

การตอบสนองของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยบง 80 ต่อปุ๋ยโพแทสเซียมในชุดดินวาริน ที่ถูกปรับปรุงด้วยเปลือกดินมันสำปะหลังต่อเนื่อง 2 ปี

Response of Cassava, Huay Bong 80 Variety, to Potassium Fertilizer in Warin Soil Series Amended with Cassava Tails and Stalk for 2 Consecutive Years

สุดารัตน์ จิตเขม้น¹ สมชัย อนุสนธิพรเพิ่ม^{1,*} ศุภิมา ธนะจิตต์¹ เอิบ เขียววีร์นรมย์¹ และ มัทชิวมา พันธุ์เอี่ยม¹
Sudarat Jitkhamen¹, Somchai Anusontpornperm^{1,*}, Suphicha Thanachit¹, Irb Kheoruenromne¹
and Mutchima Phun-iam¹

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

รับเรื่อง: 22 กรกฎาคม 2564 Received: 22 July 2021

ปรับแก้ไข: 13 สิงหาคม 2564 Revised: 13 August 2021

รับตีพิมพ์: 19 สิงหาคม 2564 Accepted: 19 August 2021

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

ABSTRACT: A field experiment was carried out in coarse-textured Warin soil series amended with cassava tails and stalk (CTS) for 2-consecutive years, objectively to investigate the response of cassava, Huay Bong 80 variety to potassium (K) fertilizer. The experimental design was arranged in a split plot with four replications. The main plot consisted of the application of CTS at five rates, i.e., 0, 3.125, 6.25, 12.5, and 25 t/ha while the subplot comprised two rates of K fertilizer, i.e., 0 and 100 kg K₂O/ha. Cassava was harvested at 12 months of age. The results showed that the addition of CTS at the rate of 12.5 and 25 t/ha promoted the highest fresh tuber yield and starch yield in the 1st crop which significantly differed from the other treatments ($P < 0.05$) and tended to induce the highest ones in the 2nd crop but without statistical difference among treatments. Cassava highly significantly responded to 100 kg K₂O/ha of K fertilizer ($P < 0.01$) when compared to no K fertilizer application in the context of fresh tuber yield, starch yield, and aboveground biomass (Stem base, stem, and leaf and branch) in both crops. However, the interaction between CTS and K fertilizer showed an unclear effect on growth and yield of cassava in both crops. Potassium fertilizer stimulated the uptake of major plant nutrients more clearly than CTS. Cassava took up K in the highest quantity followed by nitrogen whereas phosphorus was taken up in small amounts. Nitrogen was taken up the most in leaf and branch while phosphorus and K were taken up the most in the tuber. The result demonstrated that applying CTS at the rate of 12.5 and 25 t/ha as soil amendment can increase cassava yield but the application of K fertilizer at a recommended rate is still required.

Keywords: Cassava, soil amendment, cassava tails and stalk, potassium fertilizer, Warin soil series

Agricultural Sci. J. (2021) Vol. 52(2): 164–184

ว. วิทย์. กษ. (2564) 52(2): 164–184

บทคัดย่อ

ทำการทดลองในชุดดินวารินที่มีเนื้อหยาบที่มีการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังปรับปรุงดินต่อเนื่อง 2 ปี เพื่อศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ต่อปุ๋ยโพแทสเซียม วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 4 ซ้ำ แปลงหลัก ประกอบด้วย การใส่เปลือกดินมันสำปะหลัง 5 อัตรา ได้แก่ 0, 3.125, 6.25, 12.5 และ 25 ตันต่อเฮกตาร์ ส่วนแปลงรองเป็นการทดสอบปุ๋ยโพแทสเซียม 2 อัตรา คือ 0 และ 100 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน ผลการศึกษา พบว่า ในปีที่ 1 การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 12.5 และ 25 ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและผลผลิตแป้งสูงสุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวรับการทดลองอื่น ($P < 0.05$) และมีแนวโน้มทำให้ได้ค่าสูงที่สุดในปีที่ 2 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างตัวรับการทดลอง มันสำปะหลังตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 100 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์โดยมีผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง และชีวมวลส่วนเหนือดิน (เหง้า ต้น และกิ่งก้านใบ) สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ในทั้ง 2 ปี ของการศึกษา อย่างไรก็ตาม อิทธิพลร่วมระหว่างเปลือกดินมันสำปะหลังและปุ๋ยโพแทสเซียมไม่ส่งผลชัดเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังทั้ง 2 ปี ปุ๋ยโพแทสเซียมส่งผลต่อการดูใช้ธาตุอาหารหลักชัดเจนกว่าเปลือกดินมันสำปะหลัง มันสำปะหลังมีการดูใช้โพแทสเซียมสูงที่สุดรองลงมาคือ ไนโตรเจน ส่วนฟอสฟอรัสถูกดูใช้ค่อนข้างน้อย ไนโตรเจนถูกดูใช้สูงที่สุดในกิ่งก้านใบ ขณะที่ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมถูกดูใช้สูงที่สุดในส่วนหัว ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การใช้เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 12.5 และ 25 ตันต่อเฮกตาร์ ในการปรับปรุงดิน สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้ แต่ยังคงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมตามอัตราแนะนำ

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง, วัสดุปรับปรุงดิน, เปลือกดินมันสำปะหลัง, ปุ๋ยโพแทสเซียม, ชุดดินวาริน

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทยตั้งแต่ช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 สามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ ได้แก่ มันเส้น มันอัดเม็ด และแป้งมัน (Howeler, 2012) โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในประเทศไทย (Office of Agricultural Economics, 2020) และจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด คือ จังหวัดนครราชสีมา แต่ดินส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เกิดการเสื่อมโทรมเนื่องจากการใช้ที่ดินมานานโดยขาดการปรับปรุงบำรุงดินที่เหมาะสม และเกิดปัญหาการกร่อนดิน (Mitsuchi *et al.*, 1986; Anusontpornperm *et al.*, 2009) นอกจากนี้ ยังพบปัญหาชั้นดานไถพรวน (Plough pan) ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง (Kliaklom *et al.*, 2010; Meewassana *et al.*, 2010) ทำให้ดินเหล่านี้ไม่อยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ดีที่สุดสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง (Sunsangaroen *et al.*, 2014)

การปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว จะให้ผลผลิตไม่ดีเท่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์และอินทรีย์ปรับปรุงดิน (Plengsuntia *et al.*, 2012; Lunlio *et al.*, 2017; Phun-iam *et al.*, 2018; Ruenchan *et al.*, 2018; Chaem-ngern *et al.*, 2020) เปลือกดินมันสำปะหลังเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ได้จากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในขั้นตอนแรกของการผลิต ประกอบด้วยดินและบางส่วนของเหง้าและรากมันสำปะหลัง และแม้เปลือกดินมันสำปะหลังจะเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังเช่นเดียวกับกากแป้งมันสำปะหลัง และเปลือกถั่วมันสำปะหลัง แต่ไม่สามารถนำไปใช้ผสมในอาหารสัตว์ได้ จึงกลายเป็นเศษเหลือทิ้งในปริมาณมาก ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านการกักเก็บและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม เปลือกดินมัน

สำปะหลังมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบอยู่พอสมควร จึงสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ เกษตรกรไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อ มีเพียงค่าขนส่งเท่านั้น โดยการศึกษาการใช้เปลือกดินมันสำปะหลังเป็นวัสดุปรับปรุงดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังยังมีไม่มากนัก แต่จากรายงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ เพื่อปรับปรุงดินร่วนทรายที่ใช้ปลูกมันสำปะหลัง 1 ฤดูกาล ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (Intawichai *et al.*, 2016) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าการไม่ใส่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Nilnoree *et al.*, 2016)

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยในมันสำปะหลังโพแทสเซียมจะช่วยกระตุ้นกิจกรรมการสังเคราะห์แสงของใบ และเพิ่มการส่งผ่านผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไปสู่หัวมันสำปะหลังให้มากขึ้น (Imas and John, 2013; Howeler, 2014; Mia, 2015) การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมนอกจากจะช่วยเพิ่มผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดแล้วยังช่วยเพิ่มร้อยละการสะสมแป้งด้วย (Howeler, 1998) และยังช่วยลดการสะสมกรดไซยานิก (HCN) ในหัวมันสำปะหลัง (Kabeerathumma *et al.*, 1990) ดินเนื้อหยาบที่มักมีโพแทสเซียมสำรองต่ำ การปลูกมันสำปะหลังเพียงหนึ่งหรือไม่กี่ฤดูปลูกจะส่งผลทำให้ธาตุนี้ลดลงอย่างรวดเร็ว ในการศึกษาระยะเวลา 25 ปี มันสำปะหลังที่ปลูกในดินที่ขาดโพแทสเซียมจะให้ผลผลิตน้อยกว่าที่ปลูกในดินที่ขาดฟอสฟอรัสมาก แสดงให้เห็นว่า การขาดธาตุโพแทสเซียมในดินมีผลกระทบต่อมันสำปะหลังมากกว่าการขาดธาตุฟอสฟอรัส (Howeler, 2014) ผลการทดลองระยะเวลา 2 ปี ในสภาพสนามที่ประเทศไนจีเรีย แสดงให้เห็นว่า มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโต ให้ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตสูงสุดเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 80 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (Uwah *et al.*, 2013) การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 50 กิโลกรัม K_2O ต่อ

เฮกตาร์ ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณเท่ากันทุกปีเป็นเวลา 8 ปี ช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในดินทรายทางชายฝั่งแอตแลนติก ประเทศโคลัมเบีย (Cadavid *et al.*, 1998) กรมวิชาการเกษตรได้แนะนำอัตราการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินดอนเนื้อหยาบอันดับอัลติซอลส์ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยอิงจากผลการทดสอบปุ๋ยภาคสนามหลายบริเวณ โดยให้ใส่ปุ๋ยอัตรา 100 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ เมื่อดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หากสูงกว่านี้ให้ใส่ที่อัตรา 50 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ (Sittibusaya, 1996) จะเห็นได้ว่า ปุ๋ยโพแทสเซียมมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อมันสำปะหลัง โดยเฉพาะเมื่อปลูกในดินเนื้อหยาบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เนื่องจากเปลือกดินมันสำปะหลังมีธาตุโพแทสเซียมสูงจึงอาจช่วยลดการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมลงได้ในระดับหนึ่ง ขณะที่ สารอินทรีย์จากเปลือกดินมันสำปะหลังช่วยดูดซับธาตุอาหารได้บางส่วน การศึกษานี้จึงดำเนินการเพื่อศึกษาการตอบสนองของมັນสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ต่อปุ๋ยโพแทสเซียมเมื่อปลูกในชุดดินวารินที่ถูกปรับปรุงด้วยเปลือกดินมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 2 ปี ผลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการดินและปุ๋ย เพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในดินเสื่อมโทรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

แปลงทดลอง

ดำเนินการทดลองในแปลงเกษตรกร บ้านซับพลูน้อย ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา (15°11'2.10" N 101°27'18.66" E) โดยใช้ชุดดินวารินเป็นดินตัวแทนในพื้นที่ทดลอง ซึ่งสามารถจำแนกระดับวงศ์ดินได้เป็น Sandy, Siliceous, Isohyperthermic, Grossarenic Paleustult พบบนพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันร้อยละ 3 พบน้ำใต้ดินลึกกว่า 2 เมตร เนื้อดินเป็นดิน

ทรายร่วนตั้งแต่ชั้นผิวดินจนถึงที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ในระดับต่ำถึงต่ำมาก และ

มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำปานกลางที่ระดับความลึก 0–25 เซนติเมตร และต่ำถึงต่ำมากในดินตอนล่างชั้นดังกล่าว (Table 1)

Table 1 Property of soil prior to conducting the experiment

Property ¹	Soil depth		
	0–25 cm	25–45 cm	45–60 cm
Texture	Loamy sand	Loamy sand	Loamy sand
pH (1 : 1 H ₂ O)	5.40	4.90	5.00
Organic matter (g/kg)	2.75	3.61	2.02
Total N (g/kg)	0.05	0.04	0.05
Available P (mg/kg)	4.83	4.76	3.67
Available K (mg/kg)	15.60	15.60	7.60
Available Ca (mg/kg)	170	180	116
Available Mg (mg/kg)	26.40	22.80	18.00
Available Fe (mg/kg)	2.67	4.02	3.90
Available Mn (mg/kg)	8.06	14.45	7.61
Available Zn (mg/kg)	0.54	0.90	0.47
Available Cu (mg/kg)	0.02	0.01	0.04
Cation exchange capacity (cmol _c /kg)	7.50	1.20	4.50

¹ Texture evaluated by pipette method (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965), pH (1 : 1 H₂O) analyzed by pH meter (Soil Survey Division Staff, 1993), organic matter estimated by Walkley and Black titration (Walkley and Black, 1934), total nitrogen (N) measured by Kjeldahl method (Jackson, 1965), available phosphorus (P) analyzed by Bray II extraction (Bray and Kurtz, 1945), available potassium (K), calcium (Ca), and magnesium (Mg) extracted by 1 M NH₄OAc at pH 7.0 and analyzed by atomic absorption spectrometry (AAS) (Haby *et al.*, 1990; Thomas, 1996), available iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn), and copper (Cu) extracted by 0.005M DTPA at pH 7.3 and analyzed by AAS (Lindsay and Norvell, 1978; Lindsay and Martens, 1990), cation exchange capacity measured by saturating the exchange site and displacing by 1 M NH₄OAc at pH 7.0 and analyzed by AAS (Chapman, 1965)

แผนการทดลอง

งานทดลองภาคสนามดำเนินการต่อเนื่องเป็นเวลา 2 ปี โดยใช้แผนการทดลองแบบสปรินทพลอต (Split plot) จำนวน 4 ซ้ำ แปลงหลัก (Main plot) ได้แก่ การใส่เปลือกดินมันสำปะหลัง (Cassava tails

and stalk, CTS) เพื่อปรับปรุงดินจำนวน 5 อัตรา ได้แก่ 0, 3.125, 6.25, 12.5 และ 25 ตันต่อเฮกตาร์ แปลงรอง (Subplot) เป็นการเปรียบเทียบปุ๋ยโพแทสเซียม 2 อัตรา คือ 0 และ 100 กิโลกรัม K₂O ต่อเฮกตาร์ โดยดำเนินการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังและปุ๋ย

โพแทสเซียมเหมือนกันทั้ง 2 ปี ที่ศึกษา สำหรับสมบัติของเปลือกดินมันสำปะหลังที่ใช้ในการศึกษาแสดงไว้ใน Table 2

การดำเนินงานแปลงทดลองภาคสนามทั้ง 2 ปี (ปีที่ 1 ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 และปีที่ 2 ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2561 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562) เริ่มจากการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังตามตำรับการทดลองก่อนไถกลบลึก (Deep placement) ด้วยไถงานผล 3 ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจาน 28 นิ้ว ทั้งพื้นที่ไว้ 2 สัปดาห์ ก่อนพรวนดินด้วยไถงานผล 7 แล้วจึงยกร่องขวาง

ความลาดเท โดยมีระยะห่างระหว่างร่อง 1.2 เมตร ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 บนสันร่องโดยใช้ระยะปลูกที่ 80 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมตามตำรับการทดลอง ขณะที่ ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสใส่ในปริมาณ 1.2 เท่า ของอัตราแนะนำหรือเท่ากับ 120 : 60 กิโลกรัม N : P₂O₅ ต่อเฮกตาร์ (Sittibusaya, 1996) เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 12 เดือน โดยขุดหลุมบนสันร่องตรงกึ่งกลางระหว่างต้นมันสำปะหลังแล้วกลบด้วยดิน ซึ่งปุ๋ยที่ใช้ประกอบด้วยปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)

Table 2 Property of cassava tails and stalk used in the experiment

Property ¹	Cassava tails and stalk
pH (1 : 5 H ₂ O)	4.60
Cation exchange capacity (cmol _c /kg)	1.50
Organic carbon (g/kg)	156
Total N (g/kg)	3.90
Total P (g/kg)	0.30
Total K (g/kg)	6.20
Total Ca (g/kg)	9.70
Total Mg (g/kg)	1.90
Total S (g/kg)	1.97
Total Fe (mg/kg)	51
Total Mn (mg/kg)	290
Total Zn (mg/kg)	77
Total Cu (mg/kg)	42
Total Na (g/kg)	0.50

¹ pH (1 : 5 H₂O) analyzed by pH meter (Soil Survey Division Staff, 1993), cation exchange capacity measured by saturating the exchange site and displacing by 1 M NH₄OAc at pH 7.0 (Chapman, 1965), organic carbon estimated by Walkley and Black titration (Walkley and Black, 1934), total nitrogen (N) measured by Kjeldahl method (Jackson, 1965), total phosphorus (P) analyzed by Vanado-molybyellow method (Fixen and Grove, 1990), total potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), and sodium (Na) measured by digesting in acid mixture (HNO₃-Se-HClO₄) and analyzed by atomic absorption spectrometry (AAS) (Bardsley and Lancaster, 1965; Westerman, 1990), total iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn), and copper (Cu) measured by digesting in acid mixture (HNO₃-HClO₄) and analyzed by AAS (Johnson and Ulrich, 1959; Lindsay and Martens, 1990)

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บเกี่ยวผลผลิตและเก็บข้อมูลองค์ประกอบพืชเมื่อมันสำปะหลังอายุ 12 เดือน ได้แก่ ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ร้อยละการสะสมแป้ง ผลผลิตแป้ง (คำนวณจากน้ำหนักสดคูณด้วยร้อยละการสะสมแป้ง) และชีวมวลส่วนเหนือดิน เก็บตัวอย่างพืชแบบแยกส่วนประกอบด้วย หัว เหง้า ลำต้น และกิ่งก้านใบ และนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชด้วยวิธีการเดียวกับการวิเคราะห์สมบัติของเปลือกดินมันสำปะหลังใน Table 2 คำนวณปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร จากความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชกับน้ำหนักแห้งในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง โดยคิดปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารต่าง ๆ ต่อพื้นที่ 1 เฮกตาร์ จากนั้น นำข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบพืชมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรม SPSS และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่ารับการทดลองแบบเป็นกลุ่มด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของเปลือกดินมันสำปะหลังต่อผลผลิตและชีวมวลส่วนเหนือดินของมันสำปะหลัง

การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังเป็นวัสดุปรับปรุงดินในชุดดินวารินที่มีเนื้อหยาบส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังอย่างชัดเจนในปีที่ 1 โดยพบว่า การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังอัตรา 25 ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุด (46.53 ตันต่อเฮกตาร์) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ที่อัตรา 12.5 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด 45.04 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งสูงกว่าค่ารับการทดลองที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 25 ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าค่ารับควบคุมที่ไม่มีกรใส่เปลือกดินมันสำปะหลังร้อยละ 23 สำหรับผลผลิตในปีที่ 2 มีแนวโน้มคล้ายคลึงกับปีที่ 1 แต่ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่ารับการทดลอง อย่างไรก็ตามผลผลิตที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 21.48 ตันต่อเฮกตาร์ในค่ารับควบคุม เป็น 27.51 ตันต่อเฮกตาร์ เมื่อมีการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังอัตรา 25 ตันต่อเฮกตาร์ต่อเนื่องเป็นปีที่ 2 (Figure 1A)

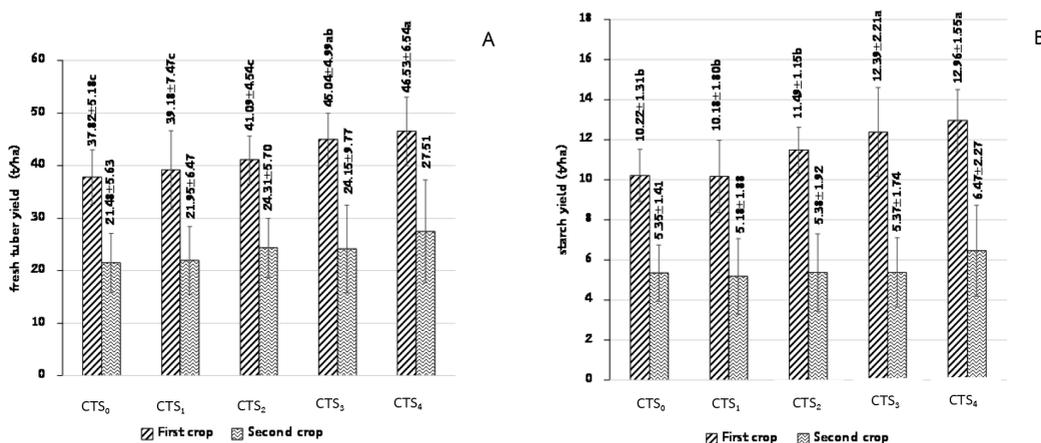


Figure 1 Effect of cassava tails and stalk on (A) fresh tuber yield and (B) starch yield of cassava. CTS₀ = no applying cassava tails and stalk, CTS₁, CTS₂, CTS₃ and CTS₄ = applying cassava tails and stalk at the rate of 3.125, 6.25, 12.5 and 25 t/ha, respectively. Different lowercase letters on bars within the same crop are significantly different at $P < 0.05$

สำหรับผลผลิตแป้ง ให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองเฉพาะในปีที่ 1 การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังอัตรา 12.5 และ 25 ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้ได้ผลผลิตแป้ง 12.39 และ 12.96 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าตำรับควบคุมที่ได้ผลผลิตแป้ง 10.22 ตันต่อเฮกตาร์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) สำหรับในปีที่ 2 พบว่า ตำรับควบคุม และการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังตั้งแต่ 3.125–12.5 ตันต่อเฮกตาร์ ให้ผลผลิตแป้งใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.18–5.38 ตันต่อเฮกตาร์ ขณะที่การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 25 ตันต่อไร่ ได้ผลผลิตแป้ง 6.47 ตันต่อเฮกตาร์ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองอื่น (Figure 1B) อย่างไรก็ตาม การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังเพื่อปรับปรุงดินไม่ส่งผลชัดเจนต่อร้อยละการสะสมแป้งของมินสำปะหลังในทั้ง 2 ปี ที่ศึกษา

การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังส่งผลไม่ชัดเจนต่อน้ำหนักสดเหง้า ลำต้น กิ่งก้านใบ และชีวมวลส่วนเหนือดินของมินสำปะหลังในทั้ง 2 ปี ที่ศึกษา ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองในบางกรณี แต่ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับอัตราของเปลือกดินมันสำปะหลังที่ใช้ โดยการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 25 ตันต่อเฮกตาร์ ในปีที่ 1 ส่งผลทำให้ได้น้ำหนักเหง้าสูงที่สุด (4.53 ตันต่อเฮกตาร์) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับการทดลองอื่น ($P < 0.05$) แต่ในปีที่ 2 น้ำหนักเหง้าของแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 2A) การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 25 ตันต่อเฮกตาร์ ยังมีแนวโน้มทำให้ได้น้ำหนักลำต้นสูงที่สุดในทั้ง 2 ปี ที่ศึกษา แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ในอัตราอื่น และตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่เปลือกดินมันสำปะหลัง (Figure 2B) สำหรับลำต้น พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองในปีที่ 1 แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในปีที่ 2 อย่างไรก็ตาม น้ำหนักลำต้นที่มีความแตกต่าง

ต่างกันทางสถิติไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการใส่เปลือกดินมันสำปะหลัง (Figure 2C) เมื่อนำน้ำหนักสดของทั้งสามส่วนที่กล่าว (เหง้า ลำต้น และกิ่งก้านใบ) มารวมกันเป็นชีวมวลส่วนเหนือดิน พบว่า มินสำปะหลังในแต่ละตำรับการทดลองมีชีวมวลส่วนเหนือดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 25 ตันต่อเฮกตาร์ ทั้ง 2 ปี มีแนวโน้มทำให้ได้ชีวมวลส่วนเหนือดินสูงที่สุด (Figure 2D) และเป็นที่น่าสังเกตว่า น้ำหนักของกิ่งก้านใบในปีที่ 2 โดยเฉลี่ยจะมีค่าต่ำกว่าในปีแรกเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ อาจเป็นผลมาจากปริมาณน้ำฝนในการศึกษาปีที่ 2 ที่ค่อนข้างน้อย โดยในปีที่ 1 ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 มีปริมาณน้ำฝน 1,271.8 มิลลิเมตร ขณะที่ ในปีที่ 2 ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2561 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562 มีปริมาณน้ำฝน 729.2 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนข้างต้นเป็นข้อมูลที่จัดเก็บในพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านกฤษณา ซึ่งเป็นสถานีเก็บข้อมูลน้ำฝนที่อยู่ใกล้แปลงทดลองที่สุด (Royal Irrigation Department, 2021)

การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้ในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะเมื่อใส่ที่อัตรา 12.5 และ 25 ตันต่อเฮกตาร์ โดยส่งผลชัดเจนในปีที่ 1 และแม้ว่าผลผลิตในปีที่ 2 ของการศึกษา มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับผลของปีที่ 1 แต่ผลผลิตในปีที่ 2 ต่ำกว่าในปีแรกค่อนข้างมาก เนื่องจากในปีที่ 2 มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า แสดงให้เห็นว่า การปลูกมันสำปะหลังในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมาก (Table 1) และมีธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของมินสำปะหลัง การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่มีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารอยู่พอสมควร รวมถึงคาร์บอนอินทรีย์ที่มีอยู่ประมาณ 156 กรัมต่อกิโลกรัม (Table 2) จึงมีส่วนช่วยส่งเสริมให้มันสำปะหลังเจริญเติบโตได้ดีขึ้นทั้งในด้านการเสริมธาตุอาหาร และการปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ โดยเฉพาะด้านการกักเก็บความชื้น อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาแตกต่างกับการทดลองก่อนหน้านี้ที่รายงานว่าการ

ใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ เพื่อปรับปรุงดินร่วนทรายที่ใช้ปลูกมันสำปะหลัง 1 ฤดูกาล ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่า การไม่ใส่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Intawichai *et al.*, 2016) ขณะที่ การศึกษาในชุดดินโคราช (Oxyaquic Paleustult) ที่จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังตั้งแต่อัตรา 6.25 ตันต่อไร่ขึ้นไป ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าค่ารับควบคุมที่ไม่มีการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังในทั้ง 2 ปี ที่ศึกษาทดลองร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม จำนวน 6 แปลงทดลอง (Phun-iam, 2018) อย่างไรก็ตาม ศักยภาพของเปลือกดิน

มันสำปะหลังในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในดินเนื้อ ทรายจะต่ำกว่ามูลไก่แกลบ (Chaem-ngern *et al.*, 2020) และกากแป้งมันสำปะหลัง (Phun-iam *et al.*, 2018) แต่ใกล้เคียงกับการใช้แกลบเผาเป็นวัสดุ ปรับปรุงดิน (Puengkasem *et al.*, 2018; Ruenchan *et al.*, 2018) เมื่อเปรียบเทียบการใส่ในอัตราเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ยังคงให้ผลดีกว่าการใช้วัสดุอนินทรีย์ ปรับปรุงดินหลายชนิด (Lunlio *et al.*, 2017; Pradit *et al.*, 2017) แต่ในกรณีหลังจะใส่น้อยกว่ามาก ดังนั้น การใช้เปลือกดินมันสำปะหลังเป็นวัสดุปรับปรุงดินจึง ควรใส่ต่อเนื่องหลายปี เพื่อปรับปรุงสมบัติดินให้ดีขึ้น อย่างช้า ๆ

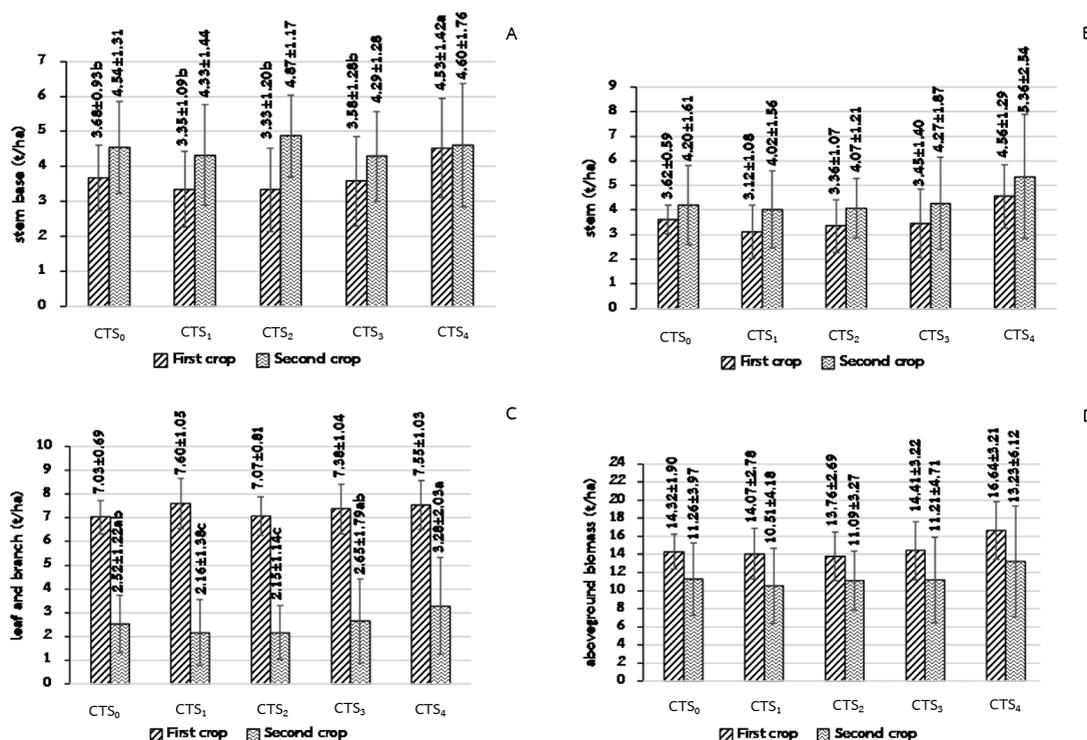


Figure 2 Effect of cassava tails and stalk on (A) stem base, (B) stem, (C) leaf and branch and (D) aboveground biomass of cassava. CTS₀ = no applying cassava tails and stalk, CTS₁, CTS₂, CTS₃ and CTS₄ = applying cassava tails and stalk at the rate of 3.125, 6.25, 12.5 and 25 t/ha, respectively. Different lowercase letters on bars within the same crop are significantly different at P < 0.05

ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อผลผลิตและชีวมวลส่วนเหนือดินของมินสำปะหลัง

ปุ๋ยโพแทสเซียมส่งผลชัดเจนต่อการเพิ่มผลผลิตและชีวมวลส่วนเหนือดินของมินสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในดินเนื้อหยาบชุดดินวาริน การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 100 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ ซึ่งเป็นอัตราแนะนำสำหรับดินดอนเนื้อหยาบอันดับอัลติซอลส์ที่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Sittibusaya, 1996) ส่งผลให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ทั้งในปีที่ 1 และปีที่ 2 โดยให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าร้อยละ 14.5

และ 39.8 ตามลำดับ (Figure 3A) ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับผลผลิตแป้ง โดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 100 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ ทำให้ได้ผลผลิตแป้ง 12.07 และ 6.57 ตันต่อเฮกตาร์ เปรียบเทียบกับ 10.83 และ 4.53 ตันต่อเฮกตาร์ ($P < 0.05$) จากแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับปีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (Figure 3B) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราข้างต้นเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยนี้กลับไม่มีผลทำให้ร้อยละการสะสมแป้งในการทดลองทั้ง 2 ปี มีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยโพแทสเซียมอาจไม่มีบทบาทชัดเจนต่อร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังในการศึกษาครั้งนี้

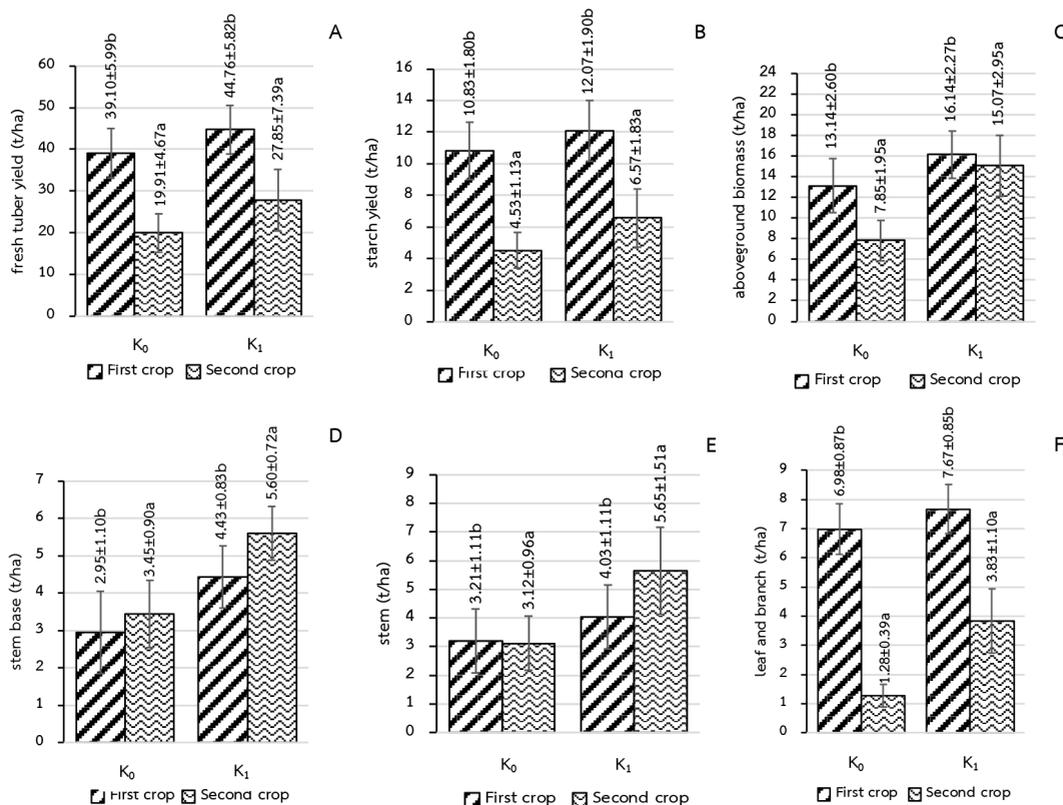


Figure 3 Effect of potassium fertilizer on (A) fresh tuber yield, (B) starch yield, (C) aboveground biomass, (D) stem base, (E) stem and (F) leaf and branch of cassava. K_0 = no applying potassium fertilizer, K_1 = applying potassium fertilizer at the rate of 100 kg K_2O /ha. Different lowercase letters on bars within the same crop are significantly different at $P < 0.05$

นอกจากนี้ ปุ๋ยโพแทสเซียมยังทำให้ชีวมวลส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่อง 2 ปี โดยไม่มีการใส่ปุ๋ยนี้ ชีวมวลส่วนเหนือดินจะน้อยลงเรื่อย ๆ โดยในปีแรก การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 100 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ ทำให้ได้ชีวมวลส่วนเหนือดินสูงกว่าการไม่ใส่ร้อยละ 22.8 และเพิ่มเป็นร้อยละ 92.0 ในปีที่ 2 (Figure 3C) ทั้งนี้ ปุ๋ยโพแทสเซียมส่งผลต่อน้ำหนักกิ่งก้านใบ (Figure 3F) มากกว่าส่วนเหง้า (Figure 3D) และส่วนลำต้น (Figure 3E) เมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราดังกล่าวกับการไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม โดยเฉพาะในปีที่ 2 ของการศึกษา

จากการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมระหว่างเปลือกดินมันสำปะหลังและปุ๋ยโพแทสเซียมต่อมันสำปะหลัง พบว่า องค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง และชีวมวลส่วนเหนือดิน (เหง้า ลำต้น และกิ่งก้านใบ) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างดำรับการทดลอง อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงดินด้วยเปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 25 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 100 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ มีแนวโน้มทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุด เท่ากับ 29.77 และ 33.27 ตันต่อเฮกตาร์ ในปีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ เช่นเดียวกับผลผลิตแป้ง (13.36 ตันต่อเฮกตาร์ ในปีที่ 1 และ 8.05 ตันต่อเฮกตาร์ ในปีที่ 2) และปริมาณชีวมวลส่วนเหนือดิน (17.80 ตันต่อเฮกตาร์ ในปีที่ 1 และ 18.34 ตันต่อเฮกตาร์ ในปีที่ 2)

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยโพแทสเซียมจะช่วยกระตุ้นกิจกรรมการสังเคราะห์แสงของใบ และเพิ่มการส่งผ่านผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไปสู่หัวมันสำปะหลังให้มากขึ้น (Imas and John, 2013; Howeler, 2014; Mia, 2015) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การปลูกมันสำปะหลังในชุดดินวารินที่มีดินบนเนื้อหยาบและมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็น

ประโยชน์ในระดับต่ำ (Table 1) มันสำปะหลังยังคงตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 100 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ ซึ่งเป็นอัตราแนะนำสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินนี้ (Sittibusaya, 1996) ในทั้ง 2 ปี ของการศึกษา แม้ว่าพันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้เป็นพันธุ์ห้วยบง 80 ซึ่งเป็นพันธุ์ใหม่ที่ยังไม่มีการกระจายพันธุ์ในช่วงเวลาที่ศึกษาเพื่อจัดทำคำแนะนำปุ๋ยก่อนหน้า การปลูกโดยไม่มีการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมจะให้ผลผลิตต่ำกว่าอย่างชัดเจน การศึกษาที่ผ่านมาในดินเนื้อหยาบที่มักมีโพแทสเซียมสำรองต่ำ การปลูกมันสำปะหลังเพียงหนึ่งหรือไม่กี่ฤดูปลูกจะส่งผลทำให้ธาตุนี้ลดลงอย่างรวดเร็ว ในการศึกษาในระยะยาว 25 ปี มันสำปะหลังที่ปลูกในดินที่ขาดโพแทสเซียมจะให้ผลผลิตน้อยกว่าที่ปลูกในดินที่ขาดฟอสฟอรัสมาก แสดงให้เห็นว่า โพแทสเซียมมีความสำคัญต่อมันสำปะหลังมากกว่าฟอสฟอรัส (Howeler, 2014) อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่มันสำปะหลังตอบสนองในการศึกษานี้เป็นอัตราเดียวกับการปลูกในดิน Ustic Quartzipsamment (Chaem-ngern *et al.*, 2020) และในชุดดินยโสธร (Typic Paleustult) ที่ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินทรายร่วน (Ruenchan *et al.*, 2018) อย่างไรก็ตาม การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นเวลา 2 ปี ไม่ส่งผลชัดเจนต่อการลดการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม เนื่องจากไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างเปลือกดินมันสำปะหลังกับอัตราปุ๋ยโพแทสเซียม ถึงแม้ว่าการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 25 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 100 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงกว่าอิทธิพลเดี่ยวของเปลือกดินมันสำปะหลัง หรือปุ๋ยโพแทสเซียมก็ตาม แสดงให้เห็นว่า วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินนี้มีโพแทสเซียมไม่เพียงพอที่จะทดแทนปุ๋ยโพแทสเซียมได้ทั้งหมด การส่งเสริมผลผลิตเกิดจากการช่วยดูดยึดความชื้น และลดการแน่นทึบของดิน รวมถึงการปลดปล่อยธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารให้แก่มันสำปะหลังเท่านั้น

ผลของเปลือกดินมันสำปะหลังและปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของมินสำปะหลัง

เปลือกดินมันสำปะหลังและปุ๋ยโพแทสเซียมส่งผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารหลักในส่วนต่าง ๆ ของมินสำปะหลังแตกต่างกัน โดยภาพรวม มินสำปะหลังมีการดูดใช้ในโตรเจนสูงที่สุด โดยมากกว่าโพแทสเซียมเล็กน้อย ขณะที่ ฟอสฟอรัสถูกดูดใช้น้อยที่สุด ซึ่งน้อยกว่าในโตรเจนและโพแทสเซียมค่อนข้างมาก โดยมินสำปะหลังดูดใช้ในโตรเจนไปสะสมยังส่วนกิ่งก้านใบมากที่สุด และมากกว่าการสะสมในส่วนอื่น ๆ ค่อนข้างมาก รองลงมาคือ การดูดใช้ในส่วนหัว ลำต้น และเหง้า ซึ่งในสองส่วนหลังมีปริมาณค่อนข้างใกล้เคียงกัน ฟอสฟอรัสถูกดูดไปสะสมยังส่วนหัวมากที่สุด ขณะที่ปริมาณการดูดใช้ในเหง้า ลำต้น และกิ่งก้านใบใกล้เคียงกัน แต่น้อยกว่าปริมาณในส่วนหัวค่อนข้างมาก สำหรับการดูดใช้โพแทสเซียม พบสูงที่สุดในส่วนหัว ซึ่งสูงกว่าส่วนที่เหลือที่มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันค่อนข้างมาก

หัวมันสำปะหลัง

ในปีที่ 2 การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 6.25–25 ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้มีการดูดใช้ในโตรเจนในส่วนหัวสูงที่สุด โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 24.30–31.52 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ซึ่งการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 6.25 ตันต่อเฮกตาร์ ส่งผลให้มีการดูดใช้ในโตรเจนในส่วนหัวสูงกว่าการไม่ใส่และการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 3.125 ตันต่อเฮกตาร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในปีที่ 1 การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 12.5 ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้มีการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนหัวสูงที่สุด (61.06 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ขณะที่ ในปีที่ 2 การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 25 ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้มีการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนหัวสูงที่สุด (28.08 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ซึ่งแตกต่างจากการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้

การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 12.5 ตันต่อเฮกตาร์ ยังทำให้มีการดูดใช้โพแทสเซียมในส่วนหัวมันสำปะหลังของการทดลองในปีที่ 1 สูงที่สุด (281.04 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) และแตกต่างจากการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 6.25–25 ตันต่อเฮกตาร์ ในปีที่ 2 ทำให้มีการดูดใช้โพแทสเซียมในส่วนหัวสูงที่สุด ($P < 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 78.27–97.29 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ส่วนปุ๋ยโพแทสเซียมไม่มีผลต่อการดูดใช้ในโตรเจนในหัวมันสำปะหลังในทั้ง 2 ปี แต่การใส่ที่อัตรา 100 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ ทำให้มีการดูดใช้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในหัวมันสำปะหลังสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ในปีที่ 2 ของการศึกษา ทั้งนี้ ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังและปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการดูดใช้ธาตุอาหารหลักในส่วนหัวของมินสำปะหลัง (Table 3)

เหง้ามันสำปะหลัง

การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังส่งผลไม่ชัดเจนต่อการดูดใช้ธาตุอาหารหลักในส่วนเหง้ามันสำปะหลัง แม้ว่าจะมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองสำหรับการดูดใช้ธาตุอาหารทั้งสามในปีที่ 2 ก็ตาม แต่ผลที่ได้ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณการใส่เปลือกดินมันสำปะหลัง อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 100 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ ส่งเสริมให้มันสำปะหลังมีการดูดใช้ธาตุอาหารหลักทั้งหมดในส่วนเหง้าสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ในการทดลองทั้ง 2 ปี (Table 4) นอกจากนี้ ยังพบอิทธิพลร่วมระหว่างการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังกับปุ๋ยโพแทสเซียม โดยภาพรวมการไม่ใส่เปลือกดินมันสำปะหลัง หรือการใส่ที่อัตรา 3.125 ตันต่อเฮกตาร์ แต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมส่งผลให้มันสำปะหลังมีการดูดใช้ธาตุอาหารหลักในส่วนเหง้าต่ำที่สุด

Table 3 Effect of cassava tails and stalk and potassium fertilizer on the uptake of primary plant nutrient in tuber

Treatment	Nitrogen (kg/ha)		Phosphorus (kg/ha)		Potassium (kg/ha)	
	1 st crop	2 nd crop	1 st crop	2 nd crop	1 st crop	2 nd crop
Main plot: cassava tails and stalk						
CTS ₀	33.01 ± 10.07	21.33 ± 5.02 ^{bc}	35.46 ± 17.59 ^b	21.42 ± 8.29 ^b	165.14 ± 94.87 ^b	66.52 ± 31.03 ^{bc}
CTS ₁	35.76 ± 22.27	20.13 ± 7.10 ^c	31.70 ± 16.72 ^b	17.19 ± 4.90 ^b	141.08 ± 76.16 ^b	59.11 ± 20.88 ^c
CTS ₂	38.35 ± 4.69	31.52 ± 10.17 ^a	38.63 ± 5.41 ^b	21.44 ± 5.34 ^b	175.68 ± 27.22 ^b	97.29 ± 51.36 ^a
CTS ₃	55.52 ± 29.26	24.30 ± 5.48 ^{abc}	61.06 ± 32.93 ^a	20.39 ± 5.83 ^b	281.04 ± 146.84 ^a	78.27 ± 32.62 ^{abc}
CTS ₄	36.05 ± 5.95	28.13 ± 8.32 ^{ab}	35.17 ± 7.38 ^b	28.08 ± 9.07 ^a	178.31 ± 37.43 ^b	85.23 ± 32.88 ^{ab}
F-test	ns	*	*	*	*	*
Subplot: potassium						
K ₀	37.68 ± 20.45	23.58 ± 7.58	37.25 ± 25.19	17.92 ± 5.22 ^b	161.92 ± 105.44	51.69 ± 14.17 ^b
K ₁	41.79 ± 16.32	26.59 ± 8.84	43.56 ± 15.21	25.49 ± 7.52 ^a	214.58 ± 80.65	102.88 ± 32.88 ^a
F-test	ns	ns	ns	**	ns	**
Interaction: cassava tails and stalk × potassium						
CTS ₀ K ₀	29.89 ± 4.00	19.52 ± 5.59	26.56 ± 6.67	14.86 ± 4.26	96.58 ± 2.06	40.43 ± 11.59
CTS ₀ K ₁	36.13 ± 13.95	23.15 ± 4.31	44.37 ± 18.68	27.99 ± 5.21	233.70 ± 92.00	92.61 ± 17.25
CTS ₁ K ₀	19.13 ± 12.23	19.06 ± 8.06	19.64 ± 12.60	15.53 ± 3.06	83.72 ± 53.53	47.29 ± 9.31
CTS ₁ K ₁	52.39 ± 16.42	21.21 ± 7.06	43.75 ± 10.31	18.86 ± 6.28	198.44 ± 43.53	70.94 ± 23.61
CTS ₂ K ₀	39.09 ± 7.02	23.89 ± 5.59	35.89 ± 6.38	18.28 ± 4.28	158.52 ± 30.46	52.78 ± 12.37
CTS ₂ K ₁	37.62 ± 0.73	39.15 ± 7.41	41.38 ± 2.75	24.60 ± 4.65	192.83 ± 4.02	141.81 ± 26.82
CTS ₃ K ₀	62.99 ± 31.50	24.48 ± 5.06	73.18 ± 35.37	17.35 ± 3.59	313.90 ± 144.85	54.09 ± 11.19
CTS ₃ K ₁	48.05 ± 29.26	24.13 ± 6.65	48.95 ± 29.81	23.43 ± 6.46	248.19 ± 162.64	102.46 ± 28.25
CTS ₄ K ₀	37.32 ± 6.71	30.97 ± 9.34	31.00 ± 6.04	23.58 ± 7.11	156.87 ± 30.71	63.88 ± 19.26
CTS ₄ K ₁	34.78 ± 5.77	25.29 ± 7.26	39.34 ± 6.65	32.58 ± 9.36	199.76 ± 33.16	106.57 ± 30.61
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SD	18.38	8.27	20.43	7.45	96.42	36.01
CV (%)	41.7	27.9	43.3	26.8	43.6	27.2

CTS₀ = no applying cassava tails and stalk, CTS₁, CTS₂, CTS₃ and CTS₄ = applying cassava tails and stalk at the rate of 3.125, 6.25, 12.5 and 25 t/ha, respectively, K₀ = no applying potassium fertilizer, K₁ = applying potassium fertilizer at the rate of 100 kg K₂O/ha, SD = standard deviation, CV = coefficient of variation.

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

Table 4 Effect of cassava tails and stalk and potassium fertilizer on the uptake of primary plant nutrient in stem base

Treatment	Nitrogen (kg/ha)		Phosphorus (kg/ha)		Potassium (kg/ha)	
	1 st crop	2 nd crop	1 st crop	2 nd crop	1 st crop	2 nd crop
Main plot: cassava tails and stalk						
CTS ₀	16.06 ± 5.15	14.78 ± 6.01 ^a	3.02 ± 0.93	4.58 ± 2.16 ^a	8.47 ± 2.67	13.12 ± 6.30 ^{ab}
CTS ₁	17.18 ± 11.55	11.71 ± 3.03 ^b	3.03 ± 1.97	3.19 ± 0.82 ^b	9.47 ± 6.33	13.95 ± 7.41 ^a
CTS ₂	16.41 ± 8.38	14.68 ± 3.64 ^a	3.07 ± 1.33	3.19 ± 0.81 ^b	9.84 ± 4.18	15.05 ± 5.83 ^a
CTS ₃	19.58 ± 6.56	14.16 ± 2.43 ^a	3.72 ± 1.30	3.79 ± 0.66 ^b	11.29 ± 3.98	9.59 ± 3.34 ^c
CTS ₄	18.91 ± 5.38	15.53 ± 3.18 ^a	3.69 ± 1.10	3.56 ± 0.77 ^b	10.40 ± 4.31	11.72 ± 5.47 ^b
F-test	ns	*	ns	**	ns	**
Subplot: potassium						
K ₀	13.40 ± 4.90 ^b	11.52 ± 2.89 ^b	2.63 ± 0.96 ^b	2.97 ± 0.67 ^b	7.69 ± 2.75 ^b	7.70 ± 2.13 ^b
K ₁	21.86 ± 7.32 ^a	16.82 ± 2.80 ^a	3.98 ± 1.34 ^a	4.36 ± 1.29 ^a	12.10 ± 4.54 ^a	17.67 ± 3.63 ^a
F-test	**	**	**	**	**	**
Interaction: cassava tails and stalk * potassium						
CTS ₀ K ₀	16.08 ± 0.95 ^{bcd}	9.43 ± 2.12 ^e	3.20 ± 0.13 ^{abc}	2.63 ± 0.59 ^e	9.66 ± 0.59 ^{abc}	7.42 ± 1.67 ^d
CTS ₀ K ₁	16.05 ± 7.81 ^{bcd}	20.13 ± 1.86 ^a	2.85 ± 1.39 ^{bc}	6.54 ± 0.61 ^a	7.27 ± 3.53 ^c	18.82 ± 1.74 ^{ab}
CTS ₁ K ₀	9.21 ± 4.97 ^d	9.11 ± 1.19 ^e	1.72 ± 0.96 ^c	2.48 ± 0.33 ^e	5.14 ± 2.88 ^c	7.15 ± 0.94 ^d
CTS ₁ K ₁	25.16 ± 10.82 ^a	14.32 ± 1.40 ^{bcd}	4.33 ± 1.90 ^{ab}	3.89 ± 0.38 ^{bcd}	13.79 ± 5.93 ^a	20.75 ± 2.02 ^a
CTS ₂ K ₀	10.02 ± 1.88 ^d	13.15 ± 4.37 ^{cd}	2.16 ± 0.40 ^c	3.37 ± 1.12 ^{cde}	6.97 ± 1.30 ^c	10.33 ± 3.43 ^c
CTS ₂ K ₁	22.79 ± 7.19 ^{abc}	16.21 ± 2.36 ^{bc}	3.97 ± 1.33 ^{ab}	3.02 ± 0.44 ^{de}	12.72 ± 4.12 ^{ab}	19.76 ± 2.87 ^a
CTS ₃ K ₀	15.29 ± 6.88 ^{cd}	12.42 ± 1.92 ^{de}	2.92 ± 1.42 ^{bc}	3.31 ± 0.51 ^{cde}	8.77 ± 4.27 ^{bc}	6.61 ± 1.02 ^d
CTS ₃ K ₁	23.88 ± 1.99 ^{ab}	15.90 ± 1.43 ^{bcd}	4.53 ± 0.43 ^a	4.27 ± 0.38 ^b	13.80 ± 1.32 ^a	12.58 ± 1.13 ^c
CTS ₄ K ₀	16.39 ± 3.27 ^{bcd}	13.49 ± 0.99 ^{cd}	3.15 ± 0.67 ^{abc}	3.05 ± 0.22 ^{de}	7.91 ± 1.76 ^c	6.99 ± 0.51 ^d
CTS ₄ K ₁	21.43 ± 6.31 ^{abc}	17.58 ± 3.38 ^{ab}	4.23 ± 1.26 ^{ab}	4.07 ± 0.78 ^{bc}	12.90 ± 4.87 ^{ab}	16.44 ± 3.16 ^b
F-test	*	**	*	**	*	**
SD	7.50	3.89	1.34	1.24	4.32	5.84
CV (%)	28.8	15.4	28.1	15.3	28.7	14.7

CTS₀ = no applying cassava tails and stalk, CTS₁, CTS₂, CTS₃ and CTS₄ = applying cassava tails and stalk at the rate of 3.125, 6.25, 12.5 and 25 t/ha, respectively, K₀ = no applying potassium fertilizer, K₁ = applying potassium fertilizer at the rate of 100 kg K₂O/ha, SD = standard deviation, CV = coefficient of variation.

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

ลำต้นมันสำปะหลัง

การใช้เปลือกดินมันสำปะหลังเพื่อปรับปรุงดินไม่ส่งผลทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารหลักในลำต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติในทั้ง 2 ปี ของการศึกษายกเว้น การใส่ในอัตรา 25 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ทำให้มันสำปะหลังในปีที่ 2 มีการดูดใช้ฟอสฟอรัสในลำต้น (6.64 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) สูงกว่าดำรับการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) การใส่ปุ๋ย

โพแทสเซียมในอัตรา 100 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ ทำให้มันสำปะหลังมีการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในทั้ง 2 ปี ของการศึกษา (Table 5) อย่างไรก็ตาม ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างการใส่เปลือกดินมันสำปะหลังกับปุ๋ยโพแทสเซียมที่ส่งผลทำให้มันสำปะหลังมีการดูดใช้ธาตุอาหารหลักในลำต้นแตกต่างกันทั้งในปีที่ 1 และปีที่ 2

Table 5 Effect of cassava tails and stalk and potassium fertilizer on the uptake of primary plant nutrient in stem

Treatment	Nitrogen (kg/ha)		Phosphorus (kg/ha)		Potassium (kg/ha)	
	1 st crop	2 nd crop	1 st crop	2 nd crop	1 st crop	2 nd crop
Main plot: cassava tails and stalk						
CTS ₀	15.55 ± 4.86	15.80 ± 5.54	3.05 ± 0.72	4.12 ± 2.11 ^b	8.21 ± 2.23	11.73 ± 4.80
CTS ₁	11.58 ± 3.65	12.91 ± 3.69	2.23 ± 0.68	3.28 ± 1.37 ^b	6.38 ± 2.10	12.51 ± 6.26
CTS ₂	15.29 ± 6.81	12.53 ± 3.51	2.88 ± 1.24	4.20 ± 1.20 ^b	8.00 ± 3.51	10.57 ± 2.92
CTS ₃	14.29 ± 7.44	13.09 ± 6.49	2.91 ± 1.56	4.46 ± 2.78 ^b	8.16 ± 3.99	10.98 ± 5.28
CTS ₄	20.11 ± 8.14	15.35 ± 7.26	4.01 ± 1.65	6.64 ± 2.77 ^a	10.26 ± 4.94	15.08 ± 6.17
F-test	ns	ns	ns	**	ns	ns
Subplot: potassium						
K ₀	12.45 ± 5.82 ^b	10.48 ± 3.51	2.61 ± 1.32 ^b	3.02 ± 1.41 ^b	6.91 ± 3.71 ^b	8.53 ± 2.98 ^b
K ₁	18.28 ± 6.31 ^a	17.39 ± 4.71	3.42 ± 1.19 ^a	6.06 ± 2.08 ^a	9.50 ± 2.96 ^a	15.81 ± 4.35 ^a
F-test	**	**	*	**	*	**
SD	6.68	6.57	1.31	2.33	3.56	5.21
CV (%)	36.9	27.3	38.7	28.9	40.3	28.1

CTS₀ = no applying cassava tails and stalk, CTS₁, CTS₂, CTS₃ and CTS₄ = applying cassava tails and stalk at the rate of 3.125, 6.25, 12.5 and 25 t/ha, respectively, K₀ = no applying potassium fertilizer, K₁ = applying potassium fertilizer at the rate of 100 kg K_2O /ha, SD = standard deviation, CV = coefficient of variation.

ns = not significant, *, ** significantly different according to F-test at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively. Means with different superscript lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $P < 0.05$. There is no interaction effect between application of cassava tails and stalk and potassium fertilizer on any nutrient nor year, thus the results of the combination are not shown in the Table.

กึ่งก้านใบมันสำปะหลัง

การปรับปรุงดินด้วยเปลือกดินมันสำปะหลังส่งผลกระทบต่อการใช้ไนโตรเจนและโพแทสเซียมในกึ่งก้านใบของหัวมันสำปะหลังในปีที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในปีที่ 2 การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 25 ตันต่อเฮกตาร์ ส่งผลทำให้มันสำปะหลังมีการดูดใช้ในโตรเจนและโพแทสเซียมในกึ่งก้านใบของหัวมันสำปะหลังสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 45.63 และ 13.70 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ นอกจากนี้ ปุ๋ยโพแทสเซียม

ส่งผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารหลักทั้งสามชนิดเฉพาะในปีที่ 2 โดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 100 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ ทำให้มันสำปะหลังมีการดูดใช้ธาตุอาหารหลักสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (Table 6) ทั้งนี้ ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างการใช้เปลือกดินมันสำปะหลังและปุ๋ยโพแทสเซียมที่มีผลทำให้การดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในกึ่งก้านใบของหัวมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันทางสถิติ

Table 6 Effect of cassava tails and stalk and potassium fertilizer on the uptake of primary plant nutrient in leaf and branch

Treatment	Nitrogen (kg/ha)		Phosphorus (kg/ha)		Potassium (kg/ha)	
	1 st crop	2 nd crop	1 st crop	2 nd crop	1 st crop	2 nd crop
Main plot: cassava tails and stalk						
CTS ₀	146.21 ± 63.71	34.32 ± 12.17 ^b	5.51 ± 2.14	3.97 ± 1.68	40.05 ± 17.88	9.04 ± 4.50 ^b
CTS ₁	184.94 ± 29.22	23.77 ± 13.92 ^c	6.91 ± 1.13	3.51 ± 2.56	55.93 ± 8.53	8.70 ± 6.75 ^b
CTS ₂	141.03 ± 91.29	30.86 ± 15.22 ^{bc}	5.54 ± 3.81	3.33 ± 1.69	42.63 ± 29.28	11.77 ± 6.33 ^{ab}
CTS ₃	149.93 ± 29.78	31.31 ± 17.33 ^{bc}	5.95 ± 1.10	3.55 ± 2.00	42.33 ± 12.05	9.65 ± 5.78 ^b
CTS ₄	132.42 ± 59.27	45.63 ± 23.03 ^a	5.20 ± 2.34	4.07 ± 1.97	42.50 ± 18.77	13.70 ± 6.98 ^a
F-test	ns	**	ns	ns	ns	**
Subplot: potassium						
K ₀	145.41 ± 53.07	19.93 ± 7.26 ^b	5.66 ± 2.02	2.05 ± 0.71 ^b	40.57 ± 15.83	5.49 ± 2.40 ^b
K ₁	156.40 ± 65.60	46.43 ± 14.20 ^a	5.99 ± 2.56	5.33 ± 1.20 ^a	48.80 ± 20.63	15.65 ± 4.08 ^a
F-test	ns	**	ns	**	ns	**
SD	59.16	17.44	2.28	1.92	18.63	6.12
CV (%)	40.0	26.9	40.7	27.0	41.9	27.8

CTS₀ = no applying cassava tails and stalk, CTS₁, CTS₂, CTS₃ and CTS₄ = applying cassava tails and stalk at the rate of 3.125, 6.25, 12.5 and 25 t/ha, respectively, K₀ = no applying potassium fertilizer, K₁ = applying potassium fertilizer at the rate of 100 kg K_2O /ha, SD = standard deviation, CV = coefficient of variation.

ns = not significant, ** significantly different according to F-test at $P < 0.01$.

Means with different superscript lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $P < 0.05$. There is no interaction effect between application of cassava tails and stalk and potassium fertilizer on any nutrient nor year, thus the results of the combination are not shown in the Table.

โดยทั่วไป มันสำปะหลังดูดใช้ธาตุอาหารหลักเป็นจำนวนมาก โดยดูดใช้โพแทสเซียมมากที่สุด รองลงมาคือ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ตามลำดับ (Imas and John, 2013) ซึ่งผลการศึกษานี้ให้ผลใกล้เคียง ยกเว้น ในกรณีของฟอสฟอรัสที่มีการดูดใช้น้อยมาก International Fertilizer Association (1992) 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 เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดในตำรับการทดลองที่มีการใส่เปลือกดินอัตรา 25 ตันต่อเฮกตาร์ ในปีที่ 1 ซึ่งให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด 46.53 ตันต่อเฮกตาร์ การดูดใช้ไนโตรเจนจะใกล้เคียงกัน (208 กิโลกรัม N ต่อเฮกตาร์) ขณะที่ ฟอสฟอรัส (48 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อเฮกตาร์) และโพแทสเซียม (241.47 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์) มีปริมาณการดูดใช้ต่ำกว่ารายงานข้างต้นค่อนข้างมาก ขณะที่ Vanlauwe *et al.* (2008) รายงานว่า สัดส่วนการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ที่ 5 : 1 : 10 ซึ่งจากข้อมูลการดูดใช้ธาตุอาหารหลักข้างต้นของการศึกษานี้ มีสัดส่วนเท่ากับ 4 : 1 : 5 ซึ่งแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยเฉพาะการดูดใช้โพแทสเซียม ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการทดลองนี้ดำเนินการในดินเนื้อหยาบที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก และดินมีการชะละลายในอัตราที่สูง การดูดใช้โพแทสเซียมจึงน้อยกว่ารายงานก่อนหน้า ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ว่า หากการจัดการธาตุโพแทสเซียมในดินนี้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ขณะที่ มันสำปะหลังได้รับธาตุอาหารอื่นอย่างเพียงพอ และสภาพทางฟิสิกส์ของดินเหมาะสม ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดอาจจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นได้ ขณะที่ การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เหมาะสมส่งผล

ทำให้ชีวมวลส่วนต่าง ๆ เพิ่มขึ้น จึงทำให้มันสำปะหลังมีการดูดใช้ธาตุอาหารต่าง ๆ ได้มากขึ้น

เมื่อพิจารณาภาพรวมของการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของมันสำปะหลัง พบว่า โพแทสเซียมจะสูญเสียออกจากพื้นที่ปลูกมากที่สุดจากการที่เกษตรกรนำหัวมันสำปะหลังออกไปจำหน่าย โดยปริมาณที่ถูกนำออกไปใกล้เคียงกับปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ ขณะที่ ส่วนที่สะสมอยู่ในเหง้า ลำต้น และกิ่งก้านใบส่วนใหญ่จะถูกคืนกลับลงไปในดิน แสดงให้เห็นว่าการปลูกมันสำปะหลังในดินนี้มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในระดับต่ำมาก การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เพียงพอต่อความต้องการของมันสำปะหลังเป็นสิ่งจำเป็น มิฉะนั้น ผลผลิตของมันสำปะหลังจะลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากปริมาณโพแทสเซียมในดินจะสูญหายไปจนกระทั่งเป็นข้อจำกัดหลักในการปลูกมันสำปะหลัง

สรุป

การปลูกมันสำปะหลังในชุดดินวารินที่มีเนื้อหยาบและความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินร่วมกับการจัดการปุ๋ยธาตุอาหารหลักโดยเฉพาะโพแทสเซียมที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้ การใส่เปลือกดินมันสำปะหลังที่อัตรา 25 และ 50 ตันต่อเฮกตาร์ ต่อเนื่อง 2 ปี ช่วยเพิ่มและรักษาระดับผลผลิตของมันสำปะหลังได้ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 100 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ ส่งผลทำให้ปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบของมันสำปะหลังสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างชัดเจน โดยเปลือกดินมันสำปะหลังไม่สามารถช่วยลดปริมาณการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมได้ ขณะที่ ปุ๋ยโพแทสเซียมส่งผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารหลักในส่วนหัว เหง้า ลำต้น และกิ่งก้านใบของมันสำปะหลังชัดเจนกว่าการใส่เปลือกดินมันสำปะหลัง ซึ่งโดยภาพรวม มันสำปะหลังมีการดูดใช้โพแทสเซียมสูงที่สุด รองลงมาคือ ไนโตรเจน ส่วนฟอสฟอรัสถูกดูดใช้น้อยกว่า

สองธาตุข้างต้นค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง
มันสำปะหลังมีการดูดใช้โพแทสเซียมมาสะสมในส่วน
หัวมากที่สุด ทำให้โพแทสเซียมสูญเสียไปกับผลผลิต
ที่ถูกนำออกไปจากพื้นที่ในแต่ละฤดูปลูกเป็นจำนวน
มาก การจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมที่มีประสิทธิภาพในดิน
นี้จึงยังคงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อการรักษาระดับผลผลิต
มันสำปะหลังให้มีความยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่ง
ชาติ (วช.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
แห่งชาติ (สวทช.) และสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ.) ที่ให้ทุนสนับสนุน
งานวิจัย บริษัท ราชสีมา กรีน เอ็นเนอร์ยี จำกัด ที่ให้
ความอนุเคราะห์ไปเสียดินมันสำปะหลัง และบริษัท
ไทยเซ็นทรัลเคมี จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์
แม่ปุ๋ยเคมีสำหรับการดำเนินงานวิจัย

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.
- Bardsley, C.E. and J.D. Lancaster. 1965. Sulfur, pp. 1102–1116. *In* C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy No. 9.* American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59(1): 39–45.
- Cadavid, L.F., M.A. El-Sharkawy, A. Acosta and T. Sánchez. 1998. Long-term effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sandy soils of northern Colombia. *Field Crops Res.* 57(1): 45–56.
- 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 II. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy No. 9.* American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Day, D.R. 1965. Particle fraction and particle size analysis, pp. 546–566. *In* C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy No. 9.* American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

- Fixen, P.E. and J.H. Grove . 1990. Testing soils phosphorus, pp. 141–180. *In* R.L. Westerman, ed. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Haby, V.A., M.P. Russelle and E.O. Skogley. 1990. Testing soils for potassium, calcium, and magnesium, pp. 181–227. *In* R.L. Westerman, ed. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Howeler, R.H. 1998. Cassava agronomy research in Asia: an overview 1993–1996, pp. 355–375. *In* Proc. the 5th Regional Workshop: Cassava Breeding, Agronomy and Farmer Participatory Research in Asia, 3–8 November 1996.
- Howeler, R.H. 2012. Recent trends in production and utilization of cassava in ASIA, pp. 1–22. *In* R.H. Howeler, ed. The Cassava Handbook: A Reference Manual based on the Asian Regional Cassava Training Course, Held in Thailand. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Bangkok, Thailand.
- Howeler, R.H. 2014. Sustainable Soil and Crop Management of Cassava in Asia: A Reference Manual. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Columbia.
- Imas, P. and K.S. John. 2013. Potassium nutrition of cassava. e-ipc 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 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, USA.
- Johnson, C.M. and A. Ulrich. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. *Calif. Agri. Exp. Stat. Bull.* 766: 25–78.
- Kabeerathumma, S., B. Mohankumar, C.R. Mohankumar, G.M. Nair, M. Prabhakar and N.G. Pillai. 1990. Long range effect of continuous cropping and manuring on cassava production and fertility status, pp. 259–269. *In* R.H. Howeler, ed. Proc. the 8th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 30 October – 5 November 1988. Bangkok, Thailand.
- Kilmer, V.J. and L.T. Alexander. 1949. Method of making mechanical analysis of soils. *Soil Sci.* 68: 15–24.

- Kliaklom, O., S. Thanachit, S. Anusontpornperm, I. Kheoruenromne and L. Chainet. 2010. Properties of plough pan in cassava and sugarcane growing soils, Khon Kaen province. *Khon Kaen Agr. J.* 38(4): 313–324. (in Thai)
- Lindsay, W.L. and D.C. Martens. 1990. Testing soils for copper, iron, manganese, and zinc, pp. 229–264. *In* R.L. Westerman, ed. *Soil Testing and Plant Analysis*. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42(3): 421–428.
- Lunlio, P., S. Anusontpornperm, S. Thanachit and I. Kheoruenromne. 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 Agr. J.* 45(2): 373–382.
- 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)
- Mia, M.A.B. 2015. *Nutrition of Crop Plants*. Nova Science Publishers, Inc., New York, USA. 197 pp.
- Mitsuchi, M., P. Wichaidit and S. Jeungnijirund. 1986. *Outline of Soils of the Northeast Plateau, Thailand: Their Characteristics and Constraints*. Agricultural Development Research Center in Northeast Thailand, Khon Kean, Thailand. 76 pp.
- 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.
- Office of Agricultural Economics. 2020. Cassava: cultivated area, harvested area, yield and yield per rai at national, regional, provincial and district levels in 2020. Available Source: <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/Cassava%2063%20District.pdf>, Oct 2, 2021. (in Thai)
- Phun-iam, M. 2018. *Management of Major Plant Nutrients and Soil Organic Amendment in Cassava Crop Practice*. PhD Thesis, Kasetsart University, Bangkok.
- 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 38th Congress on Science and Technology of Thailand (STT38)*, 17–19 October 2012. Chiang Mai, Thailand.
- Pradit, P., S. Anusontpornperm, S. Thanachit and I. Kheoruenromne. 2017. Cumulative effect of tillage and soil conditioners on cassava grown in Warin soil series. *Khon Kaen Agr. J.* 45(2): 263–272. (in Thai)
- Puengkasem, K., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, I. Kheoruenromne and P. Petprapai. 2018. Effect of rice husk ash and potassium on soil properties and cassava, Huay Bong 80 variety, grown in Satuk soil series. *Khon Kaen Agr. J.* 46(5): 911–920. (in Thai)
- Royal Irrigation Department. 2021. Data of rainfall in lower northeastern region. Available Source: <http://hydro-4.rid.go.th/>, July 12, 2021. (in Thai)
- Ruenchan, P., S. Anusontpornperm, S. Thanachit and I. Kheoruenromne. 2018. Effect of rice husk ash and nitrogen on growth and yield of cassava, Huay Bong 80 variety, in Yasothon soil series, pp. 78–84. *In Proc. the 44th Congress on Science and Technology of Thailand (STT44)*, 29–31 October 2018, Bangkok, Thailand.
- Sittibusaya, C. 1996. Strategies of Developing Fertilizer Recommendations for Field Crops. Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand.
- Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual. Handbook No.18 United States Department of Agriculture, United States Government Printing Office, Washington, D.C., USA.
- 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 40th Congress on Science and Technology of Thailand (STT40)*, 2–4 December 2014, Khon Kaen, Thailand.
- Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity, pp. 475–490. *In* D.L. Spark, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds. *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*. Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Uwah, D.F., E.B. Effa, L.E. Ekpenyong and I.E. Akpan. 2013. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) performance as influenced by nitrogen and potassium fertilizers in Uyo, Nigeria. *J. Anim. Plant Sci.* 23(2): 550–555.

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: 29–38.