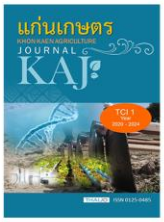
วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj



ผลสะสมของเพอร์ไลต์ และมูลไก่แกลบต่ออัตราปุ๋ยเคมีและปุ๋ยสังกะสีทางใบที่ใช้กับมันสำปะหลังในชุดดินวาริน

Cumulative effect of perlite and chicken manure on chemical fertilizer and Zn foliar application rates used for cassava in Warin soil series

วิรดา ชื่นสมบัติ[1], สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม[1]*, ศุภิฌา ธนะจิตต์[1] และเอิบ เขียวรื่นรมณ์[1]

Wirada Chuensombat[1], Somchai Anusontpornperm[1]*, Suphicha Thanachit[1] and Irb Kheoruenromne[1]

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

บทคัดย่อ: ดำเนินการศึกษาในแปลงเกษตรกร จ.นครราชสีมา วางแผนการทดลองแบบ split-split plot จำนวน 4 ซ้ำ แปลงหลักประกอบด้วย 1) ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน, 2) เพอร์ไลต์ 100 กก./ไร่, 3) มูลไก่แกลบ 500 กก./ไร่ และ 4) เพอร์ไลต์กับมูลไก่แกลบอัตรา 100 และ 500 กก./ไร่ตามลำดับ แปลงรอง อัตราปุ๋ยเคมีเรโช 2:1:2 จำนวน 4 อัตรา คือ 0:0:0, 8:4:8, 16:8:16 และ 32:16:32 กก. N:P_2O_5:K_2O/ไร่ และแปลงย่อย การให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบ 3 อัตรา คือ 0, 500 และ 1,000 ก. Zn/ไร่ เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน ผลการศึกษา พบว่า การใส่มูลไก่แกลบ 500 กก./ไร่ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และผลผลิตแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยสูงกว่าตำรับควบคุมร้อยละ 22 และ 21 ตามลำดับ ผลผลิตมันสำปะหลังตอบสนองต่อปุ๋ยธาตุอาหารหลักตามอัตราแนะนำ (16:8:16 กก. N:P_2O_5:K_2O/ไร่) ดีที่สุด และการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบ 1,000 กรัม Zn/ไร่ มูลไก่แกลบ 500 กก./ไร่กับปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำมีอิทธิพลร่วมทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และผลผลิตแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 10.06 และ 2.33 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ส่วนมูลไก่แกลบกับการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบอัตรา 1,000 กรัม Zn/ไร่มีอิทธิพลร่วมทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 9.74 ตัน/ไร่ การใส่มูลไก่แกลบเพียงอย่างเดียวทำให้ดินบนมีค่าพีเอช ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส และทองแดงที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น ส่วนการใส่ร่วมกันระหว่างมูลไก่แกลบกับเพอร์ไลต์ทำให้ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนมีค่าสูงสุด

คำสำคัญ: มูลไก่แกลบ; เพอร์ไลต์; ปุ๋ยเคมี; ปุ๋ยสังกะสีทางใบ; มันสำปะหลัง

ABSTRACT: The study was conducted in a farmer field, Nakhon Ratchasima province. Experimental design was arranged in split-split plot with four replications. Main plot consisted of 1) no soil amendment application, 2) perlite (PL) 100 kg/rai, 3) chicken manure (CM) 500 kg/rai, and 4) PL 100 kg/rai together with CM 500 kg/rai. Subplot consisted of chemical fertilizer with the ratio of 2:1:2 at four rates; 0:0:0, 8:4:8, 16:8:16 and 32:16:32 kg N:P_2O_5:K_2O/ rai while sub-subplot comprising three rates of Zn foliar application; 0, 500 and 1,000 g Zn/rai. Cassava was harvested at 12-month of age. Results showed that the addition of CM at the rate of 500 kg/rai highly significantly promoted the highest fresh tuber yield and starch yield which were 22 and 21%, respectively, higher than that of the control plot. Cassava responded best to the recommended rate of chemical fertilizer (16:8:16 kg N:P_2O_5:K_2O/rai), the use of 1,000 g Zn/rai of Zn foliar application, chicken manure at the rate of 500 kg/rai along with the recommended rate of chemical fertilizer interactively induced the highly significantly highest fresh tuber yield and starch yield of 10.06 and 2.33 t/rai, respectively, while CM at the same rate together interacted with 1,000 g Zn/rai of Zn foliar application,

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

Received: date; December 14, 2020 Accepted: date; April 1, 2021 Published: date; December 5, 2021

highly significantly stimulating the highest fresh tuber yield of 9.74 t/rai. Sole addition of CM significantly increased soil pH, organic matter, available P and Cu contents, whereas the combination between CM and PL significantly induced the greatest amount of available Ca and the highest value of cation exchange capacity.
Keywords: chicken manure; perlite; chemical fertilizer; zinc foliar application; cassava

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทยที่สร้างมูลค่ามหาศาล ในปีงบประมาณ 2562 มีการผลิตมันสำปะหลังทั้งประเทศประมาณ 31 ล้านตันเศษ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือสามารถผลิตได้มากกว่าครึ่งหนึ่งของผลผลิตมวลรวม โดยจังหวัดนครราชสีมาผลิตได้สูงสุดในประเทศเท่ากับ 5.33 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563ก) อย่างไรก็ตาม ผลผลิตเฉลี่ยมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมาในปีเดียวกันมีค่าเพียง 3.77 ตัน/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563ข) ซึ่งต่ำกว่าศักยภาพการให้ผลผลิตของพันธุ์มันสำปะหลัง ทั้งนี้เนื่องจาก ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อค่อนข้างหยาบถึงหยาบ และมีความอุดมสมบรณ์ต่ำ (Anusontpornperm et al., 2009) และยังพบปัญหาชั้นดานไถพรวน และดินบนแน่นทึบ (สัมฤทธิ์ และคณะ, 2553; อรพิน และคณะ, 2553; เอกราช และคณะ, 2553; Anusontpornperm et al., 2015)

การใช้วัสดุปรับปรุงดินเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แร่เพอร์ไลต์สามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังได้ เนื่องจากมีองค์ประกอบที่ช่วยให้ธาตุอาหารแก่พืช อาทิ ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม และมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่ค่อนข้างสูง (Silber et al., 2010) อย่างไรก็ตาม การทดสอบในมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธร โดยใส่ที่อัตรา 100 กก./ไร่ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดไม่แตกต่างกับตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่ (นิภัทธ์ และคณะ, 2557) ซึ่งคล้ายคลึงกับผลการศึกษาของ Lunlio et al. (2017) ที่มีการทดสอบทั้งอัตรา 100 และ 200 กก./ไร่ในชุดดินยโสธร ขณะที่เมื่อใส่ในอัตรา 1.25 ตัน/เฮกตาร์ในชุดดินเดียวกันให้ผลด้อยกว่าหินปูนบด เบนทอไนต์ และยิปซัมที่ใส่ในอัตราเท่ากัน แต่สูงกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (Kanjana et al., 2012) และ Phuniam (2014) พบว่า การใส่เพอร์ไลต์อัตรา 100 กก./ไร่ในปีแรกให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสุดสูงกว่าตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่เกือบร้อยละ 16 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติในปีแรก ส่วนเมื่อใส่ต่อเนื่องเป็นปีที่สองให้ผลสูงกว่าตำรับควบคุมในระดับที่ใกล้เคียงกันแต่แตกต่างกันทางสถิติ

มูลไก่แกลบเป็นวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินที่ช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในดินดอนภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้เป็นอย่างดี เนื่องจาก มูลสัตว์ปีกชนิดนี้มีธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง และมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์อยู่ในปริมาณมากจึงส่งผลทำให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง เพิ่มความพรุนรวมของดิน อัตราการซาบซึมน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Amanullah et al., 2010) ช่วยให้เกิดการสร้างเม็ดดินเสถียรน้ำ (Weil and Kroontje, 1979) เพิ่มอินทรียวัตถุในดิน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Agbede et al., 2008) และเมื่อมีการใส่ที่อัตรา 500 กก./ไร่ร่วมกับเพอร์ไลต์อัตรา 100 กก./ไร่ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินเมื่อทดสอบในชุดดินยโสธรเป็นเวลา 1 ปี (นิภัทร์ และคณะ, 2557) และในชุดดินวารินที่ดินตอนบนมีเนื้อหยาบเป็นเวลา 2 ปี (Phuniam, 2014)

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความอ่อนไหวต่อการขาดธาตุสังกะสี (Asher et al., 1980) โดยมีการพบอาการขาดธาตุนี้ในดินกรดของประเทศโคลัมเบีย บราซิล มาเลเซีย ไทย ไนจีเรีย แทนซาเนีย และเม็กซิโก (Howeler, 2011) นอกจากนี้ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเมื่อมีการปลูกมันสำปะหลังอย่างเดียวเป็นระยะเวลานานจะมีความเสี่ยงที่จะเกิดการธาตุธาตุสังกะสี (สมพงษ์ และอนุชิต, 2547) ความเข้มข้นของสังกะสีในใบพืชทั่วไปในระดับเพียงพอต่อการเจริญเติบโตตามปกติจะอยู่ระหว่าง 15–20 มก./กก. น้ำหนักแห้ง (Marschner, 1995) อย่างไรก็ตาม อาการขาดสังกะสีในพืชมักพบได้ทั่วไป เนื่องจาก ความเป็นประโยชน์ของธาตุนี้ในดินมักมีอยู่ต่ำ โดยปริมาณสังกะสีที่สกัดด้วย ethylene diamine tetra-acetic acid (EDTA) หรือ diethyl triamine penta-acetic acid (DTPA) หากต่ำกว่า 1.5 และ 1.0 มก./กก. ตามลำดับ จะไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช (Trierweiler and Lindsay 1969; Lindsay and Norvell 1978) ซึ่งสังกะสีเป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับเอนไซม์และกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (ยงยุทธ, 2558) การศึกษาของวัฒนะ และคณะ (2547) พบว่า การพ่นสังกะสีซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้น 4% ทางใบหลังปลูก 1, 2 และ 3 เดือน เป็นวิธีที่ให้ผลผลิต

หัวมันสำปะหลังสดสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการชุบท่อนพันธุ์ด้วยสังกะสีซัลเฟตผสมน้ำเป็นเวลานาน 15 นาทีและการใส่ปุ๋ยสังกะสีทางดิน นิภัทร์ และคณะ (2547) พบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีซัลเฟตจำนวน 3 ครั้ง (มันสำปะหลังอายุได้ 1, 2 และ 3 เดือน) ครั้งละ 3 กก./ไร่ โดยใช้ความเข้มข้น 4% มีแนวโน้มให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดเท่ากับ 3.51 ตัน/ไร่ และมีผลให้ร้อยละการสะสมแป้ง (26.9%) ผลผลิตแป้ง (955.8 กก./ไร่) และอัตราการรอดตาย (90%) สูงกว่าการไม่ฉีดพ่นปุ๋ยนี้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อปลูกมันสำปะหลังในชุดดินยโสธรที่ดินบนมีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์อยู่ 0.26 มก./กก. ขณะที่ การศึกษาของ Phuniam (2012) ที่มีแผนการทดลองเหมือนกันแต่ทดสอบในชุดดินวารินที่ดินบนมีเนื้อหยาบต่อเนื่องเป็นเวลา 2 ปี การฉีดพ่นปุ๋ยสังกะสีจำนวน 3 ครั้งให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าการไม่ให้ปุ๋ยนี้ร้อยละ 16 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างกันในปีที่ 2 ของการศึกษา โดยการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาต่อเนื่องจาก Phuniam (2012) เป็นปีที่ 7 ต่อเนื่อง เพื่อศึกษาผลสะสมระยะยาวของเพอร์ไลต์ และมูลไก่แกลบต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน และการตอบสนองของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ต่อวัสดุปรับปรุงดิน การให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบและปุ๋ยเคมี

วิธีการศึกษา

ทำการทดลองในแปลงเกษตรกร บ้านโนนสมบูรณ์ ต.กฤษณา อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา ดินตัวแทนพื้นที่ทดลองเป็นชุดดินวาริน (Warin soil series, Wn) ที่ดินบนมีเนื้อหยาบ วางแผนการทดลองแบบ Split-split plot จำนวน 4 ซ้ำ แปลงหลัก (main plot) เป็นการใส่วัสดุรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปี ประกอบด้วย การไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน (S1) ใส่เพอร์ไลต์อัตรา 100 กก./ไร่ (S2) ใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ (S3) และใส่เพอร์ไลต์อัตรา 100 กก./ไร่ร่วมกับมูลไก่แกลบ 500 กก./ไร่ (S4) แปลงรอง (subplot) เป็นการเปรียบเทียบปุ๋ยเคมี 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 โดยอัตรา 16:8:16 $N:P_2O_5:K_2O$ /ไร่เป็นอัตราแนะนำ (Sittibusaya, 1996) ส่วนแปลงย่อย (sub-subplot) ทำการเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบ 3 อัตรา ได้แก่ Zn0 = 0, Zn1 = 500 และZn3 = 1,000 กรัม Zn/ไร่ โดยทำการฉีดเพียง 1 ครั้งที่ความเข้มข้น 4% เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 3 เดือน ปุ๋ยเคมีที่ใช้ประกอบด้วยปุ๋ยยูเรีย ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์ และสังกะสีซัลเฟต

การทดลองใช้มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 เป็นพืชทดสอบ การเตรียมแปลงทดลอง เริ่มด้วยการโรยวัสดุปรับปรุงดินในแปลงหลักตามตำรับการทดลองก่อนไถกลบลึก (deep tillage) ด้วยไถจานผาล 3 ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจานเท่ากับ 28 นิ้วทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ก่อนไถคลุกเคล้าด้วยไถจานผาน 7 ก่อนทำการยกร่องขวางความลาดชันโดยมีระยะยะห่างระหว่างร่องเท่ากับ 120 ซม. ทำการปลูกมันสำปะหลังบนสันร่องโดยใช้ระยะปลูกเท่ากับ 80 ซม. ใส่ปุ๋ยเคมีในแปลงย่อยเมื่อมันสำปะหลังอายุครบ 2 เดือน และเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน ข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตประกอบด้วย น้ำหนักผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ค่าร้อยละการสะสมแป้ง โดยใช้เครื่อง Reimann scale และน้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (เหง้า ต้น และกิ่งก้านใบ) และสมบัติของวัสดุปรับปรุงดินที่ใช้ในการทดลองแสดงไว้ใน **Table 1** ส่วนสมบัติดินก่อนการทดลองในปีแรกแสดงไว้ใน **Table 2** (Phuniam, 2014) ในปีที่ทำการศึกษานี้ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 30 ซม. ในแปลงหลักหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังเพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติดิน ได้แก่ พีเอชดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และปริมาณธาตุอาหารพืช ข้อมูลพืช และสมบัติดินที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และเปรียบเทียบหาความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Duncan’s multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขึ้นไป

Table 1 Property of soil amendments used in the experiment

Property	Chicken manure	Perlite	Property	Chicken manure	Perlite
pH (1:5 H_2O)	7.00	7.7	Total Ca (g/kg)	26.2	1.2
CEC ($cmol_c$/kg)	65.1	20.1	Total Mg (g/kg)	3.20	1.0
OC (g/kg)	235.5	nd	Total Na (g/kg)	11.4	1.9
EC (dS/m) (1:5 H_2O)	1.50	0.26	Total Mn (g/kg)	470	0.30
Total N (g/kg)	46.9	nd	Total Zn (g/kg)	0.50	0.40
Total P (g/kg)	7.60	nd	Total Fe (g/kg)	0.30	0.20
Total K (g/kg)	17.6	2.8	Total Cu (g/kg)	0.04	0.10

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

nd = not detected

Table 2 Property of soil prior to conducting the experiment in the first year

Soil property	Topsoil (0-30 cm)	Subsoil (30-60 cm)	Soil property	Topsoil (0-30 cm)	Subsoil (30-60 cm)
pH (1:1 H_2O)	5.4	5.6	Extr. Mg ($cmol_c$/kg)	0.21	0.16
OM (g/kg)	5.4	1.6	Extr. K ($cmol_c$/kg)	0.03	0.04
CEC ($cmol_c$/kg)	3.4	1.4	Extr. Na ($cmol_c$/kg)	0.06	0.12
Total N (g/kg)	0.21	0.14	Avail. Fe (mg_c/kg)	7.0	8.4
Avail. P (mg/kg)	3.5	2.0	Avail. Zn (mg_c/kg)	0.30	0.11
Avail. K (mg/kg/)	12.2	13.9	Texture class	Loamy sand	Loamy sand
Extr.Ca ($cmol_c$/kg)	1.56	1.09			

OM = organic matter; CEC = cation exchange capacity

ผลการศึกษา

ผลของวัสดุปรับปรุงดิน ปุ๋ยเคมี และการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบต่อมันสำปะหลัง

การใส่มูลไก่แกลบ 500 กก./ไร่ ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปีส่งผลทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน และตำรับการทดลองที่มีการใส่เพอร์ไลต์เพียงอย่างเดียว โดยการใส่มูลไก่แกลบ 500 กก./ไร่ ทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 9.10 ตัน/ไร่ อัตราดังกล่าวให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่มูลไก่แกลบในอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับเพอร์ไลต์ 100 กก./ไร่ (8.82 ตัน/ไร่) แต่สูงกว่าตำรับการทดลองที่เหลือ (**Table 3**) การใส่วัสดุปรับปรุงดินทำให้ผลผลิตแป้งมีความแตกต่างกัน โดยการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ ทำให้ผลผลิตแป้งมีปริมาณสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 2.00 ตัน/ไร่ แต่ไม่แตกต่างกับการใส่มูลไก่แกลบ 500 กก./ไร่ ร่วมกับเพอร์ไลต์ 100 กก./ไร่ ที่ทำให้ผลผลิตแป้งเท่ากับ 1.91 ตัน/ไร่ การใส่มูลไก่แกลบ 500 กิโลกรัมต่อไร่ทำให้ผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังสูงกว่าการใส่เพอร์ไลต์เพียงอย่างเดียว และตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินตลอดการศึกษาซึ่งให้ผลผลิตเท่ากับ 1.55 และ 1.65 ตามลำดับ (**Table 3**) การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ต่อเนื่องเป็นเวลา 7 ปียังส่งผลให้ได้ปริมาณชีวมวลส่วนเหนือดินสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 3.52 ตัน/ไร่ เช่นเดียวกับน้ำหนักสดกิ่งก้านใบ ลำต้น และเหง้าที่มีปริมาณสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 16:8:16 กก. N:P_2O_5:K_2O/ไร่ ซึ่งเป็นอัตราแนะนำสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินดอนเนื้อหยาบอันดับอัลทิซอลส์ (Sittibusaya, 1996) ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และผลผลิตแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 8.90 และ 1.92 ตัน/ไร่ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 2 เท่าของอัตราแนะนำกลับทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและผลผลิตแป้ง

ต่ำกว่าอัตราแนะนำ และการใส่เพียงครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำ แต่การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 2 เท่าของอัตราแนะนำกลับให้น้ำหนักสดกิ่งก้านใบ ลำต้น และเหง้าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยทำให้ได้ปริมาณชีวมวลส่วนเหนือดินมีปริมาณสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 3.58 ตัน/ไร่ (**Table 3**) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเคมีทุกอัตรากลับส่งผลทำให้ร้อยละการสะสมแป้งต่ำกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

การให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบในอัตรา 1,000 ก. Zn/ไร่ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 8.45 ตันต่อไร่แต่ไม่แตกต่างกับการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบในอัตราครึ่งหนึ่งของอัตราดังกล่าวซึ่งได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเท่ากับ 8.31 ตันต่อไร่ ขณะที่การไม่ให้ปุ๋ยสังกะสีให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเพียง 7.89 ตันต่อไร่ (**Table 3**) อย่างไรก็ตาม การให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบเพิ่มขึ้นกลับทำให้ร้อยละการสะสมแป้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และปุ๋ยสังกะสีไม่ส่งผลทำให้องค์ประกอบพืชส่วนอื่นมีความแตกต่างกัน

อิทธิพลร่วมระหว่างวัสดุปรับปรุงดิน ปุ๋ยเคมี และการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบต่อมันสำปะหลัง

วัสดุปรับปรุงดินกับปุ๋ยเคมีมีอิทธิพลร่วมทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง ร้อยละการสะสมแป้ง น้ำหนักสดลำต้นและเหง้า และปริมาณชีวมวลส่วนเหนือดินมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและผลผลิตแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 10.06 และ 2.33 ตัน/ไร่ ตามลำดับ แต่ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ร่วมกับเพอร์ไลต์อัตรา 100 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำที่ได้ผลเท่ากัน ขณะที่ การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีเพียงครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำก็ยังคงส่งผลต่อมันสำปะหลังในระดับที่ใกล้เคียงกัน โดยให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเท่ากับ 9.89 ตัน/ไร่ (**Figure 1a**) และผลผลิตแป้งเท่ากับ 2.17 ตัน/ไร่ สำหรับปริมาณชีวมวลส่วนเหนือดินให้ผลไปในทิศทางเดียวกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และผลผลิตแป้งแต่ไม่ได้แสดงผลไว้ ทั้งนี้ ในตำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน และใส่เพอร์ไลต์อัตรา 500 กก./ไร่ ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดที่ได้จากการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมจะมีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติกับตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีแต่อย่างใด

Table 3 Main effect of soil amendment, Zn foliar and chemical fertilizer application on cassava grown in Warin soil series

Treatment	Tuber yield	Starch yield	Above ground biomass	Leaf and branch	Stem	Stem base	Starch content
	(----------t/rai----------)						(%)
Main plot: soil amendment							
S1	7.43^{b}	1.65^{b}	2.70^{b}	1.16^{b}	1.05^{c}	0.55^{c}	22.92^{a}
S2	7.51^{b}	1.55^{b}	2.63^{b}	1.11^{b}	0.93^{d}	0.53^{c}	22.24^{ab}
S3	9.10^{a}	2.00^{a}	3.52^{a}	1.35^{a}	1.47^{a}	0.71^{a}	21.74^{bc}
S4	8.82^{a}	1.91^{a}	3.36^{a}	1.28^{a}	1.38^{b}	0.65^{b}	21.27^{c}
F-test	**	**	**	**	**	**	**
Subplot: chemical fertilizer							
F0	7.56^{c}	1.70^{b}	2.34^{d}	0.97^{c}	0.98^{b}	0.51^{d}	23.16^{a}
F1	8.39^{b}	1.87^{a}	2.96^{c}	1.23^{b}	1.21^{b}	0.59^{c}	21.85^{b}
F2	8.90^{a}	1.92^{a}	3.33^{b}	1.23^{b}	1.34^{a}	0.65^{b}	21.97^{b}
F3	8.02^{bc}	1.63^{b}	3.58^{a}	1.47^{a}	1.32^{a}	0.69^{a}	21.19^{b}
F-test	**	**	**	**	**	**	**
Sub-subplot: Zn foliar application							
Zn0	7.89^{b}	1.78	3.03	1.26	1.18	0.61	22.65^{a}
Zn1	8.31^{ab}	1.81	3.01	1.21	1.20	0.60	22.25^{a}
Zn2	8.45^{a}	1.74	3.12	1.21	1.25	0.62	21.23^{b}
F-test	*	ns	ns	ns	ns	ns	**
%CV	21.4	30.6	21.6	26.5	26.2	21.9	7.8

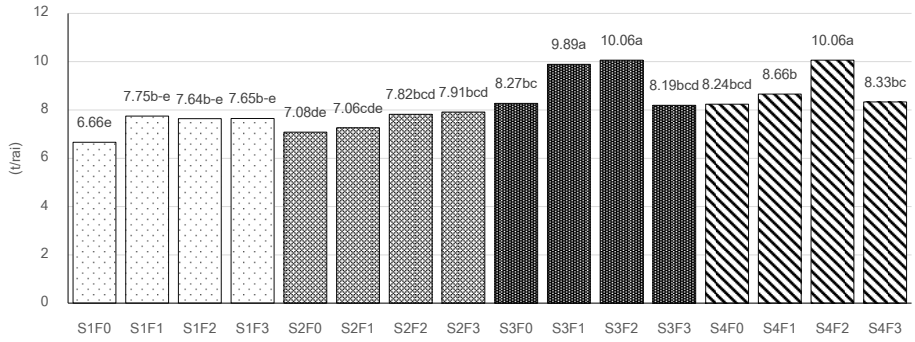
ns = not significant; *, ** significantly different at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively; means with different superscript lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$. There are interactions among soil amendment, Zn foliar application and chemical fertilizer in some plant parameters of which some of them are presented in figures.

S1 = no soil amendment application; S2 = perlite 100 kg/rai; S3 = chicken manure 500 kg/rai; S4 = S2+S3.

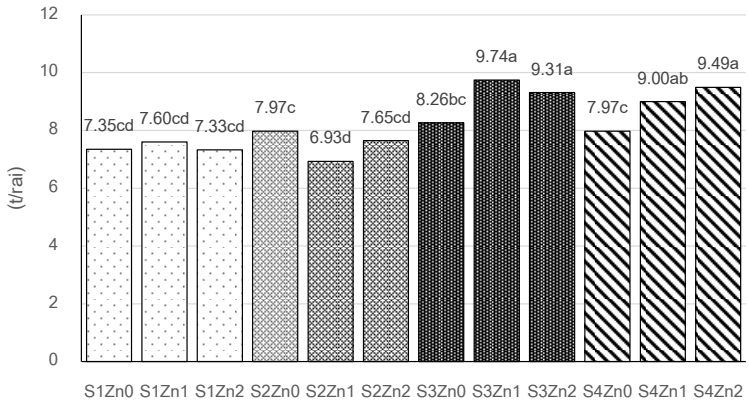
F1 = no chemical fertilizer application; F2 = 8:4:8 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O; F3 = 16:8:16 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O; F4 = 32:16:32 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O.

Zn0 = no Zn foliar application; Zn1 = Zn foliar application 500 g/rai of Zn; Zn foliar application 1,000 g/rai of Zn.

วัสดุปรับปรุงดินยังมีอิทธิพลร่วมกับการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบส่งผลทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด น้ำหนักสดกิ่งก้านใบ และลำต้นมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ร่วมกับการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบอัตรา 500 ก. Zn/ไร่ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 9.74 ตันต่อไร่แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่มูลไก่แกลบอัตราดังกล่าวร่วมกับการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบอัตรา 1,000 ก. Zn/ไร่ (9.31 ตัน/ไร่) (**Figure 1b**) การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ร่วมกับเพอร์ไลต์อัตรา 100 กก./ไร่และมีการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบอัตรา 500 ก. Zn/ไร่ (9.00 ตัน/ไร่) และการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบอัตรา 500 ก. Zn/ไร่ (9.49 ตัน/ไร่) (**Figure 2**) เป็นที่น่าสังเกตว่า ในตำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน และการใส่เพอร์ไลต์เพียงอย่างเดียว การให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบร่วมทั้งสองอัตราไม่ช่วยส่งเสริมให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเพิ่มสูงขึ้นแต่อย่างใด



(a)



(b)

Figure 1 Interactive effects between soil amendment and chemical fertilizer (a), and soil amendment and Zn foliar application (b) on fresh tuber yield of cassava. Different lowercase letters on bars are significantly different ($p \leq 0.05$)

S1 = no soil amendment application; S2 = perlite 100 kg/rai; S3 = chicken manure 500 kg/rai; S4 = S2+S3

Zn0 = no Zn foliar application; Zn1 = Zn foliar application 500 g/rai of Zn; Zn foliar application 1,000 g/rai of Zn

F1 = no chemical fertilizer application; F2 = 8:4:8 kg/rai of $N:P_2O_5:K_2O$; F3 = 16:8:16 kg/rai of $N:P_2O_5:K_2O$; F4 = 32:16:32 kg/rai of $N:P_2O_5:K_2O$.

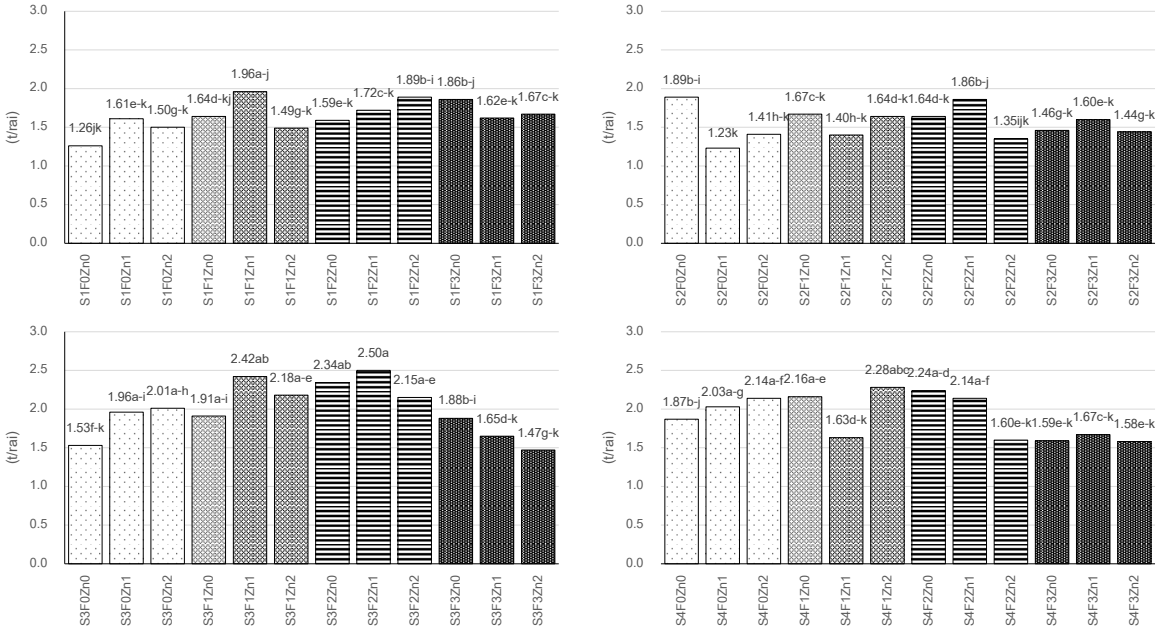


Figure 2 Interactive effect among soil amendment, chemical fertilizer and Zn foliar application on starch yield of cassava. Different lowercase letters on bars are significantly different ($p \leq 0.05$)

S1 = no soil amendment application; S2 = perlite 100 kg/rai; S3 = chicken manure 500 kg/rai; S4 = S2+S3

F1 = no chemical fertilizer application; F2 = 8:4:8 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O; F3 = 16:8:16 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O; F4 = 32:16:32 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O

Zn0 = no Zn foliar application; Zn1 = Zn foliar application 500 g/rai of Zn; Zn foliar application 1,000 g/rai of Zn

การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ในดินชุดดินวารินที่มีเนื้อหยาบในตอนบนโดยไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินได้ผลผลิตต่ำที่สุดตลอดระยะเวลา 7 ปีของการทดลอง อย่างไรก็ตาม ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดในปีที่ 1 และ 2 มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีการปรับปรุงดินด้วยมูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ร่วมกับเพอร์ไลต์อัตรา 100 กก./ไร่ (Phuniam, 2014) ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกับ นิภัทร์ และคณะ (2557) ที่ศึกษาในชุดดินยโสธร ขณะที่ในปีที่ 7 ของการศึกษากลับพบว่า การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่เพียงอย่างเดียวต่อเนื่องทุกปีทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสูงสุดกว่าการใส่ร่วมกับเพอร์ไลต์ แสดงให้เห็นว่า แร่เพอร์ไลต์ซึ่งมีธาตุอาหารแก่พืชเป็นองค์ประกอบอยู่ในระดับหนึ่ง และมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่ค่อนข้างสูง ซึ่งเพอร์ไลต์ที่ใช้ในการศึกษามีค่าถึง 20.1 เซนติโมล/กก. ทั้งนี้รวมถึงค่าพีเอชที่สูงถึง 7.7 (**Table 1**) โดย Silber et al. (2010) รายงานว่า เพอร์ไลต์มีผลต่อพืชโดยสามารถช่วยทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียมที่ละลายน้ำ และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินเพิ่มขึ้น ช่วยทำให้วัสดุปลูกมีช่องว่างเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการถ่ายเทอากาศดี และสามารถกักเก็บน้ำได้อย่างพอเหมาะ (Stirling, 1997; Gregory et al., 1999; van Straaten, 2002; Matkin, 2005) อีกทั้งยังมีความหนาแน่นรวมต่ำ (Austin and barker, 1998) ส่งเสริมให้ดินมีการระบายน้ำดี (Naddaf et al., 2011) ทำให้ปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อพืชเพิ่มขึ้น (Gul et al., 2005) สมบัติข้างต้นจึงน่าจะมีส่วนช่วยทำให้มันสำปะหลังเจริญเติบโตได้ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การทดลองนี้มีการไถลึก (deep tillage) โดยใช้ไถจานผาล 3 ที่จานไถมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 นิ้ว ในปีแรก ๆ ของการศึกษาจึงมีการพลิกเอาดินล่างที่ระดับความลึก 30-45 ซม. ขึ้นมาปะปนกับดินบนเพอร์ไลต์จึงน่าจะมีบทบาทช่วยลดปัญหาของดินล่างที่ค่อนข้างแน่นทึบ และเป็นกรดมากกว่า (**Table 2**) นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมทำให้มูลไก่แกลบที่ใส่ร่วมมีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังมากขึ้น ถึงแม้ว่า มูลไก่แกลบจะมีธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง **(Table 1)** สามารถช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมี และสมบัติทางฟิสิกส์ของดินให้ดีขึ้น (Ewulo et al., 2008; Dikinya and Mufwanzala, 2010) แต่การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่เพียงอย่างเดียวจะไม่ส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังมากนัก ดังที่มี

รายงานมาก่อนหน้า (Suksawat et al., 2010; Plengsuntia et al., 2012; Nilnoree et al., 2016; Chaem-Ngern et al., 2020) แต่เมื่อใส่มูลไก่แกลบอัตราดังกล่าวต่อเนื่องเป็นเวลาหลาย ๆ ปี จึงทำให้เกิดผลสะสม (cumulative effect) ประกอบกับการไถลึกในทุก ๆ ปีทำให้เกิดการคลุกเคล้าของวัสดุอินทรีย์นี้ และช่วยสร้างสภาพที่เหมาะสมต่อการแทงหัว (tuberization) ของมันสำปะหลัง จึงส่งผลให้ได้ผลผลิตสูงสุดในปีที่ 7 ของการศึกษา

ผลของปุ๋ยเคมี แสดงให้เห็นว่า อัตราที่เหมาะสมตามที่แนะนำโดย Sittibusaya (1996) คือ 16:8:16 กก. N:P_2O_5:K_2O/ไร่ ยังเหมาะสมที่สุดต่อการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ในชุดดินวารินที่มีเนื้อหยาบตอนบน ซึ่งในการศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อปุ๋ยเคมีในดินอื่น ๆ ก็ให้ผลค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยมันสำปะหลังตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 12-16 กก. N/ไร่เมื่อปลูกในชุดดินโคราช (Oxyaquic Paleustult) (Phun-iam et al., 2018) 16-20 กก. N/ไร่เมื่อปลูกในชุดดินยโสธร (Typic Paleustult) (Ruenchan et al., 2018) ขณะที่ในชุดดินสตึก (Typic Paleustult) การให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 16 และ 32 กก. N/ไร่ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดไม่แตกต่างกัน (Kardudom et al., 2018) โพแทสเซียมอัตรา 16 กก. K_2O/ไร่เมื่อปลูกในดิน Ustic Quartzipsamment (Chaem-Ngern et al., 2020) และในชุดดินวารินที่ดินบนมีเนื้อเป็นดินร่วนทราย (Jenwitheesuk et al., 2018) ขณะที่ในชุดดินสตึกมันสำปะหลังตอบสนองดีที่สุดต่ออัตรา 20 กก. K_2O/ไร่ (เกศวดี และคณะ, 2061) ส่วน Boonrod et al. (2018) พบว่า มันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนทรายมีองค์ประกอบผลผลิตสูงสุดเมื่อได้รับปุ๋ยเคมีอัตรา 16:8:16 และ 32:16:32 กก. N:P_2O_5:K_2O/ไร่ ขณะที่อัตรา 16:8:16 กก. N:P_2O_5:K_2O/ไร่เหมาะสมที่สุดสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธร (รสธร และคณะ, 2563; วรรณภา และคณะ, 2563) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาการใส่ในอัตราที่มากเกินไป (32:16:32 กก. N:P_2O_5:K_2O/ไร่) กลับทำให้ผลผลิตลดลงกว่าการใส่ในอัตราแนะนำ จึงไม่คุ้มทางเศรษฐกิจ และหากพิจารณาการใส่ที่อัตราเพียงครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำ ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดที่ได้น้อยกว่าอัตราแนะนำเพียง 0.51 ตัน/ไร่ ซึ่งผลตอบแทนที่ได้จะน้อยกว่าการใช้ในอัตราแนะนำหากพิจารณาราคาปุ๋ยเคมีในปัจจุบัน แต่น่าจะเหมาะกับเกษตรกรที่มีต้นทุนน้อยมากกว่า อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวัสดุปรับปรุงดินกับการให้ปุ๋ยเคมี เมื่อมีการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ต่อเนื่องเป็นเวลา 7 ปีสามารถลดปริมาณปุ๋ยเคมีลงเหลือเพียง 8:4:8 กก. N:P_2O_5:K_2O/ไร่ซึ่งยังคงได้ผลผลิตในระดับเดียวกับการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่สูงขึ้น แสดงให้เห็นถึงผลสะสมของมูลไก่แกลบทั้งทางด้านฟิสิกส์ และเคมีที่ช่วยส่งเสริมให้ประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังดีขึ้น แต่หากไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน การใส่ปุ๋ยเคมีที่อัตรา 8:4:8 กก. N:P_2O_5:K_2O/ไร่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจมากกว่าการใส่ในอัตราที่สูงขึ้น เนื่องจากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

การให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบส่งผลเชิงบวกต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ในดินนี้ เนื่องจาก มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความอ่อนไหวต่อการขาดธาตุสังกะสี (Asher et al., 1980) อาการขาดสังกะสีในพืชมักพบได้ทั่วไป เนื่องจาก ความเป็นประโยชน์ของธาตุนี้ในดินมักมีอยู่ต่ำ โดยปริมาณสังกะสีที่สกัดด้วย ethylene diamine tetra-acetic acid (EDTA) หรือ diethyl triamine penta-acetic acid (DTPA) หากต่ำกว่า 1.5 และ 1.0 มก./กก. ตามลำดับ จะไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช (Trierweiler and Lindsay 1969; Lindsay and Norvell 1978) ซึ่งดินในพื้นที่ทดลองมีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ที่วัดด้วย DTPA เพียง 0.30 มก./กก. (**Table 2**) มันสำปะหลังจึงตอบสนองต่อการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบอย่างชัดเจน และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวัสดุปรับปรุงดินกับการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบ ที่พบว่า การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ต่อเนื่องเป็นเวลา 7 ปีและมีการฉีดปุ๋ยสังกะสีทางใบอัตรา 500 ก. Zn/ไร่ร่วมส่งเสริมให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุด แสดงให้เห็นว่า มูลสัตว์ชนิดนี้นอกจากจะช่วยปรับปรุงสมบัติดินดังที่ได้กล่าวมาแล้วยังให้ธาตุสังกะสีบางส่วนแก่มันสำปะหลังเนื่องจากมีธาตุนี้เป็นองค์ประกอบอยู่ถึง 0.5 ก./กก. (**Table 1**) ผลการศึกษาสามารถเทียบเคียงกับรายงานของ Manzeke et al. (2012) ที่การใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว หรือเศษใบไม้ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสามารถช่วยเพิ่มสังกะสีที่สกัดได้ในดิน และความเข้มข้นของสังกะสในเมล็ดข้าวโพด

ผลสะสมของวัสดุปรับปรุงดินที่ใส่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปีต่อสมบัติดิน

การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปีส่งผลทำให้สมบัติดินเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน ยกเว้น ปริมาณไนโตรเจนรวม โพแทสเซียม กำมะถัน เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีที่เป็นประโยชน์ สำหรับสมบัติดินที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการใส่วัสดุปรับปรุงดินแสดงไว้ใน **Figure 3**

พีเอชดิน วัสดุปรับปรุงดินที่ใส่ต่อเนื่องส่งผลให้พีเอชดินเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน โดยการใส่เพอร์ไลต์อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับมูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ ทำให้ดินมีบนมีค่าพีเอชสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 5.91 ขณะที่การใส่เพอร์ไลต์ หรือมูลไก่แกลบเพียงอย่างเดียวกลับทำให้พีเอชดินไม่แตกต่างกันทางสถิติกับตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน แสดงให้เห็นว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินทั้งสองชนิดในดินเนื้อหยาบในปริมาณน้อยไม่สามารถลดความเป็นกรดของดินได้ (Lunlio et al., 2017; Chaem-ngern et al., 2020) แต่เมื่อใส่ร่วมกันเพอร์ไลต์ซึ่งเป็นแร่ที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะค่อนข้างสูง (Tangkawanit, 2004) เพอร์ไลต์จึงน่าจะมีส่วนช่วยในการดูดยึดแคตไอออนที่เป็นเบสไว้ในดินบน จึงส่งผลทำให้ค่าพีเอชของดินสูงกว่า

อินทรียวัตถุ การใส่มูลไก่แกลบเพียงอย่างเดียวในอัตรา 500 กก./ไร่ต่อเนื่อง 7 ปีส่งผลให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 4.14 ก./กก. ซึ่งเพิ่มสูงกว่าตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่ถึงร้อยละ 52 ซึ่งถึงแม้ว่าปริมาณดังกล่าวยังคงอยู่ในระดับต่ำก็ตาม แต่น่าจะส่งผลบวกต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังในดินเนื้อหยาบได้ดีในระดับหนึ่งโดยเฉพาะสมบัติด้านการดูดยึดความชื้น และเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ยเคมี ซึ่งแม้ว่ามูลไก่แกลบจะสลายตัวได้ง่ายเนื่องจากมีค่า C/N ratio ที่แคบ (Mengchun et al., 2010) การใส่ต่อเนื่องหลาย ๆ ปีดังการศึกษานี้ก็สามารถทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นได้ โดยการศึกษาที่ผ่านมาการใส่ในอัตราดังกล่าวเพียง 1-2 ปีในดินเนื้อหยาบไม่สามารถทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นได้อย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่มีการใส่ (ธีรพล, 2556; นิภัทร์ และคณะ, 2557; Nilnoree et al., 2016; Chaem-ngern et al., 2020)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ให้ผลไปในทิศทางที่คล้ายคลึงกับปริมาณอินทรียวัตถุ โดยการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ต่อเนื่อง 7 ปีทำให้มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินบนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 19.91 มก./กก. ซึ่งสูงกว่าตำรับอื่นที่ไม่มีการใส่มูลไก่แกลบอย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากมูลไก่แกลบมีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบอยู่พอสมควร อย่างไรก็ตาม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกับปริมาณที่พบในการศึกษาในพื้นที่เดียวกันที่ปีที่ 2 มากนัก (Phuniam, 2014) แสดงถึง ปริมาณที่เพิ่มเติมจากมูลไก่แกลบกับการสูญหายไปกับการชะละลาย และผลผลิตพืชค่อนข้างสมดุล ซึ่งผลที่ได้ในดินนี้จะแตกต่างกับการศึกษาของรสธรและคณะ (2563) ที่พบว่า การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ต่อเนื่อง 5 ปีในชุดดินยโสธรที่เป็นดินสีแดงส่งผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉลี่ยที่ระดับความลึก 0-30 ซม. ถึง 24 มก./กก. ขณะที่ที่ตำรับควบคุมมีค่าเพียงครึ่งหนึ่ง ทั้งนี้น่าจะเป็นอิทธิพลของเหล็กออกไซด์ที่พบมากในชุดดินยโสธร

แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ วัสดุปรับปรุงดินทั้ง 2 ชนิดส่งผลชัดเจนต่อการเพิ่มขึ้นของแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินนี้หลังจากการใส่ต่อเนื่องเป็นเวลา 7 ปี โดยทั้ง 3 ตำรับการทดลองที่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินมีค่าอยู่ในพิสัย 21.92-25.30 มก./กก. ซึ่งสูงกว่าตำรับควบคุม (13.10 มก./กก.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุทั้งสองมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในระดับหนึ่ง ขณะที่เพอร์ไลต์มีความสามารถในการดูดจับแคตไอออนได้ค่อนข้างสูง ซึ่งการที่ดินเริ่มมีการสะสมแคลเซียมสูงขึ้นน่าจะส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง ซึ่งการศึกษาของ Kardudom et al. (2018) และ Somngam et al., (2018) ได้แสดงให้เห็นถึงการตอบสนองเชิงบวกอย่างชัดเจนของมันสำปะหลังต่อปุ๋ยแคลเซียมเมื่อปลูกในดินเนื้อค่อนข้างหยาบ

ทองแดงที่เป็นประโยชน์ ในกลุ่มจุลธาตุอาหารเป็นที่น่าสังเกตที่มีเพียงทองแดงที่ได้รับอิทธิพลของการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อเนื่องเป็นเวลานาน โดยตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินมีปริมาณธาตุนี้ในดินบนต่ำมากเพียง 0.001 มก./กก. ซึ่งไม่แตกต่างกับตำรับการทดลองที่มีการใส่เพอร์ไลต์เพียงอย่างเดียว ขณะที่ตำรับการทดลองที่มีการใส่มูลไก่แกลบมีค่าสูงกว่าอย่างชัดเจน ซึ่งการสะสมน่าจะมาจากทองแดงที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในมูลไก่แกลบ อย่างไรก็ตาม ดังเช่นพืชไร่อื่น ๆ มันสำปะหลังมีความต้องการทองแดงในระดับที่ต่ำมาก (Howeler, 2011) ธาตุนี้ซึ่งพบอยู่น้อยมากในดินที่ทำการศึกษาจึงไม่น่าจะเป็นข้อจำกัดต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อเนื่องส่งผลทำให้ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินบนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่มีการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ร่วมกับเพอไลต์อัตรา 100 กก./ไร่มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.10 เซนติโมล/กก. ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับปริมาณอินทรียวัตถุ แสดงให้เห็นถึงบทบาทของอินทรียวัตถุที่มีส่วนทำให้ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินมีค่าสูงขึ้น (Havlin et al, 2013) อย่างไรก็ตาม ค่าดังกล่าวยังคงอยู่ในระดับที่ต่ำมาก แสดงให้เห็นว่า การปรับปรุงสมบัตินี้ในดินเนื้อหยาบค่อนข้างยากถึงแม้ว่าจะมีการใส่วัสดุปรับปรุงดินที่มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนค่อนข้างสูงดังเช่นมูลไก่แกลบก็ตาม ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นการใส่ในปริมาณน้อย หรือมากถึง 2 ตัน/ไร่ (Phuniam, 2014; Nilnoree et al., 2016; Cham-ngern et al., 2020) เหตุผลหลักก็คือ มูลไก่แกลบมี C/N ratio แคบทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้รวดเร็ว และในดินเนื้อหยาบที่มีช่องว่างขนาดใหญ่การสูญหายโดยการชะละลายก็จะเกิดขึ้นได้ง่ายเช่นกัน ประกอบกับดินมีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวซึ่งเป็นแหล่งของประจุอยู่น้อย ลักษณะการสะสมที่จะช่วยทำให้ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเพิ่มขึ้นจึงเกิดได้ช้ามาก

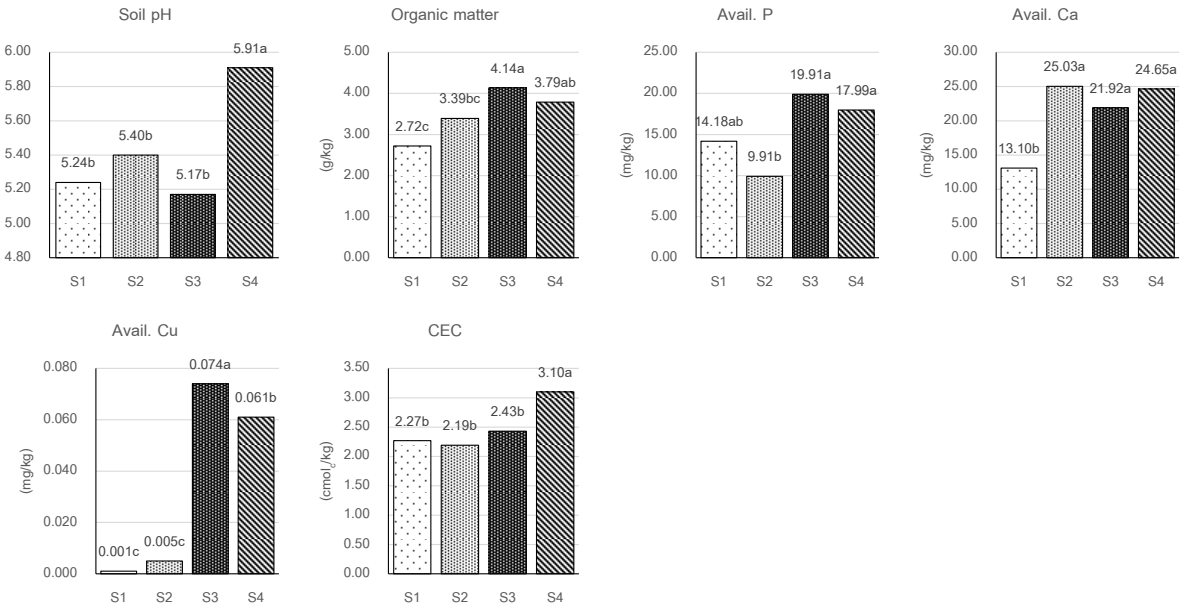


Figure 3 Cumulative effect of soil amendment on some soil properties after harvesting cassava in the 7th year. Different lowercase letters on bars are significantly different ($p \leq 0.05$)

S1 = no soil amendment application; S2 = perlite 100 kg/rai; S3 = chicken manure 500 kg/rai; S4 = S2+S3

สรุป

การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อนื่องเป็นระยะเวลา 7 ปีร่วมกับการจัดการปุ๋ยธาตุอาหารหลัก และการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบส่งเสริมให้มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินวารินที่มีเนื้อหยาบในดินบนมีผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่มีผลสะสมทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง และชีวมวลส่วนเหนือดินสูงสุด การใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักอัตรา 16:8:16 กก. N:P_2O_5:K_2O /ไร่ซึ่งเป็นอัตราแนะนำยังคงให้ผลผลิตข้างต้นสูงสุด ขณะที่การให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบอัตรา 1,000 กรัม Zn/ไร่ทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุด การใส่มูลไก่แกลบอัตรา 500 กก./ไร่ต่อเนื่องสามารถช่วยทำให้ลดปุ๋ยธาตุอาหารหลักลงมาได้ครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำโดยทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และผลผลิตแป้งต่ำกว่าการใส่มูลไก่แกลบร่วมกับปุ๋ยธาตุอาหารหลักตามอัตราแนะนำเพียงเล็กน้อย การใส่มูลไก่แกลบต่อเนื่องยังส่งผลให้สามารถลดปุ๋ยสังกะสีที่ให้ทางใบลงมาครึ่งหนึ่งโดยยังคงได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุด วัสดุปรับปรุงดินยังส่งผลทำให้ดินมีคุณภาพดีขึ้น โดยการใส่มูลไก่แกลบเพียงอย่างเดียวช่วยลดความเป็นกรดของดินบน และยังช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส และทองแดงที่เป็นประโยชน์ ขณะที่การใส่มูลไก่แกลบร่วมกับเพอร์ไลต์ต่อเนื่องส่งเสริมให้ดินบนมีปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเพิ่มขึ้น ดังนั้น การปลูกมันสำปะหลังในดินดอนที่มีเนื้อหยาบนี้ควรมีการปรับปรุงดินด้วยมูลไก่แกลบในอัตรา 500 กก./ไร่อย่างต่อเนื่อง ร่วมกับการจัดการปุ๋ยธาตุอาหารหลักที่

เหมาะสม และการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบจะช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้ระดับหนึ่ง และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม ควรมีการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดิน โดยเฉพาะการสะสมธาตุอาหารต่าง ๆ ที่เพิ่มสูงขึ้นซึ่งในระยะยาวจะทำให้สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้บางส่วน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย และบริษัท ไทยเซนทรัลเคมี จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ปุ๋ยเคมีสำหรับการทดลองภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

เกศวดี พึ่งเกษม, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิฌา ธนะจิตต์, เอิบ เขียวรื่นรมณ์ และ ปรีชา เพชรประไพ. 2561. ผลของขี้เถ้าแกลบและโพแทสเซียมต่อสมบัติดิน และมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินสตึก. วารสารแก่นเกษตร. 46(5): 911-920.

ธีรพล เปล่งสันเทียะ. 2556. อิทธิพลเปรียบเทียบของปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลไก่แกลบต่อมันสำปะหลังที่ปลูกในดินยโสธร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

ยงยุทธ โอสถสภา. 2558. ธาตุอาหารพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

รสธร คล้องธรรม, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิฌา ธนะจิตต์ และเอิบ เขียวรื่นรมย์. 2563. ผลสะสมของมูลไก่แกลบ เศษเหลือจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังและปุ๋ยเคมีต่อมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธร. วารสารแก่นเกษตร. 48(6): 1112-1123.

วัฒนะ วัฒนานนท์, เสาวรี ตังสกุล, เมธี คำหุ่ง, จำลอง กกรัมย์, สมพงษ์ ชมภูนุกูลรัตน์, สุกิจ รัตนศรีวงษ์, สุวพันธ์ รัตนะรัตน์, ปรีชา เพชรประไพ และไรน์ฮาร์ด เฮาเลอร์. 2547. การตอบสนองต่อปุ๋ยธาตุอาหารเสริมที่มีต่อผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และเกษตรศาสตร์ 50. วารสารวิชาการเกษตร. 22(1): 24-38.

วรรณภา เสนาชัย, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิฌา ธนะจิตต์ และเอิบ เขียวรื่นรมย์. 2563. การตอบสนองของมันสำปะหลังต่อปุ๋ยเคมีในชุดดินยโสธรที่ถูกปรับปรุงด้วยกากแป้งมันสำปะหลังและหินปูนบดต่อเนื่อง 5 ปี. วารสารแก่นเกษตร. 48(6): 1074-1085.

สมพงษ์ กาทอง และ อนุชิต ทองกล่ำ. 2547. การปลูกและการดูแลรักษา, น. 15-17. ใน: เอกสารวิชาการ มันสำปะหลัง ลำดับที่7/2547. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563ก. มันสำปะหลังโรงงาน: ร้อยละและปริมาณผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวรายเดือน รายจังหวัด ปี 2562. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/percent%20product%2062(1).pdf. ค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2563.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563ข. มันสำปะหลังโรงงาน: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ รายอำเภอ ปี 2562. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/casava%20dit%2062.pdf. ค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2563.

อรพิน เกลี้ยกล่อม, ศุภิฌา ธนะจิตต์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, เอิบ เขียวรื่นรมย์ และลลิดา ชัยเนตร. 2553. สมบัติของชั้นดานไถพรวนในดินปลูกมันสำปะหลังและอ้อย จังหวัดขอนแก่น. วารสารแก่นเกษตร. 38(4): 313-324.

เอกราช มีวาสนา, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, เอิบ เขียวรื่นรมย์ และอัญชลี สุทธิประการ. 2553. ลักษณะของชั้นดานไถพรวนในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา. วารสารแก่นเกษตร. 38(3): 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. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. 2: 72-77.

Amanullah, M.M., S. Sekar, and P. Muthukrishnan, P. 2010. Prospects and potential of poultry manure. Asian Journal of Plant Science. 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 Journal (Natural Science). 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.

Asher, C.J., D.G. Edwards, and R.H. Howeler. 1980. Nutritional Disorders of Cassava. Department of Agriculture, University of Queensland, St Lucia, Queensland, Australia.

Austin, G.S., and J.M. Barker. 1998. Commercial perlite deposits of New Mexico and North America. New Mexico Geological Society. 49: 271-278.

Boonrod, S., S. Thanachit, S. Anusontpornperm, and I. Kheoruenromme. 2018. Response of cassava grown in a loamy sand soil to bentonite and chemical fertilizer. pp. 86-89. In: Proc. the 44th Congr. Sci. Tech. Thailand (STT 44). October 29-31, 2018. Bangkok, Thailand.

Chaem-Ngern, C., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, and I. Kheoruenromne. 2020. Response of cassava, Huay Bong 80 variety, grown in an Ustic Quartzipsamment, to chicken manure and potassium fertilizer. Commun. Soil Science and Plant Analysis. 51(22): 2765-2777.

Dikinya, O., and N. Mufwanzala. 2010. Chicken manure-enhanced soil fertility and productivity: effects of application rates. Journal of Soil Science and Environmental Management. 1(3): 46-54.

Ewulo, B.S., Ojeniyi, S.O., and Akanni, D.A. 2008. Effect of poultry manure on selected soil physical and chemical properties, growth, yield and nutrient status of tomato. African Journal of Agricultural Research. 3(9): 612-616.

Gregory J.G., B.K. Maynard, and W.A. Johnson. 1999. Comparison of perlite and peat: perlite rooting media for rooting softwood stem cuttings in a subirrigation system with minimal mist. Journal of Environmental Horticulture. 17(3): 147-151.

Gul, A., D. Erogul, and A.R. Ongun. 2005. Comparison of the use of zeolite and perlite as substrate for crisp-head lettuce. Horticultural Science. 106: 464-471.

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

Howeler, R.H. 2011. Secondary and micronutrient requirements of cassava and the use of soil amendments, pp. 455-468. In: R.H. Howeler (ed.), The Cassava Handbook: A Reference Manual based on the Asian Regional Cassava Training Course, held in Thailand. CIAT, Cali, Columbia.

Jenwitheesuk, T., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, and I. Kheoruenromne. 2018. Effect of cassava tails and stalk and potassium on cassava, Huay Bong 80 variety, grown in Warin soil series, pp. 60-66. In: Proc. the 44th Congr. Sci. Tech. Thailand (STT 44). October 29-31, 2018. Bangkok, Thailand.

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 Congr. Sci. Tech. Thailand (STT38), October 17-19, 2012. Chiang Mai, Thailand.

Kardudom, T., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, and I. Kheoruenromne. 2018. Response of cassava, KU 50 and Huay Bong 80 varieties, grown in Satuk soil series to calcium and nitrogen. pp. 95-101. In: Proc. the 44th Congr. Sci. Tech. Thailand (STT 44). October 29-31, 2018. Bangkok, Thailand.

Lindsay, W.L., and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal. 42: 421–428.

Lunlio, P., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, and I. Kheoruenromne. 2017. The impacts of tillage, soil conditioners, and chemical fertilizer on yield of cassava in Yasothon Soil Series (Typic Paleustult), relationship between nutrient concentration and cassava yield components, and soil property. Khon Kaen Agricultural Journal. 45(2): 373-382.

Manzeke, G.M., P. Mapfumo, F. Mtambanengwe, R. Chikowom, T. Tendayi, and I. Cakmak. 2012. Soil fertility management effects on maize productivity and grain zinc content in smallholder farming systems of Zimbabwe. Plant and Soil. 361: 57–69.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants, 2nd ed. Academic Press, London, UK.

Matkin, O. A. 2005. Perlite Plant Guide-Effective Watering with Horticultural Perlite. Available Source: http://www. Perlite.org, July 10, 2012.

Mengchun, G, L. Bing, A. Yu, L. Fangyuan, Y. Lijuan, and S. Yanxia. 2010. The effect of aeration rate on forced-aeration composting of chicken manure and sawdust. Bioresource Technology 101: 1899-1903.

Naddaf, O. A., I. Livieratos, A. Stamatakis, I. Tsirogiannis, G. Gizas, and D. Savvas. 2011. Hydraulic characteristics of composted pig manure, perlite, and mixtures of them, and their impact on cucumber grown on bags. Scientia Horticulturae. 129: 135-141.

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 Agricultural Journal. 44(1): 167-178.

Phuniam, M. 2014. Response of Cassava Grown on a Warin Soil to Perlite, and Chicken Manure Combined with Zn Foliar Application. MS Thesis. Kasetsart University, Bangkok, 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. Agriculture and Natural Resources. 52(6): 573-580.

Plengsuntia, P., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, and I. Kheoruenromne. 2012. Root yield and starch content of cassava as affected by different fertilizer formulas and chicken manure. In: Proc. the 38th Congr. Sci. Tech. Thailand (STT38), October 17-19, 2012. Chiang Mai, Thailand.

Ruenchan, P., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, and I. Kheoruenromne. 2018. Effect of rice husk ash and nitrogen on growth and yield of cassava, Huay Bong 80 variety, in Yasothon soil series, pp. 78-84. In: Proc. the 44th Congr. Sci. Tech. Thailand (STT 44), October 29-31, 2018. Bangkok, Thailand.

Silber, A., B. Bar-Yosef, I. Levkovitch, and S. Soryano. 2010. pH-dependent surface properties of perlite: effects of plant growth. Geoderma. 158: 275-281.

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

Somngam, N., S. Thanachit, S. Anusontpornperm, and I. Kheoruenromne. 2018. Effect of calcium from different sources on cassava grown in Warin soil series, pp. 67-72. In: Proc. the 44th Congr. Sci. Tech. Thailand (STT 44). October 29-31, 2018. Bangkok, Thailand.

Sonmez, S., S. Citak, and N. Adak. 2012. Nutritional Partitioning of Macro Nutrients (N, P, K, Ca and Mg) in Strawberry Plants Grown on Different Medium. pp. 461-466. In: Proc. the 8th Int. Soil Sci. Congr. Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management, Çeşme-İzmir, Turkey.

Stirling, C. 1997. The production of protected strawberries in perlite. International Strawberry Symposium Acta Horticulturae. 439: 509-524.

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. In: Proc. the 36th Congr. Sci. Tech. Thailand (STT36), October 26-28, 2010. Bangkok, Thailand.

Tangkawanit, S. 2004. Synthesis of Zeolites from Perlite and Study of their Ion Exchange Properties. Ph.D. Thesis. Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima.

Trierweiler, J.F., and W.L. Lindsay. 1969. EDTA-ammonium carbonate soil test for zinc. Soil Science Society of America Journal. 33: 49–54.

van Straaten, P. 2002. Rocks for Crops: Agrominerals of sub-Saharan Africa. Int. Centre Res. Agroforestry. Nairobi, Kenya.

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