KHON KAEN AGR. J. 48 (6): 1292-1303 (2020)./doi:10.14456/kaj.2020.114.

ผลสะสมของมูลไก่แกลบ เศษเหลือจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง และปุ๋ยเคมีต่อมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธร

Cumulative effect of chicken manure, cassava starch manufacturing wastes and chemical fertilizer on cassava grown in Yasothon soil series

รสธร คล้องธรรม[1], สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม[1*], ศุภิฌา ธนะจิตต์[1] และเอิบ เขียวรื่นรมณ์[1]

Rossathorn Klongtham[1], Somchai Anusontpornperm[1*], Suphicha Thanachit[1] and Irb Kheoruenromne

บทคัดย่อ: ดำเนินศึกษาผลสะสมของมูลไก่แกลบ และของเศษเหลือจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังร่วมกับอัตราปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ในชุดดินยโสธรในแปลงเกษตรกร โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 3 ซ้ำ แปลงหลัก ได้แก่ T1: ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน T2-T4: ใส่มูลไก่แกลบ 500, 1,000 และ 2,000 กก./ไร่ตามลำดับ T5-T6: ใส่กากแป้ง และเปลือกล้างมันสำปะหลัง 1,000 กก./ไร่ แปลงรองเป็นการเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยเคมี 4 อัตรา ได้แก่ F0 = 0:0:0; F1 = 8:4:8; F2 = 16:8:16 และ F3 = 32:16:32 กก. N:P_2O_5:K_2O/ไร่ พบว่า การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 2,000 กก./ไร่ส่งเสริมให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง และชีวมวลส่วนเหนือดินสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 6.46, 1.53 และ 3.70 ตัน/ไร่ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (16:8:16 กก. N:P_2O_5:K_2O/ไร่) ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและผลผลิตแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 6.09 และ 1.45 ตัน/ไร่ ตามลำดับ และพบอิทธิพลร่วมระหว่างการใส่มูลไก่แกลบในอัตรา 2,000 กก./ไร่ กับปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำที่ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 7.43 ตัน/ไร่ การใส่มูลไก่แกลบโดยเฉพาะที่อัตรา 1,000 และ 2,000 กก./ไร่ ต่อเนื่อง 5 ปีส่งผลให้ดินที่ 3 ระดับความลึก (0-15, 15-30 และ 30-45 ซม.) ส่วนใหญ่มีค่าพีเอช ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าตำรับควบคุม และตำรับที่มีการใส่เศษเหลือจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 2,000 กก./ไร่ ต่อเนื่องร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 16:8:16 กก. N:P_2O_5:K_2O/ไร่ จึงเป็นจัดการที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในชุดดินยโสธรและปรับปรุงดินให้มีคุณภาพดีขึ้น

คำสำคัญ: มูลไก่แกลบ, กากแป้งมันสำปะหลัง, เปลือกล้างมันสำปะหลัง, มันสำปะหลัง, ชุดดินยโสธร

ABSTRACT: Cumulative effect of chicken manure and wastes from cassava starch manufacturing plant together with chemical fertilizer on cassava, Huay Bong 80 variety, in Yasothon soil series was undertaken in a farmer field. Experimental design was arranged in split plot with three replications. Main plot consisted of T1: no soil amendment application; T2-T4: chicken manure at respective rates of 500, 1,000 and 2,000 kg/rai; T5-T6: cassava starch waste and cassava peel 1,000 kg/rai. Subplot was set to compare four rates of chemical fertilizer (0:0:0; F1 = 8:4:8; F2 =

REceived April 3, 2020

Accepted June 5, 2020

[1]ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

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

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6: 1292-1303 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.114.

16:8:16 and F3 = 32:16:32 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O). It was found that the application of chicken manure at the rate of 2,000 kg/rai highly significantly promoted the highest fresh tuber yield, starch yield and aboveground biomass of 6.46, 1.53 and 3.70 t/rai, respectively. Recommended rate of chemical fertilizer (16:8:16 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O) highly significantly gave the highest fresh tuber yield and starch yield of 6.09 and 1.45 t/rai, respectively. In addition, chicken manure added at the rate of 2,000 kg/rai and the recommended rate of chemical fertilizer had an interactive effect on fresh tuber yield, highly significantly stimulating the greatest amount of 7.43 t/rai. The addition of chicken manure especially at the rates of 1,000 and 2,000 kg/rai for five consecutive years resulted in the soil at three depths (0-15, 15-30 and 30-45 cm) mostly having significantly higher soil pH and organic matter, total nitrogen, available phosphorus and potassium contents than that of plots with no soil amendment application and amended with wastes from cassava starch manufacturing plant. Continuous application of chicken manure at the rate of 2,000 kg/rai together with 16:8:16 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O was a suitable management for increasing yield of cassava in Yasothon soil series and improving soil quality.

Keywords: chicken manure, cassava starch waste, cassava peel, cassava, Yasothon soil series

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่เพาะปลูกมากสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 4.81 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) แต่ผลผลิตเฉลี่ยต่ำกว่าศักยภาพการให้ผลผลิตของพันธุ์มันสำปะหลัง เนื่องจากพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในดินในอันดับ Ultisols (สมพงษ์ และอนุชิต, 2547) ซึ่งเป็นดินเนื้อค่อนข้างหยาบถึงหยาบ มีปริมาณธาตุอาหาร อินทรียวัตถุ และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561; Anusontpornperm *et al*., 2009) เกษตรกรปลูกมันสำปะหลังซ้ำที่เดิมอย่างต่อเนื่อง โดยขาดการปรับปรุงบำรุงดินทำให้ความอุดมสมบูรณ์และปริมาณอินทรียวัตถุลดลง จึงส่งผลให้โครงสร้างของดินเสื่อมสภาพ ดินแน่นทึบเป็นปัญหาต่อการชอนไชของรากพืชและการเจริญเติบโตของหัวมันสำปะหลัง (สัมฤทธิ์ และคณะ, 2553; อรพิน และคณะ, 2553; เอกราช และคณะ, 2553) การใช้วัสดุปรับปรุงดินจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง Plengsuntia et al. (2012) เปรียบเทียบอิทธิพลของมูลไก่แกลบและปุ๋ยเคมีต่างสูตรต่อมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธรที่เสื่อมโทรมอย่างรุนแรง พบว่า การใส่มูลไก่แกลบในอัตราที่สูงขึ้นตั้งแต่ 500 และ 1,000 กก./ไร่ ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเท่ากับ 1.83 และ 2.31 ตัน/ไร่ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใส่มูลไก่แกลบและปุ๋ยเคมีได้ผลผลิตต่ำสุดเท่ากับ 1.17 ตัน/ไร่ Phun-iam et al. (2018) ศึกษาการตอบสนองผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในดิน Oxyaquic Paleustult ซึ่งเป็นดินดอนมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำที่พบอยู่ส่วนต่ำของลานตะพักลำน้ำขั้นกลาง พบว่า ผลผลิตของมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง น้ำหนักใบและกิ่ง น้ำหนักต้นลำต้น น้ำหนักเหง้า และมวลชีวภาพส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นเมื่อใส่กากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 12.5, 25 และ 50 ตัน/เฮกตาร์ การใส่กากแป้งในอัตรา 6.25 ตัน/เฮกตาร์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากตำรับควบคุม และการใช้แป้งมันสำปะหลังในอัตรา 50 ตัน/เฮกตาร์มีอัตราการรอดตายต่ำสุด (88.9%) ส่วนการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับเปลือกล้างมันสำปะหลังอัตรา 1,000 กก./ไร่ ให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงสุด (จารุวรรณ และคณะ, 2560) สาเหตุที่วัสดุปรับปรุงดินข้างต้นส่งผลบวกต่อผลผลิตมันสำปะหลัง ประกอบด้วย มูลไก่แกลบช่วยลดความหนาแน่นรวมของดิน เพิ่มความพรุนรวมของดิน อัตราการซาบซึมน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Amanullah et al., 2010) ช่วยให้เกิดการสร้างเม็ดดินเสถียรน้ำ (Weil and Kroontje, 1979) เพิ่มอินทรียวัตถุในดิน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Agbede et al., 2008) ทั้งนี้ อัตราแนะนำปุ๋ยเคมีสำหรับการปลูกมันสำปะหลังในดินเนื้อหยาบที่ดอนอันดับ

อัลทิซอลส์อยู่ในพิสัย 50-100, 25-50 และ 50-100 กก./ไร่ของ N, P_2O_5 และ K_2O ตามลำดับ (Sittibusaya, 1996) จากการที่วัสดุเหลือทิ้ง อาทิ มูลไก่แกลบจากฟาร์มสัตว์ปีก กากแป้ง และเปลือกล้างมันสำปะหลังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจากความต้องการมันเส้นและแป้งมันสำปะหลังขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้โรงงานแปรรูปโดยเฉพาะโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีจำนวนเพิ่มขึ้น ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 เมื่อปลูกในชุดดินยโสธรต่อการใส่เศษเหลือจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง มูลไก่แกลบเพื่อปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นเวลา 5 ปี และอัตราปุ๋ยเคมี รวมถึงผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินซึ่งผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงดินเนื้อค่อนข้างหยาบถึงหยาบที่มีการเสื่อมโทรมเพื่อทำให้ได้ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นในระดับที่น่าพึงพอใจ

วิธีการศึกษา

ทำการทดลองในแปลงเกษตรกรบ้านดงกระสังข์ ต.ตะเคียน อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา ดินตัวแทนพื้นที่ทดลองเป็นชุดดินยโสธร (Yasothon soil series, Yt) วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 3 ซ้ำ แปลงหลัก (main plot) ประกอบด้วย T1: ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน T2-T4: ใส่มูลไก่แกลบ 500, 1,000 และ 2,000 กก./ไร่ตามลำดับ T5-T6: ใส่กากแป้งและเปลือกล้างมันสำปะหลัง 1,000 กก./ไร่ ตามลำดับ สมบัติของวัสดุปรับปรุงดินแสดงไว้ใน **Table 1** แปลงรอง (subplot) เปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยเคมี 4 อัตรา ได้แก่ F0 = 0:0:0; F1 = 8:4:8; F2 = 16:8:16 และ F3 = 32:16:32 กก. $N:P_2O_5:K_2O$/ไร่ ใส่ปุ๋ยเมื่อมันสำปะหลังอายุครบ 2 เดือน โดยใส่บนสันร่องตรงกลางระหว่างต้นมันสำปะหลังแล้วกลบ ใช้ระยะปลูกเท่ากับ 80x120 ซม. ส่วนวัสดุปรับปรุงดินใส่ก่อนการไถเปิดดินครั้งแรก เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุครบ 10 เดือน

Table 1 Property of soil amendments

Property	Chicken manure	Cassava starch waste	Cassava peel	Property	Chicken manure	Cassava starch waste	Cassava peel
pH (1:5 H_2O)	7.00	4.64	5.80	Total Ca (g/kg)	26.2	5.60	6.20
CEC ($cmol_c$/kg)	65.0	0.62	0.78	Total Mg (g/kg)	3.20	1.40	1.30
OC (g/kg)	406.0	19.7	20.5	Total Na (g/kg)	11.4	2.90	2.90
EC (dS/m) (1:5 H_2O)	1.50	0.62	1.06	Total Mn (mg/kg)	470	1.40	15.1
Total N (g/kg)	46.9	3.50	6.30	Total Zn (mg/kg)	470	21.0	29.0
Total P (g/kg)	7.60	0.94	0.50	Total Fe (mg/kg)	250	71.0	19.1
Total K (g/kg)	17.6	2.80	5.20	Total Cu (mg/kg)	4.00	0.44	5.50

CEC = cation exchange capacity; OC = organic carbon; EC = electrical conductivity

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6: 1292-1303 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.114.

Table 2 Property of Yasothon soil series in the experimental area

Soil property	Topsoil (0-20 cm)	Subsoil (20-60 cm)	Soil property	Topsoil (0-20 cm)	Subsoil (20-60 cm)
pH (1:1 H_2O)	5.30	4.35	Avail. K (mg/kg/)	12.2	18.2
OM (g/kg)	3.46	2.31	Extr. Ca ($cmol_c$/kg)	0.65	0.55
CEC ($cmol_c$/kg)	2.00	3.50	Extr. Mg ($cmol_c$/kg)	0.33	0.34
Total N (g/kg)	0.14	0.12	Extr. K ($cmol_c$/kg)	0.03	0.05
Avail. P (mg/kg)	11.5	1.59	Extr. Na ($cmol_c$/kg)	0.21	0.47

OM = organic matter; CEC = cation exchange capacity

ข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตประกอบด้วย น้ำหนักผลผลิตหัวมันสด ค่าร้อยละการสะสมแป้ง โดยใช้เครื่อง Reimann scale และน้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (เหง้า ต้น และกิ่งก้านใบ) การเก็บตัวอย่างดินทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลองในปีแรกแบบ composite sample โดยทำการสุ่มเก็บที่ 2 ระดับความลึก ได้แก่ ดินบน (0-20 ซม.) และดินล่าง (20-60 ซม.) ผลวิเคราะห์แสดงไว้ใน **Table 2** และเก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังปีที่ 5 ที่ 3 ระดับความลึก (0-15, 15-30 และ 30-45 ซม.) โดยทำการเก็บในทุกแปลงย่อยเพื่อวิเคราะห์พีเอชดิน (National Soil Survey Center, 1996) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (Walkley and Black, 1934; Nelson and Sommers, 1996) ไนโตรเจนรวม (Bremner, 1996) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray and Kurtz, 1945) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Pratt, 1965) ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และเปรียบเทียบหาความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขึ้นไป

ผลการศึกษา

ผลของวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินและปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง

การใส่มูลไก่แกลบอัตราต่าง ๆ ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปีส่งผลทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราที่ใส่มูลไก่แกลบเพิ่มขึ้นซึ่งสูงกว่าตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ตำรับการทดลองที่มีการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง และเปลือกล้างมันสำปะหลัง การใส่มูลไก่แกลบ 2,000 กก./ไร่ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 6.46 ตัน/ไร่ อัตราดังกล่าวให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ที่อัตรา 1,000 กก./ไร่ (5.88 ตัน/ไร่) แต่สูงกว่าตำรับการทดลองที่เหลือ (**Figure 1a**) อย่างไรก็ตาม การใส่ที่อัตรา 500 กก./ไร่ ยังคงให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าการใส่เศษเหลือจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังทั้งสองชนิดที่อัตรา 1,000 กก/ไร่ และตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินตลอดการศึกษาซึ่งให้ผลผลิตในส่วนนี้อยู่ในพิสัย 4.37-4.51 ตัน/ไร่ (**Table 3**) วัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลทำให้ร้อยละการสะสมแป้งมีความแตกต่างกันทางสถิติแต่มีผลทำให้ผลผลิตแป้งมีความแตกต่างกัน โดยการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 1,000 และ 2,000 กก./ไร่ ทำให้ได้ปริมาณสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 1.45 และ 1.53 ตัน/ไร่ตามลำดับ การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 2,000 กก./ไร่ ต่อเนื่องเป็นเวลา 5 ปียังส่งผลให้ได้ปริมาณชีวมวลส่วนเหนือดินสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 3.70 ตัน/ไร่ เช่นเดียวกับน้ำหนักสดกิ่งก้านใบ ลำต้น และเหง้าที่มีปริมาณสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 16:8:16 กก. N:P_2O_5:K_2O/ไร่ซึ่งเป็นอัตราแนะนำสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินดอนเนื้อหยาบอันดับอัลทิซอลส์ (Sittibusaya, 1996) ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (**Figure 1b**) และผลผลิตแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 6.09 และ 1.45 ตัน/ไร่ ตามลำดับแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 2 เท่าของ

อัตราแนะนำ โดยกรณีหลังให้ผลผลิตต่ำกว่าเล็กน้อย (5.67 และ 1.25 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) แต่กลับให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (กิ่งก้านใบ ลำต้น และเหง้า) สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยทำให้ได้ปริมาณชีวมวลส่วนเหนือดินเท่ากับ 3.83 ตัน/ไร่ (**Table 3**) นอกจากนี้ปุ๋ยเคมียังส่งผลต่อร้อยละการสะสมแป้งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยร้อยละการสะสมแป้งจะลดลงจากร้อยละ 25.7 เป็นร้อยละ 22.2 ตามอัตราปุ๋ยเคมีที่ใส่เพิ่มขึ้น

การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 2,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 7.43 ตัน/ไร่ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 1,000 และ 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำซึ่งให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด 7.06 และ 6.85 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (**Figure 1c**) การปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ำสุดเท่ากับ 3.37 ตัน/ไร่ และผลผลิตสามารถเพิ่มขึ้นเป็น 4.50 และ 5.72 ตัน/ไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 8:4:8 และ 16:8:16 กก. $N:P_2O_5:K_2O$/ไร่ ตามลำดับ ขณะที่การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ ต่อเนื่องเป็นเวลา 5 ปียังคงต้องใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำเพื่อให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเท่ากับ 6.85 ตัน/ไร่ การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 1,000 กก./ไร่ โดยใส่ปุ๋ยเคมีเพียงครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเท่ากับ 6.04 ตัน/ไร่ และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 7.06 ตัน/ไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 2,000 กก./ไร่ ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปีให้ผลชัดเจนว่า มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 สามารถให้ผลผลิตหัวมันสด และผลผลิตแป้งได้สูงใกล้เคียงกับการปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำโดยไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุง

ชุดดินยโสธรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมาก (**Table 2**) พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ในการปลูกมันสำปะหลัง การใช้พื้นที่ดินนี้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานโดยไม่มีการปรับปรุงบำรุงดินทำให้ดินเสื่อมโทรมลง ซึ่งนอกจากปัญหาความอุดมสมบูรณ์ของดินแล้วยังพบปัญหาการเกิดชั้นดานไถพรวน (plough pan) (เอกราช และคณะ, 2553; อรพิน และคณะ, 2553; Anusontpornperm et al., 2009; Anusontpornperm et al. 2015) ทำให้การปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินให้ผลผลิตต่ำมาก (สัมฤทธิ์ และคณะ, 2553; Plengsuntia et al. 2012; Kaewkamthong et al., 2014) เช่นเดียวกับผลการศึกษานี้ ที่การปลูกโดยไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ำกว่าการปรับปรุงดินด้วยมูลไก่แกลบอัตรา 2,000 กก./ไร่ ต่อเนื่องเป็นเวลา 5 ปี ถึงร้อยละ 43 ขณะที่การใส่มูลไก่แกลบเพื่อปรับปรุงดินในอัตรา 500 และ 1,000 กก./ไร่ ต่อเนื่องในระยะเวลาเดียวกันยังคงให้ผลผลิตสูงกว่าคิดเป็นร้อยละ 16 และ 30 ตามลำดับ

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6: 1292-1303 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.114.

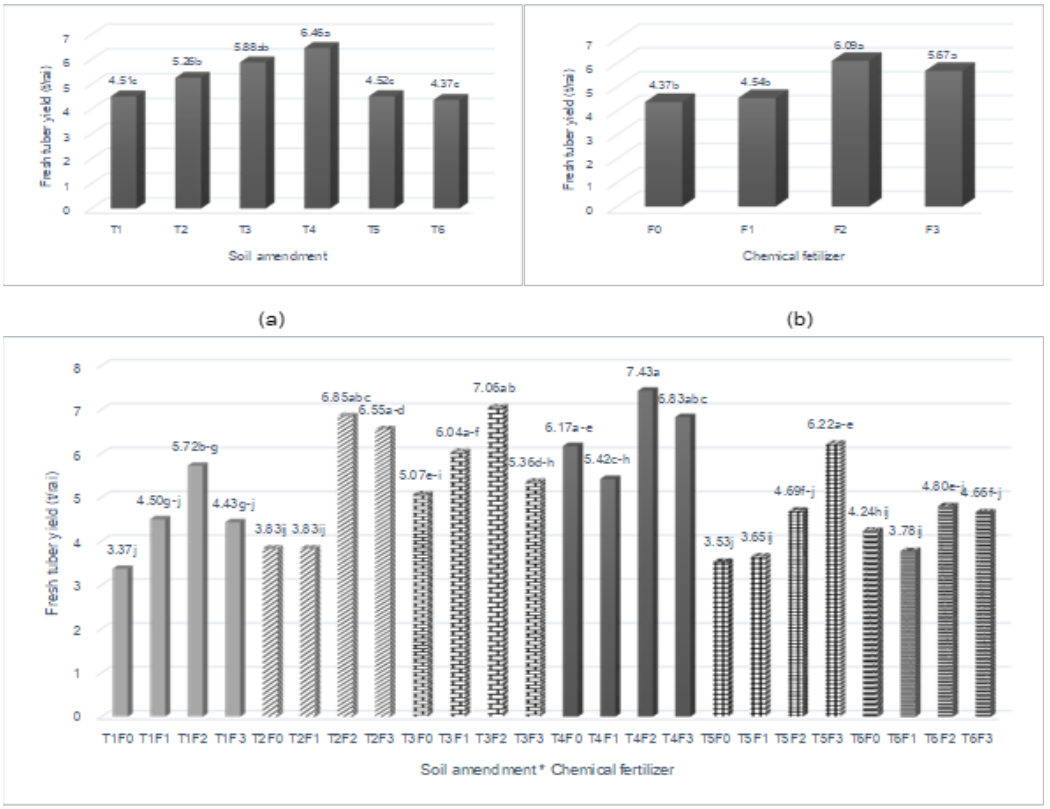

Figure 1 Effect of soil amendment (a), chemical fertilizer (b) and their interaction (c) on fresh tuber yield of cassava grown in Yasothon soil series. Different lowercase letters on bars are significantly different ($p \leq 0.05$)

T1= no soil amendment application; T2 = chicken manure 500 kg/rai; T3 = chicken manure 1,000 kg/rai; T4 = chicken manure 2,000 kg/rai; T5= cassava starch waste 1,000 kg/rai; T6= cassava peel 1,000 kg/rai.

F0 = 0:0:0 kg N:P_2O_5:K_2O /rai; F1 = 8:4:8 kg N:P_2O_5:K_2O /rai ; F2* = 16:8:16 kg N:P_2O_5:K_2O /rai; F3 = 32:16:32 kg N:P_2O_5:K_2O /rai

การที่มูลไก่แกลบส่งผลบวกต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังได้ดีกว่าวัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจาก มูลไก่แกลบมีธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง โดยเฉพาะจุลธาตุอาหาร **(Table 1)** โดยสามารถช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีให้ดีขึ้น (Agbede et al., 2008) ช่วยลดความหนาแน่นรวมของดิน เพิ่มความพรุนรวมของดิน อัตราการซาบซึมน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Amanullah et al., 2010) และยังช่วยให้เม็ดดินมีความเสถียรน้ำ (Weil and Kroontje, 1979) และดินมีโครงสร้างที่ดีขึ้น (Agbim, 1985; Komariah et al., 2008; Okonkwo *et al.,* 2011) โดยการใช้มูลไก่แกลบเพื่อปรับปรุงดินยังส่งผลดีในการศึกษาระยะสั้น 1-2 ปีในชุดดินด่านขุนทดซึ่งเป็นดินทรายจัด (Nilnoree et al., 2016) ชุดดินวารินที่ดินตอนบนเป็นทรายจัด (Suksawat et al., 2010; Phunium et al., 2012) และชุดดินยโสธร (Plengsuntia et al. 2012; Kaewkamthong et al., 2014) ส่วนการใส่เศษเหลือจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังทั้งสองชนิดในอัตรา 1,000 กก./ไร่ ต่อเนื่องเป็นเวลา 5 ปีให้ผลไม่ดีเท่าการใช้มูลไก่แกลบ เนื่องจากเศษเหลือทั้งสองมีธาตุอาหารต่ำกว่า **(Table 1)** ผลการศึกษาที่ได้จากการ

ศึกษานี้ให้ผลตรงกับการศึกษาของ Phun-iam et al. (2018) ที่พบว่า การใส่กากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 6.25 ตัน/เฮกตาร์ต่อเนื่อง 2 ปีเพื่อปรับปรุงดินชุดดินโคราชไม่ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดแตกต่างชัดเจนกับตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่ เช่นเดียวกับในกรณีของการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังอัตรา 1,000 กก./ไร่ ในชุดดินยโสธร (Sriket et al., 2015) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษายังพบว่า มันสำปะหลังยังคงตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำสำหรับดินดอนอันดับอัลทิซอลส์ที่มีเนื้อหยาบ (Sittibussaya, 1996) แสดงให้เห็นว่า การปลูกมันสำปะหลังในชุดดินยโสธรซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมากยังมีความจำเป็นที่จะต้องใส่ปุ๋ยเคมีอย่างน้อยเท่ากับ 16:8:16 กก. $N:P_2O_5:K_2O$/ไร่ เพื่อให้ได้ผลผลิตอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจถึงแม้ว่าจะมีการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นเวลา 5 ปีก็ตาม ดังนั้น คำแนะนำสำหรับการปรับปรุงดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี คือ การมูลไก่แกลบอัตรา 2,000 กก./ไร่ เพื่อปรับปรุงดินต่อเนื่องทุกปีร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำข้างต้น

Table 3 Effect soil amendments and chemical fertilizer on cassava characters grown on Yasothon soil series

Treatment	Starch content	Starch yield	Aboveground biomass	Leaf and branch	Stem	Stem base
	(%)	(----------t/rai----------)				
Main plot: soil amendment						
T1	25.5	1.14^{b}	2.44^{d}	1.07^{b}	0.78^{c}	0.59^{d}
T2	23.1	1.19^{b}	3.06^{b}	1.33^{b}	0.99^{b}	0.74^{b}
T3	24.7	1.45^{a}	3.03^{bc}	1.32^{b}	1.00^{b}	0.71^{bc}
T4	23.8	1.53^{a}	3.70^{a}	1.63^{a}	1.22^{a}	0.86^{a}
T5	24.5	1.09^{b}	2.62^{cd}	1.17^{b}	0.80^{c}	0.65^{bcd}
T6	24.0	1.05^{b}	2.51^{d}	1.09^{b}	0.80^{c}	0.63^{cd}
F-test	ns	**	**	**	**	**
Subplot: chemical fertilizer						
F0	25.7^{a}	1.11^{b}	2.05^{c}	0.70^{c}	0.73^{b}	0.63^{b}
F1	25.3^{a}	1.15^{b}	2.28^{c}	0.88^{c}	0.78^{b}	0.62^{b}
F2	23.8^{ab}	1.45^{a}	3.41^{b}	1.58^{b}	1.10^{a}	0.74^{a}
F3	22.2^{b}	1.25^{b}	3.83^{a}	1.91^{a}	1.12^{a}	0.80^{a}
F-test	**	**	**	**	**	**
%CV	12.7	22.1	17.5	23.9	19.3	18.8

ns = not significant; ** 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 $p \leq 0.05$. There are no interactions at all between soil amendment and chemical fertilizer in any plant parameters, thus results of the combination are not shown in the table

T1= no soil amendment application; T2 = chicken manure 500 kg/rai; T3 = chicken manure 1,000 kg/rai; T4 = chicken manure 2,000 kg/rai; T5= cassava starch waste 1,000 kg/rai; T6= cassava peel 1,000 kg/rai.

F0 = 0:0:0 kg $N:P_2O_5:K_2O$ /rai; F1 = 8:4:8 kg $N:P_2O_5:K_2O$ /rai ; F2 = 16:8:16 kg $N:P_2O_5:K_2O$ /rai; F3 = 32:16:32 kg $N:P_2O_5:K_2O$ /rai

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6: 1292-1303 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.114.

ผลสะสมของวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อสมบัติดินที่ใส่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี

การใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปีส่งผลทำให้สมบัติทางเคมีของดินที่ 3 ระดับความลึก ได้แก่ 0-15, 15-30 และ 30-45 ซม. โดยมีรายละเอียด ดังนี้ ค่าพีเอชดิน การใส่มูลไก่แกลบและกากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 1,000 กก./ไร่ ทำให้ดินบนที่ระดับความลึก 0-15 ซม. มีค่าพีเอชสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 5.38 และ 5.24 ส่วนตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 4.55 ที่ระดับความลึก 15-30 ซม. ค่าพีเอชของดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองและที่ระดับความลึก 30-45 ซม. แปลงที่ถูกปรับปรุงดินด้วยเปลือกล้างมันสำปะหลังอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 5.72 ขณะที่ดินในตำรับควบคุมยังคงมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 4.86 (**Figure 2a**) การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 1,000 และ 2,000 กก./ไร่ ยังส่งเสริมให้ดินบนที่ระดับความลึก 0-15 ซม. มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 5.38 และ 5.44 ก./กก. ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.57 ก./กก. (**Figure 2b**) โดยที่ระดับความลึกต่ำกว่านี้ไม่มีความแตกต่างกัน

ปริมาณไนโตรเจนรวม การใส่มูลไก่แกลบทุกอัตรา (500-2,000 กก./ไร่) ทำให้ดินบนที่ระดับความลึก 0-15 ซม. มีปริมาณไนโตรเจนรวม (0.33-0.38 ก./กก.) สูงกว่าตำรับควบคุมที่มีอยู่เพียง 0.23 ก./กก. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณในดินที่ระดับความลึก 15-30 ซม. ก็ให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน โดยการใส่มูลไก่แกลบทั้งสามอัตราส่งเสริมให้มีปริมาณธาตุอาหารนี้อยู่ในพิสัย 0.31-0.38 ก./กก. ซึ่งสูงกว่าตำรับควบคุมที่มีอยู่เท่ากับ 0.22 ก./กก. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Figure 2c**) ส่วนที่ความลึก 30-45 ซม. ให้ผลไม่แตกต่างกัน มูลไก่แกลบที่ใส่ต่อเนื่องยังส่งผลชัดเจนต่อการสะสมฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินทั้ง 3 ระดับความลึก โดยการใส่ที่อัตรา 1,000 และ 2,000 กก./ไร่ ส่งผลให้ดินที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 ซม. มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในพิสัย 40.1-41.5 และ 45.2-50.4 มก./กก. ตามลำดับ (**Figure 2d**) ส่วนที่ระดับความลึก 30-45 ซม. การใส่วัสดุอินทรีย์นี้ในอัตรา 2,000 กก./ไร่ ยังทำให้ธาตุอาหารนี้ในรูปที่เป็นประโยชน์มีปริมาณสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 36.1 มก./กก. ขณะที่การใส่มูลไก่แกลบยังมีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์โดยที่ระดับความลึก 0-15 ซม. การใส่ในทุกอัตรา (500-2,000 กก./ไร่) ทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติอยู่ในพิสัย 44.4-55.6 มก./กก. ที่ระดับความลึก 15-30 ซม. การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 1,000 กก./ไร่ ทำให้มีปริมาณธาตุนี้ในรูปที่เป็นประโยชน์หลงเหลืออยู่ในดินสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 56.1 มก./กก. เช่นเดียวกับที่ระดับความลึก 30-45 ซม. (66.6 มก./กก.) โดยปริมาณในทั้ง 2 ระดับความลึกมีค่าสูงกว่าปริมาณที่พบในแปลงที่ถูกปรับปรุงดินด้วยมูลไก่แกลบอัตรา 2,000 กก./ไร่ เล็กน้อย (52.0 และ 54.9 มก./กก. ตามลำดับ) สำหรับตำรับควบคุมมีค่าต่ำสุดทั้ง 3 ระดับความลึก (**Figure 2e**)

โดยภาพรวม การใส่มูลไก่แกลบโดยเฉพาะที่อัตรา 1,000 และ 2,000 กก./ไร่ ต่อเนื่องเป็นเวลา 5 ปี ส่งผลบวกทำให้สมบัติทางเคมีของดินดีขึ้นโดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม ขณะที่การใส่เศษเหลือจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังทั้ง 2 ชนิดไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้เนื่องจากมูลไก่แกลบมีค่าพีเอชสูงถึง 7.0 จึงส่งผลทำให้พีเอชดินเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับในกรณีของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่มีอยู่ถึง 406 ก./กก. จึงทำให้ดินในแปลงที่มีการใส่มูลไก่แกลบมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ แต่ปริมาณอินทรียวัตถุในดินก็ยังพบอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากอินทรียวัตถุจะสลายตัวได้อย่างรวดเร็ว และสูญหายไปกับการชะล้างได้ง่าย (Lal, 2008; Walcott, 2009) ในดินเนื้อหยาบที่มีการระบายน้ำดี รวมถึงอิทธิพลของการไถพรวน (Yan et al., 2007) ในระบบการปลูกมันสำปะหลังที่ส่งเสริมให้อินทรียวัตถุเกิดการสลายตัวได้เร็วขึ้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการใส่วัสดุอินทรีย์เพื่อปรับปรุงต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานพอสมควร ในกรณีของไนโตรเจนซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกับปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณที่หลงเหลืออยู่ในดินทั้ง 3 ระดับความลึกยังคงอยู่ในระดับต่ำมากในทุกตำรับการทดลอง ซึ่งส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้โดยมันสำปะหลัง และบางส่วนสูญหายไปกับการชะละลาย ดังการศึกษาของ Musyoka et al. (2019) ในระบบการปลูกพืชรูปแบบต่าง ๆ นอกจากนี้ การใส่มูลไก่แกลบทุกอัตรายังส่งเสริมให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงขึ้น

อย่างชัดเจนโดยเฉพาะในดินบนที่ระดับความลึก 0-30 ซม. ที่พบอยู่ในระดับสูง ทั้งนี้เนื่องจากมูลสัตว์ชนิดนี้มีฟอสฟอรัสทั้งหมดเป็นองค์ประกอบอยู่ถึง 7.60 ก./กก. ขณะที่มันสำปะหลังมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจน และโพแทสเซียม (Phun-iam et al. 2018) ประกอบกับดินชุดดินยโสธรเป็นดินสีแดงที่เป็นกรดการสูญเสียฟอสฟอรัสโดยการชะละลายจึงเกิดขึ้นได้น้อย (Havlin et al., 2013) ผลการสะสมฟอสฟอรัสที่เกิดจากการใส่มูลไก่แกลบต่อเนื่องจะทำให้การปลูกมันสำปะหลังจำเป็นต้องปรับลดการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงในระดับหนึ่งซึ่งจะช่วยลดต้นทุนให้กับเกษตรลงได้บางส่วน สำหรับในกรณีของโพแทสเซียมซึ่งให้ผลในลักษณะเดียวกัน แต่ปริมาณที่พบยังคงอยู่ในระดับต่ำ และเป็นที่สังเกตได้ว่า แปลงที่มีการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 1,000 และ 2,000 กก./ไร่ยังคงมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับดินบน ทั้งนี้เนื่องจากมูลไก่แกลบมีค่าความจุแคตไอออนค่อนข้างสูง (65.0 เซนติโมล/กก.) ดังนั้นเมื่อใส่ลงไปในดินในปริมาณมากจึงช่วยดูดซับธาตุอาหารพืชที่เป็นประจุบวกไว้ไม่ให้เกิดการสูญหายเนื่องจากการชะละลาย (Mengel and Kirby, 1987) และจากการที่มูลไก่แกลบมีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ถึง 17.6 ก./กก. ทำให้การสะสมเกิดขึ้นได้มากกว่า และการที่ดินพื้นที่ทดลองมีเนื้อค่อนข้างหยาบโพแทสเซียมบางส่วนจึงเคลื่อนย้ายลงไปสะสมในตอนบนของดินล่าง

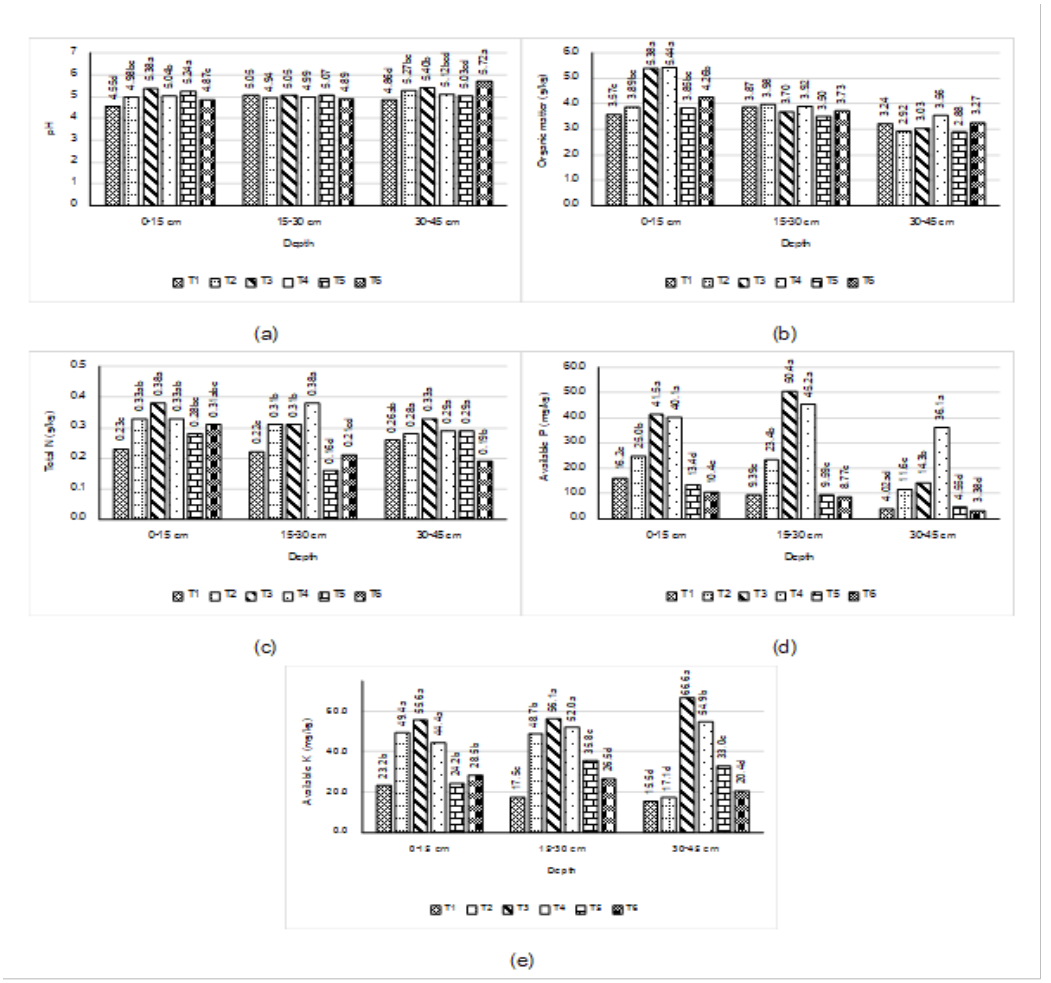

Figure 2 Cumulative effect of soil amendment on soil pH (a), organic matter (b), total nitrogen (c), available phosphorus (d) and available potassium (e) contents in soil after harvesting cassava in the 5th year. Different lowercase letters on bars group within the same depth are significantly different ($p \leq 0.05$)

สรุป

การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 2,000 กก./ไร่ ต่อเนื่องเป็นเวลา 5 ปีทำให้มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินยโสธรมีผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง และชีวมวลส่วนเหนือดินสูงสุด การใส่ในอัตรา 1,000 และ 500 กก./ไร่ ให้ผลด้อยลงมาตามลำดับแต่ดีกว่าการปลูกโดยไม่มีการใส่มูลไก่แกลบ ขณะที่การใส่กากแป้งมันสำปะหลัง และเปลือกล้างมันสำปะหลังอัตรา 1,000 กก./ไร่ ให้ผลไม่แตกต่างกับการปลูกโดยไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน มันสำปะหลังตอบสนองดีที่สุดต่อการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กก. N-P_2O_5-K_2O /ไร่ โดยที่การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 2,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราดังกล่าวทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และผลผลิตแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่การใส่มูลไก่แกลบอัตราดังกล่าวต่อเนื่องเป็นเวลา 5 ปี โดยไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมียังคงให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าการปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมีทุกอัตราแต่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน นอกจากนี้มูลไก่แกลบโดยเฉพาะที่อัตรา 1,000 และ 2,000 กก./ไร่ ยังส่งผลทำให้ดินที่ระดับความลึก 0-30 ซม. มีค่าพีเอช ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นกว่าการใส่เศษเหลือจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังทั้ง 2 ชนิด และการไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินมาโดยตลอดระยะเวลา 5 ปี

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2561. ชุดดินยโสธร. ลักษณะและสมบัติของชุดดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน, กรุงเทพฯ.

จารุวรรณ นพพันธ์, ศุภิฌา ธนะจิตต์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม และเอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2560. ผลของการไถกลบวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินในระดับลึกต่อการแจกกระจายของเม็ดดินและการกักเก็บคาร์บอนและผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินยโสธร. วารสารแก่นเกษตร 45: 57-70.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2558. เอกสารสถิติการเกษตร ของประเทศไทยเลขที่ 2/2558 ปีเพาะปลูก 2557/2558. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สมพงษ์ กาทอง และอนุชิต ทองกล่ำ. 2547. การปลูกและการดูแลรักษา, น. 15-17. *ใน* เอกสารวิชาการ มันสำปะหลัง ลำดับที่ 7/2547. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สัมฤทธิ์ วิยาพันธ์, ศุภิฌา ธนะจิตต์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม และอัญชลี สุทธิประการ. 2553. การแก้ไขปัญหาชั้นดานไถพรวนเพื่อการปลูกมันสำปะหลัง. วารสารแก่นเกษตร 38: 191-204

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2560. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

อรพิน เกลี้ยกล่อม, ศุภิฌา ธนะจิตต์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, เอิบ เขียวรื่นรมย์ และลลิดา ชัยเนตร. 2553. สมบัติของชั้นดานไถพรวนในดินปลูกมันสำประหลังและอ้อย จังหวัดขอนแก่น. วารสารแก่นเกษตร. 38: 313-324.

เอกราช มีวาสนา, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, เอิบ เขียวรื่นรมย์ และอัญชลี สุทธิประการ. 2553. ลักษณะของชั้นดานไถพรวนในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา. วารสารแก่นเกษตร. 38: 205-214.

Agbede, T.M., S.O. Ojeniyi and A.J. Adeyemo. 2008. Effect of poultry manure on soil physical and chemical properties, growth and grain yield of sorghum in southwest, Nigeria. Am.-Eurasian J. Sustain. Agric, 2: 72-77.

Agbim, N.N. 1985. Potential of cassava peels as

soil amendment II. J. Envin. Qual. 14: 411-415.

Amanullah, M.M., S. Sekar and P. Muthukrishnan, P. 2010. Prospects and potential of poultry manure. Asian J. Plant Sci., 2010: 1-11.

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: 9-18.

Anusontpornperm, S., S. Thanachit, A. Suddhiprakarn and I. Kheoruenromne. 2015. Is Rippering the Effective Solution to Alleviating Plough Pan Problem? Proceeding of the International Conference of Agricultural Engineering, 6-10 July 2014. Zurich, Switzerland.

Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: 39-45.

Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-total, pp. 1085-1122. In D.L. Sparks, ed. Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. Soil Science Society of America. Inc. Publisher., Madison, WI, USA.

Havlin, J.L., S.L. Tisdale, W.L. Nelson and J.D. Beaton. 2013. Soil Fertility and Fertilizers, 8th Edition. Pearson Education, Inc., NJ, USA.

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.

Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of Plant Nutrition. 4th ed. International Potash Institute, Bern, Switzerland.

Kaewkamthong, Y., S. Thanachit, S. Anusontpornperm and W. Wiriyakitnateekul. 2014. Alleviation of Soil Compaction Problem for Growing Cassava on a Typic Paleustult, Northeast Thailand. Asian J. Crop Sci. 6: 334-344.

Lal, R. 2008. Carbon sequestration. Phil. Trans. R. Soc. B 363: 815-830.

Musyoka, M.W., N. Adamtey, A.W. Muriuki, D. Bautze, E.N. Karanja, M. Mucheru-Muna, K.K.M. Fiaboe and G. Cadisch. 2019. Nitrogen leaching losses and balances in conventional and organic farming systems in Kenya. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 114: 237–260.

National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. Natural Conservation Service, USDA, Washington, DC, USA.

Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, total organic carbon, and organic matter, pp. 961-1010. In A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds. Method of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. American Society of Agronomy. Inc. Publisher, Madison, WI, USA.

Nilnoree, T., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, I. Kheoruenromne and P. Petprapai. 2016. Effect of chicken manure and organic wastes from cassava starch manufacturing plant on cassava Grown on Dan Khun Thot soil. Khon Kaen Agr. J. 44: 167-178.

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

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.

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.

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. Agri. Nat. Resour. 52: 573-580.

Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1023-1031. In C.A. Black, ed. Method of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Series. No. 9.. Amer. Soc. Agron. Inc. Publ., Madison, WI, USA.

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

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: 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, Bangna, Bangkok.

Walcott, J., S. Bruce and J. Sims. 2009. Soil Carbon for Carbon Sequestration and Trading: A Review of Issues for Agriculture and Forestry. Bureau of Rural Sciences, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Australian Government, Canberra, Australia.

Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter: a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.

Weil, R.R. and W. Kroontje. 1979. Physical condition of Davidson clay loam after five years of poultry manure application. J. Environ. Qual., 8: 837-392.

Yan H., M. Cao, J. Liu and B. Tao. 2007. Potential and sustainability for carbon sequestration with improved soil management in agricultural soils of China. Agr. Ecos. Envir.121: 325-335.