อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) และปุ๋ยเคมีต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง

ชวลิต รักษาริกรณ์

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) และปุ๋ยเคมีต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง

ชวลิต รักษาริกรณ์

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) และปุ๋ยเคมีต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง"
ของ ชวลิต รักษาริกรณ์
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ตรีโลเกศ)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภูมิศักดิ์ อินทนนท์)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ดร.พัฒนา สมนิยาม)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภา หอมหวล)

อนุมัติ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) และปุ๋ยเคมีต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง

ผู้วิจัย ชวลิต รักษาริกรณ์

ประธานที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ภูมิศักดิ์ อินทนนท์

กรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร
ดร.พัฒนา สมนิยาม

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ ปร.ด. วิทยาศาสตร์การเกษตร, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2565

คำสำคัญ ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO), การเจริญเติบโต, ผลผลิต, การสะสมมวลชีวภาพ, เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของชนิดปุ๋ย และอัตราการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงสมบัติของดิน ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และการสะสมมวลชีวภาพ ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง โดยทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ย 4 ชนิด ได้แก่ 1) ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด (ORG), 2) ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO-1), 3) ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO-2) และ 4) ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (CHEM) ที่อัตรา 50 และ 100 กิโลกรัม/ไร่ วางแผนทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 9 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 1 แปลง รวม 36 แปลง ประกอบด้วย T1 ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม), T2 ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด อัตรา 50 กก./ไร่, T3 ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่, T4 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-1 อัตรา 50 กก./ไร่, T5 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-1 อัตรา 100 กก./ไร่, T6 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-2 อัตรา 50 กก./ไร่, T7 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-2 อัตรา 100 กก./ไร่, T8 ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ และ T9 ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ทำการทดลองที่ ตำบลป่าเซ่า อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 - มิถุนายน พ.ศ. 2561 เปรียบเทียบค่าความแตกต่างโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่น 95 %

ผลการวิจัยพบว่า สมบัติของดินหลังการใส่ปุ๋ย T5 (HO-1) และ T7 (HO-2) อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารหลัก รอง เสริม เพิ่มขึ้น รวมไปถึงการ

ปรับปรุงสมบัติด้านกายภาพของดินมีแนวโน้มดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด เนื่องจากปุ๋ย HO มีสมบัติในการปรับปรุงดินแบบองค์รวม การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพบว่า การใช้ปุ๋ยT5 (HO-1) อัตรา 100 กก./ไร่ มีผลทำให้ขนาดลำต้น ทรงพุ่ม และค่าความเขียวใบดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แตกต่างกันทางสถิติที่ 99% กระบวนการสะสมมวลชีวภาพในมันสำปะหลังนั้นพบว่าเมื่อพืชอายุ 1 เดือน จะมีการสะสมมวลชีวภาพสูงสุดที่ใบและเมื่ออายุ 4 เดือน จะเคลื่อนจากส่วนใบ ก้านใบไปสะสมที่โคนต้นและเมื่ออายุ 8 เดือน จะเคลื่อนจากโคนต้นไปสะสมที่รากในทางกลับกันการสะสมวัตถุแห้ง (แป้งและน้ำตาล) พบว่าการใช้ปุ๋ย T5 (HO-1) และ T7(HO-2) ในอัตรา 100 กก./ไร่ มีผลทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งในรากที่พัฒนาไปเป็นหัวมันสำปะหลังสูงสุด 34.48 และ 34.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ด้านองค์ประกอบผลผลิตการใช้ปุ๋ย T7(HO-2) อัตรา 100 กก./ไร่ ที่เป็นสูตรเพิ่มผลผลิต และคุณภาพผลผลิตสำหรับมันสำปะหลังทำให้จำนวนหัวเฉลี่ย/ต้น 17.00 หัว/ต้น, ความยาวหัวมันสำปะหลัง 47.75 ซม. และ ขนาดเส้นรอบวงหัวมันสำปะหลัง 25.25 ซม. แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95% ในขณะที่องค์ประกอบด้านน้ำหนักเฉลี่ย/หัว 0.67 กก./หัว และ น้ำหนักผลผลิต/ต้น 10.55 กก./ต้น สูงที่สุดดีกว่ากรรมวิธีกรรมวิธีอื่นๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ 95%

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิตต่อไร่สูงสุด พบว่าการใช้ปุ๋ย T7(HO-2) อัตรา 100 กก./ไร่ ทำให้มีผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ 5,110 กิโลกรัม/ไร่ อีกทั้งพบว่าการใช้ปุ๋ย T7(HO-2) อัตรา 100 กก./ไร่ มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลังเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรรมวิธีอื่นๆ 30.50 % ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95% ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด และการไม่ใส่ปุ๋ย ในด้านต้นทุนและผลกำไร พบว่าการใช้ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม T7(HO-2) อัตรา 100 กก./ไร่ ทำให้เกิดผลกำไรจากการขายผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด 10,458 บาท/ไร่ ซึ่งมีกำไรสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด จึงอาจกล่าวได้ว่าการใช้ปุ๋ย HO สามารถเป็นทางเลือกของเกษตรกรในการจัดการดินและปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพ เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลังในจังหวัดอุตรดิตถ์ได้อีกหนึ่งทาง

Title INFLUENCE OF ORGANIC GRANULAR FERTILIZER, CHEMICAL AND GRANULAR ORGANIC FERTILIZER WITH HORMONE MIXED FORMULA(HO), AND CHEMICAL FERTILIZER TO THE PHYSIOLOGICAL PROCESS, GROWTH, YIELD AND STARCH CONTENT OF CASSAVA

Author Chawalit Raksarikorn

Advisor Associate Professor Pumisak Intanon, Ph.D.

Co-Advisor Associate Professor Suwat Terapongtanakorn, Ph.D.

Pattana Somniyam, Ph.D.

Academic Paper Ph.D. Dissertation in Agricultural Science, Naresuan University, 2022

Keywords Chemical and organic granular fertilizer with hormone mixed formula (HO), Growth, Yield, Biomass, Starch

ABSTRACT

The purpose of this study was to the influence of fertilizers and the use rate of fertilizer for soil improvement on the physiological process, growth, yield, and starch content of cassava. The study used 4 formulas of fertilizers: 1) Organic Granular Fertilizer (ORG), 2) chemical and granular organic fertilizer with hormone mixed formula (HO-1), 3) chemical and granular organic fertilizer with hormone mixed formula (HO-2), and 4) Chemical Fertilizer 15-15-15 formula (CHEM) at 50 and 100 kilograms/rai. The experiment design was in RCBD with 9 treatments, which were as follows; T1 (Control), T2 (ORG 50 kilograms/rai.), T3 (ORG 100 kilograms/rai.), T4 (HO-1 50 kilograms/rai.), T5 (HO-1 100 kilograms/rai.), T6 (HO-2 50 kilograms/rai.), T7 (HO-2 100 kilograms/rai.), T8 (CHEM 50 kilograms/rai.), and T9 (CHEM 100 kilograms/rai.) The experiment plots were located at Pasao, Muang District, Uttaradit Province, from June 2017 – June 2018. by using the DMRT method at 95% confidence.

The result showed that soil properties after using fertilizer in T5; using HO-1

and T7; using HO-2 at 100 kg/rai affected soil fertility. The primary macronutrients, secondary macronutrients, and micronutrients were increased, and improved physical features were more likely better than using CHEM and ORG. However, HO fertilizer was an influence on soil properties improvement. It was found that T5; using HO-1 100 kilograms/rai was the highest effect on growth rate in the size of trunk, canopy, and green leaf value at 99% confidence. The biomass accumulation of cassava. when the one-month-old, the biomass accumulation highest is in the leaf, and when the 4-month-old, the water, and nutrients that move from the leaf to the petiole accumulate at the base of the stump. And 8-month-old, the water and nutrients that move from the stump to accumulate at the base of the root (starch and sugar). It was found that HO-1 (T5) and HO-2 (T7) at 100 kilograms/rai affected biomass accumulated highest in tuber at 34.48 percent and 34.28 percent respectively, better than some other way. Yield components, the use of HO-2 fertilizer 100 kilograms/rai. The formula of yield quality for cassava. It has the mean number of tubers per plant 17.00 tuber/ plant, number of root length 47.75 cm., and the cassava tuber circumference 25.25 cm. significantly different at 95%. While the components of average weight/tuber 0.67 kilograms/tuber and yield weight/tree 10.55 kilograms/plant were the highest among other treatments. But there was no statistical difference at 95%.

However, when considering the highest average yield per rai, It was found that using HO-2 fertilizer 100 kg/rai gave a higher yield than other treatments (5,110 kilograms/rai). The rate of 100 kilograms/rai resulted in a higher percentage of cassava starch than other methods (30.50%), which was statistically significantly different at 95%, better than using chemical fertilizers, organic granular fertilizers, and without fertilizers (Control). In terms of cost and profit, It was found that using 100 kg/rai of HO-2 fertilizer resulted in the highest profit from product sales per rai of 10,458 baht/rai, which was higher than using chemical fertilizers and organic granular fertilizer. Moreover, HO fertilizer was a choice to manage soil and fertilizer that

affects the cassava product quality in Uttaradit Province.

ประกาศคุณูปการ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร.ภูมิศักดิ์ อินทนนท์ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ตรีโลเกศ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ดร. สุวัฒน์ ธีระพงษ์ธนากร กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร. พัฒนา สมนิยาม กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภา หอมหวล กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่บิดรมารดา และ ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยทางด้านดินปุ๋ยของมันสำปะหลัง และเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังเพื่อการเพิ่มผลผลิตต่อไป

ชวลิต รักษาริกรณ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

ประกาศคุณูปการ ..... ซ

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพ ..... ฑ

อักษรย่อ ..... ณ

บทที่ 1 บทนำ 1

หลักการและเหตุผล 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

ความสำคัญของการวิจัย 3

ขอบเขตการวิจัย 4

ข้อตกลงเบื้องต้น 4

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

สมมติฐานของการวิจัย 6

กรอบแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลัง 8

คุณลักษณะประจำพันธุ์ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 11

ลักษณะของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 13
สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 13
การปลูกมันสำปะหลัง 13
ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) 17
งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยฮอร์โมนอินทรีย์ปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) 21
ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช 23
หน้าที่ของธาตุอาหารพืช 24
กลไกทางสรีรวิทยาที่มีผลต่อการดูดธาตุอาหารของพืช 26
การวัดคลอโรฟิวล์ในใบพืช (Chlorophyll Meter) 29
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 35
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 35
การวางแผนการทดลอง 35
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน 37
การเก็บรวบรวมข้อมูล 39
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 46
สถานที่ใช้ในการทดลอง 46
ระยะเวลาในการทดลอง 46
บทที่ 4 ผลการทดลอง 47
สภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณแปลงปลูก 47
สมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง 47
สมบัติของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง 49

ผลการบันทึกการเจริญเติบโต....50
ผลการบันทึกกระบวนการทางสรีรวิทยา....54
ผลการบันทึกการสะสมมวลชีวภาพ....55
ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต....60
เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง....63
ต้นทุนการผลิตและกำไรแบบสังเขป....64
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง....66
วิจารณ์ผลการทดลอง....66
สรุป....78
ข้อเสนอแนะ....79
บรรณานุกรม....80
ภาคผนวก....86
ประวัติผู้วิจัย....99

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 คุณลักษณะประจำพันธุ์ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 12

ตาราง 2 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) กับปุ๋ยเคมี 19

ตาราง 3 แสดงการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) และปุ๋ยเคมี 20

ตาราง 4 วัตถุดิบและส่วนประกอบของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) 39

ตาราง 5 สมบัติของดินก่อนและหลังการทดลอง 48

ตาราง 6 ปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารเสริม และสมบัติของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง 50

ตาราง 7 การเจริญเติบโตทางด้านความสูง 51

ตาราง 8 การเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้น 52

ตาราง 9 การเจริญเติบโตทางด้านขนาดทรงพุ่ม 53

ตาราง 10 ปริมาณคลอโรฟิวล์ (Chlorophyll Content, SPAD Unit) 54

ตาราง 11 ดัชนีการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน 56

ตาราง 12 ดัชนีการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน 57

ตาราง 13 ดัชนีการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน 58

ตาราง 14 องค์ประกอบผลผลิตมันสำปะหลัง 61

ตาราง 15 ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลัง 62

ตาราง 16 เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง 63

ตาราง 17 ต้นทุนการผลิตและผลกำไรแบบสังเขป 64

ตาราง 18 เกณฑ์รับซื้อมันสำปะหลังตามเปอร์เซ็นต์แป้ง โดยวิธีใช้เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ Riemann scale balance 65

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 แสดงกรอบแนวคิดของงานวิจัย.....7

ภาพ 2 แสดงส่วนของราก (ก) หัวมันสำปะหลัง (ข) และภาพตัดขวาง (ค) ของหัวมันสำปะหลัง.....10

ภาพ 3 แสดงลักษณะท่อนพันธุ์หรือลำต้น (ก) ลักษณะทรงพุ่ม (ข) และใบ (ค) ของมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 9.....10

ภาพ 4 แสดงดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย (ก) และผล (ข) ของมันสำปะหลัง.....10

ภาพ 5 แสดงคุณลักษณะภายในของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO).....18

ภาพ 6 การดูดซับแสงในย่านต่างๆ ของคลอโรฟิลล์.....31

ภาพ 7 การเจริญเติบโตทางด้านความสูง.....51

ภาพ 8 การเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้น.....53

ภาพ 9 การเจริญเติบโตทางด้านขนาดทรงพุ่ม.....54

ภาพ 10 ปริมาณคลอโรฟิวล์ (Chlorophyll Content, SPAD Unit).....55

ภาพ 11 การสะสมมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน.....56

ภาพ 12 การสะสมมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน.....57

ภาพ 13 การสะสมมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน.....59

ภาพ 14 การสะสมมวลชีวภาพในส่วนที่เป็นราก หรือหัว (Tuber) อายุ 1 – 8 เดือน.....60

ภาพ 15 ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังต่อไร่.....62

ภาพ 16 เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง.....63

ภาพ 17 เตรียมแปลง ยกร่องปลูก.....87

ภาพ 18 เตรียมต้นพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ความยาว 25 เซนติเมตร.....87

ภาพ 19 วัดระยะปลูก และทำการปลูกต้นพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 87
ภาพ 20 พรวนดินกำจัดวัชพืช และใส่ปุ๋ย ครั้งที่ 1 อายุ 1 เดือน.....88
ภาพ 21 เตรียมปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง.....88
ภาพ 22 มันสำปะหลังอายุ 2 เดือน 88
ภาพ 23 พรวนดินกำจัดวัชพืช และใส่ปุ๋ย ครั้งที่ 2 อายุ 3 เดือน.....89
ภาพ 24 การบันทึกข้อมูลการสะสมมวลชีวภาพในต้นมันสำปะหลัง 89
ภาพ 25 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง อายุ 1 เดือน 89
ภาพ 26 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง อายุ 4 เดือน 89
ภาพ 27 เปรียบเทียบพัฒนาการของราก (Root) มันสำปะหลัง อายุ 1 เดือน 90
ภาพ 28 เปรียบเทียบขนาดหัว (Tuber) ของมันสำปะหลัง อายุ 4 - 8 เดือน 91
ภาพ 29 เปรียบเทียบขนาดหัว (Tuber) ของมันสำปะหลัง อายุ 10 เดือน 92
ภาพ 30 การตัดต้นมันสำปะหลัง เพื่อเตรียมเก็บเกี่ยวผลผลิต อายุ 10 เดือน.....93
ภาพ 31 การเก็บเกี่ยวผลผลิต การบันทึกผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต อายุ 10 เดือน ...93
ภาพ 32 การทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังก่อนทำการบันทึกผล.....94
ภาพ 33 การวัดเปอร์เซ็นต์แป้งโดยใช้*เครื่องชั่งแบบความถ่วงจำเพาะด้วยน้ำ Riemann Scale Balance (specific gravity) ในหัวสด (Tuber)* 95
ภาพ 34 ตู้อบลมร้อน (Universal Oven).....96
ภาพ 35 กระป๋องเก็บดิน (Soil Core) และอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน.....96
ภาพ 36 เครื่องวัดคลอโรฟิลล์ในใบพืช (Chlorophyll *Meter SPAD*-502 Plus).....96
ภาพ 37 เครื่องวัดค่า EC และpH Consort C931 electrochemical Analyzer pH probe....97
ภาพ 38 เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง (Riemann Scale Balance).....97
ภาพ 39 เครื่องชั่งดิจิตอล.....97

อักษรย่อ

HO	=	ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม
HO-1	=	ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม สูตร 1 สูตรเร่งการเจริญเติบโต
HO-2	=	ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม สูตร 2 สูตรเร่งผลผลิต
CHEM	=	ปุ๋ยเคมี (Chemical fertilizer)
ORG	=	ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด (Organic Granular fertilizer)
EM	=	จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (Effective Microorganisms)
OM	=	อินทรียวัตถุ (Organic Matter)
pH	=	ค่าความเป็นกรดด่าง (Power of Hydrogen)
Db	=	ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density)
Msd	=	มวลของดิน หาได้จากการนำเอาดินแห้งไปชั่ง หน่วย กรัม
Vts	=	ปริมาตรรวมของดินหาได้จากการนำเอาดินแห้งไปแทนที่น้ำ หน่วย มล.
E	=	ความพรุนรวมของดิน (Porosity)
Vns	=	ปริมาตรที่ไม่ใช่ของแข็ง
Vb	=	ปริมาตรทั้งหมดของดิน
FC	=	ความจุความชื้นสนาม (Filed Capacity)
WC	=	ปริมาณน้ำในดิน (Water Content)
W_w	=	น้ำหนักน้ำในดิน (กรัม)
W_s	=	น้ำหนักดินแห้ง (กรัม)
W_1	=	น้ำหนักดินแห้ง (กรัม)
W_2	=	น้ำหนักตัวอย่างดินเปียก+กระป๋อง (กรัม)
W_3	=	น้ำหนักตัวอย่างดินเปียก+กระป๋อง (กรัม
EC	=	ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)
mS/cm	=	มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร
ns	=	ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
*	=	แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%
**	=	แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ 99%
CV%	=	ค่าสัมประสิทธิ์การแปรปรวน

บทที่ 1

บทนำ

หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันมันสำปะหลังถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดอุตรดิตถ์ และของประเทศ เนื่องจากเกษตรกรทั่วไปนิยมปลูกมากซึ่งเป็นพืชที่ปลูก และดูแลรักษาง่าย มีความต้องการปริมาณการใช้น้ำน้อยกว่าพืชชนิดอื่นๆ อีกทั้งยังสามารถปลูกได้ในทุกสภาพพื้นที่ โดยเฉพาะจังหวัดอุตรดิตถ์มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจำนวน 20,689 ไร่ ได้ผลผลิต 101,835 ตัน มีจุดรับฝากเก็บหัวมันสด 2 แห่ง คือที่โรงแป้งกาญจนชัย อำเภอตรอน และลานมันดวงอุปถัมภ์ อำเภอทองแสนขัน มีเกษตรกรนำไปจำหน่ายจำนวน รวม 835 ราย รวมหัวมันสด 18,729 ตัน โดยนายธวัชชัย ฟักอังกูร ผู้ว่าราชการจังหวัดอุตรดิตถ์ ให้ข้อมูล ณ วันที่ 27 มีนาคม 2552 ที่เกษตรกรนิยมปลูกมากในพื้นที่ดอน เช่น ในพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอลับแล อำเภอตรอน และอำเภอทองแสนขัน ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรพบว่า ต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง เช่น สารกำจัดวัชพืช สารกำจัดแมลง และปัญหาจากการใช้ปุ๋ยเคมีต่อเนื่องยาวนานกับมันสำปะหลัง ส่งผลทำให้ดินเสื่อมสภาพเร็วขึ้น อินทรียวัตถุในดินลดลง ขาดการจัดการที่ดีและเหมาะสม เพราะมันสำปะหลังใช้ธาตุอาหารมากเป็นพืชผลาญดินชนิดหนึ่ง ดังนั้นถ้าไม่มีการจัดการดิน-ปุ๋ยอย่างเหมาะสมและรักษาสภาพของดินอย่างถูกวิธีจะส่งผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลังให้ลดลง ไปตามลำดับ เป็นต้น

มันสำปะหลัง ถือว่าเป็นพืชพลังงานที่สำคัญของประเทศไทย และยังเป็นพืชที่ใช้ได้ทุกๆส่วนตั้งแต่ยอดไปจนถึงราก (หัวมัน) มีการนำไปบริโภคเป็นอาหารของมนุษย์ เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตอาหารสัตว์ และใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ประเทศไทยถือว่าเป็นประเทศที่ส่งออกผลผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ของโลก (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2563) โดยปัจจุบันอุตสาหกรรมมันสำปะหลังของไทยหลักๆ มีอยู่ 2 อุตสาหกรรม คือการผลิตมันเส้น และการผลิตแป้งมัน ส่วนการผลิตเอทานอลมีเพียงเล็กน้อย ในช่วงปี 2559 – 2560 มันสำปะหลังมีพื้นที่เก็บเกี่ยว 8.64 ล้านไร่ ผลิตหัวมันสด 31.19 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่คิดเป็น 3.43 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ปัจจุบันพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังของประเทศลดลงอย่างมาก เนื่องจากราคาที่ตกต่ำ และต้นทุนในการผลิตของเกษตรกรค่อนข้างสูงซึ่งเป็นวิกฤติของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังเป็นอย่างมากทั้งนี้รัฐควรมีแนวทางที่จะช่วยเพิ่มช่องทางการตลาดให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ยกระดับราคามันสำปะหลังให้สูงขึ้น และเพิ่มแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตอย่างยั่งยืนให้กับเกษตรกร

จังหวัดอุตรดิตถ์ ในบางพื้นที่มีกลุ่มชุดดินที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลัง เช่น ชุดดินในอำเภอเมือง อำเภอตรอน อำเภอทองแสนขัน และอำเภอพิชัย เป็นต้น ตามคำแนะนำในแผนที่ชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2560) ที่มีการปลูกมันสำปะหลังเป็นจำนวนมาก เนื้อดินบนมีลักษณะเป็นดินทรายปนดินร่วน ส่วนดินในระดับความลึก 50-100 ซม. เป็นดินเหนียว ดินเหนียวปนเศษหิน หรือเป็นชั้นหินผุ สีดินบนเป็นสีน้ำตาลดินล่างเป็นสีน้ำตาลปนเทา บางแห่งมีจุดประสีแดงและมีศิลาแลงอ่อนปะปนอยู่จำนวนมาก พบบริเวณพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดีปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดรุนแรง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ประมาณ 4.5-5.5 ปัจจุบันการใช้พื้นที่บริเวณดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นป่าเต็งรัง ป่าละเมาะและไม้พุ่ม พืชไร่ที่ปลูกได้แก่ ปอ ข้าวโพด ถั่วเขียวและแตงโม แต่มักให้ผลผลิตต่ำ ตัวอย่างชุดดินที่พบได้แก่ ชุดดินนาคู ชุดดินบ่อไทย ชุดดินทับเสลา ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดินคือ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ในช่วงฤดูฝนดินเปียกแฉะเกินไปสำหรับพืชไร่บางชนิด และหน้าดินค่อนข้างเป็นทราย ความเหมาะสมสำหรับพืชไร่ เนื่องจากดินค่อนข้างเป็นทรายจัด (Sandy Soil) และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สำหรับการจัดการปุ๋ยมันสำปะหลังในพื้นที่ ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรแนะนำให้ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-12-17 หรือสูตร 13-13-21 หรือสูตร 14-14-21 อัตรา 40-50 กก./ไร่ ใส่ร่วมกับปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 25-35 กก./ไร่ หรือใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ เลือกใช้สูตรใดสูตรหนึ่ง วิธีใส่ครั้งแรกหลังปลูก 1 เดือน และครั้งที่สองเมื่อมันสำปะหลัง อายุ 3 เดือน แบ่งใส่สองครั้ง ๆ ละ เท่า ๆ กัน (ชุมพล นาควิโรจน์, 2542, หน้า 12)

อย่างไรก็ตามปัญหาการจัดการดินและปุ๋ยของมันสำปะหลัง ก็ยังคงมีปัญหาใหญ่อยู่ต่อเนื่อง ซึ่งเกิดจากลักษณะของสายพันธุ์มันสำปะหลัง สภาพแวดล้อมบริเวณแปลงปลูก จากสภาพภูมิอากาศที่มีความแปรปรวนสูงในปัจจุบัน และการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมได้ส่งผลกระทบต่อการผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทย โดยส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต การสะสมมวลชีวภาพ ทำให้ผลผลิตลดลงและมีความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมลดลง โดยเฉพาะปัจจัยภายนอก เช่น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้จำนวนปากใบที่ขอบใบด้านล่างลดลง และเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นจะทำให้จำนวนปากใบที่ผิวใบทั้งสองด้านเพิ่มขึ้น ใบพืชที่มีปริมาณปากใบหนาแน่นจะมีการสังเคราะห์แสงมากขึ้น ส่งผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Wentworth, M.E. et.al., 2006)

ปัจจัยมาจากสภาพแวดล้อมทางดิน ได้แก่สมบัติของดินที่ใช้ในการปลูก จึงมีผลต่อการเจริญเติบโต การสะสมมวลชีวภาพ และผลผลิตต่อไร่ เช่น ทำให้ลำต้นแคระแกรน เป็นโรคง่ายหัวมันมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และไม่ได้มาตรฐานตามสมบัติประจำพันธุ์ ซึ่งมีผลมาจากการจัดการดินและปุ๋ยที่ไม่เหมาะสม จึงทำให้กระบวนการทางสรีรวิทยาภายในต้นมันสำปะหลังเป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ เช่น จำนวน ขนาดใบ จำนวนกิ่ง และความสูงของลำต้นลดลง จำนวนหัวและเปอร์เซ็นต์แป้งลดลง ซึ่งเกิดจากการจัดการดินและปุ๋ยที่ผิดวิธี

ด้วยเหตุผลดังกล่าวการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการดินและปุ๋ยของมันสำปะหลัง จึงมีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังได้ในทุกพื้นที่ในประเทศ โดยเฉพาะการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยที่แตกต่างกันที่มีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต การสะสมมวลชีวภาพ ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง เพื่อแก้ปัญหาด้านการจัดการดินและปุ๋ยของเกษตรกร คือการใช้ปุ๋ยเคมีที่ไม่เหมาะสม และใช้มาอย่างต่อเนื่อง มีผลทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ดินขาดอินทรีย์วัตถุ และความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดังนั้นการวิจัยเกี่ยวกับความคุ้มทุนในการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดเพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรก็เป็นเรื่องที่มีความสำคัญด้วยเช่นกัน

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) และปุ๋ยเคมีต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง โดยมุ่งเน้นการพัฒนานวัตกรรมการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม ทั้งชนิดปุ๋ยและอัตราการใช้ความคุ้มทุนจากการใช้ปุ๋ยแต่ละชนิด ซึ่งประเด็นเหล่านี้มีความสำคัญต่อเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการดิน-ปุ๋ยมันสำปะหลังได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) และปุ๋ยเคมี ที่มีผลต่อการปรับปรุงสมบัติของดินในแปลงปลูกมันสำปะหลัง
2. เพื่อศึกษาอัตราการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมที่มีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง
3. เพื่อศึกษาความคุ้มทุนและต้นทุนในการผลิต จากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) และปุ๋ยเคมี ในการปลูกมันสำปะหลัง

ความสำคัญของการวิจัย

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง มีชื่อสามัญเรียกหลายชื่อด้วยกัน ตามภาษาต่างๆ ที่ได้ยินมากเช่น Cassava, yuca, mandioca, manioc, madioc, tapioca เป็นต้น เดิมทีคนไทยเรียกว่า มันไม้ มันสำโรง ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่ามันต้นเตี้ย ภาคใต้เรียกว่ามันเทศ ปัจจุบันเรียกว่ามันสำปะหลัง มันสำปะหลังจัดเป็นอาหารที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 7 ของมนุษย์ปลูกทั่วไปในภูมิภาคเขตร้อน โดยนิยมรับประทานโดยตรง หรือเลี้ยงสัตว์ และใช้ในอุตสาหกรรม 95 เปอร์เซ็นต์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) และปุ๋ยเคมีในอัตรา 50 และ100 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใช้มันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 9 พันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกในพื้นที่เป็นพืชทดสอบ ส่วนปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) เป็นปุ๋ยได้มาจาก ศูนย์แห่งความเป็นเลิศด้านดินปุ๋ยและสิ่งแวดล้อมทางการเกษตร(COE-SF) คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นนวัตกรรมใหม่ด้านปุ๋ยโดยการนำเอาธาตุอาหารที่พืชจำเป็นทั้ง 16 ธาตุ มาผสมกับจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM) หลายชนิดผสมกับฮอร์โมนอินทรีย์เข้มข้น สารสกัดสมุนไพรป้องกันโรคและแมลงหลายชนิด สารปรับสภาพดิน สารเสริมภูมิคุ้มกันโรคพืช รวมไว้ภายในเม็ดเดียวกันแล้วควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารให้เป็นปุ๋ยละลายช้า ผลิตเป็นสูตรเฉพาะพืช

ผลจากทดลองในครั้งนี้ เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดซึ่งเป็นปุ๋ยที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) เป็นปุ๋ยนวัตกรรมใหม่มีสมบัติแบบองค์รวมจากมหาวิทยาลัยนเรศวร และปุ๋ยเคมี (15-15-15) เป็นปุ๋ยที่เกษตรกรนิยมใช้และหาซื้อได้ตามร้านค้าในในท้องถิ่นทั่วไป โดยศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยที่มีผลต่อพืชในทุกขั้นตอน ได้แก่ การเจริญเติบโต การสะสมมวลชีวภาพ ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง ความคุ้มทุนและผลกำไรจากการใช้ปุ๋ยแต่ละชนิด ดังนั้นผลวิจัยที่เกิดขึ้น เกษตรกรทั่วประเทศสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล ที่มุ่งเน้นส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับชนิดพืชและชนิดของดิน เพื่อให้การผลิตมีความยั่งยืน

ขอบเขตการวิจัย

เป็นการทดลองแบบปฏิบัติการ (Action Research) เปรียบเทียบประสิทธิผลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) และปุ๋ยเคมีในแปลงปลูกมันสำปะหลัง ในพื้นที่ ต. ป่าเซ่า อ.เมือง จ. อุตรดิตถ์ ระหว่าง พฤษภาคม พ.ศ. 2560 – มีนาคม พ.ศ. 2561 โดยใช้มันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 9 เป็นพืชทดสอบ

ข้อตกลงเบื้องต้น

การทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบ อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดที่ซื้อมาจากร้านค้าในตลาดอำเภอเมืองอุตรดิตถ์ ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) สูตรมันสำปะหลัง ผลิตมาจากศูนย์แห่งความเป็นเลิศด้านดินปุ๋ยและสิ่งแวดล้อมทางการเกษตร (COE-SF) คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร (ภูมิศักดิ์, 2555) และปุ๋ยเคมี 15-15-15 ที่ซื้อมาจากร้านค้าในตลาดอำเภอเมืองอุตรดิตถ์ โดยศึกษาด้านอิทธิพลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน การเจริญเติบโต การสะสมมวลชีวภาพ ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 9

ภายใต้สภาพน้ำฝนตามธรรมชาติ ดำเนินการวิจัยในแปลงวิจัยของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ปี 2560-2561

นิยามศัพท์เฉพาะ

มันสำปะหลัง ชื่อวิทยาศาสตร์: *Manihot esculenta* (L.) Cants. เป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง เป็นพืชอาหารที่สำคัญอันดับ 5 รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง ชื่อสามัญเรียกหลายชื่อเช่น Cassava, Yuca, Mandioca, Manioc, Tapioca ชาวไทยเดิมเรียกกันว่า มันสำโรง มันไม้ ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่า มันต้นเตี้ย ภาคใต้เรียกมันเทศ (แต่เรียกมันเทศว่า "มันหลา") คำว่า "สำปะหลัง" ที่นิยมเรียกอาจมาจากคำว่า "ซำเปอ (Sampou)" ของชวาตะวันตก นิยมใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ สามารถปลูกได้ง่ายในพื้นที่ร้อน และร้อนชื้น จึงได้มีการสนับสนุนแก่ประเทศที่กำลังพัฒนาที่มีสภาพภูมิอากาศดังกล่าวปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจ

การสะสมมวลชีวภาพของพืช (Biomass) Ovington (1962) ได้ให้ความหมายของมวลชีวภาพไว้ว่า ปริมาณของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในต่อหน่วยพื้นที่ ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของสถานการณ์ใด ๆ โดยเฉพาะมวลชีวภาพอาจหาออกมาในรูปของน้ำหนักสด (Fresh Weight) น้ำหนักแห้ง (Dry Weight) น้ำหนักปราศจากขี้เถ้า (Ash Frce Dry Woigh) น้ำหนักคาร์บอน (Carbon Weigh) ที่อาจมีหน่วยเป็น g/1m^2 หรือ g/ 1 ha

Hogarh (2007) ได้ให้ความหมายของมวลชีวภาพไว้ว่า มวลของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในระบบนิเวศน์ต่อหน่วยพื้นที่ โดยทั่วไปนิยมวัดเป็นน้ำหนักแห้ง มวลชีวภาพมีความสำคัญในการศึกษาความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนไว้ในเนื้อไม้ประมาณร้อยละ 40 - 45 ของน้ำหนักแห้ง โดยทั่วไปจะทำการหามวลชีวภาพได้โดยวิธีเก็บเฉพาะตัวอย่าง (Allometric Method) เป็นวิธีการสุ่มต้นพืชในแปลงที่เป็นตัวอย่างแล้วนำน้ำหนักของพืชมาหาความสัมพันธ์กับส่วนต่างๆ ของพืชวิธีการนี้ทำให้ไม่จำเป็นต้องทำลายพืชทั้งหมดในพื้นที่

ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด (Organic Granular Fertilizer) เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการนำปุ๋ยคอกและสารอนินทรีย์เพื่อการเกษตรจากธรรมชาติที่มีธาตุอาหารสูงนำมาผสมกันแล้วหมักโดยเชื้อ พด.3 จนสลายตัวสมบูรณ์แล้วนำไปผสมกับวัสดุอินทรีย์อื่น ๆ แล้วจึงปั้นเป็นเม็ดปุ๋ยกลมๆ ขนาด 3-4 มิลลิเมตร (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์ และคณะ, 2552)

ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) (Chemical and Granular Organic Fertilizer with Hormone Mixed Formula หรือปุ๋ยHO หมายถึง นวัตกรรมใหม่ด้านปุ๋ยที่นำวัสดุแบบผสมผสานที่ให้ธาตุอาหารพืชทั้ง 16 ธาตุ ที่พืชต้องการและจำเป็นในปริมาณที่เหมาะสมนำมาผสมกับวัสดุอินทรีย์ สารปรับปรุงดิน จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM) ฮอร์โมนอินทรีย์น้ำ สารเสริมภูมิต้านทาน สารสกัดสมุนไพรป้องกันโรคและแมลงหลายชนิดเข้าไว้ภายในเม็ดเดียวกันแล้วควบคุมการปลดปล่อยธาตุ

อาหารให้เป็นปุ๋ยละลายช้า ผลิตเป็นปุ๋ยเฉพาะพืช (ชวลิต รักษาริกรณ์, ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, และพรทิพย์ ภาษี, 2555)

ปุ๋ยเคมี (Chemical fertilizer; CHEM) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากสารอนินทรีย์ หรืออินทรียสังเคราะห์ รวมถึง ปุ๋ยเชิงเดี่ยว, ปุ๋ยเชิงผสม และปุ๋ยเชิงประกอบ แต่ไม่รวมถึงปูนขาว, ดินมาร์ล, ยิปซัม และDolomite ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย-ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2550 (ยุคล ลิ้มแหลมทอง, 2551)

การให้ผลผลิต (Reproductive Phase) คือ ช่วงระยะเจริญพันธุ์ของพืช หรือการติดดอกออกผลจนเข้าสู่ระยะสุกแก่ (Salisbury, F.B. & Ross, C., 1992) เนื่องจากมันสำปะหลังจะมีการสะสมแป้ง (Starch) ซึ่งหมายถึงมันสำปะหลังช่วงอายุ 8 - 12 เดือน การเจริญเติบโตแบ่งออกเป็น 3 ระยะ

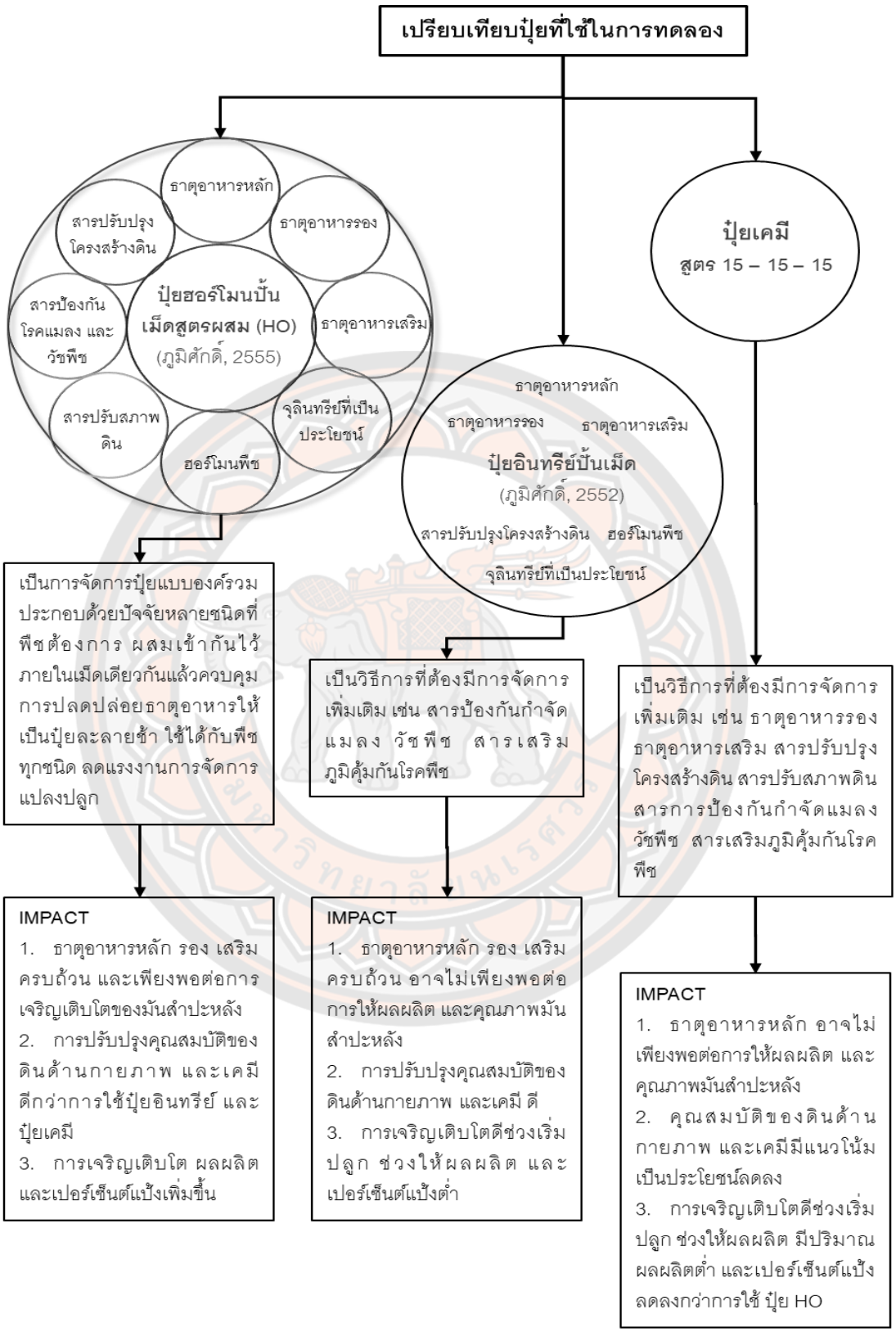
1. ระยะพัฒนาราก สะสมอาหาร และลงหัว เป็นระยะที่มีการสร้างแป้งและลำเลียงไปไว้ที่หัว
2. ระยะพักตัวเนื่องจากความชื้นในดินเป็นตัวกำหนด หากความชื้นต่ำจะมีการทิ้งใบ ดังนั้นการเจริญเติบโตจะมีการชะงักตัวในช่วงนี้
3. ระยะฟื้นตัว หลังจากพักตัว มันสำปะหลังจะมีการนำเอาอาหารจากหัวมาสร้างทรงพุ่มใหม่ในระยะนี้

สมมติฐานของการวิจัย

ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต การสะสมมวลชีวภาพผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลังได้สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด และการใส่ปุ๋ยเคมี จึงสามารถใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กรอบแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย

กรอบแนวคิดของงานวิจัยนี้ คือ การเปรียบเทียบวิธีการจัดการและอิทธิพล(Impacts)ที่เกิดจากปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) และปุ๋ยเคมี ที่มีต่อการปรับปรุงสมบัติของดินในแปลงปลูก การเจริญเติบโต การสะสมมวลชีวภาพ ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง รวมถึงความคุ้มทุนและผลกำไรในการใช้ปุ๋ยแต่ละชนิด ทั้งนี้เพื่อการปลูกมันสำปะหลังให้ได้ผลกำไรสูงสุดและมีความยั่งยืน ดังแสดงใน ภาพ 1



ภาพ 1 แสดงกรอบแนวคิดของงานวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลัง

รากมันสำปะหลัง มีราก 2 ชนิด คือ รากจริงเป็นแบบรากฝอย และรากสะสม อาหาร ที่เรียกกันทั่วไปว่า “หัว” รากจริงเป็นระบบรากแบบ adventitious root system รากที่งอกจากท่อนพันธุ์ (cutting) สามารถงอกได้จาก 3 ส่วนคือ รากจากส่วนเนื้อเยื่อ root from cambium รากจากส่วนตา (root from bud) และรากจากส่วนรอยหลุดร่วงของใบ (root from leaf scar) ภาพ 2 (ก) ส่วนหัว (tuber) ของมันสำปะหลัง คือส่วนรากที่ขยายใหญ่เพื่อสะสมอาหารที่เป็นคาร์โบไฮเดรต ในส่วน parenchyma cell รากสะสมอาหารมีปริมาณแป้งประมาณ 15 – 40 % มีกรดไฮโดรไซยานิก (HCN) หรือ กรดพรัสซิก (prussic acid) ซึ่งมีพิษ จะมีอยู่มากในส่วนของเปลือกมากกว่าเนื้อของหัวมันสำปะหลังเมื่อตัดตามขวางมีส่วนประกอบ ดังนี้

1. เปลือกชั้นนอก (periderm) เป็นชั้นของเซลล์ผิวชั้นนอก (epidermal cell) และชั้นของคอร์ก (cork layer) รวมกัน มีสีขาว หรือสีน้ำตาลอ่อนถึงแก่ หรือสีชมพู
2. เปลือกชั้นใน (cortical region) เป็นส่วนของคอร์เทกซ์ (cortex) และกลุ่มโฟลเอ็ม (phloem bundle) มีสีขาว ความหนา 0.1-0.3 ซม. เปลือกชั้นนอกและเปลือกชั้นใน เรียกรวมกันว่าเปลือก (peel)
3. ส่วนแกนกลางหรือส่วนสะสมแป้ง (central pith หรือ starchy flesh) มีสีขาว เหลือง หรือสีชมพู ประกอบด้วยเซลล์พาเรนไคมา (parenchyma cell) กลุ่มท่อน้ำ (xylem bundle) และท่อน้ำยาง (latex tube) ภาพ 2 (ข)

ลำต้นมันสำปะหลัง เป็นไม้เนื้อแข็ง ลำต้นตั้งตรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-6 ซม. สีของลำต้นแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ส่วนที่อยู่ใกล้ยอดมีสีเขียว ส่วนแก่ที่ต่ำลงมาอาจมีสีน้ำเงิน สีเหลือง หรือสีน้ำตาล ความสูงของต้น 1-5 เมตร ขึ้นกับพันธุ์ โดยพันธุ์ที่ไม่แตกกิ่ง (unbranched) ต้นจะสูง ส่วนพันธุ์ที่แตกกิ่งต้นจะสูงน้อยกว่า การแตกกิ่งของมันสำปะหลังจะแตกออกเป็น 2 กิ่ง (dichotomous branching) หรือ 3 กิ่ง (trichotomous branching) กิ่งที่แตกออกจากลำต้นหลักเรียกว่า กิ่งชุดแรก (primary branch) ส่วนกิ่งที่แตกออกจาก กิ่งชุดแรก เรียกว่า กิ่งชัดที่สอง (secondary branch) บนลำต้นหรือกิ่งของมันสำปะหลังจะเห็นรอยหลุดร่วงของก้านใบ เรียกว่า รอยแผล ภาพ 3

ใบ (leaf scar) ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างก้านใบกับลำต้นหรือกิ่ง ระยะระหว่างรอยแผลใบ 2 รอยต่อกันเรียกว่าความยาวของชั้น (stored length) ด้านบนเหนือรอยแผลใบจะมีตา (bud) ซึ่งจะงอกเป็นต้นใหม่เมื่อนำท่อนพันธุ์ไปปลูก

ใบ: เป็นแบบใบเดี่ยว (simple leaf) การเกิดของใบจะหมุนเวียนรอบลำต้น (spiral) มีการจัดเรียงตัว (phyllotaxy) ค่อนข้างคงที่แน่นอนคือ 2/5 ก้านใบ (petiole) ต่อระหว่างลำต้นหรือกิ่งกับตัวแผ่นใบ ก้านใบอาจมีสีเขียวหรือสีแดง ตัวใบหรือแผ่นใบ (lamina) จะเว้าเป็นหยักลึกเป็นแฉก (palmately lobe) จำนวนหยักมีตั้งแต่ 3-9 หยัก ที่โคนก้านใบติดกับลำต้นมีหูใบ (stipule) ภาพ 4

ช่อดอก และดอก : มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีช่อดอกเป็นแบบ panicle คือมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่บนต้นเดียวกัน (monoecious plant) แต่แยกกันอยู่คนละดอกในช่อเดียวกัน ช่อดอกจะเกิดตรงปลายยอดของลำต้นหรือกิ่ง หรืออาจเกิดตรงรอยต่อที่เกิดการแตกกิ่ง

ดอกตัวผู้ (staminate flower) มักเกิดบริเวณส่วนปลายหรือยอดของช่อดอก มีก้านดอก (pedicel) กลีบรองดอก หรือกลีบเลี้ยง (sepal) 5 กลีบ แต่ไม่มีกลีบดอก (petal) ภายในดอกมีเกสรตัวผู้ (stamen) 10 อัน แบ่งเป็น 2 วง ๆ ละ 5 อัน เกสรตัวผู้วงในมีก้านชูเกษรตัวผู้ (filament) สั้นกว่าวงนอก ดอกตัวเมีย (pistillate flower) มีขนาดใหญ่กว่าดอกตัวผู้ มักเกิดอยู่บริเวณส่วนโคนของช่อดอก ไม่มีกลีบดอก แต่มีกลีบรองดอกหรือกลีบเลี้ยง 5 กลีบ เช่นเดียวกับดอกตัวผู้ ตรงกลางจะเป็นเกสรตัวเมีย (pistil) รังไข่ (ovary) มี 3 carpel ภายในแต่ละ carpel มีไข่ (ovule) อยู่ 1 ใบ ในช่อดอกเดียวกันดอกตัวเมียจะบานก่อนดอกตัวผู้ 7-10 วัน การบานของดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียจะบานในเวลา 11.30-12.30 น. ภาพ 5

ผล และเมล็ด: หลังการผสมเกสรแล้ว รังไข่ก็จะเจริญเติบโตขยายใหญ่กลายเป็นผลแบบ capsule ขนาดโตเต็มที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 ซม. ยาว 1-1.5 ซม. ภายในมี 3 ช่อง แต่ละช่องมีเมล็ด 1 เมล็ด รูปร่างยาวรี มีสีน้ำตาล และมีลายดำ เมื่อแก่จะแตกดีดเมล็ดกระเด็นออกไป ภาพ 5

การขยายพันธุ์: ขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์ปักลงในดิน คือ ใช้ส่วนของลำต้นที่มีอายุตั้งแต่ 6 เดือน ขึ้นไป นำมาตัดเป็นท่อนให้มีขนาดยาว 20-30 ซม. (มีตาประมาณ 7 – 10 ตา) แล้วปักลงในดิน ไม่นิยมปลูกด้วยเมล็ดเนื่องจากมันสำปะหลังไม่ค่อยติดเมล็ด และเก็บเมล็ดลำบาก เพราะฝักแก่จะแตกทำให้เมล็ดร่วง เมล็ดมีระยะพักตัวกว่า 2 เดือน ต้องเพาะต้นกล้าก่อนย้ายปลูก นาน 1 เดือน และมักเกิด inbreeding ได้ง่ายและใช้เวลาปลูกนานกว่า การปลูกด้วยเมล็ดจึงทำเฉพาะในโครงการผสมพันธุ์ และปรับปรุงพันธุ์เท่านั้น

(ก) (ข) (ค)

ภาพ 2 แสดงส่วนของราก (ก) หัวมันสำปะหลัง (ข) และภาพตัดขวาง (ค) ของหัวมันสำปะหลัง

(ก) (ข) (ค)

ภาพ 3 แสดงลักษณะท่อนพันธุ์หรือลำต้น (ก) ลักษณะทรงพุ่ม (ข) และใบ (ค) ของมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 9

(ก) (ข)

ภาพ 4 แสดงดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย (ก) และผล (ข) ของมันสำปะหลัง

ที่มา: Wikimedia Commons, 2011

คุณลักษณะประจำพันธุ์ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9

มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 มีชื่อเดิมว่า CMR35-64-1 ผสมพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง และประเมินศักยภาพของพันธุ์ ในพื้นที่ภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างปี 2535-2542 รวมทั้งสิ้น 35 แปลงทดลอง พบว่า พันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตแป้งและผลผลิตมันแห้งสูง กล่าว คือ ให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 1.24 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตมันแห้ง (มันเส้น) เฉลี่ย 2.11 ตันต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์มาตรฐาน คือพันธุ์ระยอง 5, ระยอง 72 และเกษตรศาสตร์ 50 ร้อยละ 13, 5, 11, และ16, 21 และ15 ตามลำดับ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยองจึงร่วมมือกับสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ในการประเมินผลผลิตเอทานอล จากพันธุ์ระยอง 9 ร่วมกับลูกผสมชุดเดียวกันนี้อีก 2 สายพันธุ์ และพันธุ์มาตรฐานอีก 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ระยอง 5, ระยอง 72, ระยอง 90 และเกษตรศาสตร์ 50 ในปี 2544 – 2547 โดยในระยะแรก เป็นการประเมินในระดับห้องปฏิบัติการ (ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, 2537)

หลังจากนั้นจึงคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเอทานอลสูงจากการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ระยอง 9 และระยอง 90 ไปทดลองผลิตเอทานอลในระดับโรงงานต้นแบบกำลังการผลิต 1,500 ลิตร ที่ใช้หัวมันสดประมาณ 10 ตัน เป็นวัตถุดิบ พบว่าพันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตเอทานอลสูงกว่า พันธุ์ระยอง 90 เนื่องจากสมบัติ 2 ประการ คือมี เปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่า ทำให้แปรรูปเป็นน้ำตาลได้มากกว่า และมีอัตราส่วนในการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเป็นเอทานอลสูงกว่าพันธุ์ระยอง 90 การใช้มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมแป้งมัน มันเส้น และการผลิตเอทานอลจะช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้ (อัจฉรา ลิ่มศิลา, 2548)

มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 เป็นผลงานวิจัยปรับปรุงพันธุ์ของ อัจฉรา ลิ่มศิลา และคณะ (2548) ได้จากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ cmr 31-19-23 กับสายพันธุ์ cmr 29-20-118 ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยองเมื่อปี พ.ศ.2535 เติมวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังระยอง 9 คือเพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงเหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม แต่หลังจากได้ฟังกระแสพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เกี่ยวกับแก๊สโซฮอล์ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่าพันธุ์ที่ปรับปรุงใหม่นี้ถ้านำไปผลิตเอทานอลจะได้ปริมาณสักเท่าไหร่ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยองจึงได้ร่วมมือกับสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ทำการประเมินผลผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังสายพันธุ์ระยอง 9 ร่วมกับพันธุ์อื่น ๆ อีก 4 พันธุ์ คือ ระยอง 5 ระยอง 72 ระยอง 90 และเกษตรศาสตร์ 50 โดยดำเนินการในระดับเหมาะสำหรับการนำไปผลิตเอทานอล ผลการทดลองให้ห้องปฏิบัติการพบว่า พันธุ์ระยอง 9 ดีที่สุดสำหรับการผลิตเอทานอล รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 90

คณะกรรมการวิจัยปรับปรุงพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร พิจารณาให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 2548 โดยมีคุณลักษณะประจำพันธุ์ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ดังตาราง 1

ตาราง 1 คุณลักษณะประจำพันธุ์ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9

ลักษณะ	ระยอง 9
สียอดอ่อน	สีเขียวอ่อน
สีก้านใบ	สีเขียวอ่อนอมชมพู
ลักษณะแผ่นใบ	แฉกใบกลางเป็นรูปใบหอก
ระดับการแตกกิ่ง	0-2
ความสูงของการแตกกิ่งแรก (ซม.)	160-190
สีลำต้น	สีน้ำตาลอมเหลือง
สีเนื้อหัว	สีขาว
สีเปลือกหัว	สีน้ำตาลอ่อน
ลักษณะหัว	เรียวยาว
เปอร์เซ็นต์แป้งในฤดูฝน (%)	24
เปอร์เซ็นต์แป้งในฤดูแล้ง (%)	28-31
ผลผลิตหัวสด (ตัน/ไร่)	4.9
ลักษณะเด่น	ลำต้นสูงตรง แข็งแรง ผลผลิตสูง มีปริมาณแป้งสูง ต้านทานโรค
ข้อจำกัด	ไม่ต้านทานไรแดง ไม่เหมาะสำหรับดินร่วนเหนียว และดินร่วนปนลูกรัง ไม่เหมาะกับการเก็บเกี่ยวต่ำกว่า 12 เดือน

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2558

ลักษณะของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9

สียอดอ่อน พันธุ์ ระยอง 9 ยอดอ่อนมีสีเขียว ซึ่งดูสีของยอดจากปลายกิ่งที่ยังไม่คลี่ออกเป็นใบ สีของใบอ่อน พันธุ์ ระยอง 9 สีของใบอ่อนมีสีเขียว ดูจากสีของเรือนยอดโดยรวมที่เป็นใบอ่อนที่สามารถสังเกตได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับใบมันสำปะหลังจากปลายกิ่ง ตรวจสอบลักษณะสีของใบที่ยังไม่คลี่เต็มที่ ขนที่ยอดอ่อน พันธุ์ ระยอง 9 ใบอ่อนไม่มีขน สามารถสังเกตได้ที่ยอดอ่อน เช่น ยอดอ่อนที่มีขน สีของยอดอ่อนจะมีลักษณะด้าน ส่วนยอดอ่อนที่ไม่มีขนมักมีลักษณะมันเงา หรืออาจใช้การสัมผัส ยอดที่มีขนสัมผัสจะนุ่มมือ สังเกตได้ที่อายุของมันสำปะหลังประมาณ 3-6 เดือนหลังการปลูก สีก้านใบ พันธุ์ ระยอง 9 มีสีของก้านใบมีสีเขียวอมชมพู ดูที่ก้านใบในตำแหน่งที่ 5 นับจากใบยอดที่คลี่เต็มที่แล้ว 5 ใบจากยอด เมื่ออายุประมาณ 3-6 เดือนหลังปลูก รูปร่างของแฉก (ใบ) ที่อยู่กลาง พันธุ์ ระยอง 9 มีลักษณะเป็นใบหอก สังเกตได้เมื่ออายุประมาณ 3-4 เดือนหลังปลูก ลักษณะทรงต้น มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 บาง แตกกิ่ง 0-1 ระดับ สีของลำต้น พันธุ์ระยอง 9 มีลำต้นสีน้ำตาลอมเหลือง มันสำปะหลังมีลักษณะเป็นไม้พุ่มสูงประมาณ 1-5 เมตร มีอายุหลายปี การมีขั้วของหัว พันธุ์ระยอง 9 ไม่มีขั้ว สังเกตได้ในระยะเก็บเกี่ยว สีผิวเปลือกชั้นนอกของหัว พันธุ์ระยอง 9 มีสีน้ำตาลอ่อน สังเกตได้ในระยะเก็บเกี่ยว สีเนื้อของหัว พันธุ์ระยอง 9 มีสีขาว (สมลักษณ์ จูฑังคะ, 2551)

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9

มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 200 เมตร ไม่มีน้ำท่วมขัง ดินร่วน ดินร่วนปนทราย หรือดินทราย มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีการระบายน้ำดีและถ่ายเทอากาศดี ระดับหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรดด่างระหว่าง 5.5 – 7.5 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต 25 - 37 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนกระจายสม่ำเสมอ 1,000 -1,500 มิลลิเมตรต่อปี (สมลักษณ์ จูฑังคะ, 2551)

การปลูกมันสำปะหลัง

1. การเตรียมดิน

ก่อนการเพาะปลูก เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังจะทำการเตรียมดินทำการเพาะปลูกโดยใช้ท่อนพันธุ์ โดยเกษตรกรจะปลูกมันสำปะหลังได้หลายวิธี เช่น การปลูกแบบวางนอน-ฝัง และการปลูกแบบปัก ทำการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ย

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกอยู่ในเขตร้อน สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นพืชทนแล้ง จึงสามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด ตั้งแต่ดินเหนียวถึงดินทราย แม้แต่ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งปลูกพืชไร่ชนิดอื่นไม่ได้ผล เช่น ข้าวโพดและถั่วต่าง ๆ ก็สามารถปลูกมันสำปะหลังได้ แต่จะให้ผลผลิตสูงในดินเนื้อหยาบ และดินร่วนซุย ที่มีการระบายน้ำได้ดี ดินที่ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อหยาบและมีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ สภาพพื้นที่มีลักษณะลาดชัน จึงมักเกิดปัญหาเรื่องการชะล้างพังทลายของดินสูง ดินเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว ผลผลิตมันสำปะหลังลดลงเรื่อย ๆ หากไม่มีการป้องกันการชะล้าง จะเกิดการสูญเสียหน้าดินและธาตุอาหารของพืชไปเป็นจำนวนมากในแต่ละปี (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ควรหลีกเลี่ยงการปลูกมันสำปะหลังในดินที่ชื้นแฉะ เพราะหัวมันจะเน่าเสียได้ง่ายและมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคสูง

การเตรียมดินควรไถ 2 ครั้ง ด้วยผาน 3 และไถลึกประมาณ 8-12 นิ้ว โดยไถกลบมันสำปะหลังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวในฤดูเพาะปลูกที่ผ่านมา สำหรับพื้นที่ปลูกที่ลาดเอียง การไถควรขวางทิศทางของความลาดเอียง เพื่อลดการสูญเสียหน้าดิน และพื้นที่ปลูกที่มีน้ำท่วมขัง ก็ควรทำร่องระบายน้ำและยกร่องปลูก

2. การปรับปรุงดิน

ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ เป็นดินทรายอินทรียวัตถุต่ำ ไม่อุ้มน้ำ รากมันสำปะหลังไม่สามารถหาอาหารได้ไกล เจริญเติบโตไม่ดี ผลผลิตจะต่ำลงเมื่อปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันเป็นเวลานานหลายปี ถึงแม้ว่าจะมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยก็ตาม ซึ่งนับเป็นปัญหาที่สำคัญของเกษตรกรในปัจจุบัน เกษตรกรควรมีการปรับปรุงดิน เพื่อรักษาระดับผลผลิตในระยะยาว ด้วยการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักเปลือกมันชนิดเก่าค้างปี (จากโรงแป้งทั่วไป) ที่หาได้ในท้องถิ่น หรือ ปลูกพืชตระกูลถั่วต่าง ๆ หมุนเวียนบำรุงดิน

ในกรณีที่พื้นที่ประเภทหญ้าคา ควรใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช เช่น glyphosate isopropylammonium หรือ ในเครือเถาต่าง ๆ ควรใช้ Fluroxypyr-meptyl ฉีดพ่นยาจำกัดเสียก่อนการไถ จากนั้นไถครั้งแรกโดยไถกลบวัชพืชก่อนปลูกด้วยผาน 3 (อย่าเผาทำลายวัชพืช) ให้ลึกประมาณ 20 - 30 ซม. แล้วทิ้งระยะไว้ประมาณ 20 - 30 วัน เพื่อหมักวัชพืชเป็นปุ๋ยในดินต่อไป ไถพรวนด้วยผาน 7 อีก 1-2 ครั้ง ตามความเหมาะสม และรีบปลูกโดยเร็วในขณะที่ดินยังมีความชื้นอยู่

3. การเตรียมท่อนพันธุ์

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยลำต้น ทำให้การขยายพันธุ์เป็นไปอย่างช้า และไม่สามารถเก็บรักษาท่อนพันธุ์ไว้ได้นาน ท่อนพันธุ์จะเสียหายได้ง่าย จึงแตกต่างจากพืชอื่นๆ ที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด โดยอายุของท่อนพันธุ์ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 8-12 เดือน ซึ่งเมื่อนำไปปลูกจะมีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดถึง 90-64 เปอร์เซ็นต์ ขนาดความยาวของท่อนพันธุ์ ประมาณ 20-25 เซนติเมตร

มีจำนวนตาประมาณ 10 ตาขึ้นไปต่อ 1 ท่อนพันธุ์ และต้นพันธุ์ที่ตัดมานั้น หากยังไม่นำไปปลูกเลยก็ควรตั้งกองไว้ในที่ร่มมีแดดผ่านได้เล็กน้อย และไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 7-15 วัน เพราะคุณภาพของท่อนพันธุ์จะเสื่อมและอัตราการงอกจะลดลงได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

4. การปลูก

วิธีการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรมี 2 วิธี คือการปลูกแบบนอน และการปลูกแบบปัก โดยการปลูกแบบปักจะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกแบบนอน เนื่องจากมันสำปะหลังจะงอกได้เร็วกว่า สะดวกต่อการปลูกซ่อม และกำจัดวัชพืช การปลูกแบบปักสามารถปลูกได้ทั้งปักตรงและปักเอียง โดยปักท่อนพันธุ์ลึกลงไปในดินประมาณ 10-15 เซนติเมตร แต่ไม่ควรปักลึกมาก และควรมีการตรวจสอบความงอกหลังปลูกเพื่อทำการปลูกซ่อมได้ทันเวลา

5. ระยะปลูก

พื้นที่ราบ ไม่ต้องยกร่อง ใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 80 - 100 เซนติเมตรระหว่างต้น 80-100 เซนติเมตร ซึ่งมีจำนวนต้น ประมาณ 1,600-2,500 ต้นต่อไร่ พื้นที่ลุ่ม หรือลาดเอียง ให้ยกร่องขวางแนวลาดเอียง ความสูงสันร่องประมาณ 30 - 40 เซนติเมตร ใช้ระยะปลูกระหว่างร่อง 80 เซนติเมตร ระหว่างต้น 80 เซนติเมตรเพื่อช่วยลดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน พื้นที่ลาดเอียงมากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ควรปลูกแฝกตามแนวระดับ ระหว่างแถวมันสำปะหลัง เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ทุกระยะ 20 - 30 เมตร ระยะระหว่างหลุมแฝก 10 เซนติเมตร หลุมละ 1 ต้น

6. การให้ปุ๋ย

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงเมื่อเทียบกับพืชไร่อื่นๆ ดังนั้นจึงต้องการธาตุอาหารจากดินเป็นจำนวนมาก เมื่อมีการปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันหลายปี ธาตุอาหารในดินย่อมลดลงตามลำดับ ส่งผลให้ผลผลิตของมันสำปะหลังลดลงตามไปด้วย ดังนั้นการปลูกมันสำปะหลังจึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 หรือสูตร 16-8-16 ในอัตรา 50 - 100 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละเท่าๆ กัน ในครั้งแรกให้ใส่หลังจากปลูกมันสำปะหลังแล้ว 1 เดือน ครั้งที่ 2 ใส่เมื่อมันสำปะหลังมีอายุได้ 3 เดือน (กรมวิชาการเกษตร, 2547) นอกจากการใส่ปุ๋ยเคมีแล้วเกษตรกรอาจใช้ปุ๋ยพืชสด โดยการปลูกพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วเขียว ถั่วพุ่ม หรือปอเทือง แล้วไถกลบในระยะก่อนออกดอก หรือปลูกพืชแซมที่ช่วยบำรุงดินปลูกระหว่างแถว เพื่อช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อีกวิธีหนึ่ง

7. การป้องกันกำจัดวัชพืช

การกำจัดวัชพืช เป็นสิ่งที่จำเป็นมาก เนื่องจากการปล่อยให้วัชพืชขึ้นแข่งขันกับมันสำปะหลังโดยไม่กำจัดเลย จะทำให้ผลผลิตลดลงถึง 25-50 เปอร์เซ็นต์ การกำจัดวัชพืชควรทำอย่างน้อย 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 เมื่อมันสำปะหลังมีอายุได้ประมาณ 30 -45 วันหลังการปลูก และครั้งที่ 2 เมื่อมันสำปะหลังมีอายุได้ประมาณ 60 -70 วัน หลังการปลูก และควรมีการกำจัดเพิ่มเติม ถ้าหากยังพบว่ามีวัชพืชขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น ระบบการจัดการวัชพืชในแปลงปลูกมันสำปะหลัง มี 4 ระบบ คือ

7.1 ระบบที่ 1 วิธีเขตกรรมตามด้วยการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชประเภทฆ่าวัชพืช คือ ทำการไถพรวนโดยใช้รถไถเล็กเดินตามหรือแรงงานสัตว์เข้าไปกำจัดวัชพืชที่ขึ้นมาแล้ว หลังจากนั้นรอจนวัชพืชขึ้นมาใหม่อีกรุ่นหนึ่งจึงฉีดพ่นด้วยสารกำจัดวัชพืชประเภททำลายโดยวิธีสัมผัส ทั้งนี้ต้องมีครอบกันละอองและมันสำปะหลังควรสูงประมาณ 70-80 เซนติเมตร ระบบนี้เหมาะสำหรับการปลูกเมื่อมีฝนน้อย ช่วงเดือนตุลาคม-มีนาคม

7.2 ระบบที่ 2 วิธีเขตกรรมตามด้วยการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชประเภทคุมผสมกับประเภทฆ่าวัชพืช ระบบที่ 2 นี้ เหมือนกับระบบที่ 1 ในขั้นตอนไถพรวน 1-2 ครั้ง แล้วฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชชนิดเดียว ประเภทคุมวัชพืชหรือใช้ 2 ชนิดผสมกัน คือประเภทคุมและประเภทฆ่าวัชพืช โดยมีครอบกันละออง และมันสำปะหลังควรสูงเกิน 70 เซนติเมตร ระบบที่ 2 นี้ จะเหมาะสำหรับการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชในช่วงที่มีฝนตกชุก

7.3 ระบบที่ 3 วิธีฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชประเภทคุมวัชพืชตามด้วยวิธีเขตกรรม เป็นระบบที่เหมาะสมสำหรับช่วงการปลูกมันสำปะหลังที่มีฝนตก โดยฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชทันทีหลังปลูกมันสำปะหลัง จากนั้นเมื่อวัชพืชขึ้นมาแล้ว ให้ใช้วิธีกำจัดด้วยจอบเฉพาะจุด โดยระบบนี้ควรปลูกด้วยระยะต้นห่างกัน 0.5-0.8 เมตร

7.4 ระบบที่ 4 วิธีฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชประเภทคุมหรือสารกำจัดวัชพืชประเภทฆ่าเมื่อปลูกด้วยท่อนพันธุ์ยาวและใช้ระยะปลูกถี่ โดยใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังยาว 50 เซนติเมตร หลังจากที่มันสำปะหลังงอกขึ้นมาแล้วสูงเกิน 70 เซนติเมตร ให้ฉีดพ่นด้วยสารกำจัดวัชพืชประเภทคุมหรือฆ่าวัชพืชอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยมีครอบกันละอองเพื่อป้องกันอันตรายต่อต้นมันสำปะหลัง

8. การเก็บเกี่ยว

ระยะเก็บเกี่ยว ฤดูกาลเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพหัวมันสำปะหลัง หัวมันที่เก็บเกี่ยวในฤดูแล้งจะมีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงขึ้น เนื่องจากหัวมันมีน้ำน้อย มันสำปะหลังเป็นพืชที่ไม่จำกัดอายุการเก็บเกี่ยวแต่ควรเก็บเกี่ยวเมื่ออายุครบ 8 เดือนขึ้นไป ยิ่งอายุมากผลผลิตยิ่งมาก แต่ถ้าอายุมากเกินไปคุณภาพของหัวมันจะไม่ดี แต่อายุเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในช่วงที่เหมาะสม คือ ประมาณ 10-12 เดือน หลังปลูก (เหมาะสมที่สุด คือ 12 เดือน) พร้อมทั้ง วางแผนการเตรียมท่อนพันธุ์มัน

สำปะหลัง เพื่อการปลูกในคราวต่อไป ไม่ควรเก็บเกี่ยวในช่วงที่มีฝนชุก เนื่องจากหัวมันสำปะหลังจะมีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำ วิธีการเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังของเกษตรกรมี 2 วิธี คือ

8.1 ใช้แรงงานคน โดยทำการตัดต้นมันให้เหลือส่วนล่างของลำต้นไว้ประมาณ 30-70 เซนติเมตร จากนั้นขุดหัวมันขึ้นมาด้วยจอบหรือใช้วิธีถอน ตัดแยกส่วนของหัวมันสำปะหลังออกจากต้น หรือเหง้า (ในกรณีที่ดินมีความชื้นสูง เมื่อสับเหง้าออก ไม่ควรกองทิ้งไว้ในไร่ เพราะมันสำปะหลังจะเน่าเสียได้) และไม่ควรมีส่วนของต้น เหง้า หรือดิน ติดปนไปกับหัวมันสดที่จะนำออกจำหน่าย เนื่องจากใช้ประโยชน์ไม่ได้ และจะทำให้คุณค่าทางอาหารของมันเส้นที่แปรสภาพจากมันสำปะหลังนั้นลดลง

8.2 ใช้เครื่องทุ่นแรง ในจังหวัดที่มีปัญหาการขาดแคลนแรงงานสูง จะมีการใช้เครื่องทุ่นแรงติดท้ายรถแทรกเตอร์ทำการพลิกหน้าดินเพื่อให้หัวมันสำปะหลังหลุดจากดิน จากนั้นจึงใช้แรงงานคนเดินตามตัดหัวมันจากเหง้า และขนส่งไปยังโรงงานเพื่อแปรสภาพต่อไป

ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO)

ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552) หมายถึง นวัตกรรมใหม่ด้านปุ๋ยที่นำวัสดุแบบผสมผสานที่ให้ธาตุอาหารพืชทั้ง 16 ชนิดที่พืชจำเป็นและต้องการในปริมาณที่เหมาะสมมาผสมกับอินทรียวัตถุ สารปรับปรุงดิน จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM) ฮอร์โมนอินทรีย์น้ำ สารสกัดสมุนไพร สารเสริมภูมิต้านทานโรคและแมลงหลายชนิดเข้าไว้ภายในเม็ดเดียวกันแล้วควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารให้เป็นปุ๋ยละลายช้า ใช้ได้กับพืชทุกชนิด (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552), (ชวลิต รักษาริกรณ์, 2556), (สุรีรัตน์ จับแก้ว และภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552)

ปัจจุบันในการปลูกพืชแทบทุกชนิดเกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งส่วนใหญ่เป็นธาตุอาหารหลักซึ่งทำให้ดินเป็นกรดและดินอัดตัวแน่น กรมวิชาการเกษตรเน้นการใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงดิน กรมพัฒนาที่ดินได้ส่งเสริมการใช้สารปรับปรุงดินเพื่อปรับความเป็นกรดเป็นด่างให้กับดินและส่งเสริมการใช้ปุ๋ยน้ำชีวภาพและจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์(EM) ฮอร์โมนอินทรีย์น้ำสกัดสมุนไพร เพื่อป้องกันโรคและแมลงเป็นต้นในขณะที่บริษัทเอกชนหรือร้านค้าเคมีเกษตรได้ผลกำไรมากจากการขายธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารเสริมและสารสร้างภูมิคุ้มกันโรค ที่เกษตรกรนิยมซื้อไปฉีดเสริมเพื่อทำให้ได้ผลผลิตสูงขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากพืชได้รับธาตุอาหารครบถ้วนมากขึ้นนั่นเอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะผลิตปุ๋ยปั้นเม็ดที่มีสมบัติแบบองค์รวม คือที่มีธาตุอาหารพืชครบถ้วน 16 ธาตุ ที่พืชจำเป็นและสามารถปรับสภาพ pH ให้กับดินได้ มีฮอร์โมนอินทรีย์ที่พืชต้องการ มีสารสร้างภูมิต้านทานให้กับพืช(ปรับปรุงด้านเคมี) มีสารปรับปรุงโครงสร้างดินและช่วยให้ดินร่วนซุย (ปรับปรุงด้านกายภาพ) มีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM) จำนวนมาก (ปรับปรุงด้านชีวภาพ) ซึ่งเป็นปุ๋ยละลายช้าที่มี

ประสิทธิภาพยังมุ่งเน้นการปรับปรุงสมบัติสำคัญ 3 ด้านของดินไปพร้อมๆ กับการใส่ปุ๋ยด้วยซึ่งจะสามารถทำให้ผลผลิตสูง ดินได้รับการปรับปรุงและมีความยั่งยืน

ประสิทธิผลโดยรวมของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม

1. มีธาตุอาหารสูงเหมือนปุ๋ยเคมีทั่วไป แต่ดินไม่เป็นกรด ใช้ได้กับพืชทุกชนิด
2. มีธาตุอาหารครบถ้วน 16 ธาตุ ผลผลิตจึงสูงกว่าปุ๋ยเคมีทั่วไป
3. มีจุลินทรีย์ชีวภาพมาก ซึ่งปุ๋ยเคมีทั่วไปไม่สามารถที่จะมีได้ เนื่องจากมีสภาพเป็นกรด
4. ช่วยเพิ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM)แก่ดิน
5. เป็นปุ๋ยละลายช้าไม่สูญเสียธาตุอาหารไปกับการชะล้าง
6. ใส่ครั้งเดียวพืชเขียวทนนาน และต้นพืชแข็งแรงมาก
7. มีไคโตซานและสารธรรมชาติป้องกันโรคและแมลง
8. มีสารลดปัญหาพืชไม่กินปุ๋ย ทนหนาวทนแล้ง
9. ยิ่งใส่ยิ่งดีทั้งพืชและดิน เพราะพืชได้ธาตุอาหารครบถ้วนมีสารทำให้ดินโปร่งร่วนซุยขึ้น
10. ยิ่งใส่ ยิ่งดี เพราะ ราคาถูก แต่ผลผลิตสูงขึ้น (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552)

ภาพ 5 แสดงคุณลักษณะภายในของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO)

ตาราง 2 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) กับปุ๋ยเคมี

รายการ	ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO)	ปุ๋ยเคมี (15-15-15)
1. มีธาตุอาหารหลัก N – P - K	มี	มี
2. มีธาตุอาหารรองและเสริม (Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn, B, Mo และCl)	มีครบถ้วน 16 ธาตุ ที่พืชจำเป็น	ไม่มี
3. มีฮอร์โมนเข้มข้นเพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิต	มีมาก	ไม่มี
4. มีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM)	มีมาก	ไม่มี
5. มีสารลดความเป็นกรดและปรับสภาพดิน	มีมาก	ไม่มี (ทำให้ดินเป็นกรด)
6. มีสารปรับโครงสร้างดินให้ดีขึ้น	มี	ไม่มี
7. มีสารธรรมชาติช่วยป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช	มีมาก	ไม่มี
8. มีสารอินทรีย์โพลิเมอร์ ช่วยให้พืชแข็งแรงและดูดธาตุอาหารดี	มี	ไม่มี
9. ลักษณะการปลดปล่อยธาตุอาหาร	ปุ๋ยละลายช้า	ปุ๋ยละลายเร็ว
10.การสูญเสียธาตุอาหาร	น้อย	มาก

ที่มา: ชฎาพร ช่วยนนท์ และภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552; สุรีรัตน์ จับแก้ว และภูมิศักดิ์ อินททนท์, 2552; ชวลิต รักษาริกรณ์ และภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552

ตาราง 3 แสดงการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) และปุ๋ยเคมี

รายการ		**ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) (ภูมิศักดิ์,2552)**	**ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)**	**ปุ๋ยเคมี (16-20-0)**	**ปุ๋ยเคมี (15-15-15)**
ธาตุอาหารหลัก (%)	N	15	46	16	15
	P	10.2	-	20	15
	K	5.5	-	-	15
ธาตุอาหารรอง (%)	Ca	1.5	-	-	-
	Mg	0.85	-	-	-
	S	2.8	-	-	-
ธาตุอาหารเสริม(ppm.)	Fe	563.45	-	-	-
	Cu	1.53	-	-	-
	Zn	482.25	-	-	-
	Mn	37.45	-	-	-
	Mo	53.40	-	-	-
	B	50.00	-	-	-
	Cl	150.00	-	-	-
อินทรียวัตถุ (OM %)		10.4	-	-	-
อินทรีย์โพลิเมอร์ (ไคโตซาน) ppm.		5,645	-	-	-
สารสร้างภูมิคุ้มกัน (SiO_2) %		20	-	-	-
กรดอินทรีย์ (Humic Acid) ppm.		4,265	-	-	-
ฮอร์โมน(œ g/ml)					
Auxin (IAA)		0.26	-	-	-
Gibberellins (GA3)		26.46	-	-	-
Cytokinin (Kinetin)		4.13	-	-	-
ปูนทางการเกษตร (กก.)		6	-	-	-
จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM) (CFU/g,)					
Bacillus sp.		-	-	-	-
Lactobacillus sp.		2.21 X 10^2	-	-	-

รายการ	ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) (ภูมิศักดิ์,2552)	ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)	ปุ๋ยเคมี (16-20-0)	ปุ๋ยเคมี (15-15-15)
Aspergillus niger	2.16 X 10^2	-	-	-
Streptococcus pneumoniae	2.72 X 10^2	-	-	-

ที่มา: ชฎาพร ช่วยนนท์ และภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552; สุรีรัตน์ จับแก้ว และภูมิศักดิ์ อินททนท์, 2552; ชวลิต รักษาริกรณ์ และภูมิศักดิ์ อินทนนท์; 2552

งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยฮอร์โมนอินทรีย์ปั้นเม็ดสูตรผสม (HO)

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์ และชวลิต รักษาริกรณ์ (2552) วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การเกษตร) มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของยางพารา พบว่าปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO-2) (T3) และปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดสูตรผู้ใหญ่เข็ม (T2) มีการเจริญเติบโตสูงสุดตามลำดับ และเมื่อพิจารณากับองค์ประกอบของสูตรและต้นทุนการผลิตแล้วพบว่าฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-2 มีธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ EM และมีส่วนผสมของฮอร์โมนพืช จึงสรุปได้ว่าฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-2 สามารถทดแทนปุ๋ยเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ชวลิต รักษาริกรณ์ (2552) (ก) การศึกษาอิสระด้านการจัดการทรัพยากรดิน ปริญญาตรี ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยเคมี และฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม ต่อการเจริญเติบโตของพุทราพันธุ์นมสด พบว่ากรรมวิธีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตสูงสุดคือ ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-3 (T4) ปุ๋ยเคมียูเรีย (T5) ตามลำดับ จากผลการเจริญเติบโตจะเห็นได้ว่า ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-3 (T4) มีการเจริญเติบโตดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมียูเรีย (T5) มีผลทำให้พุทรานมสดมีการเจริญเติบโตสูงสุดตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีอื่นนั้นมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติการที่ T4 แสดงผลออกมาสูงสุดซึ่งมากกว่าปุ๋ยยูเรียได้นั้น เนื่องจากองค์ประกอบของสูตรฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่ 3 มีปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ EM และมีส่วนผสมของฮอร์โมนพืชที่เป็นประโยชน์จำนวนมากเมื่อเทียบกับปุ๋ยยูเรียที่มีไนโตรเจนเพียงอย่างเดียวจึงอาจกล่าวได้ว่ามีความเป็นไปได้สูงที่จะใช้ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่ 3 เพื่อทดแทนปุ๋ยเคมี

ชวลิต รักษาริกรณ์ (2552) (ข) ปัญหาพิเศษปริญญาตรี อิทธิพลของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของมะนาว พบว่า ปุ๋ยเคมี(T2) ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-2 (T4) มีผลทำให้มะนาวมีการเจริญเติบโตสูงที่สุดตามลำดับ อย่างไรก็ตามถึงแม้ปุ๋ยเคมีจะแสดงผลออกมาสูงที่สุดก็ตามแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-2 ในทุกรายการของการเจริญเติบโต

เนื่องจากองค์ประกอบและต้นทุนของสูตรฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ EM และมีส่วนผสมของฮอร์โมนพืชจึงอาจกล่าวได้ว่ามีความเป็นไปได้สูงที่จะใช้ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่ 2 ทดแทนปุ๋ยเคมีเพื่อลดต้นทุนและการผลิตที่ยั่งยืน

สุรีรัตน์ จับแก้ว (2552) การศึกษาอิสระด้านการจัดการทรัพยากรดิน ปริญญาตรี ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยอินทรีย์เคมี และฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของและผลผลิตข้าว พบว่าปุ๋ยสูตรที่มีธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สูงสุดได้แก่ ปุ๋ยเคมี (46-0-0) ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยอินทรีย์เคมี ตามลำดับ สูตรปุ๋ยที่ทำให้ข้าวเจริญเติบโตทางด้านลำต้นใบสูงสุดได้แก่ กรรมวิธีที่ 12,8,11,5,6,2,4,9,3,1,10, และ7 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับระดับธาตุไนโตรเจนที่มีในสูตร กรรมวิธีที่ทำให้ข้าวมีผลผลิตต่อไร่มากที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 6 ปุ๋ยอินทรีย์เคมี 50 ก.ก./ไร่ และกรรมวิธีที่ 8 ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม 25 ก.ก./ไร่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลผลิตต่อไร่สูงสุดซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ผลผลิตอยู่ในระดับ 70 ถัง/ไร่ ในการใส่ครั้งแรก ดังนั้นสูตรปุ๋ยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปลูกข้าวคือกรรมวิธีที่ 8 ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม 25 ก.ก./ไร่ และกรรมวิธีที่ 6 ปุ๋ยอินทรีย์เคมี 50 ก.ก./ไร่

ชาติประชา สอนกลิ่น (2563) ได้การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพดาวเรือง วิทยานิพนธ์หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยทำการพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ขึ้นมา 3 สูตรแล้วใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราที่ต่างกันผลการทดลองพบว่า ผลการวิเคราะห์ดินก่อนและหลังการทดลองพบว่ากลุ่มปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ทั้ง 3 สูตร (HO-A, HO-B และHO-C) มีผลทำให้ดินมีปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมเพิ่มขึ้นเหนือกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุ (OM) การแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) การนำไฟฟ้า (EC) ปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินให้ดีขึ้น จึงมีผลในทางอ้อมต่อสมบัติด้านกายภาพของดินคือความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเพิ่มขึ้นเป็นประโยชน์ต่อพืชปลูกในฤดูต่อไป ในด้านอิทธิพลของปุ๋ยที่มีต่อพืชนั้นในด้านการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต พบว่าเมื่อมีการเพิ่มอัตราปุ๋ยเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตด้วย (จำนวนดอก/ไร่) โดยพบว่า T15 (ปุ๋ย HO-C, 150 กก./ไร่) แสดงผลสูงสุดทั้งในด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ ในด้านองค์ประกอบของคุณภาพดาวเรือง พบว่า T15 (ปุ๋ย HO-C, 150 กก./ไร่) แสดงผลสูงสุดในปริมาณ Carotenoid, Hue value และB value ตามระบบการวัดสีของพืช สอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารในต้นพืชเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามในด้านต้นทุนการผลิตนั้น พบว่า T15 (ปุ๋ย HO-C, 150 กก./ไร่) มีต้นทุนสูงสุด 39,691 บาท/ไร่ แต่เนื่องจากได้ผลผลิตสูงสุด 278,346.7 ดอก/ไร่ เมื่อจำหน่ายในราคาดอกละ 4.50 บาท จึงทำให้มีผลกำไรสูงสุด85,565.24 บาท/ไร่ ผลการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบพบว่ากรรมวิธี T15 (ปุ๋ย HO-C, 150

กก./ไร่) มีค่าอัตราส่วนกำไร/ทุนสูงสุด 3.16 เท่า และมีผลกำไรเหนือแปลงควบคุม 1.62 เท่า และเหนือแปลงปุ๋ยเคมี 1.48 เท่า (T2, 150 กิโลกรัมต่อไร่) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่าปุ๋ย HO-C มีผลต่อจำนวนเมล็ด/ดอกและน้ำหนักเมล็ด/ดอก ดังนั้นจึงควรพัฒนาปุ๋ย HO-C เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองต่อไปเพราะเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองเป็นที่ต้องการของตลาดในต่างประเทศ

จากการวิจัยดังกล่าวข้างต้นการใช้ ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) เปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี ที่ผ่านมาสามารถสรุปได้ว่ามีผลทำให้พืชมีผลผลิตสูงขึ้นกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีทั่วไปในกรณีของข้าวผลผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 10 ถัง/ไร่ พืชอื่นๆ ก็ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีระหว่าง 20-30 % ทั้งนี้เนื่องจากพืชได้รับธาตุอาหาร 16 ธาตุครบตามความต้องการและมีสารแก้ความเป็นกรดให้แก่ดิน ดินมีความร่วนซุยเหมือนใส่ปุ๋ยคอก และดินมีจุลินทรีย์ชีวภาพ (EM) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้พืชจะได้รับฮอร์โมนเพิ่มผลผลิตและสร้างภูมิคุ้มกันโรคและแมลงเพิ่มขึ้น โครงสร้างดินดีขึ้น จึงเป็นปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพ ในเม็ดเดียว ซึ่งเป็นนวัตกรรมที่ผ่านการทดลองวิจัยและใช้ในระดับเกษตรกรมาแล้ว จึงทำให้ผลผลิตที่ได้สูงขึ้น ในปัจจุบันมีสูตรเฉพาะพืช เช่น สูตรข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา และปาล์มน้ำมัน เป็นต้น จากการทดลองพบว่า การใช้ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO)ในพืชต่างๆนั้นมีผลทำให้ผลผลิตสูงกว่าปุ๋ยเคมี สอดคล้องกับ สุรีรัตน์ จับแก้ว และภูมิศักดิ์ อินทนนท์, (2556) อย่างไรก็ตามการวิจัยการใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) เพื่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังยังไม่มีรายงาน โดยทำการเปรียบเทียบปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดและปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) กับปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรนิยมใช้ ได้แก่ปุ๋ย 46-0-0 และ15-15-15 ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลและเทคโนโลยีที่เหมาะสมการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมเพื่อเร่งการเจริญเติบโต ลักษณะทางสรีรวิทยาผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

ในจำนวนธาตุอาหารที่พืชจำเป็นต้องใช้เพื่อการเจริญเติบโตออกดอก ออกผล ซึ่งมีอยู่ 16 ธาตุนั้น มี 3 ธาตุ ที่พืชได้มาจากอากาศและน้ำ คือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) ส่วนอีก 13 ธาตุนั้น พืชต้องดูดดึงขึ้นมาจากดิน ซึ่งธาตุเหล่านี้ได้มาจากการผุพงสลายตัวของส่วนที่เป็นอนินทรียวัตถุและอินทรียวัตถุหรือฮิวมัสในดิน สามารถแบ่งตามปริมาณที่พืชต้องการใช้ได้ เป็น 2 กลุ่มคือ มหธาตุ และจุลธาตุ

มหธาตุ (macronutrients) เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก ที่ได้มาจากดินมีอยู่ 6 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม

ธาตุอาหารหลัก หรือ ธาตุปุ๋ย ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) เนื่องจากสามธาตุนี้พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก แต่มักจะได้รับจากดินไม่ค่อยเพียงพอกับความต้องการ ต้องช่วยเหลือโดยใส่ปุ๋ยอยู่เสมอ

ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) เป็นกลุ่มที่พืชต้องการใช้ในปริมาณที่น้อยกว่า และไม่ค่อยมีปัญหาขาดแคลนในดินทั่วๆ ไปเหมือนสามธาตุแรก

จุลธาตุ หรือ ธาตุอาหารเสริม (micronutrients) เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณน้อย มีอยู่ 7 ธาตุ ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) โบรอน (B) โมลิบดินัม (Mo) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) และคลอรีน (Cl) อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเป็นธาตุอาหารในกลุ่มมหธาตุหรือจุลธาตุต่างก็มีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชไม่น้อยไปกว่ากัน เพราะความจริงแล้วธาตุทุกธาตุมีความสำคัญต่อการดำรงชีพของพืชเท่าๆ กัน จะต่างกันแต่เพียงปริมาณที่พืชต้องการเท่านั้น ดังนั้นพืชจึงขาดธาตุใดธาตุหนึ่งไม่ได้ หากพืชขาดธาตุอาหารแม้แต่เพียงธาตุเดียวพืชจะหยุดการเจริญเติบโต แคระแกร็น ไม่ให้ผลผลิตและตายในที่สุด (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552)

หน้าที่ของธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันไป และถ้าพืชได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการก็จะแสดงอาการที่แตกต่างกันตามแต่ชนิดของธาตุอาหารที่ขาดแคลนในแต่ละชนิด ดังนี้

ไนโตรเจน มีหน้าที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีน ช่วยให้พืชมีสีเขียว เร่งการเจริญเติบโตทางใบ หากพืชขาดธาตุนี้จะแสดงอาการใบเหลือง ใบมีขนาดเล็กลง ลำต้นแคระแกร็นและให้ผลผลิตต่ำ

ฟอสฟอรัส มีหน้าที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของราก ควบคุมการออกดอก ออกผล และการสร้างเมล็ด ถ้าพืชขาดธาตุนี้ระบบรากจะไม่เจริญเติบโต ใบแก่จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแล้วกลายเป็นสีน้ำตาลและหลุดร่วง ลำต้นแกร็นไม่ผลิดอกออกผล

โพแทสเซียม เป็นธาตุที่ช่วยในการสังเคราะห์น้ำตาล แป้ง และโปรตีน ส่งเสริมการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบไปสู่ผล ช่วยให้ผลเติบโตเร็วและมีคุณภาพดี ช่วยให้พืชแข็งแรง ต้านทานต่อโรคและแมลงบางชนิด ถ้าขาดธาตุนี้พืชจะไม่แข็งแรง ลำต้นอ่อนแอ ผลผลิตไม่เติบโต มีคุณภาพต่ำ สีไม่สวย รสชาติไม่ดี

แคลเซียม เป็นองค์ประกอบที่ช่วยในการแบ่งเซลล์ การผสมเกสร การงอกของเมล็ด พืชขาดธาตุนี้ใบที่เจริญใหม่จะหงิกงอ ตายอดไม่เจริญ อาจมีจุดดำที่เส้นใบ รากสั้น ผลแตก และมีคุณภาพไม่ดี

แมกนีเซียม เป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ ช่วยสังเคราะห์กรดอะมิโน วิตามิน ไขมัน และน้ำตาล ทำให้สภาพกรดด่างในเซลล์พอเหมาะและช่วยในการงอกของเมล็ด ถ้าขาดธาตุนี้ ใบแก่จะเหลือง ยกเว้นเส้นใบ และใบจะร่วงหล่นเร็ว

กำมะถัน เป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน และวิตามิน ถ้าขาดธาตุนี้ทั้งใบบนและใบล่างจะมีสีเหลืองซีด และต้นอ่อนแอ

โบรอน ช่วยในการออกดอกและการผสมเกสร มีบทบาทสำคัญในการติดผลและการเคลื่อนย้ายน้ำตาลมาสู่ผล การเคลื่อนย้ายของฮอร์โมน การใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนและการแบ่งเซลล์ ถ้าพืชขาดธาตุนี้ ตายอดจะตายแล้วเริ่มมีตาข้าง แต่ตาข้างก็จะตายอีก ลำต้นไม่ค่อยยืดตัว กิ่งและใบจึงชิดกัน ใบเล็ก หนา โค้งและเปราะ

ทองแดง ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ การหายใจ การใช้โปรตีนและแป้ง กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์บางชนิด ถ้าพืชขาดธาตุนี้ ตายอดจะชะงักการเจริญเติบโตและกลายเป็นสีดำ ใบอ่อนเหลือง และพืชทั้งต้นจะชะงักการเจริญเติบโต

คลอรีน มีบทบาทบางประการเกี่ยวกับฮอร์โมนในพืช ถ้าขาดธาตุนี้พืชจะเหี่ยวง่าย ใบสีซีดและบางส่วนแห้งตาย

เหล็ก ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์แสงและหายใจ ถ้าขาดธาตุนี้ใบอ่อนจะมีสีขาวซีดในขณะที่ใบแก่ยังเขียวสด

แมงกานีส ช่วยในการสังเคราะห์แสงและการทำงานของเอนไซม์บางชนิด ถ้าขาดธาตุนี้ใบอ่อนจะมีสีเหลืองในขณะที่เส้นใบยังเขียว ต่อมาใบที่มีอาการดังกล่าวจะเหี่ยวแล้วร่วงหล่น

โมลิบดินัม ช่วยให้พืชใช้ไนโตรเจนให้เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน ถ้าขาดธาตุนี้พืชจะมีอาการคล้ายขาดไนโตรเจน ใบมีลักษณะโค้งคล้ายถ้วย ปรากฏจุดเหลืองๆ ตามแผ่นใบ

สังกะสี ช่วยในการสังเคราะห์ฮอร์โมนออกซิน คลอโรฟิลล์ และแป้ง ถ้าขาดธาตุนี้ใบอ่อนจะมีสีเหลืองซีดและปรากฏสีขาวๆ ประปรายตามแผ่นใบ โดยเส้นใบยังเขียว รากสั้นไม่เจริญตามปกติ

เมื่อมีการปลูกพืชลงบนดิน ย่อมมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของธาตุอาหารต่างๆ ที่มีอยู่ในดิน เนื่องจากในขณะที่พืชมีการเจริญเติบโต พืชจะดูดดึงธาตุอาหารในดินไปใช้และเก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ได้แก่ ใบ ลำต้น ดอก ผล จนถึงเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิตและนำออกไปจากพื้นที่ ธาตุอาหารที่สะสมอยู่เหล่านั้นย่อมถูกนำออกไปจากพื้นที่ด้วย นอกจากนี้ธาตุอาหารบางส่วนยังเกิดการสูญหายไปในรูปก๊าซ ถูกดินหรือสารประกอบในดินจับยึดไว้ บางส่วนถูกชะล้างออกไปจากบริเวณรากพืช หรือสูญเสียไปกับการชะล้างพังทลายของดิน

ดังนั้นการเพาะปลูกพืชติดต่อกันเป็นระยะเวลายาวนาน โดยไม่มีการเติมธาตุอาหารลงไปในดิน ย่อมทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง และในที่สุดดินจะกลายเป็นดินเลวปลูกพืชไม่

เจริญเติบโตอีกต่อไป ในการปลูกพืชจึงต้องมีการใส่ปุ๋ยเพื่อบำรุงดิน ช่วยเพิ่มธาตุอาหารพืชและคงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้อยู่เสมอ (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552)

กลไกทางสรีรวิทยาที่มีผลต่อการดูดธาตุอาหารของพืช

1. การเคลื่อนที่ของน้ำภายในพืช

การที่น้ำสามารถเคลื่อนที่สู่ยอดพืชได้นั้น มักจะทำให้เกิดคำถามที่ว่า ในต้นไม้บางต้นที่สูงมาก ๆ ถึง 100 เมตร นั้น น้ำเคลื่อนที่ขึ้นมาได้ด้วยกลไกอะไร จะต้องมีแรงบางอย่างดึงน้ำขึ้นไปสู่ยอดมิฉะนั้นน้ำจะขึ้นไปได้สูงเพียง10.3 เมตรเท่านั้น น้ำไหลผ่านพืชได้เพราะความแตกต่างของพลังงานที่ทำงานได้ของน้ำในต้นพืช ดิน และอากาศ น้ำที่ปรากฏอยู่ในพืชนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ที่แตกต่างกัน ซึ่งแต่ละส่วนนี้จะไหลไปด้วยอัตราเร็วที่ต่างกัน ซึ่งส่วนต่าง ๆ ของน้ำเหล่านี้ คือ

1.1 น้ำที่อยู่ระหว่างช่องภายในผนังเซลล์ และช่องว่างรอบ ๆ ผนังเซลล์ซึ่งส่วนเหล่านี้เรียกว่า อโพพลาสต์ (Apoplast) นั้น จะไหลผ่านส่วนที่ไม่มีชีวิตของพืช น้ำที่อยู่ในเซลล์ที่ตายแล้ว เช่น ในท่อไซเลมก็จัดว่าอยู่ในส่วนนี้ ดังนั้นการไหลของน้ำในต้นพืชส่วนใหญ่จะผ่านส่วนที่เป็นอโพพลาสต์

1.2 น้ำในโปรโตพลาสต์ของเซลล์ ซึ่งจะไหลผ่านจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง ทางพลาสโมเดสมาตา (Plasmodesmata) ซึ่งเป็นการไหลผ่านส่วนที่มีชีวิตของพืช หรือผ่านทางซิมพลาสต์ (Symplast) น้ำในซีพทิวบ์(Sieve tube) ของท่ออาหาร (Phloem) จัดเป็นน้ำในส่วนนี้ด้วย

1.3 น้ำที่อยู่ในแวคิวโอของเซลล์ที่มีชีวิต การส่งน้ำของพืชขึ้นสู่ยอดนั้น จะผ่านทางไซเลมเป็นส่วนใหญ่ โดยจะต้องมีแรงดันที่ฐานสูงกว่าความดันบรรยากาศปกติ ดังนั้นจึงมีแรงอื่นมาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งมีสมมุติฐานเกิดขึ้นเพื่ออธิบายกลไกของการไหลของน้ำขึ้นสู่ยอดหลายสมมุติฐานด้วยกัน คือ

1.3.1 Root Pressure พืชหลายชนิด เมื่อถูกตัดยอดออก น้ำยังคงไหลขึ้นมาถึงส่วนที่ตัดได้โดยจะมีความดันที่วัดได้ดันน้ำขึ้นมาจากราก 5-6 บาร์ Root Pressure จะสูงเมื่อความชื้นในดินและอากาศสูง จึงมักทำให้เกิดการเสียน้ำเป็นหยดน้ำ (Guttation) เพราะอัตราการคายน้ำลดลง แต่ยังดูดน้ำอยู่ พืชจึงเสียน้ำออกไปเป็นรูปของหยดน้ำ ซึ่งมักจะพบที่ปลายใบของพืช ตระกูลหญ้า แต่ในสภาพอากาศแห้งความชื้นในดินต่ำ จะไม่มี Root Pressure เกิดขึ้น ดังนั้น Root Pressure จึงไม่ใช่แรงสำคัญที่ทำให้พืชส่งน้ำไปยังยอดได้ในพืชจำพวกสนจะไม่พบ Root Pressure นอกจากนั้น อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำโดย Root Pressure ยังช้าเกินไปด้วย

1.3.2 Capillarity เมื่อให้หลอดขนาดเล็กมากที่เปิดทั้ง 2 ด้าน วางตามแนวดิ่งโดยปลายด้านหนึ่งแช่อยู่ในน้ำ ของเหลวจะไหลขึ้นมาในหลอด จนกว่าน้ำหนักของน้ำในหลอดจะ สมดุลกับแรงดึงของผนังหลอดกับน้ำ ยิ่งหลอดมีขนาดเล็กมาก น้ำก็จะยิ่งไหลขึ้นไปได้สูงมากเพราะแรงดึงระหว่างผนังของหลอดกับน้ำจะยิ่งมีค่ามากกว่าแรงดึงดูดของโลกในหลอดขนาด 0.01 มิลลิเมตร น้ำจะไหลขึ้นไปได้สูงถึง 3 เมตร แต่ทั้งนี้ขึ้นกับแรงดึงของผนังหลอดกับน้ำด้วย หลอดพลาสติกจะมีแรงดึงน้อยกว่าหลอดแก้ว และหลอดแก้วมีแรงดึงน้อยกว่าท่อน้ำ แรงดึงของหลอดกับน้ำนี้เรียกว่า แอดฮีชั่น (Adhesion) แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่า แรง Capillarity ที่เกิดในไซเลมของพืชนั้นจะทำให้น้ำไหลขึ้นไปได้เพียงประมาณ 0.3 เมตรเท่านั้น และนอกจากนั้นท่อน้ำยังไม่เป็นท่อที่เปิดทั้ง 2 ด้านด้วย ดังนั้นแรงนี้จึงไม่ใช่แรงสำคัญในการทำให้น้ำเคลื่อนที่

1.3.3 Cohesion เนื่องจากพบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ระหว่างการคายน้ำ และอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำในต้นพืช จึงชี้ให้เห็นว่า การคายน้ำเกี่ยวข้องกับการควบคุมการไหลของน้ำในท่อน้ำซึ่งทฤษฎีนี้ เรียกว่าCohesion Theory จากทฤษฎีนี้ อธิบายการไหลของน้ำสู่ยอดโดยหลักการ 3 ประการคือ

1.3.4 Driving Force ซึ่ง คือการลดลงของพลังงานที่ทำงานได้ของน้ำ จากรากพืชถึงยอดเปลี่ยนไป คือ ยิ่งห่างจากรากขึ้นไปมากเท่าไร พลังงานที่ทำงานได้ก็จะลดลง ทำให้น้ำไหลจากส่วนที่มีพลังงานสูงไปยังส่วนที่พลังงานต่ำเกิดการคายน้ำ อากาศนั้น เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ อากาศจะสามารถดูดน้ำได้มากและเร็ว เพราะพลังงานที่ทำงานได้ของไอน้ำในอากาศจะลดลง (ที่ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ พลังงานที่ทำงานได้ของไอน้ำ เท่ากับ 0 บาร์ แต่ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 98 เปอร์เซ็นต์ พลังงานจะลดลงเป็น -27.5 บาร์) ดังนั้นถ้าอากาศยิ่งแห้งพลังงานของไอน้ำจะยิ่งลดลง ทำให้พลังงานของน้ำแตกต่างจากในใบพืช ส่วนน้ำในดินซึ่งมีแร่ธาตุไม่มาก ปกติจะมีพลังงานที่ทำงานได้ใกล้เคียงกับ 0 ซึ่งถ้าจะดึงน้ำจำนวนนี้ขึ้นสู่ยอดพืช น้ำในใบพืชจะต้องมีพลังงานที่ทำงานได้ประมาณ -30 บาร์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า Osmotic Potential ของใบพืชจะอยู่ในช่วง -20 ถึง -40 บาร์ ดังนั้นน้ำจึงไหลขึ้นสู่ยอดพืชได้

1.3.5 Hydration แรงส่วนนี้ประกอบด้วย แรงดึงระหว่างโมเลกุลของน้ำและท่อน้ำ ซึ่งเรียกว่า แอดฮีชั่น (Adhesion) และแรงดึงระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกันเรียกว่า โคฮีชั่น (Cohesion) แรงแอดฮีชั่นทำให้เกิดแรง Capillarity ดังที่กล่าวมาแล้ว

1.3.6 การติดกันของน้ำในท่อน้ำ การเคลื่อนที่ของน้ำจะเกิดขึ้นได้นั้น น้ำต้องมีความต่อเนื่องกันตลอดสาย นั่นคือ ไม่มีฟองอากาศ (Cavitation) ภายในท่อน้ำ ฟองอากาศนี้ถ้าเกิดขึ้นจะทำให้น้ำเคลื่อนที่ขึ้นไปไม่ได้

2. กลไกการทำงานของปากใบ (Stomata Mechanism)

ปากใบของพืชประกอบด้วยรูเปิดซึ่งเป็นทางให้ไอน้ำและก๊าซผ่านเข้าออก รูใบนี้จะเปิดโดยกลไกของ Guard cell ซึ่งเป็นเซลล์ที่อยู่ข้าง ๆ โดยทั่วไปคำว่าปากใบจะรวมไปถึงรูใบและเซลล์รอบ ๆ ซึ่งคือ Guard cell และSubsidiary cell ไอน้ำจะระเหยออกมาจากพาลิเซด (Palisalde) และสปอนจี (Spongy) ของใบเข้าสู่ช่องว่างระหว่างเซลล์ซึ่งเป็นส่วนที่ต่อกับปากใบและอากาศภายนอกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะซึมเข้ามาในทิศทางตรงกันข้าม แล้วเซลล์ก็รับคาร์บอนได-ออกไซด์ไป ใบจะมีปากใบอยู่ทางด้านหลังใบและท้องใบ แต่จะมีจำนวนมากทางด้านหลังใบ แต่ในพืชตระกูลหญ้าจะมีอยู่ในปริมาณที่เท่ากัน กรณีใบลิลลี่มีปากใบเฉพาะด้านหลังใบเท่านั้น

ลักษณะทั่วไปของปากใบของพืชใบเลี้ยงคู่ ประกอบด้วย Guard cell ที่มีลักษณะเหมือนไต 2 อัน ส่วนพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเช่น หญ้า ปากใบ จะประกอบด้วย Guard cell ที่มีรูปร่างคล้าย dumbell และยาว ใน Guard cell จะมีคลอโรพลาสต์อยู่บ้าง ปากใบจะเปิด เมื่อ Guard cell ได้รับน้ำ และบวม ซึ่งถ้าพิจารณาแล้วปากใบน่าจะปิดมากกว่าเปิด แต่ทั้งนี้เพราะเซลลูโลส ไมโครไฟบริล (Cellulose Microfibril) เรียงตัวไปตามขวางของ Guard cell ซึ่งมีรูปร่างยาว การเรียงตัวของไมโครไฟบริลจะคล้ายกับรัศมีที่ออกมาจากจุดศูนย์กลาง การเรียงตัวแบบนี้ เรียกว่า เรเดียล ไมเซลเลชั่น (Radial Micellation) ซึ่งจะส่งผลให้ Guard cell ขยายตัวตามขวางไม่ได้มากเมื่อได้รับน้ำ แต่จะขยายตามยาว ทำให้ Guard cell เกิดการโค้งออกจากกันเป็นรูใบขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่าผนังเซลล์ด้านในที่เว้าเข้าไปของ Guard cell จะหนากว่าด้านที่นูนหรือด้านนอก ทำให้ด้านในขยายตัวได้น้อยกว่าด้านนอก

สาเหตุที่ทำให้ปากใบเปิดนั้น ได้ศึกษากันมานานซึ่งได้มุ่งจุดสนใจในการศึกษาไปที่การไหลเข้าออกของน้ำ ซึ่งจะทำให้ Guard cell ขยายตัว และหดตัวได้ ซึ่งมีความเป็นไปได้หลายกรณีคือถ้ามี Osmotic Potential ของโปรโตพลาสต์ใน Guard cell เป็นลบมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์รอบ ๆ น้ำจะไหลเข้าไปใน Guard cell นอกจากนั้นยังเป็นไปได้ว่าผนังเซลล์จะคลายความแข็งลงทำให้ขยายตัวได้เป็นการลด Pressure Potential และน้ำสามารถไหลเข้าเซลล์เกิดการเต่งได้ จากการศึกษาพบว่า Osmotic Potential ของ Guard cell เป็นลบมากขึ้นจริง แต่ผนังเซลล์ไม่ได้คลายความแข็งลง

สาเหตุที่ Osmotic Potential เป็นลบมากขึ้นนี้ เนื่องจาก เมื่อปากใบเปิดจะมี K^+ เป็นจำนวนมาก เคลื่อนที่จากเซลล์รอบ ๆ เข้าไปใน Guard cell ปริมาณของ K^+ ที่สะสมในแวคคิวโอของ Guard cell ในระหว่างที่ปากใบเปิด จะมากพอที่ทำให้ Osmotic Potential ของ Guard cell ลดลง แสงจะก่อให้เกิดการไหลเข้าของ K^+ สู่ Guard cell ด้วย รวมไปถึงอากาศที่ปราศจาก CO_2 ก็สามารถกระตุ้น K^+ เข้าสู่ Guard cell ดังนั้น ย้ายพืชไปไว้ในที่มืด K^+ จะไหลออกจากGuard cell ปากใบจึงปิด ในการให้ Abscisic Acid (ABA) แก่เซลล์จะทำให้ปากใบปิด ทั้งนี้เพราะ Abscisic Acid (ABA)

กระตุ้นให้มีการเคลื่อนที่ของ K^+ ออกจาก Guard cell ดังนั้น การที่ Osmotic Potential ลดลงใน Guard cell นี้ มีสาเหตุมาจาก K^+

กลไกการเคลื่อนที่ของ K^+ นั้นเกิดจากการที่แป้งใน Guard cell สลายตัวเกิดเป็นกรดอินทรีย์ ทำให้เกิด H^+ ขึ้นภายในเซลล์ ต่อมา H^+ จะเคลื่อนที่ออกจากเซลล์ ทำให้ K^+ เคลื่อนที่เข้าไปเพื่อรักษาประจุของเซลล์ให้เป็นกลาง ดังนั้นในเซลล์เหล่านี้จะมี pH เพิ่มขึ้นด้วย ประจุของ Cl^- จะถูกดูดเข้าไปใน Guard cell ด้วย พร้อมกับ K^+ เพื่อทำให้ประจุภายในเซลล์เกิดความสมดุล นอกจากนี้จะเกิดการสังเคราะห์กรดมาลิก (Malic acid) เพื่อใช้เป็นสารดูดซับด้วยสาเหตุดังกล่าวปากใบจึงเปิด ทำให้มีการคายน้ำ และแลกเปลี่ยนก๊าซ CO_2 และ0_2 ในอากาศ

การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลใน Guard cell เกิดขึ้นเมื่อเซลล์ได้รับแสง pH ของเซลล์จะสูงขึ้น ทำให้เอนไซม์ที่ย่อยแป้งเป็นน้ำตาลทำงานมากขึ้น ทำให้ระดับตัวถูกทำละลายเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะทำให้ค่าพลังงานที่ทำงานได้ของเซลล์ลดลงด้วย น้ำจึงไหลจากเซลล์อื่นมายัง Guard cell

3. ปัจจัยที่ควบคุมการปิดเปิดของปากใบ

แสง แสงสีแดง และแสงสีน้ำเงินกระตุ้นให้ปากใบเปิด เพราะแสงทำให้เกิดการสังเคราะห์แสง จึงมีการใช้ CO_2 ภายในเซลล์ ยิ่งแสงสว่างมาก ปากใบจะยิ่งเปิดมาก ระดับน้ำในใบโดยเฉพาะใน Guard cell ถ้าหากพลังงานที่สามารถทำงานได้ของน้ำในใบเพิ่มขึ้นรูใบจะปิด เพราะน้ำจะไหลออกจาก Guard cell อิทธิพลนี้จะมากกว่าระดับของ CO_2 ในใบหรือความเข้มของแสง ระดับ CO_2 ในใบและในบรรยากาศ ปากใบจะเปิดเมื่อมี CO_2 ในใบพืชต่ำ ดังนั้นการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงกระตุ้นให้ปากใบเปิดได้ ถ้าให้อากาศที่ปราศจาก CO_2 ผ่านใบพืชที่มีปากใบเปิดเล็กน้อยในที่มืด ปากใบจะเปิดกว้างขึ้น ถ้าปากใบปิดสนิท ระดับของ CO_2 ในอากาศไม่มีผลต่อการปิดเปิดของปากใบ อุณหภูมิสูง (30-35 องศาเซลเซียส) ทำให้ปากใบปิด ซึ่งอาจเป็นเพราะการหายใจเพิ่มขึ้น ทำให้ CO_2 ภายในใบมากขึ้น แต่ถ้าผ่านอากาศที่ปราศจาก CO_2 ไปที่ใบพืชที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส ปากใบจึงเปิดได้ ลมที่พัดแรง ทำให้รูใบปิด เนื่องจากเซลล์สูญเสียน้ำ

การวัดคลอโรฟิวล์ในใบพืช (Chlorophyll Meter)

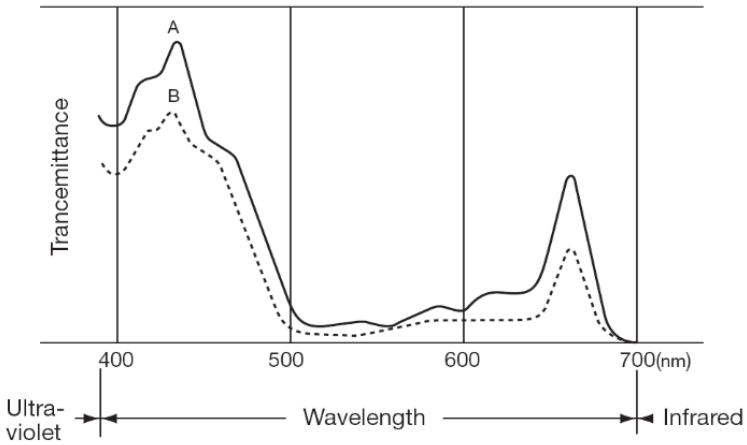
วัดโดยใช้เครื่องวัดความเข้มของสีใบหรือ SPAD รุ่น Minolta โดยวัดใบบนสุดที่แผ่ขยายเต็มที่ ในทุกระยะการเจริญเติบโตในช่วงเวลาระหว่าง 9.00-11.00 น คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) เป็นสารประกอบที่พบได้ในส่วนที่มีสีเขียวของพืชโดยพบมากที่ใบ นอกจากนี้ยังพบได้ที่ลำต้น ดอก ผล และรากที่มีสีเขียว และยังพบได้ในสาหร่ายทุกชนิด นอกจากนี้ยังพบได้ในแบคทีเรียบางชนิด คลอโรฟิลล์ทำหน้าที่เป็นโมเลกุลรับพลังงานจากแสง และนำพลังงานดังกล่าวไปใช้ในการสร้างพลังงานเคมี โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างสารอินทรีย์ เช่น น้ำตาล และนำไปใช้เพื่อการดำรงชีวิต คลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงได้ดีที่ช่วงคลื่นของแสงสีฟ้าและสีแดง แต่ดูดกลืนช่วงแสงสี

เหลืองและสีเขียวได้น้อย ดังนั้นเมื่อได้รับแสงจะดูดกลืนแสงสีฟ้าและสีแดงไว้ ส่วนแสงสีเขียวที่ไม่ได้ดูดกลืนจึงสะท้อนออกมาทำให้เห็นคลอโรฟิลล์ มีสีเขียวไนโตรเจน (N) มีความสำคัญต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง เพราะธาตุดังกล่าวเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ดังนั้น ถ้าในดินขาดธาตุทั้งสองพืชก็จะขาดคลอโรฟิลล์ ทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงด้วย นอกจากนี้ ยังพบว่าเหล็ก (Fe) จำเป็นต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ในธรรมชาติมีคลอโรฟิลล์อยู่หลายชนิดด้วยกัน ซึ่งแต่ล่ะชนิดมีโครงสร้างหลักที่เหมือนกันคือ วงแหวนไพรอล 4 วงแต่โซ่ข้าง (Side Chain) ของคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดจะมีลักษณะต่างกันออกไป เช่น คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a) และคลอโรฟิลล์ บี (Chlorophyll b) มีโครงสร้างโมเลกุลที่ต่างกันเพียงตำแหน่งเดียวเท่านั้น

นั่นคือที่วงแหวนไพรอลวงที่สองของคลอโรฟิลล์ เอ มีโซ่ข้างเป็นหมู่เมททิล ($-CH^3$) ส่วนของคลอโรฟิลล์ บี เป็นหมู่อัลดีไฮด์ (-CHO) ซึ่งการที่โครงสร้างที่ต่างกันนี้ก็ทำให้มีสมบัติแตกต่างกันด้วย โดยเฉพาะด้านการละลายโดยที่หมู่เมททิลของคลอโรฟิลล์ทำให้โมเลกุลมีขั้ว ดังนั้นจึงละลายได้ดีในสารละลายที่มีขั้ว เช่น เมทิลแอลกอฮอล์ ส่วนหมู่อัลดีไฮด์ซึ่งไม่มีขั้ว จึงทำให้คลอโรฟิลล์ บี ละลายได้ดีในตัวทำละลายไม่มีขั้ว เช่น ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ (Petroleum Ether) รวมทั้งสมบัติการดูดกลืนแสงก็ต่างกันด้วย และทำให้คลอโรฟิลล์ทั้งสองชนิดนี้มีสีต่างกันเล็กน้อยโดยที่ คลอโรฟิลล์ เอ มีสีเขียวเข้ม ส่วนคลอโรฟิลล์ บี มีสีเขียวอ่อน

การวัดคลอโรฟิลล์แบบไม่ทำลายใบ การวัดคลอโรฟิลล์แบบไม่ทำลายใบ นับว่าเป็นวิธีการวัดคลอโรฟิลล์ที่ง่ายและสะดวกต่อการปฏิบัติงาน โดยใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์เป็นเครื่องมือในการวัด การนำคลอโรฟิลล์มิเตอร์มาใช้วัดค่าคลอโรฟิลล์ในใบพืชนั้น กระทำได้โดยนำส่วนที่เป็นปากคีบของเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์คีบหนีบพื้นที่ใบพืชที่ต้องการวัด โดยให้ตำแหน่งหัววัดอยู่ในบริเวณพื้นที่ส่วนกลางใบโดยหลีกเลี่ยงเส้นใบและก้านใบ

หลักการพื้นฐานของคลอโรฟิลล์มิเตอร์ เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์จัดเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้ในการประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชโดยไม่ต้องทำลายใบ เป็นวิธีการที่สะดวกและวัดผลรวดเร็ว เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณของไนโตรเจน และความต้องการปุ๋ยไนโตรเจนของต้นข้าว ต่อมาได้มีการศึกษาการใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์ในการประเมินปริมาณไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์ในพืชหลายชนิดด้วยกันเช่น ข้าว ข้าวโพด ฝ้าย แอปเปิล เงาะและลองกองเป็นต้น เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ทำงานโดยอาศัยสมบัติการดูดซับแสงของคลอโรฟิลล์ในใบพืช พิจารณาในภาพ 6 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในการดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์ในใบไม้ที่แตกต่างกัน 2 ชนิดคือ ใบไม้ชนิด A และชนิด B ซึ่งจะสังเกตได้ว่า ใบไม้ทั้งสองชนิด สามารถดูดกลืนแสงในย่านต่างๆ ได้ในปริมาณที่ไม่เท่ากัน



ภาพ 6 การดูดซับแสงในย่านต่างๆ ของคลอโรฟิลล์

จากภาพ 6 จะให้เห็นว่าแสงในย่านอินฟราเรดจะมีการตอบสนองกับ คลอโรฟิลล์ในระดับต่ำ ซึ่งอธิบายได้ว่าคลอโรฟิลล์จะดูดซับแสงในย่านอินฟราเรดได้น้อย แต่จะดูดซับแสงในย่านอื่นๆ ได้ดี ด้วยสาเหตุนี้จึงมีการพัฒนาเครื่องมือในการประเมินค่าคลอโรฟิลล์ในใบพืช โดยการตรวจจับปริมาณแสงในย่านอินฟราเรดที่ทะลุผ่านใบ เมื่อใบมีสารคลอโรฟิลล์มากปริมาณ การทะลุของของแสงย่านอินฟราเรดจะน้อยลง และแสดงเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น SPAD 502

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชวลิต รักษาริกรณ์ (2556) ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยเคมี และปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตน้ำยางพารา ผลการศึกษาพบว่าการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นใบของยางพาราอายุ 1 ปี และ4 ปี ดีที่สุดในกรรมวิธีที่ T3 (VHo-3) ทางด้านผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตยางพาราอายุ 7 ปี พบว่าผลทางด้านปริมาณน้ำยางพาราสด/ไร่/ปี สูงสุดคือ กรรมวิธี T2 (RHo-2) และพบว่าเนื้อยางแห้งสูงสุด/ไร่/ปี และคุณภาพเนื้อยาง DRC สูงสุดคือ กรรมวิธี T3 (RHo-3) ส่วนผลผลิตยางพาราอายุ 9 ปี พบว่าปริมาณน้ำยางสด/ไร่/ปี สูงสุดคือ กรรมวิธี T2 (RHo-2)และพบว่าเนื้อยางแห้งสูงสุด/ไร่/ปี คือ กรรมวิธี T1 (RHo-1) และคุณภาพเนื้อยาง DRC สูงสุดคือ กรรมวิธี T3 (RHo-3)

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, ชวลิต รักษาริกรณ์ และวีรภัทร เกตุอินทร์ (2552) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของยางพารา พบว่าฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-2 (T3) และปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดสูตรผู้ใหญ่เข็ม (T2) มีการเจริญเติบโตสูงสุดตามลำดับ และเมื่อพิจารณากับองค์ประกอบของสูตรและต้นทุนการผลิตแล้วพบว่า

ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-2 มีธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ EM และมีส่วนผสมของฮอร์โมนพืช จึงสรุปได้ว่าฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม-2 สามารถทดแทนปุ๋ยเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุจิตรา พรหมเชื้อ และวิชณีย์ ออมสินทรัพย์ (2549) การศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี ในพื้นที่ที่มีศักยภาพ. พบว่า ศักยภาพการสังเคราะห์แสง ใบปาล์มน้ำมันที่มีการให้น้ำในจังหวัดหนองคายมีประสิทธิภาพการใช้แสงไม่แตกต่างกับปาล์มน้ำมันที่มีการให้น้ำในภาคใต้ ใบสามารถตรึง CO_2 ได้ใกล้เคียงกัน ค่าน้ำไหลปากใบสูงกกว่าแต่อัตราการสังเคราะห์แสงต่ำ การให้น้ำแก่ปาล์มน้ำมันในจังหวัดหนองคายทำให้ต้นปาล์มมีค่าน้ำไหลปากใบสูง (ปากใบเปิดกว้าง) แต่มีอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำ และอัตราการคายน้ำสูงกว่าปาล์มน้ำมันที่ให้น้ำ และไม่ให้น้ำทางภาคใต้

ศิริพรรณ บรรหาร อภิพรรณ พุกภักดี และสาวิตร มีจุ้ย (2555) ได้ทำการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของถั่วเหลืองเมื่อปลูกอยู่ในสภาพดินอิ่มตัวด้วยน้ำด้วยลักษณะทางด้านการเจริญเติบโตในการสะสมน้ำหนักแห้ง และลักษณะทางสรีรวิทยาต่างๆ ได้แก่ ความเขียวของใบ อัตราการสังเคราะห์แสง อัตราการคายน้ำ ค่าศักย์ของน้ำในใบ วางแผนการทดลองแบบ CRD พบว่า ถั่วเหลืองที่ปลูกอยู่ในสภาพดินอิ่มตัวด้วยน้ำมีแนวโน้มการสะสมน้ำหนักแห้งใกล้เคียงกับการปลูกแบบเหลืองที่ปลูกในสภาพดินอิ่มตัวด้วยน้ำมีอัตราการสังเคราะห์ปกติ ถั่วสังเคราะห์แสงสูงกว่าถั่วเหลืองที่ปลูกในสภาพปกติ รวมไปถึงอัตราการคายน้ำ และค่าศักย์ของน้ำในใบอีกด้วย

ศุภชัย วาสนานนท์, รักศักดิ์ เสริมศักดิ์, อิสรีย์ เนื่องจำนงค์ และดลฤดี วาสนานนท์ (2562) ได้ทำการศึกษาผลของการยกร่องปลูกที่มีต่อความชื้นในดินและผลผลิตมันสาปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการยกร่องปลูกต่อความชื้นในดินและผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ ในพื้นที่ทดลองอำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง โดยยกร่องปลูกมันสำปะหลัง 3 รูปแบบ คือ การยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T1) กว้าง 2.4 เมตร การยกร่องกลางปลูกแถวเดี่ยว (T2) กว้าง 1.2 เมตร และการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T3) กว้าง 0.9 เมตร ผลการศึกษาพบว่า การยกร่องปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมส่งผลให้ได้ผลผลิตต่อไร่สูงขึ้น และจากการวัดความชื้นในดินยังพบว่า การยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T1) มีค่าเฉลี่ยความชื้นในดินสูงกว่าการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T3) เนื่องจากการยกร่องใหญ่ (T1) สามารถกักเก็บความชื้นไว้ในดินได้มากกว่าการยกร่องเล็ก (T3) เพราะรูปทรงของร่องที่มีขนาดใหญ่ทำให้การระเหยของน้ำในดินช้ากว่าร่องที่มีรูปทรงเล็กกว่า สำหรับการเปรียบเทียบความชื้นของการยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T1) กับ การยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T3) มีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า ผลผลิตของการยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T1) มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดคือ 6.89 ตันต่อไร่ ส่วนการยกร่องกลางปลูกแถวเดี่ยว (T2) มีปริมาณ

ผลผลิตเฉลี่ย 6.11 ตันต่อไร่ และการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T3) มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุดคือ 5.25 ตันต่อไร่ สำหรับการเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากการยกร่องใหญ่ปลูกแถวคู่ (T1) ที่สูงกว่าการยกร่องเล็กปลูกแถวเดี่ยว (T3) มีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์, กัญชลิกา รัตนเชิดฉาย และวิทยา ตรีโลเกศ (2560) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุปรับปรุงดินและวัสดุอินทรีย์บางชนิดต่อการ เปลี่ยนแปลงสมบัติของดินเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตมันสำปะหลัง ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินร่วนปนทรายที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของ ดินต่ำเมื่อปรับปรุงดินวัสดุปรับปรุงดิน (โดโลไมท์) และวัสดุอินทรีย์ (กากอ้อยสด) ทำให้ดินมีระดับ ความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ปลูกมีการ เจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดทรงพุ่ม เส้นรอบวงโคนต้น จำนวนใบ ผลผลิตหัวสดและเปอร์เซ็นต์แป้งมี ค่าเฉลี่ยสูงกว่าการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน เมื่อเก็บข้อมูลผลผลิตพบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ เก็บเกี่ยวที่ ระยะเวลา 7 เดือนให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดเท่ากับ 4.60 ตันต่อไร่ (เปอร์เซ็นต์แป้ง 19.47 เปอร์เซ็นต์) ในขณะ ที่ใส่วัสดุอินทรีย์เก็บเกี่ยวที่ระยะเวลา 9 เดือน กลับทำให้มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด เท่ากับ 23.03 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ดี อายุการเก็บเกี่ยวไม่มีผลต่อน้ำหนักผลสด แต่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่นานขึ้นทำให้ มันสำปะหลังสะสมแป้งในหัวได้ดีกว่า (22.45-23.03 %)

อานนท์ มลิพันธ์ และทิพย์ดรุณี สิทธินาม (2011) ได้ทำการศึกษาผลของอายุเก็บเกี่ยวหลังการตัดต้นต่อผลผลิตและแป้งมันสำปะหลัง (Manihot esculenta Crantz) 4 พันธุ์ ในดินร่วนเหนียวสีแดง จังหวัดลพบุรี ผลการศึกษาพบว่า การตัดต้นที่อายุ 10 และ12 เดือนหลังปลูกไม่ทำให้ผลผลิตหัวสดของพันธุ์ CMR 35-21-199 ระยอง 7 และระยอง 9 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนพันธุ์ระยอง 11 ให้ปริมาณแป้งในหัวสดสูงสุดในทุกการทดลอง สำหรับผลของการตัดต้นทั้งสองช่วงเวลา พบว่าการเก็บเกี่ยวที่อายุ 2 เดือนหลังจากตัดต้น ไม่ทำให้ได้ผลผลิตหัวสดเพิ่มขึ้นแต่ทำให้ปริมาณแป้งในหัวสดลดลง โดยผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งจะเริ่มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 3 เดือนหลังจากตัดตัน อย่างไรก็ตามในทุกการทดลองย่อย พบว่ามันสำปะหลังให้ผลผลิตหัวสดต่อไร่สูงสุด และมีปริมาณแป้งสูงเมื่อเก็บเกี่ยวที่ อายุ 17 เดือนหลังปลูก โดยการตัดตันที่อายุ 10 เดือนแล้วเก็บเกี่ยวที่อายุ 7 เดือนหลังจากตัดต้น ทำให้ได้รับผลผลิตหัวสดและมีปริมาณแป้งสูงกว่าการตัดที่อายุ 12 เดือนหลังปลูกแล้วเก็บเกี่ยวที่อายุ 5 เดือนหลังจากตัดตัน รวมทั้งการไม่ตัดต้นเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 17 เดือนหลังปลูกอย่างเด่นชัด ส่วนการให้ผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งตั้งแต่อายุ 8-18 เดือนหลังปลูก พบว่าผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังจะเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณแป้งในหัวสดจะสูงสุดที่อายุ 8 เดือน ซึ่งอยู่ในเดือนธันวาคม หลังจากนั้นปริมาณแป้งจะลดลงและมีปริมาณต่ำสุดเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 11 เดือน ซึ่งอยู่ในเดือนมีนาคม เกิดจากมันสำปะหลังเริ่มสร้างใบใหม่อีกครั้ง จากนั้นปริมาณแป้งจะเริ่มเพิ่มขึ้นและจะลดลงอีกครั้งเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 18 เดือน

วัลลีย์ อมรพล, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ศรีสุดา ทิพยรักษ์, ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข, ประพิศ วองเทียม, และสมพงษ์ ทองช่วย (2560) ได้ทำการศึกษาการศึกษาอัตราปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในกลุ่มดินร่วนปนทราย : ชุดดินห้วยโป่ง ผลการทดลองพบว่า การใช้พันธุ์และปุยเคมี ไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน โดยมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งสูงสุด 6,274 และ1,990 กก./ไร่ รองลงมาคือพันธุ์ CMR46-47-137 ซึ่งให้ผลผลิต หัวสด และผลผลิตแป้ง 5,982 และ1,791 กก/ไร่ พันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งต่ำสุด 5,941 และ1,777 กก/ไร่ ตามลำดับ การใช้ปุ๋ยเคมีมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังอย่างชัดเจน คือการใช้ปุ๋ย 16-8-24 กก.N-P,O,K,O/ไร่ ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งสูงสุด 7,216 และ2,210 กก/ไร่ ทำให้มีรายได้และให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด มีกำไรสุทธิเฉลี่ยสูงสุด 13,586 บาท/ไร่ มันสำปะหลัง ทั้ง 3 พันธุ์ มีการดูดใช้โพแทสเซียมรวมทุกส่วน สูงกว่าไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยพันธุ์ระยอง 11 มีการดูดใช้ไนโตรเจนและโพแทสเซียมไปสะสมในหัวต่อตันผลผลิตสูงสุด การปลูกมันสำปะหลังซึ่งได้ผลผลิตเฉลี่ย 6,065 กก./ไร่ มีการดูดใช้ไนโตรเจนฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ติดไปกับผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 2.72, 5.56 และ17.07 กก.N-P-K ต่อไร่ หรือเทียบเท่าปุ๋ยเคมี 2.72-12.73-20.48

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 9
2. เครื่องพรวนดิน
3. ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดสูตรผสม
4. ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร-1 (HO-1)
5. ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมสูตร-2 (HO-2)
6. ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15
7. ตลับเมตร/ไม้เมตร
8. Vernier Caliper
9. กระป๋องเก็บดิน (Soil Core)
10. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
11. เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง (Riemann Scale Balance)
12. เครื่องวัดคลอโรฟิลล์ในใบพืช (Chlorophyll Meter SPAD-502 Plus)
13. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ขนาด 5 กิโลกรัม
14. เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 15 กิโลกรัม
15. กล้องบันทึกภาพ

การวางแผนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาประเภทเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยมีการสำรวจในพื้นที่เป้าหมาย ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการดินและปุ๋ยของเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังและปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น เพื่อหาแนวทางแก้ไขและปรับปรุงสมบัติของดินโดยใช้วัสดุปรับปรุงบำรุงดินแบบผสมผสาน เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตมันสำปะหลังในจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยทำการทดลอง ณ ตำบลป่าเซ่า อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ วางแผนทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 9 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 1 แปลง รวม 36 แปลงย่อย ประกอบด้วยกรรมวิธีต่างๆ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (T1 Control)

กรรมวิธีที่ 2 ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด อัตรา 50 กก./ไร่ (T2 ORG 50 Kg.)

กรรมวิธีที่ 3 ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ (T3 ORG 100 Kg.)

กรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) -1 อัตรา 50 กก./ไร่ (T4 HO-1 50 Kg.)

กรรมวิธีที่ 5 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) -1 อัตรา 100 กก./ไร่ (T5 HO-1 100 Kg.)

กรรมวิธีที่ 6 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) -2 อัตรา 50 กก./ไร่ (T6 HO-2 50 Kg.)

กรรมวิธีที่ 7 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) -2 อัตรา 100 กก./ไร่ (T7 HO-2 100 Kg.)

กรรมวิธีที่ 8 ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ (T8 CHEM 50 Kg.)

กรรมวิธีที่ 9 ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ (T9 CHEM 100 Kg.)

ขนาดแปลงทดลอง และระยะปลูก

ขนาดแปลงย่อย กว้าง 7.8 X ยาว 10 เมตร (78 ตร.ม.)

ระยะปลูกระหว่างร่อง (แถว) 1.2 เมตร ระหว่างต้น 80 เซนติเมตร จำนวน 5 แถวๆ ละ 10 ต้น รวม 50 ต้นต่อซ้ำ หรือ 200 ต้นต่อกรรมวิธี

การวางผังการทดลอง

R1	R2	R3	R4
T1	T4	T6	T2
T6	T5	T7	T8
T7	T2	T3	T9
T8	T9	T4	T5
T3	T1	T8	T7
T9	T6	T2	T4
T4	T7	T9	T3
T5	T3	T1	T6
T2	T8	T5	T1

การใส่ปุ๋ย

การใส่ปุ๋ยทำการแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละ เท่าๆ กัน ครั้งที่ 1 ใส่หลังปลูกไปแล้ว 30 วัน และครั้งที่ 2 ใส่หลังปลูกไปแล้ว 90 วัน

พืชทดสอบ/ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ใช้มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ที่นิยมปลูกกันมากในจังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นพืชทดสอบอายุท่อนพันธุ์ 10 เดือน

ชุดดินที่ใช้ในงานวิจัย

ชุดดินธาตุพนม (Tp) จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 33 ของประเทศไทย ลักษณะโดยทั่วไป : เนื้อดินเป็นพวกดินร่วนปนทรายแป้ง ดินมีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนแดง บางแห่ง ในดินล่างลึก ๆ มีจุดประสีเทาและน้ำตาล อาจมีแร่ไมก้าหรือก้อนปูนปะปน เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำน้ำพบบนสันดินริมน้ำเก่าและเนินตะกอนรูปพัด มีพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงเป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันประมาณ 2-12 % เป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง ระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 1 เมตรตลอดปี มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ดินชั้นบนมี pH ประมาณ 6.5-7.5 กรมพัฒนาที่ดิน, (2566)

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

การเตรียมแปลงและการปลูก

1. การเตรียมแปลงทดลอง ทำการไถ 2 ครั้งโดยการไถดะทำลายวัชพืชทิ้งไว้ 1 เดือน จึงทำการไถแปรพร้อมยกร่องมันสำปะหลัง

2. ทำการปลูกมันสำปะหลังในแปลงทดลอง ท่อนพันธุ์ยาว 25 เซนติเมตร ปลูกลึก 10 เซนติเมตรแบบตั้งตรง

การจัดการปุ๋ย การให้น้ำ กำจัดวัชพืช และการดูแลรักษา

1. ทำการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ปริมาณ 50 % โดยน้ำหนักตามกรรมวิธีหลังจากปลูกมันสำปะหลัง 1 เดือนโดยใช้ด้ามจอบปักเป็นหลุมรอบโคนต้นลึก 5 เซนติเมตรเมื่อหยอดปุ๋ยแล้วใช้จอบกลบหลุมพร้อมดายหญ้าทำรุ่นกำจัดวัชพืชไปพร้อมกัน

2. ทำการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ปริมาณ 50 % โดยน้ำหนักตามกรรมวิธีหลังจากปลูกมันสำปะหลัง 3 เดือนโดยใช้ด้ามจอบปักเป็นหลุมรอบโคนต้นลึก 5 เซนติเมตรเมื่อหยอดปุ๋ยแล้วใช้จอบกลบหลุมพร้อมดายหญ้าทำรุ่นกำจัดวัชพืชไปพร้อมกัน หลังจากนั้นใบมันสำปะหลังจะขยายคลุมแปลงจึงไม่จำเป็นต้องทำการกำจัดวัชพืช

3. การให้น้ำ ตลอดช่วงการทดลองอาศัยปริมาณน้ำฝนแบบ 100% จึงเป็นการให้น้ำตามสภาพธรรมชาติเหมือนการปลูกของเกษตรกรทั่วไป

วิธีการผลิตปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) เพื่อใช้ในการทดลอง (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552; ชวลิต รักษาริกรณ์ และคณะ, 2555)

1. ทำการชั่งวัสดุผสมสูตรรวมทั้งปุ๋ยเคมีตามสัดส่วนของแต่ละสูตรเพื่อเพิ่มธาตุอาหารหลักให้กับสูตรปุ๋ย และพอเพียงสำหรับมันสำปะหลัง โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ตามสัดส่วน

2. ทำการกรองและชั่งตวงน้ำสกัดสมุนไพร ฮอร์โมนอินทรีย์น้ำและปุ๋ยน้ำชีวภาพนำมาผสมกันตามปริมาตรที่กำหนดเรียกว่า น้ำประสาน

3. นำเม็ดปุ๋ยเคมีและวัสดุผสมสูตรตามสัดส่วนในตาราง ขึ้นบนจานปั้นแล้วฉีดพ่นด้วยน้ำประสาน เพื่อให้วัสดุได้รับความชื้นและสามารถปั้นขึ้นเป็นเม็ดได้ หลังจากนั้นขณะที่เม็ดกำลังขึ้นรูปทำการโรยด้วยผงวัสดุที่ให้ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมแล้วปล่อยให้หมุนกลิ้งไปเรื่อย ๆ จนขึ้นเม็ดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร จึงหยุดการปั้นแล้วนำเม็ดปุ๋ยไปตากลมให้แห้ง เรียกว่า เม็ดปุ๋ยฮอร์โมน

4. นำเม็ดปุ๋ยฮอร์โมนจากข้อ 3 มาขึ้นบนจานปั้นครั้งที่ 2 แล้วฉีดพ่นด้วยน้ำประสานให้ชุ่มแล้วโรยด้วยผงวัสดุปรับปรุงความเป็นกรดเป็นด่าง (ปรับสภาพpH) บนจานปั้นแล้วปล่อยให้หมุนกลิ้งไปเรื่อย ๆ จนเม็ดปุ๋ยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตรแล้วจึงหยุดการปั้นและนำเม็ดปุ๋ยไปตากลมให้แห้งอีกครั้ง

5. นำเม็ดปุ๋ยฮอร์โมนในข้อ 4 มาขึ้นบนจานปั้นครั้งที่ 3 แล้วฉีดพ่นด้วยสารควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารเพื่อเคลือบผิวเม็ดปุ๋ยแล้วปล่อยให้กลิ้งบนจานปั้นไปเรื่อย ๆ ประมาณ 10 นาที จนเม็ดปุ๋ยอัดแน่นมากขึ้นและมีลักษณะรูปร่างเป็นเม็ดกลมมากขึ้นจึงหยุดการปั้นแล้วนำเม็ดปุ๋ยไปตากแดดเป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง ให้มีความชื้นประมาณ 15-17 % เรียกว่า ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO)

6. นำปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) จากข้อ 5 ที่แห้งสนิทดีแล้วมาเข้าเครื่องคัดแยกขนาดเม็ดปุ๋ย เสร็จแล้วบรรจุด้วยกระสอบ ๆ ละ 50 กิโลกรัม

ตาราง 4 วัตถุดิบและส่วนประกอบของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO)

สูตรปุ๋ย	วัตถุดิบและส่วนประกอบของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) (% โดยน้ำหนัก)						Total 100
	A	B	C	D	E	F	
ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-1	30	30	20	5	5	10	100
ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-2	40	20	20	5	5	10	100

หมายเหตุ: A = Ratio between Major nutrients (70%) / secondary nutrients (20%) / micro nutrients (10%) by chemical fertilizer (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552)

B = Powder of compost with high nutrients (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552)

C = Soil amendment (ทัศนีย์ อัตตะนันท์, 2537)

D = compost of herb plant mixed with herbal extract liquid (ปิยะ ดวงพัตรา , 2556)

E = Bio-liquid hormones (ชวลิต รักษาริกรณ์, ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, และพรทิพย์ ภาษี, 2555)

F = Bio-liquid fertilizer with EM (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, ชวลิต รักษาริกรณ์ และวีรภัทร เกตุอินทร์, 2552)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. บันทึกสภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณแปลงปลูก

ทำการบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อม ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย โดยทำการรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมต่างๆ บริเวณแปลงทดลองในช่วงระหว่างที่ทำการทดลอง

2. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินทั่วทั้งแปลงก่อนการทดลอง โดยใช้ Soil Core ในการเก็บตัวอย่างดิน ที่ระดับความลึก 10 – 15 เซนติเมตร ตัวอย่างดินหลังการทดลองทำเช่นเดียวกัน แต่ให้แยกเก็บตัวอย่างดินเป็นในแต่ละกรรมวิธีโดยนำมาวิเคราะห์หาค่าสมบัติทางกายภาพต่างๆ ดังนี้

2.1 ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density, Db) ซึ่งหมายถึงน้ำหนักของดินแห้งต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรรวมของดิน (ปริมาตรของส่วนที่เป็นของแข็ง+ปริมาตรของส่วนที่เป็นช่องว่างของดิน) ดินโดยทั่วไปจะมีความหนาแน่นรวมอยู่ระหว่าง 1.0-1.8ก./ลบ.ซม. ดินชั้นบนจะมีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยประมาณ 1.3 ก./ลบ.ซม. ซึ่งได้จากการใช้ Soil Core ในการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกที่ผิวดิน 5–10 เซนติเมตร แล้วทำการคำนวณโดยใช้สูตร

$$Db = \frac{Msd}{Vts}$$

เมื่อ

Db = ความหนาแน่นรวมของดิน

Msd = มวลของดิน หาได้จากการนำเอาดินแห้งไปชั่ง หน่วย กรัม

Vts = ปริมาตรรวมของดินหาได้จากการนำเอาดินแห้งไปแทนที่น้ำหน่วย มิลลิลิตร

2.2 ความพรุนของดิน (Porosity, E) % หมายถึงเปอร์เซ็นต์ของสัดส่วนระหว่างปริมาตรของสิ่งที่ไม่ใช่ของแข็งและปริมาตรรวมของดิน ซึ่งได้จากการใช้ Soil Core ในการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกที่ผิวดิน 5–10 เซนติเมตร แล้วทำการคำนวณโดยสามารถหาได้จากสูตรดังต่อไปนี้ (Soil Survey Laboratory Staff, 1992)

$$E = \frac{Vns \times 100}{Vb}$$

เมื่อ

E = ความพรุนของดิน

Vns = ปริมาตรที่ไม่ใช่ของแข็ง

Vb = ปริมาตรทั้งหมดของดิน

2.3 ปริมาณน้ำในดิน (Soil Water Content) ความชื้นของดินหาได้จากการนำตัวอย่างดินที่บรรจุอยู่ใน Soil core ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105^{O}C ± 5 ^{O}C (โดยทำการบันทึกน้ำหนักก่อนอบและหลังอบ) เป็นระยะเวลา 18 – 24 ชั่วโมง จนดินแห้งและมีน้ำหนักคงที่ แล้วคิด

ความชื้นของดินเป็นสัดส่วนต่อน้ำหนักดินแห้งเป็นเปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการคำนวณโดยสามารถหาได้จากสูตรดังต่อไปนี้ (Soil Survey Laboratory Staff, 1992)

$$W = (W_w / W_s) \times 100 \quad \text{.....เปอร์เซ็นต์}$$

$$W = \{(W_2 - W_3) / (W_3 - W_1)\} \times 100 \quad \text{.....เปอร์เซ็นต์}$$

เมื่อ

W_w = น้ำหนักน้ำในดิน (กรัม)

W_s = น้ำหนักดินแห้ง (กรัม)

W_1 = น้ำหนักดินแห้ง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างดินเปียก+กระป๋อง (กรัม)

W_3 = น้ำหนักตัวอย่างดินเปียก+กระป๋อง (กรัม)

3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินทั่วทั้งแปลงก่อนการทดลอง ที่ความลึกเท่ากับระดับไถพรวน 15 – 20 เซนติเมตร ผสมคลุกเคล้าตัวอย่างดินทุกจุดให้เข้ากัน แบ่งตัวอย่างดิน จำนวน 0.5 – 1 กิโลกรัม ไปผึ่งในที่ร่มแห้งสนิท บดตัวอย่างดินให้ละเอียด แล้วร่อนด้วยตะแกรงร่อน เบอร์ 20 บรรจุตัวอย่างดินที่ร่อนแล้วลงในถุงพลาสติกที่สะอาด พร้อมเขียนชื่อตัวอย่างดิน ในการเก็บตัวอย่างดินหลังการทดลองทำเช่นเดียวกัน แต่ให้แยกเก็บตัวอย่างดินเป็นในแต่ละกรรมวิธีโดยนำมาวิเคราะห์หาค่าสมบัติด้านเคมีต่างๆดังนี้

3.1 ธาตุอาหารหลัก (Total N, Total P, Total K) ซึ่งทำการวิเคราะห์หาค่าไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) โดยวิธีการ Micro Kjeldahl Method ฟอสฟอรัสโดยวิธีการ Bray. II และโพแทสเซียมโดยวิธีการ Atomic absorption spectrophotometry (AAS) (กองวิเคราะห์ดิน, 2540)

3.2 ธาตุอาหารรอง (Ca, Mg, S) ซึ่งทำการวิเคราะห์ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียโดยวิธีการ Atomic absorption spectrophotometry (AAS) และธาตุกำมะถันโดยวิธีการ In house method based on DOA 2/2552 (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541)

3.3 ธาตุอาหารเสริมบางชนิด (Fe, Cu, Zn, Mn, B) ซึ่งทำการวิเคราะห์ธาตุเหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีสโดยวิธีการ Atomic absorption spectrophotometry (AAS)

(Peech, M, 1965) และธาตุโบรอนวิเคราะห์โดยวิธีการ In house method based on DOA 2/2552 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2530)

3.4 อินทรียวัตถุ (OM) ทำการิวิเคราะห์โดยวิธีการ Walkley and Black modified acid-dichromate digestion, $FeSO_4$ titration method (Walkley & Black, 1947)

3.5 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ทำการวัดค่าในอัตราส่วนของดินและน้ำ คือ 1 : 2 ที่อุณหภูมิ 25°C โดยใช้เครื่อง pH Meter โดยทำการคาริบเบทอุปกรณ์ที่ pH 7 จึงสามารถทำการวัดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ (Soil Survey Laboratory Staff, 1992)

3.6 การนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity EC) เป็นค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ เนื่องจากการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของเกลือในน้ำ การวัดค่าการนำไฟฟ้าในดิน จึงทำให้ประมาณค่าเกลือ ละลายในน้ำที่สกัดออกมาจากดินได้ ซึ่งจะใช้เป็นดัชนีของความเค็มที่บอกได้ว่าพืชจะเจริญเติบโต เป็นปกติหรือไม่ มีหน่วยการวัดเป็น mS/cm. โดยคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25°C โดยทำการวัดค่าในอัตราส่วนของดินและน้ำ คือ 1 : 2 ที่อุณหภูมิ 25°C (Soil Survey Laboratory Staff, 1992)โดยใช้เครื่อง High Accuracy 3-in-1 Digital Conductivity, TDS รุ่น AZ-3in1 มาทำการวัดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

4. วิเคราะห์สมบัติของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง

นำตัวอย่างปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ด้านเคมี ที่ห้องปฏิบัติการของ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ดังนี้

4.1 ธาตุอาหารหลัก (Total N, Variable P, Exchange K) โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) โดยวิธีการ Micro Kjedahl Method ฟอสฟอรัส โดยวิธีการ Bray. II และโพแทสเซียม โดยวิธีการ Atomic absorption spectrophotometry (*AAS*) (กองวิเคราะห์ดิน, 2540)

4.2 ธาตุอาหารรอง (Ca, Mg, S) โดยทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารรอง ด้วยวิธีการ Atomic absorption spectrophotometry (*AAS*) และธาตุกำมะถันโดยวิธีการ In house method based on DOA 2/2552 (Rayment, G.E. & F.R. Higginson, 1992)

4.3 ธาตุอาหารเสริมบางชนิด (Fe, Cu, Zn, Mn, B) โดยทำการวิเคราะห์ธาตุเหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีสโดยวิธีการ Atomic absorption spectrophotometry (*AAS*) และธาตุโบรอนวิเคราะห์โดยวิธีการ In house method based on DOA 2/2552 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2530)

4.4 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยทำการวัดค่าในอัตราส่วนของปุ๋ยและน้ำ คือ 1 : 2 ที่อุณหภูมิ 25°C โดยใช้เครื่อง pH Meter โดยทำการคาริบเบทอุปกรณ์ที่ pH 7 จึงสามารถทำการวัดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ (Soil Survey Laboratory Staff, 1992)

4.5 การนำไฟฟ้าของปุ๋ย (Electrical Conductivity EC) ที่เป็นค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่สกัดจากปุ๋ยที่อิ่มตัวด้วยน้ำ เนื่องจากการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของเกลือในน้ำ การวัดค่าการนำไฟฟ้าจึงทำให้ประมาณค่าเกลือ ละลายในน้ำที่สกัดออกมาจากปุ๋ยได้ ซึ่งจะใช้เป็นดัชนีของความเค็มที่บอกได้ว่าจะสามารถนำไปใช้กับพืชได้อย่างเป็นปกติ มีหน่วยการวัดเป็น mS/cm. โดยคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25°C โดยทำการวัดค่าในอัตราส่วนของดินและน้ำ คือ 1 : 2 ที่อุณหภูมิ 25°C โดยใช้เครื่อง High Accuracy 3-in-1 Digital Conductivity, TDS รุ่น AZ-3in1 มาทำการวัดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง (Soil Survey Laboratory Staff, 1992)

5. การบันทึกการเจริญเติบโต

ทำการสุ่มเลือกต้นมันสำปะหลังที่เป็นตัวแทนในแต่ละซ้ำๆ ละ 3 ต้น รวม 12 ต้นต่อกรรมวิธี โดยทำการบันทึกผลการเจริญเติบโตทุก 1 เดือน ระยะเวลา 6 เดือน มีรายการ ดังนี้

5.1 ความสูงต้น ทำการวัดโดยใช้ตลับเมตร วิธีการวัด วัดจากระดับผิวดินไปถึงปลายยอดสูงสุดของต้นมันสำปะหลังแล้วทำการหาค่าเฉลี่ย หน่วยเซนติเมตร

5.2 ขนาดลำต้น ทำการวัดโดยใช้ Vernier Calipers วิธีการวัด วัดเหนือบริเวณที่ลำต้นแตกจากท่อนพันธุ์ ขึ้นมาระดับที่ 10 เซนติเมตร หรือ บริเวณลำต้นแล้วทำการหาค่าเฉลี่ย หน่วยเซนติเมตร

5.3 ขนาดทรงพุ่ม ทำการวัดโดยใช้ตลับเมตรหรือไม้เมตรวัดทรงพุ่มในลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงพุ่มจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งของทรงพุ่มส่วนที่กว้างที่สุดแล้วทำการหาค่าเฉลี่ย หน่วยเซนติเมตร

6. การบันทึกกระบวนการทางสรีรวิทยา

6.1 ปริมาณคลอโรฟิวล์ (Chlorophyll Content, SPAD Value) โดยใช้เครื่องวัดความเข้มของสีใบหรือ Chlorophyll Meter (SPAD Unit) รุ่น Minolta โดยวัดใบบนสุดที่แผ่ขยายเต็มที่ ทั่วทั้งแปลงๆ ละ 30 ซ้ำ ในช่วง 3 ระยะของใบ ได้แก่ ใบอ่อน ใบเพสลาด และใบแก่ วัดช่วงเวลาระหว่าง 9:00 – 11:00 น ทำการบันทึกทุก 1 เดือน ระยะเวลา 6 เดือน ก่อนทำการวัดเปรียบเทียบปรับค่ามาตรฐานของเครื่องมือกับแผ่นปรับค่ามาตรฐาน ให้ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 % เลือกใบที่แสงส่องถึงโดยทำการสุ่มวัดใบมันสำปะหลัง

6.2 การสะสมมวลชีวภาพ เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1, 4, และ8 เดือนหลังปลูก ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างต้นมันสำปะหลังที่เป็นตัวแทนในแต่ละกรรมวิธีๆ ละ 4 ต้น แล้วทำการแยกส่วนองค์ประกอบของต้นพืช ได้แก่ ราก ลำต้น กิ่ง ก้านใบ และใบ แล้วทำการชั่งน้ำหนักสดก่อนนำไปอบด้วยตัวอย่างมาอบแห้งที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมงขึ้นไป แล้วชั่งหาน้ำหนักแห้ง นำน้ำหนักมาคำนวนหาเปอร์เซ็นต์มวลชีวภาพ (Biomass) โดยการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และน้ำหนักแห้งโดยใช้สมการ ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{[\text{น้ำหนักสด (กรัม)} - \text{น้ำหนักแห้ง (กรัม)}]}{\text{น้ำหนักแห้ง(กรัม)}} \times 100$$

$$\text{มวลชีวภาพ/น้ำหนักแห้ง} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสด (กรัม)}}{\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} + 100}$$

การศึกษาลักษณะการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลัง นั้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการสร้างเนื้อไม้ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นของแข็งหรือ Solid (ลิกนินและเซลลูโลส) เปรียบเทียบกับ การสะสมวัตถุแห้ง(Dry matter)ซึ่งเป็นอินทรีย์สารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของพืช(แป้งและน้ำตาล) ในต้นและในหัวมันสำปะหลัง มีการสะสมมวลชีวภาพและวัตถุแห้งจำนวนมาก ดังนั้นใน 1 หน่วยมวลชีวภาพ(1 หน่วยน้ำหนักเท่ากัน เช่น 1 กก.เท่ากัน) การสะสมมวลชีวภาพจะผกผันกับการสะสมวัตถุแห้ง กล่าวคือ ถ้าในหัวมันมีการสะสมส่วนของแข็งหรือส่วน Solid เพิ่มขึ้นส่วนที่เป็นวัตถุแห้ง(แป้งและน้ำตาล) จะลดลง ในทางตรงกันข้าม ถ้าการสะสมของแข็งหรือ Solid ลดลง ส่วนที่เหลือก็จะเป็นการสะสมวัตถุแห้งคือ แป้งและน้ำตาล เพิ่มขึ้นนั้นเอง ลักษณะการสะสมของมวลชีวภาพและวัตถุแห้งจึงเป็นการบ่งบอกถึงอิทธิพลของปุ๋ยที่มีต่อปริมาณผลผลิต(น้ำหนัก)และคุณภาพผลผลิต(เปอร์เซ็นต์แป้งและน้ำตาล) ในพืชพวกไม้ยืนต้นหรือพืชพลังงาน หากมีการสะสมมวลชีวภาพมากจะเป็นที่ต้องการของตลาดเพราะไม้มีเนื้อแข็งและให้ความร้อนสูงเนื่องจากมีลิกนินและเซลลูโลสจำนวนมาก (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552) แต่ในผลผลิตพืชเศรษฐกิจทั่วไปการมีลิกนินมากจะทำให้พื้นที่ส่วนเหลือเพื่อการสะสมแป้งและน้ำตาลน้อยลง เปอร์เซ็นต์แป้งและน้ำตาลจึงต่ำ เป็นต้น โดยทำการบันทึกตามอายุพืช 3 ช่วงดังนี้

6.2.1 การบันทึกการสะสมมวลชีวภาพเมื่ออายุ 1 เดือน

6.2.2 การบันทึกการสะสมมวลชีวภาพเมื่ออายุ 4 เดือน

6.2.3 การบันทึกการสะสมมวลชีวภาพเมื่ออายุ 8 เดือน

6.2.4 การบันทึกการสะสมมวลชีวภาพในราก (เมื่อเก็บผลผลิต อายุ 8 เดือน)

7. การบันทึกผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

เมื่อมันสำปะหลังอายุ 10 เดือน ครบอายุการเก็บเกี่ยวผลผลิต ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังที่เป็นตัวแทนของแต่ละซ้ำๆ ละ 10 ต้น รวมกรรมวิธีละ 40 ต้น ทุกกรรมวิธีรวมทั้งหมด 360 ต้น เพื่อบันทึกข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตทั้งแปลงในแต่ละกรรมวิธี เพื่อเป็นข้อมูลผลผลิตรวมต่อกรรมวิธี ดังนี้

7.1 จำนวนหัวเฉลี่ย/ต้น ทำการนับจำนวนหัว ทุกหัวที่มีในหนึ่งต้นรวมกัน หน่วย หัว/ต้น

7.2 ความยาวเฉลี่ย/หัว ทำการวัดความยาวหัวโดยใช้ตลับเมตรวัด ความยาวของทุกหัวที่มีในหนึ่งต้นรวมกันแล้วทำการเฉลี่ย หน่วย เซนติเมตร/หัว

7.3 ขนาดเส้นรอบวงเฉลี่ย/หัว ทำการวัดเส้นรอบวงของหัวโดยใช้เทปวัดทำการวัดเส้นรอบวงของหัวมันตรงบริเวณที่กว้างที่สุดของทุกหัวที่มีในหนึ่งต้นรวมกันแล้วทำการเฉลี่ย หน่วย เซนติเมตร/หัว

7.4 น้ำหนักเฉลี่ย/หัว ทำการชั่งน้ำหนักหัวของทุกหัวที่มีในหนึ่งต้นรวมกัน โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลขนาด 5 กิโลกรัม แล้วทำการเฉลี่ย หน่วย กิโลกรัม/หัว

7.5 น้ำหนักหัวเฉลี่ย/ต้น ทำการบันทึกข้อมูลน้ำหนักหัวทั้งหมดในหนึ่งต้นรวมกัน โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 15 กิโลกรัม แล้วทำการเฉลี่ย หน่วย น้ำหนักผลผลิตกิโลกรัมต่อต้น

7.6 น้ำหนักผลผลิตหัวมันสด (Tuber) เฉลี่ย/ไร่ โดยการนำปริมาณผลผลิตเฉลี่ย (ระยะปลูก 80 X 120 เซนติเมตร)/ตารางเมตร x ด้วยพื้นที่จำนวน 1 ไร่

8. การบันทึกเปอร์เซ็นต์แป้ง

บันทึกเปอร์เซ็นต์แป้งโดยใช้*เครื่องชั่งแบบความถ่วงจำเพาะด้วยน้ำ Riemann Scale Balance (specific gravity) ในหัวสด (Tuber) ที่ใช้ในโรงงานรับซื้อมันสำปะหลังตามที่กระทรวงพาณิชย์กำหนด* ทำการสุ่มหัวมันสดมาทำการวัดเปอร์เซ็นต์แป้งจำนวน 5 ครั้ง/กรรมวิธี แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง

9. การบันทึกต้นทุนการผลิตและผลกำไรแบบสังเขป

บันทึกข้อมูลต้นทุนหมุนเวียน และผลกำไร โดยการเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายที่สำคัญตั้งแต่เริ่มทำการทดลองแล้วนำมาเปรียบเทียบกับรายรับ (รายได้) อันเกิดจากการขายผลผลิตของมันสำปะหลังแบบหัวสด (Tuber) แบบสังเขปเท่านั้น

9.1 ต้นทุนหมุนเวียน เช่น ค่าไถเตรียมดิน (บาท/ไร่), ค่าไถยกร่อง (บาท/ไร่), ค่าต้นพันธุ์ (บาท/ไร่), ค่าปลูก, ค่ากำจัดวัชพืช, ค่าปุ๋ย/ไร่/ปี, ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต, ค่าบรรทุกผลผลิต

9.2 รายได้และกำไรสุทธิ เช่น ราคารับซื้อโรงงาน (บาท/กิโลกรัม), ราคาผลผลิต/ไร่ (บาท), กำไรสุทธิ / ไร่ (บาท), กำไรสุทธิ/ผลผลิต 1 กิโลกรัม

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดย Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยแสดงผลในรูปค่าเฉลี่ย (Mean) ความแปรปรวนของข้อมูล (Coefficient of Variation)

สถานที่ใช้ในการทดลอง

ทำการทดลองในแปลงปฏิบัติการพืชไร่ พิกัด 17.605782, 100.108016 และห้องปฏิบัติการทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ตำบลป่าเซ่า อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ และห้องปฏิบัติการของคณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

ระยะเวลาในการทดลอง

มิถุนายน พ.ศ. 2560 - มิถุนายน พ.ศ. 2561

บทที่ 4

ผลการทดลอง

สภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณแปลงปลูก

พบว่าอุณหภูมิช่วงที่ทำการทดลอง อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 34°C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 24°C ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 7.78 มิลลิเมตร/วัน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสะสม 1,365 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามในเรื่องอุณหภูมิบริเวณแปลงทดลอง และปริมาณน้ำฝนไม่มีอุปสรรคต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตเนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดี

สมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

พบว่าดินก่อนการทดลองมีปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารเสริมอยู่ในระดับต่ำ อินทรียวัตถุ (OM) 0.23 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) มีสภาพ เป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid) 6.3 ค่าการนำไฟฟ้าในดิน (Electrical Conductivity) อยู่ในระดับ เค็มน้อยมาก 0.56 mS/cm ค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density) มีความหนาแน่นรวมสูงมาก เท่ากับ 1.45 กรัม/ลูกบาตร์เซนติเมตร ค่าความพรุนของดิน (Porosity) มีความพรุนน้อยมาก เท่ากับ 26.58 เปอร์เซ็นต์ ค่าความจุความชื้นภาคสนาม 22.19 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับ ต่ำ แต่ก็เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ดังตาราง 5

ดินหลังการทดลอง พบว่าในด้านธาตุอาหารหลัก (N P K) ดินมีระดับธาตุอาหารสูงขึ้นในทุกกรรมวิธียกเว้นกรรมวิธีควบคุม T1 โดยทุกกรรมวิธีมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ใน แต่ใน T5 (HO-1 100 Kg.) และT7 (HO-2 100 Kg.) มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมสูงสุดคือ 5.07 และ4.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดอัตรา 50 – 100 กก./ไร่ ตามลำดับ อีกทั้ง พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) รวมสูงสุด คือ T7 (HO-2 100 Kg.) ระดับ 0.806 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารเสริมบางประการ เหล็ก (Fe) และแมงกานีส (Mn) รวมสูงสุด คือ T7 (HO-2 100 Kg.) ระดับ 0.223 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน พบว่า ดินมีระดับอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นมากที่สุด ได้แก่ T3 (ORG 100 Kg.), T2 (ORG 50 Kg.), T7 (HO-2 100 Kg.) และT5 (HO-1 100 Kg.) ตามลำดับ มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงสุด 0.93, 0.84, 0.75 และ0.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมีและการไม่ใส่ปุ๋ย (Control) ค่าความเป็นกรดด่างของดินหลังการทดลอง พบว่า การไม่ใส่ปุ๋ย การใส่

ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด และการใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 ไม่แตกต่างกันตามเกณฑ์ความเป็นกรดด่างในดิน ที่อยู่ในระดับเป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid) pH 6.0 – 6.5 ซึ่งแตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี T8 และT9 ที่ทำให้สภาพของดินมีแนวโน้มเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งอยู่ในระดับ กรดจัด (strongly acid) pH 5.1 – 5.5

ค่าการนำไฟฟ้าในดิน (Electrical Conductivity) ในเนื้อดินร่วนปนทรายแป้ง พบว่า ทุกกรรมวิธี อยู่ในระดับ เค็มปานกลาง 0.81 – 1.60 mS/cm ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density) พบว่า T3, T4, T5, T6, T7 มีผลทำให้ค่าความหนาแน่นของดินลดลง อยู่ในระหว่าง 1.24 – 1.32 g/cm^3 มีผลทำให้ดินมีความพรุนมากขึ้น รากของมันสำปะหลังเจริญเติบโตได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธี T8, T9 และT1 ที่มีผลทำให้ค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นหรือไม่แตกต่างกับดินก่อนการทดลอง คือ 1.45 – 1.55 g/cm^3 มีผลต่อการขยายเขตรากของมันสำปะหลัง เมื่อเปรียบเทียบค่าความจุความชื้นภาคสนาม (FC) ในดินหลังการทดลอง พบว่า T7 HO-2 (26.75 %) และT5 HO-1 (26.40 %) อัตรา 100 กก./ไร่ มีค่าสูงกว่าในทุกๆ กรรมวิธี

ตาราง 5 สมบัติของดินก่อนและหลังการทดลอง

สมบัติของดิน		ก่อนทดลอง	หลังทดลอง								
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
ธาตุอาหารหลัก											
Total N	%	0.01	0.00	0.10	0.22	1.12	1.11	1.20	1.26	1.19	1.42
Available P	%	0.32	0.15	0.20	0.21	1.44	1.98	1.16	1.24	1.15	1.27
Exchange K	%	0.03	0.01	0.23	0.69	1.02	1.98	1.35	2.07	1.47	1.68
ธาตุอาหารรอง											
Exchange Ca	ppm.	0.065	0.030	0.095	0.176	0.233	0.222	0.179	0.227	0.044	0.042
Exchange Mg	ppm.	0.124	0.174	0.246	0.295	0.335	0.421	0.278	0.481	0.124	0.135
Available S	ppm.	0.012	0.001	0.011	0.093	0.045	0.077	0.023	0.099	0.011	0.041
ธาตุอาหารเสริม											
Fe	ppm.	0.007	0.006	0.019	0.026	0.019	0.026	0.018	0.032	0.007	0.008
Mn	ppm.	0.052	0.059	0.069	0.111	0.156	0.135	0.120	0.191	0.107	0.138
อินทรียวัตถุ (%)		0.23	0.28	0.84	0.97	0.65	0.72	0.67	0.75	0.27	0.28
กรด - ด่าง		6.3	6.6	6.5	6.6	6.5	6.5	6.5	6.5	5.8	5.7
การนำไฟฟ้า (mS/cm)		0.56	0.33	0.83	1.03	1.33	1.54	1.41	1.63	1.33	1.35
ความหนาแน่นรวม (g/cm^3)		1.45	1.44	1.28	1.25	1.32	1.30	1.26	1.24	1.40	1.42

สมบัติของดิน	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง								
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
ความพรุน (%)	26.58	26.09	34.45	35.06	38.05	39.50	39.15	41.50	28.45	28.55
ความจุความชื้นภาคสนาม (%)	22.19	22.15	23.15	23.90	25.15	26.40	25.54	26.75	22.65	22.63

จากรายการรวบรวมสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง อาจกล่าวได้ว่าดินในกรรมวิธีที่มีการใช้ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-1 และHO-2 มีแนวโน้มต่อการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารเสริมในดิน รวมไปถึงการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ อินทรียวัตถุ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้าในดิน ค่าความหนาแน่นรวมของดิน ค่าความพรุนของดิน และค่าความจุความชื้นภาคสนาม ได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี และการไม่ใส่ปุ๋ย (Control)

สมบัติของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง พบว่า ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียม ที่สูงที่สุด ได้แก่ ปุ๋ยเคมี (CHEM) สูตร 15-15-15 ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวม 45 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม เมื่อพิจารณาเฉพาะในกลุ่มของธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ ที่พบสูงสุด ได้แก่ ปุ๋ยออร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม 2 (HO-2), ปุ๋ยออร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม 1 (HO-1) และปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ตามลำดับ แต่ไม่พบในปุ๋ยเคมี ในกลุ่มของธาตุอาหารเสริม ได้แก่ เหล็ก, ทองแดง, สังกะสี,แมงกานีส และโบรอน พบว่าปุ๋ยที่มีปริมาณธาตุอาหารเสริมสูงที่สุด ได้แก่ ปุ๋ยออร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม 2 (HO-2), ปุ๋ยออร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม 1 (HO-1) และปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด แต่ไม่พบในปุ๋ยเคมี ปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่าปุ๋ยที่มีอินทรียวัตถุสุงที่สุด ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดสูตรผสม ที่มีอินทรียวัตุ 5.3 เปอร์เซ็นต์ ดังตาราง 6

ตาราง 6 ปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารเสริม และสมบัติของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง

สมบัติของปุ๋ย			ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง			
			ORG	HO-1	HO-2	CHEM
ธาตุอาหารหลัก	N	%	2.43	2.55	2.65	15
	P	%	1.65	1.44	1.62	15
	K	%	1.98	10.29	10.54	15
	Total (%)		6.06	14.28	14.81	45
ธาตุอาหารรอง	Ca	ppm.	0.12	1.99	2.14	-
	Mg	ppm.	0.34	1.11	1.36	-
	S	ppm.	2.45	0.75	0.92	-
	Total (ppm.)		2.91	3.85	4.42	-
ธาตุอาหารเสริม	Fe	ppm.	0.020	0.014	0.018	-
	Cu	ppm.	0.005	0.004	0.005	-
	Zn	ppm.	0.015	0.014	0.016	-
	Mn	ppm.	0.009	0.025	0.027	-
	B	ppm.	0.005	0.003	0.003	-
	Total (ppm.)		0.054	0.060	0.069	
อินทรียวัตถุ (OM) %			5.3	1.13	1.20	

ผลการบันทึกการเจริญเติบโต

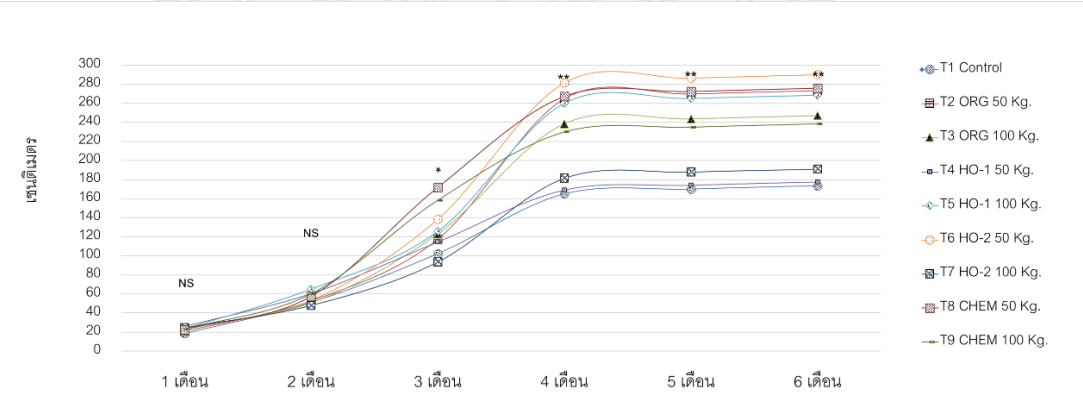
1. ความสูง ของมันสำปะหลัง พบว่า กรรมวิธีที่มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของลำต้นสูงที่สุด ได้แก่ T6, T8, T2, T5, T3, T9, T7, T4 และT1 ตามลำดับ ซึ่งมีความสูงของต้นเฉลี่ย 290.08, 275.92, 273.17, 268.50, 247.08, 238.67, 191.00, 177.67 และ173.58 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ 99% **ดังตาราง 7 และภาพ 7**

ตาราง 7 การเจริญเติบโตทางด้านความสูง

กรรมวิธี	อายุมันสำปะหลัง (เดือน) หน่วย : (cm.)					
	1	2	3	4	5	6
T1 Control	18.83	51.42	102.42de	165.08e	170.08e	173.58e
T2 ORG 50 Kg.	20.67	52.75	117.33cde	264.67b	269.67b	273.17b
T3 ORG 100 Kg.	24.83	50.83	123.17cd	238.58c	243.58c	247.08c
T4 HO-1 50 Kg.	26.00	60.50	114.58cde	169.17e	174.17e	177.67e
T5 HO-1 100 Kg.	23.58	65.42	125.83cd	260.00b	265.00b	268.50b
T6 HO-2 50 Kg.	23.67	53.25	138.42bc	281.58a	286.58a	290.08a
T7 HO-2 100 Kg.	24.83	48.17	93.67e	181.50d	188.00d	191.00d
T8 CHEM 50 Kg.	22.33	57.42	171.75a	267.42b	272.42b	275.92b
T9 CHEM 100 Kg.	23.08	60.33	158.50ab	230.17c	235.17c	238.67c
F – Test	ns	ns	**	**	**	**
CV (%)	28.30	26.12	25.40	5.16	5.01	4.93

หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ 99%



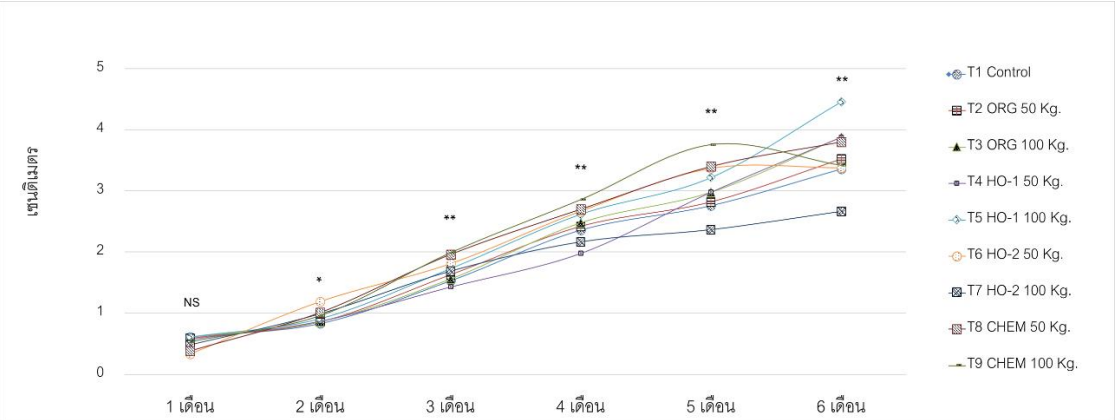
ภาพ 7 การเจริญเติบโตทางด้านความสูง

2. ขนาดลำต้น ของมันสำปะหลัง พบว่า กรรมวิธีที่มีการเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้นใหญ่ที่สุด ได้แก่ T5, T3, T4, T8, T2, T9, T6, T1 และT7 ซึ่งมีค่าขนาดลำต้นเฉลี่ย เท่ากับ 4.46, 3.88, 3.88, 3.80, 3.52, 3.42, 3.38, 3.36 และ2.67 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ 99% **ดังตาราง 8 และภาพ 8**

ตาราง 8 การเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้น

กรรมวิธี	อายุมันสำปะหลัง (เดือน) หน่วย : (cm.)					
	1	2	3	4	5	6
T1 Control	0.61	0.83b	1.53cd	2.36bc	2.76d	3.36d
T2 ORG 50 Kg.	0.59	0.86b	1.63bcd	2.42bc	2.82d	3.52cd
T3 ORG 100 Kg.	0.61	0.86b	1.56cd	2.48bc	2.98cd	3.88b
T4 HO-1 50 Kg.	0.57	0.87b	1.43d	1.98d	2.98cd	3.88b
T5 HO-1 100 Kg.	0.61	0.91b	1.73bc	2.62ab	3.22a	4.46a
T6 HO-2 50 Kg.	0.33	1.19a	1.81ab	2.67ab	3.37b	3.38d
T7 HO-2 100 Kg.	0.48	0.99ab	1.69bc	2.17cd	2.37e	2.67e
T8 CHEM 50 Kg.	0.38	1.01ab	1.96a	2.70ab	3.40b	3.80bc
T9 CHEM 100 Kg.	0.53	0.96ab	1.99a	2.86a	3.76bc	3.42d
F – Test	ns	*	**	**	**	**
CV (%)	52.66	29.32	14.4	15.83	12.74	10.85

หมายเหตุ: : ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%,
** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ 99%



ภาพ 8 การเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้น

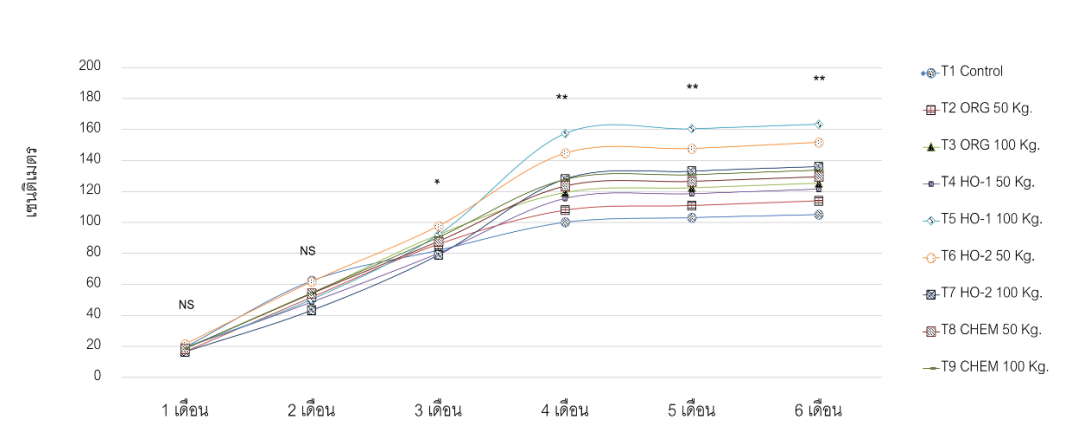
3. ขนาดทรงพุ่ม ของมันสำปะหลัง พบว่า กรรมวิธีที่มีการเจริญเติบโตทางด้านขนาดทรงพุ่มที่ใหญ่ที่สุด ได้แก่ T5, T6, T7, T9, T8, T3, T4, T2 และT1 ซึ่งมีค่าขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย เท่ากับ 183.00, 165.50, 137.00, 130.00, 143.00, 130.00, 137.00, 127.00 และ115.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ 99% **ดังตาราง 9 และภาพ 9**

ตาราง 9 การเจริญเติบโตทางด้านขนาดทรงพุ่ม

กรรมวิธี	อายุมันสำปะหลัง (เดือน) หน่วย : (cm.)					
	1	2	3	4	5	6
T1 Control	19.58	62.50	82.25b	100.33g	103.33g	105.33g
T2 ORG 50 Kg.	16.67	51.83	86.08ab	108.00fg	111.00f	114.00f
T3 ORG 100 Kg.	18.75	54.50	92.33ab	119.58de	122.58de	125.58de
T4 HO-1 50 Kg.	19.17	48.67	80.08b	115.50ef	118.50ef	121.50ef
T5 HO-1 100 Kg.	19.58	50.50	92.42ab	157.58a	160.58a	163.58a
T6 HO-2 50 Kg.	21.58	61.92	97.83ab	144.75b	147.75b	151.75b
T7 HO-2 100 Kg.	16.75	43.42	79.08b	128.08c	133.08c	136.08c
T8 CHEM 50 Kg.	18.67	54.25	88.00ab	123.67cd	126.67cd	129.67ab
T9 CHEM 100 Kg.	18.67	54.67	90.50ab	127.83c	130.83c	133.83c
F – Test	ns	ns	*	**	**	**
CV (%)	26.91	33.23	16.60	7.65	7.46	7.29

หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%,

** = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ 99%



ภาพ 9 การเจริญเติบโตทางด้านขนาดทรงพุ่ม

ผลการบันทึกกระบวนการทางสรีรวิทยา

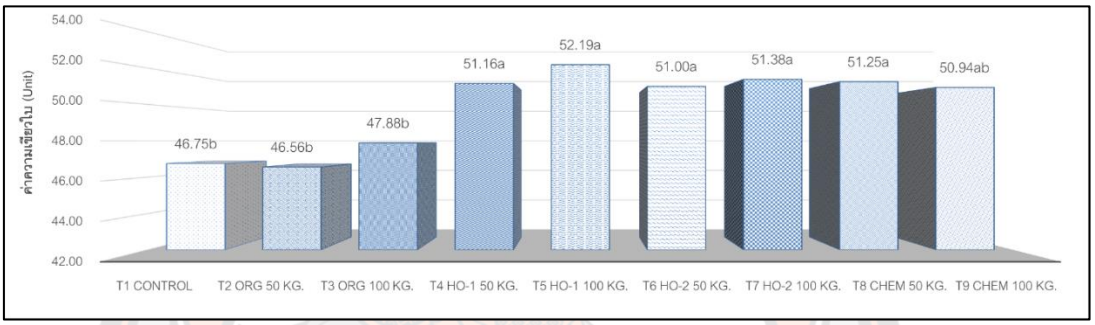
ปริมาณคลอโรฟิวล์ (Chlorophyll Content, SPAD Value) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอายุ 6 เดือน แล้ว พบว่า กรรมวิธีที่ที่มีค่าความเขียวใบมากที่สุด ได้แก่ T5, T7, T8, T4, T6 และT9 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย ได้แก่ 52.19, 51.38, 51.25, 51.16, 51.00 และ50.93 Unit ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ 99% กับ T3, T1 และT2 ที่มีค่าเฉลี่ยความเขียวใบ 47.88, 46.74 และ46.56 Unit ตามลำดับ **ดังตาราง 10 และภาพ 10**

ตาราง 10 ปริมาณคลอโรฟิวล์ (Chlorophyll Content, SPAD Unit)

กรรมวิธี	อายุมันสำปะหลัง (เดือน)						เฉลี่ย(SPAD Unit)
	1	2	3	4	5	6	
T1 Control	41.38	44.78	47.33	48.72	49.19	49.06	46.74b
T2 ORG 50 Kg.	40.67	46.51	46.61	48.18	48.15	49.26	46.56b
T3 ORG 100 Kg.	41.76	46.85	48.53	49.25	49.53	51.39	47.89b
T4 HO-1 50 Kg.	42.41	50.31	50.98	53.88	54.17	55.17	51.15a
T5 HO-1 100 Kg.	41.39	53.10	53.64	53.82	55.43	54.07	52.19a
T6 HO-2 50 Kg.	41.59	52.05	52.63	52.66	52.98	54.06	51.00a
T7 HO-2 100 Kg.	42.38	51.63	52.19	52.39	54.39	55.31	51.38a
T8 CHEM 50 Kg.	42.43	52.13	52.55	53.69	53.33	53.35	51.25a
T9 CHEM 100 Kg.	42.68	50.71	51.28	52.76	52.54	55.66	50.94a

กรรมวิธี	อายุมันสำปะหลัง (เดือน)						เฉลี่ย(SPAD Unit)
	1	2	3	4	5	6	
เฉลี่ย	41.85	49.78	50.64	51.71	52.19	53.04	49.87
F – Test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
CV (%)	5.84	14.98	14.51	14.33	11.35	12.24	8.50

หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%,



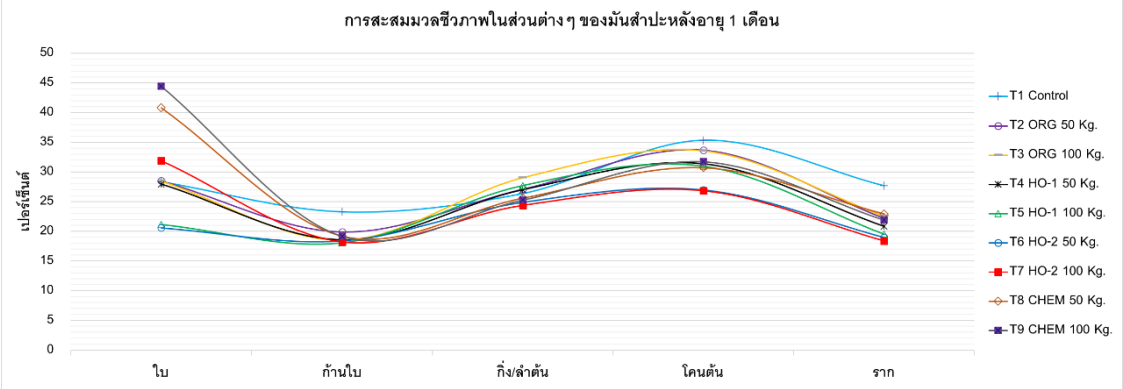
ภาพ 10 ปริมาณคลอโรฟิวล์ (Chlorophyll Content, SPAD Unit)

ผลการบันทึกการสะสมมวลชีวภาพ

1. มันสำปะหลังอายุ 1 เดือน หลังปลูก พบว่า ทุกกรรมวิธีมีการสะสมมวลชีวภาพในส่วนต่างๆของต้น เมื่ออายุ 1 เดือน พบว่าปริมาณการสะสมมวลชีวภาพ (ส่วน Solid) กระจายไปทุกส่วนของต้นพืชอย่างสมดุลแต่ยังมีปริมาณน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพืชพึ่งได้รับปุ๋ย และเริ่มการเจริญเติบโต โดยพบว่าทุกกรรมวิธีมีลักษณะการกระจายตัวแบบเดียวกัน หากดูเฉพาะส่วนของพืชแล้วพบว่าการสะสมมวลชีวภาพ มีปริมาณมากสุดในส่วนที่เป็นใบ (Leaf) อย่างไรก็ตามกรรมวิธีที่มีการสะสมมวลชีวภาพมากที่สุด ได้แก่ T9, T8, T7, T2, T3, T1, T4, T5 และT6 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าการสะสมมวลชีวภาพเฉลี่ย ดังนี้ 44.43, 40.82, 31.91, 28.52, 28.49, 28.36, 27.95, 21.16 และ 20.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่าทุกกรรมวิธีในส่วนของรากปริมาณมวลชีวภาพอยู่ในระดับต่ำและไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพืชพึ่งได้รับสารอาหารจากปุ๋ยและกำลังเจริญเติบโตอิทธิพลของปุ๋ยที่กระตุ้นการสะสมแป้งและน้ำตาลที่บริเวณรากจึงยังไม่ส่งผลนั้นเอง ดังตาราง 11 และภาพ 11

ตาราง 11 ดัชนีการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน

Treatment	ส่วนประกอบของต้นมันสำปะหลัง (%)				
	ใบ	ก้านใบ	กิ่ง/ลำต้น	โคนต้น	ราก
T1 Control	28.36	23.32	26.38	35.33	27.68
T2 ORG 50 Kg.	28.52	19.93	27.12	33.69	22.22
T3 ORG 100 Kg.	28.49	18.55	29.06	33.60	22.56
T4 HO-1 50 Kg.	27.95	18.57	27.01	31.37	20.82
T5 HO-1 100 Kg.	21.16	18.08	27.71	30.96	19.52
T6 HO-2 50 Kg.	20.59	18.41	24.90	26.97	18.99
T7 HO-2 100 Kg.	31.91	18.21	24.39	26.86	18.38
T8 CHEM 50 Kg.	40.82	19.22	25.61	30.73	22.95
T9 CHEM 100 Kg.	44.43	19.19	25.28	31.74	21.91



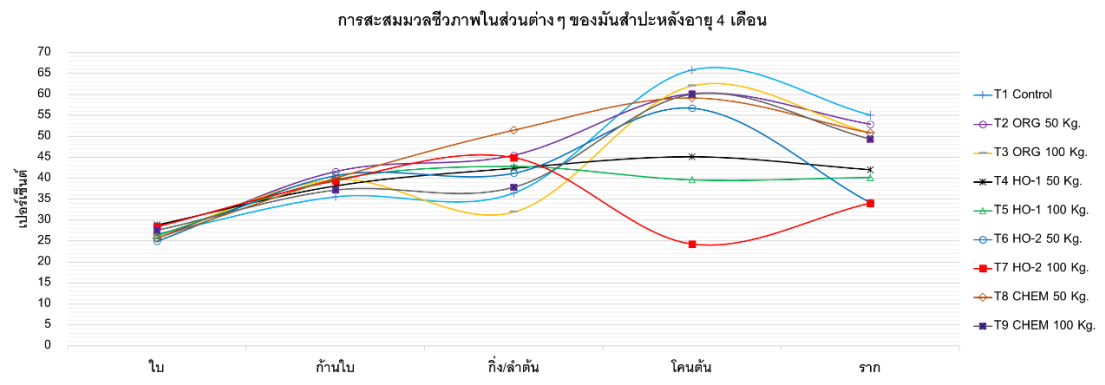
ภาพ 11 การสะสมมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน

2. มันสำปะหลังอายุ 4 เดือน หลังปลูก พบว่า ทุกกรรมวิธีมีการสะสมมวลชีวภาพในส่วนต่างๆของพืชพบว่ามีปริมาณมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับอายุ 1 เดือน ส่วนลักษณะการสะสมและกระจายตัว พบว่าทุกกรรมวิธีการสะสมมวลชีวภาพในส่วนของใบลดลง แต่จะเพิ่มขึ้นในส่วนที่เป็นกิ่งและลำต้น (Stem) โคนต้น อย่างเด่นชัดยกเว้นกรรมวิธี T7 (HO-2) อัตรา 100 กก./ไร่ ที่พบว่าการสะสมในส่วนโคนต้นจะลดลงอย่างมากแตกต่างกับกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างเด่นชัดในทางตรงกันข้าม เนื่องจากการสะสมวัตถุแห้ง(Dry matter) จะเป็นปฏิปักผกผันกับการสะสมมวลชีวภาพ (Biomass หรือ Solid) แสดงให้เห็นว่าในส่วนโคนต้นถ้าน้ำหนักเท่ากันเช่น 1 กิโลกรัมแสดงให้เห็นว่า T7 (HO-2)

มีการสะสมวัตถุแห้งในโคนต้นสูงสุด (แป้งและน้ำตาล)เหนือกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างไรก็ตามกรรมวิธีที่มีการสะสมมวลชีวภาพ(Biomass หรือ Solid) มากที่สุดเมื่ออายุ 4 เดือน ได้แก่ T1, T3, T2, T9, T8, T6, T4, T5 และT7 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าการสะสมมวลชีวภาพเฉลี่ย ดังนี้ 65.8, 62.05, 60.15, 60.06, 59.19, 56.73, 45.13, 39.58 และ24.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตาราง 12 ภาพ 12

ตาราง 12 ดัชนีการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน

Treatment	ส่วนประกอบของต้นมันสำปะหลัง (%)				
	ใบ	ก้านใบ	กิ่ง/ลำต้น	โคนต้น	ราก
T1 Control	26.67	35.53	36.43	65.80	55.04
T2 ORG 50 Kg.	25.66	41.55	45.45	60.15	52.85
T3 ORG 100 Kg.	26.29	39.66	31.94	62.05	50.80
T4 HO-1 50 Kg.	28.85	38.18	42.38	45.13	42.03
T5 HO-1 100 Kg.	26.35	39.66	42.78	39.58	40.17
T6 HO-2 50 Kg.	25.00	40.63	41.21	56.73	34.17
T7 HO-2 100 Kg.	28.41	39.39	44.92	24.29	34.08
T8 CHEM 50 Kg.	25.66	40.00	51.48	59.19	50.81
T9 CHEM 100 Kg.	27.54	37.18	37.85	60.06	49.33



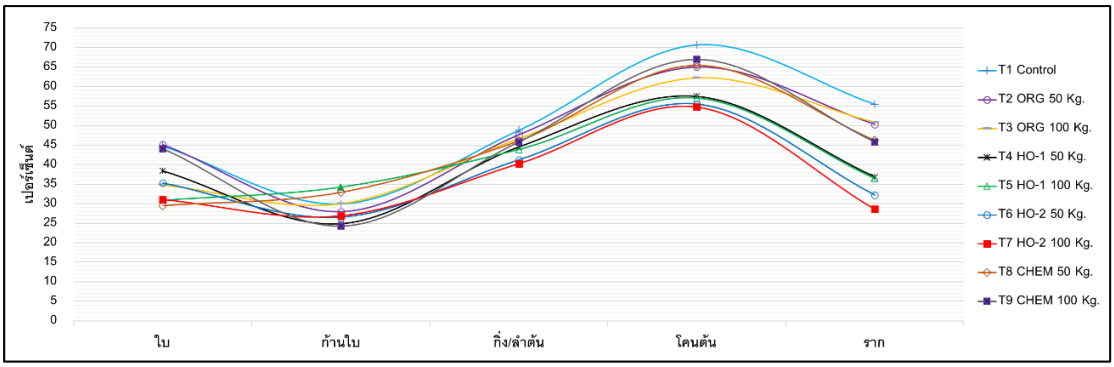
ภาพ 12 การสะสมมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน

3. มันสำปะหลังอายุ 8 เดือน หลังปลูก พบว่า ทุกกรรมวิธีมีการสะสมมวลชีวภาพในส่วนต่างๆของพืชมีปริมาณมากขึ้นตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับอายุ 4 เดือน ส่วนลักษณะการสะสมและกระจายตัวเมื่อพืชอายุ 8 เดือน พบว่าทุกกรรมวิธีดัชนีการสะสมมวลชีวภาพ(Biomass) ส่วนใหญ่คือ

ลิกนินและเซลล์ลูโลส ในส่วนของ กิ่ง/ลำต้น เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ในส่วนของโคนต้นเพิ่มขึ้นอย่างมาก และในส่วนของรากจะลดลง ในทางตรงกันข้ามแสดงให้เห็นว่าที่รากหรือหัว มีการสะสมแป้งและน้ำตาลมากขึ้นเป็นลักษณะเช่นนี้ ในทุกกรรมวิธี โดยพบว่าในส่วนของโคนต้นของ T7 (HO-2) อัตรา 100 กก./ไร่ ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้นช่วงอายุ 4 เดือนมีการสะสมวัตถุแห้ง(แป้งและน้ำตาล) สูงสุดในโคนต้นเหนือกรรมวิธีอื่น ๆ แต่เมื่ออายุ 8 เดือนที่พบว่า สัดส่วนของวัตถุแห้ง (แป้งและน้ำตาล)ที่โคนต้นลดลง แต่มาสะสมแป้งและน้ำตาลในส่วนของรากจึงทำให้ดัชนีสะสมมวลชีวภาพในรากต่ำสุด ดังนั้นใน T7 (HO-2) 100 กก./ไร่เมื่ออายุ 8 เดือนสัดส่วนมวลชีวภาพในรากจึงต่ำสุดนั้นเอง อย่างไรก็ตามเมื่ออายุ 8 เดือน หากจะเรียงลำดับกรรมวิธีที่มีปริมาณมวลชีวภาพ((Biomass ; ลิกนินและเซลล์ลูโลส) ในส่วนโคนต้น มากที่สุด ได้แก่ T1, T9, T8, T2, T3, T4, T5, T6 และT7 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าการสะสมมวลชีวภาพเฉลี่ย ดังนี้ 70.7, 66.96, 65.47, 65.02, 62.18, 57.52, 57.02, 55.53 และ 54.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 13 และภาพ 13)

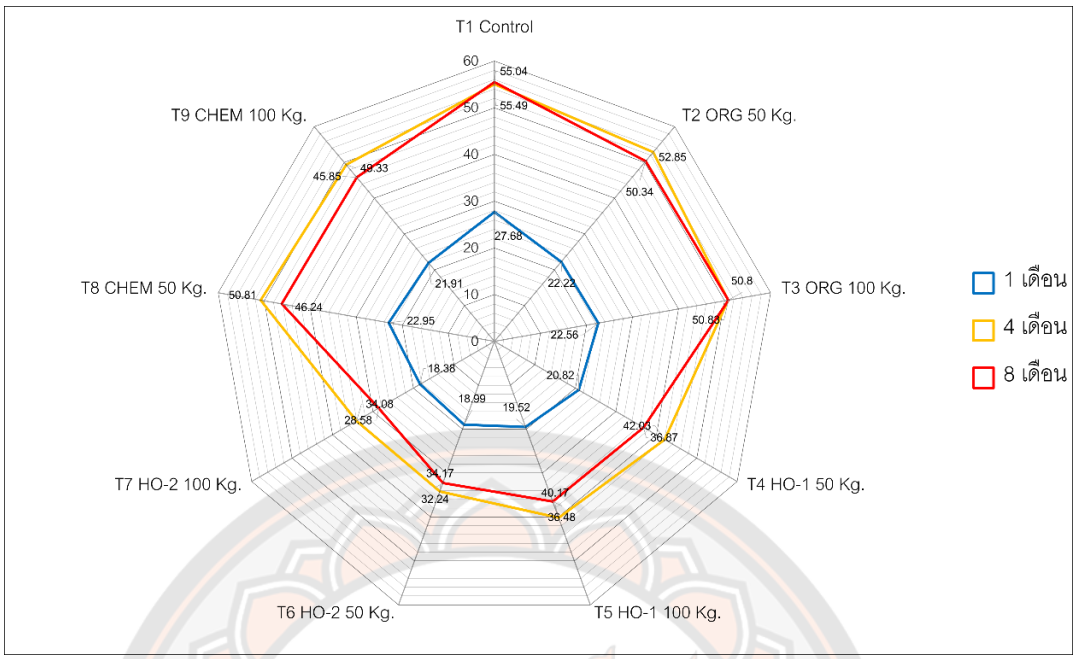
ตาราง 13 ดัชนีการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน

Treatment	ส่วนประกอบของต้นมันสำปะหลัง (%)				
	ใบ	ก้านใบ	กิ่ง/ลำต้น	โคนต้น	ราก
T1 Control	44.75	29.96	48.81	70.70	55.49
T2 ORG 50 Kg.	45.12	27.91	47.65	65.02	50.34
T3 ORG 100 Kg.	34.79	29.97	46.66	62.18	50.83
T4 HO-1 50 Kg.	38.39	24.85	44.56	57.52	36.87
T5 HO-1 100 Kg.	30.92	34.28	43.90	57.02	36.48
T6 HO-2 50 Kg.	35.31	26.58	41.24	55.53	32.24
T7 HO-2 100 Kg.	31.07	26.90	40.28	54.78	28.58
T8 CHEM 50 Kg.	29.50	32.92	46.12	65.47	46.24
T9 CHEM 100 Kg.	44.10	24.27	45.85	66.96	45.85



ภาพ 13 การสะสมมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน

4. การสะสมมวลชีวภาพในส่วนที่เป็นหัว (Tuber) พบว่า เดือนที่ 1 – 4 มีการสะสมมวลชีวภาพในใบ ก้านใบ กิ่ง/ลำต้น โคนต้น และราก ในทุกกรรมวิธี แต่เมื่อพิจารณาในส่วนที่เป็นรากในเดือนที่ 8 พบว่ากรรมวิธีที่มีการสะสมมวลชีวภาพในรากมากที่สุด(แต่สะสมแป้งและน้ำตาลน้อย) ได้แก่ T1, T3, T2, T8, T9, T4, T5, T6 และT7 ตามลำดับ มีค่ามวลชีวภาพเท่ากับ 55.49, 50.83, 50.34, 46.24, 45.85, 36.87, 36.48, 32.24 และ28.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การสะสมมวลชีวภาพ (Biomass) จะเป็น*ปฏิปักษ์*ผกผันกับการสะสมวัตถุแห้ง(Dry matter) แสดงให้เห็นว่า T7 (HO-2) อัตรา 100 กก./ไร่ มีการสะสมวัตถุแห้ง (แป้งและน้ำตาล)ในหัวสูงสุด เหนือกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างไรก็ตามการสะสมมวลชีวภาพ(Biomass) ในหัวมันสำปะหลังจะมีส่วนที่เป็นของเหลว (น้ำ) 60 – 65 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เป็นของแข็ง เช่น เปลือก และเนื้อ (Starch) 30 – 35 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 1 – 2 เปอร์เซ็นต์ (Johnson, R., & Raymond, W., 1965) ดังตาราง 11 - 13 และภาพ 14



ภาพ 14 การสะสมมวลชีวภาพในส่วนที่เป็นราก หรือหัว (Tuber) อายุ 1 – 8 เดือน

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

1. **จำนวนหัวเฉลี่ย/ต้น พบว่ากรรรมวิธีที่มีจำนวนหัวเฉลี่ย/ต้น มากที่สุด**ได้แก่ T7, T5, T9, T8, T4, T2, T6, T3 และT1 ซึ่งมีจำนวนหัวต่อต้นเฉลี่ย ดังนี้ 17.00, 15.25, 15.25, 15.00, 14.50, 13.75, 13.50, 11.75 และ10.75 หัว/ต้น ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญ 95% ดังตาราง 14

2. **ความยาวหัวเฉลี่ย พบว่ากรรรมวิธีที่มีความยาวหัวเฉลี่ยมากที่สุด**ได้แก่ T7, T6, T8, T4, T2, T9, T3, T5 และT1 ซึ่งมี**ความยาวหัวเฉลี่ย** ดังนี้ 47.75, 44.50, 43.00, 42.50, 40.00, 39.50, 36.25, 33.25 และ26.50 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญ 95% ดังตาราง 14

3. **ขนาดเส้นรอบวงหัวเฉลี่ย พบว่ากรรรมวิธีที่หัวมีขนาดเส้นรอบวง หรือความกว้างเฉลี่ยมากที่สุด**ได้แก่ T7, T8, T6, T9, T4, T3, T1, T5 และT2 ซึ่ง**มีขนาดเส้นรอบวง หรือความกว้างเฉลี่ยของหัวมากที่สุด** ดังนี้ 25.25 , 21.50, 20.50, 19.75, 19.50, 19.00, 18.00, 17.75 และ 16.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญ 95% ดังตาราง 14

4. **น้ำหนักเฉลี่ย/หัว พบว่ากรรรมวิธีที่มีน้ำหนักหัวเฉลี่ย/ต้น มากที่สุด**ได้แก่ T7, T5, T6, T3, T8, T4, T2, T9 และT1 ซึ่งมี**น้ำหนักหัวเฉลี่ย/ต้น** ดังนี้ 0.67, 0.62, 0.61, 0.59, 0.56, 0.55, 0.53, 0.51 และ0.45 กิโลกรัม/หัว ตามลำดับ ซึ่งไม่มีค่าความแตกต่างกันที่สถิติ ดังตาราง 14

5. **ผลผลิต/ต้น พบว่ากรรรมวิธีที่มีผลผลิต/ต้น เฉลี่ยมากที่สุด**ได้แก่ T7, T8, T9, T4, T5, T6, T2, T3 และT1 ซึ่งมี**ผลผลิตเฉลี่ย/ต้น** ดังนี้ 10.55, 9.65, 9.65, 9.50, 8.05, 8.05, 7.60, 7.33 และ5.75 กิโลกรัม/ต้น ตามลำดับ ซึ่งไม่มีค่าความแตกต่างกันที่สถิติ ดังตาราง 14

ตาราง 14 องค์ประกอบผลผลิตมันสำปะหลัง

กรรมวิธี	จำนวนหัว/ต้น (หัว)	ความยาว/หัว (Cm.)	เส้นรอบวง/หัว (Cm.)	น้ำหนัก/หัว (Kg.)	น้ำหนัก/ต้น (Kg.)
T1 Control	10.75c	26.50c	18.00b	0.45	5.75
T2 ORG 50 Kg.	13.75abc	40.00ab	16.00b	0.53	7.60
T3 ORG 100 Kg.	11.75bc	36.25abc	19.00ab	0.59	7.33
T4 HO-1 50 Kg.	14.50ab	42.50ab	19.50ab	0.55	9.50
T5 HO-1 100 Kg.	15.25abc	33.25bc	17.75b	0.62	8.05
T6 HO-2 50 Kg.	13.5abc	44.50ab	20.50ab	0.61	8.05
T7 HO-2 100 Kg.	17.00a	47.75a	25.25a	0.67	10.55
T8 CHEM 50 Kg.	15.00ab	43.00ab	21.50ab	0.56	9.65
T9 CHEM 100 Kg.	15.25ab	39.50ab	19.75ab	0.51	9.65
F - Test	*	*	*	ns	ns
CV (%)	16.83	23.76	23.40	40.00	37.21

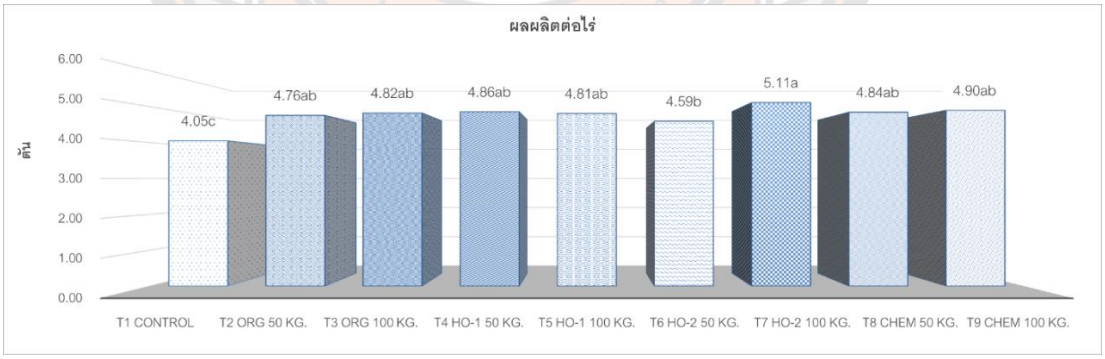
หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%,

6. **ผลผลิต/ไร่ พบว่ากรรรมวิธีที่มีน้ำหนักผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่อไร่สูงสุด** ได้แก่ T7, T9, T4, T8, T3, T5, T2, T6 และT1 ซึ่งมี**มีน้ำหนักผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด** ดังนี้ 5,110, 4,900, 4,860, 4,840, 4,820, 4,810, 4,760, 4,500 และ4,050 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญ 95% ซึ่ง**ในกรรมวิธีที่ T7 การใช้ HO-2 อัตรา 100 Kg. มีปริมาณผลผลิต**สูงกว่าปริมาณผลผลิตตามลักษณะประจำพันธุ์ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ที่ระบุไว้ 4,900 กิโลกรัม/ไร่ ดังตาราง 15

ตาราง 15 ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลัง

กรรมวิธี	ผลผลิต กิโลกรัม/ไร่
T1 Control	4,050c
T2 ORG 50 Kg.	4,760ab
T3 ORG 100 Kg.	4,820ab
T4 HO-1 50 Kg.	4,860ab
T5 HO-1 100 Kg.	4,810ab
T6 HO-2 50 Kg.	4,590b
T7 HO-2 100 Kg.	5,110a
T8 CHEM 50 Kg.	4,840ab
T9 CHEM 100 Kg.	4,900ab
F - Test	*
CV (%)	16.30

หมายเหตุ: * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%



ภาพ 15 ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังต่อไร่

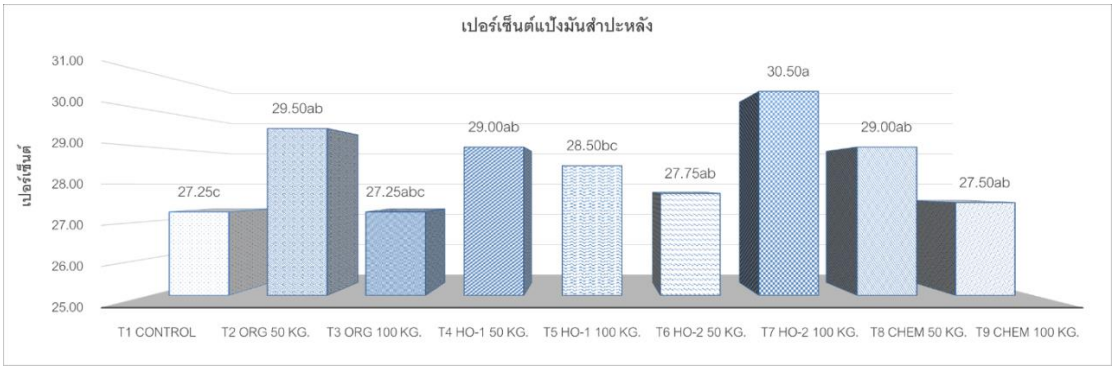
เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง

จากการวัดโดยเครื่อง Riemann Scale Balance (specific gravity) พบว่ากรรมวิธีที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสด (Tuber) สูงสุด ได้แก่ T7, T2, T4, T8, T5, T6, T9, T1 และT3 ซึ่ง**มีเปอร์เซ็นต์แป้งมันในหัวสด** ดังนี้ 30.50, 29.50, 29.00, 29.00, 28.50, 27.75, 27.50, 27.25 และ27.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญ 95% ดังตาราง 16

ตาราง 16 เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง
T1 Control	27.25b
T2 ORG 50 Kg.	29.50ab
T3 ORG 100 Kg.	27.25b
T4 HO-1 50 Kg.	29.00ab
T5 HO-1 100 Kg.	28.50ab
T6 HO-2 50 Kg.	27.75ab
T7 HO-2 100 Kg.	30.50a
T8 CHEM 50 Kg.	29.00ab
T9 CHEM 100 Kg.	27.50b
F - Test	*
CV (%)	9.56

หมายเหตุ: * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%



ภาพ 16 เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง

ต้นทุนการผลิตและกำไรแบบสังเขป

ต้นทุนการผลิตและกำไร จากการรวบรวมข้อมูลต้นทุนการผลิต/ไร่ ในตาราง 2 พบว่ากรรมวิธีที่มีต้นทุนการผลิตต่ำสุด ได้แก่ T1, T2, T3, T4, T6, T8, T5, T7 และT9 ซึ่งมีต้นทุนการผลิต ดังนี้ 1,850 , 2,450, 2,800, 2,850, 2,850, 2,950, 3,600, 3,600 และ3,800 บาท/ไร่ ตามลำดับ การที่กรรมวิธีที่ 1 ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย) มีต้นทุนการผลิตต่ำสุดและพบว่ากรรมวิธีที่มีต้นทุนสูงที่สุดได้แก่ กรรมวิธีที่ 9 ปุ๋ยเคมี อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ ต้นทุนการผลิตในแต่ละกรรมวิธีมีรายการที่แตกต่างกันได้แก่ ต้นทุนทางด้านดินและปุ๋ย ส่วนต้นทุนอื่นๆ ได้แก่ ค่าไถพรวน ค่าไถพรวนยกร่อง ค่าปลูก ค่ากำจัดวัชพืช ค่าการเก็บเกี่ยวผลผลิต และค่าขนส่ง ไม่แตกต่างกัน (ตาราง 3)แต่เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนและรายได้จากการขายผลผลิตตามราคาการรับซื้อของโรงงานแป้งมันสำปะหลังในจังหวัดอุตรดิตถ์ ปี 2561 พบว่าถ้าเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำกว่า 25.0 เปอร์เซ็นต์รับซื้อ 2.00 บาท/กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์แป้ง 25.01 – 27.99 รับซื้อ 2.25 บาท/กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์แป้ง 28.01 – 30.99 ราคารับซื้อ 2.50 บาท/กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์แป้ง 30.01 – 32.99 รับซื้อ 2.75 บาท/กิโลกรัม (ตาราง 18) ดังนั้นเมื่อนำมันสำปะหลังไปขายจึงพบว่า กรรมวิธีที่ได้ราคาบาท/กิโลกรัมสูงสุด ได้แก่ T7, T2, T4, T8, T6, T5, T9, T1 และT3 ตามลำดับ โดยได้ราคา 2.49, 2.29, 2.27, 2.26, 2.25, 2.20, 2.19, 2.05 และ1.99 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์ กรรมวิธีที่มีผลกำไรสูงสุดหลังจากหักต้นทุนการผลิตแล้ว ได้แก่ T7, T2, T4, T8, T5, T3, T6, T1 และT9 ตามลำดับ มีผลกำไร 10,458, 9,450, 9,290, 9,150, 8,420, 8,054, 7,482, 7,258 และ7,216บาท/ไร่ ตามลำดับ (ตาราง 17)

ตาราง 17 ต้นทุนการผลิตและผลกำไรแบบสังเขป

รายการ	กรรมวิธี								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
ต้นทุนค่าไถเตรียมดิน (บ./ไร่)	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ต้นทุนค่าไถยกร่อง (บ./ไร่)	250	250	250	250	250	250	250	250	250
ต้นทุนค่าต้นพันธุ์ (บ./ไร่)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ค่าปลูก (บ./ไร่)	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ค่ากำจัดวัชพืช (บ./ไร่)	300	300	300	300	300	300	300	300	300
ต้นทุนปุ๋ย/ไร่/ปี (บ./ไร่/ปี) [1]	-	350	700	750	1500	750	1500	850	1700
ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต (บ./ตัน)[2]	800	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ค่าบรรทุกผลผลิต 50 (บ./ตัน)[3]	200	250	250	250	250	250	250	250	250
ต้นทุนรวมทั้งหมด	1,850	2,450	2,800	2,850	3,600	2,850	3,600	2,950	3,800
ปริมาณผลผลิต/ไร่ (กก./ไร่)	4,048	4,760	4,824	4,856	4,808	4,592	5,112	4,840	4,896
เปอร์เซ็นต์แป้ง (%)	27.25	29.50	27.25	29.00	28.50	27.75	30.50	29.00	27.50

ราคารับซื้อโรงงาน (บ./กก.)	2.25	2.50	2.25	2.50	2.50	2.25	2.75	2.50	2.25
รายได้ / ไร่ (บ.)	9,108	11,900	10,854	12,140	12,020	10,332	14,058	12,100	11,016
กำไรสุทธิ/ผลผลิต 1 กก. (บ.)	2.05	2.29	1.99	2.27	2.20	2.25	2.49	2.26	2.19
กำไรสุทธิ / ไร่ (บ.)	7,258	9,450	8,054	9,290	8,420	7,482	10,458	9,150	7,216

หมายเหตุ: [1] ต้นทุนปุ๋ย/ไร่/ปี คำนวณตามราคา เดือน มิ.ย. 2560 และปริมาณปุ๋ยที่ใช้ต่อไร่ ราคามันสำปะหลังคำนวณตามราคาในเดือนมีนาคม 2561

[2] ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต ตามราคารับจ้างเก็บเกี่ยวผลผลิต 200 บาท/ไร่ เดือน มิ.ย. 2561

[3] ค่าบรรทุกผลผลิต ตามราคารับจ้างบรรทุกผลผลิต 50 บาท/ตัน เดือน มิ.ย. 2561

[4] ปริมาณผลผลิต/ไร่ จากตาราง 15 ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลัง

[5] เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง จากตาราง 16 เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง

[6] ราคารับซื้อโรงงาน (บ./กก.) จากตาราง 18 เกณฑ์รับซื้อมันสำปะหลัง

[7] ราคาผลผลิต / ไร่ = ราคารับซื้อโรงงาน (บ./กก.) × ปริมาณผลผลิต/ไร่ (กก./ไร่)

[8] กำไรสุทธิ/ผลผลิต 1 กก. = ราคารับซื้อโรงงาน (บ./กก.) – {(ต้นทุนรวมทั้งหมด)/ (รายได้/ ไร่)}

[9] กำไรสุทธิ / ไร่ (บ.) = (รายได้ / ไร่) - (ต้นทุนรวมทั้งหมด)

ตาราง 18 เกณฑ์รับซื้อมันสำปะหลังตามเปอร์เซ็นต์แป้ง โดยวิธีใช้เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ Riemann scale balance

เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง	ราคารับซื้อ (บาท/กิโลกรัม)
< 25.00 %	2.00
25.01 – 27.99	2.25
28.01 – 30.99	2.50
30.01 – 32.99	2.75

หมายเหตุ: เกณฑ์รับซื้อมันสำปะหลัง เดือน มิ.ย. 2561 ตามเปอร์เซ็นต์แป้งของ บริษัท อุตสาหกรรมแป้งมันกาญจนชัย จำกัด จังหวัดอุตรดิตถ์

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

วิจารณ์ผลการทดลอง

สภาพแวดล้อมบริเวณแปลงปลูกช่วงทำการทดลอง

พบว่า **มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง เฉลี่ย 70 เมตร** อุณหภูมิช่วงที่ทำการทดลอง อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 34°C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 24°C อย่างไรก็ตามในเรื่องอุณหภูมิบริเวณแปลงทดลอง และปริมาณน้ำฝนไม่มีอุปสรรคต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิต เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 7.78 มิลลิเมตร/วัน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสะสม 1,365 มิลลิเมตร**ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการการใช้น้ำของมันสำปะหลังที่มีปริมาณน้ำ 1,000 - 1,500 มิลลิเมตรต่อปี**

สมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

พบว่าดินก่อนการทดลองมีปริมาณธาตุอาหารหลัก รอง และเสริมอยู่ในระดับต่ำ อินทรียวัตถุ (Organic Matter) 0.23 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) มีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid) pH 6.49 ค่าการนำไฟฟ้าในดิน (Electrical Conductivity) อยู่ในระดับ เค็มน้อยมาก 0.56 mS/cm ค่าความหนาแน่นรวมของดิน Bulk Density มีความหนาแน่นรวมสูงมาก เท่ากับ 1.45 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตรมีอนุภาคดินทรายสูง ค่าความพรุนของดิน Porosity มีความพรุนน้อยมาก เท่ากับ 28.58 เปอร์เซ็นต์ ค่าความจุความชื้นภาคสนาม 22.19 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับ ต่ำ แต่ก็เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง (ตาราง 5)

ดินหลังการทดลอง พบว่าในด้านธาตุอาหารหลัก (N P K) ดินมีระดับธาตุอาหารสูงขึ้นในทุกกรรมวิธียกเว้นกรรมวิธีควบคุม T1 โดยทุกกรรมวิธีมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ใน แต่ใน T5 (HO-1 100 Kg.) และT7 (HO-2 100 Kg.) มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมสูงสุดคือ 5.07 และ4.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดอัตรา 50 – 100 กก./ไร่ ตามลำดับ อีกทั้ง พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) รวมสูงสุดใน T7 (HO-2 100 Kg.) 0.806 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารเสริมบางประการ เหล็ก (Fe) และแมงกานีส (Mn) รวมสูงสุดใน T7 (HO-2 100 Kg.) 0.223 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากผลการทดลอง สามารถกล่าวได้ว่าการใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-1 และHO-2 อัตรา 50 – 100 กก./ไร่ ในการปลูกมันสำปะหลัง ช่วยเพิ่มธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมให้กับดินแบบเป็นปุ๋ยละลายช้า จึงมีปริมาณธาตุ N – P – K หลงเหลืออยู่ในดินเป็น

จำนวนมาก ประกอบกับสารปรับปรุงบำรุงดินในเม็ดปุ๋ยHO ที่สามารถปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดิน และปรับสภาพสมบัติทางเคมีอื่น ๆ ของดินได้ดี และเนื่องจากมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืชแบบสมดุลรวมอยู่ภายในเม็ดปุ๋ยจำนวนมาก ธาตุอาหารเหล่านี้จึงหลงเหลืออยู่ในดินมาก องค์ประกอบของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) ประกอบด้วยธาตุอาหาร 13 ชนิดที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (วิภาวรรณ สายคำยศ และคณะ, 2561) จากการวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงมันสำปะหลังหลังทำการทดลองพบว่า มีส่วนสำคัญทำให้ดินมีธาตุอาหารเพิ่มขึ้นเหนือกรรมวิธี การไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด และปุ๋ยเคมี 15 – 15 – 15 เป็นต้น

ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน พบว่า ดินมีระดับอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธียกเว้นกรรมวิธีควบคุม (T1) T8 และT9 โดยพบว่า T3 มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงสุด 0.97 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง(ตาราง 6) ที่พบว่าปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุด 4.3 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ดินหลังการทดลองแล้วพบว่าการใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-2 และHO-1 ในอัตรา 100 กก./ไร่ ได้แก่ T7 และT5 ทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินหลงเหลือสูงสุด 0.75 และ0.72เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ค่าความเป็นกรดด่าง(pH) ของดินหลังการทดลอง พบว่า การไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด และการใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 ไม่แตกต่างกันโดยพบว่าค่าความเป็นกรดด่างของดินอยู่ในระดับเป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid) pH 6.0 – 6.5 มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ซึ่งแตกต่างจากกปุ๋ยเคมี T8 และT9 ที่ทำให้สภาพของดินมีแนวโน้มเป็นกรดมากขึ้นอยู่ในระดับ กรดจัด (strongly acid) pH 5.1 – 5.5 และเข้าใกล้ระดับวิกฤติของ pH ในการปลูกมันสำปะหลังคือ pH 4.6 ความเป็นกรดจัดทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังลดลง(วัลลีย์ อมรพล และคณะ, 2560) ค่าการนำไฟฟ้าในดิน (Electric Conductivity) ในเนื้อดินร่วนปนทรายแป้งที่ใช้ในการทดลองพบว่า ทุกกรรมวิธี อยู่ในระดับ เค็มปานกลาง 0.81 – 1.60 mS/cm ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลัง

ค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density) พบว่า T3, T4, T5, T6, T7 มีผลทำให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินลดลลง อยู่ระหว่าง 1.20 – 1.35 g/cm^3 หมายถึงทำให้ดินมีความพรุนมากขึ้น 40.05 – 48.10 เปอร์เซ็นต์ รากของมันสำปะหลังจึงเจริญเติบโตได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี T8, T9 และT1 (ไม่ใส่ปุ๋ย)ที่พบว่าทำให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้น 1.4 – 1.55 g/cm^3 ในทางตรงกันข้ามจะทำให้ความพรุนของดินลดลง ความพรุนระดับในกลุ่มปุ๋ยเคมี 25.55 – 36.45 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการขยายของรากมันสำปะหลัง สอดคล้องกับรายงานการใช้ปุ๋ยเคมีที่พบว่าไม่มีสมบัติในการปรับปรุงคุณภาพทางด้านกายภาพและชีวภาพของดิน (He et al., 2015; Liu et al., 2010) การใช้ปุ๋ยเคมีทำให้ดินมีอินทรียวัตถุลดลงส่งผลให้สมบัติทางชีวภาพของดินลดลงตามไปด้วย และมีผลเชื่อมโยงไปถึงสมบัติทางด้านกายภาพของดินที่ลดลงตามไปด้วย (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์,

2552) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ที่พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมี 15 – 15 – 15 และการไม่ใส่ปุ๋ย ภายหลังการทดลองพบว่าทำให้สมบัติทางกายภาพของดินลดลง สอดคล้องกับค่าความจุความชื้นภาคสนาม (FC) ในดินหลังการทดลอง พบว่า T7 HO-2 (26.75 %) และT5 HO-1 (26.40 %) มีค่าสูงกว่าทุกกรรมวิธีที่ทำการทดลอง แสดงให้เห็นว่ากลุ่มปุ๋ยHO อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ มีผลทำให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำดีขึ้น เหนือกรรมวิธีปุ๋ยเคมี และการไม่ใส่ปุ๋ย (ตาราง 5)

จากที่กล่าวมาข้างต้น การใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-2 และHO-1 อัตรา 50 – 100 กก./ไร่ แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างดินได้รับการปรับปรุงมากขึ้น ดินมีความพรุนมากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากองค์ประกอบของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) ที่มีองค์ประกอบมาจากอินทรียวัตถุ ,น้ำหมักชีวภาพที่ให้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ สารปรับปรุงบำรุงดินเป็นส่วนผสม วัสดุเกษตรเหล่านี้เมื่อใส่ลงไปในดินจะมีผลทำให้เม็ดดินจับกันมากขึ้น (aggregation) โครงสร้างดินได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น มีความพรุนจึงมากขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำจึงสูงขึ้นตามไปด้วย มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง ดังกล่าว

สมบัติของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ปุ๋ย พบว่า ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม สูงสุด ได้แก่ ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (45 เปอร์เซ็นต์) เมื่อพิจารณาเฉพาะในกลุ่มของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ที่มีสมบัติแบบองค์รวม เป็นผลมาจากการพัฒนาสูตรปุ๋ยให้มีระดับธาตุอาหารที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะระดับธาตุอาหารหลัก N-P-K เหล่านี้เกิดจากองค์ประกอบของสูตรปุ๋ยที่มีวัสดุให้ธาตุอาหารที่มีความหลากหลาย จึงทำให้ธาตุอาหารหลัก รอง เสริม สูงขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะวัสดุที่เป็นปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก น้ำหมักชีวภาพ ฮอร์โมนอินทรีย์น้ำ และกลุ่มแร่ดินเหนียว สารปรับปรุงดิน เหล่านี้สามารถปลดปล่อยให้ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน เพิ่มมากขึ้น (ตาราง 4) ส่วนประกอบของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) ที่ผลิตมาจากวัสดุและองค์ประกอบที่หลากหลาย อ้างอิงตามวิธีการผลิตฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) ของ ภูมิศักดิ์ อินทนนท์ (2552), วิชาญ ชุ่มมั่น และภูมิศักดิ์ อินทนนท์ (2559) ประกอบด้วย A)วัสดุหลักที่เป็นแหล่งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม จากปุ๋ยเคมี B)อินทรียวัตถุจากปุ๋ยหมักปุ๋ยคอกแบบผง C)สารปรับปรุงบำรุงดิน D)สารสกัดชีวภาพป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช E)ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และF)ฮอร์โมนอินทรีย์น้ำ โดยในปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-1 (T4-T5) มีอัตราส่วนของวัสดุดังกล่าวในอัตรา ร้อยละ 30:30:20:5:5:10 โดยน้ำหนักตามลำดับ ซึ่งเป็นสูตรที่มุ่งเน้นเสริมสร้าง “การเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง” และปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-2 (T6-T7)) มีอัตราส่วนของวัสดุดังกล่าวในอัตรา ร้อยละ 40:20:20:5:5:10 โดยน้ำหนักตามลำดับ เป็นสูตรที่มุ่งเน้นเสริมสร้าง “เพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของมันสำปะหลัง” เป็นสำคัญ วัสดุและอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบดังกล่าวสอดคล้องกับระดับปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม ในสูตรปุ๋ย HO-2 ที่พบว่าธาตุ

อาหาร N, P และK รวมสูงสุด (14.81 เปอร์เซ็นต์) ธาตุอาหารรองรวมสูงสุดใน HO-2 (4.42 เปอร์เซ็นต์) และธาตุอาหารเสริมรวมสูงสุดใน HO-2 (0.069 เปอร์เซ็นต์)

ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-1 และHO-2 เป็นปุ๋ยที่นำองค์ความรู้ทางด้านปฐพีศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการผลิตปุ๋ย จากการรวมเอาวัสดุที่หลากหลายเพื่อให้เกิดประสิทธิผลในการปรับปรุงบำรุงดินทั้งทางด้านกายภาพ ชีวภาพ และด้านเคมีของดิน เพื่อส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโต การสร้างผลผลิต และคุณภาพผลผลิตสูงสุดนั้นเอง จึงเป็นปุ๋ยที่ผลิตจากผลการวิเคราะห์ดินสัมพันธ์กับความต้องการธาตุอาหารของพืชที่จะทำการผลิต จึงเป็นสูตรเฉพาะพืชในกรณีที่เกษตรกรทำการเกษตรแบบต่อเนื่องและขาดการบำรุงดิน ดินที่ขาดธาตุอาหารหรือมีสภาพไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชจะทำให้พืชไม่สามารถออกดอกออกผลและได้ผลผลิตต่ำ(วัลลีย์ อมรพล และคณะ, 2560) ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) จึงเป็นทาง เลือกเพราะมีธาตุอาหารเสริม Ca, Mg, Fe, Mn, Cu และZn ในระดับสูง โดยทั่วไปปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) มักมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นกลางหรือด่างอ่อน (ชวลิต รักษาริกรณ์, ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, และพรทิพย์ ภาษี, 2555) ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของสูตรปุ๋ยHO ที่มีปูนทางการเกษตร (Agricultural lime)เป็นองค์ประกอบจำนวนมาก ในกลุ่มสารปรับปรุงบำรุงดิน ซึ่งพบว่ามีสัดส่วนของปูนระหว่าง 25-30% โดยน้ำหนัก จึงมีผลต่อความเป็นกรด-ด่างของเนื้อปุ๋ยและมีผลต่อดินในที่สุด (Intanon, P., Keteku, A.K. & Intanon, R., 2017) (Japkaew, S. & Intanon,P., 2012)

ผลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

1. ความสูง ของมันสำปะหลัง พบว่า กรรมวิธีที่มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของลำต้นสูงที่สุด ได้แก่ T6, T8, T2, T5, T3, T9, T7, T4 และT1 ซึ่งมีความสูงของต้นเฉลี่ย 290.08, 275.92, 273.17, 268.50, 247.08, 238.67, 191.00, 177.67 และ173.58 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ 99% (ตาราง 7 และภาพ 8)

การใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO – 2 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ (T6) มีผลทำให้ความสูงของต้นมีการเจริญเติบโตดีที่สุด อาจกล่าวได้ว่า การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นมันสำปะหลังที่ได้รับปุ๋ยชนิดต่างๆ ในช่วงที่มีการเจริญเติบโต ระยะ 1 – 4 เดือนแรก ซึ่งเป็นช่วงระยะที่เรียกว่า Log Phase หรือ Exponential Phase ซึ่งเป็นระยะที่พืชมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะในช่วงนี้พืชมีความต้องการใช้ธาตุอาหารหลัก รอง เสริม ไปใช้ในกระบวนการสร้างการเจริญเติบโตที่สูงมาก ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของธาตุอาหารในกลุ่มปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) ที่มีมาก และครบถ้วนกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ แม้อัตราการใช้เพียง 50 กิโลกรัม/ไร่ ก็ตาม โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน (N) ที่มีส่วนสัมพันธ์โดยตรงกับการแบ่งเซลล์การยืดและขยายเซลล์ของพืชที่พบมากใน ปุ๋ยเคมี และฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO)

2. ขนาดลำต้น ของมันสำปะหลัง พบว่า กรรมวิธีที่มีการเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้นใหญ่ที่สุด ได้แก่ T5, T4, T3, T8, T2, T9, T6, T1 และT7 ซึ่งมีค่าขนาดลำต้นเฉลี่ย เท่ากับ 3.66, 3.73, 3.90, 3.70, 3.93, 2.65, 2.57, 3.62 และ3.50 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ 99% (ตาราง 8 และภาพ 9)

จากที่กล่าวมายังพบว่า การเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้น ที่ดีที่สุดคือการใช้ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO – 1 อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ (T5) เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารรวมสูงใกล้เคียงกับ HO – 2 ทำให้มันสำปะหลังได้รับธาตุอาหารที่สูงขึ้นที่อายุ 6 เดือน โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนเกี่ยวข้องกับการยืดเซลล์และแบ่งเซลล์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นผลมาจากการที่มีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่มีความสมดุล เมื่อมันสำปะหลังได้รับธาตุอาหารเหล่านี้จะทำให้มีผลต่อการแบ่งเซลล์ตามยาวและการขยายขนาดของเซลล์ซึ่งสอดคล้องกับ (Salisbury, F.B. & Ross, C., 1992) ที่พบว่าธาตุโพแทสเซียม (K) จะเกี่ยวข้องกับการสร้างเนื้อไม้ และส่วนของลำต้น และช่วยเพิ่มขนาดของลำต้นได้เป็นอย่างดี

3. ขนาดทรงพุ่ม ของมันสำปะหลัง พบว่า กรรมวิธีที่มีการเจริญเติบโตทางด้านขนาดทรงพุ่มที่ใหญ่ที่สุด ได้แก่ T5, T6, T7, T9, T8, T3, T4, T2 และT1 ซึ่งมีค่าขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย เท่ากับ 183.00, 165.50, 137.00, 130.00, 143.00, 130.00, 137.00, 127.00 และ115.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ 99% **(ตาราง 9 และภาพ 10)**

จากที่กล่าวมายังพบว่า การพัฒนาการทางด้านขนาดของทรงพุ่ม (Canopy development) ทั้งการเจริญเติบโตของใบและลำต้น ซึ่งเกิดจากอิทธิพลทางพันธุกรรมประจำพันธุ์ของมันสำปะหลังเป็นหลัก ซึ่งมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 มีลักษณะทรงต้น (growth form) มีการแตกกิ่ง 0-1 ระดับ พันธุ์ที่มีการแตกกิ่งน้อยจะสูง การแตกกิ่งครั้งแรก การแตกกิ่งครั้งที่ 2 ของต้นจะตรงข้ามกับการแตกกิ่งระดับแรก (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2551) กรรมวิธีที่มีการพัฒนาการทางด้านขนาดของทรงพุ่มที่ดีที่สุดคือการใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-1 อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ (T5) ที่มีความสุมดุลของธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารรวมใกล้เคียงกับ HO-2 ทำให้มันสำปะหลังได้รับธาตุอาหารที่ปลดปล่อยมาอย่างช้าๆ ของ HO-1 โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนเกี่ยวข้องกับการยืดเซลล์และแบ่งเซลล์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นผลมาจากการที่มีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่มีความสมดุล เมื่อมันสำปะหลังได้รับธาตุอาหารเหล่านี้จะทำให้มีผลต่อการแบ่งเซลล์ตามยาวและการขยายขนาดของเซลล์ซึ่งสอดคล้องกับ (Salisbury, F.B. & Ross, C., 1992) พบว่าธาตุโพแทสเซียม (K) เกี่ยวข้องกับการสร้างเนื้อไม้ และส่วนของลำต้น และช่วยเพิ่มขนาดของลำต้นได้เป็นอย่างดี

ผลการบันทึกกระบวนการทางสรีรวิทยา

ค่าความเขียวของใบ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากได้รับปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ช่วงฤดูกาล ความชื้นดิน ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่อยู่ในดิน แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอายุ 6 เดือน แล้ว พบว่า กรรมวิธีที่ที่มีค่าความเขียวใบมากที่สุด ได้แก่ **T**5, **T**7, **T**8, **T**4, **T**6 และ**T**9 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย ได้แก่ 52.19, 51.38, 51.25, 51.16, 51.00 และ 50.93 Unit ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ 99% กับ **T**3, **T**1 และ **T**2 ที่มีค่าเฉลี่ยความเขียวใบ 47.88, 46.74 และ46.56 Unit ตามลำดับ **ดังตาราง 10** ซึ่งอยู่ในกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้ได้รับปุ๋ย และกลุ่มของปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณไนโตรเจนในระดับต่ำ ซึ่งต่ำกว่าปุ๋ยเคมี และปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) (ตาราง 6)

อย่างไรก็ตามอาจกล่าวได้ว่าการใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-1 อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ (T5) มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความเขียวใบสูงสุด เนื่องจากเป็นปุ๋ยสูตรเน้นการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นใบและมีสมบัติเป็นปุ๋ยละลายช้า มีความแตกต่างจากปุ๋ยเคมีที่เป็นปุ๋ยละลายเร็ว การสูญเสียธาตุอาหารจึงมีมาก (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2552) ทำให้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) ยังคงมีปริมาณธาตุไนโตรเจนที่เพียงพอต่อการนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เพราะธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ดังนั้น ถ้าในดินขาดธาตุ N และK พืชก็จะขาดคลอโรฟิลล์ไปด้วย ทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง นอกจากนี้ ยังพบว่า แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ที่พบมากในปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) มีอิทธิพลต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ ส่งผลถึงการสังเคราะห์แสงบริเวณใบและปากใบ มีผลทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดการดูดน้ำและธาตุอาหารในดินได้มากขึ้น ทำให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตในทุกๆด้านได้ดีโดยเฉพาะที่ใบมันสำปะหลัง **(**สมลักษณ์ จูทังคะ, 2551) สอดคล้องกับความสามารถในการดูดซับน้ำในดินหลังการทดลอง (ตาราง 5) ที่พบว่าการให้น้ำอย่างเต็มที่ หรือมีปริมาณน้ำในดินสูงสุดทำให้ใบของมันสำปะหลังมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Epron & Dreycr, 1992) ที่รายงานว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบจะลดลงเมื่อพืชได้รับสภาวะขาดน้ำ ซึ่งการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์เป็นผลมาจากการที่สภาวะขาดน้ำ ทำให้เกิดความร้อนในใบมากเกินไปมีผลทำให้รงควัตถุภายในใบเกิดการสูญเสียสภาพ ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงและการเจริญเติบโตของพืชลดลง (Parida et al., 2007)

ผลการการสะสมมวลชีวภาพ (Biomass)

1. มันสำปะหลังอายุ 1 เดือน หลังปลูก พบว่า ทุกกรรมวิธีมีการสะสมมวลชีวภาพ (Biomass หรือส่วน Solid)ในส่วนต่างๆ ของต้นพืช เมื่ออายุ 1 เดือน พบว่าปริมาณการสะสมมวลชีวภาพ กระจายไปทุกส่วนของต้นพืชอย่างสมดุลแต่ยังมีระดับต่ำ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพืชพึ่งได้รับปุ๋ยและเริ่มการเจริญเติบโต โดยพบว่าทุกกรรมวิธีมีลักษณะการกระจายตัวแบบเดียวกัน หากดูเฉพาะ

ส่วนของพืชแล้วพบว่าการสะสมมวลชีวภาพ มีปริมาณมากสุดในส่วนที่เป็นใบ (Leaf) อย่างไรก็ตาม กรรมวิธีที่มีการสะสมมวลชีวภาพมากที่สุด ได้แก่ T9, T8, T7, T2, T3, T1, T4, T5 และT6 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าการสะสมมวลชีวภาพเฉลี่ย ดังนี้ 44.43, 40.82, 31.91, 28.52, 28.49, 28.36, 27.95, 21.16 และ20.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่าทุกกรรมวิธีในส่วนของรากปริมาณมวลชีวภาพอยู่ในระดับต่ำและไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพืชพึ่งได้รับสารอาหารจากปุ๋ยและกำลังเจริญเติบโตอิทธิพลของปุ๋ยที่กระตุ้นการสะสมมวลชีวภาพ การสะสมวัตถุแห้ง (แป้งและน้ำตาล) ที่บริเวณรากจึงยังไม่ส่งผลนั้นเอง (ตาราง 11 และภาพ 11)

อย่างไรก็ตามพบว่า T1 (ไม่ใส่ปุ๋ย) มีการสะสมมวลชีวภาพในส่วนต่าง ๆ ของพืชในส่วนก้านใบ กิ่ง/ลำต้น โคนต้นและรากของมันสำปะหลังในระดับที่สูงสุดเหนือกรรมวิธีอื่น ๆ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการสะสมมวลชีวภาพ (Biomass) นั้นส่วนใหญ่แล้วเป็นส่วนที่เป็นลิกนินและเซลล์ลูโลส ในขณะที่พืชยังมีอายุน้อย อิทธิพลของปุ๋ยที่จะถูกลำเลียงไปใช้ในการสังเคราะห์แสงและการสะสมวัตถุแห้ง (แป้งแลน้ำตาล) ในต้นพืชยังมีน้อย เมื่อคิดต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของพืชแล้ว ส่วนที่เป็นเนื้อไม้ เช่น ส่วน ก้านใบ กิ่ง/ลำต้น โคนต้นและรากของ T1 (ไม่ใส่ปุ๋ย) จึงมีสัดส่วนของมวลชีวภาพ (Biomass) สูงสุดกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ที่มีการใส่ปุ๋ย ส่วน(T9)ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ นั้นพบว่าบริเวณใบมีการสะสมมวลชีวภาพสูงสุดเหนือกรรมวิธีอื่น ๆ และเหนือทุกส่วนของพืช เนื่องจากเป็นปุ๋ยเคมีที่มีการละลายเร็วซึ่งธาตุอาหารหลักโปริมาณสูงโดยเฉพาะไนโตรเจน (N) จึงมีส่วนสำคัญในการสังเคราะห์แสงของพืชจึงทำให้เกิดการสะสมชีวมวลมากขึ้นตามไปด้วย

การใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO-2) อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ หลังจากปลูกมันสำปะหลัง 1 เดือน การเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะที่ 1 (Establishment Phase) หลังจากแตกยอดระดับที่ 1 ประมาณ 1 เดือน พบว่ามีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี โดยมีการสร้างใบเฉลี่ย 0.04 ใบ/วัน (สมลักษณ์ จูฑังคะ, อนุชิต ทองกล่ำ, และอรรถพล บุญสิงห์, 2543) การใช้ปุ๋ย (HO-2) อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเข้าสู่ระยะที่ 2 (Storage Root Initiation) เป็นระยะที่รากเริ่มขยายขนาดเส้นรอบวงของราก พืชเริ่มมีการสะสมอินทรีย์สารหรือวัตถุแห้งในส่วนของ ก้านใบ กิ่ง/ลำต้น โคนต้นและราก ในสัดส่วนที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี (T8 และT9)) ทั้งนี้เพราะการสะสมมวลชีวภาพ(Biomass)ในกลุ่มปุ๋ยHO ลดลงเมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมี(T8 และT9)) จึงแปลผลได้ว่าส่วนของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นนั้นเอง ทั้งนี้เป็นผลมาจากในระยะที่ 2 และระยะที่ 3 ของมันสำปะหลังพืชมีความต้องการใช้ธาตุอาหารหลัก รอง เสริมปริมาณมาก อัตราการสังเคราะห์แสงสูงขึ้นกตามการแผ่ขยายของใบและทรงพุ่ม จึงมีการเจริญเติบโตในอัตราที่สูง ในปุ๋ยHO ที่มีธาตุอาหารอยู่อย่างสมดุลและครบถ้วนจึงมีผลต่อการสังเคราะห์แสงการสะสมวัตถุแห้งในต้นพืชทำให้สัดส่วนของวัตถุแห้ง(แป้งและน้ำตาล) ในส่วนต่างๆของพืชมีการสะสมมากขึ้น (Intanon, P., Keteku, A.K. & Intanon, R., 2017) ในทางกลับกันจึงพบว่าสัดส่วนต่อน้ำหนักของการสะสมมวลชีวภาพลดลง (ตาราง 11)

2. มันสำปะหลังอายุ 4 เดือน หลังปลูก พบว่า ทุกกรรมวิธีมีการสะสมมวลชีวภาพ (Biomass) ในส่วนต่างๆของพืชพบว่ามีปริมาณมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับอายุ 1 เดือน ส่วนลักษณะการสะสมและกระจายตัว พบว่าทุกกรรมวิธีการสะสมมวลชีวภาพในส่วนของใบลดลง แต่จะเพิ่มขึ้นในส่วนที่เป็น กิ่ง/ลำต้น โคนต้น อย่างเด่นชัดยกเว้นกรรมวิธี T7 (HO-2) อัตรา 100 กก./ไร่ ที่พบว่าการสะสมมวลชีวภาพ (Biomass) ในส่วนโคนต้นจะลดลงอย่างเด่นชัดแตกต่างกับกรรมวิธีอื่น ๆ ในทางตรงกันข้ามแสดงให้เห็นว่าสะสมวัตถุแห้ง(Dry matter) พวกแป้งและน้ำตาลมีเพิ่มขึ้นในระดับสูงบริเวณโคนต้นหรือเหง้าของ T7 (HO-2) อัตรา 100 กก./ไร่ ทั้งนี้เพราะการสะสมมวลชีวภาพ (Biomass หรือ Solid) จะเป็นปฏิปักผกผันกับการสะสมวัตถุแห้ง ดังนั้น ในสัดส่วนโคนต้นน้ำหนักเท่ากันเช่น 1 กิโลกรัม เท่ากันแสดงให้เห็นว่า T7 (HO-2) มีการสะสมวัตถุแห้งในโคนต้นสูงสุด (แป้งและน้ำตาล)เหนือกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างไรก็ตามกรรมวิธีที่มีการสะสมมวลชีวภาพ(Biomass) ประเภทลิกนินและเซลล์ลูโลสมากที่สุดเมื่ออายุ 4 เดือน ได้แก่ T1, T3, T2, T9, T8, T6, T4, T5 และT7 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามวลชีวภาพเฉลี่ย 65.8, 62.05, 60.15, 60.06, 59.19, 56.73, 45.13, 39.58 และ 24.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 12 ภาพ 12)

เมื่อพิจารณาตามส่วนต่าง ๆของพืชแล้วจะพบว่า ในส่วนของก้าน ใบ กิ่ง/ลำต้น โคนต้นและรากจะพบว่าทุกชนิดปุ๋ยที่มีการใส่ในอัตราต่ำ (50 กก./ไร่) จะมีการสะสมมวลชีวภาพ(Biomass) ประเภทลิกนินและเซลล์ลูโลส ในระดับที่สูงกว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ในอัตรา 100 กก./ไร่แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราต่ำมีการสะสมวัตถุแห้ง (แป้งและน้ำตาล) ต่ำตามไปด้วยซึ่งเป็นผลมาจากการให้ธาตุอาหารของปุ๋ยแต่ละชนิดในระดับสูงที่มีประสิทธิภาพแตกต่างกันซึ่งจะมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงและการสร้างอินทรีย์สารแตกต่างกันนั้นเอง เมื่อพิจารณาปุ๋ย T7 (HO-2) 100 กก./ไร่ พบว่า มีดัชนีการสะสมมวลชีวภาพในส่วนของ รากต่ำสุด(34.08%) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ แสดงให้เห็นว่ามีการสะสมวัตถุแห้ง(แป้งและน้ำตาล) สูงสุดเหนือกรรมวิธอื่น ๆ นั้นเอง **สอดคล้องกับ**สมลักษณ์ จูฑังคะ (2551) ที่พบว่า การพัฒนาการเจริญเติบโตทางด้านมวลชีวภาพของมันสำปะหลังในระยะที่ 3 (First bulking) จะมีการพัฒนาในส่วนของลำต้นและใบ มากขึ้นทำให้ต้นมันสำปะหลังมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าในระยะอื่นๆ เนื่องจากมีใบ และทรงพุ่มที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ทำให้มีการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนใบ และลำต้นสูงสุด ซึ่งรากก็เปลี่ยนหน้าที่จากการดูดธาตุอาหารเป็นการสะสมอาหาร (Howeler, R. & Cadavid, L.,1983)

3. มันสำปะหลังอายุ 8 เดือน หลังปลูก พบว่า ทุกกรรมวิธีมีการสะสมมวลชีวภาพในส่วนต่างๆของพืชมีปริมาณมากขึ้นตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับอายุ 4 เดือน ส่วนลักษณะการสะสมและกระจายตัวเมื่อพืชอายุ 8 เดือน พบว่าทุกกรรมวิธีดัชนีการสะสมมวลชีวภาพ(Biomass) ส่วนใหญ่คือลิกนินและเซลล์ลูโลส ในส่วนของ กิ่ง/ลำต้น เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ในส่วนของโคนต้นเพิ่มขึ้นอย่างมากและในส่วนของรากจะลดลง ในทางตรงกันข้ามแสดงให้เห็นว่าที่รากหรือหัว มีการสะสมแป้งและ

น้ำตาลมากขึ้นเป็นลักษณะเช่นนี้ ในทุกกรรมวิธี โดยพบว่าในส่วนของโคนต้นของ T7 (HO-2) อัตรา 100 กก./ไร่ ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้นช่วงอายุ 4 เดือนมีการสะสมวัตถุแห้ง(แป้งและน้ำตาล) สูงสุดในโคนต้นเหนือกรรมวิธีอื่น ๆ แต่เมื่ออายุ 8 เดือนที่พบว่า สัดส่วนของวัตถุแห้ง (แป้งและน้ำตาล)ที่โคนต้นลดลง แต่มาสะสมแป้งและน้ำตาลในส่วนของรากจึงทำให้ดัชนีสะสมมวลชีวภาพในรากต่ำสุด ดังนั้นใน T7 (HO-2) 100 กก./ไร่เมื่ออายุ 8 เดือนสัดส่วนมวลชีวภาพในรากจึงต่ำสุดนั้นเอง อย่างไรก็ตามเมื่ออายุ 8 เดือน หากจะเรียงลำดับกรรมวิธีที่มีปริมาณมวลชีวภาพ((Biomass ; ลิกนินและเซลล์ลูโลส) ในส่วนโคนต้น มากที่สุด ได้แก่ T1, T9, T8, T2, T3, T4, T5, T6 และT7 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าการสะสมมวลชีวภาพเฉลี่ย ดังนี้ 70.7, 66.96, 65.47, 65.02, 62.18, 57.52, 57.02, 55.53 และ 54.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 13 และภาพ 13)

สาเหตุที่ทำให้มันสำปะหลังมีสัดส่วนการสะสมมวลชีวภาพสูงขึ้นในส่วนที่กิ่ง/ลำต้นและโคนต้นในทุกกกรรมวิธี มากกว่า ส่วนอื่น ๆ ของพืชนั้นในทุกกรรมวิธี เนื่องจาก มีการเคลื่อนย้ายวัตถุแห้ง (แป้งและน้ำตาล) จากส่วนบนดินโดยเฉพาะจากกิ่ง/ลำต้นและโคนต้น ไปสะสมที่รากมากขึ้นเมื่ออายุ 180 – 300 วัน (8 เดือน)หลังปลูกจึงทำให้สัดส่วนดัชนีมวลชีวภาพของ กิ่ง/ลำต้นและโคนต้น สูงขึ้นและต่ำสุดในรากสอดคล้องกับ ชุมพล นาควิโรจน์ (2542) ที่พบว่าสารอาหารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงถูกกระตุ้นและเร่งเคลื่อนย้ายจากส่วนต่างๆของต้น ส่งไปสะสมในบริเวณรากที่พัฒนาไปเป็นหัว (Tuber) ทำให้ขนาดของหัวมีขนาดใหญ่ขึ้น ในขณะที่ใบแก่ของมันสำปะหลังเริ่มร่วงเร็วขึ้น ที่ลำต้น และต้นตอของมันสำปะหลังจะมีการสะสมของลิกนินและเซลล์ลูโลสมากขึ้น สม ลักษณ์ จูฑังคะ (2551) พบว่าในช่วงลงหัวของมันสำปะหลังขณะที่อัตราการเจริญเติบโตด้าน ความสูงและขนาดลำต้นคงที่ แต่จำนวนใบจะลดลงไม่มีการพัฒนาการด้านใบเพิ่มขึ้น มันสำปะหลังจะมีการสะสมแป้งและน้ำตาลไว้ที่บริเวณราก (Root) มากขึ้นจึงเป็นเหตุเป็นผลที่อาจกล่าวได้ว่า T7 (HO-2) อัตรา 100 กก./ไร่ เมื่ออายุ 4 เดือนมีการสะสมวัตถุแห้ง(แป้งและน้ำตาล) สูงสุดในโคนต้นเหนือกรรมวิธีอื่น ๆ แต่เมื่ออายุ 8 เดือนมีการเคลื่อนวัตถุแห้ง (แป้งและน้ำตาล) ดังกล่าวจากโคนต้นมาสะสมเป็นแป้งและน้ำตาลในส่วนของรากได้สูงสุดนั้นเอง

4. การสะสมมวลชีวภาพในส่วนที่เป็นหัว (Tuber) เมื่อพิจารณาในส่วนที่เป็นราก ในเดือนที่ 8 พบว่ากรรมวิธีที่มีดัชนีการสะสมมวลชีวภาพ(Biomass) ในรากมากที่สุดได้แก่ T1, T3, T2, T8, T9, T4, T5, T6 และT7 ตามลำดับ มีค่าสะสมมวลชีวภาพเท่ากับ 55.49, 50.83, 50.34, 46.24, 45.85, 36.87, 36.48, 32.24 และ28.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การสะสมมวลชีวภาพ (Biomass) ส่วนมากเป็นลิกนินและเซลล์ลูโลส จะเป็นปฏิปักผกผันกับการสะสมวัตถุแห้ง(Dry matter) ส่วนมากเป็นแป้งและน้ำตาล จากข้อมูลที่แสดงออกมาของการสะสมมวลชีวภาพในรากแสดงให้เห็นว่า T7 (HO-2) อัตรา 100 กก./ไร่ มีการสะสมมวลชีวภาพต่ำสุดจึงมีการสะสมวัตถุแห้ง (แป้งและน้ำตาล)ในหัวสูงสุด เหนือกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างไรก็ตามการสะสมมวลชีวภาพ(Biomass) ในหัวมันสำปะหลังนั้น

จะมีส่วนที่เป็นของเหลว (น้ำ) 60 – 65 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เป็นของแข็ง เช่น เปลือก และเนื้อ (Starch) 30 – 35 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 1 – 2 เปอร์เซ็นต์ (Johnson, R., & Raymond, W., 1965) (ตาราง 11 - 13 และภาพ 14)

อย่างไรก็ตามการสะสมมวลชีวภาพในพืชนั้นเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง source (ธาตุอาหารและปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง) และsink ส่วนที่เป็นอินทรีย์สารหรือวัตถุแห้งที่สังเคราะห์ขึ้น เคลื่อนย้ายจากใบส่งไปเก็บไว้ในส่วนอื่นๆ ของพืช เช่น กิ่ง/ลำต้น โคนต้น หัวหรือผลผลิต **(**สมลักษณ์ จูฑังคะ, 2551) การสะสมมวลเนื้อเยื่อแห้งของพืช โดยปกติแล้วมันสำปะหลังมีการสะสมน้ำ และธาตุอาหารอยู่ภายในส่วนที่เป็นราก (Root) และพัฒนาจากรากไปเป็นหัว (Tuber) ดังนั้น ในส่วนที่เป็นหัวจึงมีน้ำ 60 – 65 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เป็นของแข็งได้แก่ เปลือกและเนื้อ (แป้ง) เพื่อสะสมไปเป็นหัว (Tuber) 30 – 35 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 1 – 2 เปอร์เซ็นต์ (Johnson, R., & Raymond, W., 1965) ดังนั้นในกลุ่มปุ๋ยHO โดยเฉพาะ T7(HO-2) อัตรา 100 กก./ไร่ ซึ่งเป็นสูตรสำหรับเพิ่มปริมาณและคุณภาพมันสำปะหลัง มีกลุ่มธาตุอาหารหลัก รอง เสริม ที่มีครบถ้วน ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) ที่พบมากในหัวมันสำปะหลัง (Tuber) ธาตุอาหารเหล่านี้จึงทำหน้าที่ทั้งสร้างแป้งและน้ำตาลให้เกิดขึ้นสูงสุดในส่วนบนดินตามส่วนต่าง ๆ ของพืช (เมื่ออายุ 1และ4เดือน) หลังจากนั้นแป้งและน้ำตาลได้มาสะสมที่โคนต้นเป็นจำนวนมาก เมื่อพืชอายุ 8 เดือน การเจริญเติบโตส่วนบนดินลดลงจำนวนใบลดลงและเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง แป้งและน้ำตาลได้เคลื่อนย้ายไปสะสมที่ราก(Wentworth, M.E., 2006) จึงทำให้ T7(HO-2) อัตรา 100 กก./ไร่ มีดัชนีสะสมมวลชีวภาพของรากต่ำสุดเพราะมีแป้งและน้ำตาลไปสะสมสูงสุดนั้นเอง

ผลผลิตและองค์ประกอบผลิตมันสำปะหลัง

องค์ประกอบผลิตมันสำปะหลัง

1. **จำนวนหัวเฉลี่ย/ต้น พบว่ากรรรมวิธีที่มีจำนวนหัวเฉลี่ย/ต้น มากที่สุด**ได้แก่ T7, T5, T9, T8, T4, T2, T6, T3 และT1 ซึ่งมีจำนวนหัวต่อต้นเฉลี่ย ดังนี้ 17.00, 15.25, 15.25, 15.00, 14.50, 13.75, 13.50, 11.75 และ10.75 หัว/ต้น ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญ 95% ดังตาราง 14

2. **ความยาวหัวมันสำปะหลัง พบว่ากรรรมวิธีที่มีความยาวหัวเฉลี่ยมากที่สุด**ได้แก่ T7, T6, T8, T4, T2, T9, T3, T5 และT1 ซึ่งมี**ความยาวหัวเฉลี่ย** ดังนี้ 47.75, 44.50, 43.00, 42.50, 40.00, 39.50, 36.25, 33.25 และ26.50 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญ 95% ดังตาราง 14

3. **ขนาดเส้นรอบวงหัวมันสำปะหลัง พบว่ากรรรมวิธีที่หัวมีขนาดเส้นรอบวง หรือความกว้างเฉลี่ยมากที่สุด**ได้แก่ T7, T8, T6, T9, T4, T3, T1, T5 และT2 ซึ่ง**มีขนาดเส้นรอบวง หรือ**

ความกว้างเฉลี่ยของหัวมากที่สุด ดังนี้ 25.25 , 21.50, 20.50, 19.75, 19.50, 19.00, 18.00, 17.75 และ16.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญ 95% ดังตาราง 14

4. **น้ำหนักเฉลี่ย/หัว พบว่ากรรรมวิธีที่มีน้ำหนักหัวเฉลี่ย/ต้น มากที่สุด**ได้แก่ T7, T5, T6, T3, T8, T4, T2, T9 และT1 ซึ่งมี**น้ำหนักหัวเฉลี่ย/ต้น** ดังนี้ 0.67, 0.62, 0.61, 0.59, 0.56, 0.55, 0.53, 0.51 และ0.45 กิโลกรัม/หัว ตามลำดับ ซึ่งไม่มีค่าความแตกต่างกันที่สถิติ ดังตาราง 14

5. **น้ำหนักผลผลิต/ต้น พบว่ากรรรมวิธีที่มีน้ำหนักผลผลิต/ต้น เฉลี่ยมากที่สุด**ได้แก่ T7, T8, T9, T4, T5, T6, T2, T3 และT1 ซึ่งมี**น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย/ต้น** ดังนี้ 10.55, 9.65, 9.65, 9.50, 8.05, 8.05, 7.60, 7.33 และ5.75 กิโลกรัม/ต้น ตามลำดับ ซึ่งไม่มีค่าความแตกต่างกันที่สถิติ ดังตาราง 14

การที่ T7 แสดงข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตสูงที่สุดในทุกๆ รายการ อาจกล่าวได้ว่า การใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-2 อัตรา 100 กก./ไร่ ที่เป็นสูตรเพิ่มผลผลิต และคุณภาพผลผลิตสำหรับมันสำปะหลังทำให้องค์ประกอบผลผลิตด้านต่างๆ ของมันสำปะหลังเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งเป็นผลมาจากสมบัติของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) นั้นเป็นปุ๋ยละลายช้า และมีธาตุอาหารแบบสมดุลอยู่ภายในเม็ดปุ๋ย โดยเฉพาะมีกลุ่มธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในปริมาณมาก ธาตุอาหารเหล่านี้จึงหลงเหลืออยู่ในดิน ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดเป็นปุ๋ยที่ประกอบด้วยธาตุอาหาร 13 ชนิดที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (วิชาญ ชุ่มมั่น, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2559)เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชหัวที่มีความสามารถในการสร้างผลผลิตแป้งต่อพื้นที่สูง

ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลัง

1. **น้ำหนักผลผลิต/ไร่** พบว่ากรรรมวิธีที่มีน้ำหนักผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่อไร่สูงสุด **ได้แก่ T7, T9, T4, T8, T3, T5, T2, T6 และT1 ซึ่งมี**มีน้ำหนักผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด **ดังนี้ 5,110, 4,900, 4,860, 4,840, 4,820, 4,810, 4,760, 4,500 และ4,050 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญ 95% (ตาราง 15)**

2. **ผลผลิตต่อเฮกตาร์** พบว่ากรรรมวิธีที่มีน้ำหนักผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดต่อเฮกตาร์ (1 ha) สูงสุด **ได้แก่ T7, T9, T4, T8, T3, T5, T2, T6 และT1 ซึ่งมี**มีน้ำหนักผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด **ดังนี้ 31.95, 30.60, 30.35, 30.25, 30.15, 30.05, 29.75, 28.70 และ25.30 ตัน/**เฮกตาร์ (1 ha) **ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญ 95% (ตาราง 15)**

การที่**กรรมวิธีที่ T7 มีปริมาณผลผลิตที่สูงที่สุด 5,110** กิโลกรัม/ไร่ สูง**กว่ากรรมวิธีอื่นๆ และสูงกว่า**คุณลักษณะประจำพันธุ์ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 (4,900 กิโลกรัม/ไร่) (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2558) อาจกล่าวได้ว่าการใช้ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-2 อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ ให้น้ำหนักผลผลิตต่อไร่สูงที่สุดและสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15 – 15 – 15

อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้เพราะส่วนประกอบของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) มีธาตุโพแทสเซียมมีบทบาทต่อการสร้างคลอโรฟิลล์และการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลัง (Nair, P., & Mohan Kumar, B., 1980) จึงมีผลทำให้มันสำปะหลังมีการสะสมน้ำหนักผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวสูงสุด ประกอบกับมีสารปรับปรุงบำรุงดินที่มีอาหารรอง เช่น ธาตุแคลเซียม Ca เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นเมื่อใช้ร่วมกับปูนขาวที่มีสมบัติปรับค่า pH ของดิน ทำให้ดินในกลุ่มของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) เป็นกรดอ่อนไปจนถึงเป็นกลาง ซึ่งต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมี และการไม่ใส่ปุ๋ยทำให้ดินมีแนวโน้มความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้น ส่วนระดับ OM ในดินพบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นมากใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดในอัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ อีกทั้งมีธาตุอาหารอย่างครบถ้วน มีปริมาณเพียงพอ และมีความสมดุล ต่อการเพิ่มปริมาณผลผลิตของมันสำปะหลัง

เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง

จากการวัดโดยเครื่อง Riemann Scale Balance (specific gravity) พบว่ากรรรมวิธีที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งมันในหัวสด (Tuber) สูงสุด **ได้แก่ T7, T2, T4, T8, T5, T6, T9, T1 และT3 ซึ่ง**มีเปอร์เซ็นต์แป้งมันในหัวสด **ดังนี้ 30.50, 29.50, 29.00, 29.00, 28.50, 27.75, 27.50, 27.25 และ27.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันที่สถิติอย่างมีนัยสำคัญ 95%**

การที่กรรมวิธี T7 แสดงเปอร์เซ็นต์แป้งมันในหัวสด (Tuber) สูงสุด กว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากในกลุ่มของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-2 ที่เป็นสูตรเพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิตของมันสำปะหลังมีปริมาณธาตุอาหารหลัก รอง เสริม ที่มีครบถ้วนและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในผลผลิต ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) ที่พบมากในหัวมันสำปะหลัง (Tuber) ทั้งนี้ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียออกจากดินขึ้นอยู่กับ ปริมาณของผลผลิต ซึ่งสอดคล้องกับ (Wentworth, M.E., et.al, 2006) ที่กล่าวว่าการสะสมแป้งในพืช โดยเฉพาะมันสำปะหลัง ที่เป็นกระบวนการที่สารสังเคราะห์ถูกเคลื่อนย้ายจากแหล่งที่ถูกเก็บสะสมไว้ (ต้น ใบ หรือ ราก) ไปยังหัวมันสำปะหลัง (Tuber) โดยกระบวนการลำเลียงและถ่ายเทสารสังเคราะห์ภายในต้นมันสำปะหลัง

ต้นทุนการผลิตและผลกำไรแบบสังเขป

ต้นทุนการผลิตและผลกำไร จากการรวบรวมข้อมูลต้นทุนการผลิต/ไร่ ในตาราง 2 พบว่ากรรมวิธีที่มีต้นทุนการผลิตต่ำสุด ได้แก่ T1, T2, T3, T4, T6, T8, T5, T7 และT9 ซึ่งมีต้นทุนการผลิต ดังนี้ 1,850, 2,450, 2,800, 2,850, 2,850, 2,950, 3,600, 3,600 และ3,800 บาท/ไร่ ตามลำดับ การที่ T1 ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย) ทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แต่กรรมวิธีที่มีต้นทุนสูงที่สุดได้แก่ T9 ปุ๋ยเคมี อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ ต้นทุนการผลิตในแต่ละกรรมวิธีมีรายการที่แตกต่างกันคือ ต้นทุนการผลิตทางด้านดิน และปุ๋ยส่วนต้นทุนอื่นๆ ได้แก่ ค่าไถพรวน ค่าไถพรวนยก

ร่อง ค่าปลูก ค่ากำจัดวัชพืช ค่าการเก็บเกี่ยวผลผลิต และค่าขนส่ง ไม่แตกต่างกัน (ตาราง 3) แต่เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนและรายได้จากการขายผลผลิตตามราคารับซื้อของโรงงานแป้งมันสำปะหลัง พบว่า เปอร์เซ็นต์แป้ง น้อยกว่า 25.00 เปอร์เซ็นต์ มีราคารับซื้อเท่ากับ 2.00 บาท/กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์แป้ง 25.01 – 27.99 ราคารับซื้อเท่ากับ 2.25 บาท/กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์แป้ง 28.01 – 30.99 ราคารับซื้อเท่ากับ 2.50 บาท/กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์แป้ง 30.01 – 32.99 ราคารับซื้อเท่ากับ 2.75 บาท/กิโลกรัม (ตาราง 18) พบว่า ผลกำไรสุทธิ/กิโลกรัมสูงที่สุด ได้แก่ T7, T2, T4, T8, T6, T5, T9, T1 และT3 ตามลำดับ ดังนี้ 2.49, 2.29, 2.27, 2.26, 2.25, 2.20, 2.19, 2.05 และ1.99 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์ กรรมวิธีที่มีผลกำไรสูงสุดเมื่อหักต้นทุนการผลิตแล้ว ได้แก่ T7, T2, T4, T8, T5, T3, T6, T1 และT9 ตามลำดับ ซึ่งมีผลกำไร ดังนี้ 10,458, 9,450, 9,290, 9,150, 8,420, 8,054, 7,482, 7,258 และ7,216 บาท/ไร่ ตามลำดับ (ตาราง 17) โดยพบว่าการใช้ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-2 อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ (T7) มีกำไรสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ (T9) 3,242 บาท/ไร่ และสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย 3,200 บาท/ไร่

สรุป

1. กลุ่มปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) อัตรา 50 – 100 กิโลกรัม/ไร่ มีผลต่อการปรับปรุงสมบัติด้านเคมี และด้านกายภาพของดินได้ดีกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดและการใส่ปุ๋ยเคมี

2. การใส่ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-1 อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้น ขนาดทรงพุ่ม และค่าความเขียวใบเฉลี่ยสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี

3. การใช้ปุ๋ยเคมี 15-15-15 เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 4 และ8 เดือน ทำให้ดัชนีการสะสมมวลชีวภาพ(Biomass : ลิกนินและเซลล์ลูโลส) สูงกว่าการใส่ปุ๋ยHO โดยพบว่ามีการสะสมมากสุดในส่วนของใบ (Leaf) และโคนต้นตามลำดับ

4. การใส่ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม T7 (HO-2) อัตรา100 กิโลกรัม/ไร่ ช่วงให้ผลผลิตอายุ 8 เดือน มีการสะสมวัตถุแห้ง (แป้งและน้ำตาล) ที่รากสูงสุดเหนือกรรมวิธีอื่น ๆ

5. กระบวนการสะสมมวลชีวภาพในมันสำปะหลังนั้นพบว่าเมื่อพืชอายุ 1 เดือน จะมีการสะสมมวลชีวภาพสูงสุดที่ใบและเมื่ออายุ 4 เดือน จะเคลื่อนจากส่วนใบ ก้านใบไปสะสมที่โคนต้นและเมื่ออายุ 8 เดือน จะเคลื่อนจากโคนต้นไปสะสมที่รากในทางกลับกันการสะสมวัตถุแห้ง (แป้งและน้ำตาล) จะมีการสะสมมากขึ้นในเดือนที่ 4 ในบริเวณโคนต้นและจะเคลื่อนไปสะสมที่รากและพัฒนาเป็นหัวมันสำปะหลังเมื่ออายุ 8 เดือน

6. การใส่ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-2 อัตรา 100 กก./ไร่ ทำให้องค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังแสดงผลสูงสุดเหนือปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด และการไม่ใส่ปุ๋ย ตามลำดับ

7. การใส่ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม T7 (HO-2) อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ ได้ผลผลิตต่อไร่ (**5,110** กิโลกรัม/ไร่) สูงสุดเหนือปุ๋ยเคมี (**4,900** กิโลกรัม/ไร่) ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด (4,820 กิโลกรัม/ไร่) การไม่ใส่ปุ๋ย (**4,050 กิโลกรัม**/ไร่) ตามลำดับ

8. การใส่ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม T7 (HO-2) อัตรา100 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้เปอร์เซ็นต์แป้ง ของมันสำปะหลังสูงสุด (30.5%) เหนือปุ๋ยเคมี (29.00%) ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด (29.5%) การไม่ใส่ปุ๋ย (27.25%) ตามลำดับ

9. การใส่ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม T7 (HO-2) อัตรา100 กิโลกรัม/ไร่ มีต้นทุนการผลิต (3,600 บาท/ไร่) ถูกกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี (3,800 บาท/ไร่) และทำให้เกิดผลกำไรสูงที่สุด 10,458 บาท/ไร่ เหนือปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดและการไม่ใส่ปุ๋ย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการทดสอบปุ๋ย HO สูตรมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งในชุดดินอื่น ๆ และในอัตราที่เพิ่มขึ้น

2. ควรมีการทดสอบปุ๋ย HO เพื่อเพิ่มผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งในมันสำปะหลังพันธุ์อื่น ๆ

3. การใช้ปุ๋ย HO ร่วมกับการใช้อินทรียวัตถุเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังให้สูงขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน. (ม.ป.ป.). *ระบบนำเสนอแผนที่ชุดดินออนไลน์.* สืบค้น 28 เมษายน พ.ศ. 2560, จาก http://eis.ldd.go.th/lddeis/SoilView.aspx

กรมวิชาการเกษตร. (2547). ***เอกสารวิชาการ มันสำปะหลัง.*** (ครั้งที่ 7 /2547) กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. (ไม่ระบุ พฤศจิกายน 2563). *แนวโน้มมันสำปะหลังในตลาดจีน.* สืบค้น 28 มีนาคม 2566, จาก https://www.ditp.go.th/

กองวิเคราะห์ดิน. (2540). *สมบัติทางกายภาพและเคมีดินกับการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ.กรมพัฒนาที่ดิน.* กรุงเทพฯ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา. (2541). *ปทานุกรมปฐพีวิทยา.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2530). *คู่มือปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชวลิต รักษาริกรณ์, ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, และพรทิพย์ ภาษี. (2555). อิทธิพลของปุ๋ยเคมี และปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยางพารา. *Naresuan University Journal, 20(3), 1* - 11. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชวลิต รักษาริกรณ์. (2552) (ก). *อิทธิพลของปุ๋ยเคมี และฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม ต่อการเจริญเติบโตของพุทราพันธุ์นมสด* (การศึกษาอิสระปริญญาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชวลิต รักษาริกรณ์. (2552) (ข). *อิทธิพลของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของมะนาว* (ปัญหาพิเศษปริญญาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชวลิต รักษาริกรณ์. 2556. *อิทธิพลของปุ๋ยเคมี และฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตน้ำยางพารา* (วิทยานิพนธ์ปริญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก:มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชาติประชา สอนกลิ่น. (2563). *อิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพดาวเรือง* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). พิษณุโลก:มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชุมพล นาควิโรจน์. (2542). *การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง.* กรุงเทพฯ: กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร.

ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์, กัญชลิกา รัตนเชิดฉาย และวิทยา ตรีโลเกศ. (2560). *ประสิทธิภาพของวัสดุปรับปรุงดินและวัสดุอินทรีย์บางชนิดต่อการ เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตมันสำปะหลัง ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน.* มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์. (2537). สารปรับปรุงบำรุงดินทางการเกษตร. ใน *เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ* (น.10). กรุงเทพฯ: สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย.

บุญชุม เปียแดง, วรรณา จันทร์คง, นารี สุทธปรีดา, และเกษมศรี ซับซ้อน. (2526). *ปฐพีวิทยา.* กรุงเทพฯ: ศูนย์ฝึกอบรมวิศวกรรมเกษตรปทุมธานี.

ปิยะ ดวงพัตรา. (2556). *สารปรับปรุงดิน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, ชวลิต รักษาริกรณ์ และวีรภัทร เกตุอินทร์. (2552). อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม และปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยางพาราช่วงเริ่มปลูก. *Proceedings of the 8th Naresuan Research Conference* (น.582 - 590). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2552). *หนังสือเทคโนโลยีปุ๋ย.* พิษณุโลก: ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร, คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ยุคล ลิ้มแหลมทอง (ผู้บรรยาย). (2551). นโยบายการปฏิบัติหน้าที่ของพนักงาน เจ้าหน้าที่ ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550. ใน *การสัมมนาและบรรยายพิเศษ.* กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วัลลีย์ อมรพล, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ศรีสุดา ทิพยรักษ์, ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข, ประพิศ วองเทียม, และสมพงษ์ ทองช่วย. (2560). การศึกษาอัตราปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในกลุ่มดินร่วนปนทราย: ชุดดินห้วยโป่ง. *วารสารวิชาการเกษตร, 35*(2), 151-163.

วิชาญ ชุ่มมั่น, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2559). อิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต และส่งผลต่อปริมาณการเข้าทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล. *วารสารแก่นเกษตร, 44*(2), 265-274.

วิภาวรรณ สายคำยศ, จันทร์เพ็ญ ชุมแสง, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2561). อิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) และปุ๋ยเคมีที่ใช้ร่วมกับปูนขาวที่มีต่อสมบัติของดินและผลผลิตปาล์มน้ำมัน. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 49*(19 พิเศษ), 199-206.

ศิริพรรณ บรรหาร, อภิพรรณ พุกภักดี และสาวิตร มีจุ้ย. (2555). การตอบสนองทางสรีรวิทยาของถั่วเหลืองเมื่อปลูกในสภาวะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ. *วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 40*(4). 1,149 – 1,164.

ศุภชัย วาสนานนท์, รักศักดิ์ เสริมศักดิ์, อิสรีย์ เนื่องจำนงค์ และดลฤดี วาสนานนท์. (2562). ผลของการยกร่องปลูกที่มีต่อความชื้นในดินและผลผลิตมันสาปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60. *Veridian E-Journal, Science and Technology. Silpakorn University, 6*(6), 2408 – 1248.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (2558). *การจำแนกพันธุ์มันสำปะหลัง.* สืบค้น 21 มีนาคม 2564, https://at.doa.go.th/cassvar/varR9.html

ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง. (2537). ***มันสำปะหลัง.*** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันวิจัยพืชไร่. (2551). *เอกสารแนะนำพันธุ์มันสำปะหลัง.* กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

สมลักษณ์ จูฑังคะ, อนุชิต ทองกล่ำ, และอรรถพล บุญสิงห์. (2543). ผลของจำนวนประชากรต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และพัฒนาการของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์. ใน *รายงานผลการวิจัยมันสำปะหลังประจำปี 2543* (น.197 - 254). ระยอง: ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร.

สมลักษณ์ จูฑังคะ. (2551). *เทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง.* กรุงเทพฯ: สำนักวิจัย กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและหสกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2560). *การผลิต การตลาด ผลิตผลการเกษตร: มันสำปะหลัง.* สืบค้น 21 มีนาคม 2564, https://www.ryt9.com/s/oae/2613173

สุจิตรา พรหมเชื้อ, วิชณีย์ ออมสินทรัพย์. (2549). *การศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี ในพื้นที่ที่มีศักยภาพ.* สุราษฎร์ธานี: ม.ป.ท.

สุรีรัตน์ จับแก้ว และภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2552). อิทธิพลของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว. *แก่นเกษตร. 40*(ฉบับพิเศษ 4), 105-109.

สุรีรัตน์ จับแก้ว. (2552). *อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยอินทรีย์เคมี และฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของและผลผลิตข้าว* (การศึกษาอิสระปริญญาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อัจฉรา ลิ่มศิลา. (2548). *ระยอง 9 : มันสำปะหลังพันธุ์ปริมาณแป้งสูงเพื่อผลิตเอทานอล.* ระยอง: ม.ป.ท.

อานนท์ มลิพันธ์ และทิพย์ดรุณี สิทธินาม. (2011). ผลของอายุเก็บเกี่ยวหลังการตัดต้นต่อผลผลิตและแป้งมันสำปะหลัง (Manihot esculenta Crantz) 4 พันธุ์ ในดินร่วนเหนียวสีแดง จังหวัดลพบุรี. *Thai Agricultural Research Journal, 29*(2).

Epron, D., & Dreyer, E. (1992). Effects of severe dehydration on leaf photosynthesis in Quercus petraea (Matt.) Liebl.: photosystem II efficiency, photochemical and nonphotochemical fluorescence quenching and electrolyte leakage. *Tree Physiology*, *10*(3), 273-284.

Howeler, R. H., & Cadavid, L. F. (1983). Accumulation and distribution of dry matter and nutrients during a 12-month growth cycle of cassava. *Field Crops Research*, *7*, 123-139.

Intanon, P., Keteku, A.K. & Intanon, R. (2017). Effect of different materials on soil pH improvement, soil properties, growth, yield and quality of sugarcane. In *Proceeding Soil Quality for Food Security and Healthy Life, 13th International Conference of the East and Southeast Asia Federation of Soil* (pp. 50-59). Bangkok: Kasetsart University.

Japkaew, S. & Intanon, P. (2012). Effect of hormones compound granular fertilizer on growth and yield of rice. *Khon kaen Agri. J., 40*(4), 105-109.

Johnson, R. M., & Raymond, W. D. (1965). The chemical composition of some tropical food plants. 5. Mango. *Tropical Science*, *7*, 109-164.

Nair, P. G., & Kumar, B. M. (1980). Response of cassava to micronutrient application in acid laterite soil. *Response of cassava to micronutrient application in acid laterite soil.*, 81-83.

Parida, A. K., Dagaonkar, V. S., Phalak, M. S., Umalkar, G. V., & Aurangabadkar, L. P. (2007). Alterations in photosynthetic pigments, protein and osmotic components in cotton genotypes subjected to short-term drought stress followed by recovery. *Plant Biotechnology Reports*, *1*(1), 37-48.

Rayment, G. E., & Higginson, F. R. (1992). Australian Laboratory Handbook of Soil and Water Chemical Methods. N.P.: Inkata Press.

Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1992). *Plant physiology*, Belmont, Ca: Wadsworth.

Soil Survey Laboratory Staff. (1992). Reaction (pH). In Soil Survey Laboratory Method Manual. *Soil Survey Investigations Report, 42*(2), 274-276.

Walkley, A. & I.A. Black, (1947). Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. *Soil Science, 63*-257.

Wentworth, M., E.H. Murchie, J.E. Gray, D. Villegas, C. Pastenes, M. Pinto & P. Horton. (2006). Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress. II. Acclimation of photosynthesis. *J. Exp. Bot. 57*(3), 699–709.

Wikimedia Commons. (2011). *A manioc tuber cross section. Manihot esculenta, also called yuca*. Retrieved March 11, 2023, from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Manihot_esculentaross_section_2.jpg

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แปลงทดลองมันสำปะหลัง

ภาพ 17 เตรียมแปลง ยกร่องปลูก

ภาพ 18 เตรียมต้นพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ความยาว 25 เซนติเมตร

ภาพ 19 วัดระยะปลูก และทำการปลูกต้นพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9

ภาพ 20 พรวนดินกำจัดวัชพืช และใส่ปุ๋ย ครั้งที่ 1 อายุ 1 เดือน

ภาพ 21 เตรียมปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง

ภาพ 22 มันสำปะหลังอายุ 2 เดือน

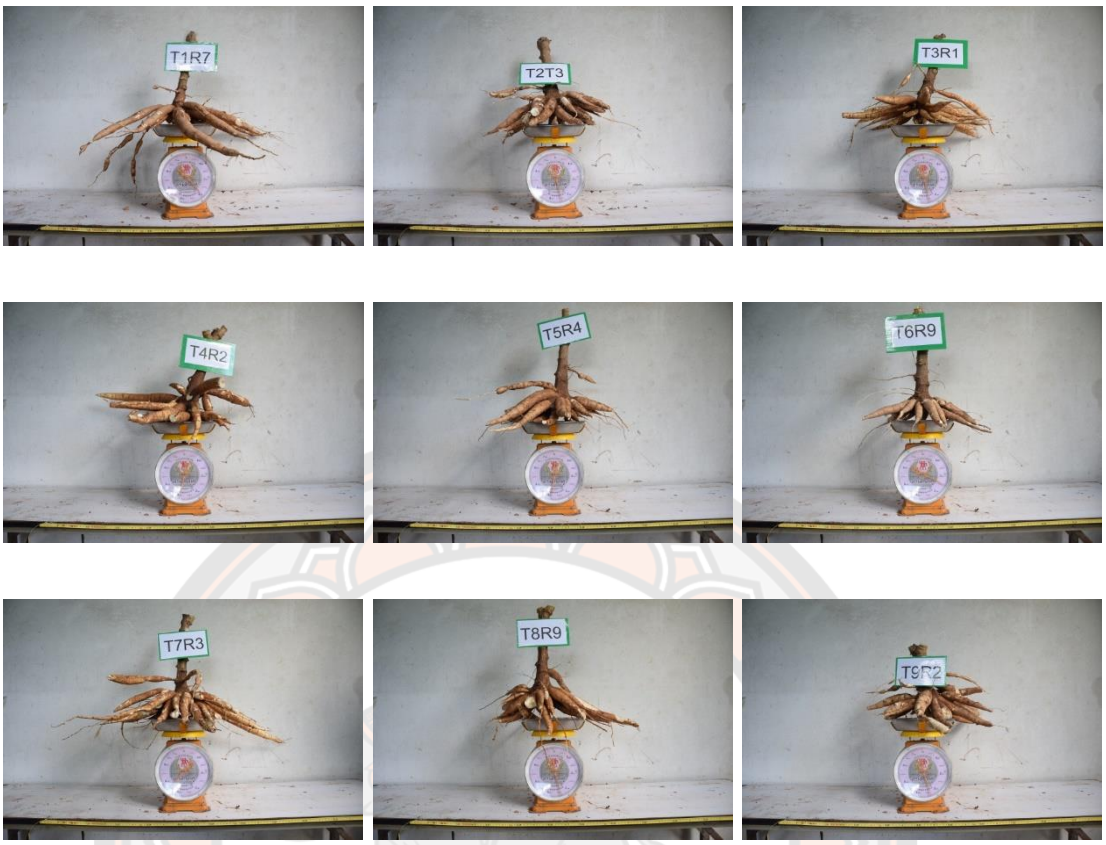
ภาพ 23 พรวนดินกำจัดวัชพืช และใส่ปุ๋ย ครั้งที่ 2 อายุ 3 เดือน

ภาพ 24 การบันทึกข้อมูลการสะสมมวลชีวภาพในต้นมันสำปะหลัง

ภาพ 25 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง อายุ 1 เดือน

ภาพ 26 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง อายุ 4 เดือน

ภาพ 27 เปรียบเทียบพัฒนาการของราก (Root) มันสำปะหลัง อายุ 1 เดือน



ภาพ 28 เปรียบเทียบขนาดหัว (Tuber) ของมันสำปะหลัง อายุ 4 - 8 เดือน

ภาพ 29 เปรียบเทียบขนาดหัว (Tuber) ของมันสำปะหลัง อายุ 10 เดือน

ภาพ 30 การตัดต้นมันสำปะหลัง เพื่อเตรียมเก็บเกี่ยวผลผลิต อายุ 10 เดือน

ภาพ 31 การเก็บเกี่ยวผลผลิต การบันทึกผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต อายุ 10 เดือน

ภาพ 32 การทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังก่อนทำการบันทึกผล

ภาพ 33 การวัดเปอร์เซ็นต์แป้งโดยใช้*เครื่องชั่งแบบความถ่วงจำเพาะด้วยน้ำ Riemann Scale Balance (specific gravity) ในหัวสด (Tuber)*

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ภาพ 34 ตู้อบลมร้อน (Universal Oven)

ภาพ 35 กระป๋องเก็บดิน (Soil Core) และอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

ภาพ 36 เครื่องวัดคลอโรฟิลล์ในใบพืช (Chlorophyll *Meter SPAD*-502 Plus)

ภาพ 37 เครื่องวัดค่า EC และpH Consort C931 electrochemical Analyzer pH probe

ภาพ 38 เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลัง (Riemann Scale Balance)

ภาพ 39 เครื่องชั่งดิจิตอล

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	ชวลิต รักษาริกรณ์
วัน เดือน ปี เกิด	23 กรกฎาคม 2530
ที่อยู่ปัจจุบัน	9/9 หมู่ที่ 4 ตำบลวังซ่าน อำเภอแม่วงก์ จังหวัดนครสวรรค์ 60150
ที่ทำงานปัจจุบัน	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ 162 หมู่ที่ 3 ตำบลป่าเซ่า อำเภอเมืองอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	อาจารย์
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2553 วท.ม. (วิทยาศาสตร์การเกษตร สาขาการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อมทางการเกษตร) มหาวิทยาลัยนเรศวร พ.ศ. 2549 วท.บ. (เกษตรศาสตร์ สาขาการจัดการทรัพยากรดิน) มหาวิทยาลัยนเรศวร