

ผลของยิปซัม กากแป้ง และเปลือกแป้งมันสำปะหลังต่อมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินยโสธร

Effect of gypsum, cassava starch waste and peel on cassava, Huay Bong 80 variety, grown in Yasothon soil series

อังศุมาลิน แทนเครือ¹, สมชัย อนุสนธิพรเพิ่ม^{1*}, สุภิศา ธนะจิตต์¹ และ อีบ เขียวรีนรมณ์¹

Aungsumalin Tankruea¹, Somchai Anusontpornperm^{1*}, Suphicha Thanachit¹ and Irb Kheoruenromne¹

บทคัดย่อ: ทำการศึกษาผลสะสมของยิปซัมและเศษเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังต่อมันสำปะหลังที่ปลูกในดินยโสธรในจังหวัดนครราชสีมาเป็นระยะเวลา 3 ปี วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 6 ดำรับการทดลอง ได้แก่ ดำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน (T1) ใส่กากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 1,000 กก./ไร่ (T2) เปลือกแป้งมันสำปะหลังอัตรา 1,000 กก./ไร่ (T3) ยิปซัมอัตรา 200 กก./ไร่ (T4) ยิปซัมร่วมกับกากแป้งมันสำปะหลัง (T5) และยิปซัมร่วมกับเปลือกแป้งมันสำปะหลัง (T6) ตามอัตราในดำรับการทดลองข้างต้นพบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินเพิ่มผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง และชีวมวลส่วนเหนือดินอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติปีแรก ส่วนผลในปีที่ 2 มีความแตกต่างกันแต่ไม่ชัดเจน และปีที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในปีแรกการใส่ยิปซัมอัตรา 200 กก./ไร่ ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง และชีวมวลส่วนเหนือดินสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 4.93, 1.45 และ 1.15 ตัน/ไร่ ตามลำดับ โดยผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดไม่แตกต่างกับดำรับที่ใส่ยิปซัมร่วมกับเปลือกแป้งมันสำปะหลัง (4.58 ตัน/ไร่) แต่การใส่เปลือกแป้งมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นปีที่ 2 ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 4.13 ตัน/ไร่ ซึ่งใกล้เคียงกับการใส่วัสดุดังกล่าวร่วมกับยิปซัม (4.12 ตัน/ไร่) สำหรับการใส่กากแป้งมันสำปะหลังให้ผลผลิตต่ำที่สุดทั้ง 2 ปี วัสดุปรับปรุงดินที่ใส่ต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ปี ไม่ส่งทำให้ความหนาแน่นรวมและสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวแตกต่างกัน ส่วนสมบัติทางเคมี การใส่เศษเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังทั้งสองชนิดและการใส่ร่วมกับยิปซัมส่วนใหญ่ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์หลงเหลือในดินสูงกว่าการใส่ยิปซัมเพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ: เศษเหลือทิ้งทางการเกษตร, การจัดการเศษเหลือทิ้ง, การปรับปรุงดิน, ดินเนื้อหยาบ

ABSTRACT: The cumulative effect of gypsum and wastes from cassava starch manufacturing plant on cassava, Huay Bong 80 variety, in Yasothon soil series was studied in Nakhon Ratchasima province for three years. Experimental design was arranged in randomized complete block with four replications. There were six treatments, comprising the control (T1) with no application of soil amendment, applications of cassava starch waste (T2) and cassava peel (T3), each at the rate of 1,000 kg/rai, gypsum (T4) at the rate of 200 kg/rai, and gypsum together with cassava starch waste (T5) and with cassava peel (T6) at the rates as in previous treatments. Result revealed that soil amendments highly significantly increased cassava fresh tuber and starch yields and aboveground biomass in the first year with less apparent effect in the second and there was no statistical difference in the third year. The addition of gypsum at the rate of 200 kg/rai significantly gave the highest cassava fresh tuber and starch yields, and aboveground biomass of 4.93, 1.45 and 1.15 t/rai, respectively but with no statistical difference from which gypsum was applied together with cassava peel (4.58 t/rai). Continuous application of cassava peel for two years statistically induced the highest cassava yield of 4.13 t/rai but with no different effect when used it with gypsum (4.12 t/rai). The use of cassava starch waste, nevertheless, gave the lowest yield in both years. Soil amendments applied for three consecutive years had no different impacts on soil bulk density and hydraulic conductivity. In the case of soil chemical property, applying both wastes from cassava starch manufacturing plant solely and together with gypsum mostly promoted greater organic matter and available nutrients contents that remained in the soil than did sole addition of gypsum.

Keywords: Agricultural waste, Waste management, Soil improvement, Coarse-textured soils

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

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

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่เจริญเติบโตและปรับตัวได้ดีในเกือบทุกสภาพแวดล้อม แต่อย่างไรก็ตาม ผลผลิตเฉลี่ยของประเทศยังคงมีค่าเฉลี่ยสูงกว่า 3 ตัน/ไร่ เพียงเล็กน้อย โดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุด (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2558) สาเหตุสำคัญเนื่องจากดินที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่อยู่ในอันดับดินอัลทิซอลส์ (Ultisols) ที่มีเนื้อดินค่อนข้างหยาบ และมีระบอบความชื้นแบบ Ustic ซึ่งเป็นดินที่มีพัฒนาการสูง เป็นกรด มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหารพืช และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ รวมถึงความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตภาพดินต่ำ (Duangpatra, 1988) นอกจากนี้เกษตรกรยังปลูกมันสำปะหลังซ้ำที่เดิมและปลูกติดต่อกันอย่างต่อเนื่อง โดยขาดการปรับปรุงบำรุงดิน อีกทั้งเมื่อมีการใช้ที่ดินอย่างเข้มข้นในการผลิตพืชเศรษฐกิจทำให้ความอุดมสมบูรณ์และปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง ส่งผลให้โครงสร้างของดินเสื่อมสภาพ ดินแน่นทึบเป็นปัญหาต่อการร่อนไชของรากพืชและการเจริญเติบโตของหัวมันสำปะหลัง (สัมฤทธิ์ และคณะ, 2553; อรพิน และคณะ, 2553; เอกราช และคณะ, 2553) ผลผลิตของมันสำปะหลังจึงมีแนวโน้มลดลง การใช้วัสดุปรับปรุงดินจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง โดย จีวรวรรณ และคณะ (2554) พบว่า การใส่ยิปซัมอัตรา 100 กก./ไร่ ต่อเนื่อง 2 ปี สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตได้ในปีที่ 2 ประภาส และคณะ (2549ก) พบว่า การใส่ยิปซัมอัตรา 500 กก./ไร่ มีผลทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นแต่การใส่ในอัตราสูงขึ้นไปไม่ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้จะเป็นเพราะแคลเซียมในยิปซัม นอกจากจะเป็นธาตุอาหารรองแล้ว ยังช่วยส่งเสริมให้เกิดการสร้างเม็ดดินเสถียรน้ำ จึงทำให้ดินร่วนซุยและมีโครงสร้างที่ดีขึ้น ส่งเสริมการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน (ปิยะ, 2553; Brady and Weil, 2016)

พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี เช่นเดียวกับความต้องการของตลาดที่เพิ่ม

ขึ้นทั้งในรูปของมันเส้นและแป้งมันสำปะหลัง จึงทำให้มีโรงงานแปรรูปโดยเฉพาะโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) โดยหัวมันสำปะหลังสดเมื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูปในโรงงานแป้งจะได้แป้งมันสำปะหลังประมาณร้อยละ 25-30 และวัสดุเหลือทิ้งอีกประมาณร้อยละ 70-75 วัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ประกอบด้วย เปลือกดินมันสำปะหลัง (cassava tails and stalk) เปลือกล้างมันสำปะหลัง (cassava peel) และกากแป้งมันสำปะหลัง (cassava starch waste) โดยคิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 5, 30 และ 35 ตามลำดับ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2548; สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2558; Eneje and Nwosu, 2012) ศูนย์สารสนเทศการเกษตร (2558) รายงานว่า ในแต่ละปีจะมีกากแป้งมันสำปะหลัง และเปลือกล้างมันสำปะหลังเหลือทิ้งถึง 9.54 และ 11.13 ล้านตัน โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี วัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้มีสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการใช้ปรับปรุงดิน กล่าวคือ มีคาร์บอนอินทรีย์เป็นองค์ประกอบสูง มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและปริมาณธาตุอาหารพืชค่อนข้างสูง (Agbim, 1985; Komariah, 2008; Okonkwo et al., 2011) เมื่อใส่ลงไปในดินจึงเป็นแหล่งที่ให้อินทรีย์วัตถุ รวมทั้งปรับปรุงสภาพทางฟิสิกส์และเคมีของดินให้ดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้นานขึ้น Horsfall et al. (2003) รายงานว่า กากแป้งมันสำปะหลังจะดูดซับทองแดงได้ดีกว่าสังกะสี ประภาส และคณะ (2549ข) ทำการศึกษาพบว่า ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นตามอัตราที่เพิ่มขึ้นของเปลือกล้างมันสำปะหลังแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่อัตรา 6 ตัน/ไร่ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดเท่ากับ 5.5 ตัน/ไร่ Yimnoi et al. (2014) พบว่า การใส่เปลือกล้างมันสำปะหลังทำให้ได้ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นและเมื่อใส่ร่วมกับวัสดุปูนคือ โดโลไมต์ และหินปูนบดยังทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสดสูงที่สุดในฟัลส์ 4.25-4.77 ตัน/ไร่ การศึกษาของ พรชัย (2559) พบว่า ใส่กากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 500 กก./ไร่ ต่อเนื่องเป็นเวลา 2 ปี ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดเท่ากับ 5.69 ตัน/ไร่ แต่ในปีแรกการใส่ร่วมกับโดโลไมต์จะให้ผลผลิตสูงสุด

เท่ากับ 6.10 ตัน/ไร่

การศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าเศษเหลือทิ้งจากโรงงานแป่งมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้ปรับปรุงและแก้ไขปัญหาดินเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ โดยต้นทุนไม่เพิ่มสูงมากนัก ดังนั้น การศึกษานี้จึงดำเนินการเพื่อเปรียบเทียบผลสะสมของวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานแป่งมันสำปะหลัง และยิปซัมต่อผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 รวมทั้งผลต่อสมบัติของชุดดินยโสธร ผลการศึกษาน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

วิธีการศึกษา

ดำเนินการทดลองในแปลงเกษตรกร บ้าน ขี้บพลูน้อย ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นบริเวณของชุดดินยโสธร (Yasothon soil series, Yt) ซึ่งจำแนกอยู่ในกลุ่มดินย่อย Typic Paleusult ทำการศึกษเป็นเวลา 3 ปี (พ.ศ. 2555-2558) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาของการทดลองแสดงใน Figure 1 แปลงทดลองย่อยมีขนาด 8x10 ม. ระยะห่างระหว่างแปลง

เท่ากับ 1 ม. วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized complete block) จำนวน 4 ซ้ำ ทำการเปรียบเทียบวัสดุปรับปรุงดินจำนวน 6 ตำรับการทดลอง ดังนี้ ตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน (T1) ใส่กากแป่งมันสำปะหลัง (T2) และ เปลือกถั่วมันสำปะหลัง (T3) ทั้งสองในอัตรา 1,000 กก./ไร่ ยิปซัมอัตรา 200 กก./ไร่ (T4) กากแป่งมันสำปะหลังร่วมกับยิปซัม (T5) และเปลือกถั่วมันสำปะหลังร่วมกับยิปซัม (T6) โดยใช้ตามอัตราเดียวกับในตำรับการทดลองข้างต้น สมบัติและธาตุองค์ประกอบของยิปซัมเปลือกถั่วมันสำปะหลัง และกากแป่งมันสำปะหลังแสดงใน Table 1 การจัดการแปลงทดลอง ดำเนินการโดยการหว่านวัสดุปรับปรุงดินตามตำรับการทดลองให้ทั่วแปลง แล้วใช้รถไถติดตั้งไถจานผาล 3 ไถเปิดหน้าดินเพื่อคลุกเคล้าวัสดุลงในดิน ปล่อยทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ ไถพรวนดินด้วยไถจานผาล 7 จากนั้นยกร่องขวางความลาดเท ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 บนสันร่องใช้ระยะห่างระหว่างร่องเท่ากับ 1.2 ม. โดยใช้ระยะปลูกระหว่างต้นเท่ากับ 80 ซม. เมื่อมันสำปะหลังอายุ 2 เดือนใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ โดยทำการขุดหลุมใส่ข้างทรงพุ่มก่อนทำการกลบ

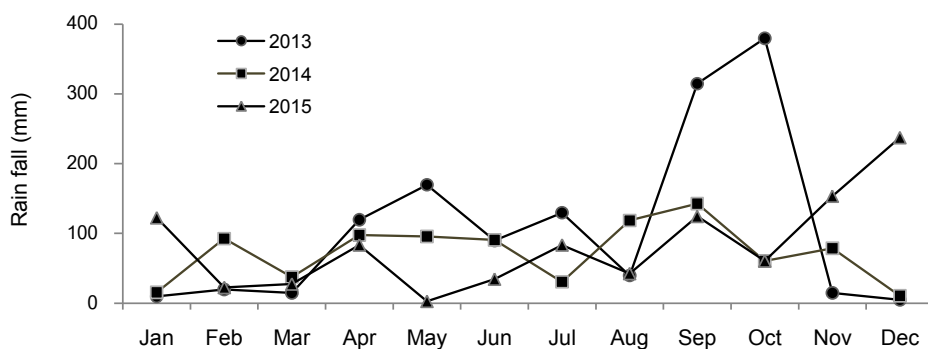


Figure 1 Monthly rainfall distribution during a period of growing cassava.

Source: ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง (2558)

Table 1 Properties of soil amendments used in the experiment.

Properties	Gypsum	Cassava starch waste	Cassava peel
pH (1:5 H ₂ O)	7.5	4.64	5.8
CEC (cmol _c /kg)	nd	0.62	140
OC (%)	0.78	19.68	20.53
EC (dS/m, 1:5 H ₂ O)	2.76	0.62	1.06
Total N (g/kg)	0.04	3.5	6.3
Total P (g/kg)	4.4	0.94	0.5
Total K (g/kg)	1.17	2.8	5.2
Total Ca (g/kg)	69.1	5.6	6.2
Total Mg (g/kg)	0.6	1.4	1.3
Total S (g/kg)	398	nd	nd
Total Na (g/kg)	0.1	2.9	2.9
Total Mn (mg/kg)	155	1.4	15.1
Total Zn (mg/kg)	91	21	2.8
Total Fe (mg/kg)	0.7	71	191
Total Cu (mg/kg)	134	0.44	5.5

nd = not determined

การเก็บข้อมูล 1) เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในแต่ละปีเมื่ออายุครบ 10 เดือน ข้อมูลการเก็บเกี่ยวประกอบด้วย น้ำหนักหัวมันสำปะหลังสด ร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังโดยใช้เครื่อง Riemann scale และน้ำหนักสดชีวมวลส่วนเหนือดินแยกส่วนได้แก่ น้ำหนักต้น เหง้า กิ่งก้านและใบ 2) เก็บตัวอย่างดินก่อนทำการทดลองแบบ composite sample ที่ 2 ระดับความลึก ได้แก่ ดินบนซึ่งมีความหนา 30 ซม. และดินล่างที่ความลึกระหว่าง 30-60 ซม. 3) เก็บตัวอย่างดินหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังในปีที่ 3 ประกอบด้วย ดินบน (0-30 ซม.) ในทุกแปลงย่อยเพื่อการวิเคราะห์ฟิสิกส์ดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน และแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ 4) เก็บตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนโดยใช้กระบอกลอยเก็บตัวอย่างดินที่ 3 ระดับความลึก คือ 0-10, 10-20 และ 20-30 ซม. เพื่อการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม และสภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัว และ 5) วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดด้วย

โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 22 ประกอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ และการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Duncan's multiple range tests (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขึ้นไป

ผลการศึกษา

สมบัติดินก่อนทำการทดลอง

สมบัติดินก่อนทำการทดลอง (Table 2) พบว่าดินเป็นดินทรายร่วนถึงร่วนปนทราย มีความเป็นกรดถึงกรดจัด (pH 4.66-5.46) มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมาก โดยมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (1.02-6.27 ก./กก.) ไนโตรเจนรวม (0.02-0.14 ก./กก.) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (1.10-1.43 มก./กก.) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (8.83-11.22 มก./กก.) และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (1.5-1.8 เซนติโมล/กก.) อยู่ในระดับต่ำมากทั้งในดินบนและดินล่าง

Table 2 Properties of topsoil and subsoil of Yasothon soil series prior to conducting the experiment.

Soil properties	Topsoil (0-30 cm)	Subsoil (30-60 cm)
pH (1:1 H ₂ O)	5.46	4.66
Organic matter (g/kg)	6.27	1.02
Total N (g/kg)	0.14	0.02
Available P (mg/kg)	1.10	1.43
Available K (mg/kg)	11.22	8.83
Extractable Ca (cmol _c /kg)	0.54	0.31
Extractable Mg (cmol _c /kg)	0.18	0.10
Extractable K (cmol _c /kg)	0.03	0.02
Extractable Na (cmol _c /kg)	0.39	0.35
CEC (cmol _c /kg)	1.5	1.8
Textural class	Loamy sand	Sandy loam

ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อผลผลิตมันสำปะหลัง

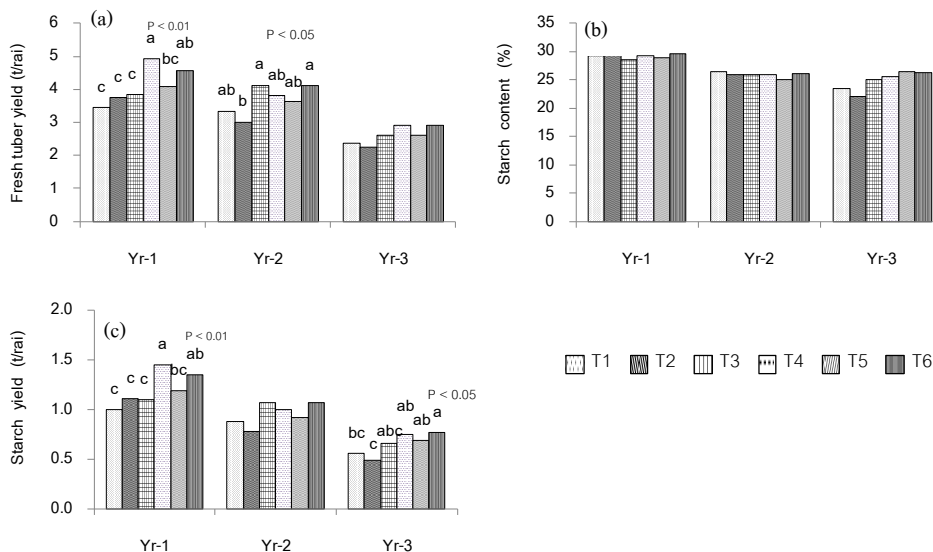
การใส่ยิปซัม เปลือกถั่วมันสำปะหลัง และกากแป้งมันสำปะหลังช่วยเพิ่มผลผลิตหัวมันสำปะหลัง ผลผลิตแป้ง (Figure 2) ในสองปีแรกของการทดลอง และชีวมวลส่วนเหนือดินเฉพาะในปีแรก (Table 3) ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม อิทธิพลของการใส่ยิปซัมและเศษเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังทั้งสองชนิดลดน้อยลงในปีที่ 3 โดยไม่ทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และชีวมวลส่วนเหนือดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้น ผลผลิตแป้ง ขณะที่ วัสดุปรับปรุงดินเหล่านี้ไม่ส่งเสริมให้ร้อยละการสะสมแป้งของหัวมันสำปะหลังเพิ่มสูงขึ้นโดยทั้งหมดมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 22.13-29.23 (Figure 2)

ในปีแรก การใส่ยิปซัมอัตรา 200 กก./ไร่ (T4) ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง (Figure 2) และชีวมวลส่วนเหนือดิน (Table 3) สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 4.93, 1.45 และ 1.15 ตัน/ไร่ ตามลำดับ แต่ผลผลิตหัวมันสดไม่แตกต่างกันทางสถิติกับที่ได้จากการใส่ยิปซัมร่วมกับเปลือกถั่วมันสำปะหลัง (T6) ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 4.58 ตัน/ไร่ ขณะที่เศษเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังทั้งสองชนิด (T2 และ T3) ให้ผลผลิตมันสำปะหลังและผลผลิตแป้งต่ำที่สุดไม่แตกต่างกันอยู่ในพิสัย 3.75-3.85 และ 1.10-1.11 ตัน/ไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ยังคงมีปริมาณสูงกว่าค่าควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 3.46 และ 1.00 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (Figure 2) แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทำการใส่เปลือกถั่วมัน

สำปะหลังต่อเนื่องเป็นปีที่ 2 ผลผลิตมันสำปะหลังมีปริมาณเพิ่มสูงกว่าค่าควบคุม และสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 4.13 ตัน/ไร่ ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ร่วมกับยิปซัม (4.12 ตัน/ไร่) การใส่ยิปซัมเพียงอย่างเดียวและที่ใส่ร่วมกับกากแป้งมันสำปะหลังให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันเท่ากับ 3.82 และ 3.64 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ส่วนการใส่กากแป้งมันสำปะหลังนั้นคงยังให้ผลผลิตต่ำที่สุดเท่ากับ 3.02 ตัน/ไร่ แม้ว่าจะมีการใส่ต่อเนื่องเป็นเวลา 2 ปี แสดงให้เห็นว่ายิปซัมมีบทบาทช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้ชัดเจนกว่าเปลือกถั่วมันสำปะหลัง และกากแป้งมันสำปะหลังเมื่อปลูกในชุดดินยโสธร (Figure 2) ทั้งนี้เนื่องจาก แคลเซียมในยิปซัมซึ่งเป็นธาตุอาหารรอง ช่วยส่งเสริมให้เม็ดดินเกาะตัวกัน จึงทำให้ดินร่วนซุย มีโครงสร้างดินที่ดีขึ้น และส่งเสริมการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน (ปิยะ, 2553; ชุมพล และคณะ, 2550; Brady and Weil, 2016; Vaitor et al., 2002) มันสำปะหลังจึงตอบสนองเชิงบวกทั้งด้านผลผลิตและชีวมวลส่วนเหนือดิน นอกจากนี้ อาจจะเป็นเพราะว่า เปลือกถั่วมันสำปะหลัง และกากแป้งมันสำปะหลังมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนกว้าง การใส่ลงไปในดินอาจทำให้พืชขาดแคลนไนโตรเจนในช่วงแรกของการเจริญเติบโต (Brady and Weil, 2016; Janssen, 1996) อย่างไรก็ตาม เปลือกถั่วมันสำปะหลังส่งเสริมผลผลิตของหัวมันสำปะหลังได้ดีกว่ากากแป้งมันสำปะหลังโดยเฉพาะเมื่อทำการใส่ร่วมกับยิปซัม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ประภาส และคณะ (2549ข) และ Yimnoi

et al. (2014) ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่ากากแป้งมันสำปะหลังมีฤทธิ์เป็นกรดรุนแรงมากกว่า (Table 1) รวมทั้งดินที่ทำการศึกษารั้งนี้ก็เป็นกรดเช่นกัน (Table 2) การใส่กากแป้งมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องอาจเพิ่มความเป็นกรดของดิน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสมบัติของธาตุอาหารในดิน (Agbim, 1985; Komariah, 2008) นอกจากนี้การใช้กากแป้งมัน

สำปะหลังในชุดดินยโสธรซึ่งมีเนื้อหยาบในดินบน (Table 2) ดินมีการระบายน้ำดี สูญเสียความชื้นได้รวดเร็ว เกิดการชะละลายในอัตราที่ค่อนข้างเร็ว ทำให้วัสดุอินทรีย์เหล่านี้จะเกิดการสลายตัวค่อนข้างเร็ว (Brady and Weil, 2016) จึงอาจจะส่งผลต่อการปรับปรุงบำรุงดินได้ไม่ชัดเจนหากใส่ในปริมาณน้อย



Different lowercase letters on bars for different treatments grouped under the same year are significantly different ($p \leq 0.05$ and 0.01). T1: no soil amendment; T2: cassava starch waste 1,000 kg/rai; T3: cassava peel 1,000 kg/rai; T4: gypsum = 200 kg/rai; T5: cassava starch waste 1,000 kg/rai + gypsum 200 kg/rai; T6: cassava peel 1,000 kg/rai + gypsum 200 kg/rai

Figure 2 Effect of soil amendments on yield components; fresh tuber yield (a), starch content (b) and starch yield (c) of cassava grown on Yasothon soil series

Table 3 Effect of soil amendments on aboveground biomass weight of cassava grown in Yasohont soil series.

Treatment	Fresh weight (t/rai)											
	Leaf and branch			Stem			Stem base			Aboveground biomass		
	Yr-1	Yr-2	Yr-3	Yr-1	Yr-2	Yr-3	Yr-1	Yr-2	Yr-3	Yr-1	Yr-2	Yr-3
T1	0.26	0.42	0.33	0.26c	0.25	0.60	0.32	0.37	0.49	0.84b	1.03	1.42
T2	0.26	0.39	0.71	0.30c	0.24	0.58	0.28	0.38	0.53	0.84b	1.01	1.81
T3	0.23	0.59	0.52	0.33bc	0.38	0.48	0.28	0.43	0.42	0.84b	1.40	1.42
T4	0.35	0.47	0.64	0.45a	0.30	0.64	0.35	0.41	0.60	1.15a	1.18	1.89
T5	0.31	0.50	0.71	0.33bc	0.30	0.52	0.32	0.43	0.49	0.95ab	1.23	1.71
T6	0.34	0.48	0.74	0.42a	0.36	0.58	0.39	0.42	0.55	1.15a	1.27	1.86
F-Test	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
CV. (%)	21	29	27	16	18	22	16	13	20	12	62	19

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

T1: no soil amendment; T2: cassava starch waste 1,000 kg/rai; T3: cassava peel 1,000 kg/rai; T4: gypsum = 200 kg/rai; T5: cassava starch waste 1,000 kg/rai + gypsum 200 kg/rai; T6: cassava peel 1,000 kg/rai + gypsum 200 kg/rai

โดยภาพรวม การใส่ยิปซัม เปลือกถั่วลิสงมัน ลำปะหลัง และกากแป้งมันลำปะหลังช่วยเพิ่มผลผลิต หัวมันลำปะหลัง และผลผลิตแป้งสูงกว่าค่าควบคุม อยู่ในพิสัยร้อยละ 8.5-42.5, 8.7-23.3 และ 9.1-22.6 และ 10.0-45.0, 3.8-21.5 และ 17.9-37.5 สำหรับการ ทดลองในปีที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ทั้งนี้ยกเว้นการ ใส่กากแป้งมันลำปะหลังเพียงอย่างเดียวที่ให้ผลผลิต หัวมันลำปะหลังและผลผลิตแป้งมันลำปะหลังในปีที่ 2 และ 3 ต่ำกว่าค่าควบคุมโดยมีค่าต่ำกว่าถึงร้อยละ 9.9 และ 5.9 และ 11.7 และ 12.5 สำหรับผลผลิต หัวมันลำปะหลัง และผลผลิตแป้งตามลำดับ (Figure 2) อย่างไรก็ตาม ผลผลิตหัวมันลำปะหลังสด และผลผลิตแป้งเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงในทุกปีถึงแม้ว่า

จะมีการปรับปรุงดินด้วยวัสดุเหล่านี้ก็ตามโดยเฉพาะ ในปีที่ 3 ของการทดลอง ขณะที่ในกรณีของซีเมนต์ส่วน เนื้อดินกลับให้ผลไปในทิศทางตรงกันข้าม (Figure 3) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการกระจายตัวและปริมาณของ น้ำฝนในปีที่ 2 และ 3 ไม่ดี (Figure 1) ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าในสภาพที่ปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอในช่วงเดือน มีนาคม-เมษายน ของทั้งสองปี (Figure 1) ซึ่งเป็นระยะ เวลาที่มันลำปะหลังควรจะเริ่มมีการขยายหัวและ สะสมแป้งสูงสุด (กรมวิชาการเกษตร, 2537) มันลำปะหลังจะนำธาตุอาหารและน้ำที่สะสมอยู่ในหัว ขึ้นไปใช้สำหรับการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินจึง ทำให้ได้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ

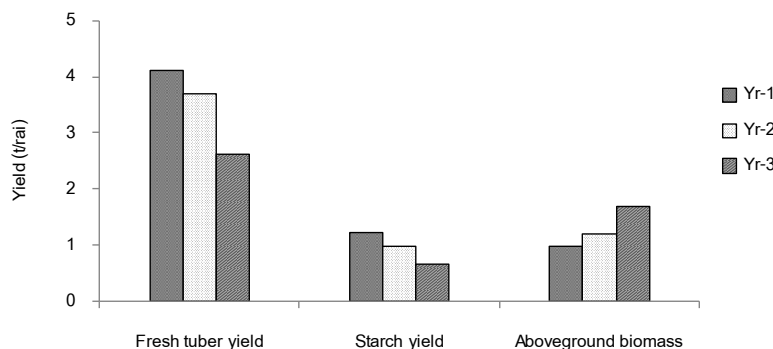


Figure 3 The average yield components; fresh tuber yield, starch yield and aboveground biomass of cassava grown in Yasothon soil series over three years of the study.

ผลสะสมของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติดิน

การใส่ยิปซัม เปลือกถั่วลิสงมันลำปะหลัง และกากแป้งมันลำปะหลังต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ปี พบว่า ไม่มีผล ทำให้ความหนาแน่นรวมของดิน และสภาพน้ำของ ดินขณะอิ่มตัวแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 4) แต่มี แนวโน้มทำให้ดินที่ระดับความลึก 10-30 ซม. ซึ่งเป็น ความลึกที่มันลำปะหลังมีการแทงหัวมีความหนาแน่น รวมลดลง ในกรณีของสมบัติทางเคมีพบว่า มีเพียงพี เอชของดินเท่านั้นที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อได้รับ การปรับปรุงดินอย่างต่อเนื่อง (Table 4) การใส่วัสดุ ปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ปี ทำให้ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และกำมะถันที่เป็น ประโยชน์ของดินสูงเกินกว่าค่าควบคุมที่

ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) โดยการใส่กากแป้ง และเปลือกถั่ว ลิสงมันลำปะหลังเพียงอย่างเดียวจะให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ หลงเหลือในดินสูงสุดไม่แตกต่างกัน (0.51-0.45 ก./กก.) ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุทั้งสองเป็นวัสดุอินทรีย์จึงมี คาร์บอนอินทรีย์เป็นองค์ประกอบสูงกว่าในกรณีของ ยิปซัม (Table 1) โดยคาร์บอนอินทรีย์เป็นแหล่งที่ให้ อินทรีย์วัตถุแก่ดิน ส่วนการใส่ยิปซัมจะให้ปริมาณอิน ทรีย์วัตถุน้อยกว่าซึ่งไม่แตกต่างจากค่าควบคุม (0.38 เปรียบเทียบกับ 0.33 ก./กก.) แต่หากใส่ร่วมกับ กากแป้งมันลำปะหลังกลับให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง ที่สุดเช่นกัน (0.51 ก./กก.) (Table 4) ส่วนในกรณีที่ใช้ ร่วมกับเปลือกถั่วลิสงมันลำปะหลังกลับให้ปริมาณอินทรีย์

วัตถุหลงเหลือในดินต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.26 กก./กก. แต่กลับให้ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และกำมะถันที่เป็นประโยชน์หลงเหลือในดินสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 15.7, 35.3 และ 16.7 มก./กก. ตามลำดับ (Table 4) ทั้งนี้มีความเป็นไปได้

ว่า เปลือกถั่วลิสงสำหรับปุ๋ยหมักย่อยสลายได้ง่ายกว่ากากถั่วลิสงสำหรับปุ๋ยหมักซึ่งในระหว่างการสลายตัวจึงปลดปล่อยฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และกำมะถันให้แก่ดิน (Brady and Weil, 2016; Janssen, 1996)

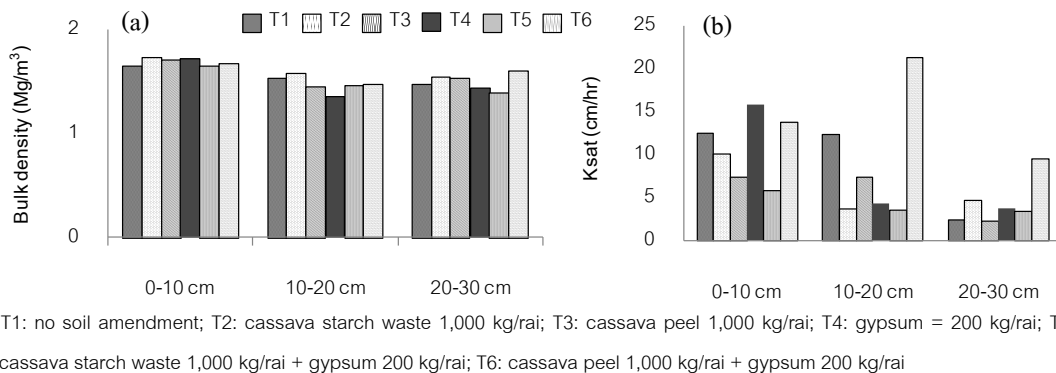


Figure 4 Cumulative effect of soil amendments on bulk density (a) and hydraulic conductivity (b) of Yasothorn soil series.

การใส่ยิปซัมส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์หลงเหลือในดินต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 6.68 และ 31.7 มก./กก. ซึ่งให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์หลงเหลือในดินไม่แตกต่างจากการใส่เปลือกถั่วลิสงสำหรับปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (Table 4) ทั้งนี้เนื่องจากยิปซัมไม่ได้มีบทบาทในการเพิ่มความสามารถของดินในการดูดซับธาตุอาหารพืชเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอินทรีย์ทั้งสองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จึงทำให้ธาตุอาหารพืชเกิดการสูญหายออกไปจากเขตรากพืชได้ง่าย โดยเฉพาะในกรณีของโพแทสเซียม ส่วนในกรณีของกำมะถันที่เป็นประโยชน์พบว่า ค่ารับควบคุมมีค่าต่ำที่สุด ขณะที่การใส่กากถั่วลิสง 1,000 กก./ไร่ และการใส่เปลือกถั่วลิสง 1,000 กก./ไร่ร่วมกับยิปซัมทำให้มีปริมาณกำมะถันที่เป็นประโยชน์หลงเหลืออยู่ในดินสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 6.91 และ 7.91 มก./กก. ตามลำดับ (Table 4) ในกรณีของแคลเซียมพบว่า การใส่เศษเหลือทิ้งจากโรงงานแป้งทั้งสองชนิดเพียงอย่าง

เดียวให้แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ที่เหลืออยู่ในดินไม่แตกต่างจากค่ารับควบคุมซึ่งให้ค่าสูงสุดอยู่ในพิสัย 118-126 มก./กก. แต่เมื่อมีการใส่ยิปซัมร่วมด้วย รวมทั้งการใส่ยิปซัมเพียงอย่างเดียวกลับทำให้แคลเซียมที่เป็นประโยชน์หลงเหลือในดินต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (64-86 มก./กก.) (Table 4) ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ที่มันสำปะหลังจะดูดใช้แคลเซียมขึ้นไปในปริมาณมากซึ่งสอดคล้องกับปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังและชีวมวลส่วนเหนือดินที่ได้รับจากการทดลองเหล่านี้มีค่าสูงไม่แตกต่างกัน ดังนั้นปริมาณแคลเซียมที่คงอยู่ในดินจึงมีอยู่น้อย อย่างไรก็ตามปริมาณธาตุอาหารพืชที่หลงเหลืออยู่ในดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมากและมีทิศทางไม่แน่นอนเมื่อได้รับการปรับปรุงดินอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่าปริมาณที่หลงเหลืออยู่ในดินอาจจะไม่ได้เกิดจากอิทธิพลของวัสดุปรับปรุงดินที่ใส่เพียงอย่างเดียว แต่อาจจะเป็นผลร่วมจากการที่มันสำปะหลังมีการดูดใช้ธาตุอาหารพืชในการเจริญเติบโตในปริมาณที่แตกต่างกันมากกว่า

Table 4 Cumulative effect of soil amendments on some chemical properties of topsoil horizon.

Treatment	Soil pH (1:1 H ₂ O)	OM (g/kg)	Available plant nutrient (mg/kg)			
			P	K	S	Ca
T1	5.36	3.33ab	8.1cd	42.9ab	4.05b	118a
T2	5.35	4.50a	11.6ab	44.0ab	6.91a	124a
T3	5.71	5.08a	6.6d	39.1ab	4.33b	126a
T4	5.73	3.75ab	6.7d	31.7b	4.89b	86b
T5	6.09	5.05a	9.5bc	49.9ab	4.20b	86b
T6	5.61	2.58b	12.8a	64.3a	7.91a	64b
F-Test	ns	*	**	*	**	**
CV (%)	10	7	15	35	16	26

Available P = soil extracted by Bray II solution (Bray and Kurtz, 1945); Available K and Ca = soil extracted by 1 M NH₄OAc at pH 7.0 (Pratt, 1965); Available S = soil extracted by 0.008 M Ca(H₂PO₄) (Combs et al., 1998) ns: non significant; *, **: significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively; means with different letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ and 0.01. T1: no soil amendment; T2: cassava starch waste 1,000 kg/rai; T3: cassava peel 1,000 kg/rai; T4: gypsum = 200 kg/rai; T5: cassava starch waste 1,000 kg/rai + gypsum 200 kg/rai; T6: cassava peel 1,000 kg/rai + gypsum 200 kg/rai

สรุป

การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ในชุดดินยโสธรที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำนี้จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงเพื่อให้ได้ผลผลิตอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ การใส่ขี้ปัสสาวะและเศษเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังสามารถช่วยส่งเสริมผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง และชีวมวลส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังได้อย่างชัดเจนแต่จะเห็นผลน้อยลงในปีที่ 2 และ 3 การใส่เปลือกถั่วลิสงมันสำปะหลัง หรือกากแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวในอัตรา 1,000 กก./ไร่ ให้ผลผลิตมันสำปะหลังต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ร่วมกับขี้ปัสสาวะ หรือการใส่ขี้ปัสสาวะเพียงอย่างเดียว แต่การใส่เปลือกถั่วลิสงมันสำปะหลังติดต่อกันเป็นปีที่ 2 จะให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุด ขณะที่การใส่กากแป้งมันสำปะหลังยังคงให้ผลไม่แตกต่างกับการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตที่ได้รับรวมทั้ง 3 ปี การใส่ขี้ปัสสาวะอัตรา 200 กก./ไร่ หรือการใส่เปลือกถั่วลิสงอัตรา 1,000 กก./ไร่ ต่อเนื่องให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดใกล้เคียงกัน วัสดุปรับปรุงดินทั้งสองจึงควรแนะนำให้ใช้สำหรับการปลูกมันสำปะหลังในดินนี้ได้ อย่างไรก็ตาม การใส่ขี้ปัสสาวะต่อเนื่องในหลายๆ ปีอาจ

ส่งผลให้มีการสะสมแคลเซียมในดินซึ่งส่งผลต่อสมดุลระหว่างแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมในดิน ขณะที่การใส่เศษเหลือทิ้งจากโรงงานแป้งทั้งสองต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ปี ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืชในรูปที่เป็นประโยชน์หลงเหลือในดินสูงกว่าการใส่ขี้ปัสสาวะ หรือการใส่ร่วมกับขี้ปัสสาวะ อย่างไรก็ตาม วัสดุปรับปรุงดินเหล่านี้ไม่ทำให้พีเอชดิน และสมบัติทางฟิสิกส์ของดินเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2537. เอกสารวิชาการปลูกพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2548. มลพิษของเสีย และการจัดการสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง: แหล่งที่มา: <https://goo.gl/RZR8mp>. ค้นเมื่อ 30 มิถุนายน 2558.

- จิรวรรณ พรหมมา, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิมา ธนะจิตต์, เอิบ เขียววีนรมณ์ และปรีชา เพชรประไพ. 2554. ผลของชนิดและอัตราของปุ๋ยต่อมันสำปะหลังที่ปลูกบนดินยโสธร. แก่นเกษตร. 40: 19-26.
- ชุมพล นาควิโรจน์, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, โอภาษ บุญแสง, สมาน รุ่งเรือง และอนุศาสตร์ สุ่มมาตย์. 2550. การปรับปรุงดินด้วยวัสดุเหลือใช้ สารปรับปรุงดิน วัสดุอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ ผลผลิตมันสำปะหลังในดิน 3 ชุดดิน. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- ประกาส ช่างเหล็ก, วิจารย์ วิชชุกิจ, เอ็จ สโรบล, สุเมธ ทับเงิน และสุรัช เนื่องสิทธิ์. 2549ก. ผลของยิปซัม ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยเคมี (ปีที่ 2) ที่มีผลผลิตหัวสด และปริมาณแป้งของ มันสำปะหลังพันธุ์ที่ปลูกในชุดดินวาริน และมาบอบน, น. 126-135. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44: สาขาพืช 30 มกราคม-2 กุมภาพันธ์ 2549. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ประกาส ช่างเหล็ก, วิจารย์ วิชชุกิจ, เอ็จ สโรบล, เจริญศักดิ์ ไรจน์ฤทธิ์พิเศษฐ์ และจำลอง เจียมจันรจจา. 2549ข. ผลของเปลือกถั่วลิสงมันสำปะหลังและปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิต หัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60. น. 281-288. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44: สาขาพืช 30 มกราคม-2 กุมภาพันธ์ 2549. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปิยะ ดวงพิตรา. 2553. สารปรับปรุงดิน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พรชัย อุปพันธ์พงศ์ชัย. 2559. ผลของกากแป้งมันสำปะหลัง หินปูนบด และโดโลไมต์ต่อมันสำปะหลังที่ปลูกบนดิน สดิก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2558. ข้อมูลสถิติพื้นที่เก็บเกี่ยวมัน ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย. แหล่งที่มา: <https://goo.gl/pc70QK>. ค้นเมื่อ 22 มิถุนายน 2559.
- ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. 2558. ตารางข้อมูลน้ำฝนรายเดือน ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. แหล่งที่มา: <https://goo.gl/OM4EOL>. ค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2559.
- สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2558. ข้อกำหนดดครงการเขียวสำหรับ ผลิตภัณฑ์วัสดุผนัง. แหล่งที่มา: <https://goo.gl/cB3pjf>. ค้นเมื่อ 26 มิถุนายน 2558.
- สัมฤทธิ์ วิทยาพันธ์, ศุภิมา ธนะจิตต์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, อัญชลี สุทธิประการ และปรีชา เพชรประไพ. 2553. การ แก้ไขปัญหาชั้นดานไถพรวนเพื่อการปลูกมันสำปะหลัง. แก่นเกษตร. 38: 191-204.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. มันสำปะหลังโรงงาน. แหล่งที่มา: <https://goo.gl/ndrTmZ>. ค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2559.
- อรพิน เกลี้ยงกลม, ศุภิมา ธนะจิตต์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, เอิบ เขียววีนรมณ์ และอลิศา ชัยเนตร. 2553. สมบัติของ ชั้นดานไถพรวนในดินปลูกมันสำปะหลังและอ้อย จังหวัด ขอนแก่น. แก่นเกษตร. 38: 313-324.
- เอกราช มีวาสนา, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, เอิบ เขียววีนรมณ์ และ อัญชลี สุทธิประการ. 2553. ลักษณะของชั้นดาน ไถพรวนในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา. แก่นเกษตร 38: 205-214.
- Agbim, N.N. 1985. Potential of cassava peels as soil amendment II. J. Environ. Qual. 14: 44-56.
- Brady, N.C., and R.C. Weil. 2016. The Nature and Properties of Soils. 15th ed. Pearson Education, Inc. USA.
- Duangpatra, P. 1988. Soil and climatic characterization of major cassava growing areas in Thailand. P. 157-184. In: R.H. Howeler and K. Kawano, eds. Cassava Breeding and Agronomy Research in Asia. Proceeding of a Workshop held in Thailand, 26-28 October 1987, Bangkok, Thailand.
- Eneje, R.C., and C.J. Nwosu. 2012. Cow dung and cassava peel effect on selected soil nutrient indices and germination of maize. Sci. J. Agric. Res. Manage. 152: 1-6.
- Horsfall, Jnr., A.A. Abia, and A.I. Spiff. 2003. Removal of Cu(II) and Zn(II) ions from wastewater by cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) waste biomass. Africa. J. Biotech. 10: 360-364.
- Janssen, B.H. 1996. Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. Plant Soil. 181: 39-45.
- Komariah, K., K. Ito, M. Senge, J.T. Adomako, and dan Afandi. 2008. Amendment of soil physical and biological properties using rice husk and tapioca wastes. J. Jap. Soc. Soil Phys. 108: 81-90.
- 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.
- Pratt, P.E. 1965. Potassium. P. 1023-1031. In: C.A. Black, ed. Method of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties. Agron. No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin.
- Vaitor, R.P., J.L. Kovar, and W.B. Hallmark. 2002. Gypsum and compost effect on sugarcane root growth, yield, and plant nutrients. Agron. J. 94: 1332-1336.
- Yimnoi, N., S. Anusontpornperm, and S. Thanachit. 2014. Effect of lime materials and cassava peel on cassava grown on a satuk soil. In: Proceedings of the 40th Congress on Science and Technology of Thailand, 2-4 December, Hotel Pullman Khon Kaen Raja Orchid, Khon Kaen, Thailand.