การจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับสารปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง (ปีที่ 2)

Chemical Fertilizer Management in Combination with Soil Conditioners for Increasing Yield of Cassava (2nd year)

พิชญ์ศิณี แก้ววงศ์หาญ,[1] ชัยสิทธิ์ ทองจู,[1*] จุฑามาศ ร่มแก้ว,[2] ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย,[1] ชาลินี คงสุด,[1] ธีรยุทธ คล้ำชื่น,[1] ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์[1]

ธนศมณท์ กุลการัณย์เลิศ,[1] อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์,[1] รุจิกร ศรีแม้นม่วง[1] และศิริสุดา บุตรเพช[1]

Pitsinee Kaewwongharn,[1] Chaisit Thongjoo,[1*] Jutamas Romkaew,[2] Tawatchai Inboonchuay,[1] Chalinee Khongsud,[1] Teerayut Klumchaunt,[1] Piyapong Katpiyarat,[1] Thanasamont Kulkaranlert,[1] Auraiwan Isuwan,[1] Ruchikorn Srimanmaung[1] and Sirisuda Bootpetch[1]

ABSTRACT

The application of chemical fertilizer in combination with soil conditioners was investigated for increasing yield of cassava *var.* Huay Bong 60 (2nd year). The experimental design was arranged in a randomized complete block (RCBD). The result revealed that the application of chemical fertilizer at the rate of 12.01-0-13.41 kg N-P_2O_5-K_2O/rai in combination with organic fertilizer of 163 kg/rai provided the highest plant height, branch/plant, fresh root yields and average weight/root, which were not different from the application of chemical fertilizer based on soil analysis in combination with zeolites of 50 kg/rai. Furthermore, the application of chemical fertilizer at the rate of 12.01-0-13.41 kg N-P_2O_5-K_2O/ rai in combination with organic fertilizer of 163 kg/rai had the highest starch/area, concentrations of N and P in cassava root, which were not different from the applications of chemical fertilizer based on soil analysis in combination with zeolites and pumice of 50 and 50 kg/rai, respectively. However, comparing yield and yield component of cassava grown in the first and second year, it was found that the application of chemical fertilizer at the rate of 12.01-0-13.41 kg N-P_2O_5-K_2O/rai in combination

[1*] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom 73140, Thailand.

[2] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140
Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom 73140, Thailand.

[*]**Corresponding author:** E-mail address: thongjuu@yahoo.com

with organic fertilizer of 163 kg/rai increased the average weight/root. On the other hand, fresh root yield increased after using chemical fertilizer based on soil analysis and application of chemical fertilizer based on soil analysis in combination with zeolites of 50 kg/rai. The application of 75% chemical fertilizer based on soil analysis with pumice rate of 50 kg/rai and fertilizer rate of 9.02-0-10.06 kg N-P_2O_5-K_2O/rai in combination with organic fertilizer rate of 122 kg/rai increased starch content while fresh root yield reduced in control treatment.

Keywords: chemical fertilizer, organic fertilizer, cassava, soil conditioners

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับสารปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 (ปีที่ 2) โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12.01-0-13.41 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 163 กก./ไร่ มีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ผลผลิตหัวสด และน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12.01-0-13.41 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 163 กก./ไร่ ยังมีผลให้ปริมาณแป้งต่อพื้นที่ ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับพัมมิซอัตรา 50 กก./ไร่ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12.01-0-13.41 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 163 กก./ไร่ มีผลทำให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวเพิ่มขึ้น ขณะที่ผลผลิตหัวสดเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับพัมมิซอัตรา 50 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 9.02-0-10.06 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 122 กก./ไร่ มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งเพิ่มขึ้น และผลผลิตหัวสดลดลงในตำรับควบคุม (control)

คำสำคัญ: ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ มันสำปะหลัง วัสดุปรับปรุงดิน

คำนำ

ปุ๋ยเคมีเป็นวัสดุที่มีความสำคัญต่อการยกระดับผลผลิตของพืชทางการเกษตร (ยงยุทธ และคณะ, 2551) โดยในปี พ.ศ. 2555 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีปริมาณมากถึง 5.58 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 83,947 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ด้วยมูลค่าของปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพง จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มต้นทุนการผลิต ดังนั้น การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ โดยพิจารณาปรับใช้ให้เหมาะสมกับค่าวิเคราะห์ดิน จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกรได้ แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ประกอบด้วย เช่น ลักษณะของดินที่แตกต่างกันในแต่ละชุดดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่แตกต่างกันตามการจัดการดินหรือการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร สภาพภูมิอากาศ หรือปริมาณและการกระจายตัวของ

ฝนที่ไม่สม่ำเสมอในแต่ละปี เป็นต้น (ระวิวรรณ และคณะ, 2552; ศิริสุดา และคณะ, 2552) ซีโอไลต์ (zeolites) เป็นแร่อะลูมิโนซิลิเกตชนิดหนึ่งที่มีโซเดียมและแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ มีการจัดเรียงตัวของโครงสร้างอยู่ในรูปลักษณะของวงแหวน ก่อให้เกิดช่องว่างภายในเป็นจำนวนมาก จึงสามารถดูดซับอนุภาคของธาตุต่างๆ ตลอดจนโมเลกุลของสารอินทรีย์ และช่วยรักษาความชื้นให้กับดิน (ปรีดา และคณะ, 2535) อีกทั้งมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) สูง ประมาณ 170 cmol/kg (Panuccio *et al*., 2009) ส่วนพัมมิซ (pumice) เป็นหินแก้วภูเขาไฟ มีสารพวกซิลิกา (SiO_2) และอลูมินา (Al_2O_3) เป็นองค์ประกอบโดยส่วนใหญ่ โครงสร้างเชิงแร่มีลักษณะโปร่งพรุนคล้ายซีโอไลต์ มีความจุในการดูดยึดของเหลวได้ประมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก มีค่า CEC ประมาณ 30 cmol/kg (Panuccio *et al*., 2009) ในกรณีดินเนื้อหยาบที่มีปริมาณเนื้อแร่ดินเหนียวหรือปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ ซึ่งเสี่ยงต่อการสูญเสียธาตุอาหารได้ง่าย หากมีการใช้พัมมิซร่วมกับปุ๋ยเคมีจะมีผลให้ดินสามารถเก็บกักธาตุอาหารในรูปสารละลายบางส่วนไว้ในโพรง แล้วค่อยๆ ปลดปล่อยออกมาให้พืชใช้ภายหลัง ทำให้การใช้ปุ๋ยเพื่อการผลิตพืชเกิดประสิทธิภาพมากขึ้น (ปิยะ, 2553) สำหรับปุ๋ยอินทรีย์ถือเป็นแหล่งที่สำคัญของอินทรียวัตถุในดินหรือฮิวมัส โดยสารฮิวมิกเป็นสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน มีบทบาทสำคัญต่อสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพของดิน มีลักษณะเป็นสารคอลลอยด์ พื้นที่ผิวสัมผัสมาก จึงมีผลอย่างมากต่อการเพิ่มค่า CEC ของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558) นอกจากนี้ ปุ๋ยอินทรีย์ยังมีบทบาทช่วยให้อนุภาคของดินจับตัวกันเป็นเม็ดดิน ส่งผลให้ดินร่วนซุย การถ่ายเทอากาศ การอุ้มน้ำ และการไหลซึมของน้ำดีขึ้นอีกด้วย (ธงชัย, 2550) ที่ผ่านมามีการนำผลงานวิจัยทางเกษตรจากต่างประเทศที่เกี่ยวกับสารปรับปรุงดินข้างต้นมาปรับใช้ในประเทศไทย พบว่า สารปรับปรุงดินดังกล่าวมีสมบัติที่ดีมากในการปรับปรุงดินเสื่อมโทรม โดยเฉพาะดินที่มีการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรเป็นเวลายาวนาน กล่าวคือ เมื่อนำสารปรับปรุงดินมาใช้ปรับปรุงดินเสื่อมโทรมจะมีผลให้ดินมีศักยภาพในการให้ผลผลิตโดยภาพรวมดีขึ้น (Warington *et al*., 1989; Miller, 1987; Agassi *et al*., 1990) ประกอบกับพงษ์เพชร และคณะ (2558) ได้ศึกษาการจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับสารปรับปรุงดินชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง โดยการศึกษาดังกล่าวให้ผลการทดลองที่น่าสนใจโดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังในตำรับทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับสารซีโอไลต์และปุ๋ยอินทรีย์ จึงเกิดแนวคิดในการศึกษาโดยใช้แปลงทดลองของพงษ์เพชร และคณะ (2558) ต่อเนื่องอีก 1 ปี เพื่อยืนยันผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับสารปรับปรุงดินดังกล่าวที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลิต รวมทั้งการเปรียบเทียบผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังกับการปลูกในปีที่ 1 ด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองในมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ณ แปลงทดลองของเกษตรกร อ. ด่านมะขามเตี้ย จ. กาญจนบุรี ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ.2557-เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1) ของดิน

ค่าการนำไฟฟ้าที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เนื้อดิน ความจุความชื้นสนาม (field capacity, FC) และจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point, PWP) ส่วนความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available moisture capacity, AMCA) คำนวณจากผลต่างของค่า FC และ PWP (ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2551) สำหรับสมบัติบางประการของดินก่อนการทดลอง ได้แสดงไว้ใน Table 1

ปลูกมันสำปะหลังโดยใช้ท่อนพันธุ์ยาวประมาณ 20 ซม. ซึ่งมีระยะปลูก 1 x 1 เมตร แต่ละแปลงย่อยมีความกว้าง 6 เมตร และยาว 7 เมตร จำนวน 5 แถว ทำการเก็บเกี่ยวเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 1 เมตร โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 4 x 5 ตารางเมตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ 9 ตำรับทดลอง ดังนี้

1)ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและสารปรับปรุงดิน (control)

2) ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{DOA-100\%}$)

3) ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-100\%}+Z_{50}$)

4) ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับพัมมิซอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-100\%}+P_{50}$)

5) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12.01-0-13.41 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 163 กก./ไร่ ($IF_{12.01-0-13.41}+OF_{163}$)

6) ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{DOA-75\%}$)

7) ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-75\%}+Z_{50}$)

8) ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับพัมมิซอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-75\%}+P_{50}$)

9) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 9.02-0-10.06 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 122 กก./ไร่ ($IF_{9.02-0-10.06}+OF_{122}$)

การใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21%N) ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46 %P_2O_5) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K_2O) แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลอง ที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก โดยตำรับทดลองที่ 2-4 ใส่อัตรา 16, 8 และ 16 กก. N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ตำรับทดลองที่ 6-8 ใส่อัตรา 12, 6 และ 12 กก. N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ ตำรับทดลองที่ 5 ใส่อัตรา 12.01 และ 13.41 กก. N และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับทดลองที่ 9 ใส่อัตรา 9.02 และ 10.06 กก. N และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ การใส่วัสดุปรับปรุงดิน แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลอง ที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก โดยผสมคลุกเคล้ากับปุ๋ยเคมี จากนั้น ใส่ในหลุมระหว่างต้นแล้วกลบดิน โดยตำรับทดลองที่ 3 และ 7 ใส่ซีโอไลต์ในอัตรา 50 กก./ไร่ ตำรับทดลองที่ 4 และ 8 ใส่พัมมิซในอัตรา 50 กก./ไร่ ส่วนตำรับทดลองที่ 5 และ 9 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 163 และ 122 กก./ไร่ ตามลำดับ (สมบัติบางประการของปุ๋ยอินทรีย์ก่อนการทดลอง ได้แสดงไว้ใน Table 1)

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก ได้แก่ ความสูงของต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และน้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (ได้แก่ น้ำหนักส่วนใบ ลำต้น และเหง้า) เก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน ได้แก่ ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาวหัว เปอร์เซ็นต์แป้งของหัวสด (โดยใช้เครื่อง Remain Scale) ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ และค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

ก) ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ (ตัน/ไร่) = ผลผลิตหัวสด x เปอร์เซ็นต์แป้ง

ข) ดัชนีเก็บเกี่ยว = $\frac{\text{นน. ผลผลิตหัวสด}}{\text{นน. ผลผลิตหัวสด+นน. สดส่วนเหนือดิน}}$

วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน ได้แก่ ความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามที่ได้อธิบายไว้โดยทัศนีย์ และจงรักษ์ (2542) จากนั้นเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ผลผลิตหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้ง และผลผลิตแป้งต่อพื้นที่กับงานวิจัยของพงษ์เพชร และคณะ (2558) ซึ่งดำเนินการวิจัยในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556-เดือนตุลาคม พ.ศ. 2557

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับสารปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังปรากฏผลดังนี้

1. ความสูงต้นและจำนวนกิ่งต่อต้น

การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับสารปรับปรุงดิน มีผลให้ความสูงต้นและจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 2) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12.01-0-13.41 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 163 กก./ไร่ ($IF_{12.01-0-13.41}$+OF_{163}) มีผลให้ความสูงต้นและจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-100\%}$+Z_{50}) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงต้นและจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต โดยมีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ($IF_{DOA-100\%}$ และ $IF_{DOA-75\%}$) มีผลให้ความสูงต้นและจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังต่ำกว่าตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ร่วมกับสารปรับปรุงดิน ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าสารปรับปรุงดินดังกล่าวมีส่วนช่วยในการลดการชะละลายของธาตุอาหารที่ปลดปล่อยออกมา ทำให้พืชสามารถใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารได้นานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลการชะละลายธาตุอาหารพืชในการทดลองก่อนหน้านี้ ซึ่งปรากฏในรายงานความก้าวหน้าการดำเนินงานโครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปีงบประมาณ 2557

2. น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน

การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับสารปรับปรุงดิน มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่

อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 2) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12.01-0-13.41 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 163 กก./ไร่ ($IF_{12.01-0-13.41}$+OF_{163}) มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังมากที่สุด (5.45 ตัน/ไร่) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-100\%}$+Z_{50}) ส่วนตำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังต่ำสุดเท่ากับ 3.63 ตัน/ไร่

3.ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้าง และความยาวหัว

การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับสารปรับปรุงดิน มีผลให้ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาวหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12.01-0-13.41 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 163 กก./ไร่ ($IF_{12.01-0-13.41}$+OF_{163}) มีผลให้ผลผลิตหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว และความกว้างของหัวมันสำปะหลังมากที่สุด (6.15 ตัน/ไร่, 0.48 กก./หัว และ 5.74 ซม. ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-100\%}$+Z_{50}) ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-75\%}$+Z_{50}) มีผลให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุด (8.62 หัว/ต้น) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{DOA-100\%}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-100\%}$+Z_{50}) ขณะที่ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับสารปรับปรุงดิน มีผลให้ความยาวหัวของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 25.83-27.73 ซม. ยกเว้นการใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{DOA-75\%}$) อย่างไรก็ตาม ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาวหัวของมันสำปะหลังต่ำสุด (Table 3)

4.เปอร์เซ็นต์แป้งของหัวสด ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ และค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว

การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับสารปรับปรุงดิน มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ และค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3 และ Table 4) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับสารปรับปรุงดิน มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดและค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 26.73-27.83 เปอร์เซ็นต์ และ 0.53-0.55 ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12.01-0-13.41 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 163 กก./ไร่ ($IF_{12.01-0-13.41}$+OF_{163}) มีผลให้ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังสูงสุด (1.71 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-100\%}$+Z_{50}) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับพัมมิซอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-100\%}$+P_{50}) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ และค่าดัชนีการ

เก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังต่ำสุด (Table 3 และ Table 4)

5.ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในหัวสดของมันสำปะหลัง

การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับสารปรับปรุงดิน มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12.01-0-13.41 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 163 กก./ไร่ ($IF_{12.01-0-13.41}$+OF_{163}) มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในหัวสดมากที่สุด (0.273 และ 0.162 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-100\%}$+Z_{50}) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับพัมมิซอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-100\%}$+P_{50}) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12.01-0-13.41 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 163 กก./ไร่ ($IF_{12.01-0-13.41}$+OF_{163}) ยังมีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในหัวสดมากที่สุด (1.551 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-100\%}$+Z_{50}) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับพัมมิซอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-100\%}$+P_{50}) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{DOA-100\%}$) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 9.02-0-10.06 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 122 กก./ไร่ ($IF_{9.02-0-10.06}$+OF_{122}) และการใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-75\%}$+Z_{50}) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในหัวสดน้อยที่สุด (0.103, 0.073 และ 0.716 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

6. เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ผลผลิตหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้ง และผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังที่ปลูกในปีที่ 1 และ 2

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในปีที่ 1 (พงษ์เพชร และคณะ, 2558) และปีที่ 2 พบว่า ก) น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวเพิ่มขึ้น (Table 5) โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12.01-0-13.41 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 163 กก./ไร่ ($IF_{12.01-0-13.41}$+OF_{163}) ข) ผลผลิตหัวสดเพิ่มขึ้น (Table 5) โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{DOA-100\%}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-100\%}$+Z_{50}) ค) เปอร์เซ็นต์แป้งเพิ่มขึ้น (Table 5) โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับพัมมิซอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{DOA-75\%}$+P_{50}) และการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 9.02-0-10.06 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 122 กก./ไร่ ($IF_{9.02-0-10.06}$+OF_{122}) และ ง) ผลผลิตหัวสดลดลง (Table 5) โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในตำรับควบคุม (control) นอกจากนี้ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับสารปรับปรุงดินมีผลให้ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น (Table 5) โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากผลการทดลองข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ร่วมกับสารปรับปรุงดิน มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในหัวสดของมันสำปะหลังดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าสารปรับปรุงดินมีส่วนช่วยควบคุมให้ปุ๋ยเคมีค่อยๆ ปลดปล่อยปริมาณธาตุอาหารให้กับมันสำปะหลังได้ยาวนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาว จะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช (ชาลินี และคณะ, 2553; ธนากร และคณะ, 2553; วราภรณ์ และคณะ, 2553; สุรีรัตน์ และคณะ, 2553; จิรายุ และคณะ, 2557; ณัฐกานต์ และคณะ, 2558) นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับสารปรับปรุงดินในอัตราที่สูงขึ้น (ตำรับทดลองที่ 2-5) มีผลให้การเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในหัวสดของมันสำปะหลังโดยภาพรวมสูงกว่าตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับสารปรับปรุงดินในอัตราที่ต่ำกว่า (ตำรับทดลองที่ 6-9)

สรุปผลการทดลอง

1. การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12.01-0-13.41 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 163 กก./ไร่ มีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ผลผลิตหัวสด และน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12.01-0-13.41 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 163 กก./ไร่ ยังมีผลให้ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับพัมมิซอัตรา 50 กก./ไร่

2. เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า ก) น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12.01-0-13.41 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 163 กก./ไร่ ข) ผลผลิตหัวสดเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กก./ไร่ ค) เปอร์เซ็นต์แป้งเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับพัมมิซอัตรา 50 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 9.02-0-10.06 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 122 กก./ไร่ และ ง) ผลผลิตหัวสดลดลง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในตำราควบคุม (control)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปีงบประมาณ 2556-2558 ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านเงินทุนวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งบริษัท วาย.วี.พี เฟอร์ติไลเซอร์ จำกัด ที่สนับสนุนปุ๋ยเคมีตลอดระยะการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. 21-24 น. *ใน* เอกสารวิชาการลำดับที่ 8/2548, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบโสตทัศนูปกรณ์. คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

จิรายุ ฮวบดีบอน, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ปิยะ กิตติภาดากุล, วิภาวรรณ ท้ายเมือง, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์ และศิริสุดา บุตรเพชร. 2557. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับสารปรับปรุงดินเพื่อยกระดับผลผลิตของมันสำปะหลัง, 24-38 น. *ใน* การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 11 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ชาลินี คงสุด, ชัยสิทธิ์ ทองจู และจุฑามาศ ร่มแก้ว. 2553. ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 9-20. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ณัฐกานต์ พวงซ้อน, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ธนศมณท์ กุลการัณย์เลิศ, อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์ และศิริสุดา บุตรเพชร. 2558. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับสารปรับปรุงดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 (ปีที่ 2), น. 110-119. *ใน* การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 4 “ธรรมชาติของดินและความจริงของปุ๋ยเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน”. วันที่ 2-4 กรกฎาคม 2558 ณ โรงแรมหรรษา เจบี, สงขลา.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย มาลา. 2550. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธนากร คุ้มตรีทอง, ชัยสิทธิ์ ทองจู และศุภชัย อำคา. 2553. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกต้นฤดูฝนในชุดดินยางตลาด, น. 65-75. *ใน* การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

พงษ์เพชร พงษ์ศิวาภัย, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ธนศมณท์ กุลการัณย์เลิศ, อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์, รุจิกร ศรีแม้นม่วง และศิริสุดา บุตรเพชร. 2558. ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง, 597-608 น. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 12 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

วราภรณ์ นิติกูล, ชัยสิทธิ์ ทองจู และศุภชัย อำคา. 2553. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินปากช่องต้นฤดูฝน, น. 54-64. *ใน* การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สุรีรัตน์ แสงนิล, ชัยสิทธิ์ ทองจู และศุภชัย อำคา. 2553. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนต้นฤดูฝน, น. 76-86. *ใน* การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2553. สารปรับปรุงดิน. สำนักพิมพ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปรีดา พากเพียร, สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์, ไพโรจน์ โสมนัส และพิชิต พงษ์สกุล. 2535. แนวทางการใช้สารซีโอไลท์เพื่อลดปัญหามลพิษและเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร. วารสารดินและปุ๋ย 14 (4): 337-341.

ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2551. คู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินทางฟิสิกส์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ระวิวรรณ โชติพันธ์, ชัยสิทธิ์ ทองจู, กุมุท สังขศิลา, จุฑามาศ ร่มแก้ว และสุรเดช จินตกานนท์. 2552. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงปลายฤดูฝน, น. 60-71. *ใน* การประชุมทางวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 1 เรื่อง ดินและปุ๋ยในภาวะวิกฤตอาหารและพลังงาน. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ศิริสุดา บุตรเพชร, ชัยสิทธิ์ ทองจู, กุมุท สังขศิลา, จุฑามาศ ร่มแก้ว และสุรเดช จินตกานนท์. 2552. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนปลายฤดูฝน, น. 51-62. *ใน* การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, จ.นครปฐม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2553-2555. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Agassi, M., I. Shainberg and J. Morin. 1990. Slope, aspect and phosphogypsum effects on runoff and erosion. Soil Sci. Soc. Am. J. 54:1102-1106.

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

Panuccio, M.R., A. Sorgona, M. Rizzo and G. Cacco. 2009. Cadmium adsorption on vermiculite, zeolites and pumice: Batch experimental studies. J. Environ. Manag. 90: 364-374.

Pratt, P.F. 1965. Potassium. p. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed. Methods of Soil Analysis. Part II. Amer. Soc. of Agron, Inc. Madison, Wisconsin.

Miller, W.P. 1987. Infiltration and soil loss of three gypsum-amended Ultisols under simulated rainfall. Soil Sci. Soc.Amer. J. 51: 1314-1320.

Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of Degtijreff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-35.

Warrington, D., I. Shainberg, M. Agassi, and J. Morin. 1989. Effect of slope and phosphogypsum on runoff and erosion. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 1201-1205.

Received 24 February 2016

Accepted 29 August 2016

Table 1 Properties of initial soil and organic fertilizer.

Properties	Soil (0-30 cm)	Properties	Organic fertilizer
pH (1:1)	6.15	pH (3:50)	6.30
EC_e (dS/m)	0.22	EC (1:10, dS/m)	3.97
Organic matter (%)[1/]	0.45	Total N (%)	2.45
Available P (mg/kg)[2/]	5.13	Total P_2O_5 (%)	4.91
Exchangeable K (mg/kg)[3/]	16.62	Total K_2O (%)	1.59
Exchangeable Ca (mg/kg)[3/]	825	Total Ca (%)	1.11
Exchangeable Mg (mg/kg)[3/]	78.39	Total Mg (%)	0.31
Cation exchange capacity (cmol/kg)	2.42	Total Fe (%)	0.92
Field capacity (FC, % by mass)[4/]	8.65	Total Mn (%)	0.19
Permanent wilting point (PWP, % by mass)[4/]	2.57	Total Cu (%)	0.003
Available moisture capacity (AWCA, % by mass)[4/]	6.08	Total Zn (%)	0.02
Texture[5/]	loamy sand	Total Na (%)	0.27
		Moisture (%)	13.12

Note [1/] = Walkey and Black method (Walkey and Black, 1934)

[2/] = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)

[3/] = Extracted with NH_4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)

[4/] = ภาควิชาปฐพีวิทยา (2551)

[5/] = Pipette method (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2554)

Table 2 Growth of cassava at different growth stages.

Treatments	Height (cm)				Branches/plant				Fresh shoot yield (ton/rai)
	3 MAP[1/, 2/]	6 MAP[1/, 2/]	9 MAP[1/, 2/]	12 MAP[1/, 2/]	3 MAP[1/, 2/]	6 MAP[1/, 2/]	9 MAP[1/, 2/]	12 MAP[1/, 2/]	12 MAP[1/, 2/]
T_1 = control	50.72^{d}	73.84^{f}	92.56^{f}	126.38^{g}	1.42^{f}	1.60^{f}	1.71^{e}	1.81^{f}	3.63^{f}
T_2 = $IF_{DOA-100\%}$	70.63^{ab}	132.58^{cd}	163.42^{bc}	237.50^{c}	1.83^{bcd}	2.16^{bcd}	2.36^{bc}	2.60^{bc}	4.76^{bc}
T_3 = $IF_{DOA-100\%}+Z_{50}$	73.42^{ab}	142.53^{b}	178.64^{ab}	259.38^{ab}	1.92^{b}	2.36^{ab}	2.48^{ab}	2.71^{a}	5.39^{a}
T_4 = $IF_{DOA-100\%}+P_{50}$	72.35^{ab}	137.64^{bc}	170.56^{ab}	248.64^{bc}	1.87^{bc}	2.25^{abc}	2.39^{bc}	2.68^{ab}	4.85^{b}
T_5 = $IF_{12.01-0-13.41}+OF_{163}$	78.56^{a}	157.32^{a}	183.56^{a}	267.56^{a}	2.16^{a}	2.43^{a}	2.57^{a}	2.75^{a}	5.45^{a}
T_6 = $IF_{DOA-75\%}$	60.25^{c}	118.56^{e}	130.63^{e}	184.32^{f}	1.65^{e}	1.90^{e}	2.10^{d}	2.22^{e}	4.26^{e}
T_7 = $IF_{DOA-75\%}+Z_{50}$	65.66^{bc}	125.13^{de}	143.82^{de}	216.82^{d}	1.75^{de}	2.08^{cde}	2.26^{c}	2.46^{d}	4.51^{cde}
T_8 = $IF_{DOA-75\%}+P_{50}$	62.38^{c}	120.38^{e}	137.65^{de}	200.55^{e}	1.73^{de}	1.94^{de}	2.13^{d}	2.32^{e}	4.35^{de}
T_9 = $IF_{9.02-0-10.06}+OF_{122}$	67.42^{bc}	130.64^{cd}	150.56^{cd}	223.15^{d}	1.80^{cd}	2.10^{cde}	2.30^{c}	2.53^{cd}	4.64^{bcd}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	13.32	13.97	12.96	13.21	13.27	11.42	12.13	12.43	13.85

[1/] Months after planting

[2/] means within the same column followed by the same letter or letters indicated no statistical difference by using DMRT

** indicated significant difference at P< 0.01

Table 3 Yield and yield components of cassava at 12 months after planting.

Treatments	Fresh root yield (ton/rai)[1/]	Number of roots/plant[1/]	Average weight/root(kg)[1/]	Root width (cm)	Root length (cm)[1/]	Starch contents (%)[1/]	Starch yield (ton/rai)[1/]
T_1 = control	2.43^{g}	8.44^{bc}	0.18^{e}	4.80^{d}	23.61^{c}	23.41^{b}	0.57^{e}
T_2 = $IF_{DOA-100\%}$	5.74^{bc}	8.54^{ab}	0.42^{bcd}	5.53^{abc}	26.84^{ab}	26.84^{a}	1.54^{bc}
T_3 = $IF_{DOA-100\%}+Z_{50}$	6.11^{a}	8.49^{ab}	0.45^{ab}	5.67^{ab}	27.56^{ab}	27.52^{a}	1.68^{a}
T_4 = $IF_{DOA-100\%}+P_{50}$	5.83^{b}	8.47^{b}	0.43^{bc}	5.60^{abc}	27.38^{ab}	27.71^{a}	1.62^{ab}
T_5 = $IF_{12.01-0-13.41}+OF_{163}$	6.15^{a}	8.01^{e}	0.48^{a}	5.74^{a}	27.73^{a}	27.83^{a}	1.71^{a}
T_6 = $IF_{DOA-75\%}$	5.06^{f}	8.32^{cd}	0.38^{d}	5.37^{c}	25.71^{b}	26.73^{a}	1.35^{d}
T_7 = $IF_{DOA-75\%}+Z_{50}$	5.38^{de}	8.62^{a}	0.39^{cd}	5.43^{bc}	25.83^{ab}	27.30^{a}	1.47^{cd}
T_8 = $IF_{DOA-75\%}+P_{50}$	5.25^{ef}	8.20^{d}	0.40^{cd}	5.40^{c}	26.00^{ab}	27.15^{a}	1.43^{cd}
T_9 = $IF_{9.02-0-10.06}+OF_{122}$	5.53^{cd}	8.43^{bc}	0.41^{bcd}	5.51^{abc}	26.95^{ab}	27.41^{a}	1.52^{bc}
F-test	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	12.91	11.96	12.46	12.37	13.78	13.17	14.78

[1/] means within the same column followed by the same letter or letters indicated no statistical difference by using DMRT

** indicated significant difference at P< 0.01

Table 4 Harvest index and concentrations of plant nutrients in fresh root of cassava at 12 months after planting.

Treatments	Harvest index	Total N (%)[1/]	Total P (%)[1/]	Total K (%)[1/]
T_1 = control	0.40^{b}	0.103^{e}	0.073^{g}	0.716^{d}
T_2 = $IF_{DOA-100\%}$	0.55^{a}	0.256^{bc}	0.147^{bcd}	1.487^{a}
T_3 = $IF_{DOA-100\%}+Z_{50}$	0.53^{a}	0.264^{ab}	0.154^{ab}	1.539^{a}
T_4 = $IF_{DOA-100\%}+P_{50}$	0.55^{a}	0.262^{ab}	0.153^{abc}	1.493^{a}
T_5 = $IF_{12.01-0-13.41}+OF_{163}$	0.53^{a}	0.273^{a}	0.162^{a}	1.551^{a}
T_6 = $IF_{DOA-75\%}$	0.54^{a}	0.233^{d}	0.128^{f}	1.298^{c}
T_7 = $IF_{DOA-75\%}+Z_{50}$	0.54^{a}	0.245^{cd}	0.139^{de}	1.452^{ab}
T_8 = $IF_{DOA-75\%}+P_{50}$	0.55^{a}	0.242^{cd}	0.133^{ef}	1.383^{bc}
T_9 = $IF_{9.02-0-10.06}+OF_{122}$	0.54^{a}	0.251^{bc}	0.143^{cde}	1.468^{ab}
F-test	**	**	**	**
CV (%)	14.62	13.33	14.20	13.97

[1/] means within the same column followed by the same letter or letters indicated no statistical difference by using DMRT

** indicated significant difference at P< 0.01

Table 5 Comparison of weight/root, fresh root yield, starch contents and starch yield of cassava planted in the 1st and 2nd year.

Treatments	Weight/root (kg)			Fresh root yield (ton/rai)			Starch contents (%)			Starch yield (ton/rai)		
	1st year[1/]	2nd year	T-test	1st year[1/]	2nd year	T-test	1st year[1/]	2nd year	T-test	1st year[1/]	2nd year	T-test
T_1 = control	0.21	0.18	ns	2.67	2.43	*	23.54	23.41	ns	0.63	0.57	ns
T_2 = $IF_{DOA-100\%}$	0.40	0.42	ns	5.43	5.74	*	26.55	26.84	ns	1.44	1.54	ns
T_3 = $IF_{DOA-100\%}+Z_{50}$	0.42	0.45	ns	5.75	6.11	*	27.32	27.52	ns	1.57	1.68	ns
T_4 = $IF_{DOA-100\%}+P_{50}$	0.41	0.43	ns	5.55	5.83	ns	27.45	27.71	ns	1.52	1.62	ns
T_5 = $IF_{12.01-0-13.41}+OF_{163}$	0.42	0.48	*	5.88	6.15	ns	27.56	27.83	ns	1.62	1.71	ns
T_6 = $IF_{DOA-75\%}$	0.37	0.38	ns	4.84	5.06	ns	26.42	26.73	ns	1.28	1.35	ns
T_7 = $IF_{DOA-75\%}+Z_{50}$	0.39	0.39	ns	5.21	5.38	ns	26.75	27.30	ns	1.39	1.47	ns
T_8 = $IF_{DOA-75\%}+P_{50}$	0.39	0.40	ns	5.17	5.25	ns	26.65	27.15	*	1.38	1.43	ns
T_9 = $IF_{9.02-0-10.06}+OF_{122}$	0.40	0.41	ns	5.38	5.53	ns	26.89	27.41	*	1.45	1.52	ns

[1/] = พงษ์เพชร และคณะ (2558) ns = not significantly different at 0.05 probability ** indicated significant difference at P< 0.01