การตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินร่วน : ชุดดินห้วยโป่ง

Response of Cassava to Nutrient Management on Loamy Soil : Huai Pong Series

วัลลีย์ อมรพล [1/] กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ [2/] ศรีสุดา ทิพยรักษ์ [3/] ศุภกาญจน์ ล้วนมณี [4/]
จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข [1/] ประพิศ วองเทียม [1/] สมพงษ์ ทองช่วย [1/]
Wanlee Amonpon [1/] Kobkiet Paisancharoen [2/] Srisuda Thippayarugs [3/] Suphakarn Luanmanee [4/]
Jinnajar Hansethasuk [1/] Prapit Wongtiem [1/] Sompong Thongchuay [1/]

ABSTRACT

To increase cassava production in present situation of costly chemical fertilizer, perform good nutrient management which is specified to production area should be determined. Therefore, the response of cassava to nutrient management in loamy soil in eastern part of Thailand had been investigated. This research was aimed to get the most effectively recommendation of fertilizer application for cassava grown in loamy soil. The experiment was conducted on Huai Pong Soil Series (Hp) loamy soil, at Muang District, Rayong Province during 2011 to 2013. The experimental design was a split-plot with three replications. Main plot consisted of three cassava varieties: Rayong 9, Rayong 11 and CMR46-47-137. Sub-plot was implemented with ten procedures of fertilizer application: 0-0-0, 16-8-16, 16-8-0 , 0-8-16, 16-0-16, 16-8-8, 8-8-16, 24-8-16 , 16-8-24 and 16-16-16 kg (N-P_2O5-K_2O)/rai. Results showed that variety and fertilizer were significantly affected on cassava yield. Rayong 9 gave the highest yield at 6,274 fresh weight kg/rai and 1,970 starch kg/rai followed by CMR46-47-137 provided 5,982 fresh weight kg/rai and 1,792 starch kg/rai. While, Rayong 11 gave the lowest yield at 5,941 fresh weight kg/rai and 1,777 starch kg/rai. Using fertilizer of 16-8-24 kg (N-P_2O_5-K_2O)/rai gave the most benefit and net income (13,586 baht/rai), suited for economic return. All three cassava varieties showed potassium uptake higher than nitrogen and phosphorus uptake. Rayong 11 showed the highest nitrogen and potassium uptake. Generally, cassava production at yield 6,065 kg/rai has been required 4.47, 5.56 and 17.07 of N-P-K (kg/rai) uptake or input fertilizer at 4.47, 12.73 and 20.48 of N-P_2O_5-K_2O (kg/rai).

Key worlds : Cassava, nutrient management, loamy soil and Huai Pong Soil Series (Hp)

รหัสการทดลอง 01-07-54-02-01-02-03-54

[1/] ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร ต. ห้วยโป่ง อ. เมือง จ. ระยอง 21150, 038-681515

[2/] สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร

[3/] ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร

[4/] ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังจำเป็นต้องมีการจัดการธาตุอาหารพืชที่มีประสิทธิภาพและมีความเฉพาะเจาะจงสำหรับพื้นที่ เนื่องจากปุ๋ยเคมีที่ใช้มีราคาแพง จึงได้ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมในพื้นที่ดินร่วน เพื่อใช้เป็นคำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับมันสำปะหลังให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ในพื้นที่ดินทรายปนร่วน ภาคตะวันออก โดยทำการทดลองในชุดดินห้วยโป่ง (Hp) อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ฤดูฝนปี 2554/2555 และปี 2555/2556 วางแผนการทดลองแบบ split plot 3 ซ้ำ ปัจจัยหลักประกอบด้วย มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ได้แก่ 1) พันธุ์ระยอง 9 2) พันธุ์ระยอง 11 และ 3) สายพันธุ์ CMR 46-47-137 ปัจจัยรอง คืออัตราปุ๋ย 10 กรรมวิธี ได้แก่ 1) 0-0-0 2) 0-8-16 3) 8-8-16 4) 16-8-16 5) 24-8-16 6) 16-0-16 7) 16-16-16 8) 16-8-0 9) 16-8-8 10) 16-8-24 กก.N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ผลการทดลอง พบว่า การใช้พันธุ์และปุ๋ยเคมี ไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน โดยมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งสูงสุด 6,274 และ 1,970 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือพันธุ์ CMR46-47-137 ซึ่งให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้ง 5,982 และ 1,792 กิโลกรัมต่อไร่ และพันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งต่ำสุด 5,941 และ 1,777 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ การใช้ปุ๋ยเคมี มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังอย่างชัดเจน คือการใช้ปุ๋ย 16-8-24 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งสูงสุด 7,216 และ 2,210 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้มีรายได้และให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด มีกำไรสุทธิเฉลี่ยสูงสุด 13,586 บาท/ไร่ มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ มีการดูดใช้โพแทสเซียมรวมทุกส่วน สูงกว่าไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยพันธุ์ระยอง 11 มีการดูดใช้ไนโตรเจนและโพแทสเซียมไปสะสมในหัวต่อตันผลผลิตสูงสุด การปลูกมันสำปะหลังซึ่งได้ผลผลิตเฉลี่ย 6,065 กิโลกรัมต่อไร่ มีการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมติดไปกับผลผลิตออกไปจากพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 4.47, 5.56 และ 17.07 กก.N-P-Kต่อไร่ หรือเทียบเท่ากับปุ๋ยเคมีเท่ากับ 4.47-12.73-20.48 กก./N-P_2O_5-K_2Oไร่

คำหลัก : มันสำปะหลัง การจัดการธาตุอาหาร ดินทรายปนร่วน ชุดดินห้วยโป่ง

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่มีความสำคัญ นอกจากจะเป็นพืชอาหารและอุตสาหกรรมอื่นๆ แล้ว ยังมีศักยภาพเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลสูงเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยสามารถนำมาใช้ในการผลิตเอทานอลได้ทั้งรูปหัวสด และมันเส้น ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและผู้ส่งออกมันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลก ในปี พ.ศ. 2558/2559 มีพื้นที่ปลูก 9.15 ล้านไร่ กระจายอยู่ตามภาคต่าง ๆ คือภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกประมาณ 4.72 ล้านไร่ หรือ 51.6 เปอร์เซ็นต์ ภาคกลางประมาณ 0.94 ล้านไร่ หรือ 10.0 เปอร์เซ็นต์ ภาคเหนือประมาณ 2.01 ล้านไร่ หรือ 22.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนภาคตะวันออกประมาณ 1.48 ล้านไร่ หรือ 16.4 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ย 3,561 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ซึ่งปัจจุบันการผลิตมันสำปะหลังมีการเปลี่ยนแปลงไป เกษตรกรต้องการปลูกมันสำปะหลังเพื่อให้ได้ผลผลิตและมีรายได้สูงขึ้น โดยมีการปลูกมันสำปะหลังกันหลากหลาย ทั้งในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงสูง จึงต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกันไป ซึ่งหากใช้ปุ๋ยในอัตราที่ไม่เหมาะสม อาจจะเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตโดยไม่จำเป็น ซึ่งพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย และดินทราย ประกอบด้วย 2 กลุ่มดิน ที่สำคัญได้แก่ กลุ่มดิน Paleustals ที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย และมีการสะสมดินเหนียวในดินชั้นล่าง เช่น ชุดดินโคราช (Kt) วาริน (Wn) ยโสธร (Yt) ห้วยโป่ง (Hp) มาบบอน (Mb) และกลุ่มดิน Quartsipsamments เช่น ชุดดินสัตหีบ (Sh) พัทยา (Pu) น้ำพอง (Ng) ซึ่งเป็นกลุ่มดินที่มีเนื้อดินทรายลึก เป็นดินเกิดใหม่ยังมีการแบ่งชั้น หากเกษตรกรปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันเป็นระยะเวลายาวนาน ทำให้ดินเสื่อมโทรม (ชุมพล, 2550) จึงต้องมีการใช้ ปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกันไป ขณะที่กรมวิชาการเกษตร (2548) แนะนำปุ๋ยสำหรับการปลูกมันสำปะหลังในดินทราย และดินร่วนทราย ให้ใส่ปุ๋ย 16-8-16 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่ ซึ่งหากใช้ปุ๋ยในอัตรา ที่ไม่เหมาะสม อาจจะเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตโดยไม่จำเป็น หรือได้ผลผลิตไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ซึ่งชุดดินห้วยโป่ง เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินแกรนิต เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย หรือดินร่วนเหนียวปนทราย มีสีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลปนเทา ดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินร่วมเหนียวปนทราย หรือดินเหนียวปนทราย มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกิริยาดินเป็นกรมจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) มีข้อจำกัดเล็กน้อย คือ มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (กองสำรวจดิน, 2528 จึงมีความจำเป็นต้องมีวิธีการจัดการที่ดี เพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิต ให้ได้ผลผลิต 5 ตัน/ไร่ ตามเป้าหมายของรัฐบาล ซึ่งจะต้องพิจารณาเลือกพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมกับแต่ละพันธุ์ การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการจัดการธาตุอาหารอย่างแม่นยำ ตรงตามระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน และความต้องการของมันสำปะหลัง จึงดำเนินการวิจัยหาอัตราปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังในดินทรายปนร่วนชุดดินห้วยโป่ง (Hp) สำหรับนำไปใช้ในการให้คำแนะนำ การใช้ปุ๋ยแบบเฉพาะพื้นที่กับมันสำปะหลังอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับแนะนำเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ระยอง 9 พันธุ์ระยอง 11 และพันธุ์ CMR46-47-137

2. ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย (46 % N) ปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18 % N และ 46 % P_2O_5) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 % K_2O)

3. อุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับเก็บตัวอย่างพืช เช่น ถุงกระดาษสำหรับเก็บตัวอย่างพืช

4. เครื่องวัดหาปริมาณแป้งแบบ Riemann scale

5. เครื่องมือต่าง ๆ สำหรับวิเคราะห์ดินและพืช ได้แก่ Spectrophotometer pH meter และ Flame Photometer

6. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช

วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Split plot มี 3 ซ้ำ

Main plot ประกอบด้วย มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ

1) พันธุ์ระยอง 9

2) พันธุ์ระยอง 11

3) พันธุ์ CMR46-47-137

Sub plot ประกอบด้วย การใช้ปุ๋ย 10 กรรมวิธี ดังนี้

1) 0-0-0

2) 0-8-16 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่

3) 8-8-16 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่

4) 16-8-16 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่

5) 24-8-16 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่

6) 16-0-16 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่

7) 16-16-16 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่

8) 16-8-0 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่

9) 16-8-8 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่

10) 16-8-24 กก.N-P_2O_5-K_2O/ไร่

วิธีปฏิบัติการทดลอง

ดำเนินการทดลองในชุดดินห้วยโป่ง (Hp) Fine, kaolinitic, isohyperthermic *Typic Kandiudults* พิกัดแปลง UTM 47 P 0732160^{E} 1409096^{N} ตำบลห้วยโป่ง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ก่อนเริ่มการทดลองเก็บตัวอย่างดินรวม (Composite Sample) ก่อนปลูกที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ

20 - 50 เซนติเมตร และหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตปีที่ 2 วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในดิน ได้แก่ พีเอช (pH) วัดโดย pH meter ใช้อัตราส่วนดิน: น้ำ เท่ากับ 1:1 อินทรียวัตถุวิเคราะห์ด้วยวิธีการของ Walkley and Black (1934) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยสกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II และวัดการเกิดสีตามวิธี molybdenum blue โดยใช้ Spectrophotometer โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัดดินด้วย 1N Ammonium Acetate, pH 7 และวัดด้วย Flame Spectrophotometer แล้วทำการปลูกมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์แบบตั้งตรง ในดินทรายปนร่วน ชุดดินห้วยโป่ง ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง ขนาดแปลงทดลองย่อย 7 x 8 เมตร และระยะปลูก 0.70 x 1.0 เมตร ปลูกมันสำปะหลังปีที่ 1 และปีที่ 2 เมื่อ 9 มีนาคม 2554 และ 9 มีนาคม 2555 ใส่ปุ๋ยตาม กรรมวิธี โดยผสมปุ๋ยรวมกันตามตำรับการทดลอง ใส่ปุ๋ยที่อายุ 1 เดือน โดยใส่สองข้างต้นของมันสำปะหลังแล้วกลบปุ๋ย กำจัดวัชพืชตามความจำเป็น ไม่ปล่อยให้วัชพืชมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในปีที่ 1 เมื่อ 29 กุมภาพันธ์ 2555 และปีที่ 2 เมื่อ 7 มีนาคม 2556 ในพื้นที่ 5.6 x 6 เมตร วัดปริมาณแป้งด้วยเครื่องวัดแบบ Riemann scale คำนวณผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้ง เก็บตัวอย่างมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน ในปีแรก เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ในใบ ต้น เหง้า และหัว คำนวณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ดังนี้

การดูดใช้ธาตุอาหาร = ปริมาณธาตุอาหาร x น้ำหนักแห้ง /100

วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม IRRISTAT (Anon,1984) และเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยใช้อัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (marginal rate of return, MRR) ตามวิธีของอารันต์และธนรักษ์ (2534) ดังนี้

MRR (เปอร์เซ็นต์) = (กำไรที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการใช้ปุ๋ย ÷ ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการใช้ปุ๋ย) x 100

โดยมีหลักเกณฑ์ว่า การลงทุนมีความคุ้มทุน เมื่อค่า MRR เท่ากับหรือมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์

การบันทึกข้อมูล

1. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีอากาศเกษตรห้วยโป่ง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง

2. ผลวิเคราะห์ดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ 20 – 50 เซนติเมตร ก่อนปลูก และหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตปีที่ 2 วิเคราะห์หาระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

3. บันทึกความสูง เก็บเกี่ยวผลผลิตหัวสดในพื้นที่ 5.6 x 6 เมตร คำนวณผลผลิต/ไร่ และสุ่มตัวอย่างหัวสดมา 5 กิโลกรัมต่อแปลงทดลองย่อย เพื่อหาปริมาณแป้งในหัวสด โดยเครื่องวัดแบบ Riemann scale เมื่อทราบปริมาณแป้งในหัวสด สามารถคำนวณผลผลิตแป้งโดยใช้สูตรดังนี้

ผลผลิตแป้ง (กิโลกรัมต่อไร่) = ผลผลิตหัวสด x (ปริมาณแป้งในหัวสด) /100

เวลาและสถานที่ทำการทดลอง

- แปลงทดลอง และห้องปฏิบัติการดินและพืช ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง
- ระยะเวลาดำเนินการทดลอง ตุลาคม 2553 – กันยายน 2556

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สภาพแวดล้อม และสมบัติของดินชุดดินห้วยโป่ง

1.1 ปริมาณน้ำฝน

ฤดูปลูกปี 2554/2555 (9 มีนาคม 2554 - 29 กุมภาพันธ์ 2556) มีการกระจายตัวของฝนตลอดฤดูปลูกค่อนข้างสม่ำเสมอ มีปริมาณฝนสูงสุดเดือนสิงหาคม (6 เดือนหลังปลูก) ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูก 1,721.7 มิลลิเมตร ฤดูปลูกปี 2555/2556 (9 มีนาคม 2555 - 7 มีนาคม 2556) มีการกระจายตัวของฝนตลอดฤดูปลูกค่อนข้างสม่ำเสมอ มีปริมาณฝนสูงสุดเดือนสิงหาคม (6 เดือนหลังปลูก) ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดฤดูปลูก 1,660.4 มิลลิเมตร (Figure 1)

1.2 สมบัติของดินชุดดินห้วยโป่ง

ดินในพื้นที่ทดลองเป็นชุดดินห้วยโป่ง พิกัดแปลง UTM 47 P 0732160 ^{E} 1409096 ^{N} ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูกที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ 20-50 เซนติเมตร ในดินทรายปนร่วน ชุดดินห้วยโป่ง ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง มีค่า pH 4.5 และ pH 4.7 มีปริมาณอินทรียวัตถุ 1.0 และ 0.95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 100 และ 105 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 44 และ 46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 1) ลักษณะของดินภายในหน้าตัด พบว่า เป็นดินทรายปนร่วนที่ระดับความลึก 0-150 เซนติเมตร สีดินบน ที่ระดับความลึก 0-37 เซนติเมตร สีน้ำตาล (10YR7/3) ที่ระดับความลึก 37-101 เซนติเมตร เป็นสีเทาอ่อน (10YR7/2) ที่ระดับความลึก 101-127 เซนติเมตร เป็นสีน้ำตาล (10YR8/4) และที่ระดับความลึก 127-150 เซนติเมตรลงไป เป็นสีเหลือง (10YR7/6) ดินที่ใช้ในการทดลองมี พีเอชต่ำกว่าค่าวิกฤติ ซึ่งระดับวิกฤติของพีเอชมีในการปลูกมันสำปะหลังคือ 4.6 (CIAT, 1979) ขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนสูงกว่าค่าวิกฤติ ระดับวิกฤติของอินทรียวัตถุเท่ากับ 0.80 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 7 และ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ; โชติ 2539) และเก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตปีที่ 2 พบว่า ดินบนมีพีเอชเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.3 และดินล่างมีพีเอชเฉลี่ยลดลง 0.1 มีอินทรียวัตถุเฉลี่ยลดลงในดินบนและดินล่าง 0.03 และ 0.27 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเฉลี่ยลดลง 22 และ 52 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เฉลี่ยลดลง 23 และ 28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 2)

2. การเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง

2.1 การเจริญเติบโต

ปี 2554/2555 - 2555/2556 ความสูงมันสำปะหลังที่อายุเก็บเกี่ยว 12 เดือนโดยเฉลี่ยทั้ง 2 ปี พบว่าพันธุ์ระยอง 9 มีความสูงมากสุด 219 เซนติเมตร ใกล้เคียงกับพันธุ์ CMR46-47-137 ที่มีความสูง 212 เซนติเมตร แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับพันธุ์ระยอง 11 ซึ่งมีความสูง 203 เซนติเมตร การใส่ปุ๋ย 16-8-24 กก.N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ พบว่า มีความสูงมากสุด 239 เซนติเมตร ใกล้เคียงกับการ

ใส่ปุ๋ย 24-8-16, 16-16-16, 16-8-8 และ 16-8-16 กก.N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ซึ่งมีความสูงอยู่ระหว่าง 220 - 234 เซนติเมตร แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย 16-0-16, 8-8-16, 0-8-16 และ 16-8-0 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ที่มีความสูงอยู่ระหว่าง 193 - 215 เซนติเมตร และการไม่ใส่ปุ๋ยมีความสูงต่ำสุด 168 เซนติเมตร และไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และการใส่ปุ๋ยอัตราต่างๆที่มีต่อความสูงที่อายุเก็บเกี่ยว 12 เดือน (Table 3)

2.2 ผลผลิตหัวสด

ปี 2554/2555 - 2555/2556 การเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังในปีแรก เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2555 และเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลัง ปีที่ 2 เดือนมีนาคม 2556 เฉลี่ยทั้ง 2 ปี พบว่า การใช้พันธุ์และอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกันให้ผลผลิตหัวสดแตกต่างกัน คือมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด 6,274 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับพันธุ์ CMR 46-47-137 และพันธุ์ระยอง 11 ที่ให้ผลผลิตหัวสด 5,982 และ 5,941 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ย 16-8-24 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ พบว่า ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด 7,216 กิโลกรัมต่อไร่ ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ย 24-8-16, 16-8-16 และ 16-16-16 กก.N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิตหัวสดอยู่ระหว่าง 6,784 - 7,199 กิโลกรัมต่อไร่ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยกรรมวิธีอื่น ๆ ที่ให้ผลผลิตหัวสดอยู่ระหว่าง 5,191–6,092 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตหัวสดต่ำสุด 3,904 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และการใส่ปุ๋ยอัตราต่างๆที่มีต่อการให้ผลผลิตหัวสด (Table 3)

2.3 เปอร์เซ็นต์แป้ง

ปี 2554/2555-2555/2556 เฉลี่ยทั้ง 2 ปี พบว่า การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 31.4 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติอย่างนัยสำคัญยิ่งกับพันธุ์ระยอง 11 และพันธุ์ CMR 46-47-137 ที่ให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 30.0 และ 29.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยที่ต่างกันให้เปอร์เซ็นต์แป้งไม่แตกต่างกันอยู่ระหว่าง 29.8 – 31.2 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และการใส่ปุ๋ยอัตราต่างๆที่มีต่อการให้เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง (Table 4)

2.4 ผลผลิตแป้ง

ปี 2554/2555-2555/2556 เฉลี่ยทั้ง 2 ปี พบว่า การใช้พันธุ์และปุ๋ย ให้ผลผลิตแป้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คือการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตแป้งสูงสุด 1,970 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับพันธุ์ CMR 46-47-137 และพันธุ์ระยอง 11 ที่ให้ผลผลิตแป้ง 1,791 และ 1,777 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ย 16-8-24 กก.N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ให้ผลผลิตแป้งสูงสุด 2,210 กิโลกรัมต่อไร่ ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ย 24-8-16, 16-8-16 และ 16-16-16 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ที่ให้ผลผลิตแป้งอยู่ระหว่าง 2,047 - 2,169 กิโลกรัมต่อไร่ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย 16-0-16, 16-8-8, 8-8-16, 16-8-0 และ 0-8-16 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ที่ให้ผลผลิตแป้งอยู่ระหว่าง 1,599 - 1,900 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตแป้งต่ำสุด 1,191 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และการใส่ปุ๋ยอัตราต่างๆที่มีต่อการให้ผลผลิตแป้ง (Table 4)

3. การดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลัง

การดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลัง โดยเฉลี่ยทั้ง 2 ปี พบว่า มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ระยอง 9 พันธุ์ระยอง 11 และพันธุ์CMR46-47-137 มีการดูดใช้ไนโตรเจนรวมทุกส่วนอยู่ระหว่าง 15.33 - 17.48 กก. N ต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกัน มีการดูดใช้ไนโตรเจนรวมทุกส่วนกันอยู่ระหว่าง 13.44 - 21.25 กก. N ต่อไร่ การดูดใช้ฟอสฟอรัส พบว่า มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ มีการดูดใช้ฟอสฟอรัสรวมทุกส่วนอยู่ระหว่าง 8.41- 9.41 กก. P ต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกัน มีการดูดใช้ฟอสฟอรัสรวมทุกส่วนอยู่ระหว่าง 7.99 - 9.81 กก. P ต่อไร่ และมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์มีการดูดใช้โพแทสเซียมรวมทุกส่วนอยู่ระหว่าง 22.90 - 24.96 กก. K ต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกัน มีการดูดใช้โพแทสเซียมรวมทุกส่วนอยู่ระหว่าง 16.09 - 30.06 กก. K ต่อไร่ ดังนั้นการปลูกมันสำปะหลังซึ่งได้ผลผลิตเฉลี่ย 6,065 กิโลกรัมต่อไร่ มีการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไปสะสมในใบ ต้น เหง้า และหัวรวมกันเท่ากับ 18.40, 8.94 และ 24.13 กก.N-P-K ต่อไร่ หรือมีการดูดใช้ธาตุอาหารรวมทุกส่วนเฉลี่ย 35.75 ,17.37 และ 46.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 7-8) ในด้านการสูญเสียธาตุอาหารเมื่อมีการนำส่วนของหัวออกไปจากพื้นที่โดยไม่รวมส่วนของใบ ต้น และเหง้าที่ไถกลบลงดิน พบว่า มีการสูญเสียไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 2.72, 5.56 และ 17.07 กก. N-P-Kต่อไร่ หรือมีการสูญเสียธาตุอาหารติดไปกับผลผลิตเฉลี่ย 16.49, 20.52 และ 62.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เทียบเท่ากับปุ๋ยเคมีเท่ากับ 2.72-12.73-20.48 กก.N-P_2O_5-K_2Oต่อไร่ (Table 8) จะเห็นว่าโพแทสเซียมสะสมอยู่ในหัวมันสำปะหลังมากกว่าธาตุอาหารหลักอื่นๆ เมื่อมีการเคลื่อนย้ายผลผลิตออกจากพื้นที่ จึงทำให้ธาตุอาหารในดินลดลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างการปลูกมันสำปะหลังซ้ำในพื้นที่เดิม อย่างไรก็ตาม ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียออกจากพื้นที่ ขึ้นอยู่กับปริมาณของผลผลิต ซึ่งสอดคล้องกับ Phutthacharoen *et al.* (1998) และ Howeler (2002) ส่วนประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารเพื่อสร้างผลผลิต พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 1 กิโลกรัม มันสำปะหลังพันธุ์ CMR46-47-137 สามารถสร้างผลผลิตได้ 390 กิโลกรัม ขณะที่พันธุ์ระยอง 9 และระยอง 11 สามารถสร้างผลผลิตได้ 359 และ 348 กิโลกรัม และ พบว่า การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม 1 กิโลกรัมธาตุอาหาร สามารถสร้างผลผลิตได้มากกว่าพันธุ์ระยอง 11 และพันธุ์ CMR 46-47-137 (Table 9)

4. ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

ปี 2554/2555-2555/2556 การปลูกมันสำปะหลังในดินทรายปนร่วน ชุดดินห้วยโป่ง จังหวัดระยอง พบว่าโดยเฉลี่ย 2 ปี มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 มีกำไรสุทธิเฉลี่ยสูงสุด 10,372 บาทต่อไร่ รองลงมาคือพันธุ์ CMR46-47-137 และพันธุ์ระยอง 11 ซึ่งกำไรสุทธิ 9,757 และ 9,671 บาทต่อไร่ การใส่ปุ๋ย 16-8-24 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด มีกำไรสุทธิเฉลี่ยสูงสุด 13,586 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ย 24-8-16, 16-8-16 และ 16-0-16 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ มีกำไร

สุทธิเฉลี่ย 13,565, 12,979 และ 11,763 บาต่อไร่ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยในดินทรายปนร่วน ที่มีความอุดมสมบูรณ์ หากมีเงินลงทุนมากจึงแนะนำปุ๋ย 16-8-24 หรือ 24-8-16 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ และหากมีเงินลงทุนน้อย แนะนำให้ใช้ปุ๋ย 16-8-16 กก.$N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ซึ่งให้ผลตอบแทนมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ (Table 10)

สรุปผลการทดลอง

การปลูกมันสำปะหลังในดินทรายปนร่วน ชุดดินห้วยโป่ง ที่มีความอุดมสมบูรณ์ เมื่อใช้พันธุ์ระยอง 9 พบว่าให้ผลผลิตหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้ง ผลผลิตแป้ง และกำไรสุทธิเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์ CMR46-47-137 และพันธุ์ระยอง 11 โดยให้ผลผลิตหัวสด 6,274, 5,982 และ 5,941 กิโลกรัมต่อไร่ ให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 31.4, 29.8 และ 30.0 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตแป้ง 1,970, 1,792 และ 1,777 กิโลกรัมต่อไร่ และมีกำไรสุทธิเฉลี่ย 10,372, 9,757 และ 9,671 บาท/ไร่ ตามลำดับ หากมีเงินลงทุนมากควรใช้ปุ๋ย 16-8-24 หรือ 24-8-16 กก.$N-P_2O_5-K_2O$/ไร่ ซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิตหัวสด ผลผลิตแป้ง และผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด และหากมีเงินลงทุนน้อยสามารถเลือกใส่ปุ๋ย 16-8-16 กก.$N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ซึ่งให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุน โดยการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 มีการดูดใช้ไนโตรเจน และโพแทสเซียมรวมทุกส่วนต่อตันผลผลิต สูงกว่าพันธุ์ระยอง 9 และพันธุ์CMR46-47-137 แต่มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ มีการดูดใช้ฟอสฟอรัสรวมทุกส่วนใกล้เคียงกัน และเมื่อมีการเคลื่อนย้ายผลผลิตออกจากพื้นที่ (หัว) มีการสูญเสียไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 2.72, 5.56 และ 17.07 กก. N-P-K ต่อไร่ หรือเทียบเท่ากับปุ๋ยเคมีเท่ากับ 2.72-12.73-20.48 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่

การนำไปใช้ประโยชน์

การตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในดินทรายปนร่วน ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับมันสำปะหลังในกลุ่มดินร่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ในการประเมินปริมาณปุ๋ยที่จะใส่ให้กับมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มความสามารถในการให้ผลผลิต และให้ผลตอบแทนคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ตามลักษณะเนื้อดิน

นอกจากนี้ยังสามารถเป็นแนวทางในการนำไปขยายผล หรือประยุกต์ใช้กับกลุ่มดินอื่น หรือชุดดินอื่น เพื่อให้ได้ข้อมูลเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลังที่เหมาะสมเฉพาะพื้นที่ ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วย เป็นประโยชน์กับเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง และนักวิชาการเกษตรสามารถให้คำแนะนำการจัดการธาตุอาหารในดินและการใช้ปุ๋ยได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพสำหรับเกษตรกรได้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 121 หน้า

กองสำรวจดิน. 2528. รายงานการสำรวจดินจังหวัดระยอง. รายงานการสำรวจความเหมาะสมของดิน

ฉบับที่ 363. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 168 น.

ชุมพล นาควิโรจน์ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ โอภาษ บุญเสิ่ง สมาน รุ่งเรือง อนุศาสตร์ สุ่มมาตย์ วัลลีย์ อมรพล สันติ ธีราภรณ์ ดิสพันธุ์ ธรรมาภิรมย์ และฉัตรชนก นพพรพรร.2550. การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง หน้า 156-176. *ใน* รายงานการประชุมผลงานวิจัยเพื่อพิจารณาเป็นผลงานวิจัยดีเด่น ประจำปี 2549 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 6-8 มิถุนายน 2550 ณ โรงแรมรามาการ์เด้น กรุงเทพฯ

โชติ สิทธิบุศย์. 2539 แนวทางพัฒนาระบบการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ISBN 974-7465-15-9. 119 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2557/2558. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร. 199 หน้า www.http://oae.go.th

อารันต์ พัฒโนทัย และธนรักษ์ เมฆขยาย. 2534. จากข้อมูลผลการทดลองสู่คำแนะนำเกษตรกร คู่มือการอบรมทาง เศรษฐศาสตร์ ฝ่ายเศรษฐศาสตร์ ศูนย์วิจัยการปรับปรุงข้าวโพด และข้าวสาลีนานาชาติ. กรุงเทพมหานคร. 88 หน้า.

Anon. 1984. Annual Report for 1983. Los Bonos, Laguna, Philippines. 450 p.

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

Howeler, R.H. 2002. Cassava Mineral Nutrition and Fertilization. *In* Hillocks, R.J., J.M. Thresh and A.C. Bellotti *(*eds.), Cassava: Biology, Production and Utilization, 115-147p.

International Center for Tropical Agriculture.(CIAT) 1979. Cassava program. In: Annual report 1978.Cali,Colombai pp. A-1-A-100.

Lizarraga- Paulin, E. G., l. Torres- Pacheco , E. Moreno- Martinez and S. P. Miranda – Castro. 2011. Chitosan application in maize (Zea mays) to counteract the effects of abiotic stress at seedling level. Afr. J. Biotechnol., 10: 6439-6446.

Putthacharoen, S., R.H. Howeler, S. Jantawat, and V. Vichukit. 1998. Nutrient uptake and soil erosion losses in cassava and six other crops in a Psamment in eastern Thailand. Field Crops Research. 57, 113-126p.

Peech,M. 1965. Soil pH by grass electrode pH meter,pp. 914-925.In C.A. Black ,D.D.Evans,R.L. White,L.E.Ensminger,F.E. Clark,and R.C.Dinsuer (eds). Method of soil Analysis Part 2 : Physical and menerological Propertics, Inching Statistics of Measurement and Sampling American Society of Agronomy Inc., Pubisher Madison,USA.

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

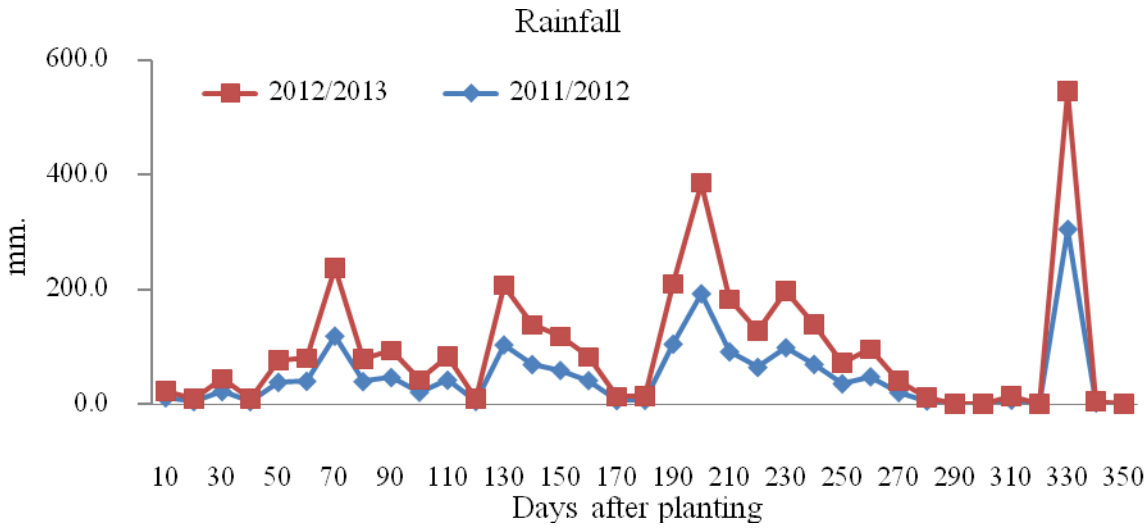

Figure 1 10 days rainfall(mm.) in 2011/2012 (9th March 2011-29th February 2012), 1,721.7 mm. in 2012/2013 (9th March 2012 - 7th March 2013), 1,660.4 mm.

Source : Meteorological Station. Agriculture Huay Pong, Rayong.

Table 1 Characteristics of Huai Pong soil series at Rayong Province before planting Cassava in 2011/2012.

Soil depth (cm)	pH[1] (soil: water 1:1)	OM[2] (%)	Avai.P[3] (mg/kg)	Exch.K[4] (mg/kg)	Texture[5]
0-20	4.5	1.00	100	44	Loamy sand
20-50	4.7	0.95	105	46	Loamy sand

[1] Peech (1965) soil : water = 1:1 [2] Walkley and Black (1965)

[3] Bray and Kurtz (1945) [4] Schollenberger and Simon (1945) [5] Hydrometer method

Table 2 Characteristics of Huai Pong soil Series at Rayong Province after planting Cassava in 2012/2013.

Treatments	Soil depth (cm)	pH[1] (soil:water 1:1)	OM[2] (%)	Avai.P[3] (mg/kg)	Exch.K[4] (mg/kg)
Varieties (V)					
Rayong 9	0-20	4.7	1.02	57	22
	20-50	4.5	0.68	46	17
Rayong 11	0-20	4.7	0.91	80	20
	20-50	4.6	0.64	51	18
CMR46-47-137	0-20	4.9	0.97	98	22
	20-50	4.9	0.73	62	20
Average	0-20	4.8	0.97	78	21
	20-50	4.6	0.68	53	18
$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ (F)					
0-0-0	0-20	4.8	1.00	85	19
	20-50	4.6	0.65	66	19
0-8-16	0-20	4.7	0.94	101	26
	20-50	4.5	0.71	53	17
8-8-16	0-20	4.8	0.99	77	21
	20-50	4.6	0.66	63	18
16-8-16	0-20	4.8	0.96	88	21
	20-50	4.5	0.69	49	23
24-8-16	0-20	4.7	1.03	79	25
	20-50	4.7	0.64	57	19
16-0-16	0-20	4.7	0.97	50	23
	20-50	4.8	0.70	35	19
16-16-16	0-20	4.7	0.91	65	21
	20-50	4.5	0.67	53	18
16-8-0	0-20	4.8	0.96	103	15
	20-50	4.8	0.71	62	13
16-8-8	0-20	4.8	0.98	74	19
	20-50	4.6	0.65	44	16
16-8-24	0-20	4.8	0.92	61	23
	20-50	4.8	0.73	45	21

Table 3 Height of Cassava varieties on Huai Pong (Hp), in rainy season 2011/2012 – 2012/2013

Fertilizer	Varieties (CM)			Average
(kg.N-P_2O_5-K_2O/rai)	Rayong 9	Rayong 11	CMR46-47-137	
0-0-0	163	168	173	168 f
0-8-16	213	196	184	197 e
8-8-16	221	191	196	203 de
16-8-16	224	222	215	220 bc
24-8-16	242	211	249	234 ab
16-0-16	222	208	214	215 cd
16-16-16	243	215	228	229 abc
16-8-0	202	191	187	193 e
16-8-8	224	206	220	217 cd
16-8-24	236	225	255	239 a
Average	219 A	203 B	212 A	211

A = **, B = **, A x B = NS CV (a) = 10.0 % CV (b) = 2.5 %

Remark : Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT), ** : Significant at 1% level of probability, NS: Not significant

Table 4 Fresh Yield of Cassava varieties on Huai Pong (Hp), in rainy season 2011/2012 – 2012/2013

Fertilizer	Varieties (Kg/rai)			Average
(kg.N-P_2O_5-K_2O/rai)	Rayong 9	Rayong 11	CMR46-47-137	
0-0-0	4,120	3,596	3,999	3,905 e
0-8-16	5,543	4,614	5,417	5,191 d
8-8-16	6,421	5,365	5,940	5,909 bc
16-8-16	6,786	7,082	6,535	6,801 a
24-8-16	7,298	7,347	6,951	7,199 a
16-0-16	5,883	6,360	6,326	6,190 b
16-16-16	7,196	6,863	6,294	6,784 a
16-8-0	5,958	5,219	5,307	5,495 cd
16-8-8	6,086	5,823	6,292	6,067 b
16-8-24	7,449	7,137	7,061	7,216 a
Average	6,274 A	5,941 B	5,982 B	6,065

A = **, B = *, A x B = NS CV (a) = 8.7 % CV (b) = 9.3 %

Remark : Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT), *, ** : Significant at 5, 1% level of probability, NS: Not significant

Table 5 Starch of Cassava varieties on Huai Pong (Hp),in rainy season 2011/2012 – 2012/2013

Fertilizer	Varieties (%)			Average
(kg.N-P_2O_5-K_2O/rai)	Rayong 9	Rayong 11	CMR46-47-137	
0-0-0	30.8	30.5	29.3	30.2
0-8-16	31.6	30.6	30.3	30.8
8-8-16	31.2	29.8	29.5	30.2
16-8-16	31.1	30.0	29.5	30.2
24-8-16	31.4	29.5	29.4	30.1
16-0-16	31.6	30.6	31.3	31.2
16-16-16	31.9	29.1	29.2	30.0
16-8-0	31.2	29.6	28.4	29.8
16-8-8	31.7	30.3	29.9	30.6
16-8-24	31.1	29.8	30.8	30.6
Average	31.4 A	30.0 B	29.8 B	30.3
A = **, B = NS, A x B = NS CV (a) = 4.9 % CV (b) = 2.2 %				

Remark : Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT), ** : Significant at 1% level of probability, NS: Not significant

Table 6 Starch Yield of Cassava varieties on Huai Pong (Hp), in rainy season 2011/2012 -2012/2013

Fertilizer	Varieties (Kg/rai)			Average
(kg.N-P_2O_5-K_2O/rai)	Rayong 9	Rayong 11	CMR46-47-137	
0-0-0	1,458 d	1,099 e	1,204 e	1,254 e
0-8-16	1,749 cd	1,412 d	1,636 cd	1,599 d
8-8-16	2,003 abc	1,601 cd	1,752 bcd	1,785 c
16-8-16	2,112 ab	2,122 a	1,933 abc	2,056 ab
24-8-16	2,297 a	2,160 a	2,048 ab	2,168 a
16-0-16	1,856 bc	1,945 ab	1,900 abc	1,900 bc
16-16-16	2,296 a	2,001 ab	1,841 bc	2,046 ab
16-8-0	1,759 cd	1,544 cd	1,524 d	1,609 d
16-8-8	2,039 abc	1,762 bc	1,892 abc	1,897 bc
16-8-24	2,318 a	2,127 a	2,184 a	2,209 a
Average	1,990 A	1,777 B	1,791 B	1,846
A = **, B = **, A x B = NS CV (a) = 11.3 % CV (b) = 9.3 %				

Remark : Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT), ** : Significant at 1% level of probability, NS: Not significant

Table 7 Nutrients uptake (kg nutrient/rai) by cassava at 12 months on Huai Pong (Hp) Loamy sand soil in rainy season 2011/2012-2012/2013

Treatments	**Leaf** (kg nutrient/rai)			**Stem** (kg nutrient/rai)			**Stalk** (kg nutrient/rai)		
	N	**P**	**K**	**N**	**P**	**K**	**N**	**P**	**K**
Rayong 9	7.19	0.95	1.73	4.26	1.05	2.01	3.14	1.14	3.14
Rayong 11	7.55	1.23	1.82	3.18	1.18	1.84	2.89	1.08	3.62
CMR46-47-137	7.04	0.92	1.64	3.68	1.48	1.94	2.86	1.19	3.35
Average	7.26	1.03	1.73	3.70	1.24	1.93	2.96	1.14	3.37
$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ (F)									
0-8-16	5.87	0.9	1.64	2.8	1.17	1.86	2.29	1.02	3.26
8-8-16	6.62	0.97	1.57	3.12	1.26	1.81	2.71	1.14	3.12
16-8-16	7.85	1.22	1.89	3.8	1.5	2.12	3.07	1.22	3.59
24-8-16	8.58	1.16	2.08	4.72	1.1	2.21	3.28	1.12	3.67
16-0-16	6.81	0.9	1.68	3.18	1.11	2.08	2.93	1.14	3.86
16-16-16	7.27	1.08	1.68	4.13	1.17	1.88	3.41	1.21	3.48
16-8-0	7.75	1.14	1.61	3.44	1.51	1.28	3.12	1.11	2.18
16-8-8	6.5	0.88	1.33	3.54	1.05	1.39	2.74	1.04	2.83
16-8-24	8.06	1.03	2.08	4.59	1.25	2.72	3.26	1.27	4.35
Uptake (%)	72.46	10.28	17.27	53.86	18.05	28.09	39.63	15.26	45.11

Table 8 Nutrients uptake (kg nutrient/rai) by cassava at 12 months on Huai Pong (Hp) Loamy sand soil in rainy season 2011/2012-2012/2013

Treatments	Root (kg nutrient/rai)			Total uptake (kg nutrient/rai)			Yield (kg/rai)
	N	**P**	**K**	**N**	**P**	**K**	
Rayong 9	2.91	5.30	16.29	17.48 (2.79)	8.41 (1.34)	24.96 (3.98)	6,274 A
Rayong 11	3.48	5.51	18.29	17.08 (3.16)	8.99 (1.52)	24.54 (4.13)	5,941 B
CMR46-47-137	1.78	5.86	17.12	15.33 (2.57)	9.41 (1.58)	22.90 (3.83)	5,982 B
Average	2.72	5.56	17.07	18.4	8.94	24.13	6,065
$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ (F)							
0-8-16	2.47	4.89	16.22	13.44 (2.59)	7.99 (1.54)	22.89 (4.41)	5,191 e
8-8-16	2.82	5.57	17.23	15.26 (2.59)	8.93 (1.52)	23.84 (4.04)	5,909 c
16-8-16	5.47	6.11	19.42	20.17 (2.97)	9.81 (1.45)	26.76 (3.94)	6,801 ab
24-8-16	4.64	6.18	19.5	21.25 (2.96)	9.55 (1.33)	27.67(3.85)	7,199 a
16-0-16	6.16	5.21	16.9	19.04 (3.13)	8.31 (1.37)	24.50 (4.02)	6,190 bc
16-16-16	4.75	5.75	18.23	19.56 (2.89)	9.06 (1.34)	25.90 (3.82)	6,784 ab
16-8-0	4.3	4.81	11.01	18.62 (3.39)	8.80 (1.61)	16.09 (2.93)	5,495 d
16-8-8	4.93	5.37	13.98	17.69 (2.92)	8.33 (1.38)	19.51 (3.22)	6,067 bc
16-8-24	4.66	6.18	20.93	20.56 (2.92)	9.71 (1.38)	30.06 (4.26)	7,216 a
Uptake (%)	16.49	20.52	62.99	35.75	17.37	46.88	

( ) = Nutrient uptake Kg/ton yield

Table 9 Nutrients used efficiency (kg nutrient/rai) by cassava at 12 months on Huai Pong (Hp) Loamy sand soil in rainy season 2011/2012-2012/2013

Treatments	Yield	Total uptake (kg nutrient/rai)			Nutrients used efficiency (kg nutrient/rai)		
		N	P	K	N	P	K
Rayong 9	6,274 A	17.48	8.41	24.96	359	746	271
Rayong 11	5,941 B	17.08	8.99	24.54	348	661	242
CMR46-47-137	5,982 B	15.33	9.41	22.90	390	636	249
Average	6,065	18.4	8.94	24.13	330	678	254
$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ (F)							
0-8-16	5,191 d	13.44	7.99	22.89	386	650	227
8-8-16	5,909 bc	15.26	8.93	23.84	387	662	248
16-8-16	6,801 a	20.17	9.81	26.76	337	693	254
24-8-16	7,199 a	21.25)	9.55	27.67	339	754	260
16-0-16	6,190 b	19.04	8.31	24.50	325	745	253
16-16-16	6,784 a	19.56	9.06	25.90	347	749	262
16-8-0	5,495 cd	18.62	8.80	16.09	295	624	342
16-8-8	6,067 b	17.69	8.33	19.51	343	728	311
16-8-24	7,216 a	20.56	9.71	30.06	351	743	240
Uptake (%)		35.75	17.37	46.88			

( ) = Nutrient uptake Kg/ton yield

Table 10 Analysis of marginal rate of return of cassava production under different nutrient managements on Huai Pong (Hp) in rainy season 2011/2012-2012/2013

Treatments	Yield (Kg/rai)	Total cost (Bath/rai)	Benefit (Bath/rai)	MRR (%)
Rayong 9	6,274	2,805	10,372	-
Rayong 11	5,941	2,805	9,671	-
CMR46-47-137	5,982	2,805	9,757	-
$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$				
16-8-0	5,191 d	755	10,546	-
0-8-16	5,909 bc	944	9,957	D
16-0-16	6,801 a	1,031	11,763	441
16-8-8	7,199 a	1,039	11,701	D
8-8-16	6,190 b	1,068	11,341	D
16-8-16	6,784 a	1,303	12,979	447
24-8-16	5,495 cd	1,551	13,565	236
16-8-24	6,067 b	1,567	13,586	131
16-16-16	7,216 a	1,594	12,653	D

D is dominated treatment.

2011-2012 cassava price 2.10 baht/kg.

The fertilizer plant and the maintenance of 2,805 baht/rai.

46-0-0 fertilizer price 11.80 baht/kg 18-46-0 fertilizer price 20.00 baht/kg

0-46-0 fertilizer price 27.00 baht/kg 0-0-60 fertilizer price 18.30 baht/kg