

การตอบสนองของมันสำปะหลังต่อวัสดุปรับปรุงดินที่มีการกลบลึก ในชุดดินยโสธร

The response of cassava to deep-incorporated soil conditioners on Yasothon soil series

เยาวเรศ กิตติตระการ¹, สุภิณา ธนะจิตต์^{1*} และ สมชัย อนุสนธิพรเพิ่ม¹

Yaowaret Kittitrakarn¹, Suphicha Thanachit^{1*} and Somchai Anusontpornperm¹

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติดิน และมันสำปะหลังพันธุ์หัวยวบง 80 ที่ปลูกในดินยโสธร (Typic Paleustult) ในจังหวัดนครราชสีมา ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยใช้วัสดุนินทรีย์ปรับปรุงดิน ได้แก่ เบนทอนไนต์อัตรา 400 กก./ไร่ ยิปซัมอัตรา 400 กก./ไร่ วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน ได้แก่ แกลบดิบอัตรา 500 กก./ไร่ และดำรับ ความคืบหน้าที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ไกลบวัสดุปรับปรุงดินที่ระดับความลึก 30 ซม. เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 10 เดือน ผล การศึกษา พบว่า วัสดุปรับปรุงดินส่งผลต่อมันสำปะหลังและสมบัติของดินบนไม่ชัดเจน แต่มีผลให้ความเข้มข้นธาตุอาหาร ในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่แกลบดิบให้ชีวมวลส่วนเหนือดินสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 1.3 ตัน/ไร่ และให้ปริมาณการสะสมธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังสูงกว่าการ ใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดอื่น โดยเฉพาะความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในส่วนหัวที่ให้ค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติเท่ากับ 0.16 และ 7.08 ก./กก. ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (3.15 ตัน/ไร่) การสะสม แปะในหัว (ร้อยละ 28.2) และผลผลิตแป้ง (0.89 ตัน/ไร่) ที่มีแนวโน้มสูงที่สุดถึงแม้ว่าจะไม่แตกต่างกันทางสถิติก็ตาม การ ไกลบวัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินหลังปลูกมันสำปะหลังไป 1 ฤดูกาล ดินยังคงเป็นกรดรุนแรง ปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก แต่การใส่วัสดุปรับปรุงดินเหล่านี้กลับมีแนวโน้มให้ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์หลงเหลือในดินน้อยกว่าการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน

คำสำคัญ: ดินอัดแน่น, ชั้นดานไถพรวน, วัสดุนินทรีย์ปรับปรุงดิน, วัสดุนินทรีย์ปรับปรุงดิน, มันสำปะหลัง

ABSTRACT: A study on the effect of soil conditioners on soil property changes and cassava (Huay Bong 80 variety) grown on a Yasothon Soil (Typic Paleustult) was conducted in Nakhon Ratchasima province. Randomized Complete Block design (RCBD) with four treatments, comprising no soil conditioner, bentonite 400 kg/rai, gypsum 400 kg/rai and raw rice husk 500 kg/rai, was employed. Soil conditioners were incorporated into the soil to the depth of 30 cm. Cassava was harvested at 10 months old. The results revealed that soil conditioners affected the growth and yield of cassava, and soil properties were unclear but with statistically impact on plant nutrients concentration in different plant parts. The application of raw rice husk statistically induced cassava to produce the highest aboveground biomass of 1.3 t/rai and it also promoted higher phosphorus and potassium concentration in tuber than did other soil conditioners, statistically with the greatest values of 0.16 and 7.08 g/kg, respectively. This was coincided with fresh tuber yield (3.15 t/rai), starch content (28.2%) and starch yield (0.87 t/rai), which with no statistical

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

* Corresponding author: agrspc@ku.ac.th

difference and were higher than those obtained from other treatments. The incorporation of soil conditioners showed no different impact on the changes of soil properties after growing cassava for one crop. The soil was still strongly acidic, contained very low amounts of organic matter and available plant nutrients. However, the soil applied with soil conditioners tended to have remaining amount of available phosphorus and potassium in the soil lower than that without the application.

Keywords: compacted soil, plough pan, organic soil amendments, inorganic soil amendments, cassava

บทนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลกซึ่งทำรายได้เข้าสู่ประเทศประมาณ 29,983 ล้านบาท (กรมการค้าต่างประเทศ, 2555) โดยแหล่งปลูกมันสำปะหลังใหญ่ที่สุดของประเทศอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ประมาณ 4 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 45 ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งประเทศ (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2555ก) โดยมักปลูกในกลุ่มดินหลัก Paleustults ที่มีเนื้อค่อนข้างหยาบเช่น ชุดดินยโสธร ชุดดินวาริน (Duangpatra, 1988; มูลนิธิพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2555ข) ซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ ความสามารถในการดูดซับน้ำและธาตุอาหารต่ำ ทำให้เกิดการสูญเสียธาตุออกไปจากเขตรากพืชได้ง่าย (Anusontpornperm et al., 2005; Brady and Weil, 2008) ถึงแม้ว่ามันสำปะหลังเป็นพืชที่ทนแล้งและปรับตัวได้ดีในเกือบทุกสภาพแวดล้อมแต่ผลผลิตมันสำปะหลังของภาคนี้กลับมีค่าเฉลี่ยเพียง 3.60 ตัน/ไร่ (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2555ก) ทั้งนี้การเสื่อมโทรมของดินทางฟิสิกส์เป็นปัญหาอันดับหนึ่งของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง (Rojanaridpiced et al., 2002) ซึ่งเป็นผลมาจากที่เกษตรกรใช้พื้นที่ทำการเกษตรติดต่อกันมาอย่างยาวนานในพื้นที่เดิม ทำให้ธาตุอาหารพืชในดินถูกดูดใช้ไปจนลดปริมาณลงไปเรื่อย ๆ รวมทั้งยังขาดการปรับปรุงบำรุงดินจึงทำให้ดินเกิดการเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว โดยมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ โครงสร้างดินถูกทำลาย (Tongglum et al., 2000) ดินบดแน่นที่บ่มเมื่อขาดความชื้น เกิดแผ่นแข็งที่ผิวดินและอาจเกิดชั้นดานไถพรวน (เอกราช และคณะ,

2552; อรพิน และคณะ, 2553; Anusontpornperm et al., 2005) ส่งผลให้มันสำปะหลังชะงักการเจริญเติบโตในช่วงฤดูแล้งเนื่องจากขาดน้ำ (Coelho et al., 2000) และอาจพบปัญหาหัวมันสำปะหลังเน่าในฤดูฝน (Howeler, 1995; Wargiono et al., 1992) จึงกลายเป็นข้อจำกัดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตทำให้มันสำปะหลังไม่ตอบสนองต่อยุทธวิธีใส่เพิ่มเติม (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2554) ผลผลิตจึงลดลงตามลำดับ (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2555)

ดังนั้น การศึกษาเรื่องการใส่วัสดุปรับปรุงดินเพื่อการอนุรักษ์ธาตุอาหารพืชในดินเนื้อหยาบภาคตะวันออกเฉียงเหนือน่าจะช่วยแก้ปัญหาการปลูกมันสำปะหลังข้างต้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุปรับปรุงดินเหล่านี้สามารถใช้ฟื้นฟูดินที่เสื่อมโทรม โดยการใส่เบนทอนต์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมี (Khoa, 2006) การใส่วัสดุที่มีแคลเซียมสูง เช่น ยิปซัม หินปูนบด หรือโดโลไมต์สามารถลดปัญหาการอัดแน่น (สัมฤทธิ์ และคณะ, 2553; Ahmad et al., 2009; Hamza and Anderson, 2003) การใส่ปุ๋ยหมัก หรือไถกลบตอซังพืช จะเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้น้ำในดินเป็นประโยชน์มากขึ้นแทนที่จะปล่อยให้เกิดการซึมลึก (Viator et al., 2002) จึงลดการสูญเสียธาตุอาหาร (ปิยะมากรณ์, 2553; Berthelsen et al., 2004; Shaheen et al., 2013) หรือสูญหายไปกับน้ำไหลบ่าที่ผิวดินในกรณีที่ดินแน่นที่บ่มง่าย (Hamza and Anderson, 2003) และอาจช่วยลดความเสี่ยงต่อการกระทบแล้งของพืชได้ จึงน่าจะเป็นแนวทางการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังในภูมิภาคนี้และสามารถใช้เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรต่อไป

วิธีการศึกษา

จัดทำแปลงทดลองในพื้นที่แปลงของเกษตรกรที่บ้านกุดม่วง ตำบลตะเคียน อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมาซึ่งเป็นบริเวณของชุดดินยโสธร (Yasothon, Yt) พื้นที่ทดลองมีความลาดชันร้อยละ 3 แปลงทดลองมีขนาด 6×8 ม. ระยะห่างระหว่างแปลงทดลองเท่ากับ 1 ม. เริ่มทำการวิจัยตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 4 ซ้ำ โดยใช้วัสดุปรับปรุงดิน 3 ชนิด เป็นวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน 2 ชนิดได้แก่ เบนทอนิต้อตรา 400 กก./ไร่ ยิปซัมอตรา 400 กก./ไร่ และวัสดุปรับปรุงดินอินทรีย์ 1 ชนิด คือ แกลบดิบอตรา 500 กก./ไร่ (สมบัติของวัสดุปรับปรุงดินที่ใช้แสดงใน Table 1) และดำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน โดยทำการไถกลบวัสดุปรับปรุงดินที่ระดับความลึก 30 ซม. ด้วยไถจานขนาด 28 นิ้ว จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ 14 วัน ทำการพรวนดินด้วยไถจานผาล 7 และยกร่องขวางความลาดเทที่มีระยะห่างระหว่างร่องเท่ากับ 120 ซม. ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 บนสันร่องโดยใช้ระยะปลูกระหว่างต้นเท่ากับ 80 ซม. ก่อนปลูกมันสำปะหลังทำการซบทอนพันธุ์ด้วยสารไทอะมิโธแซมเพื่อป้องกันเพลี้ยแป้ง ทำการฉีดยาคุมวัชพืชภายใน 3 วันหลังปักทอนพันธุ์ หลังจากนั้นกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคน ปุ๋ยหลักที่ใช้ได้แก่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ทำการใส่ข้างต้นครั้งละ 25 กก./ไร่ เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 และ 3 เดือน

การเก็บข้อมูล ประกอบด้วย 1) การเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกที่ 2 ระดับความลึก ได้แก่ ดินบนซึ่งมีความหนาประมาณ 20 ซม. และดินล่างถึงที่ระดับความลึก 60 ซม. เพื่อการวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของดิน 2) จัดทำข้อมูลลักษณะดินตัวแทนในพื้นที่ (site characterization) (Soil Survey Division Staff, 1993) 3) เก็บตัวอย่างดินบนในทุกแปลงย่อยแบบ composite sample โดยเก็บตัวอย่างดินในช่วงเวลาของการเก็บเกี่ยว เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติดิน ได้แก่ พีเอช อินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และ 4) เก็บข้อมูลผลผลิตพืช ทำการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุ 10 เดือน โดยการบันทึกข้อมูลน้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (น้ำหนักต้น เหง้า กิ่งก้านและใบ) น้ำหนักหัวมันสำปะหลังสด และร้อยละการสะสมแป้ง และเก็บตัวอย่างพืชแบบแยกส่วน ได้แก่ เหง้า ลำต้น กิ่งก้านและใบ และหัวมันสำปะหลัง เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดโดยการย่อยสลายด้วย H_2SO_4 - Na_2SO_4 -Se-mixture (Gallaher et al., 1976) จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีโดยวิธี Kjeldahl method (Jackson, 1965) ปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี Vanado-molybdate method และปริมาณโพแทสเซียมโดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (Westerman, 1990)

Table 1 Properties of soil conditioners used in the experiment

Property	Rice husk	Gypsum	Bentonite
pH (1:5 H_2O)	6.4	8.1	4.6
EC (1:5 H_2O) (dS/m)	2.08	2.49	-
Organic matter (%)	131.3	-	-
C/N ratio	264:1	-	-
Dry matter (%)	84.4	-	-
N (g/kg)	2.88	0.01	0.3

Property	Rice husk	Gypsum	Bentonite
P (g/kg)	1.33	nd	nd
K (g/kg)	3.64	0.03	1.6
Ca (g/kg)	2.40	75.14	0.1
Mg (g/kg)	0.44	0.20	0.7
Na (g/kg)	0.26	0.02	nd
S (g/kg)	0.74	2.22	0.8
Si (g/kg)	13.46	1.14	-
Zn (mg/kg)	21.1	-	nd
Fe (mg/kg)	844	239	24.5
Mn (mg/kg)	269	15	-

Remark: nd = not detectable, - = not determined

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Duncan's multiple range tests (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขึ้นไป โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 16

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ลักษณะและสมบัติดินตัวแทนพื้นที่ทดลอง

ดินในพื้นที่ทดลองจำแนกดินเป็น Typic Paleustult วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นวัสดุตกค้างของหินทรายสีแดง เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี พัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt และมีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก ดินมีสีแดงปนเหลืองจนถึงแดง และพบระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 2 เมตร ในช่วงฤดูแล้ง

ดินมีอนุภาคขนาดทรายเด่นกว่าอนุภาคขนาดอื่น ๆ โดยมีปริมาณอยู่ในพิสัย 682-781 ก./กก. สอดคล้องกับเนื้อดินที่อยู่ในพิสัยดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปนทราย ดินมีความหนาแน่นรวมอยู่ในพิสัย

1.52-1.76 เม.ก./ม³ (Table 2) โดยที่ความลึก 18-37 ซม. จะมีความหนาแน่นรวมสูงที่สุดและสูงกว่าชั้นดินตอนบนและชั้นดินที่อยู่ตอนล่างอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับค่าสภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัวของชั้นดินนี้ที่อยู่ในระดับที่ต่ำมากโดยมีค่าเท่ากับ 0.63 ซม./ซม. (Table 2) แสดงให้เห็นว่า ชั้นดังกล่าวมีโอกาสเป็นชั้นดานไถพรวน สมบัติทางเคมีของดิน พบว่า ดินมีการชะละลายที่รุนแรง ดินจึงเป็นกรดจัดมากถึงกรดรุนแรง โดยมีค่าพีเอชอยู่ในพิสัย 4.3-4.9 สอดคล้องกับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในต่ำมาก (0.8-3.5 มก./กก.) ทั้งนี้เนื่องจากในสภาพที่ดินเป็นกรดจัด ฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปสารเชิงซ้อนของเหล็กและอะลูมิเนียม ซึ่งเป็นรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Von uexkull, 1986; Brady and Weil, 2008) นอกจากนี้ดินมีพัฒนาการสูง การชะละลายเกิดขึ้นรุนแรง โพแทสเซียมจึงเกิดการสูญหายได้ง่ายส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ (8.9-24.1 มก./กก.) (Table 2) ร้อยละการอิ่มตัวของดินมีค่าต่ำกว่า 35 และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับต่ำ

Table 2 Physico-chemical properties of Yasothon soil (Typic Paleustult)

Soil depth	Horizon	Particle size distribution			Textural class	BD	Ksat	Soil pH (1:1 H ₂ O)	CEC	BS	OM	Available	
		Sand	Silt	Clay								P	K
		(----- g/kg -----)										(-- mg/kg --)	
0-18	Ap	781	77	142	SL	1.69	1.79	4.6	3.0	13.8	4.3	3.5	24.1
18-37	Bt1	717	97	187	SL	1.76	0.63	4.9	3.5	15.2	3.6	2.3	18.3
37-58	Bt2	734	84	187	SL	1.65	1.56	4.7	3.5	15.2	3.4	2.0	10.1
58-80	Bt3	741	59	200	SCL	1.63	2.88	4.8	3.5	13.7	3.6	1.2	10.4
80-103	Bt4	706	102	191	SL	1.64	1.76	4.8	3.5	6.7	3.4	1.3	9.0
103-127	Bt5	699	93	209	SCL	1.52	4.56	4.5	3.3	11.5	2.8	1.1	12.5
127-152	Bt6	704	82	213	SCL	1.73	1.87	4.4	3.0	5.2	1.7	1.0	11.7
152-180	Bt7	693	89	218	SCL	1.68	1.52	4.4	3.0	5.4	1.7	0.9	13.7

Remark: SL = sandy loam, SCL = sandy clay loam; BD = bulk density; Ksat = hydraulic conductivity by variable head method; CEC = cation exchange capacity by NH₄OAc at pH 7.0 method; BS = base saturation percentage; Available P = soil extracted by BrayII solution; Available K = soil extracted by 1 M NH₄OAc at pH 7.0; OM = organic matter by Walkey and Black titration

Table 3 Properties of topsoil (0-18/20 cm) and subsoil (18/20-60 cm) horizons of a Yasothon soil prior to conducting the experiment

Soil properties	Topsoils	Subsoils
pH (1:1 H ₂ O)	4.90	4.40
Organic matter (g/kg)	5.85	3.10
Total N (g/kg)	0.07	0.07
Available P (mg/kg)	10.18	7.84
Available K (mg/kg)	53.19	12.97
Extractable Ca (cmol _c /kg)	0.40	0.23
Extractable Mg (cmol _c /kg)	0.20	0.11
Extractable K (cmol _c /kg)	0.14	0.03
Extractable Na (cmol _c /kg)	0.11	0.23
Sum bases (cmol _c /kg)	0.85	0.60
Cation exchange capacity (cmol _c /kg)	3.13	2.88

Remark: Extractable Ca, Mg, K, Na = soil extracted by 1 M NH₄OAc at pH 7.0

สมบัติดินก่อนการทดลอง

สมบัติของดินบนและดินล่างก่อนการทดลอง คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ดินเป็นดินกรดจัดโดยมีพีเอช เท่ากับ 4.90 และ 4.40 ตามลำดับ มีปริมาณอินทรีย์ วัตถุและธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ มาก (Table 3) อย่างไรก็ตามในชั้นดินล่างจะมีปริมาณ อินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารหลักต่ำกว่าดินชั้นบนอย่าง ชัดเจนทั้งนี้อาจเป็นผลตกค้างมาจากการจัดการใน พื้นที่

การเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง

วัสดุปรับปรุงดินที่ใส่ไม่ทำให้ได้ผลผลิตหัวมันสด แตกต่างกันทางสถิติ (Table 4) โดยการใส่แกลบดิบ อัตรา 500 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวมันสดมากที่สุดเท่ากับ 3.15 ตัน/ไร่ รองลงมาเป็นตัวรับควบคุมซึ่ง ให้ผลผลิตเท่ากับ 3.02 ตัน/ไร่ การใส่ยิปซัมอัตรา 400 กิโลกรัม/ไร่ให้ผลผลิตเท่ากับ 2.88 ตัน/ไร่ และการใส่ เบนทอนต์ 400 กิโลกรัม/ไร่มีแนวโน้มให้ผลผลิตมัน สำปะหลังต่ำที่สุดเท่ากับ 2.59 ตัน/ไร่ ตามลำดับ เช่น เดียวกันกับร้อยละการสะสมแป้งและผลผลิตแป้งที่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อไถกลบวัสดุปรับปรุง ดินต่างชนิด โดยให้ร้อยละการสะสมแป้งและผลผลิต แป้งมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 27.60-28.20 และ 0.72- 0.89 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (Table 4) และให้ผลการ ทดลองไปในทิศทางเดียวกันกับในกรณีของผลผลิต

โดยยิปซัมมีแนวโน้มให้ร้อยละการสะสมแป้งต่ำที่สุด ส่วนเบนทอนต์มีแนวโน้มให้ผลผลิตแป้งต่ำที่สุด ขณะที่แกลบดิบมีแนวโน้มให้ร้อยละการสะสมแป้งและ ผลผลิตแป้งสูงที่สุด

ปริมาณชีวมวลส่วนเหนือดินประกอบด้วย น้ำหนัก กิ่งก้าน และใบสด น้ำหนักลำต้นสด และน้ำหนักเหง้า สดของมันสำปะหลัง ผลการศึกษาพบว่า การไถกลบ วัสดุปรับปรุงดินมีผลให้น้ำหนักกิ่งก้าน และใบสด และ ปริมาณชีวมวลส่วนเหนือดินรวมมีความแตกต่างกัน ทางสถิติ (Table 4) โดยผลการทดลองที่ได้ไปใน ทิศทางเดียวกับผลผลิตหัวมันสำปะหลัง ผลผลิตแป้ง และร้อยละการสะสมแป้ง การใส่แกลบดิบมีแนวโน้ม ให้น้ำหนักชีวมวลส่วนเหนือดินส่วนต่าง ๆ สูงที่สุดซึ่ง ให้ปริมาณชีวมวลเหนือดินรวมสูงที่สุดอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติเท่ากับ 1.30 ตัน/ไร่ ซึ่งไม่มีความแตก ต่างทางสถิติกับการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ขณะที่ เบนทอนต์และยิปซัมจะให้ปริมาณชีวมวลเหนือดินต่ำ ที่สุด วัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อจำนวนหัว จำนวน ลำต้น และอัตราการรอดตายของมันสำปะหลังที่ปลูก ในชุดดินยโสธร (Table 4) มันสำปะหลังมีอัตราการ รอดตายอยู่ในพิสัยร้อยละ 98.61-97.22 โดยการใส่ วัสดุปรับปรุงดินมีแนวโน้มให้อัตราการรอดตายต่ำกว่า การไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินยกเว้นยิปซัม

Table 4 Effect of soil conditioners on yield components of cassava grown on a yasothon soil

Treatment	Fresh tuber yield	Starch yield	Leaf and branch	Stem	Stem base	Aboveground biomass	Starch content	Survival rate
	(----- t/rai-----)						(-----%-----)	
No soil conditioner	3.02	0.84	0.33a	0.50	0.40	1.23ab	27.65	98.6
Bentonite 400 kg/rai	2.59	0.72	0.20b	0.40	0.40	1.00c	27.78	97.2
Gypsum 400 kg/rai	2.88	0.80	0.20b	0.41	0.45	1.07bc	27.60	100.0
Raw rice husk 500 kg/rai	3.15	0.89	0.35a	0.53	0.42	1.30a	28.20	97.2
F-test	ns	ns	**	ns	ns	*	ns	ns
CV (%)	16.3	18.2	24.8	17.4	11.0	12.9	3.6	4.8

Remark: ns = non significant; *, ** significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. Means with the different letters in column are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

การศึกษาครั้งนี้พบว่า การใส่แกลบดิบซึ่งเป็นวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินมีแนวโน้มช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง ขณะที่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงกลับไม่ส่งเสริมผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินยโสธร ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้ให้ไปในทิศทางเดียวกันกับ สัมฤทธิ์ และคณะ (2553) ที่พบว่า มันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธรจะตอบสนองต่อวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินมากกว่าวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินโดยการใส่มูลไก่แกลบอัตรา 1,000 กก./ไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักชีวมวลเหนือดิน ผลผลิตแป้งสูงกว่า แต่ให้ร้อยละการสะสมแป้งต่ำกว่าการใส่ยิปซัมหรือหินปูนบดในอัตรา 200 กก./ไร่ อย่างไรก็ตาม ในปีต่อมาการศึกษาในพื้นที่เดิมโดย ยุทธการ และคณะ (2555) พบว่า การใส่ยิปซัมอัตรา 200 กก./ไร่ ต่อเนื่อง 2 ปี กลับให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่มูลไก่แกลบ หรือหินปูนบดต่อเนื่อง โดยเฉพาะเมื่อมีการไถกลบร่วมด้วย แสดงให้เห็นว่าผลของวัสดุปรับปรุงดินจะเห็นผลที่ชัดเจนขึ้นเมื่อมีการใส่ต่อเนื่อง เช่นเดียวกับการศึกษาของ จีวรวรรณ และคณะ (2555) และปิ่นทิพย์ และคณะ (2556) ที่พบว่า วัสดุปรับปรุงดินอินทรีย์จะแสดงผลอย่างชัดเจน เมื่อใส่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลาานานกว่า 2 ปี ทั้งนี้เนื่องจากอัตราที่ใช้ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นผลที่แสดงออกจึงไม่ชัดเจน จึงต้องใช้ระยะเวลาเพื่อให้เกิดการตอบสนองจากพืชปลูก อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Kanjana et al. (2012) ในชุดดินยโสธรเช่นเดียวกัน กลับให้ผลการทดลองไม่สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ โดยพบว่า การใส่หินปูนบด เบนทอนต์ โดโลไมต์ ยิปซัม และเพอร์ไลต์ ในอัตรา 200 กก./ไร่ จะให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงกว่ากว่าดำรับที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่หินปูนบดให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงที่สุดเท่ากับ 3.92 ตัน/ไร่ ซึ่งให้ผลผลิตใกล้เคียงกับการใส่เบนทอนต์ (3.71 ตัน/ไร่) และยิปซัม (3.66 ตัน/ไร่) ส่วนการใส่โดโลไมต์ และเพอร์ไลต์ ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเท่ากับ 3.25 และ 3.08 ตัน/ไร่ ตามลำดับ และดำรับที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินจะให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ำที่สุด (1.97 ตัน/ไร่)

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง

ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง พบว่า การใส่แกลบดิบให้มีการสะสมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในหัวสูงที่สุดเท่ากับ 0.16 และ 7.08 ก./กก. ตามลำดับ (Table 5) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับผลผลิตและปริมาณชีวมวลเหนือดินสูงที่สุด นอกจากนี้เบนทอนต์ส่งผลให้โพแทสเซียมสะสมในหัวมันสำปะหลังต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 1.09 ก./กก. (Table 5) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดที่ได้มีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากไม่ส่งเสริมให้มันสำปะหลังดูดกินธาตุอาหาร โดยเฉพาะโพแทสเซียม ซึ่งโพแทสเซียมเป็นธาตุที่สำคัญที่จะส่งเสริมการสร้างหัวรวมทั้งการสะสมแป้ง (ยงยุทธ, 2552; Howeler, 1981; Uwah et al., 2013) ความเข้มข้นของธาตุอาหารรอง วัสดุปรับปรุงดินมีผลต่อความเข้มข้นของแคลเซียมในส่วนกิ่งก้าน และใบของมันสำปะหลังเท่านั้น โดยการใส่ยิปซัมส่งผลให้แคลเซียมสะสมในกิ่งก้าน และใบของมันสำปะหลังสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 4.85 ก./กก. (Table 5) ทั้งนี้เนื่องจากยิปซัมมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบสูงกว่าวัสดุปรับปรุงดินที่เหลือ จึงปลดปล่อยออกมาในดินให้พืชดูดใช้ได้มากกว่า

ในกรณีของความเข้มข้นของจุลธาตุพบว่าการใส่ยิปซัมส่งผลให้มีการสะสมสังกะสีในลำต้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 46.0 มก./กก. ส่วนเบนทอนต์ แกลบดิบ และดำรับควบคุมให้ความเข้มข้นของสังกะสีไม่แตกต่างกันโดยดำรับควบคุมมีแนวโน้มให้การสะสมสังกะสีต่ำที่สุด (Table 5) มังกานีสมีแนวโน้มสะสมในกิ่งก้าน และใบมากกว่าในส่วนอื่น ๆ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1,055-1,547 มก./กก. รองลงมาเป็นส่วนลำต้น (516-718 มก./กก.) เหน้มันสำปะหลัง (263-333 มก./กก.) และในหัวมันสำปะหลัง (27-44 มก./กก.) ตามลำดับ (Table 5) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของมังกานีสที่สะสมในส่วนต่าง ๆ มีค่าสูงกว่า 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งเป็นระดับวิกฤตที่อาจเป็นพิษแก่มันสำปะหลัง (Howeler, 1981) ยกเว้นในกรณี

ของหัวมันสำปะหลัง ทั้งนี้อาจเนื่องจากดินที่ทำการ มังกานีส จึงอาจทำให้พืชมีการดูดใช้ไปสะสมในส่วน
ศึกษาเป็นกรดรุนแรงซึ่งจะส่งเสริมการละลายของ ต่าง ๆ ค่อนข้างมากโดยเฉพาะในส่วนใบ

Table 5 Effect of soil conditioners on plant nutrients concentration in different plant parts of cassava grown on a Yasothon soil

Treatment	Plant nutrient concentration								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	(----- g/kg-----)					(----- mg/kg -----)			
<i>Cassava leaf and branch</i>									
No soil conditioner	35.26	1.18	4.55	3.08b	3.48	140	1,547	2.1	30.9
Bentonite 400 kg/rai	40.90	1.36	5.56	3.18b	3.45	130	1,219	2.8	27.8
Gypsum 400 kg/rai	39.29	1.31	5.96	4.85a	4.63	205	1,055	2.8	26.2
Raw rice husk 500 kg/rai	37.63	1.25	4.16	2.65b	3.33	144	1,517	2.6	32.0
F-test	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10.8	10.8	32.4	27.1	25.5	64	26	19.3	21.6
<i>Cassava stem</i>									
No soil conditioner	6.13	0.20	3.01	3.16	2.69	86	521	5.5	14.8b
Bentonite 400 kg/rai	6.26	0.21	3.15	2.61	2.58	62	516	4.3	17.5b
Gypsum 400 kg/rai	7.04	0.23	2.46	3.00	3.04	73	489	30.5	46.0a
Raw rice husk 500 kg/rai	6.48	0.22	2.43	3.39	2.39	102	718	1.6	18.6b
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
CV (%)	20.6	21.7	40.1	20.3	25.9	48	29	201.8	49.5
<i>Cassava stem base</i>									
No soil conditioner	9.23	0.31	3.33	1.85	1.49	555	263	2.2	14.6
Bentonite 400 kg/rai	8.14	0.27	3.09	1.68	1.71	2,417	264	2.6	15.1
Gypsum 400 kg/rai	8.05	0.27	2.11	1.64	1.56	1,974	294	2.6	14.6
Raw rice husk 500 kg/rai	9.54	0.32	3.12	2.02	1.63	1,348	333	2.0	15.1
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	22.9	23.8	50.7	31.3	32.2	83	24	39.1	30.7
<i>Cassava tuber</i>									
No soil conditioner	3.50	0.13b	4.34b	0.23	0.42	50	30	0.8	3.1
Bentonite 400 kg/rai	3.77	0.13b	1.09c	0.13	0.57	76	27	1.0	4.5
Gypsum 400 kg/rai	3.33	0.12b	3.77b	0.28	0.47	68	32	0.8	4.3
Raw rice husk 500 kg/rai	4.73	0.16a	7.08a	0.18	0.49	100	44	1.1	5.0
F-test	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	60	8	0.0	0.3

Remark: ns = non significant; *, ** significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. Means with the different letters in column are significantly different to each other according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

การเปลี่ยนแปลงสมบัติดินบน

การใส่วัสดุปรับปรุงดินไปประมาณ 10 เดือน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนสมบัติดินบนของชุดดินยโสธร (Table 6) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้โดย สัมฤทธิ์ และคณะ (2553) จีรวรรณ และคณะ (2555) ปิ่นทิพย์ และคณะ (2556) Suksawat et al. (2010) และ Kanjana et al. (2012) ที่พบว่าการใส่วัสดุปรับปรุงดินในปีแรกมักไม่เห็นผลเนื่องจากวัสดุปรับปรุงดินที่ใส่ลงไปอาจเกิดการสลายตัวทั้งนี้เนื่องจากเป็นผลมาจากลักษณะทั่วไปของดินเขตร้อนที่ส่งเสริมให้เกิดการสลายตัว (Brady and Weil, 2008; Sanchez, 1976) อีกทั้งดินที่ทำการศึกษามีเนื้อดินค่อนข้างหยาบ ช่องว่างส่วนใหญ่มีขนาดใหญ่ วัสดุปรับปรุงดินมีแนวโน้มสูญหายไปจากเขตรากพืชได้

ดินที่ทำการศึกษายังคงเป็นกรดรุนแรงโดยมีพีเอชอยู่ในพิสัย 5.1-5.4 โดยการใส่วัสดุปรับปรุงดินมีแนวโน้มให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้นกว่าการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน อย่างไรก็ตาม พีเอชมีการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนนักอาจเป็นผลมาจากตัวดินเองที่มีเนื้อดินค่อนข้างหยาบ และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ จึงส่งผลให้แคตไอออนที่เป็นเบสถูกชะละลายออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย (Von Uexkull, 1986; Brady and Weil, 2008)

วัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินบน โดยดินยังคงมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมากมีค่าอยู่ในพิสัย 5.15-5.72 ก./กก. เนื่องจากสภาพแวดล้อมเขตร้อนจะส่งเสริมการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเขตร้อนส่วนใหญ่ต่ำ (Sanchez, 1976)

วัสดุปรับปรุงดินไม่ทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นหลังจากปลูกพืชไป 1 ฤดูการ โดยการใส่ปุ๋ยขี้มีแนวโน้มให้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำที่สุดเท่ากับ 8.9 และ 27.5 มก./กก. เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอื่น ๆ ที่เหลือ นอกจากนี้ค่ารับรองควบคุมที่ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินกลับมีแนวโน้มให้ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นตกค้างมาจากการจัดการดินของเกษตรกรในพื้นที่เดิม จึงทำให้ผลของวัสดุปรับปรุงเหล่านี้ที่มีต่อสมบัติดินไม่ชัดเจน แต่จะเห็นผลชัดเจนขึ้นเมื่อมีการใส่ต่อเนื่องอย่างน้อย 2 ปี ดังที่เคยมีรายงานมาก่อนหน้านี้ (สัมฤทธิ์ และคณะ; 2553; จีรวรรณ และคณะ; 2555; ปิ่นทิพย์ และคณะ; 2556; Suksawat et al., 2010; Kanjana et al., 2012)

Table 6 Effect of soil conditioners on topsoils property of a Yasothon soil

Treatment	pH (H ₂ O 1:1)	OM (g/kg)	Available P (mg/kg)	Available K (mg/kg)
No soil conditioner	5.4	5.4	49.3	61.3
Bentonite 400 kg/rai	5.3	5.7	23.4	37.3
Gypsum 400 kg/rai	5.3	5.8	8.9	27.5
Raw rice husk 500 kg/rai	5.1	5.2	13.5	35.2
F-test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	8	15	166	56

Remark: ns = non significant; OM = Organic matter

สรุป

ชุดดินยโสธรที่ทำการศึกษาคือเป็นดินกรด มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และพบชั้นดานไถพรวน การไถกลบ ยิปซัม เบนทอนต์ และแคลบดิว ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่ส่งผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม การใส่แคลบดิวในอัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ มีแนวโน้มช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และความเข้มข้นของธาตุอาหารในมันสำปะหลังได้ดีกว่าการไถกลบเบนทอนต์ และยิปซัมในอัตราละ 400 กิโลกรัม/ไร่ รวมถึงการปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการปรับปรุงดิน ความเข้มข้นของธาตุอาหารส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในใบ รองลงมาเป็นลำต้น เหง้า และหัวมันสำปะหลัง ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับพอเพียง ยกเว้นมังกานีสที่มีปริมาณสูงจนอาจเป็นพิษต่อพืช การไถกลบวัสดุปรับปรุงดินในอัตราข้างต้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินบนชุดดินยโสธรได้ โดยดินยังคงเป็นกรดรุนแรง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก นอกจากนี้การใส่วัสดุปรับปรุงดินเหล่านี้กลับมีแนวโน้มให้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์หลงเหลือในดินน้อยกว่าการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน

คำขอบคุณ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขอขอบคุณ คุณปรีชา เพชรประไพ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนา มันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และดูแลแปลงทดลองเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าต่างประเทศ. 2555. สถิติการส่งออกสินค้ามาตรฐานผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังตามใบรับรองมาตรฐานสินค้า. แหล่งที่มา: <http://www.dft.go.th>. ค้นเมื่อ 28 ธันวาคม 2555.
- จิรวรรณ พรหมมา, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, สุภิมา ธนะจิตต์, เอิบ เขียวรีนรมณ์ และปรีชา เพชรประไพ. 2555. ผลของชนิดและอัตราของปูนต่อมันสำปะหลังที่ปลูกบนดินยโสธร. แก่นเกษตร. 40(1): 19-26.
- ปิ่นทิพย์ บุตรแก้ว, สุภิมา ธนะจิตต์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม และเอิบ เขียวรีนรมณ์. 2556. การแก้ปัญหาดินเค็มชนิดกึ่งด่างที่พบชั้นดานเปราะ สำหรับการปลูกมันสำปะหลัง. . แก่นเกษตร. 41(4): 433-444.
- ปิยมารณณ์ เจริญสุข. 2553. ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับสารเพอร์ไรต์ต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. 2555ก. ผลการสำรวจภาวะการค้าและการผลิตมันสำปะหลังฤดูการผลิตปี 2555/56. แหล่งที่มา: <http://www.tapiocathai.org>. ค้นเมื่อ 27 ธันวาคม 2555.
- มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. 2555ข. ดินสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง. แหล่งที่มา: <http://www.tapiocathai.org>. ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2555.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ยุทธการ แก้วแกมทอง, สุภิมา ธนะจิตต์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม และวันเพ็ญ วิริยะกิจนทีกุล. 2555. การลดปัญหาการอัดแน่นของดินสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกบนดินเหนียว. น. 179-188. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50 สาขาพืช, กรุงเทพฯ.
- สถาบันวิจัยพืชไร่. 2554. เทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย. 2555. Breakdown of Production by Region in Comparison Between 2011/12 and 2012/13. แหล่งที่มา: <http://www.thaitapiocastarch.org/crop.asp>. ค้นเมื่อ 28 ธันวาคม 2555.
- สัมฤทธิ์ รียาพันธ์, สุภิมา ธนะจิตต์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม และอัญชลี สุทธิประการ. 2553. การแก้ไขปัญหาดานไถพรวนเพื่อการปลูกมันสำปะหลัง. แก่นเกษตร. 38(3): 191-204.
- อรพิน เกลี้ยงกลม, สุภิมา ธนะจิตต์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, เอิบ เขียวรีนรมณ์ และลลิตา ชัยเนตร. 2553. สมบัติของชั้นดานไถพรวนในดินปลูกมันสำปะหลังและอ้อย จังหวัด

- ขอนแก่น. เกษตร. 38(4): 313-324.
- เอกราช มีวาสนา, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, เฉ็บ เทียววีนรมย์ และอัญชลี สุทธิประการ. 2552. ลักษณะของชั้นดานใต้พรวนในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา. เกษตร. 38(3): 205-214.
- Ahmad, N., F.U. Hassan, and R.K. Belford . 2009. Effect of soil compaction in the sub-humid cropping environment in Pakistan on uptake of NPK and grain yield in wheat (*Triticum aestivum*): II. Alleviation. Field Crops Res. 110: 54-60.
- Anusontpornperm, S., S. Nortcliff, and I. Kheoruenromne. 2005. Hardpan Formation of Some Coarse – textured Upland Soils in Thailand. Paper Presented at the Conference on Management of Tropical Sandy Soils from Sustainable Agriculture, November 27-December 2, 2005, Khon Kaen, Thailand.
- Berthelsen, S., A.D. Noble A, S. Ruaysoongnern, M. Webb, Huan Hengfu, and Yi Jiexiang. 2004. Addition of clay based soil ameliorants to light textured soil to reduce nutrient loss and increase crop productivity. Regional Office for Asia and the Pacific.
- Brady, N.C., and R.R. Weil. 2008. The Nature and Properties of Soils. 14th ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Coelho, M.B., L. Mateos, and F.J. Villalobos. 2000. Influence of a compacted loam subsoil on growth and yield of irrigated cotton in southern Spain. Soil Till. Res. 57: 129-142.
- Duangpatra, P. 1988. Soil and climatic characterization of major cassava growing areas in Thailand, pp. 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.
- Gallaher, R.N., C.O. Weldon, and F.C. Boswell. 1976. A semiautomated procedure for total N in plant and soil samples. Soil Sci. Soc. Amer. J. 40: 887-889.
- Hamza, M.A., and W.K. Anderson. 2003. Responses of soil properties and grain yields to deep ripping and gypsum application in a compacted loamy sand soil contrasted with a sandy clay loam soil in Western Australia. Aust. J. Agric. Res. 54: 273-282.
- Howeler, R.H. 1981. Mineral Nutrition and Fertilization of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Centro Internacional Agric. Tropical (CIAT) 09 EC-4.
- Howeler, R.H. 1995. Agronomy research in the Asian cassava network-towards better production without soil degradation, pp.368-401. In R.H. Howeler, ed. Cassava Breeding, Agronomy Research and Technology Transfer in Asia. Proc. 4th Regional Workshop, Nov 26, 1993, Held in Trivandrum, India.
- Jackson, M.L. 1965. Soil Chemical Analysis-Advanced Course. Department of Soils, University of Wisconsin.
- Johnson, C.M., and A. Ulrich. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. Calif. Agri. Exp. Stat. Bull. 767: 25-78.
- Kanjana, D., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, and A. Suddhiprakarn. 2012. Root yield and starch content of cassava as affected by different fertilizer formulas and chicken manure. In: Proceeding of the 38th Congress on Science and Technology of Thailand (STT38). 17-19 December 2012, Chiang Mai.
- Khoa, H.D. 2006. Effect of bentonite on improving crop yield and rehabilitation of degraded light texture soil. Vietnam Information for Science and Technology Advance. Available: <http://www.vista.gov.vn.htm>. Accessed Jun. 18, 2007.
- Rojanaridpiced, C., V. Vichukit, E. Sarobol, and P. Changlek. 2002. Breeding and Dissemination of New Cassava Varieties in Thailand. Paper Presented at 7th Regional Cassava Workshop, Held in Bangkok, Thailand, Oct. 28-Nov. 1, 2002.
- Sanchez, P.A. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. John Wiley, New York.
- Shaheen, A.M., A.R. Fatma, E.H. Abd El-Samad, and S.M. El-Ashry. 2013. Effect of nitrogen fertilizer and soil conditioner on the productivity of potato plants grown under sandy soil conditions. Applied Sciences Research. 9: 1774-1781.
- Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual. US. Dep. of Agr. Handbook No. 18, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- 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 Proceeding of the 36th Congress on Science and Technology of Thailand (STT36). 26-28 October 2010, Bangkok.
- Tongglum, A., P. Suriyapan, and R.H. Howeler. 2000. Cassava agronomy research and adoption of improved practices in Thailand.-Major achievement during past 35 years pp. 228-258. In: R.H. Howeler, ed. Cassava's Potential in Asia in the 21st Century; Present Situation and Future Research and Development Needs. Proceeding of 6th Regional Workshop,

- Feb 21-25 2000, Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Uwah, D.F., E.B. Effa, L.E. Ekpenyong, and I.E. Akpan. 2013. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) performance as influenced by nitrogen and potassium fertilizers in Uyo, Nigeria. *Animal & Plant Sciences*. 23: 550-555.
- Viator, R.P., J.L. Kovar, and W.B. Hallmark. 2002. Gypsum and compost effects on sugarcane root growth, yield, and plant nutrients. *Agron. J.* 94: 1332-1336.
- Von uexkull, H.R. 1986. Efficient Fertilizer Use in Acid Upland Soils of the Humid Tropics. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin* No. 10.
- Wargiono, J., B. Goritno, and K. Rendroatmodjo. 1992. Recent progress in cassava agronomy research in Indonesia, pp. 185-198. In: R.H. Howeler, ed. *Cassava Breeding, Agronomy and Utilization Research in Asia*. Proc. 3rd Regional Workshop, Oct 22-27, 1990, Held in Malang, Indonesia.
- Westerman, R.L. 1990. *Soil Testing and Plant Analysis*. 3rd ed. Amer. Soc. Agron. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, Wisconsin.