



ผลสะสมของกากแป้งมันสำปะหลังและหินปูนบด และปุ๋ยเคมีต่อผลผลิต และการดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธร

Cumulative Effect of Cassava Starch Waste and Ground Limestone, and Chemical Fertilizer on Yield and Nutrient Uptake of Cassava Planted in Yasothon Soil Series

ณัฐปคัลภ์ ทานะวงศ์ สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม* ศุภิมา ธนะจิตต์ เอิบ เขียวรื่นรมณ์ และมัทฉิมา พันธุ์เอี่ยม
Natprakan Tanawong, Somchai Anusontpornperm*, Suphicha Thanachit, Irb Kheoruenromne
and Mutchima Phun-iam

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900 Thailand

*Corresponding author, e-mail: somchai.a@ku.ac.th

(Received: Jul 25, 2023; Revised: Jan 29, 2024; Accepted: Feb 2, 2024)

บทคัดย่อ

มันสำปะหลังที่ปลูกในดินเนื้อหยาบได้ผลผลิตค่อนข้างต่ำเนื่องจากดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและขาดความชื้นได้ง่าย จึงดำเนินการทดสอบผลสะสมของกากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) และหินปูนบด (GL) และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักที่ใส่ต่อเนื่อง 7 ปี ต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของมันสำปะหลังพันธุ์หวัยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินยโสธร การศึกษานี้เป็นผลของปีที่ 7 วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 4 ซ้ำ แปลงหลัก ประกอบด้วยการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) และหินปูนบด (GL) จำนวน 6 ตำรับการทดลอง แปลงรองเป็นการเปรียบเทียบปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลัก 4 อัตรา ผลการศึกษาพบว่า การใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบด (GL) อัตรา 6.25 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ซึ่งเป็นอัตราแนะนำมีอิทธิพลร่วมส่งเสริมให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และผลผลิตแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 29.22 และ 6.92 ตัน/เฮกตาร์ตามลำดับ โดยค่าสูงสุดดังกล่าวสูงกว่าที่ได้จากแปลงควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินตลอดระยะเวลา 7 ปีแต่ได้รับปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักตามอัตราแนะนำ และการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักถึงร้อยละ 78.4 และ 114.9 ตามลำดับ การดูดใช้ทั้งหมดในมันสำปะหลัง พบว่า มีการดูดใช้ในโตรเจนสูงสุด รองลงมาคือ โพแทสเซียม ส่วนฟอสฟอรัสถูกดูดใช้ในสัดส่วนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับอีก 2 ธาตุ โดยมันสำปะหลังมีการสะสมไนโตรเจนในส่วนกิ่งก้านใบค่อนข้างมากเกินไป ขณะที่การดูดใช้ในโตรเจนและโพแทสเซียมในหัวค่อนข้างน้อยเกินไป ดังนั้น การปลูกมันสำปะหลังในดินทรายจำเป็นต้องใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบด (GL) อัตรา 6.25 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์ และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ต่อเนื่องทุกปีเพื่อรักษาระดับของผลผลิต

คำสำคัญ : วัสดุปรับปรุงดิน กากแป้งมันสำปะหลัง หินปูนบด ดินทรายสีแดง มันสำปะหลัง

Abstract

Cassava planted in sandy soils gives rather low yield due to these soils having low fertility level and being prone to moisture shortage. A cumulative effect of cassava starch waste (CSW) and ground limestone (GL), and chemical fertilizer applied for 7-consecutive-year on yield and NPK uptake of cassava, Huay Bong 80 variety in Yasothon soil series was investigated. This study comprised the 7th growing season's results. The experimental design was arranged in a split plot with four replications. The main plot comprised six treatments of different soil amendments addition while subplot was to compare four rates of NPK chemical fertilizer. Results revealed that the addition of CSW and GL at 6.25 and 1.25 t/ha with 100:50:100 kg N:P₂O₅:K₂O/ha fertilization, a recommended rate, interactively promoted the significantly highest fresh tuber yield and starch yield of 29.22 and 6.92 t/ha, respectively. This highest fresh tuber yield was 78.4% and 114.9% greater than that obtained from the non-amended plot throughout 7-year trial but received NPK chemical fertilizer at the recommended rate and no NPK fertilizer, respectively. The total uptake in cassava showed that the plant took up N in the highest amount followed by K while P was taken up in a very small proportion when compared to the other two

nutrients. Cassava accumulated rather excessive N in leaf and branch whereas N and K uptakes in tuber were slightly too low. Therefore, growing cassava in sandy soils the annual application of CSW mixed with GL at the rate of 6.25 and 12.5 t/ha is necessary to maintain cassava's yield level.

Keywords: Soil amendment, Cassava starch waste, Ground limestone, Reddish sandy soil, Cassava

บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* L. Crantz) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยซึ่งเป็นผู้ผลิตและส่งออกหลักของอาเซียน และตลาดโลก โดยเป็นผู้ผลิตมันสำปะหลังอันดับ 1 ของอาเซียน และเป็นผู้ผลิตอันดับ 3 ของโลกรองจากประเทศไนจีเรีย และคองโก (Sowcharoensuk, 2023) มันสำปะหลังนับเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 5 ของโลก (รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง) ในประเทศไทยพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังมากสุดอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 0.85 ล้านเฮกตาร์ และนิยมปลูกกันมากในจังหวัดนครราชสีมาถึง 0.24 ล้านเฮกตาร์ซึ่งมีผลผลิตมากกว่า 4.62 ล้านตัน (Office of Agricultural Economics, 2023) มันสำปะหลังส่วนใหญ่ปลูกในกลุ่มดินใหญ่ Paleustults ซึ่งประกอบไปด้วยชุดดินยโสธร วาริน สดึก และโคราช ดินในกลุ่มนี้มีเนื้อดินค่อนข้างหยาบ ปัญหาหลัก คือ ดินเหล่านี้มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ และมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ อีกทั้งพื้นที่ปลูกเกิดการกร่อนดินได้ง่าย (Boonrawd *et al.*, 2021)

กากแป้งมันสำปะหลัง (Cassava starch waste) เป็นเศษเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง มีสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน เพราะมีคาร์บอนอินทรีย์เป็นองค์ประกอบสูงรวมทั้งมีปริมาณธาตุอาหารพืชที่เป็นธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณพอสมควร ส่วนหินปูนบด (Ground limestone) เป็นวัสดุที่ใช้ปรับปรุงสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพ กล่าวคือ ทางด้านเคมีของดินสามารถใช้ลดสภาพกรดในดิน ส่งผลต่อเนื้อดินการทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัส และโมลิบดีนัมลดความเป็นพิษของเหล็กและอะลูมิเนียม ทั้งยังส่งเสริมให้เม็ดดินเกาะตัวกัน จึงทำให้ดินร่วนซุยและมีโครงสร้างที่ดีขึ้น (Junior *et al.*, 2020) นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งให้ธาตุแคลเซียมแก่พืช และการเพิ่มพีเอชในดินกรดยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ด้วย

Phun-iam *et al.* (2018) ทดสอบการใช้กากแป้งมันสำปะหลังเพื่อปรับปรุงดิน พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในดิน Oxyaquic Paleustult ให้ผลผลิตของมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง น้ำหนักใบและกิ่ง น้ำหนักเหง้า และชีวมวลส่วนเนื้อดินเพิ่มขึ้น เมื่อมีการใส่กากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 12.5 25 และ 50 ตัน/เฮกตาร์ การใส่หินปูนบดอัตรา 0.625 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์ในดิน Typic Paleustult ส่งผลให้ดินหลังเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังมีพีเอชเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Lunlio *et al.*, 2017) ส่วนการทดลองต่อเนื่อง 5 ปีในชุดดินยโสธรพบว่า การใส่กากแป้งมันสำปะหลังให้ผลดีขึ้นเมื่อใส่ในอัตรา 6.25 ตัน/เฮกตาร์ โดยเฉพาะเมื่อใส่ร่วมกับหินปูนบดอัตรา 1.25 ตัน/เฮกตาร์ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและผลผลิตแป้งสูงสุดเท่ากับ 20.56 และ 5.86 ตัน/เฮกตาร์ตามลำดับ (Senachai *et al.*, 2020) จากการศึกษาที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่า การใช้กากแป้งมันสำปะหลังและหินปูนบดมีแนวโน้มช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในดินทรายได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การศึกษาส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในระยะสั้น ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงผลระยะยาวของกากแป้งมันสำปะหลังและหินปูนบดต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของมันสำปะหลังจึงได้ทำการทดลองภาคสนามต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปี ซึ่งข้อมูลในครั้งนี้เป็นผลการศึกษาในปีที่ 7 โดยผลที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างองค์ความรู้ด้านการปรับปรุงดินทรายเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง และได้เทคโนโลยีที่สามารถถ่ายทอดให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากเป็นผลการศึกษาในแปลงเกษตรกรและมีความต่อเนื่องของการศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

แปลงทดลอง

ดำเนินการทดลองเป็นระยะเวลา 7 ปีในแปลงเกษตรกร บ้านดงกระสัง ตำบลตะเคียน อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา (15° 8'0.57"N 101°45'12.69"E) ดินตัวแทนพื้นที่ทดลอง คือ ชุดดินยโสธร (Fine-loamy, Siliceous, Isohyperthermic: Typic Paleustults) ซึ่งดินนี้เป็นดินดอนที่เกษตรกรนิยมใช้ปลูกมันสำปะหลังเป็นพืชหลัก อาจจะมีการสลับกับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บ้างในบางปี แต่ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกอ้อยเนื่องจากดินขาดความชื้นได้ง่าย เพราะพบอยู่บริเวณลานตะพักลำน้ำชั้นสูง (High terrace) สมบัติดินบน (0–30 ซม.) และดินล่าง (30–60 ซม.) ก่อนเริ่มดำเนิน

การทดลองในปีแรกพบว่า ดินเป็นกรดปานกลาง (pH 5.74) ในดินบน และเป็นกรดจัด (pH 5.07) ในดินล่าง ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมากทั้งในดินบนและดินล่าง ส่วนปริมาณโพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์มีปริมาณต่ำในดินบน และต่ำมากในดินล่าง (ตารางที่ 1) สำหรับสมบัติของกากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) และหินปูนบด (GL) ที่ใช้ในการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 2 โดยกากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) มีพีเอชเป็นกรดปานกลาง (pH 5.8) มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์สูงถึง 433 กรัม/กิโลกรัม และมีธาตุอาหารพืชอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบอยู่มากพอสมควร สำหรับหินปูนบด (GL) มีพีเอชเป็นด่างจัด (pH 8.9) มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบค่อนข้างมากรวมถึงแคลเซียมและแมกนีเซียม (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 สมบัติดินก่อนดำเนินการทดลองในปีแรก

Soil property	Topsoil (0-30 cm)	Subsoil (30-60 cm)
Texture ¹	Loamy sand	Loamy sand
pH _w ² (1:1 H ₂ O)	5.74	5.07
Organic matter ³ (g/kg)	3.46	3.13
Cation exchange capacity ⁴ (cmol _c /kg)	2.00	2.30
Total N ⁵ (g/kg)	0.16	0.16
Available P ⁶ (mg/kg)	3.22	2.03
Available K ⁷ (mg/kg)	34.1	15.1
Extractable Ca ⁷ (cmol _c /kg)	0.66	1.05
Extractable Mg ⁷ (cmol _c /kg)	2.32	0.39
Extractable Na ⁷ (cmol _c /kg)	0.41	0.26

¹Texture measured by pipette method; ²pH (1 : 1 H₂O) analyzed by pH meter; ³organic matter estimated by Walkley and Black titration; ⁴cation exchange capacity measured by saturating the exchange site and displacing by 1 M NH₄OAc at pH 7.0; ⁵total nitrogen measured by Kjeldahl method; ⁶available phosphorus analyzed by Bray II extraction; ⁷available potassium, extractable calcium, magnesium, potassium and extractable magnesium extracted with 1 M NH₄OAc at pH 7.0 and analyzed by atomic absorption spectrometry (AAS).

Table 2 สมบัติของกากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) และหินปูนบด (GL) ที่ใช้ในการทดลอง

Property	CSW	GL	Property	CSW	GL
pH ¹ (H ₂ O 1:5)	5.8	8.9	Total Ca ⁷ (g/kg)	5.6	359
CEC ² (cmol _c /kg)	0.62	nd*	Total Mg ⁷ (g/kg)	1.4	53.6
EC: 1:5 ³ (dS/m)	0.62	0.01	Total Fe ⁸ (mg/kg)	71	0.41
Organic carbon, OC ⁴ (g/kg)	433	1.0	Total Zn ⁸ (mg/kg)	1.4	nd**
Total N ⁵ (g/kg)	3.5	0.1	Total Mn ⁸ (mg/kg)	21	170
Total P ⁶ (g/kg)	0.94	3.7	Total Cu ⁸ (mg/kg)	0.44	217
Total K ⁷ (g/kg)	2.8	0.3			

nd* = not detected; nd** = non-detectable; CSW = cassava starch waste; GL = ground limestone.

¹pH = 1:5 H₂O analyzed by pH meter; ²CEC = Saturating the exchange site and displacing by 1M NH₄OAc at pH 7.0;

³Electrical conductivity = saturation extract (Richard, 1954); ⁴OC = Walkley and Black titration; ⁵Total N = Kjeldahl method;

⁶Total P = Vanado-molybdenum method and measured using AAS; ⁷Total K, Ca, Mg = Digestion in acid mixture (HNO₃-Se-HClO₄) and analyzed by AAS; ⁸Total Fe, Mn, Zn, Cu = Digestion in acid mixture (HNO₃-HClO₄) and analyzed by AAS.

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 4 ซ้ำ แปลงหลัก (Main plot) ประกอบด้วยการทดสอบวัสดุปรับปรุงดิน 6 ตัวรับการทดลอง คือ 1) ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน (T1) 2) ใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) อัตรา 6.25 ตัน/เฮกตาร์ (T2) 3) ใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) อัตรา 12.5 ตัน/เฮกตาร์ (T3) 4) ใส่หินปูนบด (GL) อัตรา 1.25 ตัน/เฮกตาร์ (T4) 5) ใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) อัตรา 6.25 ตัน/เฮกตาร์ผสมกับหินปูนบด (GL) อัตรา 1.25 ตัน/เฮกตาร์ (T5) และ 6) ใส่กากแป้งมันสำปะหลัง

(CSW) อัตรา 12.5 ตัน/เฮกตาร์ผสมกับหินปูนบด (GL) อัตรา 1.25 ตัน/เฮกตาร์ (T6) แปลงรอง (Subplot) เป็นการเปรียบเทียบปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลัก 4 อัตรา คือ 0:0:0 (F0), 50:25:50 (F1), 100:50:100 (F2) และ 200:100:200 (F3) กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ โดยอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์เป็นอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับดินดอนเนื้อหยาบอันดับอัลติซอลส์ที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์น้อยกว่า 6.5 กรัม/กิโลกรัม 5 และ 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัมตามลำดับ (Sittibusaya, 1996) การจัดการแปลงทดลอง เริ่มจากการไถวัสดุปรับปรุงดินตามแปลงที่กำหนดก่อนทำการกลบโดยใช้ไถงานผาล 3 โดยใช้งานไถขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 นิ้ว ไถที่ระดับความลึก 40-45 เซนติเมตร (deep tillage) ทั้งพื้นที่ไว้ 2 สัปดาห์แล้วจึงไถพรวนดินด้วยไถงานผาล 7 จากนั้นทำการยกร่องที่มีระยะระหว่างร่องเท่ากับ 120 เซนติเมตร ทำการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 บนสันร่อง โดยมีระยะปลูกระหว่างต้นเท่ากับ 80 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักตามตำราการทดลองในแปลงรองเมื่อมันสำปะหลังมีอายุได้ 2 เดือน โดยชุดหลุมใส่แล้วกลบบนสันร่องตรงกึ่งกลางระหว่างต้นมันสำปะหลัง ปุ๋ยเคมีที่ใช้ประกอบด้วยปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) การกำจัดวัชพืชมดำเนินการโดยใช้แรงงานคนร่วมกับการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชตามความรุนแรงของการระบาด

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาในครั้งนี้เป็นข้อมูลของมันเป็นสำปะหลังที่ปลูกในปีที่ 7 ในแปลงทดลองที่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปี โดยทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตจำนวน 9 ต้นในแต่ละแปลงรอง คิดเป็นพื้นที่เท่ากับ 8.64 ตารางเมตร และเก็บข้อมูลองค์ประกอบพืชเมื่อมันสำปะหลังอายุ 10 เดือน ได้แก่ ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้งซึ่งคำนวณจากน้ำหนักสดคูณด้วยร้อยละการสะสมแป้ง ร้อยละการสะสมแป้ง (Bainbridge *et al.*, 1996) และชีวมวลส่วนเหนือดินซึ่งเป็นน้ำหนักสดรวมของส่วนเหนือดินที่ประกอบด้วยหัว เหง้า ลำต้น และกิ่งก้านใบ ทำการเก็บตัวอย่างพืชแบบแยกส่วนประกอบด้วยหัว เหง้า ลำต้น และกิ่งก้านใบเพื่อนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืช ประกอบด้วย ไนโตรเจนทั้งหมด ย่อยตัวอย่างพืชด้วยวิธี Kjeldahl ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดย่อยตัวอย่างพืชด้วยกรดรวม (HNO₃-Se-HClO₄) แล้ววัดฟอสฟอรัสโดยวิธี Vanado-molybdenum ก่อนวัดปริมาณโดยเครื่อง Spectrophotometry ส่วนโพแทสเซียม วัดปริมาณโดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชจะนำไปใช้เพื่อการคำนวณปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร โดยคำนวณจากความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชกับน้ำหนักแห้งในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังข้างต้นซึ่งคิดปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารต่าง ๆ ต่อพื้นที่ 1 เฮกตาร์ ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรม SPSS และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของการทดลองแบบเป็นกลุ่มโดยใช้วิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

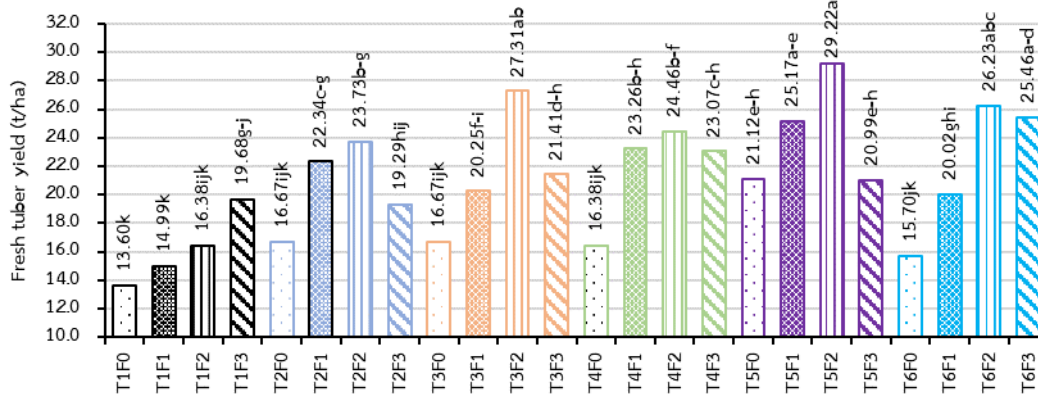
ผลสะสมของวัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักต่อมันสำปะหลัง

ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด

การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปี และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักส่งผลชัดเจนต่อผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ทั้งนี้พบอิทธิพลร่วมระหว่างวัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยเคมีที่ทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงนำเสนอเฉพาะอิทธิพลร่วม โดยพบว่า ในแปลงที่มีการใส่กากแ่งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบดในอัตรา 6.25 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์และมีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (T5F2) มีอิทธิพลร่วมส่งเสริมให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 29.22 ตัน/เฮกตาร์ อย่างไรก็ตามปริมาณดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับแปลงหลักเดียวกันที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักในปริมาณที่ลดลงมาครึ่งหนึ่ง (T5F1) การใส่กากแ่งมันสำปะหลัง (CSW) ในอัตรา 12.5 ตัน/เฮกตาร์ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (T3F2) เช่นเดียวกับในแปลงหลักที่มีการใส่กากแ่งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบดในอัตรา 12.5 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์และมีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 และ 200:100:200 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (T6F2 และ T6F3) (ภาพที่ 1)

การปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินมาตลอดระหว่างเวลา 7 ปี มันสำปะหลังตอบสนองชัดเจนต่อปุ๋ยเคมี แต่ผลผลิตที่ได้ต่ำมาก โดยเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลัก (T1F0) ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดที่มีปริมาณเพียง 13.60 ตัน/เฮกตาร์ และปริมาณผลผลิตส่วนนี้เพิ่มขึ้นตามปริมาณปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักที่ใส่เพิ่มขึ้น (50:25:50 100:50:100 และ 200:100:200 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์) คือ 14.99 (T1F1), 16.38 (T1F2) และ 19.68 (T1F3) ตัน/เฮกตาร์ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ผลผลิตที่ได้ยังคงต่ำกว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากแปลงหลักอื่น ๆ ค่อนข้างมาก และเมื่อพิจารณาเฉพาะแปลงที่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ปรากฏว่า มันสำปะหลังมีการตอบสนองด้านผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดดีที่สุดเมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมี

ธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (T2F2, T3F2, T4F2, T5F2 และ T6F2) สำหรับการใส่หินปูนบด (GL) เพียงอย่างเดียวในอัตรา 1.25 ตัน/เฮกตาร์ (T4) เมื่อใส่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปีส่งเสริมให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดใกล้เคียงกับการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) อัตรา 6.25 ตัน/เฮกตาร์ (T2) โดยเฉพาะเมื่อมีการให้ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 50:25:50 และ 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (ภาพที่ 1)



T1 = no soil amendment application; T2 = CSW 6.25 t/ha; T3 = CSW 12.5 t/ha; T4 = GL 1.25 t/ha; T5 = T2 + T4; T6 = T3 + T4. of N:P₂O₅:K₂O, F0 = 0:0:0 kg/ha; F1 = 50:25:50 kg/ha; F2 = 100:50:100 kg/ha; F3 = 200:100:200 kg/ha.

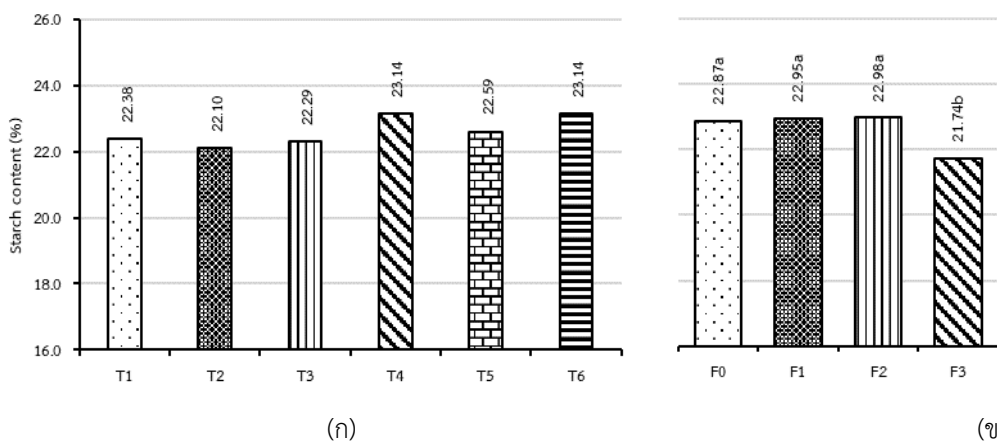
CSW = cassava starch waste; GL = ground limestone; F = NPK chemical fertilizer.

Different lowercase letters on bars are significantly ($p \leq 0.05$) different.

ภาพที่ 1 อิทธิพลร่วมระหว่างผลของวัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักต่อผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด

ร้อยละการสะสมแป้ง

วัสดุปรับปรุงดินไม่ส่งผลชัดเจนต่อร้อยละการสะสมแป้ง โดยร้อยละการสะสมแป้งจากทุกตำรับการทดลองมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 22.10-23.14 (ภาพที่ 2ก) ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักในปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำกลับส่งผลทำให้ร้อยละการสะสมแป้ง (21.74%) ต่ำกว่าการใส่ในอัตราที่ต่ำกว่า (22.87-22.98%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 2ข) ทั้งนี้ ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างวัสดุปรับปรุงดินกับปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักที่ส่งผลทำให้ร้อยละการสะสมแป้งมีความแตกต่างกันระหว่างตำรับการทดลอง



T1 = no soil amendment application; T2 = CSW 6.25 t/ha; T3 = CSW 12.5 t/ha; T4 = GL 1.25 t/ha; T5 = T2 + T4; T6 = T3 + T4.

Of N:P₂O₅:K₂O, F0 = 0:0:0 kg/ha; F1 = 50:25:50 kg/ha; F2 = 100:50:100 kg/ha; F3 = 200:100:200 kg/ha.

CSW = cassava starch waste; GL = ground limestone; F = NPK chemical fertilizer.

Different lowercase letters on bars are significantly ($p \leq 0.05$) different.

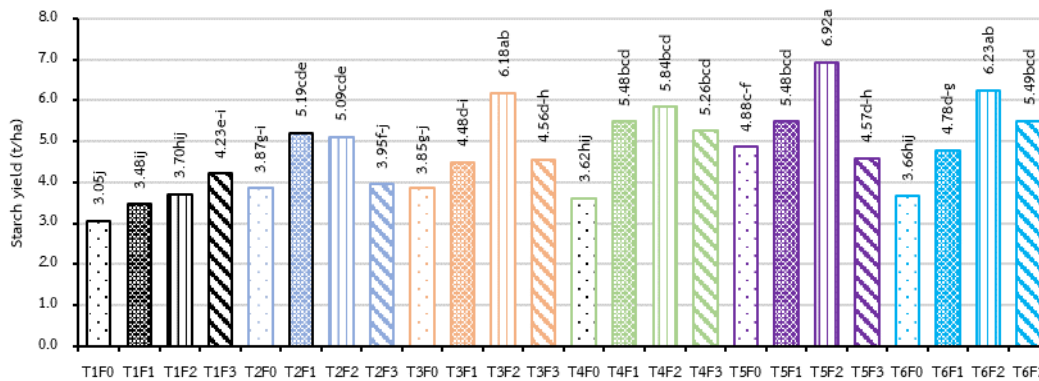
ภาพที่ 2 ผลของวัสดุปรับปรุงดิน (ก) และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลัก (ข) ต่อร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลัง

ผลผลิตแป้ง

การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปี และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักส่งผลชัดเจนต่อผลผลิตแป้ง ทั้งนี้ พบอิทธิพลร่วมระหว่างวัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยเคมีที่ทำให้ผลผลิตแป้งมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงนำเสนอเฉพาะอิทธิพลร่วม

โดยพบว่า การใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบด (GL) ในอัตรา 6.25 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์และมีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (T5F2) มีอิทธิพลร่วมส่งเสริมให้ได้ผลผลิตแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 6.92 ตัน/เฮกตาร์ อย่างไรก็ตาม ปริมาณดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับแปลงหลักที่มีการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบด (GL) ในอัตรา 12.5 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์และมีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักในอัตราเดียวกัน (T6F2) ซึ่งให้ผลผลิตแป้งเท่ากับ 6.23 ตัน/เฮกตาร์เช่นเดียวกับการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) เพียงอย่างเดียวในอัตรา 12.5 ตัน/เฮกตาร์และมันสำปะหลังได้รับปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (T3F2) ซึ่งได้ผลผลิตแป้งเท่ากับ 6.18 ตัน/เฮกตาร์ (ภาพที่ 3)

การปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินมาตลอดระยะเวลา 7 ปี มันสำปะหลังตอบสนองชัดเจนต่อปุ๋ยเคมีอัตรา 200:100:200 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ แต่ผลผลิตแป้งยังคงต่ำมาก โดยเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลัก (T1F0) ได้ผลผลิตแป้งต่ำสุดมีปริมาณเพียง 3.05 ตัน/เฮกตาร์ และปริมาณผลผลิตส่วนนี้เพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามปริมาณปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักที่ใส่เพิ่มขึ้น (3.05-4.23 ตัน/เฮกตาร์) เป็นที่น่าสังเกตว่า การใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักในปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำ หรือเท่ากับ 200:100:200 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (F3) ในแปลงที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินทุกแปลงได้ผลผลิตแป้งต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักตามอัตราแนะนำ (100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์) ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักเพียงครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำ (F1) ก็ได้ผลผลิตแป้งต่ำกว่าการใส่ตามอัตราแนะนำ (ภาพที่ 3) ยกเว้นในแปลงที่มีการปรับปรุงดินด้วยกากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) อัตรา 6.25 ตัน/เฮกตาร์ (T2F1) ที่ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ตามอัตราแนะนำ (T2F2)



T1 = no soil amendment application; T2 = CSW 6.25 t/ha; T3 = CSW 12.5 t/ha; T4 = GL 1.25 t/ha; T5 = T2 + T4; T6 = T3 + T4.

Of N:P₂O₅:K₂O, F0 = 0:0:0 kg/ha; F1 = 50:25:50 kg/ha; F2 = 100:50:100 kg/ha; F3 = 200:100:200 kg/ha.

CSW = cassava starch waste; GL = ground limestone; F = NPK chemical fertilizer.

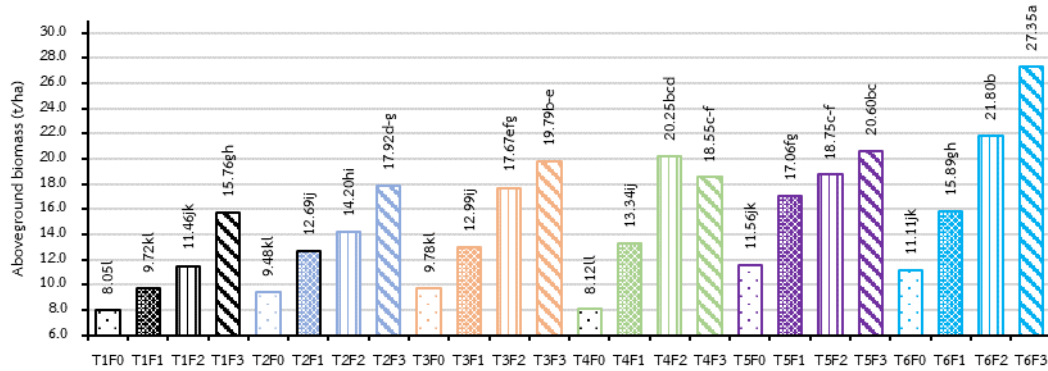
Different lowercase letters on bars are significantly ($p \leq 0.05$) different.

ภาพที่ 3 อิทธิพลร่วมระหว่างวัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักต่อผลผลิตแป้ง

ชีวมวลส่วนเหนือดิน

ชีวมวลส่วนเหนือดินคือผลรวมของน้ำหนักสดเหง้า ลำต้น และกิ่งก้านใบมันสำปะหลัง การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปี และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักส่งผลชัดเจนต่อชีวมวลส่วนเหนือดิน ทั้งนี้พบอิทธิพลร่วมระหว่างวัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยเคมีที่ทำให้ชีวมวลส่วนเหนือดินมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงนำเสนอเฉพาะอิทธิพลร่วม โดยพบว่า การใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบด (GL) ในอัตรา 12.5 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์และมีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 200:100:200 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (T6F2) มีอิทธิพลร่วมส่งเสริมให้ได้ชีวมวลส่วนเหนือดินสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 27.35 ตัน/เฮกตาร์

ในทุกแปลงหลัก ยกเว้น การใส่หินปูนบด (GL) อัตรา 1.25 ตัน/เฮกตาร์ (T4) ปริมาณชีวมวลส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยเคมีที่ใส่เพิ่มขึ้น ในแปลงหลักที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินตลอดระยะเวลา 7 ปีของการศึกษา การปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลัก (T1F0) ได้ชีวมวลส่วนเหนือดินต่ำสุดเท่ากับ 8.05 ตัน/เฮกตาร์ อย่างไรก็ตาม ปริมาณดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่หินปูนบด (GL) อัตรา 1.25 ตัน/ไร่โดยไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักในอัตราเดียวกัน (T4F0) ซึ่งให้ปริมาณชีวมวลส่วนเหนือดินเท่ากับ 8.12 ตัน/เฮกตาร์ (ภาพที่ 3) ขณะที่ แปลงหลักที่มีการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) ร่วมได้ปริมาณชีวมวลส่วนเหนือดินสูงกว่าเล็กน้อย



T1 = no soil amendment application; T2 = CSW 6.25 t/ha; T3 = CSW 12.5 t/ha; T4 = GL 1.25 t/ha; T5 = T2 + T4; T6 = T3 + T4.
Of N:P₂O₅:K₂O, F0 = 0:0:0 kg/ha; F1 = 50:25:50 kg/ha; F2 = 100:50:100 kg/ha; F3 = 200:100:200 kg/ha.
CSW = cassava starch waste; GL = ground limestone; F = NPK chemical fertilizer.
Different lowercase letters on bars are significantly ($p \leq 0.05$) different.

ภาพที่ 4 อิทธิพลร่วมระหว่างวัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักต่อชีวมวลส่วนเหนือดิน

ผลผสมของวัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักต่อการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก

การดูดใช้ในโตรเจน

มันสำปะหลังมีการดูดใช้ในโตรเจนสูงสุดในส่วนกิ่งก้านใบ รองลงมาคือในส่วนหัว ลำต้น และเหง้าตามลำดับ การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปี และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักส่งผลชัดเจนต่อการดูดใช้ในโตรเจนในหัว เหง้า ลำต้น และกิ่งก้านใบของมันสำปะหลัง และปริมาณการดูดใช้ทั้งหมดในมันสำปะหลัง โดยภาพรวม การปรับปรุงดินด้วยกากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบด (GL) ในอัตรา 6.25 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์ (T5) ส่งเสริมให้มีการดูดใช้ในโตรเจนในหัว เหง้า และลำต้นสูงสุด และในแปลงหลักที่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินการดูดใช้ในโตรเจนทั้งหมดในมันสำปะหลังมีค่าสูงกว่าแปลงที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) ส่วนอิทธิพลของปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลัก ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในทุกส่วนของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่เพิ่มขึ้น การใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบด (GL) ในอัตรา 6.25 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์และมีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (T5F2) มีอิทธิพลร่วมส่งเสริมให้มีการดูดใช้ในโตรเจนในหัวสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 30.45 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ส่วนการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบด (GL) ในอัตรา 12.5 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์และมีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 200:100:200 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (T6F3) มีอิทธิพลร่วมส่งเสริมให้มีการดูดใช้ในโตรเจนในหัว และลำต้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 7.63 และ 17.67 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ตามลำดับ ขณะที่การใส่หินปูนบด (GL) อัตรา 1.25 ตัน/เฮกตาร์ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (T4F2) กลับทำให้มีการดูดใช้ในโตรเจนในกิ่งก้านใบ และการดูดใช้รวมทั้งหมดในมันสำปะหลัง สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 292.77 และ 319.47 กิโลกรัม/เฮกตาร์ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลของวัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักต่อการดูดใช้ในโตรเจนในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง

Treatment	Uptake of N (kg/ha)				
	Tuber	Stem base	Stem	Leaf and branch	Whole plant
Main plot: soil amendment					
T1	7.82 ^e	2.97 ^d	4.93 ^c	60.51 ^c	76.22 ^d
T2	11.67 ^d	3.96 ^c	5.05 ^c	181.89 ^a	202.57 ^b
T3	17.33 ^c	5.06 ^b	10.10 ^a	184.67 ^a	217.15 ^a
T4	10.69 ^d	3.88 ^c	7.28 ^b	187.89 ^a	209.74 ^{ab}
T5	19.53 ^b	4.82 ^b	8.30 ^b	175.12 ^a	207.77 ^{ab}
T6	24.54 ^a	6.02 ^a	11.10 ^a	144.28 ^b	185.94 ^c
F-test	**	**	**	**	**

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Treatment	Uptake of N (kg/ha)				
	Tuber	Stem base	Stem	Leaf and branch	Whole plant
Subplot: NPK chemical fertilizer					
F0	11.02 ^d	3.16 ^c	4.64 ^c	95.04 ^d	113.86 ^d
F1	13.98 ^c	4.41 ^b	6.63 ^b	130.60 ^c	155.62 ^c
F2	19.82 ^a	5.05 ^a	9.68 ^a	191.21 ^b	225.77 ^b
F3	16.78 ^b	5.08 ^a	10.17 ^a	199.10 ^a	231.13 ^a
F-test	**	**	**	**	**
Interaction: soil amendment * NPK chemical fertilizer					
T1F0	6.60 ^j	2.98 ^{hi}	3.29 ^{mn}	38.88 ^j	51.75 ^j
T1F1	6.69 ^j	2.60 ^j	4.20 ^{k-n}	50.65 ^{ij}	64.15 ^{ij}
T1F2	8.50 ^{ij}	2.94 ^{hi}	5.57 ^{i-m}	65.25 ^{hi}	82.26 ^{hi}
T1F3	9.51 ^{hij}	3.34 ^{ghi}	6.63 ^{g-k}	87.25 ^h	106.74 ^h
T2F0	8.19 ^{ij}	3.33 ^{ghi}	2.86 ⁿ	126.95 ^{fg}	141.33 ^g
T2F1	12.54 ^{efg}	3.81 ^{e-h}	3.86 ^{lmn}	166.02 ^e	186.24 ^e
T2F2	15.41 ^{cde}	4.01 ^{d-h}	6.26 ^{h-l}	191.57 ^d	217.24 ^d
T2F3	10.53 ^{ghi}	4.69 ^{def}	7.22 ^{g-j}	243.03 ^b	265.47 ^{bc}
T3F0	11.90 ^{fgh}	3.52 ^{f-i}	6.54 ^{g-k}	121.73 ^{fg}	143.68 ^g
T3F1	16.19 ^{cde}	4.27 ^{d-g}	8.69 ^{d-h}	145.07 ^{ef}	174.22 ^{ef}
T3F2	23.66 ^b	6.06 ^{bc}	14.09 ^b	233.63 ^{bc}	277.43 ^b
T3F3	17.56 ^c	6.40 ^b	11.08 ^{cd}	238.24 ^{bc}	273.29 ^b
T4F0	8.04 ^{ij}	2.38 ⁱ	3.22 ^{mn}	81.74 ^h	95.38 ^{hi}
T4F1	9.35 ^{hij}	4.36 ^{d-g}	6.67 ^{g-k}	152.09 ^e	172.46 ^{ef}
T4F2	11.47 ^{fgh}	4.49 ^{d-g}	10.74 ^{cde}	292.77 ^a	319.47 ^a
T4F3	13.91 ^{def}	4.31 ^{d-g}	8.48 ^{e-i}	224.95 ^{bc}	251.64 ^{bc}
T5F0	13.76 ^{def}	3.36 ^{ghi}	6.02 ^{i-l}	120.96 ^{fg}	144.10 ^g
T5F1	16.63 ^{cde}	5.16 ^{cd}	8.00 ^{f-j}	156.67 ^e	186.46 ^e
T5F2	30.45 ^a	5.99 ^{bc}	8.93 ^{d-g}	196.05 ^d	241.42 ^{cd}
T5F3	17.29 ^c	4.78 ^{def}	10.24 ^{c-f}	226.78 ^{bc}	259.09 ^{bc}
T6F0	17.63 ^c	3.38 ^{ghi}	5.88 ^{i-l}	80.01 ^h	106.89 ^{hi}
T6F1	22.48 ^b	6.23 ^{bc}	8.39 ^{e-i}	113.07 ^g	150.18 ^{fg}
T6F2	29.46 ^a	6.85 ^{ab}	12.47 ^{bc}	168.01 ^e	216.79 ^d
T6F3	28.59 ^a	7.63 ^a	17.67 ^a	216.02 ^{bc}	269.91 ^b
F-test	**	**	**	**	**
%CV	12.3	16.3	20.5	10.7	9.1

** significantly different at 0.01 probability level; means with different superscript lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

T1 = no soil amendment application; T2 = CSW 6.25 t/ha; T3 = CSW 12.5 t/ha; T4 = GL 1.25 t/ha; T5 = T2 + T4; T6 = T3 + T4.

Of N:P₂O₅:K₂O, F0 = 0:0:0 kg/ha; F1 = 50:25:50 kg/ha; F2 = 100:50:100 kg/ha; F3 = 200:100:200 kg/ha.

CSW = cassava starch waste; GL = ground limestone; F = NPK chemical fertilizer.

การดูดใช้ฟอสฟอรัส

มันสำปะหลังมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสสูงสุดในส่วนกิ่งก้านใบ ซึ่งโดยเฉลี่ยสูงกว่าในส่วนหัวเล็กน้อย ขณะที่มีการดูดใช้ในลำต้น และเข้าน้อยมาก การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปี และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักส่งผลชัดเจนต่อการดูดใช้ฟอสฟอรัสในหัว ลำต้น และกิ่งก้านใบของมันสำปะหลัง และปริมาณการดูดใช้ทั้งหมดในมันสำปะหลัง โดยภาพรวม การปรับปรุงดินด้วยกากแ่งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบด (GL) ในอัตรา 6.25 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์ (T5) ส่งเสริมให้มีการดูดใช้ฟอสฟอรัสในหัวสูงสุด และในแปลงหลักที่มีการใส่กากแ่งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบด

(GL) ในอัตรา 12.5 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์ (T6) มีการดูใช้ฟอสฟอรัสในเหง้า ลำต้น กิ่งก้านใบ และการดูใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดในมันสำปะหลังมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 4) ส่วนอิทธิพลของปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลัก ปริมาณการดูใช้ฟอสฟอรัสในทุกส่วนของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่เพิ่มขึ้น การใส่กากแอมโมเนียม (CSW) ผสมกับหินปูนบด (GL) ในอัตรา 12.5 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์และมีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (T6F2) มีอิทธิพลร่วมส่งเสริมให้มีการดูใช้ฟอสฟอรัสในหัวสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 7.27 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ส่วนการใส่วัสดุปรับปรุงดินในตำรับการทดลองเดียวกันนี้แต่มีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 200:100:200 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (T6F3) มีอิทธิพลร่วมทำให้มีการดูใช้ฟอสฟอรัสในเหง้า ลำต้น กิ่งก้านใบ และการดูใช้รวมทั้งหมดในมันสำปะหลังสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 2.65, 3.30, 17.28 และ 28.85 กิโลกรัม/เฮกตาร์ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ผลของวัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักต่อการดูใช้ฟอสฟอรัสในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง

Treatment	Uptake of P (kg/ha)				
	Tuber	Stem base	Stem	Leaf and branch	Whole plant
Main plot: soil amendment					
T1	3.84 ^d	0.64 ^d	0.70 ^d	4.61 ^d	9.79 ^e
T2	4.45 ^c	0.65 ^d	0.66 ^d	6.15 ^c	11.91 ^d
T3	4.49 ^c	0.87 ^c	1.70 ^b	6.40 ^c	13.46 ^{cd}
T4	4.68 ^{bc}	0.88 ^c	1.11 ^c	6.07 ^c	12.74 ^{cd}
T5	5.46 ^a	1.71 ^b	1.62 ^b	8.17 ^b	16.95 ^b
T6	4.94 ^b	2.05 ^a	2.27 ^a	10.53 ^a	19.80 ^a
F-test	**	**	**	**	**
Subplot: NPK chemical fertilizer					
F0	3.63 ^d	0.84 ^b	0.81 ^c	4.32 ^d	9.61 ^d
F1	4.35 ^c	1.13 ^a	1.09 ^b	5.88 ^c	12.45 ^c
F2	5.82 ^b	1.27 ^a	1.66 ^a	7.86 ^b	16.61 ^b
F3	4.92 ^a	1.27 ^a	1.80 ^a	9.70 ^a	17.70 ^a
F-test	**	**	**	**	**
Interaction: soil amendment * NPK chemical fertilizer					
T1F0	3.62 ^{ijk}	0.56 ^{kl}	0.49 ^{ijk}	3.06 ^k	7.73 ^m
T1F1	3.60 ^{ijk}	0.55 ^{kl}	0.59 ^{ijk}	3.80 ^{jk}	8.54 ^{lm}
T1F2	3.92 ^{h-k}	0.72 ^{h-l}	0.59 ^{ijk}	4.68 ^{hij}	9.91 ^{kl}
T1F3	4.23 ^{f-j}	0.72 ^{h-l}	1.13 ^{d-g}	6.89 ^{def}	12.96 ^{g-i}
T2F0	3.61 ^{ijk}	0.52 ^l	0.38 ^k	4.30 ^{ijk}	8.82 ^{lm}
T2F1	4.41 ^{e-i}	0.65 ^{i-l}	0.62 ^{h-k}	5.72 ^{fgh}	11.40 ^{jk}
T2F2	5.56 ^{bcd}	0.68 ^{h-l}	0.74 ^{g-k}	6.61 ^{efg}	13.59 ^{ghi}
T2F3	4.21 ^{f-j}	0.75 ^{h-l}	0.92 ^{f-j}	7.94 ^{cde}	13.83 ^{fgh}
T3F0	3.40 ^{jk}	0.61 ^{i-l}	1.09 ^{d-h}	4.06 ^{jk}	9.16 ^{lm}
T3F1	4.11 ^{g-j}	0.80 ^{h-l}	1.38 ^{c-f}	5.64 ^{fgh}	11.93 ^{ji}
T3F2	5.72 ^b	1.10 ^{fgh}	2.19 ^b	6.94 ^{def}	15.94 ^{de}
T3F3	4.74 ^{c-h}	0.96 ^{h-k}	2.15 ^b	8.96 ^c	16.81 ^d

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Treatment	Uptake of P (kg/ha)				
	Tuber	Stem base	Stem	Leaf and branch	Whole plant
Interaction: soil amendment * NPK chemical fertilizer					
T4F0	3.50 ^{ijk}	0.60 ^{ikl}	0.44 ^{ijk}	3.34 ^k	7.88 ^m
T4F1	4.99 ^{b-g}	0.90 ^{h-l}	0.98 ^{e-i}	4.82 ^{hij}	11.68 ^{jk}
T4F2	5.27 ^{b-e}	1.04 ^{f-i}	1.46 ^{cde}	9.13 ^c	16.88 ^d
T4F3	4.97 ^{b-g}	0.98 ^{g-i}	1.56 ^{cde}	6.99 ^{def}	14.51 ^{efg}
T5F0	4.63 ^{d-h}	1.40 ^{def}	1.17 ^{d-g}	5.40 ^{ghi}	12.61 ^{hij}
T5F1	5.12 ^{b-f}	1.75 ^{cd}	1.38 ^{c-f}	7.25 ^{def}	15.50 ^{def}
T5F2	7.20 ^a	2.04 ^{bc}	2.07 ^b	8.77 ^c	20.07 ^c
T5F3	4.88 ^{b-g}	1.63 ^{def}	1.84 ^{bc}	11.25 ^b	19.60 ^c
T6F0	3.02 ^k	1.36 ^{efg}	1.30 ^{def}	5.78 ^{efg}	11.45 ^{jk}
T6F1	3.86 ^{h-k}	2.15 ^b	1.56 ^{cde}	8.06 ^{cd}	15.62 ^{def}
T6F2	7.27 ^a	2.03 ^{bc}	2.93 ^a	11.01 ^b	23.25 ^b
T6F3	5.62 ^{bc}	2.65 ^a	3.30 ^a	17.28 ^a	28.85 ^a
F-test	**	*	**	**	**
%CV	12.4	22.3	1.34	12.1	8.4

*, ** significantly different at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively; means with different superscript lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

T1 = no soil amendment application; T2 = CSW 6.25 t/ha; T3 = CSW 12.5 t/ha; T4 = GL 1.25 t/ha; T5 = T2 + T4; T6 = T3 + T4.

Of N:P₂O₅:K₂O, F0 = 0:0:0 kg/ha; F1 = 50:25:50 kg/ha; F2 = 100:50:100 kg/ha; F3 = 200:100:200 kg/ha.

CSW = cassava starch waste; GL = ground limestone; F = NPK chemical fertilizer.

การดูดใช้โพแทสเซียม

มันสำปะหลังมีการดูดใช้โพแทสเซียมสูงสุดโดยเฉลี่ยในส่วนหัวซึ่งสูงกว่าในส่วนกิ่งก้านใบเล็กน้อย รองลงมาคือเหง้า และลำต้นซึ่งมีปริมาณการดูดใช้ต่ำกว่าพอลมควร การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปี และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักส่งผลชัดเจนต่อการดูดใช้โพแทสเซียมในหัว เหง้า ลำต้น และกิ่งก้านใบของมันสำปะหลัง และปริมาณการดูดใช้ทั้งหมดในมันสำปะหลัง โดยภาพรวม การปรับปรุงดินด้วยหินปูนบด (GL) อัตรา 1.25 ตัน/เฮกตาร์ (T4) ทำให้มีการดูดใช้โพแทสเซียมในหัวสูงสุด การใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบด (GL) ทั้ง 2 อัตรา (T5 และ T6) ส่งเสริมให้มีการดูดใช้ธาตุนี้ในเหง้า และลำต้นสูงสุดใกล้เคียงกัน ขณะที่การใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบด (GL) ในอัตรา 12.5 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์ (T6) ส่งเสริมให้มีการดูดใช้โพแทสเซียมในกิ่งก้านใบ และการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดในมันสำปะหลังมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 5) ส่วนอิทธิพลของปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลัก ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในทุกส่วนของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่เพิ่มขึ้น ยกเว้น การดูดใช้โพแทสเซียมในหัวที่การใส่ในปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำกลับทำให้การดูดใช้ธาตุนี้ลดลงจากค่าสูงสุด การใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบด (GL) ในอัตรา 12.5 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์และมีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (T6F2) มีอิทธิพลร่วมส่งเสริมให้มีการดูดใช้โพแทสเซียมในหัวสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 63.14 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ในส่วนของการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดในมันสำปะหลังนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติกับตำรับการทดลองที่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินเหมือนกันในปริมาณที่เท่ากันแต่ใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 200:100:200 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (T6F3) ที่มีการดูดใช้โพแทสเซียมเท่ากับ 121.44 กิโลกรัม/เฮกตาร์ และตำรับการทดลองนี้ยังมีการดูดใช้โพแทสเซียมในลำต้น และกิ่งก้านใบสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 8.87 และ 47.85 กิโลกรัม/เฮกตาร์ สำหรับการดูดใช้โพแทสเซียมในเหง้า พบค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 12.24 กิโลกรัม/เฮกตาร์ในแปลงที่มีการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง (CSW) ผสมกับหินปูนบด (GL) ในอัตรา 6.25 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์และมีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ (T5F2)



ตารางที่ 5 ผลของวัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักต่อการดูดใช้โพแทสเซียมในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง

Treatment	Uptake of K (kg/ha)				
	Tuber	Stem base	Stem	Leaf and branch	Whole plant
Main plot: soil amendment					
T1	22.34 ^d	4.60 ^c	2.83 ^c	15.43 ^e	45.19 ^e
T2	29.20 ^c	5.53 ^c	3.38 ^c	26.08 ^c	64.18 ^d
T3	34.79 ^b	7.45 ^b	4.28 ^b	18.58 ^d	65.09 ^d
T4	44.28 ^a	7.83 ^b	4.45 ^b	19.53 ^d	76.09 ^c
T5	36.86 ^b	10.20 ^a	5.54 ^a	28.97 ^b	81.57 ^b
T6	46.37 ^a	9.79 ^a	6.03 ^a	32.10 ^a	94.29 ^a
F-test	**	**	**	**	**
Subplot: NPK chemical fertilizer					
F0	25.76 ^d	5.68 ^b	2.70 ^c	16.11 ^d	50.26 ^c
F1	34.48 ^c	7.86 ^a	3.52 ^b	17.97 ^c	63.83 ^b
F2	44.49 ^a	8.34 ^a	5.55 ^a	26.18 ^b	84.55 ^a
F3	39.22 ^b	8.26 ^a	5.81 ^a	33.48 ^a	86.81 ^a
F-test	**	**	**	**	**
Interaction: soil amendment * NPK chemical fertilizer					
T1F0	18.21 ^m	4.56 ^{ij}	2.06 ^{jk}	9.53 ^j	34.35 ^l
T1F1	20.66 ^{lm}	4.03 ^j	2.24 ^{jk}	13.42 ^{hij}	40.34 ^{kl}
T1F2	22.48 ^{klm}	4.62 ^{ij}	3.03 ^{h-k}	14.27 ^{ghi}	44.40 ^{jk}
T1F3	28.00 ^{h-l}	5.18 ^{hij}	4.00 ^{f-i}	24.50 ^{de}	61.67 ^{gh}
T2F0	20.37 ^{lm}	4.10 ^j	1.99 ^{jk}	15.78 ^{ghi}	42.23 ^{kl}
T2F1	31.37 ^{f-j}	6.14 ^{g-j}	2.69 ^{ijk}	27.10 ^{cd}	67.31 ^{gh}
T2F2	38.71 ^{def}	5.78 ^{hij}	3.84 ^{ghi}	30.79 ^c	79.12 ^{ef}
T2F3	26.34 ^{i-l}	6.10 ^{g-j}	4.98 ^{d-g}	30.67 ^c	68.08 ^g
T3F0	24.71 ^{j-m}	6.47 ^{f-i}	2.72 ^{ijk}	15.36 ^{ghi}	49.26 ^{ijk}
T3F1	32.66 ^{f-j}	5.42 ^{hij}	3.18 ^{hij}	11.72 ^{ij}	52.98 ^{hij}
T3F2	44.14 ^{cd}	8.48 ^{def}	5.59 ^{de}	21.01 ^{ef}	79.22 ^{ef}
T3F3	37.63 ^{d-g}	9.45 ^{b-e}	5.62 ^{de}	26.22 ^d	78.92 ^{ef}
T4F0	33.24 ^{f-l}	5.09 ^{hij}	1.73 ^k	12.66 ^{ij}	52.72 ^{hij}
T4F1	43.33 ^{cd}	8.96 ^{cde}	3.25 ^{hij}	15.76 ^{ghi}	71.30 ^{fg}
T4F2	53.74 ^b	9.09 ^{cde}	7.76 ^{ab}	25.43 ^d	96.02 ^{bc}
T4F3	46.83 ^{bc}	8.16 ^{d-g}	5.05 ^{d-g}	24.28 ^{de}	84.31 ^{de}
T5F0	30.43 ^{g-k}	7.38 ^{e-h}	4.02 ^{f-i}	24.91 ^{de}	66.75 ^g
T5F1	37.15 ^{d-g}	11.52 ^{ab}	5.34 ^{def}	17.00 ^{ghi}	71.01 ^{fg}
T5F2	44.73 ^{cd}	12.24 ^a	5.87 ^{cd}	26.26 ^d	89.10 ^{cd}
T5F3	35.12 ^{e-h}	9.64 ^{b-e}	6.94 ^{bc}	47.72 ^a	99.42 ^b
T6F0	27.61 ^{h-l}	6.50 ^{f-i}	3.65 ^{ghi}	18.45 ^{fg}	56.22 ^{hij}

ตารางที่ 5 (ต่อ)

Treatment	Uptake of K (kg/ha)				
	Tuber	Stem base	Stem	Leaf and branch	Whole plant
Interaction: soil amendment * NPK chemical fertilizer					
T6F1	41.70 ^{cde}	11.12 ^{abc}	4.42 ^{e-h}	22.80 ^{de}	80.04 ^{ef}
T6F2	63.14 ^a	9.83 ^{bcd}	7.18 ^b	39.30 ^b	119.45 ^a
T6F3	53.03 ^b	11.69 ^{ab}	8.87 ^a	47.85 ^a	121.44 ^a
F-test	**	**	**	**	**
%CV	14.1	7.56	4.42	11.3	8.6

** significantly different at 0.01 probability level; means with different superscript lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

T1 = no soil amendment application; T2 = CSW 6.25 t/ha; T3 = CSW 12.5 t/ha; T4 = GL 1.25 t/ha; T5 = T2 + T4; T6 = T3 + T4.

Of N:P₂O₅:K₂O, F0 = 0:0:0 kg/ha; F1 = 50:25:50 kg/ha; F2 = 100:50:100 kg/ha; F3 = 200:100:200 kg/ha.

CSW = cassava starch waste; GL = ground limestone; F = NPK chemical fertilizer.

อภิปรายผลการวิจัย

ดินชุดดินยโสธรเป็นดินเนื้อหยาบที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำซึ่งเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือใช้ปลูกมันสำปะหลังเป็นพืชหลัก ผลการศึกษาในแปลงทดลองภาคสนามระยะยาวแสดงให้เห็นชัดเจนว่า การปลูกมันสำปะหลังในดินนี้ต่อเนื่องหลาย ๆ ปีโดยไม่มีการปรับปรุงบำรุงดิน มันสำปะหลังยังคงตอบสนองเชิงบวกต่อปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลัก แต่ผลผลิตที่ได้ยังคงต่ำกว่าผลผลิตเฉลี่ยของประเทศที่มีปริมาณเท่ากับ 21.00 ตัน/เฮกตาร์ (Office of Agricultural Economics, 2023) ค่อนข้างมาก ถึงแม้ว่าจะมีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักในปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำก็ตาม ทั้งนี้เป็นเพราะดินนี้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่ำมากไม่เพียงพอต่อความต้องการของมันสำปะหลัง (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ ดินยังมีความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารต่ำซึ่งเป็นลักษณะของดินดอนอันดับอัลทิซอลส์ที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Boonrawd *et al.*, 2021) นอกจากนี้ดินยังมีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ต่ำมาก และพบปัญหาการอัดตัวแน่นของดิน (Meewassana *et al.*, 2010) ซึ่งปัญหาทางด้านฟิสิกส์ของดินน่าจะเป็นข้อจำกัดที่สำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักค่อนข้างต่ำ

การใช้วัสดุปรับปรุงดินเพื่อช่วยแก้ปัญหาทางดินและเป็นแหล่งของธาตุอาหารบางส่วนให้แก่พืชปลูกเป็นแนวทางที่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตพืชได้ดีในระดับหนึ่ง การศึกษาในระยะสั้นเกี่ยวกับการใช้วัสดุปรับปรุงดินในระบบการปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น มูลไก่กลบ (Chaem-ngern *et al.*, 2020) หินปูนบด โดโลไมต์ เบนทอนิต ยิปซัม และเพอร์ไลต์ (Lunlio *et al.*, 2017) แกลบเผา (Prombut *et al.*, 2022) และกากแป้งมันสำปะหลัง (Phun-iam *et al.*, 2018) พบว่า ได้ผลดีพอสมควร ซึ่งในการศึกษานี้ที่มีการใส่กากแป้งมันสำปะหลังและหินปูนบดต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปี ซึ่งการใส่กากแป้งมันสำปะหลังผสมกับหินปูนบดอัตรา 6.25 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดเท่ากับ 29.22 ตัน/เฮกตาร์เมื่อมันสำปะหลังได้รับปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ ปริมาณดังกล่าวสูงกว่าแปลงที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินแต่ได้รับปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักในปริมาณเท่ากัน และไม่ได้รับปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักถึงร้อยละ 78.4 และ 114.9 ตามลำดับ ขณะที่ การปรับปรุงดินด้วยกากแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวในอัตรา 12.5 ตัน/เฮกตาร์และใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักตามอัตราแนะนำก็ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ำกว่าปริมาณสูงสุดที่ได้เพียงร้อยละ 7.0 แม้กระทั่งการใส่หินปูนบดเพียงอย่างเดียวยังให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงถึง 23.26 และ 24.46 ตัน/เฮกตาร์เมื่อได้รับปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักครั้งหนึ่งของอัตราแนะนำ และอัตราแนะนำตามลำดับ ซึ่งผลผลิตดังกล่าวยังคงสูงกว่าที่ได้จากการควบคุมซึ่งไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินแต่ได้รับปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลัก 2 เท่าของอัตราแนะนำ อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงดินด้วยกากแป้งมันสำปะหลังผสมกับหินปูนบดในอัตราที่มีกากแป้งสูงขึ้นเท่าตัว การให้ผลผลิตของมันสำปะหลังกลับต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่าหากมีการใช้เศษเหลือนี้ปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหลาย ๆ ปี มันสำปะหลังจะเริ่มตอบสนองเชิงบวกต่ออัตราที่น้อยกว่า ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาในระยะสั้นที่พบว่า ในปีแรกมันสำปะหลังให้ผลผลิตสูงสุดในชุดดินโคราช (Oxyaquic Paleustult) เมื่อมีการใส่กากแป้งมันสำปะหลังอัตราตั้ง 12.5 ตัน/เฮกตาร์ขึ้นไป Phun-iam *et al.* (2018) สาเหตุที่กากแป้งมันสำปะหลังส่งเสริมให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจาก เศษเหลือนี้มีธาตุอาหารพืช โดยเฉพาะในกลุ่มจุลธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง (ตารางที่ 2) จึงน่าจะมีส่วนช่วยเสริมให้มันสำปะหลังเจริญเติบโตและให้

ผลผลิตดีขึ้น เนื่องจากมันสำปะหลังได้รับปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักเต็มอัตราแนะนำอยู่แล้ว อีกกรณีหนึ่ง คือ กากแป้งมันสำปะหลังมีคาร์บอนอินทรีย์อยู่ค่อนข้างสูง (ตารางที่ 2) เมื่อใส่คลุกเคล้าลงไปในดินต่อเนื่องหลาย ๆ ปีจึงน่าจะช่วยส่งเสริมให้ดินมีสมบัติทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับความร่วนซุย และการกักเก็บความชื้นดีขึ้น สำหรับหินปูนบดซึ่งมีพีเอชสูง และมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบในปริมาณที่สูงเช่นกันน่าจะมามีบทบาทต่อการปรับพีเอชดินให้เพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย ส่งผลต่อเนื่องด้านการทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัส และโมลิบดีนัม ลดความเป็นพิษของเหล็กและอะลูมิเนียม ทั้งยังส่งเสริมให้เม็ดดินเกาะตัวกัน จึงทำให้ดินร่วนซุยและมีโครงสร้างที่ดีขึ้น (Junior *et al.*, 2020) นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งให้ธาตุแคลเซียมแก่มันสำปะหลังด้วย

เมื่อพิจารณาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักโดยเฉพาะในแปลงที่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินในทุกแปลง การใส่ปุ๋ยนี้ในอัตรา 200:100:200 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ หรือเท่ากับ 2 เท่าของอัตราแนะนำ มันสำปะหลังจะให้ผลผลิตน้อยลง ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่า การให้ไนโตรเจนในอัตราที่สูงเกินไปทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร เนื่องจาก ไนโตรเจนส่งเสริมให้มีการเจริญเติบโตทางเรณอยอดมากเกินไป เช่นเดียวกับทำให้ร้อยละการสะสมแป้งลดต่ำลงดังที่พบในการศึกษานี้ โดย Phun-iam *et al.* (2018) ได้รายงานไว้ว่า มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 75-100 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ อย่างไรก็ตามในการศึกษารั้งนี้ มันสำปะหลังยังคงตอบสนองด้านผลผลิตที่ดีสุดเมื่อมีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักตามอัตราแนะนำคือ 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ ในทุกแปลงที่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน การลดปริมาณปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักลงมาครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำสามารถทำได้ แต่ผลผลิตก็จะลดลงมาในระดับหนึ่ง แต่ก็ยังดีกว่าการให้ปุ๋ยเต็มอัตราแนะนำในแปลงที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน

สำหรับการดูใช้ธาตุอาหารหลักในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง วัสดุปรับปรุงดินในทุกตำรับการทดลองส่งเสริมให้มันสำปะหลังมีการดูใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มสูงขึ้นกว่าการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินอย่างชัดเจน ขณะที่การดูใช้ธาตุอาหารทั้งสามธาตุเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักที่ใส่เพิ่มขึ้นในเกือบทุกส่วนของมันสำปะหลัง ค่าเฉลี่ยการดูใช้ทั้งหมดในมันสำปะหลังพบว่า การดูใช้ในโตรเจนมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ โพแทสเซียม ส่วนฟอสฟอรัสมีการดูใช้ต่ำสุด โดยสัดส่วนการดูใช้อยู่ที่ 13:1:5 ซึ่งผลการศึกษาค่อนข้างแตกต่างจากที่มีการศึกษามาก่อนหน้า โดย Prombut *et al.* (2022) พบสัดส่วนอยู่ที่ 6:2:9 อย่างไรก็ตาม มีรายงานโดยเฉพาะการปลูกมันสำปะหลังในแอฟริกาที่พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอาหารทั้งหมด ไนโตรเจนจะเป็นธาตุที่ถูกดูใช้โดยมันสำปะหลังมากที่สุด (Santos *et al.*, 2014) อย่างไรก็ตาม การศึกษารั้งนี้มันสำปะหลังมีการส่วนเหนือดิน โดยเฉพาะกิ่งก้านใบค่อนข้างมาก จึงมีความเป็นไปได้ที่มันสำปะหลังมีการดูใช้ในโตรเจนขึ้นไปถึงส่วนอยู่ยงส่วนเจริญ (Vegetative parts) มากกว่าปกติ ซึ่งจะสังเกตได้จากปริมาณการดูใช้ในโตรเจนในส่วนกิ่งก้านใบจะพบว่า มีค่าเฉลี่ยจากทุกตำรับการทดลองสูงถึง 155.72 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ในการศึกษาครั้งนี้ มันสำปะหลังมีการดูใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 242, 20 และ 89 กิโลกรัม/เฮกตาร์ โดยเฉพาะในตำรับการทดลองที่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินจะมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 100 และ 200 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ที่มีการดูใช้ในโตรเจนสูงมาก แสดงให้เห็นว่า มันสำปะหลังมีการดูใช้ในโตรเจนสูงเกินไป ส่วนโพแทสเซียมกลับมีการดูใช้น้อยไป ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากประสิทธิภาพของปุ๋ยโพแทสเซียมในดินทรายมักจะต่ำ (Prombut *et al.*, 2022) ถึงแม้ว่าจะมีการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินก็ตาม ดังนั้น จึงส่งผลทำให้พืชปลูกไม่สามารถดูใช้ได้เพียงพอ ซึ่งธาตุนี้มีบทบาทต่อการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล จึงส่งผลทำให้มันสำปะหลังมีการสร้างหัว และสะสมแป้งได้ไม่สูงมาก (Howeler, 2014) ขณะที่การดูใช้ในโตรเจนมากเกินไปกลับส่งเสริมให้มีการนำธาตุอาหารในรากสะสมอาหารขึ้นไปใช้สำหรับการเจริญส่วนยอด ซึ่งข้อมูลในการศึกษานี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนในกรณีของการดูใช้ในโตรเจนในส่วนกิ่งก้านใบในตำรับการทดลองที่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 100 และ 200 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ที่มีปริมาณการดูใช้สูงมากอยู่ในพิสัย 168.01-292.77 กิโลกรัม/เฮกตาร์ (ตารางที่ 3)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การใส่กากแป้งมันสำปะหลังและหินปูนบดต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปีเพื่อปรับปรุงดินชุดดินยโสธรที่มีเนื้อหยาบและความอุดมสมบูรณ์ต่ำและการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักส่งผลสะสมเชิงบวกต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง และการดูใช้ธาตุอาหารหลักในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง โดยเฉพาะการใช้กากแป้งมันสำปะหลังผสมกับหินปูนบดอัตรา 6.25 และ 1.25 ตัน/เฮกตาร์ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ซึ่งเป็นอัตราแนะนำสำหรับดินดอนเนื้อหยาบบนดินอัลติซอลส์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และผลผลิตแป้งสูงสุด ขณะที่การใช้กากแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวในอัตรา 12.5 ตันต่อเฮกตาร์โดยใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักตามอัตรา

แนะนำข้างต้นให้ผลผลิตต่ำกว่าพอสมควร ขณะที่การใส่หินปูนบดเพียงอย่างเดียวในอัตรา 1.25 ตัน/เฮกตาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักตามอัตราแนะนำก็ยังไม่ให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงกว่าการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องหลายปีโดยไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ถึงแม้ว่าจะมีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักในปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำก็ตาม ผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่า หากต้องการรักษาระดับผลผลิตมันสำปะหลังในดินนี้ให้อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจจำเป็นต้องมีการปรับปรุงบำรุงดินด้วยกากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตัน/เฮกตาร์ผสมกับหินปูนบดอัตรา 1.25 ตัน/เฮกตาร์และมีการใส่ปุ๋ยเคมีธาตุอาหารหลักอัตรา 100:50:100 กิโลกรัม N:P₂O₅:K₂O/เฮกตาร์ อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปรับสัดส่วนของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ มันสำปะหลังมีการดูดใช้โพแทสเซียมค่อนข้างต่ำ และมีการเจริญเติบโตทางเรื้อนยอดค่อนข้างมากเกินไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ.), FF(KU5.65) และได้รับการสนับสนุนแม่ปุ๋ยเคมีสำหรับการดำเนินงานวิจัยจากบริษัทไทยเซ็นทรัลเคมี จำกัด (มหาชน)

เอกสารอ้างอิง

- Boonrawd, S., Anusontpornperm, S., Thanachit, S., Kheoruenromne, I. & Janjirawuttikul, N. (2021). Characteristics and fertility capability of cassava growing soils under different annual rainfall conditions in Northeast Thailand. *Khon Kaen Agricultural Journal*, 49(4), 1034-1046.
- Bainbridge, Z., Tomlins, K., Wellings, K. & Westby, A. (1996). *Methods for assessing quality characteristics of non-grain starch staples. (Part 2. field methods)*. Chatham: Natural Resources Institute.
- Chaem-Ngern, C., Anusontpornperm, S., Thanachit, S. & Kheoruenromne, I. (2020). Response of cassava, Huay Bong 80 variety, grown in an Ustic Quartzipsamment, to chicken manure and potassium fertilizer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(22), 2765-2777.
- Howeler, R. H. (2014). *Sustainable soil and crop management of cassava in Asia: A reference manual*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Junior, E. C., Gonçalves Jr., A. C., Seidel, E. P., Ziemer, G. L., Zimmermann, J., De Oliveira, V. H. D., Schwantes, D. & Zeni, C.D. (2020). Effects of liming on soil physical attributes: A review. *Journal of Agriculture Science*, 12(10), 278-286.
- Lunlio, P., Anusontpornperm, S., Thanachit, S. & Kheoruenromne, I. (2017). The impacts of tillage, soil conditioners, and chemical fertilizer on yield of cassava in Yasothon Soil Series (Typic Paleustult), relationship between nutrient concentration and cassava yield components, and soil property. *Khon Kaen Agricultural Journal*, 45(2), 373-382.
- Meewassana, E., Anusontpornperm, S., Kheoruenromne, I. & Suddhiprakarn, A. (2010). Characteristics of plough pan under cassava production areas in Nakhon Ratchasima province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 38(3), 205-214.
- Office of Agricultural Economics. (2023). Cassava for Industry [Online]. Retrieved July 17, 2023, from <http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/cacava%2065.pdf>.
- Phun-iam, M., Anusontpornperm, S., Thanachit, S. & Kheoruenromne, I. (2018). Yield response of cassava Huay Bong 80 variety grown in an Oxyaquic Paleustult to cassava starch waste and nitrogen fertilizer. *Agriculture and Natural Resources*, 52(6), 573-580.
- Prombut, N., Anusontpornperm, S., Thanachit, S., Kheoruenromne, I. & Phun-iam, M. (2022). Response of cassava to potassium fertilization in a tropical sandy Typic Paleustult amended with burnt rice husk for two-consecutive years. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 53(14), 1823-1840.



- Santos, N. S., Alves, J. M. A., Uchôa, S. C. P., Oliveira, N. T. & Albuquerque, J. A. A. (2014). Absorption of macronutrients by cassava in different harvest dates and dosages of nitrogen. *Revista Ciência Agronômica*, 45, 633–40.
- Senachai, W., Anusontpornperm, S., Thanachit, S. & Kheoruenromne, I. (2020). Response of cassava to chemical fertilizer in Yasothon soil series amended with cassava starch waste and ground limestone for 5 consecutive years. *Khon Kaen Agricultural Journal*, 48(6), 1254-1265.
- Sittibusaya, C. (1996). *Strategies for developing fertilizer recommendations for field crops*. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives.
- Sowcharoensuk, C. (2023). Industry Outlook 2023-2025: Cassava Industry [online]. Retrieved July 21, 2023, from: <https://www.krungsri.com/en/research/industry/industry-outlook/agriculture/cassava/io/cassava-2023-2025>, 12 July 2023.