รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. แผนงานวิจัย : -

2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการเพิ่มมูลค่ามันสำปะหลัง

กิจกรรม : เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : อิทธิพลของการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณเอทานอลในมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ที่อายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Effect of Nitrogen Management on Reducing Sugar and Ethanol content in Cassava Variety Rayong 9 at Various Harvesting Dates

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : นางวารีย์ ทองมี สังกัดสถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

ผู้ร่วมงาน : นายธรรมรัตน์ ทองมี[1/] นางสาวหนึ่งฤทัย ศรีธรราษฎร์[1/] นางสาวอรทัย วรสุทธิ์พิศาล[1/] นางสาวจารุวรรณ บางแวก[2/] นายนฤเทพ เวชภิบาล[2/] นางเสาวรี บำรุง[3/]

5. บทคัดย่อ

การทดลองนี้ ดำเนินการที่สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตการเกษตร และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2561 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณเอทานอลในมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ที่อายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบ Split plot ทำ 4 ซ้ำ โดย Main plot คือ อายุการเก็บเกี่ยว ประกอบด้วย 6 9 และ 12 เดือน และ Sub plot คือ การจัดการปุ๋ยไนโตรเจน ประกอบด้วยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 4 อัตรา คือ 0 1 1.5 และ 2 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 จำนวน 1 ต้นต่อหลุม ใช้ระยะปลูก 1.2x0.80 เมตร พื้นที่ปลูกเท่ากับ 80.64 ตารางเมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 48 ตารางเมตร การบันทึกข้อมูลประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์ความงอก เปอร์เซ็นต์ความอยู่รอด ความสูงต้น องค์ประกอบผลผลิต กากมันสำปะหลัง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณเอทานอล ผลการทดลอง พบว่า ลักษณะที่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างอายุเก็บเกี่ยวกับการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนหัวสดต่อแปลงย่อย จำนวนหัวสดต่อต้น และปริมาณแอลกอฮอล์ ที่อายุการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง 9 เดือน ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด ในขณะที่การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และพบว่าอายุเก็บเกี่ยวและการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน มีผลต่อปริมาณเอทานอลเช่นกัน โดยพบความแตกต่างของ

ปริมาณเอทานอลเมื่อมีการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกันในมันสำปะหลังที่อายุเก็บเกี่ยว 6 เดือน ส่วนที่อายุ 9 และ 12 เดือน ไม่พบความแตกต่างของปริมาณแอลกอฮอล์

[1/] สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

[2/] กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตการเกษตร

[3/] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา

Abstract

The experiment was conducted at Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Post-Harvest and Products Processing Research and Development Division and Nakhon Ratchasima Agricultural Research and Development Center between September 2017 and September 2018. The objective was to study effect of Nitrogen management on reducing sugar and ethanol content of Cassava variety Rayong 9 at various harvesting dates. The experimental design was split plot with 4 replications. Main plot was various harvesting dates including 6, 9 and 12 months after planting. Sub plot was rates of nitrogen including 0.0, 0.5, 1.0 and 2.0 times of soil analysis value. Cassava variety Rayong 9 was grown 1 set per hole in spacing 1.2x0.8 m., planting area was 80.64 m^2 and harvesting area was 48 m^2 per plot. Data collection consists of germination, survival, plant height, yield components, cassava bagasse, reducing sugar content and ethanol content. The result revealed that harvesting dates had interaction with rates of nitrogen on characters of plant height, amount of fresh root per plot, amount of fresh root per plant and ethanol content. Reducing sugar at 9 months after planting was higher than other dates while nitrogen management was not related with reducing sugar content. Moreover, the interaction between harvesting date and nitrogen management affected to ethanol content. Ethanol content had different value for each rates of nitrogen at 6 months after planting, not at 9 and 12 months after planting.

6. คำนำ

ประเทศไทย เป็นประเทศที่มีศักยภาพในการปลูกมันสำปะหลัง โดยในปี 2560/2561 มีผลผลิตมันสำปะหลังออกสู่ท้องตลาดสูงถึง 30.50 ล้านตัน จากพื้นที่การเก็บเกี่ยว 8.71 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) อุตสาหกรรมหลักในการแปรรูปมันสำปะหลัง ได้แก่ มันเส้น มันอัดเม็ด และแป้งมันสำปะหลัง ส่วนใหญ่มันเส้นและมันอัดเม็ดมีความสำคัญด้านอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ในขณะที่แป้งมันสำปะหลังมีบทบาทมากในด้านใช้เพื่อการบริโภคของมนุษย์ การใช้ประโยชน์จากแป้งมันสำปะหลัง นอกจากการบริโภคโดยตรงแล้ว แป้งมันสำปะหลังยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้ เช่น ผงชูรส สารให้ความหวาน และแป้งแปรรูป โดยทั่วไปการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเน้นเรื่องการเพิ่มผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้ง เพื่อรองรับอุตสาหกรรมการ

แปรรูปเป็นมันเส้น มันอัดเม็ด และแป้งมันเป็นหลัก ส่วนการปรับปรุงพันธุ์เพื่อการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังนั้น เพิ่งได้รับความสนใจเมื่อไม่นานมานี้ เนื่องจากสถานการณ์ด้านพลังงานโลกทั้งราคาและปริมาณที่เปลี่ยนไป ซึ่งหัวมันสำปะหลังเป็นส่วนของรากที่โตขึ้นสำหรับการสะสมแป้ง หัวมันสำปะหลังสดมีแป้งหรือคาร์โบไฮเดรต ประมาณ 28-35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมันเส้นและมันอัดเม็ดจะมีแป้งหรือคาร์โบไฮเดรต ประมาณ 70-85 เปอร์เซ็นต์ (ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, 2537) แป้งในมันสำปะหลังสามารถเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ชนิดที่เรียกว่า เอทานอล (ethanol) แอลกอฮอล์ที่ได้นี้เมื่อนำไปผสมน้ำมันเบนซิลในอัตรา 10-20 : 90-80 ส่วน สามารถนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ ที่เรียกว่า แก๊สโซฮอล์ (gasohol) ได้ และช่วยให้ประเทศไทยสามารถลดการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ

สำหรับสถานการณ์การผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังขณะนี้ พบว่า หัวมันสำปะหลังสด 1 ตัน สามารถให้ผลผลิตเอทานอล เฉลี่ยประมาณ 150 ลิตร พันธุ์ที่มีการรับรองเพื่อการผลิตเอทานอลจากกรมวิชาการเกษตรมีเพียงพันธุ์เดียว คือ พันธุ์ระยอง 9 ที่ให้ผลผลิตถึง 191 ลิตรต่อตันหัวสด ที่เปอร์เซ็นต์แป้ง 30.84 เปอร์เซ็นต์ มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 เป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์ CMR31-19-23 กับพันธุ์ OMR29-20-118 เมื่อปี 2535 ปลูกคัดเลือกและประเมินผลผลิตจนถึงปี 2548 รับรองพันธุ์โดยกรมวิชาการเกษตร ในปี 2549 ผลผลิตหัวสดประมาณ 4.9 ตันต่อไร่ ปริมาณแป้ง 24-31 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะประจำพันธุ์ คือ ยอดอ่อนสีเขียวอ่อนอมน้ำตาลอ่อน ก้านใบสีเขียวอ่อนอมชมพู แผ่นใบเป็นแบบใบหอก (lanceolate) ลำต้นสีน้ำตาลอ่อน ความสูงต้นประมาณ 200 เซนติเมตร แตกกิ่ง 0-1 ระดับ ระดับแรกสูงจากพื้นดินประมาณ 170 เซนติเมตร หัวมีลักษณะเรียว เปลือกสีน้ำตาลอ่อน เนื้อสีขาว อายุเก็บเกี่ยวที่แนะนำ คือ 12 เดือน มีลักษณะเด่น คือ ผลผลิตหัวสดและเปอร์เซ็นต์แป้งสูง เหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นเอทานอล ลำต้นสูงตรง แข็งแรง ทำให้ได้ท่อนพันธุ์มาก สามารถต้านทานโรคใบไหม้ และโรคใบจุดในระดับปานกลาง ฤดูปลูกที่เหมาะสม คือ ปลูกได้ทั้งต้นฤดูฝนเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน และปลายฝนเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม พื้นที่แนะนำ คือ แหล่งปลูกมันสำปะหลังที่เป็นดินร่วนปนทราย ข้อจำกัดสำหรับการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์นี้ คือ ไม่ต้านทานไรแดง ไม่เหมาะกับการเก็บเกี่ยวที่อายุน้อยกว่า 12 เดือน และไม่เหมาะกับดินร่วนเหนียว และดินร่วนปนลูกรัง

การใช้หัวมันสำปะหลังสด มันเส้น มันอัดเม็ด และแป้งมันเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลจะต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายแป้งเป็นน้ำตาลก่อนโดยใช้เอนไซม์ โดยน้ำตาลที่ได้ ส่วนใหญ่ คือ น้ำตาลกลูโคส ซึ่งเหมาะสำหรับยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลในปัจจุบัน น้ำตาลรีดิวซ์เป็นน้ำตาลในกลุ่มโมโนแซคคาไรด์ และไดแซคคาไรด์ ซึ่งมีหมู่คาร์บอนิลที่สามารถถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายด้วยวิธี Modified dinitrosalicylic acid method และเป็นน้ำตาลที่มีกลุ่มของอัลดีไฮด์ (aldehyde) ที่เป็นอิสระทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเลคตรอน (reducing agent) ในสารละลายด่าง น้ำตาลรีดิวซ์ส่วนใหญ่ที่พบในพืช ได้แก่

กลูโคส ฟรุกโตส กาแลกโตส แมนโนส ไรโบส และ ไซโลส (สุพจน์ นวลละออง, 2552) โดยน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีบทบาทสำคัญมากที่สุดคือ กลูโคส การหมักน้ำตาลเพื่อให้ได้เอทานอลปริมาณมากขึ้นโดยใช้ยีสต์ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือปริมาณกลูโคสที่ได้จากวัตถุดิบ ในสภาพธรรมชาติ มันสำปะหลังจะมีการสร้างน้ำตาลรีดิวซ์ตลอดเวลา เพื่อเปลี่ยนไปเป็นแป้งที่สะสมในหัวมันสำปะหลัง เมื่อมีการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังขบวนการสร้างน้ำตาลจะชะลอและหยุดการสร้างลง แต่การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลยังคงดำเนินต่อไปจนกระทั่งน้ำตาลรีดิวซ์จะหมดไป ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์และระยะเวลาการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังก่อนนำไปใช้เป็นวัตถุดิบ

การจัดการธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) นั้น มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง (Pellet and El-Sharkawy, 1993; Uwah, 2013) โดยพบว่าการดูดใช้ (uptake) ธาตุ P และ K มีอิทธิพลต่อผลผลิตมากกว่าการดูดใช้ธาตุ N (Howeler, 2002) แต่การดูดใช้ธาตุอาหารต่างๆ เหล่านี้ยังไม่พบรายงานว่ามีผลต่อการสะสมแป้งหรือน้ำตาลในมันสำปะหลัง ซึ่งการพัฒนาพันธุ์เพื่ออุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล นอกจาก ต้องพิจารณาเรื่องผลผลิตแล้วยังต้องพิจารณาถึงเรื่องปริมาณแป้งและน้ำตาลที่พืชสร้างด้วย ในมันฝรั่งซึ่งเป็นพืชสะสมแป้งในหัวเช่นเดียวกับมันสำปะหลัง พบว่า ธาตุ N มีผลต่อการสะสมน้ำตาลมากกว่าธาตุ P และ K ปริมาณ N ที่สูงขึ้น ส่งผลให้การสะสมแป้งต่ำ แต่การสะสมน้ำตาลรีดิวซ์สูงขึ้น (Wolfe *et al.,* 1991) และยังส่งผลให้มีหัวอ่อน (immature tuber) ช่วงการเก็บเกี่ยวสูงขึ้นด้วย (Lisinska and Leszczynski, 1989; Sowokinos, 1990)

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีศักยภาพในการใช้น้ำและปุ๋ย
2. อุปกรณ์ ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดวัชพืชสำหรับการทำแปลงปลูกมันสำปะหลัง
3. เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง เครื่องปั่น มีด ตะแกรงร่อนแป้ง
4. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณเอทานอล

- วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Split plot ทำ 4 ซ้ำ โดย Main plot คือ อายุการเก็บเกี่ยว ประกอบด้วย 6 9 และ 12 เดือน และ Sub plot คือ การจัดการปุ๋ยไนโตรเจน ประกอบด้วยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 4 อัตรา คือ 0 1 1.5 และ 2 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 วันที่ 5 พฤษภาคม 2560 จำนวน 1 ต้นต่อหลุม ใช้ระยะปลูก 1.2x0.80 เมตร พื้นที่ปลูก เท่ากับ 80.64 ตารางเมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 48 ตารางเมตร พ่นสารเคมีและกำจัดวัชพืชตามความจำเป็น เก็บเกี่ยวเมื่อมันสำปะหลังอายุ 6, 9 และ 12 เดือน พร้อมบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความงอก ที่อายุ 1 เดือนหลังปลูก เปอร์เซ็นต์ความอยู่รอด ที่อายุ 3 เดือน ความสูงต้นที่อายุ 6, 9และ 12 เดือน ผลผลิตและทำกากมันสำปะหลังเพื่อส่งวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณเอทานอล

- เวลาและสถานที่

เวลา: ปีที่เริ่มต้น 2560 ปีที่สิ้นสุด 2561

สถานที่ : 1) สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

2) กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตการเกษตร

3) ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่เก็บจากแปลงทดลอง พบว่าดินมีค่า pH 6.7 ค่าอินทรียวัตถุ เท่ากับ 0.65 เปอร์เซ็นต์ ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เท่ากับ 75.0 mg./kg หรือ ppm. ส่วนค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เท่ากับ 78.0 mg./kg. (Table 1) จากผลวิเคราะห์ดินมีคำแนะนำให้ใช้ปุ๋ยอัตรา 16-4-4 หรือไนโตรเจน 16 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 4 กิโลกรัมต่อไร่ และ โพแทสเซียม 4 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใช้แม่ปุ๋ย 4 สูตร ในการผสมปุ๋ยให้ได้สัดส่วนตามค่าวิเคราะห์ดิน ได้แก่ 0-46-0 18-46-0 46-0-0 และ 0-0-60 ในพื้นที่ปลูก 80.64 ตารางเมตร ใช้แม่ปุ๋ยสูตรต่างๆ ดังนี้ (Table2)

1) อัตราไนโตรเจน 0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 0-46-0 ปริมาณ 438 กรัม และ0-0-60 ปริมาณ 336 กรัม
2) อัตราไนโตรเจน 0.5 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ปริมาณ 704.4 กรัม สูตร 18-46-0 ปริมาณ 438 กรัม และสูตร 0-0-60 ปริมาณ 336 กรัม
3) อัตราไนโตรเจน 1.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ปริมาณ 1581.6กรัม สูตร 18-46-0 ปริมาณ 438 กรัม และสูตร 0-0-60 ปริมาณ 336 กรัม
4) อัตราไนโตรเจน 2.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ปริมาณ 3333.6กรัม สูตร 18-46-0 ปริมาณ 438 กรัม และสูตร 0-0-60 ปริมาณ 336 กรัม

สำหรับเปอร์เซ็นต์ความงอก เปอร์เซ็นต์ความอยู่รอด และจำนวนต้นที่เก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 พบว่า อายุเก็บเกี่ยวและอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อทั้งสามลักษณะ โดยเปอร์เซ็นต์ความงอกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 99.4 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ความอยู่รอด มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 98.5 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนต้นที่เก็บเกี่ยวมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 38.5 ต้น (Table 3-5)

ในลักษณะความสูงของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 พบว่า อายุการเก็บเกี่ยวและอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กัน โดยที่อายุเก็บเกี่ยว 6 เดือน พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0.5, 0.0 และ 2.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดินมีค่าเฉลี่ยความสูงสูงสุด เท่ากับ 194.5, 185.5 และ 170.3 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยอัตรา 1.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดินมีความสูงเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 126.5 เซนติเมตร ที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือน พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 1.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดินมีความสูงเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 252.5 เซนติเมตร การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0.5, 0.0 และ 2.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดินมีความสูงเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 207.8, 192.0 และ 187.8 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนที่อายุการเก็บเกี่ยว 12 เดือน พบว่า การใส่ปุ๋ยทุกอัตรามันสำปะหลังมีความสูงเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน (Table 6) จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นว่าการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อความสูงของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ที่อายุ 6 และ 9 เดือน แต่ที่อายุเก็บเกี่ยว 12 เดือน ปริมาณปุ๋ยที่ใส่ไปจะไม่มีผลต่อความสูงของต้น

ลักษณะจำนวนหัวสดต่อแปลงย่อยและจำนวนหัวสดต่อต้น พบว่า อายุการเก็บเกี่ยวและอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันในทั้งสองลักษณะ ในลักษณะจำนวนหัวสดต่อแปลงย่อย พบว่า ที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือน การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆ ส่งผลให้จำนวนหัวสดต่อแปลงย่อยแตกต่างกัน โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 1.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดินมีจำนวนหัวสดต่อแปลงย่อยสูงสุด เท่ากับ 524 หัว การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0.0 และ 0.5 เท่าของค่าวิเคราะห์ดินให้จำนวนหัวสดต่อแปลงย่อยต่ำสุด เท่ากับ 234 และ 351 หัว ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 2.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดินให้จำนวนหัวสดต่อแปลงย่อยไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0.0 0.5 และ 1.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน ดังนั้นหากต้องการจำนวนหัวสดต่อแปลงย่อยมากที่สุดและเหมาะสมที่สุดจึงความใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 1.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน (Table 7) ในลักษณะจำนวนหัวสดต่อต้น พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราแตกต่างกันในมันสำปะหลังอายุเก็บเกี่ยว 6 และ 9 เดือน ส่งผลให้จำนวนหัวสดต่อต้นแตกต่างกัน ในขณะที่อายุเก็บเกี่ยว 12 เดือน พบว่า จำนวนหัวสดต่อต้นไม่มีความแตกต่างกันในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยที่อายุเก็บเกี่ยว 6 เดือน อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้จำนวนหัวสดต่อต้นมากที่สุด คือ 0.0 เท่า มีจำนวนหัวสดต่อต้น เท่ากับ 12.8 หัวต่อต้น อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้จำนวนหัวสดต่อต้นน้อยที่สุด คือ 2.0 เท่า มีจำนวนหัวสดต่อต้น เท่ากับ 8.5 หัวต่อต้น ในขณะที่อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0.5 และ 1.0 เท่าให้จำนวนหัวสดต่อต้นไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยอัตรา 0.0 และ 2.0 เท่า ที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือน พบว่า อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้จำนวนหัวสดต่อต้นมากที่สุด คือ 1.0 เท่า มีจำนวนหัวสดต่อต้น เท่ากับ 13.8 หัวต่อต้น และอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้จำนวนหัวสดต่อต้นน้อยที่สุด คือ 2.0 0.5 และ 0.0 เท่า มีจำนวนหัวสดต่อต้น เท่ากับ 9.5 9.3 และ 6.5 หัวต่อต้น ตามลำดับ (Table 8)

ลักษณะน้ำหนักหัวสดต่อแปลงย่อยและน้ำหนักหัวสดต่อต้น พบว่า อายุการเก็บเกี่ยวและอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันในทั้งสองลักษณะ แต่พบว่าอายุเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันในทั้งสองลักษณะ และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกันก็ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันในทั้งสองลักษณะ เช่นกัน ในลักษณะน้ำหนักหัวสดต่อแปลงย่อย พบว่า มันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวอายุ 12 เดือน มีน้ำหนักหัวสดต่อแปลงย่อยมากที่สุด เท่ากับ 142.7 กิโลกรัม มันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวอายุ 9 และ 6 เดือน มีน้ำหนักหัวสดต่อแปลงย่อยต่ำที่สุด เท่ากับ 82.0 และ 75.8 กิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 1.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดินมีน้ำหนักหัวสดต่อแปลงย่อยมากที่สุด เท่ากับ 125.8 กิโลกรัม การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 2.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน ถึงแม้จะไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 1.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน แต่เมื่อพิจารณาน้ำหนักหัวสดต่อแปลงย่อยที่ได้กลับมีค่าน้อยกว่าและไม่คุ้มค่าต่อการใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นถึงหนึ่งเท่าตัว (Table 9) ในลักษณะน้ำหนักหัวต่อต้น พบว่า มันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวอายุ 12 เดือน มีน้ำหนักหัวต่อต้นมากที่สุด เท่ากับ 3.69 กิโลกรัมต่อต้น มันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวอายุ 9 และ เดือน มีน้ำหนักหัวต่อต้นต่ำที่สุด เท่ากับ 2.14 และ 1.93 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 1.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดินมีน้ำหนักหัวสดต่อต้นมากที่สุด เท่ากับ 3.23 กิโลกรัมต่อต้น และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 2.0 0.5 และ 0.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดินมีน้ำหนักหัวสดต่อต้นต่ำที่สุด เท่ากับ 2.59 2.48 และ 2.04 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ (Table 10)

การทำกากมันสำปะหลังจากตัวอย่างมันสำปะหลังหัวสด 10 กิโลกรัม พบว่า อายุการเก็บเกี่ยวและอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กัน โดยพบว่ามันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวอายุแตกต่างกันให้กากมันสำปะหลังแตกต่างกัน มันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวอายุ 9 และ 12 เดือนให้กากมันสำปะหลังจากตัวอย่างมันสำปะหลังหัวสด 10 กิโลกรัมสูงสุด เท่ากับ 4.86 และ 4.34 กิโลกรัม ตามลำดับ และมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวอายุ 6 เดือน ให้กากมันสำปะหลังจากตัวอย่างมันสำปะหลังหัวสด 10 กิโลกรัมต่ำสุด เท่ากับ 3.75 กิโลกรัม สำหรับการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อผลผลิตกากมันสำปะหลังจากตัวอย่างมันสำปะหลังหัวสด 10 กิโลกรัม (Table 11)

ในลักษณะปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่วิเคราะห์จากกากมันสำปะหลัง พบว่า อายุการเก็บเกี่ยวและอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กัน เมื่อพิจารณาแต่ละอายุการเก็บเกี่ยว พบว่า ที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด เท่ากับ 1.184 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่อายุเก็บเกี่ยว 12 และ 6 เดือน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำสุด เท่ากับ 1.160 และ 1.051 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่วิเคราะห์ได้จากกากมันสำปะหลัง (Table 12) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากกากมันสำปะหลัง พบว่า อายุการเก็บเกี่ยวและอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กัน ที่อายุเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง 6 เดือน พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 2.0 และ 0.0 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด เท่ากับ 0.20 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 1.0 และ 0.5 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำสุด เท่ากับ 0.13 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 12)

Table 1 Soil analysis before cassava planting at Research and Development of Nakhon Ratchasima Agricultural center

pH	OM (%)	P-Bray II (mg/kg)	K-1N.NH_4OAc (mg/kg)
6.7	0.65	75.0	78.0

Table 2 Fertilizer formula and rate of recommendation

Rate of N	46-0-0	18-46-0	0-46-0	0-0-60	Total

(x soil analysis)	(g.)	(g.)	(g.)	(g.)	
0.0	-	-	438	336	774
0.5	704.4	438	-	336	1,478
1.0	1581.6	438	-	336	2,356
2.0	3333.6	438	-	336	4,108
Total	5,620	1,314	438	1,344	8,716

Remark: planting area = 80.64 m^2

Table 3 Germination percentage of cassava variety Rayong 9 at 1.5 months after planting

Harvesting Times (Months), M	Rate of N (% x soil analysis), N				M-Mean
	0.0	0.5	1.0	2.0	
6	99	99	100	99	**99.3 a**
9	100	100	98	100	**99.5 a**
12	100	99	99	100	**99.5 a**
N- Mean	**99.7**	**99.3**	**99.0**	**99.7**	**99.4**

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 4 Survival percentage of cassava variety Rayong 9 at 4 months after planting

Harvesting Times (Months), M	Rate of N (% x soil analysis), N				M-Mean
	0.0	0.5	1.0	2.0	
6	97	99	98	99	**98.3 a**
9	99	100	97	99	**98.8 a**
12	97	99	98	99	**98.3 a**
N- Mean	**97.7**	**99.3**	**97.7**	**99.0**	**98.5**

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 5 Amount of harvesting plant of cassava variety Rayong 9 at 6, 9 and 12 months after planting

Harvesting Times (Months), M	Rate of N (% x soil analysis), N				M-Mean
	0.0	0.5	1.0	2.0	
6	39	40	39	39	**38.9 a**
9	38	38	37	40	**38.2 a**
12	38	38	40	39	**38.5 a**
N- Mean	**38.1**	**38.4**	**38.4**	**39.2**	**38.5**

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 6 Plant height of cassava variety Rayong 9 at 6, 9 and 12 months after planting

Rate of N (% x soil analysis), N	Harvesting Times (Months), M			N-Mean
	6	9	12	
0.0	185.3 a	192.0 b	257.3 a	**211.5**
0.5	194.5 a	207.8 b	256.0 a	**219.4**
1.0	126.5 b	252.5 a	262.3 a	**213.8**
2.0	170.3 a	187.8 b	257.0 a	**205.0**
M- Mean	**169.1**	**210.0**	**258.1**	**212.4**

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 7 Amount of fresh root of cassava variety Rayong 9 at 6, 9 and 12 months after planting

Rate of N (% x soil analysis), N	Harvesting Times (Months), M			N-Mean
	6	9	12	
0.0	483 a	234 b	348 a	**355**
0.5	418 a	351 b	357 a	**375**
1.0	367 a	524 a	417 a	**436**
2.0	333 a	375 ab	384 a	**364**
M- Mean	**400**	**371**	**377**	**383**

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 8 Amount of fresh root per plant of cassava variety Rayong 9 at 6, 9 and 12 months after planting

Rate of N (% x soil analysis), N	Harvesting Times (Months), M			N-Mean
	6	9	12	
0.0	12.8 a	6.5 b	8.3 a	**9.2**
0.5	10.8 ab	9.3 b	10.8 a	**10.3**
1.0	9.3 ab	13.8 a	10.8 a	**11.3**
2.0	8.5 b	9.5 b	9.3 a	**9.1**
M- Mean	**10.3**	**9.8**	**9.8**	**9.9**

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 9 Weight of Fresh root (kg) of cassava variety Rayong 9 at 6, 9 and 12 months after planting

Rate of N (% x soil analysis), N	Harvesting Times (Months), M			N-Mean
	6	9	12	
0.0	61.3	52.5	121.4	**78.4 b**
0.5	95.0	75.9	114.4	**95.1 b**
1.0	74.4	115.8	187.1	**125.8 a**
2.0	72.6	83.9	147.8	**101.4 ab**
M- Mean	**75.8 B**	**82.0 B**	**142.7 A**	**100.2**

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

In a row, means followed by a capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 10 Weight of Fresh root per plant (kg) of cassava variety Rayong 9 at 6, 9 and 12 months after planting

Rate of N (% x soil	Harvesting Times (Months), M	N-Mean

analysis), N	6	9	12	
0.0	1.55	1.40	3.18	**2.04 b**
0.5	2.40	1.98	3.05	**2.48 b**
1.0	1.90	3.08	4.73	**3.23 a**
2.0	1.88	2.10	3.80	**2.59 b**
M- Mean	**1.93 B**	**2.14 B**	**3.69 A**	

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

In a row, means followed by a capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 11 Dry weight of Bagasse (kg/10 kg of fresh root) of cassava variety Rayong 9 at 6, 9 and 12 months after planting

Rate of N (% x soil analysis), N	Harvesting Times (Months), M			N-Mean
	6	9	12	
0.0	3.78	4.90	4.35	**4.34**
0.5	4.00	4.85	4.25	**4.37**
1.0	3.80	5.05	4.35	**4.40**
2.0	3.43	4.65	4.40	**4.16**
M- Mean	**3.75 B**	**4.86 A**	**4.34 A**	

In a row, means followed by a capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 12 Reducing Sugar content (%) of cassava variety Rayong 9 at 6, 9 and 12 months after planting

Rate of N (% x soil analysis), N	Harvesting Times (Months), M			N-Mean
	6	9	12	
0.0	1.038	1.193	1.155	**1.128**
0.5	1.015	1.180	1.155	**1.17**
1.0	1.080	1.195	1.153	**1.143**
2.0	1.073	1.170	1.178	**1.140**

M- Mean	**1.051 B**	**1.184 A**	**1.160 B**

In a row, means followed by a capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 13 Alcohol content (%) of cassava variety Rayong 9 at 6, 9 and 12 months after planting

Rate of N (% x soil analysis), N	Harvesting Times (Months), M			N-Mean
	6	9	12	
0.0	0.20 a	0.15 a	0.20 a	**0.18**
0.5	0.10 b	0.18 a	0.17 a	**0.15**
1.0	0.13 b	0.20 a	0.15 a	**0.16**
2.0	0.20 a	0.20 a	0.18 a	**0.19**
M- Mean	**0.16**	**0.18**	**0.18**	**0.17**

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. ในมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ลักษณะที่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันอายุเก็บเกี่ยวและระหว่างการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนหัวสดต่อแปลงย่อย จำนวนหัวสดต่อต้น และปริมาณแอลกอฮอล์

2. อายุการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่ 9 เดือน ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด ในขณะที่การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

3. อายุเก็บเกี่ยวและการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 มีผลต่อปริมาณเอทานอล โดยพบความแตกต่างของปริมาณเอทานอลเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราแตกต่างกันในมันสำปะหลังที่อายุเก็บเกี่ยว 6 เดือน ส่วนที่อายุ 9 และ 12 เดือน ไม่พบความแตกต่างของปริมาณแอลกอฮอล์

10. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

-

11. เอกสารอ้างอิง

ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร. 2537. เอกสารวิชาการ เรื่อง มันสำปะหลัง. สำนักพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. 210 หน้า

สุพจน์ นวลละออง. 2552. **การสกัดสารพรีไบโอติกส์จากพืชเกษตร**. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=13577. วันที่ 28 มกราคม พ.ศ. 2562

Howeler R.R. 2002. Cassava Mineral Nutrition and Fertilization. Available source: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/cabi_10ch7.pdf. June 13, 2014.

Pellet, D. and El-Sharkawy. 1993. Cassava varietal response to phosphorus fertilization. 1. Yield biomass and gas exchange. **Field Crop Res**., 35: 1-11.

Sowokinos, J.S. 1990. **Stress-induced Alterations in carbohydrate Metabolism** *In* Vayda M.E., Park W.D. (eds.) The Molecular and Cellular Biology of the Potato. CAB International, Wallingford, UK, pp. 137-158.

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. **The Journal of Animal & Plant Sciences** 23(2): 550-555.

12. ภาคผนวก

-