

ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาของมันสำปะหลังพันธุ์ 4 สายพันธุ์ สำหรับการผลิตอาหารสัตว์

ครรชิต ศรีพลาน^{1/} จิรายุส เข็มสวัสดิ์^{2/} ราไพร นามสี^{3/} สุกัญญา คำพะแย^{3/}

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิต และคุณค่าทางโภชนาของมันสำปะหลังที่ปลูกและเก็บเกี่ยวหลังจากการทำนา จำนวน 4 สายพันธุ์ โดยดำเนินการทดลองปลูกมันสำปะหลัง ภายในศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ยโสธร อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดยโสธร โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized complete block design; RCBD) สิ่งทดลอง ประกอบด้วย มันสำปะหลัง จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ (1) พันธุ์ระยอง 7 (2) พันธุ์ระยอง 72 (3) พันธุ์ห้วยบง 60 และ (4) พันธุ์ลูกผสมทางการค้า (เกล็ดมังกรจัมโบ้) สายพันธุ์ละ 4 ซ้ำ หลังจากนั้นเก็บข้อมูลผลผลิตมันสำปะหลังเมื่ออายุครบ 5 เดือน ผลการทดลอง พบว่า พันธุ์ระยอง 7 ให้ผลผลิตส่วนต้นและใบแห้งสูงที่สุด เฉลี่ย 305.04 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมา คือ พันธุ์ลูกผสมทางการค้า (288.06 กิโลกรัม/ไร่) พันธุ์ห้วยบง 60 (281.98 กิโลกรัม/ไร่) และพันธุ์ระยอง 72 (197.15 กิโลกรัม/ไร่) ตามลำดับ พันธุ์ห้วยบง 60 ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสูงที่สุด เฉลี่ย 757.77 กิโลกรัม/ไร่ (น้ำหนักแห้ง) รองลงมา คือ พันธุ์ระยอง 72 (740.36 กิโลกรัม/ไร่) พันธุ์ลูกผสมทางการค้า (670.96 กิโลกรัม/ไร่) และ พันธุ์ระยอง 7 (605.20 กิโลกรัม/ไร่) ตามลำดับ จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของมันสำปะหลัง แต่ละสายพันธุ์ พบว่า ต้นและใบมันสำปะหลังมีคุณค่าทางโภชนาไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในส่วนของปริมาณโปรตีนหยาบ และเยื่อใยหยาบ แต่มีความแตกต่างกัน ในส่วนของปริมาณวัตถุแห้ง และเถ้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้ เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของหัวมันสำปะหลัง พบว่า พันธุ์ระยอง 72 มี โปรตีน 4.10 % และ ผนังเซลล์สูงที่สุด 15.07 % ($p < 0.05$)

พันธุ์ลูกผสมทางการค้า มีไขมันเฉลี่ย 1.13 % เถ้า 3.93 % และ ลิกโนเซลลูโลส สูงที่สุด 6.47 % จากนั้นศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผลผลิตจากการทดลองมาใช้เป็นอาหารสัตว์โดยนำไปหมักเป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่า ต้นและใบมันสำปะหลังหมัก พันธุ์ระยอง 72 มีค่า pH สูงที่สุด 4.88 รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 7 4.42 พันธุ์ลูกผสมทางการค้า 4.28 และพันธุ์ห้วยบง 60 4.05 ตามลำดับ ปริมาณไฮโดรไลยาไนต์ในต้นและใบมันสำปะหลังหมักพันธุ์ระยอง 7 มีค่าสูงที่สุด 678.49 รองลงมา คือ พันธุ์ระยอง 72 576.10 พันธุ์ลูกผสมทางการค้า 524.96 และพันธุ์ห้วยบง 60 494.00 ตามลำดับ ดังนั้น ผลการทดลองครั้งนี้แสดงถึงความเป็นไปได้ในการใช้มันสำปะหลังมาผลิตอาหารสัตว์ แต่ต้องคำนึงถึงปริมาณของ ไฮโดรไลยาไนต์ ต้องมีปริมาณที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสัตว์

คำสำคัญ: คุณค่าทางโภชนา ผลผลิต มันสำปะหลังพันธุ์ 4 สายพันธุ์ อาหารสัตว์

เลขทะเบียนวิชาการ: 64(2)-0214-056

^{1/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ยโสธร ต.ลุมพุก อ.คำเขื่อนแก้ว จ.ยโสธร 35110

^{2/} สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ ต.บางกะดี อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000

^{3/} ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ต.ท่าพระ อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40260

Productivity and Nutritional Values of 4 Cassava Varieties Cultivated After Rice Harvesting to Use as Animal Feed

Kanchit Sriplan^{1/} Jirayut Khemsawat^{2/} Ramphrai Narmseelee^{3/} Sukanya Khampayae^{3/}

Abstract

The aim of this study was to compare productivity and nutritional value of 4 cassava varieties that cultivated after rice harvesting in Yasothon Animal Nutrition Research and Development Center, Kham Khuean Kao district, Yasothon province. The experiment consisted of 4 cassava varieties included (1) Rayong 7 (2) Rayong 72 (3) Huay Bong 60 and (4). Commercial hybrid (Gradmungskorn jumbo) as treatments arranged in randomized complete block design (RCBD) with 4 replications. Then, the productivity data was collected after 5 months. The results showed that, the Rayong 7 had the highest yield of leaves and stem (on dry basis), at 305.04 kg / rai, followed by commercial hybrid (288.06 kg / rai), Huay Bong 60 (281.98 kg / rai) and Rayong 72 (197.15 kg / rai) respectively. While, the Huay Bong 60 had the highest yield of cassava root (on dry basis), at 757.77 kg / rai, followed by Rayong 72 (740.36 kg / rai), commercial hybrid (670.96 kg / rai) and Rayong 7 (605.20 kg / rai) respectively. Then, treatments were sampled to analyze the nutritional values. The results showed that, leaves and stem of 4 cassava varieties were non-significant differences ($p > 0.05$) in crude protein (CP), ether extract (EE), neutral-detergent fiber (NDF), and acid-detergent fiber (ADF) contents, but significant differences ($p < 0.05$) in dry matter (DM) and ash contents. However, the analyze data of cassava root showed that, the Rayong 72 has the highest content ($p < 0.05$) of CP (4.10%), NDF (15.07%). The commercial hybrid has the highest content ($p < 0.05$) of EE (1.13%), Ash (3.93%) and ADF (6.47%). After that, to study on possibility of using the 4 cassava varieties as animal feed by fermented samples for 21 days. The results showed that, after fermented cassava leaves and stem, there were highest amount of pH on Rayong 72 (4.88), followed by Rayong 7 (4.42), commercial hybrids (4.28) and Huay bong 60 (4.05) respectively. However, on Hydrogen cyanide (HCN) contents showed that, there were higher on Rayong 7 (678.49), followed by Rayong 72 (576.10), commercial hybrid (524.96), and Huay bong 60 (494.00) respectively. Therefore, the results of this experiment showed the possibility of using the cassava that cultivated after rice harvesting as the animal feed. But the amount of HCN must be considered, that do not affect to the animal health.

Keywords: nutritive value yield cassava after rice farming harvesting animal feed

Registered No. : 64(2)-0214-056

^{1/}Yasothon Animal Nutrition Research and Development Center, Kham Khuean Kao, Yasothon, 35110.

^{2/} Bureau of Animal Nutrition Development, Bangkokdee, Muang, Pathum Thani, 12000.

^{3/}Ruminants Feeding Standard Research and Development Center, Thapra, Muang, Khon Kaen, 40260.

บทนำ

อาหารสัตว์เป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากคิดเป็นต้นทุนมากกว่าร้อยละ 60 ในระบบการผลิตสัตว์ และมีแนวโน้มราคาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน การส่งเสริมหรือสนับสนุนให้เกษตรกรผลิตอาหารสัตว์จากวัตถุดิบที่มีมากในท้องถิ่นสำหรับใช้เองในฟาร์มหรือผลิตเพื่อการจำหน่าย จึงถือได้ว่าเป็นวิธีการลดต้นทุนด้านการเลี้ยงสัตว์และทำให้เกิดความยั่งยืนของอาชีพด้านการปศุสัตว์

การปลูกพืชเศรษฐกิจหลังจากการทำนา เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มรายได้สำหรับเกษตรกร เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น โดยเฉพาะมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์ มันสำปะหลังพบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในประเทศไทย คิดเป็น 55.44 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด หรือผลผลิตคิดเป็น 56.41 เปอร์เซ็นต์ ของประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) มันสำปะหลังเป็นพืชที่ทนต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดี ไม่ต้องเอาใจใส่ดูแลมากนัก ผลตอบแทนต่อไร่สูงและมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าพืชอื่น ๆ หลายชนิด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) รวมทั้งมีแมลงศัตรูพืชและวัชพืชน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพืชหลังนาชนิดอื่น

การปลูกมันสำปะหลังหลังจากการทำนา หรือ มันสำปะหลังหลังนา จะเริ่มปลูกหลังเกี่ยวข้าวนาปีโดยเก็บเกี่ยวที่อายุ 5 เดือน หลังปลูก ใช้ระยะเวลาไม่นานเมื่อเปรียบเทียบกับปลูกปกติ 8-12 เดือน (กรมวิชาการเกษตร, 2554) ซึ่งนอกจากได้หัวมันสำปะหลังเป็นผลผลิตแล้ว ยังได้ต้นและใบมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทโปรตีนได้ การปลูกมันสำปะหลังหลังนาเพื่อผลิตอาหารสัตว์ จึงมีความเหมาะสมสำหรับเกษตรกร เนื่องจากสามารถผลิตวัตถุดิบอาหารสัตว์เพื่อเป็นแหล่งพลังงานและโปรตีน อย่างไรก็ตาม จากการสืบค้นข้อมูลพื้นฐานด้านการใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลังอายุสั้นเพื่อเป็นอาหารสัตว์ในปัจจุบันยังมีไม่มากนัก โดยเฉพาะด้านการคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมในการปลูกมันสำปะหลังหลังนาเพื่อการใช้ประโยชน์ในเชิงด้านอาหารสัตว์

โดยทั่วไปพันธุ์มันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปลูกสำหรับการจำหน่ายหัว ได้แก่ 1 พันธุ์ระยะยง 7 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความงอกที่สูง เจริญเติบโตเร็วในช่วง 1-2 เดือนแรก ผลผลิตหัวต่อต้นสูง 2 พันธุ์ระยะยง 72 ให้ผลผลิตหัวสดสูงและสามารถทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี 3 พันธุ์ห้วยบง 60 ให้ผลผลิตหัวสดสูงและมีปริมาณแป้งสูง และ 4 ลูกผสมทางการค้า (เกล็ดมังกรจัมโบ้) มีลักษณะหัวยาวและใหญ่รวมถึงการที่มีปริมาณแป้งสูง เนื้อแป้งมีสีขาวสะอาด โดยมันสำปะหลังทั้ง 4 สายพันธุ์ เกษตรกรให้ความนิยมปลูกมากในพื้นที่จังหวัดยโสธร ศรีสะเกษ อำนาจเจริญ และอุบลราชธานี

ดังนั้น จึงมีความจำเป็นในการศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาของมันสำปะหลังหลังนา 4 สายพันธุ์สำหรับการผลิตอาหารสัตว์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประโยชน์ สนับสนุนหรือส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกสำหรับใช้ในการปศุสัตว์ทั้งในพื้นที่หรือผู้ที่สนใจ เพื่อให้เกิดความยั่งยืนในอาชีพด้านการเกษตรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ดำเนินการปลูกมันสำปะหลังในแปลงทดลองซึ่งเป็นแปลงนาหลังเกี่ยวข้าวเสร็จของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ยโสธร เดือนธันวาคม 2561 และเก็บเกี่ยวผลผลิตเดือนพฤษภาคม 2562 รวมระยะเวลา 5 เดือน และศึกษาการย่อยสลายของวัตถุแห้งในส่วนของต้นและใบมันสำปะหลังหมักในกระเพาะหมัก และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ต.ท่าพระ อ.เมือง จ.ขอนแก่น ดำเนินการระหว่างเดือน มกราคม ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 รวมระยะเวลา 2 ปี 4 เดือน

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized complete block design) โดยจัดให้มีสภาพพื้นที่ปลูกและความลาดชันแบบเดียวกัน มี 4 ซ้ำ (block) สิ่งทดลองหรือทรีทเมนต์ (T) คือ สายพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวน 4 สายพันธุ์ ดังนี้

T1 คือ มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 7

T2 คือ มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72

T3 คือ มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60

T4 คือ มันสำปะหลังพันธุ์ลูกผสมทางการค้า (เกล็ดมังกรจัมโบ้)

การเตรียมแปลงทดลอง

การเตรียมดินและการใส่ปุ๋ย

เตรียมพื้นที่หลังจากเกี่ยวข้าวเสร็จ โดยการไถด้วยผาน 5 จำนวน 2 ครั้ง ไถพรวนด้วยจอบหมุน 1 ครั้ง และไถยกร่องสำหรับการปลูก 1 ครั้ง จากนั้นแบ่งแปลงทดลองออกเป็นแปลงย่อยขนาด 5x6 เมตร จำนวน 16 แปลง ภายในพื้นที่แปลงนาข้าวอินทรีย์ของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์โสธร ใส่ปุ๋ยหมักอินทรีย์สำหรับการเป็นรองพื้นขณะการเตรียมดินเพียงครั้งเดียวในอัตรา 2,000 กิโลกรัม/ไร่

การเตรียมท่อนพันธุ์

ใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังตามสิ่งทดลอง ได้แก่ พันธุ์ระยอง 7 ระยอง 72 ห้วยบง 60 และพันธุ์ลูกผสมทางการค้า (เกล็ดมังกรจัมโบ้) อายุการเก็บท่อนพันธุ์ระหว่าง 8-12 เดือน (กรมวิชาการเกษตร, 2554) นำท่อนพันธุ์ที่ได้ตัดยาวประมาณ 20-25 เซนติเมตร แช่น้ำยาเร่งรากทิ้งไว้ใน 5 นาที (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) จากนั้นนำไปปลูกในแปลงตามแผนการทดลอง

การปลูก

นำท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ได้จากการเตรียมมาปลูกด้วยวิธีแบบยกร่อง ซึ่งทำโดยการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังลงบนแนวสันร่องให้ตั้งตรง จากนั้นกดท่อนพันธุ์ลงไปในดินปลูกให้มีความลึกประมาณ 5-10 เซนติเมตร ตามระยะมาตรฐานที่แนะนำกับมันสำปะหลังทุกพันธุ์และทุกสภาพดิน คือ ระยะห่างระหว่างแถว 100 เซนติเมตร ระหว่างต้น 100 เซนติเมตร (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

การเก็บตัวอย่างและการบันทึกข้อมูล

1. เก็บตัวอย่างดินก่อน และหลังการทดลอง เพื่อวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ (1) ปฏิกริยาดิน (soil reaction, pH) ใช้ pH meter อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 (McLean, 1973; Peech, 1965) (2) ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) โดยวิธี Kjeldahl method (Bremner, 1996) (3) ฟอสฟอรัสรูปที่ใช้ประโยชน์ได้ (Available P) ด้วยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) (4) โพแทสเซียมที่ใช้ประโยชน์ได้ (Available K) ด้วยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย ammonium acetate (NaOAc) 1N pH 7.0 (Mehlich, 1978)

2. บันทึกข้อมูลผลผลิตมันสำปะหลังต่อไร่ โดยเก็บมันสำปะหลังในพื้นที่ขนาด 3 x 4 เมตร (มันสำปะหลัง 12 ต้น) หรือ 60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ เก็บข้อมูลน้ำหนักสดและแห้งของต้นและใบมันสำปะหลัง ด้วยวิธีการตัดวัดเหนือจุดเจริญจากท่อนพันธุ์เดิม 5 เซนติเมตร ทุกๆ กิ่งแขนงที่มีการเจริญตามวิธีของสุเมศ และคณะ (2558) จากนั้นมีดรวมทุกกิ่งเข้าด้วยกันนับเป็น 1 ต้น ชั่งน้ำหนักสดพร้อมบันทึกข้อมูล และหาน้ำหนักแห้งด้วยวิธีการสับย่อยต้นและใบมันสำปะหลังให้มีขนาดชิ้นเล็ก ความยาวชิ้น 3-5 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบชนิดเป่าลมร้อนเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง คำนวณหาน้ำหนักแห้ง และเก็บข้อมูลน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดและแห้ง ด้วยวิธีการเก็บหัวมันสำปะหลังทุกหัวที่ได้จากการขุด ชั่งน้ำหนักสดพร้อมบันทึก

ข้อมูล และหาน้ำหนักแห้งด้วยวิธีการสับย่อยหวัมน้ำสำหรับหลังสดให้มีขนาดชิ้นเล็ก ความยาวชิ้น 3-5 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบชนิดเป่าลมร้อนเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง คำนวณหาน้ำหนักแห้ง

การเตรียมพืชหมัก

นำหวัมน้ำสำหรับหลังที่ได้จากการชุดในแต่ละแปลงย่อยตามแผนการทดลอง นำมาสับย่อยให้มีขนาดชิ้นเล็ก ความยาวชิ้น 3-5 เซนติเมตร ส่วนต้นและใบมันสำหรับหลังในแต่ละแปลงย่อย ตัดเหนือจากจุดเจริญจากท่อนพันธุ์เดิม 5 เซนติเมตร นำต้นและใบมันสำหรับหลังนำมาสับย่อย จากนั้นแยกแต่ละส่วนไปหมัก โดยนำไปใส่ในถังขนาด 50 ลิตร อัดให้แน่นเพื่อไล่อากาศออกให้มากที่สุด ปิดฝาให้สนิท เก็บไว้ในที่ร่ม รอจนครบ 21 วัน สุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อส่งวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องจังหวัดขอนแก่น

การศึกษาการย่อยสลายของวัตถุดิบ ที่ 48 ชั่วโมง โดยวิธีหย่อนลงในล่อน

นำตัวอย่างต้นและใบมันสำหรับหลังที่ได้จากการหมักมาศึกษาการย่อยสลายของวัตถุดิบในกระเพาะรูเมน (ruminal degradability) โดยการนำตัวอย่างมาบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 2 มิลลิเมตร ซึ่งและบันทึกข้อมูล จากนั้นใส่ลงในล่อนที่มีขนาด 75 × 100 มิลลิเมตร มีรูขนาด 35-50 ไมครอน ฤกษ์ละประมาณ 2 กรัม รัดปากล่อนให้แน่นด้วยหนังยางและนำไปหย่อนในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ (rumen fistulated cattle) โดยกำหนดให้โคแต่ละตัวได้รับตัวอย่างทุกสิ่งทดลองๆ ละ 2 ฤกษ์ เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำออกมาล้างและอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบชนิดเป่าลมร้อนเป็นระยะเวลา 60 ชั่วโมง เพื่อประเมินเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของวัตถุดิบของตัวอย่างแต่ละชนิด โดยใช้สมการทดสอบการย่อยได้ (ระยะเวลา 48 ชั่วโมง) ดังนี้ $\text{Ruminal degradability 48 (RD48, \%)} = ((\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างก่อนหย่อน} - \text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างหลังหย่อน}) / \text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างก่อนหย่อน}) \times 100$ ตามวิธีของ Ørskov and McDonald (1979)

การวิเคราะห์ทางเคมี

นำตัวอย่างต้นและใบมันสำหรับหลังสด และหวัมน้ำสำหรับหลังสด อบแห้งในตู้อบอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง จากนั้นนำเข้าเครื่องบดขนาดตะแกรง 2 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุดิบ (Dry matter, DM) โปรตีน (Crude protein, CP) ไขมัน (Ether extract, EE) ผนังเซลล์ (Neutral detergent fiber, NDF) ลิกโนเซลลูโลส (Acid detergent fiber, ADF) และลิกนิน (Lignin) ตามวิธีของ AOAC (2016) นอกจากนี้ นำตัวอย่างหวัมน้ำสำหรับหลังหมัก ต้นและใบมันสำหรับหลังหมัก วิเคราะห์หาปริมาณไซยาไนด์ ตามวิธีของ AOAC (2016)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

ผลการทดลองและวิจารณ์

คุณสมบัติทางเคมีของดิน

ดินในบริเวณแปลงทดลองเป็นดินชุดอุบล ซึ่งมีลักษณะเป็นดินทรายปนดินร่วน น้ำตาลปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองเข้ม ดินล่างตอนบนเป็นดินทรายปนดินร่วน สีน้ำตาล มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองเข้มหรือน้ำตาลแก่และน้ำตาลปนเทา ดินล่างตอนล่างลึก 100-200 ซม. เป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาล สีน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลแก่ ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ในดินบน และเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง

(pH 5.5-7.0) ในดินล่าง การระบายน้ำปานกลาง การซึมผ่านของน้ำเร็ว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อน และหลังการทดลอง แสดงในตารางที่ 1 พบว่า ดินบริเวณแปลงทดลองทั้งก่อนและหลังการทดลอง เป็นกรดจัด (pH 5.1-5.5) ถึง กรดปานกลาง (pH 5.6-6.0; ยงยุทธ และคณะ, 2541) มีความต้องการปูนขาว 122 กิโลกรัมต่อไร่ มีอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ (0.5-1.0%, พจนิย และ ทวีศักดิ์, 2544) ฟอสฟอรัสระดับต่ำ (3-10 มก./กก.) โพแทสเซียมระดับต่ำมาก (<30 มก./กก.) แคลเซียมระดับต่ำมาก (<400 มก./กก.) แมกนีเซียมระดับต่ำมาก (<36 มก./กก.) ซึ่งดินหลังการทดลองมีค่าอินทรีย์วัตถุและแคลเซียมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 0.91 เปอร์เซ็นต์ และ 86 มก./กก. สาเหตุอาจเนื่องมาจากการเตรียมดินซึ่งมีการไถกลบตอฟาง รวมทั้งใส่ปุ๋ยหมักอินทรีย์เป็นปุ๋ยรองพื้นทำให้ค่า pH และค่าอินทรีย์วัตถุ รวมถึงค่าอื่นมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากการใช้ประโยชน์ของมันสำปะหลังไม่หมด รวมถึงปุ๋ยอินทรีย์มีการย่อยสลายได้ช้าด้วย จากคุณสมบัติทางเคมีของดินทั้งก่อนและหลังการทดลองจัดอยู่ในเกณฑ์ของดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2554) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของดินบริเวณที่ทำการทดลอง ก่อนและหลัง การทดลอง

	pH	LM (กก./ไร่)	OM (%)	P (มก./กก.)	K (มก./กก.)	Ca (มก./กก.)	Mg (มก./กก.)
ก่อนการทดลอง	5.3	122	0.88	10	12	59	2
หลังการทดลอง	5.6	122	0.91	11	12	86	2

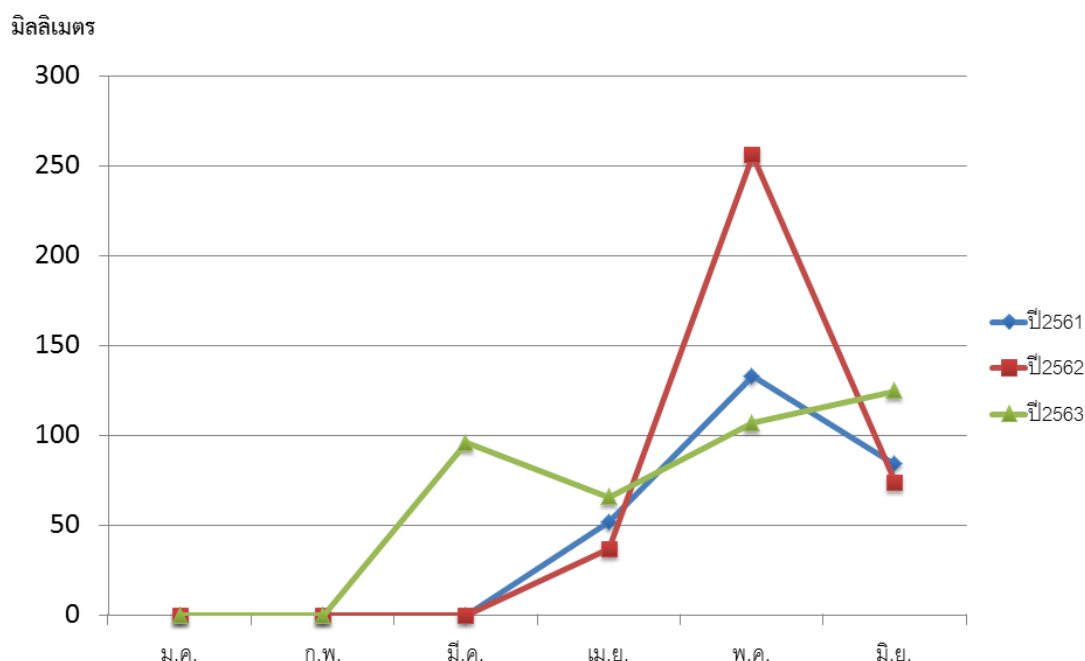
วิเคราะห์โดยกลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 กรมพัฒนาที่ดิน;

pH (ดิน:น้ำ) = 1:1; LM, ความต้องการปูนขาว (lime requirement); OM, อินทรีย์วัตถุ (organic matter);

P, ฟอสฟอรัส; K, โพแทสเซียม; Ca, แคลเซียม; Mg, แมกนีเซียม

ปริมาณน้ำฝน

การทดลองครั้งนี้ ดำเนินการที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์โสธร อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดชัยภูมิ ซึ่งพบว่า ปริมาณน้ำฝนในช่วงที่ดำเนินการศึกษา ปี 2562 (มกราคม-พฤษภาคม 2562) มีปริมาณน้ำฝน เท่ากับ 293 มิลลิเมตร โดยระยะเวลาการทดลองในช่วงหลังปลูก 0-60 วัน มันสำปะหลังไม่ได้รับปริมาณน้ำเนื่องจากปลูกด้วยระบบการเกษตรอาศัยน้ำฝนจึงมีผลต่อการเจริญเติบโต แต่ช่วงหลังปลูก 61 – 150 วัน ฝนเริ่มตกในเดือนเมษายนไปตลอดระยะเวลาของการเก็บเกี่ยวซึ่งได้รับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 3.29 มิลลิเมตรต่อวัน จึงทำให้การเจริญเติบโตไปในทิศทางที่ดีขึ้นสอดคล้องกับรายงานของกรมวิชาการเกษตร (2559) รายงานว่า มันสำปะหลังมีความต้องการน้ำระยะเวลาลงปลูก 0-60 วัน เท่ากับ 1.8 มิลลิเมตรต่อวัน และหลังปลูก 61-150 วัน เท่ากับ 5.0 มิลลิเมตรต่อวัน ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 2



ภาพที่ 1 กราฟแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนแต่ละเดือนใน ปี พ.ศ. 2561-2563

ผลผลิตต้นและใบมันสำปะหลัง และหัวมันสำปะหลัง

ผลผลิตของต้นและใบมันสำปะหลังเก็บเกี่ยวที่อายุ 5 เดือน จาก 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ระยะเวลา 7 ระยะเวลา 72 หัวบง 60 และลูกผสมฯ พบว่า ผลผลิตน้ำหนักรากของต้นและใบมันสำปะหลังพันธุ์ระยะเวลา 7 หัวบง 60 และลูกผสมฯ ให้ผลผลิตของต้นและใบมันสำปะหลังแห้งมากกว่าพันธุ์ระยะเวลา 72 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) แต่ในส่วนของการผลิตน้ำหนักรากของต้นและใบมันสำปะหลัง พบว่า พันธุ์ระยะเวลา 7 และลูกผสมฯ ให้ผลผลิตของต้นและใบมันสำปะหลังสดมากกว่าพันธุ์ระยะเวลา 72 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับหัวบง 60 โดยหัวบง 60 ก็ไม่แตกต่างกับระยะเวลา 72 ส่วนของหัวมันสำปะหลังแห้ง พบว่า พันธุ์ระยะเวลา 72 และหัวบง 60 ให้ผลผลิตของหัวมันสำปะหลังสดมากกว่าพันธุ์ระยะเวลา 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับลูกผสมฯ โดยลูกผสมฯ ก็ไม่แตกต่างกับระยะเวลา 7 สำหรับส่วนของหัวมันสำปะหลังสดทุกสายพันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลผลิตต้นและใบมันสำปะหลัง และหัวมันสำปะหลัง เก็บเกี่ยวที่อายุ 5 เดือน

รายการ	T1	T2	T3	T4	SEM	P-value
	ระยะยง 7	ระยะยง 72	ห้วยบง 60	ลูกผสมฯ		
ผลผลิตต้น และใบมันสำปะหลัง						
จำนวนแขนง (แขนง/ต้น) ¹	2.38	2.17	1.96	2.25	0.19	0.3845
น้ำหนักแห้ง (กรัม/ต้น) ²	190.65 ^a	123.22 ^b	176.24 ^a	180.04 ^a	8.22	0.0006
น้ำหนักแห้งต่อไร่	305.04 ^a	197.15 ^b	281.98 ^a	288.06 ^a	13.15	0.0006
น้ำหนักสดต่อไร่	1,103.66 ^a	947.66 ^b	1,006.92 ^{ab}	1,103.66 ^a	6.76	0.0294

ตารางที่ 2 ผลผลิตต้นและใบมันสำปะหลัง และหัวมันสำปะหลัง เก็บเกี่ยวที่อายุ 5 เดือน (ต่อ)

รายการ	T1	T2	T3	T4	SEM	P-value
	ระยะ 7	ระยะ 72	ห้วยบง 60	ลูกผสมฯ		
ผลผลิตหัวมันสำปะหลัง						
จำนวน (หัว/ต้น)	9.76	9.63	9.38	9.79	0.36	0.7685
น้ำหนักแห้ง (กรัม/ต้น)	378.30 ^b	462.73 ^a	473.61 ^a	419.36 ^{ab}	21.59	0.0330
น้ำหนักแห้งต่อไร่	605.20 ^b	740.36 ^a	757.77 ^a	670.96 ^{ab}	34.54	0.0330
น้ำหนักสดต่อไร่	3,042.72	3,318.72	3,428.00	3,198.72	7.90	0.2442

^{a b} ตัวเลขตามแนวนอนที่มีอักษรกำกับที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์; SEM, standard error of the mean

^{1/} จำนวนกิ่ง (แขนง) ที่แตกออกจากท่อนพันธุ์ที่ปักลงในดิน

^{2/} ตัดกิ่ง (แขนง) เหนือท่อนพันธุ์เดิม 5 เซนติเมตร

ผลผลิตของต้นและใบมันสำปะหลังแห้ง พบว่า พันธุ์ระยะ 7 ห้วยบง 60 และลูกผสมฯ ให้ผลผลิตมากกว่าระยะ 72 โดยระยะ 7 ให้ผลผลิตสูงสุด คือ 305.04 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามการทดลองในครั้งนี้ให้ผลผลิตต่ำกว่ารายงานของ ชื่นจิต และคณะ (2562) ที่ศึกษาการประเมินสายพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อให้ผลผลิตและคุณภาพใบสูง โดยพบว่า พันธุ์ KU สกล ให้ผลผลิตต้นและใบแห้งสูงสุดคือ 812 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความแตกต่างทางพันธุกรรม สภาพแวดล้อม การปลูกและการจัดการ ตลอดจนสภาพการเก็บเกี่ยวที่ต่างกัน โดยรายงานว่าการปลูกระยะห่างระหว่างแถวและต้น 100 x 80 เซนติเมตร เก็บข้อมูลที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก และ 6 เดือนหลังการเก็บเกี่ยวครั้งแรก จึงให้ได้ผลผลิตมากกว่า ในส่วนของผลผลิตต้นและใบมันสำปะหลัง น้ำหนักสดพันธุ์ระยะ 7 และลูกผสมฯ ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 1,103.66 กิโลกรัมต่อไร่ แต่มีค่าต่ำกว่ารายงานของ ชะฤทัย และคณะ (2560) ที่ศึกษาการเก็บเกี่ยวต้นและใบมันสำปะหลังที่อายุ 4 เดือน รายงานว่าให้ผลผลิตน้ำหนักสด 3,558 กิโลกรัมต่อไร่ สาเหตุที่ให้ผลผลิตต่างกันอาจเนื่องมาจากการปลูกต่างกัน รวมทั้งการทดลองของชะฤทัย และคณะ (2560) มีระยะการปลูกที่หนาแน่นกว่า คือ 40x60 เซนติเมตร จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้ได้ผลผลิตน้ำหนักสดต่อไร่มีค่าสูงกว่างานทดลองที่ได้ดำเนินการ

สำหรับผลผลิตหัวมันสำปะหลังพันธุ์ระยะ 7 ระยะ 72 ห้วยบง 60 และลูกผสมฯ ได้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 605.20 (3,042.72 สด) 740.36 (3,318.72 สด) 757.77 (3,428.00 สด) และ 670.96 (3,198.72 สด) กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งมากกว่ารายงานของ ขจรวิทย์ และคณะ (2554) ที่ทดสอบการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยะ 72 และเกษตรศาสตร์ 50 ในพื้นที่เกษตรกร 5 ราย ช่วงหลังเก็บเกี่ยวขาวในเดือนธันวาคมระหว่างมกราคม เก็บเกี่ยวเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน (อายุมันสำปะหลัง 4-5 เดือน) ให้ผลผลิต 2,204 และ 2,178 กิโลกรัมต่อไร่ โดยอธิบายว่าผลผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรต่ำเนื่องจากการปลูกมีความล่าช้า การดูแลไม่เท่าที่ควรและเกษตรกรขาดเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ ทวีทรัพย์ และคณะ (2562) ที่ศึกษาการปลูกมันสำปะหลังในนาข้าวหลังฤดูเก็บเกี่ยว ผลผลิตข้าวหน้าปี ที่ปลูกปลายเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน เก็บเกี่ยวเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน (ประมาณ 5 - 6 เดือน) ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังน้ำหนักสด เท่ากับ 3,000-4,000 กิโลกรัมต่อไร่

องค์ประกอบทางเคมี

ตนและใบมันสำปะหลัง

องค์ประกอบทางเคมีของตนและใบมันสำปะหลัง พบว่า มีค่า DM และ Ash มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ในส่วนของ โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) ไขมัน (Ether extract, EE) ผนังเซลล์ (Neutral detergent fiber, NDF) ลิกโนเซลลูโลส (Acid detergent fiber, ADF) และลิกนิน (Lignin) ไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของตนและใบมันสำปะหลัง

องค์ประกอบทางเคมี (%)	T1 ระยะ 7	T2 ระยะ 72	T3 ห้วยบง 60	T4 ลูกผสมฯ	SEM	P-value
DM	19.73 ^b	22.33 ^a	22.10 ^a	21.00 ^{ab}	3.65	0.0217
CP	20.16	17.23	19.60	19.46	8.05	0.1996
EE	5.86	6.33	6.60	5.63	8.38	0.1892
NDF	40.26	46.03	41.20	41.83	7.86	0.2542
ADF	36.10	40.70	37.60	38.16	9.51	0.5213
ADL	10.76	12.10	11.00	10.56	9.13	0.3399
Ash	10.10 ^a	8.37 ^b	8.93 ^b	8.67 ^b	0.23	0.0073

^{a b} ตัวเลขตามแนวนอนที่มีอักษรกำกับที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์; SEM, standard error of the mean

สำหรับค่าวัตถุแห้งของตนและใบมันสำปะหลัง 4 สายพันธุ์ พบว่า พันธุ์ระยะ 72 ห้วยบง 60 มีค่า DM มากกว่าพันธุ์ระยะ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตามค่าวัตถุแห้งของตนและใบมันสำปะหลัง 4 สายพันธุ์ที่ได้ศึกษามีค่ามากกว่าผลการทดลองของ ฆะฤทัย และคณะ, (2560) ที่รายงานว่าการรวมต้นมันสำปะหลังเก็บเกี่ยวครั้งแรกที่อายุ 4 เดือน เก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ที่อายุ 3 เดือน และครั้งที่ 3 ที่อายุ 4 เดือน มีค่าวัตถุแห้งเฉลี่ย 18.19 เปอร์เซนต์ เนื่องมาจากว่าอายุการเก็บเกี่ยวที่ต่างกันโดย ฆะฤทัย และคณะ, (2560) เก็บผลผลิต 3 ครั้งแรกที่อายุ 4 เดือน เก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ที่อายุ 3 เดือนหลังการตัดครั้งแรก และครั้งที่ 3 ที่อายุ 4 เดือนหลังการตัดครั้งที่ 2 แต่งานทดลองเก็บผลผลิตที่อายุ 5 เดือน อย่างไรก็ตามค่าวัตถุแห้งที่ได้จากการทดลองมีค่าน้อยกว่าผลการทดลองของ บุญล้อม และคณะ (2548) ที่รายงานว่าการเก็บใบมันสำปะหลังที่ตัดส่วนยอดยาวลงมาประมาณ 30-50 เซนติเมตร อายุ 3 เดือนหลังปลูก และเก็บใบมันสำปะหลังครั้งต่อไปทุกๆ 2 เดือน พบว่า ใบมันสำปะหลังมีค่าวัตถุแห้ง 23.92 เปอร์เซนต์ เนื่องจากการเก็บเฉพาะใบไม่รวมต้นทำให้ค่าวัตถุแห้งสูงกว่างานทดลองที่ได้ดำเนินการ

เมื่อพิจารณาค่าโปรตีนของการทดลองในครั้งนี้ (17.23-20.16 เปอร์เซนต์) มีค่ามากกว่าผลการทดลองของ ฆะฤทัย และคณะ (2560) ที่รายงานว่าการตัดมันสำปะหลังรวมใบเก็บเกี่ยวที่อายุ 4 เดือน มีค่าโปรตีนเฉลี่ย 15.36 เปอร์เซนต์ แต่ต่ำกว่ารายงานของ สุภัญญา และคณะ (2547) ที่รายงานไว้ว่า ใบมันสำปะหลังที่เก็บโดยการเด็ดส่วนยอดบริเวณที่มีสีเขียวลงมาประมาณ 20 เซนติเมตร มีโปรตีน เฉลี่ย 23.7 เปอร์เซนต์ เนื่องมาจากว่าลักษณะการเก็บเกี่ยวเฉพาะส่วนยอดไม่มีต้นผสมจึงทำให้ โปรตีนสูงกว่างานทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทดลองในครั้งนี้และรายงานอื่น ๆ มีสภาพแวดล้อม วิธีการเก็บวัตถุดิบผลผลิต ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การใส่ปุ๋ย การเก็บเกี่ยวและระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน

ผนังเซลล์ NDF ลิกโนเซลลูโลส และ ลิกนิน ของทั้ง 4 พันธุ์ ไม่แตกต่างกัน เนื่องมาจากอายุการเก็บเกี่ยว การจัดการและการดูแลรักษาเหมือนกัน จึงทำในส่วนของการย่อยใยต่างๆ ที่เมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วจึงไม่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สายพันธุ์ไม่มีผลต่อปริมาณเยื่อใยในผลผลิตของต้นและใบมันสำปะหลัง ส่วนค่าเถ้า พบว่า ระยะ 7 มีค่าสูงกว่าสายพันธุ์อื่นๆ แตกต่างทางสถิติ ($P < 0.01$) อาจมีแนวโน้มที่จะเป็นไปได้ว่าระยะ 7 จะมีปริมาณแร่ธาตุสูงเพราะปริมาณเถ้า เป็นตัวแทนของปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในอาหารและยังใช้ปริมาณ เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของอาหารด้วย (นิธิยา, 2554)

หิวมันสำปะหลัง

ค่าวัตถุแห้งของหิวมันสำปะหลัง พบว่า พันธุ์ระยะ 7 และห้วยบง 60 มีค่าวัตถุแห้งของ หิวมันสำปะหลังสูงกว่าพันธุ์ระยะ 72 และลูกผสมฯ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) แต่มีค่าต่ำกว่า ผลการทดลองของ ฆะฤทัย และคณะ, (2560) ที่รายงานหิวมันสำปะหลัง มีค่าวัตถุแห้งเท่ากับ 35 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุอาจเนื่องมาจากอายุการเก็บเกี่ยวต่างกันซึ่งตามผลการทดลองของ ฆะฤทัย และคณะ, (2560) เก็บผลผลิตที่ 11 เดือน แต่การทดลองเก็บผลผลิตที่ 5 เดือน รวมถึงช่วงฤดูกาลชุดที่ต่างกันทำให้มีค่าสูงกว่า ผลการทดลอง สำหรับค่าโปรตีน พบว่า พันธุ์ระยะ 72 มีค่าสูงกว่าลูกผสมฯ และห้วยบง 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในส่วนของไขมัน พันธุ์ลูกผสมฯ มีค่าสูงกว่าพันธุ์ระยะ 7 ระยะ 72 และห้วยบง 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ผนังเซลล์ NDF พันธุ์ระยะ 72 และระยะ 7 มีค่าสูงกว่า ห้วยบง 60 และ ลูกผสมฯ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สำหรับค่าลิกโนเซลลูโลส พันธุ์ระยะ 72 และลูกผสมฯ มีค่าสูงกว่าระยะ 7 และห้วยบง 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ค่าลิกนิน พันธุ์ระยะ 7 มีค่าสูงกว่าระยะ 72 ห้วยบง 60 และลูกผสมฯ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) แต่ต่ำกว่าต่างจากการทดลองของ ฆะฤทัย และคณะ, (2560) ที่รายงานหิวมันสำปะหลังมีค่าลิกนิน เท่ากับ 5.56 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องมาจาก การเก็บเกี่ยวใช้ระยะเวลานานกว่า คือ 11 เดือน ทำให้มีค่าสูงกว่าผลการทดลอง สำหรับค่าเถ้า พบว่า พันธุ์ลูกผสมฯ มีค่าสูงกว่าพันธุ์ระยะ 7 และห้วยบง 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของหิวมันสำปะหลัง อายุ 5 เดือน

องค์ประกอบ	T1	T2	T3	T4	SEM	P-value
ทางเคมี (%)	ระยะ 7	ระยะ 72	ห้วยบง 60	ลูกผสมฯ		
DM	27.57 ^a	20.80 ^b	27.97 ^a	22.47 ^b	0.57	0.0002
CP	3.57 ^{ab}	4.10 ^a	2.50 ^c	2.90 ^{bc}	0.23	0.0108
EE	0.60 ^b	0.63 ^b	0.50 ^b	1.13 ^a	0.79	0.0050
NDF	14.90 ^a	15.07 ^a	11.53 ^b	12.83 ^b	0.59	0.0148
ADF	4.53 ^b	6.00 ^a	4.77 ^b	6.47 ^a	0.26	0.0045
ADL	3.17 ^a	1.20 ^c	1.77 ^{bc}	2.33 ^b	0.20	0.0025
Ash	3.07 ^{bc}	3.50 ^{ab}	2.50 ^c	3.93 ^a	0.25	0.0286

^{a b c} ตัวเลขตามแนวนอนที่มีอักษรกำกับที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์; SEM, standard error of the mean

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่า HCN ของต้นและใบมันสำปะหลังหมัก

การถนอมพืชหมักจะเก็บไว้สำหรับเป็นอาหารสัตว์ในช่วงเวลาขาดแคลน ระดับ pH ในพืชหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของพืชหมัก ซึ่งค่า pH ที่ความเหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 3.5-4.2 (เกียรติศักดิ์และคณะ, 2544) จากตารางที่ 5 ผลการทดลองจากการหมักต้นและใบมันสำปะหลังมีอายุการหมักนาน 21 วันพบว่า ค่า pH แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยระยะ 72 มีค่า pH สูงกว่า ระยะ 7 หัวยบง 60 และลูกผสมฯ สำหรับส่วนของหัวมันสำปะหลังหมักพบว่า ค่า pH ทุกสายพันธุ์แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยระยะ 7 ให้ค่า pH สูงที่สุด คือ 3.63 ตามด้วยระยะ 72 (3.39) หัวยบง 60 (3.34) และลูกผสมฯ (3.20) ตามลำดับ

ไซยาไนด์ (cyanide) เป็นสารเคมีที่สามารถเกิดขึ้นได้เองในธรรมชาติอาจเกิดจากการทำปฏิกิริยาของสารเคมีต่างๆ ในธรรมชาติหรือจากการขับถ่ายของเสียหรือจากการสลายตัวของสารประกอบบางชนิดในธรรมชาติโดยจุลินทรีย์พืชและสัตว์ รูปแบบที่เป็นพิษคือรูปอิสระหรือไฮโดรเจนไซยาไนด์ (hydrogen cyanide, HCN) ผลจากการทดลองในครั้งนี้ พบว่า ต้นและใบมันสำปะหลังหมักทุกสายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน โดยระยะ 7 มีค่า HCN เฉลี่ย 678.49 ppm สูงกว่าสายพันธุ์อื่นๆ สำหรับหัวยบง 60 พบค่า HCN ต่ำสุดเฉลี่ย 494.00 ppm ซึ่งทั้ง 4 สายพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ นิลุบล และคณะ, (2551) อ้างโดย ศุภชัย, (2558) ที่รายงานว่า ใบมันสำปะหลัง (รวมต้นอ่อน) ของระยะ 72 และเกษตรศาสตร์ 50 หลังเก็บเกี่ยวทันทีที่มีค่า HCN 679 และ 673 ppm สำหรับหัวมันสำปะหลังหมักแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยระยะ 72 มีค่า HCN สูงสุดคือ 484.36 ppm แต่ไม่แตกต่างกับลูกผสมฯ และลูกผสมฯ ก็ไม่แตกต่างกับ หัวยบง 60 ซึ่งระยะ 7 มีค่า HCN ต่ำสุด คือ 293.66 ppm โดยมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Tewe *et al.*, (1989) ที่รายงานว่า หัวมันสำปะหลังสด มีค่า HCN 88.3–416.3 ppm แต่เมื่อผ่านกระบวนการหมักทำให้ค่า HCN จึงลดต่ำลงตามระยะเวลาที่หมัก โดยทั่วไปแล้วปริมาณ HCN ที่ทำให้สัตว์เป็นอันตรายได้จะอยู่ระหว่าง 0.66 ถึง 15 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (Food Standards Australia New Zealand, 2005) อย่างไรก็ตามการหมักหัวมันสำปะหลัง ต้นและใบมันสำปะหลังที่อายุ 21 วัน มีปริมาณ HCN ที่สูงเกิน 200 ppm ดังนั้นในการพิจารณาประกอบสูตรอาหารสัตว์ในอาหารสูตรรวม (TMR) ต้องอยู่ในค่าที่ไม่เกิน 200 ppm จึงจะอยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับสัตว์

ตารางที่ 5 ระดับกรด-ด่าง (pH) และค่า HCN (ppm) ของต้นและใบมันสำปะหลังหมัก และหัวมันสำปะหลังหมัก

	T1	T2	T3	T4	SEM	P-value
	ระยะ 7	ระยะ 72	หัวยบง 60	ลูกผสมฯ		
ต้นและใบมันสำปะหลังหมัก						
pH	4.42 ^b	4.88 ^a	4.05 ^b	4.28 ^b	4.19	0.0078
HCN (ppm)	678.49	576.10	494.00	524.96	18.32	0.2459
หัวมันสำปะหลังหมัก						
pH	3.63 ^a	3.39 ^b	3.34 ^c	3.20 ^d	0.50	0.0001
HCN (ppm)	293.66 ^c	484.36 ^a	392.74 ^b	438.68 ^{ab}	25.36	0.0087

^{a b c} ตัวเลขตามแนวนอนที่มีอักษรกำกับที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์; SEM, standard error of the mean

ค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (DMD) ที่ 48 ชั่วโมงในกระเพาะรูเมน

ค่า DMD ในต้นและใบมันสำปะหลังหมัก แสดงในตารางที่ 6 พบว่า แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยระยะ 7 มีค่าสูงสุด คือ 76.30 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างกับ ห้วยบง 60 (75.01 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งห้วยบง 60 แตกต่างกับระยะ 72 (74.37 เปอร์เซ็นต์) และลูกผสมฯ (62.53 เปอร์เซ็นต์) สำหรับค่า DMD ในการทดลองครั้งนี้มีค่าสูงแสดงให้เห็นว่าแนวโน้มที่สัตว์สามารถใช้ประโยชน์จากสิ่งที่กินเข้าไปแล้วมีการย่อยสลายของวัตถุแห้งได้มาก นอกจากนี้การที่มีส่วนที่สลายได้สูงสามารถช่วยย่นระยะเวลาที่จุลินทรีย์เริ่มทำการย่อยสลายให้สั้นลงได้ (เสาวลักษณ์ และคณะ, 2542) ซึ่งการที่ต้นและใบมันสำปะหลังหมักมีการย่อยสลายของวัตถุแห้งได้สูงมีแนวโน้มที่สัตว์สามารถจะมีการเจริญเติบโตได้ดีสอดคล้องกับการศึกษาของ วรณา และคณะ (2551) รายงานถึงความสัมพันธ์ระหว่างสวนประกอบทางเคมีของหญ้าอาหารสัตว์กับค่า DMD ว่าพืชที่มีอายุการตัดที่น้อยจะมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งได้มากกว่าพืชที่มีอายุการตัดที่สูงกว่า ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (DMD) ที่ 48 ชั่วโมงในกระเพาะรูเมนของต้นและใบมันสำปะหลังหมัก

รายการ	T1	T2	T3	T4	SEM	P-value
	ระยะ 7	ระยะ 72	ห้วยบง 60	ลูกผสมฯ		
DMD (%)	76.30 ^a	74.37 ^c	75.01 ^b	72.53 ^c	0.34	0.0002

^{a b c} ตัวเลขตามแนวนอนที่มีอักษรกำกับที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์; SEM, standard error of the mean

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของมันสำปะหลังหลังนา 4 สายพันธุ์ เก็บผลผลิตที่อายุ 5 เดือนสรุปได้ว่า

1 ผลผลิตต้นและใบมันสำปะหลัง พันธุ์ระยะ 7 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด คือ 305.04 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับผลผลิตน้ำหนักสดพันธุ์ระยะ 7 และลูกผสมฯ ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากัน คือ 1,103.66 กิโลกรัมต่อไร่ ในส่วนของหัวมันสำปะหลังแห้งและสด พันธุ์ห้วยบง 60 ให้ผลผลิตสูงสุด คือ 757.77 กิโลกรัมต่อไร่ และ 3,428 กิโลกรัมต่อไร่

2 องค์ประกอบทางเคมีของต้นและใบมันสำปะหลัง พบว่า ค่าวัตถุแห้งพันธุ์ระยะ 72 มีค่าสูงสุด คือ 22.33 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าโปรตีน ไขมัน ผนังเซลล์ NDF ลิกโนเซลลูโลส และ ลิกนิน ไม่แตกต่างกัน แต่ในส่วนของเถ้าระยะ 7 มีค่าสูงสุด คือ 10.10 เปอร์เซ็นต์ สำหรับหัวมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 มีค่าวัตถุแห้งสูงสุด คือ 27.97 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าโปรตีน พันธุ์ระยะ 72 มีค่าสูงสุด คือ 4.10 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของไขมัน พันธุ์ลูกผสมฯ มีค่าสูงสุด คือ 1.13 เปอร์เซ็นต์ ค่าผนังเซลล์ NDF พันธุ์ระยะ 72 มีค่าสูงสุด คือ 15.07 เปอร์เซ็นต์ ส่วนลิกโนเซลลูโลส พบว่า พันธุ์ลูกผสมฯ มีค่าสูงสุด คือ 6.47 เปอร์เซ็นต์ สำหรับลิกนินพบว่า พันธุ์ระยะ 7 มีค่าสูงสุด คือ 3.17 เปอร์เซ็นต์ และเถ้าพันธุ์ลูกผสมฯ มีค่าสูงสุด คือ 3.93 เปอร์เซ็นต์

3 ค่ากรด-ด่าง (pH) ของต้นและใบมันสำปะหลังอายุการเก็บ 21 วัน พบว่า พันธุ์ห้วยบง 60 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ 4.05 ส่วนระยะ 7 ระยะ 72 และลูกผสมฯ มีค่าสูงเกินมาตรฐาน คือ 4.42 4.88 และ 4.28 ตามลำดับ ในขณะที่หัวมันสำปะหลังอายุการเก็บ 21 วัน พบว่า ทุกสายพันธุ์มีค่า pH ต่ำว่า เกณฑ์มาตรฐาน (pH 3.8-4.2)

4 ค่า HCN (ppm) On DM ส่วนของต้นและใบมันสำปะหลังทุกสายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน โดยหัวมันสำปะหลังหมักพันธุ์ระยอง 7 มีค่าต่ำสุด 293.66 ppm อย่างไรก็ตามทุกสายพันธุ์สามารถนำมาใช้ผสมเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในอาหารสูตรรวม (TMR) ได้แต่ควรให้ไฮโดรไซยาไนด์อยู่ในระดับต่ำกว่า 200 ppm ซึ่งเป็นระดับที่ไม่เป็นอันตรายสำหรับสัตว์

5 ค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (DMD) ในกระเพาะหมักของโค ที่ 48 ชั่วโมง พบว่า ต้นและใบมันสำปะหลังหมัก ระยอง 7 มีค่าการย่อยสลายได้สูงสุด คือ 76.30 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ

สำหรับการเก็บผลผลิตจากงานทดลองครั้งนี้ เนื่องจากอยู่ในช่วงเริ่มเข้าสู่ฤดูฝน (มิถุนายน) การตากแห้งสำหรับการผลิตอาหารสัตว์ทำได้ไม่ค่อยสะดวกเพราะสภาพอากาศไม่เหมาะสม จึงทดลองหมักที่ อายุ 21 วัน พบว่า ค่า pH หัวมันสำปะหลังหมักทั้ง 4 สายพันธุ์มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แต่ส่วนต้นและใบมันสำปะหลังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ค่าความสามารถของพืชในการต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของ pH หรือปริมาณของเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก เป็นต้น ซึ่งค่าเหล่านี้ส่งผลต่อกระบวนการหมักที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ จึงควรมีการศึกษาอย่างละเอียดต่อไป และปริมาณไฮโดรไซยาไนด์ เมื่อหมักแล้วยังหลงเหลืออยู่ในระดับสูง ในการพิจารณาในการประกอบในอาหารสูตรรวม (TMR) จึงต้องให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับสัตว์ และควรที่จะดำเนินการศึกษาเพิ่มเติมถึงระยะเวลาของการหมักรวมทั้งการเติมสารเสริมต่างๆ ที่มีผลต่อระดับของไฮโดรไซยาไนด์ที่จะลดลงด้วย

การเก็บผลผลิตในส่วนของหัวมันสำปะหลัง 4 สายพันธุ์ พบว่า ระยอง 7 มีสภาพการเก็บที่ง่ายกว่าสายพันธุ์อื่น เนื่องจากลักษณะการเกิดของหัวจะรวมกันแน่นรวมถึงมีความยาวของหัวไม่มาก และการที่มีชั้นที่สั้นทำให้ขุดได้ง่ายโดยหัวไม่ขาดออกจากหัว ในแต่ในส่วนของระยอง 72 หัวยบง 60 และลูกผสมฯ ในการศึกษาเป็นการเก็บผลผลิตที่อายุสั้นจึงทำให้เก็บเกี่ยวยากเนื่องจากมีลักษณะของหัวที่ยาว รวมถึงการมีหัวด้วย จึงทำให้ในขณะถอนหัวจะขาดออกจากหัวขุดได้ง่าย ทำให้ต้องเสียเวลาและแรงงานในการขุดเพื่อให้ได้ผลผลิตจากแปลงอย่างเต็มที่

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณนายดำรงศักดิ์ หงษ์ทะนี ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์โสธร ที่อำนวยความสะดวกในการทำงาน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์โสธร ที่ให้ความช่วยเหลือในการเตรียมแปลงและจัดการแปลงผลิตมันสำปะหลังหลัณา รวมถึงการเก็บข้อมูลผลผลิตทุกขั้นตอนขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 กรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ดิน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของมันสำปะหลังหลัณา ขอขอบคุณคุณอรวิมล แก้วเกลี้ยง ที่ให้ความรู้และคำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูล ขอขอบคุณคุณฉะฤทัย จันทร์ธิปดี คุณวรรณภา อ่างทอง คุณจิระศักดิ์ ขอบแต่ง และคณะกรรมการวิชาการสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ทุกท่านที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำตรวจสอบและแก้ไขผลงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2554. ดิน น้ำ และการจัดการปลูกมันสำปะหลัง. โครงการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังโดยการกระจายพันธุ์และการขยายท่อนพันธุ์สะอาด. แหล่งที่มา <http://at.doa.go.th>. 25 ตุลาคม 2561.
- กรมวิชาการเกษตร. 2559. ปริมาณความต้องการน้ำของพืชไร่. <https://www.doa.go.th>. 20 มกราคม 2563.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. มหัศจรรย์พันธุ์ดิน. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. เอกสารคำแนะนำการผลิตมันสำปะหลังภายใต้โครงการจัดระบบพิเศษบับเฉพาะพื้นที่มันสำปะหลัง ปี 2550/2251.
- เกียรติศักดิ์ กล้าเอม เกียรติสุรักษ์ โภคสวัสดิ์ วิรัช สุขสำราญ และนายแสง ไผ่แก้ว. 2544. หล้าหมัก. กลุ่มวิจัยพืชอาหารสัตว์. กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์.
- ขจรวิทย์ พันธูยานอย ญาณิน สุปะมา ศักดิ์สิทธิ์ จรรยากรณ์ และพรทิพย์ แพงจันทร์. 2554. ทดสอบระบบการปลูกพืชในพื้นที่นาเขตน้ำฝนจังหวัดขอนแก่น. วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม. การประชุมวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติครั้งที่ 8. หน้า 161-167.
- ชะอุทัย จันทรธิบัติ อติศักดิ์ แพทย์พิพัฒน์ และปริญญา จเรรัตน์. 2560. รายงานผลงานพัฒนาเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ประจำปี 2559-2560. สำนักพัฒนาอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์.
- ชื่นจิตร แก้วสัญญา อนุสรณ์ กุลวงษ์ และสกล ฉายศรี. 2562. การประเมินสายพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อให้ผลผลิตและคุณภาพใบสูง. เกษตร 47 ฉบับพิเศษ 1 : (2562).
- ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์ และพีระยศ แข็งขัน. 2562. แนวทางการผลิตมันสำปะหลังหลังเก็บเกี่ยวข้าว. วารสารเกษตรพระวรุณ. ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2562.
- นิธยา รัตนพานนท์. 2554. หลักการวิเคราะห์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พรี้นติ้ง เฮ้าส์.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล สมคิด พรหมมา และบุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2548. รายงานฉบับสมบูรณ์การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารชั้นคุณภาพดี. สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.).
- พจนีย์ มอญเจริญ และ ทวีศักดิ์ เวียรศิลป์. 2544. คาร์บอนในดินของประเทศไทย. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 144 หน้า.
- ยงยุทธ โอสดสภา ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ ชัยสิทธิ์ ทองจุ. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 8 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 547 หน้า.
- วรรณา อางทอง แพรวพรรณ เครื่องมั่งกร และรำไพโร นามสีลี. 2551. การสร้างสมการทำนายค่าพลังงานใช้ประโยชน์ไดของหญ้า. รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2551. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ศุภชัย อุดชาชน. 2558. การใช้ผลพลอยได้จากมันสำปะหลังเป็นอาหารโค-กระบือ. สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 60 หน้า.
- สุกัญญา จัตูพรพงษ์ และวราพันธุ์ จินตณวิทย์. 2547. การใช้ประโยชน์เศษเหลือจากมันสำปะหลัง. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์. สถาบันสุวรรณวาลจากสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. แหล่งที่มา www.tapiocathai.org/Brochure/c_2.pdf.

- สุเมศ หับเงิน กฤษณา ทิวาตรี และปวีติ อยู่สุข. 2558. เทคโนโลยีแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังในจังหวัดฉะเชิงเทรา. วารสารวิจัย ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2558. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2562. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เสาวลักษณ์ แยมหมื่นอาจ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และสมคิด พรหมมา. การวัดการย่อยได้ของโภชนะและค่าพลังงานในฟางข้าวโดยใช้ถุงไนลอนและการวัดปริมาณแก๊ส. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37. 3-5 กุมภาพันธ์ 2542. แหล่งที่มา <https://www.lib.ku.ac.th/KUCONF/KC3702011.pdf>. 24 กุมภาพันธ์ 2564.
- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis. 21st ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-45.
- Bremner, J.M. 1996. Nitrogen Total In: Sparks, D.L., Ed., Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods, SSSA Book Series 5, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 1085-1122.
- Food Standards Australia New Zealand. 2005. Cyanogenic Glycosides in Cassava and Bamboo shoots. A Human Health Risk Assessment. Technical Report Series No. 28.
- McLean, E. O. 1973. Testing soil for pH and lime requirement. In: L.M. Walsh and J. D. Beaton (ed.). Soil testing and plant analysis. Amer. Soc. of Agron. Madison, Wisconsin. Page 78-95.
- Mehlich, A. 1978. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. Commun. in Soil Science and Plant Analysis. 9(6): 477-492.
- Peech, M. 1965. Hydrogen-ion activity. In: C.A. Black (ed.). Methods of soil analysis, Part 2. Agronomy Number 9. Amer. Soc. of Agron. Madison, Wisconsin. Page 914-926.
- Ørskov, E R., and I, McDonald., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science. 92, 499-503.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. 2nd ed. McGraw-Hill Book Co., New York.
- Tewe, O.O. and Lyayi, E.A. 1989. Cyanogenic glycosides. In Toxicants of plant origin, Vol. II, Glycosides. Ed. Cheeke, P.R. CRS Press, p. 43-60.