รหัสโครงการ SUT3–302–62–12–03

รายงานการวิจัย

เทคโนโลยีการจัดการน้ำและธาตุอาหารพืชสำหรับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 อย่างแม่นยำ

(Precision Water and Nutrient Management Technology for Cassava cv Pirun 4 Production)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3–302–62–12–03

รายงานการวิจัย

เทคโนโลยีการจัดการน้ำและธาตุอาหารพืชสำหรับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 อย่างแม่นยำ

(Precision Water and Nutrient Management Technology for Cassava cv Pirun 4 Production)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติพร มะชิโกวา

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดชล วุ้นประเสริฐ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

สิงหาคม 2563

กิตติกรรมประกาศ

โครงการ เทคโนโลยีการจัดการดิน น้ำ และธาตุอาหารพืช สำหรับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 อย่างแม่นยำ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ผ่านสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 การดำเนินงานวิจัยสำเร็จได้ด้วยดีต้องขอขอบคุณฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้พื้นที่ทำการทดลอง และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ และพืช จนเกิดผลสำเร็จที่ดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการจัดการดิน น้ำ และธาตุอาหารพืช สำหรับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 อย่างแม่นยำ โดยได้ทำการทดลองในดิน 2 ชนิด (ดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย) ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา การทดลองปลูกมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ให้น้ำโดยระบบน้ำหยด มีการจัดการดินโดยเปรียบเทียบระหว่างการไม่ให้และการให้อินทรียวัตถุ ร่วมกับการให้ปุ๋ยทางดินและการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ โดยผลจากการวิเคราะห์ดินทำให้ใช้สูตรปุ๋ยในดินสองชนิดต่างกัน ในดินร่วนเหนียวปนทรายใช้ปุ๋ยสูตร 15–4–12 กก.N–P_2O_5–K_2O/ไร่ และดินทรายร่วนใช้ปุ๋ยสูตร 20–8–30 กก. N–P_2O_5–K_2O/ไร่ การทดลองในดินแต่ละชนิดวางแผนการทดลองแบบ RCBD จัดทรีตเมนต์แบบ Factorial ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยที่ 1 การปรับปรุงดิน (ให้อินทรียวัตถุ และไม่ให้อินทรียวัตถุ) ปัจจัยที่ 2 การจัดการปุ๋ย (ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ และให้ปุ๋ยทางดิน) จำนวน 4 ซ้ำ พบว่าการปลูกมันสำปะหลังพิรุณ 4 ในดินทรายร่วน ที่มีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำร่วมกับให้และไม่ให้อินทรียวัตถุ ทำให้มีการเจริญเติบโตดีกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน โดยมีความสูง และขนาดต้น มากกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน นอกจากนี้วิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำส่งผลให้มันสำปะหลังมีผลผลิตสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน ซึ่งการให้ปุ๋ยทางน้ำได้ผลผลิตมันสำปะหลังระหว่าง 8.08–8.41 ตัน/ไร่ ในขณะที่การให้ปุ๋ยทางดินและไม่ให้อินทรียวัตถุได้ผลผลิตเพียง 5.76 ตัน/ไร่ สำหรับในดินร่วนเหนียวปนทราย พบว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำร่วมกับการให้และไม่ให้อินทรียวัตถุส่งผลให้มันสำปะหลังพิรุณ 4 มีความสูง และขนาดต้น สูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน โดยการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำทำให้ได้ผลผลิตระหว่าง 7.96–9.05 ตัน/ไร่ ซึ่งสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดินที่ให้ผลผลิตเพียง 6.91 ตัน/ไร่ อย่างไรก็ตามการให้ปุ๋ยทางดินและปุ๋ยทางระบบน้ำ รวมทั้งการให้และไม่ให้อินทรียวัตถุ ไม่มีผลทำให้มันสำปะหลังมีจำนวนกิ่ง/ต้น ความเขียวใบ และปริมาณแป้งในหัวสดมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ดังนั้นการจัดการน้ำและธาตุอาหารพืชแบบแม่นยำสำหรับมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ควรทำโดยการให้น้ำระบบน้ำหยดที่มีการคำนวณปริมาณน้ำตามความสามารถในการอุ้มน้ำของดินแต่ละชนิด ร่วมกับการจัดการดินและปุ๋ยโดยการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำและควรปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินโดยใส่อินทรียวัตถุ ซึ่งก่อนปลูกควรวิเคราะห์ดินเพื่อใช้คุณสมบัติและปริมาณธาตุอาหารพืชในดินสำหรับกำหนดการให้น้ำและการให้ปุ๋ยอย่างเหมาะสมกับมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ในแต่ละพื้นที่ซึ่งจะส่งผลให้ได้ผลผลิตสูง โดยไม่มีผลต่อคุณสมบัติของดิน

ABSTRACT

The objective of this research was to develop a precision water, soil and plant nutrients management technology for cassava cv. Pirun 4 production. The experiment was conducted under 2 soil textures (loamy sand and sandy clay loam soils) at Muang district, Nakhon Ratchasima. Cassava cv Pirun 4 was planted under drip irrigation system. The experiments were conducted to compare soil managements (with and without organic matter application) combined with fertilization management (soil fertilization and fertigation). Based on the soil analysis results, two different fertilizer formulas 15–4–12 and 20–8–30 kg N–P_2O_5–K_2O/rai were applied in sandy clay loam and sandy loam soils, respectively. The experiment was laid out in a factorial in RCBD with 4 replications. Factor 1 included organic matter (OM) and non OM, factor 2 were fertilizer applications (soil application and fertigation). The results showed that, in loamy sand soil, fertigation+OM treatment had higher plant height and stem diameter than soil fertilizer application. In addition, fertigation resulted in higher yield (8.08–8.41 tons/rai) than that of soil application without OM (5.76 tons/rai). In sandy clay loam, the results were similar as in loamy sand soil, fertigation combined with OM and without OM resulted in higher plant height and stem diameter than soil application. It was also found that fertigation yielded between 7.96–9.05 tons/rai, which was higher than that of soil application (6.91 tons/rai). However, there were no significant differences in the number of branches/plants, SPAD unit and starch content of cassava tubers among different soil managements and fertilizer applications. Therefore, precision water and plant nutrient managements for cassava cv. Pirun 4 should be carried out by drip fertigation with the water application control based on the soil available water holding capacity (AWHC) and organic matter should be applied to improve soil chemical and physical properties. The soil analysis including soil texture and plant nutrient contents should be done before planting to identify the appropriate water and fertilizer management in each area in order to improve crop productivity without any effect on soil properties.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... **ก**

บทคัดย่อ ..... **ข**

ABSTRACT ..... **ค**

สารบัญ ..... **ง**

สารบัญตาราง ..... **ฉ**

สารบัญรูป ..... **ช**

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **3**

2.1 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง 3

2.1.1 พันธุ์มันสำปะหลัง 5

2.1.2 การผลิตฟลาวร์มันสำปะหลังในประเทศไทย 8

2.2 การจัดการดิน น้ำ และธาตุอาหารพืช สำหรับการผลิตมันสำปะหลัง 9

2.2.1 การให้น้ำมันสำปะหลังด้วยระบบน้ำหยด 10

2.2.2 การใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และวัสดุปรับปรุงดิน ในการผลิตเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง 11

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย **15**

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย **20**

4.1 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนและหลังปลูกมันสำปะหลัง 20

4.2 ปริมาณการให้น้ำ และความถี่ในการให้น้ำในดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย 21

4.3 การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ในดินทรายร่วน 22

4.3.1 ความสูงต้น 22

4.3.2 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 23
4.3.3 จำนวนกิ่งต่อต้น 24
4.3.4 ความเขียวใบ 25
4.3.5 องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง 24
4.4 การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ในดินร่วนเหนียวปนทราย 26
4.4.1 ความสูงต้น 27
4.4.2 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 28
4.4.3 จำนวนกิ่งต่อต้น 28
4.4.4 ความเขียวใบ 29
4.4.5 องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง 30
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 32
บรรณานุกรม 37

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ มันสำปะหลังโรงงานของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญ 3
ตารางที่ 2.2 เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง 4
ตารางที่ 3.1 แผนการให้น้ำมันสำปะหลังเมื่อปลูกในดินร่วนเหนียวปนทราย และดินทรายร่วน.....16
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างดิน 2 ชนิด (ก่อนและหลังการทดลอง).....21
ตารางที่ 4.2 ผลของการให้ธาตุอาหารต่อความสูงต้นและเส้นผ่านศูนย์กลางต้นของมันสำปะหลัง พันธุ์พิรุณ 4 ที่ปลูกในดินทรายร่วน 22
ตารางที่ 4.3 ผลของการจัดการดินและธาตุอาหารพืช ต่อจำนวนกิ่งและความเขียวใบของมันสำปะหลัง พันธุ์พิรุณ 4 ที่ปลูกในดินทรายร่วน 24
ตารางที่ 4.4 จำนวนหัว น้ำหนักหัวต่อต้น ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้ง ของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 เมื่อมีการจัดการดินและธาตุอาหารพืชต่างกันในดินทรายร่วน 26
ตารางที่ 4.5 ผลของการจัดการดินและธาตุอาหารพืชต่อความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทราย 27
ตารางที่ 4.6 ผลของการจัดการดินและธาตุอาหารต่อเส้นผ่านศูนย์กลางต้นของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ในดินร่วนเหนียวปนทราย 27
ตารางที่ 4.7 ผลของการจัดการดินและธาตุอาหารพืช ต่อจำนวนกิ่งและความเขียวใบของมันสำปะหลัง พันธุ์พิรุณ 4 ในดินร่วนเหนียวปนทราย 29
ตารางที่ 4.8 ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 เมื่อมีการจัดการดินและปุ๋ยต่างกัน ในดินร่วนเหนียวปนทราย 31

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 ลักษณะมันสำปะหลังห้านาที (ซ้าย) หัว (ขวา) ต้นและใบ 6
รูปที่ 2.2 ลักษณะมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 2 (ซ้าย) หัว (ขวา) ต้นและใบ 7
รูปที่ 2.3 ลักษณะมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 (ซ้าย) หัว (ขวา) ต้นและใบ 8
รูปที่ 3.1 ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เดือนมกราคม–ธันวาคม 2562 16
รูปที่ 4.1 การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ที่อายุ 1 เดือน (ซ้าย) และ 2 เดือน (ขวา) 23

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ประเทศไทยมีบทบาทสำคัญในฐานะผู้นำอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังอันดับหนึ่งของโลก โดยอุตสาหกรรมแป้งยังคงมีความสำคัญและทวีความสำคัญยิ่งขึ้น ถ้าประเทศไทยสามารถพัฒนาและเปิดช่องทางใหม่ให้กับอุตสาหกรรมแป้งที่มีคุณสมบัติให้มีความเหมาะสมกับอุตสาหกรรมเฉพาะด้าน ดังเช่น อุตสาหกรรมแป้ง (ข้าว) เหนียวจากข้าวโพด (amylose–free maize starch) อุตสาหกรรมแป้งฟลาวร์ (Flour) สามารถขายได้ในระดับราคาที่สูงกว่าแป้งมันธรรมดา ด้วยปริมาณความต้องการแป้งคุณสมบัติดังกล่าว เช่น ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง เป็นต้น ซึ่งถือเป็นข้อดี และเป็นการพัฒนาเชิงรุกที่พัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติสนองความต้องการของตลาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ ซึ่งคุณลักษณะจำเพาะนี้เป็นที่ต้องการสำหรับอุตสาหกรรมแป้งดัดแปลงที่มีความเฉพาะ ซึ่งในปัจจุบันมีกลุ่มเอกชนที่ให้ความสนใจ และถือเป็นผู้ริเริ่มที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้ง

พันธุ์มันสำปะหลังเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังรับประทานได้ (ชนิดหวาน) เพราะมันสำปะหลังชนิดนี้นอกจากนำมาบริโภคได้โดยตรงแล้ว ยังสามารถนำมาแปรรูป และยังสามารถใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้หลายชนิด การผลิตแป้งฟลาวร์เป็นตัวอย่างหนึ่งของการนำมาใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลังชนิดนี้ ซึ่งในการพัฒนาเพื่อให้ได้พันธุ์ที่ตรงกับความต้องการต้องใช้เวลาในการปรับปรุงพันธุ์เป็นเวลานาน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ได้สนับสนุนทุนวิจัยเพื่อพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังที่มีผลผลิตหัวสดสูง (พันธุ์เดิมคือพันธุ์ห้านาที ที่ให้ผลผลิตต่ำ) ทำการคัดเลือกจนได้มันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 2 เป็นพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 5.8 ตัน/ไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้ง 24.7 เปอร์เซ็นต์ และมันสำปะหลังสายพันธุ์พิรุณ 4 ที่ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 5.74 ตัน/ไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้ง 25.4 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไซยาไนด์ในระดับต่ำทุกสภาพแวดล้อม ซึ่งทั้งสองพันธุ์เป็นได้ทั้งพันธุ์อุตสากรรมและพันธุ์รับประทาน มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับทำแป้งฟลาวร์ที่ปราศจากสารกลูเตนใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช., 2561)

อย่างไรก็ตาม การผลิตมันสำปะหลังแต่ละชนิด หรือแต่ละพันธุ์จำเป็นต้องมีการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบและค้นหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิต เช่น เทคโนโลยีการจัดการดิน การจัดการน้ำ และการจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมกับการผลิตมันสำปะหลัง เพราะนอกจากการใช้พันธุ์ที่ดีที่ถือเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีแล้ว มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์หรือแต่ละชนิด มีความเหมาะสมกับการปลูกในสภาพที่ต่างกัน รวมถึงการจัดการที่เหมาะสมแตกต่างกันไป ในการวิจัยเพื่อหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิต ประกอบด้วยหลายปัจจัย ได้แก่

ดินที่ใช้ปลูกต้องเหมาะสมกับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์นั้นๆ และเนื่องจากเป็นพืชที่ลงหัว ดังนั้นการจัดการดินที่ดีให้มีโครงสร้างดินเหมาะสม เช่น การใช้วัสดุปรับปรุงดิน และการปรับ pH ดินให้เหมาะสมเป็นปัจจัยหนึ่งเช่นกันในการช่วยให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี นอกจากนี้การจัดการธาตุอาหารพืช (การให้ปุ๋ย) อย่างเหมาะสมเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังเช่นกัน เนื่องจากการให้ปุ๋ยด้วยสูตร ปริมาณ และช่วงเวลา ที่เหมาะสม จะส่งผลต่อการให้ผลผลิตเช่นกัน และปัจจัยที่สำคัญมากอีกประการในการผลิตพืช คือ การให้น้ำให้เพียงพอกับความต้องการของพืชและให้อย่างมีประสิทธิภาพถือเป็นหัวใจสำคัญในการผลิตพืช เพราะน้ำช่วยให้พืชในการสังเคราะห์แสงและการดูดใช้ธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การให้น้ำโดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีน้ำปริมาณจำกัด จำเป็นต้องใช้ระบบการให้น้ำแบบประหยัด แต่ยังคงเพียงพอกับความต้องการของพืช โดยการให้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพต้องใช้หลักการที่สำคัญคือ การให้ด้วยปริมาณ และความถี่ ที่เหมาะสม ซึ่งนอกจากให้เพียงพอกับความต้องการของพืชแล้ว ยังเป็นการช่วยให้ปุ๋ยมีการกระจายตัวสม่ำเสมอในบริเวณรากพืช และลดการชะล้างปุ๋ยด้วย ดังนั้นการวิจัยนี้เป็นทดลองเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการดิน น้ำ และธาตุอาหารพืช ที่เหมาะสมกับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 อย่างแม่นยำ ในดินร่วนเหนียวปนทราย และดินทรายร่วน เพื่อนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ และสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีให้เกษตรกรมีการผลิตมันสำปะลังได้อย่างยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการดิน น้ำ และธาตุอาหารพืช ที่เหมาะสมกับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 อย่างแม่นยำ ในดิน 2 ชนิด (ดินร่วนเหนียวปนทราย และดินทรายร่วน)
2) เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 และมีระบบการผลิตที่เหมาะสมและยั่งยืน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

มันสำปะหลังเป็นพืชเขตร้อน มีชื่อสามัญ ได้แก่ Cassava, Tapioca Yuca สามารถเจริญเติบโตได้ในดินทุกชนิด โดยเฉพาะดินร่วนปนทรายเพราะลงหัวง่าย อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 10–35 องศาเซลเซียส ประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังแห่งหนึ่งของโลกและเป็นที่นิยมปลูกของเกษตรกร เนื่องจากเป็นพืชที่ดูแลง่าย ทนแล้งได้ดี โรค และแมลงรบกวนน้อย และปลูกได้แม้ในที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2560) มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย รองจากข้าว ยางพารา และอ้อย ประเทศไทยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งประเทศในช่วงปี 2559–2561 ประมาณ 8–9 ล้านไร่/ปี (ตารางที่ 2.1) โดยมีผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 3.5 ตัน/ไร่ ปริมาณการผลิตมันสำปะหลังประมาณ 30 ล้านตัน จัดเป็นอันดับ 3 ของโลกรองจากประเทศไนจีเรีย และคองโก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562)

ตารางที่ 2.1 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ มันสำปะหลังโรงงานของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญ

ประเทศ	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (1,000 ไร่)			ผลผลิต (1,000 ตัน)			ผลผลิตต่อไร่		
	2559	2560	2561	2559	2560	2561	2559	2560	2561
ไนจีเรีย	38,546	41,435	42,830	59,566	59,351	59,475	1,545	1,432	1,389
คองโก	26,556	23,817	22,987	34,572	31,020	29,952	1,302	1,302	1,303
ไทย	9,065	8,714	8,327	31,161	30,495	29,368	3,437	3,499	3,527
กานา	5,867	6,190	6,456	17,798	19,009	20,846	3,034	3,071	3,229
บราซิล	8,726	7,915	7,534	21,036	18,502	17,645	2,411	2,337	2,342
อินโดนีเซีย	5,142	4,831	4,539	20,261	19,054	16,119	3,940	3,944	3,698
เวียดนาม	3,558	3,328	3,206	10,910	10,268	9,847	3,067	3,985	3,071
แองโกล่า	5,615	4,567	4,873	9,847	8,404	8,660	1,754	1,840	1,777
โมซัมบิก	7,406	6,702	6,613	9,100	8,703	8,525	1,229	1,299	1,289
กัมพูชา	1,802	1,756	1,701	7,638	7,668	7,646	4,239	4,367	4,495
อื่นๆ	44,642	44,632	44,472	71,430	71,360	72,341	1,600	1,599	1,627
รวมทั้งโลก	156,925	153,888	153,358	293,319	283,833	280,425	1,869	1,844	1,829

ที่มา: กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา ปรับปรุงข้อมูลโดย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2562)

จากข้อมูลสถิติปี 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังประมาณ 8.8 ล้านไร่ มีพื้นที่เก็บเกี่ยวประมาณ 8.3 ล้านไร่ ได้ผลผลิตราว 31 ล้านตัน โดยจังหวัดที่มีเนื้อที่เพาะปลูกและเก็บเกี่ยวและผลผลิตมาก 5 อันดับแรก ได้แก่ นครราชสีมา กำแพงเพชร สระแก้ว ชัยภูมิ กาญจนบุรี ดังแสดงในตารางที่ 2.2 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) โดยผลผลิตมันสำปะหลังถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง มันเส้น มันอัดเม็ด และเอทานอล โดยมีสัดส่วนการใช้ผลผลิตในประเทศเพียง 25 เปอร์เซ็นต์ ส่งออกไปตลาดโลกประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตลาดที่สำคัญคือ ประเทศจีน ซึ่งมีความต้องการใช้มันสำปะหลังสูงขึ้น เนื่องจากสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และเป็นส่วนผสมอาหารสัตว์เพื่อทดแทนธัญพืชที่มีราคาสูง นอกจากนี้ยังสามารถใช้ผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน

ตารางที่ 2.2 เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง

จังหวัด	**เนื้อที่เพาะปลูก** (ไร่)	**เนื้อที่เก็บเกี่ยว** (ไร่)	**ผลผลิต** (ตัน)	**ผลผลิตเฉลี่ย** (กก./ไร่)
นครราชสีมา	1,431,615	1,413,314	5,235,614	3,768
กำแพงเพชร	684,681	684,651	2,487,594	3,633
ชัยภูมิ	629,570	605,111	2,169,264	3,585
อุบลราชธานี	470,839	457,930	1,700,045	3,712
กาญจนบุรี	480,879	479,644	1,665,352	3,463
รวมทั้งประเทศ	8,823,412	8,666,596	31,079,966	3,586

ที่มา: ปรับปรุงข้อมูลโดย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2562)

อุตสาหกรรมแป้งมีความสำคัญมากในตลาดโลก ถ้าประเทศไทยสามารถพัฒนาและเปิดช่องทางใหม่ให้กับอุตสาหกรรมแป้งที่มีคุณสมบัติจำเพาะหรือมีความเหมาะสมกับอุตสาหกรรมเฉพาะด้าน เช่น อุตสาหกรรมแป้ง (ข้าวเหนียว) จากข้าวโพด (amylose–free maize starch) หรือแป้งที่ทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น ฟลาวร์ข้าวสาลี ซึ่งแต่ละปีต้องนำเข้าจากต่างประเทศปีละหลายร้อยล้านบาท หากสามารถปรับใช้ผลผลิตภายในประเทศเพื่อทดแทน นอกจากช่วยลดการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศแล้วยังเป็นการยกระดับราคาสินค้าเกษตรของไทยให้ขายได้ในระดับราคาแพงขึ้นด้วย ตัวอย่างการพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังชนิดหวานที่มีกรดไฮโดรไซยานิกต่ำ ให้มีผลผลิตสูง และแป้งมีคุณสมบัติที่ทดแทนการใช้ฟลาวร์จากข้าวสาลี นอกจากนั้นยังมีการพัฒนาการแปรรูปให้เหมาะสมสำหรับใช้ประโยชน์อื่นๆ เช่น ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง เป็นต้น ซึ่งเป็นการพัฒนาเชิงรุกที่พัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติสนองความต้องการของตลาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ ซึ่งคุณลักษณะ

จำเพาะนี้เป็นที่ต้องการสำหรับอุตสาหกรรมแป้งดัดแปลงที่มีความเฉพาะ ซึ่งมีกลุ่มเอกชนที่ให้ความสนใจและถือเป็นผู้ริเริ่มที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้ง โดยถือเป็นนวัตกรรมใหม่โดยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี นับได้ว่าเป็นโอกาสที่ดีถือเป็นมิติใหม่และอนาคตสำหรับอุตสาหกรรมการส่งออกแป้งได้ในอนาคต ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตมันสำปะหลังชนิดหวานของไทยขายได้ราคาดีกว่ามันสำปะหลังทั่วไป และมีตลาดรับซื้อที่มากขึ้นด้วย

พันธุ์มันสำปะหลังที่เป็นพันธุ์บริโภคได้ซึ่งเป็นชนิดหวานที่ปลูกในประเทศไทยมี 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ห้านาที และพันธุ์พิรุณ 2 แต่ยังมีพื้นที่ในการผลิตไม่มาก เนื่องจากในอดีตมีพันธุ์ที่ใช้ปลูกเพียงพันธุ์เดียวคือพันธุ์ห้านาที ที่มีผลผลิตต่ำและมีตลาดรับซื้อจำกัด แต่ปัจจุบันมีการพัฒนาพันธุ์พิรุณ 2 และมีการปรับปรุงพันธุ์เรื่อยมาจนได้สายพันธุ์ใหม่ ชื่อสายพันธุ์พิรุณ 4 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีศักยภาพสูงในการให้ผลผลิตและมีปริมาณแป้งในหัวสดสูง สามารถผลิตได้ทั้งนำมาใช้ในอุตสาหกรรม และการผลิตเพื่อเป็นอาหาร ดังนั้นในอนาคตที่มีความต้องการใช้มันสำปะหลังชนิดหวานมากขึ้น จำเป็นต้องมีการเตรียมการเพื่อรองรับการขยายตัวที่จะเกิดขึ้น โดยการพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตมันสำปะหลังชนิดนี้อย่างเหมาะสม

2.1.1 พันธุ์มันสำปะหลัง มันสำปะหลังทั่วโลกมีทั้งหมดประมาณ 150 พันธุ์ แต่ละพันธุ์มีลักษณะแตกต่างกันไป โดยสามารถจำแนกได้หลายวิธี ได้แก่ จำแนกตามลักษณะภายนอก ปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิก หรืออายุการเก็บเกี่ยว

– การจำแนกพันธุ์โดยใช้คุณลักษณะภายนอกช่วยในการจำแนก เช่น สีของใบอ่อน สีก้านใบ สีลำต้น ขนที่ยอดอ่อน ลักษณะทรงต้น หูใบ เช่น ในส่วนของก้านใบพันธุ์ระยอง มีก้านใบสีแดง พันธุ์เกษตรศาสตร์ มีก้านใบสีเขียวอ่อนหรือสีขาว และห้วยบงมีก้านสองสี เนื่องจากห้วยบงเป็นลูกผสมระหว่างพันธุ์ระยองกับพันธุ์เกษตรศาสตร์ นอกจากนั้นรูปร่างของหัว สีของเปลือก และเนื้อแตกต่างกันออกไปตามพันธุ์ เป็นต้น

– การจำแนกพันธุ์ตามปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิกซึ่งเป็นส่วนประกอบทางสรีรวิทยา แบ่งเป็น 2 ชนิดตามปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก คือ มันสำปะหลังชนิดขม (bitter cassava) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง มีปริมาณกรดโฮโดรไซยานิกสูง และมันสำปะหลังชนิดหวาน (sweet cassava) มีปริมาณกรดโฮโดรไซยานิกต่ำ

– การจำแนกตามอายุการเก็บเกี่ยว แบ่งออกได้เป็น 2 พวก คือ พันธุ์อายุสั้น (short season) เป็นมันสำปะหลังที่มีหัวแก่พร้อมเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 6 เดือน และไม่สามารถทิ้งไว้เกิน 9–11 เดือน ส่วนใหญ่เป็นพวก sweet cassava และพันธุ์อายุยาว (long season) เป็นมันสำปะหลังที่มีหัวแก่เมื่อมีอายุตั้งแต่ 1 ปีขึ้นไป และสามารถปล่อยทิ้งไว้ถึง 3–4 ปีได้ ส่วนใหญ่เป็นพวก bitter cassava

สำหรับประเทศไทยมีพันธุ์มันสำปะหลังที่ปลูกทั่วไปมี 2 กลุ่มตามปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก คือ

1) พันธุ์ชนิดขม (Bitter type) เป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก (HCN) สูงกว่าชนิดแรก เป็นพิษ และมีรสขม เนื้อหยาบ ไม่เหมาะสำหรับการบริโภคของมนุษย์ หรือใช้หัวมันสดเลี้ยงสัตว์โดยตรง แต่เป็นพันธุ์ที่มีปริมาณแป้งในหัวสดสูง จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปต่างๆ เช่น แป้งสำปะหลัง มันเส้น มันอัดเม็ด และในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ เช่น กลูโคส แอลกอฮอล์ เป็นต้น การแปรรูปเป็นอาหารโดยใช้ความร้อน เช่น ตากแดด เผา และต้ม สามารถทำให้ไซยาไนด์แตกตัวหมดไป ทำให้รสขมลดลงได้ ในประเทศไทยพันธุ์ชนิดขมเป็นพันธุ์ที่มีพื้นที่ปลูกได้เกือบทุกพื้นที่จึงมีการปลูกมากที่สุดเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรมนำไปแปรรูปเป็นมันเส้น มันอัดเม็ด แป้งมัน และผลิตเอทานอลแอลกอฮอล์ พันธุ์ที่ใช้ปลูกทั่วไป ได้แก่ พันธุ์ระยอง 1 ระยอง 2 ระยอง 3 ระยอง 5 ระยอง 7 ระยอง 9 ระยอง 60 ระยอง 72 ระยอง 90 เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์ห้วยบง 60 และห้วยบง 80 โดยแต่ละพันธุ์มีลักษณะประจำพันธุ์ที่แตกต่างกัน เช่น ก้านใบมีสีเขียวอ่อนปนแดง หัวเรียบ มีสีขาว

2) พันธุ์ชนิดหวาน (Sweet type) เป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกต่ำ เป็นพันธุ์ที่ใช้หัวเพื่อการบริโภคได้โดยตรง รสไม่ขม มีทั้งชนิดเนื้อร่วน นุ่ม และชนิดเนื้อเหนียวแน่น นิยมนำมาเชื่อมปิ้ง เผา มีปริมาณแป้งในหัวสด ไม่มีการปลูกเป็นพื้นที่ใหญ่ ๆ เนื่องจากมีตลาดจำกัด และมีราคาสูงกว่าชนิดขม ในประเทศไทยมีพันธุ์ที่นิยมปลูก ได้แก่ พันธุ์ห้านาที พันธุ์ระยอง 2 และสายพันธุ์พิรุณ 4 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรปรับปรุงขึ้น สำหรับรายละเอียดของพันธุ์ชนิดหวานที่ปลูกในประเทศไทย คือ

- พันธุ์ห้านาที พันธุ์นี้เป็นพันธุ์หวานสำหรับใช้รับประทาน มีกรดไฮโดรไซยานิกในหัวค่อนข้างต่ำลักษณะของลำต้น ก้าน หรือใบ เหมือนกับมันสำปะหลังแป้งทุกประการ คือ ใบเป็นใบเดี่ยว ลักษณะ 5–7 แฉก คล้ายนิ้วมือ ควรปลูกในช่วงต้นฝนเดือนพฤษภาคม–มิถุนายน มันสำปะหลังชนิดนี้นับเป็น "มันปี" คือต้องมีอายุครบ 12 เดือน หัวจึงมีความสมบูรณ์เต็มที่ แต่ถ้าปล่อยให้หัวมีอายุข้ามปีจะมีหัวขนาดใหญ่ขึ้นและมีคุณภาพดี แต่ไม่ควรปล่อยจนเกิน 2 ปี เพราะหากหัวมีอายุเกิน 2 ปีจะฝ่อจนไม่ได้ผลผลิต ลักษณะของหัวจะมีทั้งหัวยาวและหัวสั้นป้อม ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตค่อนข้างต่ำ 1,500–2,000 กิโลกรัม/ไร่ (จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข, 2551)

รูปที่ 2.1 ลักษณะมันสำปะหลังห้านาที (ซ้าย) หัว (ขวา) ต้นและใบ

● พันธุ์พิรุณ 2 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกลูกผสมมันสำปะหลังรุ่นที่ 1 ระหว่างพันธุ์ห้วยบง 60 ผสมกับพันธุ์ห้านาที ตั้งแต่ปี 2549 ได้รับการรับรองพันธุ์พืชขึ้นทะเบียนจากกรมวิชาการเกษตรเมื่อวันที่ 13 พ.ค. 2559 เป็นพันธุ์มันสำปะหลังสำหรับใช้รับประทาน เมื่อนำไปต้มหรือเชื่อมให้เนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม รสชาติอร่อยกว่าพันธุ์ห้านาที มีเนื้อแป้งร่วนซุย รับประทานแล้วไม่ติดเหงือกติดฟัน เนื้อแป้งละลายในปากได้ง่าย เส้ยใยน้อยกว่าพันธุ์ห้านาที อาจเรียกว่าเนื้อมันไร้เสี้ยน สามารถนำไปแปรรูปเป็นอาหาร ได้แก่ ต้ม เชื่อม ทำขนมไทย และนำไปแปรรูปเป็นอาหารสากลแทนมันฝรั่ง เช่น ทำเฟรนช์ฟรายมันทอด และมันบด และยังเหมาะสำหรับวางขายในซุปเปอร์มาร์เกตในรูปของหัวสดเคลือบแวกซ์ หัวสดปอกเปลือกแช่แข็ง แปรรูปแบบแท่งดิบแช่แข็ง และแปรรูปแบบต้มสุก นอกจากนี้ยังสามารถนำไปผลิตเป็นแป้งฟลาวร์ เพื่อใช้ทดแทนแป้งฟลาวร์ที่ทำมาจากข้าวสาลีในการทำขนมเบเกอรี่

สำหรับลักษณะการเจริญเติบโตเป็นพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว ผลผลิตหัวสด 5.8 ตัน/ไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้ง 24.7 เปอร์เซ็นต์ ลำต้นตั้งตรง สีน้ำตาลอ่อน ไม่แตกกิ่ง ให้หัวจำนวนมากออกรอบโคนเป็นชั้น ทรงหัวแบบดอกบัวตูม มีก้านหัวสั้นทำให้ตัดหัวง่าย เหมาะสำหรับปลูกในดินเหนียวสีแดงมากที่สุด รองลงมา คือ ดินร่วนปนเหนียว และดินเหนียวสีดำ ข้อดีของมันสำปะหลังพันธุ์นี้สามารถปลูกได้ในสภาพไร่ ให้ผลผลิตสูงถึง 4–5 ตัน/ไร่ ต่างจากพันธุ์ห้านาทีซึ่งปลูกได้ผลผลิตดีเฉพาะในสภาพที่มีการให้น้ำเท่านั้น และมันสำปะหลังพันธุ์นี้เป็นได้ทั้งพันธุ์รับประทาน และพันธุ์อุตสาหกรรม เนื่องจากนักปรับปรุงพันธุ์ได้รวมลักษณะพันธุ์อุตสาหกรรมและพันธุ์รับประทานไว้ในพันธุ์เดียวกันได้ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2561)

รูปที่ 2.2 ลักษณะมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 2 (ซ้าย) หัว (ขวา) ต้นและใบ

● มันสำปะหลังสายพันธุ์ MBR49–2–109 หรือพันธุ์พิรุณ 4 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกลูกผสมมันสำปะหลังรุ่นที่ 1 ระหว่างพันธุ์ห้วยบง 60 ผสมกับพันธุ์ห้านาที ตั้งแต่ปี 2549 เป็นพันธุ์ที่มียอดสีเขียวอ่อน ก้านใบสีแดง มีทรงต้นสวย แตกกิ่งที่ระดับเหนือศีรษะทำให้ง่ายต่อการเข้าไปปฏิบัติงาน มีก้านหัวสั้น เนื้อหัวสีขาว ปริมาณไซยาไนด์ในหัวสดต่ำในทุกสภาพแวดล้อม ให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่าพันธุ์ห้านาที เมื่อปลูกในสภาพไร่แบบอาศัยน้ำฝนอย่างเดียวได้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 5.74 ตัน/ไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้ง 25.4% ผลผลิตในดินเหนียวร่วนปนทรายเฉลี่ย 6.03 ตัน/ไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 27% ส่วนผลผลิตในดินร่วนปน

เหนียวเฉลี่ย 5.44 ตัน/ไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 23.5% เป็นได้ทั้งพันธุ์อุตสาหกรรมและพันธุ์รับประทาน มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับทำแป้งฟลาวร์ที่ปราศจากสารกลูเตน (gluten) ใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2561) และเมื่อนำหัวมันสดไปนึ่งหรือเชื่อมจะให้เนื้อสีขาว เนื้อสัมผัสนุ่ม ไร้เสี้ยน รสชาติอร่อยกว่าพันธุ์ห้านาที

รูปที่ 2.3 ลักษณะมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 (ซ้าย) หัว (ขวา) ต้นและใบ

2.1.2 การผลิตฟลาวร์มันสำปะหลังในประเทศไทย

ประเทศไทยต้องมีการนำเข้าฟลาวร์สาลีจากต่างประเทศเพื่อนำมาทำเบเกอรี่เป็นจำนวนมาก ประกอบกับการที่ผู้บริโภคหันมารักสุขภาพมากขึ้น และการที่คนแพ้ผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลี (แพ้กลูเตน) มีจำนวนเพิ่มขึ้น ฟลาวร์มันสำปะหลังเป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่ได้จากการแปรรูปมันสำปะหลัง (tapioca หรือ cassava flour) สามารถนำไปใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เบเกอรีต่างๆ เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากกลูเตน และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับมันสำปะหลัง การผลิตฟลาวร์มันสำปะหลังสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ปลอดภัยต่อการบริโภค ควรใช้มันสำปะหลังชนิดหวาน เนื่องจากมีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ แต่เนื่องจากมันชนิดหวานมีพื้นที่การปลูกน้อยและมีราคาสูงกว่าชนิดขม การผลิตฟลาวร์ในประเทศไทยผลิตในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กใช้มันสำปะหลังชนิดหวานที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำเป็นวัตถุดิบ การผลิตฟลาวร์ชนิดนี้มีข้อจำกัดที่วัตถุดิบมีราคาสูง อย่างไรก็ตามเนื่องจากผลผลิตของมันสำปะหลังชนิดหวานต่ำ ดังนั้นการลดปัญหาการขาดวัตถุดิบจากมันสำปะหลังชนิดหวาน หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง และคณะนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้คิดค้นกระบวนการผลิตฟลาวร์จากมันสำปะหลังขนิดขมที่มีผลผลิตแต่ละปีสูงและต้นทุนวัตถุดิบต่ำ โดยเทคโนโลยีที่ใช้ผลิตฟลาวร์เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน ใช้เครื่องมือที่ผลิตได้ในประเทศ ฟลาวร์มันสำปะหลังที่ได้มีคุณภาพดี สะอาด ปลอดภัยต่อการบริโภค มีปริมาณไซยาไนด์ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง เป็นไปตามมาตรฐานโคเด็กซ์ขององค์การอาหารและเกษตร และองค์การอนามัยโลก เมื่อนำฟลาวร์ที่ได้ไปใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสชาติและเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เดิม ปัจจุบันอยู่ระหว่างศึกษาการประยุกต์ใช้ฟลาวร์มันสำปะหลังไซยาไนด์ต่ำในผลิตภัณฑ์อาหารและวัสดุย่อยสลายได้ เช่น ขนมปังปราศจากกลูเตน ถุงปลูก (growing bag) ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

จากปัญหาพื้นที่การผลิตมันสำปะหลังชนิดหวานน้อย จึงทำให้ต้นทุนการผลิตฟลาวร์สูง ในขณะที่มันสำปะหลังที่ปลูกมากและมีราคาถูกในประเทศไทยเป็นมันสำปะหลังชนิดขมที่มีปริมาณไซยาไนด์สูง ซึ่งอาจเป็นพิษต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังชนิดหวานที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ ให้มีผลผลิตสูง ปริมาณแป้งในหัวสูง ได้สายพันธุ์พิรุณ 4 ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นได้ทั้งพันธุ์อุตสาหกรรรม เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์แป้ง 25.4% และเป็นพันธุ์ที่รับประทานได้ เนื่องจากแป้งมีคุณสมบัติดี และยังพบว่าแป้งฟลาวร์จากมันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ "พิรุณ 4" มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำมาก ปราศจากกลูเตน ใช้แทนแป้งสาลีในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี ซึ่งให้รสชาติและเนื้อสัมผัสดีกว่าใช้แป้งสาลี จึงเป็นพันธุ์มันสำปะหลังที่น่าสนใจ อย่างไรก็ตามการผลิตมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ในสภาพแวดล้อมปลูกต่างๆ จำเป็นต้องมีการศึกษาระบบการปลูกหรือเทคโนโลยีการปลูกที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพ และมีความยั่งยืน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย สำหรับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4

2.2 การจัดการดิน น้ำ และธาตุอาหารพืช สำหรับการผลิตมันสำปะหลัง

การจัดการดิน น้ำ และธาตุอาหารพืช สำหรับการผลิตมันสำปะหลัง ได้มีการวิจัยในมันสำปะหลังชนิดขมในหลายพันธุ์ และหลายสภาพแวดล้อม โดย อนุชา เหลาเคน (2562) ได้รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดการธาตุอาหาร น้ำ และพืช สำหรับการผลิตมันสำปะหลังเพื่อให้ได้ผลผลิตและปริมาณแป้งสูง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้อาจสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับมันสำปะหลังชนิดหวานได้ โดยสรุปมีดังนี้

1) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ช่วยให้ได้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงแล้วยังเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยด้วย

2) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด) ร่วมกับปุ๋ยเคมีช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลง โดยนอกจากให้ธาตุอาหารแก่พืชแล้ว ยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น เพิ่มอินทรียวัตถุในดิน และเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน

3) การใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ (Plant growth promoting rhizobacteria) ร่วมกับปุ๋ยเคมี สามารถเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนของการใส่ปุ๋ยมันสำปะหลังได้

4) การจัดการน้ำโดยการให้น้ำชลประทานเสริมในช่วงฤดูแล้งร่วมกับการที่พืชได้รับน้ำจากฝนธรรมชาติช่วยให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงขึ้นกว่าที่ปลูกโดยพึ่งพาน้ำฝนเพียงอย่างเดียว

5) การให้น้ำชลประทานแบบหยดเป็นวิธีการที่ประหยัดน้ำ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ดี โดยการให้น้ำชลประทานแบบหยดพร้อมให้ปุ๋ยทางระบบน้ำสามารถเพิ่มผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังได้

2.2.1 การให้น้ำมันสำปะหลังด้วยระบบน้ำหยด

น้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังโดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่เป็นพื้นที่หลักในการผลิตมันสำปะหลังแต่มักประสบปัญหาภัยแล้ง เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย ฝนมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ ประกอบกับดินส่วนใหญ่เป็นดินทราย ไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ในปริมาณมาก ดังนั้นมันสำปะหลังมักจะประสบกับการขาดแคลนน้ำในบางช่วงของการเจริญเติบโต ถึงแม้มันสำปะหลังทนแล้งสูง แต่มักทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่เป็นไปตามศักยภาพที่ควร ดังนั้นการให้น้ำในพื้นที่นี้จำเป็นต้องใช้ระบบการให้น้ำแบบน้ำน้อยแต่มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำสูง ระบบน้ำหยด (drip Irrigation) เป็นเทคโนโลยีการให้น้ำแบบประหยัด (micro irrigation) หลักการน้ำหยด คือให้ความชื้นแก่ดินในรูปของกรวยตัดแล้วให้รากพืชเจริญเติบโตอยู่ภายในกรวยของความชื้นนั้น โดยรักษาความชื้นในดินให้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับความชื้นชลประทาน (field capacity, FC) ระบบน้ำหยดสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการให้น้ำแก่พืชหลายชนิด ช่วยให้สามารถประหยัดน้ำได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันเป็นที่นิยมทั่วไปและจะมีบทบาทมากขึ้นในอนาคตโดยเฉพาะในสถานการณ์ที่ต้องประสบกับปัญหาการขาดแคลนน้ำและแรงงานในการให้น้ำ การให้น้ำแบบน้ำหยดที่มีประสิทธิภาพต้องมีการให้น้ำให้พอดีกับความต้องการน้ำของพืช และให้น้ำไม่เกินความสามารถของดินในการอุ้มน้ำไว้ได้ เพื่อไม่ให้มีการสูญเสียน้ำจากการซึมลึกกว่าระดับรากของพืช ปัจจุบันเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังโดยใช้ระบบน้ำหยดยังไม่มีคำแนะนำจากหน่วยงานราชการถึงปริมาณการให้น้ำและระยะเวลาการให้น้ำ เกษตรกรจึงให้น้ำตามความรู้สึกหรือตามคำแนะนำของเพื่อนบ้าน ซึ่งไม่ได้มีการใช้หลักการให้น้ำที่ถูกต้อง จากงานวิจัยเบื้องต้น พบว่ามันสำปะหลังที่มีอายุเก็บเกี่ยว 12 เดือน มีความต้องการน้ำระหว่าง 1,023–1,075 มม. สำหรับการให้น้ำจริงอยู่ระหว่าง 305–378 มม. หรือ 488–605 ลบม./ไร่ สำหรับความถี่ในการให้น้ำในดินทรายร่วน มีความถี่ของการให้น้ำอยู่ระหว่าง 3–8 วัน โดยระยะที่ต้องให้น้ำบ่อยที่สุดควรเป็นช่วงมันสำปะหลังมีอายุ 4–6 เดือนหลังปลูก โดยปริมาณน้ำที่ให้ในแต่ละครั้งคือ 14.25 มม. ส่วนในดินร่วนเหนียวปนทรายมีความถี่ของการให้น้ำระหว่าง 6–15 วัน ระยะที่ต้องให้น้ำบ่อยที่สุด อยู่ในช่วงเดือนที่ 4–6 เช่นกัน และปริมาณน้ำที่ให้ในแต่ละครั้งคือ 24.75 มม. สำหรับการให้น้ำในดินเหนียวต้องมีความถี่ระหว่าง 5–13 วัน โดยระยะที่ต้องให้น้ำบ่อยที่สุดในช่วงอายุเดือนที่ 4–7 และปริมาณน้ำที่ให้ในแต่ละครั้งคือ 23.25 มม. และพบว่าเมื่อมีการให้น้ำในการปลูกมันสำปะหลังในทุกสภาพดิน มีผลทำให้การเจริญเติบโต การดูดใช้ธาตุอาหารของพืช ผลผลิต ประสิทธิภาพการใช้น้ำและปุ๋ยสูงกว่าการไม่ให้น้ำอย่างชัดเจน ทั้งนี้ปริมาณความต้องการน้ำของมันสำปะหลังได้จากการคำนวณค่าศักยภาพการใช้น้ำของพืช (ETp) จากสภาพภูมิอากาศและค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันสำปะหลัง (Kc) และรูปแบบการให้น้ำได้จากค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (สุดชล วุ้นประเสริฐ และคณะ, 2561)

การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ คือการให้ปุ๋ยโดยผสมปุ๋ยที่สามารถละลายน้ำได้หมดลงไปในระบบน้ำ ซึ่งเมื่อพืชดูดน้ำไปใช้จะมีการดูดธาตุอาหารขึ้นไปด้วย เป็นการให้ทั้งน้ำ และปุ๋ยไปพร้อมกัน และบริเวณที่พืช

ต้องการ การให้ปุ๋ยในระบบน้ำเป็นการให้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (ทองดี บ่านดอน, 2540) เพราะจำกัดอัตราการสูญเสียปุ๋ยจากการชะล้างปุ๋ยลึกลงไปเกินกว่าระดับราก และมีการกระจายตัวของปุ๋ยสม่ำเสมอที่บริเวณรากพืช แต่มีผลดีหลายด้าน คือ สามารถลดแรงงานในการให้ปุ๋ย เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยได้ 10–50 เปอร์เซ็นต์ ลดการชะลางปุ๋ยเลยเขตรากพืช การแพรกระจายปุ๋ยสม่ำเสมอบริเวณที่รากพืช (มนตรี ค้ำชู, 2538; Or and Coelho 1996; Boyhan and Kelley 2001) ลดอัตราจากการเค็มของปุ๋ยที่ให้ทางดิน ไม่ต้องนำรถเข้าไปใส่ปุ๋ยแปลงพืช ทำให้ลดอัตราการแน่นของดิน (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546) สามารถปรับสูตรปุ๋ยได้รวดเร็วทันความต้องการของพืช (Locasio, 2005) สามารถใช้ปุ๋ยธาตุอาหารหลัก จุลธาตุลงไปในระบบน้ำในรูปของเกลือละลายน้ำง่าย เชน $ZnSO_4$, $MnSO_4$ และ $CuSO_4$ ทำให้ประหยัดการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ และยังสามารถแบ่งให้ปุ๋ยได้ตามความต้องการของพืช ซึ่งระบบน้ำที่สามารถให้ปุ๋ยร่วมในระบบต้องเป็นการให้น้ำแบบประหยัดคือ ระบบน้ำหยดหรือ mini–sprinkler ถ้ามีการลงทุนระบบน้ำอยู่แล้ว ควรมีการให้ปุ๋ยของระบบน้ำไปพร้อมกัน เพราะมีการเพิ่มการลงทุนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่ง อนุชา เหลาเคน (2562) ได้รายงานว่า การจัดการน้ำโดยการให้น้ำชลประทานเสริมในช่วงฤดูแล้งร่วมกับการที่พืชได้รับน้ำจากฝนธรรมชาติช่วยให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงขึ้นกว่าที่ปลูกโดยพึ่งพาน้ำฝนเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้การให้น้ำชลประทานแบบหยดเป็นวิธีการที่ประหยัดน้ำ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ดี โดยการให้น้ำชลประทานแบบหยดพร้อมให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ สามารถเพิ่มผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังได้

ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการให้น้ำแบบประหยัด และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีหลายปัจจัย ได้แก่ ต้องควบคุมปริมาณ และความถี่ของการให้น้ำ ชนิดของปุ๋ยที่เหมาะสม สูตรปุ๋ย และอัตราการให้ปุ๋ย ระยะเวลาการใช้ปุ๋ย ซึ่งยังไม่มีคำแนะนำจากทางราชการ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาค้นคว้าถึงการให้ปุ๋ยในระบบน้ำในพืชที่สำคัญ เพื่อมีผลตอบแทนสูงขึ้น (สุดชล วุ้นประเสริฐ และคณะ, 2558)

2.2.2 การใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และวัสดุปรับปรุงดิน ในการผลิตเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังปลูกได้ดีในสภาพแห้งแล้ง และสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับพืชไร่อื่นๆ แต่ความจริงแล้วเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารสูงเพื่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตอย่างเต็มศักยภาพ ดังนั้นนอกจากการจัดการน้ำและควรมีเทคโนโลยีในการจัดการดินและธาตุอาหารพืชด้วย ซึ่งการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกเป็นสิ่งที่เกษตรกรจำเป็นต้องทำ เพื่อวางแผนการจัดการดินและธาตุอาหารพืชอย่างเหมาะสม ซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่และลดต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมของผลผลิต รวมทั้งทำให้การปลูกมันสำปะหลังมีความยั่งยืน (สุดชล วุ้นประเสริฐ และคณะ, 2558) และข้อดีของการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน นอกจากช่วยให้ได้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงแล้ว ยังเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยด้วย (อนุชา เหลาเคน, 2562)

นอกจากนี้ หลายงานวิจัยพบว่าการใช้วัสดุปรับปรุงดินสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้เมื่อเทียบกับการปลูกโดยไม่มีการใช้วัสดุปรับปรุงดิน โดยงานทดลองของ ธีรยุทธ คล้ำชื่น และคณะ (2560) ศึกษาผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ–อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และสมบัติของดิน ผลการวิจัยพบว่าการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (อามิ–อามิ และขี้เถ้าลอย อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร/น้ำหนัก) ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว และปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด และยังพบว่าการใส่วัสดุผสมอย่างเดียวในอัตราสูง (วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่) มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า pH ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และค่า available water capacity (AWCA) ของดิน งานวิจัยของ นภาพร พันธุกมลศิลป์ และกาญจนี วิริยะพานิชย์ (2560) ได้ศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยต่อสมบัติดิน การเจริญเติบโต และผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ในชุดดินยโสธร โดยมี 2 ปัจจัย ได้แก่ 1) การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก และ 2) ปุ๋ยเคมี 5 อัตรา พบว่าการจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกันมีผลให้ความสูงของต้น และผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด มีความแตกต่างกัน โดยการใส่ปุ๋ยมูลโคอัตรา 500 กก./ไร่ มีผลให้ค่าร้อยละเม็ดดินเสถียรน้ำและขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินที่เสถียรสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยมูลโค และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและความต้องการของมันสำปะหลัง มีผลให้ความสูงที่อายุ 3, 6, 9 เดือนสูงที่สุด ดังนั้นแนวทางการจัดการปุ๋ยมันสำปะหลังที่จะนำไปสู่ความยั่งยืนของทรัพยากรดินและเกษตรกรจากการทดลองนี้ คือ การจัดการปุ๋ยแบบผสมผสานระหว่างปุ๋ยมูลโค และปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและความต้องการของมันสำปะหลัง และอนุชา เหลาเคน (2562) ได้ทดลองใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด) ร่วมกับปุ๋ยเคมี พบว่าช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์นอกจากให้ธาตุอาหารแก่พืชแล้ว ยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น เพิ่มอินทรียวัตถุในดิน และเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน

การทดลองผลของวัสดุขี้เถ้าแกลบ และโพแทสเซียม ต่อมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 และผลต่อสมบัติดิน โดยทดสอบในชุดดินสตึก โดย main plot ใส่ขี้เถ้าแกลบ 5 อัตรา ได้แก่ 0, 0.5, 1, 2 และ 4 ตัน/ไร่ sub–plot ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1 และ 1.25 เท่าของอัตราแนะนำ เก็บข้อมูลผลผลิตเมื่ออายุ 10 เดือน พบว่าการปลูกมันสำปะหลังในชุดดินสตึกควรมีการปรับปรุงดินด้วยขี้เถ้าแกลบอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 20 กก. K_2O/ไร่ เนื่องจากการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ในชุดดินสตึกที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มักมีข้อจำกัดด้านการขาดความชื้นได้ง่าย การปรับปรุงดินโดยใช้ขี้เถ้าแกลบสามารถเพิ่มผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดได้ ทั้งนี้เนื่องจากขี้เถ้าแกลบเป็นวัสดุปรับปรุงดินที่ช่วยลดความหนาแน่นรวมของดิน อีกทั้งยังมีโครงสร้างเป็นรูพรุน การใส่ลงไปในดินเป็นการช่วยเพิ่ม

ความสามารถในการกักเก็บความชื้น รวมทั้งเพิ่มความพรุนรวมของดิน ทำให้ดินมีความร่วนซุย ง่ายต่อการแทงหัวของมันสำปะหลัง (Njoku et al., 2012; Kumar et al., 2013) และโพแทสเซียมเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ซึ่งการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ 1.25 เท่าของอัตราแนะนำ (20 กก.K_2O/ไร่) ส่งผลให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าตำรับควบคุม

สำหรับงานวิจัยใช้วัสดุปรับปรุงบำรุงดินแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง (สมลักษณ์ จูฑังคะ และไชยยศ เพชระบูรณิน, 2551) ได้จัดการดินแบบผสมผสานในมันสำปะหลังพันธุระยอง 7 โดยใช้อินทรียวัตถุ (มูลไกแกลบ) วัสดุเหลือใชจากโรงงานแปง (เปลือกมันสำปะหลัง) วัสดุเหลือใช้จากโรงงานน้ำตาล (กากตะกอนดินอ้อย) พืชตระกูลถั่ว (ถั่วพรา) และหินฟอสเฟต ร่วมกับใชปุยเคมีสูตร 15–7–18 ใช ระยะปลูก 100 x 75 เซนติเมตร พบวาการใช้ปุ๋ยมูลไกอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ + ปุยเคมีสูตร 15–7–18 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร ร่วมกับการใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด โดยปลูกแซมมันสำปะหลังและตัดต้นคลุมดินที่ระยะเริ่มออกดอกประมาณ 45 วัน และร่วมกับการใช้หินฟอสเฟตอัตรา 200 กิโลกรัม/ไร เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงบำรุงดินดีที่สุด ส่งผลใหมันสำปะหลังมีผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 14.2 ตัน/ไร เพิ่มจากไม่มีการปรับปรุงดิน 91 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาการใช้วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่างๆ ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และศักยภาพการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ระยะปลูก 80 x 80 เซนติเมตร มี 5 ทรีตเมนต์ ได้แก่ 1) ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน 2) หินปูนบด 3) โดโลไมท์ 4) หินฟอสเฟต และ 5) กากอ้อยสด ตำรับการทดลองที่มีวัสดุปรับปรุงดินใช้อัตรา 200 กิโลกรัม/ไร่ พบว่าวัสดุปรับปรุงดินต่างชนิดกัน ทำให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตด้านความสูงและขนาดทรงพุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติทุกระยะการทดลอง แต่การเก็บเกี่ยวอายุสั้นที่ระยะ 6 เดือน การใช้หินฟอสเฟตและกากอ้อยสดปรับปรุงดินทำให้มันสำปะหลังมีน้ำหนักหัวสดเฉลี่ยสูงสุด แสดงให้เห็นว่าหินฟอสเฟตและกากอ้อยสดต่างมีผลต่อผลผลิตและการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังได้เป็นอย่างดี (ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์ และคณะ, 2560) สำหรับการศึกษาวัสดุปรับปรุงดินอื่นๆ โดยทดสอบผลของกากแป้งมันสำปะหลังต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินโคราช การทดลองประกอบด้วยการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อปรับปรุงดินที่อัตรา 0, 1, 2, 4 และ 8 ตัน/ไร่ โดยทุกตำรับการทดลองใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 16 : 8 : 16 กก. N : P_2O_5 : K_2O ต่อไร่ ซึ่งเป็นอัตราแนะนำสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในดินดอน อันดับอัลทิซอลล์ (Ultisols) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Sittibusaya, 1996) พบว่าผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดมีความแตกต่างกันเมื่อใส่กากแป้งอัตราต่างกัน โดยการใส่กากแป้งมันสำปะหลัง 2, 4 และ 8 ตัน/ไร่ ให้ผลผลิตหัวสด ผลผลิตแป้ง และชีวมวลส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังสูง ส่วนการไม่ใส่กากแป้งมันสำปะหลังทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ำสุด (นทีทิพย์ โรจน์สวัสดิ์สุข และคณะ, 2561)

นอกจากนี้ยังมีรายงานผลของการไถพรวนและวัสดุปรับปรุงดินต่อมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินวาริน มีการดำเนินการ 2 ปีต่อเนื่อง โดยแปลงหลัก (main plot) ประกอบด้วยการไถเปิดดิน

ทั่วไปด้วยไถจานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 นิ้ว ที่ความลึก 25–30 ซม. และการไถลึกโดยใช้ไถจานขนาด 28 นิ้ว ที่ระดับความลึก 45–50 ซม. ส่วนแปลงย่อย (sub–plot) เป็นการใส่วัสดุปรับปรุงดิน จำนวน 5 ตำรับการทดลอง คือ ตำรับที่ 1 การไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินเป็นตำรับควบคุม และตำรับที่ 2–5 ใส่หินปูนบด (T2) โดโลไมต์ (T3) เพอร์ไลต์ (T4) และ ยิปซัม (T5) ในอัตรา 200 กก./ไร่ พบว่าเมื่อดำเนินการต่อเนื่องในปีที่ 2 การไถลึกให้ร้อยละการสะสมแป้งสูงกว่าการไถแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังคงไม่มีผลให้ผลผลิตและชีวมวลเหนือดินแตกต่างกัน และการใส่เพอร์ไลต์ต่อเนื่อง 2 ปี ให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง และชีวมวลส่วนเหนือรวมสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากการใส่ยิปซัม ส่วนการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ำสุด (ภัทรียา ประดิษฐ์ และคณะ, 2560)

ถึงแม้ว่ามันสำปะหลังเป็นพืชที่มีปัญหาโรค–แมลงน้อย มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม ปลูกได้แม้ในสภาพที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่มันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทยยังให้ผลผลิตไม่เต็มศักยภาพของมันสำปะหลังที่ควรเป็น อันเนื่องมาจากการจัดการปัจจัยการผลิตไม่เหมาะสม ดังนั้นจำเป็นต้องมีการวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิต เช่น เทคโนโลยีการจัดการน้ำและธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมกับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์นี้ ซึ่งจากการตรวจเอกสารงานวิจัยในการจัดการน้ำ การจัดการดิน และธาตุอาหารพืช พบว่าควรมีการจัดการอย่างถูกต้องให้เหมาะสมกับมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์และการปลูกในแต่ละสภาพแวดล้อม โดยการวิจัยในพันธุ์ชนิดขม (พันธุ์ที่มีไซยาไนด์สูง) มีการจัดการทั้งการให้น้ำ ดิน และธาตุอาหารพืชแล้ว โดยพบว่าจัดการน้ำแบบประหยัด (ระบบน้ำหยด) ร่วมกับการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ เป็นเทคโนโลยีที่สามารถเพิ่มผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งได้ ส่วนการจัดการดิน และธาตุอาหารพืช มีแนวทางว่าการใช้วัสดุปรับปรุงดินนอกจากช่วยปรับโครงสร้างดินแล้ว วัสดุหลายชนิดสามารถให้ธาตุอาหารได้ด้วย ดังนั้นการพัฒนาระบบเพื่อให้การผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ใหม่จำเป็นต้องมีการทดลองเพื่อให้มีประสิทธิภาพ เพื่อนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 และสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีให้เกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติได้ให้มีการผลิตมันสำปะหลังอย่างยั่งยืน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3

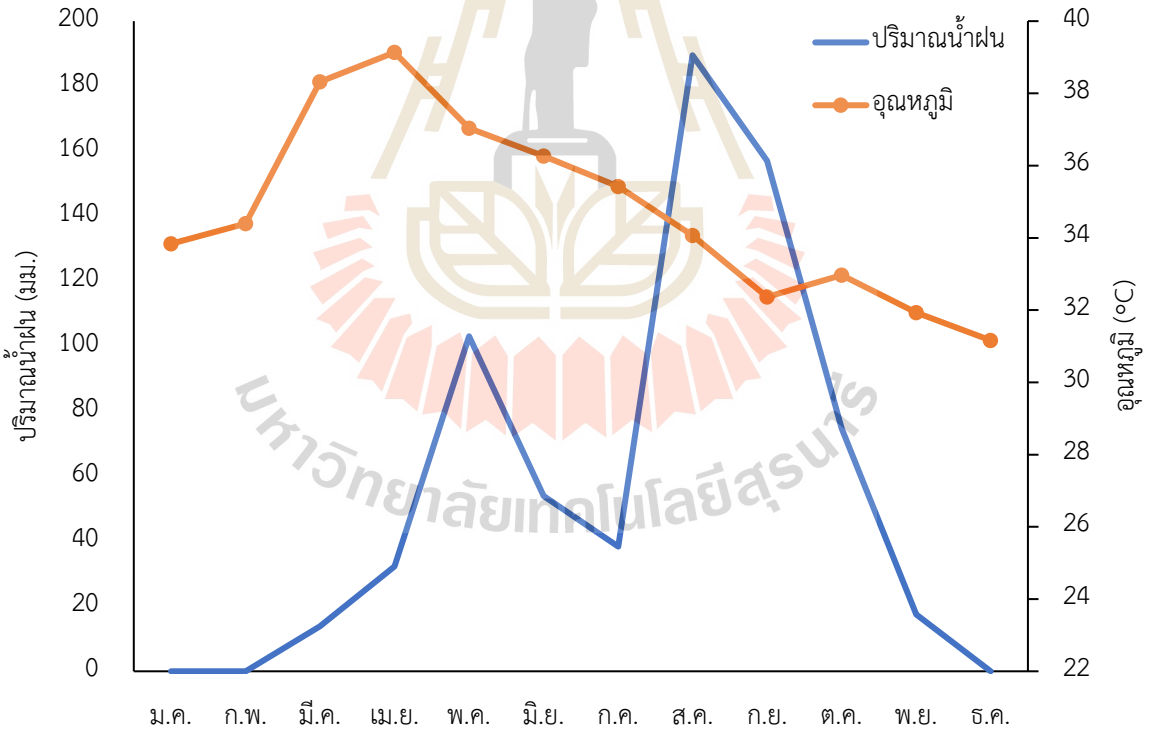
วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองครั้งนี้ดำเนินการทดลองในแปลงทดลองของเกษตรกร อ.เมือง จ.นครราชสีมา โดยทำการทดลองระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2562 ถึงเดือนเมษายน 2563 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. สำรวจสถานที่สำหรับงานวิจัยจำนวน 2 สถานที่ โดยเป็นพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง และดินทั้งสองสถานที่มีความแตกต่างกัน จากนั้นเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และนำตัวอย่างดิน และน้ำไปวิเคราะห์ เพื่อทราบคุณสมบัติดิน น้ำ สำหรับนำมาวางแผนการปลูก
2. การเตรียมพื้นที่ เตรียมดินโดยไถผาล 4, ผาล 7 และปรับปรุงดินตามผลการวิเคราะห์สมบัติของดิน ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่าเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และดินทรายร่วน ให้อินทรียวัตถุตามทรีตเมนต์ที่กำหนด จากนั้นยกร่องโดยใช้ระยะห่างระหว่างแถว 1.2 เมตร
3. การเตรียมท่อนพันธุ์ และการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ทั้ง 2 สถานที่ เลือกท่อนพันธุ์อายุ 8–12 เดือน ที่สมบูรณ์ปราศจากโรคและแมลง นำท่อนพันธุ์มาสับขนาดท่อนพันธุ์ยาว 20 ซม. ก่อนปลูกแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารเคมีไทอะมีโธแซม (thiamethoxam) 25% WG อัตรา 4 กรัม/น้ำ 20 ลิตร แช่ท่อนพันธุ์นาน 10 นาทีก่อนปลูก เพื่อป้องกันเพลี้ยแป้ง ปลูกมันสำปะหลังโดยมีระยะห่างระหว่างแถวและต้น 1.2 x 0.8 เมตร เมื่อปลูกแล้ววางและให้น้ำโดยระบบน้ำหยด ให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยสูตรปุ๋ยที่ใช้ในดินร่วนเหนียวปนทรายอัตรา 15–4–12 กก.N–P_2O_5–K_2O/ไร่ และดินทรายร่วนใช้ปุ๋ยอัตรา 20–8–30 กก. N–P_2O_5–K_2O/ไร่
4. การให้ระบบน้ำหยด แต่ละสถานที่มีการให้น้ำตามความต้องการของพืชตามอายุพืช และชนิดของดิน รูปแบบการให้น้ำของโครงการให้ตามปริมาณการใช้น้ำของพืช (ETc) ซึ่งคำนวณจากค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) โดยปริมาณการให้น้ำในแต่ละครั้ง คำนวณจนถึงจุด Field Capacity ของดินแต่ละชนิด โดยใน 1–2 เดือนแรกหลังปลูก คำนวณที่ความลึก 15 ซม. แต่หลังจาก 2 เดือน คำนวณที่ความลึก 30 ซม. การให้น้ำครั้งถัดไปจะปล่อยให้พืชได้ใช้น้ำครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (Available water holding capacity, AWHC) ในกรณีที่มีฝนตกมากกว่าค่า ETc จะงดการให้น้ำและเลื่อนระยะเวลาการให้น้ำให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำฝน อย่างไรก็ตามหากมีปริมาณน้ำฝนดังแสดงในรูปที่ 3.1 จะมีการปรับการให้น้ำเพื่อให้ได้ปริมาณตามที่พืชต้องการ ซึ่งแผนการให้น้ำในดินทั้งสองชนิด แสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งในดินทั้งสองชนิดมีปริมาณการให้น้ำต่อครั้งต่างกัน และมีความถี่ในการให้น้ำต่างกัน เนื่องจากดินมีเนื้อดินต่างกันมีความสามารถในการอุ้มน้ำไม่เท่ากันจึงส่งผลให้มีค่า AWHC แตกต่างกัน

ตารางที่ 3.1 แผนการให้น้ำมันสำปะหลังเมื่อปลูกในดินร่วนเหนียวปนทราย และดินทรายร่วน

ชนิดดิน/รายละเอียด	**เดือนปลูกมันสำปะหลัง**									
ดินร่วนเหนียวปนทราย	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ปริมาณน้ำที่ให้แต่ละครั้ง (มม.)	8.3	12.4	16.5	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
ความถี่ (จำนวนวัน)	6	7	7	8	8	8	9	9	10	12
เวลาที่ให้น้ำแต่ละครั้ง (ชม.)	1.9	2.8	3.7	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
ดินทรายร่วน	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ปริมาณน้ำที่ให้แต่ละครั้ง (มม.)	3.3	4.9	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
ความถี่ (จำนวนวัน)	3	3	4	3	3	3	3	4	4	5
เวลาที่ให้น้ำแต่ละครั้ง (ชม.)	0.7	1.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2



รูปที่ 3.1 ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เดือนมกราคม–ธันวาคม 2562

4. การปลูกมันสำปะหลังในดินแต่ละชนิดมีระยะห่างระหว่างแถว 1.2 เมตร และระยะห่างระหว่างต้น 0.8 เมตร แปลงย่อย (แต่ละซ้ำ) มีขนาด 12 x 15 เมตร หรือประมาณ 10 แถว แต่ละแถวมีความยาว 15 เมตร ซึ่งมีจำนวนต้นประมาณ 18–19 ต้น ดังนั้นแต่ละซ้ำมีประมาณ 180–190 ต้นต่อแปลงย่อย ซึ่งในการสุ่มเก็บข้อมูลทำการสุ่มต้นแถวตรงกลาง ต้นมีการแข่งขัน และไม่เก็บข้อมูลจากต้นริมหรือหัวแถวท้ายแถว
5. เนื่องจากดินต่างกันทำการทดลองแต่ละสถานที่ ดังนั้นดินแต่ละชนิดจัดทรีตเมนต์แบบ Factorial in RCBD โดยมีปัจจัยที่ 1 คือการปรับปรุงดิน (ไม่ให้อินทรียวัตถุ และให้อินทรียวัตถุ) ปัจจัยที่ 2 วิธีการให้ปุ๋ย/การจัดการปุ๋ยแบบแม่นยำ (ให้ปุ๋ยทางดิน 2 ครั้ง และให้ปุ๋ยทางระบบน้ำซึ่งแบ่งให้ 8 ครั้ง) โดยมี 4 ทรีตเมนต์ ดังแสดงในตารางด้านล่าง แต่ละทรีตเมนต์ (combination) ทำ 4 ซ้ำ สำหรับอัตราการให้ปุ๋ยในดินร่วนเหนียวปนทรายอัตรา 15–4–12 กก.N–P_2O_5–K_2O/ไร่ ดินทรายร่วนให้ปุ๋ยในอัตรา 20–8–30 กก.N–P_2O_5–K_2O/ไร่

วิธีการปรับปรุงดิน (A)	วิธีการให้ปุ๋ย (B)	ชื่อทรีตเมนต์
A1=ไม่ให้อินทรียวัตถุ (ไม่ปรับปรุงดิน)	B1=ให้ปุ๋ยทางดิน	A1B1
	B2=ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ	A1B2
A2=ให้อินทรียวัตถุ (ปรับปรุงดิน)	B1=ให้ปุ๋ยทางดิน	A2B1
	B2=ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ	A2B2

A1B1 = control คือเป็นการให้ปุ๋ยทางดินและไม่ได้ปรับปรุงดิน

ดินร่วนเหนียวปนทราย

A1B1 =ให้น้ำหยด+ให้ปุ๋ยทางดิน (ตามค่าวิเคราะห์ดิน) โดยให้ปุ๋ยอัตรา 15–4–12 กก.N–P_2O_5–K_2O/ไร่ แบ่งให้ 2 ครั้งๆ ละเท่ากัน ครั้งแรกให้เมื่อมันสำปะหลังอายุ 30 วัน ครั้งที่ 2 เมื่ออายุ 3 เดือน (Control)

A2B1 =ให้น้ำหยด+ให้ปุ๋ยทางดิน (อัตราเดียวกับ A1B1 คือ 15–4–12 กก.N–P_2O_5–K_2O/ไร่)+อินทรียวัตถุ แบ่งให้ 2 ครั้งเท่ากัน ครั้งที่ 1 ให้เมื่อมันสำปะหลังอายุ 30 วัน ครั้งที่ 2 เมื่ออายุ 3 เดือน

A1B2 =ให้น้ำหยด+ให้ปุ๋ย (อัตราเดียวกับ A1B1 คือ 15–4–12 กก.N–P_2O_5–K_2O/ไร่) ทางระบบน้ำ แบ่งใส่เท่าๆ กัน 8 ครั้ง โดยให้ครั้งแรกเมื่อมันสำปะหลัง 30 วัน หลังจากนั้นให้ทุก 15 วัน

A2B2 =ให้น้ำหยด+ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (อัตราเดียวกับ A1B1 คือ 15–4–12 กก.N–P_2O_5–K_2O/ไร่)+อินทรียวัตถุ แบ่งให้ 8 ครั้ง เช่นเดียวกับ A1B2

ดินทรายร่วน

A1B1 =ให้น้ำหยด+ให้ปุ๋ยทางดิน (ตามค่าวิเคราะห์ดิน) โดยให้ปุ๋ยอัตรา 20–8–30 กก.N–P_2O_5–K_2O/ไร่ แบ่งให้ 2 ครั้งๆ ละเท่ากัน ครั้งแรกให้เมื่อมันสำปะหลังอายุ 30 วัน ครั้งที่ 2 เมื่ออายุ 3 เดือน (Control)

A2B1 =ให้น้ำหยด+ให้ปุ๋ยทางดิน (อัตราเดียวกับ A1B1 คือ 20–8–30 กก.N–P_2O_5–K_2O/ไร่)+อินทรียวัตถุ แบ่งให้ 2 ครั้งเท่ากัน ครั้งที่ 1 ให้เมื่อมันสำปะหลังอายุ 30 วัน ครั้งที่ 2 เมื่ออายุ 3 เดือน

A1B2 =ให้น้ำหยด+ให้ปุ๋ย (อัตราเดียวกับ A1B1 คือ 20–8–30 กก.N–P_2O_5–K_2O/ไร่) ทางระบบน้ำ แบ่งใส่เท่าๆ กัน 8 ครั้ง โดยให้ครั้งแรกเมื่อมันสำปะหลัง 30 วัน หลังจากนั้นให้ทุก 15 วัน

A2B2 =ให้น้ำหยด+ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (อัตราเดียวกับ A1B1 คือ 20–8–30 กก.N–P_2O_5–K_2O/ไร่)+อินทรียวัตถุ แบ่งให้ 8 ครั้ง เช่นเดียวกับ A1B2

การใส่อินทรียวัตถุ การให้น้ำและปุ๋ย (ในดินทั้งสองชนิด)

- การใส่อินทรียวัตถุ โดยใช้วัสดุกากตะกอนจากโรงงานมันสำปะหลัง (กากตะกอนที่ผ่านการหมักประมาณ 6 เดือน+แกลบดำ) ในอัตรา 2 ตัน/ไร่ โดยมีผลการวิเคราะห์อินทรียวัตถุ คือมีค่า pH 7.81 ค่า EC 6.45 dS/m, N 0.71%, P_2O_5 0.232% และ K_2O = 0.525%
- วิธีการให้ปุ๋ยทางดิน เริ่มให้ปุ๋ยครั้งที่ 1 เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 เดือนหลังปลูก และครั้งที่ 2 เมื่ออายุ 3 เดือนหลังปลูก
- วิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ เริ่มให้ปุ๋ยครั้งที่ 1 เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 เดือนหลังปลูก ทุกทรีตเมนต์แบ่งให้ 8 ครั้ง ให้ห่างกันทุก 15 วัน แบ่งให้ครั้งละเท่าๆ กัน

6. การบันทึกข้อมูล ทำการบันทึกลักษณะต่างๆ ดังนี้

6.1 ข้อมูลดิน สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง และหลังการทดลองที่ระดับความลึก 0–30 ซม. แล้วนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน ได้แก่ อนุภาคของ sand, silt และ clay สภาพความเป็นกรด–ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ปริมาณโพแทสเซียม และแคลเซียมที่สกัดได้ (Extractable K, Ca)

6.2 การเจริญเติบโต และความเขียวใบ ได้แก่

1) ความสูงต้น โดยวัดจากโคนต้นที่เหนือผิวดินจนถึงปลายยอดของต้น โดยในดินร่วนเหนียวปนทราย วัดเมื่อมันสำปะหลังอายุ 2, 3, 4, 5 เดือน ในดินทรายร่วนวัดที่อายุ 3, 4, 5 เดือน

2) เส้นผ่านศูนย์กลางต้น โดยในดินร่วนเหนียวปนทรายบันทึก 3, 4, 5 เดือน ในดินทรายร่วนวัดที่อายุ 4, 5 เดือนหลังปลูก

3) จำนวนกิ่ง/ต้น ในดินร่วนเหนียวปนทรายทำการนับจำนวนกิ่ง 3, 4, 5 เดือน ในดินทรายร่วนวัดที่อายุ 4, 5 เดือนหลังปลูก

4) ดัชนีความเขียวใบมันสำปะหลังที่อายุ 4 และ 5 เดือนหลังปลูก โดยวัดด้วยเครื่อง Chlorophyll Meter SPAD–502Plus

6.3 ผลผลิต และปริมาณแป้ง

1) น้ำหนักหัวสด (ผลผลิต) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างผลผลิตเมื่อมันสำปะหลังอายุ 11 เดือนหลังปลูก โดยการเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังพื้นที่ 6 x 8 เมตร โดยชั่งน้ำหนักหัวสดในแต่ละพื้นที่แล้วคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยต่อพื้นที่ และนำมาคำนวณเป็นน้ำหนักต้นต่อไร่

2) ปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลัง สุ่มวัดเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 11 เดือน โดยสุ่มจากหัวสดในพื้นที่เก็บเกี่ยวแถวกลาง (เว้นหัว-ท้ายแปลง) สับหัวสดเป็นท่อนยาวประมาณ 5–7 ซม. ใช้ตัวอย่างสด 5 กก./แปลงย่อย วัดด้วยเครื่องชั่ง Reimann scale ภายในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (อานนท์ มลิพันธ์ และทิพย์ดรุณี สิทธินาม, 2554)

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลลักษณะต่างๆ ที่ทำการบันทึกมาวิเคราะห์วาเรียนซ์ (Analysis of variance) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป SPSS for window (V.16) ตามแผนการทดลอง RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ต่างๆ ในแต่ละลักษณะ โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) หลังจากนั้นสรุปเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม (การให้น้ำ การจัดการดิน การจัดการปุ๋ย) สำหรับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนและหลังปลูกมันสำปะหลัง

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างดิน 2 สถานที่ ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินก่อนการทดลอง พบว่าดินในแปลงทดลองมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยในสถานที่ 1 มีเนื้อดินเป็นทรายร่วน (Loamy sand) จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน พบว่าดินมี pH 6.02 จัดว่าดินเป็นกรดอ่อนๆ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 0.90 เป็นดินที่ไม่เค็ม มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ (0.21%) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง (13.50 ppm) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ (49 ppm) และปริมาณแคลเซียม (346.6 ppm) ไม่ต่ำมาก สำหรับในสถานที่ที่ 2 เนื้อดินเป็นร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) มีค่า pH 6.88 จัดว่าดินเป็นกลาง จากค่าการนำไฟฟ้า (0.44) เป็นดินที่ไม่เค็ม มีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำ (1.31%) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ปานกลาง (17.20 ppm) ปริมาณโพแทสเซียม (77.4 ppm) และแคลเซียม (1,151.4 ppm) อยู่ในระดับปานกลาง

หลังจากการวิเคราะห์ดินแล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับกำหนดแผนการให้น้ำ และการปรับปรุงดิน เนื่องจากผลการวิเคราะห์ดินทั้ง 2 ชนิด มีอินทรียวัตถุในระดับต่ำ จึงมีการปรับปรุงดินโดยมีทรีตเมนต์ให้อินทรียวัตถุในดินทั้งสองชนิดในอัตรา 2 ตัน/ไร่ และเนื้อดินทั้งสองชนิดมีธาตุอาหารพืชต่างกัน ดังนั้นสูตรปุ๋ยที่ให้แก่มันสำปะหลังในดินสองชนิดใช้สูตรต่างกัน เนื่องจากดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่างกันและต้องให้ตามความต้องการของพืช ซึ่งในดินร่วนเหนียวปนทรายใช้ปุ๋ยอัตราส่วน 15–4–12 กก.N–P_2O_5–K_2O/ไร่ และดินทรายร่วนใช้ปุ๋ยสูตร 20–8–30 กก. N–P_2O_5–K_2O/ไร่

สำหรับอินทรียวัตถุที่ใช้ในการปรับปรุงดิน เป็นการนำกากตะกอนจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง โดยนำกากตะกอนที่ผ่านการหมักแล้ว 6 เดือน มาผสมกับแกลบดำอัตราส่วน 1 : 1 เมื่อคลุกเคล้าผสมกันแล้ว ก่อนนำไปใช้ในการปรับปรุงดิน สุ่มมาวิเคราะห์สมบัติอินทรียวัตถุ พบว่ามีค่าความเป็นด่างอ่อน (pH 7.81) ค่า EC 6.45 dS/m, N 0.71%, P_2O_5 0.232% และ K_2O = 0.525% โดยนำมาใส่ในแปลงปลูกมันสำปะหลังอัตรา 2 ตัน/ไร่ ในดินทั้ง 2 ชนิด

ผลการวิเคราะห์ดินหลังการทดลอง เมื่อมีการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย ต่างกัน การสุ่มวัดดินหลังการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง พบว่าคุณสมบัติของ %OM และค่า EC ไม่แตกต่างกับดินก่อนการทดลอง ดังนั้นการใส่อินทรียวัตถุไม่ได้ทำให้ดินเค็ม และหลังจากเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังพบว่า %OM ไม่ได้ลดลงจากเดิมมากแม้พืชจะดูดใช้ในระหว่างการเจริญเติบโตแล้วก็ตาม (ปกติแล้วการปลูกมันสำปะหลังมักส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง เช่น มักพบว่ามี %OM ในดินลดลง)

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างดิน 2 ชนิด (ก่อนและหลังการทดลอง)

แปลง	ทรีตเมนต์	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avai. P (ppm)	Exc. K (ppm)	Exc. Ca (ppm)
ดินทรายร่วน							
ก่อนทดลอง		6.02	0.090	0.54	13.50	49.0	347
หลังทดลอง	A1B1	6.33	0.083	0.39	57.50	57.2	170
	A2B1	6.25	0.075	0.55	40.10	62.4	135
	A1B2	6.17	0.071	0.69	41.70	53.8	130
	A2B2	6.28	0.081	0.81	32.60	59.1	180
ดินร่วนเหนียวปนทราย							
ก่อนทดลอง		6.88	0.440	1.31	17.20	77.4	1,151
หลังทดลอง	A1B1	6.46	0.117	1.06	35.20	97.6	1,108
	A2B1	6.76	0.105	1.16	82.80	102.3	1,232
	A1B2	7.06	0.081	1.13	37.20	85.0	1,205
	A2B2	7.07	0.131	1.19	61.20	114.7	1,249

A1B1=ปุ๋ยทางดิน ไม่ใส่อินทรียวัตถุ, A2B1=ปุ๋ยทางดิน+อินทรียวัตถุ, A1B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ ไม่ใส่อินทรียวัตถุ
A2B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ

4.2 ปริมาณการให้น้ำ และความถี่ในการให้น้ำในดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย

การให้น้ำแบบแม่นยำสำหรับการผลิตพืช เป็นการให้ตามความต้องการของพืชสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ซึ่งปริมาณน้ำที่ให้ต้องพิจารณาจากชนิด และอายุพืช นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ซึ่งดินแต่ละชนิดมีรูปแบบการให้แตกต่างกัน โดยจากการตรวจเอกสารพบว่ามันสำปะหลังมีความต้องการน้ำระหว่าง 1,023–1,075 มม. อย่างไรก็ตามเนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนจากธรรมชาติจึงมีการให้น้ำจริงอยู่ระหว่าง 305–378 มม. หรือ 488–605 ลบ.ม./ไร่ จากผลการวิเคราะห์เนื้อดินทำให้ทราบว่าดินแปลงที่ 1 เป็นเนื้อดินร่วนเหนียวปนทราย ส่วนดินแปลงที่ 2 เป็นเนื้อดินทรายร่วน ซึ่งแสดงในตารางที่ 3.1 ดังนั้นการทดลองนี้ได้คำนวณปริมาณความต้องการน้ำของมันสำปะหลังจากค่าศักย์การใช้น้ำของพืช (ETp) โดยคำนวณจากสภาพภูมิอากาศ และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันสำปะหลัง (Kc) และรูปแบบการให้น้ำคำนวณจากค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (สุดชล วุ้นประเสริฐ และคณะ, 2561) ซึ่งจากการคำนวณได้ความถี่ในการให้น้ำในดินร่วนเหนียวปนทราย มีความถี่ของการให้น้ำอยู่ระหว่าง 6–12 วัน โดยในระยะต้นเล็ก (อายุ 1–3 เดือน) ปริมาณการให้น้ำน้อยแต่ให้น้ำบ่อยครั้ง แต่

หลังอายุ 3 เดือนหลังปลูก ปริมาณน้ำที่ให้ในแต่ละครั้งจะสูงกว่าต้นเล็กซึ่งให้ประมาณ 24.8 มม. เวลาในการให้น้ำ 5.6 ชั่วโมง/ครั้ง ส่วนในดินทรายร่วนมีความถี่ของการให้น้ำอยู่ระหว่าง 3–5 วัน โดยระยะต้นเล็ก (อายุ 1–2 เดือน) ปริมาณการให้น้ำน้อยเนื่องจากรากยังน้อย แต่เมื่ออายุ 3 เดือนหลังปลูก ปริมาณน้ำที่ให้ในแต่ละครั้งจะสูงขึ้นซึ่งให้ประมาณ 9.8 มม. เวลาในการให้น้ำ 2.2 ชั่วโมง/ครั้ง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว การให้น้ำในดินทรายร่วนจะให้น้ำบ่อยกว่าดินร่วนเหนียวปนทราย เพราะดินทรายร่วนสามารถอุ้มน้ำได้น้อยกว่า จึงให้น้ำบ่อยครั้งแต่ให้ปริมาณน้อยกว่าในดินร่วนเหนียวปนทราย เพื่อไม่ให้น้ำซึมลงลึกเลยบริเวณรากมันสำปะหลัง ดังนั้นการจัดการน้ำ และธาตุอาหารพืช ในดินทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกัน จึงนำเสนอแยกเป็นดินแต่ละชนิดดังนี้

4.3 การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ในดินทรายร่วน

4.3.1 ความสูงต้น จากการเก็บข้อมูลด้านความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ที่อายุ 3, 4 และ 5 เดือน ที่ปลูกในดินทรายร่วน พบว่าการปรับปรุงดิน/ให้อินทรียวัตถุ ส่งผลให้มันสำปะหลังมีความสูงต้น

ตารางที่ 4.2 ผลของการจัดการดินและธาตุอาหารพืชต่อความสูงต้นและเส้นผ่านศูนย์กลางต้นของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ที่ปลูกในดินทรายร่วน

ทรีตเมนต์	ความสูงต้น (ซม.)			เส้นผ่านศูนย์กลางต้น (มม.)	
	3 เดือน	4 เดือน	5 เดือน	4 เดือน	5 เดือน
การปรับปรุงดิน					
ไม่ปรับปรุงดิน (A1)	123.3	137.6	157.1	19.39	22.40
ใส่อินทรียวัตถุ (A2)	132.5	150.0	171.6	19.58	23.20
F-test	*	*	*	ns	ns
วิธีการให้ปุ๋ย					
ให้ปุ๋ยทางดิน (B1)	121.8	141.3	165.2	18.90	22.77
ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (B2)	134.0	146.3	163.5	20.07	22.83
F-test	*	ns	ns	ns	ns
A1B1	115.7c	139.8b	161.5bc	18.85	23.42
A2B1	127.8b	142.8b	168.8ab	18.95	22.12
A1B2	130.8ab	135.4b	152.7c	19.93	21.38
A2B2	137.2a	157.2a	174.3a	20.20	24.28
F–test	**	**	**	ns	ns

A1B1=ปุ๋ยทางดิน, A2B1=ปุ๋ยทางดิน+อินทรียวัตถุ, A1B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ, A2B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มากกว่าการไม่ปรับปรุงดินในทุกอายุ สำหรับการจัดการปุ๋ยแตกต่างกัน (ให้ปุ๋ยทางดินและทางระบบน้ำ) พบว่ามีความสูงต้นต่างกัน แต่เมื่ออายุเพิ่มขึ้นความสูงต้นไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4.2) อย่างไรก็ตามอิทธิพลร่วมระหว่างการปรับปรุงดินและวิธีการให้ปุ๋ยต่างกันมีผลต่อความสูงต้น โดยที่อายุ 3 เดือน การให้ปุ๋ยทางดิน (A1B1) มันสำปะหลังมีความสูงต้นน้อยที่สุด (115.7 ซม.) ในขณะที่การให้ปุ๋ยทางดิน+อินทรียวัตถุ (A2B1) การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (A1B2) และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ (A2B2) ทำให้ต้นมีความสูงมากกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน+ไม่ใส่อินทรียวัตถุ (A1B1) ที่มีความสูง 127.8–137.2 ซม. โดยการให้ปุ๋ยทางน้ำ+อินทรียวัตถุ (A2B2) มีความสูงต้นสูงสุด สำหรับมันสำปะหลังที่อายุ 4–5 เดือน การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ ทำให้มันสำปะหลังมีความสูงมากที่สุด 157.2 และ 174.3 ซม. ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

4.3.2 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ผลการปรับปรุงดินไม่ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น/ขนาดต้นแตกต่างจากการไม่ปรับปรุงดิน สำหรับวิธีการจัดการปุ๋ยโดยให้ปุ๋ยทางดินและให้ทางระบบน้ำ พบว่าการจัดการดินทั้งสองวิธีไม่ทำให้ความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางต้นของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 แตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อวัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 4 และ 5 เดือนหลังปลูก (ตารางที่ 4.2) เมื่อจัดทรีตเมนต์โดยมีการปรับปรุงดินและมีวิธีการให้ปุ๋ยต่างกัน พบว่ามันสำปะหลังในทุกทรีตเมนต์มีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 18.85–20.20 มม. เมื่ออายุ 4 เดือน ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ และยังพบว่าเมื่ออายุ 5 เดือนหลังปลูก การจัดการธาตุอาหารพืชทุกทรีตเมนต์ทำให้มันสำปะหลังมีขนาดลำต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน โดยมีขนาดระหว่าง 21.38–24.28 มม. อย่างไรก็ตามการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ มีแนวโน้มให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสูงที่สุด

รูปที่ 4.1 การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ที่อายุ 1 เดือน (ซ้าย) และ 2 เดือน (ขวา)

ตารางที่ 4.3 ผลของการจัดการดินและธาตุอาหารพืช ต่อจำนวนกิ่งและความเขียวใบของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ที่ปลูกในดินทรายร่วน

ทรีตเมนต์	กิ่งต่อต้น		ความเขียวใบ (SPAD Unit)	
	4 เดือน	5 เดือน	4 เดือน	5 เดือน
การปรับปรุงดิน				
ไม่ปรับปรุงดิน (A1)	3.08	3.25	42	42
ใส่อินทรียวัตถุ (A2)	2.67	3.42	42	43
วิธีการให้ปุ๋ย				
ให้ปุ๋ยทางดิน (B1)	2.80	3.34	42	42
ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (B2)	3.00	3.34	42	43
A1B1	2.83	3.00	41	41
A2B1	2.67	3.67	42	42
A1B2	3.33	3.50	42	43
A2B2	2.67	3.17	41	43
F–test	ns	ns	ns	ns

A1B1=ปุ๋ยทางดิน, A2B1=ปุ๋ยทางดิน+อินทรียวัตถุ, A1B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ, A2B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ

4.3.3 จำนวนกิ่งต่อต้น เมื่อบันทึกลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังหลังจากมีการปรับปรุงดินและวิธีให้ปุ๋ยต่างกัน ซึ่งพบว่าเมื่อมันสำปะหลังอายุ 4 และ 5 เดือน ทั้งการปรับปรุงดิน และวิธีการให้ปุ๋ย ไม่ทำให้มันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 มีจำนวนกิ่งต่อต้นมีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีจำนวนกิ่ง 2.83–3.33 กิ่ง/ต้น นอกจากนี้เมื่อมีการจัดทรีตเมนต์การจัดการดินและวิธีการให้ปุ๋ยเป็น 4 ทรีตเมนต์ พบเช่นกันว่าวิธีการให้ปุ๋ยและการปรับปรุงดินต่างกัน ไม่ส่งผลให้จำนวนกิ่งของมันสำปะหลังแตกต่างกันในทางสถิติ โดยเมื่อมันสำปะหลังอายุ 4 และ 5 เดือน มีกิ่งต่อต้นอยู่ระหว่าง 3.00–3.67 กิ่ง/ต้น ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4.3)

4.3.4 ความเขียวใบ การเก็บข้อมูลความเขียวใบของมันสำปะหลังที่อายุ 4 และ 5 เดือน พบว่ามีค่าดัชนีความเขียวใบอยู่ระหว่าง 41–43 SPAD Unit ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ไม่ว่าเป็นการจัดการดินต่างกัน (ไม่ปรับปรุงดิน และให้อินทรียวัตถุ) หรือวิธีการจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกัน (ให้ปุ๋ยทางดิน และให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ) นอกจากนี้เมื่อจัดทรีตเมนต์ระหว่างการปรับปรุงดิน และวิธีการให้ปุ๋ย (4 ทรีตเมนต์) พบเช่นกันว่าไม่ส่งผลให้ความเขียวใบแตกต่างกันในทางสถิติ ดังนั้นวิธีการให้ปุ๋ยและการปรับปรุงดินที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อดัชนีความเขียวใบ (ตารางที่ 4.3)

4.3.5 องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4

จำนวนหัวต่อต้น จากการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะจำนวนหัวต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน พบว่าวิธีการให้ปุ๋ยและการปรับปรุงดินต่างกัน ไม่มีผลต่อจำนวนหัวต่อต้นของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 โดยมีจำนวน 14.2–15.0 หัว/ต้น ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ และเมื่อจัดทรีตเมนต์ระหว่างการจัดการดินและวิธีการให้ปุ๋ย พบเช่นกันว่าการให้ปุ๋ยร่วมกับการจัดการดินไม่ทำให้จำนวนหัวต่อต้นแตกต่างกันในทางสถิติ อย่างไรก็ตามการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีแนวโน้มให้จำนวนหัวต่อต้น (15 หัว/ต้น) สูงกว่าการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์อื่นๆ (ตารางที่ 4.4)

น้ำหนักหัวต่อต้น การบันทึกลักษณะนี้เมื่อมันสำปะหลังอายุ 12 เดือน พบว่าการปรับปรุงดินโดยให้อินทรียวัตถุส่งผลให้มันสำปะหลังมีน้ำหนักหัวต่อต้นมากกว่าการไม่ปรับปรุงดิน และยังพบว่าวิธีการให้ปุ๋ยโดยให้ปุ๋ยทางระบบน้ำทำให้มีน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน และเมื่อมีการปรับปรุงดินร่วมกับการให้ปุ๋ยต่างกัน พบว่าน้ำหนักหัวต่อต้นของมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ (A2B2) และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (A1B2) มีน้ำหนักหัว 5.18 และ 5.47 กก./ต้น ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน (A1B1) และการให้ปุ๋ยทางดิน+อินทรียวัตถุ (A2B1) ดังตารางที่ 4.4 ดังนั้นการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำส่งผลให้มันสำปะหลังมีน้ำหนักหัวต่อต้นสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน

ผลผลิตต่อไร่ การให้ผลผลิตของมันสำปะหลังจากการจัดการดินและธาตุอาหารพืชแตกต่างกัน พบว่าให้ผลสอดคล้องกับน้ำหนักผลผลิตต่อต้น โดยการให้อินทรียวัตถุทำให้มันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 มีผลผลิตต่อไร่สูงกว่าการไม่ปรับปรุงดิน และเช่นเดียวกันเมื่อมีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำพบว่าได้ผลผลิตต่อไร่ของมันสำปะหลังสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน นอกจากนี้เมื่อจัดทรีตเมนต์การจัดการดินและธาตุอาหารพืช โดยการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ (A2B2) และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (A1B2) ส่งผลให้มันสำปะหลังมีผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด (8.41 และ 8.08 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักหัวต่อต้นที่พบว่ามีปริมาณมากเมื่อมีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ ในขณะที่การให้ปุ๋ยทางดิน (A1B1) ส่งผลให้มันสำปะหลังได้ผลผลิตต่ำที่สุด (5.76 ตัน/ไร่) โดยความแตกต่างการให้ผลผลิตระหว่าง A2B2 และ A1B1 ประมาณ 2.65 ตัน/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการให้ปุ๋ยทางดินและการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ พบว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ

สามารถเพิ่มผลผลิตได้สูงกว่าวิธีที่มีการปฏิบัติทั่วไป (ให้ปุ๋ยทางดิน ไม่ปรับปรุงดิน, control) ประมาณ 40% แต่หากมีการให้อินทรียวัตถุร่วมกับให้ปุ๋ยทางดินสามารถเพิ่มผลผลิตได้ประมาณ 20% และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำร่วมกับอินทรียวัตถุ พบว่าทำให้ผลผลิตเพิ่มสูงถึง 46% เมื่อเปรียบเทียบกับ control

เปอร์เซ็นต์แป้ง จากการวัดปริมาณแป้งเมื่อมันสำปะหลังอายุ 12 เดือน พบว่ามันสำปะหลังที่มีการจัดการดินและปุ๋ยที่แตกต่างกัน ให้เปอร์เซ็นต์แป้งระหว่าง 22.90–23.88% ซึ่งได้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติแม้ว่าจะมีการปรับปรุงดิน หรือวิธีการให้ปุ๋ยแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการปรับปรุงดิน/ให้อินทรียวัตถุมีแนวโน้มให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าไม่ปรับปรุงดิน และเมื่อมีจัดทรีตเมนต์ร่วมระหว่างวิธีการให้ปุ๋ย และปรับปรุงดิน พบว่าการให้อินทรียวัตถุที่มีการให้ปุ๋ยทั้งทางดินและทางระบบน้ำ (A2B1, A2B2) มีแนวโน้มที่แป้งในหัวมันสำปะหลัง (23.81 และ 23.88% ตามลำดับ) สูงกว่าการไม่ให้อินทรียวัตถุ (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 จำนวนหัว น้ำหนักหัวต่อต้น ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้ง ของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 เมื่อมีการจัดการดินและธาตุอาหารพืชต่างกันในดินทรายร่วน

ทรีตเมนต์	จำนวนหัว (หัว/ต้น)	น้ำหนักหัว (กก./ต้น)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	แป้ง (%)
การปรับปรุงดิน				
ไม่ปรับปรุงดิน	14.6	4.53	6.92	22.95
ใส่อินทรียวัตถุ	14.6	4.91	7.67	23.85
F-test	ns	*	*	*
วิธีการให้ปุ๋ย				
ให้ปุ๋ยทางดิน	14.4	4.11	6.34	23.41
ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ	14.9	5.33	8.25	23.39
F-test	ns	*	**	ns
A1B1	14.2	3.87b	5.76c	23.00
A2B1	14.5	4.35b	6.92b	23.81
A1B2	15.0	5.18a	8.08a	22.90
A2B2	14.7	5.47a	8.41a	23.88
F–test	ns	*	**	ns

A1B1=ปุ๋ยทางดิน, A2B1=ปุ๋ยทางดิน+อินทรียวัตถุ, A1B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ, A2B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4 การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ในดินร่วนเหนียวปนทราย

4.4.1 ความสูงต้น เมื่อวัดความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทรายที่อายุ 2, 3, 4 และ 5 เดือนหลังปลูก พบว่าความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 2–5 เดือน มีความแตกต่างในทางสถิติ โดยเมื่อมีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำพบว่ามันสำปะหลังมีความสูงต้นมากกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน (ตารางที่ 4.5) อย่างไรก็ตามการปรับปรุงดินไม่มีผลต่อความสูงต้น ยกเว้นเมื่ออายุ 5 เดือน พบว่าการให้อินทรียวัตถุทำให้มีมันสำปะหลังมีความสูงต้นมากกว่าการไม่ปรับปรุงดิน สำหรับการจัดทรีตเมนต์การจัดการดินและธาตุอาหารพืช พบว่ามันสำปะหลังที่อายุ 3 เดือน การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (A1B2) และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ (A2B2) มีความสูงต้น (69.8–71.7 ซม.) มากกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน (54.2–58.7 ซม.) ส่วนที่อายุ 4 เดือน พบว่าไม่มีความแตกต่างในทางสถิติแม้ว่ามีการจัดการน้ำและปุ๋ยต่างกัน โดยมีความสูงระหว่าง 140.6–153.2 ซม. อย่างไรก็ตามเมื่อมันสำปะหลังอายุ 5 เดือน การให้ปุ๋ยทางดินที่-

ตารางที่ 4.5 ผลของการจัดการดินและธาตุอาหารพืชต่อความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทราย

ทรีตเมนต์	ความสูงต้น (ซม.)			
	2 เดือน	3 เดือน	4 เดือน	5 เดือน
การปรับปรุงดิน				
ไม่ปรับปรุงดิน (A1)	32.8	64.3	146.9	169.0
ใส่อินทรียวัตถุ (A2)	33.3	63.0	147.6	177.2
F-test	ns	ns	ns	*
วิธีการให้ปุ๋ย				
ให้ปุ๋ยทางดิน (B1)	31.3	56.5	142.9	168.3
ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (B2)	34.8	70.8	151.7	177.9
F-test	ns	**	*	*
A1B1	31.3b	58.7b	140.6	162.8b
A2B1	31.2b	54.2b	145.1	173.7a
A1B2	34.2ab	69.8a	153.2	175.1a
A2B2	35.4a	71.7a	150.1	180.6a
F–test	*	**	ns	**

A1B1=ปุ๋ยทางดิน, A2B1=ปุ๋ยทางดิน+อินทรียวัตถุ, A1B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ, A2B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ไม่ใส่อินทรียวัตถุ (A1B1, control) มันสำปะหลังมีความสูงน้อยที่สุด (162.8 ซม.) ในขณะที่การให้ปุ๋ยทางดิน+อินทรียวัตถุ การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ ทำให้มันสำปะหลังมีความสูงต้น 173.7, 175.1 และ 180.6 ซม. ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดินและไม่ใส่อินทรียวัตถุเพื่อปรับปรุงดิน (control)

4.4.2 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางต้นของมันสำปะหลังมีแนวโน้มเหมือนความสูงต้น โดยในช่วงแรกมีขนาดต้นที่ต่างกัน โดยที่อายุ 3 เดือน พบว่าการให้ปุ๋ยทางดินมันสำปะหลังมีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นน้อยกว่าการให้ปุ๋ยทางน้ำ และการไม่ปรับปรุงดินมีขนาดลำต้นเล็กกว่าการให้อินทรียวัตถุ และพบว่าที่อายุ 5 เดือนให้ผลในทำนองเดียวกัน นอกจากนี้เมื่อจัดทรีตเมนต์ในการจัดการดินและปุ๋ย พบว่า control (ไม่ปรับปรุงดิน และให้ปุ๋ยทางดิน) มีความสูงต้นน้อยที่สุด (14.71 มม.) ซึ่งแตกต่างในทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่น แต่มันสำปะหลังที่อายุ 4 เดือน ความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อมีวิธีการ

ตารางที่ 4.6 ผลของการจัดการดินและธาตุอาหารต่อเส้นผ่านศูนย์กลางต้นของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ในดินร่วนเหนียวปนทราย

ทรีตเมนต์	**เส้นผ่านศูนย์กลางต้น** (มม.)		
	3 เดือน	**4 เดือน**	**5 เดือน**
การปรับปรุงดิน			
ไม่ปรับปรุงดิน (A1)	16.73	21.30	23.07
ใส่อินทรียวัตถุ (A2)	20.95	21.83	23.60
F-test	*	ns	ns
วิธีการให้ปุ๋ย			
ให้ปุ๋ยทางดิน (B1)	17.95	21.01	22.43
ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (B2)	19.72	22.12	24.23
F-test	*	ns	*
A1B1	14.71c	19.74	21.33b
A2B1	21.19a	22.27	23.53ab
A1B2	18.74b	22.85	24.80a
A2B2	20.70ab	21.39	23.66ab
F–test	**	ns	*

A1B1=ปุ๋ยทางดิน, A2B1=ปุ๋ยทางดิน+อินทรียวัตถุ, A1B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ, A2B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ให้ปุ๋ยและปรับปรุงดินต่างกัน โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางต้นระหว่าง 19.74–22.85 มม. สำหรับมันสำปะหลังอายุ 5 เดือน พบว่าการให้ปุ๋ยทางดิน+อินทรียวัตถุ การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ และให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ มีขนาดลำต้นไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (23.53–24.80 มม.) แต่มีแนวโน้มที่มีขนาดลำต้นสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน (21.33 มม.) ดังแสดงในตารางที่ 4.6

4.4.3 จำนวนกิ่งต่อต้น จากการบันทึกลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังหลังจากปรับปรุงดินและให้ปุ๋ยต่างกัน พบว่าจำนวนกิ่งไม่แตกต่างกันไม่ว่าจะมีการปรับปรุงดินหรือให้ปุ๋ยแตกต่างกัน โดยเมื่อมันสำปะหลังที่อายุ 3 เดือน โดยทุกทรีตเมนต์มีจำนวนกิ่งต่อต้นระหว่าง 2.56–3.11 กิ่ง/ต้น เมื่ออายุ 4 และ 5 เดือน พบเช่นกันว่าจำนวนกิ่งอยู่ระหว่าง 3.00–3.11 กิ่ง/ต้น ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แม้มีการให้ปุ๋ยต่างกันและมีการปรับปรุงดินต่างกัน (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 ผลของการจัดการดินและธาตุอาหารพืช ต่อจำนวนกิ่งและความเขียวใบของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ในดินร่วนเหนียวปนทราย

ทรีตเมนต์	จำนวนกิ่งต่อต้น			ความเขียวใบ	
	3 เดือน	4 เดือน	5 เดือน	4 เดือน	5 เดือน
การปรับปรุงดิน					
ไม่ปรับปรุงดิน (A1)	2.62	3.00	3.06	39.5	40.0
ใส่อินทรียวัตถุ (A2)	3.00	3.06	3.06	39.6	40.3
F-test	*	ns	ns	ns	ns
วิธีการให้ปุ๋ย					
ให้ปุ๋ยทางดิน (B1)	2.78	3.00	3.06	39.3	39.5
ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (B2)	2.84	3.06	3.06	39.8	40.8
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
A1B1	2.67	3.00	3.11	39.5	39.5
A2B1	2.89	3.00	3.00	39.1	39.5
A1B2	2.56	3.00	3.00	39.5	40.5
A2B2	3.11	3.11	3.11	40.1	41.1
F–test	ns	ns	ns	ns	ns

A1B1=ปุ๋ยทางดิน, A2B1=ปุ๋ยทางดิน+อินทรียวัตถุ, A1B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ, A2B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4.4 ความเขียวใบ จากการเก็บข้อมูลความเขียวใบของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ที่อายุ 4 และ 5 เดือน พบว่าที่อายุ 4 เดือน ในแต่ละทรีตเมนต์มีความเขียวใบไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (39.5–41.1 SPAD Unit) แต่มันสำปะหลังที่อายุ 5 เดือน การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ (A2B2) และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (A1B2) มีแนวโน้มให้ความเขียวใบมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4.7

4.4.5 องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง

จากการทดสอบวิธีการให้ปุ๋ยแตกต่างกัน และการจัดการดินโดยใส่อินทรียวัตถุเปรียบเทียบกับการไม่ปรับปรุงดิน พบว่ามีผลต่อองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตต่อพื้นที่ ของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ดังนี้

จำนวนหัวต่อต้น เมื่อเก็บข้อมูลจำนวนหัวต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน พบว่าการปรับปรุงดินและวิธีการให้ปุ๋ยที่ต่างกันไม่มีผลต่อจำนวนหัวต่อต้นของมันสำปะหลังเช่นเดียวกับการทดสอบในดินทรายร่วน โดยพบว่ามีจำนวนหัวระหว่าง 13–14 ต้น/หัว ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

น้ำหนักหัวต่อต้น จากการเก็บข้อมูลน้ำหนักหัวต่อต้นเมื่อมันสำปะหลังอายุ 12 เดือน พบว่าน้ำหนักหัวต่อต้นของมันสำปะหลังเมื่อมีการให้ปุ๋ยและปรับปรุงดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ (A2B2) และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (A1B2) ให้น้ำหนักหัวสูงที่สุด 5.68 และ 4.95 กก./ต้น ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการให้ปุ๋ยทางดินที่มีน้ำหนัก 3.54 กก./ต้น (ตารางที่ 4.8)

ผลผลิตต่อไร่ การให้ผลผลิตของมันสำปะหลังจากการจัดการดินและธาตุอาหารพืชแตกต่างกัน พบว่ามีแนวโน้มไปในทางเดียวกับผลผลิตต่อต้น โดยพบว่า A2B2 (การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ) ให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุดถึง 9.05 ตัน/ไร่ ซึ่งมากกว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (A1B2) และการให้ปุ๋ยทางดิน+อินทรียวัตถุ (A2B1) ที่มีผลผลิต 7.96 และ 7.74 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่การให้ปุ๋ยทางดินโดยไม่ปรับปรุงดินมีผลผลิตต่อไร่ (6.91 ตัน/ไร่) ต่ำกว่า A2B2 ประมาณ 2.14 ตัน/ไร่ (ตารางที่ 4.8) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการให้ปุ๋ยทางดินและการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีข้อมูลที่แตกต่างจากในดินทรายร่วนเล็กน้อย โดยพบว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำสามารถเพิ่มผลผลิตได้ 15–16% ส่วนการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำร่วมกับอินทรียวัตถุ พบว่าส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 31% (เพิ่มขึ้นเท่าตัว) อย่างไรก็ตาม เมื่อให้อินทรียวัตถุร่วมกับให้ปุ๋ยทางดินส่งผลให้ มันสำปะหลังมีผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 12%

ตารางที่ 4.8 ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 เมื่อมีการจัดการดินและปุ๋ยต่างกัน ในดินร่วนเหนียวปนทราย

ทรีตเมนต์	จำนวนหัวต่อต้น	น้ำหนักหัว (กก./ต้น)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	แป้ง (%)
การปรับปรุงดิน				
ไม่ปรับปรุงดิน (A1)	13.5	4.25	7.44	23.27
ใส่อินทรียวัตถุ (A2)	13.5	4.68	8.40	23.95
F-test	ns	*	**	ns
วิธีการให้ปุ๋ย				
ให้ปุ๋ยทางดิน (B1)	13.5	3.61	7.33	23.90
ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (B2)	13.5	5.32	8.51	23.33
F-test	ns	**	**	ns
A1B1	13	3.54b	6.91c	23.32
A2B1	14	3.68b	7.74bc	24.47
A1B2	14	4.95a	7.96b	23.22
A2B2	13	5.68a	9.05a	23.43
F–Test	ns	*	**	ns

A1B1=ปุ๋ยทางดิน, A2B1=ปุ๋ยทางดิน+อินทรียวัตถุ, A1B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ, A2B2=ปุ๋ยทางระบบน้ำ+อินทรียวัตถุ

เปอร์เซ็นต์แป้ง จากการวัดปริมาณแป้งเมื่อมันสำปะหลังอายุ 12 เดือน ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทราย พบว่าการจัดการดิน (ให้และไม่ให้อินทรียวัตถุ) และการจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกัน (ให้ปุ๋ยทางดินและให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ) ทำให้มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวสดระหว่าง 23.22–24.47% ซึ่งได้ผลไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4.8) ดังนั้นการปรับปรุงดินและวิธีการให้ปุ๋ยต่างกันในสภาพดินร่วนเหนียวปนทราย ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การทดสอบเทคโนโลยีการจัดการน้ำและธาตุอาหารพืช สำหรับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 อย่างแม่นยำ ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อใช้เทคโนโลยีการจัดการน้ำโดยใช้ระบบน้ำหยด และการจัดการธาตุอาหารพืช (การปรับปรุงดิน และวิธีการให้ปุ๋ย) อย่างแม่นยำ เพื่อนำไปสู่การยกระดับผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ซึ่งเป็นพันธุ์ชนิดหวานที่ใช้หัวรับประทาน เพื่อเป็นทางเลือกของเกษตรกรในการผลิตมันสำปะหลัง อย่างไรก็ตามยังไม่มีรูปแบบการจัดการน้ำ และธาตุอาหารพืชอย่างแม่นยำ สำหรับมันสำปะหลังพันธุ์นี้ ซึ่งเทคโนโลยีการจัดการน้ำและธาตุอาหารพืชของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ดำเนินการในมันสำปะหลังชนิดขมแล้ว พบว่ามันสำปะหลังให้ผลผลิตสูงขึ้นกว่าเท่าตัว ดังนั้นการทดลองนี้จึงเป็นการนำเทคโนโลยีที่ผ่านการทดสอบแล้วมาประยุกต์ใช้กับมันสำปะหลังชนิดหวาน โดยมีการจัดการน้ำแบบแม่นยำภายใต้ระบบน้ำหยด โดยใช้หลักการให้น้ำตามความต้องการของพืช ร่วมกับการจัดการดินและธาตุอาหารพืชโดยวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองและมีการให้ปุ๋ยด้วยอัตราที่เหมาะกับความต้องการของมันสำปะหลังพันธุ์นี้ โดยการให้ทางระบบน้ำเปรียบเทียบกับการให้ทางดินโดยการโรยหรือหว่านซึ่งเป็นวิธีดั้งเดิม รวมทั้งการปรับปรุงดินเพื่อให้การดูดใช้ธาตุอาหารพืชมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการใช้อินทรียวัตถุ (ใส่วัสดุปรับปรุงดินหรืออินทรียวัตถุอัตรา 2 ตัน/ไร่ และไม่ใส่อินทรียวัตถุซึ่งเป็นวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ) การทดสอบครั้งนี้ในดิน 2 ชนิด คือ ดินทรายร่วน และร่วนเหนียวปนทราย เพื่อหารูปแบบการจัดการน้ำ และธาตุอาหารพืชแบบแม่นยำ สำหรับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง คือ 1) เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการน้ำ และธาตุอาหารพืช ที่เหมาะสมกับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 อย่างแม่นยำ ในดิน 2 ชนิด (ดินร่วนเหนียวปนทราย และดินทรายร่วน) และ 2) เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 และมีระบบการผลิตที่เหมาะสมและยั่งยืน ซึ่งผลจากการทดลองครั้งนี้สรุปเป็นประเด็นต่างๆ ได้ดังนี้

การจัดการน้ำแบบแม่นยำสำหรับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 จากงานวิจัยการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลัง (สุดชล วุ้นประเสริฐ และคณะ, 2558) พบว่าการให้น้ำแก่มันสำปะหลังโดยระบบน้ำหยดเป็นวิธีการที่ให้น้ำแบบประหยัดและมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเป็นการให้น้ำทีละน้อยและน้ำอยู่บริเวณรากพืช ซึ่งการทดลองครั้งนี้ได้คำนวณปริมาณการให้น้ำให้เหมาะสมกับความสามารถในการอุ้มน้ำของดินแต่ละชนิด (การทดลองนี้ทำในดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย) ซึ่งมันสำปะหลังที่มีอายุเก็บเกี่ยว 12 เดือน (รวมทั้งพันธุ์พิรุณ 4) มีความต้องการน้ำระหว่าง 1,020 มม. ไม่ว่าปลูกในดินชนิดใดก็ตาม ดังนั้นการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพต้องให้เพียงพอกับความต้องการของมันสำปะหลังแต่น้ำไม่ไหล

เลยรากพืชลงไป ดังนั้นในช่วงที่มีฝนตกและความชื้นในดินมากพอจะไม่มีการให้น้ำเพิ่ม การให้น้ำจริงอยู่ระหว่าง 425–454 มม. โดยแยกเป็นชนิดดิน ได้ดังนี้

ในดินร่วนเหนียวปนทราย การให้น้ำในดินชนิดนี้มีปริมาณต่อครั้งและมีความถี่ในการให้น้ำต่างจากดินทรายร่วน มีความถี่ในการให้น้ำ 6–9 วันต่อครั้ง แต่ละครั้งให้น้ำระหว่าง 8.3–24.8 มม. (ปริมาณน้ำที่ให้ในช่วงต้นเล็กจะให้น้อยกว่าช่วงที่มันสำปะหลังมีอายุมาก หากมีฝนตกในช่วงที่ต้องให้น้ำตามแผนการให้น้ำ จะทำการคำนวณตามปริมาณน้ำฝนที่ตก หากเพียงพอแล้วไม่ต้องให้น้ำ แต่หากปริมาณน้ำยังไม่เพียงพอจะให้น้ำเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการในแต่ละครั้ง) ซึ่งการทดลองครั้งนี้ตลอดฤดูกาลต้องให้น้ำประมาณ 454.7 มม. หรือคิดเป็น 727.5 ลบม./ไร่ เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำรวม (น้ำฝน) ตลอดฤดูกาลปลูกประมาณ 1,020 มม.

ในดินทรายร่วน การให้น้ำในดินชนิดนี้มีความถี่ในการให้น้ำ 3–4 วันต่อครั้ง แต่ละครั้งให้น้ำระหว่าง 3.3–9.8 มม. ขึ้นอยู่กับอายุของมันสำปะหลังเช่นเดียวกับการปลูกในดินร่วนเหนียวปนทราย คือปริมาณน้ำที่ให้ในช่วงต้นเล็กจะให้น้อยกว่าช่วงที่มันสำปะหลังมีอายุมากขึ้น ซึ่งการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ในการทดลองนี้ตลอดฤดูกาลต้องให้น้ำให้ได้ประมาณ ประมาณ 1,020 มม. แต่เนื่องจากในฤดูฝนมีฝนตก จึงทำให้มีค่าการใช้น้ำจริงในการปลูกมันสำปะหลังในดินชนิดนี้ประมาณ 425.5 มม. หรือประมาณ 680.8 ลบม./ไร่

การจัดการน้ำและธาตุอาหารพืชแบบแม่นยำ (ให้น้ำหยด และให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ) สำหรับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 โดยมีการให้น้ำโดยใช้ระบบน้ำหยดและให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ เปรียบเทียบกับวิธีเดิมที่ปฏิบัติคือการให้ปุ๋ยทางดิน) ซึ่งอัตราการให้ปุ๋ยแบบแม่นยำคือต้องมีการวิเคราะห์ดินเพื่อให้ทราบปุ๋ยที่ต้องให้เพิ่มให้เหมาะกับความต้องการของมันสำปะหลัง ซึ่งในดินแต่ละชนิดมีธาตุอาหารไม่เท่ากันจึงให้ปุ๋ยในอัตราต่างกัน โดยดินทรายร่วนอัตราการให้ปุ๋ยคือ 20–8–30 กก.N–P_2O_5–K_2O/ไร่ ส่วนในดินร่วนเหนียวปนทรายอัตราการให้ปุ๋ยคือ 15–4–12 กก.N–P_2O_5–K_2O/ไร่ เมื่อได้อัตราการให้ปุ๋ยในดินแต่ละชนิดแล้วทดสอบวิธีการให้ปุ๋ยทางดินเปรียบเทียบกับการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (2 วิธีใช้อัตราปุ๋ยเท่ากัน) พบว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (แบ่งให้ 8 ครั้ง) ส่งผลให้มันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 มีแนวโน้มให้ความสูงต้น และขนาดต้น (เส้นผ่านศูนย์กลางต้น) สูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน และยังพบว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำส่งผลให้มีน้ำหนักหัวต่อต้นสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน ซึ่งส่งผลให้มีผลผลิตต่อไร่สูงขึ้นด้วย โดยในดินทรายร่วนพบมีความแตกต่างในการให้ผลผลิตอย่างชัดเจน โดยในดินทรายร่วนการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำเพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 30 ส่วนในดินร่วนเหนียวปนทรายสามารถเพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 16 เมื่อเปรียบเทียบกับการให้ปุ๋ยทางดิน เนื่องจากการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำเป็นการให้ปุ๋ยที่สามารถละลายน้ำได้หมดลงไปในระบบน้ำ เมื่อพืชดูดน้ำไปใช้มีการดูดธาตุอาหารขึ้นไปด้วย เป็นการให้ทั้งน้ำและปุ๋ยไปพร้อมกัน นอกจากนี้การให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด ปุ๋ยที่อยู่ในน้ำอยู่ในบริเวณเขตรากพืช พืชสามารถใช้ธาตุอาหาร

ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งการใหปุ๋ยในระบบน้ำเป็นการใหปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน (ทองดี บ่านดอน, 2540; สุดชล วุ้นประเสริฐ และคณะ, 2558) เพราะจำกัดอัตราการสูญเสียปุ๋ยจากการชะล้างปุ๋ยลึกลงไปเกินกว่าระดับราก และมีการกระจายตัวของปุ๋ยสม่ำเสมอที่บริเวณรากพืช และมีผลดีหลายด้านคือ สามารถลดแรงงานในการให้ปุ๋ย เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยได้ 10–50 เปอร์เซ็นต์ ลดการชะล่างปุ๋ยเลยเขตรากพืช การแพรกระจายปุ๋ยสม่ำเสมอบริเวณที่รากพืช (มนตรี ค้ำชู, 2538; Or and Coelho 1996; Boyhan and Kelley 2001) นอกจากนี้การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำไม่ต้องนำรถขนปุ๋ยเข้าไปในแปลงพืช ช่วยลดอัตราการแน่นของดิน ลดค่าแรงงานให้ปุ๋ย (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546) การทดลองของสุดชล วุ้นประเสริฐ และคณะ (2558) พบว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำหยดแก่มันสำปะหลังมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูงขึ้นกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน เนื่องจากการให้น้ำหยดพร้อมกับปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ น้ำจะอยู่บริเวณรากทำให้ปุ๋ยไม่สูญเสียไปกับน้ำ เมื่อปุ๋ยที่ละลายในน้ำพืชสามารถดูดไปใช้พร้อมกับน้ำได้ และยังมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูงกว่า 50% มีการสูญเสียปุ๋ยจากการชะล้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ซึ่งผลจากการทดลองครั้งนี้พบว่าการตอบสนองของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ในดินทั้งสองชนิดมีผลการตอบสนองต่อการให้ปุ๋ยใกล้เคียงกัน โดยเมื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของมันสำปะหลังในการทดลองนี้ พบว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำในดินร่วนเหนียวปนทรายมีค่าประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดินประมาณ 1.15 เท่า ส่วนในดินทรายร่วนการให้ปุ๋ยทางน้ำมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน 1.4 เท่า ดังนั้นการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ควรให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ

การจัดการธาตุอาหารพืชแบบแม่นยำ (การปรับปรุงดิน) สำหรับผลิตมันสำปะหลังพิรุณ 4 การให้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพนอกจากให้ด้วยวิธีการและปริมาณที่เหมาะสมแล้ว ดินต้องมีโครงสร้างและมีเนื้อดินที่ไม่แน่นทึบ มีการระบายน้ำได้ดี ในดินเนื้อหยาบเช่นในดินทรายควรมีการจัดการเพื่อเพิ่มความสามารถในการกักเก็บความชื้น และส่งเสริมให้พืชดูดใช้ปุ๋ยได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการวิจัยครั้งนี้มีการปรับปรุงดิน (ให้อินทรียวัตถุ เปรียบเทียบกับการไม่ปรับปรุงดิน) โดยใช้วัสดุกากตะกอนจากโรงงานมันสำปะหลังผสมกับแกลบดำเพื่อใช้ปรับปรุงดินทั้งสองชนิดในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ซึ่งผลการวิเคราะห์วัสดุปรับปรุงดินมี pH 7.81 มีค่าการนำไฟฟ้า EC 6.45 dS/m, N 0.71%, P_2O_5 0.232% และ K_2O = 0.525% ซึ่งพบว่าการปรับปรุงดินมีส่วนส่งเสริมให้มันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 มีผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยการให้อินทรียวัตถุในดินทรายร่วนทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.84 และในดินชนิดนี้พบว่าการปรับปรุงดินมีแนวโน้มให้เปอร์เซ็นต์แป้ง (23.8%) สูงกว่าการไม่ปรับปรุงดิน (22.9%) สำหรับการปรับปรุงดินร่วนเหนียวปนทรายพบว่าส่งผลให้ผลผลิตสูงขึ้นร้อยละ 12.9 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่อินทรียวัตถุ ผลการทดลองบ่งชี้ว่าวัสดุปรับปรุงดินซึ่งมีธาตุอาหารพืช มีผลต่อคุณสมบัติของดิน และการปรับปรุงโครงสร้างดิน ซึ่งส่งผลให้มันสำปะหลังเจริญเติบโตได้ดี (ผลจากความสูง) ทำให้ได้ผลผลิตสูง และในดินเนื้อหยาบมีแนวโน้มให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานวิจัยที่รายงานว่าการปรับปรุงดินมีผลต่อสมบัติของดิน

และช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้น เช่น ขี้เถ้าแกลบมีคุณสมบัติที่ช่วยลดความหนาแน่นรวมของดิน มีโครงสร้างเป็นรูพรุน การใส่ลงไปในดินเป็นการช่วยเพิ่มความสามารถในการกักเก็บความชื้น เพิ่มความพรุนรวมของดิน ทำให้ดินมีความร่วนซุย ง่ายต่อการแทงหัวของมันสำปะหลัง (Njoku et al., 2012; Kumar et al., 2013) นภาพร พันธุกมลศิลป์ และกาญจนี วิริยะพานิชย์ (2560) ได้รายงานการใส่ปุ๋ยคอกเพื่อปรับปรุงดินพบว่ามีผลต่อสมบัติดิน โดยเมื่อใส่ปุ๋ยมูลโคมีผลให้ค่าร้อยละเม็ดดินเสถียรน้ำและขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินที่เสถียรสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยมูลโค ส่งผลให้มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 มีการเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลังสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยคอก นอกจากนี้อินทรียวัตถุเป็นตัวประสานดิน และทำให้โครงสร้างดินดีขึ้น และวัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้ง และชีวมวลส่วนเหนือรวมสูง ส่วนการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่ำ (ภัทรียา ประดิษฐ์ และคณะ, 2560) สำหรับงานทดลองของ ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์ และคณะ (2560) ได้รายงานเช่นกันว่าการให้วัสดุปรับปรุงดินที่เป็นปูนชนิดต่างๆ ส่งผลให้มันสำปะหลังอายุสั้นมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน เนื่องจากการใส่ปูนมีผลเพิ่ม pH ของดินแล้วทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้โพแทสเซียมในดินเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง และมีส่วนช่วยส่งเสริมการดูดใช้ไนโตรเจนของพืช โดยในมันสำปะหลังไนโตรเจนมีบทบาทที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตทางส่วนเหนือดินของพืช และพืชมีการดูดใช้ไนโตรเจนลดลงเมื่อในดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่าค่าวิกฤต หรือน้อยกว่าความต้องการของพืช (Johnston and Milford, 2012) จึงทำให้พืชมีการเจริญเติบโตทางส่วนเหนือดินต่ำ (เกศวดี พึ่งเกษม และคณะ, 2561)

อิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการน้ำและธาตุอาหารพืชแบบแม่นยำ (ให้น้ำหยดและให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ กับการปรับปรุงดิน) ผลการทดลองครั้งนี้ยังบ่งชี้ว่าการให้ปุ๋ยทุกวิธีการเมื่อให้ร่วมกับการปรับปรุงดินโดยให้อินทรียวัตถุ มีผลในการส่งเสริมให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโต มีน้ำหนักหัวต่อต้นและให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ปรับปรุงดิน และโดยเฉพาะเมื่อให้ปุ๋ยทางระบบน้ำร่วมกับการให้อินทรียวัตถุ (A2B2) ในดินทั้งสองชนิด ส่งผลให้มันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ได้ผลผลิตสูงที่สุด โดยเมื่อปรับปรุงดินร่วมกับการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์นี้ได้ 30–40%

ดังนั้นการจัดการน้ำ และธาตุอาหารพืช สำหรับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 จากผลการวิจัยในครั้งนี้ สรุปได้ว่าการให้น้ำโดยใช้ระบบน้ำหยดเป็นวิธีการให้น้ำที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพสูง เมื่อมีการคำนวณให้มีรูปแบบการให้เหมาะสม น้ำจะอยู่บริเวณรากพืชไม่ไหลลงชั้นดินลึกเกินรากพืช ผลการทดลองนี้ยังบ่งชี้ว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำส่งผลให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน โดยในดินทรายร่วนการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำช่วยเพิ่มผลผลิตได้สูงร้อยละ 30.1 และในดินร่วนเหนียวปนทรายสามารถเพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 16.1 โดยการจัดการน้ำโดยใช้ระบบน้ำหยดส่งเสริมให้การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำร่วมกับการปรับปรุงดินโดยใช้

อินทรียวัตถุ ส่งผลให้มันสำปะหลังได้ผลผลิตสูงในดินทั้งสองชนิด โดยสามารถเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นได้ร้อยละ 10.8 และ 12.9 ในดินทรายร่วนและดินร่วนเหนียวปนทราย แต่ต้องมีการให้ปุ๋ยและน้ำตามความต้องการของพืช ดังนั้นสามารถสรุปผลในการเบื้องต้นได้ว่า การยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ในดินทุกชนิดควรมีการตรวจวิเคราะห์ดินก่อนการปลูก ซึ่งมีข้อดีคือ 1) เพื่อสามารถกำหนดการให้น้ำตามความสามารถในการอุ้มน้ำของดินแต่ละชนิด ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำและปุ๋ยของมันสำปะหลัง 2) การให้ปุ๋ยควรให้ตามค่าวิเคราะห์ดินตามความต้องการของพืช ซึ่งการแบ่งให้หลายครั้งมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยมากกว่าการให้ทางดิน 3) วิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีประสิทธิภาพสูงกว่าการให้ทางดินโดยเฉพาะการให้โดยระบบน้ำหยดซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดน้ำทำให้ประสิทธิภาพการให้น้ำและการให้ปุ๋ยสูง ซึ่งส่งผลให้มันสำปะหลังมีผลผลิตสูง นอกจากนี้ยังลดการใช้แรงงานในการให้ปุ๋ยด้วย 4) การปรับปรุงดินโดยใช้อินทรียวัตถุส่งผลดีต่อการให้น้ำและปุ๋ย เนื่องจากช่วยปรับให้โครงสร้างดินไม่ให้แน่นทึบ ลดความหนาแน่นรวมของดิน ทำให้ดินมีความร่วนซุย ซึ่งสามารถยกระดับผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ช่วยให้การผลิตมันสำปะหลังมีความยั่งยืน ซึ่งการทดลองครั้งนี้สรุปเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1) การให้น้ำแก่มันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 แบบแม่นยำ คือการจัดการน้ำให้ได้ปริมาณ 1,020 มม./ฤดูปลูก โดยการให้น้ำหยดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพแต่ต้องมีการคำนวณปริมาณการให้น้ำและความถี่ในการให้น้ำตามชนิดดิน และอายุของมันสำปะหลัง โดยดินที่เป็นเนื้อหยาบควรให้น้ำทุก 3-4 วัน/ครั้ง ส่วนดินเนื้อละเอียด (ดินร่วน-ดินเหนียว) ซึ่งการให้น้ำอย่างเหมาะสมสามารถเพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ให้น้ำ (สุดชล วุ้นประเสริฐ และคณะ, 2561)

2) วิธีการให้ปุ๋ยแบบแม่นยำควรให้ตามต้องการของมันสำปะหลัง โดยอัตราปุ๋ยที่ให้ต้องวิเคราะห์ดินก่อนเพื่อทราบอัตราการให้ปุ๋ยที่เหมาะสม และวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 ได้ โดยเฉพาะในดินทรายร่วนสามารถเพิ่มได้ถึงร้อยละ 30.1 และยังเพิ่มเปอร์เซ็นต์แป้งด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับการให้ปุ๋ยทางดิน สำหรับในดินร่วนเหนียวปนทรายสามารถเพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 16.1

3) การปรับปรุงดินโดยใช้อินทรียวัตถุสามารถเพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 10.8 และ 12.9 (ในดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ปรับปรุงดินร่วมกับให้ปุ๋ยทางดิน นอกจากนี้การปรับปรุงดินร่วมกับการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำช่วยส่งเสริมให้มันสำปะหลังใช้ปุ๋ยและน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งเสริมให้มันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 4 มีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตสูง

อย่างไรก็ตาม การทดสอบนี้ทำเพียงปีเดียวยังไม่สามารถสรุปผลได้อย่างชัดเจน เป็นเพียงการให้แนวโน้มในการจัดการน้ำ ดิน และปุ๋ย จากผลการทดสอบเพียงปีเดียว ซึ่งควรมีการทดสอบซ้ำในหลายสถานที่ หลายฤดู เพื่อให้สามารถสรุปได้ถูกต้องและเป็นตัวแทนในดินหลายชนิดมากกว่านี้ ก่อนที่จะมีการเผยแพร่ หรือส่งเสริมเป็นคำแนะนำให้แก่เกษตรกร หรือผู้ใช้ประโยชน์

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน. (2560). แนวทางการประเมินกำลังผลิตของดิน สำหรับปลูกมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา. กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 01/09/60. 178 หน้า.

เกศวดี พึ่งเกษม, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิฌา ธนะจิตต์, เอิบ เขียวรื่นรมณ์ และปรีชา เพชรประไพ. (2561). ผลของขี้เถ้าแกลบและโพแทสเซียมต่อสมบัติดิน และมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินสตึก. วารสารแก่นเกษตร. ปีที่ 46. ฉบับที่ 5. หน้า 911–920.

จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข. (2551). เอกสารวิชาการคุณสมบัติและประโยชน์ของหัวและแป้งมันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6.

ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์. กิตติพงศ์ ทองสา, มโนรมย์ พลเยี่ยม และรัตนพล พลตื้อ. (2560). การใช้วัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตมันปรังในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม. ใน การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 2560. หน้า 613–619.

ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ทศพล พรพรหม และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. (2560). ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ–อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดิน. วารสารแก่นเกษตร ปีที่ 45. ฉบับที่ 4. หน้า 711–720.

นทีทิพย์ โรจน์สวัสดิ์สุข, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิฌา ธนะจิตต์ และเอิบ เขียวรื่นรมณ์. (2561). ผลของกากแป้งมันสำปะหลังต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินโคราช. วารสารแก่นเกษตร. ปีที่ 46. ฉบับที่ 2. หน้า 203–212.

นภาพร พันธุกมลศิลป์ และกาญจนี วิริยะพานิชย์. (2560). ผลของการจัดการปุ๋ยต่อสมบัติดิน การเจริญเติบโต และผลผลิตมันสำปะหลังในชุดดินยโสธร. วารสารแก่นเกษตร. ปีที่ 45. ฉบับที่ 3. หน้า 505–514.

ภัทรียา ประดิษฐ์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิฌา ธนะจิตต์ และเอิบ เขียวรื่นรมณ์. (2560). ผลสะสมของการไถพรวนและวัสดุปรับปรุงดินต่อมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินวาริน. วารสารแก่นเกษตร. ปีที่ 45. ฉบับที่ 2. หน้า 263–272.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2546). ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 424 หน้า.

สุดชล วุ้นประเสริฐ, ฐิติพร มะชิโกวา, ธีรศักดิ์ ตองอบ และวรุณยุพา เชื่อมตะคุ. (2558). คู่มือการปลูกมันสำปะหลังแบบมืออาชีพ ภายใต้ระบบน้ำหยด. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 37 หน้า.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สุดชล วุ้นประเสริฐ, ฐิติพร มะชิโกวา, อาทิตย์ ศรีแก้ว, ประโยชน์ คำสวัสดิ์, สุวรรณ ประทุมจร, ภุชพงษ์ พรามจร และเกริกฤทธิ์ ศรีเคน. (2561). **คู่มือการผลิตมันสำปะหลังและอ้อยแบบแม่นยำ ภายใต้ระบบน้ำหยด.** ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีอัจฉริยะสำหรับการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 44 หน้า.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). (2561). มันสำปะหลังพันธุ์พิรุณ 2–พิรุณ 4 ความเหมือนที่แตกต่าง. สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร (สท.).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2562). สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2562. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 195 หน้า.

สมลักษณ์ จุฑังคะ และไชยยศ เพชระบูรณิน. (2551). การจัดการดินแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จังหวัดจันทบุรี.

อนุชา เหลาเคน. (2562). การจัดการธาตุอาหาร น้ำ และพืช ในการผลิตมันสำปะหลัง เพื่อเพิ่มผลผลิตและปริมาณแป้ง. วารสารสำนักบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 27 ฉบับที่ 1.

อานนท์ มลิพันธ์ และทิพย์ดรุณี สิทธินาม. (2554). ผลของอายุเก็บเกี่ยวหลังการตัดต้นต่อผลผลิตและแป้งมันสำปะหลัง. Technical or Research Paper. 29(2)

Johnston, A.E. and G.F.J. Milford. (2012). Potassium and nitrogen interaction in crops. Potash development Association.

Kumar, S., P. Sangwan, R.M.V. Dhankhar and S. Bidra. (2013).Utilization of rice husk and their ash: A Review. Res. J. Chem. Env. Sci. 1: 126–129.

Njoku, C. and C.N. Mbah. (2012). Effect of burnt and unburnt rice husk dust on maize yield and soil physic–chemical properties of an Ultisol in Nigeria. Biological Agri. Hort. 28: 49–60.

Sittibusaya, C. (1996). Strategies of developing fertilizer recommendation for field crops. Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี