

ผลของการยกร่องปลูกที่มีต่อความชื้นในดินและผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60

Effect of Ridge Planting on Soil Moisture and Yield of Cassava Huay Bong 60

Received:	May	24, 2019
Revised:	December	20, 2019
Accepted:	December	27, 2019

ศุภชัย วาสนานนท์ (Supachai Wasananon)*

รักษศักดิ์ เสริมศักดิ์ (Raksak Sermsak)**

อิสริย์ เนื่องจำนงค์ (Isaree Nueangchamngong)***

ดลฤดี วาสนานนท์ (Dolruedee Wasananon)****

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการยกร่องปลูกต่อความชื้นในดินและผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ ในพื้นที่ทดลองอำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง โดยยกร่องปลูกมันสำปะหลัง 3 รูปแบบ คือ การยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) กว้าง 2.4 เมตร การยกร่องกลางปลูกแถวเดี่ยว (T_2) กว้าง 1.2 เมตร และการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) กว้าง 0.9 เมตร ผลการศึกษาพบว่า การยกร่องปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมส่งผลให้ได้ผลผลิตต่อไร่สูงขึ้น และจากการวัดความชื้นในดินยังพบว่า การยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) มีค่าเฉลี่ยความชื้นในดินสูงกว่าการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) เนื่องจากการยกร่องใหญ่ (T_1) สามารถกักเก็บความชื้นไว้ในดินได้มากกว่าการยกร่องเล็ก (T_3) เพราะรูปทรงของร่องที่มีขนาดใหญ่ทำให้การระเหยของน้ำในดินช้ากว่าร่องที่มีรูปทรงเล็กกว่า สำหรับการเปรียบเทียบความชื้นของการยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) กับ การยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) มีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า ผลผลิตของการยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดคือ 6.89 ตันต่อไร่ ส่วนการยกร่องกลางปลูกแถวเดี่ยว (T_2) มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 6.11 ตันต่อไร่ และการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุดคือ 5.25 ตันต่อไร่ สำหรับการเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากการยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) ที่สูงกว่าการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) มีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

คำสำคัญ: การยกร่องปลูก, ความชื้นในดิน, ผลผลิตมันสำปะหลัง

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology,
Silpakorn University., wasananon@gmail.com, 0813442155

** อาจารย์ ดร. ประจำภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lecturer Dr., Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, agrsss@ku.ac.th

*** ประจำภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, agrsss@ku.ac.th

**** พันเอกหญิง ดร. ประจำกรมการสัตวทหารบก

Colonel Dr., Veterinary and Remount Department, dolruedeew@gmail.com, 0816235359

Abstract

The objective of the study was to study the effect of ridge planting on soil moisture and yield of cassava Huay Bong 60 Variety by utilizing the experimental research. The experiment were designed by using randomized complete block design (RCBD) with 4 replications at Banchan district, Rayong province. There were 3 different ridges, namely large ridges with two rows (T_1) with 2.4 meters wide; middle ridges (T_2) with 1.2 meters wide and small ridges (T_3) with 0.9 meters wide. The results showed that the appropriate of ridge planting could lead to an increased yield. The soil moisture measured by Arduino UNO R3 Sensor revealed that the large ridges with two rows (T_1) had a significantly higher average soil moisture content than small ridges (T_3). Furthermore, a higher soil water storage capacity were shown in the large size of planting ridges with two rows (T_1) than small planting ridges (T_3) as the result of a decreased evapotranspiration. The large ridges with two rows (T_1) had a significantly higher average soil moisture content than small ridges (T_3) with a confidence level at 0.01. However, the large ridges with two rows (T_1) produced the highest yield at 6.89 ton per rai, the middle ridges (T_2) produced the yield at 6.11 ton per rai and the small ridges (T_3) produced the lower yield at 5.25 ton per rai. The large ridges with two rows (T_1) had a significant higher yield than small ridges (T_3) with a confidence level at 0.05.

Keywords: Ridge planting, Soil moisture, Cassava variety yield

บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* (L.) Crantz) เป็นวัตถุดิบที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตอาหารของมนุษย์ อาหารสัตว์ และเชื้อเพลิงทางเลือก (Balagopalan, 2002) ถือได้ว่าเป็นพืชพลังงานตัวหนึ่งที่มีอนาคตเหมือนกับอ้อย และปาล์มน้ำมัน ซึ่งจากแนวโน้มความต้องการมันสำปะหลังของโลกที่ขยายตัวจากพืชอาหารไปสู่พืชพลังงาน ส่งผลต่อความต้องการมันสำปะหลังเพื่อรองรับอุตสาหกรรมภายในประเทศและต่างประเทศ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการวางแผนนโยบายและบริหารจัดการมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้มีผลผลิตต่อไร่สูงขึ้น รวมถึงผลผลิตที่มีคุณภาพสอดคล้องความต้องการของตลาด (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2562) โดยที่ผ่านมาหัวสดมันสำปะหลังถูกนำไปแปรรูปเป็นแป้ง มันเส้น และมันอัดเม็ด ปีละประมาณ 21 ล้านตัน ต่อมาในยุคน้ำมันมีราคาแพงมันสำปะหลังได้ถูกเลือกให้เป็นพืชพลังงานทดแทนที่โดดเด่นพืชหนึ่งโดยนำหัวสดไปผลิตเอทานอล เพื่อนำเอทานอลมาผสมกับน้ำมันเบนซินโดยใช้แทนสาร Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE) เรียกน้ำมันเบนซินชนิดนี้ว่า “แก๊สโซฮอล์” ซึ่งในปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการนำหัวมันสำปะหลังมาผลิตเอทานอล โดยอนุมัติให้ตั้งโรงงานผลิตเอทานอลไปแล้ว 24 โรง มีกำลังผลิตรวมทั้งสิ้น 5 ล้านลิตรต่อวัน ต้องใช้วัตถุดิบหัวสดเพิ่มขึ้นอีก 6 ล้านตันต่อปี แต่ด้วยข้อจำกัดของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังภายในประเทศมีเท่าเดิมคือ 6.5 ล้านไร่ (ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2562) ดังนั้นแนวทางในการเพิ่ม

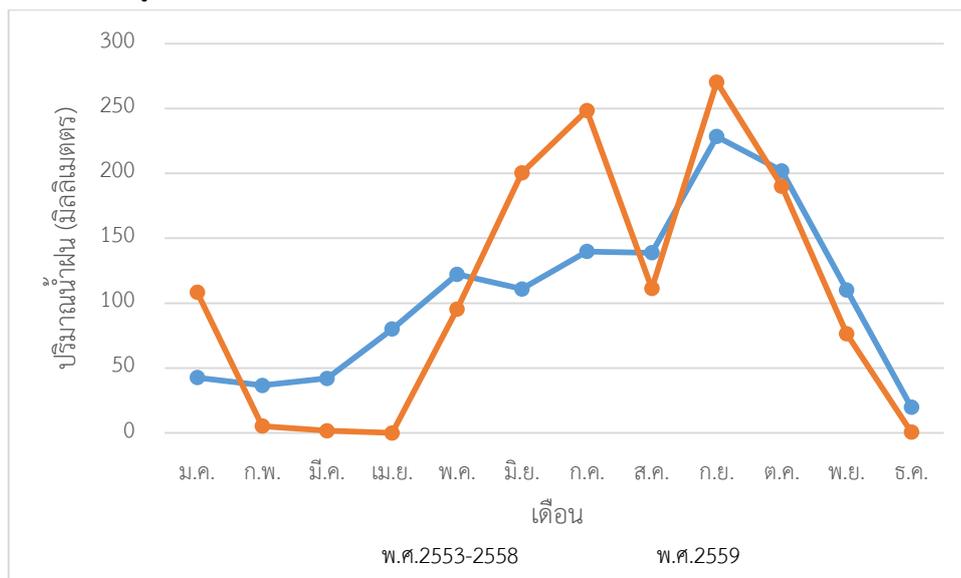
ผลผลิตมันสำปะหลังคือ การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ภายในประเทศ ร่วมกับการขยายฐานการผลิตไปยังประเทศเพื่อนบ้าน การวางแผนจัดการดังกล่าวจะนำไปสู่ความสำเร็จในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง เพื่อรองรับโรงงานผลิตเอทานอลได้อย่างแน่นอน (โสภาช บัญแสง, 2551) ซึ่งจากการสำรวจการปลูกมันสำปะหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2559 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเป็นอันดับที่ 2 ของโลก โดยมีพื้นที่ปลูกเฉลี่ย 9,143,814 ไร่/ปี ผลผลิตเฉลี่ย 3,611 กิโลกรัม/ไร่/ปี ผลผลิตรวมเฉลี่ย 30,613,957 ตัน/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2545 กับปัจจุบัน ผลผลิตรวมเพิ่มขึ้น 69.36% พื้นที่เก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น 38.20 % แต่ผลผลิต/ไร่เพิ่มขึ้น 22.53 % (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) จะเห็นได้ว่าการเพิ่มผลผลิตโดยรวมของประเทศมาจากการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มมากขึ้นมากกว่าเพิ่มผลผลิต/ไร่ ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ปลูกซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง อย่างไรก็ตามในพื้นที่อาศัยน้ำฝน เกษตรกรมักพบปัญหาในเรื่องของการจัดการน้ำให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ในปัจจุบันการยกทรงมีความสำคัญในการช่วยการเก็บความชื้น และระบายน้ำส่วนเกิน แต่การยกทรงที่มีขนาดไม่เหมาะสม เช่น ขนาดเล็กเกินไปแม้จะช่วยให้การระบายน้ำดีขึ้น แต่ทำให้หัวมันสำปะหลังลอยโผล่บริเวณข้างร่อง หากมันสำปะหลังขาดน้ำหรือหากดินขังน้ำหรือน้ำท่วมมีผลทำให้ผลผลิตและคุณภาพแป้งของมันสำปะหลังลดลง (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2554) จากสถานการณ์การผลิตของมันสำปะหลังของประเทศไทยที่มีปลูกใน 45 จังหวัด บริเวณพื้นที่ปลูกเกือบทั้งหมดเป็นเขตใช้น้ำฝน ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่จึงขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนของแต่ละปี แม้ว่ามันสำปะหลังเป็นพืชทนแล้งแต่พื้นที่ที่ให้ผลผลิตสูงจะต้องเป็นพื้นที่ที่ได้รับน้ำฝนไม่น้อยกว่า 1,200 มิลลิเมตรต่อปี เพื่อให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2552) จะเห็นได้ว่าการผลิตมันสำปะหลังของไทยขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศและปริมาณน้ำฝน ดังนั้นถ้ามีความแปรปรวนของสภาพดินฟ้าอากาศ เช่น การเกิดสภาวะแห้งแล้งเป็นระยะเวลานานทำให้มีผลกระทบต่อมันสำปะหลังเนื่องจากเป็นพืชที่ต้องการน้ำบางช่วงอายุการเจริญเติบโต ถ้าขาดแคลนน้ำจะทำให้การเจริญเติบโตหยุดชะงัก และส่งผลให้ปริมาณผลผลิตลดลง นอกจากนี้พันธุ์มันสำปะหลังก็มีความสำคัญในการปลูก ซึ่งพันธุ์มันสำปะหลังอุตสาหกรรมที่เกษตรกรนิยมปลูกนั้นเป็นพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร 7 พันธุ์ ได้แก่ ระยะเวลา 5, ระยะเวลา 7, ระยะเวลา 9, ระยะเวลา 11, ระยะเวลา 60, ระยะเวลา 72, ระยะเวลา 90 และพันธุ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 3 พันธุ์ ได้แก่ เกษตรศาสตร์ 50, หัวยบ 60, หัวยบ 80 (กรมวิชาการเกษตร, 2562) สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการทดลองโดยใช้มันสำปะหลังพันธุ์หัวยบ 60 เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงพระราชทานชื่อพันธุ์ “หัวยบ 60” และเป็นการร่วมพัฒนาพันธุ์กว่า 10 ปี ระหว่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กับมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นลูกผสมระหว่างพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 กับพันธุ์ระยะเวลา 5 ในปี พ.ศ.2534 ได้ทำการคัดเลือก ทดสอบ เปรียบเทียบพันธุ์ จนถึงปี พ.ศ.2544 และได้รับรองพันธุ์เมื่อวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ.2548 โดยมีลักษณะเด่นคือ เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงเฉลี่ย 5.7 ตัน/ไร่ ปริมาณแป้งสูงเฉลี่ยแบ่งในหัวสด 25.5% แป้งมีความหนืดสูงเหมาะสำหรับนำไปใช้กับอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้หลายชนิด ท่อนพันธุ์แข็งแรง ต้านทานโรคใบจุดปานกลาง เปอร์เซ็นต์ความงอกและความอยู่รอดสูง (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2562) ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาทั้งหมดนี้จึงนำไปสู่การศึกษาความเหมาะสมของการยกทรงเพื่อรักษาความชื้นในดิน และการระบายน้ำเพื่อจะส่งเสริมให้มีการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง อีกทั้งการวิจัยนี้ยังมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการยกทรงแปลงปลูกมันสำปะหลังที่สามารถเก็บความชื้นในดินได้ดี และปริมาณ

ความชื้นในดินของการยกร่องแปลงปลูกที่ทำให้ได้ผลผลิตที่ดีขึ้นของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 นอกจากนั้น ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับสำหรับงานวิจัยนี้ คือ ได้วิธีการเตรียมแปลงยกร่องปลูกเพื่อรักษาความชื้นในดินที่เป็น ประโยชน์ต่อต้นมันสำปะหลัง และได้เทคนิคการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังต่อไร่อีกด้วย

วิธีการศึกษา

การเตรียมแปลงปลูกมันสำปะหลัง

ศึกษาผลของการยกร่องปลูกที่มีต่อความชื้นในดินและผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ดำเนินการทดลองในพื้นที่ทดลองแปลงปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง ที่มีลักษณะของเนื้อดินของแปลงทดลองเป็นดินทรายร่วน (Loamy Sand) ประกอบด้วยดินทราย 84 % ดินทรายแป้ง 10 % และดินเหนียว 6 % ระยะปลูกระหว่างต้นห่างกัน 1 เมตร โดยปริมาณน้ำฝนในเขตพื้นที่ทดลองตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2558 ในช่วงเดือนธันวาคม-เมษายน เป็นช่วงฝนแล้งมีปริมาณน้ำฝนมาก ส่วนช่วงเดือนพฤษภาคม-พฤศจิกายน เป็นช่วงฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนมาก ดังแสดงในภาพที่ 1 (สำนักงานเกษตรอำเภอบ้านฉาง, 2559)



ภาพที่ 1 ปริมาณน้ำฝนระหว่างปี พ.ศ. 2559 และค่าเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2553-2558

การยกร่องปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ดังรูปแบบต่าง ๆ ต่อไปนี้ (ภาพที่ 2)

รูปแบบที่ 1 ร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) ไถพรวนดินด้วยไถผาล 7 หน้ครั้ง และยกร่องปลูกด้วยไถยกร่อง 2 ลูก ระยะกว้าง 2.4 เมตร สูง 0.6 เมตร

รูปแบบที่ 2 ร่องกลางปลูกแถวเดี่ยว (T_2) ไถพรวนดินด้วยไถผาล 7 หน้ครั้ง และยกร่องปลูกด้วยไถยกร่อง 2 ลูก ระยะกว้าง 1.2 เมตร สูง 0.5 เมตร

รูปแบบที่ 3 ร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) ไถพรวนดินด้วยไถผาล 7 หน้ครั้ง และยกร่องปลูกด้วยไถยกร่อง 4 ลูก ระยะกว้าง 0.9 เมตร สูง 0.35 เมตร



รูปแบบที่ 1 ร่องใหญ่ปลูกละคู (T₁)



รูปแบบที่ 2 ร่องกลางปลูกละแถวเดียว (T₂)



รูปแบบที่ 3 ร่องเล็กปลูกละแถวเดียว (T₃)

ภาพที่ 2 การยกร่องปลูกลำน้ำสำหรับรูปแบบที่ 1 (T₁) รูปแบบที่ 2 (T₂) และรูปแบบที่ 3 (T₃)

การเตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลังและการปลูก

เตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ พันธุ์ห้วยบง 60 โดยเลือกจากต้นพันธุ์สดที่มีอายุ 10 เดือน มาทำการตัดลำต้นให้เป็นท่อนยาวประมาณ 20 เซนติเมตร นำไปแช่สารไทอะมีโทกแซม (Thiamethoxim) 2 กรัม ต่อน้ำ 10 ลิตร ประมาณ 10 นาที เพื่อป้องกันเพลี้ยแป้งที่ติดมากับท่อนพันธุ์ จากนั้นนำท่อนพันธุ์ไปผึ่งให้แห้งแล้วนำไปปลูก

การปลูกมันสำปะหลัง ทำได้โดยนำท่อนพันธุ์ที่เตรียมไว้ปักตรง 90 องศาลงในดินให้ลึกประมาณ 1/3 ของความยาวท่อนพันธุ์ ระยะปลูกระหว่างต้นห่างกัน 1 เมตร ก่อนปลูกหว่านปุ๋ยมูลไก่ปรับปรุงดิน อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ หลังจากปลูกประมาณหนึ่งเดือนครึ่งทำการฉีดปุ๋ยหมัก และใส่ปุ๋ยสูตร 15-7-18 อัตรา 25-50 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่ดินมีความชื้น

การวัดความชื้นในดิน

วัดความชื้นในดินโดยใช้เครื่อง Arduino UNO R3 Sensor วัดค่าจากแรงดันไฟฟ้าเปรียบเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนัก (ศักดิ์ชัย เล้าภากรณ์, 2552) ในห้องปฏิบัติการภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยนำดินตัวอย่างจากแปลงทดลองไปอบแห้ง (ความชื้นศูนย์เปอร์เซ็นต์) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ตักดินแห้งใส่ภาชนะ 400 กรัม ใส่น้ำลงในดินเป็นการให้ความชื้นโดยคือน้ำหนักน้ำเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักดินแห้ง ซึ่งสูตรคำนวณความชื้นของดินมีดังนี้ (Voroney, 2019)

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

W = ความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์)

W_w = น้ำหนักน้ำในดิน (กรัม)

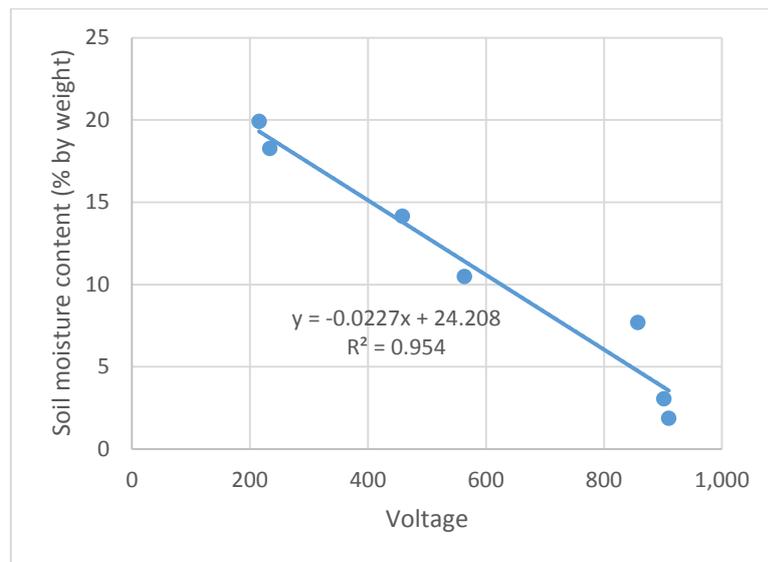
W_s = น้ำหนักดินแห้ง (กรัม)

สำหรับการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินกับปริมาณน้ำ (ดินแห้ง 400 กรัม) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินกับปริมาณน้ำ (ดินแห้ง 400 กรัม)

เปอร์เซ็นต์ความชื้นดิน	ปริมาณน้ำ (กรัม)
19.93	79.70
18.28	73.11
14.16	56.63
10.49	41.96
7.70	30.80
3.05	12.19
1.87	7.48

วัดความชื้นดินด้วยเครื่องมือวัด ได้แก่ เครื่อง Arduino UNO R3 Sensor (Scidle-Science and technology, 2016) จากนั้นนำผลค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่องมือ และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ได้จากการอบมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นในดินกับค่าแรงดันไฟฟ้าที่อ่านได้จากเครื่องมือเพื่อสร้างเป็น Calibration Curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นในดินกับค่าแรงดันไฟฟ้า (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดิน

วัดความชื้นในดินทั้งสามรูปแบบที่ทำการยกแปลงปลูก (T_1 = รูปแบบที่ 1 ร่องใหญ่ปลูกแถวคู่, T_2 = รูปแบบที่ 2 ร่องกลางปลูกแถวเดี่ยว และ T_3 = รูปแบบที่ 3 ร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว) และเก็บข้อมูลความชื้นด้วยเครื่องมือวัดความชื้นในดิน Arduino UNO R3 โดยฝังเครื่องมือลึกลงไป 20 เซนติเมตร ทำการวัดความชื้นของดินในช่วงฤดูแล้ง ช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน 2559

การวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่มีอายุ 240 วันหลังปลูกจากนั้นนำไปเปรียบเทียบข้อมูลน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสด กับความชื้นของการยกแปลงปลูกมันสำปะหลังทั้งสามรูปแบบ วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Duncan's multiple range tests ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการศึกษา

ผลของการยกแปลงปลูกแบบต่างๆ ต่อปริมาณผลผลิต

จากการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำหนักหัวมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 สดที่ได้จากการยกแปลงปลูกทั้งสามรูปแบบ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ซึ่งมันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกแปลงใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) ให้ผลผลิตสูงสุดที่ 6.89 ตัน/ไร่ เมื่อเทียบกับมันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกแปลงกลางปลูกแถวเดี่ยว (T_2) ให้ผลผลิต 6.11 ตัน/ไร่ และมันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกแปลงเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) ให้ผลผลิตน้อยสุดคือ 5.25 ตัน/ไร่ (ตารางที่ 2) โดยทั้งสามรูปแบบมีการให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยของจังหวัดระยองที่ได้ผลผลิตประมาณ 4 ตัน/ไร่

ผลของการยกร่องปลูกแบบต่างๆ ต่อความชื้นในดิน

ความชื้นในดินที่ทำการยกร่องปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ทั้งสามรูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % กล่าวคือ มันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) มีค่าเฉลี่ยความชื้นในดินมากที่สุดคือ 12.07 % ในขณะที่มันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกร่องกลางปลูกแถวเดี่ยว (T_2) มีค่าเฉลี่ยความชื้นในดินคือ 11.25 % และมันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) มีค่าความชื้นในดินเฉลี่ยน้อยสุดคือ 4.73 % (ตารางที่ 2) จะเห็นได้ว่าการยกร่องใหญ่ (T_1) สามารถกักเก็บความชื้นไว้ในดินได้มากกว่าการยกร่องเล็ก (T_3) เพราะรูปทรงของร่องที่มีขนาดใหญ่ทำให้การคายระเหยน้ำในดินช้ากว่าร่องที่มีรูปทรงเล็กกว่า ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าการยกร่องจะทำให้มีการเก็บความชื้นได้ดีกว่าการซึมน้ำลงใต้ดินและเก็บน้ำไว้ในดิน รวมถึงทำให้มีการระบายน้ำส่วนเกินได้อีกด้วย

ตารางที่ 2 ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และความชื้นในดิน

รูปแบบการยกร่องปลูก	ผลผลิต(ตัน/ไร่)	ค่าเฉลี่ยความชื้นในดิน (%)
การยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1)	6.89 ^a	12.07 ^a
การยกร่องกลางปลูกแถวเดี่ยว (T_2)	6.11 ^{ab}	11.25 ^a
การยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3)	5.25 ^b	4.73 ^b
F-test	*	**
CV %	9.16	15.29

*, ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < \leq .05$) และความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < .01$) ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันยกกำลังด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq .05$) (*)

เมื่อทำการยกร่องปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ทั้งสามรูปแบบ ได้แก่ การยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) การยกร่องกลางปลูกแถวเดี่ยว (T_2) และการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) พบว่า แต่ละวิธีจะมีรูปทรงและความสูงของร่องที่แตกต่างกันตามที่กำหนดไว้ คือ การยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) ก็กับการยกร่องกลางปลูกแถวเดี่ยว (T_2) จะมีอัตราพื้นที่ต่อต้นมากกว่าการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) เท่ากับ 1.2, 1.2 และ 0.9 ตารางเมตรต่อต้น ตามลำดับ โดยอัตราการใช้พื้นที่ต่อต้นมีผลต่อต้นทุนในการผลิต ซึ่งการยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) ก็กับการยกร่องกลางปลูกแถวเดี่ยว (T_2) ในพื้นที่ 1 ไร่ จะมีจำนวนต้นเท่ากัน ส่วนการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) จะใช้จำนวนต้นมากกว่า และใช้แรงในการจัดการดูแลมากกว่าทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น อย่างไรก็ตามจากราคาอ้างอิงโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2559) ในปี พ.ศ.2559 ราคา มันสำปะหลังหัวมันสดที่มีปริมาณแป้งสูงกว่าร้อยละ 25 คือ 1.84 บาท/กิโลกรัม ทำให้ผลตอบแทนของมันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) มันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกร่องกลางปลูกแถวเดี่ยว (T_2) และมันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) ได้ผลตอบแทน 9,531, 8,095 และ 6,100 บาทต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 (บาท/ไร่)

รายการ ต้นทุนการผลิต	ต้นทุนการผลิตของการยกร่อง (บาท/ไร่)		
	ร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T ₁)	ร่องกลางปลูกแถวเดี่ยว (T ₂)	ร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T ₃)
ค่าท่อนพันธุ์ (0.5 บาท/ท่อน)	667	667	1,000
ค่าปลูก	270	270	300
ค่าไถ 2 รอบ	800	800	850
ค่าฉีดยาฆ่าหญ้า	250	250	250
ค่าปุ๋ย และค่าใส่กลบ	990	990	990
ค่าฉีดปุ๋ยหมัก	170	170	170
รวมต้นทุนการผลิต (บาท/ไร่)	3,147	3,147	3,560
ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)	6,890	6,110	5,250
ราคาขาย 1.84 บาท/กิโลกรัม (บาท/ไร่)	12,678	11,242	9,660
ผลตอบแทน (บาท/ไร่)	9,531	8,095	6,100

สรุปและอภิปรายผล

การปลูกมันสำปะหลังนั้นความชื้นในดิน (Soil Moisture) ถือเป็นตัวแปรสำคัญในระบบภูมิอากาศ ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตขึ้นอยู่กับความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดิน (Robock, 2015) โดยในที่นี้ความชื้นในดินหมายถึง น้ำในดินเท่านั้นแบ่งออกได้ 4 ประเภท ได้แก่ 1) ความชื้นอิ่มน้ำ (Saturation) คือดินที่มีน้ำอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินเต็มไปหมดน้ำในช่องว่างจะเคลื่อนที่สู่เบื้องล่างด้วยแรงดึงดูดของโลกภายในระยะเวลาสั้น 2) ความชื้นชลประทานหรือความจุความชื้นในสนาม (Field Capacity) คือปริมาณน้ำในดินที่เหลือหลังจากที่น้ำอิสระถูกระบายออกจากช่องว่างหมดแล้ว หรือน้ำที่ดินสามารถดูดยึดไว้ได้จากแรงดึงดูดของโลกมีลักษณะเป็นเยื่ออยู่ในช่องว่าง (น้ำซึบและน้ำเยื่อ) ซึ่งถือว่าเป็นความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงสุด รากพืชสามารถดูดน้ำไปใช้และอยู่ในดินได้นาน โดยทั่วไปแรงดึงดูดความชื้นที่จุดความชื้นชลประทานมีค่าประมาณ 1/3 บรรยากาศ และจะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของเนื้อดิน เนื้อดินหยาบจะมีแรงดึงดูดความชื้นประมาณ 1/10 บรรยากาศ เนื้อดินเหนียวหรือค่อนข้างเหนียวจะมีค่าแรงดึงดูดความชื้นประมาณ 0.6 บรรยากาศ 3) ความชื้นจุดเหี่ยวถาวร (Permanent Wilting Point) คือปริมาณน้ำในดินที่พืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้เพียงพอกับการคายน้ำ ถ้าไม่ได้รับน้ำเพิ่ม พืชก็จะเริ่มเหี่ยวเฉาจนกระทั่งเหี่ยวเฉาถาวร และ 4) ความชื้นเมื่ออบแห้ง คือปริมาณน้ำในดินหลังจากถูกลอบไว้ที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานกว่า 15 ชั่วโมง จนไม่มีน้ำระเหยออกจากเม็ดดิน ถือว่าดินในสภาพนี้มีค่าแรงดึงดูดความชื้นไม่น้อยกว่า

10,000 บาร์ (วิบูลย์ บุญยธโรกุล, 2526) อีกทั้งสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกมันสำปะหลังควรมีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 200 เมตร ไม่มีน้ำท่วมขัง เป็นดินร่วน ดินร่วนปนทราย หรือดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางและมีอินทรีย์วัตถุไม่ต่ำกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี มีระดับหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรดต่างระหว่าง 5.5-7.5 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต 25-37 องศาเซลเซียส และมีปริมาณน้ำฝนกระจายสม่ำเสมอ 1,000-1,500 มิลลิเมตรต่อปี (ศูนย์พัฒนาความรู้การซื้อขายการเกษตรล่วงหน้า, 2558) อย่างไรก็ตามการเตรียมดินปลูกมันสำปะหลังที่ผ่านมาเกษตรกรไม่ให้ความสำคัญในเรื่องการเตรียมดินมากนัก ซึ่งหลักสำคัญของการเตรียมดินปลูกมันสำปะหลังก็คือต้องเตรียมดินให้ลึก โดยมีการไถครั้งแรกให้ลึกที่สุดด้วยพล 3 หรือ พล 4 ควรไถขณะที่ดินมีความชื้นพอเหมาะ การไถจะทำให้ลึกจะเพิ่มความสามารถในการเก็บกักความชื้นของดินได้มากขึ้น และจะทำให้มันสำปะหลังลงหัวได้ง่าย จากนั้นตากหน้าดินเพื่อให้วัชพืชตาย ถ้าเป็นดินร่วนเหนียวควรไถแปรครั้งที่สองเพื่อย่อยดินด้วยพล 7 และตามด้วยการยกร่องพร้อมปลูก ส่วนดินร่วนทรายไม่จำเป็นต้องไถแปรครั้งที่สองด้วยพล 7 สามารถยกร่องพร้อมปลูกได้เลย ในกรณีที่เกษตรกรสามารถหาปุ๋ยอินทรีย์ได้ ควรหว่านปุ๋ยอินทรีย์ก่อนไถตะปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ได้ผล คือ ปุ๋ยมูลไก่ 500-1,000 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ กากมันวัสดุเหลือจากโรงงานแปง 1-2ตันต่อไร่ (ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ม.ป.ป.)

สำหรับการศึกษาความผันแปรของความชื้นในดินบริเวณรากมันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา ของสมณมิตร พุกงาม, สามัคคี บุญยะวัฒน์ และรัชชนิวรรณ ราหุละ (2551) ที่พบความชื้นในดินเฉลี่ยรายวันสูงสุดมีค่าเท่า 40.3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรในเดือนกันยายน และต่ำสุด 18.3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรในเดือนกุมภาพันธ์โดยปริมาณความชื้นในดินเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลและช่วงเวลาเพาะปลูก ฉะนั้นด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้สามารถแบ่งฤดูปลูกมันสำปะหลังได้เป็น 2 ฤดู คือ ต้นฝน (มีนาคม-พฤษภาคม) และปลายฝน (กันยายน-พฤศจิกายน) การที่เกษตรกรมักเลือกปลูกปลายฤดูฝนก็ด้วยเหตุผลคือ ต้องการหลีกเลี่ยงหัวมันเน่าและลดจำนวนครั้งของการกำจัดวัชพืช นอกจากนี้มันสำปะหลังอายุ 1-5 เดือนจะอยู่ในสภาพที่ขาดน้ำน้อยที่สุด นอกจากนั้นการปลูกมันสำปะหลังแบบยกร่องสามารถระบายน้ำส่วนเกินได้ อีกทั้งยังช่วยรักษาปุ๋ยที่ใส่ลงไปแล้วกลับไว้จากการพัดพาของน้ำได้ แต่ไม่ควรยกร่องในพื้นที่ลาดสูงเพราะร่องจะขาดด้วยแรงของน้ำ ไม่ควรยกร่องแหลมและเล็กเกินไปเพราะจะไม่กักเก็บน้ำจากส่วนบนลงไว้ในร่องทำให้ร่องจะถูกชะล้างง่ายและทำให้ดินระเหยน้ำออกเร็วกว่าส่งผลให้มันสำปะหลังจะทิ้งใบเร็วขึ้นเมื่อความชื้นหมดไปทำให้ได้ผลผลิตต่ำกว่าการปลูกแบบไม่ยกร่อง ส่วนการปลูกแบบไม่ยกร่องสามารถรักษาความชื้นในดินได้ดีกว่า อายุการสร้างผลผลิตนานกว่าเพราะทิ้งใบช้ากว่า หัวจะใหญ่และดกกว่า ออกหัวได้รอบต้นโดยไม่มีอุปสรรคไหลออกมาข้างร่อง แต่ข้อเสียคือ ง่ายต่อการท่วมขังของน้ำ (หัวเน่า) ระบายน้ำช้ากว่าแบบยกร่อง ปลูกลำบากกว่าเพราะต้องชิงเชือก ใส่ปุ๋ยรองพื้นยากกว่าการยกร่อง การปลูกแบบนี้ต้องมีพื้นที่ที่เอียงเล็กน้อยไปด้านใดด้านหนึ่งไม่เอียงไปรวมแล้วขังน้ำ ซึ่งการปลูกมันสำปะหลังแบบไม่ยกร่องนี้ถ้าหัวไม่เน่าเพราะน้ำขังผลผลิตที่ได้จะดีกว่าแบบยกร่อง (สรรเสริญ สุนทรทยาภิรมย์, 2558) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการปลูกมันสำปะหลังควรมีการยกร่องปลูกในระดับที่เหมาะสม ซึ่งจากผลการศึกษการยกร่องปลูกที่ส่งผลต่อความชื้นในดินและผลผลิตมันสำปะหลังจะพบว่า วิธีการปลูกมันสำปะหลังที่มีการยกร่องปลูกในระดับที่พอเหมาะรวมถึงการใช้พันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมกันจะส่งผลให้ได้ผลผลิตต่อไร่

สูงขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ วัลลภ ทองอ่อน (2559) ที่ได้ศึกษาการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังโดยการสังเคราะห์ห้องค์ความรู้จากการวิจัย สื่อสาร ชุมชน และการประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศในจังหวัดกำแพงเพชร พบว่า มีผลงานวิจัยในกลุ่มเรื่องมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังที่สามารถสร้างองค์ความรู้ให้กับเกษตรกรในทุกขั้นตอนของการผลิตมันสำปะหลังใน 7 ด้าน คือ 1) ด้านพันธุ์และการคัดเลือกพันธุ์ 2) ด้านวิธีการปลูกและการวางแผนการปลูก 3) ด้านการปรับปรุงบำรุงดินและการเตรียมดิน 4) ด้านการให้น้ำ 5) ด้านการกำจัดวัชพืช 6) ด้านการใช้ปุ๋ย และ 7) การเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม อีกทั้งผลการทดลองการยกร่องปลูกที่ส่งผลต่อความชื้นในดินและผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ยังพบว่า มันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) มีปริมาณผลผลิตใกล้เคียงกับมันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกร่องกลางปลูกแถวเดี่ยว (T_2) คือ 6.89 และ 6.11 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งต่างจากมันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) ที่ให้ผลผลิตน้อยที่สุดคือ 5.25 ตันต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตกับความชื้นในดิน พบว่า มันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) มีปริมาณผลผลิตสูงที่สุดจะมีค่าเฉลี่ยความชื้นในดินสูง ส่วนมันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) มีปริมาณผลผลิตน้อยที่สุดจะมีค่าเฉลี่ยความชื้นในดินน้อยตามไปด้วย ดังนั้นการยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) ในแปลงมันสำปะหลังจะสามารถเก็บความชื้นในดินได้ดีส่งผลให้มันสำปะหลังมีผลผลิตสูงกว่า และยังมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) ทำให้เห็นว่าการยกร่องจะทำให้มีการเก็บความชื้นได้ดีกว่าการซึมผ่านลงไปและเก็บน้ำไว้ในดิน รวมถึงทำให้มีการระบายน้ำส่วนเกินได้อีกด้วย (Polthane, 2001) สำหรับการเปรียบเทียบมันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) กับ การยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) มีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 และการเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากมันสำปะหลังที่ปลูกแบบการยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T_1) ที่สูงกว่าการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T_3) มีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

จากผลการศึกษาที่ได้กล่าวมาในข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การเปรียบเทียบการยกร่องปลูกที่ส่งผลต่อความชื้นในดินและผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 โดยทั่วไปแล้วเกษตรกรปลูกมันสำปะหลังจะมีการเตรียมดินแบบยกร่อง ซึ่งผลการศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่มีผลต่อปริมาณความชื้นในดินและผลผลิตมันสำปะหลังสูงสุด และยังมีต้นทุนการผลิตต่ำสุดอีกด้วย อย่างไรก็ตามผู้ที่สนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการยกร่องปลูกมันสำปะหลังต่อไปก็สามารถนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้กับมันสำปะหลังพันธุ์อื่นๆ ได้ เช่น พันธุ์ห้วยบง 80 และพันธุ์ห้วยบง 90 เป็นต้น เนื่องจากมันสำปะหลังพันธุ์ที่กล่าวมานี้เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะเด่นคือ มีผลผลิตและปริมาณแป้งสูง แต่ก็มีข้อจำกัดในการเก็บเกี่ยวที่คล้ายกันคือ การเก็บเกี่ยวเมื่ออายุไม่น้อยกว่า 10 เดือน เป็นต้น

References

- Agronomy Research Institute. (2011). *din nam læ kanchatkan kan pluk mansampalang* [Soil, water and cassava planting management]. Bangkok: Department of Agriculture.
- Balagopalan, C. (2002). *Cassava utilization in food, feed and industry*. London: CABI publishing.
- Banchang Agricultural Office. (2016). *pariman nam fon phunthi amphœ ban chang changwat ra yong* [Rainfall in Banchang district, Rayong province]. Bangkok: Department of Agriculture Extension.
- Bunseng, O. (2008). “*pluk man haidai phonphalit sung khuan yangrai*” [Planting cassava for high yield. What should be done?]. *Journal of Matichanabot Technologychaoban* (March): 1-8.
- Bunyatharokun, W. (1983). *lakkan chonlaprathan* [Irrigation principles]. Bangkok: Kasetsart University.
- Cassava and Product Research Center of Suranaree University of Technology. (2019). *kanphoem phonphalit mansampalang phua rong rap rongngan phalit ethanon* [Increasing cassava production to support the ethanol production plant]. Accessed November 29. Available from http://web.sut.ac.th/cassava/?name=11cas_research&file=read_knowledge&id=49.
- Department of Agriculture. (2019). *phan mansampalang thi mosom chapho phunthi* [Suitable cassava varieties in specific areas]. Accessed May 2. Available from <http://at.doa.go.th/mealybug/varsite.htm>.
- Department of Plant Science Faculty of Natural Resources. (n.d.). *lakkan kasikam* [Agricultural principles]. Songkhla: Prince of Songkla University.
- Department of Trade Negotiations. (2019). *mansampalang: phut setthakit thi na chapta pi songphanharoihasippaet* [Cassava: Economic Crops to Watch for 2015]. Accessed November 29. Available from <https://www.ryt9.com/s/beco/2263888>.
- Laopakorn, S. (2009). “*kanphatthana khruangmu wat khwamchun nai din baep wat khwam tanthan faifa phua kan kaset*” [Development of soil moisture measuring instruments for electrical resistance measurements for agriculture]. Thesis of Master of Engineering, Kasetsart University.
- Office of Agricultural Economics. (2009). *sathiti kan kaset prathet Thai pi 2552* [Agricultural statistics of Thailand, year 2009]. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives.
- Office of Agricultural Economics. (2014). *sathiti kan kaset prathet Thai pi 2557* [Agricultural statistics of Thailand, year 2014]. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives.

- Office of Agricultural Economics. (2016). sathiti kan kaset prathet Thai pi 2559 [Agricultural statistics of Thailand, year 2014]. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives.
- Office of Land Survey and Land Use Planning. (2009). okat læ khochamkat nai kanphatthana kaphalit læ kantalat mansampalang [Opportunities and limitations in the development, production and marketing of cassava]. Bangkok: Land Development Department.
- Polthanee, A. (2001). “The Effects of Field Ridging and Flat-Field Planting on Growth and Yield of Three Legumes Grown Before Rice in the Pre-Monsoon Season of Northeastern Thailand”. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 35: 51–59.
- Pukngam, S., Boonyawat, S. and Rahula, R. (2008). khwam phanprae khong khwamchun nai din boriwen rak mansampalang changwat Nakhon Ratchasima [Soil moisture variation around cassava root zone, changwat Nakhon Ratchasima]. Bangkok: Kasetsart University.
- Robock, A. (2015). “HYDROLOGY, FLOODS AND DROUGHTS Soil Moisture”. *Encyclopedia of Atmospheric Sciences* (Second Edition): 232-239.
- Scidle-science and technology. (2016). *How to use a Soil Moisture Sensor with Arduino*. Accessed April 30. Available from <http://scidle.com/how-to-use-a-soil-moisture-sensor-with-arduino/>.
- Sunthornthayaphirom, S. (2015). pluk baep yok rong kap mai yok rong [Planting a groove with no grooves]. Accessed September 15. Available from <http://www.cassava-devlp-center.com/index.php>.
- Thai Tapioca Development Institute. (2019). huaibong 60 [Huaybong 60]. Accessed May 2. Available from <https://www.tapiocathai.org/K4.html>.
- The Office of the Agricultural Futures Trading Commission. (2015). saphapwætlom thi moḡom to kan phopluk mansampalang [Suitable environment for cassava cultivation]. Accessed December 2. Available from http://www.aftc.or.th/itc/products_analyze.php.
- Thong-on, W. (2016). “kanphoem phonphalit man doi kan sangkhro ongkhwamru chak kanwichai susan chumchon lae kanprayukchai rabop phum sarasonthet nai changwat phaengphet” [Increasing Cassava Yield by Research Knowledge Synthesis, CommunityCommunication, and Geographic Information Systems in Kamphaeng Phet]. *Journal of Community Development and Life Quality* 4, 1: 122-136.

Voroney, P. (2019). *Soils for Horse Pasture Management in Horse Pasture Management*. Accessed April 30. Available from <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/soil-water-content>.