโลยีการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับดินเนื้อค่อนข้างหยาบถึงหยาบที่สามารถนำไปปรับใช้ในแปลงของเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### แปลงทดลอง

การศึกษานี้เป็นผลในปีที่ 7 ที่ได้จากแปลงทดลองภาคสนามที่ดำเนินการต่อเนื่องในพื้นที่แปลงเกษตรกร บ้านดงกระสัง ตำบลตะเคียน อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา (15° 8'0.76" N 101°45'10.50" E) ดินตัวแทนพื้นที่ทดลอง คือ ชุดดินยโสธร (Yasothon soil series; Yt) จำแนกในระบบอนุกรมวิธานดินได้เป็น sandy, siliceous, isohyperthermic, Typic Paleustults จากการวิเคราะห์สมบัติดินบน (0–20 เซนติเมตร) และดินล่าง (20–60 เซนติเมตร) ก่อนดำเนินการทดลองในปีที่ 1 พบว่า ดินเป็นกรดจัดถึงกรดรุนแรงมาก มีค่าพีเอชอยู่ในพิสัย 4.35–5.30 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำมาก และมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินต่ำถึงต่ำมาก ส่งผลให้ดินมีความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารต่ำ ปริมาณไนโตรเจนรวม โปแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และปริมาณเบสรวมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมาก ยกเว้นฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำมาก (Table 1)

**Table 1** Property of soil prior to conducting the experiment in the first year

Property	Topsoil (0–20 cm)	Subsoil (20–60 cm)
pH <sup>1</sup> (1:1 H <sub>2</sub> O)	5.30	4.35
Organic matter <sup>2</sup> (g/kg)	3.46	2.31
Total N <sup>3</sup> (g/kg)	0.14	0.12
Available P <sup>4</sup> (mg/kg)	11.50	1.59
Available K <sup>5</sup> (mg/kg)	12.20	18.20
Extractable Ca <sup>6</sup> (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.65	0.55
Extractable Mg <sup>6</sup> (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.33	0.34
Extractable K <sup>6</sup> (cmol <sub>c</sub> /kg)	0.03	0.05
Cation exchange capacity <sup>7</sup> (cmol <sub>c</sub> /kg)	2.00	3.50

<sup>1</sup> pH = 1:1 H<sub>2</sub>O measured by pH meter (National Soil Survey Center, 1996), <sup>2</sup> organic matter analyzed by Walkley and Black titration (Walkley and Black, 1934), <sup>3</sup> total N analyzed by Kjeldahl method (Jackson, 1965), <sup>4</sup> available P analyzed by Bray II extraction (Bray and Kurtz, 1945), <sup>5</sup> available K used 1 M NH<sub>4</sub>OAc at pH 7.0 extraction and analyzed by atomic absorption spectrometry (AAS) (Pratt, 1965), <sup>6</sup> extractable Ca, Mg, and K used 1 M NH<sub>4</sub>OAc at pH 7.0 extraction and analyzed by AAS (Thomas, 1982), <sup>7</sup> cation exchange capacity measured by saturating the exchange site and displacing by 1M NH<sub>4</sub>OAc at pH 7.0 and analyzed by AAS (Chapman, 1965).

### แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized complete block design; RCBD) มี 6 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีรายละเอียดการทดลอง ดังนี้ T1 = ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน (ตำรับควบคุม) T2 = ใส่มูลไก่เกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ T3 = ใส่กากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ T4 = ใส่เปลือกดินมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ T5 = ใส่มูลไก่เกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ + กากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ และ T6 = ใส่มูลไก่เกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ + เปลือกดินมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ การใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละตำรับการทดลองดำเนินการเหมือนกันในทุกปีต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปี สมบัติของมูลไก่เกลบ กากแป้งมันสำปะหลัง และเปลือกดินมันสำปะหลังที่ใช้ในการศึกษาแสดงไว้ใน Table 2 การใส่วัสดุปรับปรุงดินทั้งหมดดำเนินการ

โดยการหว่านในแปลงที่กำหนดแล้วจึงไถพลิกดินที่ระดับความลึก 0–45 เซนติเมตร ด้วยไถงานผล 3 ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางงานไถเท่ากับ 28 นิ้ว ทั้งพื้นที่ไว้ 2 สัปดาห์ แล้วจึงไถพรนดินด้วยไถงานผล 7 จากนั้นยกร่องที่มีระยะระหว่างร่องเท่ากับ 120 เซนติเมตร และปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 บนสันร่อง โดยมีระยะปลูกระหว่างต้นเท่ากับ 80 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราส่วน 2:1:2 ที่อัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O ต่อเฮกตาร์ โดยแม่ปุ๋ยที่ใช้ ประกอบด้วยปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (16-46-0) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ดำเนินการใส่ปุ๋ยเมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 2 เดือน โดยขุดหลุมใส่แล้วกลบบนสันร่องตรงกึ่งกลางระหว่างต้นมันสำปะหลัง การกำจัดวัชพืชดำเนินการโดยใช้แรงงานคนร่วมกับการใช้สารกำจัดวัชพืชตามความรุนแรงของการระบาด งานทดลองภาคสนามนี้ดำเนินการภายใต้สภาพน้ำฝน (Rainfed condition)

**Table 2** Property of chicken manure (CM), cassava starch waste (CSW) and cassava tails and stalk (CTS) used in the experiment

Property	CM	CSW	CTS
pH <sup>1</sup> (1:5 H <sub>2</sub> O)	7.00	6.52	4.64
Cation exchange capacity <sup>2</sup> (cmol <sub>c</sub> /kg)	65.00	28.80	0.62
Organic carbon <sup>3</sup> (g/kg)	406	22.90	433
Total N <sup>4</sup> (g/kg)	46.90	2.86	3.50
Total P <sup>5</sup> (g/kg)	7.60	0.43	0.94
Total K <sup>6</sup> (g/kg)	17.60	1.97	2.80
Total Ca <sup>6</sup> (g/kg)	26.20	6.73	5.60
Total Mg <sup>6</sup> (g/kg)	3.20	1.43	1.40
Total Fe <sup>7</sup> (mg/kg)	250	88	710
Total Mn <sup>7</sup> (mg/kg)	470	7.80	1.40
Total Zn <sup>7</sup> (mg/kg)	470	14.60	21.00
Total Cu <sup>7</sup> (mg/kg)	4.00	5.80	0.44
C/N ratio	9:1	8:1	123:1

<sup>1</sup> pH = 1:5 H<sub>2</sub>O analyzed by pH meter (National Soil Survey Center, 1996), <sup>2</sup> cation exchange capacity measured by saturating the exchange site and displacing by 1M NH<sub>4</sub>OAc at pH 7.0 (Chapman, 1965), <sup>3</sup> organic carbon analyzed by Walkley and Black titration (Walkley and Black, 1934), <sup>4</sup> total N analyzed by Kjeldahl method (Jackson, 1965), <sup>5</sup> total P analyzed by Vanadomolybdenum method (Westerman, 1990) and measured using spectrophotometry (Murphy and Riley, 1962), <sup>6</sup> total K, Ca, and Mg analyzed by digesting in acid mixture (HNO<sub>3</sub>-Se-HClO<sub>4</sub>) and measured by atomic absorption spectrometry (AAS) (Bardsley and Lancaster, 1965; Westerman, 1990), <sup>7</sup> total Fe, Mn, Zn, and Cu analyzed by digesting in acid mixture (HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>) and measured by AAS (Johnson and Ulrich, 1959; Westerman, 1990).

### การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บเกี่ยวผลผลิตและเก็บข้อมูลองค์ประกอบพืชเมื่อมันสำปะหลังอายุ 10 เดือน ได้แก่ ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้งซึ่งคำนวณจากน้ำหนักสดคูณด้วยร้อยละการสะสมแป้ง โดยประมาณร้อยละการสะสมแป้งจากการวัดด้วยเครื่อง Riemann scale (Bainbridge *et al.*, 1996) และชีวมวลส่วนเหนือดินซึ่งเป็นน้ำหนักสดรวมของส่วนเหนือดินที่ประกอบด้วย

หัว เหง้า ลำต้น และกิ่งก้านใบ และเก็บตัวอย่างพืชแบบแยกส่วนประกอบด้วยหัว เหง้า ลำต้น และกิ่งก้านใบเพื่อนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชโดยวิธีการเดียวกับการวิเคราะห์สมบัติของมูลไก่แกลบและวัสดุเศษเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังใน Table 2 ก่อนนำไปคำนวณปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร โดยคำนวณจากความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชกับน้ำหนักแห้งในส่วนต่าง ๆ

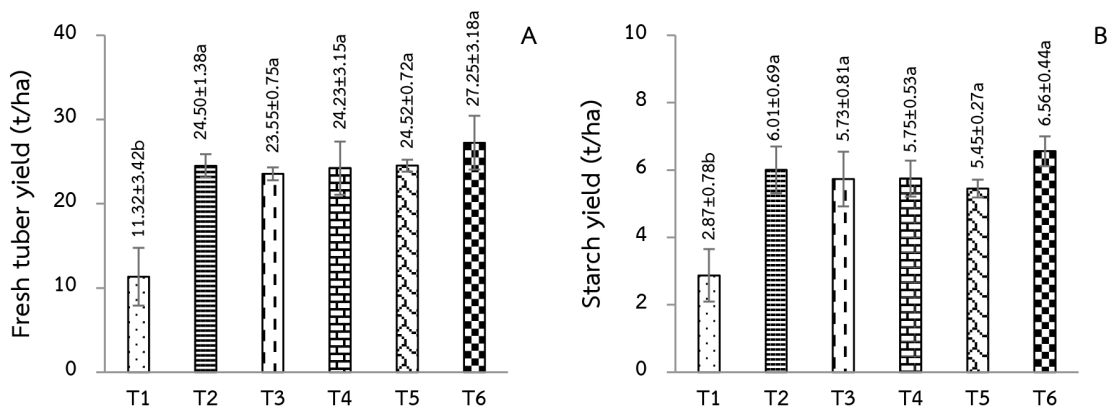
ของมันสำปะหลังข้างต้น ซึ่งคิดปริมาณการดูที่ใช้ธาตุอาหารต่าง ๆ ต่อพื้นที่ 1 เฮกตาร์ จากนั้น นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรม SPSS และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตำรับการทดลองแบบเป็นกลุ่มโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### ผลสะสมของวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อผลผลิตและชีวมวลส่วนเหนือดินของมันสำปะหลัง

การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพดินชุดดินยโสธรที่มีเนื้อหยาบต่อ

เนื่องเป็นเวลา 7 ปี ส่งผลสะสมชัดเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวในปีที่ 7 โดยพบว่า การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับเปลือกดินมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ (T6) ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุด เท่ากับ 27.25 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งแตกต่างจากตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับตำรับการทดลองอื่นที่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน (T2–T5) ที่ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดอยู่ในพิสัย 23.55–24.52 ตันต่อเฮกตาร์ ขณะที่ ตำรับควบคุม (T1) ที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินตลอดระยะเวลา 7 ปี ของการทดลองให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ำที่สุด เท่ากับ 11.32 ตันต่อเฮกตาร์ (Figure 1A)



**Figure 1** Cumulative effect of soil organic amendments on fresh tuber yield (A) and starch yield (B) of cassava. T1 = no soil amendment application, T2 = CM 6.25 t/ha, T3 = CSW 6.25 t/ha, T4 = CTS 6.25 t/ha, T5 = CM 6.25 t/ha + CSW 6.25 t/ha, T6 = CM 6.25 t/ha + CTS 6.25 t/ha, CM = chicken manure, CSW = cassava starch waste, CTS = cassava tails and stalk. Different lowercase letters on bars are significantly different at  $P < 0.05$ .

สำหรับในกรณีของผลผลิตแป้ง ให้ผลไปในทิศทางเดียวกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ซึ่งการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับเปลือกดินมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ (T6) ส่งผล

สะสมทำให้ได้ผลผลิตแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 6.56 ตันต่อเฮกตาร์ ( $P < 0.01$ ) โดยผลผลิตแป้งดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับผลผลิตแป้งที่ได้จากตำรับการทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน



อื่น (T2–T5) ที่มีค่าอยู่ในพิสัย 5.45–6.01 ต้นต่อเฮกตาร์ ขณะที่ ดำรับควบคุม (T1) ซึ่งไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินตลอดระยะเวลาของการทดลองภาคสนาม ได้ผลผลิตส่วนนี้เพียง 2.87 ต้นต่อเฮกตาร์ (Figure 1B)

สำหรับการเจริญเติบโตในส่วนเหนือดินของ มันสำปะหลัง การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นเวลา 7 ปี ยังส่งผลสะสมทำให้น้ำหนักสดลำต้น กิ่ง ก้านใบ และชีวมวลส่วนเหนือดินมีความแตกต่างกัน แต่ไม่ทำให้น้ำหนักสดเหง้ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 2A) โดยการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 6.25 ต้นต่อเฮกตาร์ ร่วมกับกากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ต้นต่อเฮกตาร์ (T5) ส่งผลทำให้ได้น้ำหนักสดลำต้น (Figure 2B) กิ่งก้านใบ (Figure 2C) และชีวมวลส่วนเหนือดิน (Figure 2D) ของมันสำปะหลังสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) เท่ากับ 6.71, 10.07 และ 21.59 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำหนักสดทั้งสามส่วนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับปริมาณที่ได้ในดำรับการทดลองที่มีการใส่ มูลไก่แกลบอัตรา 6.25 ต้นต่อเฮกตาร์ ร่วมกับเปลือกดินมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ต้นต่อเฮกตาร์ (T6) ขณะที่ น้ำหนักสดลำต้นและกิ่งก้านใบก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับดำรับการทดลองที่ใส่มูลไก่แกลบอัตรา 6.25 ต้นต่อเฮกตาร์เพียงอย่างเดียว (T2) สำหรับการใส่วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังทั้งสองชนิด (T3 และ T4) โดยภาพรวมส่งผลทำให้การเจริญเติบโตในส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังดีน้อยกว่าการใส่มูลไก่แกลบเพียงอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับมูลไก่แกลบ แต่ยังคงทำให้มันสำปะหลังผลิตชีวมวลส่วนเหนือดินได้ดีกว่าดำรับควบคุม (T1) ที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินตลอดระยะเวลา 7 ปี ที่ให้น้ำหนักสดของลำต้น กิ่งก้านใบ และชีวมวลส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังต่ำที่สุด เท่ากับ 2.42, 4.76 และ 10.60 ต้นต่อเฮกตาร์ตามลำดับ

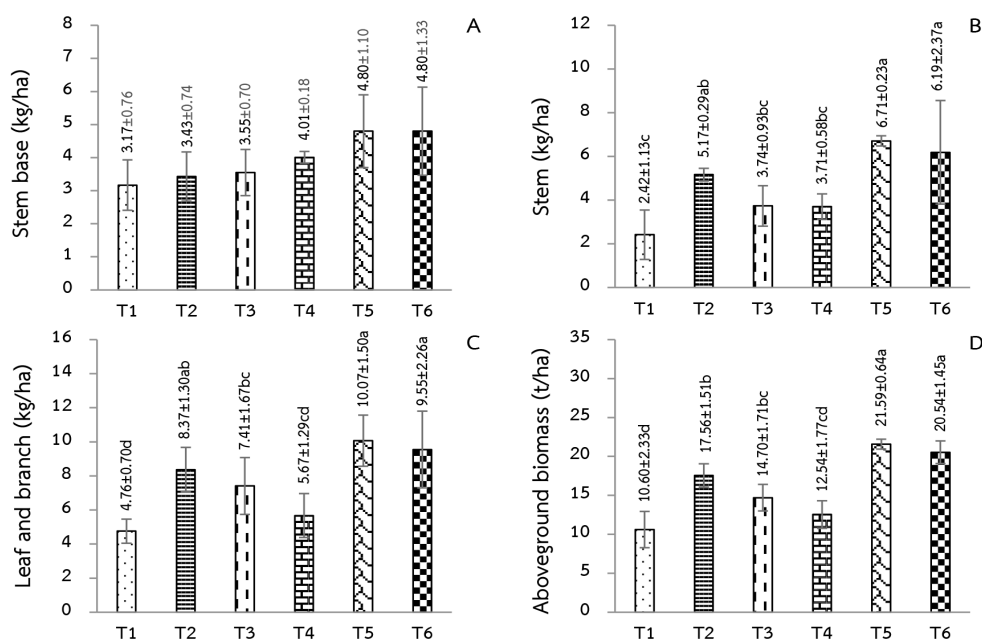
การใส่มูลไก่แกลบ กากแป้งมันสำปะหลัง และเปลือกดินมันสำปะหลัง หรือการใส่ร่วมกันระหว่าง มูลไก่แกลบกับเศษเหลืออินทรีย์จากโรงงานแป้ง

มันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นเวลา 7 ปี ช่วยเพิ่มผลผลิตและการเจริญเติบโตในส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังได้อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกมันสำปะหลัง โดยไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน แต่ได้รับปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวในอัตราที่เท่ากับกับดำรับการทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน แสดงให้เห็นว่า การปลูกมันสำปะหลังในชุดดินโสธรดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมาก (Table 1) และมักพบปัญหาดินอัดตัวแน่นได้ง่าย และชั้นดานไถพรวน (Plough pan) ใช้ดินบน (Meewassana *et al.*, 2010) และมีธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง (Anusontpornperm *et al.*, 2009; Boonrawd *et al.*, 2021) การใส่มูลไก่แกลบ กากแป้งมันสำปะหลัง และเปลือกดินมันสำปะหลัง ซึ่งมีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารอยู่พอสมควร รวมถึงคาร์บอนอินทรีย์ที่มีอยู่ 406, 22.90 และ 433 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 2) จึงมีส่วนช่วยส่งเสริมให้มันสำปะหลังเจริญเติบโตได้ดีขึ้น ทั้งในด้านการเสริมธาตุอาหารและการปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ โดยเฉพาะด้านการกักเก็บความชื้น

ผลการศึกษานี้เป็นไปในทิศทางเดียวกับในกรณีของมูลไก่แกลบที่มีการใส่เพียง 1 ปี (Plengsuntia *et al.*, 2012) ซึ่งเปรียบเทียบผลของสูตรปุ๋ยที่ใช้ร่วมกับมูลไก่แกลบต่อมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธร พบว่า การใส่มูลไก่แกลบในอัตรา 3.125 และ 6.25 ต้นต่อเฮกตาร์ โดยไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเพิ่มขึ้นร้อยละ 56.4 และ 97.4 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกโดยไม่ใส่มูลไก่แกลบ ส่วนการปรับปรุงดิน Ustic Quartzipsamment ด้วยมูลไก่แกลบอัตรา 3.125, 6.25 และ 12.5 ต้นต่อเฮกตาร์ เพียง 1 ครั้ง สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าดำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่ร้อยละ 14.9, 24.2 และ 31.6 ตามลำดับ (Chaem-Ngern *et al.*, 2020) ขณะที่ การใส่กากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 12.5, 25 และ 50 ต้นต่อเฮกตาร์ ในชุดดินโคราช (Oxyaquic Paleustult)

ที่จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง และร้อยละการสะสมแป้งสูงกว่าการใส่ที่อัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ และต่ำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่กากแป้งมันสำปะหลังก่อนปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Phun-iam *et al.*, 2018) และการศึกษาของ Intawichai *et al.* (2016) ที่ทดสอบการใช้เปลือกดินมันสำปะหลังในอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ เพื่อปรับปรุงดิน เนื้อหายับยังพบว่า การใส่เศษเหลืออื่นส่งเสริมให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเท่ากับ 30.92 ตันต่อเฮกตาร์

ซึ่งสูงกว่าต่ำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินที่ได้ผลผลิตส่วนนี้เพียง 22.84 ตันต่อเฮกตาร์ ส่วนการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 12.5 และ 25 ตันต่อเฮกตาร์ เพื่อปรับปรุงดินชุดดินวารินที่มีเนื้อหายับในตอนบน (Jitkhamen *et al.*, 2021) ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และผลผลิตแป้งสูงสุด และมีแนวโน้มทำให้ได้ค่าสูงที่สุดในปีที่ 2 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างอัตราที่ใช้กับต่ำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน



**Figure 2** Cumulative effect of soil organic amendments on stem base (A), stem (B), leaf and branch (C) and aboveground biomass (D) of cassava. T1 = no soil amendment application, T2 = CM 6.25 t/ha, T3 = CSW 6.25 t/ha, T4 = CTS 6.25 t/ha, T5 = CM 6.25 t/ha + CSW 6.25 t/ha, T6 = CM 6.25 t/ha + CTS 6.25 t/ha, CM = chicken manure, CSW = cassava starch waste, CTS = cassava tails and stalk. Different lowercase letters on bars are significantly different at  $P < 0.05$ .

นอกจากนี้ การทดลองใช้กากแป้งมันสำปะหลัง และเปลือกดินมันสำปะหลังร่วมกับมูลไก่แกลบในดินทรายตอนอันดับอัลติซอลส์ (Ultisols) ยังพบว่า การใส่

วัสดุเหลือทิ้งทั้งสองอย่างใดอย่างหนึ่งที่อัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ผสมกับมูลไก่แกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง ร้อยละ



การสะสมแป้ง และชีวมวลส่วนเหนือดินสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงเกือบ 34 ตันต่อเฮกตาร์ (Nilnoore *et al.*, 2016) แสดงให้เห็นว่า มูลไก่แกลบซึ่งมี C:N ratio ที่ค่อนข้างแคบกว่ากากแป้งมันสำปะหลัง หรือเปลือกดินมันสำปะหลังสามารถสลายตัวและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้เร็วกว่า แต่ธาตุอาหารบางส่วนอาจสูญหายไปกับการชะละลายได้ ในดินที่ทำการศึกษาคือเป็นดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ และมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินต่ำถึงต่ำมาก ส่งผลให้ดินมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารต่ำ การใส่กากแป้งมันสำปะหลังหรือเปลือกดินมันสำปะหลังซึ่งสลายตัวได้ช้ากว่าร่วมด้วย น่าจะมีส่วนช่วยชะลอการสลายตัวและลดการสูญเสียธาตุอาหารออกไปจากเขตรากพืชได้ในระดับหนึ่ง นอกจากนี้ ธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบในเศษเหลือทิ้งทั้งสองยังมีความแตกต่างไปจากมูลไก่แกลบ ดังนั้น เมื่อปลดปล่อยออกมาจะทำให้มันสำปะหลังดูดใช้เพื่อไปเสริมสร้างการเจริญเติบโตและผลผลิตได้มากกว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ทั้งสามเพียงชนิดใดชนิดหนึ่ง ขณะที่การศึกษาต่อเนื่อง 5 ปี ก่อนหน้าพบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินเหล่านี้อย่างต่อเนื่องทำให้สมบัติดินหลายประการ อาทิ พีเอช ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ดีขึ้น (Klongtham *et al.*, 2020) ซึ่งน่าจะมีส่วนช่วยทำให้การเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของมันสำปะหลังเพิ่มสูงกว่าเมื่อปลูกในดินที่ไม่ได้รับการปรับปรุง

ผลการศึกษาการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อเนื่อง 7 ปี แสดงให้เห็นชัดเจนว่า การใส่มูลไก่แกลบร่วมกับเปลือกดินมันสำปะหลังให้ผลดีที่สุด แต่การใส่มูลไก่แกลบ กากแป้งมันสำปะหลัง หรือเปลือกดินมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวยังคงให้ผลดีว่าการปลูกมันสำปะหลังในดินนี้ต่อเนื่องโดยไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินอย่างมากทั้ง ๆ ที่มีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักตามอัตราแนะนำ คือ 100:50:100 กิโลกรัม N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O ต่อเฮกตาร์ (Sittibusaya, 1996) โดยผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและผลผลิตแป้งที่ได้มีปริมาณต่ำกว่าการปลูกโดยใช้วัสดุ

ปรับปรุงดินเหล่านี้ต่อเนื่องประมาณ 2.5 เท่า แสดงให้เห็นว่า การปลูกมันสำปะหลังในดินเนื้อหยาบที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำต่อเนื่องเป็นเวลาหลายปี การจัดการด้านปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะทำให้ได้ผลผลิตและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ

### ผลสะสมของวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลัง

การใส่มูลไก่แกลบ กากแป้งมันสำปะหลัง และเปลือกดินมันสำปะหลังส่งผลสะสมต่อการดูดใช้ธาตุอาหารหลักในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังแตกต่างกัน โดยภาพรวม มันสำปะหลังมีการดูดใช้ในโตรเจนสูงที่สุด โดยมากกว่าโพแทสเซียมเล็กน้อย ขณะที่ ฟอสฟอรัสดูดใช้น้อยที่สุด ซึ่งน้อยกว่าไนโตรเจนและโพแทสเซียมค่อนข้างมาก โดยมันสำปะหลังดูดใช้ในโตรเจนไปสะสมยังส่วนกิ่งก้านใบมากที่สุด และมากกว่าการสะสมในส่วนอื่น ๆ ค่อนข้างมาก รองลงมาคือ การดูดใช้ในส่วนหัว ลำต้น และเหง้า ซึ่งในสองส่วนหลังมีปริมาณค่อนข้างใกล้เคียงกัน ฟอสฟอรัสดูดไปสะสมยังส่วนหัวมากที่สุด ขณะที่ ปริมาณการดูดใช้ในเหง้าและลำต้นใกล้เคียงกัน แต่น้อยกว่าปริมาณในส่วนหัวค่อนข้างมาก สำหรับการดูดใช้โพแทสเซียม พบสูงที่สุดในส่วนหัว ซึ่งสูงกว่าในส่วนเหง้าและลำต้นที่มีค่าใกล้เคียงกันค่อนข้างมาก

### หัวมันสำปะหลัง

ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนหัวของมันสำปะหลังแสดงไว้ใน Table 3 การใส่กากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ (T3) ทำให้มีการดูดใช้ในโตรเจนในส่วนหัวสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 33.88 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (P < 0.01) การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับกากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ (T5) ยังทำให้มีการดูดใช้ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมในหัวมันสำปะหลังสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 29.73, 133.22 และ 14.32 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (P < 0.01) ในขณะที่เดียวกันยัง

ส่งผลให้มีการดูดใช้สังกะสีในหัวมันสำปะหลังสูงที่สุดเท่ากับ 353 กรัมต่อเฮกตาร์ ( $P < 0.01$ ) และการใส่เปลือกดินอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ (T4) กลับทำให้มีการดูดใช้แมกนีเซียมในส่วนหัวสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 12.98 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ( $P < 0.01$ ) แต่การใส่มูลไก่เกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับเปลือกดินมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ (T6) ส่งผลต่อการดูดใช้กำมะถันในส่วนหัวสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 2.75 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ( $P < 0.01$ ) รวมไปถึงส่งผลให้มีการดูดใช้เหล็ก แมงกานีส และทองแดงในส่วนหัวสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 3,468, 277 และ 133 กรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ( $P < 0.01$ )

### เหง้ามันสำปะหลัง

การใส่มูลไก่เกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับกากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ (T5) ส่งผลให้มีการดูดใช้ไนโตรเจน โพแทสเซียม และเหล็กในเหง้ามันสำปะหลังสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 15.63, 20.05 และ 3.36 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ( $P < 0.01$ ) การใส่มูลไก่เกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับเปลือกดินมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ (T6) กลับส่งผลให้การดูดใช้ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในเหง้าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 4.95, 28.54, 10.51 และ 1.63 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับในกรณีของสังกะสีและทองแดงที่มีปริมาณการดูดใช้สูงที่สุดเท่ากับ 78 และ 23 กรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 4)

### ลำต้นมันสำปะหลัง

การใส่มูลไก่เกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับกากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ (T5) เพื่อปรับปรุงดินส่งผลทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารหลักในลำต้นของมันสำปะหลังสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) รวมไปถึงการดูดใช้แคลเซียม

และทองแดงสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 56.62 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และ 24.33 กรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ( $P < 0.01$ ) ส่วนการใส่มูลไก่เกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับเปลือกดินมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ (T6) ทำให้มีการดูดใช้แมกนีเซียมและกำมะถันในส่วนลำต้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 17.86 และ 2.44 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ( $P < 0.01$ ) อย่างไรก็ตาม การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินในทุกตำรับการทดลองไม่ส่งผลทำให้มันสำปะหลังมีการดูดใช้เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในลำต้นแตกต่างกันทางสถิติ (Table 5)

### กึ่งก้านใบมันสำปะหลัง

การใส่มูลไก่เกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ผสมกับเปลือกดินมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ (T6) ส่งผลทำให้มันสำปะหลังมีการดูดใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในกึ่งก้านใบสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 154.33 และ 19.02 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ( $P < 0.01$ ) อีกทั้งยังส่งผลให้มีการดูดใช้กำมะถันสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 10.62 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ รวมไปถึงการดูดใช้สังกะสีและทองแดงที่มีปริมาณเฉลี่ย 65.60 และ 135 กรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ( $P < 0.01$ ) และการใส่มูลไก่เกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ (T2) ส่งผลให้มีการดูดใช้แมกนีเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 37.85 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ( $P < 0.01$ ) ขณะที่ การใส่มูลไก่เกลบอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับกากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ (T5) ยังส่งผลให้การดูดใช้แคลเซียม เหล็ก และแมงกานีสในกึ่งก้านใบของมันสำปะหลังสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) เท่ากับ 54.65 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และ 627 และ 1,301 กรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 6) อย่างไรก็ตาม การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อเนื่องกลับไม่ทำให้การดูดใช้โพแทสเซียมในกึ่งก้านใบของมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันทางสถิติ

**Table 3** Cumulative effect of soil organic amendments stalk on the uptake of plant nutrients in tuber

Treatment	Nitrogen (kg/ha)	Phosphorus (kg/ha)	Potassium (kg/ha)	
T1	15.81 ± 4.79 <sup>c</sup>	8.26 ± 2.50 <sup>d</sup>	38.51 ± 11.66 <sup>e</sup>	
T2	29.10 ± 1.64 <sup>ab</sup>	15.36 ± 0.87 <sup>c</sup>	91.86 ± 5.18 <sup>c</sup>	
T3	33.88 ± 1.08 <sup>a</sup>	15.30 ± 0.49 <sup>c</sup>	71.18 ± 2.27 <sup>d</sup>	
T4	28.70 ± 3.74 <sup>b</sup>	14.53 ± 1.89 <sup>c</sup>	88.04 ± 11.45 <sup>c</sup>	
T5	28.47 ± 0.84 <sup>b</sup>	29.73 ± 0.88 <sup>a</sup>	133.22 ± 3.93 <sup>a</sup>	
T6	32.61 ± 3.81 <sup>ab</sup>	22.12 ± 2.58 <sup>b</sup>	115.46 ± 13.48 <sup>b</sup>	
F-test	**	**	**	
SD	6.42	7.41	33.12	
%CV	9.5	8.5	8.9	
Treatment	Calcium (kg/ha)	Magnesium (kg/ha)	Sulfur (kg/ha)	
T1	5.25 ± 1.59 <sup>b</sup>	4.99 ± 1.51 <sup>d</sup>	0.89 ± 0.27 <sup>d</sup>	
T2	12.31 ± 0.69 <sup>a</sup>	10.81 ± 0.61 <sup>b</sup>	2.23 ± 0.13 <sup>b</sup>	
T3	14.22 ± 0.45 <sup>a</sup>	11.02 ± 0.35 <sup>b</sup>	1.72 ± 0.06 <sup>c</sup>	
T4	12.52 ± 1.63 <sup>a</sup>	12.98 ± 1.69 <sup>a</sup>	1.83 ± 0.24 <sup>c</sup>	
T5	14.32 ± 0.42 <sup>a</sup>	8.27 ± 0.24 <sup>c</sup>	2.73 ± 0.08 <sup>a</sup>	
T6	13.29 ± 1.55 <sup>a</sup>	11.58 ± 1.35 <sup>ab</sup>	2.75 ± 0.32 <sup>a</sup>	
F-test	**	**	**	
SD	3.40	2.87	0.71	
%CV	8.7	10.0	9.1	
Treatment	Iron (g/ha)	Manganese (g/ha)	Zinc (g/ha)	Copper (g/ha)
T1	545 ± 165 <sup>d</sup>	96 ± 29 <sup>d</sup>	141 ± 43 <sup>d</sup>	60 ± 18 <sup>c</sup>
T2	1,128 ± 64 <sup>c</sup>	157 ± 9 <sup>c</sup>	304 ± 17 <sup>bc</sup>	115 ± 7 <sup>ab</sup>
T3	961 ± 31 <sup>c</sup>	188 ± 6 <sup>c</sup>	288 ± 9 <sup>bc</sup>	126 ± 4 <sup>ab</sup>
T4	1,115 ± 145 <sup>c</sup>	156 ± 20 <sup>c</sup>	263 ± 34 <sup>c</sup>	131 ± 17 <sup>a</sup>
T5	2,151 ± 63 <sup>b</sup>	221 ± 7 <sup>b</sup>	353 ± 10 <sup>a</sup>	109 ± 3 <sup>b</sup>
T6	3,468 ± 405 <sup>a</sup>	277 ± 32 <sup>a</sup>	312 ± 37 <sup>ab</sup>	133 ± 16 <sup>a</sup>
F-test	**	**	**	**
SD	1,073	62	73	28
%CV	11.1	9.6	9.0	9.7

T1 = no soil amendment application, T2 = CM 6.25 t/ha, T3 = CSW 6.25 t/ha, T4 = CTS 6.25 t/ha, T5 = CM 6.25 t/ha + CSW 6.25 t/ha, T6 = CM 6.25 t/ha + CTS 6.25 t/ha, CM = chicken manure, CSW = cassava starch waste, CTS = cassava tails and stalk, SD = standard deviation, CV = coefficient of variation.

\*\* Significantly different at  $P < 0.01$ . Means with different superscript lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's new multiple range test at  $P < 0.05$ .

**Table 4** Cumulative effect of soil organic amendments on the uptake of plant nutrients in stem base

Treatment	Nitrogen (kg/ha)	Phosphorus (kg/ha)	Potassium (kg/ha)	
T1	5.36 ± 1.19 <sup>b</sup>	2.82 ± 0.63 <sup>bc</sup>	6.04 ± 1.34 <sup>b</sup>	
T2	6.47 ± 1.20 <sup>b</sup>	4.74 ± 0.88 <sup>a</sup>	9.69 ± 1.80 <sup>b</sup>	
T3	7.61 ± 1.50 <sup>b</sup>	2.07 ± 0.41 <sup>c</sup>	6.22 ± 1.22 <sup>b</sup>	
T4	6.61 ± 0.37 <sup>b</sup>	2.07 ± 0.12 <sup>c</sup>	9.71 ± 0.54 <sup>b</sup>	
T5	15.63 ± 3.58 <sup>a</sup>	4.15 ± 0.95 <sup>ab</sup>	20.05 ± 4.59 <sup>a</sup>	
T6	15.45 ± 4.28 <sup>a</sup>	4.95 ± 1.37 <sup>a</sup>	18.51 ± 5.13 <sup>a</sup>	
F-test	**	**	**	
SD	4.72	1.31	6.10	
%CV	26.1	24.0	25.4	
Treatment	Calcium (kg/ha)	Magnesium (kg/ha)	Sulfur (kg/ha)	
T1	12.47 ± 2.77 <sup>b</sup>	4.36 ± 0.97 <sup>c</sup>	0.18 ± 0.04 <sup>d</sup>	
T2	16.54 ± 3.07 <sup>b</sup>	6.21 ± 1.15 <sup>bc</sup>	0.90 ± 0.17 <sup>bc</sup>	
T3	19.49 ± 3.83 <sup>ab</sup>	6.68 ± 1.31 <sup>bc</sup>	0.51 ± 0.10 <sup>cd</sup>	
T4	17.04 ± 0.95 <sup>b</sup>	6.56 ± 0.37 <sup>bc</sup>	1.07 ± 0.06 <sup>b</sup>	
T5	26.28 ± 6.02 <sup>a</sup>	9.21 ± 2.11 <sup>ab</sup>	1.05 ± 0.24 <sup>b</sup>	
T6	28.54 ± 7.91 <sup>a</sup>	10.51 ± 2.91 <sup>a</sup>	1.63 ± 0.45 <sup>a</sup>	
F-test	*	*	**	
SD	6.17	2.22	0.50	
%CV	23.9	23.7	24.5	
Treatment	Iron (g/ha)	Manganese (g/ha)	Zinc (g/ha)	Copper (g/ha)
T1	2,508 ± 557 <sup>a</sup>	224 ± 50	24 ± 5 <sup>c</sup>	12 ± 3 <sup>b</sup>
T2	2,869 ± 532 <sup>a</sup>	215 ± 40	52 ± 10 <sup>b</sup>	18 ± 3 <sup>ab</sup>
T3	1,181 ± 232 <sup>b</sup>	260 ± 51	49 ± 10 <sup>b</sup>	14 ± 3 <sup>b</sup>
T4	533 ± 30 <sup>b</sup>	213 ± 12	53 ± 3 <sup>b</sup>	13 ± 1 <sup>b</sup>
T5	3,357 ± 769 <sup>a</sup>	285 ± 65	56 ± 13 <sup>ab</sup>	18 ± 4 <sup>ab</sup>
T6	2,482 ± 688 <sup>a</sup>	261 ± 72	78 ± 22 <sup>a</sup>	23 ± 6 <sup>a</sup>
F-test	**	ns	**	*
SD	1,073	30	17	4
%CV	25.4	22.7	23.2	23.3

T1 = no soil amendment application, T2 = CM 6.25 t/ha, T3 = CSW 6.25 t/ha, T4 = CTS 6.25 t/ha, T5 = CM 6.25 t/ha + CSW 6.25 t/ha, T6 = CM 6.25 t/ha + CTS 6.25 t/ha, CM = chicken manure, CSW = cassava starch waste, CTS = cassava tails and stalk, SD = standard deviation, CV = coefficient of variation.

ns = not significant, \* significantly different at P < 0.05, \*\* significantly different at P < 0.01. Means with different superscript lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's new multiple range test at P < 0.05.

**Table 5** Cumulative effect of soil organic amendments on the uptake of plant nutrients in stem

Treatment	Nitrogen (kg/ha)	Phosphorus (kg/ha)	Potassium (kg/ha)	
T1	5.90 ± 2.75 <sup>c</sup>	3.00 ± 1.40 <sup>d</sup>	4.14 ± 1.93 <sup>b</sup>	
T2	14.69 ± 0.83 <sup>b</sup>	5.59 ± 0.31 <sup>bc</sup>	10.24 ± 0.58 <sup>a</sup>	
T3	14.79 ± 3.67 <sup>b</sup>	5.22 ± 1.30 <sup>cd</sup>	6.05 ± 1.50 <sup>b</sup>	
T4	8.65 ± 1.35 <sup>c</sup>	5.01 ± 0.78 <sup>cd</sup>	9.96 ± 1.56 <sup>a</sup>	
T5	21.66 ± 0.75 <sup>a</sup>	8.72 ± 0.30 <sup>a</sup>	11.84 ± 0.41 <sup>a</sup>	
T6	18.84 ± 7.22 <sup>ab</sup>	7.83 ± 3.00 <sup>ab</sup>	10.65 ± 4.08 <sup>a</sup>	
F-test	**	**	**	
SD	5.96	2.07	3.01	
%CV	22.3	22.3	20.2	
Treatment	Calcium (kg/ha)	Magnesium (kg/ha)	Sulfur (kg/ha)	
T1	8.25 ± 3.85 <sup>d</sup>	6.22 ± 2.90 <sup>b</sup>	0.77 ± 0.36 <sup>c</sup>	
T2	19.60 ± 1.10 <sup>c</sup>	13.46 ± 0.76 <sup>a</sup>	1.48 ± 0.08 <sup>bc</sup>	
T3	24.03 ± 5.96 <sup>bc</sup>	16.83 ± 4.17 <sup>a</sup>	2.21 ± 0.55 <sup>ab</sup>	
T4	30.61 ± 4.78 <sup>b</sup>	18.72 ± 2.93 <sup>a</sup>	1.89 ± 0.30 <sup>ab</sup>	
T5	56.62 ± 1.95 <sup>a</sup>	16.89 ± 0.58 <sup>a</sup>	2.43 ± 0.08 <sup>a</sup>	
T6	29.73 ± 11.39 <sup>b</sup>	17.86 ± 6.84 <sup>a</sup>	2.44 ± 0.94 <sup>a</sup>	
F-test	**	**	**	
SD	16.16	4.66	0.65	
%CV	17.8	20.6	22.1	
Treatment	Iron (g/ha)	Manganese (g/ha)	Zinc (g/ha)	Copper (g/ha)
T1	136 ± 64	242 ± 113	26 ± 12	2 ± 1 <sup>d</sup>
T2	223 ± 13	425 ± 24	41 ± 2	12 ± 1 <sup>c</sup>
T3	171 ± 43	419 ± 104	32 ± 8	11 ± 3 <sup>c</sup>
T4	171 ± 27	339 ± 53	30 ± 5	9 ± 1 <sup>c</sup>
T5	228 ± 8	465 ± 16	46 ± 2	24 ± 2 <sup>a</sup>
T6	239 ± 92	417 ± 160	48 ± 19	18 ± 7 <sup>b</sup>
F-test	ns	ns	ns	**
SD	41	81	9	8
%CV	22.5	20.5	23.3	21.9

T1 = no soil amendment application, T2 = CM 6.25 t/ha, T3 = CSW 6.25 t/ha, T4 = CTS 6.25 t/ha, T5 = CM 6.25 t/ha + CSW 6.25 t/ha, T6 = CM 6.25 t/ha + CTS 6.25 t/ha, CM = chicken manure, CSW = cassava starch waste, CTS = cassava tails and stalk, SD = standard deviation, CV = coefficient of variation.

ns = not significant, \*\* significantly different at  $P < 0.01$ . Means with different superscript lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's new multiple range test at  $P < 0.05$ .

**Table 6** Cumulative effect of soil organic amendments on the uptake of plant nutrients in leaf and branch

Treatment	Nitrogen (kg/ha)	Phosphorus (kg/ha)	Potassium (kg/ha)	
T1	69.43 ± 10.28 <sup>d</sup>	8.15 ± 1.21 <sup>e</sup>	45.30 ± 6.71	
T2	120.13 ± 18.67 <sup>abc</sup>	13.08 ± 2.03 <sup>cd</sup>	54.78 ± 8.51	
T3	116.93 ± 26.35 <sup>bc</sup>	14.33 ± 3.23 <sup>bc</sup>	57.35 ± 12.92	
T4	95.17 ± 21.63 <sup>cd</sup>	10.11 ± 2.30 <sup>de</sup>	52.38 ± 11.90	
T5	146.84 ± 21.94 <sup>ab</sup>	17.16 ± 2.56 <sup>ab</sup>	64.91 ± 9.70	
T6	154.33 ± 36.48 <sup>a</sup>	19.02 ± 4.50 <sup>a</sup>	66.97 ± 15.83	
F-test	**	**	ns	
SD	31.73	4.12	8.07	
%CV	15.5	15.7	14.6	
Treatment	Calcium (kg/ha)	Magnesium (kg/ha)	Sulfur (kg/ha)	
T1	29.94 ± 4.43 <sup>c</sup>	16.69 ± 2.47 <sup>cd</sup>	4.62 ± 0.69 <sup>b</sup>	
T2	48.19 ± 7.49 <sup>ab</sup>	37.85 ± 5.88 <sup>a</sup>	6.42 ± 1.00 <sup>b</sup>	
T3	48.04 ± 10.83 <sup>ab</sup>	24.12 ± 5.44 <sup>bc</sup>	5.27 ± 1.19 <sup>b</sup>	
T4	39.34 ± 8.94 <sup>bc</sup>	16.19 ± 3.68 <sup>d</sup>	5.63 ± 1.28 <sup>b</sup>	
T5	54.65 ± 8.17 <sup>a</sup>	18.38 ± 2.75 <sup>cd</sup>	6.36 ± 0.95 <sup>b</sup>	
T6	45.74 ± 10.81 <sup>ab</sup>	29.90 ± 7.07 <sup>b</sup>	10.62 ± 2.51 <sup>a</sup>	
F-test	*	**	**	
SD	8.60	8.63	2.14	
%CV	14.8	16.0	16.6	
Treatment	Iron (g/ha)	Manganese (g/ha)	Zinc (g/ha)	Copper (g/ha)
T1	268 ± 40 <sup>d</sup>	757 ± 112 <sup>b</sup>	34 ± 5 <sup>c</sup>	82 ± 12 <sup>bc</sup>
T2	468 ± 73 <sup>c</sup>	1,116 ± 173 <sup>a</sup>	55 ± 9 <sup>ab</sup>	108 ± 17 <sup>ab</sup>
T3	488 ± 110 <sup>bc</sup>	1,305 ± 294 <sup>a</sup>	46 ± 10 <sup>bc</sup>	90 ± 20 <sup>bc</sup>
T4	286 ± 65 <sup>d</sup>	805 ± 183 <sup>b</sup>	36 ± 8 <sup>c</sup>	76 ± 17 <sup>c</sup>
T5	627 ± 94 <sup>a</sup>	1,301 ± 194 <sup>a</sup>	61 ± 9 <sup>a</sup>	121 ± 18 <sup>a</sup>
T6	609 ± 144 <sup>ab</sup>	1,274 ± 301 <sup>a</sup>	66 ± 16 <sup>a</sup>	135 ± 32 <sup>a</sup>
F-test	**	**	**	**
SD	154	252	13	23
%CV	15.7	15.1	15.3	14.9

T1 = no soil amendment application, T2 = CM 6.25 t/ha, T3 = CSW 6.25 t/ha, T4 = CTS 6.25 t/ha, T5 = CM 6.25 t/ha + CSW 6.25 t/ha, T6 = CM 6.25 t/ha + CTS 6.25 t/ha, CM = chicken manure, CSW = cassava starch waste, CTS = cassava tails and stalk, SD = standard deviation, CV = coefficient of variation.

ns = not significant, \* significantly different at  $P < 0.05$ , \*\* significantly different at  $P < 0.01$ . Means with different superscript lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's new multiple range test at  $P < 0.05$ .



โดยทั่วไป มันสำปะหลังดูดใช้ธาตุอาหารหลักเป็นจำนวนมาก โดยดูดใช้โพแทสเซียมมากที่สุด รองลงมาคือ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส (Imas and John, 2013) ขณะที่ Vanlauwe *et al.* (2008) รายงานว่า ผลผลิตหัวมันสำปะหลัง 45 ตันต่อเฮกตาร์ มันสำปะหลังจำเป็นต้องดูดใช้ 62 กิโลกรัม N ต่อเฮกตาร์ 23 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อเฮกตาร์ และ 197 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อเฮกตาร์ ในส่วนหัว และ 202 กิโลกรัม N ต่อเฮกตาร์ 73 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อเฮกตาร์ และ 343 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อเฮกตาร์ ในทุกส่วนของมันสำปะหลังรวมกัน สัดส่วนการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ที่ 5:1:10 ซึ่งจากข้อมูลการดูดใช้ธาตุอาหารหลักข้างต้นของการศึกษานี้มีสัดส่วนเท่ากับ 2:1:5 ซึ่งแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยเฉพาะการดูดใช้ในโตรเจนและโพแทสเซียมเมื่อเปรียบเทียบกับฟอสฟอรัส ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุมาจากดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สะสมเพิ่มมากขึ้นหลังจากที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นเวลาหลายปี โดยผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตำรับการทดลองที่มีการใส่มูลไก่เกลบอัตราตั้งแต่ 6.25 และ 12.5 ตันต่อเฮกตาร์ หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังในปีที่ 5 พบว่าดินที่ระดับความลึก 0–15 และ 15–30 เซนติเมตรมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่สูงถึง 40.1–41.5 และ 45.2–50.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Klongtham *et al.*, 2020) เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสที่อยู่ในวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน มูลไก่เกลบมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าเศษเหลือจากโรงงานแปงมันสำปะหลังทั้งสองพอสสมควร มูลไก่เกลบจึงช่วยให้ฟอสฟอรัสบางส่วนกับมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นพืชที่ใช้ธาตุนี้ค่อนข้างน้อยกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจนและโพแทสเซียม (Howeler, 2014) ขณะที่มันสำปะหลังที่ปลูกในปีที่ทำการศึกษายังคงได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 50 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อเฮกตาร์ ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ว่า การทดลองในปีถัดไปจะสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงครึ่งหนึ่ง (Sittibusaya, 1996) ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดต้นทุน

การผลิตแล้ว ยังน่าจะช่วยให้สมดุลของธาตุอาหารในดินดีขึ้นกว่าเดิม ซึ่งจะนำไปสู่การได้ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอีก สำหรับในกรณีของธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารจะเห็นได้ชัดเจนว่า การใช้วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินช่วยส่งเสริมให้มีการดูดใช้ธาตุอาหารเหล่านี้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการใส่วัสดุเหล่านี้ในตำรับควบคุม แสดงให้เห็นว่า ชุดดินยโสธร ซึ่งเป็นดินเนื้อหยาบที่มีปริมาณธาตุอาหารสำรองต่ำ (Table 1) การปลูกต่อเนื่องหลายปีโดยไม่มีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารให้กับมันสำปะหลังมีแนวโน้มทำให้เป็นข้อจำกัดต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง ขณะที่ มูลไก่เกลบ กากแปะมันสำปะหลัง และเปลือกดินมันสำปะหลังมีธาตุอาหารเหล่านี้เป็นองค์ประกอบอยู่พอสมควร (Table 2) การใส่ต่อเนื่องหลายปีย่อมทำให้เกิดการสะสม หรืออย่างน้อยปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อมันสำปะหลังที่ปลูกในแต่ละปีได้อย่างเพียงพอ และเมื่อพิจารณาภาพรวมของการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของมันสำปะหลังพบว่า โพแทสเซียมจะสูญเสียออกจากพื้นที่ปลูกมากที่สุดจากการที่เกษตรกรนำหัวมันสำปะหลังออกไปจำหน่าย เนื่องจากมันสำปะหลังจะดูดโพแทสเซียมไปเก็บไว้ที่หัวมันสำปะหลังมากกว่าธาตุอื่น ๆ (International Fertilizer Industry Association, 1992) รองลงมาคือ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสตามลำดับ ขณะที่ ธาตุอาหารบางส่วนของที่สะสมอยู่ในเหง้า ลำต้น และกิ่งก้านใบส่วนใหญ่จะถูกคืนกลับลงไปในดิน การจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหมาะสมในดินที่ปลูกมันสำปะหลังจึงเป็นสิ่งจำเป็นหากต้องการรักษาปริมาณผลผลิตให้อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ ซึ่งจากการศึกษาในดินหลายพื้นที่ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันพบว่า มันสำปะหลังมีการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่ค่อนข้างสูงเช่นเดียวกัน (Chaem-Ngern *et al.*, 2020; Jitkhamen *et al.*, 2021; Prombut *et al.*, 2022) ทั้งนี้ จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมและผลผลิตมันสำปะหลังยังพบว่า

ปุ๋ยโพแทสเซียมช่วยให้ผลผลิตมันสำปะหลังและผลผลิตแป้งเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังจะเพิ่มขึ้นเมื่อใส่โพแทสเซียมในอัตรา 80–100 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และจะเริ่มลดลงหรือคงที่เมื่อใส่ในอัตราที่สูงกว่านี้ (Hy *et al.*, 1998)

### สรุป

การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ในชุดดินยโสธรที่มีเนื้อหยาบและความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินซึ่งประกอบด้วยมูลไก่เกลือกากแป้งมันสำปะหลัง และเปลือกดินมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปี ส่งผลสะสมทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง และชีวมวลส่วนเหนือดินสูงกว่าการปลูกโดยไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินอย่างชัดเจน โดยผลผลิตที่ได้ในแปลงที่ไม่มีการปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์มีปริมาณต่ำกว่าแปลงที่มีการปรับปรุงดินค่อนข้างมาก การใส่วัสดุปรับปรุงดินอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด ในอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ให้ผลไม่แตกต่างกับการใส่มูลไก่เกลือกอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับกากแป้งมันสำปะหลังหรือเปลือกดินมันสำปะหลังในอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ แต่การใส่มูลไก่เกลือก ร่วมกับเศษเหลือจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังทั้ง

2 ชนิด ส่วนใหญ่ส่งเสริมให้มันสำปะหลังมีการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารในส่วนหัว เหง้า ลำต้น และกิ่งก้านไปสูงกว่าการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินเพียงชนิดเดียว และสูงกว่าการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินใดเลยอย่างชัดเจน การปลูกมันสำปะหลังในดินนี้จำเป็นต้องมีการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินอย่างต่อเนื่องร่วมกับการจัดการปุ๋ยธาตุอาหารหลักที่เหมาะสมเพื่อรักษาปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังให้อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ โดยเฉพาะการใส่มูลไก่เกลือกอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับเปลือกดินมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย บริษัท ราชสีมา กรีน เอ็นเนอร์ยี จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เปลือกดินมันสำปะหลัง และบริษัท ไทยเซ็นทรัลเคมี จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์แม่ปุ๋ยเคมีสำหรับการดำเนินงานวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- Anusontpornperm, S., S. Nortcliff and I. Kheoruenromne. 2009. Interpretability comparison between soil taxonomic and fertility capability classification units: a case of some major cassava soils in northeast, Thailand. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 43(5): 9–18.
- Bainbridge, Z., K. Tomlins, K. Wellings and A. Westby. 1996. *Methods for Assessing Quality Characteristics of Non-grain Starch Staples. (Part 2. Field Methods)*. Natural Resources Institute, Chatham, UK.
- Bardsley, C.E. and J.D. Lancaster. 1965. Sulfur, pp. 1102–1116. *In* C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Agronomy No. 9. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

- Boonrawd, S., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, I. Kheoruenromne and N. Janjirawuttikul. 2021. Characteristics and fertility capability of cassava growing soils under different annual rainfall conditions in northeast Thailand. *Khon Kaen Agr. J.* 49(4): 1034–1046.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59(1): 39–45.
- Chaem-Ngern, C., S. Anusontpornperm, S. Thanachit and I. Kheoruenromne. 2020. Response of cassava, Huay Bong 80 variety, grown in an Ustic Quartzipsamment, to chicken manure and potassium fertilizer. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 51(22): 2765–2777.
- Chapman, H.D. 1965. Cation-exchange capacity, pp. 891–901. *In* C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties.* Agronomy No. 9. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Howeler, R.H. 2014. *Sustainable Soil and Crop Management of Cassava in Asia: A Reference Manual.* CIAT Publication No. 389. The International Center for Tropical Agriculture (CIAT), The Nippon Foundation, Cali, Colombia.
- Hy, N.H., P.V. Bien, N.T. Dang and T. Phien. 1998. Recent progress in cassava agronomy research in Vietnam, pp. 235–256. *In* R.H. Howeler, ed. *Proc. the 5<sup>th</sup> Regional Workshop: Cassava Breeding, Agronomy and Farmer Participatory Research in Asia, 3–8 November 1996.* Hainan, China.
- Imas, P. and K.S. John. 2013. Potassium nutrition of cassava. e-*ifc* No. 34. International Potash Institute, Zug, Switzerland.
- Intawichai, Y., S. Anusontpornperm, I. Kheoruenromne, S. Thanachit and P. Petprapai. 2016. Response of cassava, Huay Bong 80 variety, to cassava tails and stalk, and soil inorganic amendments. *Agricultural Sci. J.* 47(3): 317–327. (in Thai)
- International Fertilizer Industry Association. 1992. *IFA World Fertilizer Use Manual.* International Fertilizer Industry Association, Paris, France.
- Jackson, M.L. 1965. *Soil Chemical Analysis: Advanced Course.* Department of Soils, University of Wisconsin, Wisconsin, USA.
- Jitkhamen, S., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, I. Kheoruenromne and M. Phun-iam. 2021. Response of cassava, Huay Bong 80 variety, to potassium fertilizer in Warin soil series amended with cassava tails and stalk for 2 consecutive years. *Agricultural Sci. J.* 52(2): 164–184. (in Thai)

- Johnson, C.M. and A. Ulrich. 1959. Analytical methods for use in plant analysis, pp. 26–78. Bulletin of the California Agricultural Experiment Station No. 766. Berkeley, California, USA.
- Klongtham, R., S. Anusontpornperm, S. Thanachit and I. Kheoruenromne. 2020. Cumulative effect of chicken manure, cassava starch manufacturing wastes and chemical fertilizer on cassava grown in Yasothon soil series. *Khon Kaen Agr. J.* 48(6): 1292–1303. (in Thai)
- Meewassana, E., S. Anusontpornperm, I. Kheoruenromne and A. Suddhiprakarn. 2010. Characteristics of plough pan under cassava production areas in Nakhon Ratchasima province. *Khon Kaen Agr. J.* 38(3): 205–214. (in Thai)
- Ministry of Commerce. 2022. Thai product exportation sorted by value between 2018–2021 (January–December). Available Source: [http://www.ops3.moc.go.th/export/recode\\_export\\_rank/report.asp](http://www.ops3.moc.go.th/export/recode_export_rank/report.asp), April 5, 2022. (in Thai)
- Murphy, J. and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27: 31–36.
- National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42 Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, Washington, D.C., USA.
- Nilnoree, T., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, I. Kheoruenromne and P. Petprapai. 2016. Effect of chicken manure and organic wastes from cassava starch manufacturing plant on cassava grown on Dan Khun Thot soil. *Khon Kaen Agr. J.* 44(1): 167–178.
- Nopphan, C., S. Thanachit, S. Anusontpornperm and I. Kheoruenromne. 2017. Effect of deep placement organic soil conditioners on soil aggregate distribution, carbon sequestration and yield of cassava in a Yasothon soil. *Khon Kaen Agr. J.* 45(1): 57–70. (in Thai)
- Office of Agricultural Economics. 2022. Industrial cassava: planting area, number of household, and average provincial planting area per household in 2022. Available Source: <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/Casava%20Holdland%2063.pdf>, April 5, 2022. (in Thai)
- Phun-iam, M., S. Anusontpornperm, S. Thanachit and I. Kheoruenromne. 2018. Yield response of cassava Huay Bong 80 variety grown in an Oxyaquic Paleustult to cassava starch waste and nitrogen fertilizer. *Agr. Nat. Resour.* 52(6): 573–580.
- Plengsuntia, P., S. Anusontpornperm, S. Thanachit and I. Kheoruenromne. 2012. Root yield and starch content of cassava as affected by different fertilizer formulas and chicken manure. *In Proc. the 38<sup>th</sup> Congress on Science and Technology of Thailand (STT38)*, 17–19 October 2012. Chiang Mai, Thailand.

- Pratt, P.F. 1965. Potassium, pp. 1022–1030. *In* C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy No. 9. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Prombut, N., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, I. Kheoruenromne and M. Phun-lam. 2022. Response of cassava to potassium fertilization in a tropical sandy Typic Paleustult amended with burnt rice husk for two-consecutive years. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 53(14): 1823–1840.
- Sittibusaya, C. 1996. *Strategies of Developing Fertilizer Recommendations for Field Crops*. Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sunsangjaroen, W., S. Anusontpornperm, S. Thanachit and I. Kheoruenromne. 2014. Modification of soil criteria for suitability assessment in cassava and sugarcane growing areas of northeast, Thailand. *In Proc. the 40<sup>th</sup> Congress on Science and Technology of Thailand (STT40)*, 2–4 December 2014, Khon Kaen, Thailand.
- Thomas, G.W. 1982. Exchangeable cations, pp. 159–165. *In* A.L. Page, ed. *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2<sup>nd</sup> edition. Agronomy No. 9. American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Vanlauwe, B., P. Pypers and N. Sanginga. 2008. The potential of integrated soil fertility management to improve the productivity of cassava-based systems. *In Proc. the First Scientific Meeting of the Global Cassava Partnership*. Cassava: Meeting of the Challenges of the New Millennium, 21–25 July 2008, Ghent, Belgium.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37(1): 29–38.
- Westerman, R.L. 1990. *Soil Testing and Plant Analysis*. 3<sup>rd</sup> edition. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.