ผลของขี้เถ้าแกลบและโพแทสเซียมต่อสมบัติดิน และมันสำปะหลัง พันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินสตึก

Effect of rice husk ash and potassium on soil properties and cassava, Huay Bong 80 variety, grown in Satuk soil series

เกศวดี พึ่งเกษม[1], สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม[1*], ศุภิฌา ธนะจิตต์[1], เอิบ เขียวรื่นรมณ์[1] และ ปรีชา เพชรประไพ[2]

Khetwadee Puengkasem[1], Somchai Anusontpornperm[1*], Suphicha Thanachit[1], Irb Kheoruenromne[1] and Preecha Petprapai[2]

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของขี้เถ้าแกลบ และโพแทสเซียมต่อสมบัติดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินสตึกของแปลงเกษตรกร บ้านซับพลูน้อย ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา วางแผนการทดลองแบบ Split plot in randomized complete block จำนวน 4 ซ้ำ แปลงหลักได้แก่ การใส่ขี้เถ้าแกลบ 5 อัตรา คือ 0, 0.5, 1, 2 และ 4 ตัน/ไร่ แปลงรอง ได้แก่ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1 และ 1.25 เท่าของอัตราแนะนำสำหรับชุดดินสตึก (16 กก.K_2O/ไร่) ผลการศึกษาพบว่า การใส่ขี้เถ้าแกลบอัตรา 2 ตัน/ไร่ ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และผลผลิตแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 4.69 และ 1.01 ตัน/ไร่ตามลำดับ ขณะที่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 20 กก.K_2O/ไร่ (1.25 เท่าของอัตราแนะนำ) ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และผลผลิตแป้งสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 4.91 และ 1.06 ตัน/ไร่ ตามลำดับแต่ไม่แตกต่างกับการใส่ในปริมาณ 0.75 เท่าของอัตราแนะนำซึ่งได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และผลผลิตแป้งเท่ากับ 4.36 และ 0.97 ตัน/ไร่ตามลำดับ สมบัติดินหลังจากปลูกมันสำปะหลังไป 1 ฤดูกาล พบว่า การใส่ขี้เถ้าแกลบส่งผลให้ค่าพีเอชดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณเหล็ก แมงกานีส และสังกะสีที่เป็นประโยชน์สูงกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นตามอัตราของขี้เถ้าแกลบที่ใส่เพิ่มขึ้น ขณะที่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ซึ่งหลงเหลืออยู่ในดินเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราที่ใส่อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติโดยมีปริมาณสูงสุดเท่ากับ 47.24 มก./กก.

คำสำคัญ : วัสดุปรับปรุงดิน, ชุดดินสตึก, โพแทสเซียม, ขี้เถ้าแกลบ, มันสำปะหลัง

ABSTRACT: A study on the effect of rice husk ash and potassium on soil properties, growth and yield of cassava, Huay Bong 80 variety grown in Satuk soil series was carried out in a farmer field at Ban Supplu Noi, Huay Bong subdistrict, Dan Khun Thot district, Nakhon Ratchasima province. Split plot in randomized complete block design with four replications was employed. Main plot comprised the application of rice husk ash at five rates; 0, 0.5, 1, 2 and 4 ton/rai. Sub plot consisted

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

[2] สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง 131 หมู่ 5 ต.ห้วยบง อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา 30210
Tapioca Development Institute (TDI), 131 Moo 5, Huay Bong, Dan Khun Thot, Nakhon Ratchasima 30210

* Corresponding author: agrsca@ku.ac.th

of four rates, 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1 and 1.25 time of the recommended rate for Satuk soil series (16 kg K_2O/rai), of potassium fertilizer addition. Result showed that the application of rice husk ash at the rate of 2 ton/rai highly significantly gave the highest fresh tuber yield and starch yield of 4.69 and 1.01 ton/rai, respectively. The application of potassium fertilizer at the rate of 20 kg K_2O/rai (1.25 time of recommended rate) significantly promoted the highest fresh tuber yield and starch yield (4.91 and 1.06 ton/rai, respectively) but with no difference to that applied with 0.75 time of recommended rate of which 4.36 and 0.97 ton/rai of respective fresh tuber yield and starch were obtained. For soil properties after growing cassava for one crop, the application of rice husk ash statistically signified higher soil pH, and contents of available phosphorus, iron, manganese and zinc than that of the control with most of them increasing with increasing rate of rice husk ash added. Potassium fertilization also highly significantly increased available potassium content remained in the soil as the application rate increases with the greatest amount of 47.24 mg/kg.
Keywords: Soil amendment, Satuk soil series, Potassium, Rice husk ash, Cassava

บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* (L.) Crantz.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกมันสำปะหลังรายใหญ่ลำดับที่ 2 ของโลก โดยสร้างมูลค่าการส่งออกให้ประเทศเป็นจำนวนมาก ปี 2558 มีพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศเท่ากับ 9.31 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 32.36 ล้านตัน พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยจังหวัดนครราชสีมามีพื้นที่การเพาะปลูกมากที่สุด มีผลผลิตเฉลี่ยในปี 2558 เท่ากับ 16.86 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ดินที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่ในภาคนี้อยู่ในกลุ่มดินใหญ่ Paleustults ที่มีเนื้อดินค่อนข้างหยาบ ดินนี้มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ เป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง มีปริมาณอินทรียวัตถุ และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (สมพงษ์ และ อนุชิต, 2547, Anusontpornperm et al., 2009)

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะมันสำปะหลัง โพแทสเซียมไม่ได้เป็นองค์ประกอบพื้นฐานในโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต แต่จะมีบทบาทต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ยังมีความสำคัญต่อกระบวนการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล พืชที่มีการสะสมแป้งเช่นมันสำปะหลังจะต้องการโพแทสเซียมในปริมาณสูง (Kasele et al., 1983) เมื่อมันสำปะหลังได้รับโพแทสเซียมในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการจะหยุดชะงักการเจริญเติบโต ใบล่างแห้ง เกิดอาการ necrosis ที่ปลายใบและขอบใบ มีการสะสมแป้งในหัวน้อย (Imas and John, 2013) มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมและมันสำปะหลัง พบว่า ปุ๋ยโพแทสเซียมช่วยให้ผลผลิตมันสำปะหลังและผลผลิตแป้งเพิ่มขึ้นโดยทั่วไป ปริมาณแป้งในหัวจะเพิ่มขึ้นเมื่อใส่โพแทสเซียมในอัตรา 80-100 กก./เฮกตาร์ และจะเริ่มลดลงหรือคงที่เมื่อใส่ในอัตราที่สูงกว่านี้ (Hy et al., 1998) อาการขาดธาตุโพแทสเซียมในมันสำปะหลังในเขตร้อนมักพบในดินอ๊อกซิซอลส์ อัลทิซอลส์ อินเซปทิซอลส์ และในแอลฟิซอลส์ที่เกิดจากหินทราย (Kang and Okeke, 1984) งานทดลองระยะยาวในเอเชีย และโคลัมเบีย พบว่า โพแทสเซียมจะเป็นข้อจำกัดหลักในการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังเมื่อปลูกพืชนี้ต่อเนื่องเป็นเวลานาน (Howeler, 1985) อัตราแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับมันสำปะหลังเท่ากับ 16 กก./ไร่ เมื่อปลูกในดินของประเทศไทยโดยเฉพาะดินในอันดับอัลทิซอลส์ที่ดอนที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 30 มก./กก. (กรมวิชาการเกษตร, 2548; Sittibusaya, 1996) โดยหากปลูกต่อเนื่องโดยไม่มีการไถกลบเศษเหลือของพืชลงในดินจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น

ขี้เถ้าแกลบ เป็นผลพลอยได้จากการเผาแกลบเพื่อให้ความร้อนกับหม้อไอน้ำในการอบและสีข้าวซึ่งมีอยู่จำนวนมาก ขี้เถ้าแกลบสามารถใช้เป็นวัสดุ

ปรับปรุงดินได้ เนื่องจาก มีน้ำหนักเบา มีโครงสร้างเป็นรูพรุนทำให้ช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดินมีความร่วนซุยและทำให้ดินมีความสามารถในการกักเก็บน้ำดีขึ้น (ศิราณี และบัญชา, 2556) นอกจากนี้ ขี้เถ้าแกลบยังมีธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยโดยเฉพาะโพแทสเซียม Habeeb and Mahmud (2010) รายงานว่า ขี้เถ้าแกลบจะประกอบด้วย ออกไซด์ของธาตุต่าง ๆ และมีออกไซด์ของโพแทสเซียมประมาณร้อยละ 2.91 โดยน้ำหนัก ดังนั้น การใช้ขี้เถ้าแกลบร่วมกับการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหมาะสมน่าจะช่วยทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เช่น ชุดดินสตึกและช่วยปรับปรุงดินนี้ให้มีสมบัติที่ดีขึ้น เนื่องจากเป็นดินที่ขาดแคลนความชื้นได้ง่าย การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาผลของขี้เถ้าแกลบและโพแทสเซียมต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินสตึก และ 2) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินที่ได้รับอิทธิพลจากการใส่ขี้เถ้าแกลบ และโพแทสเซียมอัตราต่าง ๆ หลังปลูกมันสำปะหลัง 1 ฤดูกาล

วิธีการศึกษา

เตรียมแปลงทดลองในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2558 ในชุดดินสตึกซึ่งเป็นแปลงเกษตรกร บ้านซับพลูน้อย ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นบริเวณของชุดดินสตึก สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความชันร้อยละ 5 วางแผนการทดลองแบบ Split Plot in Randomized Complete Block จำนวน 4 ซ้ำ แปลงหลัก ได้แก่ การใส่ขี้เถ้าแกลบ 5 อัตรา ได้แก่ 0, 0.5, 1, 2 และ 4 ตัน/ไร่ แปลงรอง ได้แก่ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1 และ 1.25 เท่าของอัตราแนะนำสำหรับชุดดินสตึก (16 กก.K_2O/ไร่) สมบัติของขี้เถ้าแกลบที่ใช้ในการทดลองแสดงใน **(Table 1)**

ใส่ขี้เถ้าแกลบตามตำรับการทดลอง จากนั้นไถพลิกหน้าดินโดยการไถลึกด้วยไถจานผาล 3 (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของจานเท่ากับ 28 นิ้ว) ตากดินไว้ประมาณ 2 สัปดาห์แล้วจึงไถพรวนดินด้วยไถจานผาล 7 แล้วทำการยกร่องขวางความลาดเทโดยใช้ระยะห่างระหว่างร่องเท่ากับ 120 ซม. ทำการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 บนสันร่องโดยใช้ระยะห่างระหว่างต้นเท่ากับ 80 ซม. ทำการใส่ปุ๋ยตามตำรับการทดลองเมื่อมันสำปะหลังอายุ 3 เดือนโดยธาตุที่ไม่ได้ทดสอบให้ใส่ 1.2 เท่าของอัตราแนะนำ (ไนโตรเจนเท่ากับ 19.2 กก.N/ไร่ และฟอสฟอรัสเท่ากับ 9.6 กก.P_2O_5/ไร่) โดยขุดหลุมใส่บนสันร่องระหว่างต้นมันสำปะหลังพร้อมกลบปุ๋ย

การเก็บข้อมูลประกอบด้วย 1) เก็บตัวอย่างดินก่อนทำการทดลองแบบ composite sample ที่ 2 ระดับความลึก ได้แก่ ดินบน (0-20 ซม.) และดินล่าง (20-60 ซม.) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของดินก่อนปลูก 2) เก็บตัวอย่างดินหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ในทุกแปลงย่อยโดยเป็นตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (disturbed soil sample) ที่ระดับความลึก 0-30 ซม. เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติดิน ได้แก่ พีเอชดิน ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ ปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน 3) เก็บข้อมูลผลผลิตพืชเมื่อมันสำปะหลังอายุ 10 เดือน โดยทำการบันทึกน้ำหนักผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (น้ำหนักต้น เหง้า กิ่งก้านและใบ) และร้อยละการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังโดยใช้เครื่อง Reimann scale และ 4) วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดด้วยโปรแกรม SPSS version 22 โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติแล้วนำข้อมูลนั้นมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองโดยใช้ Duncan's multiple range tests (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขึ้นไป

Table 1 Properties of rice husk ash.

Property	Rice husk ash	Property	Rice husk ash
pH (1:5 H_2O)	7.8	Total Ca (g/kg)	1.24
Electrical conductivity (dS/m, 1:5 H_2O)	0.05	Total Mg (g/kg)	0.38
Organic carbon (g/kg)	96.7	Total Zn (mg/kg)	17.5
Cation exchange capacity ($cmol_c$/kg)	10.0	Total Fe (mg/kg)	239
Total N (g/kg)	0.26	Total Cu (mg/kg)	5.3
Total P (g/kg)	0.57	Total Mn (mg/kg)	255
Total K (g/kg)	2.71		

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ลักษณะและสมบัติดินในพื้นที่ทดลอง

ดินที่ทำการศึกษาอยู่บนสภาพพื้นที่ที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันร้อยละ 5 วัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนล้างผิวดินวางตัวอยู่บนวัสดุตกค้างของหินกรวดมนและหินทราย สามารถจัดจำแนกในระดับกลุ่มดินย่อยได้เป็น Typic Paleustult (Soil Survey Division Staff, 2014) เนื้อดินเป็นทรายร่วนตลอดหน้าตัดดิน มีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงปานกลาง โดยดินชั้นไถพรวนที่มีสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวอยู่ในระดับเร็ว แสดงให้เห็นว่าน้ำซึมลงในแนวดิ่งได้เร็ว ซึ่งอาจส่งผลทำให้เกิดปัญหาการขาดน้ำในช่วงฤดูปลูก

ผลการวิเคราะห์ดินในพื้นที่ทดลองก่อนทำการทดลองพบว่า ดินบนที่ระดับความลึก 0-20 ซม. และดินล่างที่ระดับความลึก 20-60 ซม. ดินเป็นกรดจัด มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำมาก ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับต่ำมาก มีปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่ต่ำมาก (**Table 2**)

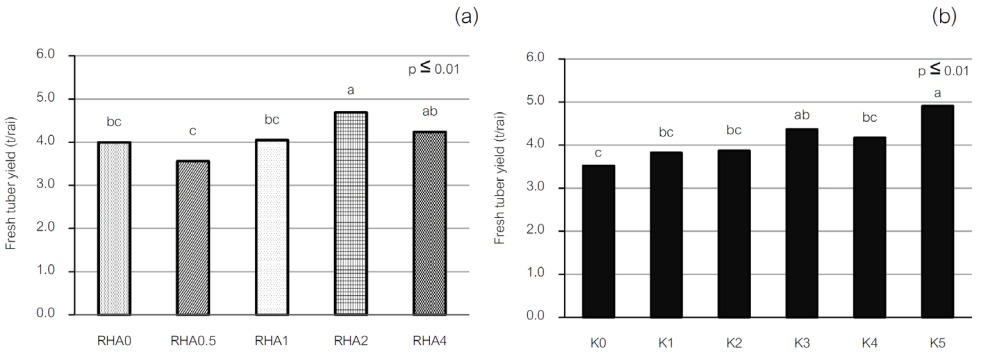
ผลของขี้เถ้าแกลบและโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง

การใส่ขี้เถ้าแกลบมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเพิ่มขึ้นตามอัตราที่ใส่ โดยการใส่ขี้เถ้าแกลบอัตรา 2 ตัน/ไร่ ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เท่ากับ 4.69 ตัน/ไร่ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการใส่ขี้เถ้าแกลบอัตรา 4 ตัน/ไร่ ซึ่งได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเท่ากับ 4.24 ตัน/ไร่ (**Figure 1a**) แสดงให้เห็นว่า การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ในชุดดินสตึกที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีข้อจำกัดด้านการขาดความชื้นได้ง่าย การปรับปรุงดินโดยใช้ขี้เถ้าแกลบ สามารถเพิ่มผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดได้ ทั้งนี้เนื่องจาก ขี้เถ้าแกลบเป็นวัสดุปรับปรุงดินที่ช่วยลดความหนาแน่นรวมของดิน อีกทั้งยังมีโครงสร้างเป็นรูพรุน การใส่ลงไปในดินเป็นการช่วยเพิ่มความสามารถในการกักเก็บความชื้น รวมทั้งเพิ่มความพรุนรวมของดิน ทำให้ดินมีความร่วนซุย ง่ายต่อการแทงหัวของมันสำปะหลัง (Njoku et al., 2012; Kumar et al., 2013)

Table 2 Properties of soil prior to conducting the experiment

Soil property	Topsoil (0-20 cm)	Subsoil (20-60 cm)
pH_w (1:1)	5.17	5.31
Organic matter (g/kg)	4.29	2.01
Cation exchange capacity ($cmol_c$/kg)	1.3	1.5
Total N (g/kg)	0.07	0.07
Available P (mg/kg)	2.28	0.94
Available K (mg/kg)	13.5	17.5
Extractable Ca ($cmol_c$/kg)	0.36	0.44
Extractable Mg ($cmol_c$/kg)	0.08	0.15
Extractable Na ($cmol_c$/kg)	0.31	3.78

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ส่งผลให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ 1.25 เท่าของอัตรา แนะนำ (20 กก.K_2O/ไร่) ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดเท่ากับ 4.91 ตัน/ไร่ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ 0.75 เท่าของอัตราแนะนำ (12 กก.K_2O/ไร่) ซึ่งให้ผลผลิตเท่ากับ 4.36 ตัน/ไร่ ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมให้ผลผลิตต่ำที่สุดเท่ากับ 3.52 ตัน/ไร่ (Figure 1b) แสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมช่วยทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก ดินที่ปลูกมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ (Table 2) โพแทสเซียมมีความสำคัญต่อกระบวนการสร้างหัว การเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตไปสะสมในราก เพื่อเพิ่มขนาดของหัวมันสำปะหลัง การปลูกมันสำปะหลังในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่มีการใส่ปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสมจึงทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Nguyen et al. (2007) ในประเทศเวียดนามซึ่งรายงานว่า โพแทสเซียมจะเป็นข้อจำกัดที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของมันสำปะหลังเมื่อปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มันสำปะหลังตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมโดยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นตามอัตราที่ใส่ และให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราสูงสุดคือ 160 kg K_2O/เฮกตาร์



RHA_0 = no application; $RHA_{0.5}$ = 0.5 t/rai; RHA_1 = 1 t/rai; RHA_2 = 2 t/rai; RHA_4 = 4 t/rai.
K_0 = no application; K_1 = 0.25 time; K_2 = 0.5 time; K_3 = 0.75 time; K_4 = 1 time; K_5 = 1.25 time of recommended rate (16 kg K_2O/rai for a soil with available potassium content of < 30 mg/kg).
RHA = rice husk ash, K = potassium.

Figure 1 Effect of rice husk ash (a) and potassium (b) on fresh tuber yield of cassava grown in Satuk soil series

ผลผลิตแป้งให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด โดยการใส่ขี้เถ้าแกลบที่อัตรา 2 และ 4 ตัน/ไร่ ให้ผลผลิตแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 1.01 และ 0.91 ตัน/ไร่ตามลำดับ เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ 1.25 เท่าของอัตราแนะนำ (20 กก.K_2O/ไร่) ให้ผลผลิตแป้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 1.06 ตัน/ไร่ (Table 3) ทั้งนี้เนื่องจาก ตำรับการทดลองดังกล่าวมีผลทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดถึงแม้ว่าร้อยละการสะสมแป้งจะไม่แตกต่างกันก็ตาม อย่างไรก็ตาม การใส่ขี้เถ้าแกลบและโพแทสเซียมไม่มีผลต่อร้อยละการสะสมแป้ง อัตราการรอดตาย และจำนวนต้นต่อไร่ของมันสำปะหลัง ขณะที่มีเพียงการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเท่านั้นที่ส่งผลให้จำนวนหัวต่อต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ 0.25 เท่าของอัตราแนะนำ (4 กก.K_2O/ไร่) มันสำปะหลังมีจำนวนหัวต่อต้นสูงสุด ขณะที่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ 0.75 เท่า (12 กก.K_2O/ไร่) และการใส่ที่อัตราแนะนำ (16 กก.K_2O/ไร่) ส่งผลให้มีจำนวนหัวต่อต้นน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างจำนวนหัวมันสำปะหลังต่อต้น และผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด จะเห็นได้ว่า

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราตั้งแต่ 0.75 เท่าของอัตราแนะนำขึ้นไป มีแนวโน้มทำให้มันสำปะหลังสร้างจำนวนหัวต่อต้นน้อยกว่าแต่กลับมีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดที่สูงกว่า แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เพิ่มขึ้นจะทำให้จำนวนหัวมันสำปะหลังต่อต้นน้อยลง แต่หัวมันสำปะหลังมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นข้อดีต่อการเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนในการขนย้าย เพราะจะใช้เวลาที่รวดเร็วกว่า

Table 3 Effect of rice husk ash and potassium on starch yield and plant components of cassava grown in Satuk soil series

Treatment	Starch yield (t/rai)	Starch content (%)	Survival rate (%)	Stem (No./rai)	Tuber (No./plant)
Main plot: rate of rice husk ash					
RHA_0	0.88^{ab}	21.9	92.4	2,130	6.3
$RHA_{0.5}$	0.77^{b}	21.5	85.4	1,991	5.5
RHA_1	0.89^{ab}	21.8	91.3	2,251	6.3
RHA_2	1.01^{a}	21.6	95.8	2,442	6.3
RHA_4	0.91^{a}	21.4	90.6	2,147	6.1
F-test	**	ns	ns	ns	ns
Subplot: rate of potassium					
K_0	0.76^{d}	21.3	86.2	1,986	6.8^{ab}
K_1	0.80^{cd}	21.0	90.0	2,201	7.1^{a}
K_2	0.83^{bcd}	21.3	89.2	2,181	6.7^{ab}
K_3	0.97^{ab}	22.2	92.5	2,361	5.1^{c}
K_4	0.93^{abc}	22.2	91.2	2,042	5.1^{c}
K_5	1.06^{a}	21.8	97.5	2,382	5.8^{bc}
F-test	**	ns	ns	ns	**
%CV	25.0	7.3	13.0	24.5	26.8

ns = not significant; ** significantly different at 0.01 probability level; means with different superscript letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

No interaction at all, between RHA (rice husk biochar) and K (K fertilizer) in any starch yield and plant components, thus results of the combination are not shown in the table.

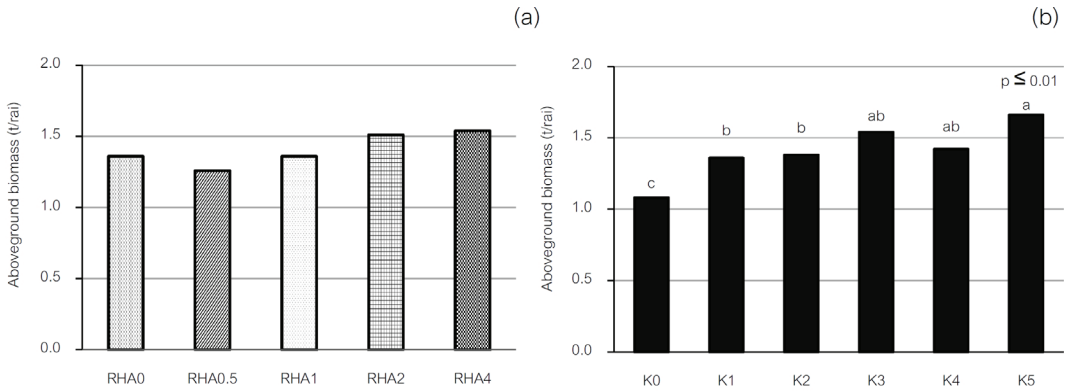
RHA_0 = no application; $RHA_{0.5}$ = 0.5 t/rai; RHA_1 = 1 t/rai; RHA_2 = 2 t/rai; RHA_4 = 4 t/rai. K_0 = no application; K_1 = 0.25 time; K_2 = 0.5 time; K_3 = 0.75 time; K_4 = 1 time; K_5 = 1.25 time of the recommended rate (16 kg K_2O/rai for a soil with available potassium content of < 30 mg/kg).

RHA = rice husk ash, K = potassium.

ปริมาณชีวมวลส่วนเหนือดินทั้งหมดของมันสำปะหลังประกอบด้วย น้ำหนักกิ่งก้านและใบสด น้ำหนักต้นสด และน้ำหนักเหง้าสด การใส่ขี้เถ้าแกลบไม่มีผลต่อชีวมวลส่วนเหนือดินของมันสำปะหลัง **(Figure 2a)** ทำให้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.26-1.54 ตัน/ไร่

ชีวมวลส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังตอบสนองชัดเจนต่อปุ๋ยโพแทสเซียม โดยปริมาณชีวมวลส่วนเหนือดินจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ 1.25 เท่าของอัตราแนะนำ (20 กก.K_2O/ไร่) ส่งผลให้ได้ชีวมวลส่วนเหนือดินสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ

1.66 ตัน/ไร่ การไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้มีปริมาณชีวมวลส่วนเหนือดินต่ำที่สุด (Figure 2b) ทั้งนี้เนื่องจากโพแทสเซียมมีส่วนช่วยส่งเสริมการดูดใช้ไนโตรเจนของมันสำปะหลัง ไนโตรเจนมีบทบาทที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตทางส่วนเหนือดินของพืช พืชจะดูดใช้ไนโตรเจนลดลงเมื่อในดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่าค่าวิกฤต หรือน้อยกว่าความต้องการของพืช (Johnston and Milford, 2012) จึงทำให้พืชมีการเจริญเติบโตทางส่วนเหนือดินต่ำ



RHA_0 = no application; $RHA_{0.5}$ = 0.5 t/rai; RHA_1 = 1 t/rai; RHA_2 = 2 t/rai; RHA_4 = 4 t/rai.
K_0 = no application; K_1 = 0.25 time; K_2 = 0.5 time; K_3 = 0.75 time; K_4 = 1 time; K_5 = 1.25 time of recommended rate (16 kg K_2O/rai for a soil with available potassium content of < 30 mg/kg).
RHA = rice husk ash, K = potassium.

Figure 2 Effect of rice husk ash (a) and potassium (b) on aboveground biomass of cassava grown in Satuk soil series

ผลของขี้เถ้าแกลบและโพแทสเซียมต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

การใส่ขี้เถ้าแกลบส่งผลต่อพีเอชดินหลังปลูกมันสำปะหลังไป 1 ฤดูกาล โดยพบว่าการปรับปรุงดินก่อนการปลูกมันสำปะหลังโดยใส่ขี้เถ้าแกลบทำให้พีเอชของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุมโดยมีพีเอชเพิ่มขึ้นเป็น 5.6 (กรดปานกลาง) (Table 4) ทั้งนี้เนื่องจากขี้เถ้าแกลบมีพีเอชเป็นด่างเล็กน้อย (Table 1) จึงสามารถช่วยยกระดับพีเอชของดินที่เป็นกรดนี้ได้ ผลการศึกษาให้ผลไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ Nwite et al. (2011) ซึ่งได้ศึกษาเถ้าชนิดต่าง ๆ ในการปรับปรุงสมบัติของดินปลูกข้าวในประเทศไนจีเรีย ซึ่งพบว่าเถ้าแต่ละชนิดมีพีเอชเป็นด่าง เมื่อใส่ลงไปในดินสามารถปรับพีเอชของดินกรด ช่วยเพิ่มธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ให้แก่ดิน ขี้เถ้าแกลบส่งผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสและจุลธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ที่หลงเหลืออยู่ในดิน ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราของขี้เถ้าแกลบ โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงสุดเท่ากับ 13.6 มก./กก. เมื่อใส่ขี้เถ้าแกลบอัตรา 4 ตัน/ไร่ ทั้งนี้การที่ดินหลังปลูกยังมีปริมาณจุลธาตุอาหารหลงเหลืออยู่อาจเนื่องมาจาก ขี้เถ้าแกลบที่ใช้ในการทดลองนั้นมีปริมาณจุลธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบอยู่ ถึงแม้จะมีบางส่วนที่ถูกดูดใช้โดยมันสำปะหลัง แต่ก็ยังมีจุลธาตุอาหารบางส่วนที่ยังคงหลงเหลืออยู่ในดิน โดยผลการศึกษา พบว่า ปริมาณเหล็ก แมงกานีส และสังกะสีที่เป็นประโยชน์หลงเหลืออยู่ในดินหลังปลูกมันสำปะหลังไป 1 ฤดูกาลสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อมีการใส่ขี้เถ้าแกลบเพื่อปรับปรุงดินในอัตรา 4 ตัน/ไร่ โดยมีค่าเท่ากับ 7.38, 21.34 และ 0.3 มก./กก. ทั้งนี้เนื่องจาก ขี้เถ้าแกลบมีธาตุทั้ง 3 เป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณพอสมควร (Table 1) ธาตุเหล่านี้จะถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อขี้เถ้าแกลบเริ่มย่อยสลาย

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เหลืออยู่ในดินเพิ่มขึ้นตามอัตราที่ใส่ ซึ่งจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 47.2 มก./กก. เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ 1.25 เท่าของอัตราแนะนำ (20 กก.K_2O/ไร่) ขณะที่ตำรับควบคุมมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำที่สุด (21.4 มก./กก.) แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปในดิน โพแทสเซียมส่วนหนึ่งถูกมันสำปะหลังดูดไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและสะสมในส่วนต่าง ๆ และยังคงมีโพแทสเซียมอีกส่วนที่หลงเหลืออยู่ในดินในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

Table 4 Effect of rice husk ash and potassium on chemical properties of soil after growing cassava for 1 crop

Treatments	pH	Total N	Available					
			P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
	(1:1 H_2O)	(g/kg)	(----------mg/kg----------)					
Main plot: rate of rice husk ash								
RHA_0	5.31^b	0.2	10.4^c	35.8	5.75^{bc}	13.21^b	0.1^b	0.01^b
$RHA_{0.5}$	5.40^{ab}	0.2	12.7^{ab}	35.2	6.06^{bc}	13.84^b	0.1^b	0.01^{ab}
RHA_1	5.26^b	0.2	11.3^{bc}	30.7	6.51^{ab}	15.45^b	0.1^b	0.01^b
RHA_2	5.64^a	0.2	11.7^{abc}	35.8	4.87^c	16.19^b	0.1^b	0.01^b
RHA_4	5.61^a	0.2	13.6^a	37.1	7.83^a	21.34^a	0.3^a	0.10^a
F-test	**	ns	*	ns	**	**	**	*
Subplot: rate of potassium								
K_0	5.51	0.2	12.3	21.4^c	6.89	18.49	0.2	0.01
K_1	5.39	0.2	10.1	27.5^{bc}	5.95	15.70	0.2	0.01
K_2	5.43	0.2	12.4	34.7^{abc}	6.70	15.75	0.1	0.01
K_3	5.44	0.2	11.0	36.7^{ab}	5.37	14.68	0.1	0.01
K_4	5.41	0.2	13.2	41.8^{ab}	5.88	14.63	0.1	0.01
K_5	5.48	0.2	12.5	47.2^a	6.42	16.79	0.2	0.01
F-test	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
%CV	7.4	41.4	29.9	60.7	39.6	35.6	77.0	0.0

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

No interaction at all, between RHA (rice husk biochar) and K (K fertilizer) in any starch yield and plant components, thus results of the combination are not shown in the table.

RHA_0 = no application; $RHA_{0.5}$ = 0.5 t/rai; RHA_1 = 1 t/rai; RHA_2 = 2 t/rai; RHA_4 = 4 t/rai. K_0 = no application; K_1 = 0.25 time; K_2 = 0.5 time; K_3 = 0.75 time; K_4 = 1 time; K_5 = 1.25 time of the recommended rate (16 kg K_2O/rai for a soil with available potassium content of < 30 mg/kg).

RHA = rice husk ash, K = potassium.

สรุป

การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ในชุดดินสตึกที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยมีการปรับปรุงดินด้วยขี้เถ้าแกลบ และทดสอบปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ มันสำปะหลังตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดินและการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ปรับปรุงดินและไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม การใส่ขี้เถ้าแกลบอัตรา 2 ตัน/ไร่ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและผลผลิตแป้งสูงที่สุดแต่ไม่ต่างกับการใส่ที่อัตรา 4 ตัน/ไร่ และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ 1.25 เท่าของอัตราแนะนำ หรือ 20 กก.K_2O/ไร่ ทำให้

ได้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดและผลผลิตแป้งสูงที่สุด นอกจากนั้นยังช่วยส่งเสริมการสร้างชีวมวลส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังด้วย

ขี้เถ้าแกลบ และปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินของชุดดินสตึกหลังการปลูกมันสำปะหลังไป 1 ฤดูกาล การใส่ขี้เถ้าแกลบที่มีสมบัติเป็นด่างเล็กน้อยช่วยยกระดับพีเอชของดินที่เป็นกรดรุนแรงให้อยู่ในระดับที่เป็นกรดปานกลาง ช่วยให้ธาตุอาหารพืชที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช อาทิ ฟอสฟอรัส เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงหลงเหลืออยู่ในดินบนหลังปลูกมันสำปะหลังไป 1 ฤดูกาลมากขึ้น ขณะที่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมยังส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์หลงเหลืออยู่ในดินเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ดังนั้นการปลูกมันสำปะหลังในชุดดินสตึกนี้จึงควรมีการปรับปรุงดินด้วยขี้เถ้าแกลบในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 20 กก. K_2O/ไร่

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ, น. 21-24. ใน: เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 8/2548. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศิราณี วงศ์กระจ่าง และ บัญชา รัตนีทู. 2556. การจัดการดินทรายเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 5: 184-194.

สมพงษ์ กาทอง และ อนุชิต ทองกล่ำ. 2547. การปลูกและการดูแลรักษา, น. 15-17. ใน: เอกสารวิชาการมันสำปะหลังลำดับที่ 7/2557. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2558. แหล่งข้อมูล: https://bit.ly/2IY5zLC ค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2559.

Anusontpornperm, S., S. Nortcliff and I. Kheoruenromne. 2009. Interpretability comparison between Soil Taxonomic and Fertility Capability Classification units: a case of some major cassava soils in northeast, Thailand. Kasetsart J (Nat. Sci.). 043: 9-18.

Habeeb, G.A. and H.B. Mahmud. 2010. Study on properties of rice husk ash and its use as cement replacement material. Materials Res. 13: 185-190.

Howeler, R.H. 1985. Mineral nutrition and fertilization of cassava, pp. 249-320. In: J.Cock and J.A. Reyes, eds. Cassava: Research, Production and Utilization. Cali, Colombia.

Hy, N.H., P.V. Bien., N.T. Dang and T. Phien. 1998. Recent progress in cassava agronomy research in Vietnam, pp. 235-256. In: R.H. Howeler, ed. Cassava Breeding, Agronomy and Farmer Participatory Research in Asia. Proceeding of the 5th Regional Workshop. 3-8 November 1996. Danzhou, Hainan, China Imas, P. and K.S. John. 2013. Potassium nutrition of cassava. Inter. Potash Inst. 34: 13-18.

Johnston, A.E. and G.F.J. Milford. 2012. Potassium and nitrogen interaction in crops. Potash development Association.

Kang, B.T. and J.E. Okeke. 1984. Nitrogen and potassium responses of two cassava varieties grown on an Alfisols in Southern Nigeria, pp. 231-237. In: Proceedings of the 6th Symposium of the International Society of Tropical Root Crop. 21-26 February 1983. Lima, Peru.

Kasele, I.N., S.K. Hahn, C.O. Oputa, and P.N. Vine. 1983. Effects of shade, nitrogen, and potassium on cassava, pp. 55-58. In: Proceedings of the Second Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops - Africa Branch, Douala/Cameroon.

Kumar, S., P. Sangwan, R.M.V. Dhankhar and S. Bidra. 2013. Utilization of rice husk and their ash: a review. Res. J. Chem. Env. Sci. 1: 126-129.

Nguyen, H., J.J. Schoenau, D. Nguyen, K.V. Rees and M. Boehm. 2007. Effect of long-term nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer on cassava yield and plant nutrient composition in north Vietnam. Journal of plant nutrient. 25: 425-442.

Njoku, C. and C.N. Mbah. 2012. Effect of burnt and unburnt rice husk dust on maize yield and soil physico-chemical properties of an Ultisol in Nigeria. Biological Agri. Hort. 28: 49-60.

Nwite, J.C., S.E. Obalum, C.A. Igwe and T. Wakatsuki. 2011. Properties and potential of selected ash sources for improving soil condition and Sawah rice yields in a degraded inland vallay in southeastern Nigeria. World J. Agric. Sci. 7: 304-310.

Soil Survey Division Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. 12th ed. Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington, D.C., USA.

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