แก่นเกษตร 46 (2) : 203-212 (2561). KHONKAEN AG R.J. 46 (2) : 203-212 (2018).

ผลของกากแป้งมันสำปะหลังต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินโคราช

Effect of Cassava Starch Waste on Yield and Nutrient Uptake of Huay Bong 80 Cassava Grown in Korat Soil Series

นทีทิพย์ โรจน์สวัสดิ์สุข[1], สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม[1*], ศุภิฌา ธนะจิตต์[1] และ เอิบ เขียวรื่นรมณ์[1]

Nateethip Rodsawatsuk[1], Somchai Anusontpornperm[1*], Suphicha Thanachit[1] and Irb Kheoruenromne[1]

บทคัดย่อ: ทำการทดลองในแปลงเกษตรกรบ้านขี้เหล็ก ต.นาดี อ.นาเยีย จ.อุบลราชธานี เพื่อเปรียบเทียบผลของกากแป้งมันสำปะหลัง 5 อัตราได้แก่ 0, 1, 2, 4 และ 8 ตัน/ไร่ ต่อมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในดินชุดดินโคราช วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 4 ซ้ำ ในทุกตำรับการทดลองมีการใส่ปุ๋ยที่อัตรา 16:8:16 กก. $N:P_2O_5:K_2O$/ไร่ เก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังที่อายุ 10 เดือน ผลการศึกษา พบว่า การปลูกมันสำปะหลังโดยไม่ใส่กากแป้งมันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 3.98 ตัน/ไร่ ในทุกตำรับการทดลองที่มีการใส่กากแป้งมันสำปะหลังได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าตำรับควบคุม โดยการใส่ในอัตรา 2, 4 และ 8 ตัน/ไร่ ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสูงสุดเท่ากับ 5.61, 5.83 และ 5.99 ตัน/ไร่ตามลำดับ ขณะที่การใส่เพียง 1 ตัน/ไร่ ยังคงให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (4.67 ตัน/ไร่) สูงกว่าตำรับควบคุม สำหรับผลผลิตแป้ง และชีวมวลส่วนเหนือดินก็ให้ผลไปในทิศทางเดียวกันผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด กากแป้งมันสำปะหลังยังส่งผลต่อร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังสด แต่พบว่าการใส่ที่อัตรา 2 ตัน/ไร่ทำให้ร้อยละการสะสมแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 24.53 ซึ่งสูงกว่าการใส่ที่อัตรา 8 ตัน/ไร่ (26.00%) ส่วนตำรับควบคุมมีค่าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 21.69 ขณะที่มันสำปะหลังมีการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับตำรับที่ให้ผลผลิตสูงสุด
คำสำคัญ: กากแป้งมันสำปะหลัง, วัสดุปรับปรุงดิน, เศษเหลือทิ้งทางการเกษตร, มันสำปะหลัง

ABSTRACT: The experiment was carried out in a farmer field at Ban Khee Lek, Na Dee subdistrict, Na Yia district, Ubon Ratchathani province, objectively to compare the effect of cassava starch waste applied at five rates as follow; 0, 1, 2, 4 and 8 t/rai, on cassava, Huay Bong 80 variety, grown in Korat soil series. A randomized complete block design with four replications was employed. All treatments were added with 16:8:16 kg/rai of $N:P_2O_5:K_2O$. Cassava was harvested at 10-month of age. Result revealed that growing cassava without soil amendment highly significantly gave the lowest fresh tuber yield with the amount of 3.98 t/rai. Treatments added with cassava starch waste all promoted greater fresh tuber yield than did the control. The application of cassava starch waste at the rates of 2, 4 and 8 t/rai produced the greatest fresh tuber yield of 5.61, 5.83 and 5.99 t/rai, respectively, whereas the application of this waste at the rate of 1 t/rai still gave higher yield (4.67 t/rai) than did the control. The same trend was found in the case of cassava starch yield and aboveground biomass. Cassava starch waste also affected starch content in cassava fresh tuber but the application at the rate of 2 t/rai highly significantly stimulated the highest starch content of 24.53%, which was higher than that of the rate of 8 t/rai (26.00%) while the control having the lowest content of 21.69%. Cassava clearly took up more amounts of major, minor and micronutrient mostly in accordance with the treatments that gave the highest yield.
Keywords: cassava starch waste, soil amendment, agricultural waste, cassava

[1] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

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

บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot Esculenta* (L.) Crantz.) เป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันเป็นผู้ผลิตมันสำปะหลังอันดับ 2 ของโลก รองจากประเทศไนจีเรีย (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) มันสำปะหลังเป็นพืชทนแล้งได้ดี สามารถปลูกได้ในดินหลายประเภท มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าพืชอื่น ๆ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554) ในปัจจุบันประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคอาเซียน มีแนวโน้มที่จะปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยส่วนใหญ่ปลูกในกลุ่มดินใหญ่ Paleustults ซึ่งมีเนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย ปัญหาหลักคือมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ และมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ อีกทั้งพื้นที่ปลูกเกิดการกร่อนดินได้ง่าย (Mitsuchi et al., 1986; Sittibusaya et al., 1987, Anusontpornperm et al., 2009) การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การใช้วัสดุปรับปรุงดินสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในดินกลุ่มดินใหญ่ Paleustults และ Quartzipsamments เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกโดยไม่มีการใช้วัสดุปรับปรุงดิน (สัมฤทธิ์ และคณะ, 2553; ศิรินทรา และคณะ, 2554; จีรวรรณ และคณะ, 2557; นิภัทร์ และคณะ,2557; พรชัย และคณะ, 2560; เบญญาทิพย์ และคณะ, 2560; Suksawat et al., 2010; Kanjana et a;., 2012; Phuniam et al., 2012; Plengsuntia et al., 2012; Kerdchana et al., 2014; Yimnoi et al., 2014; Sriket et al., 2015; Nilnoree et al., 2016; Lunlio et al., 2017) โดยเฉพาะการใช้กากแป้งมันสำปะหลังซึ่งเป็นเศษเหลือทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง และโรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารพืชอยู่ในปริมาณที่สูง (สุกัญญา และ วราพันธุ์, 2552; พรชัย และคณะ, 2560; Nilnoree et al., 2016) การใช้กากแป้งมันสำปะหลังปรับปรุงดินชุดดินสตึก พบว่า การใส่กากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับโดโลไมต์อัตรา 100 กก./ไร่ ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปีแรกเท่ากับ 6.10 ตัน/ไร่ ส่วนการใส่กากแป้งสำปะหลังอัตรา 500 กก./ไร่ ต่อเนื่องเป็นปีที่ 2 ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุดเท่ากับ 5.65 ตัน/ไร่ (พรชัย และคณะ, 2560) การใส่กากแป้งมันสำปะหลังร่วมกับมูลไก่แกลบอย่างละ 6.25 ตัน/เฮกตาร์ ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 33.61 ตัน/เฮกตาร์ เมื่อปลูกในชุดดินด่านขุนทด (Nilnoree et al., 2016) ขณะที่เมื่อใช้กากแป้งมันสำปะหลังปรับปรุงดินในชุดดินยโสธรกลับให้ผลไม่ดีเท่าการใช้ยิปซัม (อังศุมาลิน และคณะ, 2560) อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบว่ามีการศึกษาการใช้กากแป้งมันสำปะหลังเพื่อปรับปรุงดินในพื้นที่ที่ปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสูง เช่นพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งมีโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง และเอทานอลทำให้มีกากแป้งมันสำปะหลังเป็นเศษเหลือทิ้งอยู่จำนวนมาก การศึกษานี้จึงดำเนินการโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลของการใช้กากแป้งมันสำปะหลังอัตราต่างกัน ต่อการเพิ่มผลผลิต และการดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินโคราช ส่งเสริมการใช้วัสดุเหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์ในการปรับปรุงดินปลูกมันสำปะหลัง และเป็นแนวทางสำหรับการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่

วิธีการศึกษา

ทำการทดลองในพื้นที่แปลงปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร บ้านขี้เหล็ก ตำบลนาดี อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี ในชุดดินโคราช (Korat soil series, Kt) ดินเป็นกรดจัดและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ทำการวิจัยตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 5 ตำรับการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อปรับปรุงดินที่อัตรา 0, 1, 2, 4 และ 8 ตัน/ไร่ โดยทุกตำรับการทดลองใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 16:8:16 กก. $N:P_2O_5:K_2O$/ไร่ ซึ่งเป็นอัตราแนะนำสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินดอนอันดับอัลทิซอลล์ (Ultisols) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Sittibusaya, 1996) ปุ๋ยที่ใช้เป็นการผสมจากแม่ปุ๋ยซึ่งประกอบด้วย ยูเรีย (46-0-0) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ใส่เมื่อมันสำปะหลังอายุครบ 2 เดือน โดยใส่บนสันร่องข้างลำต้นแล้วกลบ ส่วนกากแป้งมันสำปะหลังใส่ก่อนการไถ

เปิดดินครั้งแรก โดยกากแป้งมันสำปะหลังมีสมบัติและธาตุองค์ประกอบดังแสดงใน **Table 1** การทดลองใช้มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ปลูกบนสันร่อง ใช้ระยะต้นเท่ากับ 80 ซม. และระยะห่างระหว่างร่อง 120 ซม. ก่อนปลูกชุบท่อนพันธุ์ด้วยสารเคมีป้องกันเพลี้ยแป้ง ส่วนการจัดการวัชพืชดำเนินการตามความเหมาะสม และการเก็บข้อมูลประกอบด้วย การเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกเพื่อการวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของดินจัดทำข้อมูลลักษณะดินตัวแทนในพื้นที่ (site characterization) โดยการขุดหลุมลึก 2 เมตรเพื่อศึกษาชั้นหน้าตัดดิน (เอิบ, 2542) เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังและเก็บข้อมูลพืชเมื่อมันสำปะหลังอายุครบ 10 เดือน โดยบันทึกข้อมูลน้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (น้ำหนักต้น เหง้า กิ่งก้านและใบ) น้ำหนักหัวมันสดและร้อยละการสะสมแป้ง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขึ้นไป

Table 1 Properties of cassava starch waste.

Properties	Cassava starch waste
pH (1:5 H_2O)	6.52
Electrical conductivity (dS/m, 1:1 H_2O)	0.56
Organic matter (g/kg)	22.9
Cation exchange capacity ($cmol_c$/kg)	28.8
Total N (g/kg)	2.86
Total P (g/kg)	0.43
Total K (g/kg)	1.97
Total Ca (g/kg)	6.73
Total Mg (g/kg)	1.43
Total S (g/kg)	0.35
Total Zn (mg/kg)	14.6
Total Fe (mg/kg)	88.0
Total Cu (mg/kg)	5.8
Total Mn (mg/kg)	7.8

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ลักษณะและสมบัติของดิน

ดินตัวแทนพื้นที่ทดลองจำแนกอยู่ในกลุ่มดินย่อย Oxyaquic (Udic) Paleustults (Anusontpornperm, 2003) พบบนพื้นที่ที่มีความลาดชันร้อยละ 2 วัตถุต้นกำเนิดดินเกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำพาท้องถิ่นบริเวณตอนล่างของลานตะพักลำน้ำขั้นกลาง ดินเป็นดินลึก มีการระบายน้ำดีปานกลาง และมีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก ดินบนหนา 28 ซม. เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ถึงเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam)

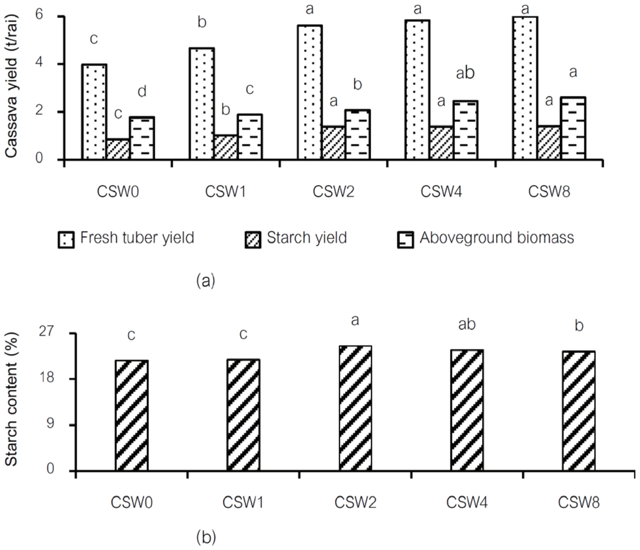
สมบัติดินก่อนปลูก

ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยดินบนที่ระดับความลึก 0-30 ซม.เป็นกรดจัด (pH 5) มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำเท่ากับ 7.6 ก./กก. ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก (0.9 ก./กก., 9.7 และ 7.4 มก./กก. ตามลำดับ) ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้เท่ากับ 4.4 และ 2.5 เซนติโมล/กก. ดินมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (9.5 เซนติโมล/กก.) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำมาก (ร้อยละ 28.2)

ผลของกากแป้งมันสำปะหลังต่อผลผลิตและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ออัตราของกากแป้งมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่กากแป้งมันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยมีค่าเท่ากับ 3.98 ตัน/ไร่ ในขณะที่การใส่กากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 2, 4 และ 8 ตัน/ไร่ ให้ผลผลิตมันสำปะหลังเท่ากับ 5.61, 5.83 และ 5.99 ตัน/ไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้การใส่กากแป้งมันสำปะหลังเพียง 1 ตัน/ไร่ ยังคงให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (4.67 ตัน/ไร่) สูงกว่าตำรับควบคุม (Figure 1a) นอกจากนี้ การใส่กากแป้งมันสำปะหลังที่อัตรา 2, 4 และ 8 ตัน/ไร่ ให้ผลผลิตแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เท่ากับ 1.38, 1.38 และ 1.40 ตัน/ไร่ตามลำดับ ในขณะที่ตำรับที่ใส่กากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 1 ตัน/ไร่ ให้ผลผลิตแป้ง 1.02 ตัน/ไร่ และตำรับควบคุมให้ผลผลิตแป้งต่ำสุดเท่ากับ 0.86 ตัน/ไร่

การใส่กากแป้งมันสำปะหลังนอกจากจะช่วยเพิ่มผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและผลผลิตแป้ง ยังเพิ่มชีวมวลส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยเมื่อใส่กากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 8 ตัน/ไร่ ให้ชีวมวลส่วนเหนือดินสูงสุด 2.60 ตัน/ไร่ ในขณะที่ตำรับควบคุมให้ชีวมวลเพียง 1.77 ตัน/ไร่ (Figure 1a) นอกจากนี้ กากแป้งมันสำปะหลังยังมีผลต่อร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังสด โดยพบว่าการใส่ที่อัตรา 2 ตัน/ไร่ ให้ร้อยละการสะสมแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เท่ากับ 24.53 ซึ่งสูงกว่าการใส่ที่อัตรา 8 ตัน/ไร่ (ร้อยละ 26.00) ส่วนตำรับควบคุมมีค่าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 21.69 (Figure 1b) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การใส่กากแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงมาก (Table 1) เป็นการช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดจับธาตุอาหารพืช (Agbim, 1985; Komariah, 2008; Okonkwo et al., 2011) ขณะที่ธาตุอาหารพืชในเศษเหลือซึ่งมีอยู่พอสมควรโดยเฉพาะธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารมีส่วนช่วยทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน การใส่กากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 1 ตัน/ไร่ ช่วยเพิ่มผลผลิตได้เพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ พรชัย และคณะ (2560) เมื่อปลูกมันสำปะหลังบนชุดดินสตึก ในขณะที่ผลการทดลองของ Nilnoree et al. (2016) ที่ทำการทดลองบนชุดดินด่านขุนทด ซึ่งเป็นดินเนื้อหยาบพบว่า การใส่กากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 1 ตัน/ไร่ ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดไม่แตกต่างจากตำรับควบคุม



CSW: cassava starch waste; CSW0 = Control (no application of CSW); CSW1 = 1 t/rai; CSW2 = 2 t/rai; CSW4 = 4 t/rai; CSW8 = 8 t/rai

Figure 1 Effect of cassava starch waste on (a) cassava fresh tuber yield, starch yield and aboveground biomass, and (b) starch content. Different lowercase letters on bars grouped under one plant parameter are significantly different ($P \leq 0.01$).

ผลของกากแป้งมันสำปะหลังต่อการดูดใช้ของธาตุอาหารหลัก ของมันสำปะหลัง

ผลของกากแป้งมันสำปะหลังต่อปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของมันสำปะหลัง พบว่า ในทุกตำรับการทดลอง มันสำปะหลังดูดใช้ไนโตรเจน และโพแทสเซียมในปริมาณที่ใกล้เคียงกันในขณะที่ดูดใช้ฟอสฟอรัสน้อยมากเมื่อเทียบกับไนโตรเจน และโพแทสเซียม โดยพบว่ากิ่งก้านและใบมันสำปะหลังดูดใช้ไนโตรเจนสูงสุดในขณะที่ฟอสฟอรัสสูงสุดในเหง้า และโพแทสเซียมสูงสุดใกล้เคียงกันในส่วนหัวและลำต้น โดยตำรับควบคุมมีการดูดใช้ธาตุอาหารหลักต่ำที่สุด การใส่กากแป้งมันสำปะหลังที่อัตรา 2, 4 และ 8 ตัน/ไร่ ทำให้ลำต้นมันสำปะหลังดูดใช้ไนโตรเจนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) อยู่ในพิสัย 2.5-2.9 กก./ไร่ และส่วนกิ่งก้านและใบสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อยู่ในพิสัย 10.9-11.9 กก./ไร่ (Table 2) นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่กากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 2, 4 และ 8 ตัน/ไร่ ส่วนหัวของมันสำปะหลังดูดใช้ฟอสฟอรัสสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เท่ากับ 0.2 กก./ไร่ เช่นเดียวกับในกรณีของโพแทสเซียมที่พบว่า การใส่ในอัตราข้างต้นที่มีผลทำให้การดูดใช้โพแทสเซียมสูงสุดในทุกส่วนของพืช ในขณะที่ในตำรับควบคุมมันสำปะหลังดูดใช้โพแทสเซียมต่ำมาก ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากากแป้งมันสำปะหลังสามารถช่วยเพิ่มธาตุอาหารหลักให้กับพืชได้ นอกเหนือจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยช่วยให้มันสำปะหลังสามารถดูดใช้ธาตุได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

Table 2 Effect of cassava starch waste on nitrogen, phosphorus and potassium uptake (kg/rai) in different plant parts of cassava grown in Korat soil series.

Tr.	N				P				K			
	T	SB	LB	S	T	SB	LB	S	T	SB	LB	S
CSW0	1.1c	1.6b	7.0c	2.7bc	0.1b	1.4cd	0.5b	0.3bc	5.4	3.8b	1.2b	5.8bc
CSW1	1.4bc	1.6b	10.0ab	3.4ab	0.1ab	1.2d	0.7b	0.4ab	7.0	3.7b	1.6ab	7.7ab
CSW2	2.3a	2.5a	8.0bc	2.1c	0.2a	1.9ab	0.5b	0.2c	8.9	6.0a	1.4ab	4.8c
CSW4	1.9ab	2.9a	11.9a	3.6a	0.2a	2.2a	0.9a	0.4a	8.5	6.0a	2.1a	8.2a
CSW8	1.6bc	2.8a	10.9a	3.0ab	0.2a	1.7bc	0.6b	0.3ab	9.2	5.2a	2.0a	6.1bc
F-test	*	**	*	*	*	**	*	**	ns	**	*	*
%CV	20.5	11.4	14.2	14.5	27.5	10.4	18.1	15.1	35.1	13.9	18.5	15.4

ns = not significant; *, ** significantly different at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively; means with different lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at p ≤ 0.05 and 0.01.
CSW: cassava starch waste; CSW0 = Control (no application of CSW); CSW1 = 1 t/rai; CSW2 = 2 t/rai; CSW4 = 4 t/rai; CSW8 = 8 t/rai
T = tuber; SB = stem base; LB = leaf and branch; S = stem

ผลของกากแป้งมันสำปะหลังต่อปริมาณดูดใช้ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารของมันสำปะหลัง

ผลของกากแป้งมันสำปะหลังต่อปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง พบว่า ในทุกตำรับการทดลองมันสำปะหลังดูดใช้แคลเซียมสูงสุด รองลงมาคือแมกนีเซียม และกำมะถัน ตามลำดับ โดยการดูดใช้แคลเซียมและกำมะถันมีปริมาณสูงสุดในส่วนหัว ส่วนแมกนีเซียมมีปริมาณสูงสุดในส่วนเหง้า การใส่กากแป้งมันสำปะหลังที่อัตรา 2, 4 และ 8 ตัน/ไร่ มันสำปะหลังดูดใช้แคลเซียมในหัวสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อยู่ในพิสัยเท่ากับ 4.1-4.8 กก./ไร่ สูงกว่าในตำรับควบคุม นอกจากนี้การดูดใช้แคลเซียม ในส่วนเหง้า และกิ่งก้านและใบก็ให้ผลคล้ายคลึงกับการดูดใช้ในส่วนหัว (Table 3) ทั้งนี้เป็นที่น่าสังเกตว่า ดินก่อนปลูกมีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับที่ต่ำเพียง 4.4 เซนติโมล/กก. และไม่มีการใส่

ธาตุนี้ในรูปของปุ๋ยเคมี ขณะที่กากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณแคลเซียมทั้งหมดเท่ากับ 6.73 ก./กก. แคลเซียมมันสำปะหลังดูดใช้จึงอาจจะได้จากการปลดปล่อยจากกากแป้งมันสำปะหลังที่ใส่ลงไปในดินในช่วงของการเตรียมดิน ซึ่งการศึกษาที่ประเทศโคลัมเบียพบการตอบสนองของมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญต่อการใส่แคลเซียมในดินร่วนปนทรายที่มีพีเอชเท่ากับ 5.1 และแคลเซียมที่สกัดได้เพียง 0.18 เซนติโมล/กก. (CIAT, 1985) มันสำปะหลังดูดใช้แมกนีเซียมสูงสุดในส่วนกิ่งก้านและใบกากแป้งมันสำปะหลังที่อัตรา 4 และ 8 ตัน/ไร่ (1.1 และ 1.2 กก./ไร่ ตามลำดับ) ซึ่งโดยทั่วไปมันสำปะหลังมักแสดงอาการขาดแมกนีเซียมเมื่อปลูกในดินกรดอันดับออกซิซอลส์ อัลทิซอลส์ อินเซปทิซอลส์ และเอนทิซอลส์ (Howeler, 2014) การปลูกมันสำปะหลังในชุดดินโคราชซึ่งเป็นดินกรดในอันดับอัลทิซอลส์นี้ การใส่กากแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีแมกนีเซียมอยู่ 1.43 ก./กก. จึงเป็นการช่วยให้ธาตุนี้แก่พืช เนื่องจากในดินมีอยู่เพียงเล็กน้อย (2.5 เซนติโมล/กก.) เท่านั้น ในขณะที่การดูดใช้กำมะถันในส่วนเหง้า กิ่งก้านและใบ และลำต้นมีความสัมพันธ์กับผลผลิตมันสำปะหลัง โดยปริมาณการดูดใช้ส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ในกลุ่มของจุลธาตุอาหาร (Table 4) มันสำปะหลังดูดใช้เหล็กสูงที่สุด รองลงมาคือ แมงกานีส สังกะสี และทองแดง โดยเหล็กส่วนใหญ่จะสะสมในส่วนเหง้า และลำต้น แมงกานีสพบกระจายอยู่ในส่วนเหนือดิน ทองแดงสะสมอยู่ในส่วนหัว และสังกะสีสะสมในส่วนเหง้า ในตำรับที่ใส่กากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 2, 4 และ 8 ตัน/ไร่ พบเหล็กสะสมในส่วนหัวมันสำปะหลังสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในพิสัย 39.6-57.1 ก./ไร่ รองลงมาคือ แมงกานีส (22.0-29.0 ก./ไร่) และทองแดง (4.8-5.9 ก./ไร่) มีเพียงสังกะสีเท่านั้นที่พบว่าที่อัตรา 2 ตัน/ไร่ขึ้นไป มันสำปะหลังดูดใช้ในส่วนเหง้าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ในพิสัย 8.2-9.6 ก./ไร่ และการใส่ที่อัตรา 4 และ 8 ตัน/ไร่ ทำให้การดูดใช้สังกะสีในส่วนกิ่งก้านและใบสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P = 0.01$) เท่ากับ 6.7 และ 6.8 ก./ไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่กากแป้งมันสำปะหลังที่อัตรา 8 ตัน/ไร่ มันสำปะหลังดูดใช้ธาตุเหล็กในส่วนกิ่งก้านและใบสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เท่ากับ 20.2 ก./ไร่ โดยการดูดใช้สังกะสีมีความสำคัญต่อการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลัง (Nair and Mohankumar, 1980) และผลการศึกษาของ ศิรินทรา และคณะ (2554) และ Phuniam et al. (2012) แสดงให้เห็นว่า การฉีดพ่นสังกะสีทางใบให้กับมันสำปะหลังมีส่วนช่วยทำให้ร้อยละการสะสมแป้งเพิ่มขึ้น ขณะที่ มันสำปะหลังไม่ค่อยพบปัญหาการขาดทองแดง ยกเว้นในดินอินทรีย์ (Chew et al., 1978) เช่นเดียวกับในกรณีของเหล็ก และแมงกานีส ซึ่งมักจะอาการขาดในดินเนื้อปูนที่มีพีเอชสูง (Howeler, 2014) อย่างไรก็ตาม ผลการดูดใช้จุลธาตุอาหารในการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า กากแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณ 88.0, 7.8, 5.8 และ 14.6 ก./กก. มีส่วนช่วยทำให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตดีขึ้น เนื่องจาก ในดินที่เกิดจากหินทรายทั่วไปมักมีจุลธาตุอาหารอยู่น้อย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Weil and Brady, 2017) และไม่มีการให้เพิ่มเติมในรูปของปุ๋ยเคมี

Table 3 Effect of cassava starch waste on calcium, magnesium and sulphur uptake (kg/rai) in different plant parts of cassava grown in Korat soil series.

Tr.	Ca				Mg				S			
	T	SB	LB	S	T	SB	LB	S	T	SB	LB	S
CSW0	1.9c	1.7c	1.6b	0.3ab	0.5	3.4	0.5b	0.5	0.9	0.2b	0.3c	0.3c
CSW1	2.8b	1.5c	2.1ab	0.3a	0.7	3.0	0.7b	0.4	1.0	0.2b	0.5bc	0.4bc
CSW2	4.8a	2.4b	1.7b	0.2b	0.6	4.2	0.6b	0.3	1.8	0.3a	0.3c	0.3c
CSW4	4.1a	3.1a	2.6a	0.4a	1.1	4.2	1.1a	0.5	1.5	0.3a	0.5ab	0.5a
CSW8	4.6a	3.2a	2.5a	0.3ab	1.2	4.2	1.2a	0.4	1.4	0.3a	0.6a	0.5ab
F-test	*	**	*	*	ns	ns	**	ns	ns	**	**	**
%CV	23.5	9.8	13.8	14.4	19.7	27.0	13.9	22.2	30.2	11.0	18.1	17.9

ns = not significant; *, ** significantly different at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively; means with different lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at P ≤ 0.05 and 0.01.

CSW: cassava starch waste; CSW0 = Control (no application of CSW); CSW1 = 1 t/rai; CSW2 = 2 t/rai; CSW4 = 4 t/rai; CSW8 = 8 t/rai

T = tuber; SB = stem base; LB = leaf and branch; S = stem

Table 4 Effect of cassava starch waste on iron and manganese uptake (kg/rai) in different plant parts of cassava grown in Korat soil series.

Tr.	Fe				Mn			
	T	SB	LB	S	T	SB	LB	S
CSW0	19.9c	65.0ab	10.7c	82.2b	11.2c	52.2	44.5	29.1
CSW1	29.8bc	55.3b	14.1bc	104.4b	14.8bc	51.5	49.2	43.9
CSW2	39.6b	89.2a	11.2c	86.2b	28.5a	66.2	45.7	41.2
CSW4	48.8ab	88.5a	18.1ab	146.4a	29.0a	58.8	49.6	69.8
CSW8	57.1a	64.9ab	20.2a	98.6b	22.0ab	71.2	60.6	47.5
F-test	*	*	**	*	**	ns	ns	ns
%CV	33.1	17.0	16.4	16.4	19.8	31.4	4.7	30.1

ns = not significant; *, ** significantly different at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively; means with different lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at P ≤ 0.05 and 0.01.

CSW: cassava starch waste; CSW0 = Control (no application of CSW); CSW1 = 1 t/rai; CSW2 = 2 t/rai; CSW4 = 4 t/rai; CSW8 = 8 t/rai

T = tuber; SB = stem base; LB = leaf and branch; S = stem

Table 5 Effect of cassava starch waste on copper and zinc uptake (kg/rai) in different plant parts of cassava grown in Korat soil series.

Tr.	Cu				Zn			
	T	SB	LB	S	T	SB	LB	S
CSW0	3.0b	0.4	1.2c	0.4	2.5	5.9b	2.5c	2.8bc
CSW1	3.5b	0.5	1.6bc	0.5	4.1	6.0b	5.0ab	3.5ab
CSW2	5.9a	0.6	1.3c	0.6	6.8	9.6a	4.0bc	2.2c
CSW4	5.7a	0.7	2.1a	0.7	5.5	9.5a	6.7a	3.9a
CSW8	4.8ab	0.5	2.0ab	0.5	5.4	8.2a	6.8a	3.1b
F-test	*	ns	**	ns	ns	**	**	**
%CV	21.6	16.4	13.7	16.4	33.9	12.2	21.0	13.3

ns = not significant; *, ** significantly different at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively; means with different lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at P ≤ 0.05 and 0.01.

CSW: cassava starch waste; CSW0 = Control (no application of CSW); CSW1 = 1 t/rai; CSW2 = 2 t/rai; CSW4 = 4 t/rai; CSW8 = 8 t/rai

T = tuber; SB = stem base; LB = leaf and branch; S = stem

สรุป

มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกดินชุดดินโคราชซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำตอบสนองทางด้านผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง ชีวมวลส่วนเหนือดิน และร้อยละการสะสมแป้งอย่างชัดเจนต่อการใส่กากแป้งมันสำปะหลังเพื่อปรับปรุงดิน โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอัตราของกากแป้งมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น มันสำปะหลังมีการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารที่ไม่มีการให้ในรูปของปุ๋ยเคมี เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม จากผลการทดลองยังพบว่า โดยส่วนใหญ่ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังมีความสัมพันธ์กับผลผลิตที่ได้ อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาต่อเนื่องเพื่อตรวจสอบผลตกค้างของวัสดุปรับปรุงดิน และการทดสอบร่วมกับการปรับอัตราการใช้ปุ๋ยธาตุอาหารหลักเพื่อหาแนวทางการลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมี

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย บริษัทอุบลเกษตรพลังงาน จำกัดที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับงานแปลงทดลองภาคสนาม และกากแป้งมันสำปะหลังสำหรับงานทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2554. มันสำปะหลัง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จีรวรรณ พรหมมา, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิฌา ธนะจิตต์, เอิบ เขียวรื่นรมณ์ และปรีชา เพชรประไพ. 2555. ผลของชนิดและอัตราของปูนต่อมันสำปะหลังที่ปลูกบนดินยโสธร. แก่นเกษตร. 4(1): 19-26.

นิภัทร์ ถนิมมาลย์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, อัญชลี สุทธิประการ, ศุภิฌา ธนะจิตต์ และปรีชา เพชรประไพ. 2557. การใช้เพอไลต์ มูลไก่แกลบ และปุ๋ยสังกะสีที่ให้ทางใบเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในดินยโสธร. แก่นเกษตร. 42(2): 189-200.

พรชัย อุปพันธ์พงศ์ชัย, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิฌา ธนะจิตต์, ดาวจรัส เกตุโรจน์ และปรีชา เพชรประไพ. 2560. ผลของกากแป้งมันสำปะหลัง หินปูนบด และโดโลไมต์ต่อสมบัติดินและ มันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินสตึก. แก่นเกษตร. 45(1): 25-34.

เบญญาทิพย์ มณีทุม, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิฌา ธนะจิตต์ และดาวจรัส เกตุโรจน์. 2560. ผลของเบนทอไนต์และปุ๋ยเคมีต่อมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกบนดิน Ustic Quartzipsamment. แก่นเกษตร. 45(1): 153-164.

ศิรินทรา ตะสาริกา, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิฌา ธนะจิตต์, เอิบ เขียวรื่นรมณ์ และปรีชา เพชรประไพ. 2554. อิทธิพลของมูลไก่แกลบกับปุ๋ยสังกะสีและเหล็กที่ให้ทางใบต่อมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธรที่เสื่อมโทรม. แก่นเกษตร. 39(2): 105-116.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ วราพันธุ์ จินตณวิชญ์. 2552. การใช้ประโยชน์เศษเหลือจากมันสำปะหลัง. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจฯ, มหาวิทยาลัยเกษรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

สัมฤทธิ์ วิริยาพันธ์, ศุภิฌา ธนะจิตต์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม และอัญชลี สุทธิประการ. 2553. การแก้ไขปัญหาชั้นดานไถพรวนเพื่อการปลูกมันสำปะหลัง. แก่นเกษตร. 38(3): 191-204.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สถานการณ์ส่งออกสินค้าเกษตรและแนวโน้มปี 2557. แหล่งที่มา: https://goo.gl/PZuE3S. ค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2559.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรและแนวโน้มของประเทศไทยปี 2558. แหล่งที่มา: https://goo.gl/dfSkTN. ค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2559.

อังศุมาลิน แท่นเครือ, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิฌา ธนะจิตต์ และเอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2560. ผลของยิปซัม กากแป้งและเปลือกล้างมันสำปะหลังต่อมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินยโสธร. แก่นเกษตร. 45(2): 239-248.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2542. คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Anusontpornperm, S. 2003. Land Evaluation Using Soil Properties in Relation to Genesis and Classification to Make Guidance on Soil Management for Cassava Crop Practice. Ph.D. Thesis, The University of Reading, UK.

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.). 043(5): 9-18.

Agbim, N.N. 1985. Potential of cassava peels as soil amendment II. J. Envin. Qual. 14: 44-56.

Chew, W.Y., K. Ramili, and K.T. Joseph. 1978. Copper deficiency of cassava (Manihot esculenta Crantz) on Malaysian peat soil. MARDI Research Bulletin. 6(2): 208-213.

CIAT. 1985. Cassava Program. Annual Report for 1984. Working Document No. 1. CIAT, Cali, Columbia.

Howeler, R.H. 2014. Sustainable Soil and Crop Management of Cassava in Asia: a Reference Manual. CIAT and the Nippon Foundation, Tokyo, Japan.

Kanjana, D., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, and A. Suddhiprakarn. 2012. Effects of soil conditioners on yield and starch content of cassava grown on a degraded Yasothon soil. The 38th Congress on Science and Technology of Thailand (STT38), October 17-19, 2012, Chiang Mai, Thailand.

Kerdchana, C., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, and W. Wiriyakitnateekul. 2014. Effect of gypsum, dolomite, burnt rice husk from ethanol plant and rates of chemical fertilizer on cassava grown on a Korat soil. The 40th Congress on Science and Technology of Thailand (STT40). December 2-4, Hotel Pullman Khon Kaen Raja Orchid, Khon Kaen, Thailand.

Komariah, K. Ito, M. Senge, J. T. Adomako, and Afandi. 2008. Amendment of soil physical and biological properties using rice husk and tapioca wastes. J. Japanese Soc. Soil Phys. 108: 81-90.

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.

Mitsuchi M., P. Wichaidit, and S. Jeungnijnirund. 1986. Outline of Soils of the Northeast Plateau, Thailand. Their Characteristics and Constraints. ADR, Khon-Kean, Thailand.

Nair, P.G., and B. Mohankumar. 1980. Response of cassava to micronutrients application in acid laterite soil, P. 81-83. In Proc. Nat. Seminar on Tuber Crops Production Technology, held in Tamil Nudu Agric. Univ., Coimbatore, India. November 21-22, 1980.

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.

Okonkwo, C., I. Onyibe, and C.N. Mbah. 2011. Influence of different forms of cassava peel on physicochemical properties of an Ultisols and yield of Maize (Zea mays L.) in Abakaliki south eastern Nigeria. J. Agri. Biol. Sci. 2: 78-83.

Phuniam, M., S. Anusontpornperm, and S. Thanachit. 2012. Response of cassava grown on a Warin soil to perlite and chicken manure combined with Zn foliar application. The 38th Congress on Science and Technology of Thailand (STT38), October 17-19, 2012, Chiang Mai, Thailand.

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. The 38th Congress on Science and Technology of Thailand (STT38), October 17-19, 2012, Chiang Mai, Thailand.

Sittibusaya, C., C. Narkaviroj, and D. Tunrnaphirom. 1987. Accomplishments and present status of cassava soil research in Thailand. pp.81-99. In: R.H. Howeler and K. Kawano, eds. Cassava Breeding and Agronomy Research in Asia. Proceeding of a Regional Workshop Held in Rayong, 26-36 October 1987, Thailand.

Sittibusaya, C. 1996. Strategies of developing fertilizer recommendations for field crops. Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives.

Sriket, S., S. Thanachit, and S. Anusontpornperm. 2015. Effect of fertilizer rates on cassava grown on Yasothon soil amended with cassava stem base biochar and wastes from cassava starch manufacturing plant. Khon Kaen Agr. J. 43(4): 755-762.

Suksawat, N., S. Thanachit, S. Anusontpornperm, and I. Kheoruenromne. 2010. Effect of tillage and soil amendments on yield of cassava grown on coarse-textured soils. The 36th Congress on Science and Technology of Thailand (STT36), October 26-28, 2010, Bang-na, Bangkok, Thailand.

Weil, R.R., and N.C. Brady. 2017. Nature and Properties of Soils. 15th ed. Pearson Education. Inc., New Jersey.

Yimnoi, N., S. Anusontpornperm, and S. Thanachit. 2014. Effect of lime materials and cassava peel on cassava grown on a Satuk soil. The 40th Congress on Science and Technology of Thailand (STT40). December 2-4, Hotel Pullman Khon Kaen Raja Orchid, Khon Kaen, Thailand.